

**VALIDACIÓN DE LAS FUNCIONES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA
SIMULADAS PARA MAMPOSTERÍA**

PAOLA ANDREA BAUTISTA URRUTIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2008

**VALIDACIÓN DE LAS FUNCIONES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA
SIMULADAS PARA MAMPOSTERÍA**

PAOLA ANDREA BAUTISTA URRUTIA

**Proyecto de grado presentando para optar al título de
Ingeniero Civil**

**ESPERANZA MALDONADO RONDON
Ingeniera Civil Ph.D Ms.C**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2008

DEDICATORIA

*A MIS PADRES POR SU VALIOSO Y
PACIENTE ESFUERZO, A MI
HERMANAS Y A TODA MI FAMILIA
POR SU APOYO INCONDICIONAL Y
POR ESTAR SIEMPRE A MI LADO.
TAMBIÉN PARA TI ABEL URRUTIA.*

AGRADECIMIENTOS

De una manera especial, agradezco a la directora de este trabajo de grado, Prof. ESPERANZA MALDONADO RONDÓN y al Ing. GUSTAVO CHIO CHO, por su enorme y valiosa colaboración, necesaria para el desarrollo y aplicación de este estudio.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. OBJETIVOS	3
1.1 GENERAL	3
1.2 ESPECÍFICOS	3
2. ASPECTOS GENERALES DE LA MAMPOSTERÍA Y SU COMPORTAMIENTO	4
2.1 COMIENZOS DE LA MAMPOSTERÍA	4
2.2 MATERIALES DE LA MAMPOSTERÍA	6
2.3 UNIDADES DE LA MAMPOSTERÍA	7
2.4 RESPUESTA MECÁNICA DE LA MAMPOSTERÍA EN COMPRESIÓN	13
2.5 RESPUESTA DE LA MAMPOSTERÍA A CORTANTE	16
2.6 RESPUESTA DE LA MAMPOSTERÍA A TRACCIÓN	19
2.7 RESPUESTA DE LA MAMPOSTERÍA A FLEXO-COMPRESIÓN Y CORTANTE	21
2.8 RESPUESTA BAJO CARGAS CÍCLICAS Y DINÁMICAS EN EL PLANO	23
2.9 PRINCIPALES MECANISMOS DE FALLO	23
3. INFORMACIÓN GENERAL DE LAS VIVIENDAS EN ESTUDIO Y SU RESPECTIVA ZONIFICACIÓN	25
3.1 DATOS GENERALES DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA	25
3.2 INFORMACIÓN, CARACTERÍSTICAS, ESTADO Y TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL	28
3.3 ZONIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA	43
3.4 ZONIFICACIÓN DE LAS VIVIENDAS EN ESTUDIO	44

4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y MATRICES DE PROBABILIDAD DE DAÑO PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA CONFINADA, PARCIALMENTE CONFINADA Y NO REFORZADA, Y SU APLICACIÓN EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA	47
4.1 INTRODUCCIÓN	47
4.2 MÉTODO NSR-98 (AIS, 1998)	56
4.3 METODOLOGÍA PROPUESTA POR EL GRUPO INME	59
4.4 MÉTODO ITALIANO (GNDT)	82
4.5 METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A CARGAS LATERALES, MODELO DE ABRAMS MODIFICADO PARA MAMPOSTERÍA CONFINADA Y NO REFORZADA	88
4.6 MÉTODO RISK-UE (LM1)	107
4.7 MÉTODO EMS-98 (EUROPEAN MACROSEISMIC SCALE, GRUNTHAL, 1998)	118
4.8 MÉTODO ATC-13 (Applied Technology Council, ATC)	129
5. CALIBRACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS PROPUESTOS PARA EL ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD Y LA PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO EN LAS VIVIENDAS PROPUESTAS	132
5.1 CONVERSIÓN Y CURVAS DE LAS ESCALAS DE INTENSIDAD vs CONVERSIÓN Y CURVAS DE LAS ESCALAS DE INTENSIDAD vs. ACELERACIÓN PICO EFECTIVA	132
5.2 VALIDACIÓN A TRAVÉS DE LAS CURVAS PROPUESTAS POR LA METODOLOGÍA DEL GRUPO INME Y LOS DEMÁS MÉTODOS	134
CONCLUSIONES	144
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	147
ANEXOS	149

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Relaciones esfuerzo-deformación para el mortero, las unidades aisladas y los paneles de mampostería (Paulay y Priestley, 1993)	6
Figura 2.2 Unidades de mampostería macizas.	8
Figura 2.3 Unidades de mampostería con perforación horizontal.	9
Figura 2.4 Unidades de mampostería con perforación vertical.	9
Figura 2.5 Murete de ensayo.	13
Figura 2.6 Relaciones esfuerzo–deformación de la mampostería en compresión, Hendry 1990.	15
Figura 2.7 Agrietamiento por fricción cortante.....	16
Figura 2.8 Agrietamiento por tensión diagonal.....	17
Figura 2.9 Agrietamiento por esfuerzos de compresión.	17
Figura 2.10 Modos de fallo a tracción.	20
Figura 2.11 Modos de fallo a cortante.	22
Figura 2.12 Modos de fallo a flexión	22
Figura 3.1 Método Terráceo	29
Figura 3.2 Método de elementos verticales a media ladera.	29
Figura 3.3 Procedimientos utilizados para la elaboración de la cimentación.	30
Figura 3.4 Procedimientos para el levantamiento de la mampostería.	30
Figura 3.5 Plano zonificación definitiva, Municipio de Bucaramanga	43
Figura 4.1 Espectro elástico de Diseño del Reglamento NSR-98	51
Figura 4.2 Zonas de amenaza sísmica, NSR-98.....	52
Figura 4.3 Zonas de amenaza sísmica, NSR-98.....	53
Figura 4.4 Espectro elástico de respuesta utilizados en el proceso de validación, según NSR-98. $A_a=0,05$	54
Figura 4.5 Espectro elástico de respuesta utilizados en el proceso de validación, según NSR-98. $A_a=0,10$	54
Figura 4.6 Espectro elástico de respuesta utilizados en el proceso de validación, según NSR-98. $A_a=0,15$	55

Figura 4.7 Espectro elástico de respuesta utilizados en el proceso de validación, según NSR-98. $A_a=0,20$	55
Figura 4.8 FORMULARIO DE LEVANTAMIENTO DE EDIFICACIONES.....	60
Figura 4.9 USO DE LAS EDIFICACIONES.	62
Figura 4.10 MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....	63
Figura 4.11 PROCESO CONSTRUCTIVO.....	63
Figura 4.12 AÑO DE CONSTRUCCIÓN.	64
Figura 4.13 DIAFRAGMA HORIZONTAL.	64
Figura 4.14 ENTORNO.	65
Figura 4.15 ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE.	65
Figura 4.16 ESTADO DE CONSERVACIÓN.	66
Figura 4.17 CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE, HOMOGENEIDAD.	66
Figura 4.18 CALIDAD DEL SISTEMA RESISTENTE, LIGAMENTO.....	67
Figura 4.19 TIPO DE CUBIERTA.	67
Figura 4.20 CIMENTACIÓN.	68
Figura 4.21 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES.	68
Figura 4.22. Curva de Pertenencia para el parámetro 1.	72
Figura 4.23 Curva de Pertenencia para el parámetro 2.	72
Figura 4.24. Curva de Pertenencia para el parámetro 3.	73
Figura 4.25 Curva de Pertenencia para el parámetro 4.	73
Figura 4.26. Curva de Pertenencia para el parámetro 5.	73
Figura 4.27 Curva de Pertenencia para el parámetro 6.	74
Figura 4.28 Curva de Pertenencia para el parámetro 7.	74
Figura 4.29. Curva de Pertenencia para el parámetro 8.	74
Figura 4.30. Curva de Pertenencia para el parámetro 9.	75
Figura 4.31. Curva de Pertenencia para el parámetro 10.	75
Figura 4.32. Curva de Pertenencia para el parámetro 11.	75
Figura 4.33. Calificativos adoptados por el Grupo INME.....	76
Figura 4.34 Comparación de las curvas propuestas por el Grupo INME y las calculadas para las edificaciones en estudio (mampostería confinada).	80

Figura 4.35. Comparación de las curvas propuestas por el Grupo INME y las calculadas para las edificaciones en estudio (mampostería parcialmente confinada).	81
Figura 4.36. Comparación de las curvas propuestas por el Grupo INME y las calculadas para las edificaciones en estudio (mampostería no reforzada).	81
Figura 4.37 Panel de Mamposteria	90
Figura 4.38 Zona efectiva a corte de muros de mampostería no reforzado.	93
Figura 4.39 Equilibrio de la mampostería no reforzada en el instante de tracción nula.	95
Figura 4.40 Diagrama de flujo, Modelo de Abrams, evaluación de resistencia lateral de muros de mampostería no reforzada	97
Figura 4.41 Diagrama de flujo, Modelo de Abrams Modificado, evaluación de resistencia lateral de muros de mampostería no reforzada.	99
Figura 4.42 Funciones de pertenencia de un edificio a las clases de vulnerabilidad	109
Figura 4.43 Clasificación de las edificaciones en clases de vulnerabilidad según la EMS-98.	122
Figura 4.44 Clasificación de los grados de daños de la EMS-98.....	125
Figura 4.45 Escala macrosísmica Europea en función de intensidades.....	126
Figura 4.46 Rango de porcentajes manejados por EMS-98.....	128
Figura 4.47 Grados ó estados de daño definidos en la escala de la MSK (ATC-13,1985). El valor central del factor de daño.	130
Figura 4.48 Intensidad vs. Aceleración Pico Efectiva.....	133

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural según la NTC 4205	9
Tabla 2.2 Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural según la NTC 4205	9
Tabla 2.3 Clasificación de los morteros, características mecánicas y dosificación en partes por volumen, según la NSR-98	11
Tabla 2.4 Relación entre factores que intervienen en la resistencia a compresión...	14
Tabla 4.1 Calificación propuesta por la AIS	52
Tabla 4.2 Calificación de cada vivienda por la metodología propuesta por la AIS....	58
Tabla 4.3 Parámetro 1 (K1): Sistema Estructural	69
Tabla 4.4 Parámetro 2 (K2): Calidad del sistema resistente	69
Tabla 4.5 Parámetro 3 (K3): Resistencia Estructural	70
Tabla 4.6 Parámetro 4 (K4): Posición de la cimentación.....	70
Tabla 4.7 Parámetro 5 (K5): Suelo y pendiente del terreno	70
Tabla 4.8 Parámetro 6 (K6): Diafragmas Horizontales.....	70
Tabla 4.9 Parámetro 7 (K7): Configuración en planta.	71
Tabla 4.10 Parámetro 8 (K8): Configuración en elevación	71
Tabla 4.11 Parámetro 9 (K9): Distancia máxima entre muros.....	71
Tabla 4.12 Parámetro 10 (K10): Tipo de cubierta	71
Tabla 4.13 Parámetro 11 (K11): Estado de conservación.....	72
Tabla 4.14 Funciones de pertenencia para el grado de daño	76
Tabla 4.15 Resultados obtenidos para índice de vulnerabilidad mediante los tres procedimientos propuestos.....	77
Tabla 4.16 Funciones de vulnerabilidad sísmica para determinadas intensidades...78	
Tabla 4.17 Resultados obtenidos para la probabilidad de daño sísmico	79
Tabla 4.18 Calificación y peso de ponderación de ítems de vulnerabilidad (Mampostería)	83
Tabla 4.19 Asignación de la calificación de cada uno de los parámetros a las edificaciones en estudio.....	83

Tabla 4.20 Resultados obtenidos para índice de vulnerabilidad, Método Italiano	85
Tabla 4.21 Parámetros de las funciones de Vulnerabilidad-Daño, para edificios de Mampostería (Yepèz, 1996; Mena 2002)	86
Tabla 4.22 Resultados obtenidos para la probabilidad de daño sísmico	86
Tabla 4.23 Valores del cortante nominal resistido por la mampostería, F_v	98
Tabla 4.24 Valores del cortante nominal máximo permitido por la mampostería, F_v ..	98
Tabla 4.25 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Confinada y una $A_a = 0,05$	100
Tabla 4.26 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Confinada y una $A_a = 0,10$	101
Tabla 4.27 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Confinada y una $A_a = 0,15$	101
Tabla 4.28 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Confinada y una $A_a = 0,20$	102
Tabla 4.29 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Parcialmente Confinada y una $A_a = 0,05$	102
Tabla 4.30 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Parcialmente Confinada y una $A_a = 0,10$	103
Tabla 4.31 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Parcialmente Confinada y una $A_a = 0,15$	103
Tabla 4.32 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Parcialmente Confinada y una $A_a = 0,20$	104
Tabla 4.33 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería No Reforzada y una $A_a = 0,05$	105
Tabla 4.34 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería No Reforzada y una $A_a = 0,10$	106
Tabla 4.35 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería No Reforzada y una $A_a = 0,15$	106
Tabla 4.36 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería No Reforzada y una $A_a = 0,20$	107
Tabla 4.37 Índices de vulnerabilidad propuestos para los edificios de la Matriz de Tipologías (BTM) de Risk-UE (Milutinovic y Trendafiloski, 2003)	109

Tabla 4.38 Factores de comportamiento para la vulnerabilidad sísmica: Edificaciones en mampostería.	111
Tabla 4.39 Índice de vulnerabilidad propuesto para las viviendas en estudio	112
Tabla 4.40 Puntuación del modificador	114
Tabla 4.41 Índice de vulnerabilidad sísmica total.	115
Tabla 4.42 Asignación de las clases de vulnerabilidad propuestas por la EMS-98 a las edificaciones en estudio	123
Tabla 4.43 Matriz de probabilidad de daño para edificaciones de mampostería no reforzada	127
Tabla 4.44 Matriz de probabilidad de daño para edificaciones de mampostería no reforzada con forjados en hormigón	127
Tabla 4.45 Matriz de probabilidad de daño para edificaciones de mampostería confinada.....	127
Tabla 4.46 Matriz representativa para edificaciones de mampostería no reforzada.	128
Tabla 4.47 Matriz representativa para edificaciones de mampostería no reforzada con forjados en hormigón	129
Tabla 4.48 Matriz representativa para edificaciones de mampostería confinada ...	129
Tabla 4.49 Matriz de probabilidad de daño, ATC-13	131
Tabla 4.50 Aceleraciones en función de las intensidades en cm/s^2	132
Tabla 4.51 Aceleraciones en función de las intensidades en m/s^2	133
Tabla 4.52 Promedio de las aceleraciones	133
Tabla 4.53 Rangos de comparación para el índice de vulnerabilidad sísmica.....	135
Tabla 4.54 Rangos de comparación para el grado ó estado de daño sísmico	136
Tabla 4.55 Índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería confinada.....	138
Tabla 4.56 Comparación del índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería confinada.....	138
Tabla 4.57 Índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería parcialmente confinada.....	139
Tabla 4.58 Comparación del índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería parcialmente confinada.	139

Tabla 4.59 Índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería no reforzada	140
Tabla 4.60 Comparación del índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería no reforzada	141
Tabla 4.61 Cuadro comparativo del índice de daño de los diferentes métodos para la mampostería confinada.	142
Tabla 4.62 Cuadro comparativo del índice de daño de los diferentes métodos para la mampostería parcialmente confinada.	142
Tabla 4.63 Cuadro comparativo del índice de daño de los diferentes métodos para la mampostería no reforzada.	143

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Planos arquitectónicos y estructurales	150
Anexo B. Parámetros propuestos para la evaluación del índice de vulnerabilidad	230

RESUMEN

TITULO: VALIDACIÓN DE LAS FUNCIONES DE VULNERABILIDAD SÍSMICA SIMULADAS PARA MAMPOSTERÍA*

AUTOR:

PAOLA ANDREA BAUTISTA URRUTIA**

PALABRAS CLAVES:

Índice de daño, Matrices de daño, Abrams, Modificación, Validación

DESCRIPCIÓN

El presente trabajo de grado se realizó con el objetivo de evaluar el índice de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño sísmico para diferentes metodologías, intensidades y tipologías estructurales, de igual manera comparar resultados y apreciar la divergencia de valores que pueden existir entre un método y otro, tomando como base de estudio, la metodología propuesta por el Grupo de Investigación en Materiales y Estructuras de Construcción (INME), que centra su estudio en la utilización de los mismos parámetros propuestos por el método italiano, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT), en su evaluación del índice de vulnerabilidad y el modelo de Abrams para el índice de daño. Métodos como GNDT, RISK-UE BM1 (LM1), Applied Technology Council (ATC-13) y European Macroseismic Scale (EMS-98), fueron aplicados principalmente a ciudades europeas y norteamericanas, pero se adecuaron en este estudio, especialmente en algunos parámetros cuantitativos a la normatividad colombiana, es decir según la NSR-98 y proporcionaron, de acuerdo a su calificador buenas deducciones sobre el comportamiento de cada edificación debido a la aplicación de un rango de aceleraciones propias de la ciudad de Bucaramanga, lugar donde se encuentran las viviendas.

Por último se propuso una modificación del modelo de Abrams para evaluar el índice daño, de acuerdo a esfuerzos y resistencias, creadas para el diseño de edificaciones en mampostería confinada en condiciones normales y cuya finalidad es la de referenciar la aplicación y funcionamiento del método a casas de mampostería con elementos de confinamiento.

Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Esperanza Maldonado

ABSTRAC

TITTLE: VALIDATION OF THE FUNCTIONS OF VULNERABILITY SEISMIC SIMULATED MANSORY*

AUTHOR:

PAOLA ANDREA BAUTISTA URRUTIA **

KEY WORDS:

Index of damage, Damage Matrix, Abrams, Modification, Validation

DESCRIPTION

The present work was conducted with the objective of assessing the vulnerability index and the matrix of probability of seismic damage of different methodologies, structural types and intensities, so compare results and appreciate the divergence of values that may exist between a and another method, based on the study methodology proposed by the Group for Research in Construction Materials and Structures (INME), which focuses its study on the use of the same parameters proposed by the Italian method, Gruppo Nazionale per la Difesa Dai Terremoti (GNDT), in its assessment of the vulnerability index and Abrams's model for the damage index. Methods such as GNDT, RISK-UE BM1 (LM1), Applied Technology Council (ATC-13) and the European Macroseismic Scale (EMS-98), were used mainly to European and North American cities, but were adapted in this study, particularly in some quantitative parameters to the Colombian normativity, so that, according to the NSR-98 and provided according to their qualifier, appropriate deductions on the behavior of each building due to the implementation of a range of accelerations own in the city of Bucaramanga, place where buildings.

Finally, we proposed a modification of Abrams's model to assess the damage index, according to resistance and efforts, created for the design of confined masonry walls under normal conditions and whose purpose is to refer the application and operation of the method to buildings masonry with elements of confinement.

* Undergraduate thesis

** Physical-mechanical Sciences Faculty, Department of Civil Engineering, Esperanza Maldonado

INTRODUCCIÓN

Cuando se iniciaron los primeros estudios para obtener la susceptibilidad de una edificación ante una eventualidad sísmica, la relación *esfuerzo resistente - esfuerzo actuante*, representó un papel esencial en la búsqueda de evaluadores del índice de vulnerabilidad bajo la opinión de expertos y constituidos fundamentalmente por aspectos relacionados con la topografía propia de cada región en estudio y los reglamentos (sí existían), propios de la época. Las conexiones entre metodologías fueron reflejo de la semejanza de los parámetros evaluados, donde su diferencia actualmente radica en el calificador adoptado. En Colombia, un país característico por las constantes actividades sísmicas debido a su participación en el llamado “*cinturón de fuego del pacífico*”, frontera de las placas tectónicas que recorren el océano pacífico, es necesario el estudio y por ende la propuesta de planes de prevención de desastres. La Asociación de Ingeniería Sísmica propone en su metodología, una estimación mediante un levantamiento visual, la vulnerabilidad de estructuras existentes, que resulta ser una metodología didáctica, hasta en sus elementos más complejos; para personas de común que no tengan por lo menos, los mínimos conocimientos sobre ingeniería estructural. Todo esto con el fin de cuestionar el estudio, la investigación y el procedimiento que implementan ciertos métodos (métodos propuestos), en el cálculo del índice de vulnerabilidad y su relación con el índice de daño global. A manera de comparación, en el estudio, además de evaluar parámetros cualitativos, los parámetros cuantitativos son base primordial, ya que su principal característica, reside en ser estimada de acuerdo a la normatividad colombiana. Éste proceso suele ser complejo ya que no se cuenta con toda la información necesaria de la vivienda analizada.

Es una ventaja excepcional, que cualquier metodología contenga entre sus propuestas, la evaluación de la resistencia existente de una estructura, ya que esto representa una adecuada validación de los elementos estructurales y no estructurales, la distribución

existente de muros para posteriormente ser comparada con los requisitos mínimos de construcción y sobre todo la calidad de los materiales utilizados para su construcción.

Estos cálculos al igual que otras variables ocupan respectivamente gran parte del cálculo correcto del índice de vulnerabilidad y permiten deliberar que tanta aceptación y credibilidad posee cada método para interpretar sus resultados. En nuestra investigación se cuenta con edificaciones con cierto grado de anormalidad, por ser sistemas de autoconstrucción y por ser edificaciones antiquísimas, que ameritan un exhaustivo y detallado análisis para la evaluación del índice de vulnerabilidad, por tal razón es justificable sus valores elevados en relación al hallado por las demás metodologías, ya que refleja la esencia, validez y eficacia de un método que “castiga” fuertemente falencias consecuencia de una mal diseño en una edificación.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este trabajo de grado es la validación de las funciones de vulnerabilidad sísmica propuesta por diferentes métodos con base en la metodología empleada propuesta por el Grupo INME para la evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificaciones en mampostería confinada, parcialmente confinada y no reforzada en casa de uno y dos pisos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ajustar los parámetros cuantitativos a las formulaciones propuestas por la NSR-98.

- Comparación de metodologías con relación a su evaluación respecto al sistema resistente de cada edificación, y su condición actual.

- Modificación al modelo de Abrams en su validación de la resistencia a cortante puro y resistencia a flexo-compresión según la Norma Sismorresistente Colombiana en su análisis y diseño para mampostería confinada, bajo la suposición y justificación de ciertos aspectos relacionados con esfuerzos resistentes que engloban la edificación existente.

2. ASPECTOS GENERALES DE LA MAMPOSTERÍA Y SU COMPORTAMIENTO

2.1 COMIENZOS DE LA MAMPOSTERÍA¹

Actualmente la mampostería, por recoger gran parte de las estructuras con diseños sismorresistentes, ocupa un lugar muy importante a nivel mundial entre las edificaciones más trabajadas en el sector de la construcción civil. La mampostería tiene su origen, en las iniciales civilizaciones que habitaron la tierra. El prototipo de estas construcciones que reflejan realmente la clase y la calidad de sus elementos son las siguientes:

- *Las ruinas de Jericó (Medio oriente, 7350 a.c)*
- *Las pirámides de Egipto (2500 a.c)*
- *La gran muralla China (200 a.c a 200 d.c)*
- *Las pirámides de Yucatán en México (500 d.c)*
- *Las murallas de piedra de Machu Pichu en Perú (1200 a 1400 d.c)*
- *Taj Majal en India (1600 d.c)*

El sinnúmero de materiales, componentes principales de la mampostería han sufrido una serie de cambios, que van de la mano a su evolución debido al mejoramiento en su fabricación y su uso (normas). Aún su manera de distribución (colocación) es manualmente y tiene una acción específica sobre su comportamiento global. Debido a éste aspecto es recomendable trabajar con mano de obra calificada.

Entre sus usos, los paneles en mampostería tienen funciones estructurales, defensivas, estéticas y aislantes. En sus comienzos por falta de normatividad para su construcción, las medidas utilizadas fueron empíricas y eran solo diseñadas para resistir cargas gravitatorias, sirviendo esto para consolidar la estructura frente a

¹ BONETT DÍAZ, Ricardo León, Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2003.

cargas laterales producto de fuertes vientos y la ocurrencia de cualquier sismo. Inclusive dichas estructuras trabajaron así hasta que en el siglo XX surgieron las primeras reglamentaciones y normas de diseño.

Los estudios realizados a la mampostería en cuanto a su comportamiento a propiedades, la ingeniería estructural la apadrino como un material ingenieril. La mampostería no reforzada resultó ser sensible ante los aportes por la acción de fuertes sismos, causante principal de la pérdida de vidas humanas. La forma de fallo es consecuencia del comportamiento poco dúctil que posee debido al colapso repentino que presenta y a las malas conexiones, diafragmas de piso flexibles y mortero de mala calidad. A manera de conclusión ésta tipología de mampostería puede tener un adecuado comportamiento en zonas de sismicidad baja y moderada, de igual manera con la influencia de buenas técnicas de reforzamiento.

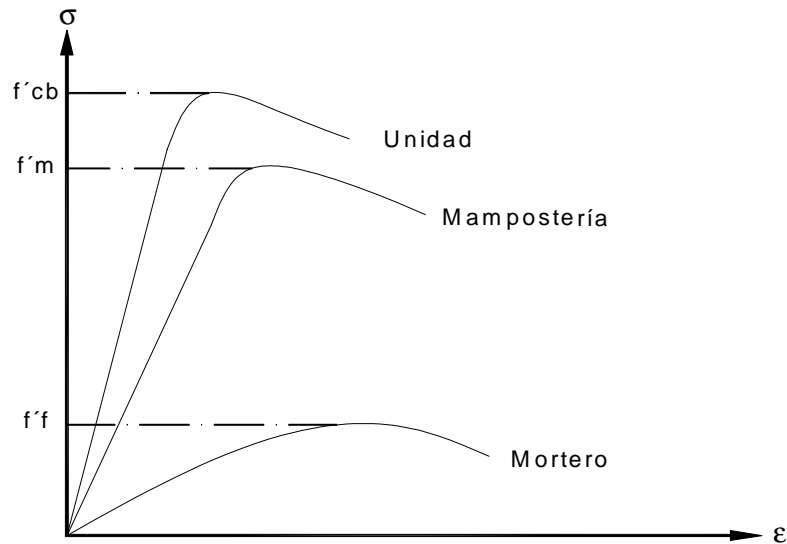
En la mayoría de los países latinoamericanos, el proceso de construcción primó en algunos ante la falta de normatividad ó por los costos económicos que acarrearía el diseño realizado por un arquitecto ó ingeniero. El comportamiento de estas viviendas representó verdaderamente un puente de unión para los ingenieros en la realización de métodos de diseño y la lógica explicación de su respuesta sísmica.

El diagrama de *esfuerzo-deformación* de la mampostería explica la variabilidad del comportamiento ante cargas cíclicas de la misma, es decir cuando trabaja en el rango elástico, la mampostería puede presentar un comportamiento “excelente” para ese tipo de estructuras y cuando alcanza su valor pico puede colapsar inmediatamente ante esas cargas. El estudio de su desempeño debe evaluar:

- Capacidad de disipación de energía.
- El agrietamiento inicial.

La rehabilitación de estas estructuras no es tarea sencilla ya que requieren de un análisis general mediante modelos simples que determinen su vulnerabilidad, el daño que ha sufrido para poder aplicar conocimientos normativos de acuerdo a la zona de amenaza sísmica.

Figura 2.1. Relaciones *esfuerzo-deformación* para el mortero, las unidades aisladas y los paneles de mampostería (Paulay y Priestley, 1993)



2.2 MATERIALES DE LA MAMPOSTERÍA²

Las dos (2) fases que representan la mampostería son:

- Bloques (natural ó de fabrica)
- Juntas de mortero (forma regular ó irregular)

Las dimensiones de los bloques de ladrillo (de fabrica) varían de un país a otro, entre sus primeras presentaciones radicó en una masa amorfa de barro secada al sol, conocida con el nombre de adobe (*Las ruinas de Jericó-Medio oriente 7350 años a.c*), luego se crearon unidades artificiales de tierra y de arcilla cocida en Jumeria (*Valle del Éufrates y Tigris, 4000 años a.c*) y en la ciudad de Ur. (3000 años a.c). El primer reglamento de construcción fue propuesto por el rey Hammurabi en Babilonia (1700, a.c). Éste código³ norma particularmente lo siguiente:

² BONETT DÍAZ, Ricardo León, Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2003.

³ Código HAMMURABI, Babilonia.

1. La jerarquización de la sociedad existen tres grupos, los hombres libres ó “*awilum*”, los “*mushkenum*” (quienes se especulan podrían ser siervos ó subalternos) y los esclavos ó “*wardum*”.
2. Los precios: Los honorarios de los médicos varía según atiendan a un hombre libre ó a un esclavo.
3. **La responsabilidad profesional: Un arquitecto que haya construido una casa que se desplome sobre sus ocupantes y les haya causado la muerte es condenado a la pena de muerte.**
4. El funcionamiento judicial: La justicia la imparten los tribunales y se puede apelar la ley; los fallos se debe plasmar por escrito.
5. Las penas: Aparece toda una escala de penas según los delitos y crímenes cometidos. La base de ésta escala es la ley de Talión.

El mortero punzolánico dejo de ser utilizado, hasta en el año 1756, el ingeniero británico *Smeaton*, lo trabajó en la reestructuración de un faro en Inglaterra. Análogamente en tiempo con la revolución industrial (Siglo XVIII), empezó la industrialización en la fábrica de ladrillos, inventándose máquinas como trituradoras, mezcladoras y prensas para moldearlos y hasta 1913 y 1920 comenzó su estudio racional en los Estados Unidos y La India.

2.3 UNIDADES DE MAMPOSTERÍA

Ladrillo⁴. Son piezas cerámicas, en forma de paralelepípedo, compuestos por tierras arcillosas moldeadas, comprimidas y sometidas a cocción cuyas características de calidad están dadas por su solidez, resistencia y apariencia. Según la norma sismorresistente colombiana, **NSR-98**, la arcilla utilizada es una arcilla cocida que es la mezcla de arcilla, sílice y otros componentes menores, moldeado y que ha sido sometido a altas temperaturas altas por tiempo prolongado. El bloque de ladrillo es un tipo de pieza de mampostería que tiene huecos y según su ubicación (huecos) pueden ser:

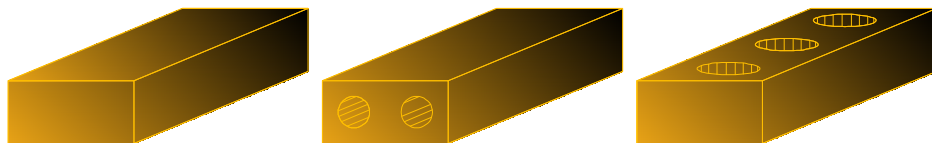
⁴ Tesis, REHABILITACIÓN SÍSMICA DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL MEDIANTE LISTONES DE MADERA, Universidad Pontificia Javeriana.

- **Bloques de perforación horizontal:** Es un bloque de arcilla cocida cuyas perforaciones son horizontales y se sienta sobre la cara que no tiene huecos y cuya área neta es menor al 75% del área bruta.
- **Bloque de perforación vertical:** Es un bloque de concreto ó de arcilla cocida que tiene perforaciones verticales que forman celdas donde se coloca el refuerzo. En las celdas donde haya refuerzo vertical debe colocarse mortero de relleno (Mampostería Reforzada).
- **Ladrillo Temoso ó “Tolete”:** Es una unidad de mampostería sólida que también pueden ser en arcilla cocida, de concreto ó sílice-cal cárea y cuyo porcentaje es menor al 25% de la sección bruta ó sólidos totalmente.

Las normas de producción y calidad utilizadas en el diseño y la construcción de estas estructuras de mampostería deben cumplir lo siguiente⁵:

- a) Las unidades de (bloque) de perforación vertical portante de concreto para mampostería deben cumplir con la norma *NTC 4026 (ASTM C90)*.
- b) Las unidades de arcilla maciza (tolete) para mampostería estructural deben cumplir con la norma *NTC 4205 (ASTM C62, C652)*.
- c) Las unidades de arcillas para mampostería no estructural deben cumplir con la norma *NTC 4205 (ASTM C56, C212, C216)*.
- d) Unidades sílice-cal cáreas para mampostería deben cumplir con la norma *NTC 922 (ASTM C73)*.

Figura 2.2 Unidades de mampostería macizas.



⁵ Capitulo D-3.3.6.2.2, NSR-98.

Figura 2.3 Unidades de mampostería con perforación horizontal.

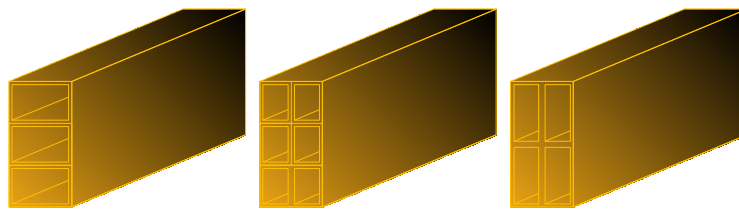


Figura 2.4 Unidades de mampostería con perforación vertical.



Propiedades de las unidades⁶. Resistencia a compresión (f'_{cb}): Depende del material y del tipo de unidad.

Tabla 2.1 Propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural según la NTC 4205.

TIPO	RESISTENCIA MÍN. A COMPRESIÓN (1)			ABSORCIÓN EN AGUA MÁX. EN %		
	Interior		Exterior			
Prom. 5U	Unidad	Prom. 5U	Unidad	Prom. 5U	Unidad	
PH	5.0(50)	3.5(35)	13	16	13.5	14
PV	18.0(180)	15.0(150)	13	16	13.5	14
M	20.0(200)	15.0(150)	13	16	13.5	14

Tabla 2.2 Propiedades físicas de las unidades de mampostería no estructural según la NTC 4205.

TIPO	RESISTENCIA MÍN. A COMPRESIÓN (1)			ABSORCIÓN EN AGUA MÁX. EN %		
	Interior		Exterior			
Prom. 5U	Unidad	Prom. 5U	Unidad	Prom. 5U	Unidad	
PH	3.0(30)	2.5(20)	17	20	13.5	14
PV	14.0(140)	10.0(100)	17	20	13.5	14
M	14.0(140)	10.0(100)	17	20	13.5	14

⁶ ICONTEC, Catálogo de Normas Técnicas Colombiana, NTC 4205.

(1) Para el caso de los ladrillos de perforación vertical, los valores establecidos corresponden a la Resistencia Neta Mínima a la compresión, en otros casos corresponde a la Resistencia Bruta.

Unidades de la Resistencia a compresión es $Pa \left(\frac{kgf}{cm^2} \right)$.

PH: Unidad de mampostería de perforación horizontal (ladrillo y bloque)

PV: Unidad de mampostería de perforación vertical (ladrillo y bloque)

M: Unidad de mampostería maciza (ladrillo)

Notas:

1. Se debe considerar como defecto principal, el no cumplimiento de la resistencia y como defecto secundario el no cumplimiento de la absorción. El no cumplimiento de la resistencia es motivo además al rechazo de los especímenes, mientras que el incumplimiento de la absorción queda condicionado a los demás requisitos de calidad que establece la norma y a lo acordado entre el cliente y el proveedor.
2. Para unidades de perforación vertical de 20 cm de altura ó más. El requisito de resistencia a la compresión debe reducir en un 25% sobre los mínimos exigidos por la tabla.

Resistencia a tracción (f'_{tb}): Se obtiene en función de la resistencia a compresión (f'_{cb}).

$$f'_{tb} = c\sqrt{f'_{cb}}$$

c. Es una constante que tiene en cuenta el tipo de ensayo, esto es:

c = 0.28 para ensayo de tensión uniforme

c = 0.34 para ensayo de tensión indirecta

c = 0.69 para ensayo de flexión

Módulo de elasticidad y relación de Poisson: A causa de la falta de información se supone su comportamiento elástico-lineal, el módulo de elasticidad depende del tipo de material y de la resistencia a la compresión. Generalmente se toma como el módulo secante de elasticidad, desde el nivel cero de esfuerzo hasta un tercio de la resistencia del material.

$$E_b = 300f'_{cb}$$

$$E_b = 980f'_{cb}{}^{0.77} \text{ Ladrillo de arcilla perforados (Kirtschig, 1985)}$$

Para la relación de Poisson como es un parámetro poco estudiado, *Atkinson et. al (1985)* y *McNary y Abrams (1985)* hallaron valores de:

$$0.13 < \nu_b < 0.22 \text{ Para tres tipos diferentes de unidades}$$

Mortero. Según la **NSR-98** los morteros de pega utilizados en construcciones de mampostería deben cumplir con la norma *NTC 3329 (ASTM C270)*. El mortero premezclado para pega de unidades de mampostería se debe cumplir la norma *NTC 3356 (ASTM C1142)*. Deben tener una plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento, y además garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante.

Tabla 2.3 Clasificación de los morteros, características mecánicas y dosificación en partes por volumen, según la NSR-98

MORTERO TIPO	Resistencia a la compresión f'_{cp} MPa (1)	Flujo mínimo (2)	Retención mínima de agua	Cemento Portland	Cal Hidratada	Cemento para Mamos.	Arena / Material Cementante Min. y Máx.
M	17.5	120%	75%	1	0,25	No aplica	2.25 – 3.0
				1	No aplica	1	2.25 – 2.5
S	12.5	115%		1	0.25 a 0.5	No aplica	2.5 – 3.5
				0.5	No aplica	1	2.5 – 3.0
N⁽³⁾	7.5	100%		1	0.5 a 1	No aplica	3.0 – 4.5
				0	No aplica	1	3.0 – 4.0

Notas:

⁽¹⁾ Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días en cubos de 50 mm de lado (ó en cilindros de 75 mm de diámetro por 150 mm de altura, correlacionando sus resultados a los cubos como referencia).

⁽²⁾ Ensayo realiza según *NTC 4050 (ASTM C91)*.

⁽³⁾ El mortero tipo N solo se permite en sistemas con capacidad mínima de energía en el rango inelástico (DMI).

Los materiales que componen el mortero son los siguientes⁷:

✚ **Cal:** Esta cal debe ser hidratada y se debe verificar que esta no sea perjudicial a ninguna de las propiedades especificadas.

✚ **Agregados:** Para el mortero de pega deben cumplir con la *NTC 2240 (ASTM 144)* y estar libre de materiales contaminantes ó deleznable que puedan deteriorar las propiedades del mortero de pega.

✚ **Agua:** Debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, alcoholes, sales, materias orgánicas u otras sustancias que puedan ser dañinas para el mortero o el refuerzo embebido.

✚ **Colorantes y Aditivos:** Deben someterse a la aprobación previa del supervisor técnico y debe demostrarse mediante la realización de ensayos de laboratorio ó evidencia confiable de las obras similares, que no deterioran ninguna de las propiedades deseables del mortero, ni de las unidades de mampostería, ni causan corrosión en el esfuerzo embebido.

Propiedades principales del mortero:

1. La adherencia unidad mortero: Los solubles del cemento son absorbidos por la unidad, cristalizándose como agujas en sus poros, la adherencia se ve favorecida como en el mortero penetra en las perforaciones y rugosidades de la unidad formando una especie de llave de corte entre las hiladas.

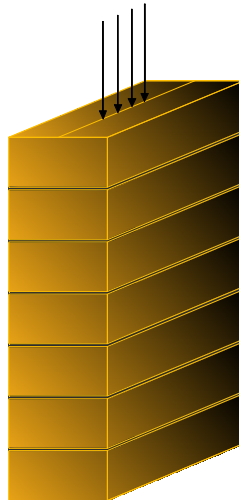
⁷ BONETT DÍAZ, Ricardo León, Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2003.

2. Consistencia. Capacidad de la mezcla de poder fluir, ser manejable utilizando los instrumentos adecuados para ello.
3. Retentividad: Capacidad de la mezcla de mantener su consistencia ó de continuar siendo manejable.

2.4 RESPUESTA MECÁNICA DE LA MAMPOSTERÍA A COMPRESIÓN⁸

El ensayo utilizado para hallar la resistencia a la compresión de la mampostería f_m , se realiza sobre muretes, con la relación altura/espesor $(h/t) \cong 4$.

Figura 2.5 Murete de ensayo.



Los tipos de falla en el ensayo fueron la formación de grietas verticales producidas por las deformaciones verticales y aplastamiento en las unidades de baja

⁸ BONETT DÍAZ, Ricardo León, Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2003.

resistencia, como resultado se obtuvo factores que influyen en la resistencia a compresión además de las propiedades mecánicas:

- Tipo y geometría de las unidades de mampostería
- Características del mortero de unión
- La humedad y la absorción de la unidad de mampostería

Tabla 2.4 Relación entre factores que intervienen en la resistencia a compresión.

CARACTERÍSTICAS UNIDADES	CARACTERÍSTICAS MORTERO	PANELES DE MAMPOSTERÍA
Resistencia	Resistencia	Colocación
Absorción	Espesor	Hechura
Humedad	Relación agua/cemento	Dirección de carga
Relación altura/espesor	Características de deformación	Adherencia
Geometría	Retentividad de agua	

Según la **NSR-98** su valor puede ser hallado en ausencia de resultados de ensayo como:

$$f'_m = 0.75R_m$$

$$R_m = \left(\frac{2h}{75 + 3h} \right) f'_{cu} + \left(\frac{50K_p}{75 + 3h} \right) f'_{cp} \leq 0.8f'_{cp}$$

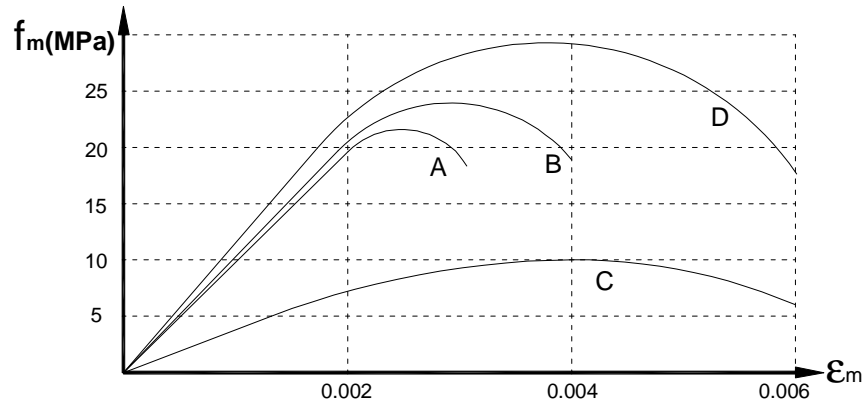
h → Altura de la unidad de mampostería

f'_{cu} → Resistencia específica a la compresión de la unidad de mampostería, MPa

f'_{cp} → Resistencia específica a la compresión del mortero de pega, MPa

K_p → Factor de corrección por absorción de la unidad, valor adimensional

Figura 2.6 Relaciones esfuerzo–deformación de la mampostería en compresión, Hendry 1990.



A → Ladrillos perforados

B, C y D → Ladrillos sólidos

Una misma proporción de mezcla utilizada para fabricar el mortero (proporción de cemento: limo: arena (1: 1/4 : 3)). Se observa variabilidad entre las deformaciones.

Módulo de elasticidad de la mampostería E_m

Posee diferentes formas de evaluación como:

$$E_m = 0.3 \text{ ó } 0.75 f_{\text{m}} \rightarrow \text{Resistencia máxima de } f_{\text{m}}$$

$$E_m = 0.05 \text{ ó } 0.33 f_{\text{m}} \rightarrow \text{Amrhein 1992}$$

$$E_m = E_b \frac{\frac{b}{j} + 1}{\frac{b}{j} + \frac{E_b}{E_j}} \rightarrow$$

Sahlin 1971

Ameny et. al 1983

Binda et. al 1988

Drysdale et. al 1994

E_b → Módulo de elasticidad de las unidades

b → Altura de la unidad

j → Espesor de la junta de mortero

$E_j \rightarrow$ Módulo de elasticidad de la unidad

$$E_m = 750f'_m \rightarrow \text{Paulay y Priestley 1992}$$

$$E_m = 500f'_m \rightarrow \text{San Bartolomé 1990}$$

$$E_m = 1180f'_m^{0.83} \rightarrow \text{Sinha y Pedreschi 1983}$$

$$E_m = 2116\sqrt{f'_m} \rightarrow \text{Hendry 1990}$$

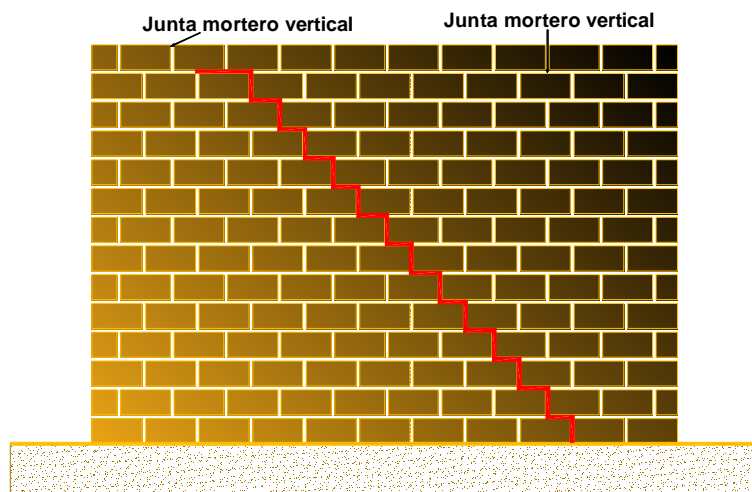
$$E_m = 500f'_m \leq 10000\text{MPa} \rightarrow \text{NSR-98}$$

2.5 RESPUESTA DE LA MAMPOSTERÍA A CORTANTE

La resistencia a cortante se calcula considerando el efecto que causan los esfuerzos de compresión en la dirección normal a las juntas horizontales y en otros casos se halla de acuerdo a la falla general para evaluar su resistencia. Los modos de falla son una combinación de grietas de tensión diagonal cruzando las unidades y grietas a lo largo de las interfaces mortero-unidad, como resultado de ensayos relacionados fundamentalmente con la magnitud relativa de los esfuerzos normales f'_n (dirección perpendicular a las juntas horizontales) y de los esfuerzos de cortante.

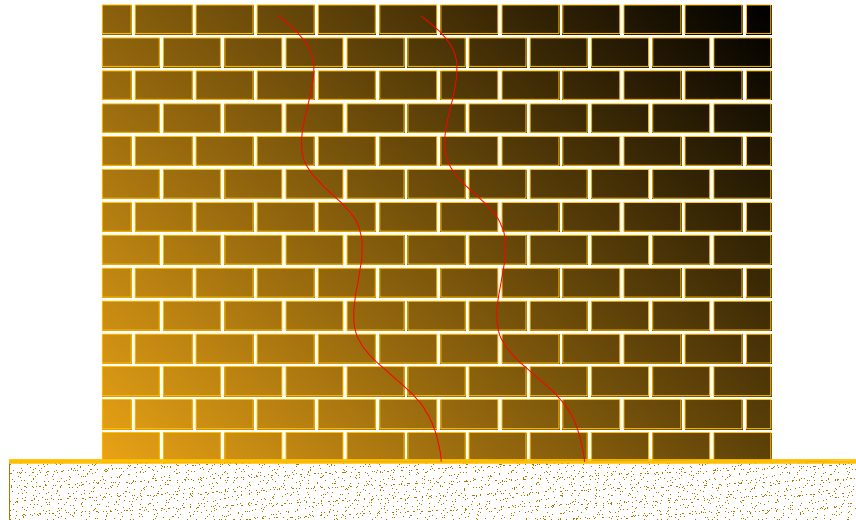
✚ *Fallo fricción-cortante:* Esfuerzos normales de compresión baja.

Figura 2.7 Agrietamiento por fricción cortante



❏ *Falla por tensión diagonal:* Esfuerzos normales de compresión moderados.

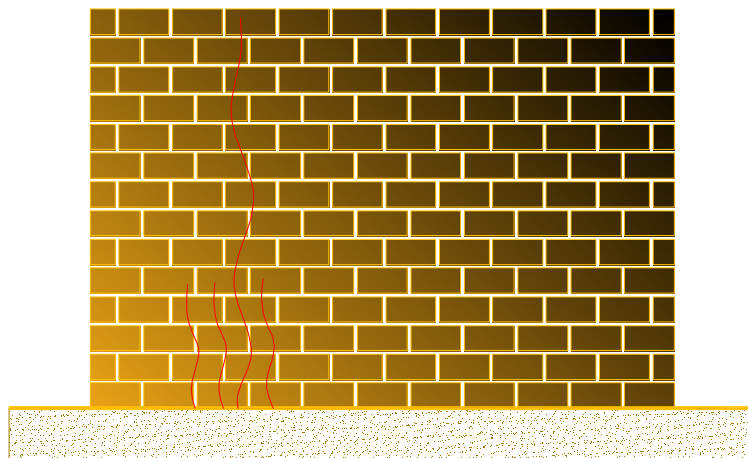
Figura 2.8 Agrietamiento por tensión diagonal



❏ *Falla a compresión:* Esfuerzos normales de compresión alto.

$$f_n > 8\tau$$

Figura 2.9 Agrietamiento por esfuerzos de compresión.



En dicha resistencia forman parte activa aspectos como:

1. Resistencia a la adherencia
2. Resistencia a la fricción entre las juntas de mortero y las unidades

$$\tau_m = \tau_o + \mu f'_n$$

$\tau_o \rightarrow$ Resistencia a cortante inicial

$\mu \rightarrow$ Coeficiente de fricción interna

$f'_n \rightarrow$ Valor absoluto de los esfuerzos a compresión normal

$\tau_o \rightarrow 0.1 < \tau_o < 1.5 \text{ MPa}$ Según Paulay y Priestley 1992

Shrive 1991

Hendry 1990

Atkinson et. al 1989

Stökl y Hofmam 1988

$\tau_o \rightarrow \tau_o = 0.03 f'_m$ Paulay y Priestley 1992

$\tau_o \rightarrow 0.1 < \mu < 1.2$ Paulay y Priestley 1992

Hendry 1990

Stökl y Hofmam 1988

Sahlin 1971

$\mu = 0.3 \rightarrow$ Paulay y Priestley 1992

$\tau_m = \tau_o^* + \mu^* f'_n \rightarrow$ Fallo fricción-cortante (*Mann Müller 1982*)

$\tau_m = \frac{f_{tb}}{2.3} \sqrt{1 + \frac{f'_n}{f_{tb}}} \rightarrow$ Fallo tensión diagonal (*Mann Müller 1982*)

$\tau_m = (f'_m - f'_n) \frac{d}{2b} \rightarrow$ Fallo a compresión (*Mann Müller 1982*)

$$\tau_o^* = \frac{\tau_o}{1 + \mu \frac{2b}{d}}$$

$$\mu^* = \frac{\mu}{1 + \mu \frac{2b}{d}}$$

El módulo de cortante G_m , se puede hallar a partir de las mediciones de las deflexiones realizadas sobre los paneles de mampostería y depende de:

- El tipo de unidad
- Clase de mortero
- Contenido de humedad en las unidades

$$G_m = \frac{E_m}{2(1+\vartheta_m)} \rightarrow \text{Si se supone como un material isotrópico}$$

Donde $G_m/E_m \rightarrow 0.4 \text{ y } 0.5$

$$\vartheta_m = 0.10 \text{ y } 0.25$$

2.6 RESPUESTA DE LA MAMPOSTERÍA A TRACCIÓN⁹

La resistencia de la mampostería depende a la adherencia desarrollada en las interfaces mortero-unidad.

Decanni y Ochat 1986 → Fuerte influencia de la absorción de agua de las unidades

$$\tau_o = 0.8 f'_{to}{}^{0.56} \rightarrow \text{Sihna 1983}$$

$f'_{to} \rightarrow f'_{to} \leq 0.6 \text{MPa}$ Resistencia a tracción

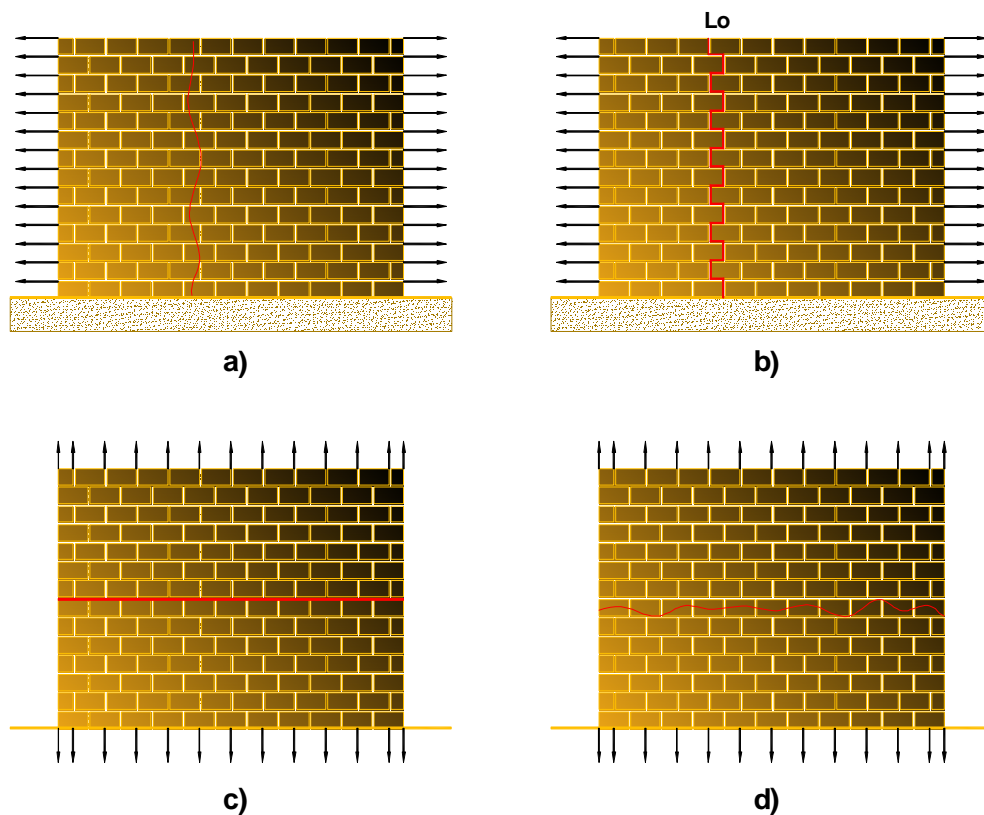
⁹ BONETT DÍAZ, Ricardo León, Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2003.

La influencia de la dirección de la carga de tracción y la magnitud relativa de la resistencia de adherencia a tracción de las unidades de mampostería (Shubert 1988). Los modos de falla presentan.

1. Grietas completamente verticales que atraviesan las unidades.
2. Grietas que no afectan las unidades y solo se presentan a lo largo de la juntas de mortero.

Cuando los esfuerzos de tracción actúan perpendicularmente a las juntas de mortero horizontal, el modo de fallo ocurre por la separación de la junta interfaces unidad-mortero.

Figura 2.10 Modos de fallo a tracción.



a) Grietas completamente verticales

b) Grietas en las juntas de mortero

c) Separación de las interfaces mortero-unidad

d) Tensión en las unidades

2.7 RESPUESTA DE LA MAMPOSTERÍA A FLEXO-COMPRESIÓN¹⁰

La existencia de esfuerzos de compresión y de cortante influye en la aparición de esfuerzos a flexión, hacen de la mampostería y sus elementos un sistema más complejo en cuanto a resistencia. Donde el dilema es no tener suficiente información para describir exactamente el comportamiento inelástico de la mampostería no reforzada, si no su limitación solo a esfuerzos admisibles y su resistencia lateral.

En investigaciones recientes han llegado a demostraciones que permiten afirmar que los muros de mampostería no reforzada, presentan una capacidad considerable de deformación después de la aparición de las primeras fisuras; de igual manera disipar cierta cantidad de energía (*Zhuge et. al 1996; Abrams 1996*).

Las consideraciones a continuación permiten obtener razones por las cuales se manifiesta este comportamiento en la mampostería no reforzada:

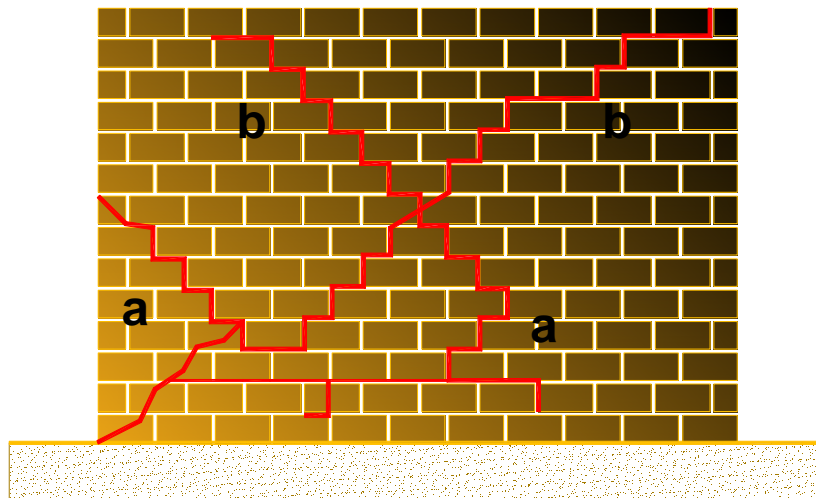
- Las deformaciones por cortante y por flexión donde la primera prevalece sobre la otra sobre todo en paneles donde la relación longitud/altura es grande y por lo tanto el momento de inercia en su respectiva sección es elevada. La aparición de grietas en forma de cruz se originan por una distorsión angular producto del fenómeno anterior.
- Un apaciguador a este efecto (flexión) es la ubicación de los muros transversales que impiden de cierta forma estas deformaciones.
- La resistencia a cortante se incrementa más lentamente con el aumento de la carga axial en comparación con la resistencia a flexión.

¹⁰ BONETT DÍAZ, Ricardo León, Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2003.

Falla por cortante → Mayor relación (longitud/altura), mayor carga pre-compresiva. Cuando el efecto de las fuerzas laterales es reversible (sentido) dichas grietas pueden cerrarse y emular un comportamiento no agrietado.

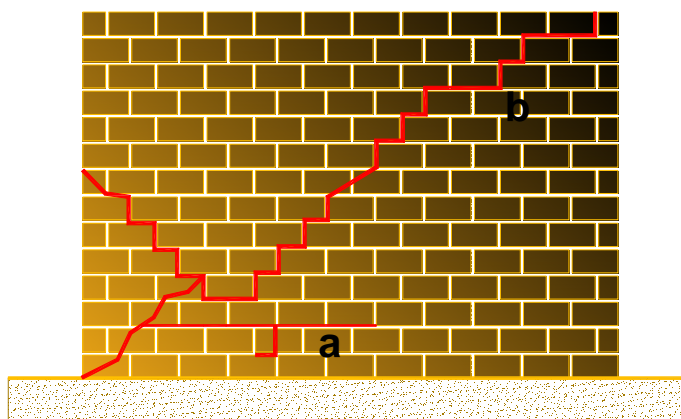
Las grietas a y b son diagonal-longitudinales cuando alcanza el 62% de la carga máxima.

Figura 2.11 Modos de fallo a cortante.



Falla por flexión → Existe cuantificación de la longitud de las grietas que se presentan en la parte inferior del muro, aquí sucede lo contrario el efecto es reversible parecen más grietas por flexión. Este valor de flexión está íntimamente relacionado y depende de la carga vertical actuante en el panel.

Figura 2.12 Modos de fallo a flexión



2.8 RESPUESTA BAJO CARGAS CÍCLICAS Y DINÁMICAS EN EL PLANO ¹¹

El conjunto formado por la resistencia, rigidez, ductilidad, tipo de diafragma, conexiones y magnitud de cargas de compresión pueden en determinado momento volver un poco más complejo el sistema y dar hasta una mala respuesta ante la acción de cargas cíclicas. Por tal razón no es recomendable la construcción de edificaciones en mampostería no reforzada en zonas de media y alta sismicidad, pero hay casos como el nuestro donde la mayoría de nuestras edificaciones en estudio presentan dicha tipología estructural.

2.9 PRINCIPALES MECANISMOS DE FALLO

Los modos de falla en mampostería no reforzada engloban toda la estructura, es decir involucran todos los elementos de la edificación cuando está sometida a cargas laterales.

❏ **Falla fuera del plano:** Un movimiento sísmico de magnitud moderada, mal anclaje de los muros con el diafragma de piso, mal anclaje de elementos no estructurales como parapetos, mal anclaje de chapas y elementos de ornamentación.

❏ **Falla en el plano:** Relación longitud/altura y esfuerzos de flexión (fallas de flexión y cortante vistas anteriormente).

❏ **Falla de anclaje ó conexión:** La conexión entre elementos de la estructura y no estructurales debe ser la adecuada para que la estructura trabaje como un sistema dual (muros-diafragma) ó sistema cajón precisamente para compensar las cargas cíclicas entre un elemento y otro. Por lo general esta falencia es reflejada en la parte superior de la estructura, donde para su construcción implementaron materiales de baja calidad.

¹¹ BONETT DÍAZ, Ricardo León, Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2003.

- ✦ **Flexibilidad de los diafragmas y resistencia:** De las conexiones, sin llegar a menospreciar a los demás, es quizá la más importante en cuanto a resistencia debido a su peso y a la no adecuada conexión ó transmisión de carga frente al sistema de muros.
- ✦ **Daños por impacto:** El contorno de la estructura juega un papel esencial cuando se presentan sismos ya que su dependencia radica en el alineamiento de muros y del diafragma entre edificaciones adyacentes. Este fenómeno comienza cuando llega la carga cíclica y debido a su desplazamiento la recibe una primera edificación que transmite dicha carga a edificaciones colindantes y si ellos no poseen un sistema parecido, esto representa para las viviendas una carga adicional, es decir la no igualdad en niveles por los muros en el primer piso en cuanto altura del diafragma, que representaría el colapso de ciertos elementos terminales de la estructura.
- ✦ **Fallas de fundación:** La licuefacción puede ser considerada como una consecuencia de los terremotos. En este fenómeno, los suelos no consolidados, no cohesivos ó fácilmente disgregables y saturados en agua se separan debidos a las vibraciones del sismo perdiendo su resistencia de manera temporal, el sedimento cae hacia abajo y el agua de saturación tiende a salir como una fuente surgente, comportándose como material licuado, cuyo resultado es la producción de un desplazamiento ó falla del terreno, en arenas sueltas se puede ver afectado los muros de gran longitud.
- ✦ **Fallas inducidas por configuración:** Problemas de torsión, mala distribución de muros. Mala transmisión de esfuerzos entre muros de diferentes niveles. Reducción de la resistencia a cortante, muros esbeltos. Discontinuidad en elevación de muros, alturas de entrepiso diferentes. Empuje de las escaleras contra muros que se utilizan como apoyos del descanso, falla por punzonamiento del muro.
- ✦ **Amplificaciones de suelos blandos:** Por licuefacción para suelos blandos produciendo su amplificación.
- ✦ **Calidad del mortero y ladrillos.**
- ✦ **Edad de la construcción:** Degradación, deterioro y erosión por la antigüedad de la edificación, falta de normatividad en épocas pasadas.

3. INFORMACIÓN GENERAL DE LAS VIVIENDAS EN ESTUDIO Y SU RESPECTIVA ZONIFICACIÓN

3.1 DATOS GENERALES DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA¹²

En Colombia se presentan gran número de fallas; en el caso concreto de Bucaramanga la ciudad es considerada como una región de alta amenaza sísmica, donde confluye el movimiento de las placas tectónicas de la cordillera oriental que la hacen más propensa a fenómenos de origen geológico.

El Nido Sísmico que afecta a Bucaramanga se encuentra localizado a unos 35 Km al sur de la ciudad, en el área de la Mesa de los Santos a una profundidad de 160 Km, donde chocan la placa tectónica de Nazca (pacífico desplazamiento de 60 a 70 mm al año), la placa Continental de Suramérica (desplazamiento de 15 a 20 mm al año) y la placa del Caribe (desplazamiento de 20 a 25 mm al año), las cuales afectan con su activación continua de Micro–temblores y temblores de baja intensidad el área del Municipio de Bucaramanga.

Los antecedentes geológicos permiten hacer un estimativo cercano a magnitudes entre 6.7 y 7.1 en la escala de Richter definiendo el nivel de riesgo sísmico para la zona de la ciudad de Bucaramanga, donde se destacan 4 fallas reales y una inferida las cuales se distribuyen a lo largo del territorio.

Las principales fallas regionales que se contactan con el municipio de Bucaramanga son las de Bucaramanga, Suárez y Surata, éstas poseen una gran transmisión de las ondas sísmicas, por cuanto son planos de inestabilidad de unos terrenos contra otros.

Fallas reales

Falla de Bucaramanga – Morrorríco.

¹² INGEOMINAS. Mapas pág. de Internet. www.ingegominas.com.co

Es la principal falla regional activa que presenta una velocidad de desplazamiento de unos 10 mm/año, producto de la continuación de la falla de Soapaga (Boyacá), recorre el costado oriental del perímetro urbano correspondiente a los barrios de Pan de Azúcar y lagos del Cacique en dirección Norte-Sur, con una longitud de 220 Km.

Aproximadamente desde el caserío Chitota hasta Morrorríco¹³ tiene un rumbo de N15° W y se extiende desde la región de Curos a Umpalá, donde se producen algunas atenuaciones de energía sísmica originada en epicentros alrededor de la región de Umpala. Continúa su recorrido por Río Negro y San Alberto para unirse con la falla de Santa Marta.

En su trayectoria como falla de gran envergadura, deja algunos cerros aislados, separados de sus formaciones originales, como los asentamientos de los barrios Pan de Azúcar y lagos del Cacique, en el cerro de Morrorríco y la zona dos o corregimiento dos de Bolarqui, en donde son mas sobresalientes por el encuentro con la falla del río Surata.

- Falla del Suárez - Chimitá

Recorre el límite occidental del municipio, siguiendo el trazo del Río de Oro, para luego chocar contra la falla de Bucaramanga. A través de ella se producen algunas atenuaciones de energía sísmica originada en epicentros alrededor de la región de Vélez.

Junto con la falla de Bucaramanga dan lugar a grandes bloques de materiales sedimentarios jurásicos y cretáceos en medio de ellas, que desde la mesa de Barichara, dejan una serie de mesetas como la de los Santos, La de Ruitoque y el mismo bloque que sustenta la Terraza de Bucaramanga.

Es una falla inversa con una pequeña componente sinextral y una dirección en la parte Sur de N - NW y al Norte N - NE con inclinación SW y NW respectivamente en

¹³ Estudio Técnico para la declaración del Distrito de Manejo Integrado de los Recursos Naturales Renovables (DMI) de Bucaramanga.

ángulos entre 45 y 70 grados. Tiene una longitud de 170 Km, con una tasa de movimiento baja (0.01 a 0.1 mm/año).

- Falla Chitota – Río Suratá

Se extiende hacia el Noreste en el costado Norte de la ciudad, aproximadamente paralela al Río Suratá, es una de las causantes de los deslizamientos y del intenso fallamiento que se observan en la Escarpa Norte de la Meseta de Bucaramanga.

Esta falla divide el cuaternario de las secciones igneometamórficas y sedimentarias, lo que facilita el ahondamiento y encañonamiento de este río que antes regaba sus aguas en un nivel de terraza más bajo.

- Falla Quebrada la Iglesia

No se ha movido en los últimos 15 años, no se tiene información adicional de esta falla.

Falla inferida

- Falla Carrera 17

El restante número de fallas son de orden local y se han derivado de los esfuerzos que conllevan los trazos de fallas principales como la de Bucaramanga, conformando de esta forma fallas satélites que dejan expresiones como terrenos escalonados y filos de grandes longitudes perpendiculares al trazo de falla.

En esta medida, las fallas se han numerado, las que se orientan en dirección Norte a Sur, lo mismo que las Este a Oeste se han nombrado por letras. La dirección predominante de las fracturas se encuentra en dirección Norte a Sur. Son estas las que han conformado las elevaciones de nuestra cordillera oriental. A su vez algunas se encuentran perpendiculares a estas como parte de un equilibrio de distensión en el entramado del sistema de fallas.

3.2 INFORMACIÓN, CARACTERÍSTICAS, ESTADO Y TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las viviendas escogidas para nuestro estudio, son representación de edificaciones en *mampostería confinada*, *mampostería parcialmente confinada* y *mampostería no reforzada*, en diferentes zonas de la ciudad de Bucaramanga y tomando parte del municipio de Floridablanca, a continuación se presenta una breve descripción de cada una de las zonas presentadas:

Sector de Morrórico¹⁴: La zona en estudio es la Comuna N°14 de la Ciudad de Bucaramanga, capital del departamento de Santander, situada en las laderas del macizo de Santander, al nororiente de la ciudad, en los kilómetros 1 y 4 de la vía que de Bucaramanga (Santander) comunica con Pamplona (Norte de Santander) entre los 880 y 1280 de altitud. Ésta comuna comprende los siguientes barrios:

- **Buenos Aires.** Bordeado por la carretera a Cúcuta en todo su sector noroccidental.
- **Miraflores.** Bordeado por la carretera a Cúcuta en todo su sector oriental.
- **La Malaña.** Empalmada a una vía vehicular que conduce a la planta del acueducto municipal la flora.
- **Albania.** Comunica con el barrio Álvarez y con la carretera principal Bucaramanga-Cúcuta.
- **Morrórico.** A orillas de la carretera principal Bucaramanga-Cúcuta.

Son considerados Barrios Subnormales (Estratos 1 y 2), ubicados en la Zona 12, es un sector de alta pendiente y sobre la falla Bucaramanga-Santa Marta. La mayoría de las edificaciones han sido construidas por sus propietarios basados en la experiencia de sus vecinos ó maestros de obra, sin el debido seguimiento de normas sismorresistentes y sin la supervisión de un arquitecto ó ingeniero. Sus cimentaciones en laderas de pendientes medias a fuertes, utilizándose el terráceo ó

¹⁴ ARDILA, Rey Andres, MENDEZ, Alexander. Trabajo de grado. Caracterización dinámica de las edificaciones de la comuna n° 14 "Morrórico".

por medio de elementos verticales que se extienden hasta la ladera para soportar la estructura.

Según la zonificación sismogeotectónica indicativa del área metropolitana de Bucaramanga, está dividida en 9 zonas, en donde el sector en estudio se ubica en la **zona 2B**. Su litología corresponde a rocas metamórficas e ígneas, fuertemente cizalladas pertenecientes al Neis de Bucaramanga. Los suelos corresponden a arenas arcillosas y limosas de color aro en los sectores metamórficos, y arcillas arenosas y arenas arcillosas en los sectores ígneos.

Figura 3.1 Método Terráceo

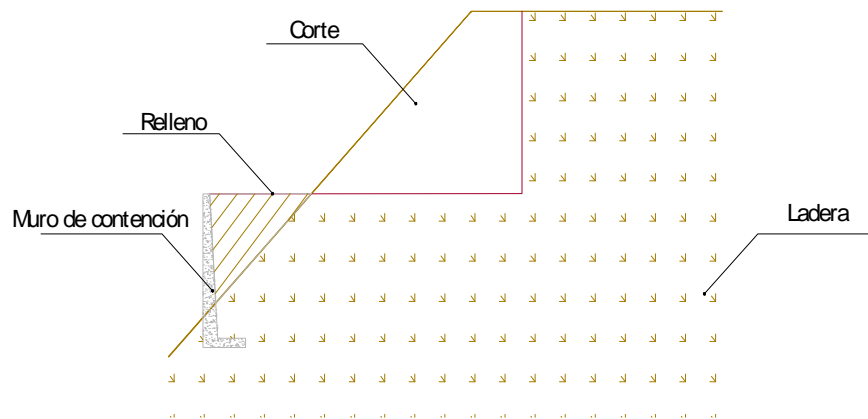
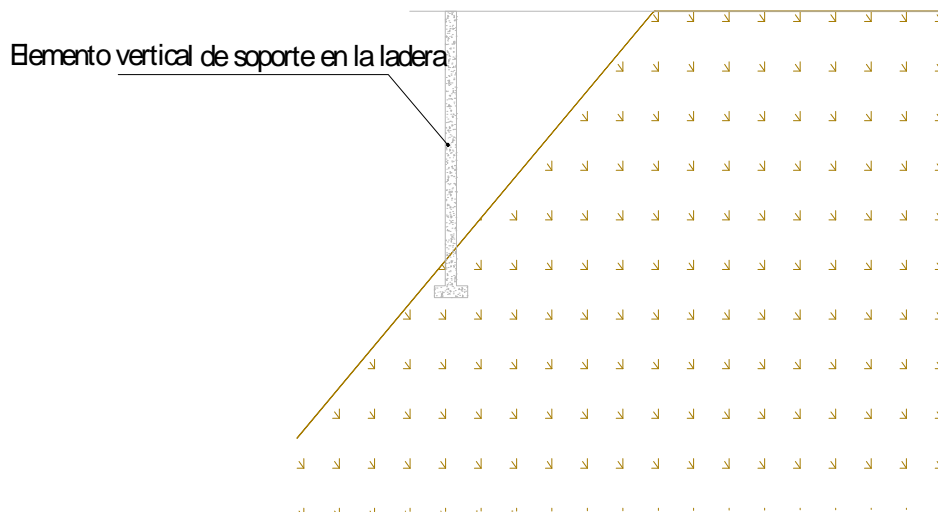


Figura 3.2 Método de elementos verticales a media ladera



En éste sector es común encontrar viviendas con el mismo diseño arquitectónico, cambiando en su diseño estructural por las dimensiones de las columnas y en ciertos casos el espesor de la placa de entrepiso y su cimentación. Por tal razón se clasificaron las viviendas por tipo de edificación y sus respectivas características. Entre dichas características se hallan las posibles irregularidades en planta y altura según la **NSR-98** como *Requisitos generales de diseño sismo resistente*.

Figura 3.3 Procedimientos utilizados para la elaboración de la cimentación.

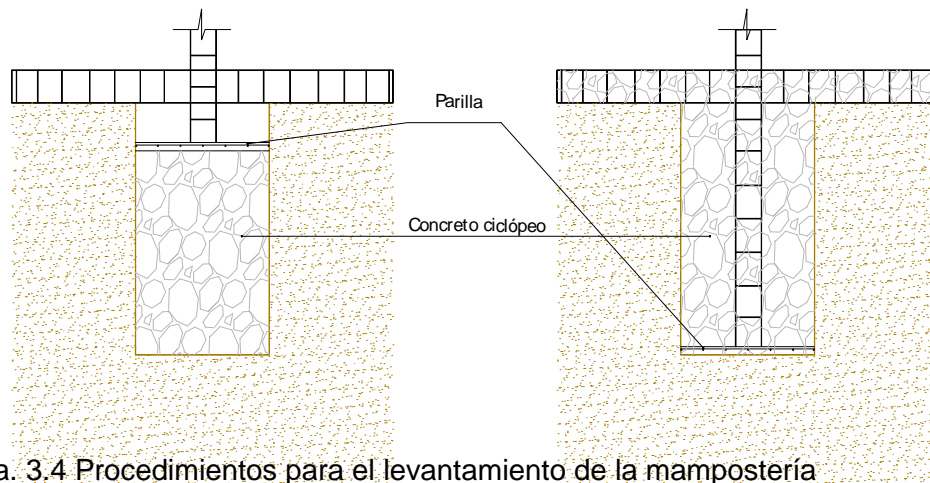
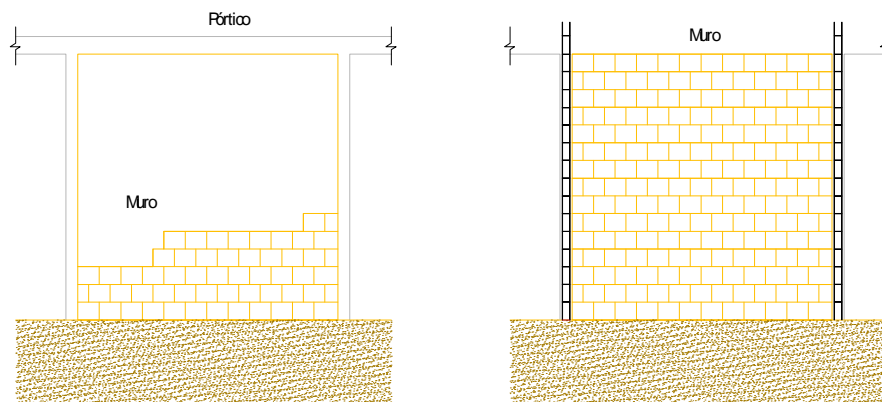


Figura. 3.4 Procedimientos para el levantamiento de la mampostería



Sector de Provenza¹⁵ Es una zona donde se encuentra compuesta principalmente por sectores residenciales, Provenza limita con el municipio de Floridablanca ubicado en la ciudad de Bucaramanga, los límites de la comuna sur corresponden a:

¹⁵ GARCIA, Orfa, CASTELLANOS, Julián. Trabajo de grado. CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DE EDIFICACIONES DE UNO Y DOS PISOS EN UNA ZONA DE BUCARAMANGA

- Calle 105 con carrera 20 hasta encontrar la quebrada el Cuellar en los límites con Floridablanca.
- Límite entre Bucaramanga, Floridablanca y Girón.
- Sur – Norte siguiendo los límites con Girón girando en sentido este-oeste hasta encontrar quebrada la Iglesia.
- Sentido oriente-occidente hasta la carrera 17 con carrera 20 que es el cierre.

De acuerdo al estudio de Microzonificación Sísmica de Bucaramanga, este sector está ubicado en suelo no erosionado del abanico aluvial de Bucaramanga, los problemas geotécnicos presentados son las profundidades superiores a 5 metros, aparecen niveles freáticos por encima de los mantos arcillosos ó de finos en el abanico aluvial de la ciudad. Estos niveles freáticos afloran en el pie de los escarpes verticales, en el perímetro de la meseta generando focos de erosión acelerados.

Municipio de Floridablanca¹⁶: Ubicado a 8 kilómetros al sur de la ciudad de Bucaramanga, a 925 m.n.m., y puede clasificarse en tres zonas características:

- Los suelos del macizo Santander ubicados en la parte oriente.
- La zona de la meseta de Ruitoque al norte.
- La zona entre el macizo Santander y la mesa de Ruitoque.

Floridablanca se encuentra localizada en una zona tectónicamente compleja y con alto grado de sismicidad, al hacer parte del denominado “Nido Sísmico de Bucaramanga” y a la presencia de importantes fallas activas como la falla Bucaramanga-Santa Marta y la falla Suárez-Rio de Oro, por lo cual ha sido catalogada como una “**zona de alto grado de sismicidad**”. Los barrios estudiados son:

- Altos de Villabel
- La cumbre
- El Carmen
- Santana

¹⁶ ALFONSO, Eduar, PERCOVICH, Cristhian. Trabajo de grado. CARACTERIZACIÓN DINÁMICA DE LAS EDIFICACIONES DEL SECTOR LA CUMBRE, SANTANA, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA.

- Zapamanga

Características de las edificaciones son las construcciones en mampostería de ladrillo y sistema estructural de muros. En la cimentación es notorio los procedimientos terráceo y disposición de elementos verticales.

A manera de resumen a continuación se expone ciertas características que definen la conformación del sistema estructural y los materiales utilizados para su construcción. En los anexos se encuentran los planos arquitectónicos y estructurales de cada vivienda.

1. SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE CARGAS: MAMPOSTERÍA CONFINADA

2. SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE CARGAS: MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE CONFINADA

3. SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE CARGAS: MAMPOSTERÍA NO REFORZADA

SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE CARGAS: MAMPOSTERÍA CONFINADA

CASA 1.1

✚ Nº de niveles:	Un nivel
✚ Altura (1^{er} piso):	2.6 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Placa aligerada
✚ Ubicación:	Barrio San Alonso, Bucaramanga, Santander

CASA 1.2

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.65 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Placa aligerada
✚ Ubicación:	Municipio de Floridablanca, Santander

CASA 1.3

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.5 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Placa aligerada
✚ Ubicación:	Barrio Las Delicias, Bucaramanga, Santander

CASA 1.4

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.2 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa y viguetas prefabricadas
✚ Cubierta:	Placa y viguetas prefabricadas
✚ Ubicación:	Barrio de Malpaso, Bucaramanga, Santander

CASA 1.5

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.4 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Canaleta prefabricada
✚ Cubierta:	Canaleta prefabricada
✚ Ubicación:	Barrio Coaviconsá, Bucaramanga, Santander

CASA 1.6

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.25 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Placa aligerada
✚ Ubicación:	Barrio El Porvenir, Bucaramanga, Santander

CASA 1.7

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.4 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-15

✚ Sistema de soporte:	Mampostería Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Placa aligerada
✚ Ubicación:	Barrio La Cumbre, Bucaramanga, Santander

**SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE CARGAS: MAMPOSTERÍA
PARCIALMENTE CONFINADA**

CASA 2.1

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.5 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Asbesto Cemento
✚ Ubicación:	Barrios Buenos Aires y Albania, Bucaramanga, Santander

CASA 2.2

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.5 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Asbesto Cemento
✚ Ubicación:	Barrios Morrórico, Bucaramanga, Santander

CASA 2.3

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.5 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada (Bovedilla)
✚ Cubierta:	Asbesto Cemento
✚ Ubicación:	Barrios Miraflores, Bucaramanga, Santander

CASA 2.4

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
-------------------------	-------------

✚ Altura (1^{er} piso):	2.5 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
✚ Placa de entrepiso:	Placa y viguetas prefabricadas
✚ Cubierta:	Asbesto Cemento
✚ Ubicación:	Barrios Miraflorez, Bucaramanga, Santander

CASA 2.5

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.5 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Zinc
✚ Ubicación:	Barrios Buenos Aires, Albania, Morrорico y Miraflorez Bucaramanga, Santander

CASA 2.6

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.7 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento (1 ^{er} nivel) y Mampostería No reforzada (2 ^o nivel)
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Asbesto Cemento
✚ Ubicación:	Barrios Buenos Aires, Albania, Morrорico y Miraflorez Bucaramanga, Santander

CASA 2.7

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.7 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-7
✚ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento (1 ^{er} nivel) y Mampostería No reforzada (2 ^o nivel)
✚ Placa de entrepiso:	Canaleta prefabricada
✚ Cubierta:	Asbesto Cemento
✚ Ubicación:	Barrios Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

CASA 2.8

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.7 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo Temosa (1 ^{er} nivel) y Ladrillo H-10 (2 ^o nivel)
✚ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento (1 ^{er} nivel) y Mampostería No reforzada (2 ^o nivel)
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Asbesto Cemento
✚ Ubicación:	Barrios Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

CASA 2.9

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.7 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo Temosa (1 ^{er} nivel) y Ladrillo H-10 (2 ^o nivel)
✚ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento (1er nivel) y Mampostería No reforzada (2 ^o nivel)
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Zinc
✚ Ubicación:	Barrios Buenos Aires, Albania, Morrórico y Miraflores Bucaramanga, Santander

CASA 2.10

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.7 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo Temosa (1 ^{er} nivel) y Ladrillo H-10 (2 ^o nivel)
✚ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento (1er nivel) y Mampostería No reforzada (2 ^o nivel)
✚ Placa de entrepiso:	Placa y viguetas prefabricadas
✚ Cubierta:	Asbesto Cemento
✚ Ubicación:	Barrios Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

CASA 2.11

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.4 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo temosa
✚ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada

▣ Cubierta:	Placa aligerada
▣ Ubicación:	Barrios Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

CASA 2.12

▣ N° de niveles:	Dos niveles
▣ Altura (1^{er} piso):	2.4 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo H-10
▣ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
▣ Placa de entrepiso:	Placa aligerada (Bovedilla)
▣ Cubierta:	Placa aligerada (Bovedilla)
▣ Ubicación:	Barrios Miraflores, Bucaramanga, Santander

CASA 2.13

▣ N° de niveles:	Dos niveles
▣ Altura (1^{er} piso):	2.4 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo Temosa
▣ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
▣ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
▣ Cubierta:	Placa aligerada
▣ Ubicación:	Barrios Miraflores, Bucaramanga, Santander

CASA 2.14

▣ N° de niveles:	Dos niveles
▣ Altura (1^{er} piso):	2.8 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo H-10
▣ Sistema de soporte:	Mampostería Confinada (1 ^{er} nivel) y Solo columnas (2 ^o nivel)
▣ Placa de entrepiso:	Placa y viguetas prefabricadas
▣ Cubierta:	Asbesto Cemento
▣ Ubicación:	Barrio Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

CASA 2.15

▣ N° de niveles:	Dos niveles
▣ Altura (1^{er} piso):	2.8 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo Temosa (1 ^{er} nivel) y Ladrillo H-10 (2 ^o nivel)
▣ Sistema de soporte:	Mampostería Confinada (1 ^{er} nivel) y Solo columnas (2 ^o nivel)
▣ Placa de entrepiso:	Placa aligerada (Bovedilla)

▣ Cubierta:	Asbesto Cemento
▣ Ubicación:	Barrio Miraflores, Bucaramanga, Santander

CASA 2.16

▣ Nº de niveles:	Dos niveles
▣ Altura (1^{er} piso):	2.2 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo Temosa (1 ^{er} nivel) y Ladrillo H-10 (2 ^o nivel)
▣ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
▣ Placa de entrepiso:	Placa y viguetas prefabricadas
▣ Cubierta:	Placa y viguetas prefabricadas
▣ Ubicación:	Barrio Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

CASA 2.17

▣ Nº de niveles:	Un nivel
▣ Altura (1^{er} piso):	2.4 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo Temosa
▣ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
▣ Placa de entrepiso:	Placa maciza
▣ Cubierta:	Placa maciza
▣ Ubicación:	Barrio Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

CASA 2.18

▣ Nº de niveles:	Un nivel
▣ Altura (1^{er} piso):	2.4 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo H-10
▣ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
▣ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
▣ Cubierta:	Placa aligerada
▣ Ubicación:	Barrio Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

CASA 2.19

▣ Nº de niveles:	Un nivel
▣ Altura (1^{er} piso):	2.4 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo H-10
▣ Sistema de soporte:	Solo columnas de confinamiento en toda la edificación
▣ Placa de entrepiso:	Placa y viguetas prefabricadas

▣ Cubierta:	Placa y viguetas prefabricadas
▣ Ubicación:	Barrio Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE CARGAS: MAMPOSTERÍA NO CONFINADA

CASA 3.1

▣ Nº de niveles:	Un nivel
▣ Altura (1^{er} piso):	2.3 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo H-10
▣ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
▣ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
▣ Cubierta:	Placa aligerada
▣ Ubicación:	Municipio de Floridablanca, Santander

CASA 3.2

▣ Nº de niveles:	Dos niveles
▣ Altura (1^{er} piso):	2.35 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo H-15
▣ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
▣ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
▣ Cubierta:	Asbesto Cemento
▣ Ubicación:	Municipio de Floridablanca, Santander

CASA 3.3

▣ Nº de niveles:	Un nivel
▣ Altura (1^{er} piso):	3.2 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo H-12
▣ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
▣ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
▣ Cubierta:	Placa aligerada
▣ Ubicación:	Municipio de Floridablanca, Santander

CASA 3.4

▣ Nº de niveles:	Dos niveles
▣ Altura (1^{er} piso):	2.4 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo H-10
▣ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
▣ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
▣ Cubierta:	Asbesto Cemento
▣ Ubicación:	Municipio de Floridablanca, Santander

CASA 3.5

✚ Nº de niveles:	Un nivel
✚ Altura (1^{er} piso):	2.3 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Sin diafragma
✚ Cubierta:	Asbesto Cemento y Zinc
✚ Ubicación:	Municipio de Floridablanca, Santander

CASA 3.6

✚ Nº de niveles:	Un nivel
✚ Altura (1^{er} piso):	2.52 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Placa aligerada
✚ Ubicación:	Barrio Provenza, Bucaramanga, Santander

CASA 3.7

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.55 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10 y H-15
✚ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa cerámica estructural
✚ Cubierta:	Placa cerámica estructural y Teja de barro
✚ Ubicación:	Barrio Provenza, Bucaramanga, Santander

CASA 3.8

✚ Nº de niveles:	Un nivel
✚ Altura (1^{er} piso):	2.75 metros (en promedio)
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Placa aligerada y Teja de Barro
✚ Ubicación:	Barrio Provenza, Bucaramanga, Santander

CASA 3.9

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.52 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10

✚ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Placa aligerada
✚ Ubicación:	Barrio Provenza, Bucaramanga, Santander

CASA 3.10

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.4 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10 y H-15
✚ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Asbesto Cemento
✚ Ubicación:	Barrios San Miguel, La Victoria, Mutis y La Ceiba Bucaramanga, Santander

CASA 3.11

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.5 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Placa aligerada
✚ Ubicación:	Barrio Ciudadela Real de Minas, Bucaramanga, Santander

CASA 3.12

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.4 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
✚ Cubierta:	Placa aligerada
✚ Ubicación:	Barrios Mejoras Públicas y Sotomayor, Bucaramanga, Santander

CASA 3.13

✚ Nº de niveles:	Dos niveles
✚ Altura (1^{er} piso):	2.6 metros
✚ Material en los muros:	Ladrillo H-10
✚ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
✚ Placa de entrepiso:	Placa aligerada

▣ Cubierta:	Placa aligerada
▣ Ubicación:	Barrio Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

CASA 3.14

▣ Nº de niveles:	Dos niveles
▣ Altura (1^{er} piso):	2.6 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo Temosa (1 ^{er} nivel) y Ladrillo H-10 (2 ^o nivel)
▣ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
▣ Placa de entrepiso:	Placa aligerada
▣ Cubierta:	Placa aligerada
▣ Ubicación:	Barrio Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

CASA 3.15

▣ Nº de niveles:	Un nivel
▣ Altura (1^{er} piso):	2.7 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo H-10
▣ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
▣ Placa de entrepiso:	Sin diafragma
▣ Cubierta:	Asbesto Cemento
▣ Ubicación:	Barrio Buenos Aires, Bucaramanga, Santander

CASA 3.16

▣ Nº de niveles:	Un nivel
▣ Altura (1^{er} piso):	2.7 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo Temosa
▣ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
▣ Placa de entrepiso:	Sin diafragma
▣ Cubierta:	Asbesto Cemento
▣ Ubicación:	Barrio Miraflores, Bucaramanga, Santander

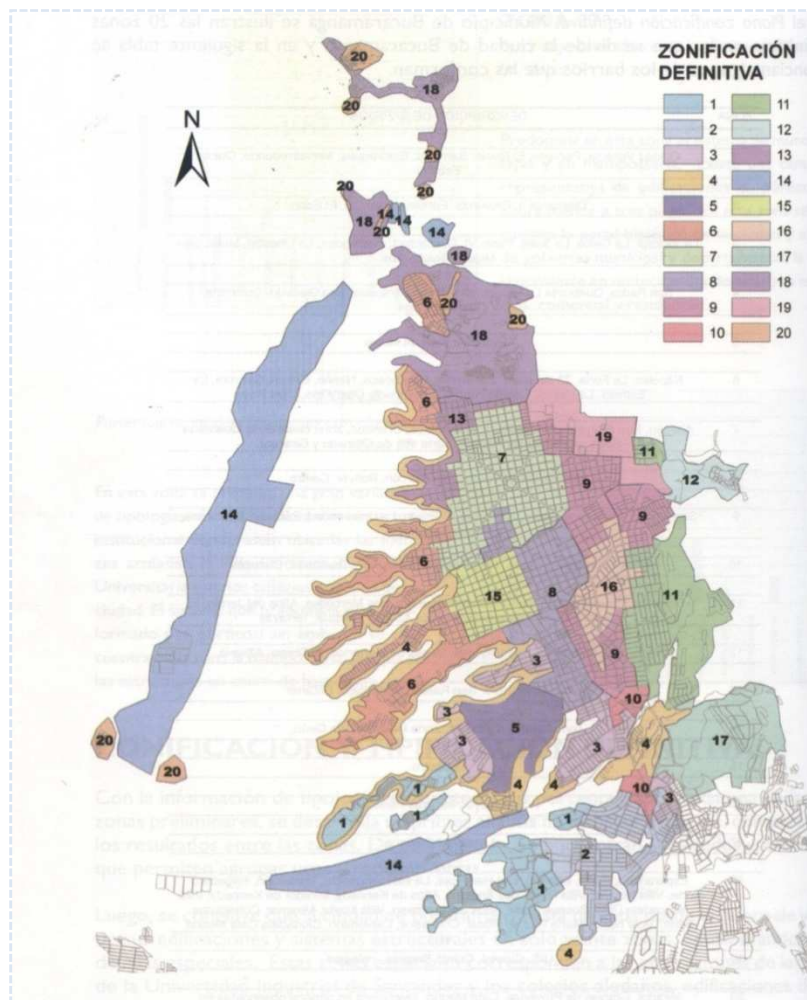
CASA 3.17

▣ Nº de niveles:	Un nivel
▣ Altura (1^{er} piso):	2.7 metros
▣ Material en los muros:	Ladrillo H-10
▣ Sistema de soporte:	Mampostería No Confinada
▣ Placa de entrepiso:	Sin diafragma
▣ Cubierta:	Zinc
▣ Ubicación:	Barrio Morrórico, Bucaramanga, Santander

3.3 ZONIFICACIÓN DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA¹⁷

La zonificación de la ciudad de Bucaramanga está constituida por la división de 20 zonas desde el punto de vista de sus edificaciones y sistemas estructurales, sobre cada una de ellas se reagrupa el porcentaje de edificaciones en relación a los sistemas estructurales manejados en el sector como los son la tapia ó adobe, mampostería, pórtico de concreto o de acero y muro estructural.

Figura 3.5 Plano zonificación definitiva, Municipio de Bucaramanga



¹⁷ MALDONADO, Esperanza, CHIO, Gustavo. VISIÓN ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA.

3.4 ZONIFICACIÓN DE LAS VIVIENDAS EN ESTUDIO

Con relación a los barrios estudiados, se expone a continuación su respectiva zonificación según la propuesta realizada por Maldonado, Esperanza y Chio, Gustavo en su libro VISION ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA.

Zona 1 → Zona ubicada al sur occidente de la ciudad predominan edificaciones en mampostería, 1980-1994. Muros confinados (pórticos y muros) de baja altura es decir uno y dos niveles.

Barrio Las Delicias, 1994

Barrio Brisas de Malpaso, 1986

Barrio Coaviconsa, 1992

Barrio el porvenir, 1990

TIPOLOGIA 72,5% DE LAS EDIFICACIONES

Zona 2 → Zona ubicada en el sur oriente de la ciudad de Bucaramanga, donde predominan las edificaciones en mampostería de ladrillo y mampostería confinada, 1971 en adelante.

Barrio Provenza

TIPOLOGIA 73% DE LAS EDIFICACIONES

Zona 3 → Zona que impera el sistema estructural en muros de carga y divisorios, edificaciones en mampostería de ladrillo no confinado, 1964 año de construcción destacado.

Barrio San miguel

Barrio La Victoria

Barrio Mutis

Barrio La Ceiba

TIPOLOGIA 81% DE LAS EDIFICACIONES

Zona 5 → Zona ubicada en el centro y sur de la ciudad, hacia el costado oeste, 1969-1980, mampostería de ladrillo y mampostería confinada.

Barrio Ciudadela Real de Minas

TIPOLOGIA 88% DE LAS EDIFICACIONES

Zona 9 → Zona que representa dos sectores de la ciudad localizados en el nororiente y el suroriente del centro de la meseta de Bucaramanga, edificaciones en mampostería confinada, pórticos y muros, 1980 en adelante.

Barrio San Alonso

TIPOLOGIA 31% DE LAS EDIFICACIONES

Zona 12 → Zona ubicada alrededor de la salida hacia la ciudad de Cúcuta, al nororiente de la meseta de Bucaramanga. Donde predomina el uso de mampostería con edificaciones que cuentan con solo columnas, o confinamiento en el primer nivel y mampostería de ladrillo, 1950-1980.

Barrio Albania

Barrio Buenos Aires

Barrio La Malaña

Barrio Miraflores

Barrio Morrórico

TIPOLOGIA 78% DE LAS EDIFICACIONES

Zona 16 → Zona ubicada en cercanías del centro de la ciudad, caracterizándose por las edificaciones de mampostería de ladrillo, muro estructural. 1919 en adelante.

Barrio Mejoras Públicas

Barrio Sotomayor

TIPOLOGIA 43% DE LAS EDIFICACIONES

4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Y MATRICES DE PROBABILIDAD DE DAÑO PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA CONFINADA, PARCIALMENTE CONFINADA Y NO REFORZADA, Y SU APLICACIÓN EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y SU ÁREA METROPOLITANA

4.1 INTRODUCCIÓN¹

La susceptibilidad sísmica, como propiedad específica de la estructura, es una característica de su propio comportamiento ante la acción de un sismo descrito a través de una ley causa-efecto, donde la causa es el sismo y el efecto es el daño (Sandi, 1986). La definición de la naturaleza y alcance de un estudio de vulnerabilidad sísmica debe estar condicionado por el tipo de daño que se pretende evaluar y el nivel de amenaza existente. La afectación ó daño depende de la acción sísmica y de la capacidad sismorresistente de la estructura, de manera que la evaluación de la vulnerabilidad sísmica está necesariamente relacionada a la manera como se definen la acción y el daño sísmico. Las técnicas de evaluación de la vulnerabilidad proceden de la siguiente manera:

- Naturaleza y objetivo del estudio
- Información disponible
- Características del elemento
- Metodología de evaluación empleada
- Resultado esperado
- Destinatario de esta información

Corsanero y Petrini (1990), quienes las agrupan en función del tipo de resultado que producen:

¹ SAFINA MELONE, Salvador. Tesis Doctoral. Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico.

- *Técnicas Directas*: permiten predecir directamente y en una sola etapa, el daño causado para un sismo. Destacan en ese grupo los llamados métodos tipológicos y los métodos mecánicos.
- *Técnicas Indirectas*: determinan un índice de vulnerabilidad como primer paso, para luego relacionar el daño con la intensidad sísmica.
- *Técnicas Convencionales*: introducen un índice de vulnerabilidad independientemente de la predicción del daño. Se usan básicamente para comparar la vulnerabilidad relativa de diferentes construcciones ubicadas en áreas de igual sismicidad.
- *Técnicas Híbridas*: combinan elementos de los métodos descritos anteriormente con juicio de los expertos.

Prof. Kappos (Dolce, 1994), quien las agrupa en función de la fuente de información que prevalece, en tres tipos de metodologías:

- *Métodos empíricos*: se caracterizan por un alto grado de subjetividad. Están basados en la experiencia sobre el comportamiento de tipos de edificaciones durante sismo y la caracterización de deficiencias sísmicas potenciales. Se usa cuando se dispone de limitada información, cuando se admite un resultado menos ambicioso y/o para evaluaciones preliminares. Son enfoques menos exigentes y más económicos de implementar. Los métodos empíricos, incluye tanto los métodos de caracterización como los de categorización como los métodos de inspección y puntaje.
- *Métodos de categorización ó caracterización*: clasifican las edificaciones según su tipología en clases de vulnerabilidad atendiendo a la experiencia sobre el desempeño sísmico que han tenido estructuras similares ante terremotos relevantes. El resultado suele ser bastante subjetivo por lo que generalmente es limitado a evaluaciones preliminares. Un ejemplo de esta metodología es la clasificación de los tipos de estructuras según su clase de vulnerabilidad propuesta por la EMS-98 (Grünthal, 1998).

- Métodos de inspección y puntaje: permiten identificar y caracterizar las deficiencias sísmicas potenciales de una edificación, atribuyendo valores numéricos (tantos ó puntos) a cada componente significativo de la misma, que ponderado en función de su importancia relativa conduce a la determinación de un *índice de vulnerabilidad*. Aunque estos métodos son bastantes subjetivos, la aplicación a edificaciones de una misma tipología de regiones de sismicidad importante permite una evaluación preliminar orientativa, suficiente para jerarquizar relativamente el nivel de vulnerabilidad sísmica de cada edificación. En zonas caracterizadas por una moderada sismicidad estas metodologías pueden considerarse representativas y más aún, suficientes para describir el nivel de daño esperado, sobre todo si se cuenta con funciones de vulnerabilidad apropiadas para la región. Sin embargo, para aquellas edificaciones que evidencien una relevante vulnerabilidad y una significativa importancia es recomendable complementar estas metodologías con alguna técnica analítica ó experimental. Un ejemplo de esta metodología es el desarrollado por el *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT, 1990)*.
- Métodos analíticos ó teóricos: evalúan la resistencia estimada de las estructuras a los movimientos del terreno utilizando como base modelos mecánicos de respuesta estructural. Constituyen un enfoque muy completo, exigente y costoso. Generalmente son bastante laboriosos y dependen en cierta medida del grado de sofisticación de la evaluación, de la calidad de la información y de la representatividad de los modelos empleados.
- Métodos experimentales: recurren a ensayos dinámicos para determinar las propiedades de las estructuras y/o sus componentes. Generalmente constituyen ensayos “in situ” (menos frecuente de laboratorio), orientados a determinar las propiedades dinámicas y otras características esenciales de la estructura, involucrando aspectos tan importantes como la interacción suelo-estructura, la incidencia de los elementos no estructurales, etc. Aunque sus resultados no son determinantes, permiten en algunos casos orientar sobre el estado de la edificación y los posibles efectos que un sismo ha tenidos sobre ella.

Según la Norma Sismorresistente Colombiana, NSR-98, el análisis de la vulnerabilidad sísmica para las edificaciones existentes debe evaluar los siguientes aspectos:

1. Determinar los índices de sobreesfuerzo individual de los elementos estructurales que en nuestro estudio serían muros de mampostería de la edificación conservando las relaciones de demanda sísmica de esfuerzos y la capacidad de resistirlos.
2. Formulación de una presunción de secuencia de falla de los elementos con relación a la línea de menor resistencia y la incidencia de falla progresiva de los elementos.
3. El índice de vulnerabilidad de una edificación es el inverso de el índice de sobreesfuerzo que indica ò representa la fracción de la resistencia que tendría una edificación diseñada con este reglamento.
4. La vulnerabilidad también puede llegar a expresar el índice general de flexibilidad de una edificación diseñada para esta norma.
5. Calcular el cortante basal resistente de toda la edificación, de tal manera que se identifique los esfuerzos por flexión y cortante basados en los posibles mecanismos de colapso. En el análisis es fundamental hallar el umbral de daño en función de la fuerza sísmica horizontal que recibe ó puede soportar cada uno de los elementos de la estructura calculado de la siguiente manera:

$$V = S_a * g * M$$

M → Masa total de la edificación en Kg.

S_a → Parámetro en función de la aceleración pico efectiva ***A_a***, que en la ciudad de Bucaramanga por encontrarse en una zona de alta actividad

sísmica toma un valor de $A_a=0,25$, el cual de acuerdo a ciertos niveles de amenaza detectados por la Microzonificación de Bucaramanga se toma un rango de $A_a=0,05$ y $A_a=0,20$, de igual manera el cálculo también depende de I (Coeficiente de importancia) que es igual ó menor a la unidad. Para periodos de vibración menores de T_c , S_a ó espectro de aceleraciones puede limitarse a:

Figura 4.1 Espectro elástico de Diseño del Reglamento NSR-98

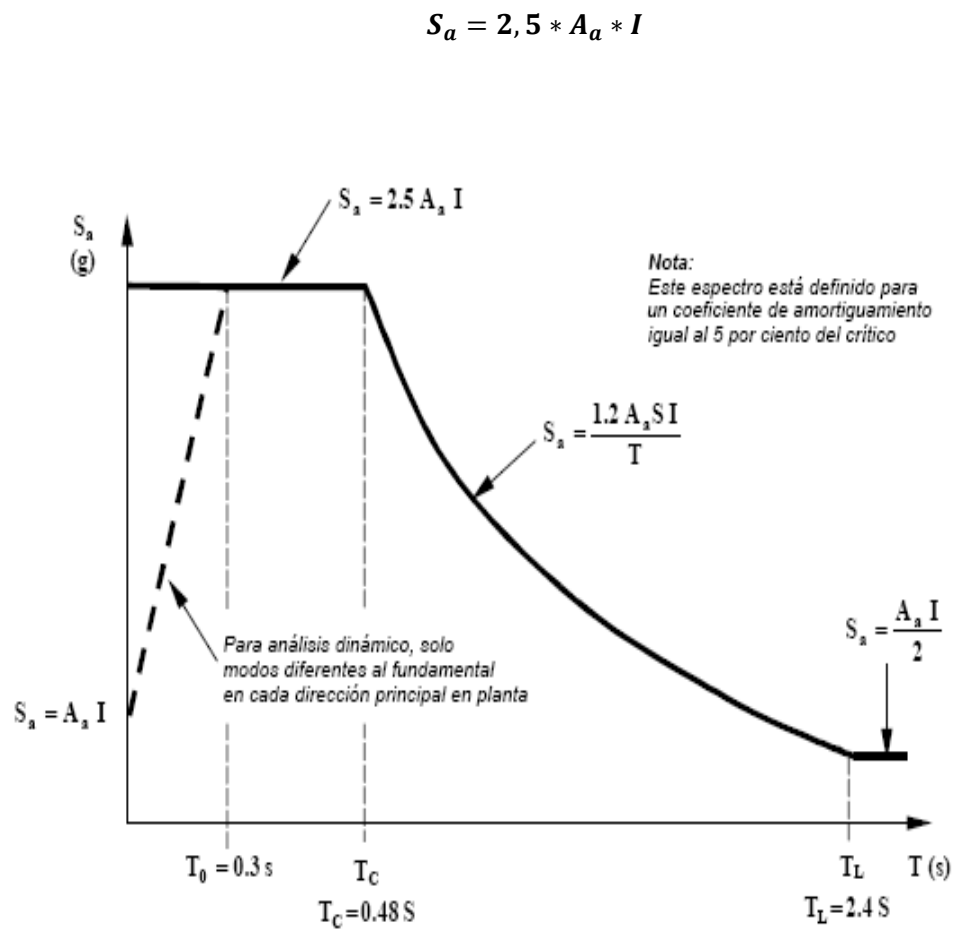


Figura 4.2 Zonas de amenaza sísmica, NSR-98

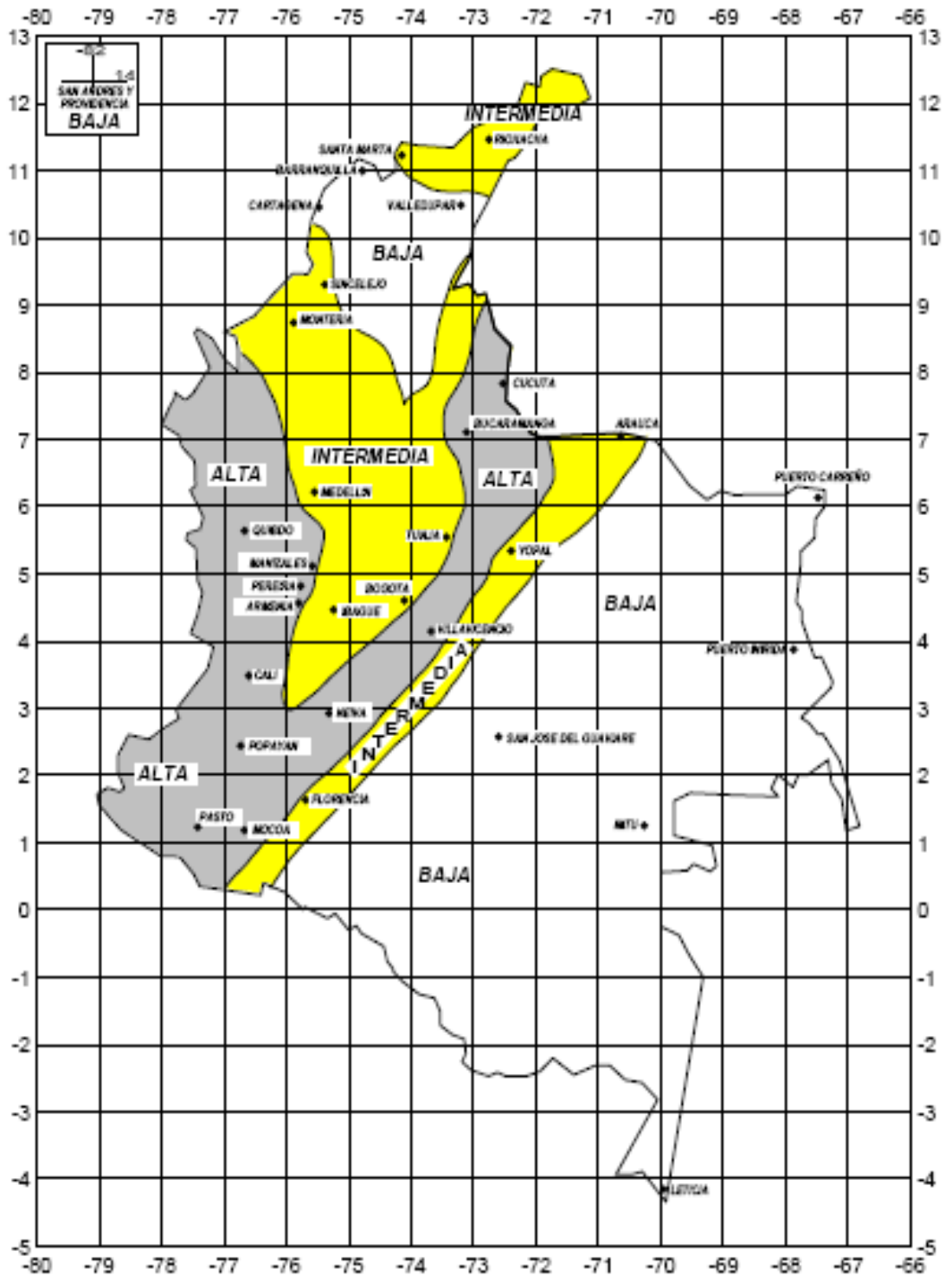


Figura 4.3 Aceleración pico efectiva, NSR-98

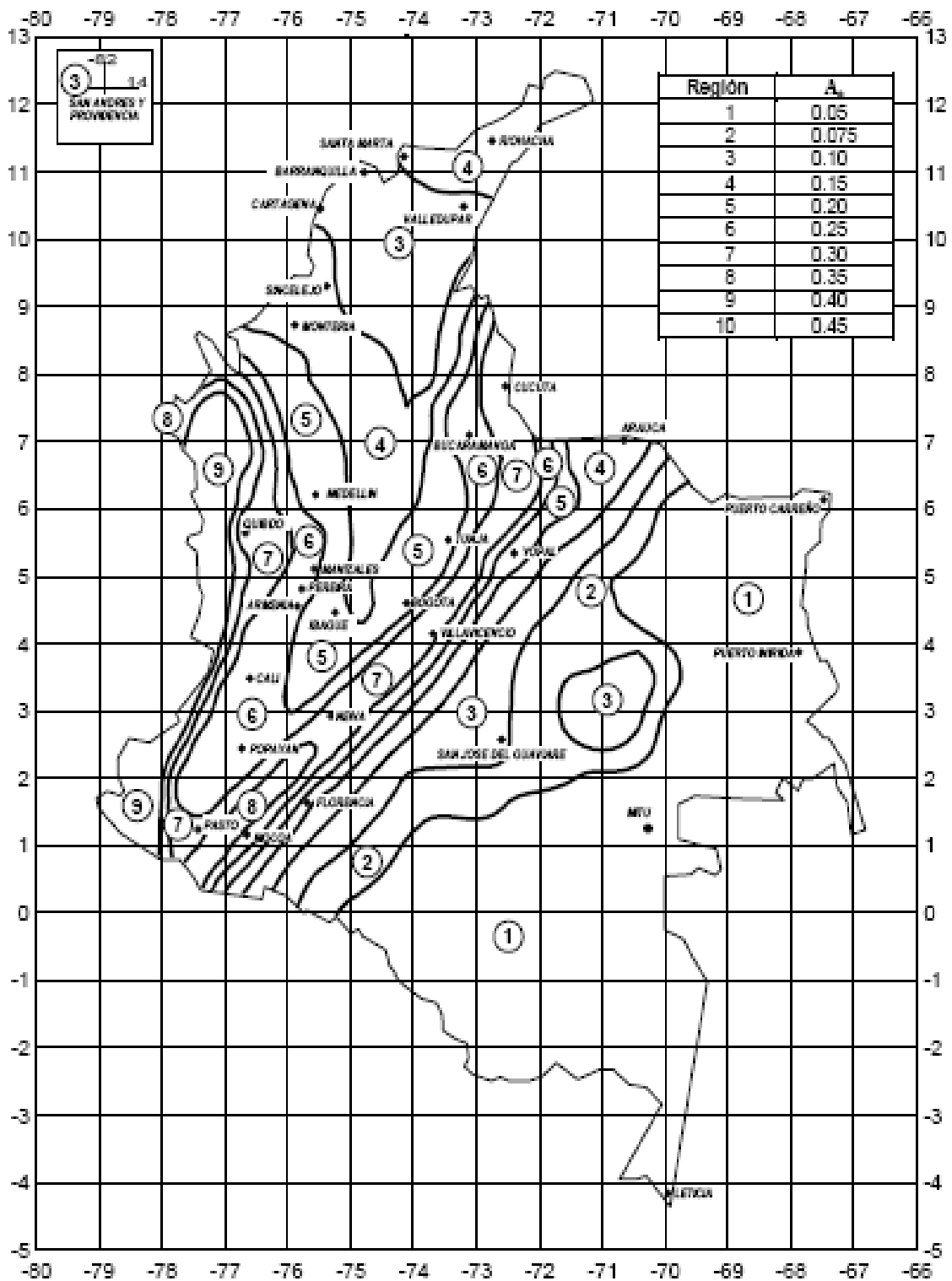


Figura 4.4 Espectro elástico de respuesta utilizados en el proceso de validación, según NSR-98. $A_a=0,05$

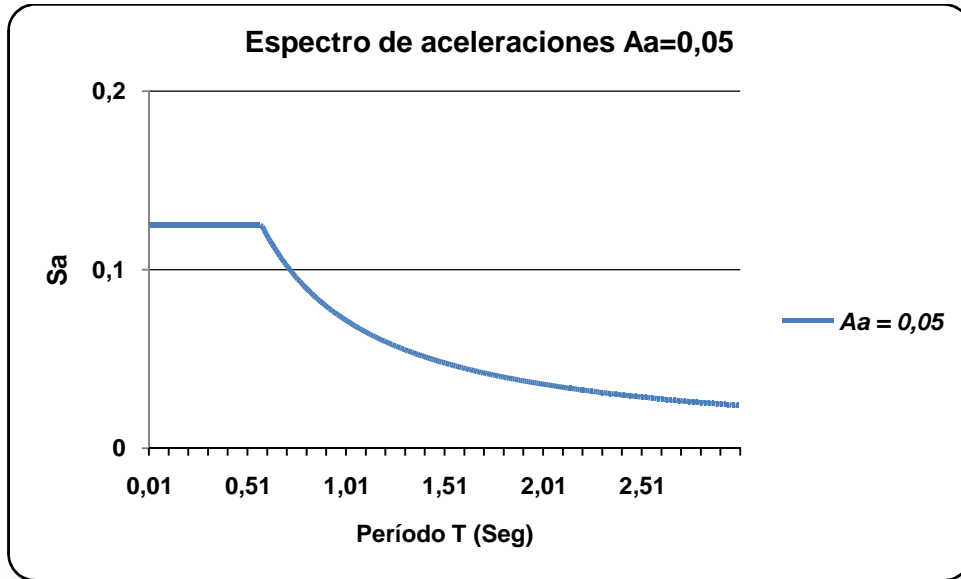


Figura 4.5 Espectro elástico de respuesta utilizados en el proceso de validación, según NSR-98. $A_a=0,10$

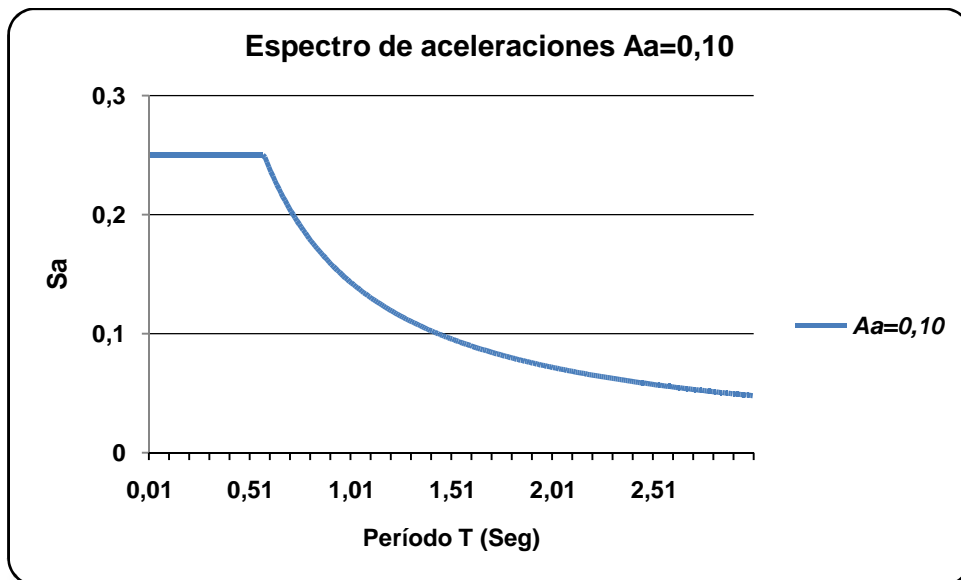


Figura 4.6 Espectro elástico de respuesta utilizados en el proceso de validación, según NSR-98. $A_a=0,15$

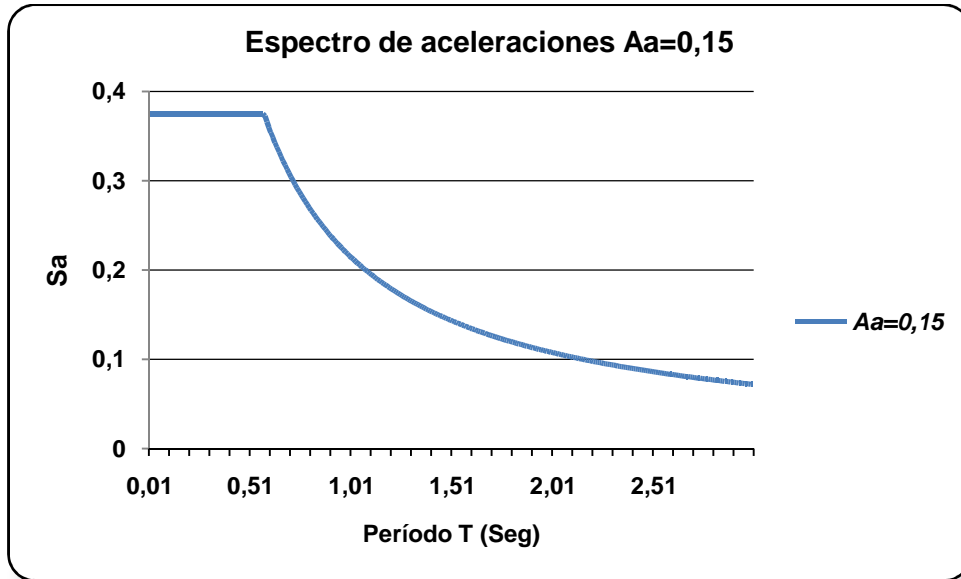
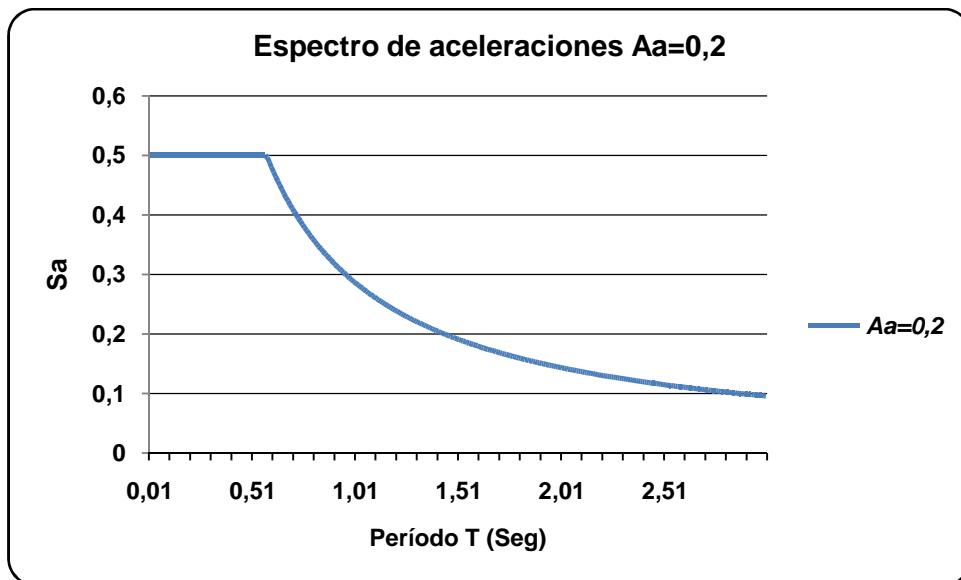


Figura 4.7 Espectro elástico de respuesta utilizados en el proceso de validación, según NSR-98. $A_a=0,20$



4.2 MÉTODO NSR-98 (AIS, 1998)

La evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de viviendas en **mampostería no reforzada y mampostería confinada**, propuesto por la AIS (Asociación de ingeniería Sísmica), involucra en su estudio los elementos susceptibles a sufrir daño en viviendas de uno y dos pisos y que pueden tener efectos directos sobre la seguridad de la estructura son los siguientes:

- ☺ Cubiertas
- ☺ Losas de entrepiso
- ☺ Muros Sólidos de soporte
- ☺ Paneles y Muros Divisorios
- ☺ Vigas, dinteles y antepechos

Donde *la vulnerabilidad sísmica* es catalogada como la susceptibilidad de la vivienda a sufrir daños estructurales en caso de un evento sísmico determinado, depende a su vez de aspectos como la geometría de las estructuras, aspectos constructivos y aspectos estructurales.

ASPECTOS GEOMÈTRICOS

- ☺ Irregularidad en planta de la edificación
- ☺ Cantidad de muros en las dos direcciones
- ☺ Irregularidad en altura

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

- ☺ Calidad de las juntas de pega en mortero
- ☺ Tipo y disposición de los ladrillos
- ☺ Calidad de los materiales

ASPECTOS ESTRUCTURALES

- ☺ Muros confinados y reforzados
- ☺ Detalles de columnas y vigas de confinamiento
- ☺ Vigas de amarre ò corona

- ☞ Características de las aberturas
- ☞ Tipo y disposición del entrepiso
- ☞ Amarre de cubiertas

CIMENTACIÒN

- ☞ Vigas de amarre en concreto reforzado

ENTORNO

- ☞ Tipografía
- ☞ Otros efectos

Tabla 4.1 Calificación propuesta por la AIS.

Aspectos Geométricos	Calificación de componentes	Calificación de la vulnerabilidad de cada aspecto	Factores de ponderación relativos	Vulnerabilidad ponderada
© Irregularidad en planta de la edificación (IP)	1, 2 ò 3	$A_1 = (IP + CM + IA) / 3$	20%	$0.2 \cdot A_1$
© Cantidad de muros en las dos direcciones (CM)	1, 2 ò 3			
© Irregularidad en altura (IA)	1, 2 ò 3			
Aspectos Constructivos				
© Calidad de las juntas de pega en mortero (CJ)	1, 2 ò 3	$A_2 = (CJ + TM + CMa) / 3$	20%	$0.2 \cdot A_2$
© Tipo y disposición de las unidades de mampostería (TM)	1, 2 ò 3			
© Calidad de los materiales (CMa)	1, 2 ò 3			
Aspectos Estructurales				
© Muros confinados y reforzados (MCR)	1, 2 ò 3	$A_3 = (MCR + DCV + VA + CA + E + CA) / 6$	30%	$0.3 \cdot A_3$
© Detalles de columnas y vigas de confinamiento (DCV)	1, 2 ò 3			
© Viga de amarre ò corona (VA)	1, 2 ò 3			
© Características de las aberturas (CA)	1, 2 ò 3			
© Entrepiso (E)	1, 2 ò 3			
© Amarre de cubiertas (AC)	1, 2 ò 3			
© Cimentación (C)	1, 2 ò 3	$A_4 = C$	10%	$0.1 \cdot A_4$
© Suelos (S)	1, 2 ò 3	$A_5 = S$	10%	$0.1 \cdot A_5$
© Entorno (En)	1, 2 ò 3	$A_6 = En$	10%	$0.1 \cdot A_6$
CALIFICACIÒN GLOBAL DE LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LA VIVIENDA: <i>baja: 1 Vulnerabilidad media: 2 Vulnerabilidad alta: 3</i>			Vulnerabilidad	<i>Redondear a cero la suma de la columna de la vulnerabilidad ponderada</i>

Tabla 4.2 Calificación de cada vivienda por la metodología propuesta por la AIS.

CASA	Valor de la vulnerabilidad	Valor redondeado de la vulnerabilidad	Vulnerabilidad
1.1	1,16667	1	Baja
1.2	1,71667	2	Media
1.3	1,23333	1	Baja
1.4	1,38333	1	Baja
1.5	1,23333	1	Baja
1.6	1,23333	1	Baja
1.7	1,41667	1	Baja
2.1	2,43333	2	Media
2.2	2,43333	2	Media
2.3	2,43333	2	Media
2.4	2,43333	2	Media
2.5	2,43333	2	Media
2.6	2,50000	3	Alta
2.7	2,56667	3	Alta
2.8	2,50000	3	Alta
2.9	2,50000	3	Alta
2.10	2,50000	3	Alta
2.11	2,16667	2	Media
2.12	2,16667	2	Media
2.13	2,16667	2	Media
2.14	2,28333	2	Media
2.15	2,28333	2	Media
2.16	1,81667	2	Media
2.17	2,33333	2	Media
2.18	2,33333	2	Media
2.19	2,33333	2	Media
3.1	2,28333	2	Media

CASA	Valor de la vulnerabilidad	Valor redondeado de la vulnerabilidad	Vulnerabilidad
3.2	2,18333	2	Media
3.3	2,16667	2	Media
3.4	2,18333	2	Media
3.5	2,23333	2	Media
3.6	1,38333	1	Baja
3.7	1,48333	1	Baja
3.8	1,31667	1	Baja
3.9	1,36667	1	Baja
3.10	1,48333	1	Baja
3.11	1,48333	1	Baja
3.12	1,65000	2	Media
3.13	2,03333	2	Media
3.14	2,03333	2	Media
3.15	2,06667	2	Media
3.16	2,06667	2	Media
3.17	2,06667	2	Media

4.3 METODOLOGÍA PROPUESTA POR EL GRUPO INME

Esta metodología permite evaluar a través de un formulario para el inventario de edificaciones, obtener el índice de vulnerabilidad mediante un levantamiento visual. La evaluación interna que realiza el Grupo de Investigación y Caracterización de Materiales y Estructuras de Construcción INME está basada en la valoración de los mismos parámetros propuestos por la GNDT para el cálculo del índice de vulnerabilidad, el cual es hallado por el programa **IVEM** creado por el grupo y de igual manera mediante un ajuste de curvas obtenidas por el método de Abrams, halla el porcentaje de daño que se presenta con ese valor del índice de vulnerabilidad sísmica. A continuación se puede observar las variables involucradas con la ayuda del el formulario en el estudio de la vulnerabilidad sísmica.

Figura 4.8 Formulario de levantamiento de las edificaciones

**FORMULARIO PARA EL INVENTARIO DE EDIFICACIONES
BUCARAMANGA, SANTANDER**

MUNICIPIO: _____	DEPARTAMENTO: _____
ZONA: _____	BARRIO: _____

PARTE A: USOS DE LA EDIFICACIÓN

RESIDENCIAL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Morada Permanente (sin negocio)										
2	Morada Permanente (con negocio)										
3	Alojamiento Temporal										
4	Casa institucional de grupo										

PARTE B: CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN

MATERIAL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mampostería de ladrillo ó bloque										
2	Mampostería de tapia ó adobe										
3	Concreto										
4	Metálica										
5	Otro										
PROCESO CONSTRUCTIVO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Autoconstrucción										
2	Proyecto de urbanización										
3	Dirigido por ingenieros ó arquitectos										
AÑO DE CONSTRUCCIÓN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Antes de 1960										
2	Después de 1960 y antes de 1984										
3	Después de 1984 y antes de 1998										
4	Después de 1998										
GEOMETRIA		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Tipo de irregularidad en planta (ver instrucciones)										
2	Tipo de irregularidad en altura (ver instrucciones)										
DIAFRAGMA HORIZONTAL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Losa maciza (Espesor entre 0,1m y 0,20 m.)										
2	Losa Aligerada (Espesor mayor de 0,20 m.)										

MATERIAL		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Losa Prefabricada (Sección tipo T)										
4	Sin Diafragma										
DATOS NUMÉRICOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Número de pisos										
2	Altura 1er piso (m)										
ENTORNO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén										
2	Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén										

MAMPOSTERIA

ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Presenta vigas y columnas de confinamiento en todas las plantas											
Vigas de confinamiento sin columnas; ó Columnas son vigas de confinamiento; ó Posee vigas y columnas de confinamiento pero no en todas las plantas											
No posee confinamiento en ninguna de las plantas											
ESTADO DE CONSERVACIÓN		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Muros en buena condición, sin fisuras visibles											
Muros que presentan fisuras, no extendidas											
Muros con fisuras de tamaño medio entre 2 a 3 mm de ancho ó que presenten un estado mediocre de conservación											
Muros que presenten un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes ó fisuras de más de 3 mm., de ancho											
Homogeneidad		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Todas las unidades de mampostería dentro del muro son del mismo tipo y posee dimensiones constantes y correcta colocación											
Existen dos tipos de unidades de mampostería dentro del muro, ó menos del 50% de las unidades tienen dimensiones diferentes ó incorrecta colocación											
Existen tres tipos de unidades ó más dentro de los muros, ó más del 50% de las unidades del muro tienen dimensiones diferentes incorrecta colocación											
Ligamento		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Presencia de un buen ligamento											
El mortero evidencia separación con las piezas de mampostería											
No existen juntas con mortero verticales u horizontales en algunas zonas del muro											

ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA RESISTENTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TIPO DE CUBIERTA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Losa de concreto										
Liviana, con zinc ó eternit										
Pesada con teja de barro										
CIMENTACIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
La fundación está ubicada en una misma cota										
La diferencia máxima de las cotas de fundación es inferior a 1 m.										
La diferencia máxima de las cotas de fundación es superior a 1 m.										
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausencia de elementos no estructurales										
Existen estructuras en la parte superior de pequeña dimensión y de peso modesto (Ej: Tanques elevados de plástica) Edificación con balcones salidos menos 1 m.										
Existen estructuras en la parte superior de peso significativo (Ej: Tanques elevados de asbesto ó concreto) Edificación con balcones salidos más de 1 m.										

Los resultados obtenidos como respuesta de la encuesta realizada, tienen una mejor interpretación a través de las siguientes gráficas, correspondientes a viviendas de mampostería en la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana, observando que porcentaje del total de las 43 estructuras (incluyendo las tres tipologías trabajadas dentro del contexto de la mampostería en general) representan las características expuestas en el anterior formulario.

Figura 4.9 Uso de las edificaciones.

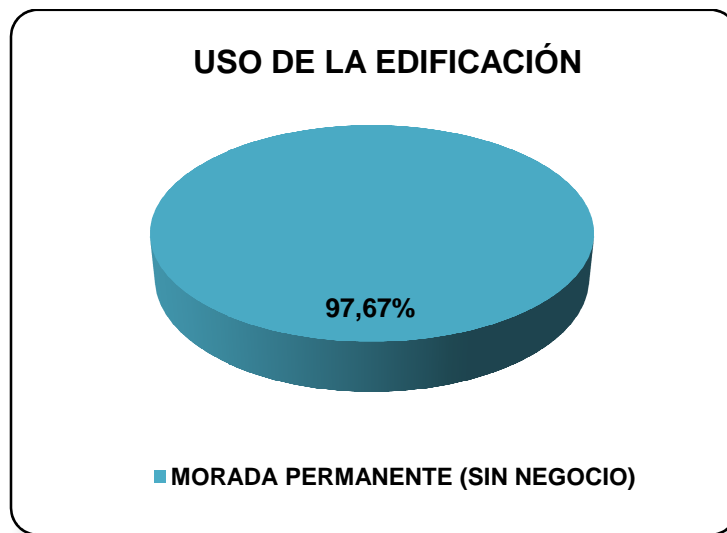


Figura 4.10 Material de construcción

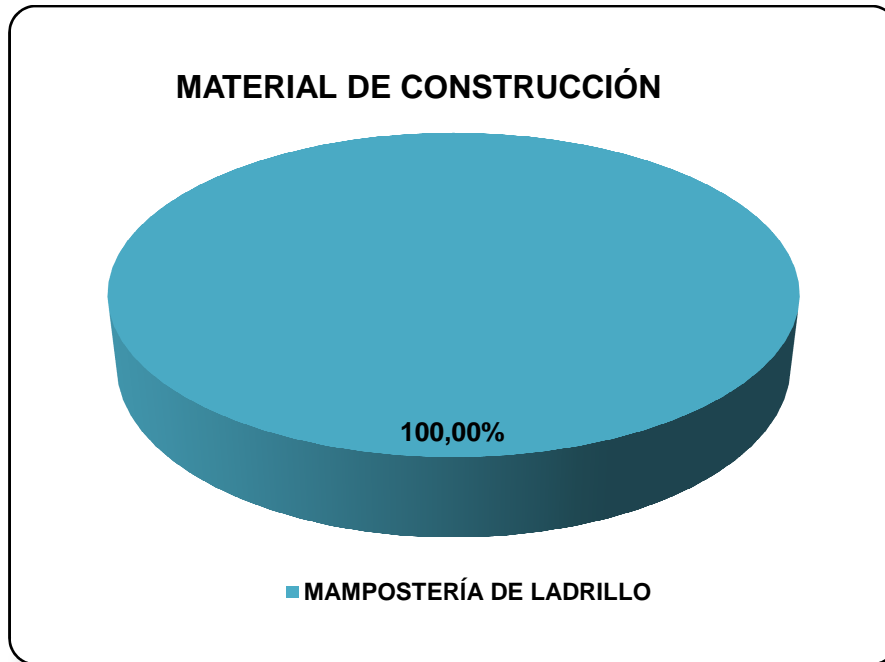


Figura 4.11 Proceso Constructivo.

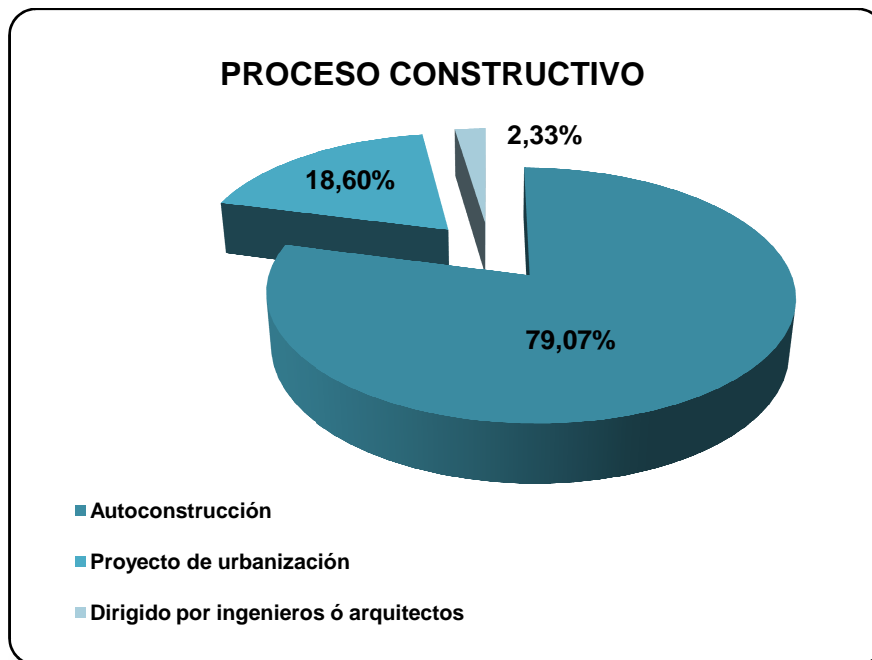


Figura 4.12 Año de construcción.

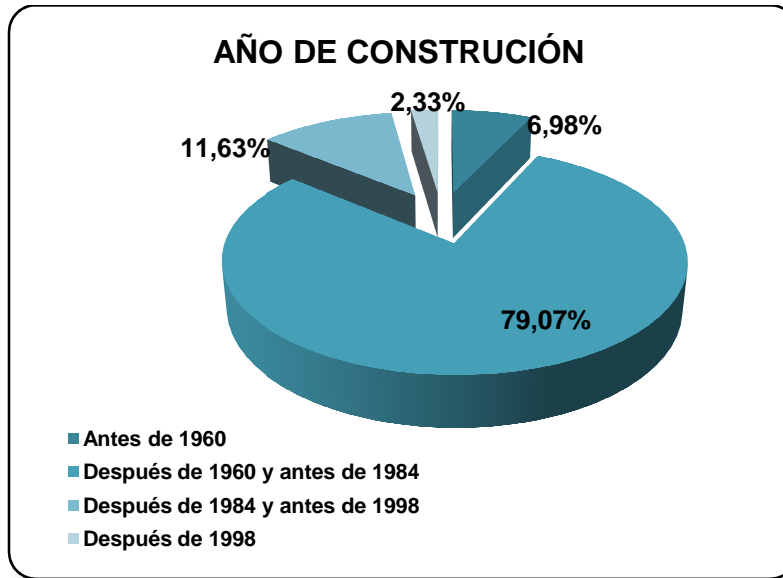


Figura 4.13 Diafragma horizontal.

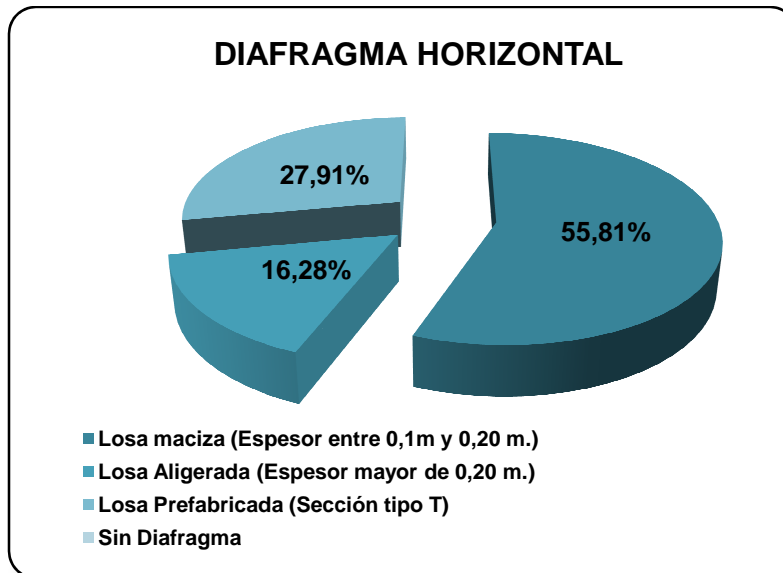


Figura 4.14 Entorno.

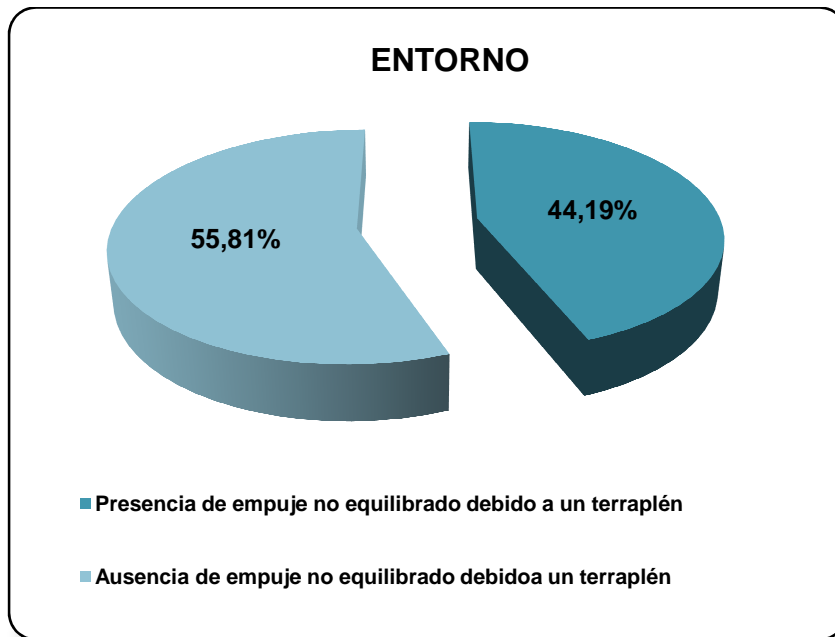


Figura 4.15 Organización del sistema resistente.

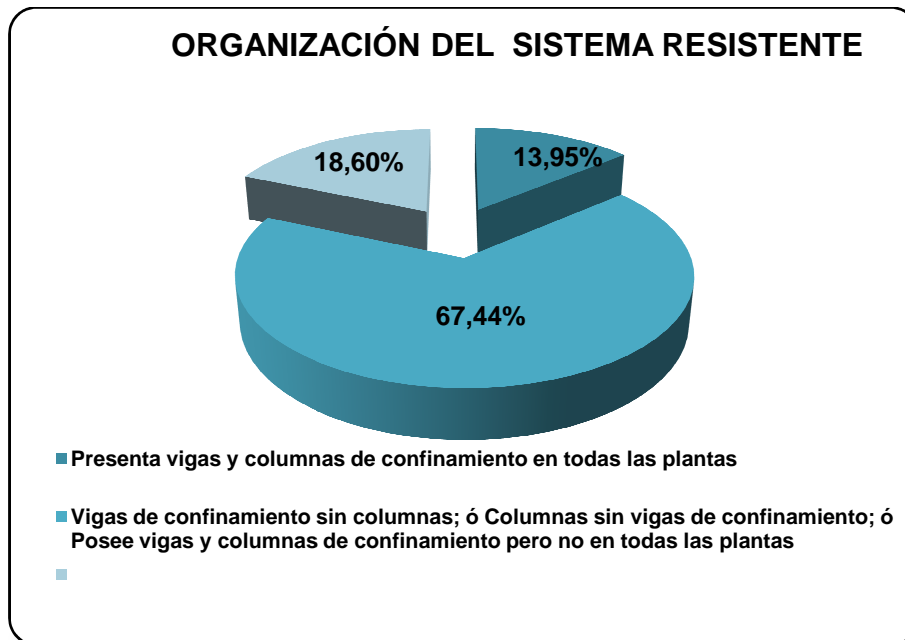


Figura 4.16 Estado de conservación.

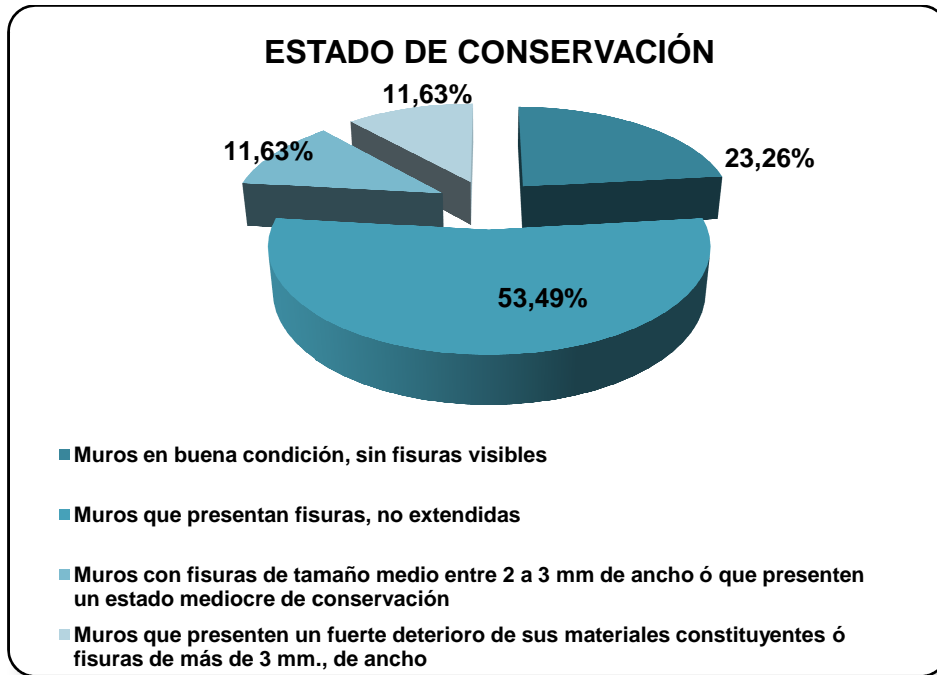


Figura 4.17 Calidad del sistema resistente, homogeneidad.

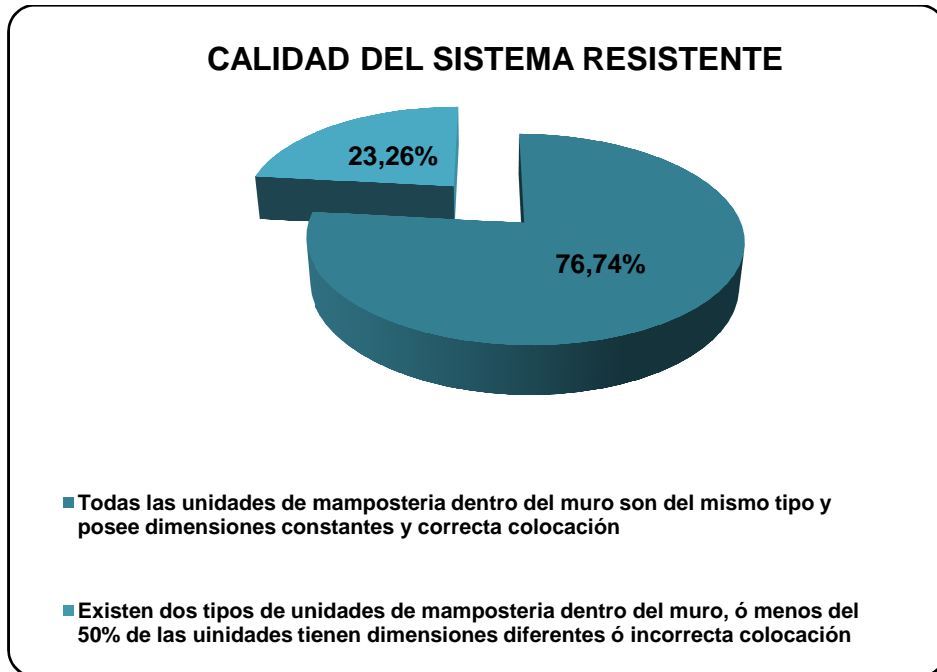


Figura 4.18 Calidad del sistema resistente, ligamento

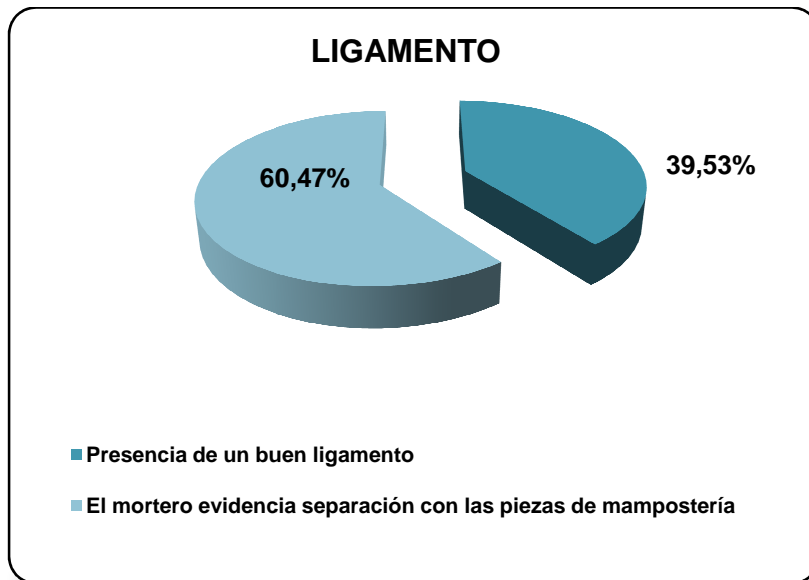


Figura 4.19 TIPO DE CUBIERTA.

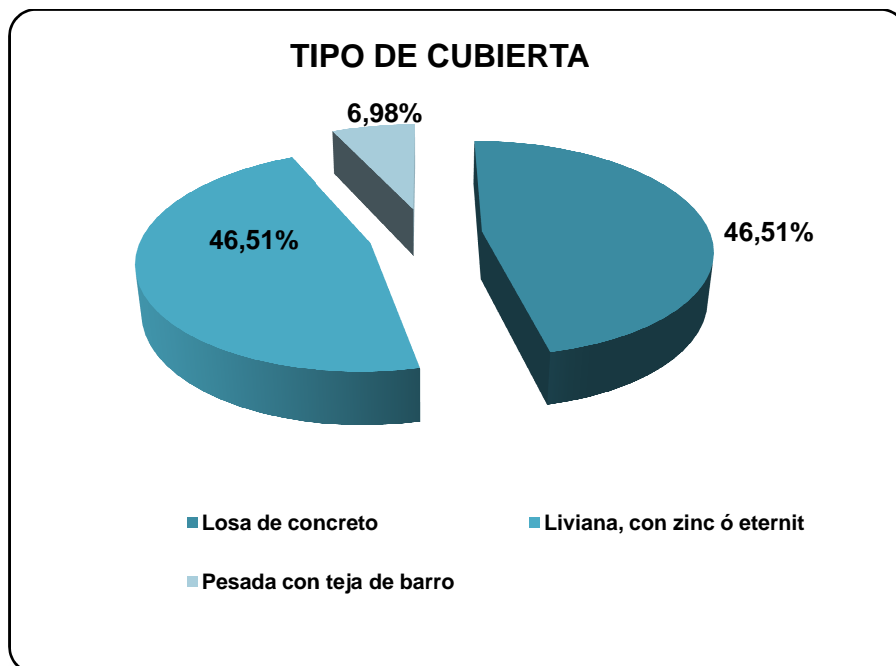


Figura 4.20 Cimentación.

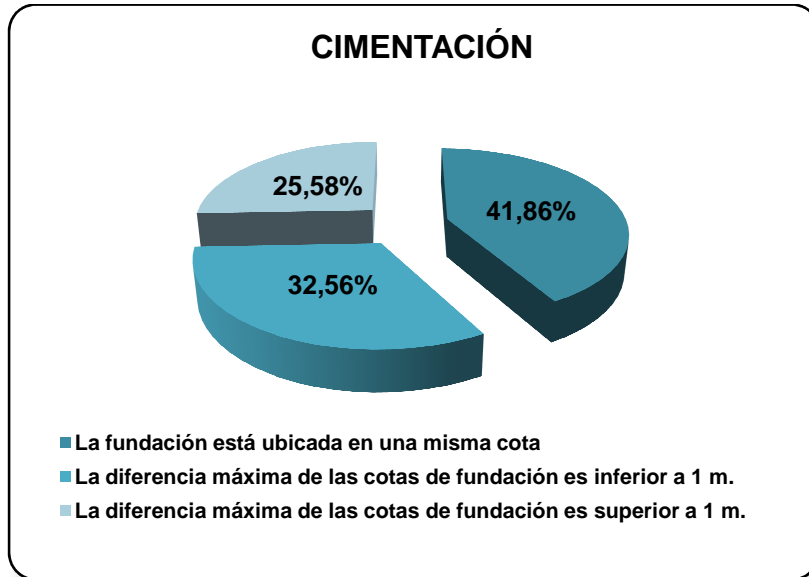
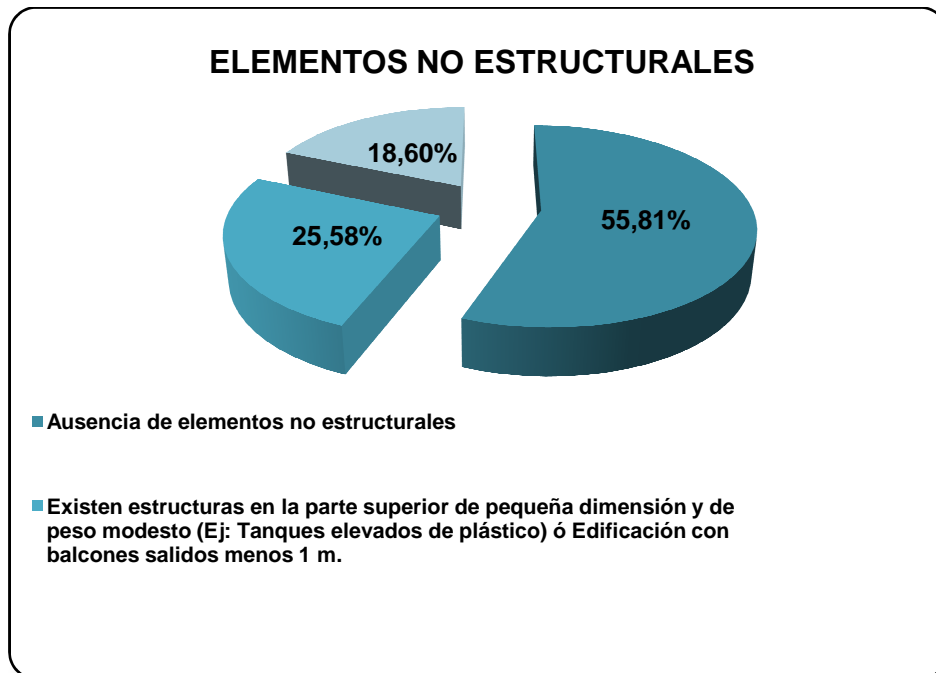


Figura 4.21 Elementos no estructurales.



Para comprobar la validez de la metodología propuesta por el Grupo INME, de dicha evaluación, se planteó tres subvaluaciones dentro de la misma metodología, es decir, un primer valor para el índice de vulnerabilidad corresponde al evaluado por el programa IVEM mediante los datos obtenidos en la encuesta, un segundo valor corresponde a la validación de los once (11) parámetros de tal manera que fueron introducidos al programa, ya que la segunda fase en su evaluación (programa IVEM) es la respuesta de la encuesta a través de 11 parámetros y se obtuvo un segundo del índice de vulnerabilidad y un tercer y último valor fue obtenido con la colaboración de unas funciones de pertenencia propuestas por el Grupo para la verificación de su metodología y son las gráficas que se muestran a continuación :

FUNCIONES DE PERTENENCIA MAMPOSTERÍA

FUNCIONES DE PERTENENCIA PROPUESTAS POR EL GRUPO_INME PARA LA EVALUACIÓN DE ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

Grados de vulnerabilidad de las categorías de los parámetros.

Tabla 4.3 Parámetro 1 (K1): Sistema Estructural.

Vulnerabilidad	$\mu(x)_A$	$\mu(x)_B$	$\mu(x)_C$	Evaluadores A, B y C.
0	0	0	0	
3	100	0	0	
5	0	50	0	
7	0	100	25	
10	0	0	100	

Tabla 4.4 Parámetro 2 (K2): Calidad del sistema resistente.

Vulnerabilidad	$\mu(x)_A$	$\mu(x)_B$	$\mu(x)_C$	$\mu(x)_D$
0	70	0	0	0
3	100	50	0	0
5	0	100	100	30
7	0	0	50	100
10	0	0	0	0

Tabla 4.5 Parámetro 3 (K3): Resistencia Estructural.

Vulnerabilidad	$\mu(x)_A$	$\mu(x)_B$	$\mu(x)_C$	$\mu(x)_D$
0	100	0	0	0
3	56,5	56,5	0	0
5	0	100	0	0
7	0	0	100	0
10	0	0	10	100

Tabla 4.6 Parámetro 4 (K4): Posición de la cimentación.

Vulnerabilidad	$\mu(x)_A$	$\mu(x)_B$	$\mu(x)_C$	$\mu(x)_D$
0	100	0	0	0
3	100	100	0	0
5	0	100	100	27,5
7	0	0	65	100
10	0	0	0	70

Tabla 4.7 Parámetro 5 (K5): Suelo y pendiente del terreno.

Vulnerabilidad	$\mu(x)_A$	$\mu(x)_B$	$\mu(x)_C$	$\mu(x)_D$
0	100	0	0	0
3	90	100	0	0
5	0	100	37,5	0
7	0	0	100	80
10	0	0	0	100

Tabla 4.8 Parámetro 6 (K6): Diafragmas Horizontales.

Vulnerabilidad	$\mu(x)_A$	$\mu(x)_B$	$\mu(x)_C$	$\mu(x)_D$
0	100	0	0	0
3	100	100	0	0
5	0	85	100	0
7	0	0	65	100
10	0	0	0	100

Tabla 4.9 Parámetro 7 (K7): Configuración en planta.

Vulnerabilidad	$\mu(x)_A$	$\mu(x)_B$	$\mu(x)_C$	$\mu(x)_D$
0	57	0	0	0
3	100	47,5	0	0
5	0	100	25	0
7	0	0	100	62,5
10	0	0	0	100

Tabla 4.10 Parámetro 8 (K8): Configuración en elevación.

Vulnerabilidad	$\mu(x)_A$	$\mu(x)_B$	$\mu(x)_C$	$\mu(x)_D$
0	100	0	0	0
3	82,5	100	50	0
5	0	70	90	85
7	0	0	100	100
10	0	0	0	100

Tabla 4.11 Parámetro 9 (K9): Distancia máxima entre muros.

Vulnerabilidad	$\mu(x)_A$	$\mu(x)_B$	$\mu(x)_C$	$\mu(x)_D$
0	80	40	0	0
3	100	100	65	0
5	0	85	85	85
7	0	0	100	100
10	0	0	0	100

Tabla 4.12 Parámetro 10 (K10): Tipo de cubierta.

Vulnerabilidad	$\mu(x)_A$	$\mu(x)_B$	$\mu(x)_C$	$\mu(x)_D$
0	100	0	0	0
3	80	65	0	0
5	0	100	60	0
7	0	0	100	100
10	0	0	0	100

Tabla 4.13 Parámetro 11 (K11): Estado de conservación.

Vulnerabilidad	$\mu(x)_A$	$\mu(x)_B$	$\mu(x)_C$	$\mu(x)_D$
0	90	0	0	0
3	100	60	0	0
5	0	100	25	0
7	0	0	100	0
10	0	0	0	100

CURVAS DE PERTENENCIA

Figura 4.22. Curva de Pertenencia para el parámetro 1

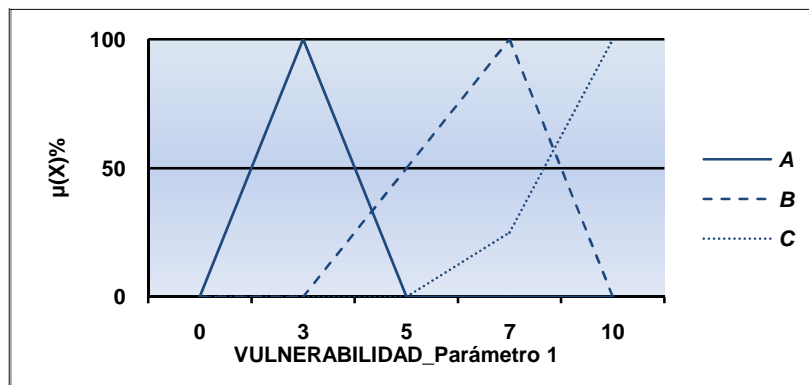


Figura 4.23 Curva de Pertenencia para el parámetro 2.

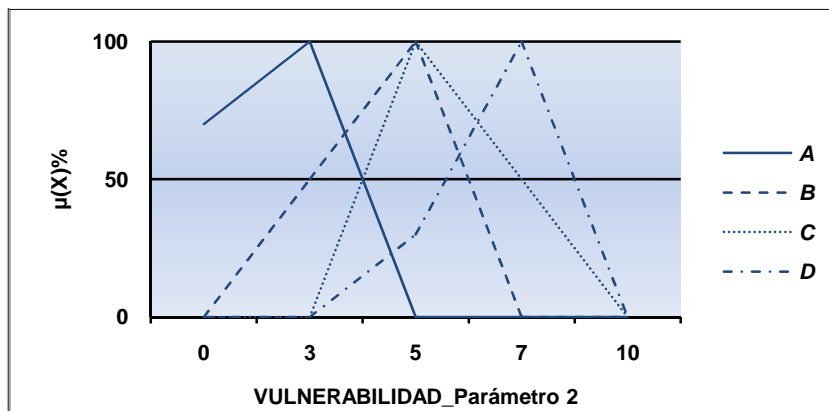


Figura 4.24. Curva de Pertenencia para el parámetro 3.

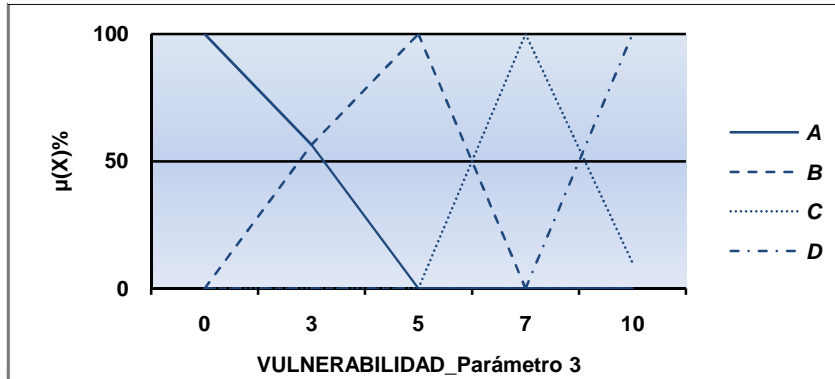


Figura 4.25 Curva de Pertenencia para el parámetro 4.

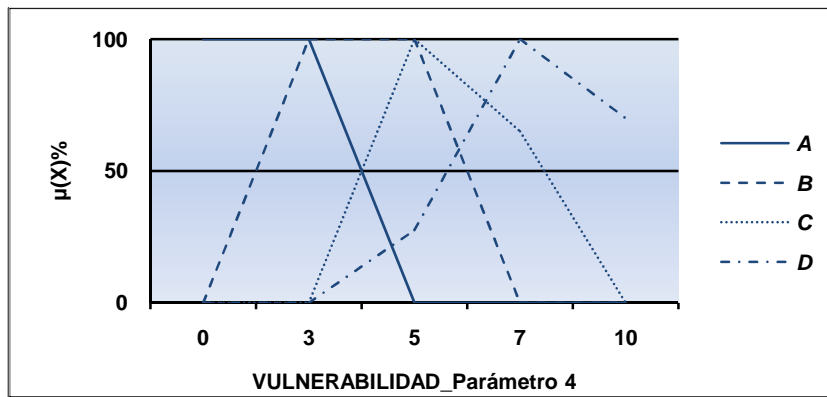


Figura 4.26. Curva de Pertenencia para el parámetro 5.

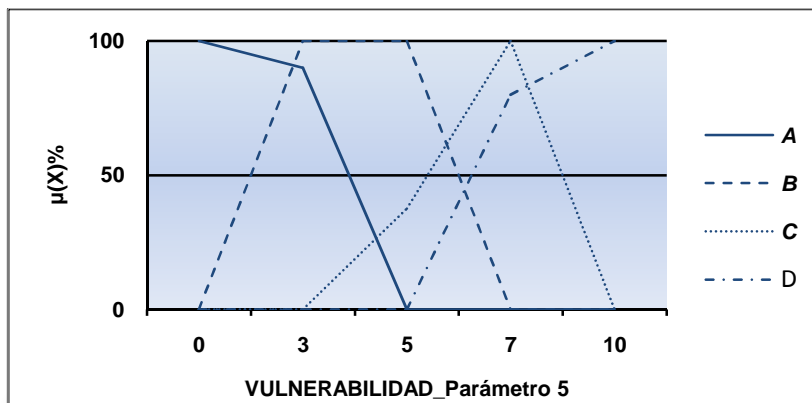


Figura 4.27 Curva de Pertenencia para el parámetro 6.

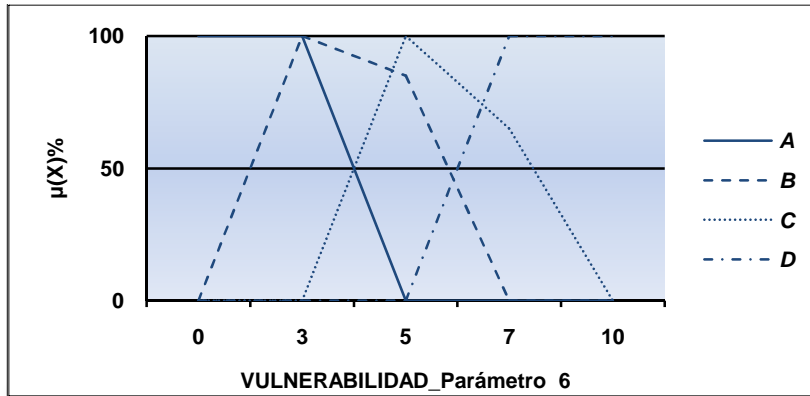


Figura 4.28 Curva de Pertenencia para el parámetro 7.

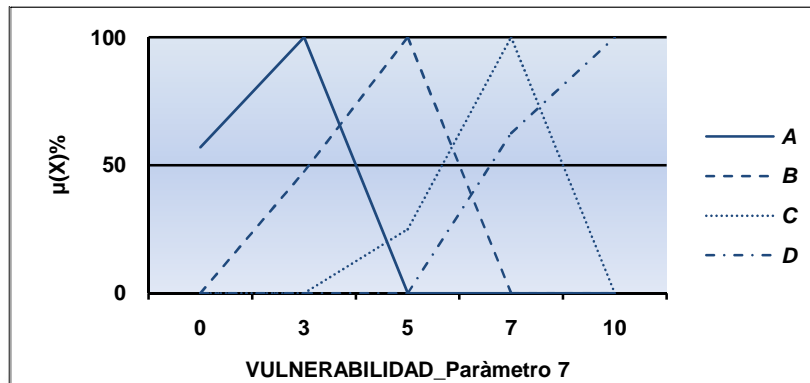


Figura 4.29. Curva de Pertenencia para el parámetro 8.

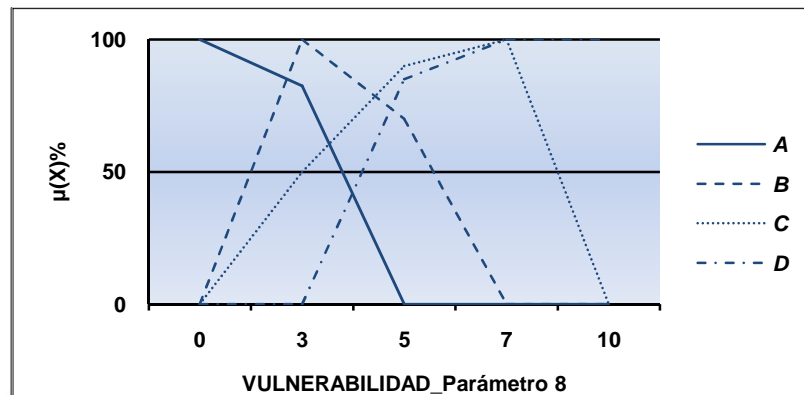


Figura 4.30. Curva de Pertenencia para el parámetro 9.

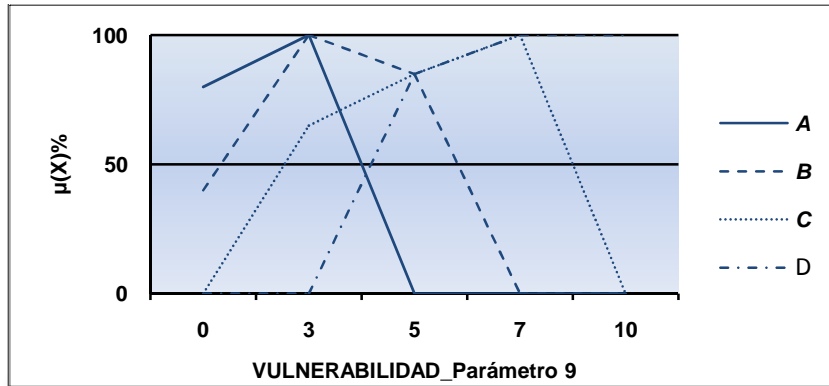


Figura 4.31. Curva de Pertenencia para el parámetro 10.

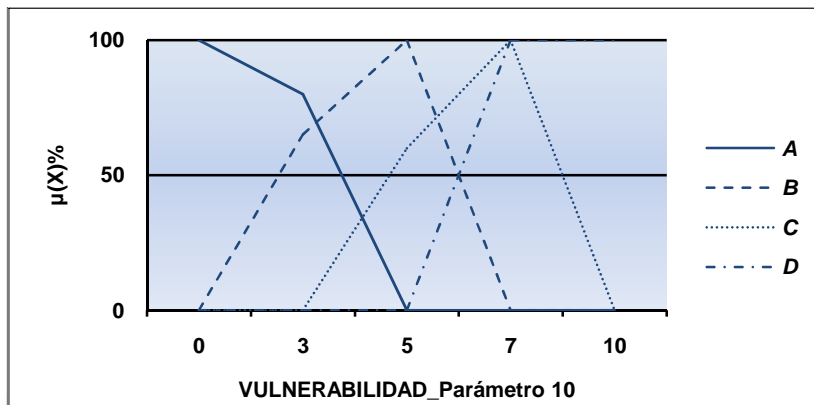
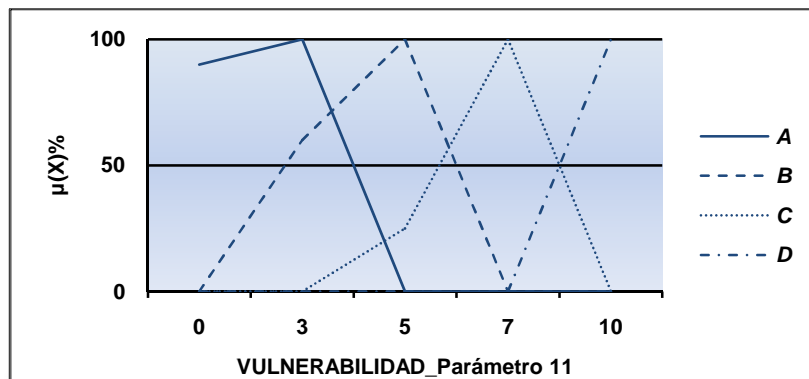


Figura 4.32. Curva de Pertenencia para el parámetro 11.



Los siguientes calificadores corresponden a los grados de daño que trabaja esta metodología en su cálculo de la probabilidad de daño.

Tabla 4.14 Funciones de pertenencia para el grado de daño.

Grado de Vulnerabilidad	$\mu(x)_{NADA}$	$\mu(x)_{POCO}$	$\mu(x)_{MEDIANA.}$	$\mu(x)_{MUY}$	$\mu(x)_{ABSOLUTA.}$
0	1	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0
5	0	0	1	0	0
7	0	0	0	1	0
10	0	0	0	0	1

Figura 4.33. Calificativos adoptados por el Grupo INME

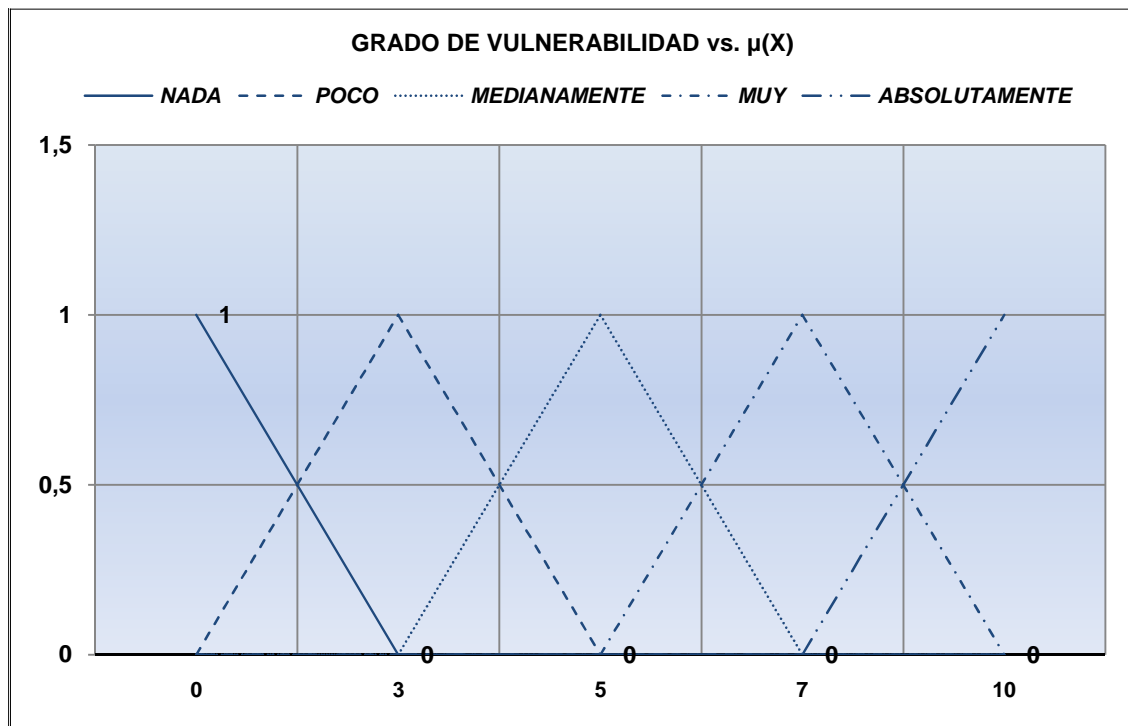


Tabla 4.15 Resultados obtenidos para índice de vulnerabilidad mediante los tres procedimientos propuestos.

CASA	IV (formulario)	IV (Pará. dados)	IV (Manual)
1.1	4,9	4,96	4,45
1.2	5,75	5,87	5,18
1.3	4,67	4,83	4,27
1.4	6,17	5,33	4,64
1.5	5,75	4,83	4,27
1.6	5,91	5,09	4,36
1.7	5,81	6,24	5,18
2.1	8,82	9,04	8,00
2.2	8,82	8,8	7,82
2.3	8,82	8,8	7,82
2.4	9,02	9,04	8,00
2.5	8,82	9,04	8,00
2.6	8,4	8,42	7,27
2.7	8,62	8,42	7,27
2.8	8,4	8,42	7,27
2.9	8,4	8,42	7,27
2.10	8,62	8,42	7,27
2.11	7,2	7,06	5,82
2.12	7,2	6,67	5,55
2.13	7,2	6,67	5,55
2.14	7,5	7,71	6,82
2.15	7,29	7,71	6,82
2.16	7,25	6,76	5,73
2.17	6,58	6,3	4,91
2.18	6,58	6,64	5,36
2.19	6,81	6,64	5,36
3.1	6,54	6,91	6,27
3.2	7,59	7,27	5,91
3.3	6,28	6,37	5,45
3.4	7,96	7,51	6,73
3.5	6,31	6,54	5,91

CASA	IV (formulario)	IV (Pará. datos)	IV (Manual)
3.6	5,14	4,67	4,18
3.7	5,31	5,54	4,73
3.8	5,12	5,32	4,64
3.9	5,22	5,95	5,27
3.10	5,84	5,95	5,27
3.11	4,85	4,93	4,09
3.12	6,4	6,73	5,91
3.13	7,08	6,42	5,36
3.14	7,08	6,61	5,73
3.15	6,25	6,25	5,27
3.16	6,25	6,25	5,27
3.17	6,25	6,25	5,27

Para la obtención de la probabilidad de daño sísmico la metodología mediante un exhaustivo estudio construyó unas curvas resultado de la evaluación propuesta por Abrams en su modelo de resistencia a cargas laterales para hallar de una manera aproximada el porcentaje de la probabilidad de daño.

$$D(\%) = a_1V^3 + a_2V^2 + a_3V + b$$

Tabla 4.16 Funciones de vulnerabilidad sísmica para determinadas intensidades.

Aa	a ₁	a ₂	a ₃	b
0,25	0,1398	-2,7835	20,0326	44,25
0,2	0,0538	-1,5046	17,241	28,03
0,15	0,1708	-4,1237	39,423	-46,32
0,1	0,3623	-6,9759	54,4834	-97,25
0,05	0,1809	-2,3552	19,7226	-42,25
0,02	0	0,3427	-0,0653	-3,834

Tabla 4.17 Resultados obtenidos para la probabilidad de daño sísmico.

CASA	D(%) - Aa _{0,25}	D(%) - Aa _{0,2}	D(%) - Aa _{0,15}	D(%) - Aa _{0,1}	D(%) - Aa _{0,05}	D(%) - Aa _{0,02}
1.1	90,61	79,73	62,56	39,05	14,86	2,68
1.2	92,77	84,45	71,00	48,17	21,88	5,03
1.3	89,93	78,42	60,16	36,45	13,13	2,14
1.4	91,23	80,98	64,84	41,51	16,59	3,23
1.5	89,93	78,42	60,16	36,45	13,13	2,14
1.6	90,28	79,08	61,38	37,77	14,00	2,41
1.7	92,77	84,45	71,00	48,17	21,88	5,03
2.1	97,94	97,21	92,60	77,66	57,42	17,58
2.2	97,54	96,57	91,46	75,45	54,43	16,60
2.3	97,54	96,57	91,46	75,45	54,43	16,60
2.4	97,94	97,21	92,60	77,66	57,42	17,58
2.5	97,94	97,21	92,60	77,66	57,42	17,58
2.6	96,49	94,53	87,98	69,39	46,20	13,82
2.7	96,49	94,53	87,98	69,39	46,20	13,82
2.8	96,49	94,53	87,98	69,39	46,20	13,82
2.9	96,49	94,53	87,98	69,39	46,20	13,82
2.10	96,49	94,53	87,98	69,39	46,20	13,82
2.11	94,11	88,00	77,10	54,96	28,40	7,39
2.12	93,58	86,54	74,61	52,15	25,54	6,34
2.13	93,58	86,54	74,61	52,15	25,54	6,34
2.14	95,75	92,69	84,91	64,77	40,07	11,65
2.15	95,75	92,69	84,91	64,77	40,07	11,65
2.16	93,94	87,53	76,29	54,03	27,44	7,03
2.17	92,05	82,77	68,04	44,96	19,21	4,10
2.18	93,19	85,52	72,85	50,20	23,69	5,67
2.19	93,19	85,52	72,85	50,20	23,69	5,67
3.1	94,89	90,26	80,87	59,45	33,44	9,24
3.2	94,28	88,47	77,89	55,87	29,38	7,75

CASA	D(%) - Aa _{0,25}	D(%) - Aa _{0,2}	D(%) - Aa _{0,15}	D(%) - Aa _{0,1}	D(%) - Aa _{0,05}	D(%) - Aa _{0,02}
3.3	93,39	86,04	73,74	51,18	24,61	6,01
3.4	95,61	92,30	84,27	63,87	38,92	11,24
3.5	94,28	88,47	77,89	55,87	29,38	7,75
3.6	89,57	77,75	58,92	35,09	12,27	1,89
3.7	91,51	81,59	65,93	42,69	17,46	3,52
3.8	91,23	80,98	64,84	41,51	16,59	3,23
3.9	92,98	84,99	71,94	49,19	22,78	5,35
3.10	92,98	84,99	71,94	49,19	22,78	5,35
3.11	89,19	77,06	57,64	33,70	11,40	1,63
3.12	94,28	88,47	77,89	55,87	29,38	7,75
3.13	93,19	85,52	72,85	50,20	23,69	5,67
3.14	93,94	87,53	76,29	54,03	27,44	7,03
3.15	92,98	84,99	71,94	49,19	22,78	5,35
3.16	92,98	84,99	71,94	49,19	22,78	5,35
3.17	92,98	84,99	71,94	49,19	22,78	5,35

Figura 4.34 Comparación de las curvas propuestas por el Grupo INME y las calculadas para las edificaciones en estudio (mampostería confinada).

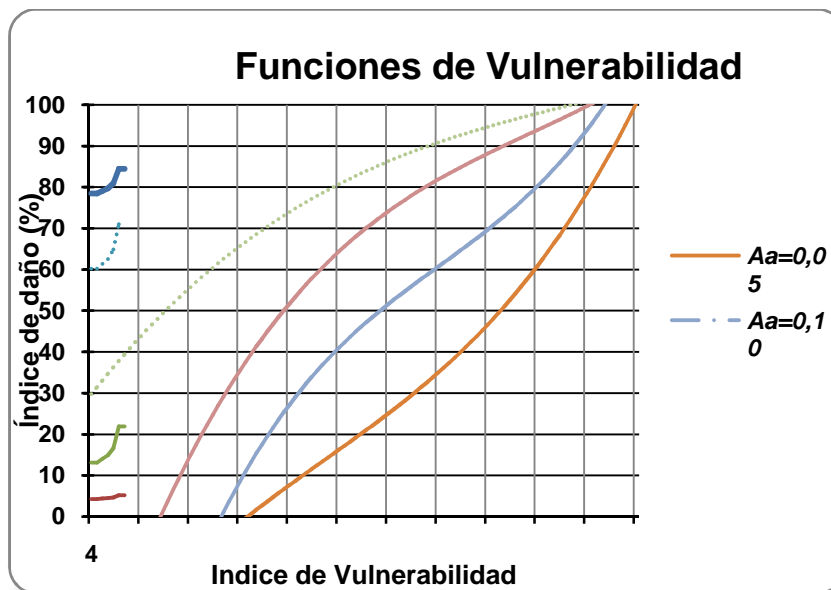


Figura 4.35. Comparación de las curvas propuestas por el Grupo INME y las calculadas para las edificaciones en estudio (mampostería parcialmente confinada).

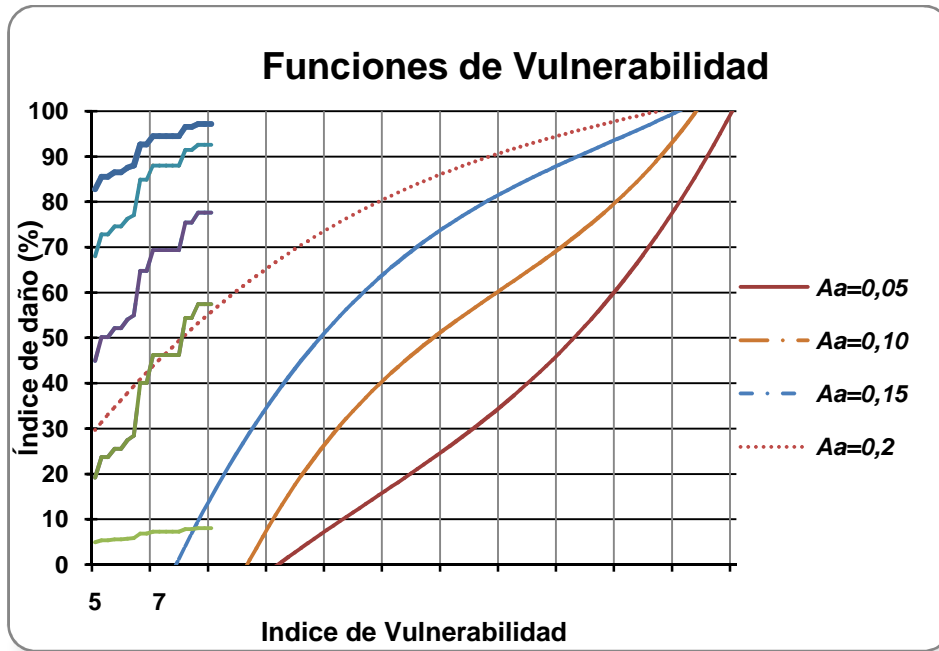
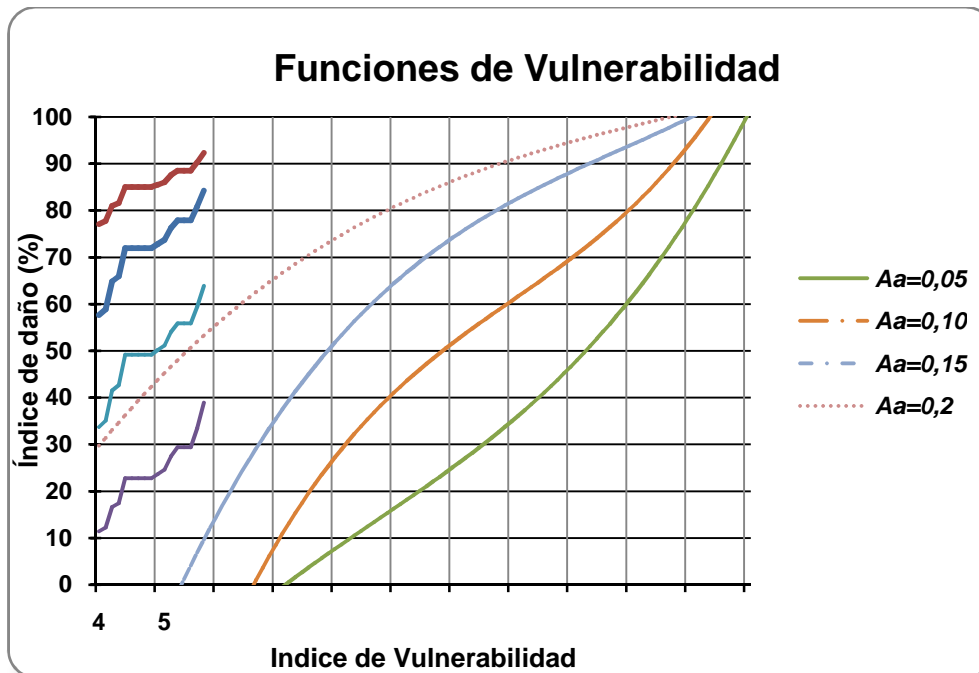


Figura 4.36. Comparación de las curvas propuestas por el Grupo INME y las calculadas para las edificaciones en estudio (mampostería no reforzada).



4.4 MÉTODO ITALIANO

Propuesto por *D. Benedetti y V. Petrini* en Italia, fue un método adoptado por el **GNDT** (Grupo Nacional para la defensa de los terremotos) es uno de los grupos nacionales en la búsqueda científica que utiliza el servicio nacional de la protección civil (Ley del 24 de febrero 1992), en el estatuto de 16 de enero de 1995 asigna al **GNDT** (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti) las siguientes tareas:

- ☪ Proporcionar asesoramiento científico; científico-técnico y normativo en el ámbito de la defensa por los terremotos, a los ministros, autoridades regionales y autoridades locales, y otros organismos públicos para promover el desarrollo de la investigación disciplinaria y coordinada para la adquisición y mejora de los conocimientos sísmicos, geológicos y de ingeniería en el mismo ámbito el desarrollo de programas específicos de investigación.
- ☪ Gestionar acciones relativas científico-técnicas, en particular los campos de la geología aplicada y la ingeniería, durante los eventos sísmicos.
- ☪ Mantener vínculos con las iniciativas similares de investigación en otros países y la promoción de un intercambio de experiencias internacionales.

El análisis está basado en una serie de información sobre las características de los elementos constitutivos de una edificación que se colecciona a través de formularios de vulnerabilidad. La vulnerabilidad de la edificación **V** es asignada de modo convencional, usando un índice numérico que varía entre **0** (Para edificaciones que respetan la normatividad sísmica vigente) y **100** (Para edificaciones con características de baja calidad) en base a un número de parámetros definidos. Para cada uno de los parámetros viene atribuida una clase que varía de la **A**, la mejor clase, a la **D**, la clase peor (Para las edificaciones de hormigón armado se definen 3 clases **A, B, C**). Para cada parámetro se fijan algunas descripciones que permitan asignar la edificación a una de las clases con un grado de alto de objetividad. Cada clase cuenta con una puntuación, atribuida con anterioridad (**K_i**), a veces esta varía de parámetro a parámetro. Además cada parámetro posee un peso atribuido (**W_i**) que refleja la importancia de cada uno de los parámetros dentro del sistema

resistente de la edificación. El índice de vulnerabilidad está definido como la suma ponderada de los puntajes de cada parámetro.

$$V = \sum_i K_i W_i (\text{Mampostería})$$

Los puntajes y pesos de cada parámetro fueron determinados a través del análisis estadístico y la opinión de expertos de los datos de daño recolectados en terremotos sucedidos en diferentes regiones de Italia ocurridos desde el año 1976.

Tabla 4.18 Calificación y peso de ponderación de ítems de vulnerabilidad (Mampostería)

CALIFICACIÓN Y PESO DE PONDERACIÓN DE ÍTEMS DE VULNERABILIDAD						
N°	PARÁMETRO	K _i (A)	K _i (B)	K _i (C)	K _i (D)	PESO W _i
1	Organización del sistema resistente.	0	5	20	45	1
2	Calidad del sistema resistente.	0	5	25	45	0,25
3	Resistencia convencional.	0	5	25	45	1,5
4	Posición del edificio y cimentación.	0	5	25	45	0,75
5	Diafragma horizontales.	0	5	15	45	1
6	Configuración en planta.	0	5	25	45	0,5
7	Configuración en elevación.	0	5	25	45	1
8	Distancia máxima entre los muros.	0	5	25	45	0,25
9	Tipo de cubierta.	0	15	25	45	1
10	Elementos no estructurales.	0	0	25	45	0,25
11	Estado de conservación.	0	5	25	45	1

Tabla 4.19 Asignación de la calificación de cada uno de los parámetros a las edificaciones en estudio.

CASA	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	P-11
1.1	A	A	C	A	A	D	A	D	A	A	B
1.2	B	A	C	A	A	B	C	C	A	A	B
1.3	A	A	D	A	A	C	A	D	A	A	A
1.4	A	A	C	A	A	D	C	D	A	A	A
1.5	A	A	D	A	A	C	A	D	A	A	A
1.6	A	A	C	A	A	C	C	D	A	A	A
1.7	A	A	D	A	A	C	D	D	A	A	A

CASA	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	P-11
2.1	B	D	C	D	B	D	C	D	D	A	D
2.2	B	D	B	D	B	D	C	D	D	A	D
2.3	B	D	B	D	B	D	C	D	D	A	D
2.4	B	D	C	D	B	D	C	D	D	A	D
2.5	B	D	C	D	B	D	C	D	D	A	D
2.6	B	D	C	D	B	D	C	D	C	A	C
2.7	B	D	C	D	B	D	C	D	C	A	C
2.8	B	D	C	D	B	D	C	D	C	A	C
2.9	B	D	C	D	B	D	C	D	C	A	C
2.10	B	D	C	D	B	D	C	D	C	A	C
2.11	B	D	D	D	A	D	A	D	A	D	B
2.12	B	D	C	D	A	D	A	D	A	D	B
2.13	B	D	C	D	A	D	A	D	A	D	B
2.14	B	D	C	D	A	D	C	D	C	A	B
2.15	B	D	C	D	A	D	C	D	C	A	B
2.16	B	D	C	A	A	D	B	D	A	A	B
2.17	B	D	A	D	B	C	A	D	A	A	B
2.18	B	D	B	D	B	C	A	D	A	A	B
2.19	B	D	B	D	B	C	A	D	A	A	B
3.1	C	C	C	B	A	D	A	D	A	A	B
3.2	C	C	C	B	A	D	C	D	A	A	B
3.3	C	C	B	B	A	C	A	D	A	A	B
3.4	C	C	C	B	A	C	C	D	B	A	B
3.5	C	C	A	B	A	B	A	D	D	A	B
3.6	B	A	B	A	A	C	A	D	A	A	A
3.7	B	A	D	A	A	B	B	D	A	A	A
3.8	B	A	D	A	A	C	A	D	A	A	A
3.9	B	A	D	A	A	C	C	D	A	A	A
3.10	B	A	D	A	A	C	C	D	A	A	A
3.11	B	A	B	A	A	D	B	B	A	A	A
3.12	B	A	D	A	A	D	C	D	A	A	B
3.13	B	D	C	B	A	C	B	C	A	A	B
3.14	B	D	C	B	A	C	C	C	A	A	B
3.15	C	D	A	A	A	C	A	D	A	A	B
3.16	C	D	A	A	A	C	A	D	A	A	B
3.17	C	D	A	A	A	C	A	D	A	A	B

Tabla 4.20 Resultados obtenidos para índice de vulnerabilidad, Método Italiano

CASA	Iv	Iv_(normalizado)
1.1	76,25	0,1993
1.2	81,25	0,2124
1.3	91,25	0,2386
1.4	96,25	0,2516
1.5	91,25	0,2386
1.6	86,25	0,2255
1.7	136,25	0,3562
2.1	241,25	0,6307
2.2	211,25	0,5523
2.3	211,25	0,5523
2.4	241,25	0,6307
2.5	241,25	0,6307
2.6	201,25	0,5261
2.7	201,25	0,5261
2.8	201,25	0,5261
2.9	201,25	0,5261
2.10	201,25	0,5261
2.11	167,5	0,4379
2.12	137,5	0,3595
2.13	137,5	0,3595
2.14	176,25	0,4608
2.15	176,25	0,4608
2.16	97,5	0,2549
2.17	83,75	0,2190
2.18	91,25	0,2386
2.19	91,25	0,2386
3.1	106,25	0,2778
3.2	131,25	0,3431
3.3	66,25	0,1732
3.4	136,25	0,3562
3.5	93,75	0,2451
3.6	36,25	0,0948
3.7	91,25	0,2386
3.8	96,25	0,2516
3.9	121,25	0,3170
3.10	121,25	0,3170
3.11	41,25	0,1078
3.12	136,25	0,3562
3.13	86,25	0,2255
3.14	106,25	0,2778

CASA	Iv	Iv(normalizado)
3.15	60	0,1569
3.16	60	0,1569
3.17	60	0,1569

Tabla 4.21 Parámetros de las funciones de Vulnerabilidad-Daño, para edificios de Mampostería (Yepèz, 1996; Mena 2002).

$$D(\%) = a_1 I_V + a_2 I_V^2 + a_3 I_V^3$$

Intensidad	a ₁	a ₂	a ₃	Coef. Correlaciòn (%)
VI	0,0048	-0,0014	0,000086	80
VII	0,017	-0,0025	0,00014	89
VIII	-0,0047	0,0012	0,00019	88
IX	-0,15	0,028	-0,000039	91

Tabla 4.22 Resultados obtenidos para la probabilidad de daño sísmico.

CASA	I _v (%)	D (%) para VI	D (%) para VII	D (%) para VIII	D (%) para IX
1.1	19,935	0,221	0,454	1,888	7,828
1.2	21,242	0,295	0,575	2,263	9,074
1.3	23,856	0,485	0,884	3,150	11,827
1.4	25,163	0,605	1,075	3,669	13,334
1.5	23,856	0,485	0,884	3,150	11,827
1.6	22,549	0,382	0,717	2,683	10,407
1.7	35,621	2,282	3,761	9,943	28,422
2.1	63,072	16,311	26,254	52,149	92,140
2.2	55,229	10,482	16,898	35,408	70,552
2.3	55,229	10,482	16,898	35,408	70,552
2.4	63,072	16,311	26,254	52,149	92,140
2.5	63,072	16,311	26,254	52,149	92,140
2.6	52,614	8,903	14,365	30,748	63,939
2.7	52,614	8,903	14,365	30,748	63,939
2.8	52,614	8,903	14,365	30,748	63,939
2.9	52,614	8,903	14,365	30,748	63,939
2.10	52,614	8,903	14,365	30,748	63,939
2.11	43,791	4,747	7,707	18,051	43,850
2.12	35,948	2,358	3,884	10,208	28,979
2.13	35,948	2,358	3,884	10,208	28,979

CASA	I_v (%)	D (%) para VI	D (%) para VII	D (%) para VIII	D (%) para IX
2.15	46,078	5,662	9,172	20,920	48,723
2.16	25,490	0,637	1,128	3,807	13,724
2.17	21,895	0,337	0,643	2,467	9,730
2.18	23,856	0,485	0,884	3,150	11,827
2.19	23,856	0,485	0,884	3,150	11,827
3.1	27,778	0,896	1,544	4,868	16,602
3.2	34,314	1,991	3,296	8,928	26,245
3.3	17,320	0,110	0,272	1,266	5,599
3.4	35,621	2,282	3,761	9,943	28,422
3.5	24,510	0,543	0,976	3,403	12,570
3.6	9,477	-0,007	0,056	0,225	1,060
3.7	23,856	0,485	0,884	3,150	11,827
3.8	25,163	0,605	1,075	3,669	13,334
3.9	31,699	1,485	2,486	7,109	22,139
3.10	31,699	1,485	2,486	7,109	22,139
3.11	10,784	-0,003	0,068	0,327	1,590
3.12	35,621	2,282	3,761	9,943	28,422
3.13	22,549	0,382	0,717	2,683	10,407
3.14	27,778	0,896	1,544	4,868	16,602
3.15	15,686	0,063	0,192	0,955	4,386
3.16	15,686	0,063	0,192	0,955	4,386
3.17	15,686	0,063	0,192	0,955	4,386

La puntuación asignada a cada edificación, independiente de cual fuera su tipología estructural, es un trabajo tedioso en cuanto a la evaluación de algunos de sus parámetros (Ver anexos, PARÁMETROS PROPUESTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD), específicamente en los cuantitativos que requieren de información exacta de su sistema estructural, es decir el proceso de verificación que se realiza a las viviendas, indica que tan bueno u óptimo fue su diseño arquitectónico y estructural, sí cumple ó no con los mínimos requisitos exigidos por la normatividad colombiana que en algunos casos es justificable (esto depende de la edad de la construcción), otro parámetro importante es la distribución de muros en las direcciones (x/y) y su respectivo dimensionamiento, falencia predominante de las casas en estudio, y como parámetro indicativo del estado de conservación es la calidad de sus materiales y su adecuada utilización, ya que la mala disposición de los mismos muestra su influencia en la ubicación de elementos

no necesarios para la estructura ya sea por su peso (dimensionamiento), ó por su “no apropiada ubicación”.

4.5 METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN DE RESISTENCIA A CARGAS LATERALES, MODELO DE ABRAMS MODIFICADO PARA MAMPOSTERÍA CONFINADA Y NO REFORZADA¹⁹

El comportamiento observado de la mampostería frente a carga lateral cíclica, se clasifica según el tipo de falla, tal como se habló anteriormente; muestra que la resistencia última se encuentra mucho después del primer agrietamiento. La explicación de este comportamiento puede ser descrito mediante un análisis de equilibrio instantáneo de las diferentes fuerzas y reacciones que se encuentran en el panel. En la figura 4.33 :

H, representa la fuerza lateral actuante;

h, la altura libre del panel;

f_{a} , es el esfuerzo de compresión;

L, la longitud total del panel;

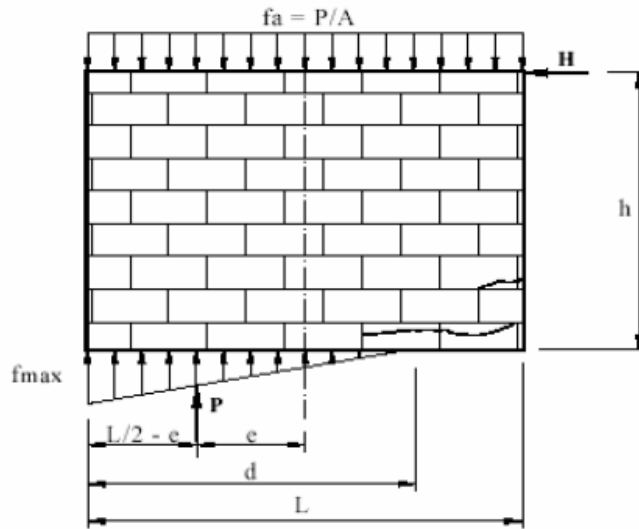
$f_{Máx}$, es el esfuerzo máximo en la fibra extrema en compresión situada en el extremo inferior del panel producto del esfuerzo de compresión vertical actuante y el esfuerzo resultante del momento flector que genera la fuerza

H; e, es la excentricidad producida por el estado de flexo compresión;

d, es la distancia a la fibra extrema en compresión hasta la fibra libre de esfuerzo.

¹⁹ GOMEZ Ivan, RODRIGUEZ Eder, Generación de funciones de vulnerabilidad para edificaciones de mampostería no reforzada de baja altura utilizando técnicas de simulación, Bucaramanga 2006, Trabajo de grado (Ing. Civil), Universidad Industrial de Santander, Facultad Físico-mecánicas.

Figura 4.37. Panel de mampostería.



La resultante de los momentos flectores con respecto al eje centroidal se puede expresar de la siguiente manera.

$$H * h = P * e \rightarrow e = \frac{H * h}{P} \quad (1)$$

Estableciendo la suposición de distribución de esfuerzos a compresión lineal en la sección transversal del panel, se puede estimar que la zona comprimida **d**, en la base se puede determinar como un prisma de presiones de sección tipo triangular, considerando además, que la resistencia a esfuerzos de tracción del muro de mampostería es nula. La resultante vertical **P**, estará ubicada siempre en el centro de gravedad de dicho prisma, por lo anterior la expresión que define a **d** sería.

$$d = 3 * \left(\frac{L}{2} - e \right) \rightarrow d = 3 * \left(\frac{L}{2} - \frac{H * h}{P} \right) \quad (2)$$

Realizando el equilibrio de fuerzas, esto es, igualando el volumen del prisma de presiones con la carga vertical aplicada, se obtiene la expresión que evalúa el esfuerzo al cual está sometida la fibra extrema a compresión:

$$f_{max} = \frac{2p}{3 * b \left(\frac{L}{2} - \frac{H * p}{p} \right)} \quad (3)$$

Esta expresión tiene validez, si se supone que los esfuerzos de compresión tiene una dependencia lineal con las deformaciones; sin embargo cualquier no linealidad en la distribución de esfuerzos generaría un bulbo de compresión que podría trasladar la fuerza resultante vertical hacia la fibra externa de compresión, aumentando de esta manera la capacidad de resistencia a flexión, por lo que la fórmula anterior puede resultar un tanto conservadora.

Capacidad de Resistencia Lateral por Flexo-Compresión

Un límite de seguridad puede ser estimado en el instante que $f_{Máx}$ en la ecuación anterior alcance un valor máximo permisible F_a debe aclararse que a pesar de que en la realidad el valor de $f_{Máx}$ se debe a un comportamiento de flexo-compresión, Abrams sugiere utilizar el esfuerzo admisible de compresión F_a en lugar del esfuerzo admisible a la flexión f_b , que generalmente es mayor que el anterior. De ésta forma se sustituye el esfuerzo admisible $f_{Máx} = F_a$ en la ecuación (3) y se despeja el valor de H, el cual se denominará de ahora en adelante H_a , debido a que representa la resistencia lateral máxima del muro de mampostería siempre que dicha resistencia este gobernada por flexo-compresión, se obtiene:

$$H_a = \frac{P}{3 * b * h * F_a} * \left[\left(\frac{3 * b * l}{2} \right) * F_a - 2 * p \right] \quad (4)$$

Dividiendo entre el área del panel $A = b * L$, se puede evaluar el esfuerzo a cortante promedio resistente F_{va} resultado

$$f_{va} = f_a * \left(\frac{L}{H}\right) * \left[\frac{1}{2} - \frac{2}{3} * \frac{f_a}{F_a}\right] \quad (5)$$

Donde f_a es el esfuerzo de compresión vertical dado por $\frac{p}{b * l}$.

Cabe además decir que el esfuerzo admisible a compresión F_a se refiere a la pared y no a la unidad de mampostería. Su valor se determinará según la siguiente expresión, establecida según lineamientos de resistencia nominal a compresión de la mampostería sola propuestos en la NSR-98.

$$F_a = 0,85 * f_m * R_e \quad (6)$$

$$R_e = 1 - \left[\frac{h}{40 * t}\right] \quad (7)$$

tiene en cuenta una reducción por efectos de esbeltez R_e , en donde h es la altura efectiva del muro de mampostería y t espesor efectivo del muro de mampostería f_m depende de la resistencia a compresión de las unidades de mampostería f'_{cu} y el tipo de mortero. Según la **NSR-98** este valor se puede estimar de la siguiente manera, en caso de ausencia de ensayos de unidades de mampostería.

$$R_m = \left(\frac{2 * h}{75 + 3h}\right) f'_{cu} + \left(\frac{50 * K_p}{75 + 3h}\right) f'_{cp} \leq 0,8 f'_{cu} \quad (8)$$

$$f_m = 0,75 * R_m \quad (9)$$

Donde f'_{cu} es la resistencia específica a la compresión de las unidades de mampostería medida sobre el área neta, (MPa), K_p factor de corrección por absorción de la unidad de mampostería, adimensional.

$K_p = 1.4$ para unidades de concreto.

$K_p = 0.8$ para unidades de arcilla o silito-calcárea.

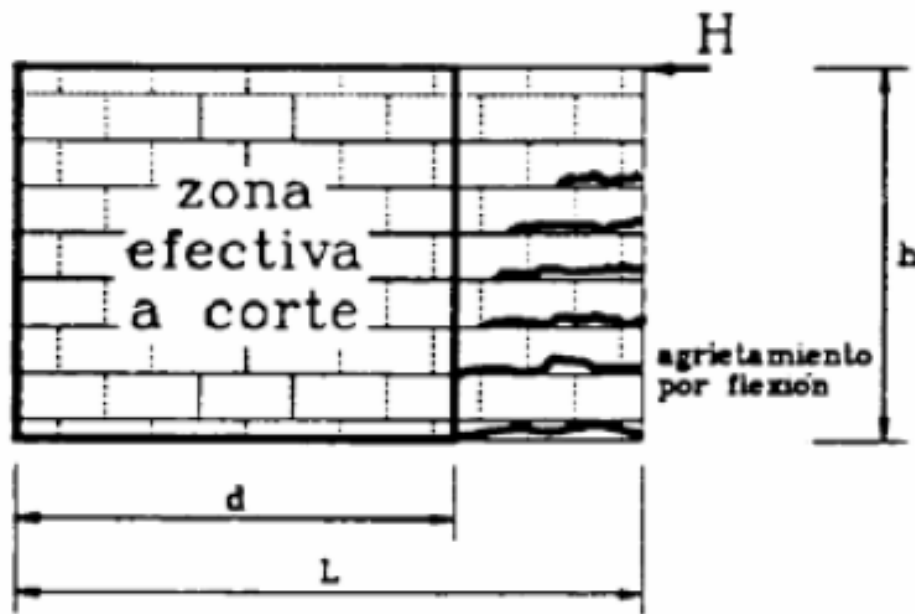
h' = altura de la unidad de mampostería (mm).

f_{cp} = Resistencia especificada a la compresión del mortero de pega (MPa).

Capacidad de Resistencia Lateral por Corte

Si el comportamiento de la mampostería después de agrietada es gobernada por la flexión, existe una disminución del esfuerzo cortante, debido a que existe la imposibilidad de que la parte agrietada por flexión resista esfuerzos cortantes y es así que la sección no agrietada es la que se considera como efectiva para resistir la sollicitación por cortante. Abrams al igual que muchos investigadores proponen que dicha disminución tenga relación directa con la longitud de la sección agrietada del muro. El agrietamiento es de mayor magnitud en la base del muro es por eso que la resistencia a corte debe ser evaluada en la base del muro, una ilusión de este comentario se muestra en la figura 4.33.

Figura 4.38 Zona efectiva a corte de muros de mampostería no reforzado.



Como puede establecerse en la figura 84 el área resistente por cortante está determinada por d y h . Los códigos de construcción suelen expresar la resistencia a cortante en función de fracción de esfuerzo admisible, los cuales se relacionan con el área neta, considerándose entonces la reducción de estos esfuerzos en vez de la reducción del área resistente debido a los agrietamientos por flexión, procederemos de la siguiente manera, dividimos ambos términos de la ecuación (2) (Valida para valores de $d < L$) por L y sustituyendo ambos términos de la ecuación (2) es decir por el termino $\left(\frac{f_v}{f_a}\right)$ se obtiene que:

$$\frac{d}{L} = \frac{3}{2} - 3 * \left(\frac{h}{L}\right) * \left(\frac{f_v}{f_a}\right)$$

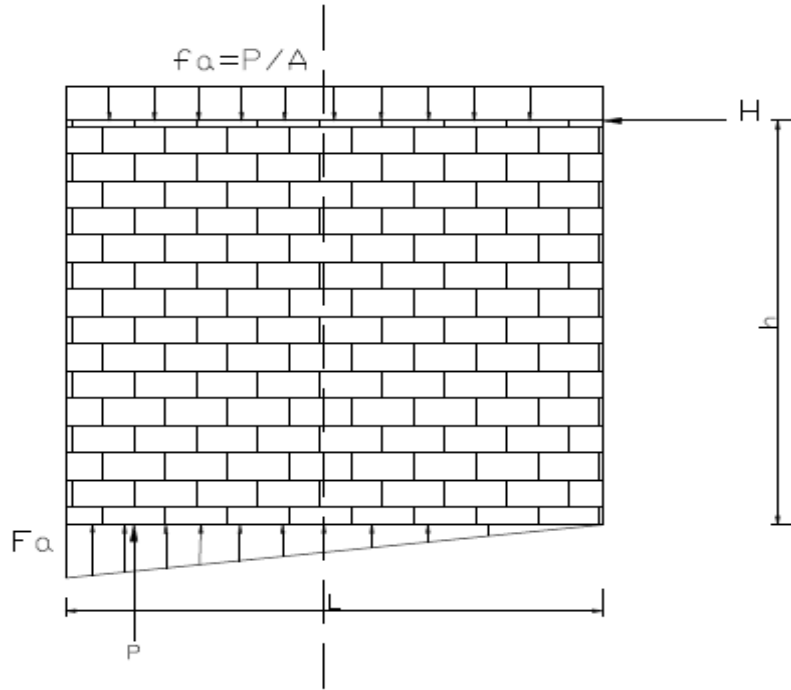
Si el esfuerzo cortante del muro se encuentra limitado por la compresión tal como se determinó en la ecuación (5), el valor de f_{va} es igual al valor de f_v de la ecuación (10), por lo cual sustituyendo la relación f_{va}/f_a de la ecuación (5) en la ecuación (10) y simplificando, se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{d}{L} = 2 * \left(\frac{f_a}{F_a}\right) \text{ para } f_a \leq 0,5F_a \quad (11)$$

Esta relación es válida únicamente para la ecuación $f_a \leq 0,5F_a$, o lo que es lo mismo, cuando se verifique que $d < L$.

Vale la aclaración que $\frac{f_a}{F_a} \leq 0,5$, representa el instante en el cual no existen esfuerzos de tracción en las fibras del panel, en otras palabras cuando d alcanza el mismo valor de L a la carga vertical total aplicada.

Figura 4.39 Equilibrio de la mampostería no reforzada en el instante de tracción nula.



$$\frac{F_a \cdot b \cdot L}{2} = P \rightarrow 0,5 * F_a = \frac{P}{b \cdot L} \rightarrow 0,5 * F_a = f_a \quad (12)$$

Haciendo esta aclaración podemos continuar que el esfuerzo admisible a cortante F_v puede ser expresado como una fracción del esfuerzo admisible a cortante de muro de mampostería no agrietada F_{v0} , suponiendo que los esfuerzos se reducen proporcionales a la zona de agrietamiento se puede realizar una relación sencilla de dicha reducción debido al agrietamiento por flexión, mediante la siguiente expresión:

$$\frac{F_v}{F_{v0}} = \frac{d}{L} = 2 * \left(\frac{f_a}{F_a} \right) \rightarrow F_v = 2 * \left(\frac{f_a}{F_a} \right) * F_{v0} \quad (13)$$

En todas las aseeraciones anteriores se ha considerado el caso en el que se produce agrietamiento por flexión, cuyo límite superior es cuando $\frac{f_a}{F_a}$ es 0.5 límite sobre el cual no se produce esfuerzos por tracción. Más allá de éste límite el prisma

triangular de presiones se convierte en un prisma de sección trapezoidal, cuyos valores de esfuerzos en las fibras extremas se obtiene utilizando los principios de resistencia de materiales de la forma.

$$f_{máx,min} = \frac{P}{b * L} \pm \frac{6 * H * h}{b * L^2}$$

(14)

Cuando f_{max} que es el mayor esfuerzo compresible, llega al valor de f_a , la falla está controlada por la flexión y de manera similar al proceso para obtener la ecuación (4) se reemplaza el valor de F_a por f_{max} y se despeja con respecto a H, que se convierte en H_a (resistencia lateral máxima), se obtiene:

$$H_a = \frac{b * L^2}{6h} * \left(F_a - \frac{P}{b * L} \right)$$

(15)

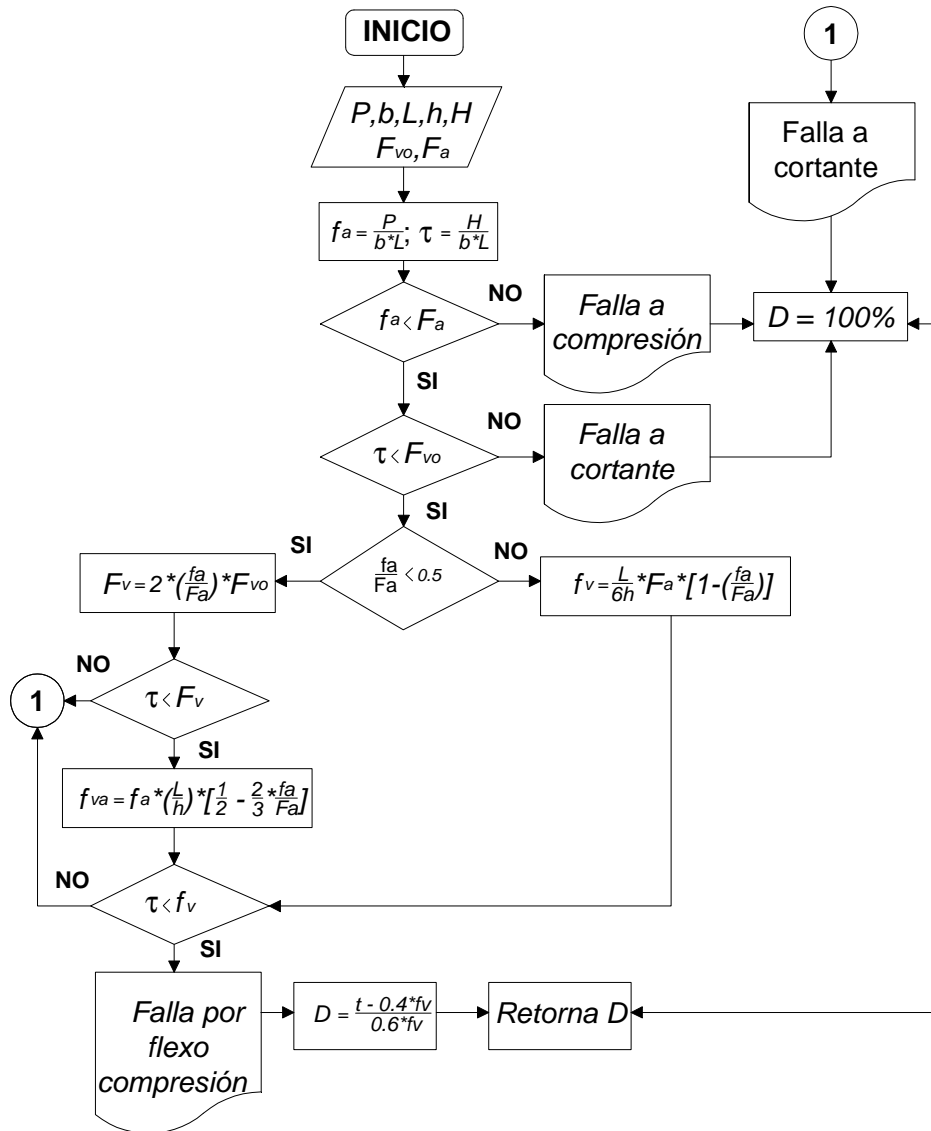
Dividiendo esta ecuación por el área del muro $b*L$ se obtiene el esfuerzo resistente máximo a cortante, mediante.

$$f_v = \frac{L}{6h} * F_a * \left(1 - \left(\frac{f_a}{F_a} \right) \right) \quad (16)$$

Finalmente este se compara directamente con el admisible dado por los códigos de construcción (F_{vo}), ya que en este caso no existe reducción en cortante por agrietamiento en la flexión.

Bajo estas consideraciones, se resumirá a continuación, el procedimiento para determinar la resistencia lateral de muros de mampostería no reforzados. Ver figura 4.39.

Figura 4.40 Diagrama de flujo, Modelo de Abrams, evaluación de resistencia lateral de muros de mampostería no reforzada.



MÓDELO DE ABRAMS MODIFICADO: La modificación que se realizó al modelo de Abrams verifica los parámetros de acuerdo a la formulación que hace la Norma Sismorresistente Colombiana, NSR-98 con relación a los valores que resiste y los valores máximos del cortante nominal correspondientes a la mampostería. Entonces los valores de F_v y f_{va} , son evaluados de la siguiente manera:

Tabla 4.23 Valores del cortante nominal resistido por la mampostería, F_v

$\frac{M}{V * d}$	F_v
$\overset{2}{\rightarrow} 0,25 \geq \frac{M}{V * d}$	$F_v = 0,2\sqrt{f'_m}$
$\overset{3}{\rightarrow} 0,25 < \frac{M}{V * d} < 1$	$F_v = \left[0,23 - 0,13 \left(\frac{M}{V * d}\right)\right] \sqrt{f'_m}$
$\overset{4}{\rightarrow} \frac{M}{V * d} \geq 1$	$F_v = 0,1\sqrt{f'_m}$

Tabla 4.24 Valores del cortante nominal máximo permitido por la mampostería, F_v

$\frac{M}{V * d}$	F_v
$\overset{2}{\rightarrow} 0,25 \geq \frac{M}{V * d}$	$F_v = 0,5\sqrt{f'_m} \leq 0,27$
$\overset{3}{\rightarrow} 0,25 < \frac{M}{V * d} < 1$	$F_v = \left[0,56 - 0,23 \left(\frac{M}{V * d}\right)\right] \sqrt{f'_m}$ $\leq \left[3,0 - 1,3 \left(\frac{M}{V * d}\right)\right]$
$\overset{4}{\rightarrow} \frac{M}{V * d} \geq 1$	$F_v = 0,33\sqrt{f'_m} \leq 1,3$

Otro parámetro que es evaluado mediante una fórmula que propone la no reducción del esfuerzo admisible a compresión, que resulta ser diferente al propuesto por la NSR-98, debido a que el factor de seguridad está incluido en el análisis del índice de daño, es:

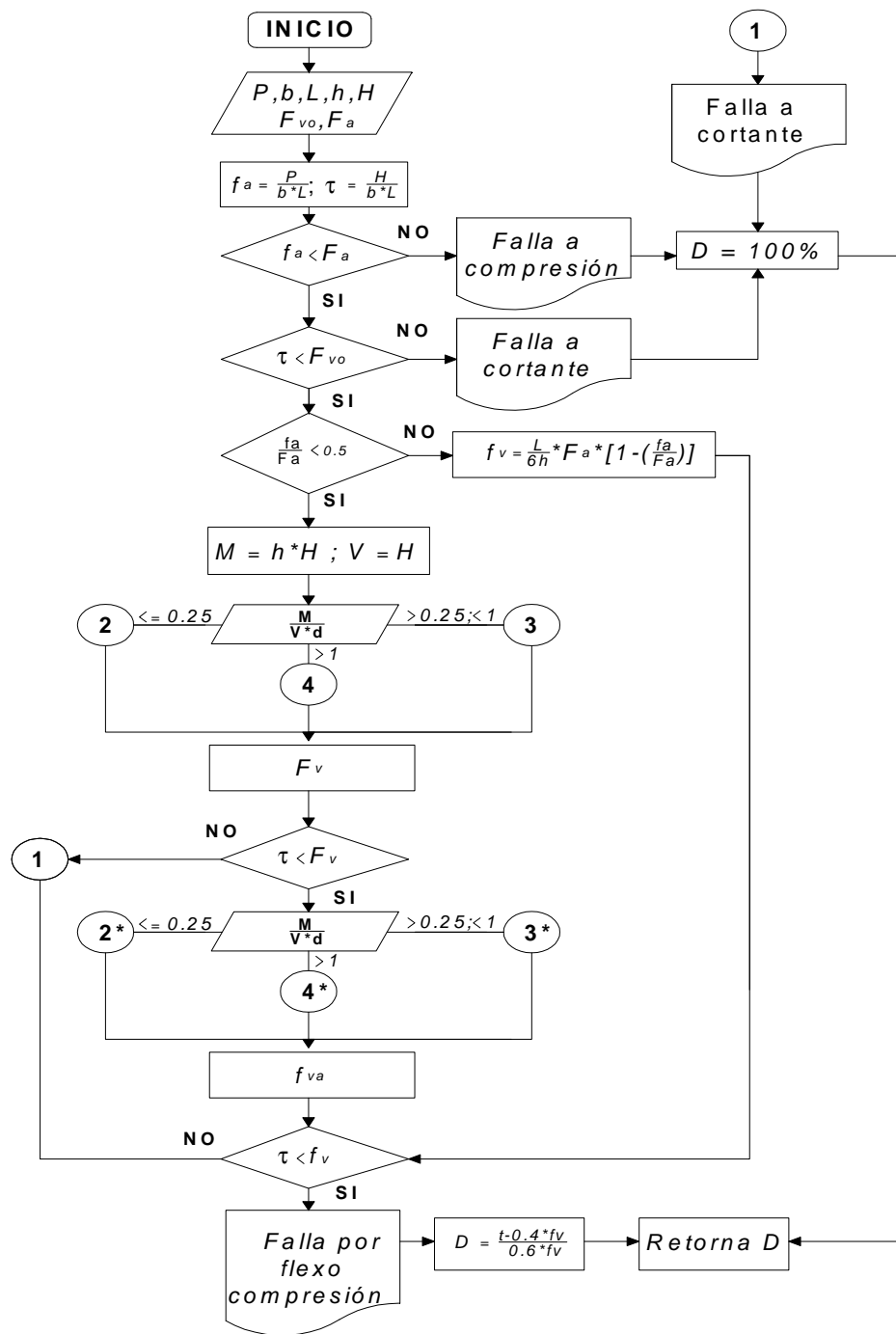
$$F_a = 0,85 * f_m * R_e (Abrams) \quad \rightarrow \quad F_a = f_m * R_e (Abrams \text{ modificado})$$

$$R_e = 1 - \left[\frac{h}{40 * t}\right] (Abrams) \quad \rightarrow \quad R_e = 1 - \left[\frac{h}{40 * t}\right]^3 (Abrams \text{ modificado})$$

De tal forma que el nuevo diagrama propone evaluar el modelo para involucrar el estudio para la mampostería confinada y parcialmente confinada, aumentando su resistencia en 40 t/m^2 para mampostería confinada y para la mampostería

parcialmente confinada aumentar dicho valor en el nivel confinado, tal como se observa a continuación:

Figura 4.41 Diagrama de flujo, Modelo de Abrams Modificado, evaluación de resistencia lateral de muros de mampostería no reforzada.



Los resultados interpretan el porcentaje de probabilidad de daño sísmico de los muros en su dirección crítica, es decir el conjunto de muros que en dicha dirección fallan ante la acción de un sismo y el porcentaje de probabilidad de daño sísmico promediando las probabilidades individuales presentadas por cada muro. De tal manera que se evaluaron tres porcentajes de probabilidad de daño y se tomo el daño más desfavorable que en nuestro análisis corresponde a la resistencia de la mampostería a flexo-compresión. Para las edificaciones en mampostería no reforzada solo muestran un porcentaje de daño las casas 3.11, 3.13 y 3.14 en la dirección de falla que en la mayoría de los casos es en la dirección x (dirección fachada principal-ancho de la vivienda), el resto de las estructuras por ser sistemas de muros estructurales sufren no daños graves, es decir el modelo de Abrams es más crítico para aquellas edificaciones que no contengan una distribución y adecuación de muros en las dos direcciones en planta y que además soporten un peso considerable recibido de niveles superiores:

Tabla 4.25 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Confinada y una

PORCENTAJE DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA CONFINADA EVALUADAS PARA UNA $A_g = 0,05$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
1.1	14,861	NO PRESENTA DAÑO	NO PRESENTA DAÑO
1.2	21,879		
1.3	13,133		
1.4	16,593		
1.5	13,133		
1.6	13,997		
1.7	21,879		

Tabla 4.26 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Confinada y una $A_a = 0,10$

PORCENTAJE DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA CONFINADA EVALUADAS PARA UNA $A_a = 0,10$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
1.1	39,050	32,263	13,468
1.2	48,171	13,850	NO PRESENTA DAÑO
1.3	36,450	44,278	30,058
1.4	41,510	NO PRESENTA DAÑO	NO PRESENTA DAÑO
1.5	36,450	57,178	4,168
1.6	37,769	NO PRESENTA DAÑO	NO PRESENTA DAÑO
1.7	48,171	19,630	NO PRESENTA DAÑO

Tabla 4.27 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Confinada y una $A_a = 0,15$

PORCENTAJE DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA CONFINADA EVALUADAS PARA UNA $A_a = 0,15$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
1.1	62,562	53,537	81,728
1.2	71,001	54,117	5,649
1.3	60,164	99,750	78,409
1.4	64,839	NO PRESENTA DAÑO	NO PRESENTA DAÑO
1.5	60,164	100	39,585
1.6	61,379	14,067	NO PRESENTA DAÑO
1.7	71,001	62,778	4,448

Tabla 4.28 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Confinada y una $A_a = 0,20$

PORCENTAJE DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA CONFINADA EVALUADAS PARA UNA $A_a = 0,20$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
1.1	79,731	100	93,604
1.2	84,455	94,378	29,755
1.3	78,424	100	100
1.4	80,985	20,151	20,151
1.5	78,424	100	75,002
1.6	79,084	40,978	NO PRESENTA DAÑO
1.7	84,455	100	28,153

Tabla 4.29 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Parcialmente Confinada y una $A_a = 0,05$

PROBABILIDAD DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE CONFINADA EVALUADAS PARA UNA $A_a = 0,05$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
2.1	57,419	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
2.2	54,434		
2.3	54,434		
2.4	57,419		
2.5	57,419		
2.6	46,202		
2.7	46,202		
2.8	46,202		
2.9	46,202		
2.10	46,202		
2.11	28,402		
2.12	25,543		
2.13	25,543		
2.14	40,073		
2.15	40,073		
2.16	27,437		
2.17	19,213		
2.18	23,693		
2.19	23,693		

Tabla 4.30 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Parcialmente Confinada y una $A_a = 0,10$

PROBABILIDAD DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE CONFINADA EVALUADAS PARA UNA $A_a = 0,10$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
2.1	77,657	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
2.2	75,452		
2.3	75,452		
2.4	77,657	47,727	NO PRESENTAN DAÑO
2.5	77,657	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
2.6	69,387		
2.7	69,387	8,771	0,472
2.8	69,387	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
2.9	69,387		
2.10	69,387		
2.11	54,957	53,651	43,553
2.12	52,146	19,294	12,079
2.13	52,146	39,252	30,362
2.14	64,770	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
2.15	64,770		
2.16	54,033	44,406	NO PRESENTAN DAÑO
2.17	44,962	30,747	1,372
2.18	50,197	16,933	NO PRESENTAN DAÑO
2.19	50,197	40,303	8,047

Tabla 4.31 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Parcialmente Confinada y una $A_a = 0,15$

PROBABILIDAD DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE CONFINADA EVALUADAS PARA UNA $A_a = 0,15$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
2.1	92,597	23,976	12,621
2.2	91,461	NO PRESENTAN DAÑO	7,219
2.3	91,461	18,27	7,79
2.4	92,597	40,493	27,255
2.5	92,597	27,647	12,49
2.6	87,982	5,849	NO PRESENTAN DAÑO

CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
2.7	87,982	47,491	34,041
2.8	87,982	7,998	NO PRESENTAN DAÑO
2.9	87,982	11,983	3,33
2.10	87,982	28,721	18,227
2.11	77,097	100	98,663
2.12	74,613	62,274	51,452
2.13	74,613	92,211	78,876
2.14	84,909	23,389	NO PRESENTAN DAÑO
2.15	84,909	15,604	NO PRESENTAN DAÑO
2.16	76,289	99,943	15,663
2.17	68,040	79,454	35,392
2.18	72,853	58,732	20,919
2.19	72,853	93,789	45,404

Tabla 4.32 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería Parcialmente Confinada y una $A_a = 0,20$

PROBABILIDAD DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE CONFINADA EVALUADAS PARA UNA $A_a = 0,2$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
2.1	97,209	53,95	39,051
2.2	96,566	31,847	19,678
2.3	96,566	46,583	32,954
2.4	97,209	76,212	58,562
2.5	97,209	53,752	38,876
2.6	94,532	30,021	19,384
2.7	94,532	84,21	67,611
2.8	94,532	32,887	21,934
2.9	94,532	38,199	26,662
2.10	94,532	60,517	46,524
2.11	88,005	100	100
2.12	86,544	100	90,825
2.13	86,544	100	100
2.14	92,690	52,074	NO PRESENTAN DAÑO

CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
2.15	92,690	43,027	NO PRESENTAN DAÑO
2.16	87,528	100	43,107
2.17	82,773	100	69,412
2.18	85,521	100	50,114
2.19	85,521	100	82,761

Tabla 4.33 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería No Reforzada y una $A_a = 0,05$

PROBABILIDAD DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE CONFINADA EVALUADAS PARA UNA $A_a = 0,05$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
3.1	33,44	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
3.2	29,38		
3.3	24,61		
3.4	38,92		
3.5	29,38		
3.6	12,27		
3.7	17,46		
3.8	16,59		
3.9	22,78		
3.10	22,78		
3.11	11,40		
3.12	29,38		
3.13	23,69		
3.14	27,44		
3.15	22,78		
3.16	22,78		
3.17	22,78		

Tabla 4.34 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería No Reforzada y una $A_a = 0,10$

PROBABILIDAD DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE CONFINADA EVALUADAS PARA UNA $A_a = 0,10$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
3.1	59,45	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
3.2	55,87		
3.3	51,18		
3.4	63,87		
3.5	55,87		
3.6	35,09		
3.7	42,69		
3.8	41,51		
3.9	49,19		
3.10	49,19		
3.11	33,70		
3.12	55,87		
3.13	50,20	27,18%	0
3.14	54,03	36,64%	0
3.15	49,19	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
3.16	49,19		
3.17	49,19		

Tabla 4.35 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería No Reforzada y una $A_a = 0,15$

PROBABILIDAD DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE CONFINADA EVALUADAS PARA UNA $A_a = 0,15$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
3.1	80,87	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
3.2	77,89		
3.3	73,74		
3.4	84,27		
3.5	77,89		
3.6	58,92		
3.7	65,93		

CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
3.8	64,84		
3.9	71,94		
3.10	71,94		
3.11	57,64		
3.12	77,89		
3.13	72,85	74,10%	0
3.14	76,29	88,29%	0
3.15	71,94	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
3.16	71,94		
3.17	71,94		

Tabla 4.36 Matrices de porcentaje de daño para edificaciones en Mampostería No Reforzada y una $A_a = 0,20$

PROBABILIDAD DE DAÑO (%) PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA NO CONFINADA/NOREFORZADA EVALUADAS PARA UNA $A_a = 0,20$			
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME	ABRAMS MOD. MURO CR.	ABRAMS MOD
3.1	90,26	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
3.2	88,47		
3.3	86,04		
3.4	92,30		
3.5	88,47		
3.6	77,75		
3.7	81,59		
3.8	80,98		
3.9	84,99		
3.10	84,99		
3.11	77,06	12,46%	0
3.12	88,47	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
3.13	85,52	100%	0
3.14	87,53	100%	0
3.15	84,99	NO PRESENTAN DAÑO	NO PRESENTAN DAÑO
3.16	84,99		
3.17	84,99		

Los resultados obtenidos en este análisis son reflejo de lo considerable que puede ser el modelo con las edificaciones que guardan una relación adecuada entre el área en planta y la cantidad de muros en cada dirección, es decir los valores negativos representan un 0% en daño de la edificación, interpretación contraria a valores de más del ciento por ciento que por lo tanto toman un valor del 100% de daño, es decir el método es crítico para aquella dirección en que no hay suficientes muros que amortigüen los esfuerzos producidos por las cargas laterales consecuencia de la acción sísmica aplicada.

4.6 MÉTODO RISK-UE (LM1)

$$\text{Índice de vulnerabilidad total } V = V_I^* + \Delta V_R + \Delta V_m$$

Método del índice de vulnerabilidad (MIV) a manera de síntesis entre la Escala Macro sísmica Europea y el Método Italiano. Con partes de las clases de vulnerabilidad definidas en la **EMS-98** y, al igual que el Método Italiano, cuantifica cada edificio particular mediante un índice de vulnerabilidad. Este índice varía entre **0 y 1**, siendo más cercano a **1** cuanto más vulnerable es el edificio. Este método, desarrollado en la Universidad de Génova por el profesor Lamarsino y colaboradores. Se trata de un método versátil, robusto y sencillo de aplicar, cuya principal ventaja reside en la facilidad para describir la vulnerabilidad de los edificios, con un gran nivel de detalle, y que permite captar, además de sus calidades estructurales, aquellas que se derivan de su geometría en planta, en altura y de su posición. Las funciones de pertenencia χ a cada una de las seis clases de vulnerabilidad se definen de forma difusa, con funciones de pertenencia definidas mediante unos rangos plausibles ($\chi = 1$) y unos rangos posibles que definen la transición entre dos clases de vulnerabilidad adyacentes. Así pues, para cada edificio, además de diferentes valores probables V_I^* ($\chi = 1$), el método contempla rangos de índices posibles ($\chi \geq 0,6$) y de índices menos probables ($0,6 > \chi \geq 0,2$). De esta forma, cada tipo de edificio se dispone de los siguientes índices; V_I^* es el valor más probable del índice de vulnerabilidad; $[V_i, V_i^*]$ se define el intervalo plausible del índice de vulnerabilidad (suelen ser los valores en los que la función de pertenencia

vale 0,5); $[V_{lmin}, V_{lmax}]$ son los limites inferior y superior de los índices de vulnerabilidad que se consideran posibles.

Figura 4.42 Funciones de pertenencia de un edificio a las clases de vulnerabilidad

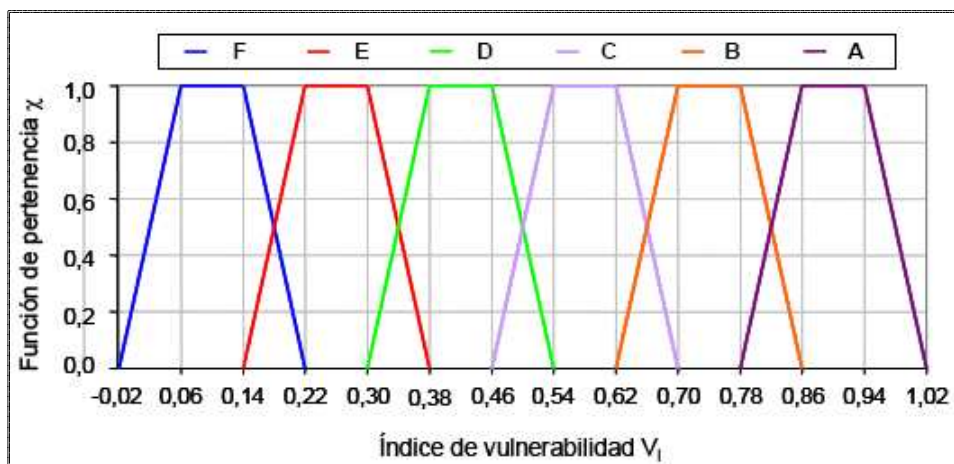


Tabla 4.37 Índices de vulnerabilidad propuestos para los edificios de la Matriz de Tipologías (BTM) de Risk-UE (Milutinovic y Trendafiloski, 2003)

Tipología	Descripción	Índices de vulnerabilidad representativos				
		V_i^{min}	V_i^-	V_i^*	V_i^+	V_i^{max}
M1.1	Cascotes y piedras (<i>Rubble stone, fieldstone</i>)	0,62	0,81	0,873	0,98	1,02
M1.2	Piedra sencilla (<i>Simple stone</i>)	0,46	0,65	0,74	0,83	1,02
M1.3	Sillería (<i>Massive stone</i>)	0,3	0,49	0,616	0,793	0,86
M2	Adobe	0,62	0,687	0,84	0,98	1,02
M3.1	Suelos de madera (<i>Wooden slabs</i>)	0,46	0,65	0,74	0,83	1,02
M3.2	Paredes de mampostería (<i>Masonry vault</i>)	0,46	0,65	0,776	0,953	1,02
M3.3	Forjados mixtos de acero y mampostería (<i>Composite steel and masonry slabs</i>)	0,46	0,527	0,704	0,83	1,02
M3.4	Forjados de losas de hormigón armado (<i>Reinforced concrete slabs</i>)	0,3	0,49	0,616	0,793	0,86
M4	Paredes de mampostería confinadas ò reforzadas (<i>Reinforced or confined masonry walls</i>)	0,14	0,33	0,451	0,633	0,7

Tipología	Descripción	Índices de vulnerabilidad representativos				
		V_i^{min}	V_i^-	V_i^*	V_i^+	V_i^{max}
M5	Totalmente reforzada <i>(Overall strengthened)</i>	0,3	0,49	0,694	0,953	1,02
RC1	Estructuras de hormigón <i>(Concrete Moment Frames)</i>	-0,02	0,047	0,442	0,8	1,02
RC2	Paredes de cortante de hormigón <i>(Concrete shear walls)</i>	-0,02	0,047	0,386	0,67	0,86
RC3.1	Paredes de relleno regulares <i>(Regularly infilled walls)</i>	-0,02	0,007	0,402	0,76	0,98
RC3.2	Estructuras irregulares <i>(Irregular frames)</i>	0,06	0,127	0,522	0,88	1,02
RC4	Sistemas duales de Hormigón armado <i>(RC dual systems-RC frame and wall)</i>	-0,02	0,047	0,386	0,67	0,86
RC5	Hormigón pre-colado <i>(Precast Concrete Tilt-Up Wall)</i>	0,14	0,207	0,384	0,51	0,7
RC6	Estructuras de hormigón pre-colado, muros de cortante de hormigón <i>(Precast C. Frames, C, shear walls)</i>	0,3	0,367	0,544	0,67	0,86
S1	Estructuras de acero <i>(Steel Moment Frames)</i>	-0,02	0,467	0,363	0,64	0,86
S2	Estructuras metálicas atirantadas <i>(Steel braced Frames)</i>	-0,02	0,467	0,287	0,48	0,7
S3	Estructuras metálicas con paredes de mampostería <i>(Steel frame+unrein.mas.infill walls)</i>	0,14	0,33	0,484	0,64	0,86
S4	Estructuras metálicas con paredes de cortante hormigonadas in situ <i>(Steel frames+cast-in-place shear walls)</i>	-0,02	0,047	0,224	0,35	0,54
S5	Sistemas o estructuras compuestos (metálicas y hormigón armado) <i>(Steel and RC composite system)</i>	-0,02	0,257	0,402	0,72	1,02
W	Estructuras de madera <i>(Wood structures)</i>	0,14	0,207	0,447	0,64	0,86

Tabla 4.38 Factores de comportamiento para la vulnerabilidad sísmica: Edificaciones en mampostería.

Factores de comportamiento	Parámetros	Puntuaciones del modificador
Estado de conservación	Buen mantenimiento	-0,04
	Mal mantenimiento	0,04
Altura ò número de plantas	Bajo (1 ò 2)	-0,02
	Medio (3, 4 ò 5)	0,02
	Alto(6 ò más)	0,06
Sistema estructural	Grosor de los muros	- 0,04 - 0,04
	Distancia entre muros	
	Conexión entre muros: barras de unión (tie-rods), soporte en las esquinas (angle bracket)	
	Conexión horizontal estructuras-muros	
Piso blando (Soft-story)	Demolición/Transparencia, diáfana	0,04
Irregularidad en planta	...	0,04
Irregularidad vertical	...	0,02
Plantas superpuestas	...	0,04
Cubierta	Peso y acometida (thrust) de la cubierta	0,04
	Conexiones con la cubierta	
Intervenciones de reparación	...	- 0,08 - 0,08
Elementos antisísmicos	Barbacanas (barbican), Láminas de refuerzo (foil arches), contrafuertes (buttresses)	
Factores de comportamiento	Parámetros	Puntuaciones del modificador
Edificio en agregado: posición en planta	Intermedio	-0,04
	Esquina	0,04
	Terminal (Header)	0,06
Edificio en agregado: posición en elevación	Plantas escalonadas	0,02
	Edificios adyacentes de diferente altura	- 0,04 - 0,04
Cimientos	Cimientos a diferentes niveles	0,04
Morfología del terreno	Pendiente	0,02
	Precipicio o acantilado	0,04
** Puntuación del modificador: $\Delta V_m = \Sigma V_m$		**ΣV_m

Tabla 4.39 Índice de vulnerabilidad propuesto para las viviendas en estudio.

CASA Nº	DESCRIPCIÓN	V_i^*
1.1	Paredes de mampostería confinadas ò reforzadas <i>(Reinforced or confined masonry walls)</i>	0,451
1.2	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
1.3	Paredes de mampostería confinadas ò reforzadas <i>(Reinforced or confined masonry walls)</i>	0,451
1.4	Paredes de mampostería confinadas ò reforzadas <i>(Reinforced or confined masonry walls)</i>	0,451
1.5	Paredes de mampostería confinadas ò reforzadas <i>(Reinforced or confined masonry walls)</i>	0,451
1.6	Paredes de mampostería confinadas ò reforzadas <i>(Reinforced or confined masonry walls)</i>	0,451
1.7	Paredes de mampostería confinadas ò reforzadas <i>(Reinforced or confined masonry walls)</i>	0,451
2.1	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.2	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
CASA Nº	DESCRIPCIÓN	V_i^*
2.3	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.4	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.5	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.6	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.7	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.8	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.9	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616

CASA Nº	DESCRIPCIÓN	V _i *
2.10	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.11	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.12	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.13	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.14	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.15	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.16	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.17	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.18	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
2.19	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
3.1	Paredes de mampostería <i>(Masonry vault)</i>	0,766
3.2	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
3.3	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
3.4	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
3.5	Paredes de mampostería <i>(Masonry vault)</i>	0,766
3.6	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
3.7	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616
3.8	Forjados de losas de hormigón armado <i>(Reinforced concrete slabs)</i>	0,616

CASA Nº	DESCRIPCIÓN	V _i *
3.9	Forjados de losas de hormigón armado (<i>Reinforced concrete slabs</i>)	0,616
3.10	Forjados de losas de hormigón armado (<i>Reinforced concrete slabs</i>)	0,616
3.11	Forjados de losas de hormigón armado (<i>Reinforced concrete slabs</i>)	0,616
3.12	Forjados de losas de hormigón armado (<i>Reinforced concrete slabs</i>)	0,616
3.13	Forjados de losas de hormigón armado (<i>Reinforced concrete slabs</i>)	0,616
3.14	Forjados de losas de hormigón armado (<i>Reinforced concrete slabs</i>)	0,616
3.15	Paredes de mampostería (<i>Masonry vault</i>)	0,766
3.16	Paredes de mampostería (<i>Masonry vault</i>)	0,766
3.17	Paredes de mampostería (<i>Masonry vault</i>)	0,766

Tabla 4.40 Puntuación del modificador.

CASA Nº	Puntuación del modificador: $\Delta V_m = \Sigma V_m$
1.1	-0,14
1.2	-0,03
1.3	-0,06
1.4	-0,07
1.5	-0,13
1.6	-0,12
1.7	-0,07
2.1	0,36
2.2	0,36
2.3	0,36
2.4	0,36
2.5	0,36
2.6	0,26

CASA Nº	<i>Puntuación del modificador: $\Delta V_m = \Sigma V_m$</i>
2.7	0,26
2.8	0,26
2.9	0,26
2.10	0,26
2.11	0,23
2.12	0,25
2.13	0,25
2.14	0,29
2.15	0,29
2.16	0,06
2.17	0,38
2.18	0,38
2.19	0,38
3.1	0,07
3.2	0,15
3.3	0,07
3.4	0,09
3.5	0,18
3.6	-0,12
3.7	-0,12
3.8	-0,12
3.9	-0,12
3.10	-0,04
3.11	-0,12
3.12	-0,02
3.13	0,03
3.14	0,03
3.15	0,03
3.16	0,03
3.17	0,03

Tabla 4.41 Índice de vulnerabilidad sísmica total.

CASA Nº	V_i^*	Puntuación del modificador: $\Delta V_m = \sum V_m$	Índice de vulnerabilidad V_i $= V_i^* + \Delta V_m$
1.1	0,451	-0,14	0,311
1.2	0,616	-0,03	0,586
1.3	0,451	-0,06	0,391
1.4	0,451	-0,07	0,381
1.5	0,451	-0,13	0,321
1.6	0,451	-0,12	0,331
1.7	0,451	-0,07	0,381
2.1	0,616	0,36	0,976
2.2	0,616	0,36	0,976
2.3	0,616	0,36	0,976
2.4	0,616	0,36	0,976
2.5	0,616	0,36	0,976
2.6	0,616	0,26	0,876
2.7	0,616	0,26	0,876
2.8	0,616	0,26	0,876
2.9	0,616	0,26	0,876
2.10	0,616	0,26	0,876
2.11	0,616	0,25	0,866
2.12	0,616	0,25	0,866
2.13	0,616	0,25	0,866
2.14	0,616	0,29	0,906
2.15	0,616	0,29	0,906
2.16	0,616	0,06	0,676

CASA Nº	V_i^*	Puntuación del modificador: $\Delta V_m = \Sigma V_m$	Índice de vulnerabilidad V_i $= V_i^* + \Delta V_m$
2.17	0,616	0,38	0,996
2.18	0,616	0,38	0,996
2.19	0,616	0,38	0,996
3.1	0,766	0,07	0,836
3.2	0,616	0,15	0,766
3.3	0,616	0,07	0,686
3.4	0,616	0,09	0,706
3.5	0,766	0,18	0,946
3.6	0,616	-0,12	0,496
3.7	0,616	-0,12	0,496
3.8	0,616	-0,12	0,496
3.9	0,616	-0,12	0,496
3.10	0,616	-0,04	0,576
3.11	0,616	-0,12	0,496
3.12	0,616	-0,02	0,596
3.13	0,616	0,03	0,646
3.14	0,616	0,03	0,646
3.15	0,766	0,03	0,796
3.16	0,766	0,03	0,796
3.17	0,766	0,03	0,796

La aplicación de éste método a edificaciones en mampostería, verifica parte del diseño con el estudio de la conexión de elementos y la adecuación del refuerzo de los elementos de confinamiento y como aspecto adicional las condiciones actuales

de cada vivienda de acuerdo con la tabla 4.29. De tal manera que resulta ser muy detallista su estudio de vulnerabilidad, considerando principalmente la realidad de las mismas y su entorno, con la ventaja de se puede aumentar o disminuir el índice de vulnerabilidad propuesto por la metodología, de acuerdo a los reglamentos mínimos vigentes de la NSR-98 y bajo ese criterio evaluar ciertos parámetros para obtener un valor modificador del índice en relación al índice de vulnerabilidad asignado según la tipología estructural.

4.7 MÉTODO EMS-98. EUROPEAN MACROSEISMIC SCALE, GRUNTHAL, 1998 (ESCALA MACROSISMICA EUROPEA)

Esta escala se basó en las observaciones del comportamiento de estructuras que han sido sometidas a la acción de un sismo. Las investigaciones post-terremotos (Predicción de futuros daños), dan como resultado el posible daño que pueden sufrir edificaciones semejantes y los adecuados planes de emergencia que deben llevarse a cabo. Los terremotos más importantes para el estudio de la escala son los siguientes:

- Italia, terremoto de Irpinia en 1980 y Abruzzo en 1984.
- México, terremoto de Michoacán en 1985.
- Japón, terremoto de Tokachi-oki en 1968 y Miyagiken-oki en 1978.

El terremoto escogido para el estudio por múltiples razones, fue de Irpinia, sur de Italia que data del 23-Nov-1980, sentido en más de 600 municipios, de los cuales fueron levantados 41 de los más afectados. De aquí nacen las Matrices de Probabilidad de Daños correspondientes a:

- Las seis (6) clases de vulnerabilidad.
- Grados de intensidad sísmica definidos por la escala de la EMS-98.

El personal capacitado por el GNDT (Gruppo Nazionale per Difesa dai Terremoti), estuvo compuesto por Ingenieros y arquitectos Militares. La organización (G GRÜNTAL, CONSEIL DE´L EUROPE, Cahiers du Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie, EUROPEAN MACROSEISMIC SCALE, 1998), de los datos se realizó por

Código del Municipio, Tipología Estructural y Grado de daño. Para la clasificación de las diferentes tipologías estructurales se tuvo en cuenta lo siguiente:

Materiales y Técnicas de Construcción.

- ▣ Tipo de estructura vertical.
- ▣ Tipo de estructura horizontal.
- ▣ Número de muros comunes con otros edificios.

Comportamiento sísmico de los edificios.

- ▣ Tipo de techo.
- ▣ Altura.
- ▣ Edad.

TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES:

Estructuras Verticales:

- ▣ Tapia
- ▣ Sillería
- ▣ Mampostería de ladrillos
- ▣ Hormigón Armado

Estructuras Horizontales:

- ▣ Bóvedas
- ▣ Madera
- ▣ Acero
- ▣ Hormigón Armado, H.A (1 - 3 niveles)
- ▣ Hormigón Armado, H.A (4 - 6 niveles)
- ▣ Hormigón Armado, H.A (Mayor a 6 niveles)

TIPOS DE EDIFICIOS Y TABLA DE VULNERABILIDAD

La escala MSK definió clases de edificios en base a tipos de construcción como un simple intento para expresar la vulnerabilidad de los edificios. En la escala EMS se ha intentado acercarse directamente a clases que representen vulnerabilidad. En este caso se ha propuesto seis clases de vulnerabilidad decreciente (*A - F*) de las cuales las primeras tres representan la resistencia de una vivienda "típica" de adobe, una construcción de ladrillos y una estructura en concreto reforzado (RC), donde deberían ser compatibles con las clases de los edificios *A - C* en las escalas *MSK-64* y *MSK-81*. Las clases *D* y *E* intentan representar aproximadamente descensos lineales en vulnerabilidad como resultado de mejoras a los diseños sismorresistentes (DSR), y también para acomodar los casos de las construcciones de madera bien construidas, mampostería reforzada o confinada, y estructura de acero, las cuales se conocen por su resistencia a las vibraciones ocasionadas por terremotos. La clase *F* tiene la intención de representar la vulnerabilidad de una estructura con un nivel alto de diseño sismorresistentes, por ejemplo una estructura con la más alta resistencia a terremotos debido a la incorporación de principios de diseño.

Cada uno de los edificios más comunes en Europa está representado mediante una entrada en la tabla de vulnerabilidad mostrando la clasificación más probable en términos de la clase de vulnerabilidad así como también en el rango que se puede encontrar. Los tipos de edificios en la tabla de vulnerabilidad están clasificados en base a grupos principales: ***Mampostería, CR, Acero y Madera.***

LADRILLO NO REFORZADO/BLOQUES DE CONCRETO

Sistema de muros huecos con cubiertas internas y externas, las cuales pueden, si no se conectan apropiadamente, crear muros débiles sin suficiente sismorresistencia de tal forma que responden pobremente.

LADRILLO NO REFORZADO CON PISOS DE CONCRETO REFORZADO (CR)

Aunque los muros de los edificios son la parte más obvia para el observador, los elementos horizontales pueden ser más importantes para determinar la resistencia de la estructura con respecto a cargas laterales. Por lo tanto, el tipo de construcción

donde los muros son de ladrillo no reforzado pero tiene pisos en concreto reforzado se comportará significativamente mejor que las viviendas normales de ladrillo. Donde los muros se unen entre sí mediante una solera de cimentación y soleras intermedias, se crea una estructura de cajón, que reduce efectivamente el riesgo de un colapso fuera del plano de los muros, así como la separación y distanciamiento de muros perpendiculares que se interceptan. Este mejoramiento en el rendimiento solo se materializará si el piso en CR está conectado adecuadamente a la estructura, aunque no siempre sea el caso. En los casos en los cuales la estructura está bien conectada, la vulnerabilidad será probablemente de clase C, o bien de clase n.

LADRILLO REFORZADO Y MAMPOSTERÍA CONFINADA

Bajo ésta clasificación se encuentran varios sistemas en los cuales se ha hecho un esfuerzo significativo por mejorar el rendimiento y la ductilidad de la construcción de mampostería. La mampostería confinada se caracteriza como mampostería construida rígidamente entre columnas estructurales y vigas en los cuatro lados y posee un nivel similar de resistencia. En tales casos no se pretende que los elementos de conexión respondan como un marco resistente a momentos, donde la mampostería actuaría como un relleno no estructural en la mayoría de los casos.

DISEÑO SISMORRESISTENTE (DSR):

Tipo DSR-B: Edificios con técnicas de ingeniería que incorporan un nivel bajo o mínimo de diseño sismorresistente.

Tipo DSR-M: Edificios con técnicas de ingeniería que incorporan un nivel moderado de diseño sismorresistente.

Tipo DSR-A: Edificios con técnicas de ingeniería que incorporan un nivel alto (aprobado) de diseño sismorresistente.

- Para edificios con marcos de **CR** del tipo **DSR-B**, son probables las clases de vulnerabilidad **C y D**, de tal forma que la **C** es la más esperada. (Marcos de CR sin diseño sismorresistente).

- Para edificios con marcos de **CR** del tipo **DSR-M**, son probables las clases de vulnerabilidad **D y E**, de tal forma que la **D** es la más esperada.
- Para edificios con marcos de **CR** del tipo **DSR-A**, son probables las clases de vulnerabilidad **E y F**, de tal forma que la **E** es la más esperada.

Para edificaciones con marcos de **CR** con serios defectos (tales como pisos débiles, columnas débiles, ausencia de elementos de rigidez como muros de corte) la clase de vulnerabilidad **B** o aún la **A** puede ser apropiada.

Para edificaciones con marcos de **CR** regulares sin **DSR** pero incorporan un cierto nivel de resistencia lateral (debido a un diseño para resistencia en caso de vientos o verificaciones de estabilidad) la clase de vulnerabilidad **D** puede ser representativa de casos excepcionales.

NOTA: Son utilizadas las Matrices de Probabilidad de Daño de la EMS-92, porque en comparación de la última versión de la EMS, (Grünthal, 1998 EMS-98), mantiene la definición de las seis (6) clases de vulnerabilidad y sólo modifica la definición de las Tipologías Estructurales incorporando las estructuras metálicas y discriminando el sistema resistente de las estructuras de hormigón armado entre pórticos y muros.

Figura 4.43 Clasificación de las edificaciones en clases de vulnerabilidad según la EMS-98.

TIPO DE ESTRUCTURA		CLASES DE VULNERABILIDAD					
		A	B	C	D	E	F
MAMPOSTERÍA	Cascotes. Piedras del campo.	Ⓢ					
	Adobe (ladrillos de barro)	Ⓢ	Ⓢ				
	Piedras pequeñas, sencillas	Ⓢ	Ⓢ				
	Piedras grandes, masivas		Ⓢ	Ⓢ	Ⓢ		
	No reforzada / bloque de hormigón	Ⓢ	Ⓢ	Ⓢ			
	No reforzada con forjados de hormigón armado		Ⓢ	Ⓢ	Ⓢ		
	Reforzada o confinada			Ⓢ	Ⓢ	Ⓢ	

TIPO DE ESTRUCTURA		CLASES DE VULNERABILIDAD					
		A	B	C	D	E	F
HORMIGÓN ARMADO	Estructura sin diseño sismorresistente	ⓐ	ⓑ	ⓒ	ⓓ		
	Estructura con un nivel moderado de diseño sismorresistente		ⓑ	ⓒ	ⓓ	ⓔ	
	Estructura con un nivel alto de diseño sismorresistente			ⓒ	ⓓ	ⓔ	ⓕ
	Muro sin diseño sismorresistente		ⓑ	ⓒ	ⓓ		
	Muros con un nivel moderado de diseño sismorresistente			ⓒ	ⓓ	ⓔ	
	Muros con un nivel alto de diseño sismorresistente				ⓓ	ⓔ	ⓕ
METAL	Estructuras metálicas			ⓒ	ⓓ	ⓔ	ⓕ
MADERA	Estructuras de madera		ⓑ	ⓒ	ⓓ	ⓔ	
		ⓐ	Clase de vulnerabilidad más probable.				
		ⓑ	Rango probable				
		ⓒ	Rango de casos excepcionales menos probables				

Tabla 4.42 Asignación de las clases de vulnerabilidad propuestas por la EMS-98 a las edificaciones en estudio.

Casa Nº	Descripción de la edificación	CLASE DE VULNERABILIDAD
1.1	Mampostería Confinada	D
1.2	Mampostería Confinada (1 ^{er} nivel) y Solo columnas (2 ^o nivel)	C
1.3	Mampostería Confinada	D
1.4	Mampostería Confinada	D
1.5	Mampostería Confinada	D
1.6	Mampostería Confinada	D
1.7	Mampostería Confinada	D

Casa Nº	Descripción de la edificación	CLASE DE VULNERABILIDAD
2.1	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
2.2	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
2.3	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
2.4	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
2.5	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
2.6	<i>Solo columnas de confinamiento (1er nivel) y Mamp. No ref. (2º nivel)</i>	C
2.7	<i>Solo columnas de confinamiento (1er nivel) y Mamp. No ref. (2º nivel)</i>	C
2.8	<i>Solo columnas de confinamiento (1er nivel) y Mamp. No ref. (2º nivel)</i>	C
2.9	<i>Solo columnas de confinamiento (1er nivel) y Mamp. No ref. (2º nivel)</i>	C
2.10	<i>Solo columnas de confinamiento (1er nivel) y Mamp. No ref. (2º nivel)</i>	C
2.11	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
2.12	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
2.13	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
2.14	<i>Mampostería Confinada (1er nivel) y Solo columnas (2º nivel)</i>	C
2.15	<i>Mampostería Confinada (1er nivel) y Solo columnas (2º nivel)</i>	C
2.16	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
2.17	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
2.18	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
2.19	<i>Solo columnas de confinamiento en toda la edificación.</i>	C
3.1	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.2	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.3	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.4	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.5	<i>Mampostería No reforzada</i>	B
3.6	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.7	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.8	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.9	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.10	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.11	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.12	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.13	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.14	<i>Mampostería No reforzada con forjados en HA</i>	C
3.15	<i>Mampostería No reforzada</i>	B
3.16	<i>Mampostería No reforzada</i>	B
3.17	<i>Mampostería No reforzada</i>	B

Figura 4.44 Clasificación de los grados de daños de la EMS-98


Clasificación de los daños a los edificios de mampostería	
	<p>Grado 1: Daños de Insignificante a ligero (No hay daños estructurales) Grietas capilares en muy pocos muros. Caída de pequeñas piezas de yeso. Caída de piedras sueltas desde las partes superiores de los edificios, sólo en muy pocos casos.</p>
	<p>Grado 2: Daño moderado (Daño estructural ligero, Daño no estructural moderado) Grietas en muchos muros. Caída de bastante grandes piezas de yeso. También caen partes de chimeneas.</p>
	<p>Grado 3: Daño de considerable a severo (Daños estructurales moderados, Fuertes daños no estructurales) Grandes y amplias grietas en la mayoría de los muros; deslizamiento de tejas ó placas de pizarra (esquisto). Rotura de chimeneas a la altura del techo; caída de elementos no estructurales individuales.</p>
	<p>Grado 4: Daño muy severo (Daños estructurales serio, Daños no estructurales muy serio,) Seria caída de paredes; parciales caídas estructurales</p>
	<p>Grado 5: Destrucción (Daños estructurales muy serio) Colapso total o muy próximo a él.</p>

Figura 4.45 Escala macrosísmica Europea en función de intensidades

ESCALA MACROSÍSMICA EUROPEA, EMS-98	
Intensidad	Significado
I	No se percibe, aún en las circunstancias más favorables. No provoca daños.
II	Se percibe escasamente, principalmente en interiores. No provoca daños.
III	Débil, se percibe en interiores por pocas personas sintiendo un ligero temblor. Mueve objetos ligeramente sin provocar daños.
IV	Observado por muchos. Lo percibe mucha gente en interiores y por pocos en el exterior. Algunas personas se despiertan. El nivel de las vibraciones no son alarmantes. Las personas sienten un ligero vaivén en los edificios, habitaciones, camas o sillas, etc. No provoca daños.
V	Fuerte. Se siente por todos en los interiores y por pocos en el exterior. Muchos se despiertan. Las personas sienten un fuerte movimiento o vaivén del edificio, de la habitación o de los muebles. Los objetos se mueven considerablemente. Se asigna el grado de daño 1 a los edificios de las clases de vulnerabilidad A y B.
VI	Daños ligeros. Se siente por todas las personas en los interiores y exteriores. Las personas pierden su estabilidad. Los objetos pequeños se caen y algunos muebles pueden levantarse. Los animales se asustan. Muchos edificios de la clase A y B, se les asigna el grado de daño 1 y algunos pueden sufrir un grado de daño 2. Algunos de la clase C, sufren un grado de daño 1.
VII	Daños. Se tiene dificultad para permanecer de pie, especialmente en los pisos superiores. Los muebles se levantan y se caen. El agua de los contenedores salpica. Muchos edificios de la clase de vulnerabilidad A sufren un daño de grado 3 y algunos de grado 4. Muchos edificios de clase B sufren daño de grado 2 y algunos grado 3. Algunos edificios de la clase C sufren daño de grado 2. Algunos edificios de la clase D, sufren un daño de grado 1.
VIII	Daño fuerte. Todas las personas encuentran dificultad para permanecer de pie. Los muebles pueden caerse. Los televisores y ordenadores caen al suelo. Las lapidas se mueven ocasionalmente. Se pueden ver ondas en los suelos muy suaves. Muchos edificios de la clase A sufren un daño de grado 4 y algunos de grado 5. Muchos edificios de la clase B sufren un daño de grado 3 y algunos de grado 4. Muchos de los edificios de la clase C sufren daño de grado 2 y algunos de grado 3. Algunos edificios de la clase D sufren daño de grado 2.
IX	Destruyivo. Las personas son lanzadas fuertemente al suelo. Muchos monumentos o columnas se caen o doblan. Se observan ondas en el terreno. Muchos edificios de la clase A sufren un daño de grado 5. Muchos edificios de la clase B, sufren daño de grado 4 y algunos de grado 5. Muchos edificios de la clase C sufren daño de grado 3 y algunos de grado 4. Muchos edificios de la clase D sufren daño de grado 2 y algunos de grado 3. Algunos edificios de la clase E sufren daño de grado 2.
X	Muy destructivo. La mayoría de los edificios de la clase A sufren un daño de grado 5. Muchos de los edificios de la clase B sufren un daño de grado 5. Los edificios de la clase C sufren un daño de grado 4 y algunos de grado 5. Los edificios de la clase D sufren un daño de grado 3 y algunos de grado 4. Los edificios de la clase E sufren un daño de grado 2 y algunos de grado 3. Algunos edificios de la clase F sufren un daño de grado 2.
XI	Devastador. La mayoría de los edificios de la clase B sufren daño de grado 5. La mayoría de los edificios de la clase C sufren daño de grado 4 y muchos de grado 5. Muchos de los edificios de la clase D sufren daño de grado 4 y algunos de grado 5. Muchos de los edificios de la clase E sufren daño de grado 3 y algunos de grado 4. Muchos de los edificios de la clase F sufren daño de grado 2 y algunos de grado 3.
XII	Completamente devastador. Todos los edificios de la clase A, B y prácticamente todos los de la clase C se destruyen. Muchos de los edificios de las clases D, E y F se destruyen. Los efectos del terremoto alcanzan efectos inimaginables.

Tabla 4.43 Matriz de probabilidad de daño para edificaciones de mampostería no reforzada.

Matrices de probabilidad de daño para los edificios de la clase de vulnerabilidad B de la escala de EMS-98.					
Grado de daño	Clase de vulnerabilidad B (EMS-98)				
	VI	VII	VIII	IX	X
Nulo (0)	0,4429	0,2	0,0714	0	0
Ligero (1)	0,3857	0,3857	0,2571	0,0714	0
Moderado (2)	0,1286	0,28	0,3429	0,2286	0,0429
Grave (3)	0,2143	0,1	0,2143	0,3486	0,2
Destrucción (4)	0,0714	0,02	0,0714	0,2571	0,4143
Colapso (5)	0	0	0	0,08	0,3514

Tabla 4.44 Matriz de probabilidad de daño para edificaciones de mampostería no reforzada con forjados en hormigón.

Matrices de probabilidad de daño para los edificios de la clase de vulnerabilidad C de la escala de EMS-98.					
Grado de daño	Clase de vulnerabilidad C (EMS-98)				
	VI	VII	VIII	IX	X
Nulo (0)	0,6571	0,4429	0,2	0,0714	0
Ligero (1)	0,2714	0,3857	0,38	0,2571	0,0771
Moderado (2)	0,0423	0,1429	0,2714	0,3457	0,2228
Grave (3)	0,0114	0,0286	0,1	0,2229	0,3457
Destrucción (4)	0	0	0,0143	0,0829	0,2657
Colapso (5)	0	0	0	0	0,07428

Tabla 4.45 Matriz de probabilidad de daño para edificaciones de mampostería confinada.

Matrices de probabilidad de daño para los edificios de la clase de vulnerabilidad D de la escala de EMS-98.					
Grado de daño	Clase de vulnerabilidad D (EMS-98)				
	VI	VII	VIII	IX	X
Nulo (0)	0,7741	0,6857	0,4543	0,2143	0,08
Ligero (1)	0,2228	0,2857	0,3943	0,3943	0,2714
Moderado (2)	0,02	0,0543	0,1429	0,3	0,3571
Grave (3)	0	0	0,0229	0,1	0,2257
Destrucción (4)	0	0	0	0,02857	0,0714
Colapso (5)	0	0	0	0	0

Los valores resaltados en las anteriores tablas representan el porcentaje más probable en el cual ocurriría un determinado *grado de daño* para diferentes intensidades, esto se observa mejor en las siguientes tablas que exhiben cualitativamente su valor.

Figura 4.46. Rango de porcentajes manejados por EMS-98

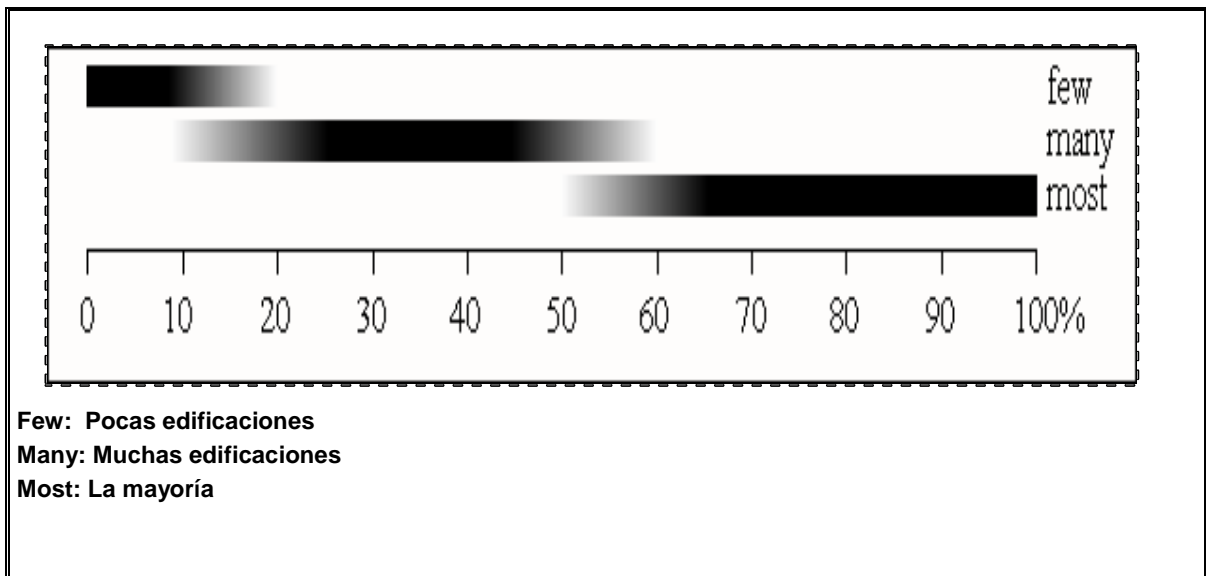


Tabla 4.46 Matriz representativa para edificaciones de mampostería no reforzada.

Matrices de probabilidad de daño para los edificios de la clase de vulnerabilidad B de la escala de EMS-98.					
Grado de daño	Clase de vulnerabilidad B (EMS-98)				
	VI	VII	VIII	IX	X
Nulo (0)					
Ligero (1)	<i>Many</i>				
Moderado (2)	<i>Few</i>	<i>Many</i>			
Grave (3)		<i>Few</i>	<i>Many</i>		
Destrucción (4)			<i>Few</i>	<i>Many</i>	
Colapso (5)				<i>Few</i>	<i>Many</i>

Tabla 4.47 Matriz representativa para edificaciones de mampostería no reforzada con forjados en hormigón.

Matrices de probabilidad de daño para los edificios de la clase de vulnerabilidad C de la escala de EMS-98.					
Grado de daño	Clase de vulnerabilidad C (EMS-98)				
	VI	VII	VIII	IX	X
Nulo (0)					
Ligero (1)	<i>Few</i>				
Moderado (2)		<i>Few</i>	<i>Many</i>		
Grave (3)			<i>Few</i>	<i>Many</i>	
Destrucción (4)				<i>Few</i>	<i>Many</i>
Colapso (5)					<i>Few</i>

Tabla 4.48 Matriz representativa para edificaciones de mampostería confinada.

Matrices de probabilidad de daño para los edificios de la clase de vulnerabilidad D de la escala de EMS-98.					
Grado de daño	Clase de vulnerabilidad D (EMS-98)				
	VI	VII	VIII	IX	X
Nulo (0)					
Ligero (1)		<i>Few</i>			
Moderado (2)			<i>Few</i>	<i>Many</i>	
Grave (3)				<i>Few</i>	<i>Many</i>
Destrucción (4)					<i>Few</i>
Colapso (5)					

4.8 MÉTODO DE LA ATC-13 (1985). Applied Technology Council, ATC (El consejo de Tecnología Aplicada)

Éste consejo elaboró el informe o instrucción técnica ***Earthquake damage evaluation data for California o ATC-13 (ATC-13, 1985)***, para la evaluación de daños previsible por terremotos en California. Este informe obvia la clasificación de los edificios en clases de vulnerabilidad y analiza directamente hasta 91 tipos de edificios, estructuras e infraestructuras como puentes, presas, túneles, torres, etc. Los tipos de construcciones analizados corresponden a una clasificación de los edificios de la zona de la Bahía de San Francisco, formado por cinco grupos basados en la estructura principal del inmueble: madera, metálica, acero, hormigón

y mixta; con diversas subdivisiones en función del número de plantas y diseño sismo resistente. Basándose en la experiencia y opinión de expertos y en función de los materiales empleados en la construcción, el sistema estructural o resistente a sismos, la altura de la edificación y el nivel de diseño sísmico que está directamente relacionado con la ductilidad de la estructura, establece para cada clase de edificios una serie de curvas que relacionan la intensidad MMI con el factor de daño medio. El objetivo de éste recolección de datos, era plantear la probabilidad de daño en diferentes niveles de intensidad de movimientos del terreno, donde su relación más fuerte es la mantenida con la Escala de Intensidad de Mercalli Modificada para los grados comprendidos entre VI y XII, donde su estimación interpreta las bajas y altas estimaciones para definir los límites del 90% de probabilidad de daño. La tabla xx, reproduce la forma general de la MPD (Matriz de Probabilidad de Daño) para la instalación clasificada como tipo 9, correspondiente a una edificación baja de mampostería.

Figura 4.47 Grados ó estados de daño definidos en la escala de la MSK (ATC-13,1985). El valor central del factor de daño.

Grado ó Estado de daño	Rango del DF (%)	Valor central del DF	Clasificación	Descripción del grado ó estado de daño
Grado 1	0	0	Daño nulo <i>(None)</i>	No hay daños
Grado 2	0 - 1	0.5	Daño leve <i>(Slight)</i>	Fisuras finas en los revestimientos y enlucidos. Caída de pequeños trozos de yeso.
Grado 3	1 - 10	5	Daño ligero <i>(Light)</i>	Daños significativos localizados en algunos elementos que normalmente no necesitan reparación para mantener la operatividad.
Grado 4	10 - 30	20	Daño moderado <i>(Moderate)</i>	Pequeñas fisuras en las paredes, caída de grandes trozos de revestimientos, caída de tejas, pretilas, grietas en las chimeneas e incluso derrumbamiento parcial en las mismas.
Grado 5	30 - 60	45	Daño Severo <i>(Heavy)</i>	Grieta ancha y profunda en los muros, caída de chimeneas de fábrica ó de otros elementos externos.
Grado 6	60 - 99	80	Destrucción <i>(Destruction)</i>	Brechas en los muros resistentes. Partes del edificio pueden colapsar. Pérdida del enlace entre distintas partes de la construcción. Destrucción de tabiques y muros de cerramiento.
Grado 7	100	100	Colapso <i>(Total damage)</i>	Ruina completa de la construcción.

A diferencia de las demás metodologías el ATC-13, presenta una matriz única para edificaciones en mampostería general de niveles bajos, es decir para cada grado de daño e intensidad se presenta el mismo valor de probabilidad de daño para las 43 casas en estudio.

Tabla 4.49 Matriz de probabilidad de daño, ATC-13.

Intensidad de Mercalli Modificada (Modified Mercalli Intensity)							
Factor de daño central	Clase de Estructura N° 9 (Structure Class N° 9). Probabilidad de daño en porcentaje para c/MMI y estado de daño						
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0.00	2.7	***	***	***	***	***	***
0.50	65.8	10.0	1.0	***	***	***	***
5.00	31.5	89.7	88.0	34.5	3.5	***	***
20.00	***	0.3	11.0	63.4	76.2	17.5	3.7
45.00	***	***	***	2.1	20.3	74.5	68.3
80.00	***	***	***	***	***	8.0	28.0
100.00	***	***	***	***	***	***	***

5. VALIDACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS PROPUESTOS PARA EL ESTUDIO DE LA VULNERABILIDAD Y LA PROBABILIDAD DE DAÑO SÍSMICO EN LAS VIVIENDAS PROPUESTAS

5.1 CONVERSACIÓN Y CURVAS DE LAS ESCALAS DE INTENSIDAD Vs ACELERACIÓN PICO EFECTIVA

Antes de realizar una comparación entre metodologías es necesario hablar en un mismo “idioma”, es decir hallar el índice de daño ya sea para intensidad o para aceleración pico efectiva. Varios investigadores proponen fórmulas para relacionar estos dos aspectos esenciales en el cálculo del porcentaje de índice de daño, las fórmulas son las siguientes:

$A_{a1}(I) = 10^{0,014+0,31I} \text{ cm/s}^2$ **Trifunac and Brady 1975**

$A_{a2}(I) = 10^{-0,16+0,36I} \text{ cm/s}^2$ **Ambraseys 1974**

$A_{a3}(I) = 10^{-0,9+0,43I} \text{ cm/s}^2$ **Hersheberger 1956**

$A_{a4}(I) = 10^{-0,5+0,33I} \text{ cm/s}^2$ **Gutenberg and Richter**

$A_{a5}(I) = 10^{0,25+0,25I} \text{ cm/s}^2$ **Murphy and O’Brien 1977**

Tabla 4.50 Aceleraciones en función de las intensidades en cm/s^2

Intensidad	Aa₁(I)(cm/s²)	Aa₂(I)(cm/s²)	Aa₃(I)(cm/s²)	Aa₄(I)(cm/s²)	Aa₅(I)(cm/s²)
5	32,659	43,652	17,783	14,125	31,623
6	65,163	100,000	47,863	30,200	56,234
7	130,017	229,087	128,825	64,565	100,000
8	259,418	524,807	346,737	138,038	177,828
9	517,607	1202,264	933,254	295,121	316,228
10	1032,761	2754,229	2511,886	630,957	562,341

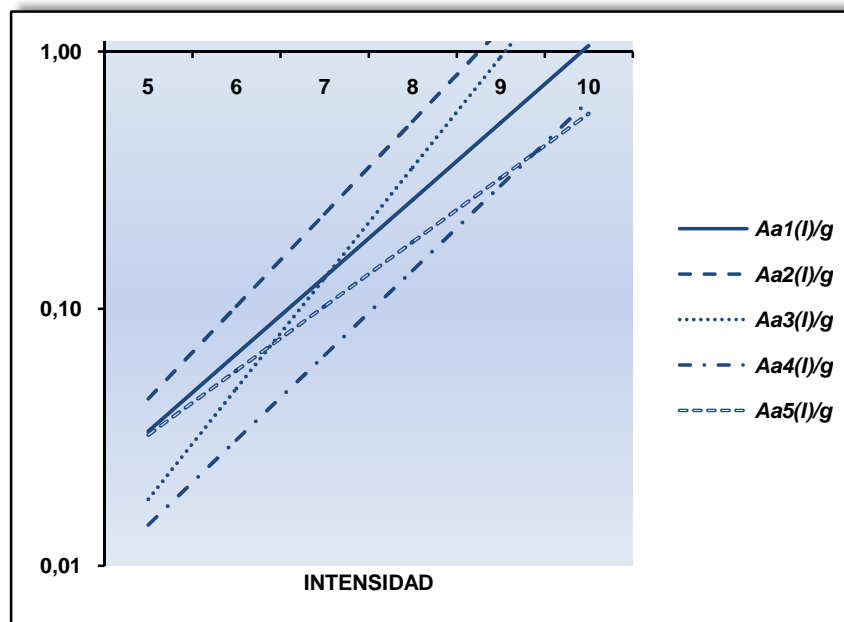
Tabla 4.51 Aceleraciones en función de las intensidades en m/s^2

Intensidad	$Aa_1(I)(m/s^2)$	$Aa_2(I)(m/s^2)$	$Aa_3(I)(m/s^2)$	$Aa_4(I)(m/s^2)$	$Aa_5(I)(m/s^2)$
5	0,327	0,437	0,178	0,141	0,316
6	0,652	1,000	0,479	0,302	0,562
7	1,300	2,291	1,288	0,646	1,000
8	2,594	5,248	3,467	1,380	1,778
9	5,176	12,023	9,333	2,951	3,162
10	10,328	27,542	25,119	6,310	5,623

Tabla 4.52 Promedio de las aceleraciones.

Intensidad	Aa_1	Aa_2	Aa_3	Aa_4	Aa_5	$Aa_{PROMEDIO}$
5	0,033	0,045	0,018	0,014	0,032	0,029
6	0,066	0,102	0,049	0,031	0,057	0,061
7	0,133	0,234	0,131	0,066	0,102	0,133
8	0,265	0,536	0,354	0,141	0,181	0,295
9	0,528	1,227	0,952	0,301	0,323	0,666
10	1,054	2,810	2,563	0,644	0,574	1,529

Figura 4.48 Intensidad vs. Aceleración Pico Efectiva.



5.2 VALIDACIÓN A TRAVÉS DE LAS CURVAS PROPUESTAS POR LA METODOLOGÍA DEL GRUPO INME Y LOS DEMÁS MÉTODOS

Este procedimiento pretende además de una comparación entre metodologías, realizar una apreciación y comprobación de resultados obtenidos a través de la evaluación de parámetros cualitativos y cuantitativos correspondientes a cada uno de los métodos desarrollados en este estudio. Los aspectos representativos tenidos en cuenta para establecer dicha relación de acuerdo con los valores obtenidos son:

1. Con relación al índice de vulnerabilidad sísmica se propuso un lenguaje de calificación global, es decir cada método tiene una calificación para indicar la vulnerabilidad y la susceptibilidad de daño de una edificación ante la acción de un sismo, de tal manera que su evaluación consiste en la apreciación de cada método y la forma de cómo expresar este resultado. Entre las metodologías propuestas solo 5 estiman el índice de vulnerabilidad y de estos 5 dos evalúan cualitativamente la vulnerabilidad sísmica.

En condiciones específicas como ***Vulnerabilidad Sísmica Baja, Vulnerabilidad Sísmica Media y Vulnerabilidad Sísmica Alta***, bajo estos calificativos se plantea la relación entre valores indicados por los métodos, precisamente para compensar la variabilidad de los mismos para determinada tipología estructural dentro de la individualidad de las metodologías estudiadas.

Generalmente los métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica proponen rangos de valores que permitan clasificar, de acuerdo a la tipología estructural de la edificación cuales son muy y menos vulnerables. A continuación se presenta una tabla que permitirá clasificar el resultado del índice de vulnerabilidad obtenido por cada método.

Tabla 4.53 Rangos de comparación para el índice de vulnerabilidad sísmica.

EVALUADORES CUALITATIVOS	RANGOS				
	GRUPO INME	GNDT	LM1	AIS	EMS-98
	IV FORMULARIO IV PARÁ.DADOS IV MANUAL/.				
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA BAJO	0 - 3	0 - 0,33	0 - 0,33	Baja	Clase D
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA MEDIO	3 - 7	0,33 - 0,7	0,33 - 0,7	Media	Clase B y C
ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA ALTO	7 - 10	0,7 - 1	0,7 - 1	Alta	Clase A

2. El índice de daño evaluado por los diferentes métodos, está en función del índice de vulnerabilidad y de la misma forma con la tipología estructural de la edificación. Las conexiones entre método y método están constituidas fundamentalmente por el grado ó estado de daño y la probabilidad de ocurrencia del mismo. Dicha comparación es un poco compleja, debido a que existen métodos que expresan la probabilidad ó porcentaje de daño en función de intensidades y en función de la aceleración pico efectiva. Por tal razón fue necesario indagar sobre funciones que involucraran estas dos variables, la intensidad de amenaza sísmica y la aceleración pico efectiva. Realizando aproximaciones con la ayuda del análisis desarrollado anteriormente se puede decir que:

Para una intensidad de 5 → $A_a = 0,05$

Para una intensidad de 6 → $A_a = 0,10$

Para una intensidad de 7 → $A_a = 0,15$

Para una intensidad de 8 $\rightarrow A_a = 0,20$

Determinadas las aceleraciones correspondientes a cada intensidad se procede a comparar los grados de daño de cada método, lo que significa que daño (en porcentaje) maneja dentro de sí mismo, con esto ya se observa si los resultados obtenidos son similares entre las metodologías que trabajan e investigan el índice de año.

Tabla 4.54 Rangos de comparación para el grado ó estado de daño sísmico.

Grado ó Estado de Daño	CLASIFICACIÓN / ÍNDICE DAÑO CENTRAL (%)			
	INME	GNDT	ATC-13	EMS-98
GRADO 1	Sin daño / 0	A / 0	Daño nulo / 0	Daño Nulo. Grado (0)
GRADO 2	Muy pequeño / 0,5		Daño leve / 0,5	Daño de insignificante a ligero. Grado (1)
GRADO 3	Ligero / 5	B / 10	Daño ligero / 5	Daño moderado. Grado (2)
GRADO 4	Moderado / 20	C / 25	Daño moderado / 20	
GRADO 5	Alto / 45	D / 50	Daño severo / 45	Daño de considerable a ligero-Grave. Grado (3)
GRADO 6	Severo / 70	E / 75	Destrucción / 80	Daño muy severo-Destrucción. Grado (4)
GRADO 7	Colapso / 90	F / 100	Colapso / 100	Colapso. Grado (5)

Resultados y análisis:

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA: Cuando se plantearon las diferentes tipologías estructurales, uno de las cuales se esperaba índices de vulnerabilidad

bajos es la mampostería confinada, pero también estaba claro la variabilidad de resultados, ya que cada método aporta funciones de vulnerabilidad sísmica que presentan una investigación, amarrada en muchas ocasiones al lugar de estudio, de tal manera que a los métodos que no se pudieron modificar como el de EMS-98 y el ATC-13 adaptados a ciudades europeas y al estado de California, solo se les tuvo en cuenta para comparar comportamiento de las mismas tipologías estructurales construidas en otros países. Por tal razón no se puede entrar a cuestionar otros métodos ya que sus estudios difieren uno de otro por la forma de evaluar, el lugar de aplicación y la asignación del respectivo calificativo. De las 43 casas estudiadas siete (7) fueron construidas en *mampostería confinada*, cuyo índice de vulnerabilidad varían según la calificación propuesta entre índice de vulnerabilidad sísmica bajo y medio, la respuesta a esta diferencia radica en las desigualdades de interpretación, verificación, puntuación, subjetividad, y experiencia de los evaluadores. Sí se observa los aspectos desarrollados por las metodologías (ver anexos) se entiende aún mejor dicha diferencia, además la relación y semejanza que pueden presentar tanto en sus parámetros cualitativos como en los parámetros cuantitativos. Las siguientes tablas son reflejo de lo que realmente se esperaba como resultado del índice de vulnerabilidad sísmica donde el método del Grupo INME y LM1 son más críticos porque involucran entre sus parámetros la calidad del sistema resistente, las condiciones topográficas y por ende los de niveles en su cimentación, aspectos que son “estrictos jueces” en la evaluación del entorno de cada vivienda.

Antes recordamos la forma de evaluación de cada método:

Grupo INME → Índice de vulnerabilidad → $I_v \dots (0 \text{ a } 1)$

GNDT → Índice de vulnerabilidad → $I_v \dots (0 \text{ a } 1)$

LM1 → Índice de vulnerabilidad → $I_v \dots (0, 14 \text{ a } 1, 2)$

LM1 → Paredes de mampostería → $I_v \dots (0, 46 \text{ a } 1, 2)$

LM1 → Forjados de losa de hormigón → $I_v \dots (0, 3 \text{ a } 0, 86)$

LM1 → Paredes de mampostería confinada → $I_v \dots (0, 14 \text{ a } 0, 7)$

AIS → Índice de vulnerabilidad → I_v ... *Bajo, Medio y Alto*

EMS – 98 → Índice de vulnerabilidad

→ I_v ... *A, B, C, D, E, F, Clases de vulnerabilidad*

Tabla 4.55 Índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería confinada.

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA I_v PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA CONFINADA							
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME			GNDT	LM1	AIS	EMS-98
	I_v FORMULARIO	I_v PARÁ.DADOS	I_v MANUALMENTE				
1.1	4,9	4,96	4,45	0,1993	0,311	Baja	D
1.2	5,75	5,87	5,18	0,2124	0,586	Media	C
1.3	4,67	4,83	4,27	0,2386	0,391	Baja	D
1.4	6,17	5,33	4,64	0,2516	0,381	Baja	D
1.5	5,75	4,83	4,27	0,2386	0,321	Baja	D
1.6	5,91	5,09	4,36	0,2255	0,331	Baja	D
1.7	5,81	6,24	5,18	0,3562	0,381	Baja	D

Tabla 4.56 Comparación del índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería confinada.

COMPARACIÓN MEDIANTE RANGOS ESTABLECIDOS ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA I_v PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA CONFINADA							
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME			GNDT	LM1	AIS	EMS-98
	I_v FORMULARIO	I_v PARÁ.DADOS	I_v MANUALMENTE				
1.1	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Bajo	Baja	Iv.Bajo
1.2	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Media	Iv.Medio
1.3	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Baja	Iv.Bajo
1.4	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Baja	Iv.Bajo
1.5	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Bajo	Baja	Iv.Bajo
1.6	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Baja	Iv.Bajo
1.7	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Baja	Iv.Bajo

Tabla 4.57 Índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería parcialmente confinada.

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA I_v PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE CONFINADA							
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME			GNDT	LM1	AIS	EMS-98
	I_v FORMULARIO	I_v PARÁ.DADOS	I_v MANUALMENTE				
2.1	8,82	9,04	8,00	0,6307	0,9760	Media	C
2.2	8,82	8,8	7,82	0,5523	0,9760	Media	C
2.3	8,82	8,8	7,82	0,5523	0,9760	Media	C
2.4	9,02	9,04	8,00	0,6307	0,9760	Media	C
2.5	8,82	9,04	8,00	0,6307	0,9760	Media	C
2.6	8,4	8,42	7,27	0,5261	0,8760	Alta	C
2.7	8,62	8,42	7,27	0,5261	0,8760	Alta	C
2.8	8,4	8,42	7,27	0,5261	0,8760	Alta	C
2.9	8,4	8,42	7,27	0,5261	0,8760	Alta	C
2.10	8,62	8,42	7,27	0,5261	0,8760	Alta	C
2.11	7,2	7,06	5,82	0,4379	0,8660	Media	C
2.12	7,2	6,67	5,55	0,3595	0,8660	Media	C
2.13	7,2	6,67	5,55	0,3595	0,8660	Media	C
2.14	7,5	7,71	6,82	0,4608	0,9060	Media	C
2.15	7,29	7,71	6,82	0,4608	0,9060	Media	C
2.16	7,25	6,76	5,73	0,2549	0,6760	Media	C
2.17	6,58	6,3	4,91	0,2190	0,9960	Media	C
2.18	6,58	6,64	5,36	0,2386	0,9960	Media	C
2.19	6,81	6,64	5,36	0,2386	0,9960	Media	C

Tabla 4.58 Comparación del índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería parcialmente confinada.

COMPARACIÓN MEDIANTE RANGOS ESTABLECIDOS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA I_v PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE CONFINADA							
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME			GNDT	LM1	AIS	EMS-98
	I_v FORMULARIO	I_v PARÁ.DADOS	I_v MANUALMENTE				
2.1	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
2.2	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
2.3	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
2.4	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
2.5	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio

CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME			GNDT	LM1	AIS	EMS-98
	Iv FORMULARIO	Iv PARÁ.DADOS	Iv MANUALMENTE				
2.6	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Alto	Alta	Iv.Medio
2.7	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Alto	Alta	Iv.Medio
2.8	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Alto	Alta	Iv.Medio
2.9	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Alto	Alta	Iv.Medio
2.10	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Alto	Alta	Iv.Medio
2.11	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
2.12	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
2.13	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
2.14	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
2.15	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
2.16	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Media	Iv.Medio
2.17	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
2.18	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
2.19	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Alto	Media	Iv.Medio

Tabla 4.59 Índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería no reforzada.

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA Iv PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA NO CONFINADA/NO REFORZADA							
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME			GNDT	LM1	AIS	EMS-98
	Iv FORMULARIO	Iv PARÁ.DADOS	Iv MANUALMENTE				
3.1	6,54	6,91	6,27	0,2778	0,8360	Media	C
3.2	7,59	7,27	5,91	0,3431	0,7660	Media	C
3.3	6,28	6,37	5,45	0,1732	0,6860	Media	C
3.4	7,96	7,51	6,73	0,3562	0,7060	Media	C
3.5	6,31	6,54	5,91	0,2451	0,9460	Media	B
3.6	5,14	4,67	4,18	0,0948	0,4960	Baja	C
3.7	5,31	5,54	4,73	0,2386	0,4960	Baja	C
3.8	5,12	5,32	4,64	0,2516	0,4960	Baja	C
3.9	5,22	5,95	5,27	0,3170	0,4960	Baja	C
3.10	5,84	5,95	5,27	0,3170	0,5760	Baja	C
3.11	4,85	4,93	4,09	0,1078	0,4960	Baja	C
3.12	6,4	6,73	5,91	0,3562	0,5960	Media	C
3.13	7,08	6,42	5,36	0,2255	0,6460	Media	C
3.14	7,08	6,61	5,73	0,2778	0,6460	Media	C

CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME			GNDT	LM1	AIS	EMS-98
	I _v FORMULARIO	I _v PARÁ.DADOS	I _v MANUALMENTE				
3.15	6,25	6,25	5,27	0,1569	0,7960	Media	B
3.16	6,25	6,25	5,27	0,1569	0,7960	Media	B
3.17	6,25	6,25	5,27	0,1569	0,7960	Media	B

Tabla 4.60 Comparación del índice de vulnerabilidad de los diferentes métodos para la mampostería no reforzada.

COMPARACIÓN MEDIANTE RANGOS ESTABLECIDOS DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD SÍSMICA I _v PARA EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA NO CONFINADA/NO REFORZADA							
CÓDIGO DE LA VIVIENDA	GRUPO INME			GNDT	LM1	AIS	EMS-98
	I _v FORMULARIO	I _v PARÁ.DADOS	I _v MANUALMENTE				
3.1	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
3.2	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
3.3	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Media	Iv.Medio
3.4	Iv.Alto	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
3.5	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
3.6	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Baja	Iv.Medio
3.7	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Baja	Iv.Medio
3.8	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Baja	Iv.Medio
3.9	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Baja	Iv.Medio
3.10	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Baja	Iv.Medio
3.11	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Baja	Iv.Medio
3.12	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Media	Iv.Medio
3.13	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Media	Iv.Medio
3.14	Iv.Alto	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Medio	Media	Iv.Medio
3.15	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
3.16	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Alto	Media	Iv.Medio
3.17	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Medio	Iv.Bajo	Iv.Alto	Media	Iv.Medio

Las celdas resaltadas en color rojo representan edificaciones en mampostería no reforzada con forjados de losas de hormigón.

En cuanto al índice de daño los rangos que se presentaron, indican que cada método es muy amplio al momento de asignar grados de daño a cada intensidad. Esto interpreta que dichos grados son los correspondientes a los más altos

porcentajes de daño sísmico evaluado por cada una de las metodologías anteriormente expuestas, las tablas presentadas a continuación muestran los grados que manejan los métodos para determinada intensidad, según la tabla 4.44.

Tabla 4.61 Cuadro comparativo del índice de daño de los diferentes métodos para la mampostería confinada.

METODOLOGÍAS	GRADOS Ó ESTADOS DE DAÑO			
	VI	VII	VIII	IX
INME	<i>Grado(3)</i> <i>Grado(5)</i>	<i>Grado(4)</i> <i>Grado(6)</i>	<i>Grado(5)</i> <i>Grado(7)</i>	<i>Grado(6)</i> <i>Grado(7)</i>
GNDT	<i>Grado(1)</i> <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(1)</i> <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(1)</i> <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(1)</i> <i>Grado(5)</i>
EMS-98	<i>Grado(0)</i> <i>Grado(1)</i>	<i>Grado(1)</i> <i>Grado(2)</i>	<i>Grado(2)</i> <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(2)</i> <i>Grado(4)</i>
ATC-13	<i>Grado(1)</i> <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(2)</i> <i>Grado(4)</i>	<i>Grado(2)</i> <i>Grado(4)</i>	<i>Grado(4)</i> <i>Grado(5)</i>

Tabla 4.62 Cuadro comparativo del índice de daño de los diferentes métodos para la mampostería parcialmente confinada.

METODOLOGÍAS	GRADOS Ó ESTADOS DE DAÑO			
	VI	VII	VIII	IX
INME	<i>Grado(3)</i> <i>Grado(6)</i>	<i>Grado(4)</i> <i>Grado(7)</i>	<i>Grado(5)</i> <i>Grado(7)</i>	<i>Grado(6)</i> <i>Grado(7)</i>
GNDT	<i>Grado(1)</i> <i>Grado(4)</i>	<i>Grado(1)</i> <i>Grado(5)</i>	<i>Grado(1)</i> <i>Grado(6)</i>	<i>Grado(1)</i> <i>Grado(7)</i>
EMS-98	<i>Grado(1)</i>	<i>Grado(2)</i>	<i>Grado(2)</i> <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(3)</i> <i>Grado(4)</i>
ATC-13	<i>Grado(1)</i> <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(2)</i> <i>Grado(4)</i>	<i>Grado(2)</i> <i>Grado(4)</i>	<i>Grado(4)</i> <i>Grado(5)</i>

Tabla 4.63 Cuadro comparativo del índice de daño de los diferentes métodos para la mampostería no reforzada.

METODOLOGÍAS	GRADOS Ó ESTADOS DE DAÑO			
	VI	VII	VIII	IX
INME	<i>Grado(3)</i> - <i>Grado(5)</i>	<i>Grado(4)</i> - <i>Grado(6)</i>	<i>Grado(5)</i> - <i>Grado(7)</i>	<i>Grado(6)</i> - <i>Grado(7)</i>
GNDT	<i>Grado(1)</i> - <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(1)</i> - <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(1)</i> - <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(1)</i> - <i>Grado(5)</i>
EMS-98	<i>Grado(1)</i> - <i>Grado(2)</i>	<i>Grado(2)</i> - <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(2)</i> - <i>Grado(4)</i>	<i>Grado(3)</i> - <i>Grado(4)</i>
ATC-13	<i>Grado(1)</i> - <i>Grado(3)</i>	<i>Grado(2)</i> - <i>Grado(4)</i>	<i>Grado(2)</i> - <i>Grado(4)</i>	<i>Grado(4)</i> - <i>Grado(5)</i>

CONCLUSIONES

METODOLOGÍAS → Cuando se realizó la selección de las muestras representativas para cada tipología, las viviendas no eran el prototipo “ideal” utilizado por las funciones de vulnerabilidad sísmica propuestas, ya que son viviendas que fueron construidas por un sistema de auto construcción y muchas de ellas no cumplen con los requisitos mínimos planteados por la Norma Sismo Resistente Colombiana, 1998. En la profundización de cada metodología se observó que:

1. La calificación fue asignada de acuerdo a la tipología estructural, es decir desde una casa en piedra o tapia, hasta estructuras aporticadas con diseños sísmo resistentes altos.
2. La opinión consultada a varios expertos constituye fundamentalmente la predicción del comportamiento de la estructura de acuerdo a su ubicación, de tal manera que la topografía de su entorno fue un factor primordial en la asignación de valores para el índice de vulnerabilidad sísmica.
3. El análisis estructural realizado se basa en el cálculo de resistencias, configuraciones (planta y elevación), requisitos mínimos sobre la distribución de muros estructurales (caso excepcional de las casas en mampostería no reforzada), topografía (porcentaje de inclinación del terreno), estado de conservación y calidad de los materiales de la estructura, (resistencias actuales de cada elemento).
4. Su aplicación es característica de cada país, es decir los reglamentos de cada país fueron la conexión más cercana para determinar la respuesta de sus edificaciones ante la eventualidad de un sismo, cabe aclarar que a pesar que varios de ellos no los evalúan directamente, estos análisis están implícitos en cada método.

Las ventajas de las metodologías concluidas seguidamente corresponden a los resultados obtenidos en la evaluación de parámetro por parámetro de las funciones de vulnerabilidad sísmica propuesta.

- **LM1** → A pesar que este método asigna directamente un índice de vulnerabilidad sísmica de acuerdo a la tipología estructural propia de ciudades europeas; clasifica dentro de los resultados más creíbles ya que permite mediante un modificador aumentar o disminuir dicho índice, dependiendo de ello, las características de las edificaciones, y dentro de esas características (14 parámetros evaluados) utilizando criterios establecidos por las normas regionales.
- **AIS** → Es un método por llamarlo de alguna manera “**didáctico**” porque su estudio está fundado directamente sobre las reglamentaciones, propias de Colombia, cuyos parámetros cuantitativos adicionan la evaluación de la longitud de muros mínima en cada dirección, que para nuestro caso, representa problemas, una de las falencias particulares sobre todo en las casas ubicadas en el sector de Morrórico.
- **EMS-98** → No tiene en cuenta el estado actual de la edificación, aspecto que lo hace solo aplicable a ciudades europeas y como parámetro de comparación en otros países.
- **INME-GNDT** → Estos métodos plantean un análisis profundo y crítico al momento de evaluar realmente el estado de cada uno de los elementos, en comparación con las demás metodologías que brindan solo un estudio cualitativo que en ocasiones no es aplicable a edificaciones colombianas.

VALIDACION → El principal objetivo de este proyecto se cumple a cabalidad, ya que la comparación realizada de las funciones de vulnerabilidad sísmica propuestas por el grupo **INME** con los diferentes métodos, no resultó ajena en relación a resultados obtenidos. Vale aclarar que la aplicación de dichas funciones representa realmente el comportamiento de las edificaciones en mampostería de la ciudad de Bucaramanga; por tal razón la selección de dichas estructuras, se basó en la escogencia de viviendas antiquísimas en relación a los reglamentos vigentes; y no las viviendas “**ideales**” como las que plantean los métodos ya mencionados. Además la existencia de índices de vulnerabilidad altos corresponde a que su evaluación está basada en un ajuste de curvas, donde en la realidad los valores

obtenidos son parecidos a los evaluados en el estudio que se llevó a cabo en la ciudad de Bucaramanga.

CONCLUSION FINAL Y RECOMENDACIÓN → La validación de las curvas del grupo **INME** y la prueba de escritorio realizada a la misma, difieren en ciertos porcentajes debido a:

1. Modificación realizada al modelo de Abrams para obtener resultados parecidos al modelo normal; por tal razón no se obtuvo igualdad de resultados ya que el modelo fue diseñado para edificaciones para mampostería no reforzada.
2. El modelo de Abrams “**castiga**” fuertemente a las edificaciones que no posee la suficiente cantidad de muros en cada una de las direcciones, ya que para su análisis el panel de mampostería es el elemento que además de su propio peso debe soportar cargas aferentes de la edificación y soportar toda la fuerza lateral actuante sin involucrar los elementos de confinamiento.
3. Como se puede observar en los planos arquitectónicos y estructurales y en la descripción general de las casas en estudio, posee elementos innecesarios para la estructura, enfatizando en la forma en cómo son vinculados y además la mayoría tienen un sistema de conservación mediocre. La mala disposición de las unidades de mampostería que tienen como consecuencia el posible deterioro por efectos naturales (sismos) provocando un colapso parcial ante una eventualidad considerable. Además se les atañe el mal diseño de su fundación, es decir la esbeltez la cimentación y los desniveles que presentan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica de viviendas de uno y dos pisos en mampostería.
- ALFONSO Eduar, PERCOVICH, Cristian. Trabajo de grado. Caracterización dinámica del sector de la Cumbre, Santana, El Carmen, Altos de Villabel y Zapamanga, 2006.
- ARDILA, Rey Andrés, MENDEZ, Alexander. Trabajo de grado. Caracterización dinámica de las edificaciones de la comuna nº 14 "Morrórico".
- BONETT DÍAZ, Ricardo León. Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 2003.
- DMI. Estudio técnico para la declaración del distrito de manejo integrado de los recursos naturales renovables. Bucaramanga.
- GARCÍA, Orfa, CASTELLANOS, Julián. Trabajo de grado. Caracterización dinámica de edificaciones de uno y dos pisos en una zona de Bucaramanga, 2003.
- G. GRÜNTAL, CONSEIL DE L EUROPE, Cahiers du Centre European de Geodynamique et de Seismologie, EUROPEAN MACROSEISMIC SCALE, 1998.
- GÓMEZ Iván, RODRÍGUEZ Eder. Generación de Funciones de Vulnerabilidad para edificaciones de mampostería no reforzada. Utilizando técnicas de simulación, Bucaramanga, 2006.

- MALDONADO Esperanza, CHÍO Gustavo. Visión estructural de las edificaciones de la ciudad de Bucaramanga. Ediciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2007.
- MORILLO CHAVEZ, Justina. Tesis doctoral. Evaluación de vulnerabilidad y el riesgo sísmico a escala regional: Aplicación a Cataluña. Universidad Politécnica de Cataluña, 1998.
- NSR-98. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente.
- Tesis, REHABILITACIÓN SÍSMICA DE MAMPOSTERÍA NO ESTRUCTURAL MEDIANTE LISTONES DE MADERA, Universidad Pontificia Javeriana.
- SAFINA MELONE, Salvador. Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico.

Internet:

- [HTTP//. www.atcouncil.org/pdf/ATC-13](http://www.atcouncil.org/pdf/ATC-13)

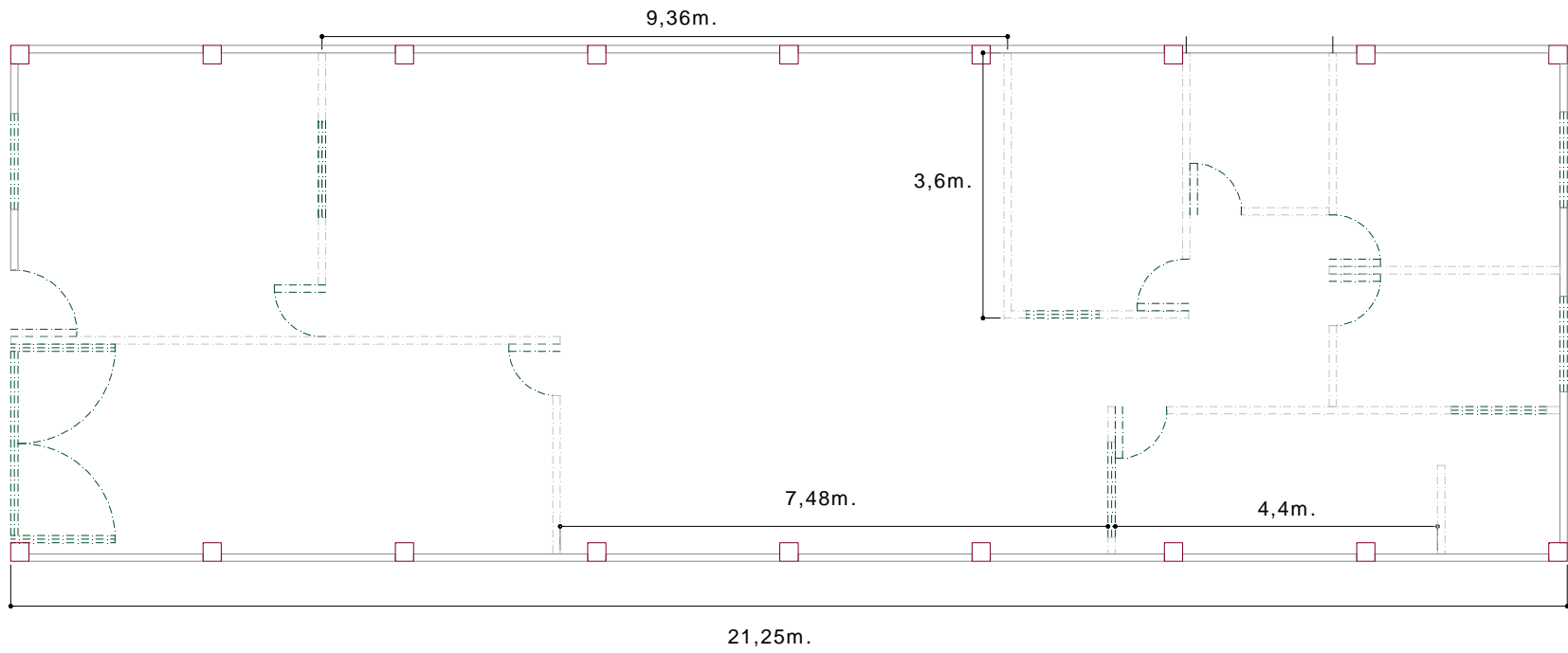
ANEXOS

ANEXO A.

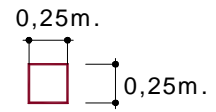
PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y ESTRUCTURALES

- 1. MAMPOSTERÍA CONFINADA**
- 2. MAMPOSTERÍA PARCIALMENTE CONFINADA**
- 3. MAMPOSTERÍA NO REFORZADA**

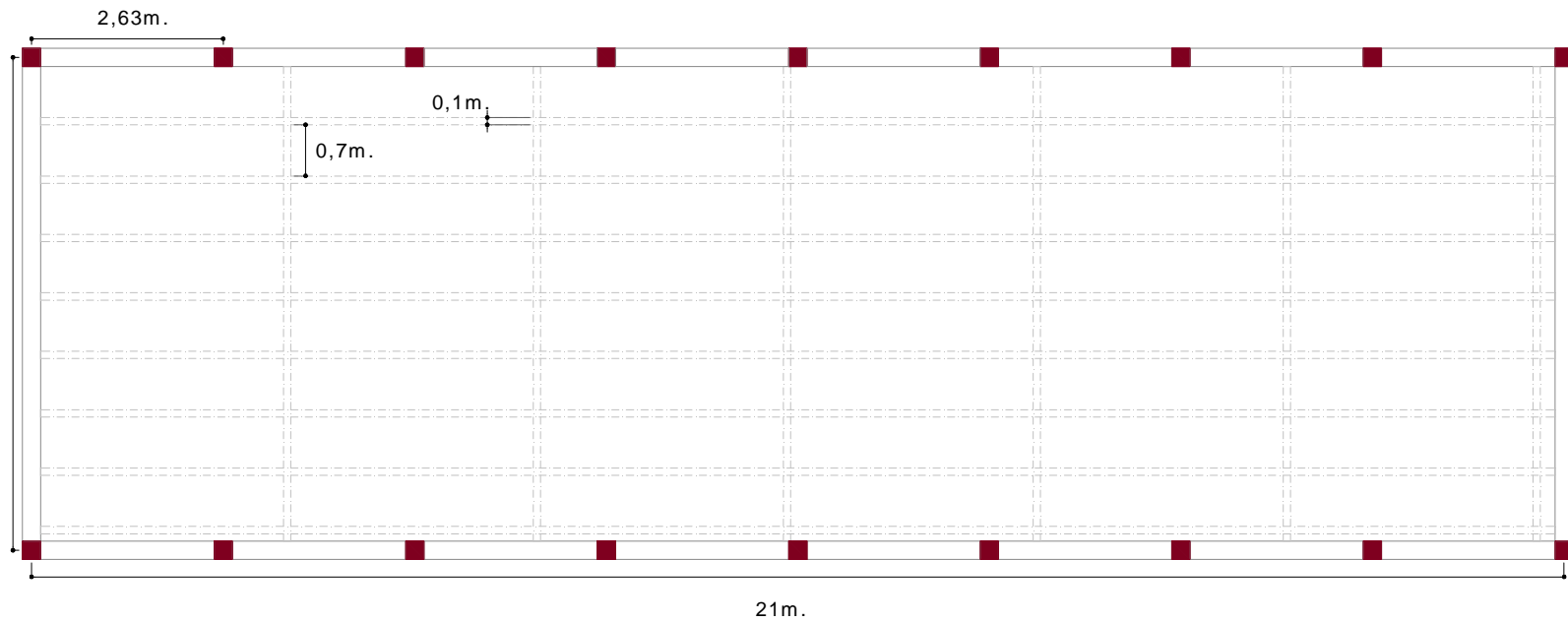
1.1 BARRIO SAN ALONSO. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS



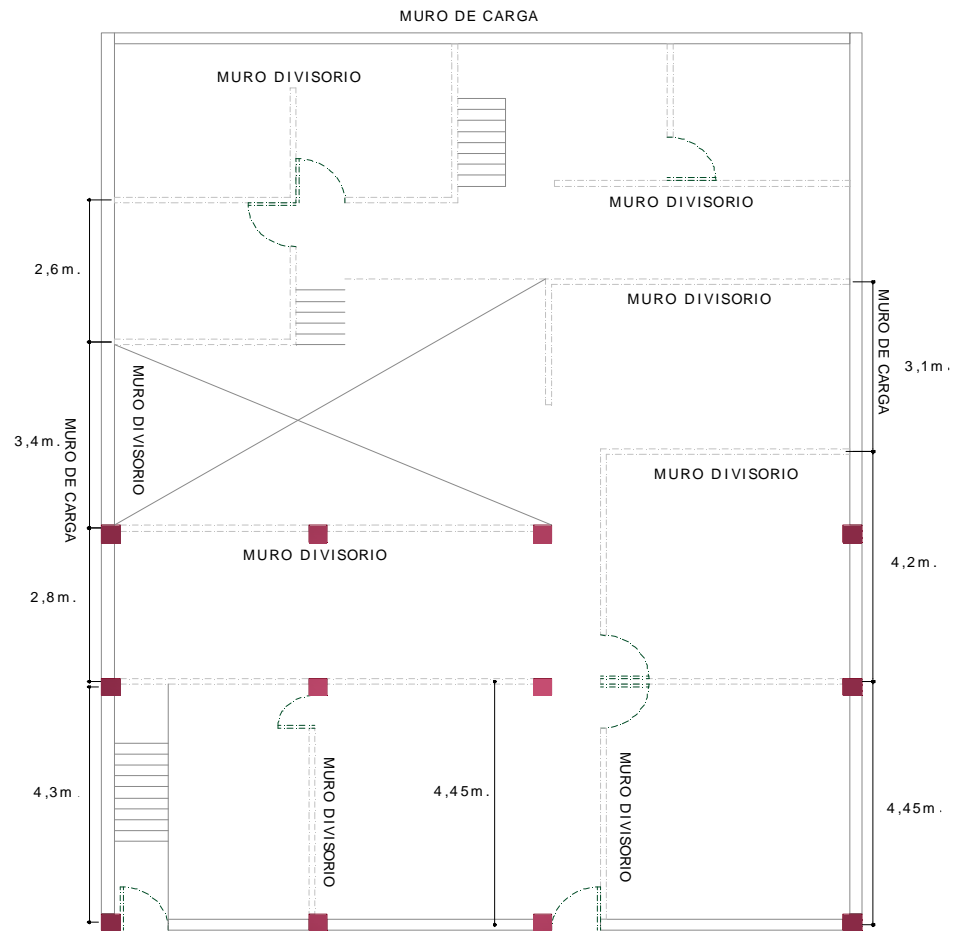
1.1 BARRIO SAN ALONSO. PLANTA ESTRUCTURAL



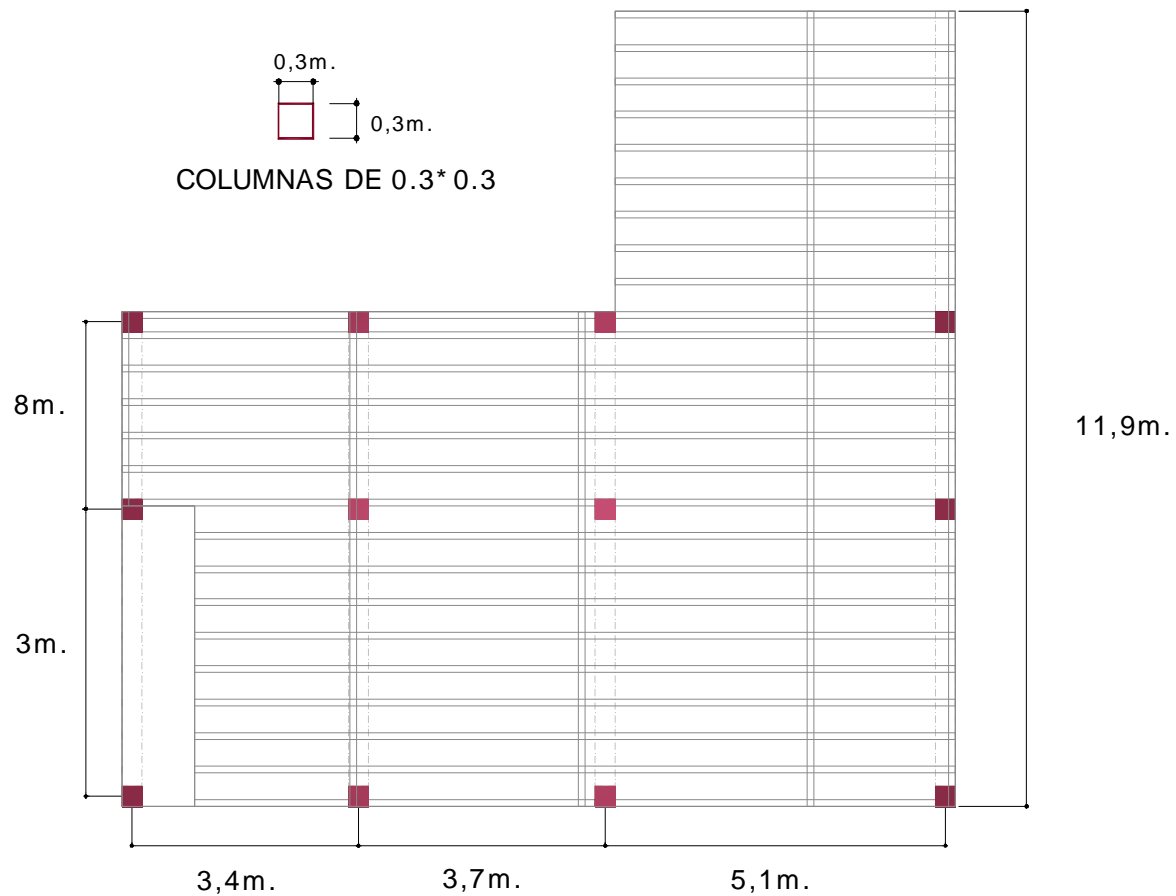
COLUMNAS DE 0.25* 0.25



1.2 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS



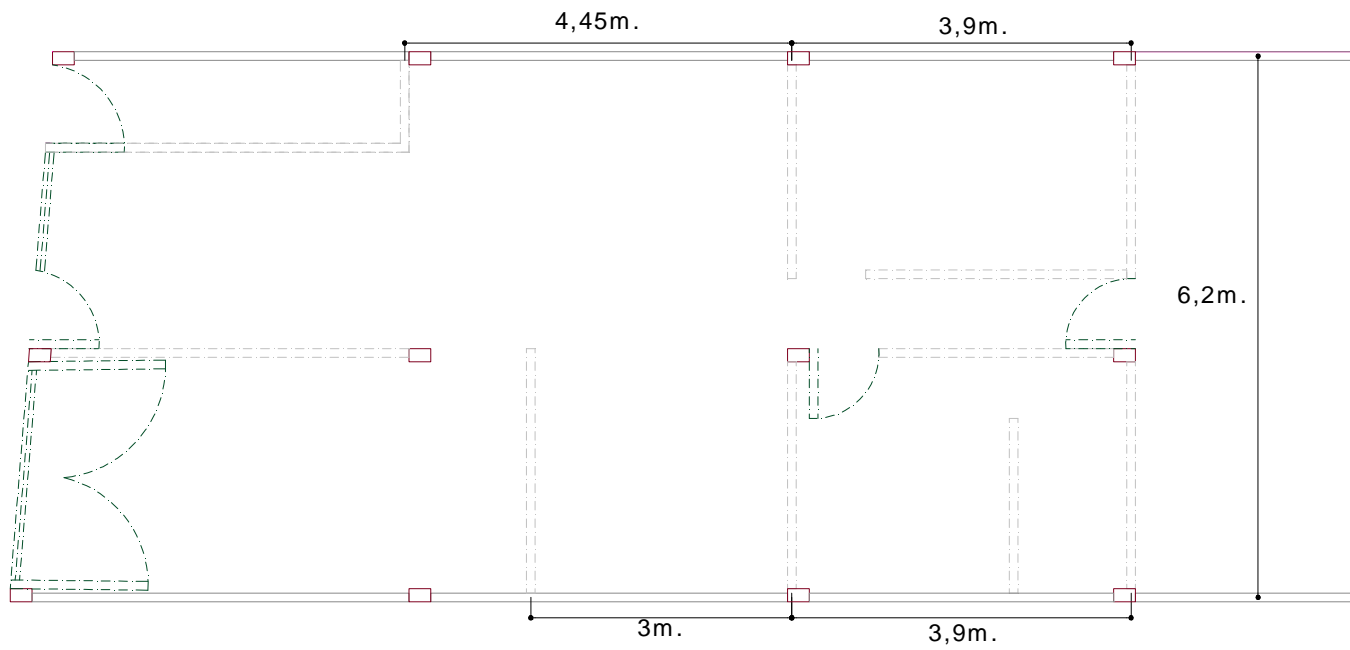
1.2 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA ESTRUCTURAL



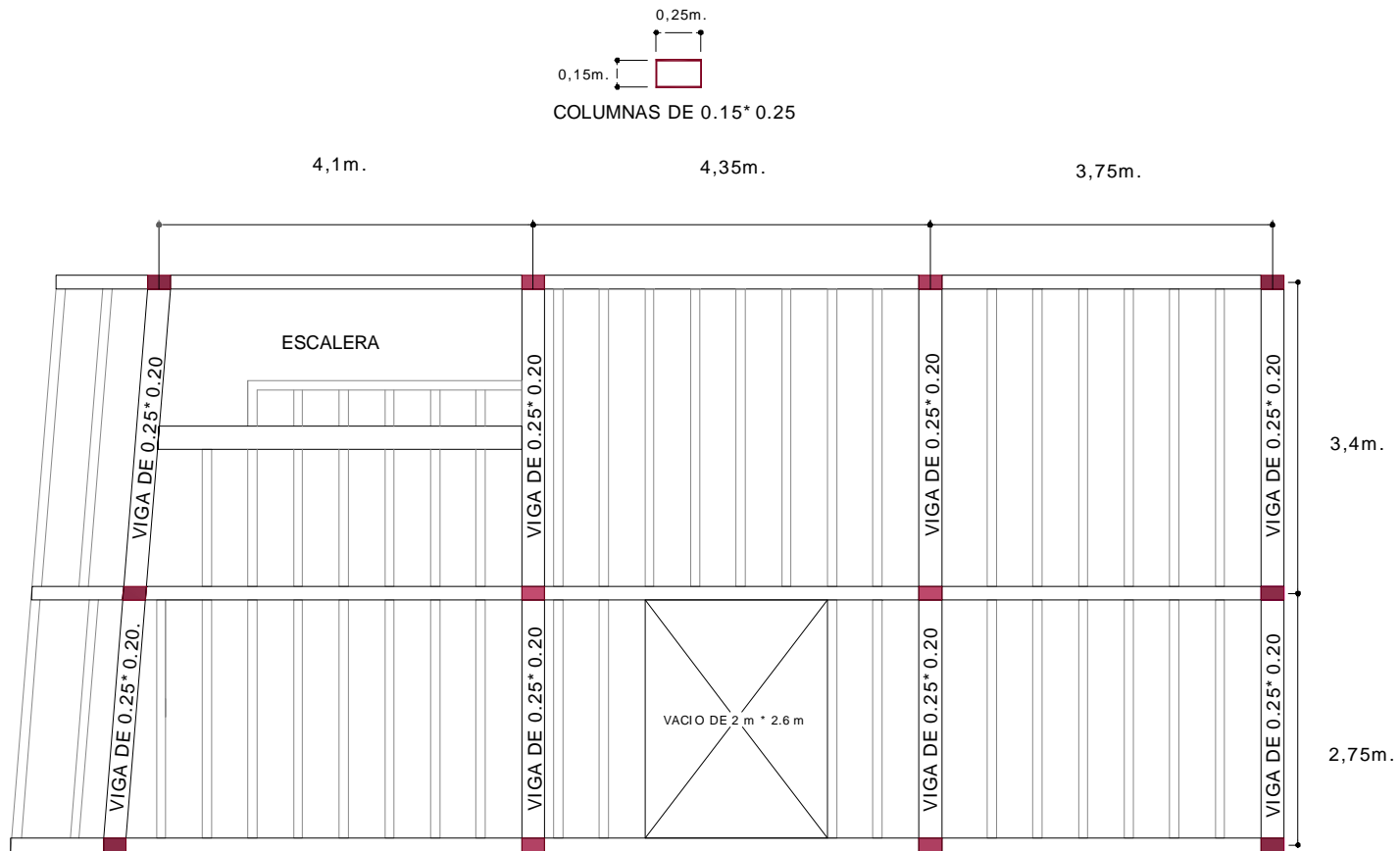
1.3 BARRIO LAS DELICIAS. ELEVACIÓN



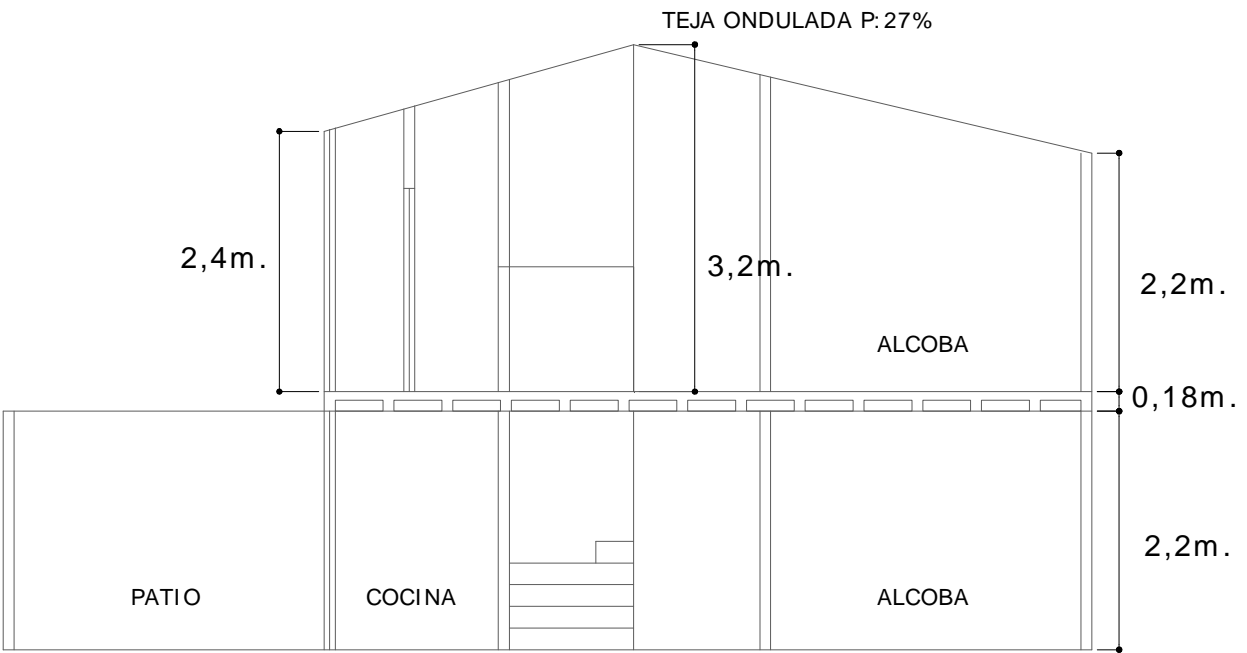
1.3 BARRIO LAS DELICIAS. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_PRIMER PISO



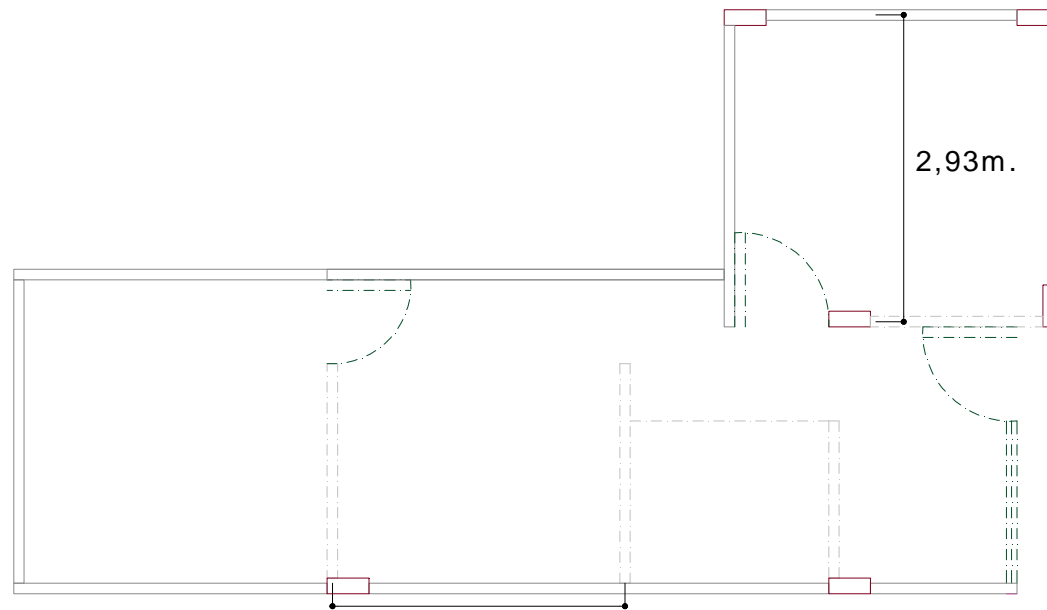
1.3 BARRIO LAS DELICIAS. PLANTA ESTRUCTURAL



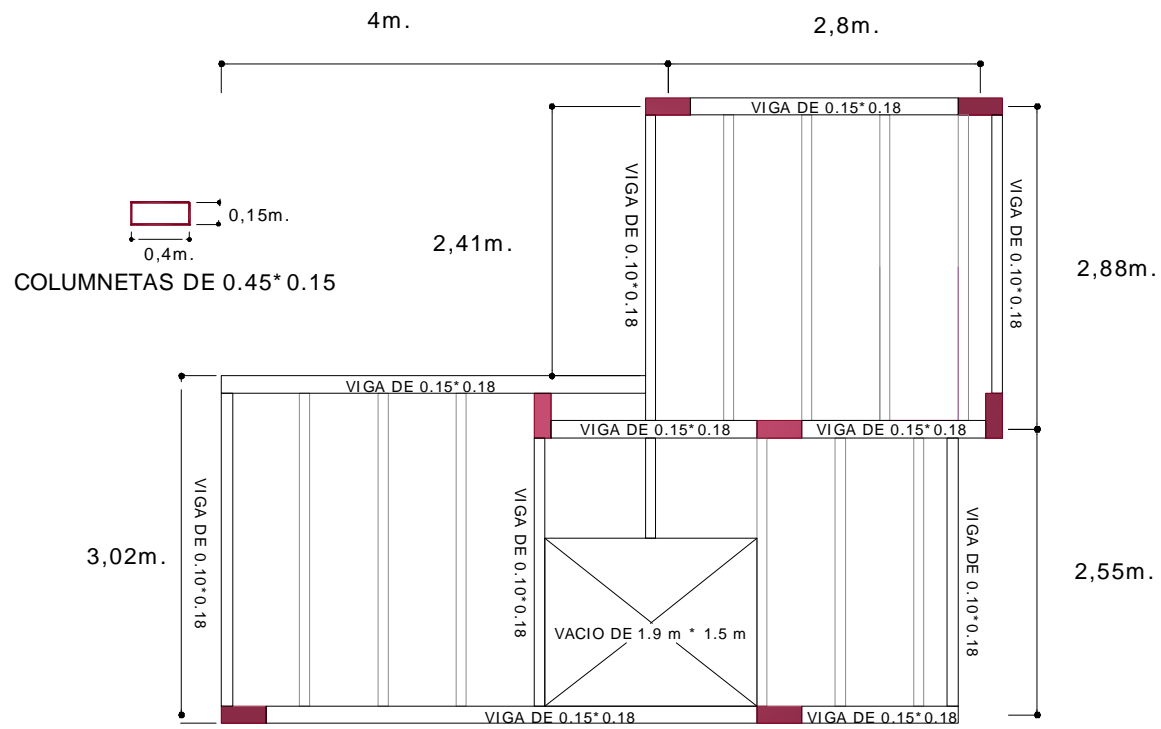
1.4 BARRIO BRISAS DE MALPASO. ELEVACIÓN



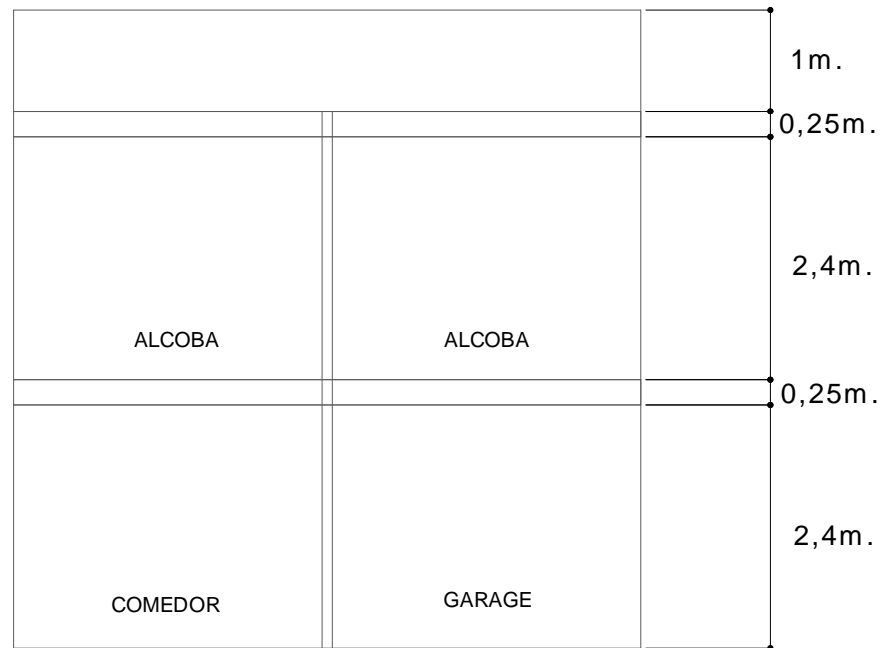
1.4 BARRIO BRISAS DE MALPASO. DISTRIBUCIÓN DE MUROS_PRIMER PISO



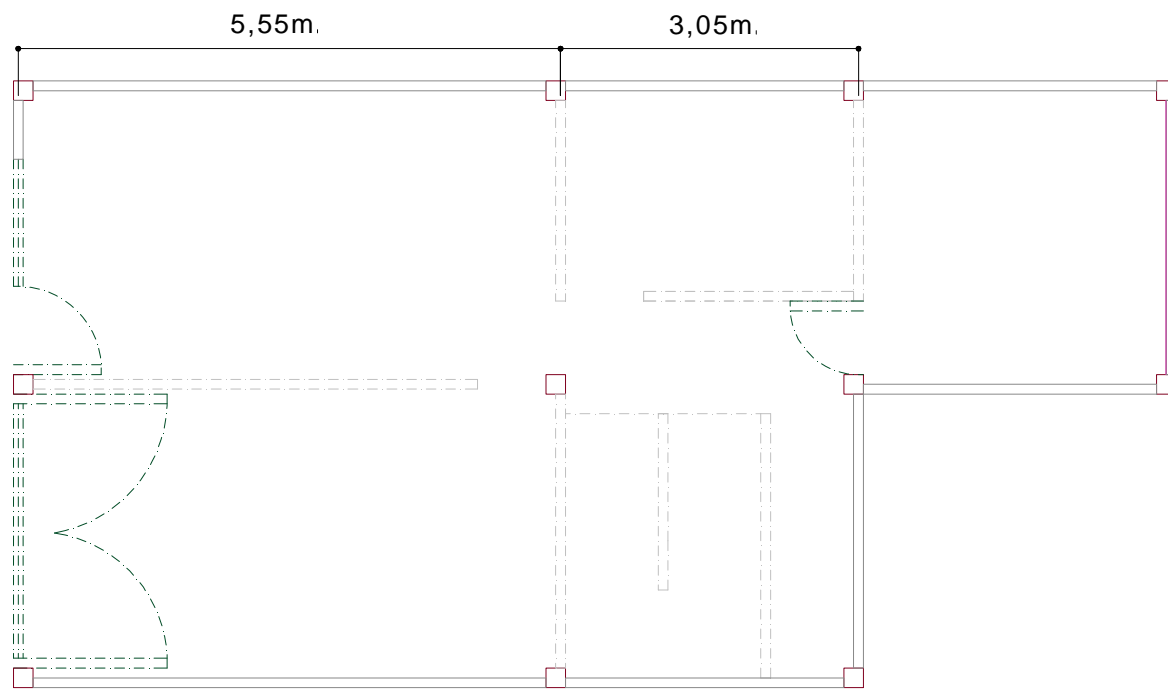
1.4 BARRIO BRISAS DE MALPASO. PLANTA ESTRUCTURAL



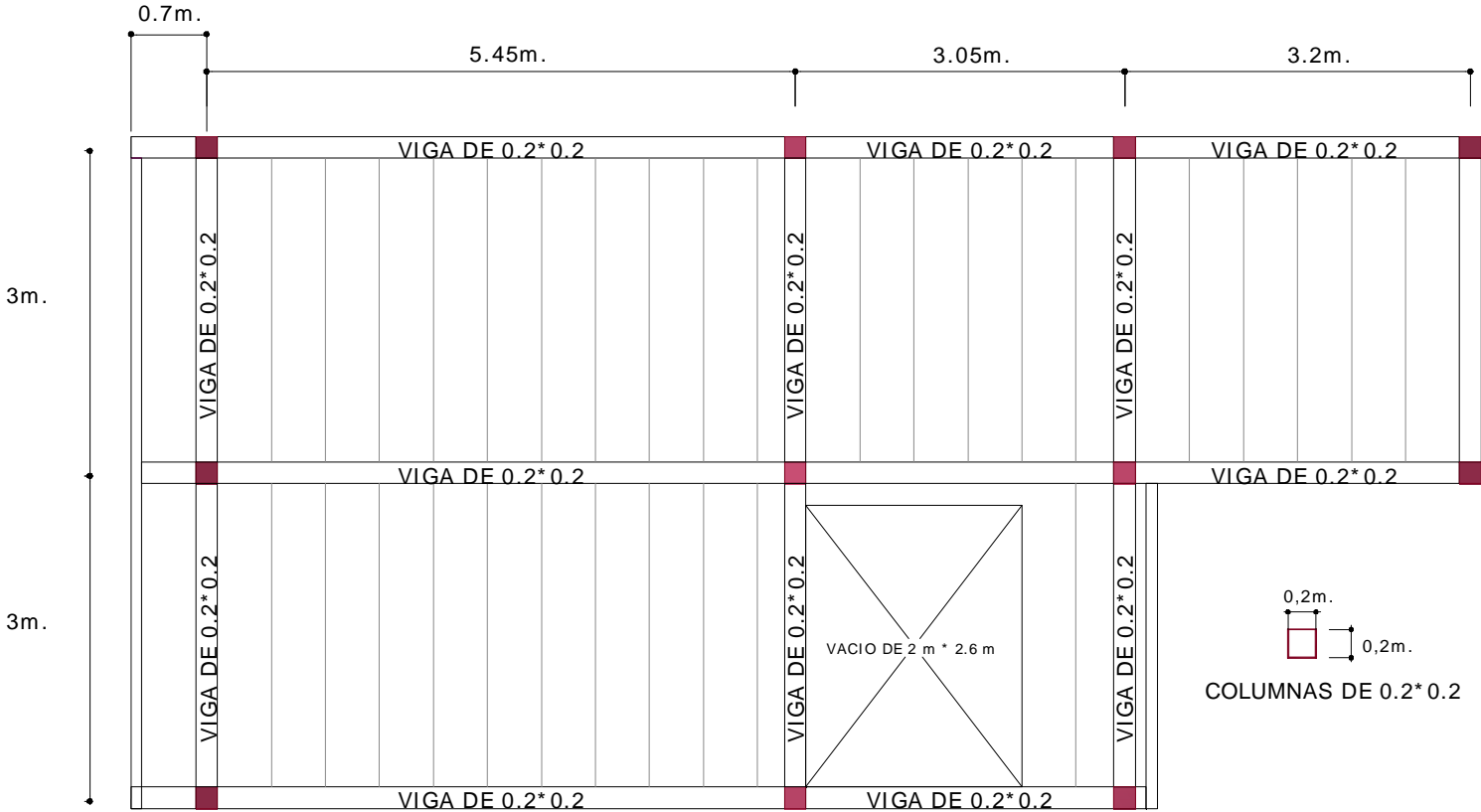
1.5 BARRIO COAVICONSA. ELEVACIÓN



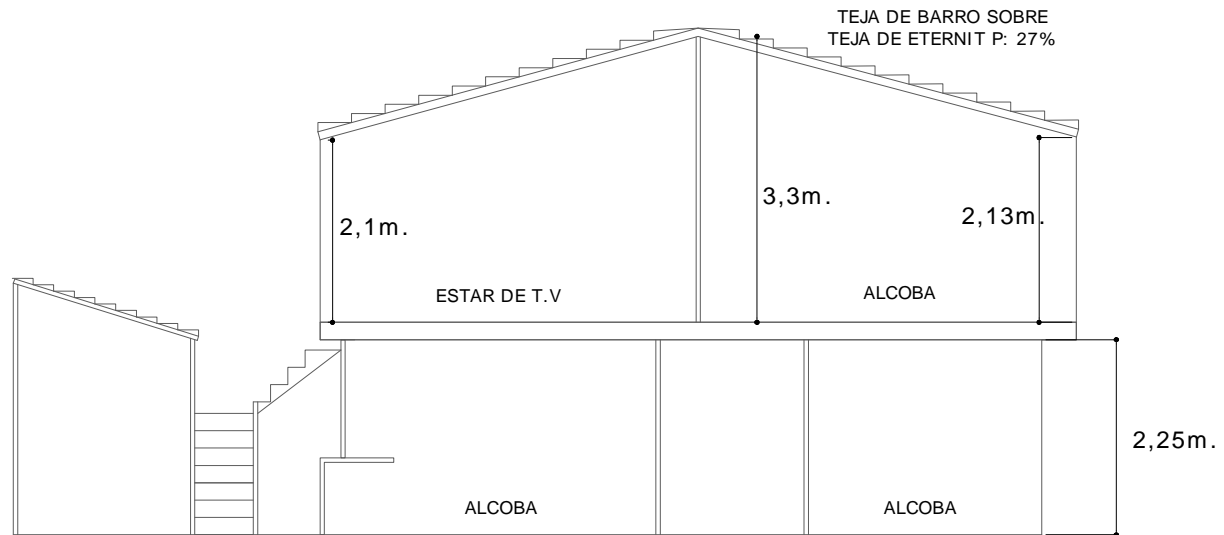
1.5 BARRIO COAVICONSA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_PRIMER PISO



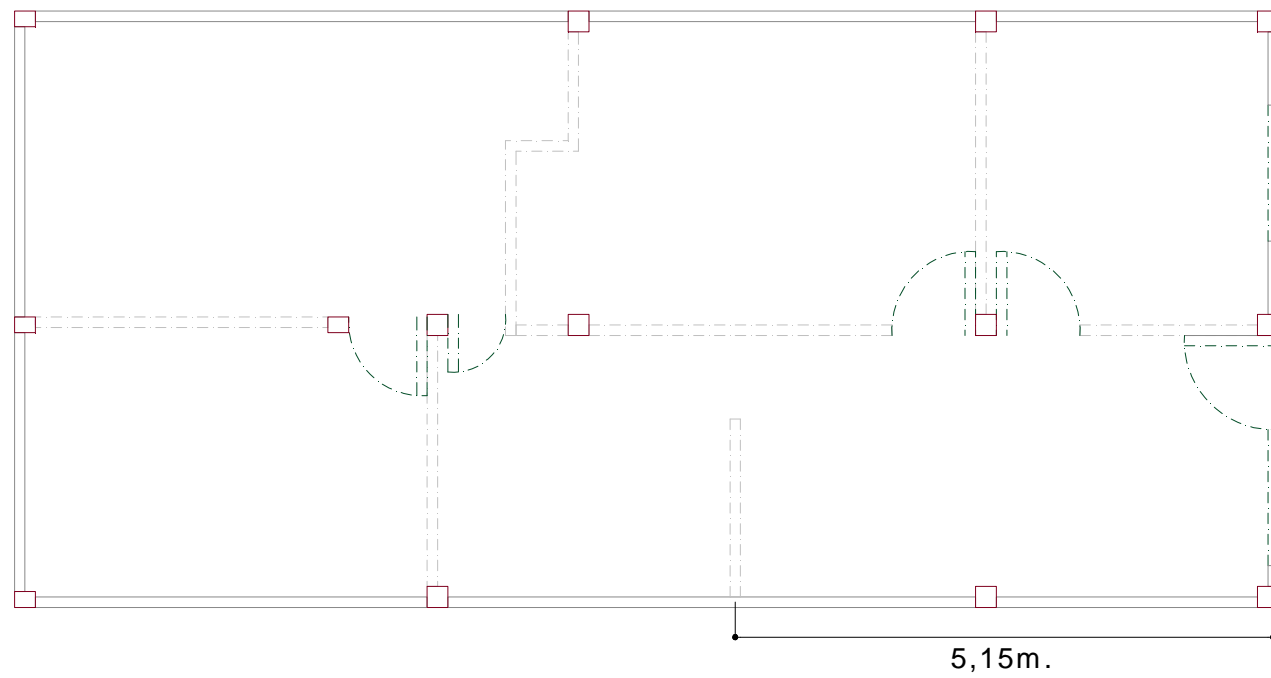
1.5 BARRIO COAVICONSA. PLANTA ESTRUCTURAL_SEGUNDO PISO



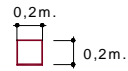
1.6 BARRIO EL PORVENIR. ELEVACIÓN



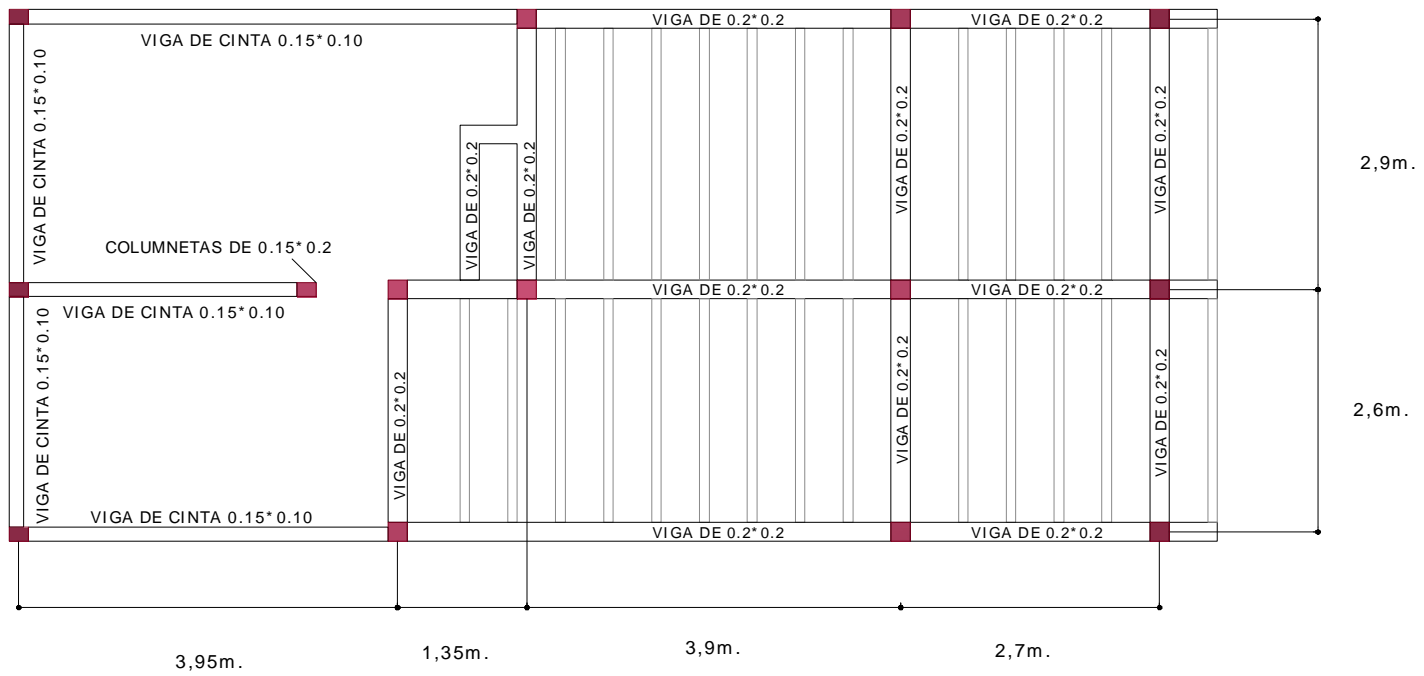
1.6 BARRIO EL PORVENIR. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_PRIMER PISO



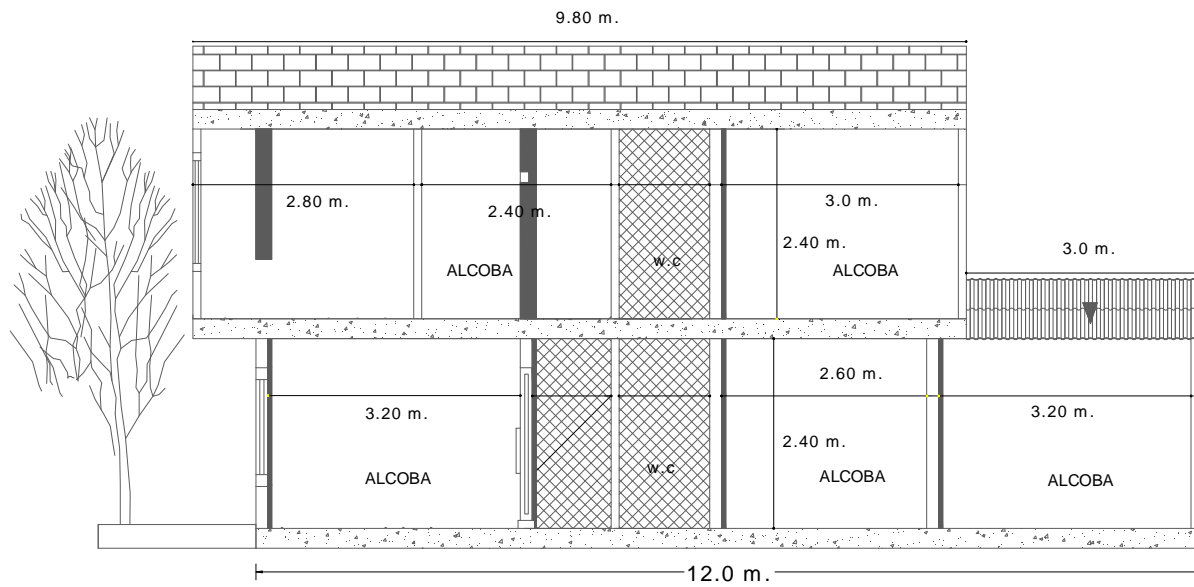
1.6 BARRIO EL PORVENIR. PLANTA ESTRUCTURAL



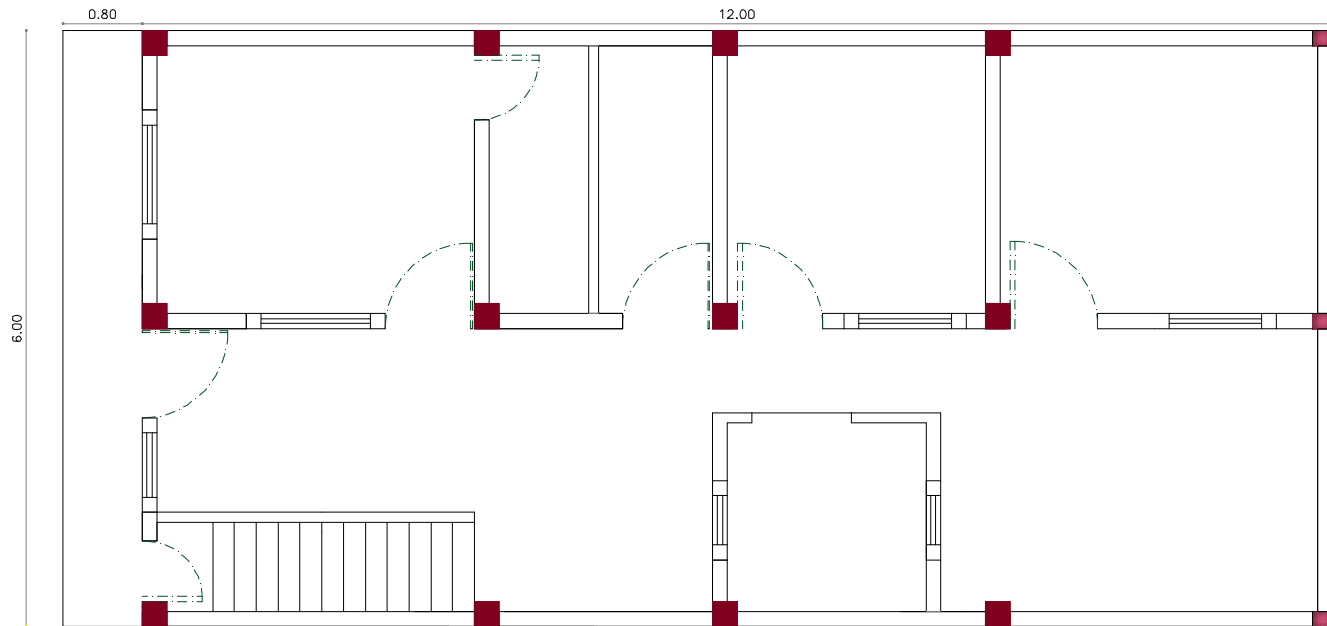
COLUMNAS DE 0.2*0.2




1.7 BARRIO LA CUMBRE. ELEVACIÓN

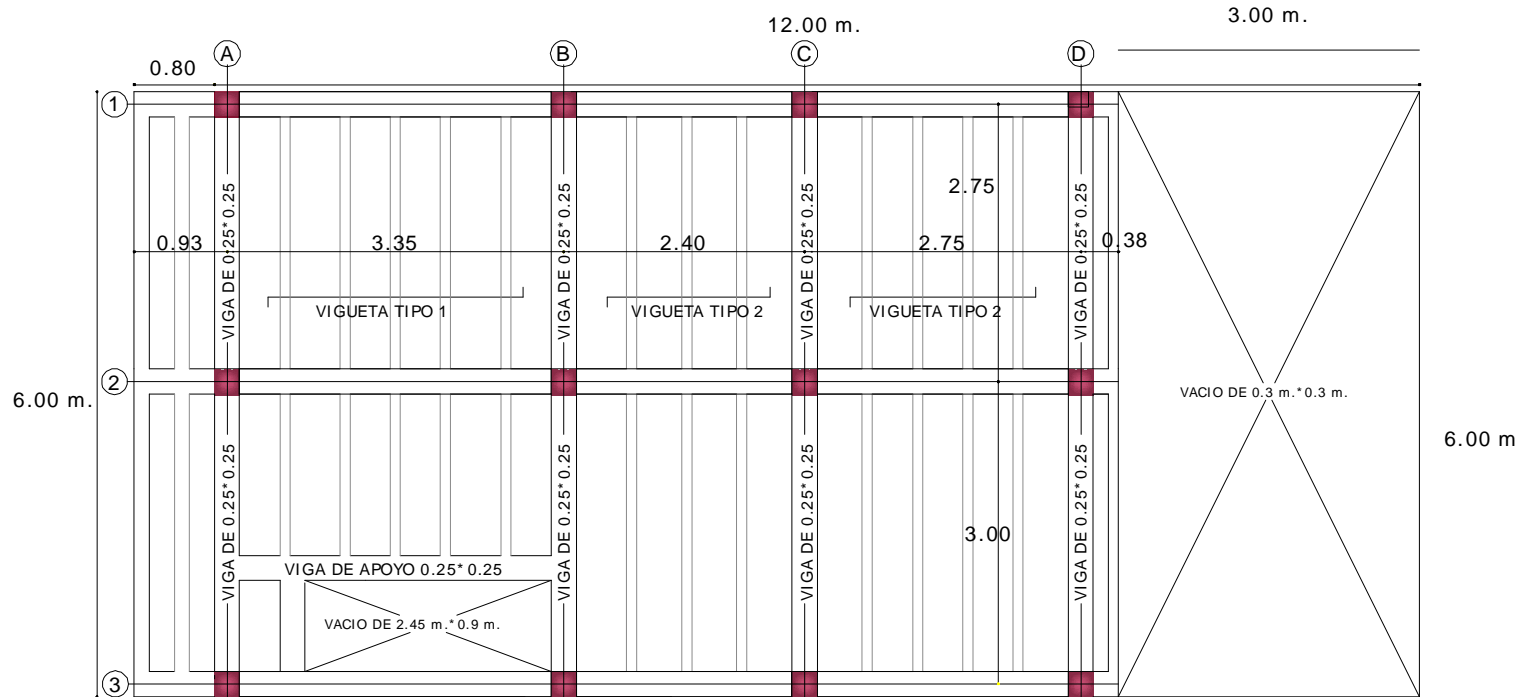


1.7 BARRIO LA CUMBRE. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_PRIMER PISO

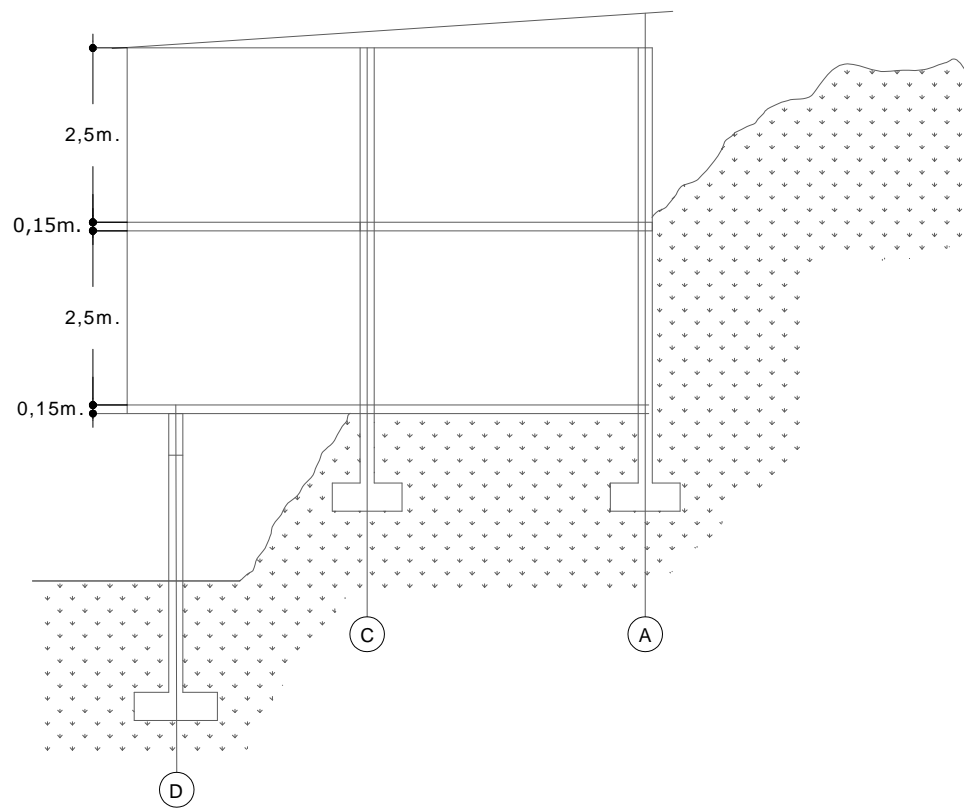


1.7 BARRIO LA CUMBRE. PLANTA ESTRUCTURAL

0,25m.

 0,25m.
 COLUMNAS DE 0.25*0.25



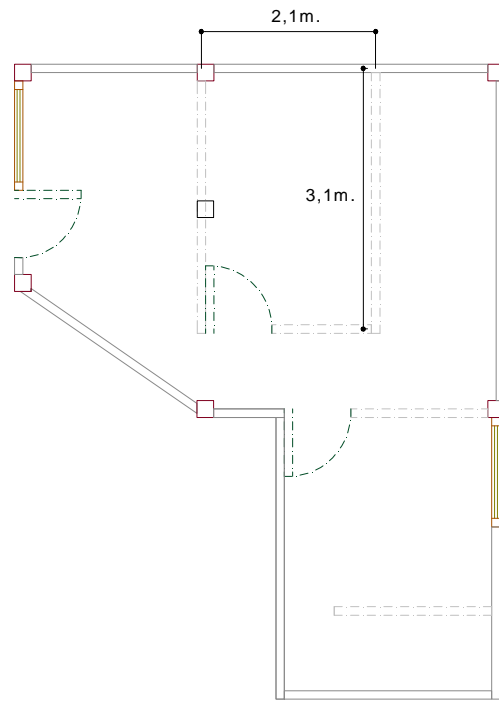
BARRIOS BUENOS AIRES, ALBANIA, MORRORICO Y MIRAFLOREZ. ELEVACIÓN



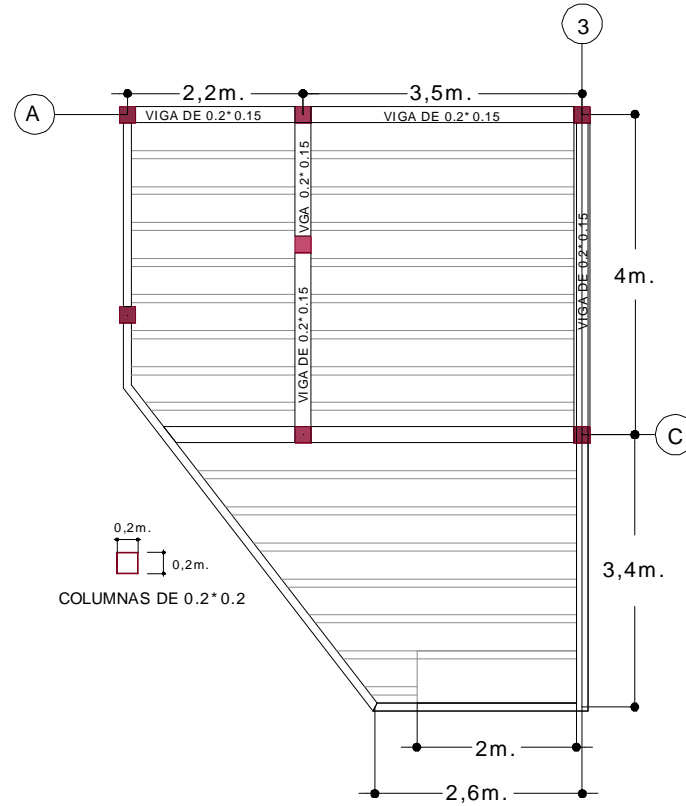
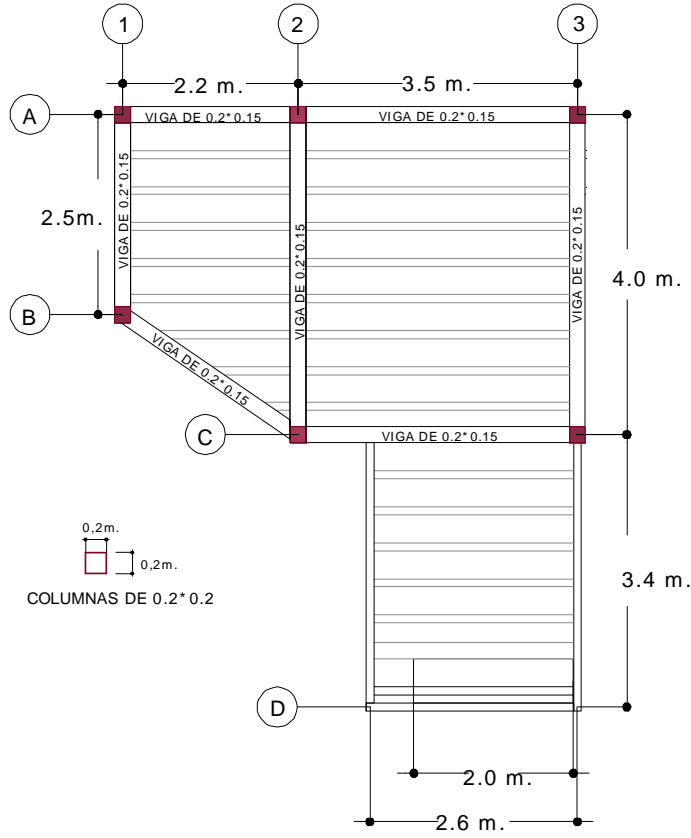
2.1 BARRIOS

BUENOS

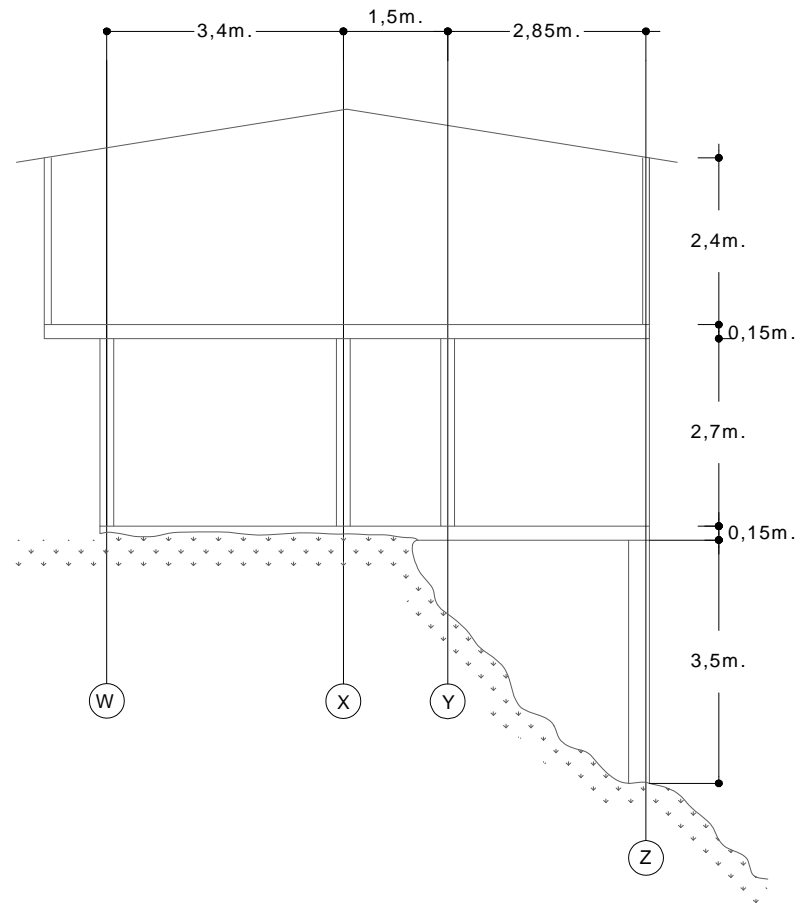
AIRES, ALBANIA, MORRORICO Y MIRAFLOREZ. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_PRIMER PISO



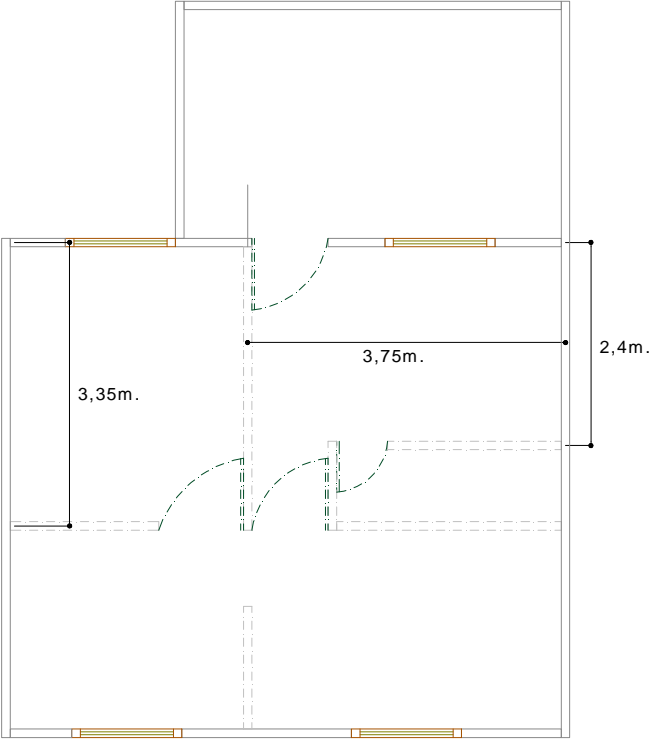
2.1 BARRIOS BUENOS AIRES, ALBANIA, MORRORICO Y MIRAFLOREZ. PLANTA ESTRUCTURAL



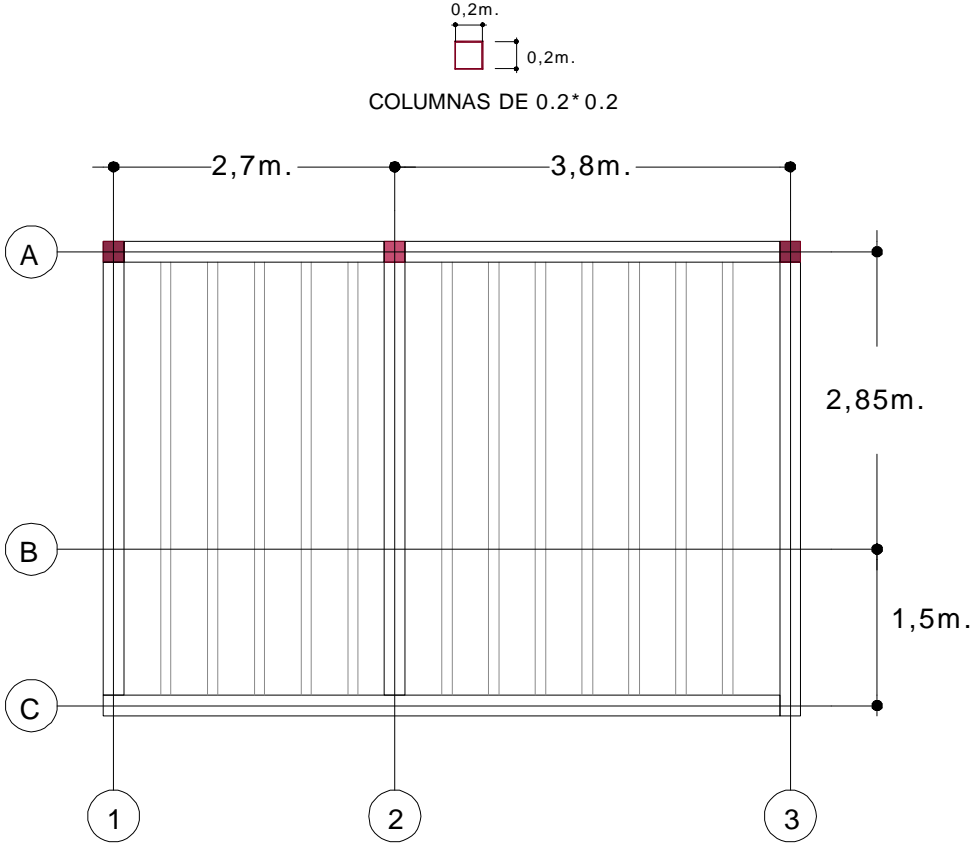
2.2 BARRIOS BUENOS AIRES, ALBANIA, MORRORICO Y MIRAFLOREZ. ELEVACIÓN



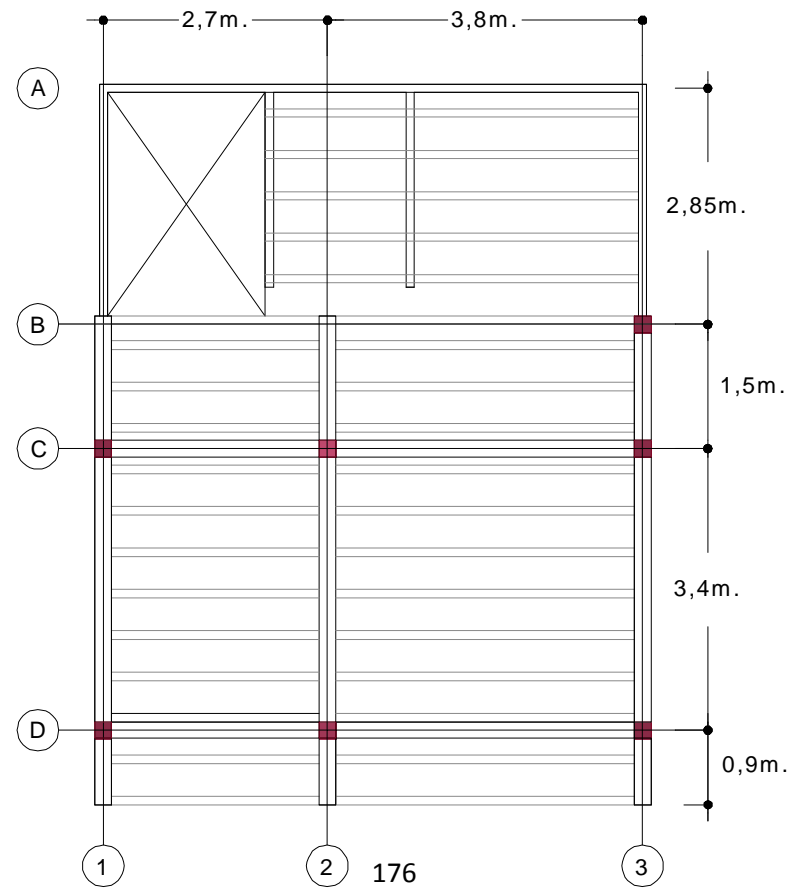
2.2 BARRIOS BUENOS AIRES, ALBANIA, MORRORICO Y MIRAFLOREZ. PLANTA DISTRIBUCIÓN MUROS_SEGUNDO PISO



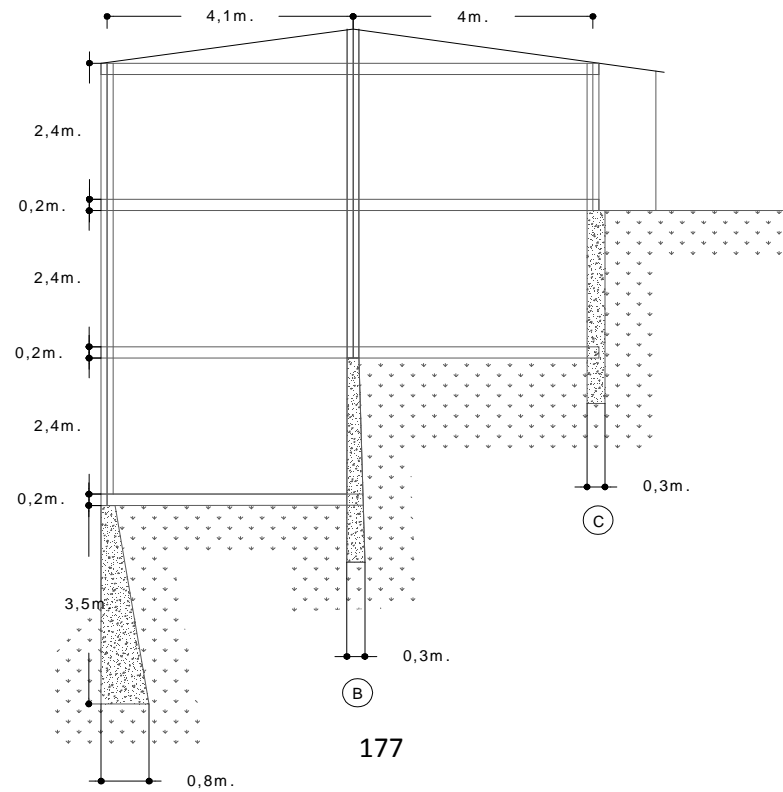
2.2 BARRIOS BUENOS AIRES, ALBANIA, MORRORICO Y MIRAFLOREZ. PLANTA ESTRUCTURAL_PRIMER PISO



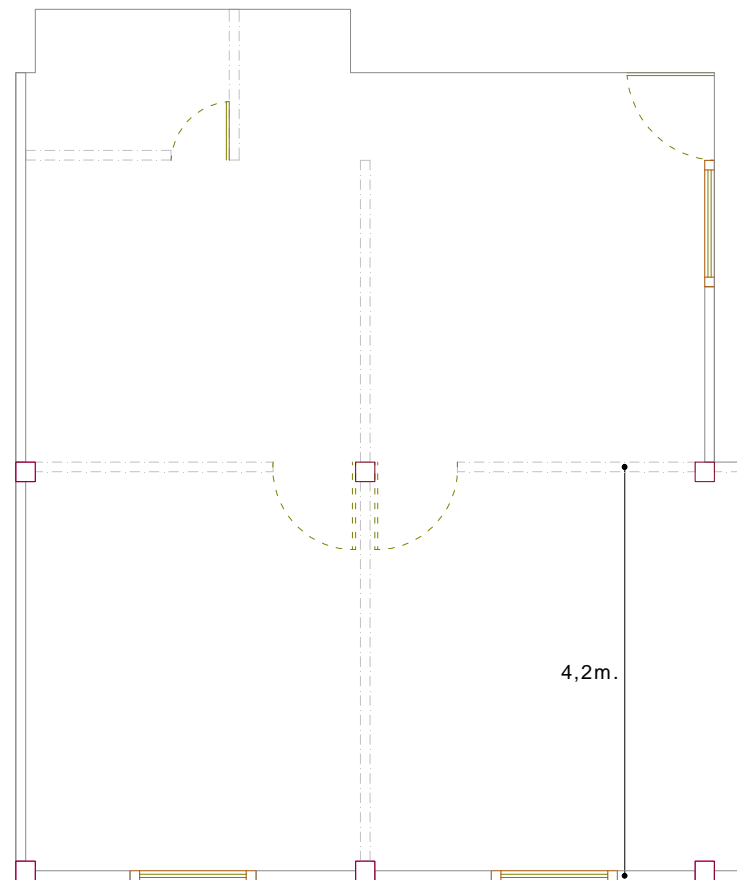
2.2 BARRIOS BUENOS AIRES, ALBANIA, MORRORICO Y MIRAFLOREZ. PLANTA ESTRUCTURAL_SEGUNDO PISO



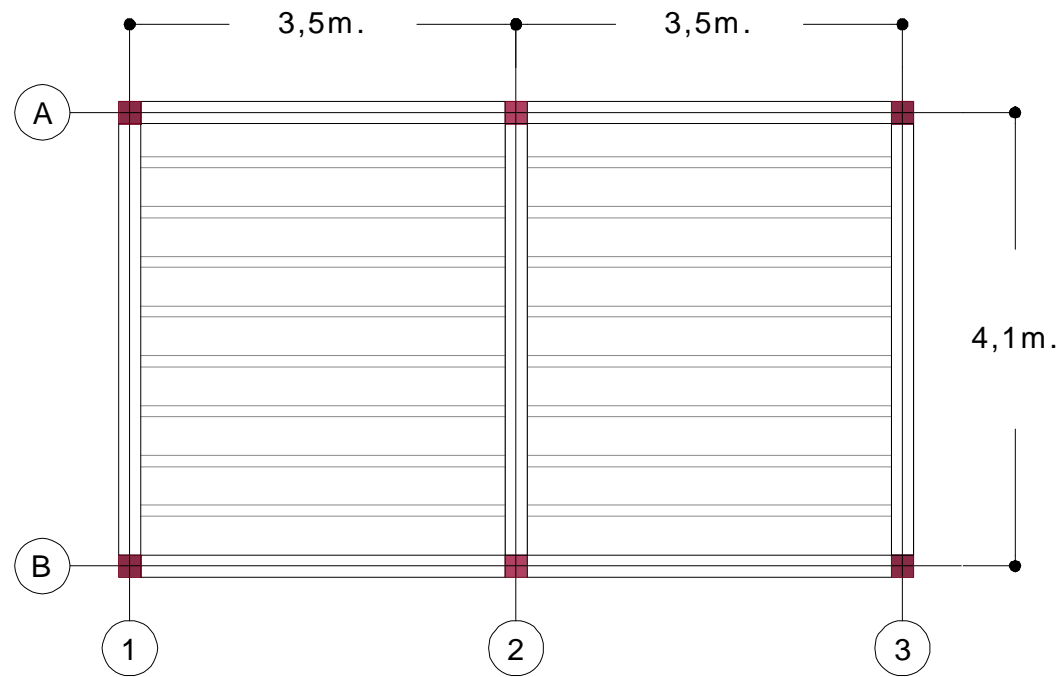
2.3 BARRIOS BUENOS AIRES Y MIRAFLOREZ. ELEVACIÓN



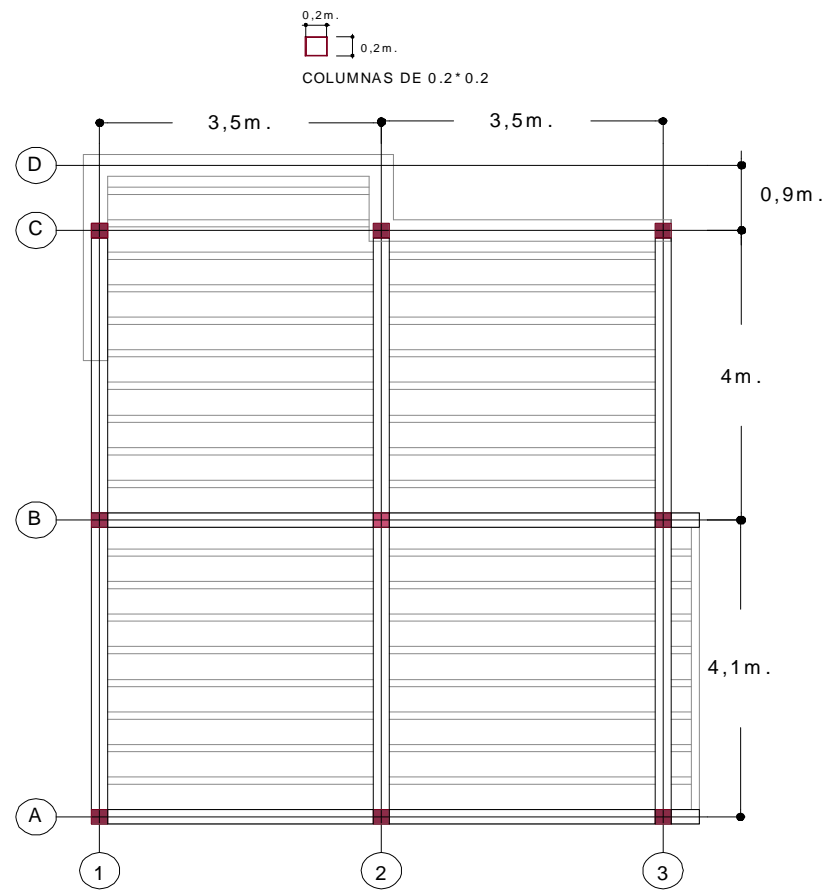
2.3 BARRIOS BUENOS AIRES Y MIRAFLOREZ. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_SEGUNDO PISO



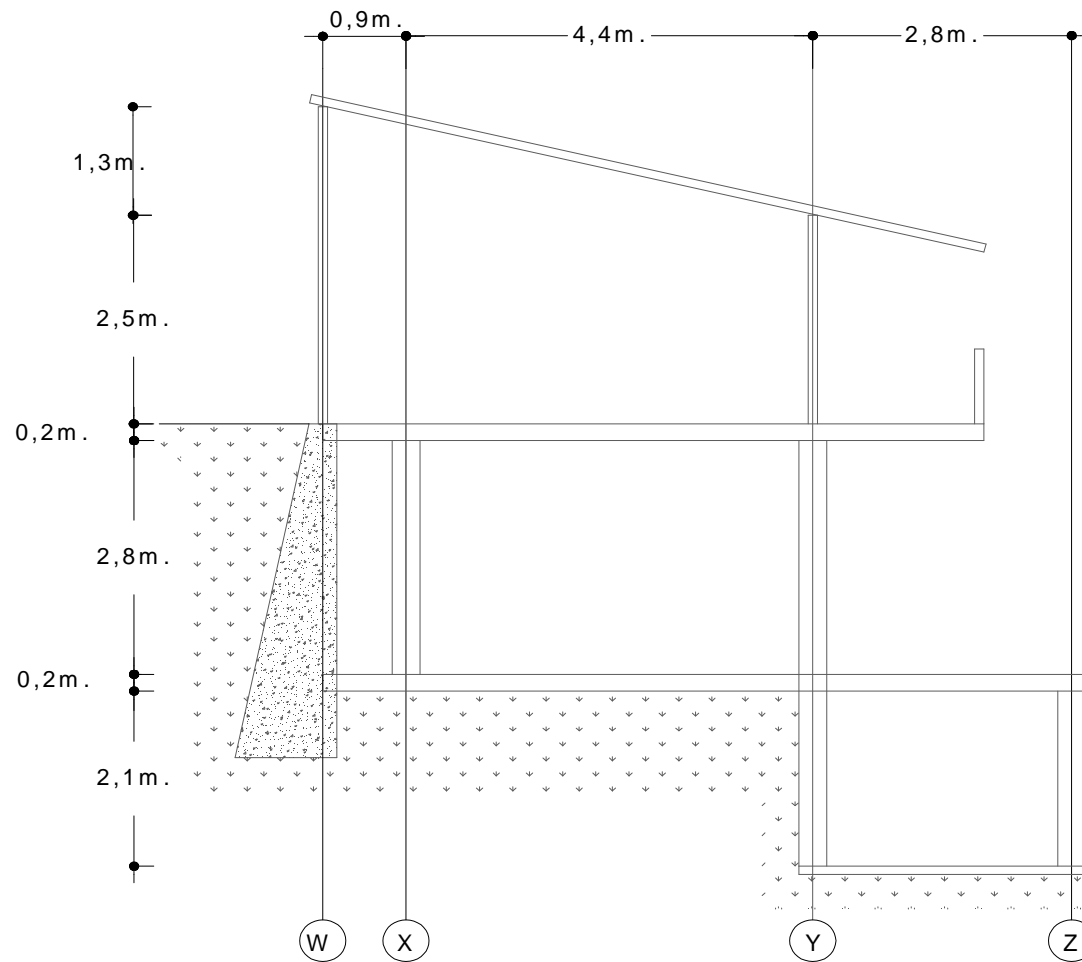
2.3 BARRIOS BUENOS AIRES Y MIRAFLOREZ. PLANTA ESTRUCTURAL_PRIMER PISO



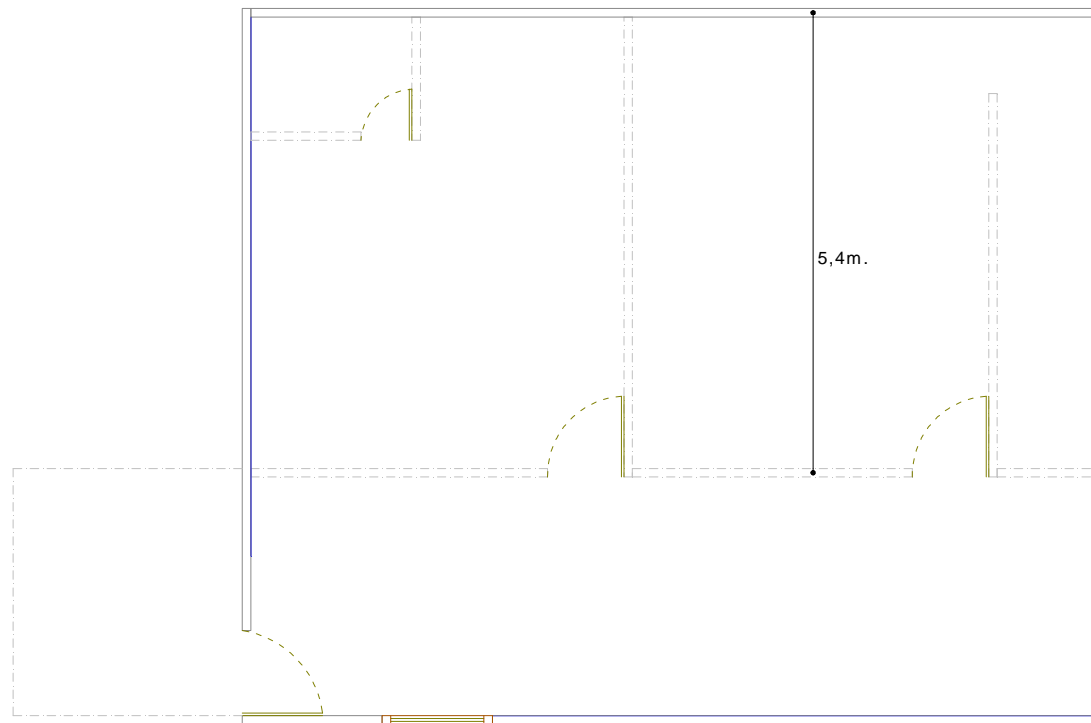
2.3 BARRIOS BUENOS AIRES Y MIRAFLOREZ. PLANTA ESTRUCTURAL_SEGUNDO PISO



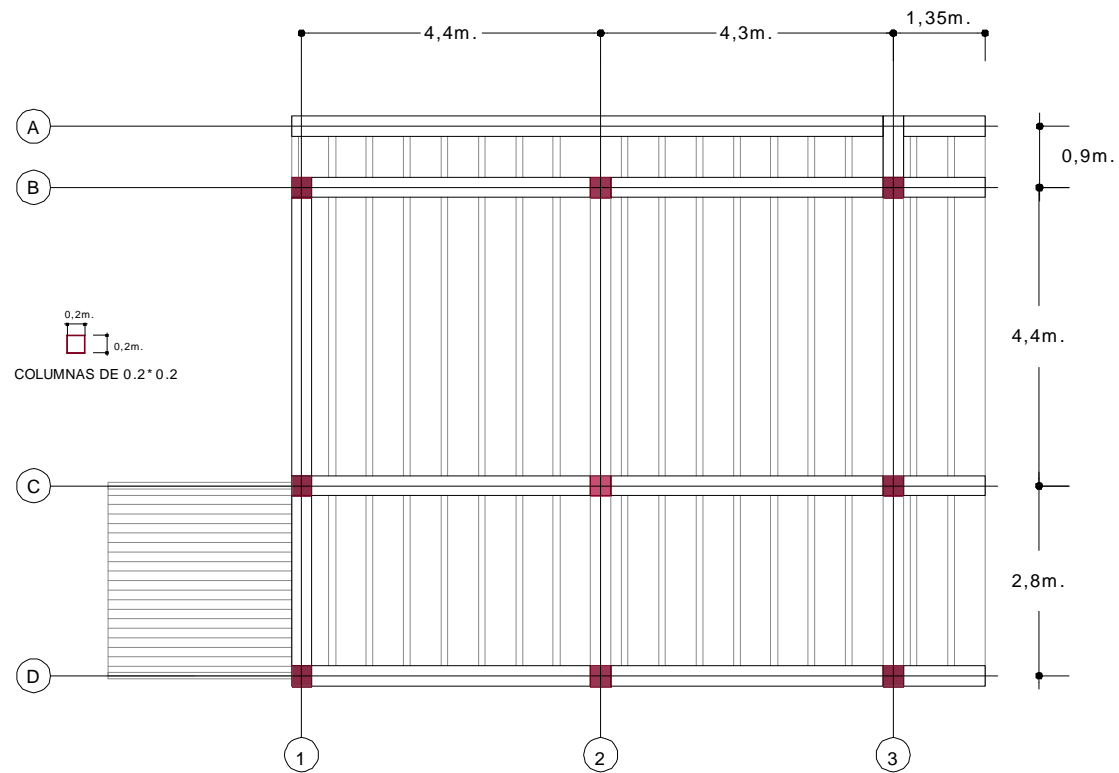
2.4 BARRIOS BUENOS AIRES Y MIRAFLOREZ. ELEVACIÓN



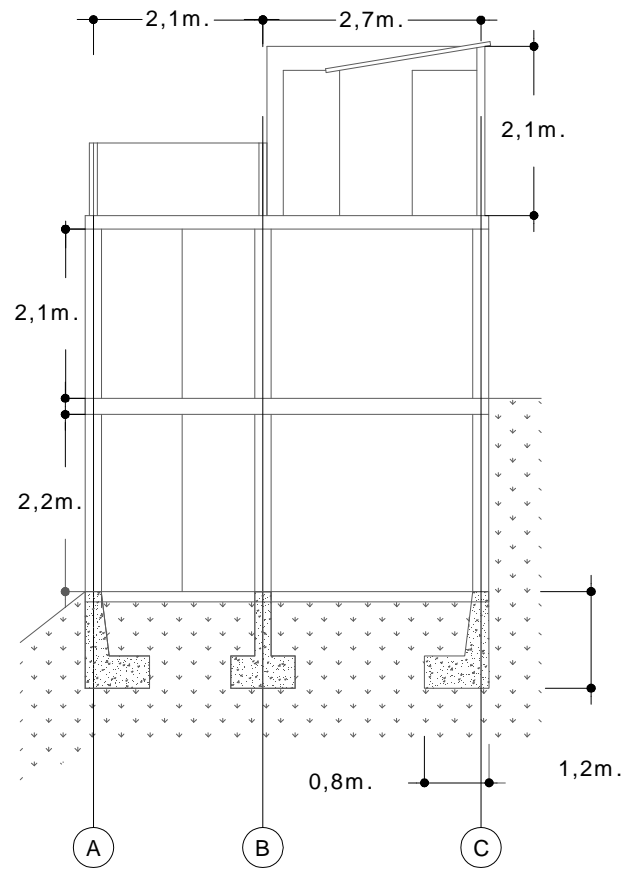
2.4 BARRIOS BUENOS AIRES Y MIRAFLOREZ. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_SEGUNDO PISO



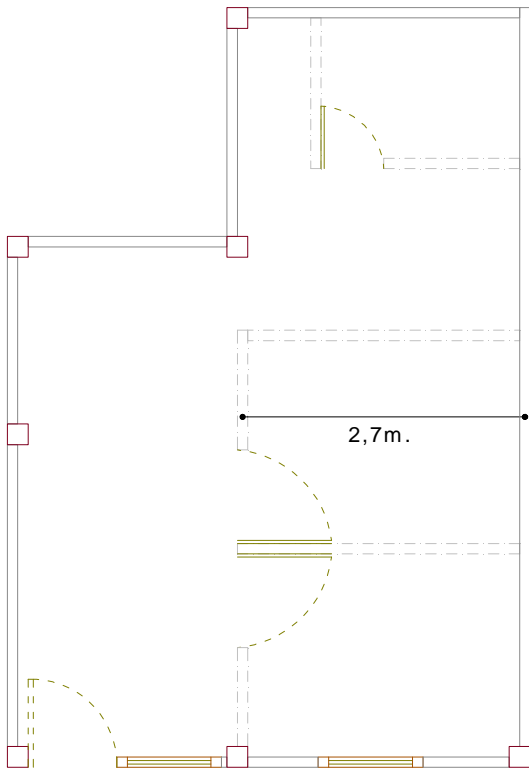
2.4 BARRIOS BUENOS AIRES Y MIRAFLOREZ. PLANTA ESTRUCTURAL



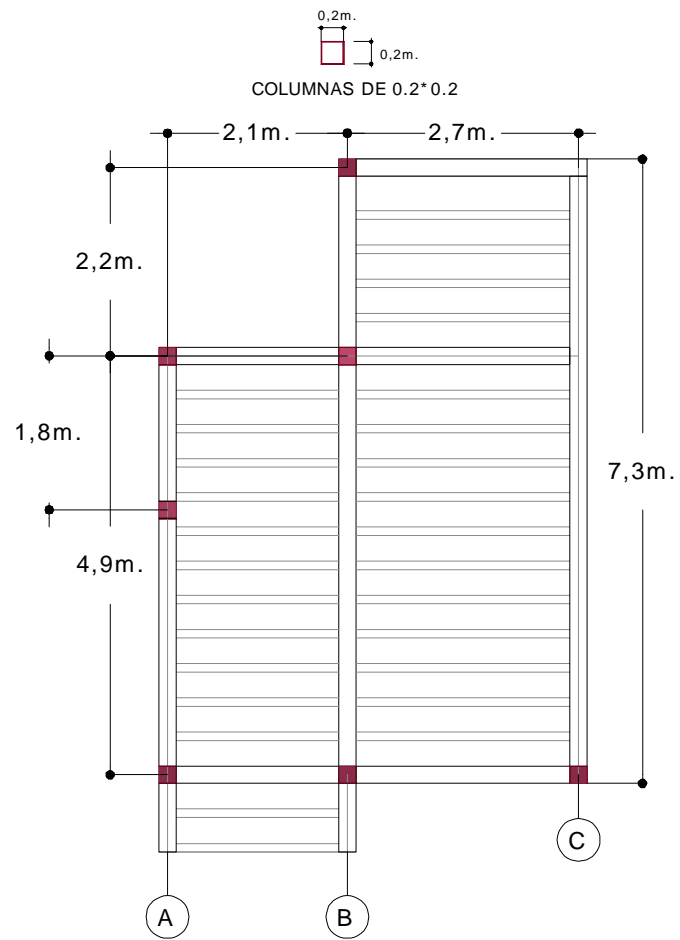
2.5 BARRIO BUENOS AIRES. ELEVACIÓN



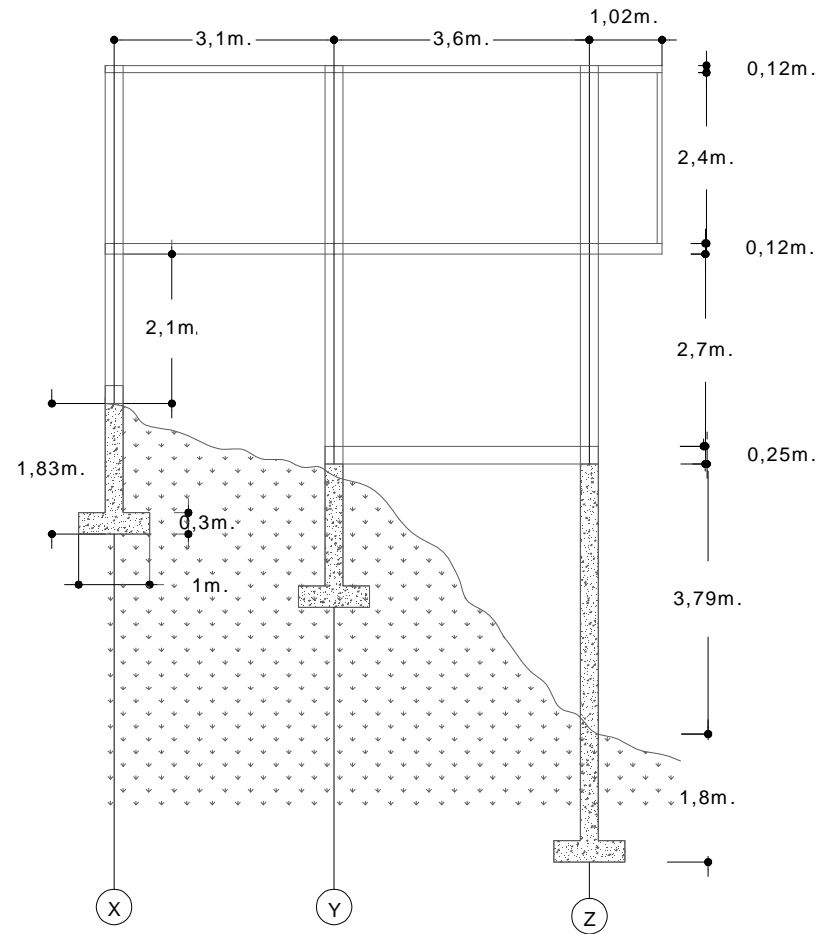
2.5 BARRIO BUENOS AIRES. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_SEGUNDO PISO



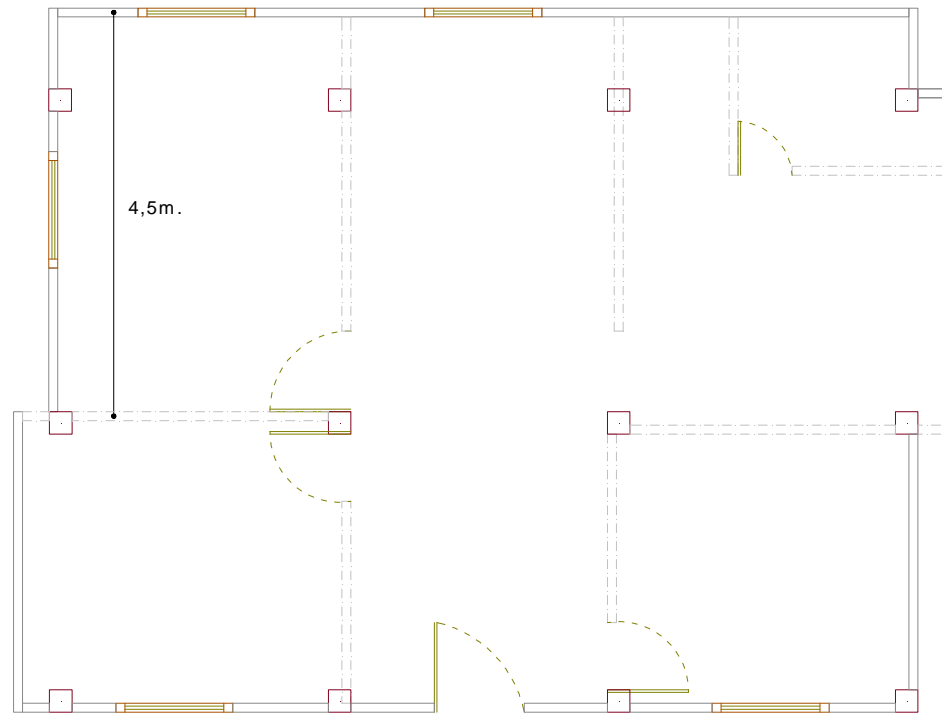
2.5 BARRIO BUENOS AIRES. PLANTA ESTRUCTURAL



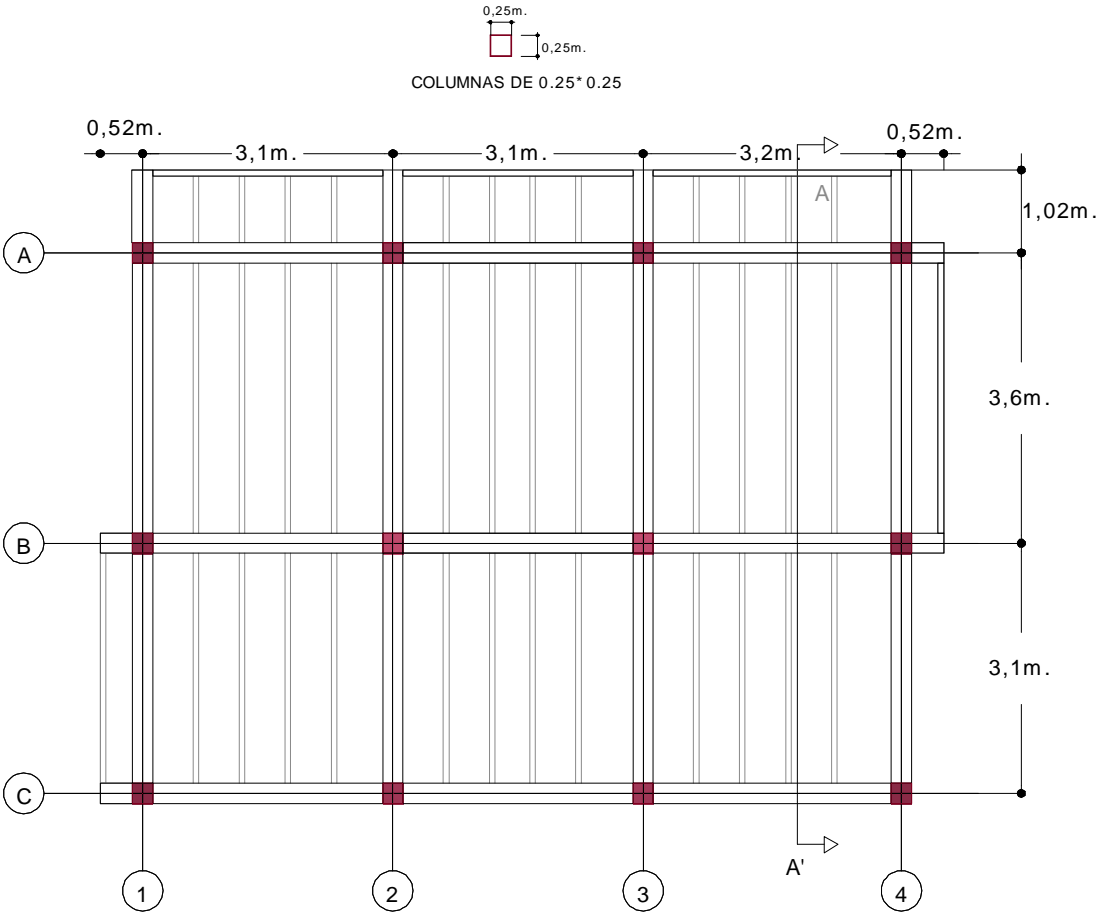
2.6 BUENOS AIRES. ELEVACIÓN



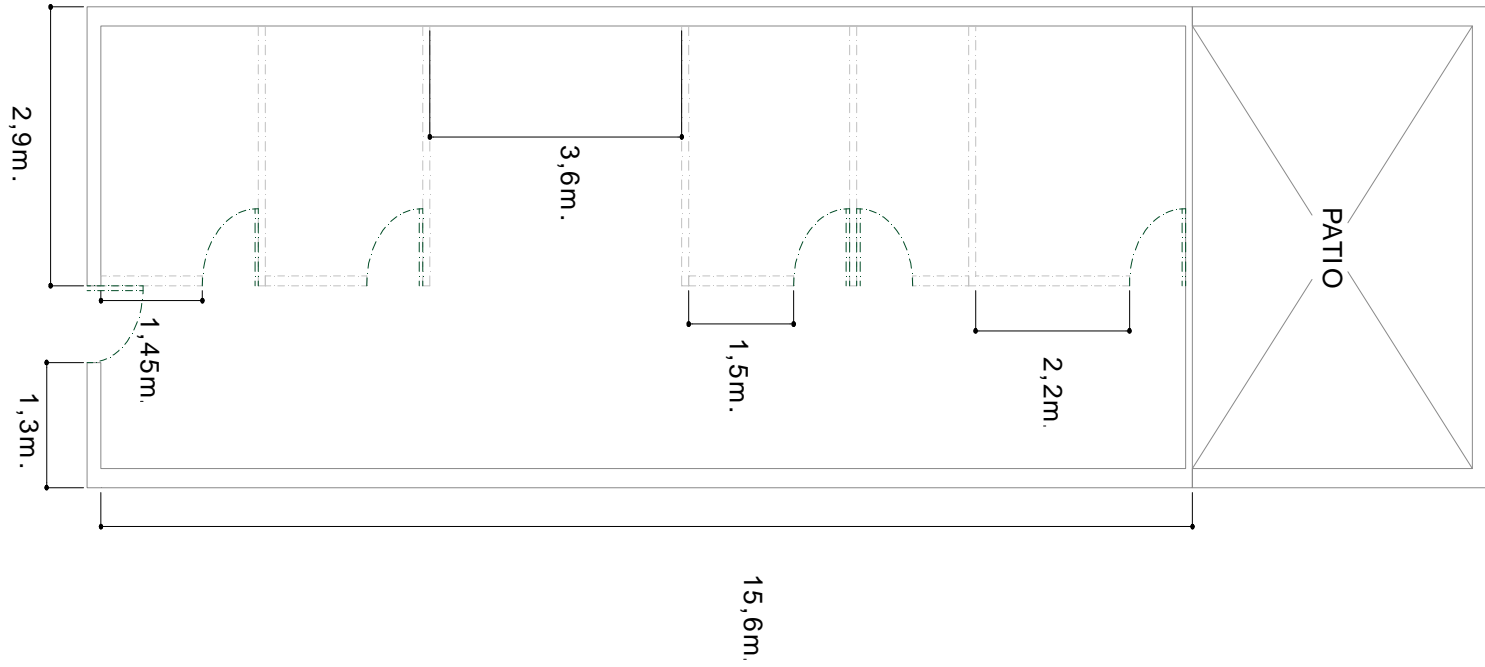
2.7 BUENOS AIRES. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS



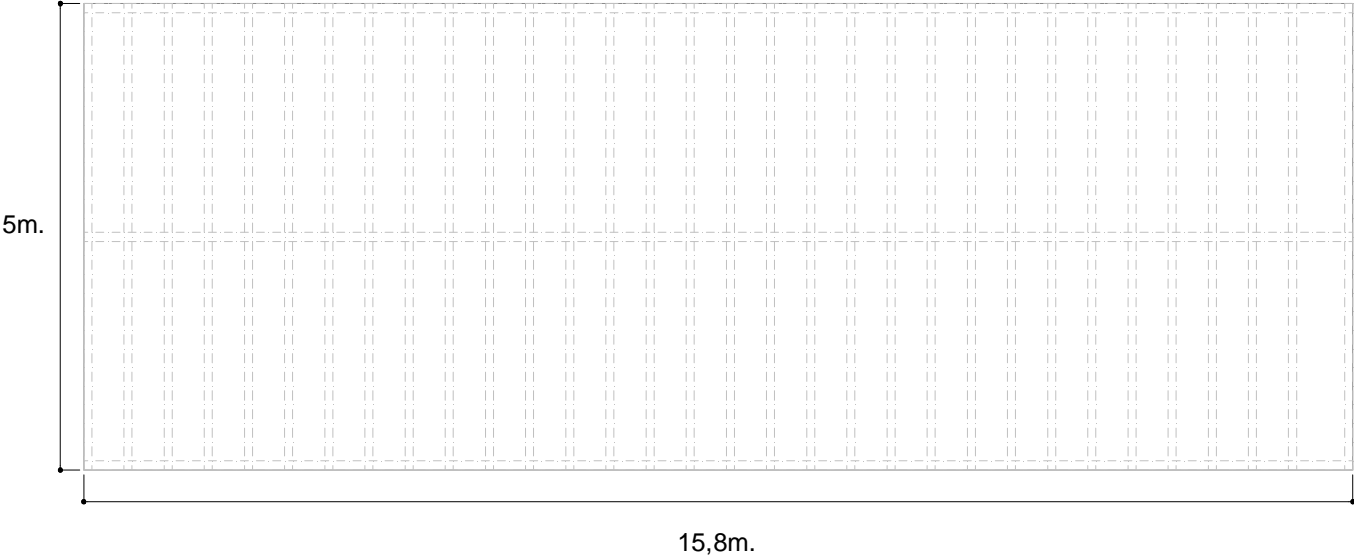
2.7 BUENOS AIRES. PLANTA ESTRUCTURAL



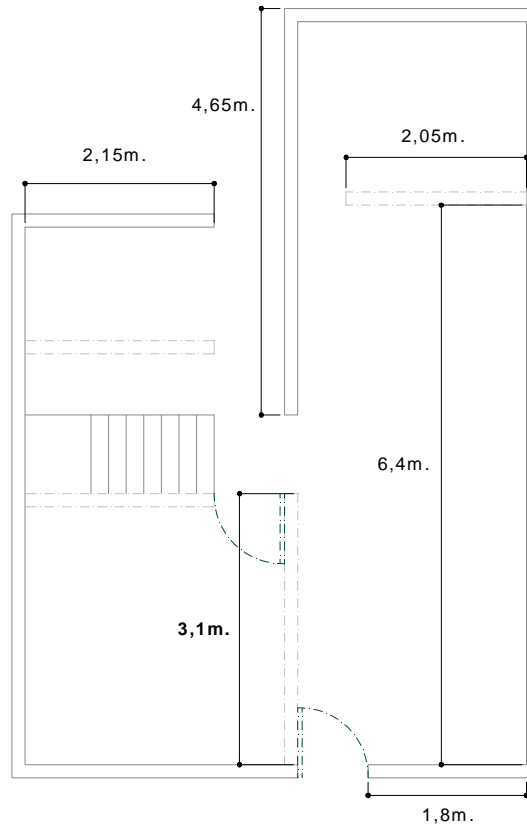
3.1 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS



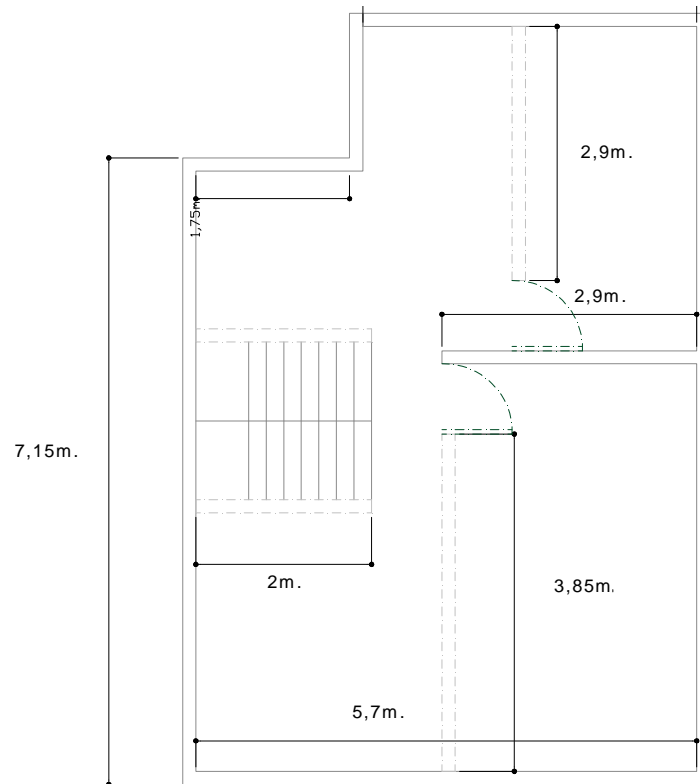
3.1 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA ESTRUCTURAL



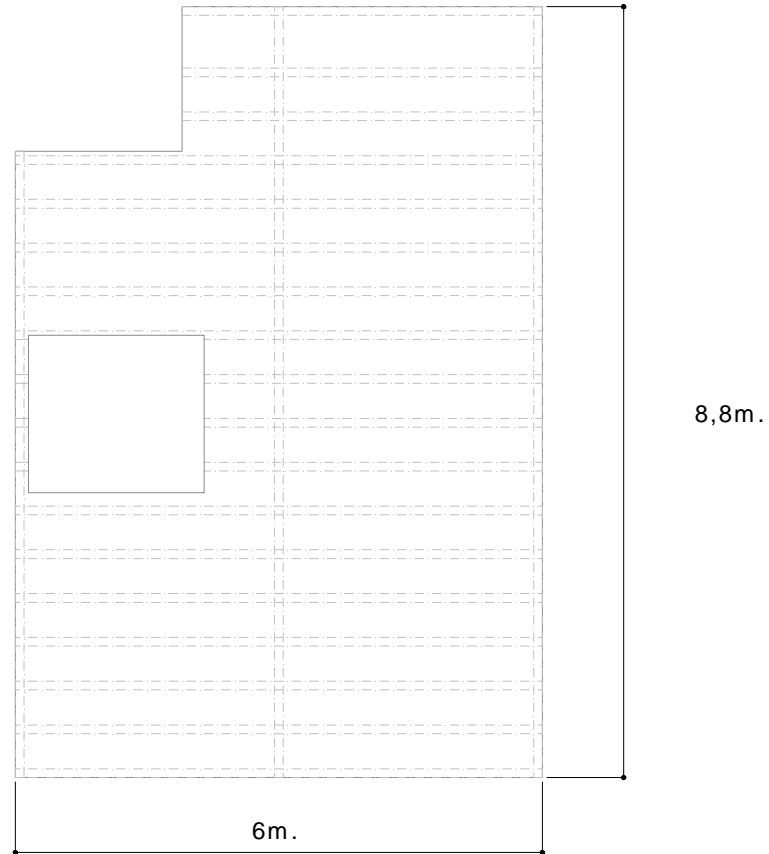
3.2 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_PRIMER PISO



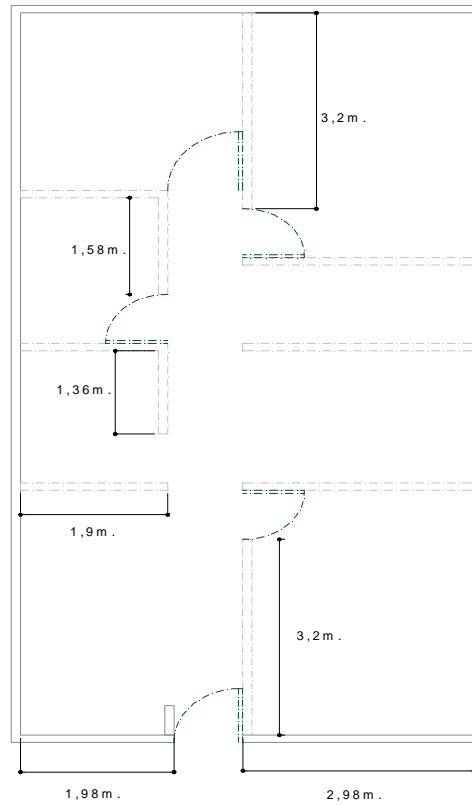
3.2 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_SEGUNDO PISO



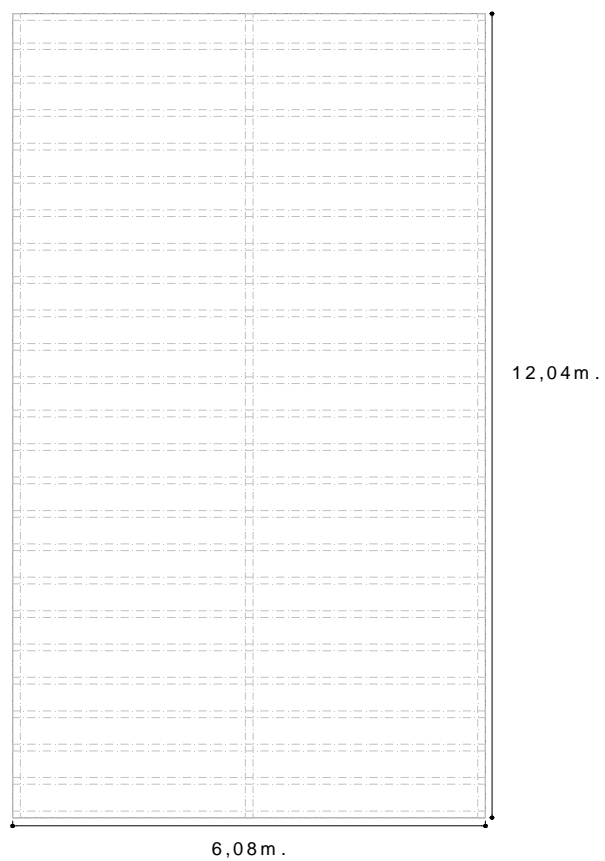
3.2 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA ESTRUCTURAL



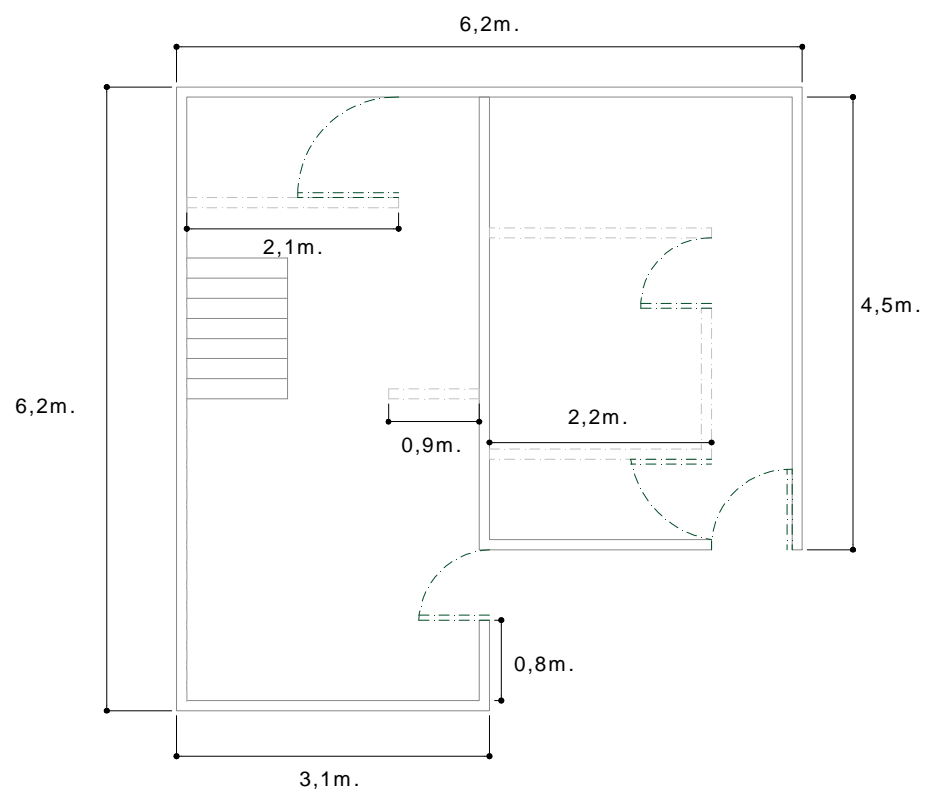
3.3 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS



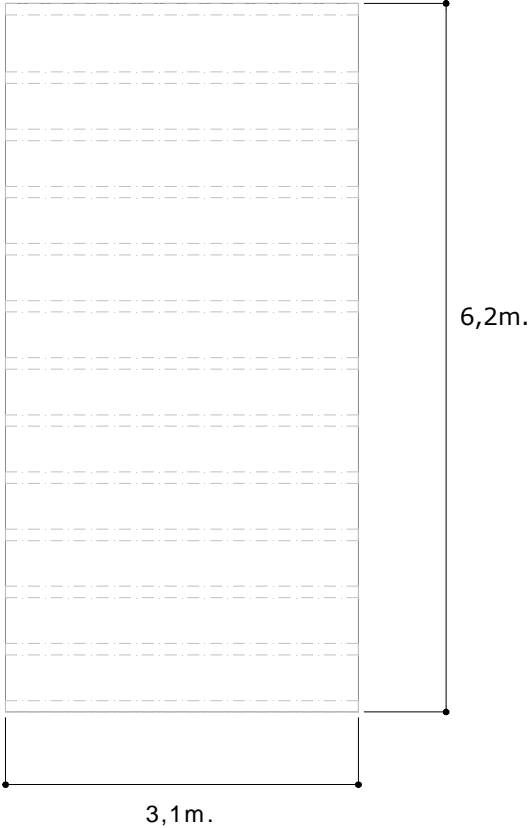
3.3 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA ESTRUCTURAL



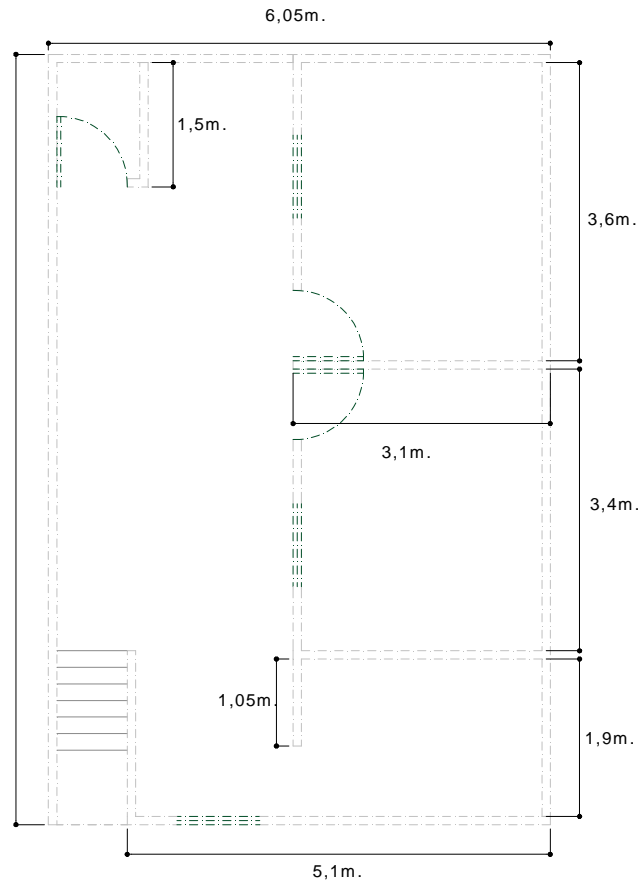
3.4 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS



3.4 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA ESTRUCTURAL



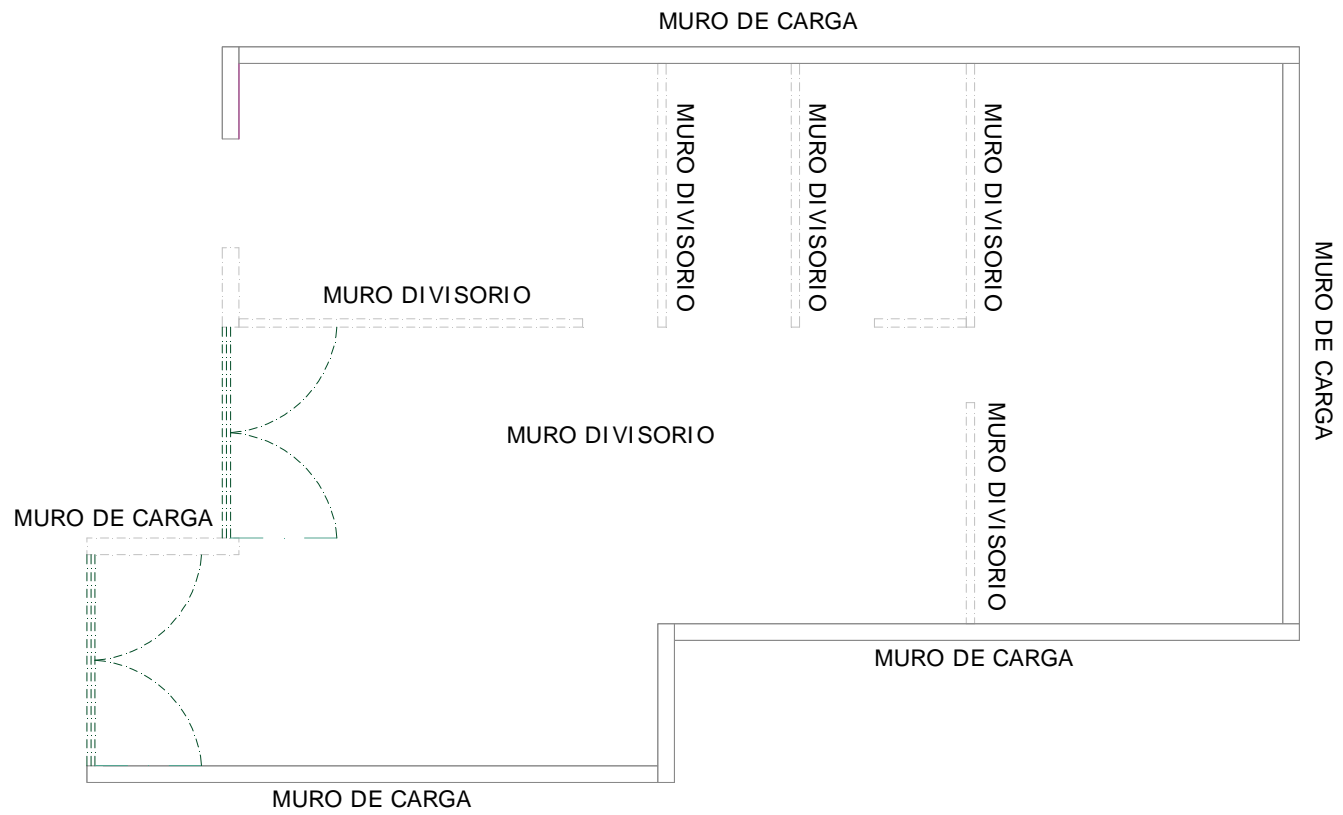
3.5 MUNICIPIO DE FLORIDABLANCA. BARRIOS SANTANA, LA CUMBRE, EL CARMEN, ALTOS DE VILLABEL Y ZAPAMANGA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS



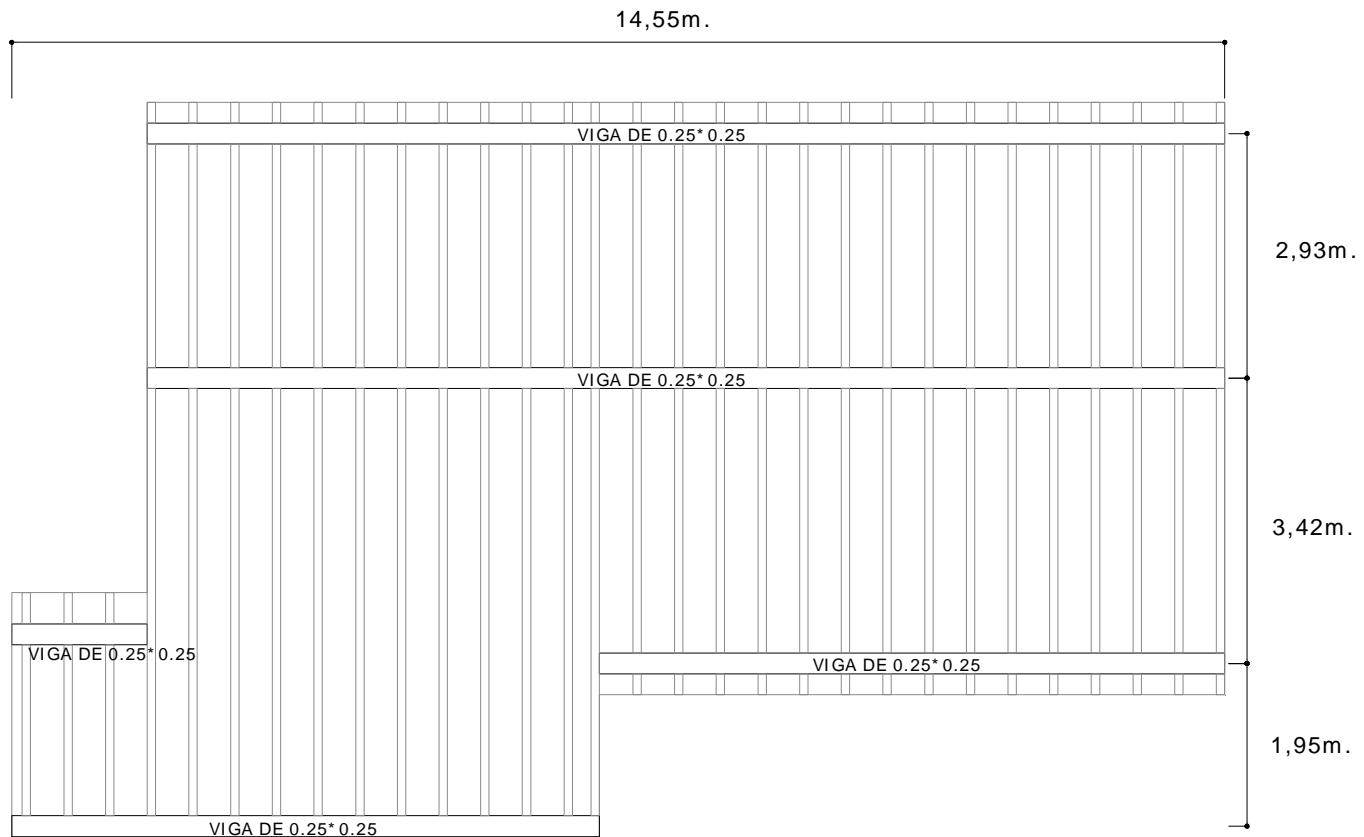
3.6 BARRIO PROVENZA. ELEVACIÓN



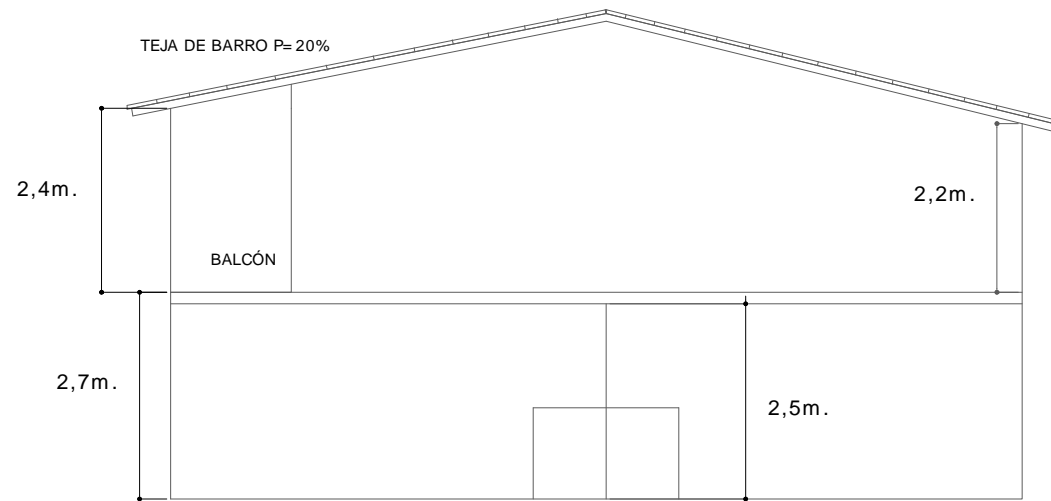
3.6 BARRIO PROVENZA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS



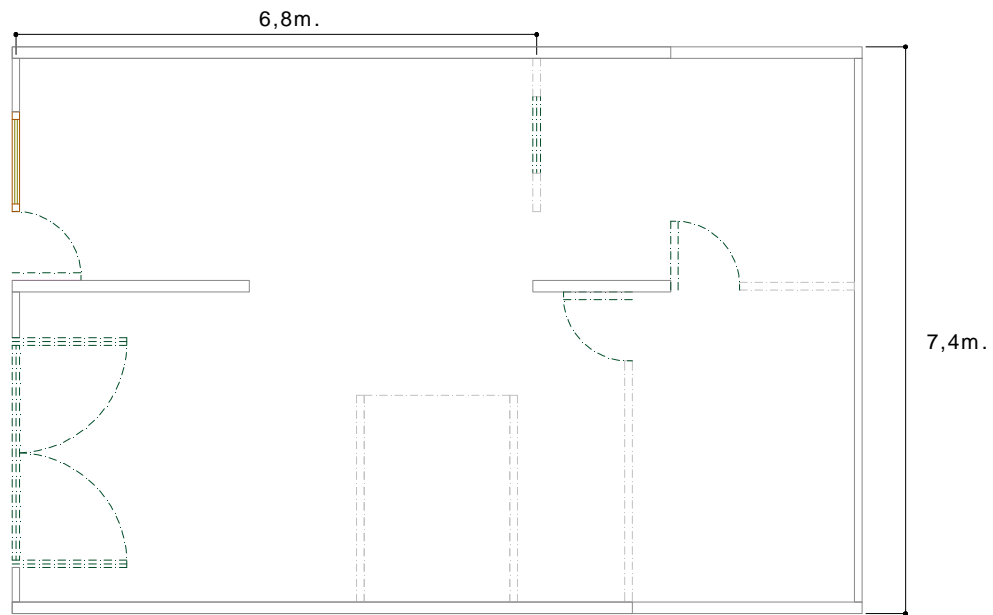
3.6 BARRIO PROVENZA. PLANTA ESTRUCTURAL



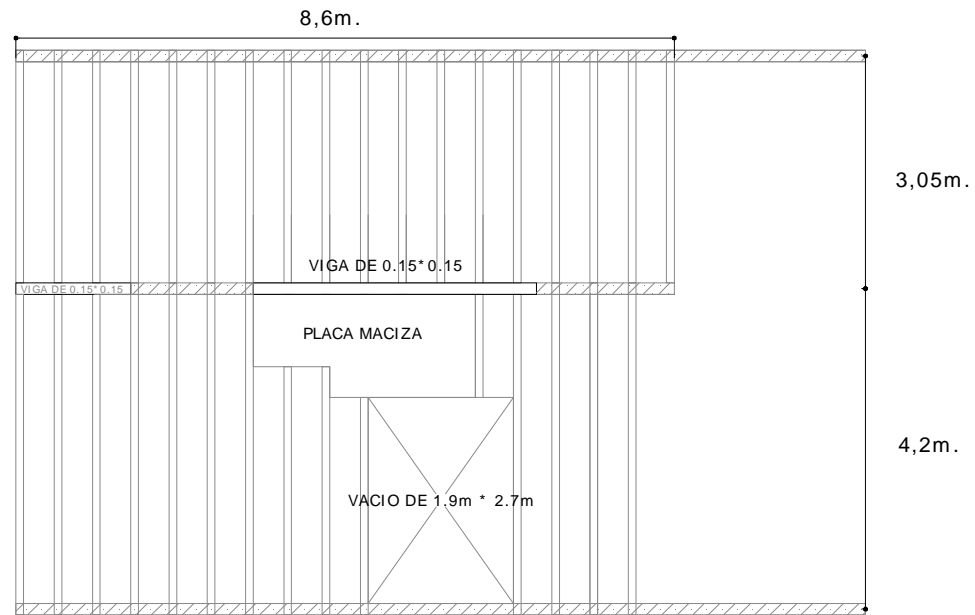
3.7 BARRIO PROVENZA. ELEVACIÓN



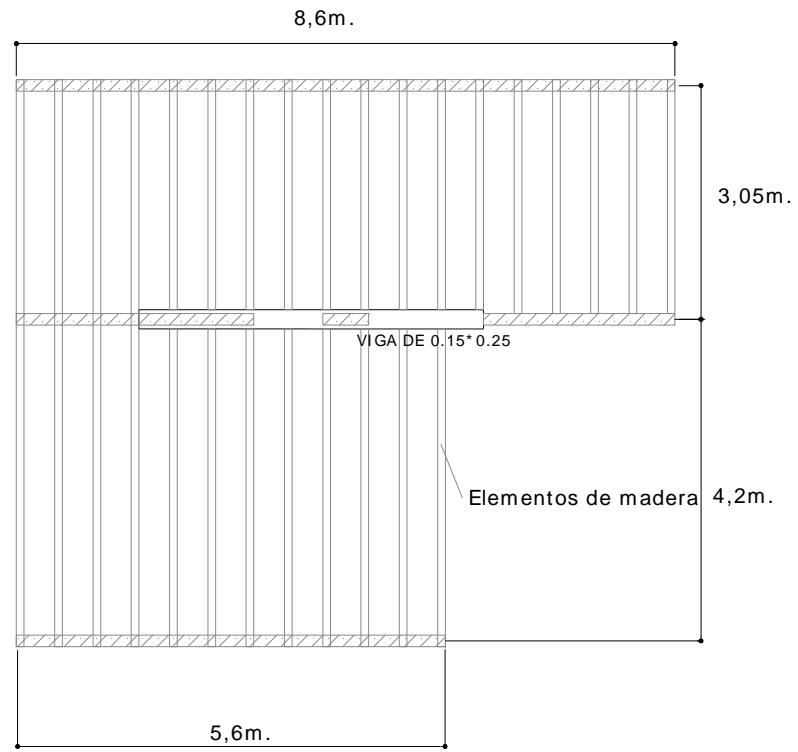
3.7 BARRIO PROVENZA. PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE MUROS



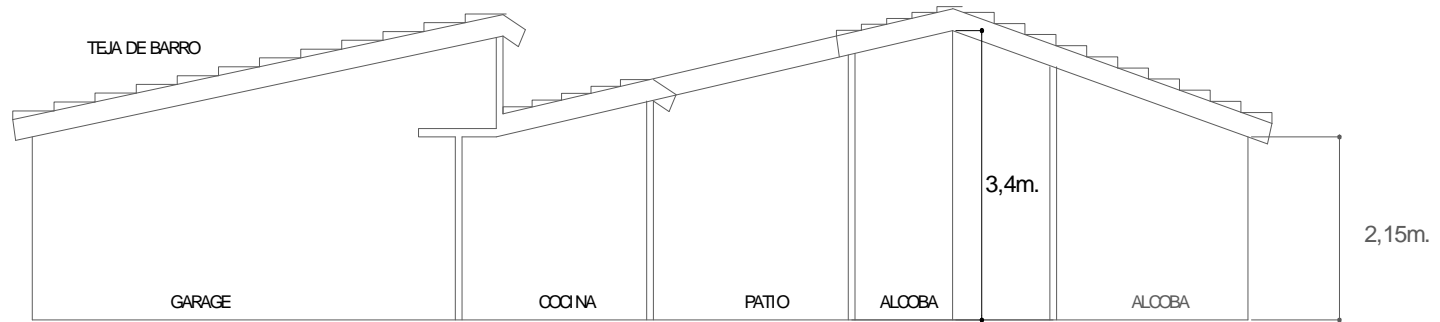
3.7 BARRIO PROVENZA. PLANTA ESTRUCTURAL_PRIMER PISO



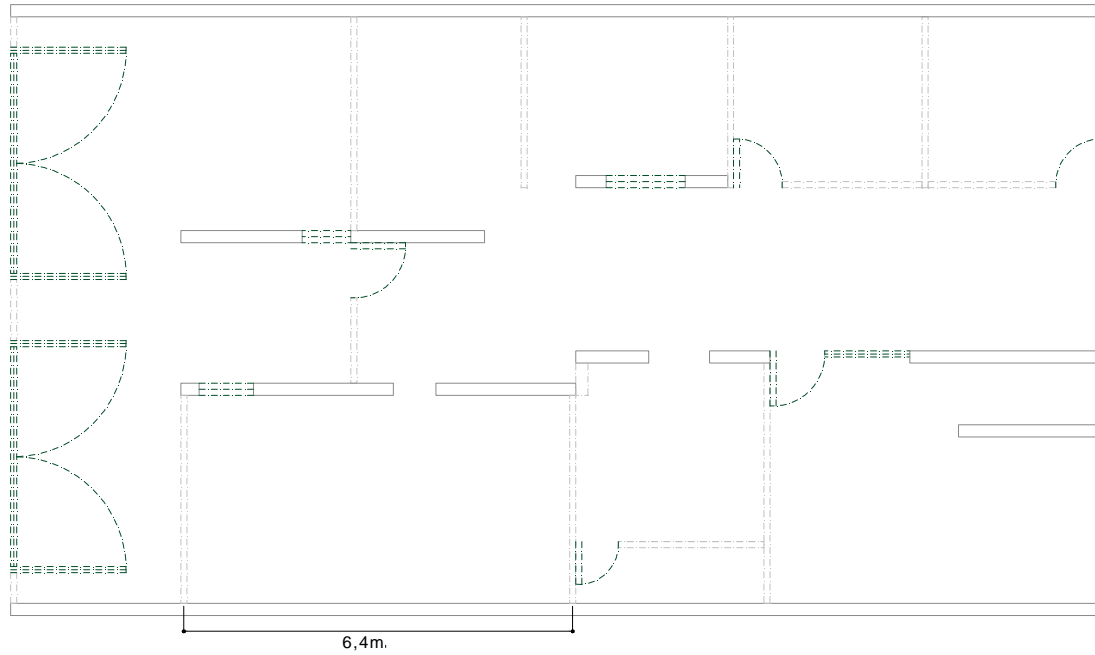
3.7 BARRIO PROVENZA. PLANTA ESTRUCTURAL_SEGUNDO PISO



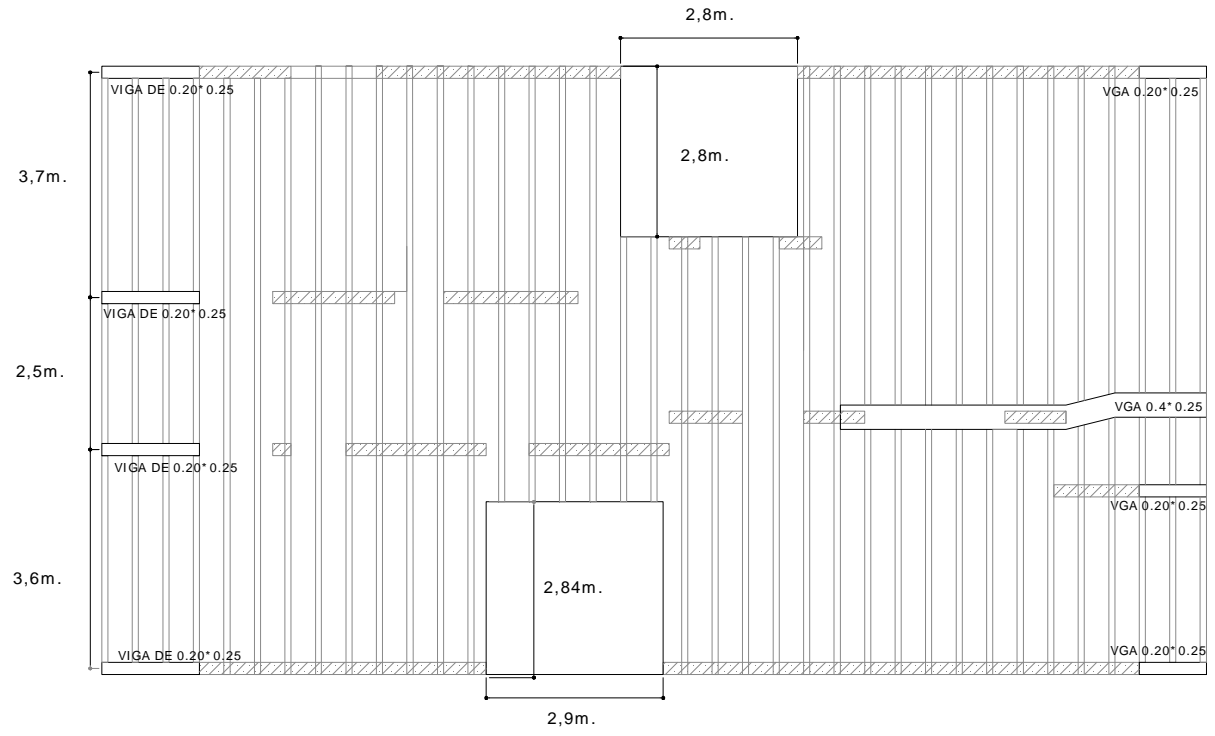
3.8 BARRIO PROVENZA. ELEVACIÓN



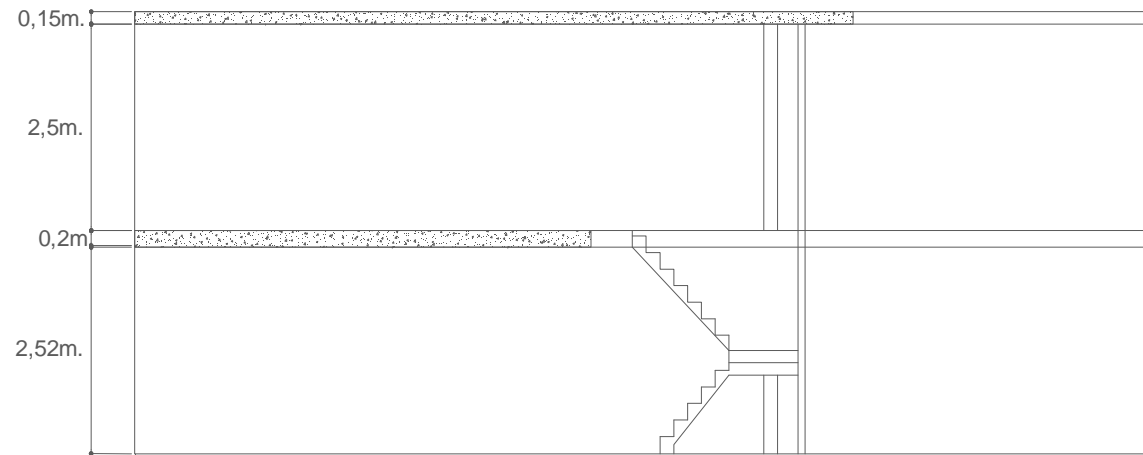
3.8 BARRIO PROVENZA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS



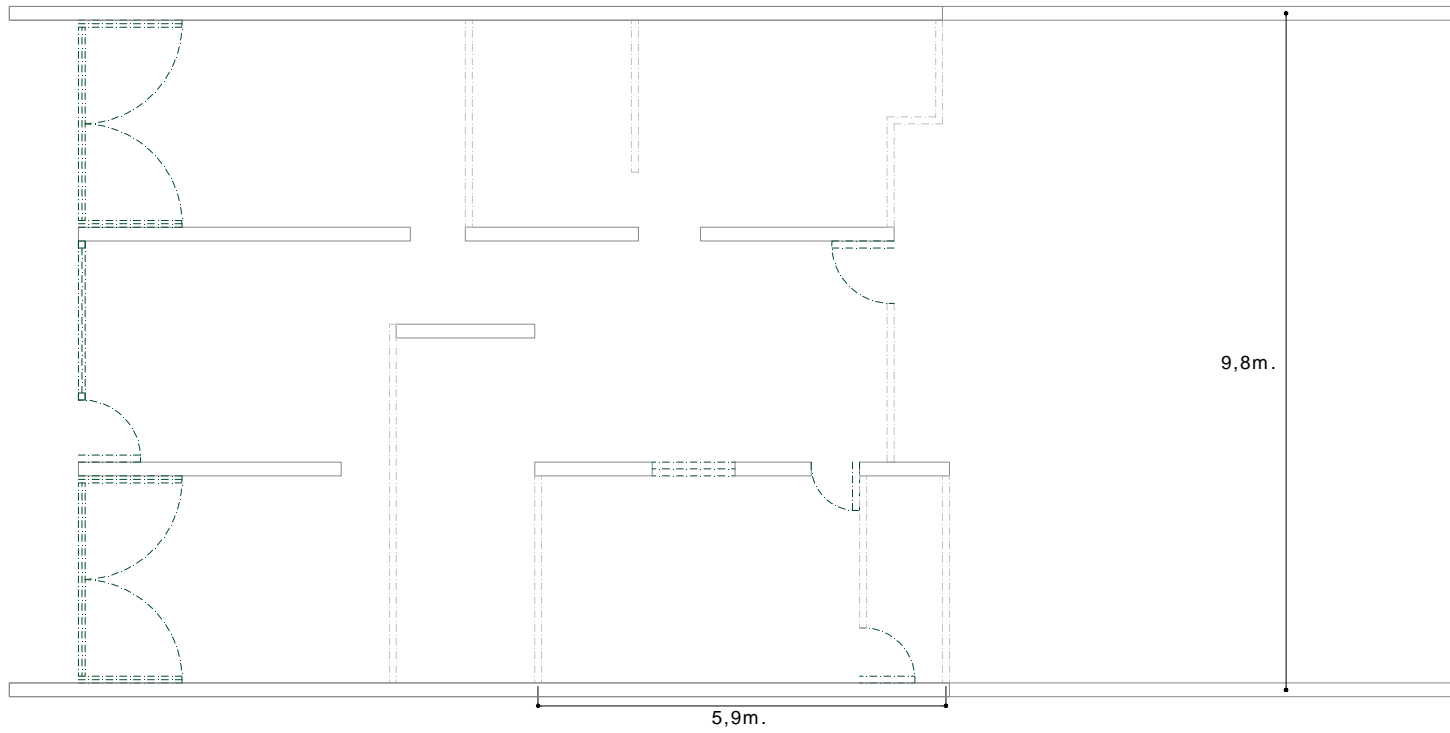
3.8 BARRIO PROVENZA. PLANTA ESTRUCTURAL



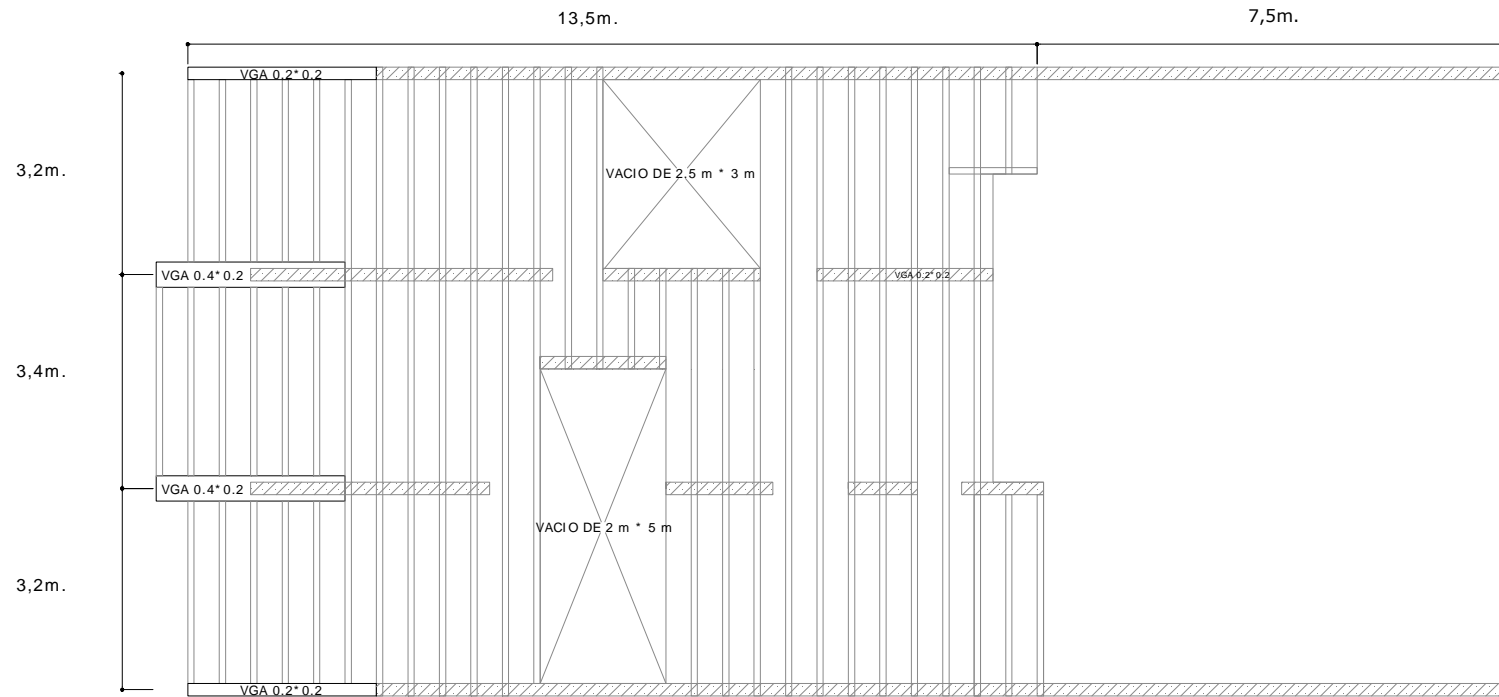
3.9 BARRIO PROVENZA. ELEVACIÓN



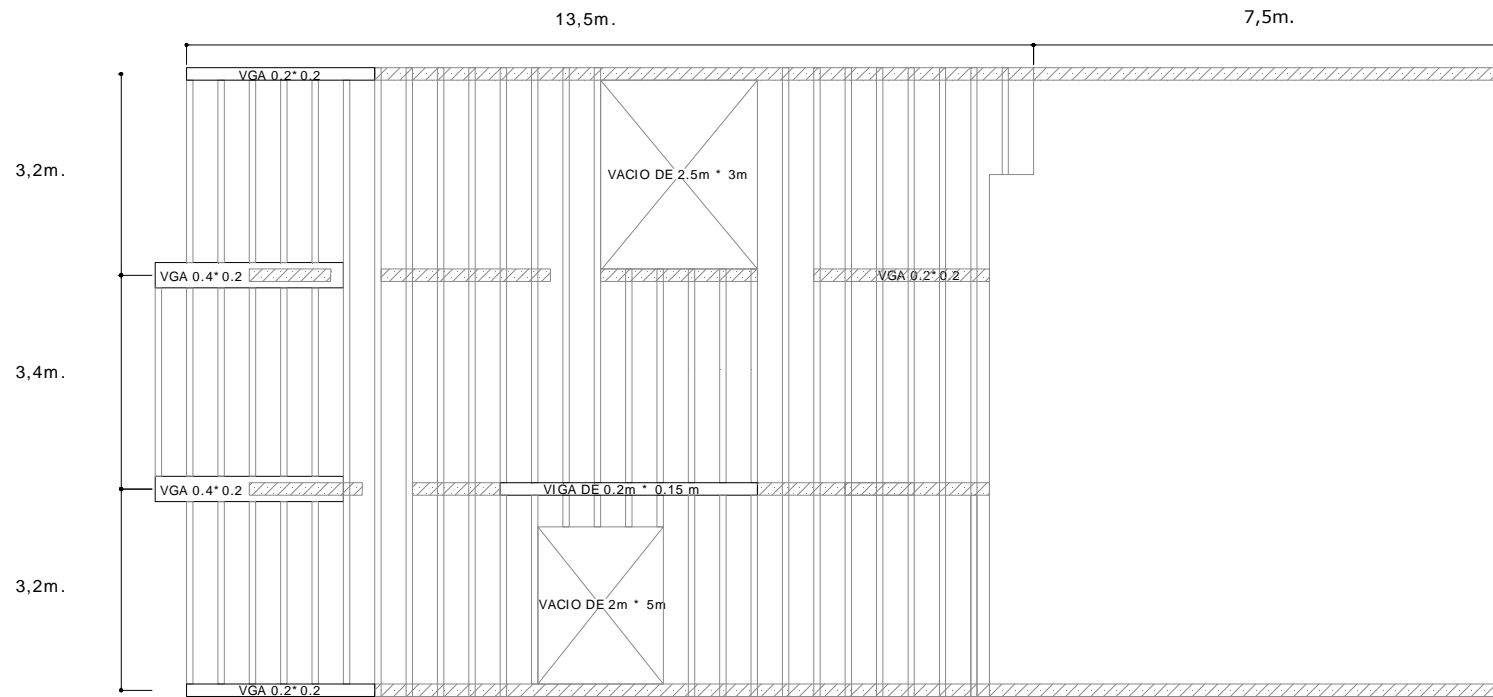
3.9 BARRIO PROVENZA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_PRIMER PISO



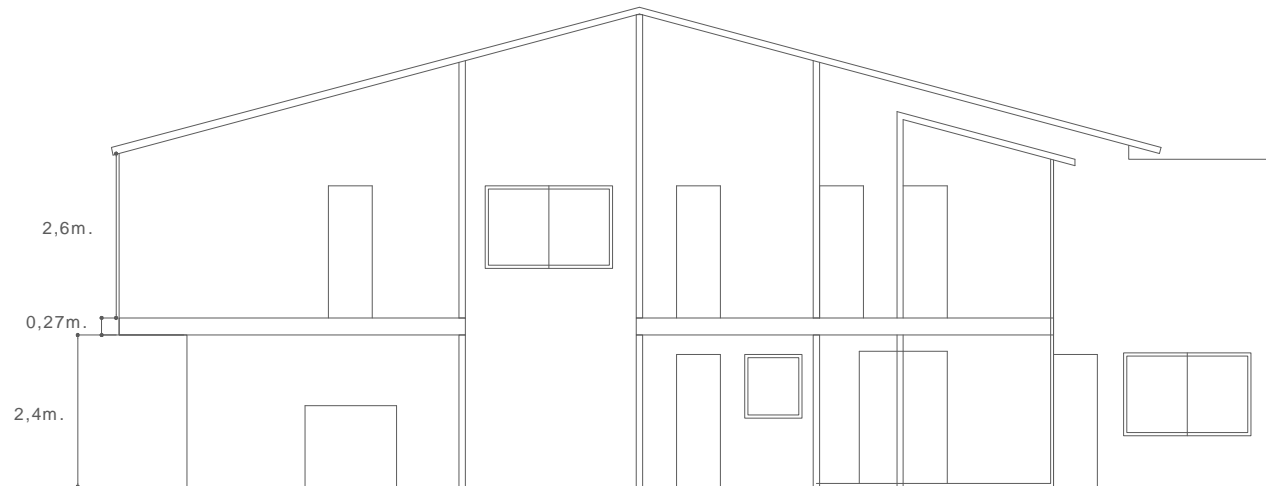
3.9 BARRIO PROVENZA. PLANTA ESTRUCTURAL_PRIMER PISO



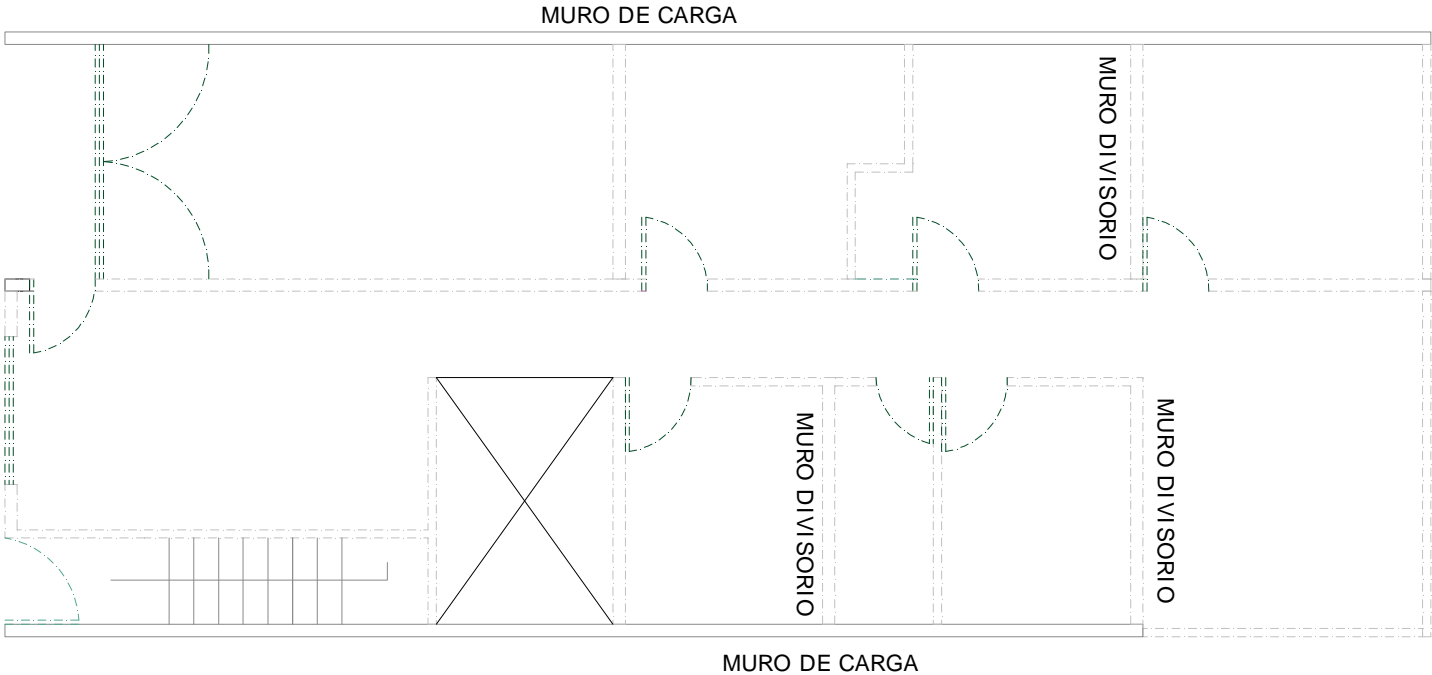
3.9 BARRIO PROVENZA. PLANTA ESTRUCTURAL_SEGUNDO PISO



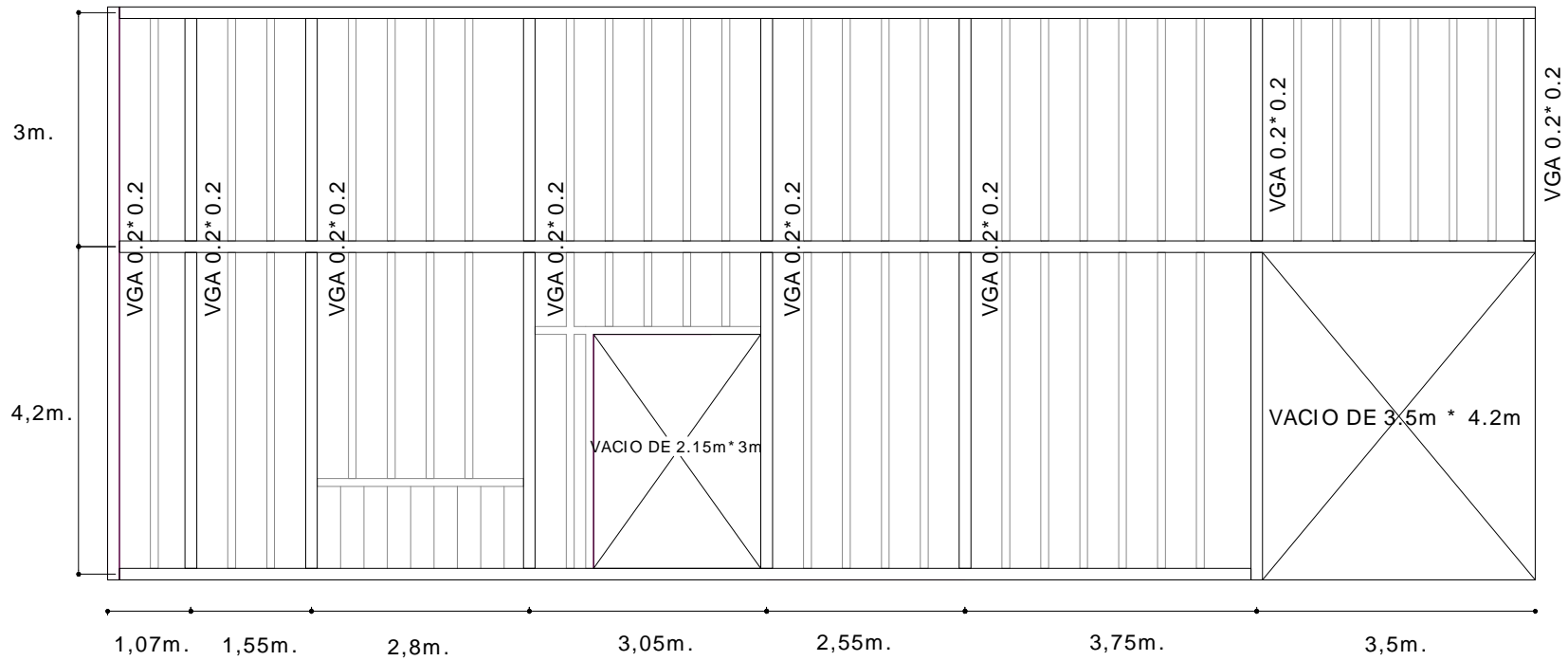
3.10 BARRIOS SAN MIGUEL, LA VICTORIA, MUTIS Y LA CEIBA. ELEVACIÓN



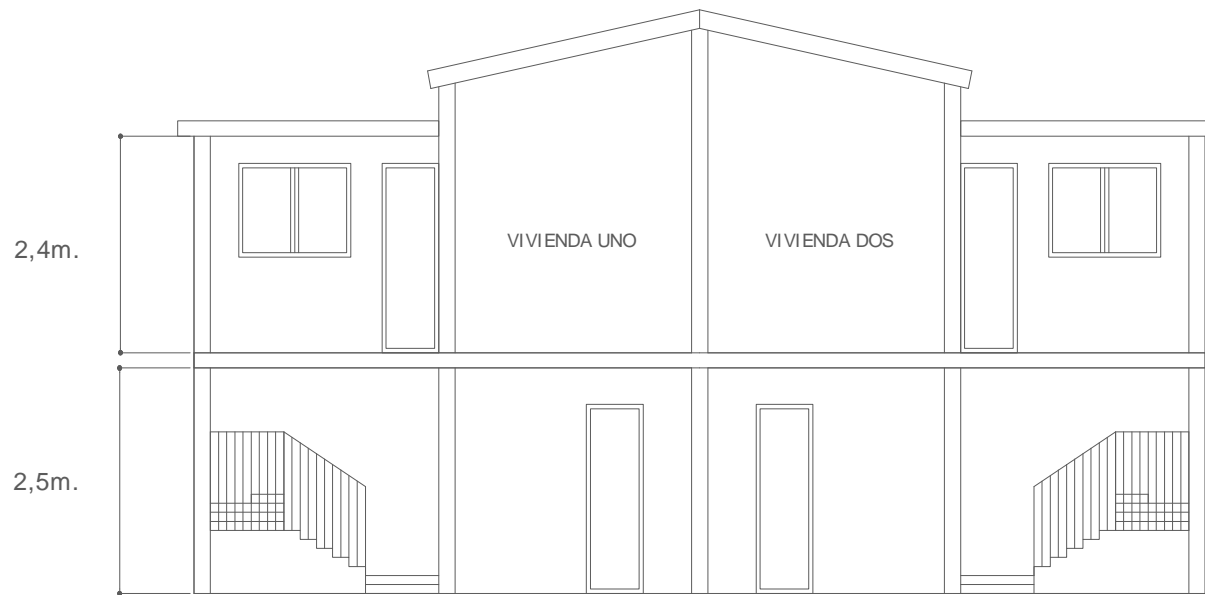
3.10 BARRIOS SAN MIGUEL, LA VICTORIA, MUTIS Y LA CEIBA. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_PRIMER PISO



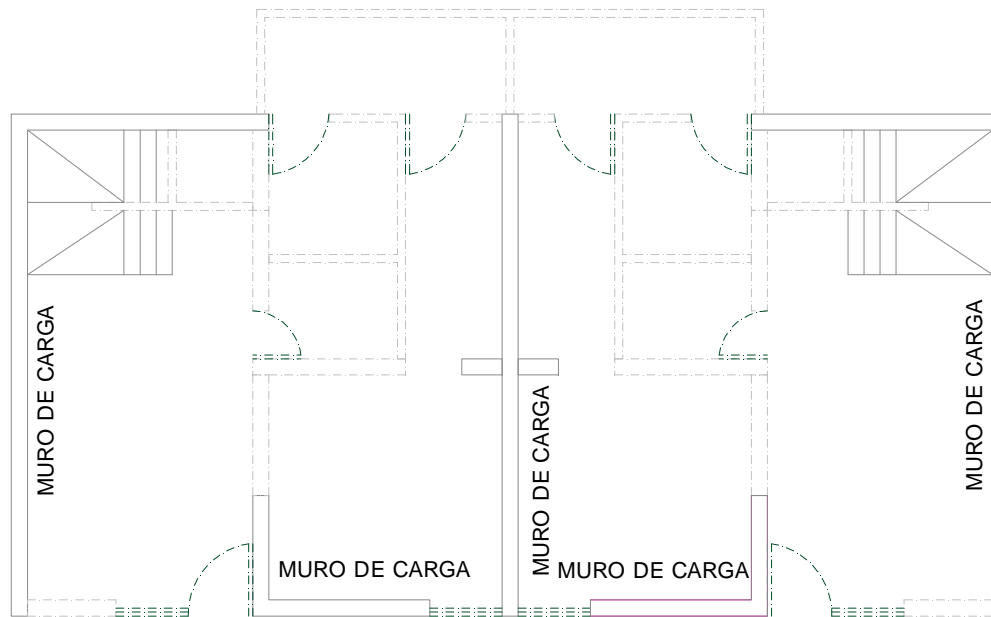
3.10 BARRIOS SAN MIGUEL, LA VICTORIA, MUTIS Y LA CEIBA. PLANTA ESTRUCTURAL



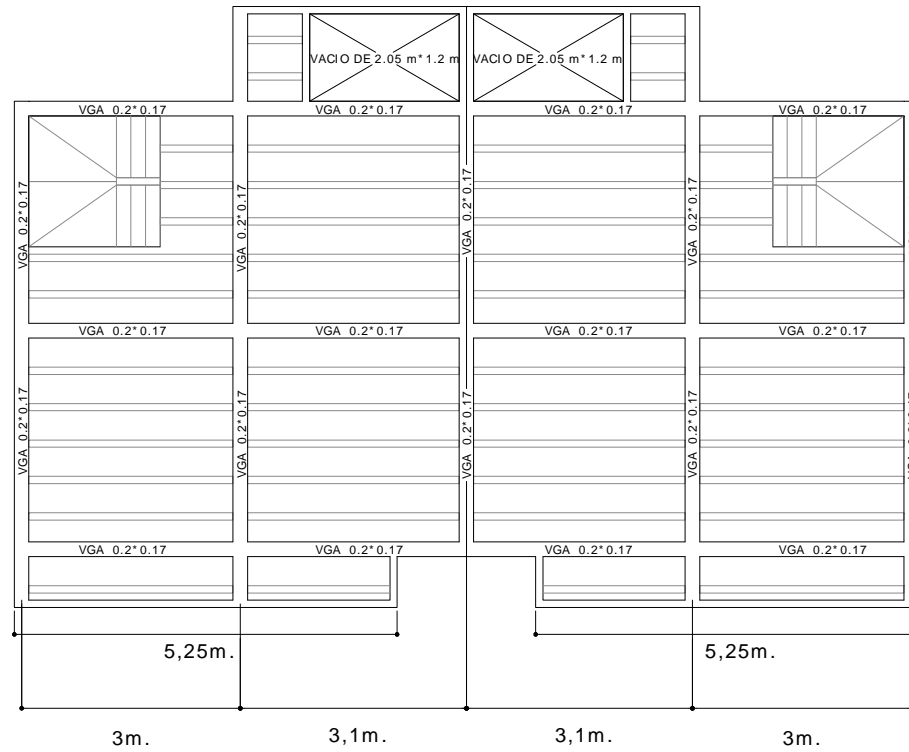
3.11 BARRIO CIUDADELA REAL DE MINAS. ELEVACIÓN



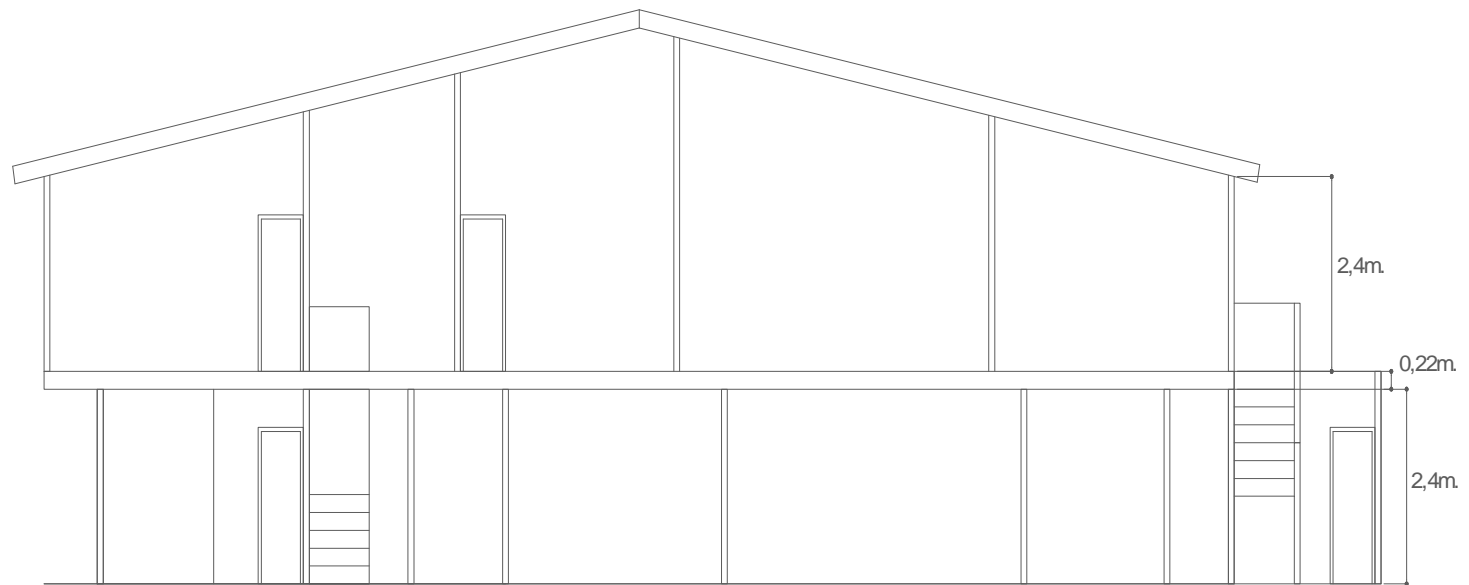
3.11 BARRIO CIUDADELA REAL DE MINAS. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS



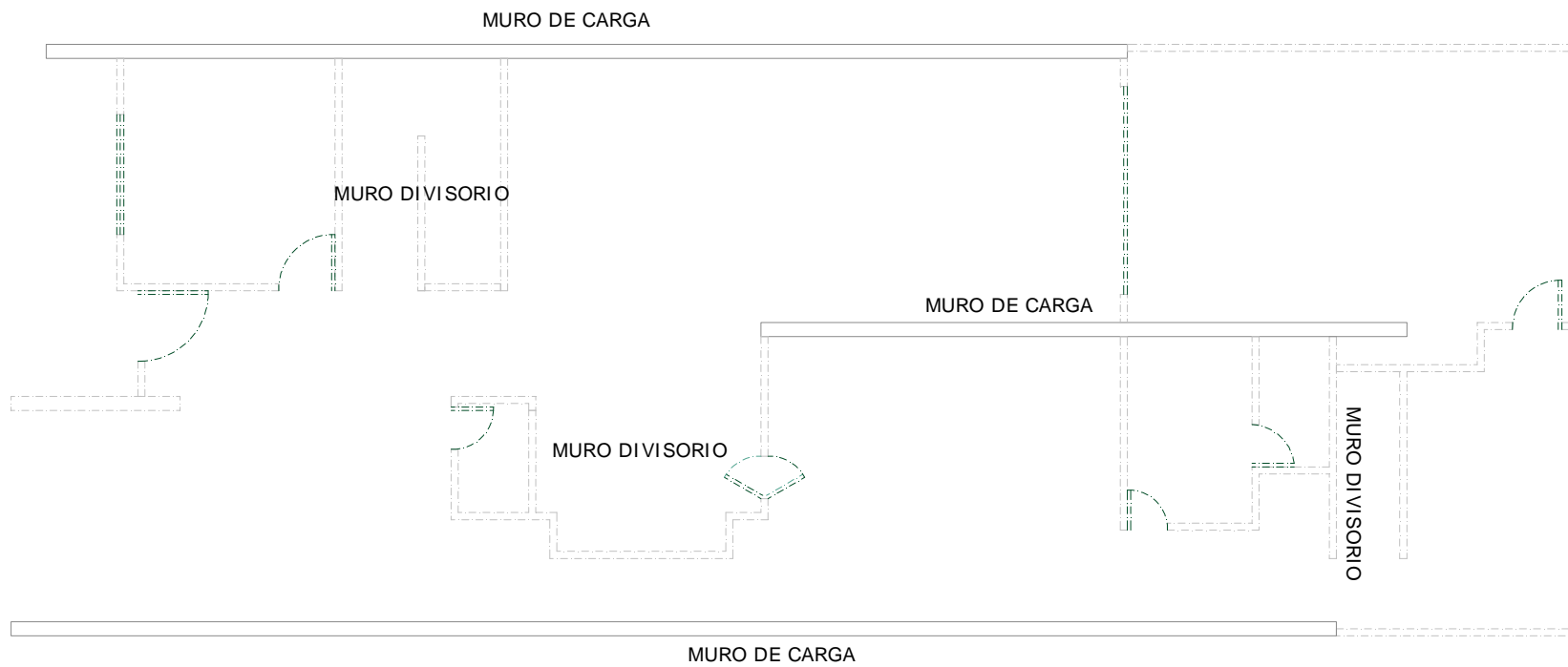
3.11 BARRIO CIUDADELA REAL DE MINAS. PLANTA ESTRUCTURAL



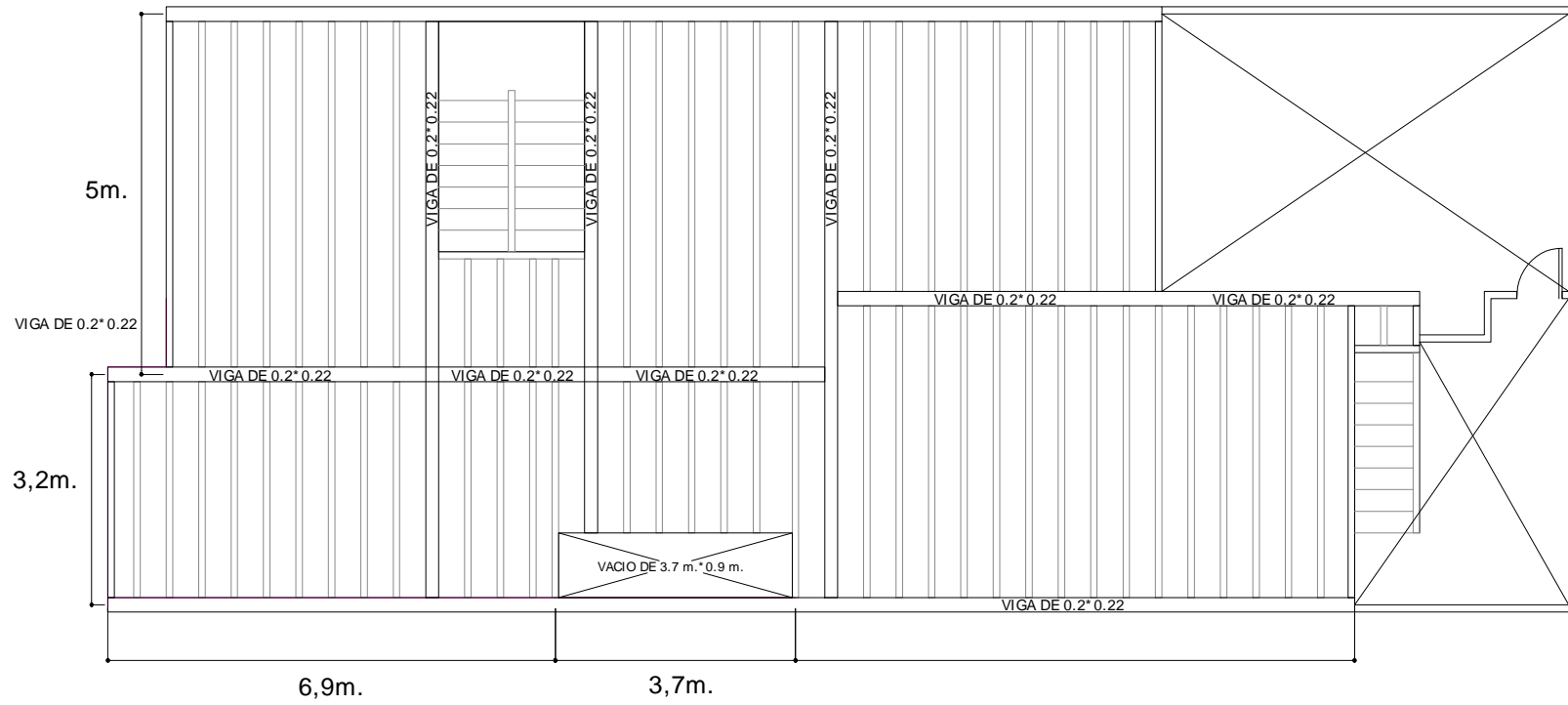
3.12 BARRIO MEJORAS PÚBLICAS Y SOTOMAYOR. ELEVACIÓN



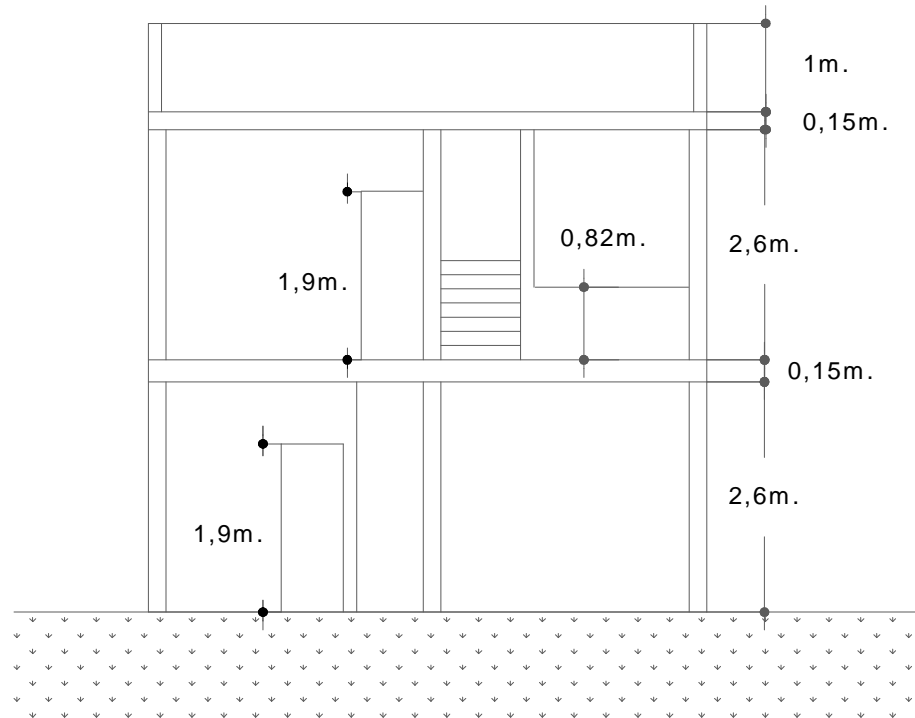
3.12 BARRIOS MEJORAS PÚBLICAS Y SOTOMAYOR. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_PRIMER PISO



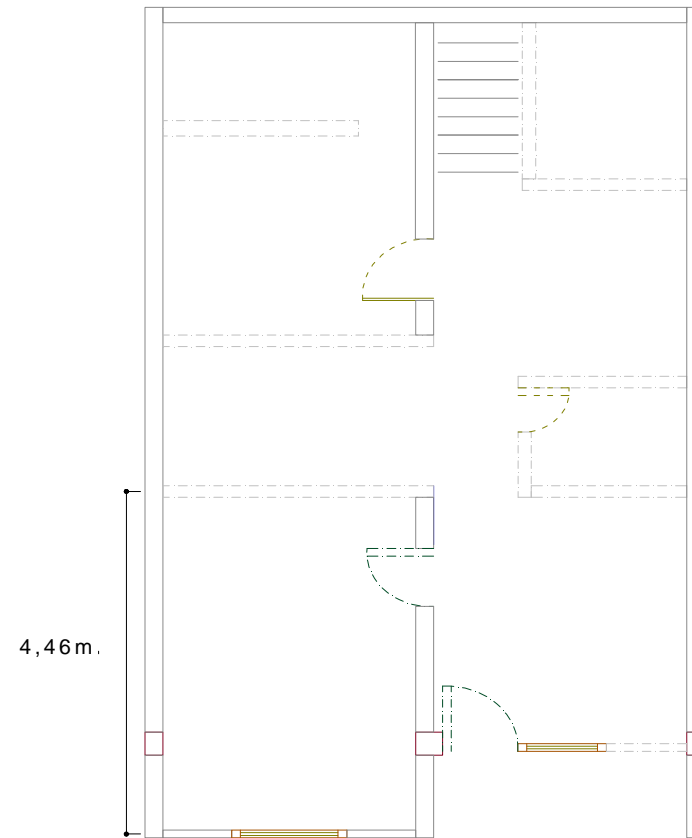
3.12 BARRIOS MEJORAS PÚBLICAS Y SOTOMAYOR. PLANTA ESTRUCTURAL



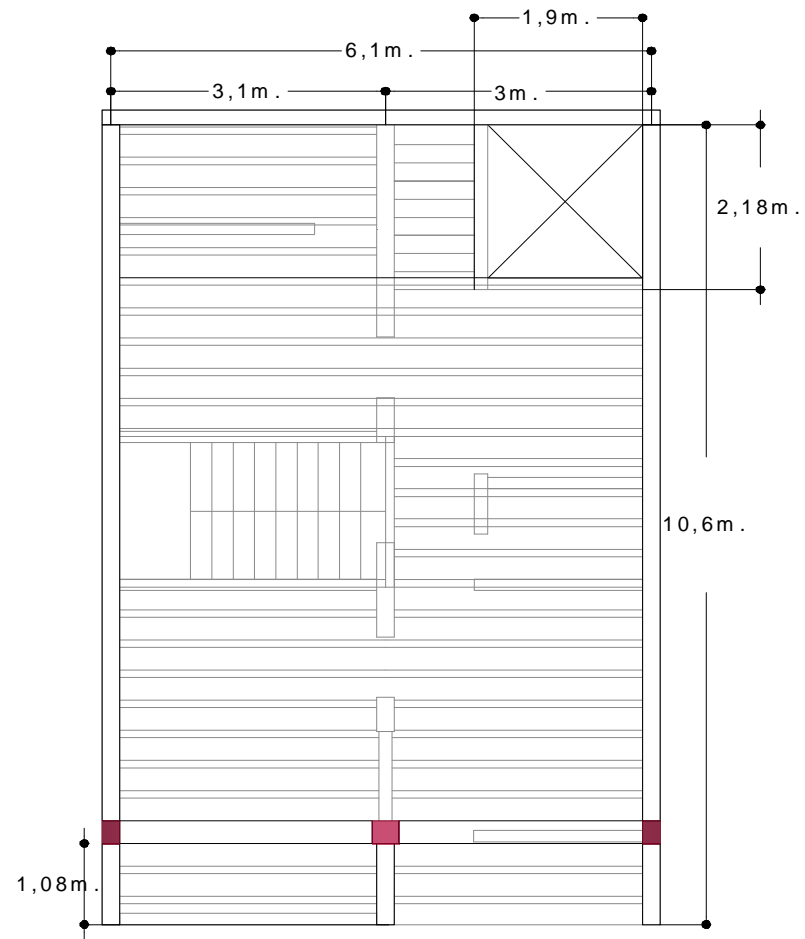
3.13 BARRIO BUENOS AIRES. ELEVACIÓN



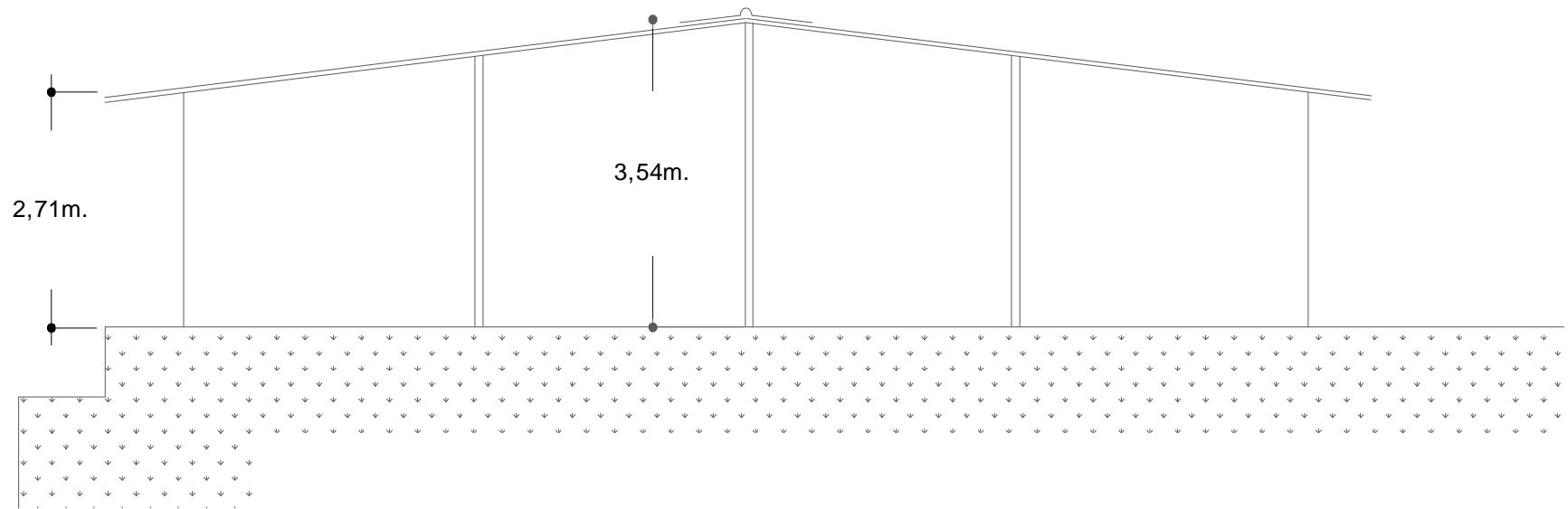
3.13 BARRIO BUENOS AIRES. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS_SEGUNDO PISO



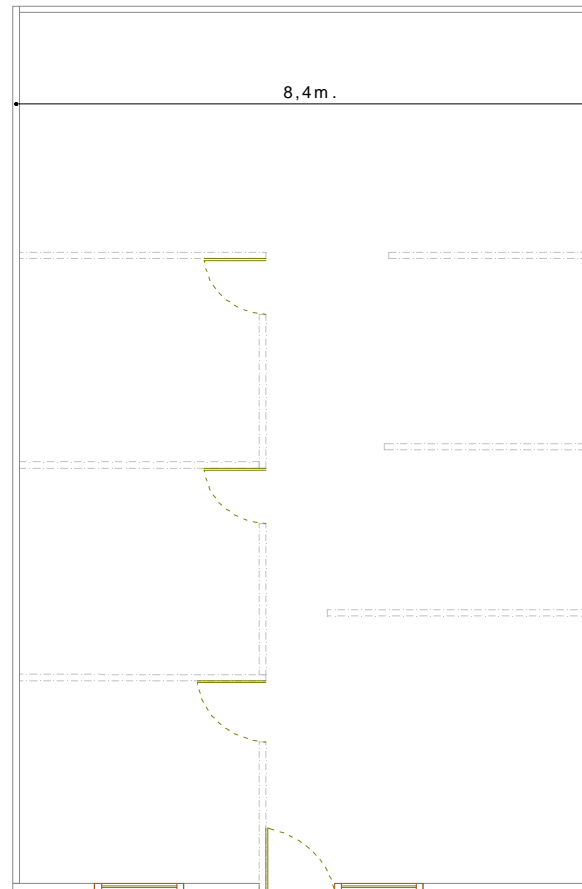
3.13 BARRIO BUENOS AIRES. PLANTA ESTRUCTURAL



3.14 BARRIOS BUENOS AIRES, MORRORICO Y MIRAFLOREZ. ELEVACIÓN



3.14 BARRIOS BUENOS AIRES, MORRORICO Y MIRAFLOREZ. PLANTA DISTRIBUCIÓN DE MUROS



ANEXO B. PARÁMETROS PROPUESTOS PARA LA EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD

INME - GNDT→

Parámetro 1: Sistema estructural

Este parámetro estima la eficacia de la estructura en función de la existencia de vigas y columnas; ignorando el tipo de material. Dado que estos elementos cumplen una función muy importante, de repartir de manera uniforme la carga, tanto vertical como horizontal a los muros, excluyendo de esa manera las concentraciones de esfuerzo.

- A** Edificación en mampostería confinada o reforzada en todas las plantas.
- B** Edificación en mampostería que solo posee vigas de confinamiento sin columnas o columnas sin vigas de confinamiento o, poseen vigas y columnas de confinamiento pero no en todas las plantas.
- C** Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en ninguna de las plantas.

Parámetro 2: Calidad del sistema resistente

Este parámetro estima la calidad de la mampostería; para ello se evalúa la regularidad de las propiedades del muro, de manera que se identifique la homogeneidad de su comportamiento. De esta forma, se puede conocer la distribución de esfuerzos en las unidades o concentraciones de esfuerzos en ciertos sitios y, consecuentemente, puntos débiles por donde el muro podría sufrir el fallo. Con este parámetro se espera evaluar la calidad del material y en cierta forma la calidad constitutiva del edificio. Para su evaluación se toman en cuenta tres aspectos: calidad del material, la homogeneidad y el ligamento de los elementos.

- 1. Calidad del material:** La buena calidad del material de mampostería es un parámetro difícil de evaluar a simple vista; sin embargo, se califica básicamente por la uniformidad de la forma, es decir si las piezas poseen

dimensiones constantes en toda la extensión del muro. El estado de la mampostería no se evalúa dado que este aspecto se estima en el ítem de estado de conservación. Luego, se dice que la buena y la baja calidad se pueden definir de la siguiente forma:

- a) Buena calidad: Dimensiones constantes de las piezas de mampostería en toda la extensión del muro.
- b) Baja calidad: Dimensiones no constantes de las piezas en toda la extensión del muro.

2. La homogeneidad: La homogeneidad del muro dependerá de dos aspectos:

- a) La correcta disposición y secuencia de los elementos que constituyen el muro, es decir las piezas de mampostería están colocadas de manera uniforme y continua hilada tras hilada.
- b) La no inclusión de diferentes tipos de unidades de mampostería.

De esta manera, la homogeneidad se puede calificar como:

- Homogéneo si todas las piezas dentro de los muros cumplen el aspecto (a)
- No muy homogéneo si algunas piezas cumplen el aspecto (a).
- No homogéneo si ninguna de las piezas cumple el aspecto (a) o no cumple el aspecto (b).

3. Calidad del ligamento de los elementos: Los lineamientos para evaluar la calidad de las juntas, el cual se realiza calificando el ligamento entre los elementos son los siguientes:

- a) La mampostería no se encuentra despegada del mortero.
- b) El espesor de la mayoría de las pegas está entre 0.7 y 1.3 cm, tanto vertical como horizontalmente.
- c) Las juntas son uniformes y continuas.

De esta manera se habla de buen o mal ligamento cuando:

- Buen ligamento: Si cumple las 3 condiciones anteriores.
- Mal ligamento: Si no cumple una de las 3 condiciones.

La clasificación de este ítem queda de la siguiente manera:

- A** Mampostería de buena calidad, con piezas homogéneas y presencia de buen ligamento.
- B** Mampostería de buena calidad, con piezas no muy homogéneas y bien ligadas.
- C** Mampostería de baja calidad con piezas homogéneas o no muy homogéneas y que se encuentran bien ligadas.
- D** Mampostería de buena o baja calidad, con piezas no homogéneas o mal ligadas.

Parámetro 3: Resistencia estructural

Este es un parámetro que evalúa la resistencia que puede presentar un edificio frente a cargas horizontales, mediante la relación entre el cortante resistente y el cortante actuante (utilizando la hipótesis del comportamiento de la estructura ortogonal cerrada, tipo cajón).

Para evaluar el cortante resistente, se utiliza el concepto del coeficiente sísmico, **C**, definido como la relación entre la fuerza máxima resistente horizontal y el peso del edificio, mediante las fórmulas siguientes:

$$C = \frac{\alpha_o * \tau_k}{q * N}$$

$$\alpha_o = \frac{A}{A_t}; A = \min[A_x; A_y]$$

$$q = \frac{(A_x + A_y) * h}{A_t} * P_m + P_s$$

Donde **N** es el número de pisos, **At** es el área total en planta (m²), **Ax** y **Ay** son las áreas totales resistentes de muros en la dirección “x” y “y” (m²). Las paredes consideradas como parte del esquema resistente a fuerzas laterales son aquellas que están vinculadas al sistema de entrepiso y que además no tienen aberturas que superen el 60% del área total de la pared; es decir, se dejan de considerar aquellas paredes que cumplen exclusivamente la función arquitectónica de dividir espacios y aquéllas con grandes aberturas, **h** es la altura en promedio de los entrepisos (m), **Pm** es el peso específico de la mampostería (Ton/m³), **Ps** es el peso por unidad de área del diafragma (Ton/m²), **q** representa el peso de un piso por unidad de área cubierta y es igual al peso de los muros más el peso del diafragma horizontal, asumiendo que no existen variaciones excesivas de masa entre los diferentes pisos del edificio. τ_k es la resistencia al cortante de muros de mampostería (Ton/m²). En el caso que la mampostería esté constituida de diferentes materiales, el valor de τ_k se determina como un promedio ponderado de los valores de resistencia a cortante para cada uno de los materiales τ_i , utilizando como factor de peso el porcentaje relativo en área **A_i** de cada uno de ellos, de lo contrario solo se utiliza el valor de la resistencia a cortante del tipo de mampostería única que existe.

$$\tau_k = \frac{\sum \tau_i * A_i}{\sum A_i}$$

La calificación final de este ítem se realiza mediante la relación $\alpha = C/Z$ donde **Z** es un coeficiente sísmico de referencia, que corresponde al mismo valor del espectro elástico de aceleraciones **Sa**, luego para edificaciones de mampostería con periodos pequeños, para el caso de Bucaramanga, **Z** es igual a 0.63.

De aquí, para este parámetro se tendrá que:

- **Calificación A.** Edificación con un valor de $\alpha \geq 1$.
- **Calificación B.** Edificación con un valor de α entre 0.6 y 1:
- **Calificación C.** Edificación con un valor de α entre 0.4 y 0.6:

- **Calificación D.** Edificación con un valor de $\alpha < 0.4$.

Casa Nº	C	Aa	Sa=Z	$\alpha = C / Z$	Calificación
1.1	0,288364	0,25	0,625	0,461382	C
1.2	0,348895	0,25	0,625	0,558232	C
1.3	0,173491	0,25	0,625	0,277586	D
1.4	0,334768	0,25	0,625	0,535629	C
1.5	0,192612	0,25	0,625	0,30818	D
1.6	0,256309	0,25	0,625	0,410094	C
1.7	0,232859	0,25	0,625	0,372575	D
2.1	0,358851	0,25	0,625	0,574162	C
2.2	0,440628	0,25	0,625	0,705005	B
2.3	0,381077	0,25	0,625	0,609724	B
2.4	0,309299	0,25	0,625	0,494879	C
2.5	0,358851	0,25	0,625	0,574162	C
2.6	0,350666	0,25	0,625	0,561065	C
2.7	0,252916	0,25	0,625	0,404666	C
2.8	0,367788	0,25	0,625	0,58846	C
2.9	0,350666	0,25	0,625	0,561065	C
2.10	0,290217	0,25	0,625	0,464347	C
2.11	0,243506	0,25	0,625	0,389609	D
2.12	0,28919	0,25	0,625	0,462705	C
2.13	0,268157	0,25	0,625	0,429052	C
2.14	0,250723	0,25	0,625	0,401156	C
2.15	0,324816	0,25	0,625	0,519706	C
2.16	0,323515	0,25	0,625	0,517624	C
2.17	1,190811	0,25	0,625	1,905297	A
2.18	0,549833	0,25	0,625	0,879733	B
2.19	0,416445	0,25	0,625	0,666312	B
3.1	0,350447	0,25	0,625	0,560716	C
3.2	0,333641	0,25	0,625	0,533826	C
3.3	0,494135	0,25	0,625	0,790616	B
3.4	0,268082	0,25	0,625	0,42893	C
3.5	0,886069	0,25	0,625	1,41771	A
3.6	0,481266	0,25	0,625	0,770026	B
3.7	0,211882	0,25	0,625	0,339012	D
3.8	0,200795	0,25	0,625	0,321273	D
3.9	0,141435	0,25	0,625	0,226296	D
3.10	0,133971	0,25	0,625	0,214353	D
3.11	0,399539	0,25	0,625	0,639262	B

3.12	0,119072	0,25	0,625	0,190516	D
3.13	0,278223	0,25	0,625	0,445156	C
3.14	0,278223	0,25	0,625	0,445156	C
3.15	0,757286	0,25	0,625	1,211657	A
3.16	1,796856	0,25	0,625	2,87497	A
3.17	0,76457	0,25	0,625	1,223312	A

Parámetro 4: Posición de la cimentación

Con este parámetro se busca evaluar la influencia del contorno, y la cimentación frente a una sollicitación sísmica, se tienen en cuenta aspectos como son: la posible ubicación de la fundación a diferentes alturas, y el empuje de tierra producido por un talud sobre la edificación. Hay que aclarar que debido a la imposibilidad física de determinar el tipo de cimentación existente o las características de ésta (por ejemplo existencia de vigas de amarre), en la edificación, se opta por no incluir este aspecto.

Por todo lo anterior este ítem se clasifica de la siguiente manera.

- **Calificación A.** La fundación está ubicada a una misma cota. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- **Calificación B.** La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro con ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén; ó, la fundación se encuentra a una misma cota pero hay presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- **Calificación C.** La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es inferior a 1 metro. Presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
- **Calificación D.** La diferencia máxima entre las cotas de la fundación es superior a 1 metro.

Parámetro 5: Suelo y pendiente del terreno

Para la calificación de este parámetro se considera la pendiente del terreno y la consistencia del suelo desde el punto de vista de la repuesta dinámica.

De esta forma se tiene:

- **Calificación A.** Edificación cimentada sobre roca o suelo rígido con pendiente inferior al 10%.
- **Calificación B.** Edificación cimentada sobre roca o suelo rígido con pendiente comprendida entre un 10 y un 30% o sobre Llenos con pendiente comprendida entre un 10% y un 20%.
- **Calificación C.** Edificación cimentada sobre llenos con pendiente comprendida entre un 20% y un 30% o sobre roca o suelo rígido con pendiente comprendida entre un 30% y un 50%.
- **Calificación D.** Edificación cimentado sobre llenos con pendiente mayor al 30% o roca o suelo rígido con pendiente mayor al 50%.

Parámetro 6: Diafragmas horizontales

Con este parámetro se busca evaluar dos aspectos, la suficiente rigidez del diafragma en el plano, y que las conexiones entre el diafragma y los elementos verticales, sean adecuados.

De esta manera se dice:

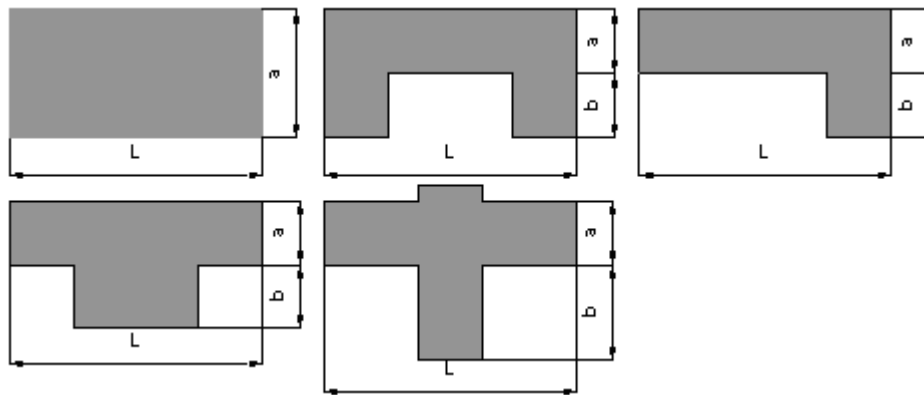
- **Calificación A.** Edificación con diafragmas, de cualquier naturaleza, que satisfacen las condiciones:
 1. Ausencia de planos a desnivel.
 2. El porcentaje de abertura en el diafragma es menor de un 30%.
 3. La placa de entepiso o diafragma se apoya de manera adecuada a los muros de soporte y proporciona continuidad y monolitismo.

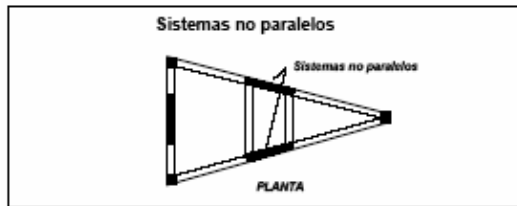
- **Calificación B.** Edificación con diafragma como los de la clase A, pero que no cumplen una de las condiciones.
- **Calificación C.** Edificación con diafragmas como los de la clase A, pero que no cumplen dos de las condiciones.
- **Calificación D.** Edificación cuyos diafragmas no cumplen ninguna de las tres condiciones.

Parámetro 7: Configuración en planta

Este ítem se evalúa en base a la relaciones geométricas a/L y b/L que son las relaciones entre el lado menor y mayor, y la consideración de posibles protuberancias. Además se agregan 2 tipos de irregularidades en planta establecidos en la NSR-98 **Calificación A.** Edificación con $a/L \geq 0.8$ ó $b/L \leq 0.1$.

- **Calificación B.** Edificación con $0.8 > a/L \geq 0.6$ ó $0.1 < b/L \leq 0.2$.
- **Calificación C.** Edificación con $0.6 > a/L \geq 0.4$ ó $0.2 < b/L \leq 0.3$ o presenta las irregularidades en planta de *sistemas no paralelos*.
- **Calificación D.** Edificación con $0.4 > a/L$ ó $0.3 < b/L$ o presenta la irregularidad en planta *desplazamientos de los planos de acción*.





Parámetro 8: Configuración en elevación

Este parámetro pretende evaluar la simetría de la distribución de la masa y la rigidez en altura. Este ítem se califica en función de la relación $\pm \Delta M/M$ entre dos pisos sucesivos, siendo ΔM la variación máxima de la masa en dos pisos sucesivos y M la masa del piso más bajo. La relación es positiva (+) si se trata de aumento o es negativa (-) si existe una disminución de masa hacia lo alto del edificio

- **Calificación A.** Edificación con $-\Delta M/M < 10\%$ o edificaciones de un solo piso.
- **Calificación B.** $10\% \leq -\Delta M/M < 20\%$.
- **Calificación C.** $-\Delta M/M > 20\%$.
- **Calificación D.** $+\Delta M/M > 0$.

Parámetro 9: Distancia máxima entre los muros

Con este parámetro se tiene en cuenta la presencia de muros cargueros interceptados por muros transversales ubicados a distancia excesiva entre ellos. Se evalúa a partir del espaciamiento de los muros transversales (L) y el espesor del muro maestro (S).

- **Calificación A.** Edificio con $L < 15 \cdot S$.
- **Calificación B.** Edificio con $L \geq 15 \cdot S$ y $L < 18 \cdot S$.
- **Calificación C.** Edificio con $L \geq 18 \cdot S$ y $L < 25 \cdot S$.

- **Calificación D.** Edificio con $L \geq 25^*S$.

Parámetro 10: Tipo de cubierta

Se estudia en este parámetro, la capacidad que tiene el techo de una edificación para resistir un movimiento provocado por la fuerza sísmica.

- **Calificación A.** Edificio con cubierta estable y provista de viga cumbreira; ó edificio con cubierta plana.
- **Calificación B.** Edificio con cubierta estable y bien conectada a los muros, pero sin viga cumbreira; ó edificio con cubierta parcialmente estable y provista de viga cumbreira.
- **Calificación C.** Edificio con cubierta que no cuenta con apoyo en uno de los extremos pero esta provista de viga cumbreira.
- **Calificación D.** Edificio con cubierta que no posee apoyo en uno de los extremos y no tiene viga cumbreira.

Parámetro 11: Estado de conservación

Se establece la clasificación de las clases de la siguiente manera:

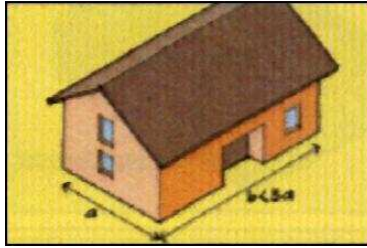
- **Calificación A.** Muros en buena condición, sin fisuras visibles.
- **Calificación B.** Muros que presentan fisuras no extendidas, producidas por causas diferentes a la acción sísmica.
- **Calificación C.** Muros con fisuras de tamaño medio entre 2 a 3 milímetros de ancho producidas por sismos ó, edificio que no presenta fisuras pero que se caracteriza por un estado mediocre de conservación de la mampostería.
- **Calificación D.** Muros que presentan un fuerte deterioro de sus materiales constituyentes ó, fisuras de más de 3 milímetros de ancho.

AIS →

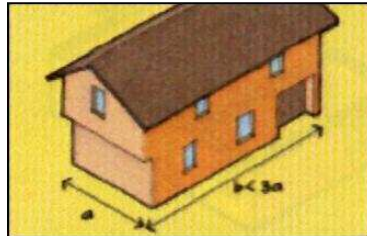
Aspectos Geométricos

Irregularidad en planta de la edificación

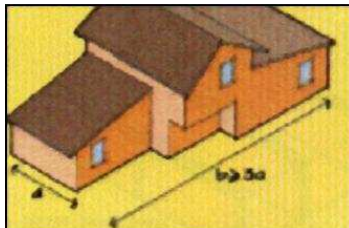
- Vulnerabilidad Baja (Figura 6.23).
Forma geométrica regular y aproximadamente simétrica.
Largo menor que 3 veces ancho.
No tiene “entradas y salidas” como las que se muestran en las otras dos figuras, visto tanto en planta como en altura.



- Vulnerabilidad baja: irregularidad en planta.
- Vulnerabilidad Media (Figura 6.24).
Presenta algunas irregularidades en planta o en altura no muy pronunciadas.



- Vulnerabilidad media: irregularidad en planta.
- Vulnerabilidad Alta (Figura 6.25).
El largo es mayor que 3 veces ancho.
La forma es irregular, con entradas y salidas abruptas.



Vulnerabilidad alta: irregularidad en planta.

Cantidad de muros en las dos direcciones

- Vulnerabilidad Baja (Figura 6.26).
Existen muros estructurales en las dos direcciones principales de la vivienda y estos son confinados o reforzados.
Hay una longitud totalizada de muros en cada una de las direcciones principales al menos igual al valor dado por:

$$L_o = \frac{(M_o \times A_p)}{t}$$

A_p: área en m² de la planta (si la cubierta es liviana, lámina, asbesto, cemento, A_p se puede multiplicar por 0.67).

t: espesor de muros.

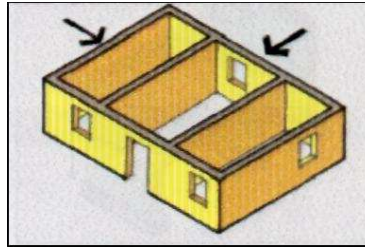
M_o: coeficiente que se obtiene de la siguiente tabla

Zona sísmica	A _a	M _o
Alta	0.40	33
	0.35	30
	0.30	25
	0.25	21
Intermedia	0.20	17
	0.15	13
Baja	0.10	8
	0.05	4

Valor M_o para diferentes zonas sísmicas.

- Vulnerabilidad baja: cantidad de muros en dos direcciones.
- Vulnerabilidad Media (Figura 6.27).
La mayoría de los muros se concentran en una sola dirección aunque existen unos o varios en la otra dirección.

La longitud de muros en la dirección de menor cantidad de muros es ligeramente inferior a la calculada con la fórmula anterior.



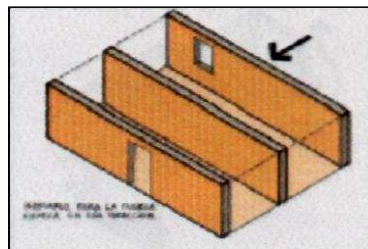
- Vulnerabilidad media: cantidad de muros en dos direcciones.

- Vulnerabilidad Alta

Más del 70% de los muros están en una sola dirección.

Hay muy pocos muros confinados o reforzados.

La longitud total de muros estructurales en cualquier dirección es mucho menor que la calculada con la ecuación anterior.

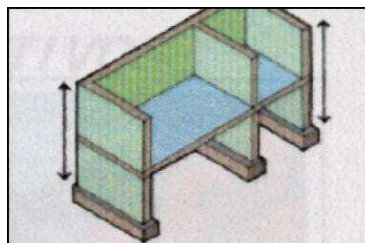


- Vulnerabilidad alta: cantidad de muros en dos direcciones.

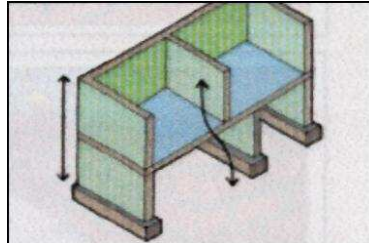
Irregularidad en altura

- Vulnerabilidad Baja (Figura 6.29).

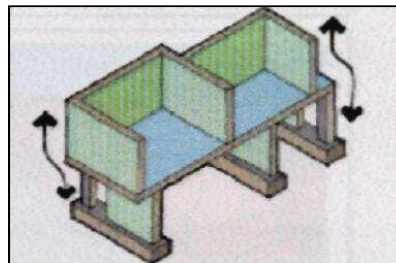
La mayoría de los muros estructurales son continuos desde la cimentación hasta la cubierta.



- Vulnerabilidad baja: irregularidad en altura.
- Vulnerabilidad Media
Algunos muros presentan discontinuidades desde la cimentación hasta la cubierta.



- Vulnerabilidad media: irregularidad en altura.
- Vulnerabilidad Alta
La mayoría de los muros no son continuos en altura desde su cimentación hasta la cubierta.
Cambios de alineación en el sistema de muros en dirección vertical.
Cambio de sistema de muros en pisos superiores a columnas en el piso inferior.



- Vulnerabilidad alta: irregularidad en altura.

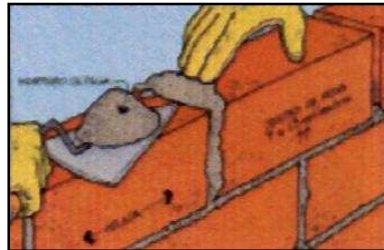
Aspectos Constructivos

Calidad de las juntas de pega en mortero

- Vulnerabilidad Baja
El espesor de la mayoría de las pegas está entre 0.7 y 1.3 cm.
Las juntas son uniformes y continuas.

Hay juntas de buena calidad vertical y horizontal rodeando cada unidad de mampostería.

El mortero es de buena calidad y presentan buena adherencia con la pieza de mampostería.

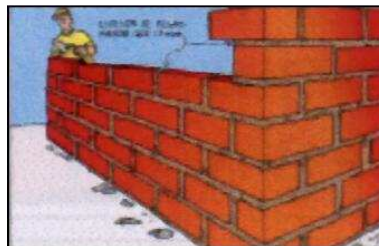


- Vulnerabilidad baja: calidad de las juntas de pega en mortero.
- Vulnerabilidad Media (Figura 6.33).

El espesor de la mayoría de las pegas es mayor a 1.3 cm o menor de 0.7 cm.

Las juntas no son uniformes.

No existen juntas verticales o son de mala calidad.



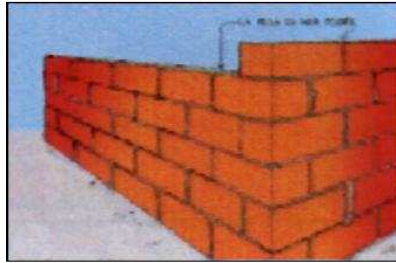
- Vulnerabilidad media: calidad de las juntas de pega en mortero.
- Vulnerabilidad Alta

La pega es muy pobre entre los bloques, casi inexistente.

Poca regularidad en la alineación de las piezas.

El mortero es de muy mala calidad o evidencia separación con las piezas de mampostería.

No existen juntas verticales y/o horizontales en zonas del muro.



- Vulnerabilidad alta: calidad de las juntas de pega en mortero.

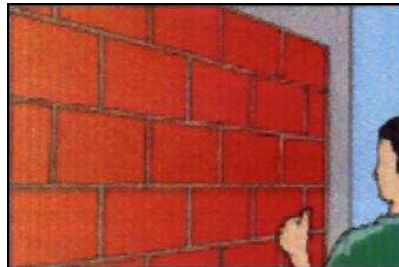
Tipo y disposición de las unidades de mampostería

- Vulnerabilidad Baja (Figura 6.35).

Las unidades de mampostería están trabadas.

Las unidades de mampostería son de buena calidad. No presentan agrietamientos importantes, no hay piezas deterioradas o rotas.

Las piezas están colocadas de manera uniforme y continua hilada tras hilada.



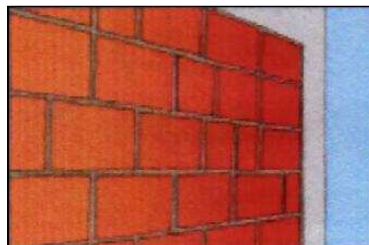
- Vulnerabilidad baja: tipo y disposición de las unidades de mampostería.

- Vulnerabilidad Media

Algunas piezas están trabadas, mientras otras no lo están. Siendo la mayoría de la primera clase.

Algunas piezas presentan agrietamiento o deterioro.

Algunas piezas están colocadas de manera uniforme y continua hilada tras hilada.

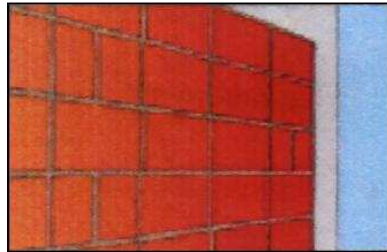


- Vulnerabilidad media: tipo y disposición de las unidades de mampostería.
- Vulnerabilidad Alta (Figura 6.37).

Las unidades de mampostería no están trabadas (petaca).

Las unidades de mampostería son de muy mala calidad. Se presentan agrietamientos importantes con piezas deterioradas o rotas.

Las piezas no están colocadas de manera uniforme y continua hiladas tras hiladas.



- Vulnerabilidad alta: tipo y disposición de las unidades de mampostería.

Calidad de los materiales

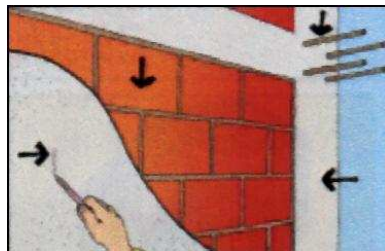
- Vulnerabilidad Baja

El mortero no se deja rayar o desmoronar con un clavo o herramienta metálica.

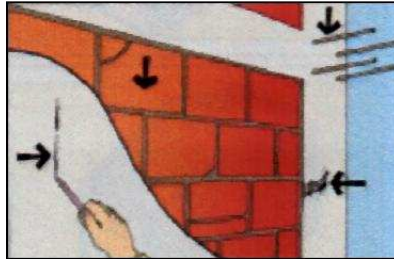
El concreto tiene buen aspecto, sin hormigueros y el acero no está expuesto.

En los elementos de confinamiento en concreto reforzado, hay estribos abundantes y por lo menos 3 a 4 barras No. 3 en sentido longitudinal.

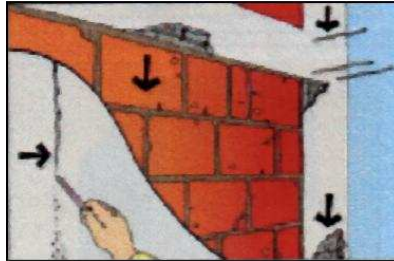
El ladrillo es de buena calidad, no está muy fisurado, quebrado, ni despegado y resiste caídas de por lo menos 2 metros de alto sin desintegrarse ni deteriorarse en forma apreciable.



- Vulnerabilidad baja: calidad de los materiales.
- Vulnerabilidad Media (Figura 6.39).
Se cumplen varios de los requisitos mencionados anteriormente.



- Vulnerabilidad media: calidad de los materiales.
- Vulnerabilidad Alta
No se cumplen más de dos requisitos de los mencionados anteriormente.



- Vulnerabilidad alta: calidad de los materiales.