

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA CIVIL**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**“EVALUACIÓN Y DISEÑO PARA LA REHABILITACIÓN DE LA  
VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS EN LA PARROQUIA  
PEDERNALES.”**

**AUTOR**

**OSORIO ARROYO DIEGO SAMUEL**

**DIRECTOR: ING. MARCELO GUERRA MSc - MDI**

**Quito, Diciembre 2017**

## RESUMEN

La presente disertación consistió en evaluar los daños y diseñar sistemas de mampostería que sirvan de reforzamiento para la vivienda del Sr. Walter Santos, ubicada en la parroquia de Pedernales. La misma que se vio afectada, luego del terremoto suscitado el pasado sábado 16 de abril de 2016, el cual produjo mayores daños en la zona costera del país. Las evaluaciones realizadas al inmueble se centraron en tres ejes fundamentales de la rehabilitación estructural, dando como resultado un bajo grado de vulnerabilidad sísmica, con una restringida ocupación de la estructura y un nivel de daños moderados de los diferentes elementos. Mediante la utilización del programa computacional ETABS 2016, se pudo realizar algunas modelaciones de la estructura y así conocer el comportamiento de la misma bajo cargas sísmicas en las condiciones actuales y también una vez aplicados los reforzamientos. Además, se realizó varios diseños sismorresistentes, de los diferentes elementos estructurales, los cuales permitieron realizar una comparación del refuerzo provisto con lo requerido. Concluyendo así, que la vivienda en estudio necesita ser reforzada para garantizar una futura ocupación y funcionalidad. Utilizando las diferentes bibliografías tanto nacionales como internacionales, se eligieron medidas de reforzamiento, tales como: mamposterías reforzadas, columna de confinamiento y muretes de hormigón. Las cuales fueron modeladas y estudiadas, logrando garantizar así una completa rehabilitación de la vivienda.

**Palabras Clave:** rehabilitación, reforzamiento, grado de vulnerabilidad, nivel de daño, modelación estructural, intervenciones.

## ABSTRACT

This research was to evaluate the damages and design masonry systems that would serve as reinforcement for the Mr. Walter Santos house, located in the Pedernales parish. This structure was affected, after the earthquake that occurred on Saturday, April 16, 2016, which caused major damage in the coast area of the country. The evaluations carried out on the property focused on three fundamental axes of structural rehabilitation, resulting in a low degree of seismic vulnerability, with a restricted occupation of the structure and a moderate level of damage to the different elements. With the ETABS 2016 computer program, some structural modeling was carried out, to know the behavior of the structure under seismic loads in the current conditions and when the different reinforcements were applied. Besides, were made resistant designs special moments, to the different structural elements, which allowed making a comparison of the reinforcement provided with the required. Concluding, that the housing in study needs to reinforce to guarantee a future occupation and functionality. Using different national and international bibliographies, were chose reinforcement measures, such as reinforced masonry, confinement column and concrete walls, which were modeling and studied, ensuring a complete rehabilitation of housing.

**Keywords:** rehabilitation, reinforcement, degree of vulnerability, level of damage, structural modeling, interventions.

## DEDICATORIA

A Dios principalmente por darme la vida, salud, la suficiente fuerza, el coraje, la valentía para luchar, seguir adelante cada día por conseguir mis metas y sueños, que sin él no serían más que ideas imposibles.

A mis padres, por su infinito amor, comprensión, apoyo, ayuda prestada en cada momento de mi vida, además de brindarme consejos que a pesar de la distancia me resultaron muy útiles. Logrando sembrar en mí, principios, valores y perseverancia, que gracias a los cuales he logrado conseguir objetivos con humildad y alegría. Gracias por su esfuerzo y dedicación demostrados, durante todo el tiempo que abarcó mi carrera “Ingeniería Civil”, permitiéndome así culminar con éxito la misma, al igual que todo el desarrollo de esta tesis de grado.

A mi hermana por estar presente en cada etapa de mi vida desde que nací, tanto en aciertos como desaciertos, siendo mi amiga, compañera, además de confidente, convirtiéndose en la persona que extendía su mano para levantarme cuando me caía o no podía ver la salida ante un problema, incluso cuando quería dejarlo todo, renunciar, ella siempre estuvo dándome el empujoncito que necesitaba para lograr cumplir mi sueño y convertirme en un profesional.

A mi abuelita materna y tía abuela quienes me han brindado su incansable apoyo emocional, económico, además de valiosos consejos, que más de una vez los recordaba al momento de tomar decisiones, los mismos que tenían la finalidad de verme feliz y ahorrarme muchos problemas que se me presenten en la vida y en el camino para conseguir mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por haber guiado mis pasos en cada semestre, bendecirme y gracias a su voluntad haber logrado lo que tanto anhelaba, graduarme sin inconvenientes en mi carrera.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, por haberme brindado la oportunidad de estudiar y formarme como un profesional.

Al Sr. Walter Santos, propietario de la vivienda objeto de esta disertación, por permitirme utilizar su estructura como modelo de estudio, además de facilitarme el acceso a la información necesaria para el desarrollo de mi tesis y sobre todo por la colaboración e interés prestado durante todo el proceso.

Al Ing. Marcelo Guerra, director de la presente disertación, quien ha sido una importante guía en todo el proceso de mi tesis, de igual manera a los lectores, el Ing. Patricio Castro y el Ing. Pablo Daza, por su ayuda brindada en la revisión del trabajo, al igual que sus conocimientos, experiencias y vivencias impartidas en el aula de clases.

A todos los docentes que contribuyeron a mi formación profesional, que forman parte del área de Ingeniería Civil, quienes con su esfuerzo han logrado formar en mí, un profesional y una persona con valores morales, éticos, con las suficientes armas y capacidades para enfrentar los nuevos retos que se me presente día a día en la vida profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPITULO I: GENERALIDADES</b> .....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>CAPITULO II: TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DE 2016 – ECUADOR</b> .....	4
2.1. DESCRIPCIÓN.....	4
2.2. MAGNITUD.....	6
2.2.1. DEFINICIÓN .....	6
2.2.2. MAGNITUD DE MOMENTO (Mw) .....	6
2.3. INTENSIDADES .....	7
2.3.1. DEFINICIÓN .....	7
2.3.2. ESCALA MACROSÍSMICA EUROPEA (EMS-98) .....	8
2.3.2.1. CLASIFICACIONES (EMS-98).....	8
2.3.3. NIVELES DE INTENSIDAD (TERREMOTO 16/04/2016 – ECUADOR).....	12
2.4. ACELERÓGRAFOS .....	13
2.4.1. DEFINICIÓN .....	13
2.4.2. ACELERACIÓN .....	14
2.4.3. ACELEROGRAMAS.....	14
2.4.3.1. EVALUACIÓN DE LOS ACELEROGRAMAS DISPONIBLES DEL TERREMOTO DEL 16 ABRIL DE 2016.....	15
2.4.4. RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS (RENAC) .....	18
2.5. ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	18
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN ESTRUCTURAL</b> .....	20
3.1. METODOLOGÍA.....	20
3.2. EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES (EVSE).....	21
3.2.1. DATOS DE LA EDIFICACIÓN .....	21
3.2.2. DATOS DEL PROFESIONAL .....	23
3.2.3. ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN .....	23
3.2.4. FOTOGRAFÍA .....	23
3.2.5. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL .....	23
3.2.6. MODIFICADORES .....	29
3.2.7. IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN.....	30
3.2.8. CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN.....	35

3.2.9. TIPO DE SUELO .....	36
3.2.10. PUNTAJE FINAL, S Y GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA .....	38
3.2.11. OBSERVACIONES .....	39
3.2.12. FORMULARIO: “EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES (EVSE)” .....	40
3.3. APLICACIÓN DEL FORMULARIO (EVSE) EN LA VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS .....	41
3.4. EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE ESTRUCTURAS POST – EVENTO (EEPE) .....	47
3.4.1. INSPECCIÓN .....	47
3.4.2. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN .....	48
3.4.3. EVALUACIÓN.....	48
3.4.4. MARCACIÓN.....	49
3.4.5. FUTURAS ACCIONES.....	51
3.4.6. OBSERVACIONES .....	51
3.4.7. FORMULARIO: “EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE ESTRUCTURAS POST - EVENTO (EEPE)”.....	52
3.5. APLICACIÓN DEL FORMULARIO (EEPE) EN LA VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS .....	53
3.6. EVALUACIÓN PRÁCTICA RÁPIDA DEL NIVEL DE DAÑOS EN EDIFICACIONES (ENDE) .....	57
3.6.1. DATOS DE LA EDIFICACIÓN .....	58
3.6.2. DATOS DEL PROFESIONAL .....	59
3.6.3. ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN .....	59
3.6.4. FOTOGRAFÍA .....	60
3.6.5. ELEMENTOS SUSCEPTIBLES A SUFRIR DAÑOS EN VIVIENDAS.....	60
3.6.5.1. MAMPOSTERÍA NO REFORZADA .....	60
3.6.5.2. MAMPOSTERÍA CONFINADA.....	61
3.6.5.3. MAMPOSTERÍA REFORZADA.....	62
3.6.6. CALIFICACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO EN ELEMENTOS INDIVIDUALES... 63	
3.6.6.1. MAMPOSTERÍA NO REFORZADA .....	63
3.6.6.1.1. MUROS CORTOS O PILASTRAS.....	63
3.6.6.1.2. DINTELES Y ANTEPECHO .....	65
3.6.6.1.3. MUROS FUERTES.....	66
3.6.6.2. MAMPOSTERÍA CONFINADA.....	70
3.6.6.2.1. PANELES .....	70
3.6.6.2.2. ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (VIGAS - COLUMNAS).....	73
3.6.6.3. MAMPOSTERÍA REFORZADA.....	76
3.6.6.3.1. MUROS FUERTES.....	76

3.6.6.3.2. MUROS DÉBILES .....	79
3.6.6.3.3. VIGAS (ACOPLE) DÉBILES .....	80
3.6.7. OBSERVACIONES .....	81
3.6.8. FORMULARIO: “EVALUACIÓN PRÁCTICA RÁPIDA DEL NIVEL DE DAÑOS EN EDIFICACIONES (ENDE)” .....	82
3.7. APLICACIÓN DEL FORMULARIO (ENDE) EN LA VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS .....	83
<b>CAPITULO IV: MODELACIÓN ESTRUCTURAL EN EL PROGRAMA ETABS 2016</b> .....	<b>98</b>
4.1. DESCRIPCIÓN .....	98
4.2. MODELACIÓN ESTRUCTURAL .....	98
4.3. GEOMETRÍA DE LA VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS .....	99
4.4. LOSA DE ENTREPISO .....	103
4.4.1. CARGA MUERTA .....	104
4.4.1.1. PESO DE MAMPOSTERÍA – PARED .....	104
4.4.1.2. CARGA MUERTA TOTAL – LOSA NERVADA DE ENTREPISO .....	106
4.4.2. LOSA EQUIVALENTE – LOSA ALIVIANADA .....	107
4.4.3. CARGA VIVA TOTAL .....	108
4.5. CUBIERTA VIVIENDA .....	108
4.5.1. CARGA MUERTA .....	109
4.5.1.1. CARGA MUERTA TOTAL – CUBIERTA .....	109
4.5.2. CARGA VIVA TOTAL .....	110
4.6. CARGA SÍSMICA APLICADA A LA VIVIENDA .....	111
4.7. MODELACIÓN EN ETABS 2016 .....	116
4.7.1. ESTADOS DE CARGA .....	116
4.7.2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES .....	117
4.7.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	121
4.7.4. MODELACIÓN ESTRUCTURAL N°1 .....	123
4.7.4.1. CARGAS PERMANENTES .....	124
4.7.4.1.1. LOSA DE ENTREPISO .....	124
4.7.4.1.2. CUBIERTA (VIGAS – LINEAL) .....	124
4.7.4.2. CARGAS VIVAS .....	126
4.7.4.2.1. CUBIERTA (VIGAS – LINEAL) .....	126
4.7.4.2.2. DERIVAS DE PISO .....	127
4.7.4.2.2.1. DERIVA MÁXIMA INELÁSTICA .....	127
4.7.4.2.3. RESULTADOS – DISEÑO (ACI 318-14S) .....	130
4.7.5. MODELACIÓN ESTRUCTURAL N°2 .....	133
4.7.5.1. CARGAS PERMANENTES .....	133
4.7.5.1.1. LOSA DE ENTREPISO .....	133

4.7.5.1.2. CUBIERTA.....	134
4.7.5.2. DERIVAS DE PISO .....	135
4.7.5.3. RESULTADOS – DISEÑO (ACI 318-14S).....	138
4.8. DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	141
4.8.1. VIGAS DE PÓRTICOS ESPECIALES RESISTENTES A MOMENTO.....	141
4.8.1.1. VIGAS 25x20 CM – EJE 1 (A-D).....	141
4.8.1.1.1. REFUERZO LONGITUDINAL MÍNIMO .....	142
4.8.1.1.2. ESTRIBOS POR CAPACIDAD .....	143
4.8.1.1.3. CONEXIÓN (NUDO) VIGA – COLUMNA .....	144
4.8.1.1.4. SEPARACIÓN DE ESTRIBOS.....	145
4.8.1.2. VIGAS 40x20 CM – EJE E (1-9) .....	145
4.8.1.2.1. REFUERZO LONGITUDINAL MÍNIMO .....	146
4.8.1.2.2. ESTRIBOS POR CAPACIDAD .....	147
4.8.1.2.3. CONEXIÓN (NUDO) VIGA – COLUMNA .....	148
4.8.1.2.4. SEPARACIÓN DE ESTRIBOS.....	149
4.8.1.3. RESUMEN DE DISEÑOS FINALES DE VIGAS.....	149
4.8.2. COLUMNAS DE PÓRTICOS ESPECIALES RESISTENTES A MOMENTO	151
4.8.2.1. COLUMNAS 25x25 cm.....	151
4.8.2.1.1. REFUERZO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL.....	152
4.8.2.1.2. SEPARACIÓN DE ESTRIBOS.....	153
4.8.2.2. RESUMEN DE DISEÑOS FINALES DE COLUMNAS .....	154
4.9. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ELEMENTOS PROVISTOS VS. ELEMENTOS REQUERIDOS.....	155
<b>CAPITULO V: REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL – SISTEMAS DE MAMPOSTERÍA.....</b>	<b>158</b>
5.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	158
5.2. INTERVENCIONES.....	161
5.2.1. REPARACIÓN ESTRUCTURAL.....	162
5.2.1.1. INYECCIÓN DE GRIETAS CON EPÓXICO.....	162
5.2.2. REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL .....	166
5.2.2.1. CONSTRUCCIÓN DE UNA COLUMNETA DE CONFINAMIENTO EN CONCRETO REFORZADO (FACHADA FRONTAL – EJE1).....	166
5.2.2.2. REEMPLAZO DE MUROS NO ESTRUCTURALES O MUROS CON ABERTURAS.....	169
5.2.2.3. REVESTIMIENTO ESTRUCTURAL EN CONCRETO REFORZADO .....	172
5.2.2.4. MURETES DE HORMIGÓN ARMADO EN LAS ESCALERAS .....	177
5.3. MODELACIÓN ESTRUCTURAL N°3 .....	179
5.3.1. MAMPOSTERÍA REFORZADA - MAMPOSTERÍA .....	180

5.3.1.1. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES .....	180
5.3.1.2. MAMPOSTERÍA CONTRACHAPADA .....	181
5.3.1.3. INTERVENCIONES Y READECUACIONES ESTRUCTURALES .....	182
5.3.1.4. DERIVAS DE PISO .....	184
5.3.1.5. RESULTADOS – DISEÑO (ACI 318-14S).....	187
5.3.1.6. ESFUERZOS EN MAMPOSTERÍAS .....	189
5.4. ANÁLISIS REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL.....	190
5.5. PLANOS REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL – VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS .....	195
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>196</b>
6.1. CONCLUSIONES .....	196
6.2. RECOMENDACIONES .....	197
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>200</b>

## LISTA DE SÍMBOLOS O ABREVIATURAS

- **ACI:** American Concrete Institute.
- **AIS:** Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.
- **ANSI:** American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares).
- **ASCE:** American Society of Civil Engineers.
- **ASTM:** American Society of Testing Materials (Asociación Americana de Ensayo de Materiales).
- **ATC:** Applied Technology Council.
- **CEC:** Código Ecuatoriano de la Construcción.
- **C<sub>t</sub>:** Coeficiente que depende del tipo de edificio.
- **DSR:** Diseño Sismorresistente.
- **E:** Módulo de Elasticidad.
- **EEPE:** Evaluación Visual Rápida de Estructuras Post – Evento.
- **EMS:** Escala Macrosísmica Europea.
- **ENDE:** Evaluación Práctica Rápida del Nivel de Daños en Edificaciones.
- **EPN:** Escuela Politécnica Nacional.
- **ETABS:** Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems (Análisis Tridimensional Extendido de Edificaciones).
- **EVSE:** Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones.
- **F<sub>a</sub>:** Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.
- **F<sub>d</sub>:** Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.
- **FEMA:** Federal Emergency Management Agency.
- **F<sub>s</sub>:** Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.
- **G:** Módulo de Rigidez.

- **GPS:** Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System).
- **HA:** Hormigón Armado.
- **hn:** Altura en metros, medida desde la base, del piso más alto del edificio.
- **I:** Coeficiente de Importancia.
- **Mw:** Escala Sismológica de Magnitud de Momento.
- **N:** Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo.
- **NEC:** Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- $\emptyset_E$ : Coeficiente de Regularidad en Elevación.
- $\emptyset_P$ : Coeficiente de Regularidad en Planta.
- **PGA:** Aceleración Máxima del Suelo.
- **R:** Factor de reducción de resistencia sísmica.
- **REMACH:** Reserva Ecológica Mache – Chindul.
- **RENAC:** Red Nacional de Acelerógrafos.
- **Sa o Sa(T):** Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g), definido para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico igual a 5%. Depende del período o modo de vibración de la estructura.
- **Su:** Resistencia al Corte No Drenado.
- **T:** Período fundamental de vibración de la estructura.
- **UBC:** Uniform Building Code.
- **V:** Cortante total en la base de la estructura para el DBF.
- **Vs:** Velocidad de onda cortante promedio del suelo que sobreyace al semi espacio.
- **Z:** Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad (g).
- $\alpha$ : Impedancia del Semi Espacio  $\alpha = \rho_s v_s / \rho_0 v_0$ .
- $\eta$ : Razón entre la aceleración espectral Sa a período estructural  $T = 0.1$  s y el PGA para el período de retorno seleccionado. su valor depende de la región del Ecuador.
- $\mu$ : Coeficiente de Poisson.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Crisis Sísmica – 16A16.....	4
Figura 2: Número de réplicas por hora desde las 18h58. ....	5
Figura 3: Crisis Sísmica (Premonitor – Terremoto – Replicas) 16/04/2016.....	6
Figura 4: Magnitud de Momento (Mw), Terremoto Ecuador - 16/04/2016.....	7
Figura 5: Clases de Vulnerabilidad – EMS-98.....	9
Figura 6: Mapa de Intensidades Terremoto 16/04/2016 – Ecuador.....	13
Figura 7: Acelerogramas, ordenados con respecto a la distancia epicentral. ....	16
Figura 8: Señales de Aceleración y Espectros de Respuesta para la Estación Portoviejo.....	17
Figura 9: Señales de Aceleración y Espectros de Respuesta para la Estación Manta.....	17
Figura 10: Distribución de acelerógrafos en el Ecuador.....	18
Figura 11: Mapa Geológico – Cantón Pedernales.....	19
Figura 12: Madera (W1). ....	24
Figura 13: Mampostería sin Refuerzo (URM).....	25
Figura 14: Mampostería Reforzada (RM). ....	25
Figura 15: Mixta Acero-Hormigón o Mixta Madera-Hormigón (MX).....	25
Figura 16: Pórticos de Hormigón Armado (C1). ....	26
Figura 17: Pórticos de Hormigón Armado con Muros Estructurales (C2).....	26
Figura 18: Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería sin Refuerzo (C3). ....	27
Figura 19: Hormigón Armado Prefabricado (PC).....	27
Figura 20. Pórticos Acero Laminado (S1).....	27
Figura 21: Pórticos de Acero Laminado con Diagonales (S2). ....	28
Figura 22: Pórtico de Acero Doblado en Frío (S3). ....	28
Figura 23: Pórtico de Acero Laminado con Muros Estructurales de Hormigón Armado (S4). ....	29
Figura 24: Pórticos de Acero con Paredes de Mampostería (S5).....	29
Figura 25: Irregularidad Vertical: Irregularidad Geométrica. ....	30
Figura 26: Irregularidad Vertical: Irregularidad por Ubicación.....	31
Figura 27: Irregularidad Vertical: Piso Débil. ....	31
Figura 28: Irregularidad Vertical: Columna Corta o Larga.....	31
Figura 29: Irregularidad Vertical: Ejes Verticales Discontinuos o Muros Soportados por Columnas.....	32
Figura 30: Irregularidad Vertical: Distribución de Masa.....	32
Figura 31: Irregularidad Vertical: Piso Flexible. ....	33
Figura 32: Irregularidad Vertical: Adiciones.....	33

Figura 33: Irregularidad en Planta: Configuración en Planta. ....	33
Figura 34: Irregularidad en Planta: Discontinuidades en el Sistema de Piso. ....	34
Figura 35: Irregularidad en Planta: Ejes Estructurales No Paralelos. ....	34
Figura 36: Irregularidad en Planta: Torsional. ....	35
Figura 37: Irregularidad en Planta: Adiciones. ....	35
Figura 38: Formulario: “Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones (EVSE)” . ....	40
Figura 39: Vivienda Sr. Walter Santos: Tipología del Sistema Estructural. ....	41
Figura 40: Irregularidades en Planta “Vivienda Sr. Walter Santos” . ....	42
Figura 41: Irregularidad – 1 . ....	43
Figura 42: Irregularidad – 2 . ....	43
Figura 43: Irregularidad – 3 . ....	43
Figura 44: Irregularidad – 4 . ....	44
Figura 45: Mapa de Pedernales – Vivienda del Sr. Walter Santos . ....	45
Figura 46: Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones (EVSE) “Vivienda del Sr. Walter Santos” . ....	46
Figura 47: Pancarta de Inspección: Inspeccionado. ....	50
Figura 48: Pancarta de Inspección: Uso Restringido. ....	50
Figura 49: Pancarta de Inspección: Inseguro. ....	51
Figura 50: Formulario: “Evaluación Visual Rápida de Estructuras Post – Evento (EEPE)” . ....	52
Figura 51: Inspección de las Áreas Exteriores e Interiores aplicando el Formulario (EEPE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” . ....	53
Figura 52: Evaluación de Condiciones Observadas Formulario (EEPE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” . ....	54
Figura 53: Pancarta Uso Restringido (Amarilla) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” . ....	55
Figura 54: Evaluación Visual Rápida de Estructuras Post - Evento (EEPE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” . ....	56
Figura 55: Muros Cortos o Pilastras. ....	60
Figura 56: Dinteles y Antepechos . ....	60
Figura 57: Muros Fuertes. ....	61
Figura 58: Paneles . ....	61
Figura 59: Elementos de Confinamiento (Vigas – Columnas). ....	61
Figura 60: Muros Fuertes. ....	62
Figura 61: Muros Débiles. ....	62
Figura 62: Vigas (Acople) Débiles. ....	62
Figura 63: Rotación Muro- Pilastra. ....	63

Figura 64: Deslizamiento de las Juntas Horizontales.....	64
Figura 65: Tensión Diagonal. ....	64
Figura 66: Rotación en Elementos de Soporte. ....	65
Figura 67: Rotación en Elementos de Soporte. ....	66
Figura 68: Flexión / Rotura de la Base / Deslizamiento de las Juntas Horizontales. ...	67
Figura 69: Grietas por Flexión / Rotura de la Base. ....	68
Figura 70: Flexión Fuera del Plano del Muro.....	69
Figura 71: Rotura y Fisuración en las Esquinas. ....	70
Figura 72: Tensión Diagonal. ....	71
Figura 73: Desplazamiento de las Juntas Horizontales. ....	71
Figura 74: Rotura Diagonal y de las Esquinas. ....	72
Figura 75: Efectos Fuera del Plano del Muro. ....	73
Figura 76: Agrietamiento de la Columna por Falla a Cortante. ....	73
Figura 77: Falla en el Empalme del Traslape. ....	74
Figura 78: Daño en la Conexión Viga – Columna. ....	75
Figura 79: Flexión Débil. ....	76
Figura 80: Flexión / Cortante.....	77
Figura 81: Flexión / Deslizamiento por Corte. ....	77
Figura 82: Flexión / Inestabilidad Fuera del Plano. ....	78
Figura 83: Flexión / Deslizamiento de las Uniones Traslapadas. ....	79
Figura 84: Flexión / Cortante.....	79
Figura 85: Cortante Puro.....	80
Figura 86: Flexión / Cortante.....	81
Figura 87: Cortante Puro.....	81
Figura 88: Formulario: “Evaluación Práctica Rápida del Nivel de Daños de Edificaciones (EEPE)” . ....	82
Figura 89: Inspección de las Áreas Exteriores e Interiores aplicando el Formulario (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	83
Figura 90: Muros Cortos o Pilastras: Rotación Muro o Pilastras (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	84
Figura 91: Muros Cortos o Pilastras: Deslizamiento de Juntas Horizontales (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” . ....	85
Figura 92: Muros Cortos o Pilastras: Tensión Diagonal (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” . ....	86
Figura 93: Dinteles y Antepecho: Rotación en Elementos de Soporte (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” . ....	86

Figura 94: Dinteles y Antepecho: Rotación y Eventual Desplazamiento Relativo en Elementos de Soporte (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	87
Figura 95: Muros Fuertes: Flexión / Rotura de la Base / Deslizamiento de las Juntas Horizontales (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	88
Figura 96: Muros Fuertes: Grietas por Flexión / Rotura de la Base (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	88
Figura 97: Muros Fuertes: Flexión Fuera del Plano del Muro (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	89
Figura 98: Paneles: Rotura y Fisuración de las Esquinas (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	90
Figura 99: Paneles: Tensión Diagonal (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	90
Figura 100: Paneles: Desplazamientos de las Juntas Horizontales (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	91
Figura 101: Paneles: Rotura Diagonal y de las Esquinas (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	92
Figura 102: Paneles: Rotura Diagonal y de las Esquinas (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	92
Figura 103: Elementos de Confinamiento (Vigas – Columnas): Agrietamiento de la Columna por Falla a Cortante (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	93
Figura 104: Elementos de Confinamiento (Vigas – Columnas): Falla en el Empalme del Traslape (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	94
Figura 105: Elementos de Confinamiento (Vigas – Columnas): Daño en la Conexión Viga – Columna (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	94
Figura 106: Escaleras: Daño en Escaleras de Hormigón Armado – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	96
Figura 107: Evaluación Práctica Rápida del Nivel de Daños en Edificaciones (ENDE) “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	97
Figura 108: Planos Arquitectónicos Originales – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	99
Figura 109: Área de la Cocina – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	100
Figura 110: Espesor de Paredes – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	100
Figura 111: Secciones Columnas – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	101
Figura 112: Tanque Elevado – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	101
Figura 113: Cubiertas Regulares – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	102
Figura 114: Lavandería – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	102
Figura 115: Planos Modificados – “Vivienda del Sr. Walter Santos” .....	103
Figura 116: Planta: Losa Alivianada 25 cm. ....	103
Figura 117: Elevación: Losa Alivianada 25 cm. ....	104

Figura 118: Corte Típico Mampostería.....	105
Figura 119: Sección Losa Alivianada.....	107
Figura 120: Losa Maciza Equivalente.....	107
Figura 121: Corte Cubierta “Vivienda del Sr. Walter Santos”.....	109
Figura 122: Corte Típico Cubierta.....	109
Figura 123: Factor Z y Coeficientes de Perfil de Suelo – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.....	114
Figura 124: Cálculo del Cortante Basal – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.....	115
Figura 125: Hormigón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ – Modelación ETABS 2016.....	118
Figura 126: Mampostería $f'm = 25 \text{ kg/cm}^2$ – Modelación ETABS 2016.....	119
Figura 127: Madera $\gamma = 750 \text{ kg/m}^3$ – Modelación ETABS 2016.....	120
Figura 128: Sección Columna 25x25 cm – Modelación ETABS 2016.....	121
Figura 129: Sección Viga 25x20 cm – Modelación ETABS 2016.....	121
Figura 130: Sección Viga 40x20 cm – Modelación ETABS 2016.....	122
Figura 131: Sección Correa de Madera 6x12 cm – Modelación ETABS 2016.....	122
Figura 132: Sección Correa de Madera 12x12 cm – Modelación ETABS 2016.....	123
Figura 133: Anchos Cooperantes Cubierta 1 – Modelación N°1 ETABS 2016.....	125
Figura 134: Anchos Cooperantes Cubierta 2 – Modelación N°1 ETABS 2016.....	126
Figura 135: Derivas Máximas Sismo X – Modelación N°1 ETABS 2016.....	128
Figura 136: Derivas Máximas Sismo Y – Modelación N°1 ETABS 2016.....	129
Figura 137: Diseño 3D (ACI 318-14S) – Modelación N°1 ETABS 2016.....	130
Figura 138: Diseño Eje 1 (ACI 318-14S) – Modelación N°1 ETABS 2016.....	131
Figura 139: Diseño Eje E (ACI 318-14S) – Modelación N°1 ETABS 2016.....	131
Figura 140: Falla de Corte en el Nudo (3D) – Modelación N°1 ETABS 2016.....	132
Figura 141: Falla de Corte en el Nudo (Eje E) – Modelación N°1 ETABS 2016.....	132
Figura 142: Esquemmatización de Cubiertas 1 y 2 – Modelación N°2 ETABS 2016....	135
Figura 143: Derivas Máximas Sismo X – Modelación N°2 ETABS 2016.....	136
Figura 144: Derivas Máximas Sismo Y – Modelación N°2 ETABS 2016.....	137
Figura 145: Diseño 3D (ACI 318-14S) – Modelación N°2 ETABS 2016.....	138
Figura 146: Diseño Eje 1 (ACI 318-14S) – Modelación N°2 ETABS 2016.....	139
Figura 147: Diseño Eje E (ACI 318-14S) – Modelación N°2 ETABS 2016.....	139
Figura 148: Falla de Corte en el Nudo (3D) – Modelación N°2 ETABS 2016.....	140
Figura 149: Falla de Corte en el Nudo (Eje E) – Modelación N°2 ETABS 2016.....	140
Figura 150: Refuerzo Longitudinal V25x20 – Diseño Sismorresistente.....	142
Figura 151: Refuerzo Transversal V25x20 – Diseño Sismorresistente.....	143
Figura 152: Conexión Viga - Columna V25x20 – Diseño Sismorresistente.....	144
Figura 153: Separación Estribos V25x20 – Diseño Sismorresistente.....	145

Figura 154: Refuerzo Longitudinal V40x20 – Diseño Sismorresistente.....	146
Figura 155: Refuerzo Transversal V40x20 – Diseño Sismorresistente. ....	147
Figura 156: Conexión Viga - Columna V40x20 – Diseño Sismorresistente.....	148
Figura 157: Separación Estribos V40x20 – Diseño Sismorresistente.....	149
Figura 158: Detalle V25x20 – Diseño Sismorresistente. ....	150
Figura 159: Detalle V40x20 – Diseño Sismorresistente. ....	150
Figura 160: Separación de Estribos Viga – Diseño Sismorresistente.....	150
Figura 161: Refuerzo Estructural C25x25 – Diseño Sismorresistente.....	152
Figura 162: Separación Estribos C25x25 – Diseño Sismorresistente. ....	153
Figura 163: Detalle C25x25 – Diseño Sismorresistente.....	154
Figura 164: Diseño Eje D (Modelación N°1) – Análisis Comparativo. ....	156
Figura 165: Diseño Eje D (Modelación N°2) – Análisis Comparativo. ....	157
Figura 166: Inyección de Grietas con Epóxico. ....	162
Figura 167: Equipos – Inyección de Grietas con Epóxico.....	163
Figura 168: Ejecución – Inyección de Grietas con Epóxico. ....	163
Figura 169: Control de Calidad – Inyección de Grietas con Epóxico.....	164
Figura 170: Limitaciones – Inyección de Grietas con Epóxico.....	165
Figura 171: Columneta de Confinamiento – Reforzamiento Estructural.....	168
Figura 172: Descripción – Reemplazo de Muros.....	169
Figura 173: Ejecución – Reemplazo de Muros.....	170
Figura 174: Limitaciones – Reemplazo de Muros. ....	171
Figura 175: Descripción – Revestimiento Estructural.....	172
Figura 176: Materiales – Revestimiento Estructural. ....	173
Figura 177: Ejecución – Revestimiento Estructural. ....	174
Figura 178: Control de Calidad – Revestimiento Estructural. ....	175
Figura 179: Mampostería Contrachapada – Reforzamiento Estructural.....	176
Figura 180: Murete de Hormigón Armado – Reforzamiento Estructural.....	179
Figura 181: Sección Mampostería Reforzada – Modelación ETABS 2016. ....	180
Figura 182: Espesor Equivalente Mampostería Reforzada – Modelación ETABS 2016. .....	182
Figura 183: Esquema Estructural en Planta – Modelación N°2 ETABS 2016. ....	183
Figura 184: Esquema Estructural en Planta – Modelación N°3 ETABS 2016. ....	184
Figura 185: Derivas Máximas Sismo X – Modelación N°3 ETABS 2016.....	185
Figura 186: Derivas Máximas Sismo Y – Modelación N°3 ETABS 2016.....	186
Figura 187: Diseño 3D (ACI 318-14S) – Modelación N°3 ETABS 2016.....	187
Figura 188: Diseño Eje 1 (ACI 318-14S) – Modelación N°3 ETABS 2016. ....	188
Figura 189: Diseño Eje E (ACI 318-14S) – Modelación N°3 ETABS 2016.....	188

Figura 190: Esfuerzos DCon3 (kg/cm <sup>2</sup> ) – Modelación N°2 ETABS 2016.....	189
Figura 191: Esfuerzos DCon3 (kg/cm <sup>2</sup> ) – Modelación N°3 ETABS 2016.....	190
Figura 192: Esfuerzos Fachada Frontal – Modelación N°2 ETABS 2016.....	191
Figura 193: Esfuerzos Fachada Frontal Modificada – Modelación N°3 ETABS 2016.....	192
Figura 194: Esfuerzos Escaleras – Modelación N°2 ETABS 2016.....	193
Figura 195: Esfuerzos Escalera Modificada – Modelación N°3 ETABS 2016.....	194
Figura 196: Perforación 30 m – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.....	210
Figura 197: Vs30 (m/s) (Suelos No Cohesivos y Suelos Cohesivos) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.....	212
Figura 198: Vs30 (m/s) (Todo Tipo de Suelos) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”...	213

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación del Daño a Edificios de Mampostería .....	10
Tabla 2: Clasificación del Daño a Edificios de Hormigón Armado (HA). .....	11
Tabla 3: Intensidades Producto del Sismo del 16 de abril de 2016 – Ecuador. ....	12
Tabla 4: Valores de amplitud máxima (m/s <sup>2</sup> ) – Registros de la RENAC.....	15
Tabla 5: Tipología del Sistema Estructural. ....	24
Tabla 6: Puntaje Básico de cada Sistema Estructural.....	24
Tabla 7: Criterios de Evaluación Rápida.....	49
Tabla 8: Sobrecargas Mínimas Uniformemente Distribuidas (CV – Entrepiso).....	108
Tabla 9: Sobrecargas Mínimas Uniformemente Distribuidas (CV – Cubierta).....	110
Tabla 10: Coeficientes que Dependen del Tipo de Estructura.....	112
Tabla 11: Tipo de Uso, Destino e Importancia de la Estructura.....	112
Tabla 12: Coeficiente R para Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada. ....	113
Tabla 13: Valores Máximos de $\Delta_M$ , expresados como fracción de altura de piso. ....	127
Tabla 14: Vigas – Análisis Comparativo. ....	155
Tabla 15: Columnas – Análisis Comparativo.....	156
Tabla 16: Tipos de Intervenciones – Rehabilitación Estructural. ....	161
Tabla 17: Criterios para Calificar Suelos dentro de los Tipos de Perfiles (C, D o E)..	211

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: TIPO DE SUELO – VIVIENDA SR. WALTER SANTOS .....	207
ANEXO 2: PLANOS ESTRUCTURALES E1 – MAMPOSTERÍAS REFORZADAS, DETALLES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	214
ANEXO 3: PLANOS ESTRUCTURALES E2 – MAMPOSTERÍAS REFORZADAS, MURETES, COLUMNETA, DETALLES Y CANTIDADES DE MATERIALES.....	214

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

La noche del pasado sábado 16 de abril de 2016, a las 18h58 hora local, en todo el territorio ecuatoriano, ocurrió un terremoto de magnitud de 7.8 Mw. con una intensidad de IX, de acuerdo a la escala macrosísmica europea, ubicándose su epicentro en la costa ecuatoriana, especialmente en las parroquias de Pedernales y Cojimíes del cantón Pedernales, en la provincia de Manabí (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

Este terremoto se produjo por la subducción de la placa de Nazca, hacia el este por debajo de la placa Sudamericana. Dejando como consecuencia del terremoto una cifra de 661 personas fallecidas y 12 personas desaparecidas (Secretaría de Gestión de Riesgos - SGR, 2016). Convirtiéndose en el peor evento destructivo que se ha suscitado en el Ecuador, en décadas.

Como resultado de este evento sísmico, se presentaron en las edificaciones, daños estructurales de diferentes magnitudes, siendo estos de baja a alta afectación. Estas edificaciones necesitan ser evaluadas con la responsabilidad correspondiente, para así determinar si pueden ser rehabilitadas, o deben ser reemplazadas por nuevas construcciones que cumplan con los requisitos sísmicos de diseño correspondientes a la zona.

Una estructura con estos daños es la vivienda del Sr. Walter Santos, ubicada en la parroquia de Pedernales, la cual es una edificación de ocupación familiar, similar a un sinnúmero de viviendas existentes en los alrededores, por lo que surge la necesidad imperiosa de realizar los estudios necesarios para el reforzamiento y rehabilitación de la estructura. Para lo cual se utilizarán los diferentes códigos estructurales del FEMA, ATC, ASCE, ACI y guías de la NEC. Además, se realizará una modelación computacional con el programa ETABS 2016, para garantizar su completa rehabilitación. Lo cual servirá de guía y ayuda para las edificaciones que presenten similares condiciones.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Una vez suscitado el terremoto en las ciudades costeras del Ecuador, especialmente en la ciudad de Pedernales, al igual que en Bahía de Caráquez, Manta, etc., las estructuras presentaron diferentes niveles de daño. Muchas de las edificaciones en la ciudad de Pedernales quedaron con moderadas afectaciones estructurales, las cuales necesitan ser rehabilitadas, para que nuevamente estén funcionales y puedan ser ocupadas sin ningún peligro.

Según el Informe Trimestral de Gestión (mayo – agosto de 2016), se realizaron inspecciones a un total de 44.813 edificaciones en las provincias de Manabí y Esmeraldas, de las cuales el 40,31% son viviendas que pueden ser rehabilitadas, a diferencia del 31,88% que deben ser reemplazada por nuevas construcciones (Plan Reconstruyo Ecuador, 2016). Además, el informe “Evaluación de los Costos de Reconstrucción Sismo en Ecuador – abril 2016”, menciona que el costo de reconstrucción en el sector de la vivienda es de \$ 652,8 millones de dólares, que representa el 47,7% correspondiente al costo de reconstrucción del sector social (Senplades, 2016).

De acuerdo a los datos expuestos anteriormente y a la necesidad presente, se escogió como objeto de análisis y estudio la vivienda del Sr. Walter Santos, una vivienda de ocupación familiar, la cual es conformada por 4 miembros. Constituyéndose así un ejemplo o modelo de rehabilitación de estructuras para la zona, garantizando la seguridad personal de quienes la volverán a ocupar, y puedan continuar con su vida normal luego del evento sísmico suscitado en la mencionada fecha.

Por esta razón, la presente disertación se basará en diferentes métodos o estrategias de códigos, guías y publicaciones, las cuales son herramientas que servirán para determinar el tipo de reparación, reforzamiento o reconstrucción que se planteara como propuesta de rehabilitación.

Destacando así la factibilidad de este proyecto, ya que los resultados obtenidos, servirán de ayuda para rehabilitar la estructura en análisis y formara parte de un nuevo concepto, para la rehabilitación de estructuras no mayores de 2 pisos.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar los daños de la estructura y diseñar sistemas de mampostería que sirvan de reforzamiento para la vivienda del Sr. Walter Santos en la parroquia Pedernales.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Inspeccionar de manera minuciosa y a detalle la edificación, para obtener información de las condiciones estructurales en las que se encuentra.
- Levantar información de la ubicación, dimensiones y características estructurales, para realizar una modelación con programas computacionales, los cuales ayudarán a conocer cómo será el comportamiento de la estructura con los nuevos sistemas de mampostería bajo la acción de cargas sísmicas.
- Realizar un análisis comparativo del acero de refuerzo provisto en la estructura, con la cantidad de refuerzo requerido de acuerdo a los diferentes códigos estructurales actuales, utilizando los resultados de los diseños sismorresistentes y de las modelaciones estructurales.
- Diseñar los sistemas de mampostería de reforzamiento, necesarios para que la edificación, pueda aportar con una capacidad de resistencia al conjunto estructural y pase a ser habitada sin riesgos.

## CAPITULO II

### TERREMOTO DEL 16 DE ABRIL DE 2016 – ECUADOR

#### 2.1. DESCRIPCIÓN

El sábado 16 de abril de 2016, se registró un sismo a las 18h58 (hora local), de magnitud de 7.8 Mw. en la Escala de Magnitud de Momento con una intensidad de IX en la Escala Macrosísmica Europea (EMS98), cuyo hipocentro se ubicó frente de la parroquia de Pedernales (Provincia de Manabí), a 20 km de profundidad. Resultado del desplazamiento entre dos placas tectónicas: la placa de Nazca (placa oceánica) que se sumerge bajo la placa Sudamericana (placa continental), a una velocidad de 61 mm / año. Este proceso es conocido como subducción, y es el mismo fenómeno que originó los sismos del 31 de enero de 1906 (Mw 8.8), el cual es el más grande registrado en Ecuador y el sexto más grande a escala mundial; el del 14 de mayo de 1942 (Mw 7.8); 19 de enero de 1958 (Mw 7.8) y del 12 de diciembre de 1979 (Mw 8.1) (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

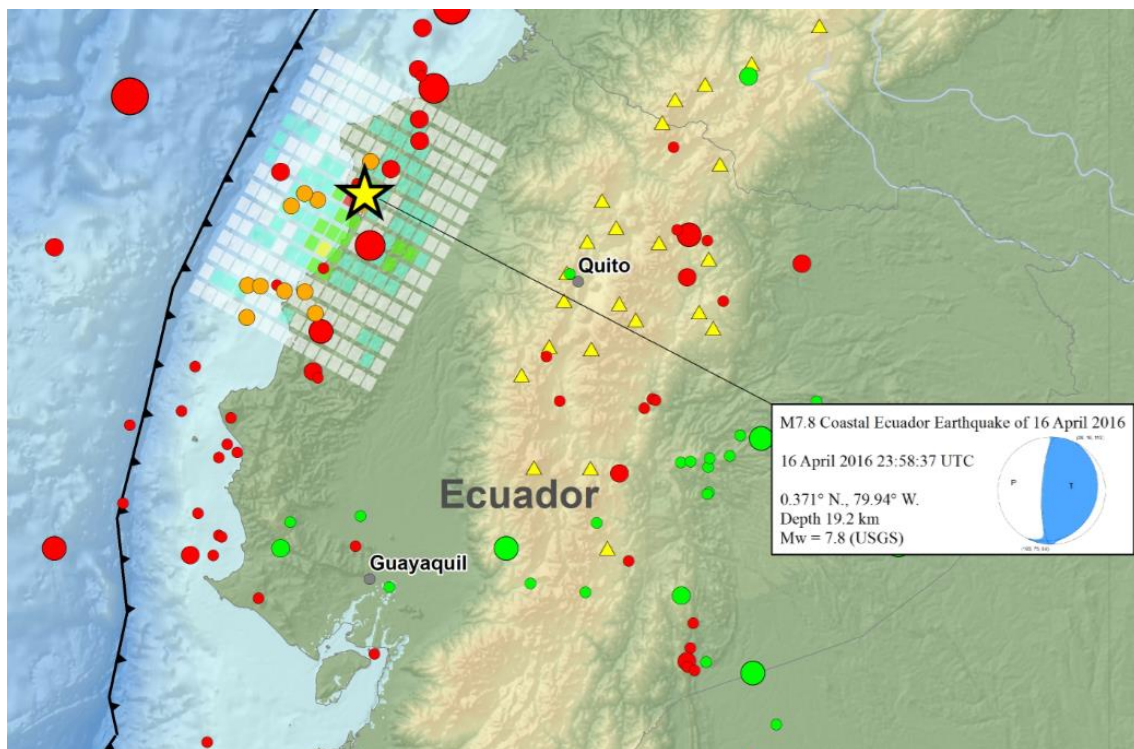


Figura 1: Crisis Sísmica – 16A16.

Fuente: (United States Geological Survey - USGS, 2016).

Se evidenció la presencia de réplicas, las cuales son un fenómeno natural que se asocia con el ajuste de las rocas de la corteza, en la zona en donde ocurrió el sismo, por lo tanto, tiene relación con el tamaño de la ruptura y cuando el sismo es más grande el período de ajuste es más largo. Las réplicas se presentan solo en eventos mayores o iguales de magnitud de 3 Mw, y la ubicación de las mismas, están en relación a la magnitud del sismo principal de 7.8 Mw. Los datos indican que la mayoría de las réplicas son superficiales (< 20 km en profundidad), siendo la más grande correspondiente a un sismo de 6.1 Mw (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

La tasa de generación de réplicas disminuyó con el paso del tiempo. Lo que significa que la amenaza asociada con ellas, disminuyó paulatinamente (Instituto Geofísico - EPN, 2016). En la Figura 2, se observa que la cantidad de réplicas localizadas cada hora desde el sismo principal ha ido disminuyendo.

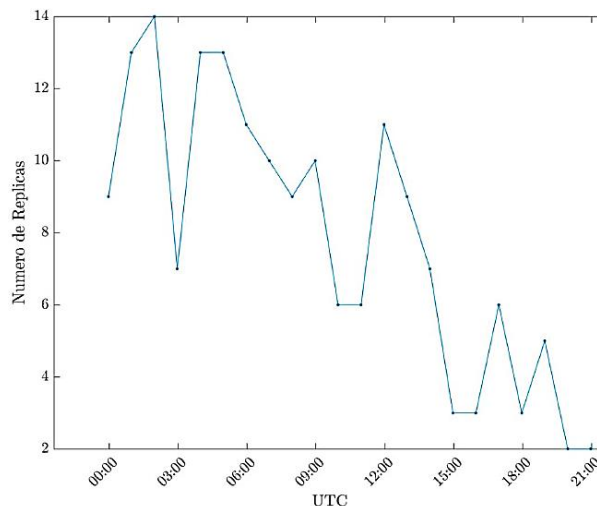


Figura 2: Número de réplicas por hora desde las 18h58.  
Fuente: (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

Normalmente los terremotos son representados con puntos en los mapas, sin embargo, los terremotos de esta magnitud son descritos de manera más apropiada como deslizamientos sobre un área más grande de falla. Eventos de la magnitud del terremoto del 16/04/2016, son aproximadamente del tamaño de 160km x 60 km (largo x ancho). Tal como se presenta en la Figura 1, se identifica al terremoto sobre un área de falla (Secretaría de Gestión de Riesgos - SGR, 2016).

Sintetizando, así el sismo premonitor, que sucedió aproximadamente 11 minutos antes del terremoto, el terremoto en sí y sus réplicas como consecuencias del mismo.

<u>Sismo Premonitor</u>	<b>TERREMOTO</b>	<u>Réplicas</u>
18h47:41 - 5.7 Mw 0.33°N 80.10°W	18h58:36 - 7.8 Mw 0.353°N 79.925°W	1.417 réplicas 6 réplicas con magnitudes mayores a 6° Mw.

Figura 3: Crisis Sísmica (Premonitor – Terremoto – Replicas) 16/04/2016.  
Fuente: (Secretaría de Gestión de Riesgos - SGR, 2016).

Este evento sísmico es de alta importancia, no solamente por los daños provocados, sino debido a que constituye el sismo más grande desde 1979 en nuestro país, con similar magnitud a la de los sismos de 1942 y 1958. Cuyo número de réplicas disminuyó, con el pasar del tiempo. Datos de GPS permitieron encontrar zonas de acumulación de esfuerzos, las cuales coinciden para este caso con la zona de contacto entre las placas de Nazca y Sudamericana (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

## 2.2. MAGNITUD

### 2.2.1. DEFINICIÓN

Magnitud de un sismo es un número que caracteriza el tamaño de un sismo y la energía sísmica liberada. Se mide en escala logarítmica, de tal manera que cada unidad de magnitud corresponde a un incremento de raíz cuadrada de 1000, o aproximadamente 32 veces la energía liberada. Es decir que, un sismo de magnitud 8 es 32 veces más grande que uno de magnitud 7, 1000 veces más grande que uno de magnitud 6, 32,000 veces más grande que uno de magnitud 5, y así sucesivamente (Geofísica - UNAM, 2014).

### 2.2.2. MAGNITUD DE MOMENTO (Mw)

Se determina a partir del momento sísmico, que es una cantidad proporcional al área de ruptura (tamaño de la falla geológica que se rompió) y al deslizamiento

que ocurra en la falla. Su estimación es compleja y puede llevarse a cabo empleando diversos métodos y tipos de datos. En general, su cálculo requiere, por lo menos, de los primeros 15 minutos después de ocurrido el evento sísmico en el caso de que se empleen datos locales (escala nacional), pero puede requerir hasta 30 minutos si se emplean datos de estaciones lejanas (escala mundial). La escala Mw no se satura, por lo que hoy en día es la más confiable y la más usada por las agencias dedicadas a la detección de sismos (Geofísica - UNAM, 2014).

Es así que para el terremoto suscitado el 16 de abril de 2016 a las 18:58h (hora local), se estableció mediante los diferentes métodos y tipos de datos la magnitud de 7.8 Mw, cuyo hipocentro se ubicó frente de la parroquia de Pedernales (Provincia de Manabí).



Figura 4: Magnitud de Momento (Mw), Terremoto Ecuador - 16/04/2016.  
Fuente: (United States Geological Survey - USGS, 2016).

## 2.3. INTENSIDADES

### 2.3.1. DEFINICIÓN

La intensidad es una medida subjetiva, la cual sirve para clasificar la fuerza que tiene un sismo, ya que no depende de medidas instrumentales, sino de la

información observada en personas, objetos, edificaciones hechas por el hombre y en la misma naturaleza. Su valor depende de la distancia respecto del epicentro, tipo de construcción, calidad del suelo o roca del lugar, etc. Además, permite delimitar las zonas más afectadas por un sismo y observar las áreas que presenten una amplificación de las ondas sísmicas (INPRES, 2016).

### **2.3.2. ESCALA MACROSÍSMICA EUROPEA (EMS-98)**

La Escala Macrosísmica Europea 1998 (EMS-98) es la base para la evaluación de la intensidad sísmica, la cual utiliza números romanos como simbología, que van entre I (No Sentido) y XII (Destrucción Completa) para la clasificación individual de los terremotos. Llegando a ser la primera escala de intensidad en ser ilustrada. Mediante varios dibujos muestra de forma gráfica y precisa lo que significan los distintos grados de daño, y las fotografías que presenta a modo de ejemplo, pueden ser usadas en campo para realizar comparaciones con casos reales de estructuras dañadas. El propósito de estas ilustraciones es la estandarización del uso de la escala. De igual manera, la incorporación de directrices, debería reducir las inquietudes y clarificar las intenciones detrás de la construcción de la escala (Comisión Sismológica Europea - ESC, 2008).

#### **2.3.2.1. CLASIFICACIONES (EMS-98)**

Esta actualizada herramienta en la práctica sismológica y de ingeniería, permite realizar una clasificación de los efectos que causan los terremotos en los seres humanos, al igual que en los objetos que se encuentran en el entorno y en las edificaciones como un elemento esencial en la sociedad humana (Comisión Sismológica Europea - ESC, 2008).

#### **Clasificación de Vulnerabilidad**

La siguiente clasificación está destinada a presentar la clase de vulnerabilidad que tienen los diferentes tipos de estructuras, respecto a edificaciones de mampostería, hormigón armado (HA), acero y madera. Identificando rangos probables para cada uno, como más probable, probable y menos probable.

Otorgando potestad de decisión al evaluador responsable, de acuerdo a su experiencia y conocimiento, para calificar a la estructura con una vulnerabilidad acertada. Tal como se presenta en la Figura 5 (Comisión Sismológica Europea - ESC, 2008).

### Diferenciación de Estructuras en Clases de Vulnerabilidad

Tipo de Estructura	Clase de Vulnerabilidad					
	A	B	C	D	E	F
MAMPOSTERÍA	Paredes de peña viva / roca de cantera	○				
	Adobe (ladrillo de tierra)	○—				
	Roca simple	-○				
	Roca masiva		-○—			
	Unidades de roca manufacturada	-○—				
	Ladrillo no reforzado, pisos de HA		-○—			
	Reforzado o confinado			-○—		
HORMIGÓN ARMADO (HA)	Armazón sin diseño sismorresistente (DSR)	-○—				
	Armazón con un nivel moderato de DSR		-○—			
	Armazón con un alto nivel de DSR			-○—		
	Paredes sin DSR	-○—				
	Paredes con un nivel moderato de DSR		-○—			
	Paredes con un nivel alto de DSR			-○—		
ACERO				-○—		
MADERA		-○—				

○ Clase de vulnerabilidad más probable; — Rango probable;  
 ..... Rango de casos excepcionales, menos probables

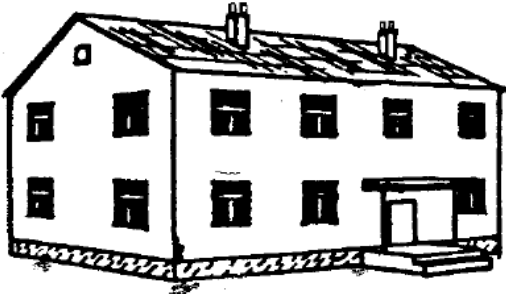




Figura 5: Clases de Vulnerabilidad – EMS-98.

Fuente: (Comisión Sismológica Europea - ESC, 2008).

### Clasificación del Daño

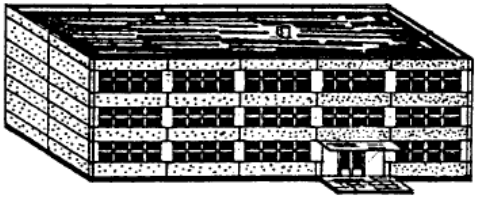
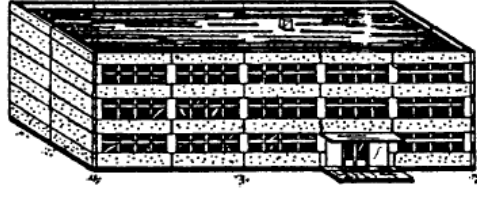
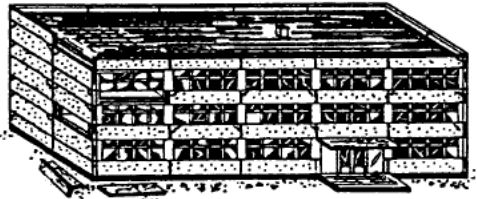


Las deformaciones presentes en una edificación bajo cierta carga sísmica, dependerán del tipo de estructura que posea. De tal manera que la siguiente clasificación se la realiza a nivel general en edificios de mampostería y hormigón armado (Comisión Sismológica Europea - ESC, 2008).

Tabla 1: Clasificación del Daño a Edificios de Mampostería

<b>CLASIFICACIÓN DEL DAÑO A EDIFICIOS DE MAMPOSTERÍA</b>	
	<p><b>Grado 1: Sin daños a daños leves (Sin daño estructural, daño no estructural leve)</b></p> <p>Grietas muy delgadas en muy pocos muros. Caída de pequeños pedazos de enlucido o enfoscado. Caída de rocas sueltas desde la parte alta de edificios en muy pocos casos.</p>
	<p><b>Grado 2: Daños moderados (daño estructural leve, daño no estructural moderado)</b></p> <p>Grietas en muchos muros. Caída de pedazos grandes de guarnecido. Colapso parcial de chimeneas</p>
	<p><b>Grado 3: Daños sustanciales a severos (daño estructural moderado, daño no estructural severo)</b></p> <p>Grietas largas y extensas en casi todos los muros. Caída de tejas. Fractura de las chimeneas en la línea del techo; fallo de los elementos individuales no estructurales (particiones, frontones).</p>
	<p><b>Grado 4: Daños muy severos (daño estructural severo, daño no estructural muy severo)</b></p> <p>Fallo serio de los muros; fallo estructural parcial de techos y pisos.</p>
	<p><b>Grado 5: Destrucción (daño estructural muy severo)</b></p> <p>Colapso total o casi total.</p>

Fuente: (Comisión Sismológica Europea - ESC, 2008).

Tabla 2: Clasificación del Daño a Edificios de Hormigón Armado (HA).

<b>CLASIFICACIÓN DEL DAÑO A EDIFICIOS DE HORMIGÓN ARMADO (HA)</b>	
	<p><b>Grado 1: Sin daños a daños leve (Sin daño estructural, daño no estructural leve)</b></p> <p>Grietas delgadas en el guarnecido sobre elementos de la estructura o en la base de los muros. Grietas delgadas en particiones y tabiques.</p>
	<p><b>Grado 2: Daños moderados (daño estructural leve, daño no estructural moderado)</b></p> <p>Grietas en columnas, vigas y en muros estructurales. Grietas en particiones y tabiques; caída de revestimiento frágil y guarnecido. Caída de mortero en las uniones de paneles de muros.</p>
	<p><b>Grado 3: Daños sustanciales a severos (daño estructural moderado, daño no estructural severo)</b></p> <p>Grietas en columnas y uniones entre columnas y vigas de la estructura en la base y en las uniones de muros acoplados. Desprendimiento del revestimiento de hormigón, torcedura de varillas de refuerzo. Grandes grietas en muros de particiones y en tabiques, fallo de tabiques individuales.</p>
	<p><b>Grado 4: Daños muy severos (daño estructural severo, daño no estructural muy severo)</b></p> <p>Grandes grietas en elementos estructurales con fallo por compresión de hormigón y fractura de barras corrugadas; Fallos en la junta de vigas reforzadas; inclinación de columnas. Colapso de algunas columnas o de un único piso superior.</p>
	<p><b>Grado 5: Destrucción (daño estructural muy severo)</b></p> <p>Colapso de la planta baja o de partes de edificios (por ejemplo, alas).</p>

Fuente: (Comisión Sismológica Europea - ESC, 2008).

### 2.3.3. NIVELES DE INTENSIDAD (TERREMOTO 16/04/2016 – ECUADOR)

Para determinar los niveles de intensidad que se presentaron durante el Terremoto del 16 de abril de 2016, se utilizó la Escala Macrosísmica Europea (EMS98), que representa una actualización de la Escala de Mercalli, identificando los lugares con sus respectivas intensidades y los resultados fueron los siguientes:

Tabla 3: Intensidades Producto del Sismo del 16 de abril de 2016 – Ecuador.

#### Intensidades del Sismo del 16 de abril de 2016 (Ecuador)

LUGARES	INTENSIDAD	NOMBRE	EFECTOS EN PERSONAS	EFECTOS EN NATURALEZA	DAÑOS EN EDIFICIOS	
					VULNERABILIDAD	DAÑOS
Pedernales San José de Chamanga	IX	Destructivo	Pánico general. Terremoto tira a la gente al suelo	Muchos monumentos y columnas se caen o se retuercen. Se ven ondas en suelos suaves.	A B C D E	5 4 – 5 3 – 4 2 – 3 2
Bahía de Caráquez Jama Canoa Manta (Zona Central) Portoviejo (Zona Central)	VIII	Daños Severos	Mucha gente encuentra difícil mantenerse de pie, incluso en el exterior.	Los muebles pueden volcarse. Se caen los objetos tales como televisiones, máquinas de escribir, etc. Las lápidas pueden desplazarse o caerse. Se pueden ver ondas en suelos muy suaves.	A B C D E	4 – 5 3 – 4 2 – 3 2 –
Montecristi Rocafuerte Portoviejo	VII	Daños	La mayoría de las personas se asustan y tratan de correr hacia el exterior. A muchos les cuesta mantenerse de pie, especialmente en los pisos altos.	Los muebles se desplazan y los muebles que son más pesados en su parte superior pueden volcarse. Se caen los objetos de los estantes en gran número. El agua salpica en los contenedores, tanques y piscinas.	A B C D E	3 – 4 2 – 3 2 1 –
Guayaquil Jipijapa Santa Anita Chone Junín Machalilla Tosagua	VI	Daños Leves	El temblor es sentido por la mayoría en el interior y por muchos en el exterior de viviendas o edificios. Algunas personas pierden el equilibrio. Muchas personas se asustan y corren al exterior.	Los objetos pequeños de estabilidad normal pueden caerse y los muebles pueden desplazarse. En algunos casos se pueden romper platos y vasos. Los animales de granja se pueden asustar (incluso aquellos que se encuentran en el exterior).	A B C D E	1 – 2 1 – 2 1 – –

Fuente: (Instituto Geofísico - EPN, 2016), (Comisión Sismológica Europea - ESC, 2008).

El levantamiento de la información de intensidades lo realizó el Instituto Geofísico de la EPN, cuyo objetivo fue delimitar las zonas más afectadas por el sismo y observar las áreas que presentaron una amplificación de ondas sísmicas, para determinar en qué porcentaje del territorio ecuatoriano se pudo sentir el evento sísmico mencionado.

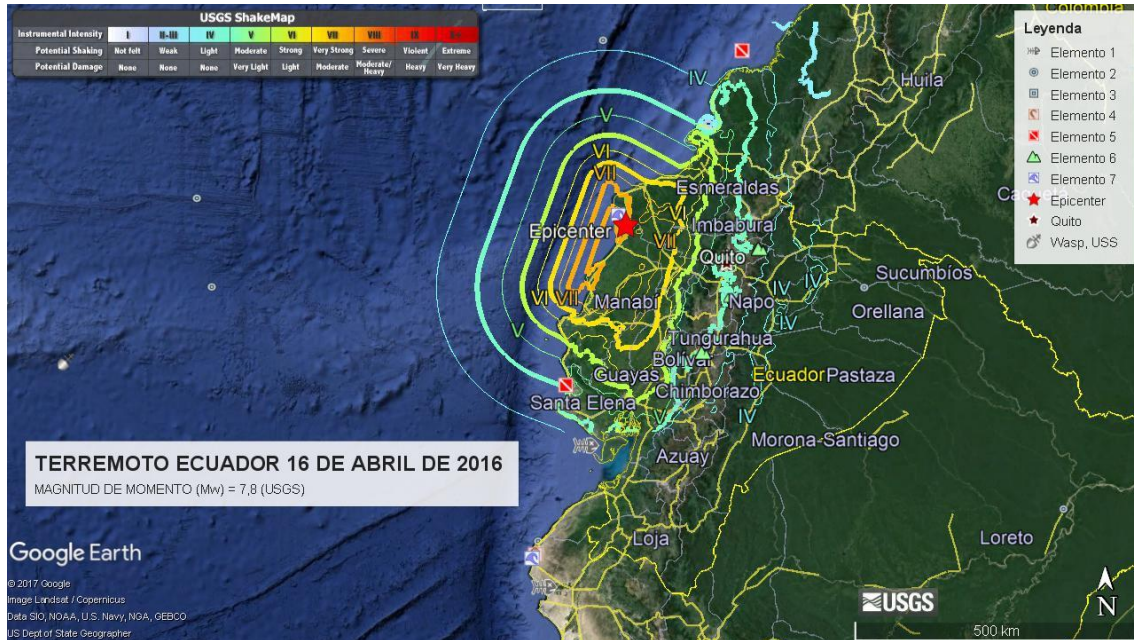


Figura 6: Mapa de Intensidades Terremoto 16/04/2016 – Ecuador.  
Fuente: (United States Geological Survey - USGS, 2016).

## 2.4. ACELERÓGRAFOS

### 2.4.1. DEFINICIÓN

Un acelerógrafo no es lo mismo que un sismógrafo. Los acelerómetros o acelerógrafos registran la aceleración del suelo durante un terremoto. Además, permiten obtener un gráfico denominado (acelerograma), el cual muestra la variación de aceleraciones para un determinado lugar. Estos equipos son utilizados en el análisis de movimientos fuertes (grandes sismos), ya que han sido diseñados para resistir grandes sacudidas (Laboratorio de Ingeniería Sísmica - UCR, 2017). Además, registran la aceleración del suelo según tres direcciones perpendiculares; dos horizontales y una vertical (componente vertical, norte-sur y este-oeste) (Instituto Geofísico - EPN, 2015). Dentro de algunas otras cosas los acelerógrafos permiten:

- Estimar el valor máximo de aceleración del suelo durante un terremoto.
- Calcular la duración del fuerte movimiento en el sitio donde se encuentre ubicado el equipo. De manera general, la duración aumenta conforme aumenta la distancia desde el epicentro.
- Crear mapas de intensidad instrumental que reflejen los sitios donde los movimientos fueron más fuertes o débiles.
- Calcular la respuesta del suelo de tal manera que se pueda planificar la construcción de estructuras más seguras.
- Realizar estudios de amenaza sísmica mediante la utilización de ecuaciones que predicen el comportamiento de los valores máximos de un terremoto en función de la distancia (Laboratorio de Ingeniería Sísmica - UCR, 2017).

Este tipo de equipos permite el registro máximo de eventos sísmicos, para posteriormente los datos obtenidos ser procesados y analizados, determinando los valores de aceleración máxima, además de la escala de intensidad, con las características que han sido sometidas las estructuras durante un sismo o terremoto destructivo (Instituto Geofísico - EPN, 2015).

#### **2.4.2. ACELERACIÓN**

La aceleración es un parámetro muy importante para el diseño de edificaciones, debido a que es directamente proporcional a la fuerza que debe soportar una estructura durante un sismo. Por lo que esta información se utiliza en los códigos de construcción para generar recomendaciones que rigen el diseño sismo resistente (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

#### **2.4.3. ACELEROGRAMAS**

Un acelerograma es la representación temporal de la aceleración que experimenta el suelo en un determinado punto durante un terremoto. Los cuales se caracterizan por ser altamente irregulares y oscilatorios, con pequeñas amplitudes iniciales que crecen rápidamente hasta alcanzar valores máximos y decrecer de manera rápida hasta que se detiene el movimiento. Una de las

características principales de un acelerograma es la aceleración máxima, sin embargo, no es la única, debido a que la respuesta de una estructura puede ser más desfavorable al ser sometida a un acelerograma que tenga aceleraciones máximas menores que otros (JAO, 2012).

Debido a la variación irregular de la aceleración, es necesario que los datos sean tomados en intervalos muy pequeños de tiempo, generalmente de 0,01 o 0,02 segundos (s), para lograr acelerogramas más precisos y exactos (JAO, 2012).

#### 2.4.3.1. EVALUACIÓN DE LOS ACELEROGRAMAS DISPONIBLES DEL TERREMOTO DEL 16 ABRIL DE 2016

Las mayores aceleraciones están registradas en Pedernales y en el sur del epicentro del terremoto. Los valores en Manta, Portoviejo, y Chone son más grandes que las observaciones en Esmeraldas que está más cerca del epicentro y de la falla. Se han considerado las componentes con la máxima aceleración (PGA). La Tabla 4., muestra los valores de máxima amplitud (PGA) de las tres componentes para los registros disponibles de la RENAC (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

Tabla 4: Valores de amplitud máxima (m/s<sup>2</sup>) – Registros de la RENAC

RED	Estación	Latitud	Longitud	Altitud (m)	R <sub>epi</sub> (km)	PGA E (m/s <sup>2</sup> )	PGA N (m/s <sup>2</sup> )	PGA Z (m/s <sup>2</sup> )
RENAC	AAM2	-1,269	-78,611	2664	235	0,2548	0,3465	0,1465
	ACH1	-3,287	-79,910	13	407	0,2501	0,2365	0,0805
	ACHN	-0,698	-80,084	18	120	3,2349	3,6266	1,7287
	ACUE	-2,910	-78,959	2578	381	0,3419	0,2896	0,1748
	AES2	0,991	-79,646	4	76	1,5120	1,0831	0,4314
	AGYE	-2,054	-79,952	30	270	0,1832	0,2304	0,1462
	AIB1	0,347	-78,125	2208	202	0,4839	0,5682	0,1223
	AIB2	0,349	-78,106	2298	204	0,2080	0,3246	0,0839
	ALAT	-0,926	-78,618	2777	206	0,3104	0,2738	0,1191
	ALIB	-2,243	-80,846	40	308	0,4113	0,3895	0,2066
	ALJ1	-3,987	-79,197	2147	492	0,1490	0,1595	0,0882
	ALOR	1,293	-78,847	22	159	0,2564	0,2623	0,1512
	AMIL	-2,181	-79,529	20	288	0,5103	0,4504	0,1836
	AMNT	-0,941	-80,735	38	171	3,9720	5,1421	1,6213
	AOA	0,240	-78,256	2529	188	0,4203	0,3441	0,1822
	APED	0,068	-80,057	15	36	13,8034	8,3187	7,2734
	APO1	-1,038	-80,46	47	167	3,1150	3,7303	1,0184
	ASDO	-0,263	-79,124	615	115	2,0223	1,0884	0,4988
	ATUL	0,772	-77,723	3097	251	0,1598	0,2065	0,0664
EPNL	-0,212	-78,492	2813	174	0,2632	0,1987	0,1307	
PRAM	-0,145	-78,495	2840	171	0,2458	0,2290	0,1318	

Fuente: (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

Las aceleraciones producto del terremoto del 16 de abril de 2016, fueron registradas en diferentes acelerogramas, presentados en la Figura 7., los mismos que se encuentran procesados y presentados en ventanas focales de 250 segundos, garantizando la visualización de las ondas principales interventoras en este sismo (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

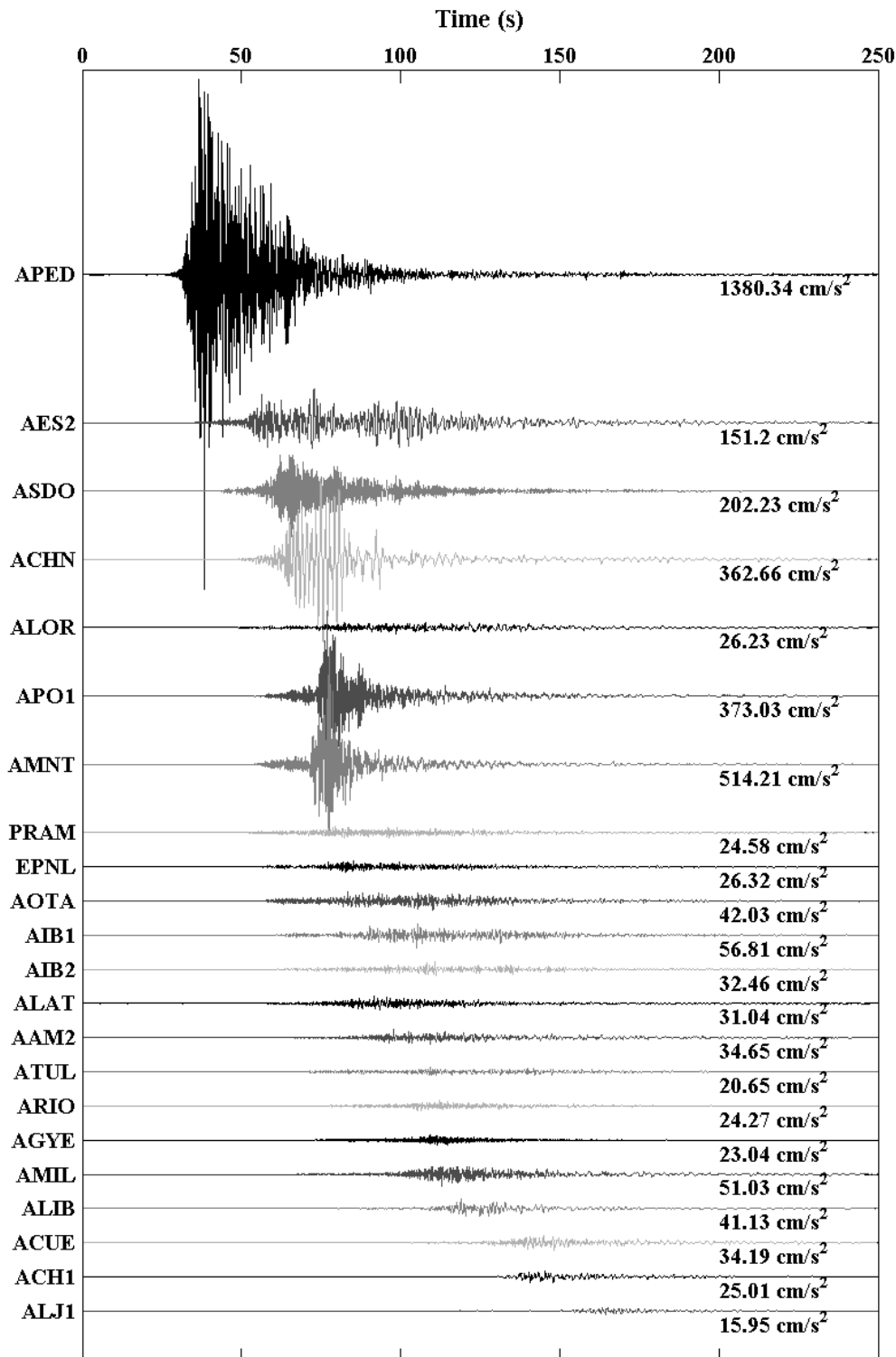


Figura 7: Acelerogramas, ordenados con respecto a la distancia epicentral.  
Fuente: (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

Se presentan los registros de dos estaciones en la provincia de Manabí, para ser analizadas sus señales con los espectros de respuesta de las componentes horizontales y ser comparadas con los espectros de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015). Para las estaciones analizadas de Manta y Portoviejo, se seleccionó un tipo de suelo D aplicando la metodología de Zhao et al, 2006, y de los cuales se obtuvo que los espectros de respuesta son ligeramente menores a los especificados en la NEC 2015 (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

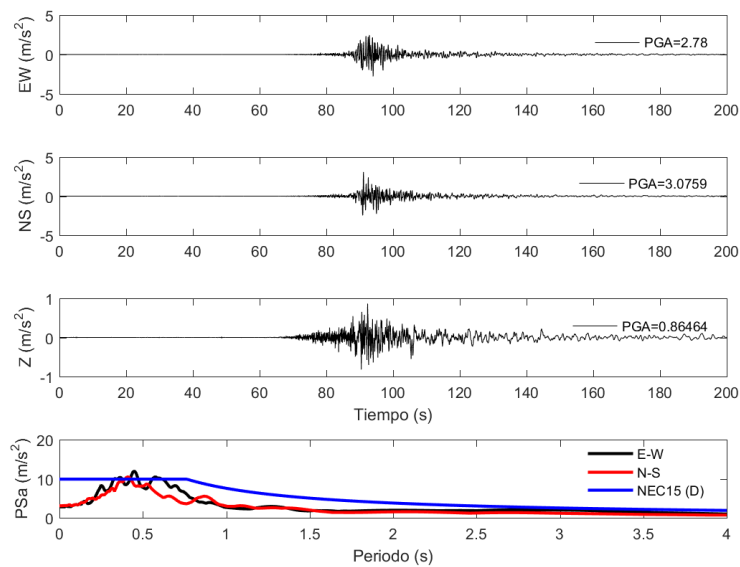


Figura 8: Señales de Aceleración y Espectros de Respuesta para la Estación Portoviejo.  
Fuente: (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

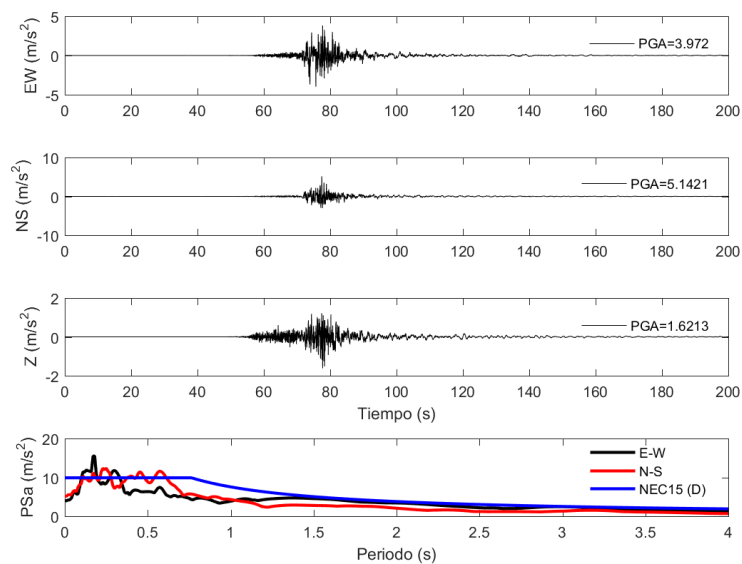


Figura 9: Señales de Aceleración y Espectros de Respuesta para la Estación Manta.  
Fuente: (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

#### 2.4.4. RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS (RENAC)



Figura 10: Distribución de acelerómetros en el Ecuador.

Fuente: (Instituto Geofísico - EPN, 2015).

En el Ecuador actualmente se cuenta con una red acelerográfica permanente, “La Red Nacional de Acelerómetros” (RENAC) del Instituto Geofísico, la cual tiene 82 acelerómetros digitales, a pesar que la mayoría de ellos funcionan como estaciones de grabación en el sitio, es decir que no transmiten información en tiempo real al centro de datos del Instituto Geofísico, permiten recopilar valiosa información de señales sísmicas de mayor impacto, para el estudio del movimiento del suelo, el cálculo de

aceleraciones y establecer el grado de respuesta sísmica en las edificaciones, constituyendo un ente fundamental para el análisis de amenazas sísmicas a lo largo del territorio ecuatoriano (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

#### 2.5. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología que presenta el suelo del cantón Pedernales, tiene las siguientes formaciones y características:

- **Formación Geológica Viche:** Dicha formación proviene desde la provincia de Esmeraldas de norte a sur, en un área de 356,62 km<sup>2</sup>, la cual está compuesta por lutitas y areniscas que son concreciones de piedras calizas (Sistema Nacional de Información - SNI, 2015).
- **Arcillas Marinas de Estuario:** Se encuentran ubicadas en el área de influencia y filo costero de norte a sur del estuario del río Cojimies hasta llegar a Pedernales, con un área de influencia de 268,62 km<sup>2</sup> compuesta por arcillas marinas de estuario que debido a su composición tienen un buen grado de fertilidad (Sistema Nacional de Información - SNI, 2015).

- **Formación Playa Rica:** Es una pequeña franja formada ubicada al noreste del cantón en el límite con la provincia de Esmeraldas, con un área de 41,13 km<sup>2</sup>, la cual está compuesta por lutitas y areniscas. Las lutitas son rocas porosas e impermeables, a diferencia de las areniscas que son utilizadas como material de construcción y piedra de afilar (Sistema Nacional de Información - SNI, 2015).
- **Formación Zapallo:** Ubicada en la parroquia de Pedernales, con una franja comprendida entre Cheve, La Chorrera, Brisas del Mar, Coaque, Palmas y la parroquia 10 de agosto en el sector de Santa Rosa y la cabecera parroquial, sobre un área total de 102,53 km<sup>2</sup>, que se encuentra compuesta de turbiditas finas que son formaciones geológicas carbonatadas de aguas profundas (Sistema Nacional de Información - SNI, 2015).
- **Formación Onzole:** Localizada sobre un área de 650,54 km<sup>2</sup>, se convierte en la formación geológica con mayor área ocupante de Pedernales. Ubicada en el territorio de la Reserva Ecológica Mache – Chindul (REMACH) en sentido Centro – Sur, en dirección hacia el Sureste y luego hacia el Sur. Simbolizada de color rosado en la Figura 11., la cual está compuesta por lutitas y limolitas que son formaciones de roca sedimentaria de arcilla y caliza (Sistema Nacional de Información - SNI, 2015).

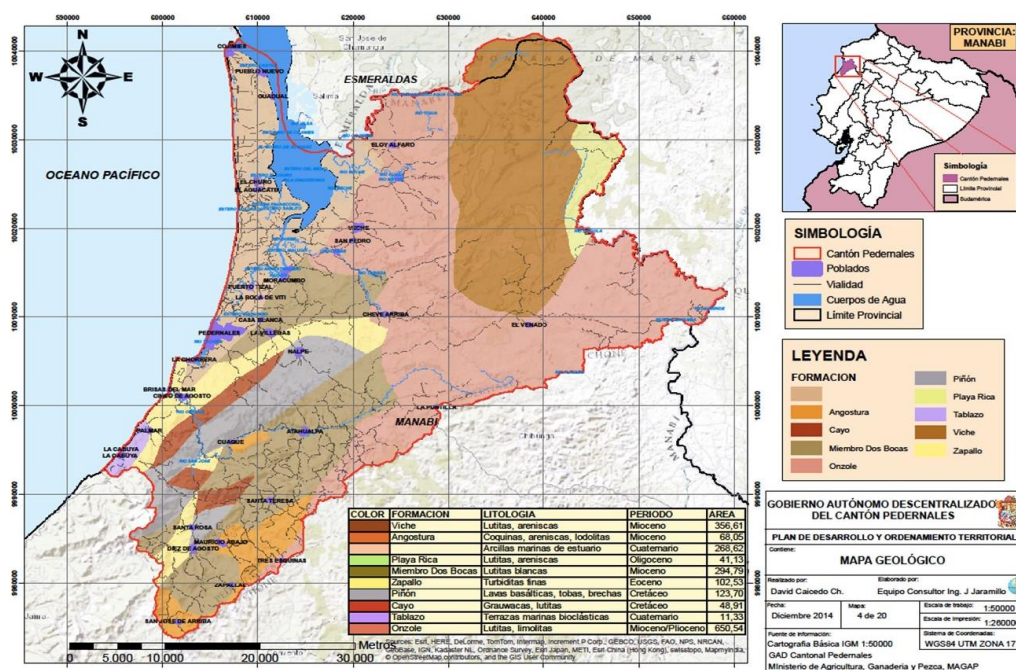


Figura 11: Mapa Geológico – Cantón Pedernales  
Fuente: (Sistema Nacional de Información - SNI, 2015).

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN ESTRUCTURAL**

#### **3.1. METODOLOGÍA**

El análisis y evaluación estructural, que se llevó a cabo en la vivienda del Sr. Walter Santos, es una recopilación de formularios de publicaciones, normas nacionales (NEC 2015) e internacionales (FEMA, AIS 2001). De tal manera que se realizaron dos evaluaciones visuales rápidas y una evaluación práctica rápida, las cuales sirvieron para conocer el grado de vulnerabilidad sísmica de la vivienda, además de las condiciones en las que se encuentra luego del evento sísmico suscitado el 16 de abril del 2016, para determinar su ocupación o restricción y por último el nivel de daño que tiene la vivienda en todos sus elementos estructurales y no estructurales. De tal manera que para la “EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES (EVSE)” se utilizaron los parámetros y procesos de la “Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 (Guía de Diseño 5)” y el FEMA 154 (2002), “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards”, los cuales fueron desarrollados por profesionales de la construcción, para estimar los grados de vulnerabilidad que tienen las estructuras. En el caso de la “EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE ESTRUCTURAS POST – EVENTO (EEPE)” se emplearon los formatos y parámetros de la “Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 (Guía de Diseño 5)” y el ATC-20 (2016), “Procedures for Postearthquake Safety Evaluation of Buildings”, los cuales se centran en determinar las posibilidades de uso o restricción, de las edificaciones luego de eventos sísmicos. Mientras que la “EVALUACIÓN PRÁCTICA RÁPIDA DEL NIVEL DE DAÑOS DE EDIFICACIONES (ENDE)”, se fundamentó en la metodología y procedimiento del “Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas de Mampostería (AIS 2001)”, el cual tiene como propósito calificar el nivel de daño que tiene la vivienda luego del evento sísmico, para luego pasar a rehabilitarla. A continuación, se

detallan cada uno de los tres diferentes formularios y su utilidad en determinar cada uno de ellos.

### **3.2. EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES (EVSE)**

Formulario destinado a evaluar y estimar la vulnerabilidad que tienen las edificaciones. Conociéndose por vulnerabilidad sísmica, al nivel o grado de daño que la edificación está expuesta a sufrir, cuando se encuentre sometida a una fuerza externa (sismo). Siendo esta evaluación importante para calificar a las estructuras de baja, media y alta vulnerabilidad. Constituyéndose un importante punto de partida para la toma de decisiones relacionadas con la rehabilitación o demolición de edificaciones, además de proporcionar información útil para la prevención de desastres y diseñar programas de mitigación de riesgos (SGR - MIDUVI, 2016).

En esta sección, se describen los diferentes parámetros necesarios que conforman el formulario EVSE, el cual debe ser llenado minuciosamente por el evaluador responsable, para conseguir resultados más precisos y realistas (SGR - MIDUVI, 2016).

#### **3.2.1. DATOS DE LA EDIFICACIÓN**

- **Dirección:** Se especifica, la calle principal y calle secundaria de la edificación en estudio. Si es posible se registra: número y coordenadas (latitud y longitud) de la edificación.
- **Nombre de la Edificación:** Se coloca el nombre del dueño de la edificación en análisis.
- **Sitio de Referencia:** Algún sitio que sea representativo del sector (parques, iglesias, estadios, hospitales, farmacias etc.). El cual pueda ayudar a localizar la edificación con mayor facilidad.
- **Tipo de Uso:** Se registra el principal uso u ocupación de la edificación, para asignar prioridades para un posible programa de mitigación de riesgos. A continuación, se describen nueve tipos de uso, que se da en una edificación:

- **Asamblea:** Lugares públicos de reunión, donde se concentran personas en una sola habitación, por ejemplo: teatros, auditorios, centros comunitarios, iglesias, salas de espectáculo.
  - **Comercial:** Empresas de cualquier tipo, instituciones financieras, restaurants, centros comerciales, edificios de estacionamiento.
  - **Servicios de emergencia:** Edificaciones que prestan servicios ante un evento sísmico, por ejemplo: Estaciones de Policía, Bomberos, Hospitales, Casas de Salud.
  - **Gobierno:** Este tipo comprende todas las edificaciones estatales, que no sean consideradas como servicios de emergencia.
  - **Histórico:** Edificaciones que son consideradas patrimoniales.
  - **Industrial:** Fábricas, Plantas de Ensamblaje, Grandes Almacenes, Bodegas y la Industria Pesada.
  - **Oficina:** Edificios de oficina, casas de oficina y sitios de gestiones.
  - **Residencial:** Edificios Residenciales, Casas, Hoteles, Moteles, Hostales, Conjuntos Residenciales, Hogares para Ancianos y Discapacitados.
  - **Educativo:** Instituciones Educativas, Públicas y Privadas: Escuelas, Colegios, Institutos, Universidades.
- **Fecha de Evaluación:** Se registra la fecha en la que se visitó la edificación (año-mes-día).
  - **Año de Construcción:** La edad de las edificaciones está ligada directamente a las prácticas de diseño y construcción, lo cual afecta o favorece en los resultados finales. Por lo cual puede estar diseñada con algún código antiguo que no presentaba especificaciones sismorresistentes.
  - **Año de Remodelación:** Año en el que una edificación sufrió modificaciones, aumentos etc. de su diseño original.
  - **Área Construida:** De toda la edificación. Si se dispone de planos se obtiene fácilmente este parámetro. Se registra con la unidad de metros cuadrados (m<sup>2</sup>).
  - **Número de Pisos:** Indicador de la altura de la edificación. La gravedad y cantidad de daño de una estructura, frente a un sismo, se relaciona con su

altura y más si está cimentada sobre un suelo tipo C, D, E o F que presenta la Norma Ecuatoriana de la Construcción (SGR - MIDUVI, 2016).

### **3.2.2. DATOS DEL PROFESIONAL**

- **Nombre del Evaluador:** Persona que lleve a cabo la evaluación.
- **C.I.:** Cedula de Identidad del evaluador (SGR - MIDUVI, 2016).

### **3.2.3. ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN**

Se realiza un esquema en planta y si es posible un esquema en elevación de la edificación. Para el esquema en planta es necesario precisar la ubicación de gradas y ascensores. Estos esquemas podrán servir de gran ayuda para determinar posibles irregularidades (SGR - MIDUVI, 2016).

### **3.2.4. FOTOGRAFÍA**

Se debe realizar una fotografía de la parte frontal de la edificación (acceso principal), procurando que se pueda observar en su totalidad la misma (SGR - MIDUVI, 2016).

### **3.2.5. IDENTIFICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL**

Consiste en una evaluación visual rápida del grado de vulnerabilidad que presenta la estructura, frente a un evento sísmico, delegando al profesional a cargo, la capacidad de determinar el sistema estructural de la edificación en estudio (SGR - MIDUVI, 2016).

Los diferentes tipos de estructuras que se presentan en la mayoría del territorio ecuatoriano, están divididos en 13 grupos, que se encuentran categorizadas con sus respectivos códigos y puntajes básicos, los cuales reflejan la probabilidad de daño y pérdida de una edificación (SGR - MIDUVI, 2016).

Tabla 5: Tipología del Sistema Estructural.

TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL					
MADERA	W <sub>1</sub>	PÓRTICO HORMIGÓN ARMADO	C <sub>1</sub>	PÓRTICO ACERO LAMINADO	S <sub>1</sub>
MAMPOSTERÍA SIN REFUERZO	URM	PÓRTICO H. ARMADO CON MUROS ESTRUCTURALES	C <sub>2</sub>	PÓRTICO ACERO LAMINADO CON DIAGONALES	S <sub>2</sub>
MAMPOSTERÍA REFORZADA	RM	PÓRTICO H. ARMADO CON MAMPOSTERÍA CONFINADA SIN REFUERZO	C <sub>3</sub>	PÓRTICO ACERO DOBLADO EN FRÍO	S <sub>3</sub>
MIXTA ACERO – HORMIGÓN O MIXTA MADERA - HORMIGÓN	MX	H. ARMADO PREFABRICADO	MX	PÓRTICO ACERO LAMINADO CON MUROS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO	S <sub>4</sub>
				PÓRTICO ACERO CON PAREDES MAMPOSTERÍA	S <sub>5</sub>

Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

Tabla 6: Puntaje Básico de cada Sistema Estructural.

PUNTAJE BÁSICO DE CADA SISTEMA ESTRUCTURAL													
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL	W <sub>1</sub>	URM	RM	MX	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	PC	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>
PUNTAJE BÁSICO	4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	5

Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

- **Madera (W1)**: Todos los elementos estructurales: vigas, columnas, bastidores, celosías, armaduras son de madera natural o laminada. Estructuras de máximo de 1 o dos pisos y de peso ligero. La falla más común de estas estructuras se da en las uniones de elementos estructurales (SGR - MIDUVI, 2016).



Figura 12: Madera (W1).

Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (DAYPE, 2017).

- **Mampostería sin Refuerzo (URM):** Muros de paredes portantes de ladrillo, bloque, adobe, bahareque, sin refuerzo de varillas de acero (SGR - MIDUVI, 2016).

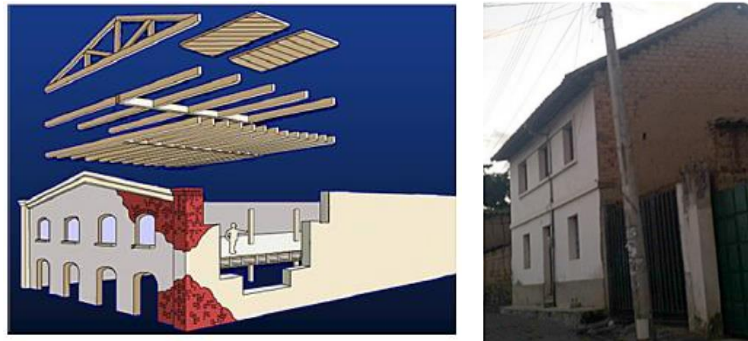


Figura 13: Mampostería sin Refuerzo (URM).  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

- **Mampostería Reforzada (RM):** Muros de paredes portantes de bloque o ladrillo con varillas de acero de refuerzo horizontal y vertical (SGR - MIDUVI, 2016).

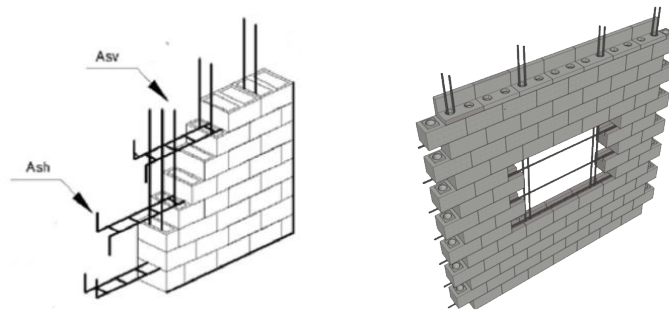


Figura 14: Mampostería Reforzada (RM).  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (ISOLTECH, 2014).

- **Mixta Acero-Hormigón o Mixta Madera-Hormigón (MX):** Combinación de elementos estructurales, vigas y columnas de diferentes materiales (SGR - MIDUVI, 2016).



Figura 15: Mixta Acero-Hormigón o Mixta Madera-Hormigón (MX).  
Fuente: (ARQHYS, 2012), (EVISOS, 2017).

- **Pórticos de Hormigón Armado (C1):** Elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado (SGR - MIDUVI, 2016).

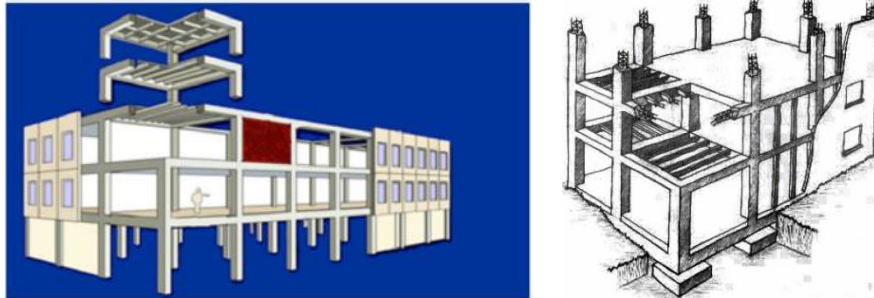


Figura 16: Pórticos de Hormigón Armado (C1).  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (SENA, 2012).

- **Pórticos de Hormigón Armado con Muros Estructurales (C2):** Elementos estructurales vigas, columnas y muros estructurales de hormigón armado en todo lo alto de la edificación (SGR - MIDUVI, 2016).

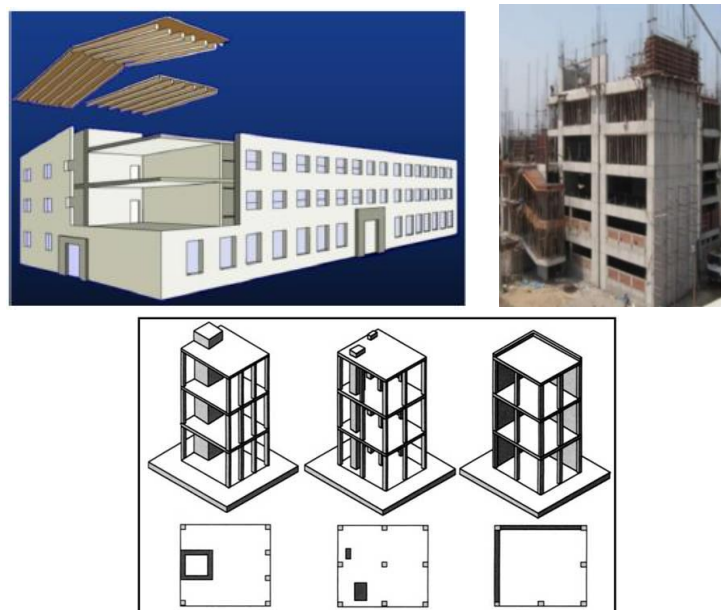


Figura 17: Pórticos de Hormigón Armado con Muros Estructurales (C2).  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (Mendoza, 2015).

- **Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería Confinada sin Refuerzo (C3):** Elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado y muros portantes de mampostería sin varillas de acero (SGR - MIDUVI, 2016).



Figura 18: Pórticos de Hormigón Armado con Mampostería sin Refuerzo (C3).  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (FUNVISIS, 2016).

- **Hormigón Armado Prefabricado (PC):** Paneles portantes de hormigón armado prefabricado o elementos estructurales vigas y columnas de hormigón armado, prefabricadas y ensambladas en obra (SGR - MIDUVI, 2016).



Figura 19: Hormigón Armado Prefabricado (PC).  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (Rivera, 2012).

- **Pórtico Acero Laminado (S1):** Elementos vigas y columnas conformadas por perfiles estructurales laminados en caliente o secciones armadas de placas laminadas en caliente. Las fallas más comunes frente a un sismo se producen en sus conexiones (SGR - MIDUVI, 2016).

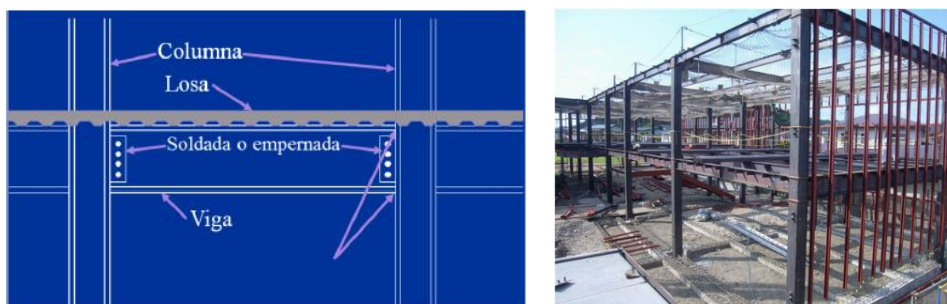


Figura 20. Pórticos Acero Laminado (S1).  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (ALIBABA, 2012).

- **Pórtico de Acero Laminado con Diagonales (S2)**: Pórtico de acero laminado en caliente y diagonales rigidizadoras de acero a todo lo alto de la edificación (SGR - MIDUVI, 2016).



Figura 21: Pórticos de Acero Laminado con Diagonales (S2).  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (ALIBABA, 2012), (Miño, 2010).

- **Pórtico de Acero Doblado en Frío (S3)**: Elementos vigas y columnas conformadas por secciones de acero de lámina delgada doblada en frío (SGR - MIDUVI, 2016).

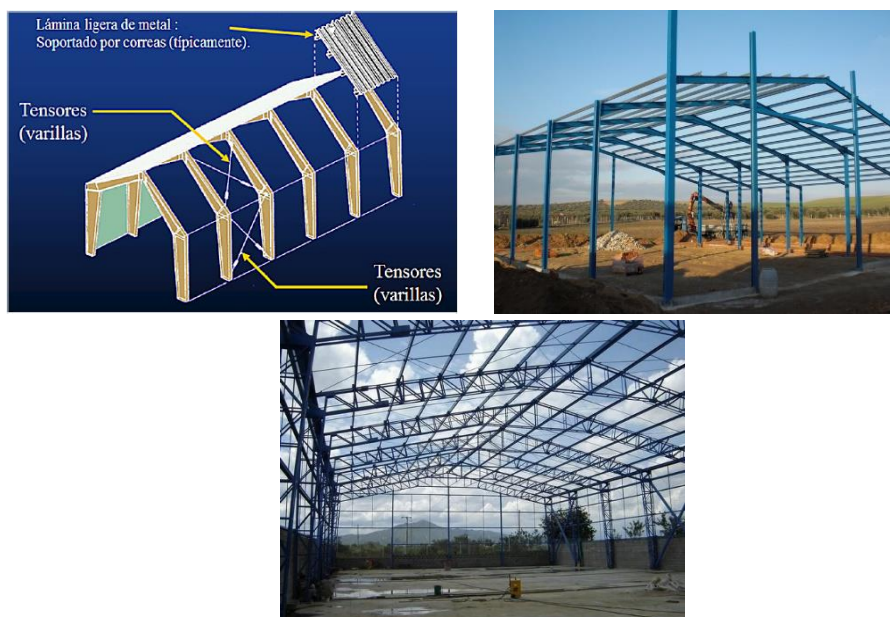


Figura 22: Pórtico de Acero Doblado en Frío (S3).  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (Galán, 2015), (Talleres Gutiérrez, 2016).

- **Pórtico de Acero Laminado con Muros Estructurales de Hormigón Armado (S4):** Pórticos de acero laminado en caliente con muros estructurales de hormigón armado en todo lo alto de la edificación. Las cargas laterales son resistidas por los muros que se ubican en el cajón de ascensores y gradas (SGR - MIDUVI, 2016).

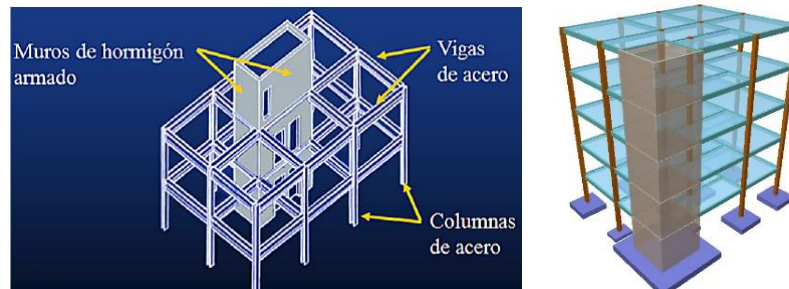


Figura 23: Pórtico de Acero Laminado con Muros Estructurales de Hormigón Armado (S4).  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (Yörükoğlu, 2016).

- **Pórticos de Acero con Paredes de Mampostería (S5):** Pórticos de acero laminado en caliente con paredes divisorias de mampostería de bloque de hormigón (SGR - MIDUVI, 2016).



Figura 24: Pórticos de Acero con Paredes de Mampostería (S5).  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.2.6. **MODIFICADORES**

Son los principales factores que afectan significativamente el rendimiento de la edificación en estudio. Cada uno de estos modificadores tienen un valor y dependen del tipo de estructura. Si un modificador no aplica a un determinado tipo de sistema estructural, se representará con N/A que indica no aplicable (SGR - MIDUVI, 2016).

- **Altura de la Edificación:**

- **Baja Altura (Menor a 4 Pisos):** No es considerado que las edificaciones de 1 a 3 pisos generen grandes riesgos frente a un sismo leve. Es por esto que el valor es cero en todos los tipos de sistema estructural.
- **Mediana Altura (4 a 7 Pisos):** La presencia de 4 a 7 pisos se considera de mediana altura.
- **Gran Altura (Mayor a 7 Pisos):** Si la edificación tiene 8 pisos o más es considerada de gran altura (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.2.7. **IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN**

Como parte del análisis y evaluación estructural es indispensable determinar las irregularidades presentes, tanto en elevación como en planta, las cuales otorgan una calificación importante para determinar el nivel de vulnerabilidad que presenta la estructura en análisis (SGR - MIDUVI, 2016).

**Irregularidad Vertical:** Se detallan a continuación las irregularidades en elevación existentes.

- **Irregularidad Geométrica:** Una edificación se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente para cualquier piso es mayor que 1.3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando en el caso de los altillos de un solo piso ( $a > 1.3b$ ) (SGR - MIDUVI, 2016).

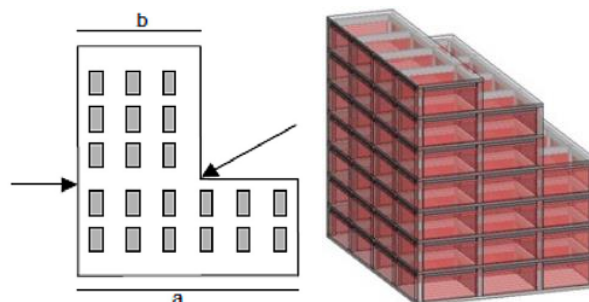


Figura 25: Irregularidad Vertical: Irregularidad Geométrica.  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (Jiménez, 2014).

- **Irregularidad por Ubicación:** Para edificaciones que se encuentran en una colina empinada, de tal manera que a lo largo de la pendiente exista al menos un piso en altura (SGR - MIDUVI, 2016).

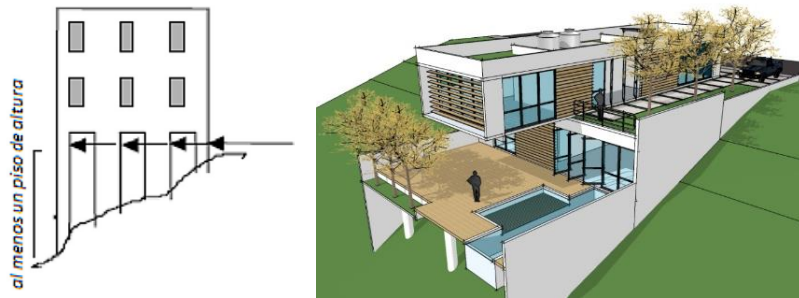


Figura 26: Irregularidad Vertical: Irregularidad por Ubicación.  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (Resende, 2012).

- **Piso Débil:** Es considerado cuando la rigidez de un piso es drásticamente menor que la mayoría de los demás pisos. La cual es causada por disminución en mampostería portante o muros estructurales (SGR - MIDUVI, 2016).

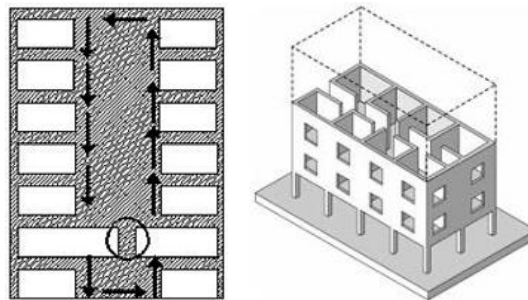


Figura 27: Irregularidad Vertical: Piso Débil.  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (Pérez, 2012).

- **Columna Corta o Larga:** Si la edificación presenta columnas cortas o demasiado largas (SGR - MIDUVI, 2016).

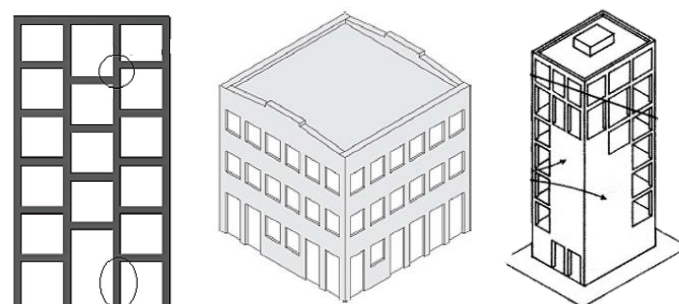


Figura 28: Irregularidad Vertical: Columna Corta o Larga.  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (Constructor Civil, 2013).

- **Ejes Verticales Discontinuos o Muros Soportados por Columnas:** Una estructura es irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales y cuyos desplazamientos son más grandes que la dimensión horizontal del elemento (SGR - MIDUVI, 2016).

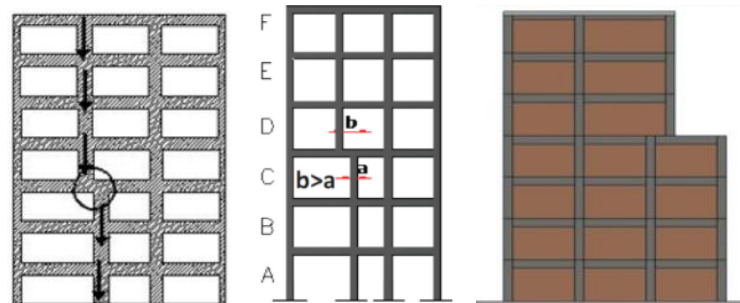


Figura 29: Irregularidad Vertical: Ejes Verticales Discontinuos o Muros Soportados por Columnas.

Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (Jiménez, 2014).

- **Distribución de Masa:** La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1.5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, a excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior (SGR - MIDUVI, 2016).

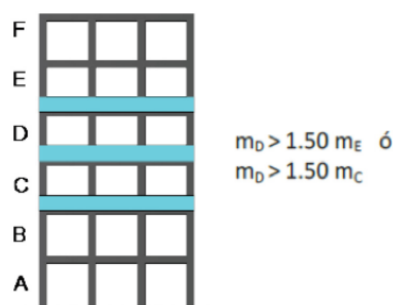


Figura 30: Irregularidad Vertical: Distribución de Masa.

Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

- **Piso Flexible:** Es irregular una estructura cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menos que el 80% del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores (SGR - MIDUVI, 2016).

$$\text{Rigidez } K_C < 0,70 \text{ Rigidez } K_D$$

$$\text{Rigidez } < 0,80 * \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}$$

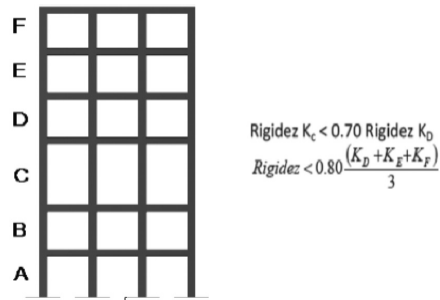


Figura 31: Irregularidad Vertical: Piso Flexible.  
 Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

- **Adiciones:** Se considera irregular una estructura, cuando existen adiciones, fuera del diseño original, de un piso o más (SGR - MIDUVI, 2016).



Figura 32: Irregularidad Vertical: Adiciones.  
 Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

**Irregularidad en Planta:** Se detallan a continuación las irregularidades en planta que pueden presentarse en las estructuras.

- **Forma:** Cuando la estructura de la edificación es irregular su configuración en planta presenta las formas L, T, I, U E, o forma de cruz, sin juntas de construcción (SGR - MIDUVI, 2016).

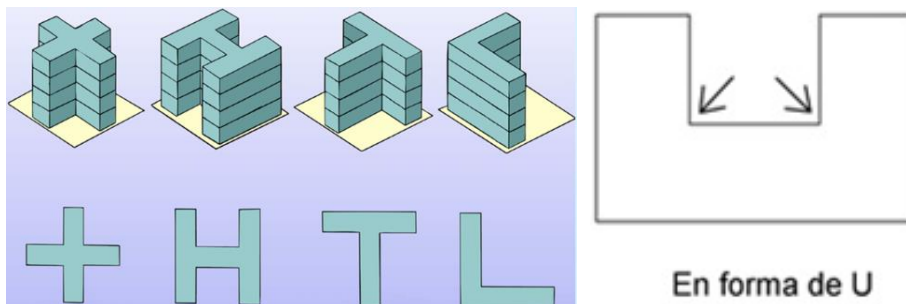


Figura 33: Irregularidad en Planta: Configuración en Planta.  
 Fuente: (Rodríguez, 2016), (Campos, 2017).

- **Discontinuidades en el Sistema de Piso:** La estructura es irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, causadas por aberturas, entrantes o huecos con áreas mayores al 50% del área total del piso (SGR - MIDUVI, 2016).

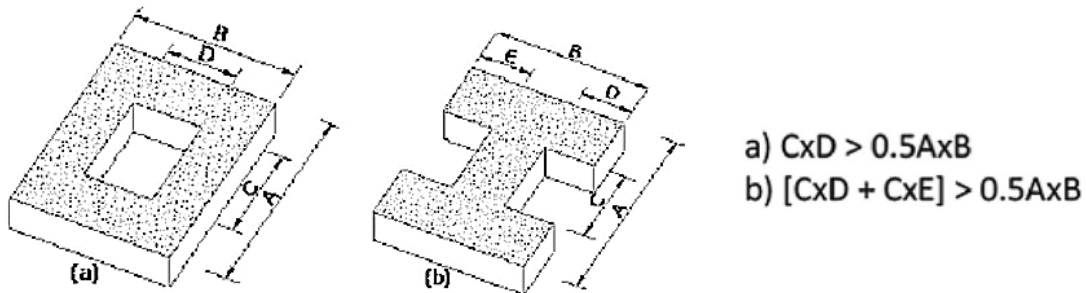


Figura 34: Irregularidad en Planta: Discontinuidades en el Sistema de Piso.  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

- **Ejes Estructurales No Paralelos:** Es irregular la estructura de la edificación cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la misma (SGR - MIDUVI, 2016).

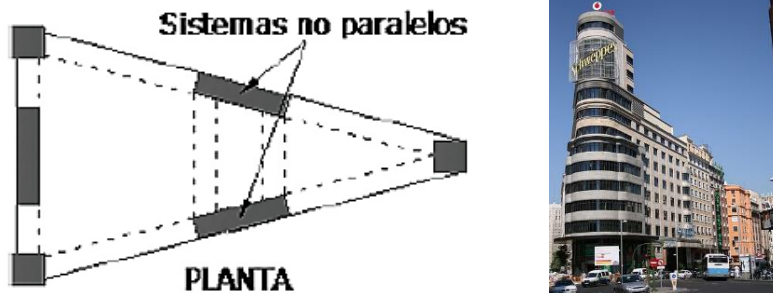
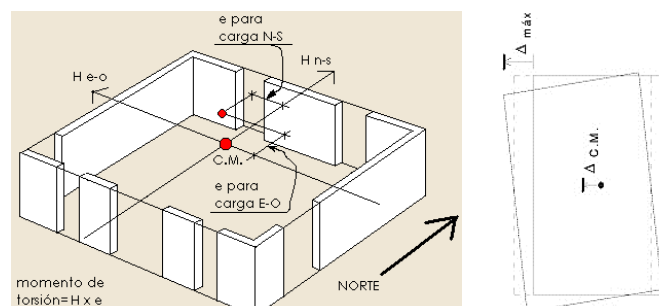


Figura 35: Irregularidad en Planta: Ejes Estructurales No Paralelos.  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016), (Bloques Cando S.L., 2015).

- **Torsional:** Una estructura es irregular cuando presenta buena resistencia lateral en una dirección, pero en la dirección contraria no es así, o si existe rigidez excéntrica en planta; o cuando su centro de rigidez no coincide con su centro de masa (SGR - MIDUVI, 2016).



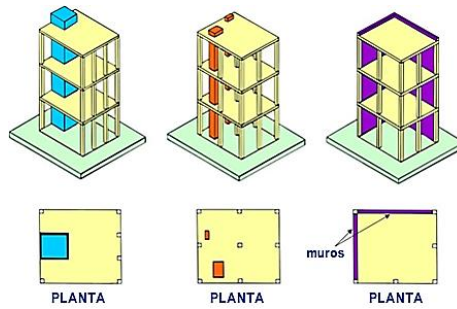


Figura 36: Irregularidad en Planta: Torsional.  
Fuente: (Gómez, 2011), (Recuenco, 2011), (RENE, 2003).

- **Adiciones:** La estructura se considera irregular cuando existen adiciones, fuera del diseño original, sin su respectiva junta de construcción (SGR - MIDUVI, 2016).



Figura 37: Irregularidad en Planta: Adiciones.  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.2.8. CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN

En el año de 1977, se estableció el primer código ecuatoriano de construcción, en el cual se describía un proceso de estimación de fuerzas laterales y requisitos para el diseño sísmico, aplicable a todas las construcciones en todo el territorio. Dicho código fue presentado después de la publicación del Código Americano UBC 1974 (SGR - MIDUVI, 2016).

Años más tarde, después de colapsos y daños en las edificaciones, sufridos a causa del terremoto de magnitud 7.1 Mw., suscitado en Bahía de Caráquez, en la costa norte de Ecuador, se incorporó para el año 2001, el primer mapa de zonificación sísmica del Ecuador en el Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC-2001), una vez aplicados los principios sismológicos adecuados y conocimientos de ingeniería sísmica existentes hasta ese momento (SGR - MIDUVI, 2016).

Para la versión del código del año 2001, se incluyeron una serie de requisitos de diseño y modelado estructural, similares al código americano UBC 1997. Pasando a ser el año 2001, el año de referencia del diseño sísmico en el Ecuador (SGR - MIDUVI, 2016).

Hoy en la actualidad, la nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015, se encuentra aprobada y vigente, la cual es considerada como un código mejorado y actual con respecto al diseño sismo-resistente de estructuras de hormigón armado y estructuras metálicas (SGR - MIDUVI, 2016).

Por tales motivos expuestos anteriormente, es razonable considerar que aquellas estructuras construidas antes de 1977, tendrán una resistencia sísmica inaceptable. A diferencia de las estructuras construidas después del año 2001, se podrían considerar que poseen un diseño sismo-resistente aceptable y adecuado de acuerdo a las normativas de construcción (SGR - MIDUVI, 2016).

- **Pre-Código (Construido Antes de 1977) o Auto Construcción:** Este modificador es utilizado cuando una edificación haya sido construida antes del año 1977 (primer código ecuatoriano), o cuando la edificación muestre señales que se la construyó sin un profesional a cargo.
- **Construido en Etapa de Transición (entre 1977 y 2001):** Será utilizado este modificador cuando una edificación haya sido construida entre los años de 1977 y 2001.
- **Post Código Moderno (Construido a Partir de 2001):** Este modificador es utilizado cuando una edificación haya sido construida después del año 2001, año de referencia del diseño sísmico en Ecuador (SGR - MIDUVI, 2016).

### **3.2.9. TIPO DE SUELO**

El modificador tipo de suelo parte del formulario presenta tres tipos de suelo para calificar a una estructura (C, D y E), a pesar que la NEC 2015 especifica 6 tipos de suelo. Es así que las edificaciones cimentadas en suelos tipo A y B, no se consideran que puedan ser afectadas significativamente frente a un sismo (SGR - MIDUVI, 2016).

Tal como se puede observar, no existe ningún modificador para el tipo de suelo F, debido a que las edificaciones cimentadas en este tipo de suelo, no pueden ser evaluadas con certeza y eficacia por este procedimiento de evaluación visual rápida. Para lo cual es necesario requerir de los servicios de un ingeniero geotécnico para verificar este tipo de suelo F y un ingeniero con experiencia en evaluación de construcciones mediante este proceso (SGR - MIDUVI, 2016).

Es importante mencionar que, si la edificación tiene un sistema de pilotaje en su cimentación, la edificación podrá ser calificada con un tipo de suelo “mejorado”. Por ejemplo, si la estructura está construida sobre un tipo de suelo E, según los mapas de caracterización de suelos, y tiene pilotes como cimentación, se podrá calificar en el formulario de evaluación como suelo tipo D (SGR - MIDUVI, 2016).

A continuación, se detallan las características de cada tipo de suelo que se presentan como modificador en el formulario, y que se encuentran en la NEC 2015.

- **Tipo de Suelo C:** Para perfiles de suelos muy densos o roca blanda, con velocidades de onda cortante de suelo mayores o iguales a 360 m/s y menores a 760 m/s ( $760 \text{ m/s} > V_s \geq 360 \text{ m/s}$ ) o con suelos que cumplan con cualquiera de los dos siguientes criterios: número medio de golpes del ensayo de penetración estándar mayor o igual a 50 ( $N \geq 50$ ) y que la resistencia al corte no drenado sea mayor o igual a 100 kPa ( $S_u \geq 100 \text{ kPa}$ ) (SGR - MIDUVI, 2016).
- **Tipo de Suelo D:** Para perfiles de suelos rígidos, con velocidades de onda cortante de suelo mayores o iguales que 180 m/s y menores a 360 m/s ( $360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$ ) o con suelos que cumplan con cualquiera de los dos siguientes criterios: número medio de golpes del ensayo de penetración estándar mayores o iguales a 15 pero menores que 50 ( $50 > N \geq 15$ ) y que la resistencia al corte no drenado sea mayor o igual a 50 kPa pero menor a 100 kPa ( $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$ ) (SGR - MIDUVI, 2016).
- **Tipo de Suelo E:** Para perfiles con velocidades de onda cortante de suelo menores a 180 m/s ( $V_s < 180 \text{ m/s}$ ) o perfiles que contienen un espesor total H mayor a 3 metros de arcillas blandas con: índice de plasticidad mayor a 20

(IP > 20), contenido de agua mayor o igual al 40% ( $w \geq 40\%$ ) y resistencia al corte no drenado menor a 50 kPa ( $S_u < 50 \text{ kPa}$ ) (SGR - MIDUVI, 2016).

### **3.2.10. PUNTAJE FINAL, S Y GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA**

El puntaje estructural final, S, para una edificación, se determina mediante la suma y/o resta de los valores de los modificadores antes explicados. Una vez obtenido el puntaje final S, se deberá marcar con una X o visto el grado de vulnerabilidad de la estructura. Si S es mayor que 2.5 se considera que la estructura tiene una vulnerabilidad baja, en cambio si el resultado de S esta entre 2 y 2.5 se considera una edificación de vulnerabilidad media y si el puntaje final de S es menor a 2, entonces será una estructura de alta vulnerabilidad y requerirá una evaluación estructural especial, realizado por un ingeniero experto en diseño estructural (SGR - MIDUVI, 2016).

El puntaje final S, es una estimación o probabilidad de que la edificación colapsará si se produce un evento sísmico. Esta estimación se basa en los modificadores antes mencionados y en la habilidad del profesional a cargo de la evaluación para tomar los datos correctos; por lo que, es una calificación de vulnerabilidad aproximada frente a eventos sísmicos (SGR - MIDUVI, 2016).

Por ejemplo, una puntuación final de  $S = 3$  implica que existe una probabilidad de 1 en  $10^3$ , o 1 en 1000, de que la estructura se derrumbará si se producen tales movimientos en la tierra. Una puntuación final de  $S = 2$  implica que hay una probabilidad de 1 en  $10^2$ , o 1 en 100, que la estructura se derrumbará si se producen tales movimientos en la tierra (FEMA 154, 2002).

Si por algún motivo o circunstancia, no se puede determinar la tipología de la estructura, y el acceso a la edificación es imposible, el evaluador a cargo deberá eliminar aquellos sistemas estructurales que sean imposibles para la estructura en estudio y calificar las posibles opciones restantes. El resultado final, S, que se considere será el de menor valor y se marcará el grado de vulnerabilidad de la estructura (SGR - MIDUVI, 2016).

### **3.2.11.OBSERVACIONES**

Esta última sección del formulario, está destinada para registrar observaciones que el evaluador responsable desee hacer con respecto a la estructura, uso, condiciones actuales, circunstancias inusuales que presente la edificación o detalles importantes que crea necesario mencionarlos para un análisis más certero (SGR - MIDUVI, 2016).

Las estructuras identificadas como vulnerables mediante este proceso de evaluación, deberán ser analizadas y estudiadas con mayor minuciosidad por un ingeniero especialista en diseño sísmico (SGR - MIDUVI, 2016).

Los resultados de este proceso de evaluación además de identificar potencialmente a las estructuras sísmicamente vulnerables, sirve para otros fines tales como: diseñar programas de mitigación de riesgos sísmicos para ciudades, barrios, etc., inventarios de edificaciones para posibles rehabilitaciones, planes de emergencia durante y después de eventos sísmicos, entre otros (SGR - MIDUVI, 2016).

Como se detalló en párrafos anteriores, el formulario (EVSE) se diseñó para ser llenado de una manera progresiva y se lo puede observar en la siguiente figura.

### 3.2.12. FORMULARIO: “EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES (EVSE)”

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES (EVSE)														
Esquema Estructural en Planta y Elevación	DATOS DE LA EDIFICACIÓN													
	Dirección:													
	Nombre de la Edificación:													
	Sitio de Referencia:													
	Tipo de Uso:							Fecha de Evaluación:						
	Año de Construcción:							Año de Remodelación:						
	Área Construida (m <sup>2</sup> ):							Número de Pisos:						
	DATOS DEL PROFESIONAL													
	Nombre del Evaluador:													
	C.I.:													
Fotografía														
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL														
Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado				C1	Pórtico Acero Laminado				S1			
Mampostería sin Refuerzo	URM	Pórtico H. Armado con Muros Estructurales				C2	Pórtico Acero Laminado con Diagonales				S2			
Mampostería Reforzada	RM					C3	Pórtico Acero Doblado en Frío				S3			
Mixta Acero - Hormigón o Mixta Madera - Hormigón	MX	Pórtico H. Armado con Mampostería Confinada sin Refuerzo				C3	Pórtico Acero Laminado con Muros Estructurales de Hormigón Armado				S4			
		H. Armado Prefabricado					PC	Pórtico Acero con Paredes Mampostería				S5		
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S														
Tipología del Sistema Estructural		W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico		4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2
<b>ALTURA DE LA EDIFICACIÓN</b>														
Baja Altura (menor a 4 pisos)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana Altura (4 a 7 pisos)		N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4
Gran Altura (mayor a 7 pisos)		N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,8	0,3	0,4	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8
<b>IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN</b>														
Irregularidad Vertical		-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1
Irregularidad en Planta		-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
<b>CÓDIGO DE CONSTRUCCION</b>														
Pre-Código (Construido antes de 1977) o Auto Construcción		0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
Construido en Etapa de Transición (entre 1997 y 2001)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Código Moderno (Construido a partir de 2001)		1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1
<b>TIPO DE SUELO</b>														
Tipo de Suelo C		0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Tipo de Suelo D		0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4
Tipo de Suelo E		0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8
<b>PUNTAJE FINAL S</b>														
<b>GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA</b>														
S < 2,0		Alta Vulnerabilidad, Requiere Evaluación Especial												
2,0 < S < 2,5		Media Vulnerabilidad												
S > 2,5		Baja Vulnerabilidad												
FIRMA RESPONSABLE DE EVALUACIÓN														
<b>OBSERVACIONES:</b>														
_____														
_____														
_____														
_____														

Figura 38: Formulario: “Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones (EVSE)”.

Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.3. APLICACIÓN DEL FORMULARIO (EVSE) EN LA VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS

A continuación, se analizará la “Vivienda del Sr. Walter Santos”, por este proceso de evaluación rápida visual, el cual servirá para conocer aproximadamente el grado de vulnerabilidad que tiene la vivienda ante eventos sísmicos.

Como se puede observar en la Figura 39., la fotografía capturada de la vivienda es de la parte frontal (ingreso principal) y el esquema de la vivienda en planta, cuenta con las dimensiones y los detalles más relevantes de la distribución de espacios con la que cuenta la edificación.

#### **Tipología del Sistema Estructural**

Una vez definidos los datos de la edificación y del profesional a cargo de la evaluación, se identificó el tipo de sistema estructural que tiene la vivienda, para lo cual se ingresó en las instalaciones y se constató que se trataba de pórticos de hormigón armado (C1) con un puntaje básico de 2,5.



Figura 39: Vivienda Sr. Walter Santos: Tipología del Sistema Estructural.

### Altura de la Vivienda

Tal como se puede observar en la Figura 39., la vivienda tiene 2 pisos de 3m cada uno, por lo que se considera de baja altura (menor a 4 pisos), otorgándole un puntaje de 0.

### Irregularidad de la Edificación

Como parte de la evaluación se analizaron las irregularidades en planta y elevación que tiene la vivienda.

- Irregularidad en Planta:

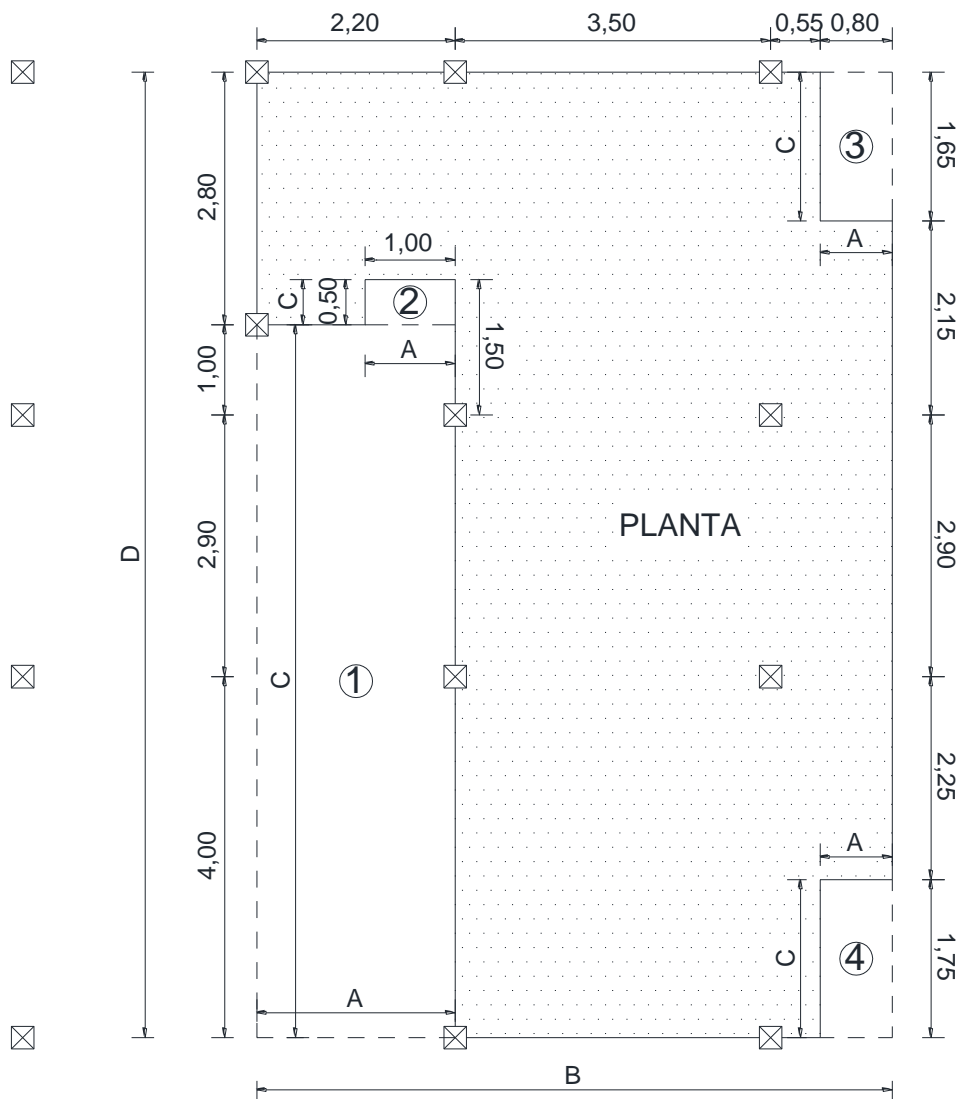


Figura 40: Irregularidades en Planta "Vivienda Sr. Walter Santos".

## Irregularidad – 1

### Irregularidad en Planta Tipo 2: Retrocesos Excesivos en las Esquinas

$$\phi_{pi} = 0,90$$

#### DIRECCIÓN HORIZONTAL

$$A > 0,15 * B$$

$$2,20m > 0,15 * 7,05m$$

$$2,20m > 1,06m \quad \text{IRREGULAR}$$

#### DIRECCIÓN VERTICAL

$$C > 0,15 * D$$

$$7,90m > 0,15 * 10,70m$$

$$7,90m > 1,61m \quad \text{IRREGULAR}$$

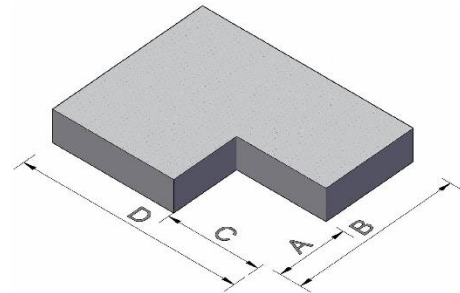


Figura 41: Irregularidad – 1.  
Fuente: (NEC-SE-DS, 2015).

## Irregularidad – 2

### Irregularidad en Planta Tipo 3:

#### Discontinuidades en el Sistema de Piso

$$\phi_{pi} = 1,00$$

$$A * C > 0,15 * B * D$$

$$1,00m * 0,50m > 0,15 * 7,05m * 10,70m$$

$$0,50m^2 < 11,32m^2 \quad \text{REGULAR}$$

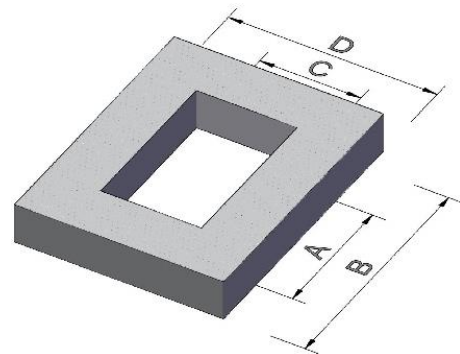


Figura 42: Irregularidad – 2.  
Fuente: (NEC-SE-DS, 2015).

## Irregularidad – 3

### Irregularidad en Planta Tipo 2:

#### Retrocesos Excesivos en las Esquinas

$$\phi_{pi} = 0,90$$

#### DIRECCIÓN HORIZONTAL

$$A > 0,15 * B$$

$$0,80m > 0,15 * 7,05m$$

$$0,80m < 1,06m \quad \text{REGULAR}$$

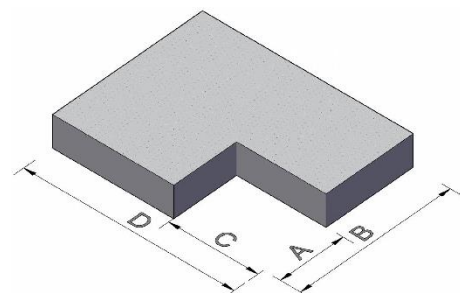


Figura 43: Irregularidad – 3.  
Fuente: (NEC-SE-DS, 2015).

## DIRECCIÓN VERTICAL

$$C > 0,15 * D$$

$$1,65m > 0,15 * 10,70m$$

$$1,65m > 1,61m \quad \textbf{IRREGULAR}$$

## Irregularidad – 4

### Irregularidad en Planta Tipo 2: Retrocesos Excesivos en las Esquinas

$$\phi_{pi} = 0,90$$

## DIRECCIÓN HORIZONTAL

$$A > 0,15 * B$$

$$0,80m > 0,15 * 7,05m$$

$$0,80m < 1,06m \quad \textbf{REGULAR}$$

## DIRECCIÓN VERTICAL

$$C > 0,15 * D$$

$$1,75m > 0,15 * 10,70m$$

$$1,75m > 1,61m \quad \textbf{IRREGULAR}$$

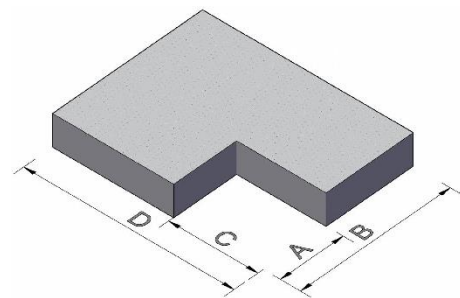


Figura 44: Irregularidad – 4.  
Fuente: (NEC-SE-DS, 2015).

Una vez analizados los diferentes tipos de irregularidades en planta y señalados en la Figura 40., se identificó dos tipos de irregularidades presentes en la vivienda, siendo:

- Irregularidad en Planta Tipo 2: Retrocesos Excesivos en las Esquinas.
- Irregularidad en Planta Tipo 3: Discontinuidades en el Sistema de Piso.

Las cuales hacen que la planta de la edificación sea irregular, otorgándole un puntaje de -0,5 en la evaluación.

### • Irregularidad en Elevación

La vivienda en análisis no presenta ninguna irregularidad en elevación, que afecte o necesite ser considerada para asignar una calificación especial.

## Código de Construcción

Mediante datos recopilados en la visita de campo realizada a la vivienda, se pudo constatar que el año en el que se construyó la estructura fue en 2001, sin embargo, los planos arquitectónicos a los que se tuvo acceso indican que la fecha en que se diseñaron fue en el año de 1977. Considerando los datos expuestos anteriormente, se determinó que la vivienda se construyó a partir de 2001 (Post Código Moderno), asignándole un puntaje de 1,4.

## Tipo de Suelo

De acuerdo, a la ubicación del inmueble, condiciones que presenta el suelo y los aspectos analizados en el ANEXO 1, se calificó al tipo de suelo como:

### SUELO TIPO D

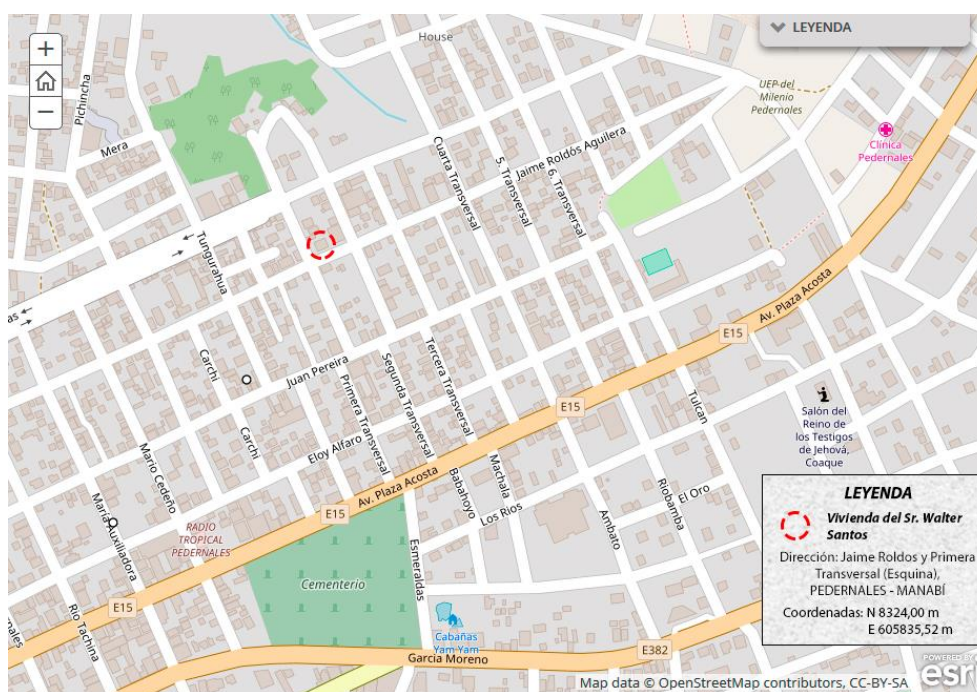


Figura 45: Mapa de Pedernales – VIVIENDA SR. WALTER SANTOS.  
Fuente: (Instituto Geofísico - EPN, 2016).

## Puntaje Final y Grado de Vulnerabilidad Sísmica

Como se muestra a continuación en la Figura 46 el puntaje final de la edificación después de la evaluación (EVSE) fue de 2.8, lo cual nos indica que la “Vivienda del Sr. Walter Santos” tiene un bajo grado de vulnerabilidad frente a un evento sísmico.

## EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES (EVSE) – “VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS”

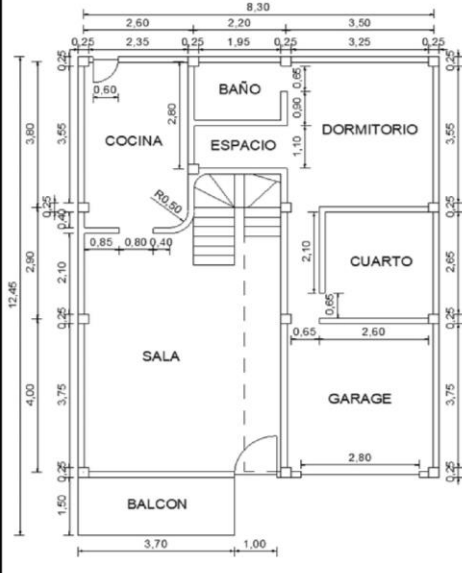

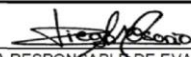
EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES (EVSE)													
				<b>DATOS DE LA EDIFICACIÓN</b>									
				Dirección: <b>JAIME ROLDOS Y PRIMERA TRANSVERSAL - ESQUINA (BARRIO BRISAS DEL PACIFICO), PEDERNALES</b>									
				Nombre de la Edificación: <b>VIVIENDA SR. WALTER SANTOS</b>									
				Sitio de Referencia: <b>CERCA DEL CEMENTERIO DE PEDERNALES</b>									
				Tipo de Uso: <b>RESIDENCIAL</b>				Fecha de Evaluación: <b>2017/05/26</b>					
				Año de Construcción: <b>2001</b>				Año de Remodelación: <b>-----</b>					
Área Construida (m <sup>2</sup> ): <b>88,81m<sup>2</sup></b>				Número de Pisos: <b>2</b>									
<b>DATOS DEL PROFESIONAL</b>													
Nombre del Evaluador: <b>DIEGO OSORIO ARROYO</b>													
C.I. : <b>100379061-3</b>													
													
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL													
Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado				C1	Pórtico Acero Laminado				S1		
Mampostería sin Refuerzo	URM	Pórtico H. Armado con Muros Estructurales				C2	Pórtico Acero Laminado con Diagonales				S2		
Mampostería Reforzada	RM	Pórtico H. Armado con Mampostería Confinada sin Refuerzo				C3	Pórtico Acero Doblado en Frío				S3		
Mixta Acero - Hormigón o Mixta Madera - Hormigón	MX						Pórtico Acero Laminado con Muros Estructurales de Hormigón Armado				S4		
		H. Armado Prefabricado				PC	Pórtico Acero con Paredes Mampostería				S5		
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S													
Tipología del Sistema Estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja Altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana Altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4
Gran Altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,8	0,3	0,4	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN													
Irregularidad Vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1
Irregularidad en Planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN													
Pre-Código (Construido antes de 1977) o Auto Construcción	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,8	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
Construido en Etapa de Transición (entre 1997 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post Código Moderno (Construido a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de Suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Tipo de Suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4
Tipo de Suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8
<b>PUNTAJE FINAL S</b>					<b>2,8</b>								
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA													
S < 2,0	Alta Vulnerabilidad, Requiere Evaluación Especial												
2,0 < S < 2,5	Media Vulnerabilidad												
S > 2,5	Baja Vulnerabilidad				<b>X</b>	 FIRMA RESPONSABLE DE EVALUACIÓN							
<b>OBSERVACIONES:</b>													
LA VIVIENDA TIENE UN PEQUEÑO VOLADO EN EL LADO DERECHO DEL SEGUNDO PISO DE 1,30m.													
EXISTE UN MURO CURVO NO ESTRUCTURAL DE MAMPOSTERIA NO REFORZADA EN EL AREA DE LA COCINA.													
PRESENCIA DE UN TANQUE ELEVADO DE HORMIGON ARMADO EN LA PARTE SUPERIOR DE ATRÁS.													
SE PRESENTAN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES RIESGOSOS EN CASO DE SISMO.													
EN CASO DE REHABILITAR LA VIVIENDA ES NECESARIO UNA EVALUACION ESTRUCTURAL ESPECIAL.													

Figura 46: Evaluación Visual Rápida de Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones (EVSE) “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

### 3.4. EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE ESTRUCTURAS POST – EVENTO (EEPE)

Evaluación diseñada con el propósito de inspeccionar en corto tiempo, de manera sencilla y eficiente las edificaciones afectadas en el área de mayor impacto de un sismo, de tal forma que se puedan identificar las condiciones de daño en las que se encuentran las edificaciones y la seguridad que presentan luego de un evento sísmico. Centrándose en la clasificación de los daños y la definición de las posibilidades de uso de las estructuras, logra identificar aquellas edificaciones que pueden ser ocupadas normalmente, a diferencia de las que son inseguras y las que deben tener un uso restringido por la presencia de elementos estructurales o no estructurales que amenacen con caer y pongan en peligro la vida de los ocupantes. Consolidándose una evaluación que se vale de tres señales de pancarta (INSPECCIONADA, USO RESTRINGIDO o INSEGURO), las mismas que sirven de información a equipos de rescate, Policía Nacional, Cuerpo de Bomberos, entre otras entidades, además de dirigir los recursos de ayuda y prevención hacia las zonas más afectadas que requieran prioridad tras eventos de tal magnitud (SGR - MIDUVI, 2016).

En esta sección, se detallan los diferentes parámetros necesarios que conforman el formulario EEPE, el cual debe ser llenado minuciosamente por el evaluador responsable, para otorgarle una señalización adecuada a la edificación, prevaleciendo la seguridad y la vida de los ocupantes de la misma.

#### 3.4.1. INSPECCIÓN

- **Nombre Inspector / C.I.:** Se especifica, la persona que esté llevando a cabo la evaluación, con su nombre y cedula de identidad.
- **Fecha, Hora:** Se registra la fecha en la que se visitó la edificación (año-mes-día) y la hora de inspección con el formato AM o PM.
- **Áreas Inspeccionadas:** Marcar en los casilleros disponibles si la inspección fue realizada solo exterior o exterior e interior.
- **Lugar de la Inspección:** Detallar la ciudad o parroquia en la que se realizó la inspección de la estructura (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.4.2. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

- **Nombre de la Edificación:** Se coloca el nombre del dueño de la edificación, en caso de no existir se escribe el número de lote.
- **Dirección:** Registrar la dirección y confirmar el lote con los planos auxiliares de la localidad.
- **Sitio de Referencia:** Sitio que sea representativo del sector, el cual ayudará a localizar la edificación con mayor facilidad.
- **Número de Contacto Celular de la Edificación:** Colocar el número de teléfono celular del propietario o inquilinos de la edificación.
- **Número de Pisos sobre el Suelo:** Escribir la cantidad de plantas existentes en la edificación, sin contabilizar la cubierta.
- **Subsuelos:** Escribir el número de subsuelos de la estructura.
- **Área en Planta (m<sup>2</sup>):** Registrar el área que ocupa la edificación en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).
- **Número de Residencias Habitadas:** Si la edificación tiene un conjunto de departamentos, registrar la cantidad de residencias habitadas.
- **Número de Residencias No Habitadas:** Si la edificación tiene un conjunto de departamentos, registrar la cantidad de residencias no habitadas.
- **Tipo de Construcción:** Seleccionar el tipo de estructura de acuerdo a las opciones que tiene el formulario de evaluación rápida.
- **Tipo de Ocupación:** Marcar en los casilleros el tipo de ocupación de la estructura en base a las opciones que se dispone en el formulario de evaluación rápida (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.4.3. EVALUACIÓN

En el apartado de “EVALUACIÓN”, el equipo evaluador debe determinar el grado de daño (ninguno, moderado o severo) para los diferentes parámetros que se detallan en el formulario y establecer el tipo de señalización que corresponda:

- **Poca / Ninguna**
- **Moderada**
- **Severa**

A continuación, se detallan los parámetros que permiten seleccionar una de las tres opciones expuestas anteriormente. Para ciertas ocasiones es necesario

dejar al criterio del inspector a cargo de la evaluación. Para determinar el grado de daño estructural, se evalúa a la estructura en base a seis criterios básicos, los cuales se encuentran detallados en la siguiente tabla (SGR - MIDUVI, 2016).

Tabla 7: Criterios de Evaluación Rápida.

<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN RÁPIDA</b>		
<b>CONDICIÓN</b>		<b>ACCIÓN</b>
1	La edificación ha colapsado totalmente, parcialmente o su cimentación se ha visto afectada.	Señalizar Inseguro
2	La edificación se encuentra fuera de aplomo.	Señalizar Inseguro
3	Daños severos en elementos estructurales importantes, grietas grandes en paredes u otros daños considerables.	Señalizar Inseguro
4	Daños en el antepecho, chimenea o cualquier elemento que pueda caer desde la parte superior de la edificación.	Señalizar Uso Restringido y Cercar el Área
5	Movimientos de suelos, grietas considerables del suelo, deslaves o incluso derrumbes de material presente.	Señalizar Inseguro
6	Otras amenazas existentes (Ej. Derrame de tóxicos, tuberías de gas rotas, torres de luz derrumbadas.)	Señalizar Inseguro y/o Cercar el Área Insegura

Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

En caso de que no se encuentre ninguna de las condiciones detalladas de la tabla anterior en la edificación evaluada y si no existe otra amenaza/condición que afecte al estado de la estructura, la misma puede ser señalizada como “INSPECCIONADA” (SGR - MIDUVI, 2016).

**IMPORTANTE:** En el caso de existir situaciones dudosas, es necesario el buen juicio. Estructuras con daños moderados pueden ser difíciles de evaluar, especialmente durante la evaluación rápida. Cuando exista incertidumbre acerca de la evaluación y señalización de una estructura, es recomendable señalar a la misma como uso restringido (con las restricciones necesarias especificadas en la pancarta) y adjuntar un pedido de una evaluación detallada (SGR - MIDUVI, 2016).

#### **3.4.4. MARCACIÓN**

En esta sección del formulario, el evaluador debe señalar la estructura acorde a los resultados de que se obtengan de la evaluación. Se deberá utilizar una de

las tres señales de pancarta (INSPECCIONADA, USO RESTRINGIDO o INSEGURO). Registrar en la pancarta de señalización, si la inspección que se realizó fue en el “exterior” o “exterior e interior”, poniendo un visto en el espacio correspondiente. Además, se deben señalar todas las entradas clasificadas como USO RESTRINGIDO o INSEGURO (a excepción de edificaciones unifamiliares) (SGR - MIDUVI, 2016).

<h1 style="margin: 0;">INSPECCIONADO</h1> <p style="margin: 0;">OCUPACIÓN LEGALMENTE PERMITIDA</p>		 <small>ECUADOR LISTO Y SOLIDARIO</small>
<p>La estructura ha sido inspeccionada (como se indica abajo) y no existe aparentes daños estructurales o amenazas.</p> <p> <input type="checkbox"/> <b>Inspección Exterior</b>  <input type="checkbox"/> <b>Inspección Exterior e Interior</b> </p> <p>Reportar cualquier condición de inseguridad a la jurisdicción local; puede ser requerida una re inspección. Comentarios del Inspector:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p><b>Nombre de la instalación y Dirección:</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p><b>Fecha:</b> _____</p> <p><b>Hora:</b> _____</p> <p><b>Precaución:</b> Las réplicas sísmicas pueden aumentar los daños y riesgos</p> <p><b>Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:</b></p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;"><b>Jurisdicción</b></p> <p><b>CI Inspector / Agencia:</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p><b>Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales</b></p>		

Figura 47: Pancarta de Inspección: Inspeccionado.  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).


<h1 style="margin: 0;">USO RESTRINGIDO</h1>		 <small>ECUADOR LISTO Y SOLIDARIO</small>
<p><b>Precaución:</b> Esta edificación ha sido inspeccionada y se ha determinado que existen los siguientes daños:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p><b>Los siguientes ingresos y/o área de ocupación se encuentran legalmente restringidos:</b></p> <p> <input type="checkbox"/> No ingresar a las siguientes áreas: _____  <input type="checkbox"/> Cortos ingresos permitidos para obtener acceso a contenidos: _____  <input type="checkbox"/> Otras restricciones: _____         </p> <p><b>Nombre de la instalación y Dirección:</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p><b>Fecha:</b> _____</p> <p><b>Hora:</b> _____</p> <p><b>Precaución:</b> Las réplicas sísmicas pueden aumentar los daños y riesgos</p> <p><b>Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:</b></p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;"><b>Jurisdicción</b></p> <p><b>CI Inspector / Agencia:</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p><b>Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales</b></p>		

Figura 48: Pancarta de Inspección: Uso Restringido.  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).


<h1 style="margin: 0;">INSEGURO</h1> <p style="margin: 0; font-size: small;">PROHIBIDO EL INGRESO Y OCUPACIÓN (ESTA PANCARTA NO ES UNA ORDEN DE DEMOLICIÓN)</p>		 <small>ECUADOR LISTO Y SOLIDARIO</small>
<p>La estructura se encuentra inspeccionada y se determinaron serios daños y amenazas estructurales. Es insegura su ocupación como se indica:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p><b>Fecha:</b> _____</p> <p><b>Hora:</b> _____</p>	
<p>No ingresar a la edificación a menos que exista una autorización escrita por parte de la jurisdicción local. El ingreso a la misma puede provocar lesiones y hasta muerte.</p>	<p><b>Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:</b></p> <p>_____</p>	<p><b>Jurisdicción</b></p> <p>_____</p>
<p><b>Nombre de la instalación y Dirección:</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p><b>El Inspector / Agencia:</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p><b>Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales</b></p>		

Figura 49: Pancarta de Inspección: Inseguro.  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.4.5. FUTURAS ACCIONES

La sección siguiente está destinada para registrar las futuras acciones necesarias que deben realizarse en la estructura para despejar cualquier duda e inquietud que se pudo haber generado en la evaluación rápida. Al igual que disponer del uso de barricadas en áreas específicas que se considere necesario para precautelar la vida de los transeúntes, así como recomendar evaluaciones más detalladas, tanto estructurales, geotécnicas, entre otras. Además de alguna otra recomendación que considere necesario el evaluador, al igual que proporcionar comentarios de los parámetros anteriormente citados (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.4.6. OBSERVACIONES

Esta última sección del formulario, está destinada para registrar observaciones que el evaluador responsable desee hacer con respecto a la estructura, condiciones actuales, circunstancias inusuales que presente la edificación o detalles importantes que crea necesario mencionarlos para una evaluación más detallada (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.4.7. FORMULARIO: “EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE ESTRUCTURAS POST - EVENTO (EEPE)”

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE ESTRUCTURAS POST - EVENTO (EEPE)				
INSPECCIÓN				
Nombre Inspector / C.I.:		Fecha, Hora:		
Áreas Inspeccionadas:		Solo Exterior	Exterior e Interior	Lugar de la Inspección:
DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN:		TIPO DE CONSTRUCCIÓN:		
Nombre de la Edificación:		Estructura de Madera	Estructura con Muros de Hormigón	
Dirección:		Estructura Metálica	Mampostería sin Refuerzo Estructural	
		Estructura Modular Prefabricada	Mampostería con Refuerzo Estructural	
Sitio de Referencia:		Estructura de Hormigón	Otros:	
Celular de Contacto Edificación:		TIPO DE OCUPACIÓN:		
Número de Pisos Sobre Suelo:	Subsuelos:	Familiar	Comercial	Gubernamental
Área en Planta (m <sup>2</sup> ):		Otro Tipo de Residencia	Oficinas	Histórico
Número de Residencias Habitadas:		Asamblea Pública	Industrial	Colegios
Número de Residencias No Habitadas:		Servicios de Emergencia	Otros:	
EVALUACIÓN:				
Investigar la edificación y marcar sus condiciones en una de las columnas				
<b>Condiciones Observadas:</b>		<b>Poca / Ninguna</b>	<b>Moderada</b>	<b>Severa</b>
Colapso total, parcial o su cimentación afectada				
Edificación fuera de plomo				
Agrietamiento en muros u otro daño estructural				
Daños en el antepecho, chimenea u otro elemento que amenacen con caer				
Otro (Especificar):				
Condiciones Observadas:				
Comentarios:				
MARCACIÓN:				
Determinar la marcación de la estructura en base a la evaluación y al juicio del equipo de investigación. Las condiciones severas que amenacen el estado estructural de una edificación son suficientes para clasificarla como Insegura. Condiciones de daños severas y moderadas pueden clasificar a la estructura como Uso Restringido. Marcar a las estructuras con la pancarta INSPECCIONADAS únicamente en la entrada principal. Marcar a las estructuras con la pancarta de USO RESTRINGIDO e INSEGURA en todas las entradas.				
<input type="checkbox"/> INSPECCIONADA (VERDE) <input type="checkbox"/> USO RESTRINGIDO (AMARILLA) <input type="checkbox"/> INSEGURO (ROJA)				
Identificar cualquier restricción de uso existente al igual que en la pancarta de marcación:				
FUTURAS ACCIONES				
Poner check en cualquiera de las cajas que se enseñan a continuación en el caso de que si se necesiten futuras acciones:				
<input type="checkbox"/> Uso de barricadas en las siguientes áreas: _____				
<input type="checkbox"/> Recomendación Evaluación Detallada				
<input type="checkbox"/> Estructural				
<input type="checkbox"/> Geotécnica				
<input type="checkbox"/> Otra _____				
<input type="checkbox"/> Otra Recomendación: _____				
Comentarios:				
OBSERVACIONES:				
FIRMA RESPONSABLE DE EVALUACIÓN				

Figura 50: Formulario: “Evaluación Visual Rápida de Estructuras Post – Evento (EEPE)”.

Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.5. APLICACIÓN DEL FORMULARIO (EEPE) EN LA VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS

Luego del evento sísmico suscitado el 16 de abril de 2016, la “Vivienda del Sr. Walter Santos”, es parte de las edificaciones más afectadas en el área de mayor impacto del sismo, siendo necesario aplicar esta evaluación para conocer si la vivienda en análisis puede ser ocupada normalmente, o si debe tener un uso restringido por la presencia de elementos que ponen en peligro la vida de los ocupantes.

La evaluación de la edificación en estudio, se llevó a cabo mediante una inspección de las áreas exteriores e interiores de la vivienda, tal como se puede observar en la Figura 51., además de seguir con los procedimientos que detalla el formulario para utilizar las tres señales de pancarta de acuerdo a los resultados de la evaluación.



Figura 51: Inspección de las Áreas Exteriores e Interiores aplicando el Formulario (EEPE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”

### **Tipo de Construcción**

Una vez definidos los datos de la edificación y del profesional a cargo de la evaluación, se pasó a identificar el tipo de construcción que tiene la vivienda, siendo una estructura de hormigón. Sin embargo, se pudo destacar que la tipología de la edificación es de pórticos de hormigón armado con mampostería sin refuerzo.

### **Tipo de Ocupación:**

A través de la inspección a la vivienda se pudo constatar que la ocupación es de tipo familiar, para los 4 miembros que conforman la familia Santos.

### **Evaluación:**

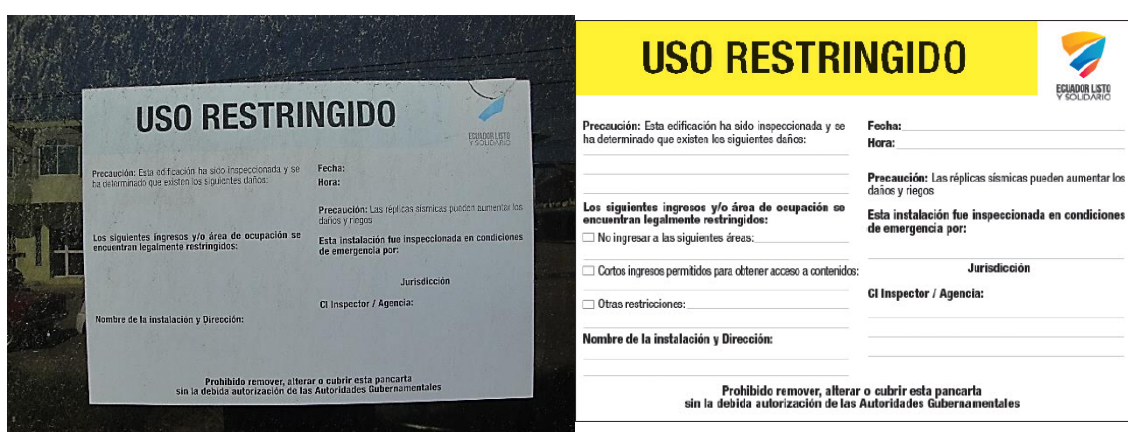
En base a las condiciones observadas en la vivienda, se pudo evidenciar que existe poca o ninguna manifestación de colapso total, parcial, cimentación afectada o que la edificación este fuera de plomo. Mientras que existe un moderado agrietamiento en muros u otros daños estructurales, al igual que daños en el antepecho, chimenea u otros elementos que amenacen con caer. Además de una moderada presencia de mamposterías, revestimientos de paredes y columnas agrietadas.



Figura 52: Evaluación de Condiciones Observadas Formulario (EEPE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

## **Marcación:**

Una vez evaluada la vivienda tanto en el exterior como interior, considerando los resultados y condiciones en las que se encuentra, la edificación tiene una calificación global de moderada. Otorgándole una marcación de “USO RESTRINGIDO (AMARILLA)”. Especificando restricciones de uso en la pancarta, en la que se prohíbe el ingreso y uso de la vivienda, debido a que existen objetos que amenazan con caer y ponen en peligro la vida de los ocupantes.



**USO RESTRINGIDO**

Precaución: Esta edificación ha sido inspeccionada y se ha determinado que existen los siguientes daños:

Fecha: \_\_\_\_\_  
Hora: \_\_\_\_\_

Precaución: Las réplicas sísmicas pueden aumentar los daños y riesgos

Precaución: Las réplicas sísmicas pueden aumentar los daños y riesgos

Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:

Jurisdicción: \_\_\_\_\_  
CI Inspector / Agencia: \_\_\_\_\_

Los siguientes ingresos y/o áreas de ocupación se encuentran legalmente restringidos:

No ingresar a las siguientes áreas: \_\_\_\_\_

Cortos ingresos permitidos para obtener acceso a contenidos: \_\_\_\_\_

Otras restricciones: \_\_\_\_\_

Nombre de la instalación y Dirección: \_\_\_\_\_

Esta instalación fue inspeccionada en condiciones de emergencia por:

Jurisdicción: \_\_\_\_\_  
CI Inspector / Agencia: \_\_\_\_\_

Nombre de la instalación y Dirección: \_\_\_\_\_

Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales

Prohibido remover, alterar o cubrir esta pancarta sin la debida autorización de las Autoridades Gubernamentales

Figura 53: Pancarta Uso Restringido (Amarilla) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.  
Fuente: (SGR - MIDUVI, 2016).

## **Futuras Acciones:**

Debido a las circunstancias en las que se encuentra la vivienda, como futuras acciones se recomendó realizar una evaluación estructural detallada y una evaluación global de la estructura cuya finalidad sea rehabilitar la vivienda. Siendo necesario que las evaluaciones mencionadas sean llevadas a cabo por un especialista estructural en la rama.

## EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE ESTRUCTURAS POST – EVENTO (EEPE) “VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS”

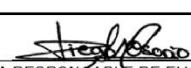
EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE ESTRUCTURAS POST - EVENTO (EEPE)					
INSPECCIÓN					
Nombre Inspector / C.I.:		DIEGO OSORIO ARROYO / 100379061-3		Fecha, Hora: 26/05/2017 ; 08:00 AM	
Áreas Inspeccionadas:		Solo Exterior <input checked="" type="checkbox"/> Exterior e Interior		Lugar de la Inspección: PEDERNALES	
DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN:			TIPO DE CONSTRUCCIÓN:		
Nombre de la Edificación: VIVIENDA SR. WALTER SANTOS			Estructura de Madera		
Dirección: JAIME ROLDOS Y PRIMERA TRANSVERSAL			Estructura Metálica		
ESQUINA (BARRIO BRISAS DEL PACIFICO)			Estructura Modular Prefabricada		
Sitio de Referencia: CEMENTERIO DE PEDERNALES			Estructura de Hormigón		
Celular de Contacto Edificación: 0959503655			Otros:		
Número de Pisos Sobre Suelo: 2			TIPO DE OCUPACIÓN:		
Subsuelos: 0			Familiar		
Área en Planta (m <sup>2</sup> ): 88,81m <sup>2</sup>			Otro Tipo de Residencia		
Número de Residencias Habitadas: 1			Comercial		
Número de Residencias No Habitadas: 0			Gubernamental		
			Oficinas		
			Histórico		
			Asamblea Pública		
			Industrial		
			Colegios		
			Otros:		
EVALUACIÓN:					
Investigar la edificación y marcar sus condiciones en una de las columnas					
<b>Condiciones Observadas:</b>					
Colapso total, parcial o su cimentación afectada		Poca / Ninguna		Moderada	
Edificación fuera de plomo		<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Agrietamiento en muros u otro daño estructural		<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Daños en el antepecho, chimenea u otro elemento que amenacen con caer		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Otro (Especificar): MAMPOSTERIAS AGRIETADAS		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Condiciones Observadas:		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Comentarios:		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<b>REVESTIMIENTOS DE PAREDES Y COLUMNAS AMENAZAN CON CAER</b>					
MARCACIÓN:					
Determinar la marcación de la estructura en base a la evaluación y al juicio del equipo de investigación. Las condiciones severas que amenacen el estado estructural de una edificación son suficientes para clasificarla como Insegura. Condiciones de daños severas y moderadas pueden clasificar a la estructura como Uso Restringido. Marcar a las estructuras con la pancarta INSPECCIONADAS únicamente en la entrada principal. Marcar a las estructuras con la pancarta de USO RESTRINGIDO e INSEGURA en todas las entradas.					
<input type="checkbox"/> INSPECCIONADA (VERDE)		<input checked="" type="checkbox"/> USO RESTRINGIDO (AMARILLA)		<input type="checkbox"/> INSEGURO (ROJA)	
Identificar cualquier restricción de uso existente al igual que en la pancarta de marcación:					
<b>ESTA PROHIBIDO EL INGRESO Y USO DE LA VIVIENDA, DEBIDO A QUE EXISTEN OBJETOS QUE AMENAZAN CON CAER Y PONEN EN PELIGRO LA VIDA DE LOS OCUPANTES</b>					
FUTURAS ACCIONES					
Poner check en cualquiera de las cajas que se enseñan a continuación en el caso de que si se necesiten futuras acciones:					
<input type="checkbox"/> Uso de barricadas en las siguientes áreas: _____					
<input checked="" type="checkbox"/> Recomienda Evaluación Detallada					
<input checked="" type="checkbox"/> Estructural		<input type="checkbox"/> Geotécnica		<input type="checkbox"/> Otra _____	
<input checked="" type="checkbox"/> Otra Recomendación: REALIZAR UNA EVALUACIÓN GLOBAL DE LA ESTRUCTURA PARA REHABILITAR LA VIVIENDA					
Comentarios:					
<b>ES NECESARIO QUE LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DETALLADA SE LLEVE A CARGO POR UN ESPECIALISTA EN LA RAMA.</b>					
OBSERVACIONES:					
EL ACCESO A LA VIVIENDA DEBE SER CON EL EPP APROPIADO.			 FIRMA RESPONSABLE DE EVALUACIÓN		
COMUNICARSE CON EL PROPIETARIO PARA FUTURAS INSPECCIONES.					
SER CUIDADOSO CON ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES PELIGROSOS.					

Figura 54: Evaluación Visual Rápida de Estructuras Post - Evento (EEPE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

### 3.6. EVALUACIÓN PRÁCTICA RÁPIDA DEL NIVEL DE DAÑOS EN EDIFICACIONES (ENDE)

La presente evaluación se proyecta con la intención de registrar los daños que sufren las edificaciones de vivienda de uno y dos pisos luego de eventos sísmicos, de tal manera que se puedan establecer niveles de calificación, los mismos que permiten catalogar a las viviendas en cada uno de ellos, en base a las condiciones en las que se encuentren las mismas. Enfocándose en el análisis de los elementos más susceptibles a sufrir daños en viviendas de mampostería, tales como son los muros largos, cortos, columnas, vigas y entrepisos (AIS, 2001). Clasificando en tres grupos principales:

- *Mampostería No Reforzada:* En esta sección de la evaluación se establecen parámetros para cuantificar y catalogar el daño referente en muros cortos o pilastras, dinteles, antepechos y muros fuertes.
- *Mampostería Confinada:* El siguiente apartado del formulario es enfocado netamente en el análisis de paneles contenidos entre pórticos o marcos de hormigón armado y elementos de confinamiento (Vigas – Columnas).
- *Mampostería Reforzada:* Como aspecto final de la evaluación se catalogan y enlistan los daños más comunes presentes en elementos con refuerzo estructural como son los muros fuertes, débiles y vigas (acople) débiles (AIS, 2001).

Constituyéndose una evaluación que designa tres niveles de calificación de daño (LEVE, MODERADO o SEVERO), la cual será asignada de forma individual, por grupo de análisis y de manera global a la vivienda. Los resultados obtenidos producto de esta evaluación servirán como punto de partida para la rehabilitación de edificaciones de vivienda. Las cuales incluyen actividades relacionadas con reparación, reforzamiento y reconstrucción. Siendo que el grado de intervención debe definirse en base a las condiciones del daño presente y la vulnerabilidad que tiene la estructura (AIS, 2001).

Para esta última sección, se detallan los diferentes parámetros necesarios que conforman el formulario ENDE, el cual debe ser llenado minuciosamente por el

evaluador responsable, para asignarle la calificación individual, grupal y global, correspondiente a la estructura en análisis, definiendo la intervención a ejecutarse, permitiendo así garantizar la ocupación y seguridad para próximos eventos sísmico.

### 3.6.1. **DATOS DE LA EDIFICACIÓN**

- **Dirección:** Se especifica, la Calle Principal, y Calle Secundaria de la edificación en estudio. Si es posible se toma: número y coordenadas (latitud y longitud) de la edificación.
- **Nombre de la Edificación:** Se coloca el nombre del dueño de la edificación en análisis.
- **Sitio de Referencia:** Algún sitio que sea representativo del sector (parques, iglesias, estadios, hospitales, farmacias, etc.). El cual podría ayudar a localizar la edificación con mayor facilidad.
- **Tipo de Uso:** Se registra el principal uso u ocupación de la edificación, para asignar prioridades para un posible programa de mitigación de riesgos. A continuación, se describen nueve tipos de uso, que se da en una edificación:
  - **Asamblea:** Lugares públicos de reunión, donde se concentran personas en una sola habitación, por ejemplo: teatros, auditorios, centros comunitarios, iglesias, salas de espectáculo.
  - **Comercial:** Empresas de cualquier tipo, instituciones financieras, restaurants, centros comerciales, edificios de estacionamiento.
  - **Servicios de emergencia:** Edificaciones que prestan servicios ante un evento sísmico, por ejemplo: Estaciones de Policía, Bomberos, Hospitales, Casas de Salud.
  - **Gobierno:** Este tipo comprende todas las edificaciones estatales, que no sean consideradas como servicios de emergencia.
  - **Histórico:** Edificaciones que son consideradas patrimoniales.
  - **Industrial:** Fábricas, Plantas de Ensamblaje, Grandes Almacenes, Bodegas y la Industria Pesada.
  - **Oficina:** Edificios de oficina, casas de oficina y sitios de gestiones.

- **Residencial:** Edificios Residenciales, Casas, Hoteles, Moteles, Hostales, Conjuntos Residenciales, Hogares para Ancianos y Discapacitados.
  - **Educativo:** Instituciones Educativas, Públicas y Privadas: Escuelas, Colegios, Institutos, Universidades.
- **Fecha de Evaluación:** Se registra la fecha en la que se visitó la edificación (año-mes-día).
  - **Año de Construcción:** La edad de las edificaciones está ligada directamente a las prácticas de diseño y construcción, lo cual afectará o favorecerá en los resultados finales. Por lo cual podría estar diseñada con algún código antiguo que no presentaba especificaciones sismorresistentes.
  - **Año de Remodelación:** Año en el que una edificación sufrió modificaciones, aumentos etc. de su diseño original.
  - **Área Construida:** De toda la edificación. Si se dispone de planos se obtendrá fácilmente este parámetro. Se registra con la unidad de metros cuadrados (m<sup>2</sup>).
  - **Número de Pisos:** Indicador de la altura de la edificación. La gravedad y cantidad de daño de una estructura, frente a un sismo, se relaciona con su altura y más si está cimentada sobre un suelo tipo C, D, E o F que presenta la Norma Ecuatoriana de la Construcción (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.6.2. **DATOS DEL PROFESIONAL**

- **Nombre del Evaluador:** Persona que esté llevando a cabo la evaluación.
- **C.I.:** Cedula de Identidad del evaluador (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.6.3. **ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN**

Se realiza un esquema en planta y si es posible un esquema en elevación de la edificación. Para el esquema en planta se precisa la ubicación de gradas y ascensores. Estos esquemas sirven de gran ayuda para determinar posibles irregularidades (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.6.4. FOTOGRAFÍA

Se debe realizar una fotografía de la parte frontal de la edificación (acceso principal), procurando que se pueda observar en su totalidad la misma (SGR - MIDUVI, 2016).

### 3.6.5. ELEMENTOS SUSCEPTIBLES A SUFRIR DAÑOS EN VIVIENDAS

Los elementos susceptibles a sufrir daños en viviendas de mampostería, son los muros (largos y cortos), vigas, columnas y los entrepisos. Es así que, en la siguiente evaluación, se detallan diferentes tipologías de daños que pueden presentarse en cada uno de estos tipos de elementos y a partir de esa información, se puede establecer una calificación global del daño de la edificación. Para así conocer el nivel de daño existente y seleccionar las medidas de rehabilitación óptimas que garanticen la habitabilidad y funcionalidad de las viviendas (AIS, 2001).

#### 3.6.5.1. MAMPOSTERÍA NO REFORZADA

- **Muros Cortos o Pilastras:** Esta sección del formulario de evaluación se trata de elementos de mampostería de poca longitud, comúnmente cerca de aberturas de puertas y ventanas, las cuales conforman pilas de mampostería. Los daños principales y deformaciones horizontales se concentran en las pilas (AIS, 2001).

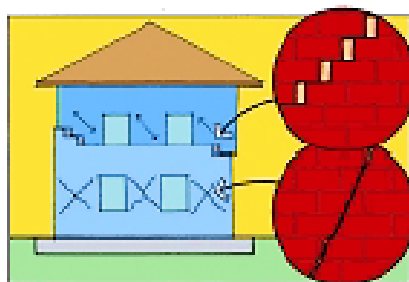


Figura 55: *Muros Cortos o Pilastras*

Fuente: (AIS, 2001).

- **Dinteles y Antepechos:** Se trata de elementos de mampostería complementarios, los cuales conforman normalmente vigas, dinteles y antepechos, acumulando deformaciones y/o daños al ser elementos más débiles que los muros cortos o pilastras adyacentes (AIS, 2001).

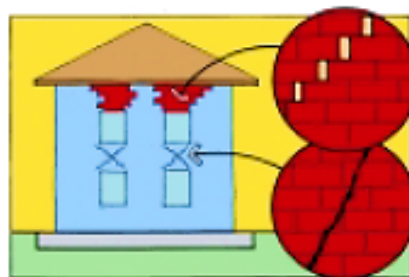


Figura 56: *Dinteles y Antepechos*

Fuente: (AIS, 2001).

- **Muros Fuertes;** Se habla de muros de mampostería de longitud apreciable, en los cuales no se presentan aberturas. Los cuales presentan un comportamiento elástico de cuerpo rígido funcionando en general como un voladizo empotrado en la cimentación (AIS, 2001).

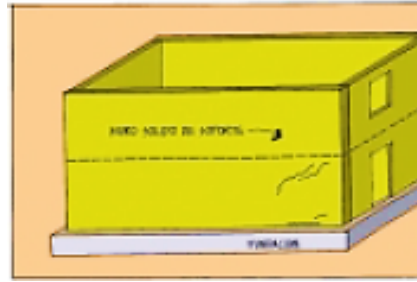


Figura 57: Muros Fuertes.  
Fuente: (AIS, 2001).

### 3.6.5.2. **MAMPOSTERÍA CONFINADA**

- **Paneles;** Se trata de muros de mampostería no reforzada, que se encuentran contenidos entre marcos de concreto reforzado de confinamiento. Dichos elementos pueden presentar agrietamientos en diagonal o tendencia de falla en la dirección perpendicular al plano del muro (AIS, 2001).

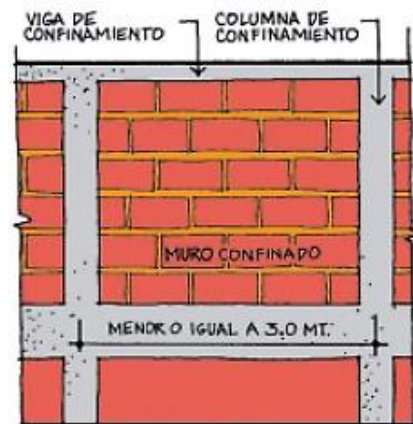


Figura 58: Paneles  
Fuente: (AIS, 2001).

- **Elementos de Confinamiento (Vigas – Columnas):** Vigas y columnas de confinamiento, que tienen como función reforzar los paneles de mampostería no reforzada. Estos elementos de confinamiento pueden fallar por corte, tensión, compresión o efectos combinado principalmente como consecuencia del agrietamiento del panel interior (AIS, 2001).

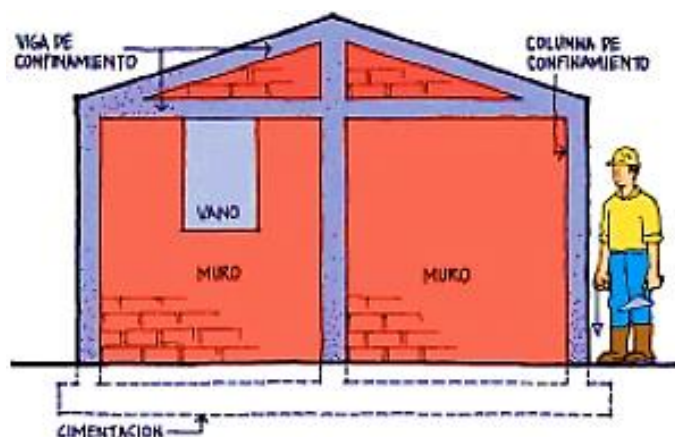


Figura 59: Elementos de Confinamiento (Vigas – Columnas).  
Fuente: (AIS, 2001).

### 3.6.5.3. MAMPOSTERÍA REFORZADA

- **Muros Fuertes:** Se trata de muros de mampostería reforzada, cuyo principal funcionamiento es equivalente a un muro en voladizo empotrado en la base y cuya capacidad se encuentra controlada en su base (falla a flexión y/o cortante). En ciertas ocasiones pueden encontrarse unidos a otros muros fuertes mediante vigas de conexión o acople relativamente débiles (AIS, 2001).

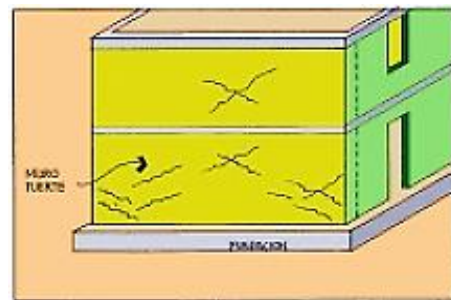


Figura 60: Muros Fuertes.  
Fuente: (AIS, 2001).

- **Muros Débiles:** Muros de mampostería reforzada, los cuales son más débiles que las vigas que los conectan. De manera general la capacidad del sistema está controlada por corte de los muros, los cuales se manifiestan comúnmente con grietas diagonales en los mismo (AIS, 2001).

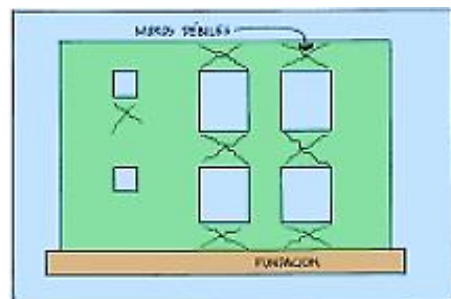


Figura 61: Muros Débiles.  
Fuente: (AIS, 2001).

- **Vigas (Acople) Débiles:** Todos los elementos anexos a los muros, tales como: vigas (acople), dinteles y antepechos, son susceptibles a sufrir daños debido a los desplazamientos horizontales que ocurren en el sistema estructural principal (AIS, 2001).

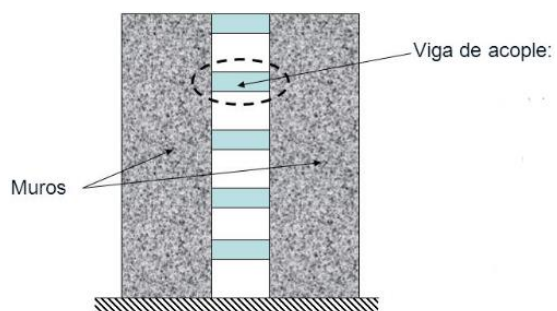


Figura 62: Vigas (Acople) Débiles  
Fuente: (AIS, 2001).

### 3.6.6. CALIFICACIÓN DEL NIVEL DE DAÑO EN ELEMENTOS INDIVIDUALES

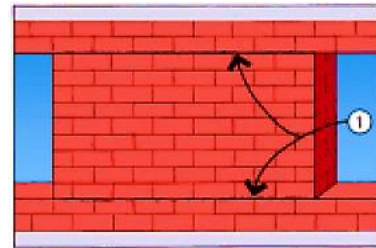
#### 3.6.6.1. MAMPOSTERÍA NO REFORZADA

##### 3.6.6.1.1. MUROS CORTOS O PILASTRAS

### 1. Rotación Muro – Pilastra

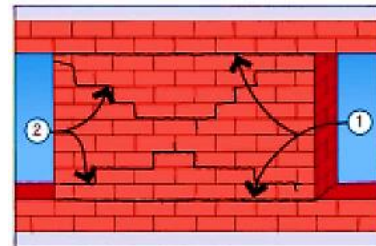
#### 1.1. Daños Leves:

1. Mínimas grietas y mortero fisurado en juntas horizontales en los extremos superior e inferior.



#### 1.2. Daños Moderados:

1. Moderadas grietas y mortero fisurado en juntas horizontales en extremos superior e inferior.
2. Posibles grietas y mortero fisurado en juntas de pega en el área de la pila, sin embargo, juntas horizontales no se abren.



#### 1.3. Daños Severos:

1. Posible desplazamiento a lo largo o fuera del plano, en la parte superior e inferior de las Pilastras.
2. Unidades de mampostería rotos y fisurados en las esquinas.
3. Grietas y mortero fisurado en juntas horizontales en extremos superior e inferior (AIS, 2001).

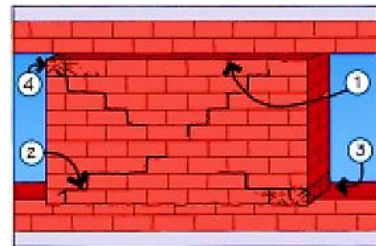


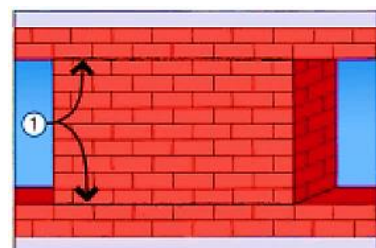
Figura 63: Rotación Muro-Pilastra.

Fuente: (AIS, 2001).

### 2. Deslizamiento de las Juntas Horizontales

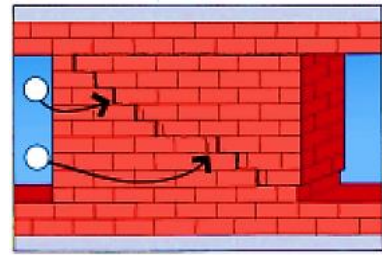
#### 2.1. Daños Leves:

1. Mortero agrietado y fisurado, tanto en la parte superior e inferior de uniones. Grietas en forma escalonada, no continuas a través de la pilastra, sin desplazamiento horizontal. No existen grietas en unidades de mampostería.



## 2.2. Daños Moderados:

1. Grietas horizontales y mortero fisurado en juntas horizontales, manifestando que se ha producido un desplazamiento horizontal, a lo largo de las grietas y se crea un mecanismo de rotura escalonado con aberturas en juntas de 6 mm.
2. 5% de hiladas tienen grietas en unidades de mampostería.



## 2.3. Daños Severos:

2. Grietas horizontales y mortero triturado en juntas horizontales, manifestando que se ha producido un desplazamiento horizontal, a lo largo de las grietas y se crea un mecanismo de rotura escalonado con aberturas en juntas de 12 mm.
3. > 10% de hiladas tienen grietas en unidades de mampostería (AIS, 2001).

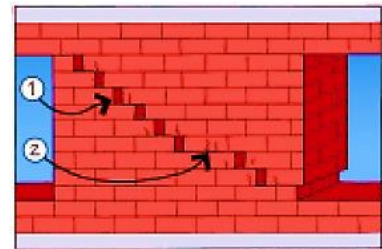
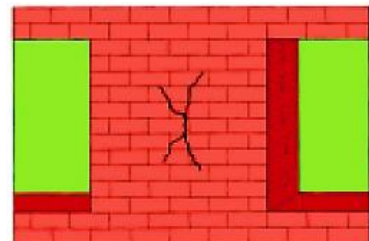


Figura 64: Deslizamiento de las Juntas Horizontales  
Fuente: (AIS, 2001).

## 3. Tensión Diagonal

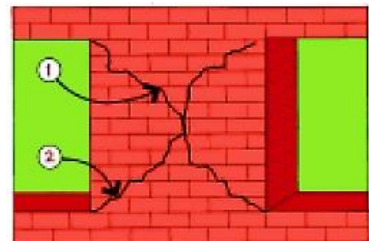
### 3.1. Daños Leves:

1. Grietas diagonales pequeñas en unidades de mampostería en  $\leq 5\%$  de las hiladas.



### 3.2. Daños Moderados:

1. Grietas diagonales en la pila, las cuales atraviesan unidades de mampostería con grietas de ancho  $\leq 6$  mm.
2. Grietas diagonales llegan a alcanzar esquinas. No presentan roturas o fisuras en las esquinas de la pila.



### 3.3. Daños Severos:

1. Grietas diagonales en la pila, las cuales atraviesan unidades de mampostería con grietas de ancho  $> 6$  mm.

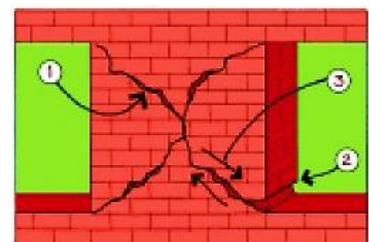


Figura 65: Tensión Diagonal.  
Fuente: (AIS, 2001).

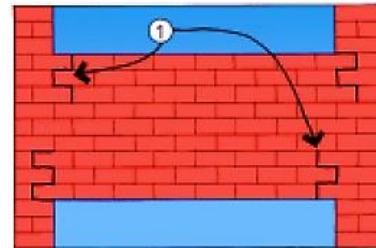
2. Presencia de roturas y fisuras secundarias en esquinas de la pila.
3. Movimientos secundarios a lo largo del plano de rotura.
4. Desprendimiento de partes de mampostería (AIS, 2001).

### 3.6.6.1.2. DINTELES Y ANTEPECHO

#### 1. Rotación en Elementos de Soporte

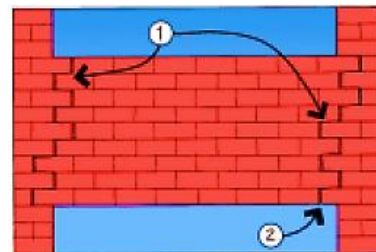
##### 1.1. Daños Leves:

1. Grietas pequeñas escalonadas y mortero fisurado en extremos de vigas, en las partes superior e inferior de uniones sobre la tercera hilada en extremos de antepecho. No presenta grietas en unidades. Se evidencia separaciones relativas en elementos de soporte.



##### 1.2. Daños Moderados:

1. Grietas moderadas escalonadas y mortero fisurado en extremos de vigas en las partes superior e inferior de uniones. Indicando que ocurrió un desplazamiento horizontal en el plano, además de presentar aberturas en juntas de pega de 6 mm. No presenta grietas en las unidades de mampostería.
2. No presenta desplazamiento vertical de la viga.



##### 1.3. Daños Severos:

1. Grietas escalonadas y mortero fisurado en extremos de vigas en las partes superior e inferior de uniones. Indicando que ocurrió un desplazamiento horizontal en el plano, además de presentar aberturas en juntas de pega de 12 mm. No presenta grietas en las unidades de mampostería (AIS, 2001).

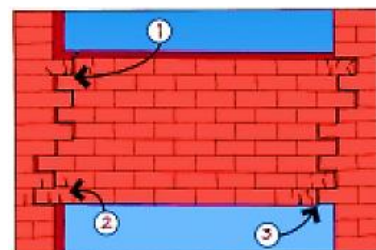


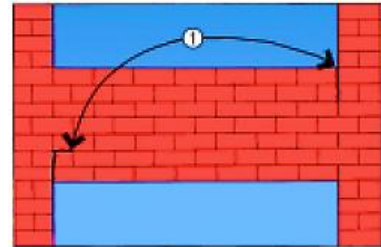
Figura 66: Rotación en Elementos de Soporte.  
Fuente: (AIS, 2001).

2. Posible deterioro de unidades superiores y extremas de la viga, no existen desplazamientos verticales en la misma. Posible rotación de viga con respecto a la columna de soporte.

## 2. Rotación y Eventual Deslizamiento Relativo en Elementos de Soporte

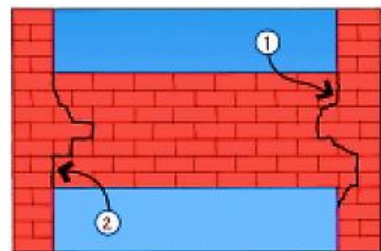
### 2.1. Daños Leves:

1. Predominan grietas verticales y mortero fisurado en una o dos unidades en extremo de la viga.



### 2.2. Daños Moderados:

1. Predominan grietas verticales y mortero fisurado en profundidad total de cada extremo de viga. Presenta grietas que atraviesan unidades de mampostería.
2. Ligero deterioro de unidades en extremo inferior de la viga, no se presentan movimientos verticales de la misma.



### 2.3. Daños Severos:

1. Predominan grietas verticales y mortero fisurado en profundidad total de cada extremo de viga. Sobre 1/3 de las hiladas las grietas atraviesan las unidades de mampostería.
2. Se presenta gran deterioro de unidades en el extremo inferior de viga con movimientos verticales de la misma (AIS, 2001).

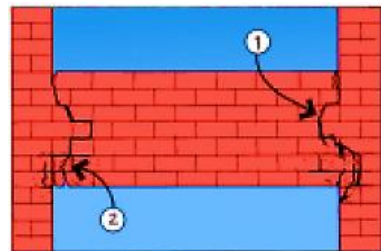


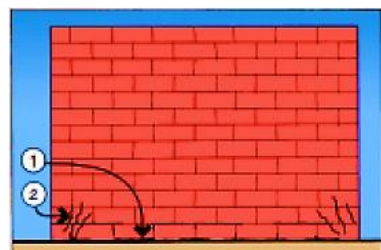
Figura 67: Rotación en Elementos de Soporte.  
Fuente: (AIS, 2001).

### 3.6.6.1.3. MUROS FUERTES

#### 1. Flexión / Rotura de la Base / Deslizamiento de las Juntas Horizontales

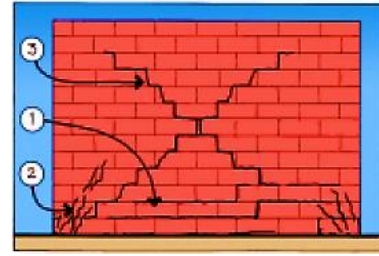
##### 1.1. Daños Leves:

1. Grietas horizontales pequeñas en juntas horizontales en talones del muro.
2. Grietas orientadas diagonalmente y fisuras secundarias en talón del muro.



### 1.2. Daños Moderados:

1. Grietas horizontales y mortero fisurado en juntas horizontales, señalan que se ha producido un desplazamiento horizontal a lo largo de las grietas y crea un mecanismo de rotura escalonado con aberturas en las juntas de 6 mm.



2. Grietas diagonales y rotura en talón de muro. Se extienden en varias hiladas.
3. Grietas orientadas diagonalmente algunas atraviesan las unidades de mampostería.

### 1.3. Daños Severos:

1. Grietas horizontales cerca de la base del muro, idéntico al nivel de daño moderado, con excepción que el ancho es de 12 mm.
2. Grietas orientadas diagonalmente y en la base del muro. Se extienden en varias hiladas. Además, se presentan a través de unidades de mampostería. Roturas locales de mampostería.
3. Grietas diagonales combinan mecanismos de colapso. Pueden atravesar piezas de mampostería (AIS, 2001).

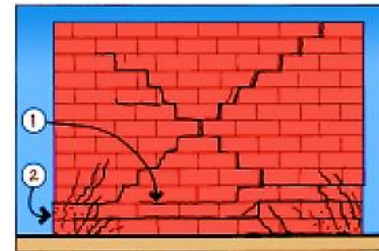
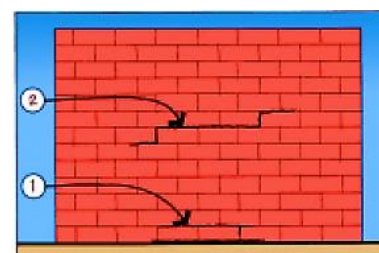


Figura 68: Flexión / Rotura de la Base / Deslizamiento de las Juntas Horizontales.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 2. Grietas por Flexión / Rotura de la Base

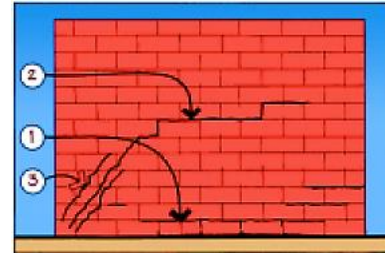
### 2.1. Daños Leves:

1. Grietas horizontales pequeñas en juntas horizontales en el talón del muro.
2. Grietas en la porción central del muro. No presentan desplazamientos horizontales a lo largo de la grieta y el plano de rotura no es continuo a través de la grieta. No presentan roturas en las unidades de mampostería.



### 2.2. Daños Moderados:

1. Grietas horizontales moderadas en juntas horizontales en el talón del muro.
2. Roturas horizontales en grietas en la parte central del muro. Se presentan ligeros desplazamientos horizontales a lo largo de la grieta.
3. Grietas diagonales que se prolongan hacia los talones del muro, buscan conformar un mecanismo general.



### 2.3. Daños Severos:

1. Grietas horizontales en juntas horizontales en el talón del muro.
2. Roturas horizontales en grietas de la parte central del muro. Se presentan grandes desplazamientos horizontales a lo largo de la grieta.
3. Grietas diagonales en la base del muro que atraviesan las unidades de mampostería. Pueden generar rotura de partes de la mampostería (AIS, 2001).

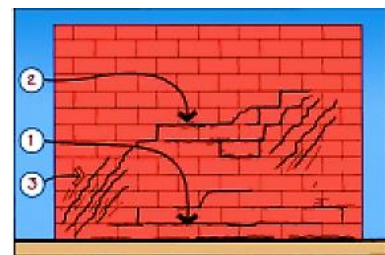
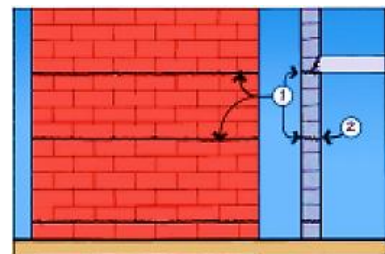


Figura 69: Grietas por Flexión / Rotura de la Base.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 3. Flexión Fuera del Plano del Muro

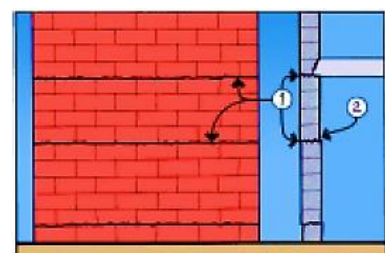
### 3.1. Daños Leves:

1. Grietas pequeñas en pegas de unión con el piso o cubierta y en la mitad de la altura de los pisos.
2. No presentan desplazamientos horizontales fuera del plano o rotura de mortero a lo largo de las grietas.



### 3.2. Daños Moderados:

1. Grietas moderadas en pegas de unión con el piso o cubierta y en la mitad de la altura de los pisos, presentando roturas en el mortero.
2. Desplazamiento fuera del plano a lo largo de grietas con anchos  $\leq 3$  mm.



### 3.3. Daños Severos:

1. Grietas en líneas del piso/cubierta y en la mitad de la altura de pisos, presentando fisuras en el mortero.
2. Fisuras en extremos de unidades a lo largo del plano de rotura.
3. Desplazamientos horizontales fuera del plano a lo largo de grietas con anchos de 12 mm (AIS, 2001).

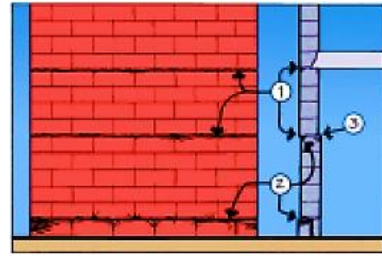


Figura 70: Flexión Fuera del Plano del Muro.  
Fuente: (AIS, 2001).

### 3.6.6.2. MAMPOSTERÍA CONFINADA

#### 3.6.6.2.1. **PANELES**

##### 1. Rotura y Fisuración en las Esquinas

###### 1.1. Daños Leves:

1. Separación del mortero alrededor del perímetro del panel y rotura del mortero cerca de esquinas del panel.

###### 1.2. Daños Moderados:

1. Rotura del mortero, grietas en unidades de mampostería incluyendo movimientos laterales de fachadas.

###### 1.3. Daños Severos:

1. Pérdida de partes de mampostería en esquinas y total fisuramiento de fachadas. Roturas diagonales y/o deslizamientos de juntas (AIS, 2001).

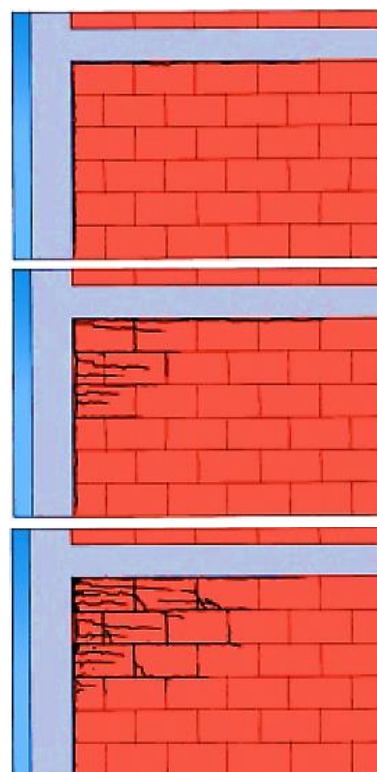
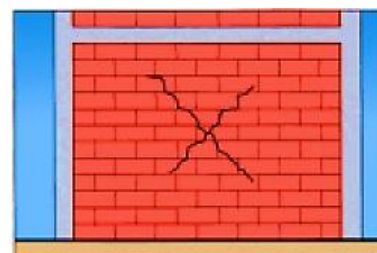


Figura 71: Rotura y Fisuración en las Esquinas.  
Fuente: (AIS, 2001).

##### 2. Tensión Diagonal

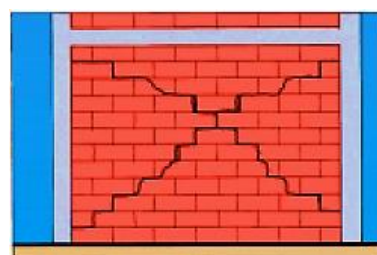
###### 2.1. Daños Leves:

1. Roturas pequeñas diagonales en unidades de mampostería. Asociadas con fallas por adherencia entre el mortero y bloque. Grietas se concentran en la zona central del panel.



###### 2.2. Daños Moderados:

1. Grietas moderadas totalmente extendidas a lo largo de diagonales, siguiendo hiladas del mortero escalonadamente. Se propagan a través de piezas de mampostería. Presentan roturas y desprendimientos de mortero. Grietas permanecen relativamente cerradas debido al confinamiento provisto por marcos de concreto reforzado.



### 2.3. Daños Severos:

1. Grietas tienen anchos de 3 mm y están conectadas con esquinas deterioradas. Presentan pérdidas del mortero en zonas de alta compresión, así como varias grietas diagonales y rotura en unidades de mampostería.
2. Partes de mampostería y/o morteros pueden deteriorarse completamente y caer fuera del plano del muro. Deterioro avanzado del muro (AIS, 2001).

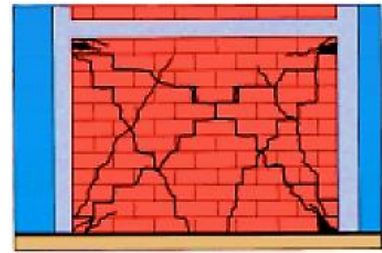
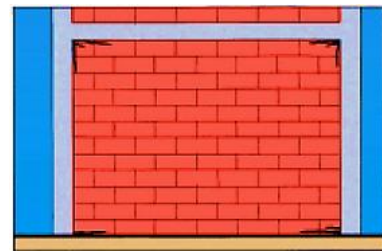


Figura 72: Tensión Diagonal.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 3. Desplazamiento de las Juntas Horizontales

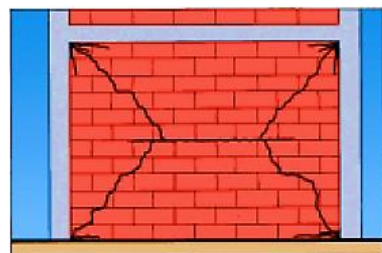
### 3.1. Daños Leves:

1. Roturas del mortero alrededor del perímetro del marco. Se nota particularmente en columnas cerca de esquinas de paneles.



### 3.2. Daños Moderados:

1. Rotura del mortero y agrietamiento de unidades de mampostería que se extienden en grandes zonas adyacentes a la viga y columna.
2. Presencia de grietas horizontales en parte central del muro. Conexión con grietas diagonales en esquinas del panel.



### 3.3. Daños Severos:

1. Rotura significativa de mortero y piezas, se extienden alrededor del perímetro del marco, a lo largo de la altura de las columnas. Desplazamientos horizontales de juntas (AIS, 2001).

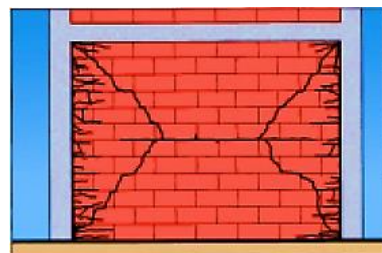
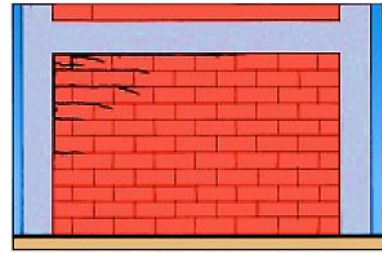


Figura 73: Desplazamiento de las Juntas Horizontales.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 4. Rotura Diagonal y de las Esquinas

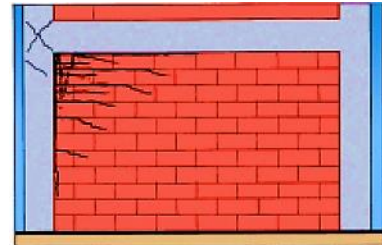
### 4.1. Daños Leves:

1. Separación del mortero alrededor del marco en la unión viga - panel. Grietas pequeñas evidentes a lo largo de hiladas.



### 4.2. Daños Moderados:

1. Marco dúctil (columna fuerte - viga débil) la fluencia del refuerzo longitudinal ocurre primero en la viga con grietas y segundo en las columnas. Roturas por compresión ocurren en bloques de las esquinas. Grietas pequeñas en X se presentan en la unión viga - columna.



### 4.3. Daños Severos:

1. Grietas extensas en zonas de articulación de vigas y columnas, fisurando el concreto del marco. Grietas diagonales atraviesan piezas de mampostería. Fisuramiento de paneles en esquinas y también a través del plano de corte crítico en la mitad de la altura del mismo (AIS, 2001).

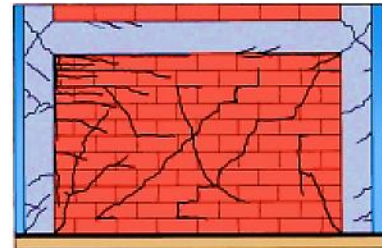
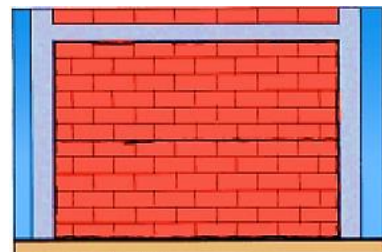


Figura 74: Rotura Diagonal y de las Esquinas.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 5. Efectos Fuera del Plano del Muro

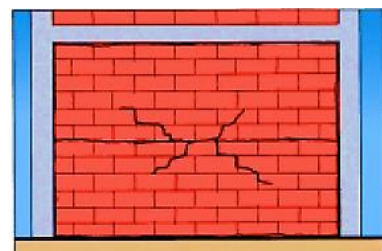
### 5.1. Daños Leves:

1. Grietas por flexión en mortero alrededor del perímetro con grietas pequeñas en mortero a la mitad de la altura del panel.



### 5.2. Daños Moderados:

1. Rotura y pérdida del mortero a lo largo de la parte superior, inferior y mitad.
2. Roturas en forma de X en área central del panel.



### 5.3. Daños Severos:

1. Roturas severas de esquina a esquina con mampostería fuera del plano. En parte superior, inferior y mitad, el mortero se encuentra completamente fisurado o suelto. Roturas extendidas en forma de X. Mecanismos de colapso evidentes (AIS, 2001).

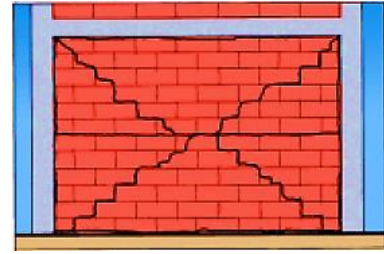


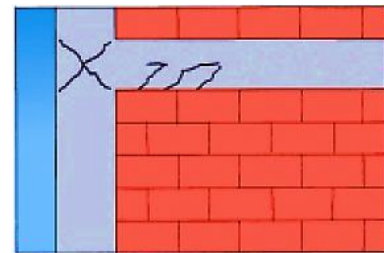
Figura 75: Efectos Fuera del Plano del Muro.  
Fuente: (AIS, 2001).

### 3.6.6.2.2. **ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (VIGAS - COLUMNAS)**

#### 1. **Agrietamiento de la Columna por Falla a Cortante**

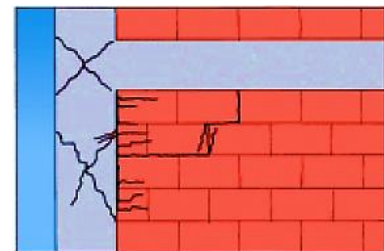
##### 1.1. Daños Leves:

1. Grietas por flexión se forman en columnas cerca de la esquina superior del panel.



##### 1.2. Daños Moderados:

1. Grietas por flexión se convierten en grietas de corte en X sobre una pequeña longitud cerca al extremo de las columnas (generalmente en dos anchos de columna). El recubrimiento del acero de refuerzo en esa zona de columna se perderá. Roturas asociadas aparecen en el panel.



##### 1.3. Daños Severos:

1. Roturas severas en columnas. Flejes de columnas han desarrollado su capacidad y se presentan fallas localizadas en los mismos. Fisuras en recubrimientos del concreto y probabilidad de desprendimiento por zonas (AIS, 2001).

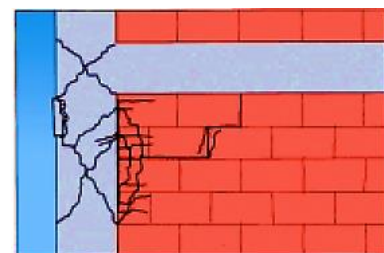
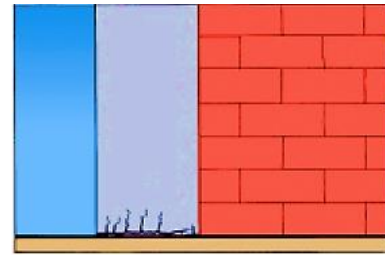


Figura 76: Agrietamiento de la Columna por Falla a Cortante.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 2. Falla en el Empalme del Traslape

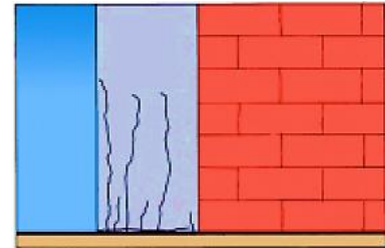
### 2.1. Daños Leves:

1. Grietas por flexión en la placa de piso, además de grietas verticales pequeñas y leves.



### 2.2. Daños Moderados:

1. Grietas por flexión-tensión en el nivel de placa de piso con evidencia de rotura de la base. Grietas longitudinales verticales generan pérdida del recubrimiento del concreto en la parte inferior de columna.



### 2.3. Daños Severos:

1. Grietas importantes en zona inferior de la columna.
2. Pérdida del recubrimiento de manera generalizada en partes inferiores de la columna. Exposición del núcleo de concreto y acero de refuerzo en zona que presenta falla por traslape (AIS, 2001).

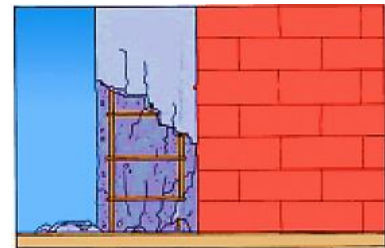
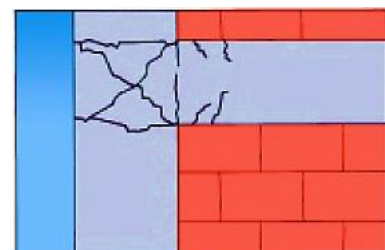


Figura 77: Falla en el Empalme del Traslape.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 3. Daño en la Conexión Viga – Columna

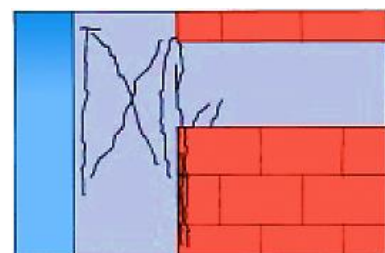
### 3.1. Daños Leves:

1. Grietas pequeñas en forma de X en las uniones.



### 3.2. Daños Moderados:

1. Grietas en forma de X en uniones viga-columna de confinamiento.
2. Tamaño de grietas en el orden de los 3mm.



### 3.3. Daños Severos:

1. Grietas en forma de X con anchos de 6 mm. Algún lado de la cubierta puede también fisurarse.
2. Desprendimiento del concreto de recubrimiento, especialmente en la zona exterior de unión. Fisuración en la zona de unión (AIS, 2001).

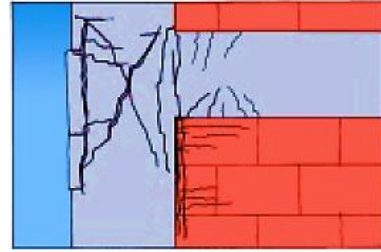


Figura 78: Daño en la Conexión Viga – Columna.  
Fuente: (AIS, 2001).

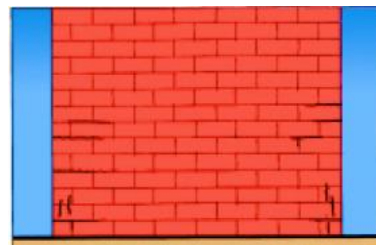
### 3.6.6.3. MAMPOSTERÍA REFORZADA

#### 3.6.6.3.1. MUROS FUERTES

##### 1. Flexión Dúctil

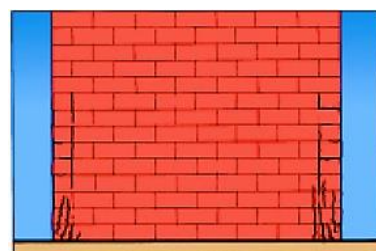
###### 1.1. Daños Leves:

1. Grietas no exceden 3 mm de ancho.
2. Grietas verticales y fisuras leves en unidades de mampostería.



###### 1.2. Daños Moderados:

1. Grietas no exceden 5 mm de ancho.
2. Moderada fisuración en unidades de mampostería y grietas verticales en esquinas del muro.
3. Refuerzo en estado de fluencia.
4. Desplazamiento permanente no significativo.



###### 1.3. Daños Severos:

1. Refuerzo en estado de fluencia y eventual rotura.
2. Grietas con ancho de 6 mm.
3. Grandes desplazamientos permanentes no recuperables.
4. Extensas roturas en unidades de mampostería por efectos de compresión.
5. Refuerzo visiblemente fallado o doblado (AIS, 2001).

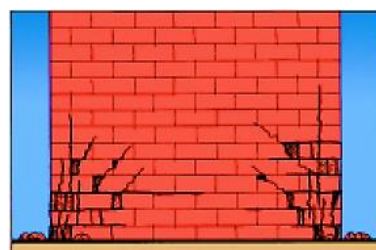
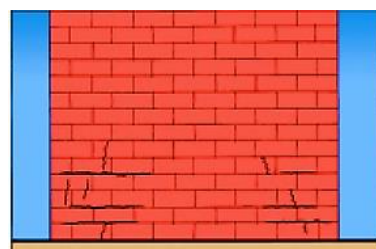


Figura 79: Flexión Débil.  
Fuente: (AIS, 2001).

##### 2. Flexión / Cortante

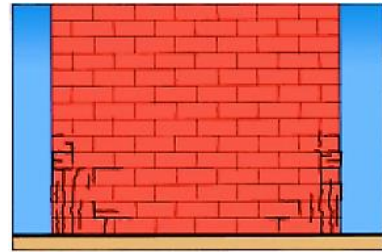
###### 2.1. Daños Leves:

1. Grietas no excedan 3 mm.
2. Grietas verticales y fisuras leves en unidades de mampostería.



## 2.2. Daños Moderados:

1. Grietas no exceden 5 mm de ancho.
2. Moderada fisuración en unidades de mampostería y grietas verticales en esquinas del muro.
3. Refuerzo en estado de fluencia.
4. Desplazamiento permanente no significativo.



## 2.3. Daños Severos:

1. Refuerzo en estado de fluencia y eventual rotura.
2. Grietas con ancho  $\geq 6$  mm., concentrados en una sola grieta.
3. Grietas diagonales anchas, concentradas en una o dos grietas.
4. Rotura de mampostería en la base del muro por efecto de compresión.
5. Refuerzo visiblemente fallado o doblado (AIS, 2001).

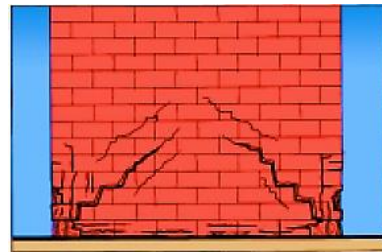


Figura 80: Flexión / Cortante.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 3. Flexión / Deslizamiento por Corte

### 3.1. Daños Leves:

1. Grietas no excedan 3 mm.
2. Grietas verticales y fisuras leves.

### 3.2. Daños Moderados:

1. Similar al leve, con la diferencia de grietas más extensas.

### 3.3. Daños Severos:

1. Desplazamiento horizontal permanente del muro.
2. Roturas y fisuras en la base de mampostería (AIS, 2001).

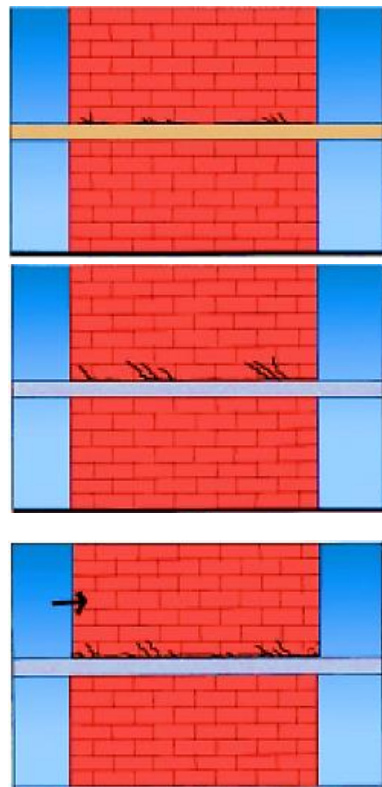
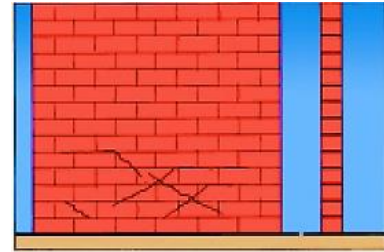


Figura 81: Flexión / Deslizamiento por Corte.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 4. Flexión / Inestabilidad Fuera del Plano

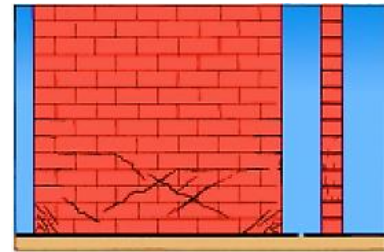
### 4.1. Daños Leves:

1. Grietas no excedan 3 mm de ancho.
2. Grietas verticales y fisuras leves en mampostería.



### 4.2. Daños Moderados:

1. Grietas no exceden 5 mm de ancho.
2. Fisuración moderada en unidades de mampostería y grietas verticales en esquinas del muro.
3. Refuerzo en estado de fluencia.
4. Desplazamiento permanente no significativo.



### 4.3. Daños Severos:

1. Refuerzo en estado de fluencia o eventual rotura.
2. Unidades desplazadas lateralmente.
3. Roturas y fisuras en unidades.
4. Mecanismos de colapso incipientes (AIS, 2001).

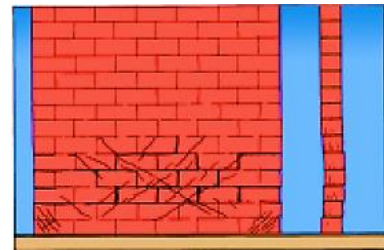
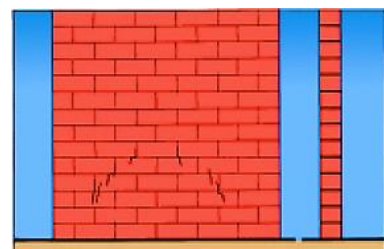


Figura 82: Flexión / Inestabilidad Fuera del Plano.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 5. Flexión / Deslizamiento de las Uniones Traslapadas

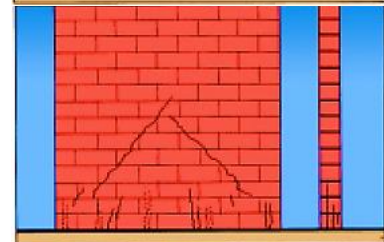
### 5.1. Daños Leves:

1. Grietas no excedan 3 mm de ancho.
2. Grietas verticales y fisuras leves en mampostería.



### 5.2. Daños Moderados:

1. Roturas verticales en base del muro, particularmente en ancho del mismo.



### 5.3. Daños Severos:

1. Unidades fisuradas en base del muro y roturas localizadas a compresión.
2. Rotura y desprendimiento de mortero en base del muro.
3. Mortero pulverizado en la base - tendencia de volcamiento en el muro.
4. Grietas por flexión y/o unidades rotas en base del muro (AIS, 2001).

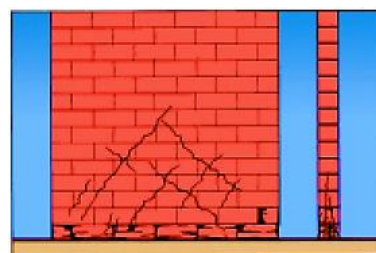


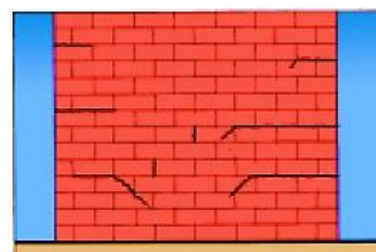
Figura 83: Flexión / Deslizamiento de las Uniones Traslapadas.  
Fuente: (AIS, 2001).

### 3.6.6.3.2. **MUROS DÉBILES**

#### 1. Flexión / Cortante

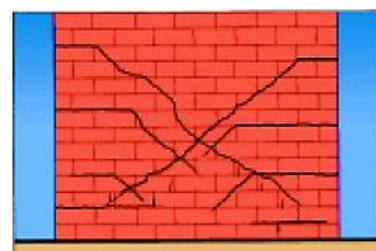
##### 1.1. Daños Leves:

1. Grietas no exceden 3 mm de ancho.
2. Grietas verticales y fisuras leves en mampostería.



##### 1.2. Daños Moderados:

1. Grietas no exceden 5 mm de ancho.
2. Fisuración moderada en piezas de mampostería del muro y/o grietas verticales en zonas extremas del muro.
3. Refuerzo en estado de fluencia.
4. Desplazamientos permanentes menores.



##### 1.3. Daños Severos:

1. Refuerzo en estado de fluencia o eventual rotura.
2. Grietas > 6 mm y se concentran normalmente en una sola grieta.
3. Grietas diagonales anchas típicamente concentradas en una o dos grietas.
4. Grandes roturas y fisuras en base del muro, visible desprendimiento del mortero en la base y en las zonas de grietas (AIS, 2001).

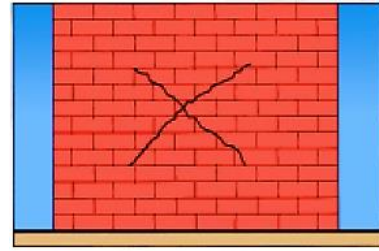


Figura 84: Flexión / Cortante.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 2. Cortante Puro

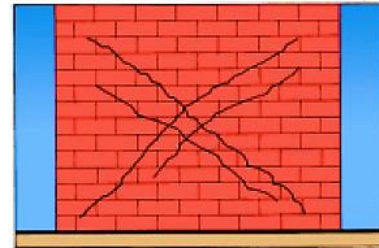
### 2.1. Daños Leves:

1. Grietas no exceden 2 mm.
2. Grietas verticales y fisuras leves en el centro del muro.
3. Pequeñas grietas diagonales.



### 2.2. Daños Moderados:

1. Grietas no exceden 2 mm.
2. No presenta fisuración en piezas de mampostería de fachadas o en grietas verticales de regiones extremas.
3. Varias grietas diagonales, pero en general una grieta dominante.



### 2.3. Daños Severos:

1. Grieta única dominante de ancho  $> 10$  mm en diagonales del muro.
2. Fallas localizadas en esquinas inferiores del muro (AIS, 2001).

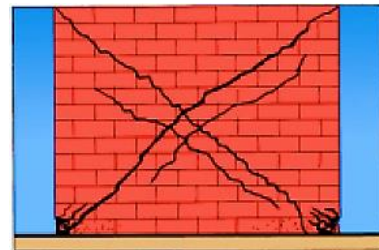


Figura 85: Cortante Puro.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 3.6.6.3.3. VIGAS (ACOPLE) DÉBILES

### 1. Flexión / Cortante

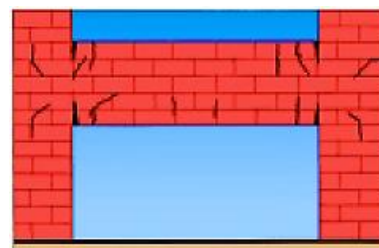
#### 1.1. Daños Leves:

1. Grietas no exceden 3 mm de ancho.
2. Fisuras leves verticales y en diagonal en uniones de vigas y elementos de soporte.



#### 1.2. Daños Moderados:

1. Grietas no exceden 6 mm de ancho.
2. Fisuras secundarias en los extremos de vigas.
3. Zonas de fallas presentes por compresión en unidades.



### 1.3. Daños Severos:

1. Refuerzo en estado de fluencia o eventual rotura.
2. Ancho de grietas por flexión > 9 mm.
3. Roturas y fisuras importantes en uniones de pilas y vigas (AIS, 2001).



Figura 86: Flexión / Cortante.  
Fuente: (AIS, 2001).

## 2. Cortante Puro

### 2.1. Daños Leves:

1. Grietas < 3 mm de ancho.
2. Grietas en diagonal y en escalera.

### 2.2. Daños Moderados:

1. Grietas entre 3 y 6 mm de ancho.
2. Generalización de grietas en el elemento.

### 2.3. Daños Severos:

1. Refuerzo en estado de fluencia o eventual rotura.
2. Rotura o fisuración en extremos de la viga.
3. Grandes grietas diagonales y/o fisuras en la parte central de viga (AIS, 2001).

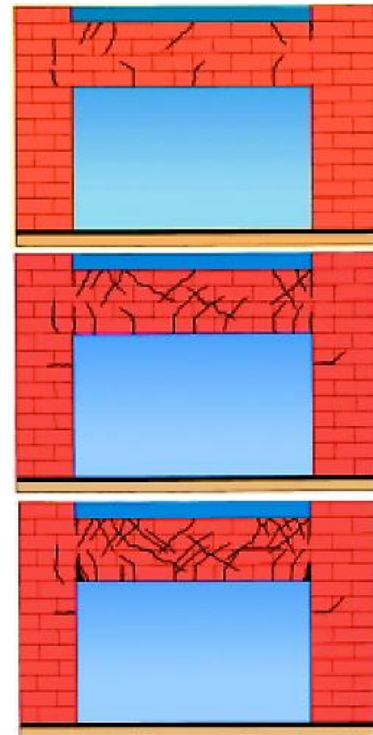


Figura 87: Cortante Puro.  
Fuente: (AIS, 2001).

### 3.6.7. OBSERVACIONES

Esta última sección del formulario, está destinada para registrar observaciones que el evaluador responsable desee hacer con respecto a la estructura, condiciones actuales, circunstancias inusuales que presente la edificación o detalles importantes que crea necesario mencionarlos para un análisis más certero (SGR - MIDUVI, 2016).

Además, se detallarán aquellos elementos estructurales o no estructurales, que presenten ninguno o severos daños y que el evaluador considere que sea necesario registrarlo.

### 3.6.8. FORMULARIO: “EVALUACIÓN PRÁCTICA RÁPIDA DEL NIVEL DE DAÑOS EN EDIFICACIONES (ENDE)”

EVALUACIÓN PRÁCTICA RÁPIDA DEL NIVEL DE DAÑOS EN EDIFICACIONES (ENDE)					
Esquema Estructural en Planta y Elevación	<b>DATOS DE LA EDIFICACIÓN</b>				
	Dirección:				
	Nombre de la Edificación:				
	Sitio de Referencia:				
	Tipo de Uso:		Fecha de Evaluación:		
	Año de Construcción:		Año de Remodelación:		
	Área Construida (m <sup>2</sup> ):		Número de Pisos:		
	<b>DATOS DEL PROFESIONAL</b>				
	Nombre del Evaluador:				
	C.I.:				
Fotografía					
<b>ELEMENTO</b>	<b>CALIFICACIÓN INDIVIDUAL DEL NIVEL DE DAÑO</b>			<b>CALIFICACIÓN GRUPAL</b>	
	LEVE	MODERADO	SEVERO		
<b>MAMPOSTERÍA NO REFORZADA</b>					
<u>MUROS CORTOS O PILASTRAS</u>					
Rotación Muro - Pilastra				LEVE MODERADO SEVERO	
Deslizamiento de Juntas Horizontales					
Tensión Diagonal					
<u>DINTELES Y ANTEPECHO</u>					
Rotación en Elementos de Soporte					
Rotación y Eventual Deslizamiento Relativo en Elementos de Soporte					
<u>MUROS FUERTES</u>					
Flexión / Rotura de la Base / Deslizamiento de las Juntas Horizontales					
Grietas por Flexión / Rotura de la Base					
Flexión Fuera del Plano del Muro					
<b>MAMPOSTERÍA CONFINADA</b>					
<u>PANELES</u>					
Rotura y Fisuración de las Esquinas				LEVE MODERADO SEVERO	
Tensión Diagonal					
Desplazamiento de las Juntas Horizontales					
Rotura Diagonal y de las Esquinas					
Efectos Fuera del Plano del Muro					
<u>ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (VIGAS - COLUMNAS)</u>					
Agrietamiento de la Columna por Falla a Cortante					
Falla en el Empalme del Traslape					
Daño en la Conexión Viga - Columna					
<b>MAMPOSTERÍA REFORZADA</b>					
<u>MUROS FUERTES</u>					
Flexión Dúctil				LEVE MODERADO SEVERO	
Flexión / Cortante					
Flexión / Deslizamiento por Corte					
Flexión / Inestabilidad Fuera del Plano					
Flexión / Deslizamiento de las Uniones Traslapadas					
<u>MUROS DÉBILES</u>					
Flexión / Cortante					
Cortante Puro					
<u>VIGAS (ACOPLE) DÉBILES</u>					
Flexión / Cortante					
Cortante Puro					
<b>OBSERVACIONES:</b>			<b>CALIFICACIÓN GLOBAL</b>		
_____ _____ _____			_____ _____		
			FIRMA RESPONSABLE DE EVALUACIÓN		

Figura 88: Formulario: “Evaluación Práctica Rápida del Nivel de Daños de Edificaciones (EEPE)”.

Fuente: (AIS, 2001).

### 3.7. APLICACIÓN DEL FORMULARIO (ENDE) EN LA VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS

Una vez aplicadas las dos evaluaciones mencionadas anteriormente tanto de vulnerabilidad sísmica y condiciones de la estructura post – eventos sísmicos. Es necesario emplear este formulario de evaluación para así llegar a determinar, el nivel de daño que tiene la vivienda y el tipo de intervención que sería necesaria aplicar, para una completa rehabilitación de la vivienda, la cual garantice la seguridad y funcionalidad de la misma.

La presente evaluación se desarrolló de forma práctica mediante la inspección de áreas exteriores e interiores de la vivienda y un análisis minucioso en gabinete para asignarle a la vivienda una calificación adecuada en base a las condiciones en las que se encuentra la estructura. Basándose en los parámetros del formulario expuestos anteriormente en este capítulo, además de la experiencia y criterio ingenieril del profesional. Tal como se presenta en la Figura 89.



Figura 89: Inspección de las Áreas Exteriores e Interiores aplicando el Formulario (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

## Calificación del Nivel de Daño

Una vez definidos los datos de la edificación y del profesional a cargo de la evaluación, se procedió a identificar los elementos susceptibles a sufrir daños en la vivienda y en base a las condiciones observadas se pudo evidenciar las siguientes tipologías de daños:

### **MAMPOSTERÍA NO REFORZADA**

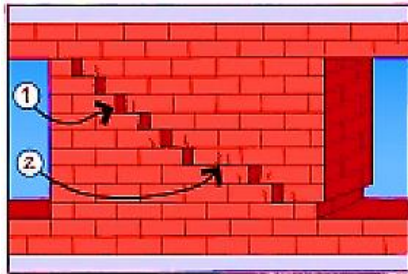
#### **MUROS CORTOS O PILASTRAS:**

- **Rotación Muro – Pilastra:** La siguiente tipología de daño se encontró evidente en el área de garaje del primer piso de la vivienda, presentando moderadas grietas y mortero fisurado en juntas horizontales, dentro del área de la pilastra. Para la cual se asignó una calificación de daño MODERADO, tal como se presenta en la Figura 90.



Figura 90: Muros Cortos o Pilastras: Rotación Muro o Pilastras (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- **Deslizamiento de Juntas Horizontales:** Con un porcentaje mayor al 10% de hiladas agrietadas en unidades de mampostería, grietas horizontales y mortero triturado en juntas horizontales, se evidencio un mecanismo de rotura escalonado con aberturas en juntas de aproximadamente 16 mm. Ubicado en el área de la sala del primer piso, al cual se le asignó una calificación de daño SEVERO, tal como se muestra en la siguiente figura.

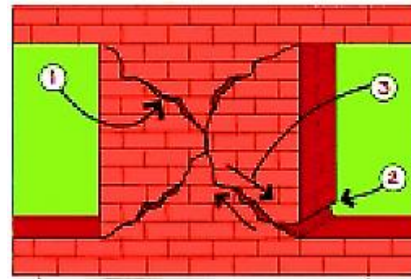


### DAÑOS SEVEROS



Figura 91: Muros Cortos o Pilastras: Deslizamiento de Juntas Horizontales (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- **Tensión Diagonal:** De acuerdo a la siguiente tipología, se presentaron grietas diagonales en la pila, que atravesaron unidades de mampostería con grietas mayores a 6 mm. Además de roturas, fisuras secundarias en esquinas, movimientos secundarios a lo largo del plano y desprendimiento de partes de mampostería. Calificado como daño SEVERO, debido a la magnitud y características del mismo, el cual se encuentra ubicado en la fachada principal de la estructura, área de la sala del primer piso.

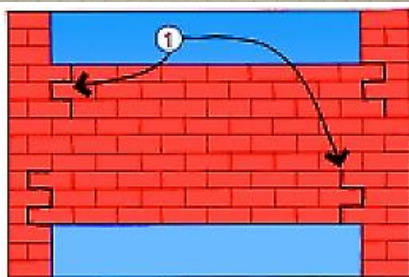


**DAÑOS SEVEROS**

Figura 92: Muros Cortos o Pilastras: Tensión Diagonal (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

**DINTELES Y ANTEPECHO:**

- **Rotación en Elementos de Soporte:** Grietas pequeñas escalonadas, mortero fisurado en extremos de dinteles o antepechos, evidenciando separaciones relativas en elementos de soporte, calificado como daño LEVE en el área de garaje del primer piso de la vivienda.

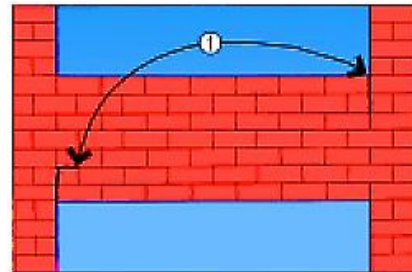


**DAÑOS LEVES**



Figura 93: Dinteles y Antepecho: Rotación en Elementos de Soporte (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- **Rotación y Eventual Deslizamiento Relativo en Elementos de Soporte:**  
Predominan grietas verticales y mortero fisurado en una o dos unidades en extremos de dinteles o antepechos. Localizado en el área de garaje del primer piso de la vivienda, se le asignó una calificación de daño LEVE, como se muestra en la Figura 94.

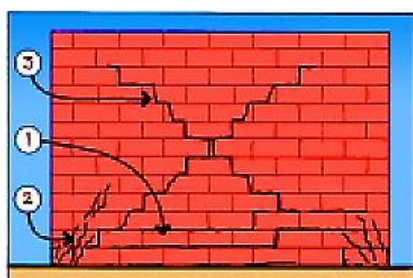


**DAÑOS LEVES**

Figura 94: Dinteles y Antepecho: Rotación y Eventual Desplazamiento Relativo en Elementos de Soporte (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

**MUROS FUERTES:**

- **Flexión / Rotura de la Base / Deslizamiento de las Juntas Horizontales:**  
La siguiente tipología de daño hace referencia a las grietas horizontales, mortero fisurado en juntas horizontales, el cuál manifestó que se ha producido un desplazamiento horizontal a lo largo de las grietas y creó un mecanismo de rotura escalonado con aberturas de aproximadamente 6 mm. Además de grietas diagonales, rotura en talón del muro que se extendió en varias hiladas y atravesó unidades de mampostería. Ubicada en el área del cuarto del primer piso, calificado como daño MODERADO.

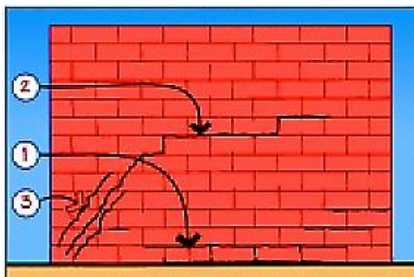


**DAÑOS MODERADOS**



Figura 95: Muros Fuertes: Flexión / Rotura de la Base / Deslizamiento de las Juntas Horizontales (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- Grietas por Flexión / Rotura de la Base:** Grietas horizontales moderadas de juntas en el talón del muro, roturas horizontales en grietas en la parte central del muro, en el que se evidencio ligeros desplazamientos horizontales a lo largo de la grieta, además de grietas diagonales que conformaron un mecanismo general. Evaluado con una calificación de daños MODERADO, ubicado en el área de la sala del primer piso, en las escaleras.



**DAÑOS MODERADOS**

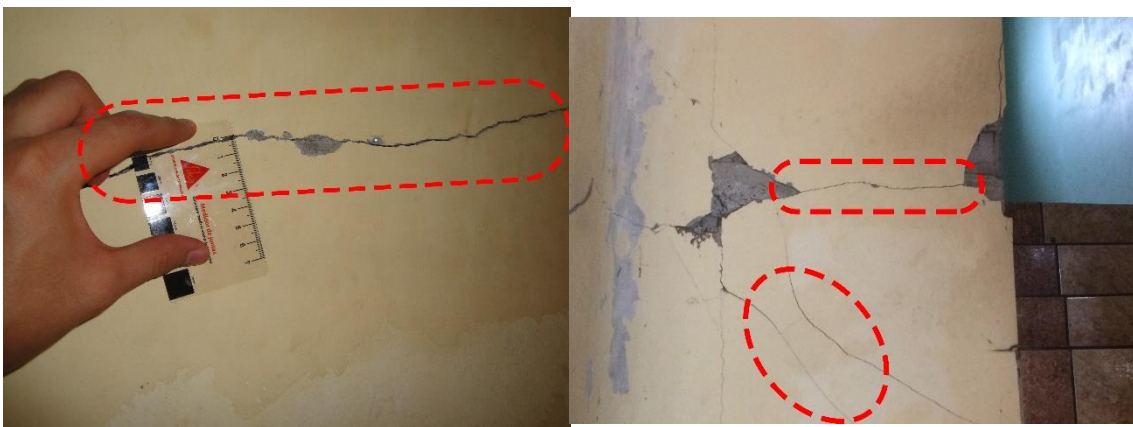
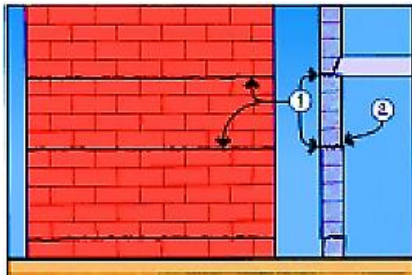


Figura 96: Muros Fuertes: Grietas por Flexión / Rotura de la Base (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- **Flexión Fuera del Plano del Muro:** Para esta tipología de daño se evidenciaron grietas moderadas en la mitad de la altura del piso, además de roturas evidentes en el mortero. Como consecuencia de tal se generó un desplazamiento fuera del plano a lo largo de las grietas con un ancho aproximadamente de 3 mm. Calificado como un daño MODERADO, en el área del estudio del segundo piso, tal como se puede observar en la siguiente figura.



### **DAÑOS MODERADOS**

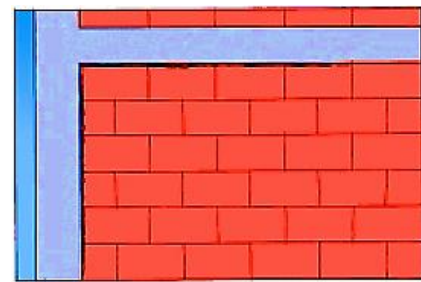


Figura 97: Muros Fuertes: Flexión Fuera del Plano del Muro (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

## **MAMPOSTERÍA CONFINADA**

### **PANELES:**

- **Rotura y Fisuración de las Esquinas:** Mortero separado alrededor del perímetro del panel y rotura del mortero cerca de las esquinas. Ubicado en la sala de visitas del segundo piso, se le asignó una calificación de daño LEVE, tal como se presenta en la Figura 98.



**DAÑOS LEVES**

Figura 98: Paneles: Rotura y Fisuración de las Esquinas (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- **Tensión Diagonal:** Grietas con anchos aproximadamente de 3 mm, conectadas con esquinas deterioradas, perdidas de mortero en zonas de alta compresión, al igual que varias grietas diagonales y rotura en unidades de mampostería. Deterioro avanzado de partes de mampostería y morteros que amenazan con caer fuera del plano del muro. Calificado como daño SEVERO, el área del dormitorio del primer piso en la parte posterior de la vivienda.

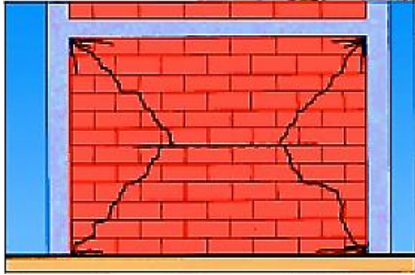


**DAÑOS SEVEROS**

Figura 99: Paneles: Tensión Diagonal (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- **Desplazamientos de las Juntas Horizontales:** Rotura del mortero y agrietamiento en unidades de mampostería que se extienden en zonas adyacentes a vigas y columnas, además se identificaron grietas horizontales

en la parte central del muro conectadas con grietas diagonales en esquinas del panel. Evaluado con una calificación de daños MODERADO, ubicado en el área del cuarto del primer piso.

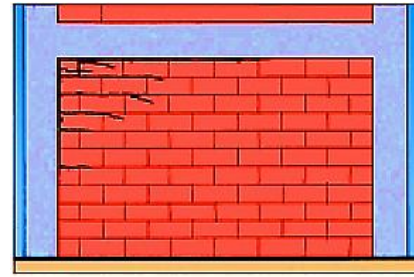


### **DAÑOS MODERADOS**



Figura 100: Paneles: Desplazamientos de las Juntas Horizontales (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

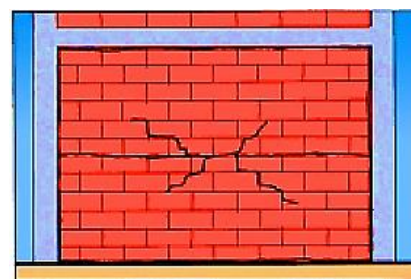
- **Rotura Diagonal y de las Esquinas:** La siguiente tipología de daño hace referencia a la separación del mortero alrededor del marco en la interfaz viga – panel, adicionalmente la presencia de pequeñas grietas evidentes a lo largo de hiladas de mampostería. Localizado en el área del baño del primer piso de la vivienda, se le asignó una calificación de daño LEVE, como se muestra en la Figura 101.



**DAÑOS LEVES**

Figura 101: Paneles: Rotura Diagonal y de las Esquinas (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- **Efectos Fuera del Plano del Muro:** Rotura y perdida del mortero a lo largo de la parte inferior y mitad del panel. Adicionalmente se evidencio roturas en forma de X, localizadas en el área central del mismo. Calificado como daño MODERADO, el área del baño del primer piso en la parte posterior de la vivienda.

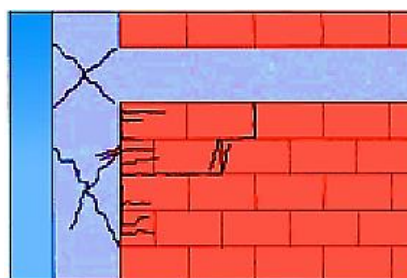


**DAÑOS MODERADOS**

Figura 102: Paneles: Rotura Diagonal y de las Esquinas (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

### **ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (VIGAS – COLUMNAS):**

- **Agrietamiento de la Columna por Falla a Cortante:** Grietas originadas por flexión se convierten en grietas de corte en X, cerca del extremo, especialmente en los dos anchos de columna. El recubrimiento del acero de refuerzo en la zona de columna se perdió, además de roturas asociadas presentes en el panel. Evaluado con una calificación de daños MODERADO, ubicado en el área de espacio del primer piso de la vivienda.



**DAÑOS MODERADOS**

Figura 103: Elementos de Confinamiento (Vigas – Columnas): Agrietamiento de la Columna por Falla a Cortante (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- **Falla en el Empalme del Traslape:** Se evidenciaron importantes grietas en la zona inferior de la columna, pérdida del recubrimiento de manera general, exposición del núcleo de concreto y acero de refuerzo. Localizado en la fachada principal, en el área del garaje del primer piso de la vivienda, se le asignó una calificación de daño SEVERO, como se muestra en la siguiente figura.



**DAÑOS SEVEROS**

Figura 104: Elementos de Confinamiento (Vigas – Columnas): Falla en el Empalme del Traslape (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- **Daño en la Conexión Viga – Columna:** La ultima tipología de daño hace referencia a grietas en forma de X en uniones viga – columna de confinamiento, con grietas de aproximadamente 3 mm. Calificado como daño MODERADO, el área del baño del primer piso en la parte posterior de la vivienda.



**DAÑOS MODERADOS**

Figura 105: Elementos de Confinamiento (Vigas – Columnas): Daño en la Conexión Viga – Columna (ENDE) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

## **MAMPOSTERÍA REFORZADA**

### ***MUROS FUERTES:***

No se considera esta tipología de evaluación, debido a que en la vivienda del Sr. Walter Santos, no existen muro de mampostería reforzada.

### ***MUROS DÉBILES:***

La evaluación de muros débiles de mampostería reforzada no aplica en el análisis de la estructura en estudio, debido a que no existen este tipo de elementos en la edificación.

### ***VIGAS (ACOPLE) DÉBILES:***

Elementos anexos tales como vigas de acople débiles no son considerados en el análisis de esta evaluación, ya que la vivienda en análisis no presenta ningún tipo de elemento con características similares.

A pesar que la presente evaluación no contempla un análisis específico referente a escaleras, la vivienda si presentó daños en este elemento estructural, por lo que se realizó el siguiente estudio:

## **ESCALERAS**

### ***ESCALERAS DE HORMIGÓN ARMADO:***

- **Grietas, deformaciones o desplazamientos:** La presente tipología de esta clasificación de daño hace referencia a grietas, deformaciones y desplazamientos moderados presentes en las escaleras, producto de fuerzas externas (sismos) de gran magnitud, causando daños significativos en el elemento estructural, los cuales ponen en riesgo la utilización de los mismos. Calificado como daño MODERADO, a las escaleras que conectan el primero con el segundo piso de la edificación.

## **DAÑOS MODERADOS**



Figura 106: Escaleras: Daño en Escaleras de Hormigón Armado – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

### **Calificación Grupal del Nivel de Daño**

Una vez analizadas las diferentes tipologías de daños presentes en elementos susceptibles a sufrir daños durante un evento sísmico, se otorgó una calificación grupal por elemento en análisis, siendo las siguiente:

- **MAMPOSTERÍA NO REFORZADA:** Nivel de daño MODERADO.
- **MAMPOSTERÍA CONFINADA:** Nivel de daño MODERADO.
- **MAMPOSTERÍA REFORZADA:** No Aplica (N/A) en la presente evaluación.
- **ESCALERAS:** Nivel de daño MODERADO.

### **Calificación Global del Nivel de Daño**

Como resultado de la “Evaluación Práctica Rápida del Nivel de Daños en Edificaciones (ENDE)”, aplicado a la vivienda del Sr. Walter Santos, la estructura fue calificada con un nivel de daño MODERADO, en base a la información obtenida y el análisis realizado en gabinete.

## EVALUACIÓN PRÁCTICA RÁPIDA DEL NIVEL DE DAÑOS EN EDIFICACIONES (ENDE) – “VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS”

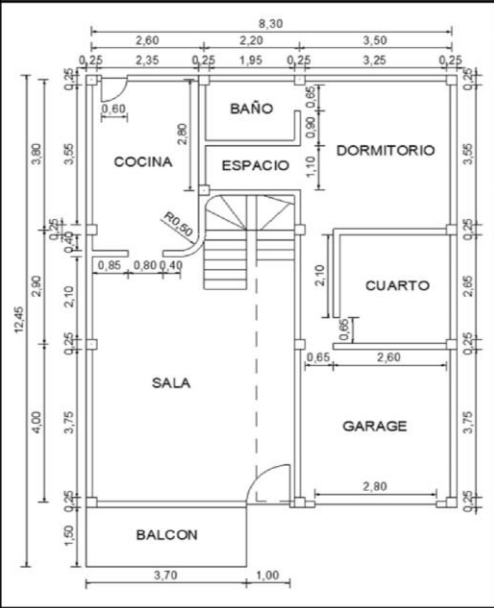


EVALUACIÓN PRÁCTICA RÁPIDA DEL NIVEL DE DAÑOS EN EDIFICACIONES (ENDE)				
	<b>DATOS DE LA EDIFICACIÓN</b>			
	Dirección: <b>JAIME ROLDOS Y PRIMERA TRANSVERSAL - ESQUINA</b>			
	(BARRIO BRISAS DEL PACIFICO), PEDERNALES			
	Nombre de la Edificación: <b>VIVIENDA SR. WALTER SANTOS</b>			
	Sitio de Referencia: <b>CERCA DEL CEMENTERIO DE PEDERNALES</b>			
	Tipo de Uso: <b>RESIDENCIAL</b>		Fecha de Evaluación: <b>2017/05/26</b>	
	Año de Construcción: <b>2001</b>		Año de Remodelación: -----	
	Área Construida (m <sup>2</sup> ): <b>88,81m<sup>2</sup></b>		Número de Pisos: <b>2</b>	
	<b>DATOS DEL PROFESIONAL</b>			
	Nombre del Evaluador: <b>DIEGO OSORIO ARROYO</b>			
C.I. : <b>100379061-3</b>				
				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CALIFICACIÓN INDIVIDUAL DEL NIVEL DE DAÑO</b>			<b>CALIFICACIÓN GRUPAL</b>
	<b>LEVE</b>	<b>MODERADO</b>	<b>SEVERO</b>	
<b>MAMPOSTERÍA NO REFORZADA</b>				
<b>MUROS CORTOS O PILASTRAS</b>				
Rotación Muro - Pilastra		(X)		LEVE <b>MODERADO</b> SEVERO
Deslizamiento de Juntas Horizontales			(X)	
Tensión Diagonal			(X)	
<b>DINTELES Y ANTEPECHO</b>				
Rotación en Elementos de Soporte	(X)			LEVE <b>MODERADO</b> SEVERO
Rotación y Eventual Deslizamiento Relativo en Elementos de Soporte	(X)			
<b>MUROS FUERTES</b>				
Flexión / Rotura de la Base / Deslizamiento de las Juntas Horizontales		(X)		LEVE <b>MODERADO</b> SEVERO
Grietas por Flexión / Rotura de la Base		(X)		
Flexión Fuera del Plano del Muro		(X)		
<b>MAMPOSTERÍA CONFINADA</b>				
<b>PANELES</b>				
Rotura y Fisuración de las Esquinas	(X)			LEVE <b>MODERADO</b> SEVERO
Tensión Diagonal			(X)	
Desplazamiento de las Juntas Horizontales		(X)		
Rotura Diagonal y de las Esquinas	(X)			
Efectos Fuera del Plano del Muro		(X)		
<b>ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (VIGAS - COLUMNAS)</b>				
Agrietamiento de la Columna por Falla a Cortante		(X)		LEVE <b>MODERADO</b> SEVERO
Falla en el Empalme del Traslape			(X)	
Daño en la Conexión Viga - Columna		(X)		
<b>MAMPOSTERÍA REFORZADA</b>				
<b>MUROS FUERTES</b>				
Flexión Dúctil	N/A	N/A	N/A	LEVE <b>MODERADO</b> SEVERO
Flexión / Cortante	N/A	N/A	N/A	
Flexión / Deslizamiento por Corte	N/A	N/A	N/A	
Flexión / Inestabilidad Fuera del Plano	N/A	N/A	N/A	
Flexión / Deslizamiento de las Uniones Traslapadas	N/A	N/A	N/A	
<b>MUROS DÉBILES</b>				
Flexión / Cortante	N/A	N/A	N/A	LEVE <b>MODERADO</b> SEVERO
Cortante Puro	N/A	N/A	N/A	
<b>VIGAS (ACOPLE) DEBILES</b>				
Flexión / Cortante	N/A	N/A	N/A	LEVE <b>MODERADO</b> SEVERO
Cortante Puro	N/A	N/A	N/A	
<b>OBSERVACIONES:</b>			<b>CALIFICACIÓN GLOBAL</b>	
<p><b>LAS ESCALERAS PRESENTAN MODERADO DAÑO ESTRUCTURAL.</b></p> <p><b>NINGÚN REFUERZO ESTRUCTURAL SE ENCUENTRA SOBRE ESFORZADO.</b></p> <p><b>EL VOLADO NO PRESENTA FISURACION NI DAÑO ESTRUCTURAL.</b></p>			<b>MODERADO</b>	
			 FIRMA RESPONSABLE DE EVALUACIÓN	

Figura 107: Evaluación Práctica Rápida del Nivel de Daños en Edificaciones (ENDE) “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

## **CAPITULO IV**

### **MODELACIÓN ESTRUCTURAL EN EL PROGRAMA ETABS 2016**

#### **4.1. DESCRIPCIÓN**

La modelación estructural de la vivienda del Sr. Walter Santos, se realizó con el programa computacional ETABS 2016 v.16.2.0, el cual permitió conocer el comportamiento de la vivienda ante eventos sísmicos, diseñar elementos estructurales que cumplan con los requisitos sismorresistentes, los mismos que fueron comparados y analizados con la armadura provista en la edificación. Para lo cual se realizaron dos modelaciones en las condiciones actuales de la vivienda, permitiendo así conocer el comportamiento de la estructura con y sin el aporte de la mampostería o paredes. El diseño y la modelación se realizaron en base a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) y el código americano Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14). A medida que se desarrolló el presente capítulo, se determinaron las cargas (muertas, permanentes, vivas y sísmicas) estructurales, además de los módulos de elasticidad y rigidez de los diferentes materiales presentes en la vivienda, aplicados en los dos diferentes modelos computacionales.

#### **4.2. MODELACIÓN ESTRUCTURAL**

Se entiende por modelación estructural al proceso que genera una conceptualización o idealización matemática que busca representar la conducta real de una estructura. Para ello es necesario definir la geometría de la edificación, las propiedades de los materiales, la magnitud y aplicación de las cargas presentes en la estructura, conexiones internas entre elementos y la interacción de la estructura en el medio. Los elementos estructurales se clasifican en unidimensionales, bidimensionales y tridimensionales, para empezar los elementos unidimensionales son aquellos que tienen una de sus dimensiones mucho mayor que las restantes, mientras que son considerados elementos bidimensionales aquellos que tienen dos dimensiones notables con una más pequeña y por último los elementos tridimensionales poseen tres

dimensiones destacadas en un espacio tridimensional. Para lograr una excelente modelación estructural, es necesario incluir los componentes más significativos de una estructura, también suministrar una confiable y certera carga sísmica para lograr una respuesta dinámica confiable. Parámetros importantes a ser tomados en cuenta al momento de modelar estructuras (Gómez Martínez, 2011).

#### 4.3. GEOMETRÍA DE LA VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS

La vivienda del Sr. Walter Santos, objeto de esta disertación es una edificación de dos plantas (baja y alta), catalogada como residencial debido a su ocupación unifamiliar. Como proceso de recopilación de información, se realizó una visita de campo a la vivienda en estudio con el dueño del inmueble, el cual muy amablemente facilito el acceso a los planos arquitectónicos con los que fue construida la edificación, tal como se presenta en la siguiente figura.

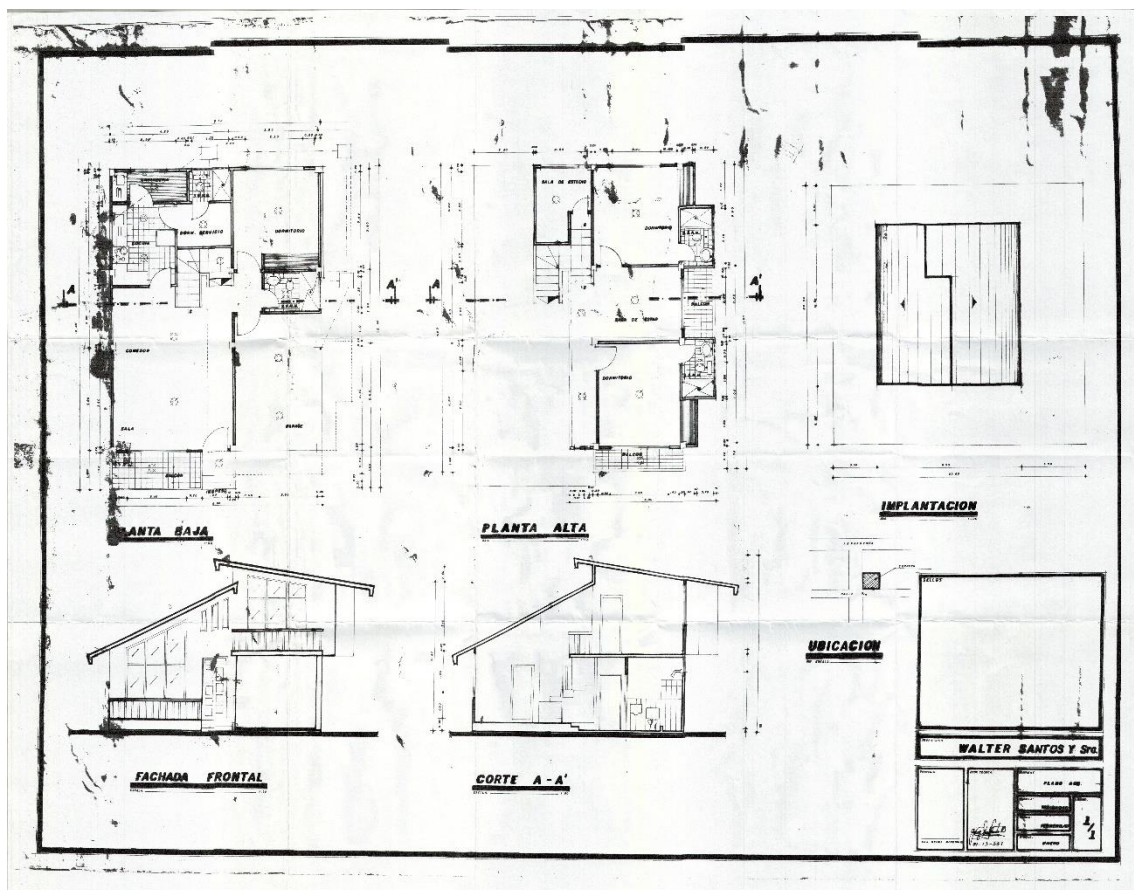


Figura 108: Planos Arquitectónicos Originales – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.  
Fuente: (Santos, 2017).

Mediante una inspección realizada tanto en exteriores como en interiores, se pudo constatar que la vivienda del Sr. Walter Santos, fue construida en su mayoría de acuerdo a los planos especificados, sin embargo, se evidencio ciertas modificaciones, tales como:

- En el área de la cocina se observó una pared curva, la cual en un principio fue diseñada de manera lineal empleando conceptos ortogocnales.

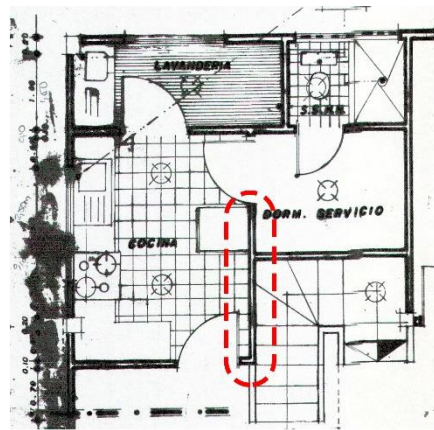


Figura 109: Área de la Cocina – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- El espesor de las paredes mencionado en el diseño original de la estructura es de 10 cm, sin embargo, se construyó con un espesor de 15 cm, 5 cm más a los especificados.

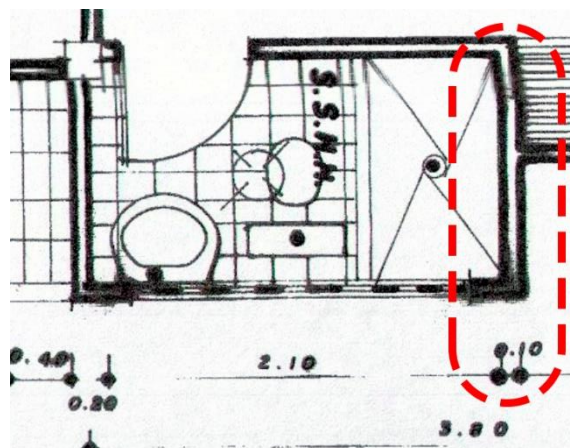


Figura 110: Espesor de Paredes – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- Las columnas destinadas para la estructura tenían la sección de 20x20 cm en los planos, sin embargo, se constató que la edificación fue construida con secciones de 25x25 cm, en todas sus columnas.

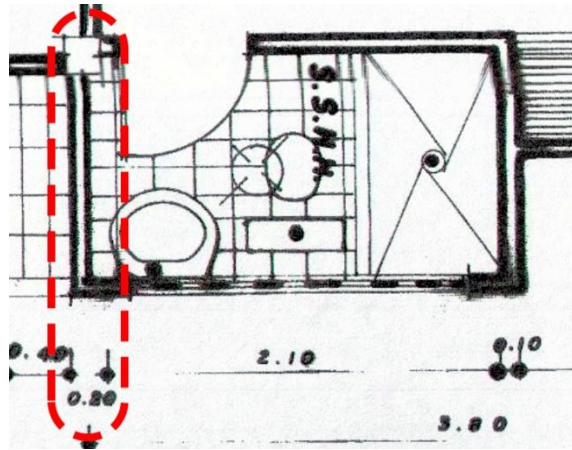


Figura 111: Secciones Columnas – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

- Un tanque elevado de hormigón armado, ubicado en la parte superior de la zona posterior de la vivienda, no formaba parte del diseño de los planos arquitectónicos provistos.

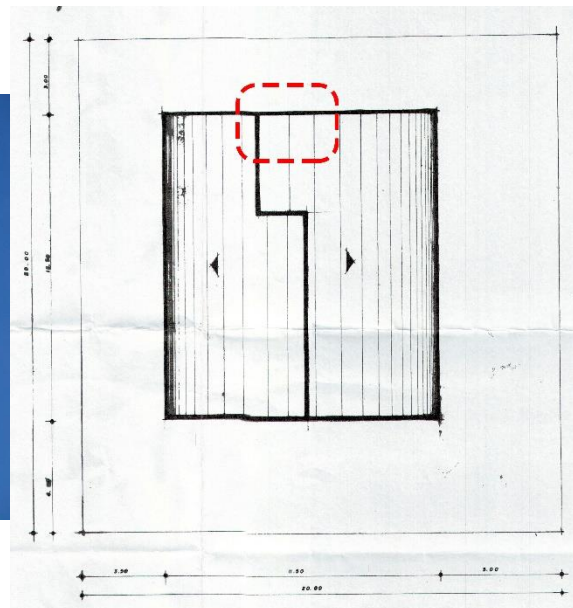


Figura 112: Tanque Elevado – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.



Una vez conocidos los cambios que se realizaron en los planos al momento que se construyó la vivienda, se elaboraron los siguientes planos modificados para propósito de la modelación estructural, tal como se presentan en la Figura 115.

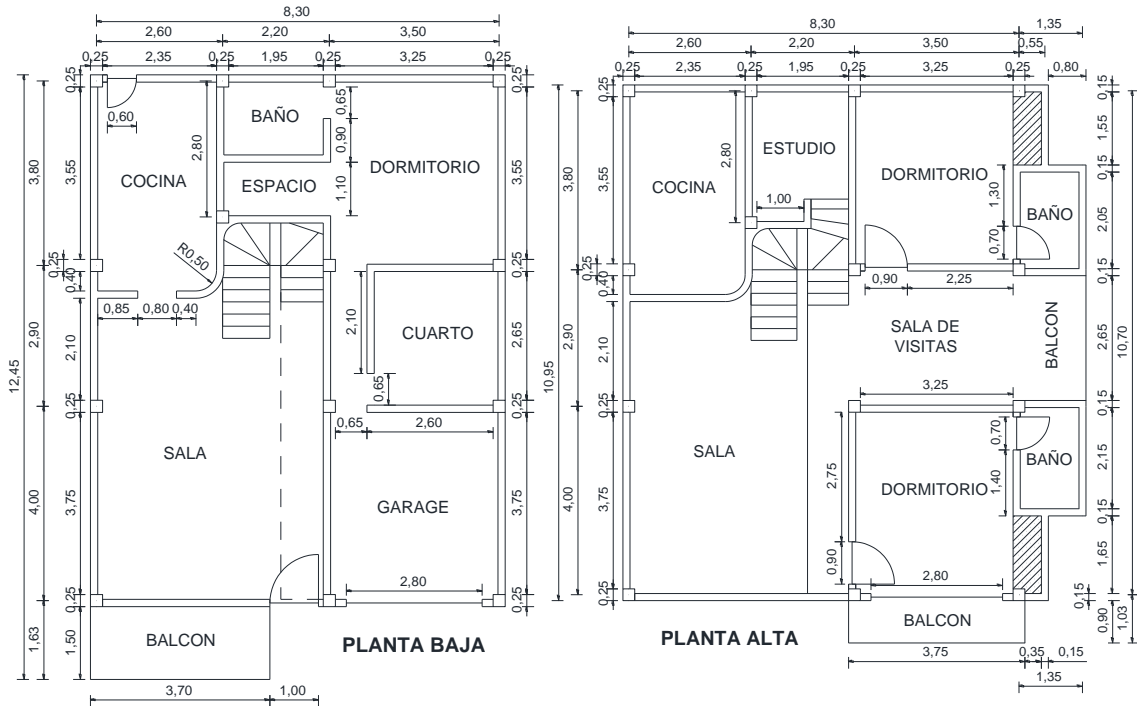


Figura 115: Planos Modificados – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

#### 4.4. LOSA DE ENTREPISO

A continuación, se presenta un corte típico en planta y elevación de una losa nervada tipo alivianada de 25 cm, la misma que sirvió para determinar la carga muerta de la losa alivianada en análisis, utilizada para la modelación estructural de la vivienda. Destacando que los nervios y bloques de alivianamiento son de 10, 40, 10 y 40 cm (Guerra, 2015).

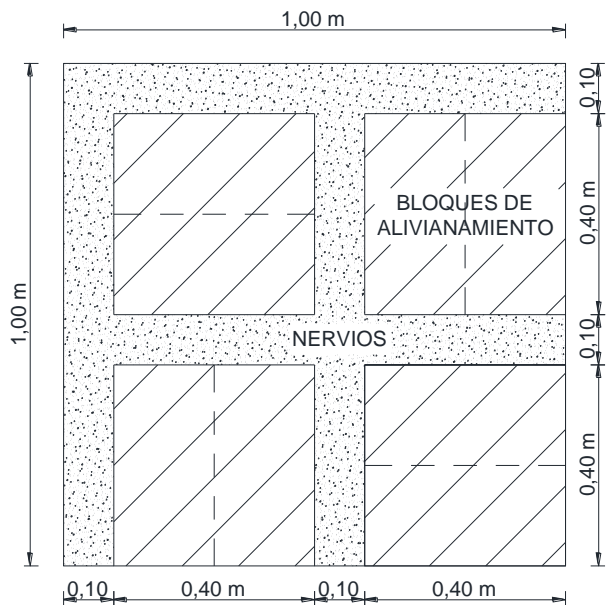


Figura 116: Planta: Losa Alivianada 25 cm.

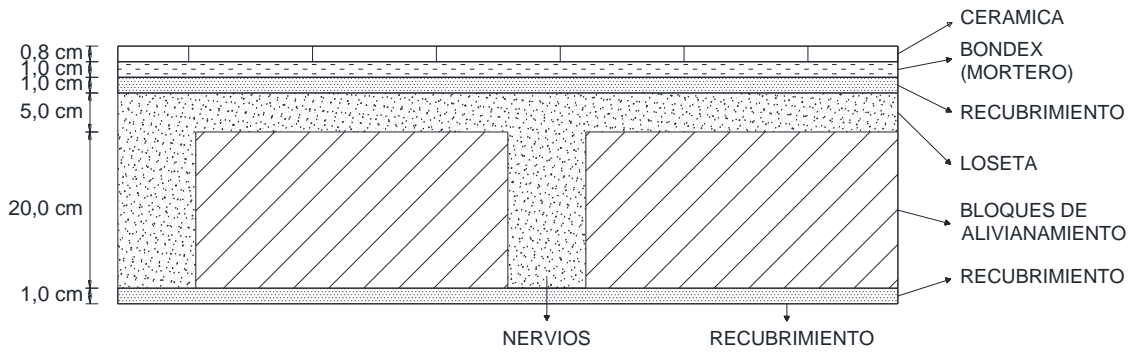


Figura 117: Elevación: Losa Alivianada 25 cm – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

#### 4.4.1. CARGA MUERTA

Cada uno de los componentes de carga muerta y sobrecarga permanente se calcularon de la siguiente manera:

$$Nervios = (0,20 \text{ m}) * (0,10 \text{ m}) * (3,60 \text{ m}) * \left(2,40 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = 0,173 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$Loseta = (0,05 \text{ m}) * (1,00 \text{ m}) * (1,00 \text{ m}) * \left(2,40 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = 0,120 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$Bloques = (0,20 \text{ m}) * (0,40 \text{ m}) * (0,40 \text{ m}) * \left(0,85 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) * 4 \text{ unid} = 0,109 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$Recubrimiento = (0,02 \text{ m}) * (1,00 \text{ m}) * (1,00 \text{ m}) * \left(2,30 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = 0,046 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$Bondex (Mortero) = (0,01 \text{ m}) * (1,00 \text{ m}) * (1,00 \text{ m}) * \left(1,80 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = 0,018 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$Cerámica = (0,008 \text{ m}) * (1,00 \text{ m}) * (1,00 \text{ m}) * \left(1,80 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = 0,014 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

---


$$CARGA MUERTA LOSA – TOTAL \quad 480 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0,480 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

##### 4.4.1.1. PESO DE MAMPOSTERÍA – PARED

El peso de la mampostería utilizada en la vivienda del Sr. Walter Santos, fue calculada en función de los planos arquitectónicos existentes y de la información recopilada en campo.

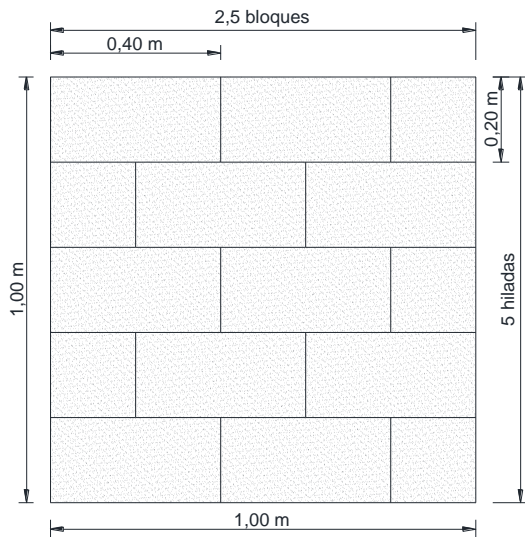


Figura 118: Corte Típico Mampostería.

*Bloques*      20 \* 40 \* 10

*Dimensiones*     $h * l * e$

*Peso Unitario*      8 kg

*Bloques de Mampostería*

$$\# \text{ Bloques/m}^2 = \# \text{ bloques} * \# \text{ hiladas}$$

$$\# \text{ Bloques/m}^2 = 2,5 \text{ bloques} * 5 \text{ hiladas}$$

$$\# \text{ Bloques/m}^2 = 12,5 \frac{\text{bloques}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso/m}^2 = \# \text{ bloques} * \text{Peso Unitario}$$

$$\text{Peso/m}^2 = 12,5 \text{ bloques} * 8 \text{ kg}$$

$$\text{Peso/m}^2 = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso/m}^2 = 0,100 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

*Mortero en Mampostería*

$$e_m(\text{Espesor de Mortero}) = 1,00 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$$

$$\text{Volumen/m}^2 = (h + l) * e * e_m * \# \text{ bloques}$$

$$\text{Volumen/m}^2 = (0,20 \text{ m} + 0,40 \text{ m}) * 0,10 \text{ m} * 0,01 \text{ m} * 12,5 \text{ bloques}$$

$$\text{Volumen/m}^2 = 0,0075 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso/m}^2 = \text{Volumen/m}^2 * \text{Peso Específico (Mortero)}$$

$$\text{Peso/m}^2 = 0,0075 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} * 1,80 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso/m}^2 = 13,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso/m}^2 = 0,0135 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

### Recubrimiento en Mampostería

$$e_{\text{recubrimiento}}(\text{Espesor de Recubrimiento}) = 2,50 \text{ cm} = 0,025 \text{ m}$$

$$\text{Recubrimiento} = e_{\text{recubrimiento}} * \#\text{lados} * L * A * \text{Peso Especifico (Mortero)}$$

$$\text{Recubrimiento} = 0,025 \text{ m} * 2 \text{ lados} * 1,00 \text{ m} * 1,00 \text{ m} * 1,80 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Recubrimiento} = 90,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Recubrimiento} = 0,090 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

### Peso Total Pared

$$P_{\text{total}}(\text{Peso Total}) = P_{\text{mamposteria}} + P_{\text{mortero}} + P_{\text{recubrimiento}}$$

$$P_{\text{total}}(\text{Peso Total}) = 0,100 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} + 0,0135 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} + 0,090 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$P_{\text{total}}(\text{Peso Total}) = 203,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P_{\text{total}}(\text{Peso Total}) = 0,2035 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

#### **4.4.1.2. CARGA MUERTA TOTAL – LOSA NERVADA DE ENTREPISO**

La carga muerta total en la losa nervada de entrepiso es la suma de la carga muerta de la losa, más la de mampostería.

$$CM_{\text{total}} = CM_{\text{losa}} + CM_{\text{pared}}$$

$$CM_{\text{total}} = 480 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 203,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{total}} = 683,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

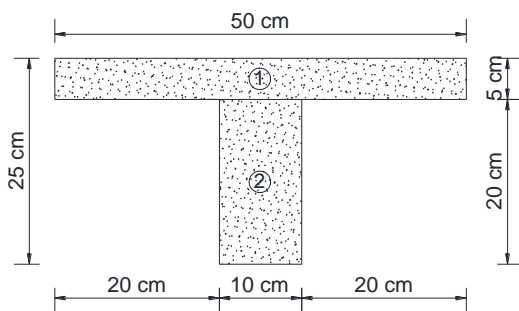
$$CM_{\text{total}} = 0,6835 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

#### 4.4.2. LOSA EQUIVALENTE – LOSA ALIVIANADA

Se determinó una losa maciza equivalente a una losa nervada alivianada de 25 cm, con el objeto de simplificar la modelación en el programa ETABS 2016, tal como se puede observar a continuación:

*Losa Nervada*    20 cm Nervios    Bloques 20x20x40

*Losa Nervada*    5 cm Loseta     $L_1 = 50 \text{ cm}$  (Separación Nervio – Nervio)



**Centro de Gravedad – Sección**

Fig.	$\bar{y} \text{ (cm)}$	$A \text{ (cm}^2\text{)}$	$A * \bar{y} \text{ (cm}^3\text{)}$
1	22,5	250	5625
2	10	200	2000
	<b><math>\Sigma</math></b>	<b>450</b>	<b>7625</b>

Figura 119: Sección Losa Alivianada

$$\bar{x} = \frac{7625 \text{ cm}^3}{450 \text{ cm}^2} = 16,944 \text{ cm}$$

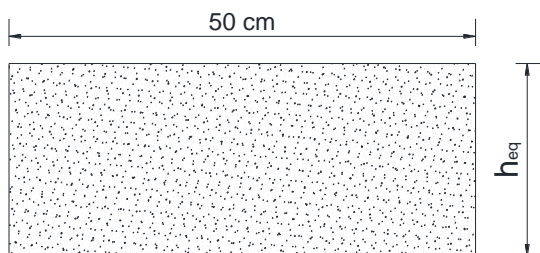
#### Inercia Losa Alivianada

$$I = \frac{b * h^3}{12} + (b * h) * d^2$$

$$I = \frac{50 * 5^3}{12} + (50 * 5) * 5,556^2 + \frac{10 * 20^3}{12} + (10 * 20) * 6,944^2$$

$$I = 24\,548,611 \text{ cm}^4$$

#### Altura Equivalente de Losa Maciza



$$I = \frac{b * h^3}{12} = 24\,548,611 \text{ cm}^4$$

$$h_{eq}^3 = \frac{24\,548,611 \text{ cm}^4 * 12}{50 \text{ cm}}$$

$$h_{eq} = 18,061 \text{ cm}$$

Figura 120: Losa Maciza Equivalente

#### 4.4.3. CARGA VIVA TOTAL

Tal como se presenta en la Tabla 8, extraída de la norma NEC–SE–CG (Cargas (No Sísmicas)), la carga viva asignada de entrepiso a la vivienda del Sr. Walter Santos, para una ocupación o uso residencial de viviendas (unifamiliares y bifamiliares) (NEC-SE-CG, 2015), es la siguiente:

$$CV_{total} = 200,00 \frac{kg}{m^2}$$

$$CV_{total} = 0,200 \frac{ton}{m^2}$$

Tabla 8: Sobrecargas Mínimas Uniformemente Distribuidas (CV – Entrepiso).

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (kN)
<b>Residencias</b>		
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hoteles y residencias multifamiliares	2.00	
Habitaciones	4.80	
Salones de uso público y sus corredores		

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

#### 4.5. CUBIERTA VIVIENDA

En la Figura 121, se presenta un corte en elevación de la cubierta, el mismo que sirvió para determinar las dimensiones y carga muerta de la cubierta en análisis. Un punto importante a ser considerado es la presencia de columnas cortas producto del desnivel de las cubiertas. En la vivienda caso de estudio, el efecto de columna corta es mínimo debido a que las columnas se encuentran confinadas por vigas que las conecta, al igual que existe continuidad de la mampostería en aquellas áreas. Por esta razón no se vio afectada la estructura en aquellas zonas luego del evento sísmico suscitado. Tal como se puede observar en la figura, la “Vivienda del Sr. Walter Santos” cuenta con 2 cubiertas, la primera del lado izquierdo tiene una pendiente del 50%, mientras que la segunda cubierta se encuentra ubicada en el lado izquierdo de la fachada frontal de la vivienda con una pendiente del 20%. La presente información fue calculada en función de los planos arquitectónicos existentes, a los que se logró tener acceso y la información recopilada en campo.

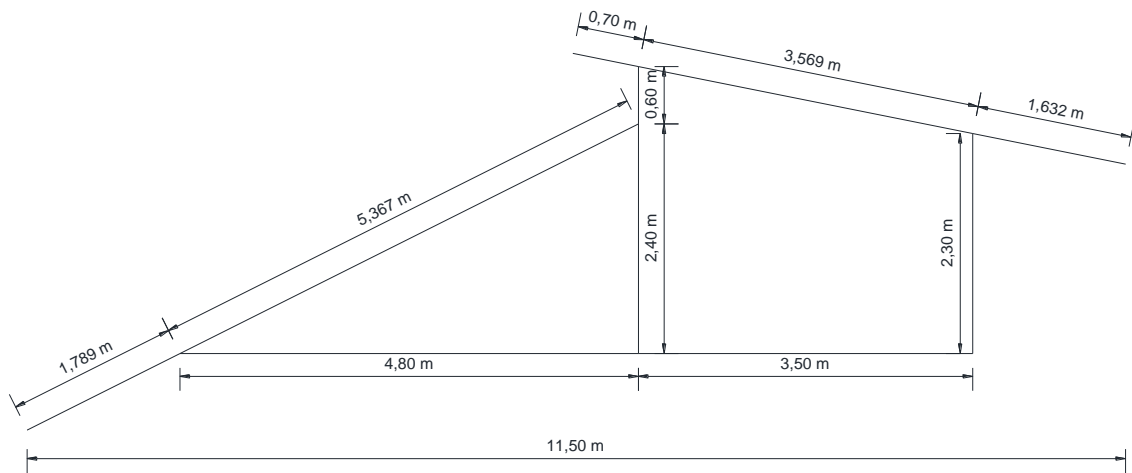


Figura 121: Corte Cubierta – "Vivienda del Sr. Walter Santos".

#### 4.5.1. CARGA MUERTA

Cada uno de los componentes de carga muerta y sobrecarga permanente se calcularon de la siguiente manera:

$$P_{\text{eternit}} = 12,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P_{\text{instalaciones}} = 10,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P_{\text{correas}} = 0,06 \text{ m} * 0,12 \text{ m} * 1 \text{ m} * 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 2 =$$

$$P_{\text{correas}} = 10,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

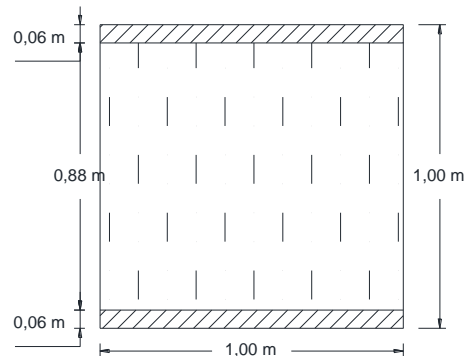


Figura 122: Corte Típico Cubierta

$$P_{\text{tumbado madera}} = 0,01 \text{ m} * 0,075 \text{ m} * 1 \text{ m} * 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 13,333 =$$

$$P_{\text{tumbado madera}} = 7,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

##### 4.5.1.1. CARGA MUERTA TOTAL – CUBIERTA

La carga muerta total en la cubierta de la vivienda es la suma de la carga muerta del Eternit, instalaciones, correas y tumbado de madera.

$$CM_{total\ cubierta} = P_{Eternit} + P_{instalaciones} + P_{correas} + P_{tumbado\ madera}$$

$$CM_{total\ cubierta} = 12,00 \frac{kg}{m^2} + 10,00 \frac{kg}{m^2} + 10,80 \frac{kg}{m^2} + 7,50 \frac{kg}{m^2}$$

$$CM_{total\ cubierta} = 40,30 \frac{kg}{m^2}$$

$$CM_{total\ cubierta} = 0,0403 \frac{ton}{m^2}$$

#### 4.5.2. CARGA VIVA TOTAL

Como se puede observar en la Tabla 9, extraída de la norma NEC-SE-CG (Cargas (No Sísmicas)), la carga viva asignada a la cubierta de la vivienda del Sr. Walter Santos, para una ocupación o uso de cubiertas de viviendas (planas, inclinadas y curvas), (NEC-SE-CG, 2015) es la siguiente:

$$CV_{total} = 70,00 \frac{kg}{m^2}$$

$$CV_{total} = 0,070 \frac{ton}{m^2}$$

Tabla 9: Sobrecargas Mínimas Uniformemente Distribuidas (CV – Cubierta).

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (kN)
<b>Cubiertas</b>		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	i	i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1.00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8.90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta, miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular		1.40
Todos los otros usos		1.40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		

Fuente: (NEC-SE-CG, 2015).

Por motivos de la modelación y análisis estructural de la vivienda, cuya finalidad es rehabilitar la estructura, luego del evento sísmico mencionado anteriormente. No se realizó ninguna reducción de sobrecarga en las cubiertas, tal como se especifica en la norma NEC–SE–CG (Cargas (No Sísmicas)), logrando así que la estructura en análisis se encuentre en las condiciones más desfavorables posibles, debido a la incertidumbre en uniformidad de los materiales, métodos constructivos, entre otros factores que pueden afectar el desempeño de la edificación.

#### 4.6. CARGA SÍSMICA APLICADA A LA VIVIENDA

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015), incluye criterios de diseño de estructuras considerando cargas laterales estáticas equivalentes o a través de un análisis dinámico usando un espectro de respuesta. Para el primer criterio de diseño es necesario determinar el cortante basal que actúa en la base de la estructura, el cual es distribuido en toda la altura de la estructura, especialmente en aquellos lugares que existe mayor concentración de masa (Guerra, 2015). El cortante basal está dado por la siguiente expresión:

$$V = \frac{I * S_a(Ta)}{R * \phi_P * \phi_E} * W$$

Donde:

$S_a(Ta)$  = Espectro de Diseño en Aceleración.

$\phi_P$  y  $\phi_E$  = Coeficientes de Configuración en Planta y Elevación.

$I$  = Coeficiente de Importancia.

$R$  = Factor de Reducción de Resistencia Sísmica.

$V$  = Cortante Basal Total de Diseño.

$W$  = Carga Sísmica Reactiva.

$Ta$  = Período de Vibración.

La estructura objeto de estudio en esta disertación, tiene los siguientes parámetros de acuerdo a la norma NEC–SE–DS (Peligro Sísmico – Diseño

Sismorresistente), para el cálculo del cortante basal que fue aplicado a la vivienda:

- **Coefficiente que Depende del Tipo de Edificio ( $C_t - \alpha$ ):**

$$C_t = 0,055$$

$$\alpha = 0,9$$

Tabla 10: Coeficientes que Dependen del Tipo de Estructura.

Tipo de estructura	$C_t$	$\alpha$
<b>Estructuras de acero</b>		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
<b>Pórticos especiales de hormigón armado</b>		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015).

- **Coefficiente de Importancia (I):**

$$I = 1,0$$

Tabla 11: Tipo de Uso, Destino e Importancia de la Estructura.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
<b>Edificaciones esenciales</b>	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
<b>Estructuras de ocupación especial</b>	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
<b>Otras estructuras</b>	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015).

- **Coeficiente para Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada (R):**

$$R = 3$$

Tabla 12: Coeficiente R para Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada.

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
<b>Pórticos resistentes a momento</b>	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la <a href="#">NEC-SE-HM</a> limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la <a href="#">NEC-SE-HM</a> con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
<b>Muros estructurales portantes</b>	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015).

- **Coeficiente de Regularidad en Planta ( $\phi_P$ )**

Se identificó dos tipos de irregularidades presentes en la vivienda, siendo:

- Irregularidad en Planta Tipo 2: Retrocesos Excesivos en las Esquinas.
- Irregularidad en Planta Tipo 3: Discontinuidades en el Sistema de Piso.

$$\phi_P = 0,90.$$

- **Coeficiente de Regularidad en Elevación ( $\phi_E$ )**

La vivienda del Sr. Walter Santos, no presenta ninguna irregularidad en sus niveles

$$\phi_E = 1.$$

Para la modelación de la vivienda del Sr. Walter Santos, se desarrolló una hoja de cálculo en el programa EXCEL 2016, el cual simplifico el cálculo del cortante basal que afectara a la estructura en análisis. Tal como se muestra en las siguientes figuras:

<b>POBLACION</b>	<b>PARROQUIA</b>	<b>CANTON</b>	<b>PROVINCIA</b>	<b>Z</b>
PEDERNALES	PEDERNALES	PEDERNALES	MANABÍ	0,50

<b>TIPO DE SUBSUELO</b>	<b>D</b>
<b>FACTOR Z</b>	0,50

**Fa = Coeficiente de ampliación de suelo en la zona de periodo corto**

7

Tipo de perfil del subsuelo	Zona Sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50
<b>A</b>	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
<b>B</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>C</b>	1,40	1,30	1,25	1,23	1,20	1,18
<b>D</b>	1,60	1,40	1,30	1,25	1,20	1,12
<b>E</b>	1,80	1,40	1,25	1,10	1,00	0,85
<b>F</b>						

<b>Fa</b>	<b>1,12</b>
-----------	-------------

**Fd = Ampliación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca**

7

Tipo de perfil del subsuelo	Zona Sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50
<b>A</b>	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
<b>B</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>C</b>	1,36	1,28	1,19	1,15	1,11	1,06
<b>D</b>	1,62	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
<b>E</b>	2,10	1,75	1,70	1,65	1,60	1,50
<b>F</b>						

<b>Fd</b>	<b>1,11</b>
-----------	-------------

**Fs = Comportamiento no lineal de los suelos**

7

Tipo de perfil del subsuelo	Zona Sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	0,50
<b>A</b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>B</b>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
<b>C</b>	0,85	0,94	1,02	1,06	1,11	1,23
<b>D</b>	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,40
<b>E</b>	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00
<b>F</b>						

<b>Fs</b>	<b>1,40</b>
-----------	-------------

Figura 123: Factor Z y Coeficientes de Perfil de Suelo - "Vivienda del Sr. Walter Santos".

<b>Factor Z</b>	0,50	PEDERNALES
<b><math>\eta</math></b>	1,80	

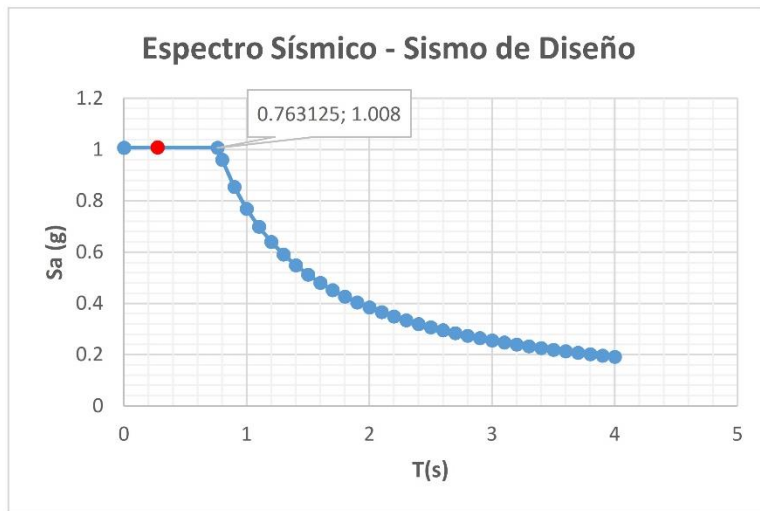
<b>Fa</b>	1,12
<b>Fd</b>	1,11
<b>Fs</b>	1,40

<b>r</b>	1
----------	---

<b>T</b>	<b>Sa</b>
0,2758664	1,008
0	1,008
0	1,008
0,763125	1,008

2,788414925

<b>Ct</b>	0,055
<b><math>\alpha</math></b>	0,9
<b>hn</b>	6 m



0,8	0,9615375
0,9	0,8547
1	0,76923
1,1	0,6993
1,2	0,641025
1,3	0,59171538
1,4	0,54945
1,5	0,51282
1,6	0,48076875
1,7	0,45248824
1,8	0,42735
1,9	0,40485789
2	0,384615
2,1	0,3663
2,2	0,34965
2,3	0,33444783
2,4	0,3205125
2,5	0,307692
2,6	0,29585769
2,7	0,2849
2,8	0,274725
2,9	0,26525172
3	0,25641
3,1	0,24813871
3,2	0,24038438
3,3	0,2331
3,4	0,22624412
3,5	0,21978
3,6	0,213675
3,7	0,2079
3,8	0,20242895
3,9	0,19723846
4	0,1923075

<b>I</b>	1
<b>Sa</b>	1,008
<b>R</b>	3
<b><math>\Phi_p</math></b>	0,9
<b><math>\phi_e</math></b>	1

<b>V</b>	0,3733 w
----------	----------

Figura 124: Cálculo del Cortante Basal – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

A continuación, se detallan algunos de los cálculos realizados:

- Periodo Fundamental de Vibración de la Estructura

$$T = C_t * hn^\alpha$$

$$T = 0,055 * 3 m^{0,9}$$

$$T = 0.276 s$$

- Espectro de Respuesta elástico de aceleraciones ( $0 \leq T \leq T_c$ )

$$S_a = \eta * Z * F_a$$

$$S_a = 1,80 * 0,50 * 1,12$$

$$S_a = 1,008 g$$

- Cortante Basal Total de Diseño

$$V = 0,3733 * W$$

El cortante basal calculado de la estructura es del 37,33% del peso reactivo de la estructura en análisis, el cual se utilizó en el desarrollo de la modelación.

## **4.7. MODELACIÓN EN ETABS 2016**

### **4.7.1. ESTADOS DE CARGA**

Los estados de carga que se analizaron en la modelación estructural de la presente disertación, utilizados en el programa ETABS 2016, fueron los siguientes:

- Peso Propio de los Elementos (Dead).
- Sobrecarga Permanente (Permanente).
- Carga Viva (Live).

- Fuerzas Laterales Estáticas Equivalentes en Sentido “X” (SX).
- Fuerzas Laterales Estáticas Equivalentes en Sentido “X”, considerando una excentricidad positiva (+) (SX1).
- Fuerzas Laterales Estáticas Equivalentes en Sentido “X”, considerando una excentricidad negativa (-) (SX2).
- Fuerzas Laterales Estáticas Equivalentes en Sentido “Y”, considerando una excentricidad positiva (+) (SY1).
- Fuerzas Laterales Estáticas Equivalentes en Sentido “Y”, considerando una excentricidad negativa (-) (SY2).

#### 4.7.2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

A continuación, se detallan los materiales que se utilizaron en la modelación estructural de la vivienda, con sus respectivos módulos de elasticidad, Coeficientes de Poisson y módulos de rigidez.

$$\text{Hormigón} \rightarrow f'c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Módulo de Elasticidad:

Para determinar el módulo de elasticidad del hormigón, el código (ACI 318-14), recomienda utilizar la expresión ( $E = 15100 * \sqrt{f'c}$ ), sin embargo, por efectos de diseño se consideró, el siguiente módulo de elasticidad aproximado para nuestra región, el cual es menor al especificado, tal como se presenta a continuación:

$$E = 14100 * \sqrt{f'c}$$

$$E = 14100 * \sqrt{210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$E = 204328.4121 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$E = 2043284.121 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

### Módulo de Rigidez

$$G = \frac{E}{2 * (1 + \mu)} \quad \mu = 0,20 \text{ Concreto}$$

$$G = \frac{204328.4121 \frac{kg}{cm^2}}{2 * (1 + 0.20)}$$

$$G = 85136.8384 \frac{kg}{cm^2}$$

$$G = 851368.384 \frac{ton}{m^2}$$

Material Property Data

General Data

Material Name: fc 210 kg/cm2

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Red] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0,0024 kgf/cm³

Mass per Unit Volume: 0,000002 kgf-s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 204328,41 kgf/cm²

Poisson's Ratio, U: 0,2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0,0000099 1/C

Shear Modulus, G: 85136,84 kgf/cm²

Figura 125: Hormigón f'c = 210 kg/cm2 – Modelación ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

$$\text{Mampostería} \rightarrow f'm = 25 \frac{kg}{cm^2}$$

### Módulo de Elasticidad

$$E_{mamp} = (400 - 600) * f'm$$

$$E_{mamp} = 400 * f'm \quad (\text{para cargas sostenidas o de larga duración})$$

$$E_{mamp} = 400 * 25 \frac{kg}{cm^2}$$

$$E_{mamp} = 10\,000 \frac{kg}{cm^2}$$

$$E_{mamp} = 10,00 \frac{ton}{m^2}$$

Figura 126: Mampostería f'm = 25 kg/cm<sup>2</sup> – Modelación ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

$$\text{Madera} \rightarrow \gamma = 750 \frac{kg}{m^3}$$

La madera es un material ortótropo, el cual necesita un análisis más minucioso, sin embargo, una manera más sencilla de obtener resultados aproximados en el cálculo y modelación fue aplicar los siguientes valores:

### Módulo de Elasticidad

$$E_{madera} = 91\,000 \frac{kg}{cm^2}$$

## Coeficiente de Poisson

$$\mu = 0,40 \text{ Madera}$$

**Material Property Data**

**General Data**

Material Name: Madera

Material Type: Other

Directional Symmetry Type: Orthotropic

Material Display Color:   Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0,00075 kgf/cm<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 0,000001 kgf-s<sup>2</sup>/cm<sup>4</sup>

**Material Name and Type**

Material Name: Madera

Material Type: Other, Orthotropic

**Modulus of Elasticity**

E1: 91000 kgf/cm<sup>2</sup>

E2: 91000 kgf/cm<sup>2</sup>

E3: 91000 kgf/cm<sup>2</sup>

**Shear Modulus**

G12: 32500 kgf/cm<sup>2</sup>

G13: 32500 kgf/cm<sup>2</sup>

G23: 32500 kgf/cm<sup>2</sup>

**Coefficient of Thermal Expansion**

A1: 0,0000099 1/C

A1: 0,0000099 1/C

A1: 0,0000099 1/C

**Poisson's Ratio**

U12: 0,4

U13: 0,4

U23: 0,4

OK

Cancel

Figura 127: Madera  $\gamma = 750 \text{ kg/m}^3$  – Modelación ETABS 2016.

Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

### 4.7.3. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Las secciones utilizadas para la modelación, análisis y diseño estructural, en los diferentes elementos tales como columnas, vigas y correas de madera son las siguientes:

- *Columna 25 x 25 cm*

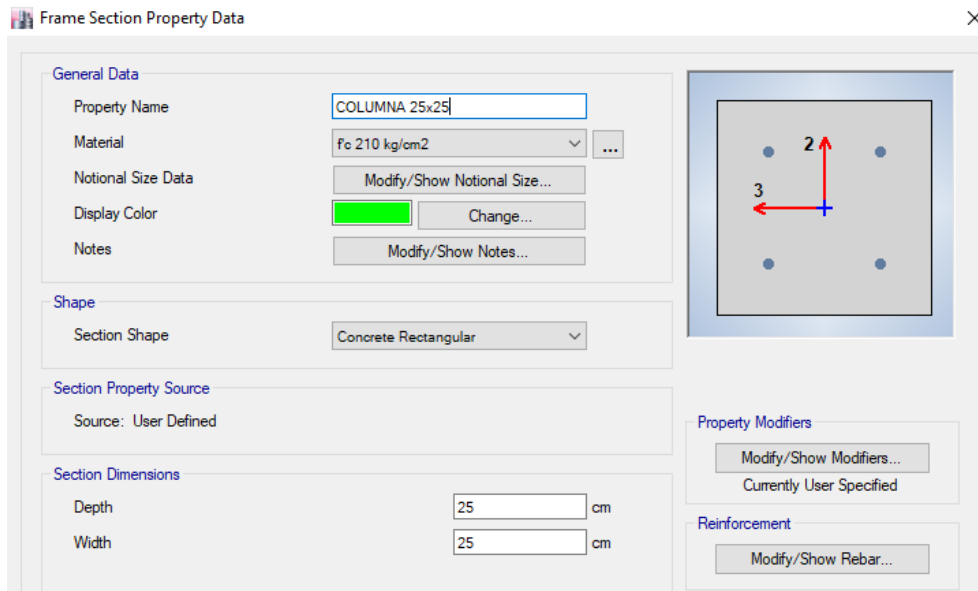


Figura 128: Sección Columna 25x25 cm – Modelación ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

- *Viga 25 x 20 cm*

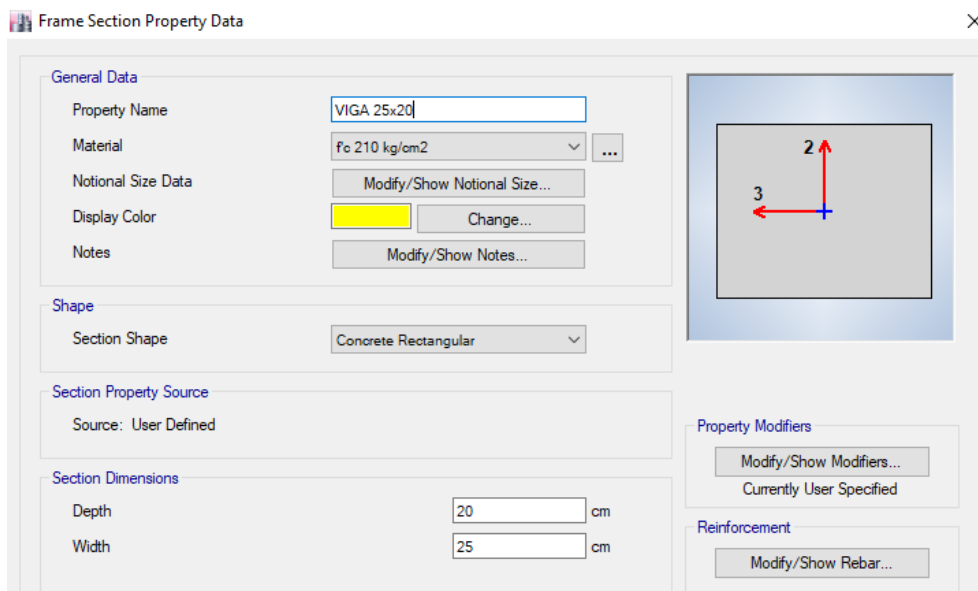


Figura 129: Sección Viga 25x20 cm – Modelación ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

- *Viga 40 x 20 cm*

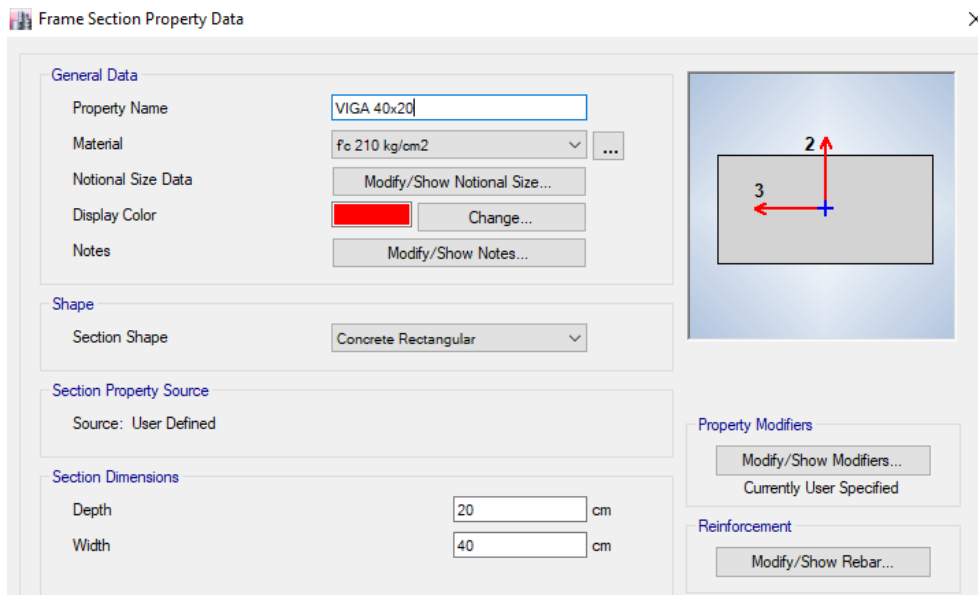


Figura 130: Sección Viga 40x20 cm – Modelación ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

En la inspección realizada a la vivienda se observaron columnas con sección reducida, debido a recubrimientos desprendidos por los daños post-terremoto, por lo que de acuerdo a la norma NEC-SE-DS (2015), se aplicó el concepto de inercias agrietadas para las columnas (0,8I<sub>g</sub>), la cual menciona que puede aplicarse desde el momento de construcción, e inclusive cuando se presenten las fuerzas de sismo.

- *Correa de Madera T1 (6 x 12 cm)*

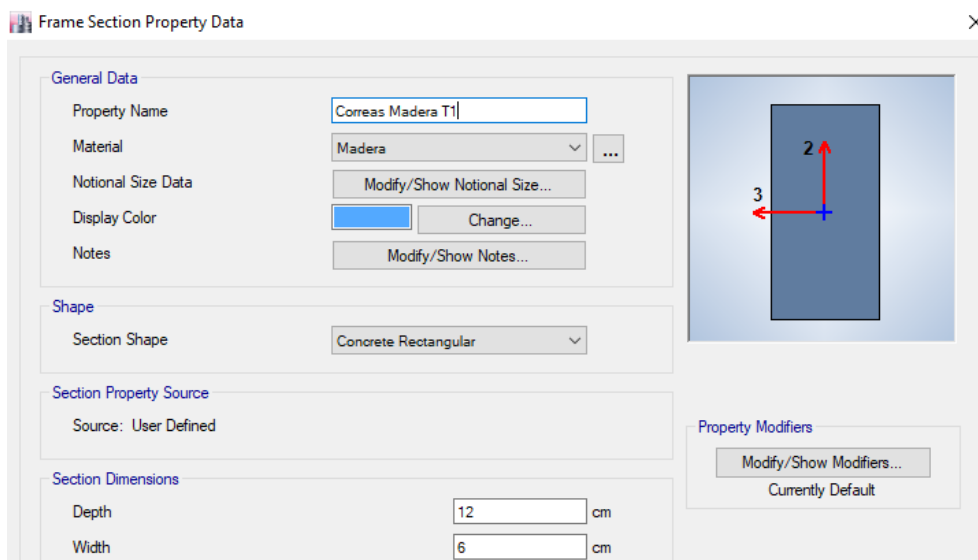


Figura 131: Sección Correa de Madera 6x12 cm – Modelación ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

- *Correa de Madera T2 (12 x 12 cm)*

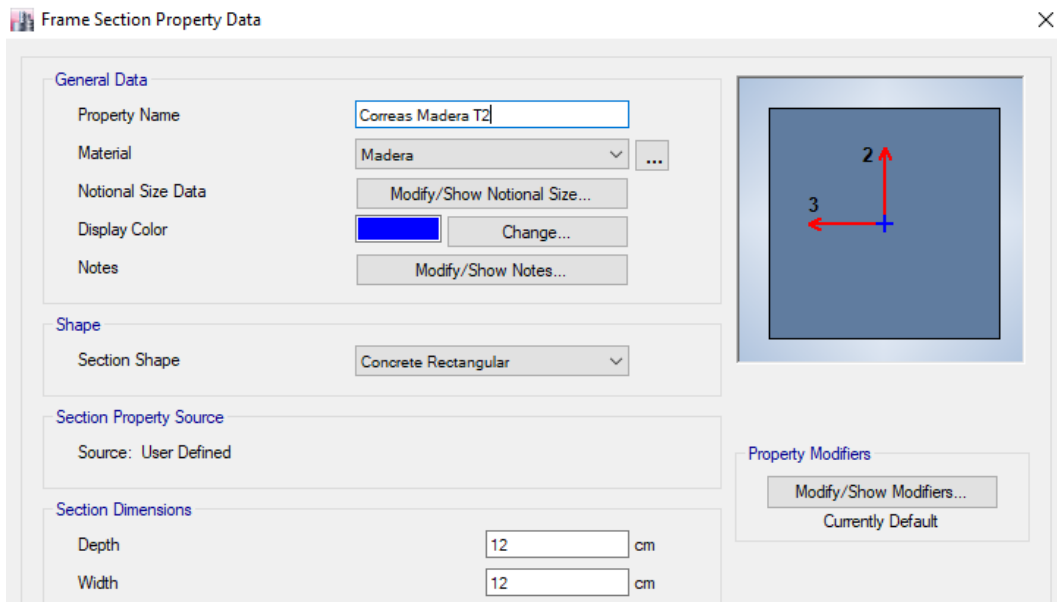


Figura 132: Sección Correa de Madera 12x12 cm – Modelación ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

#### 4.7.4. MODELACIÓN ESTRUCTURAL N°1

La primera modelación estructural que se realizó de la vivienda del Sr. Walter Santos, fue desarrollada de manera práctica y sencilla, considerando únicamente los elementos estructurales (columnas, vigas y losa), a los cuales se les aplicaron los diferentes estados de carga presentes e influyentes en el desarrollo y desempeño de la vivienda en estudio. Como punto de partida de la simulación, se estableció las distintas magnitudes y direcciones de las cargas permanentes que actúan en la estructura, además de la altura equivalente de la losa aliviada en una losa maciza.

Una vez que se realizó la modelación por completo de la edificación, se analizaron los desplazamientos de los diferentes elementos, además de las derivas de entrepiso, cuidando que no sean excesivas y afecten sus propiedades mecánicas. Posteriormente se diseñaron los elementos estructurales utilizando el programa computacional, bajo la norma “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14S)”.

#### 4.7.4.1. CARGAS PERMANENTES

##### 4.7.4.1.1. LOSA DE ENTREPISO

La carga de losa de entrepiso, parte de la primera modelación estructural se calculó de la siguiente manera:

###### Carga Muerta (Losa Alivianada)

$$CM_{\text{losa alivianada}} = 0,6835 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

###### Carga Muerta (Losa Maciza Equivalente)

$$CM_{\text{losa maciza eq}} = h_{\text{equivalente}} * \text{Peso Específico (H.A.)}$$

$$CM_{\text{losa maciza eq}} = 0,1806 \text{ m} * 2,40 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$CM_{\text{losa maciza eq}} = 433,440 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{losa maciza eq}} = 0,4334 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

###### Carga Permanente – Losa Entrepiso

$$CP_{\text{losa entrepiso}} = CM_{\text{losa}} - CM_{\text{losa eq}}$$

$$CP_{\text{losa entrepiso}} = 0,6835 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} - 0,4334 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$CP_{\text{losa entrepiso}} = 250,10 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CP_{\text{losa entrepiso}} = 0,2501 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

##### 4.7.4.1.2. CUBIERTA (VIGAS – LINEAL)

Como requerimiento de la primera modelación estructural de la vivienda, las cargas permanentes que conforman la cubierta fueron consideradas por unidad de longitud, a pesar que por lo general son cargas por unidad de área, sin

embargo, se realizó el cálculo de tal manera que las cargas fueron aplicadas a lo largo de los elementos estructurales (vigas), tal como se detalla a continuación:

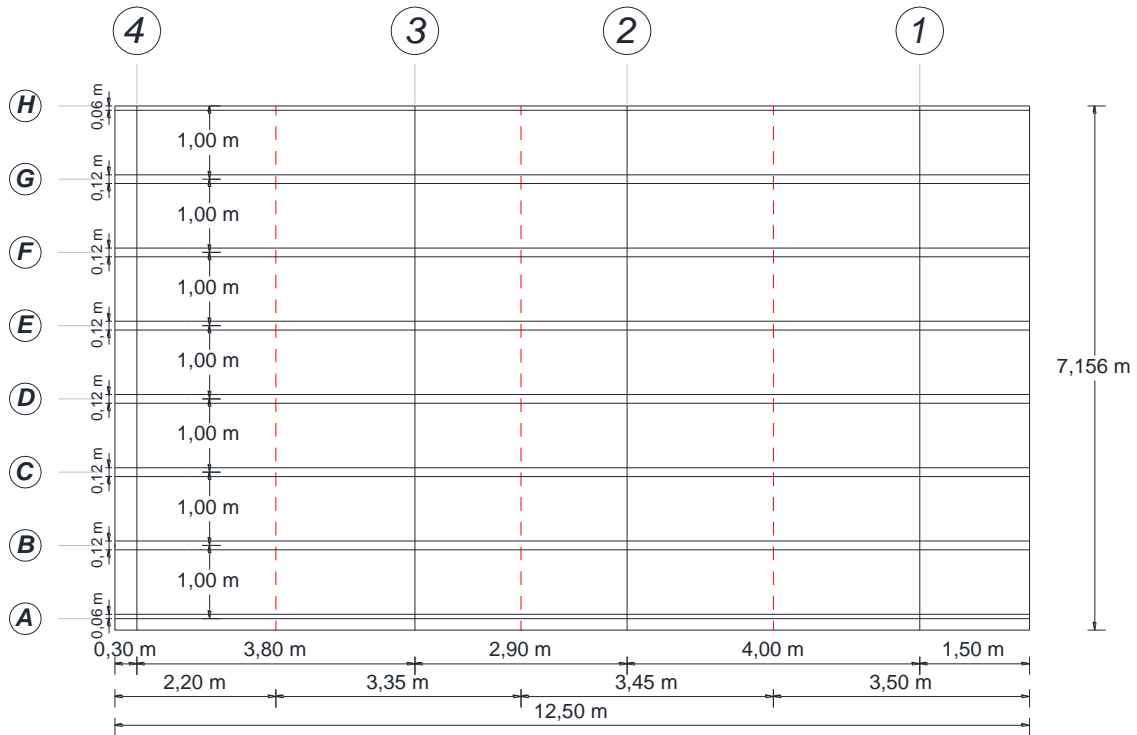


Figura 133: Anchos Cooperantes Cubierta 1 – Modelación N°1 ETABS 2016.

$$CP_{Viga1} = CM_{total\ cubierta} * A_1$$

$$CP_{Viga1} = 40,30 \frac{kg}{m^2} * 3,50\ m$$

$$CP_{Viga1} = 141,050 \frac{kg}{m}$$

$$CP_{Viga2} = CM_{total\ cubierta} * A_2$$

$$CP_{Viga2} = 40,30 \frac{kg}{m^2} * 3,45\ m$$

$$CP_{Viga2} = 139,035 \frac{kg}{m}$$

$$CP_{Viga3} = CM_{total\ cubierta} * A_3$$

$$CP_{Viga3} = 40,30 \frac{kg}{m^2} * 3,35\ m$$

$$CP_{Viga3} = 135,005 \frac{kg}{m}$$

$$CP_{Viga4} = CM_{total\ cubierta} * A_4$$

$$CP_{Viga4} = 40,30 \frac{kg}{m^2} * 2,20\ m$$

$$CP_{Viga4} = 88,660 \frac{kg}{m}$$

#### 4.7.4.2. CARGAS VIVAS

##### 4.7.4.2.1. CUBIERTA (VIGAS – LINEAL)

Las cargas vivas de la cubierta fueron consideradas por unidad de longitud, sin embargo, se realizó el cálculo de tal manera que fueron aplicadas a lo largo de los elementos estructurales (vigas), tal como se presenta a continuación:

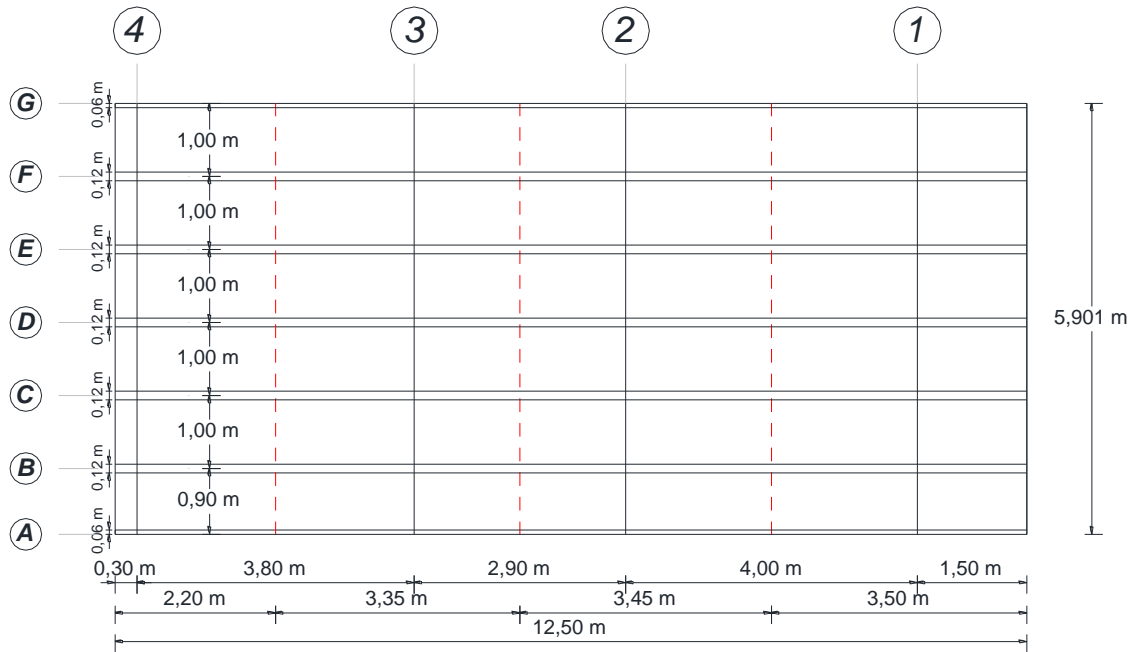


Figura 134: Anchos Cooperantes Cubierta 2 – Modelación N°1 ETABS 2016.

$$CV_{Viga1} = CV_{total\ cubierta} * A_1$$

$$CV_{Viga1} = 70,00 \frac{kg}{m^2} * 3,50\ m$$

$$CV_{Viga1} = 245,00 \frac{kg}{m}$$

$$CV_{Viga2} = CV_{total\ cubierta} * A_2$$

$$CV_{Viga2} = 70,00 \frac{kg}{m^2} * 3,45\ m$$

$$CV_{Viga2} = 241,500 \frac{kg}{m}$$

$$CV_{Viga3} = CV_{total\ cubierta} * A_3$$

$$CV_{Viga3} = 70,00 \frac{kg}{m^2} * 3,35\ m$$

$$CV_{Viga3} = 234,500 \frac{kg}{m}$$

$$CV_{Viga4} = CV_{total\ cubierta} * A_4$$

$$CV_{Viga4} = 70,00 \frac{kg}{m^2} * 2,20\ m$$

$$CV_{Viga4} = 154,00 \frac{kg}{m}$$

#### 4.7.4.2.2. DERIVAS DE PISO

Conociéndose por deriva de piso a la relación entre los desplazamientos relativos de cada uno de los pisos de una edificación y la altura de entrepiso de cada uno de ellos, al ser aplicadas fuerzas sísmicas (NEC-SE-DS, 2015).

##### 4.7.4.2.2.1. DERIVA MÁXIMA INELÁSTICA

La deriva máxima inelástica de cada piso (NEC-SE-DS, 2015), se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\Delta_M = 0,75 * R * \Delta_E$$

Donde:

$\Delta_M$  = Deriva Máxima Inelástica.

$R$  = Factor de Reducción de Resistencia Sísmica.

$\Delta_E$  = Desplazamiento Obtenido en Aplicación de las Fuerzas Laterales de Diseño Reducidas.

La deriva máxima en cualquier piso no debe sobrepasar los límites de deriva inelástica especificados en la siguiente tabla (NEC-SE-DS, 2015). Para la vivienda del Sr. Walter Santos, se utilizó la deriva máxima para estructuras de hormigón armado.

$$\Delta_{Mmax} = 0,02 \quad \text{Deriva Máxima para Cualquier Piso}$$

Tabla 13: Valores Máximos de  $\Delta_M$ , expresados como fracción de altura de piso.

Estructuras de:	$\Delta_M$ máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015).

- *Deriva Máxima – Sismo X*

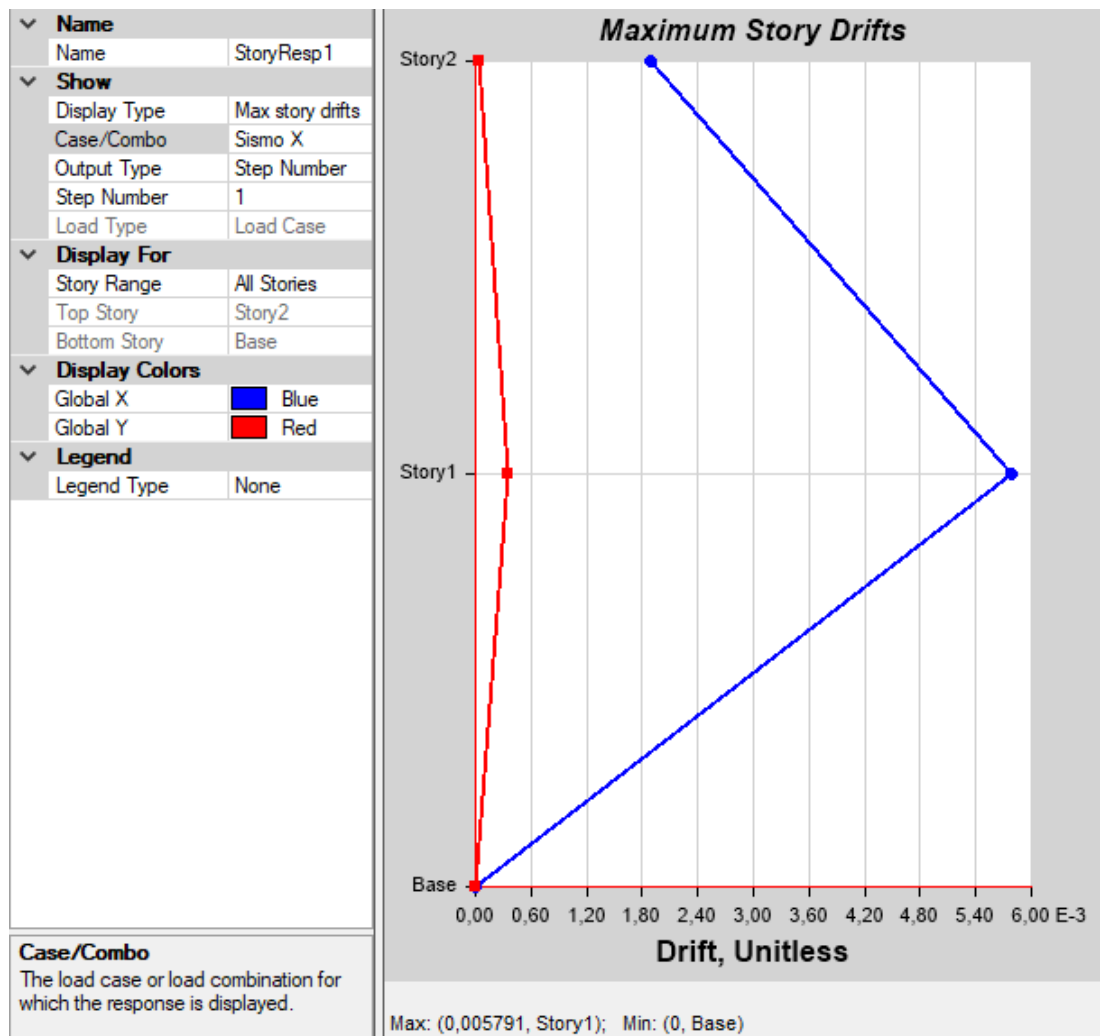


Figura 135: Derivas Máximas Sismo X – Modelación N°1 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

$$\Delta_E = 0,005791 \quad \text{Máxima Deriva de Piso – Sismo X}$$

$$R = 3 \quad \text{Hormigón Armado, Limitado a Viviendas}$$

$$\Delta_M = 0,75 * R * \Delta_E$$

$$\Delta_M = 0,75 * 3 * 0,005791$$

$$\Delta_M < \Delta_{Mmax}$$

$$\Delta_M = 0,01303 < 0,02$$

OK – CUMPLE

- *Deriva Máxima – Sismo Y*

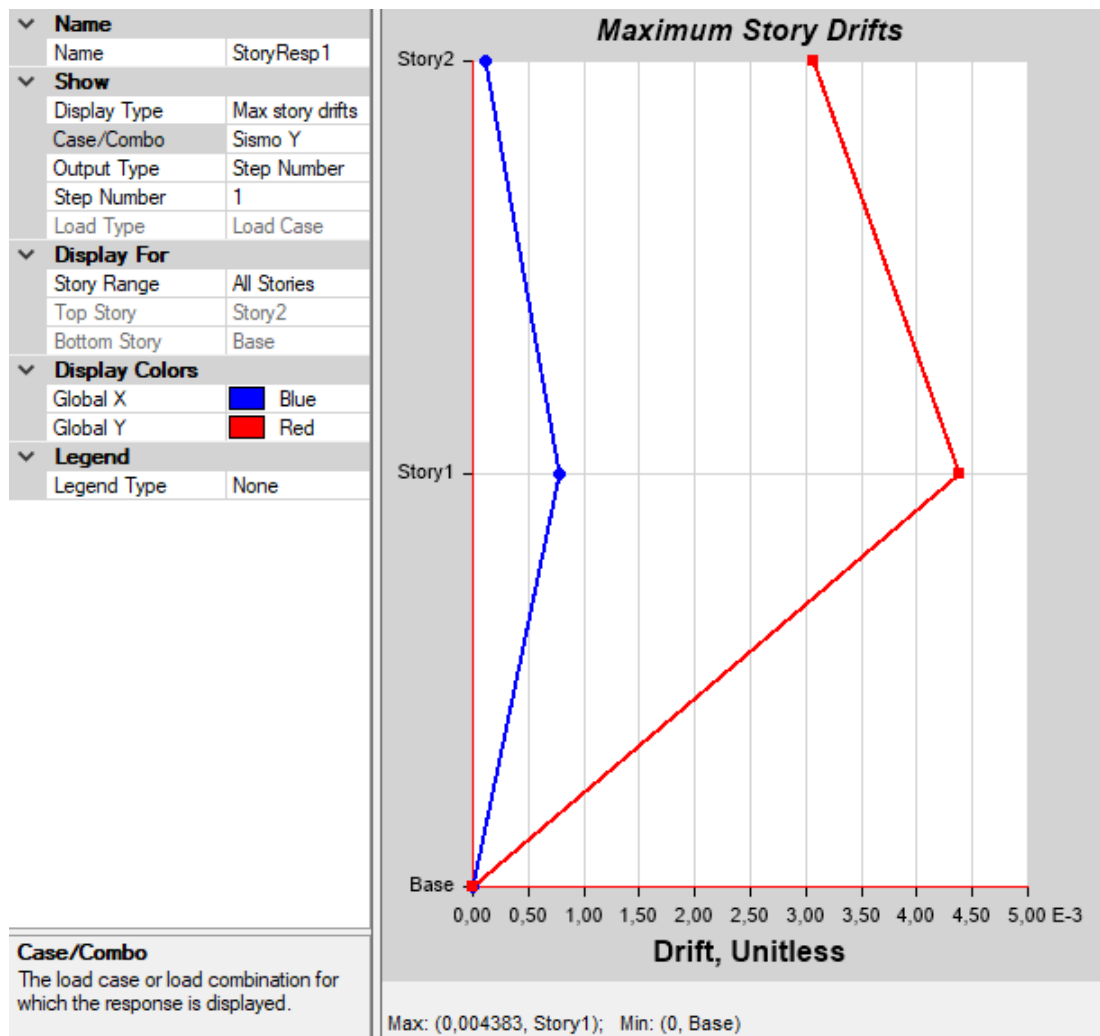


Figura 136: Derivas Máximas Sismo Y – Modelación N°1 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

$$\Delta_E = 0,004383 \quad \text{Máxima Deriva de Piso – Sismo Y}$$

$$R = 3 \quad \text{Hormigón Armado, Limitado a Viviendas}$$

$$\Delta_M = 0,75 * R * \Delta_E$$

$$\Delta_M = 0,75 * 3 * 0,004383$$

$$\Delta_M < \Delta_{Mmax}$$

$$\Delta_M = 0,009862 < 0,02$$

OK – CUMPLE



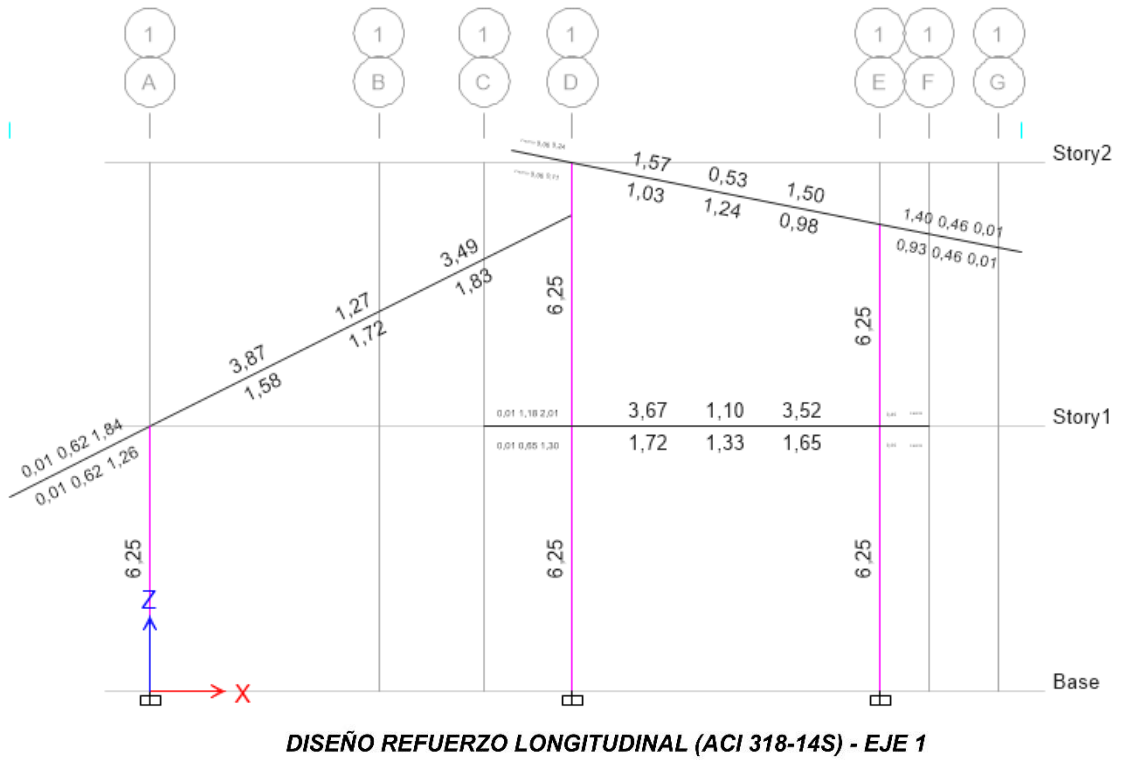


Figura 138: Diseño Eje 1 (ACI 318-14S) – Modelación N°1 ETABS 2016.  
 Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

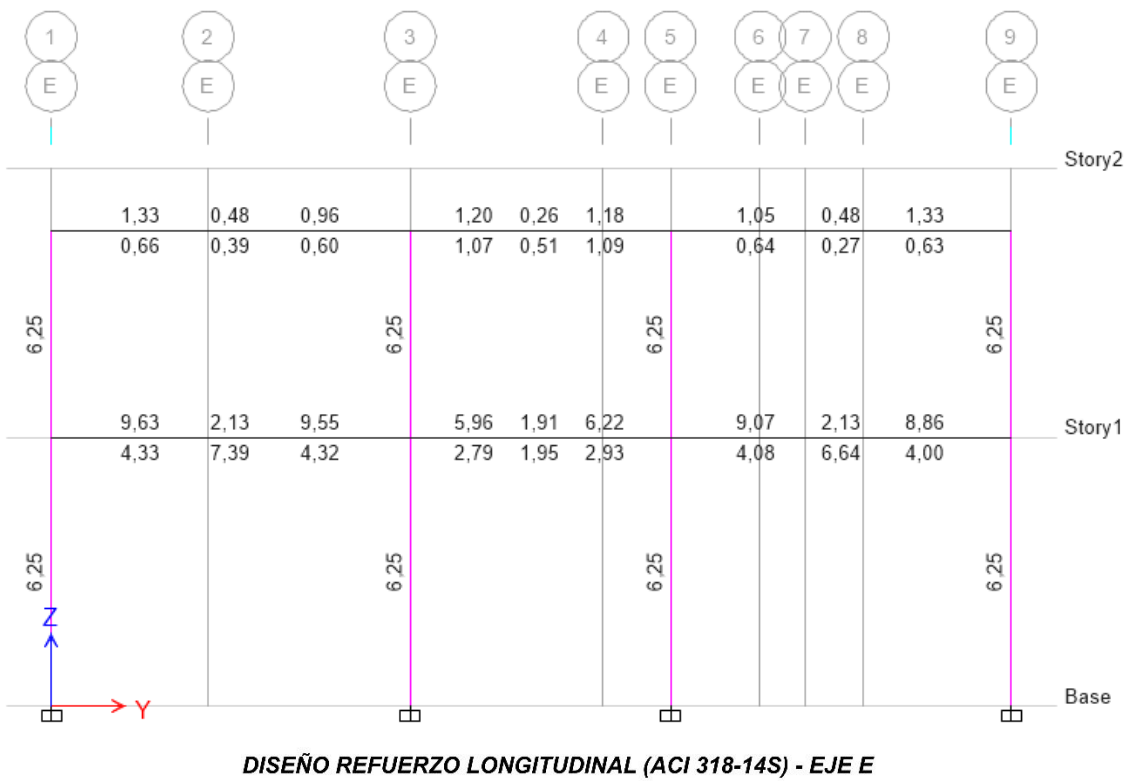
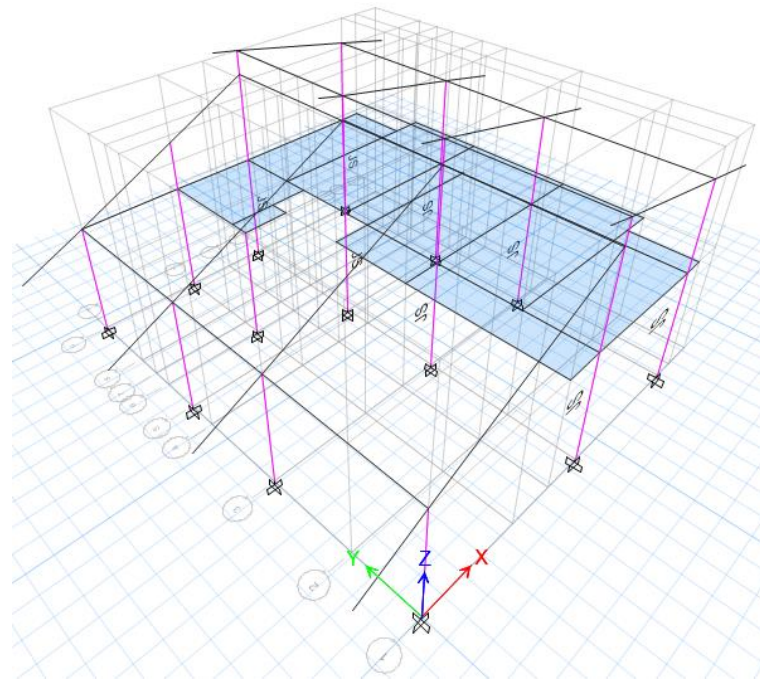


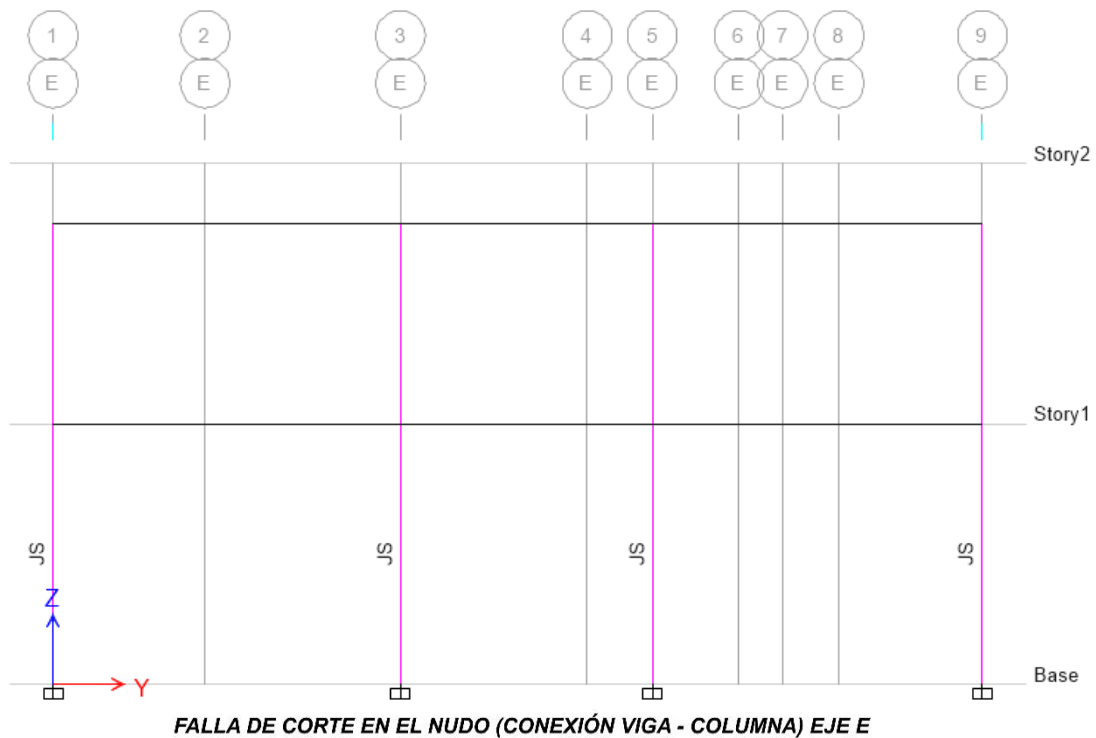
Figura 139: Diseño Eje E (ACI 318-14S) – Modelación N°1 ETABS 2016.  
 Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

Parte de los resultados obtenidos de la modelación estructural, se pudo observar que el programa identificó fallas de corte en diferentes nudos de la estructura, tal como se puede observar a continuación.



**FALLA DE CORTE EN EL NUDO (CONEXIÓN VIGA - COLUMNA) 3D**

Figura 140: Falla de Corte en el Nudo (3D) – Modelación N°1 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).



**FALLA DE CORTE EN EL NUDO (CONEXIÓN VIGA - COLUMNA) EJE E**

Figura 141: Falla de Corte en el Nudo (Eje E) – Modelación N°1 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

#### **4.7.5. MODELACIÓN ESTRUCTURAL N°2**

La segunda modelación estructural que se realizó de la vivienda del Sr. Walter Santos, tuvo como propósito considerar el aporte de las paredes o mamposterías en el desempeño estructural de la vivienda. Dicha modelación fue desarrollada de manera más minuciosa y detallada, en la que se tomó en cuenta la ubicación, dimensiones y características de las mamposterías existentes en la edificación. Además de la colaboración que generó sobre los elementos estructurales (columnas, vigas y losa), a los que se les aplicaron los diferentes estados de carga presentes en la vivienda de estudio. Como requerimientos de la simulación, se estableció las distintas magnitudes y direcciones de las cargas permanentes que actúan en la estructura, sin considerar el peso de las paredes en la carga permanente de la losa maciza.

Una vez completada la modelación de la edificación, se analizó los desplazamientos de los diferentes elementos, además de las derivas de entrepiso, cuidando que no sean excesivas y afecten sus propiedades mecánicas. Y por último se diseñaron los elementos estructurales utilizando el programa computacional, bajo la norma “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14S)”.

##### **4.7.5.1. CARGAS PERMANENTES**

###### **4.7.5.1.1. LOSA DE ENTREPISO**

La segunda modelación estructural, se realizó con una carga de losa de entrepiso, sin la consideración del aporte de las paredes o mamposterías, debido a que se modelaron cada una de ellas.

###### *Carga Muerta (Losa Alivianada)*

$$CM_{\text{losa alivianada}} = 683,50 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{losa alivianada}} = 0,6835 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

### Carga Muerta (Losa Maciza Equivalente)

$$CM_{\text{losa maciza eq}} = 433,440 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{losa maciza eq}} = 0,4334 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

### Carga Permanente – Losa Entrepiso

$$CP_{\text{losa entrepiso}} = CM_{\text{losa}} - CM_{\text{losa eq}} - CM_{\text{pared}}$$




$$CP_{\text{losa entrepiso}} = 683,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} - 433,440 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} - 203,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CP_{\text{losa entrepiso}} = 46,56 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CP_{\text{losa entrepiso}} = 0,04656 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

#### 4.7.5.1.2. CUBIERTA

Las cargas permanentes que se consideraron en la cubierta para la segunda modelación estructural, fueron el peso del Eternit, las instalaciones y el tumbado de madera. El peso de las correas de madera no fue considerado parte de la carga de la cubierta, debido a que fueron modeladas independientemente con sus propiedades mecánicas y secciones definidas.

LEYENDA	
ETERNIT	
CORREAS DE MADERA T1 (6 cm x 12 cm)	
CORREAS DE MADERA T2 (12 cm x 12 cm)	

$$P_{\text{eternit}} = 12,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P_{\text{instalaciones}} = 10,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$P_{\text{tumbado madera}} = 0,01 \text{ m} * 0,075 \text{ m} * 1 \text{ m} * 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 13,333 = 7,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{total cubierta}} = 29,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{total cubierta}} = 0,0295 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

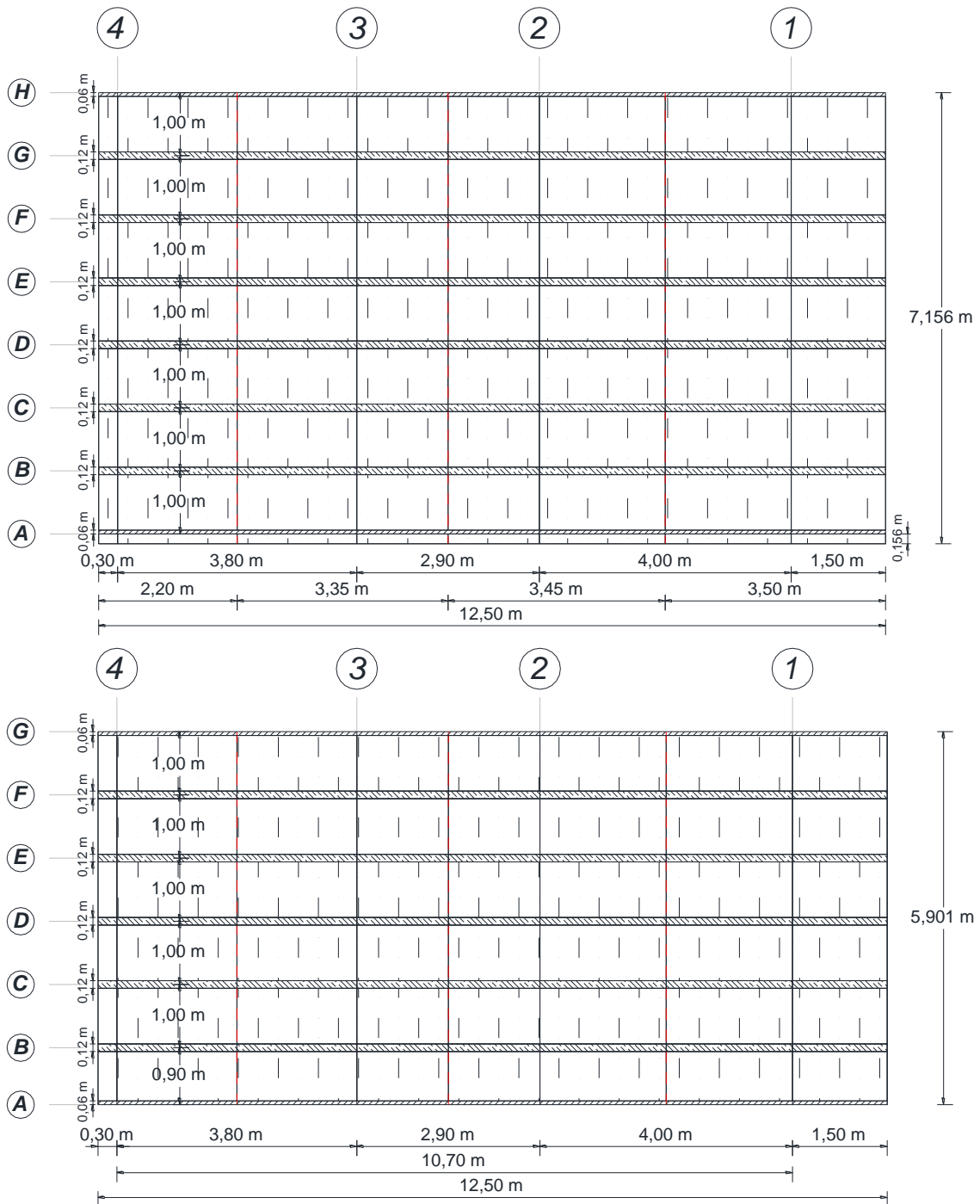


Figura 142: Esquematzación de Cubiertas 1 y 2 – Modelación N°2 ETABS 2016.

#### 4.7.5.2. DERIVAS DE PISO

El análisis y cálculo de las derivas de piso se realizó considerando el aporte de las mamposterías o paredes y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- *Deriva Máxima – Sismo X*

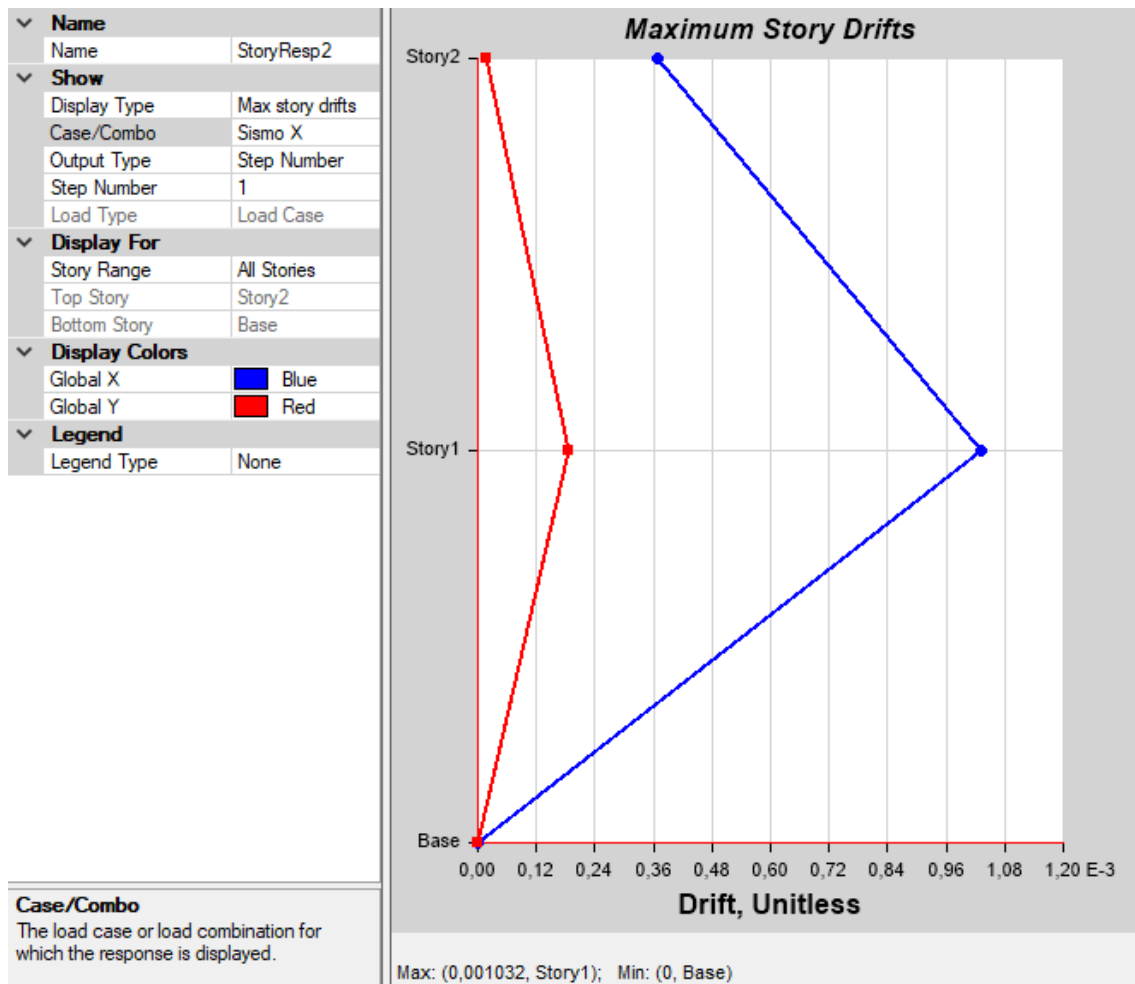


Figura 143: Derivas Máximas Sismo X – Modelación N°2 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

$$\Delta_E = 0,001032 \quad \text{Máxima Deriva de Piso – Sismo X}$$

$$R = 3 \quad \text{Hormigón Armado, Limitado a Viviendas}$$

$$\Delta_M = 0,75 * R * \Delta_E$$

$$\Delta_M = 0,75 * 3 * 0,001032$$

$$\Delta_M < \Delta_{Mmax}$$

$$\Delta_M = 0,002322 < 0,02$$

OK – CUMPLE

- *Deriva Máxima – Sismo Y*

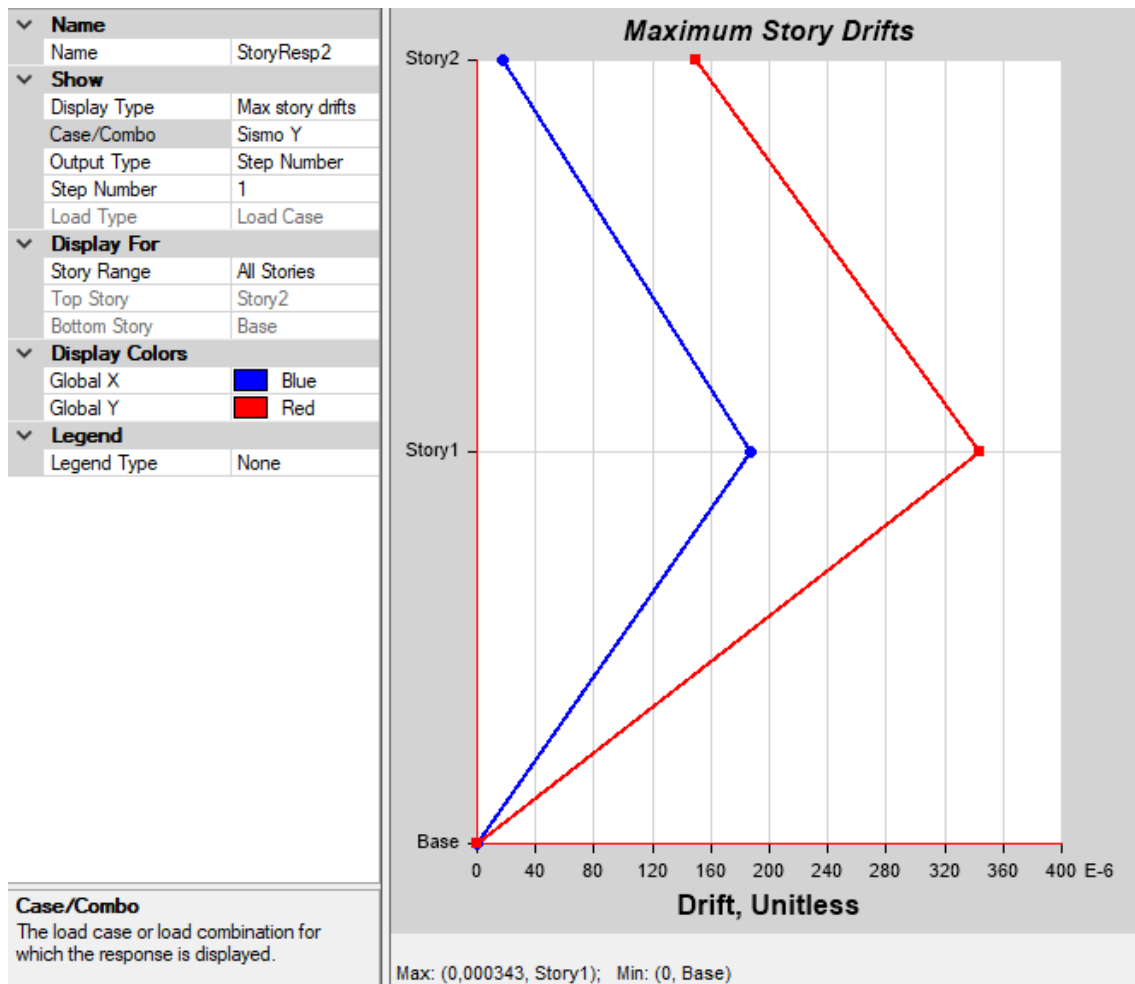


Figura 144: Derivas Máximas Sismo Y – Modelación N°2 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

$$\Delta_E = 0,000343 \quad \text{Máxima Deriva de Piso – Sismo Y}$$

$$R = 3 \quad \text{Hormigón Armado, Limitado a Viviendas}$$

$$\Delta_M = 0,75 * R * \Delta_E$$

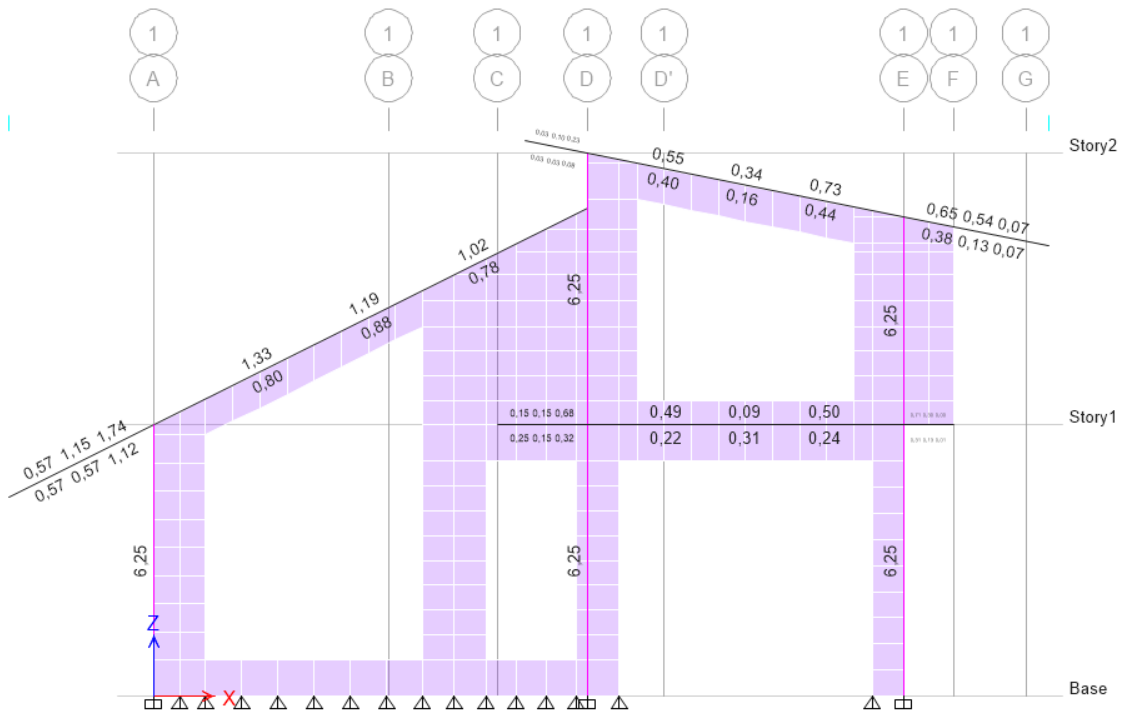
$$\Delta_M = 0,75 * 3 * 0,000343$$

$$\Delta_M < \Delta_{Mmax}$$

$$\Delta_M = 0,000772 < 0,02$$

OK – CUMPLE

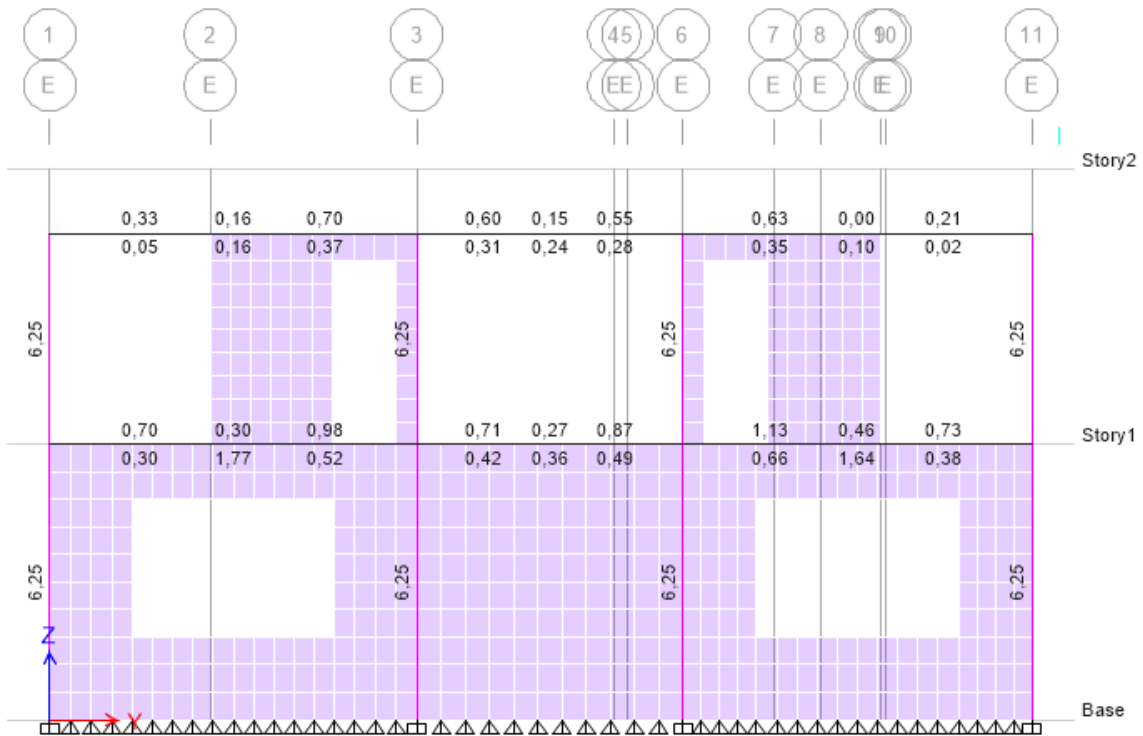




**DISEÑO REFUERZO LONGITUDINAL (ACI 318-14S) - EJE 1**

Figura 146: Diseño Eje 1 (ACI 318-14S) – Modelación N°2 ETABS 2016.

Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

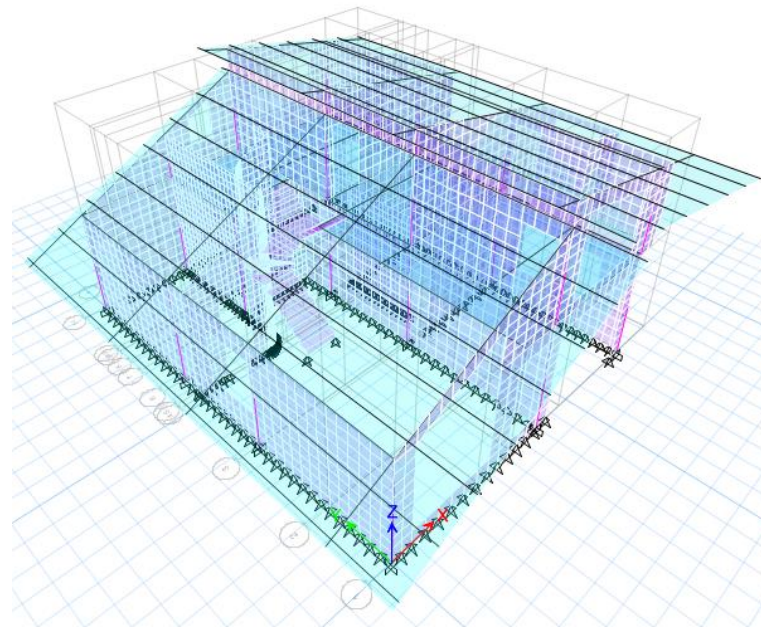


**DISEÑO REFUERZO LONGITUDINAL (ACI 318-14S) - EJE E**

Figura 147: Diseño Eje E (ACI 318-14S) – Modelación N°2 ETABS 2016.

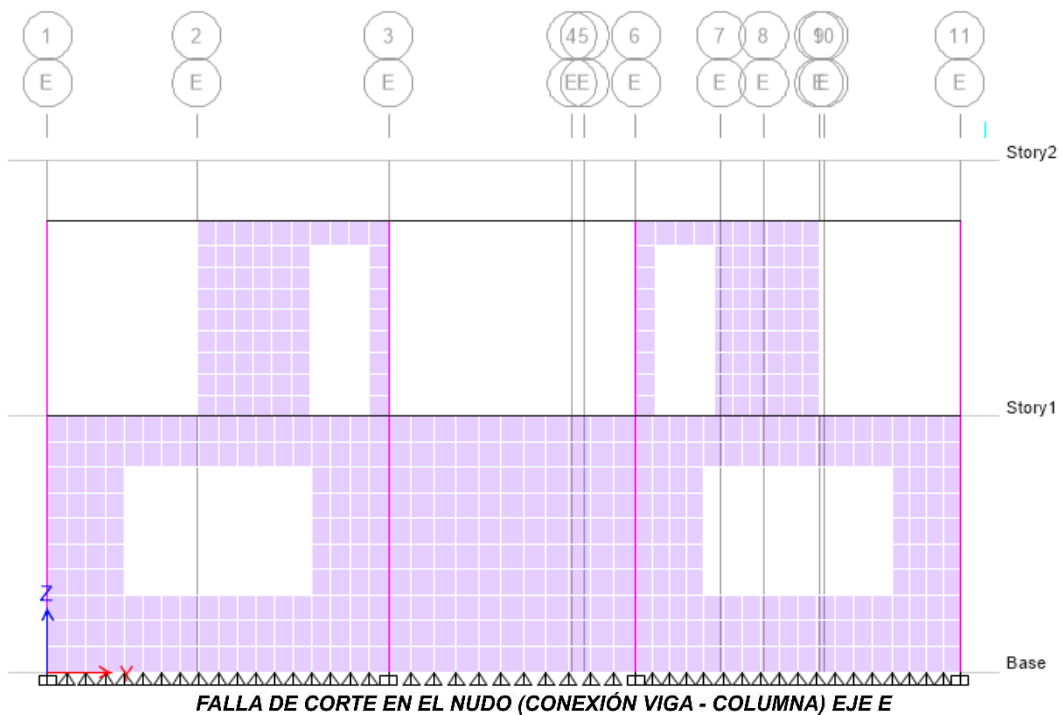
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

Parte de los resultados obtenidos de la segunda modelación estructural, se pudo observar que el programa no identificó ninguna falla de corte en los diferentes nudos de la estructura, tal como se puede observar a continuación.



**FALLA DE CORTE EN EL NUDO (CONEXIÓN VIGA - COLUMNA) 3D**

Figura 148: Falla de Corte en el Nudo (3D) – Modelación N°2 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).



**FALLA DE CORTE EN EL NUDO (CONEXIÓN VIGA - COLUMNA) EJE E**

Figura 149: Falla de Corte en el Nudo (Eje E) – Modelación N°2 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

## **4.8. DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Una edificación es considerada sismorresistente, cuando es diseñada y construida con una adecuada configuración estructural, que posea dimensiones apropiadas de componentes, materiales con proporciones y resistencias suficientes para soportar las acciones de las fuerzas sísmicas. Tanto en mega construcciones, como en pequeñas viviendas, se utilizan elementos estructurales, los cuales son necesarios para brindar estabilidad a la edificación, tanto a cargas gravitacionales como a cargas sísmicas, con la finalidad de proteger y salvaguardar la vida de los ocupantes, en el caso de un evento sísmico de alta magnitud, la edificación no llegará al colapso (Vásquez León, 2015). Las estructuras diseñadas en base a las disposiciones y requerimientos sismorresistentes, especificados en el capítulo 18 del (ACI 318-14S), tienen como finalidad resistir los diferentes movimientos sísmicos debido a fuerzas externas, mediante una respuesta dúctil e inelástica de importantes miembros estructurales. Donde cada uno de los requisitos se aplicó a la vivienda del Sr Walter Santos.

### **4.8.1. VIGAS DE PÓRTICOS ESPECIALES RESISTENTES A MOMENTO**

Las vigas de pórticos especiales resistentes a momento, forman parte del sistema resistente ante fuerzas externas (sísmicas) o también llamados pórticos especiales resistentes a momento, los cuales se diseñan principalmente para resistir a flexión y cortante (ACI 318-14S, 2014). El análisis y diseño estructural de las vigas de la vivienda en análisis, fue desarrollado cumpliendo cada uno de los requerimientos y aspectos del capítulo 18.6 del (ACI 318-14S). Para lo cual se desarrolló una hoja de cálculo en el programa EXCEL 2016, de las distintas especificaciones estructurales, facilitando el cálculo y obtención de resultados.

#### **4.8.1.1. VIGAS 25x20 CM – EJE 1 (A-D)**

Una vez realizado el análisis y modelación estructural completo de la vivienda, en el programa computacional, se eligió las vigas de 25x20 cm, que tenían mayores cargas y requerimientos estructurales. Es así que se escogió el pórtico del Eje 1 (A-D) y se realizó el diseño sismorresistente a partir de los resultados previos del análisis computacional (Figura 137), como se detalla a continuación:

### 4.8.1.1.1. REFUERZO LONGITUDINAL MÍNIMO

Los cálculos para el diseño del refuerzo longitudinal mínimo, fueron efectuados con los resultados de la Figura 138, como se presenta a continuación:

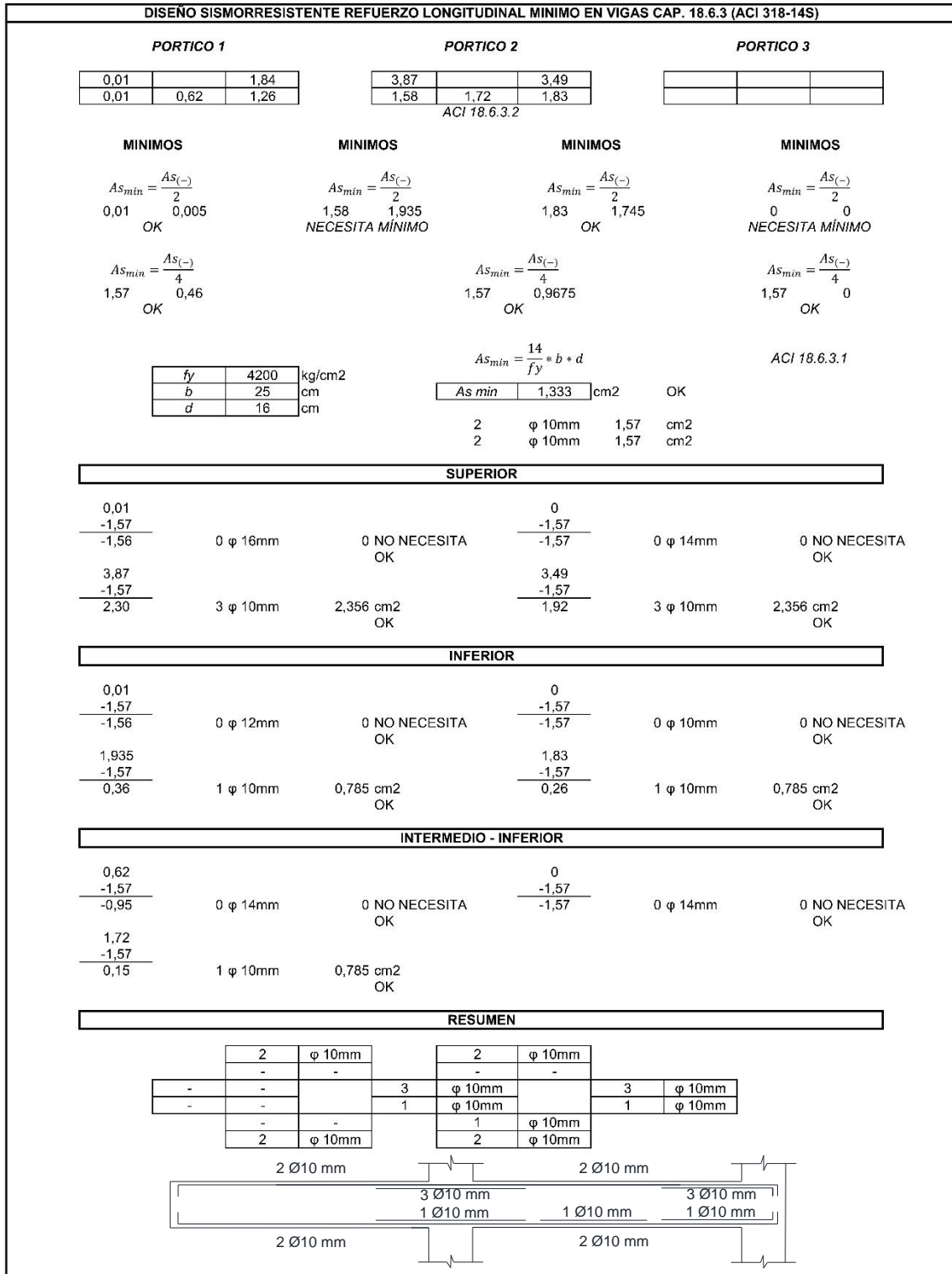


Figura 150: Refuerzo Longitudinal V25x20 – Diseño Sismorresistente.

#### 4.8.1.1.2. ESTRIBOS POR CAPACIDAD

El diseño de los estribos por capacidad, se calculó de acuerdo al capítulo 18.6.5 del (ACI 318-14S), tal como se presenta a continuación:

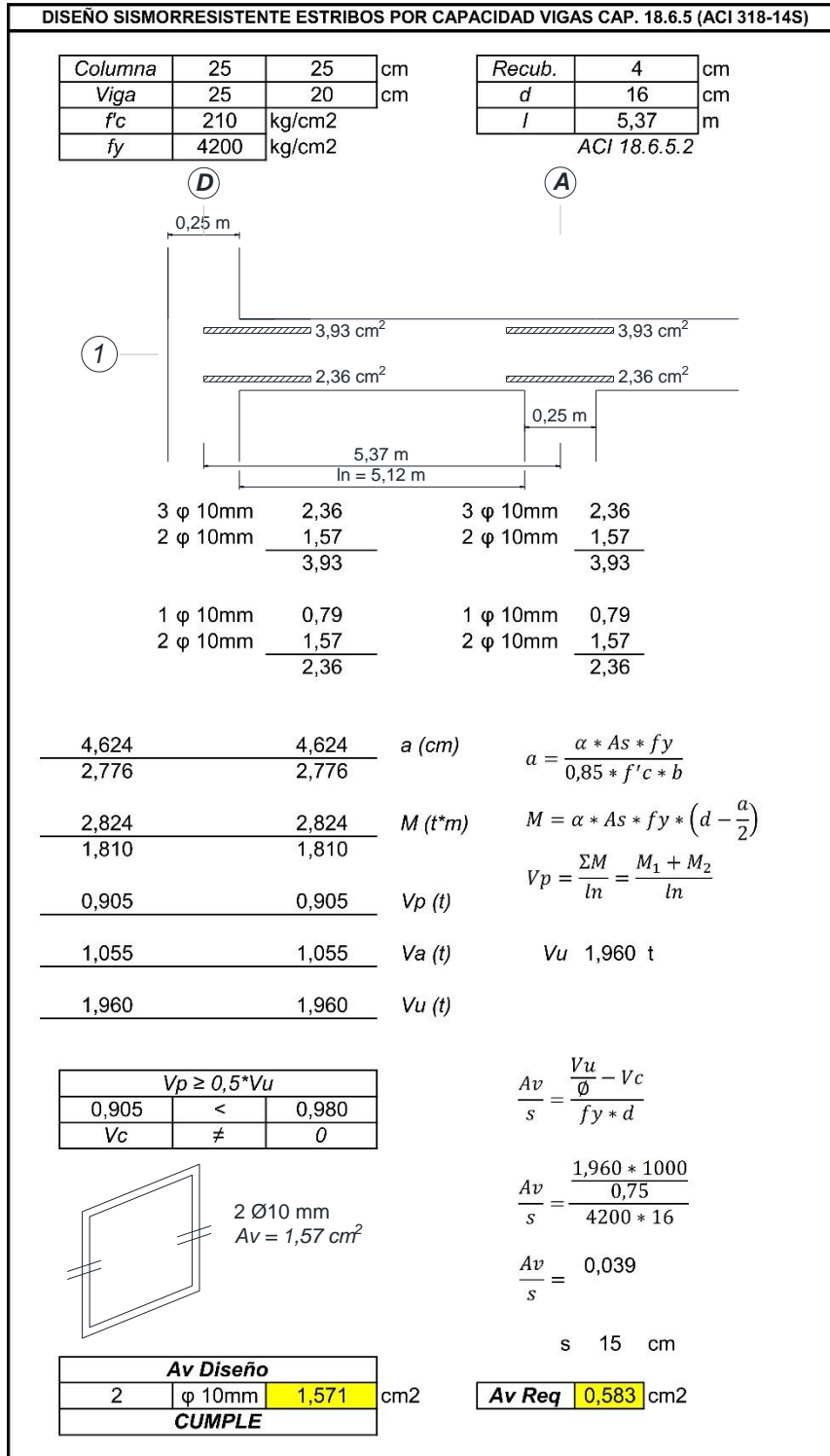


Figura 151: Refuerzo Transversal V25x20 – Diseño Sismorresistente.

### 4.8.1.1.3. CONEXIÓN (NUDO) VIGA – COLUMNA

El chequeo de la conexión viga – columna, se realizó considerando que las vigas que llegaron al nudo son elementos completamente horizontales, sin embargo, en realidad son elementos inclinados debido a que se encuentran ubicados en la zona de la cubierta, por lo que el programa computacional no realizó ningún cálculo, para verificar el nudo.

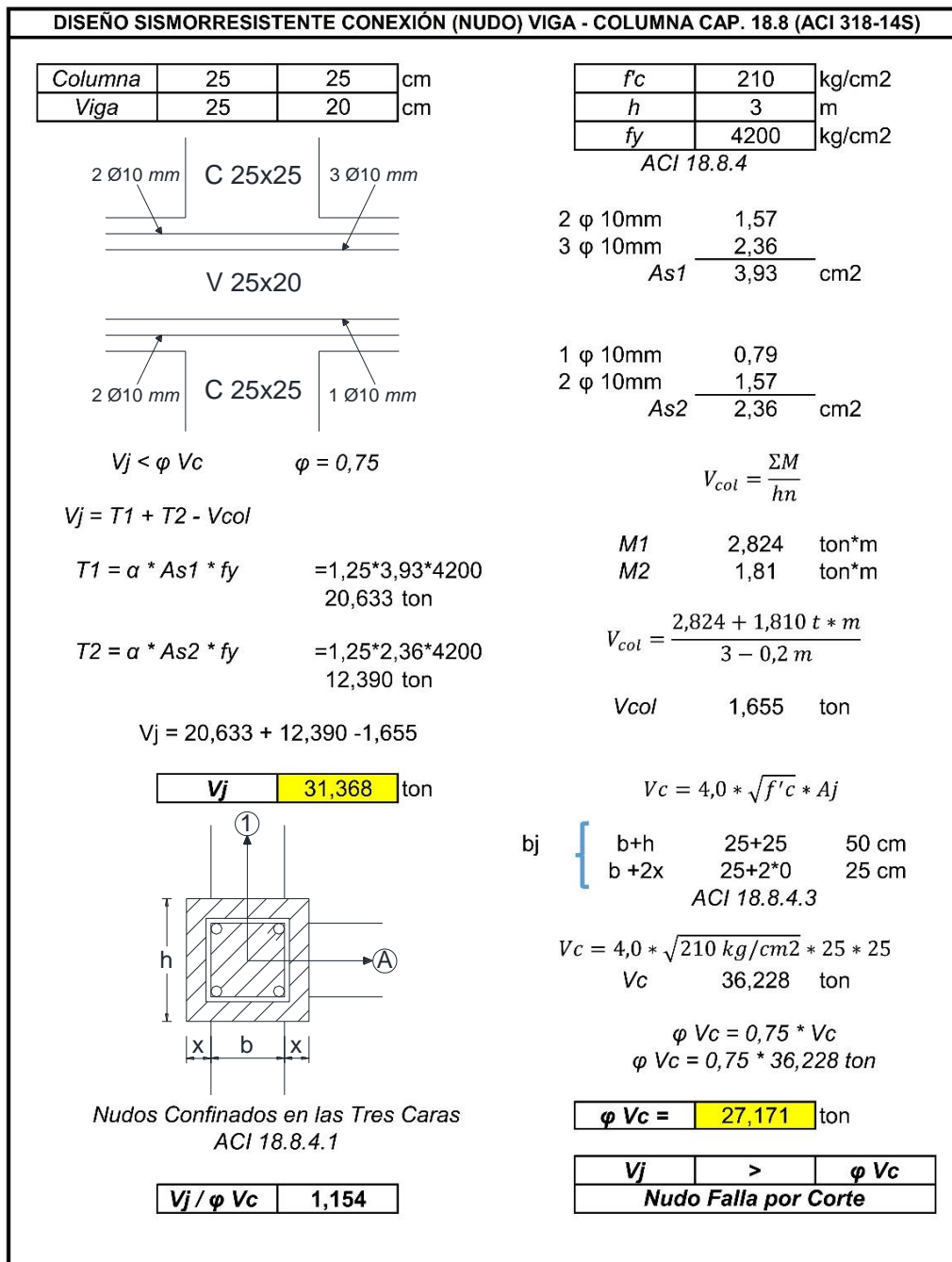


Figura 152: Conexión Viga - Columna V25x20 – Diseño Sismorresistente.

#### 4.8.1.1.4. SEPARACIÓN DE ESTRIBOS

Los cálculos para el diseño de la separación de estribos, fueron desarrollados conforme al capítulo 18.6.4 del (ACI 318-14S), como se presenta a continuación:

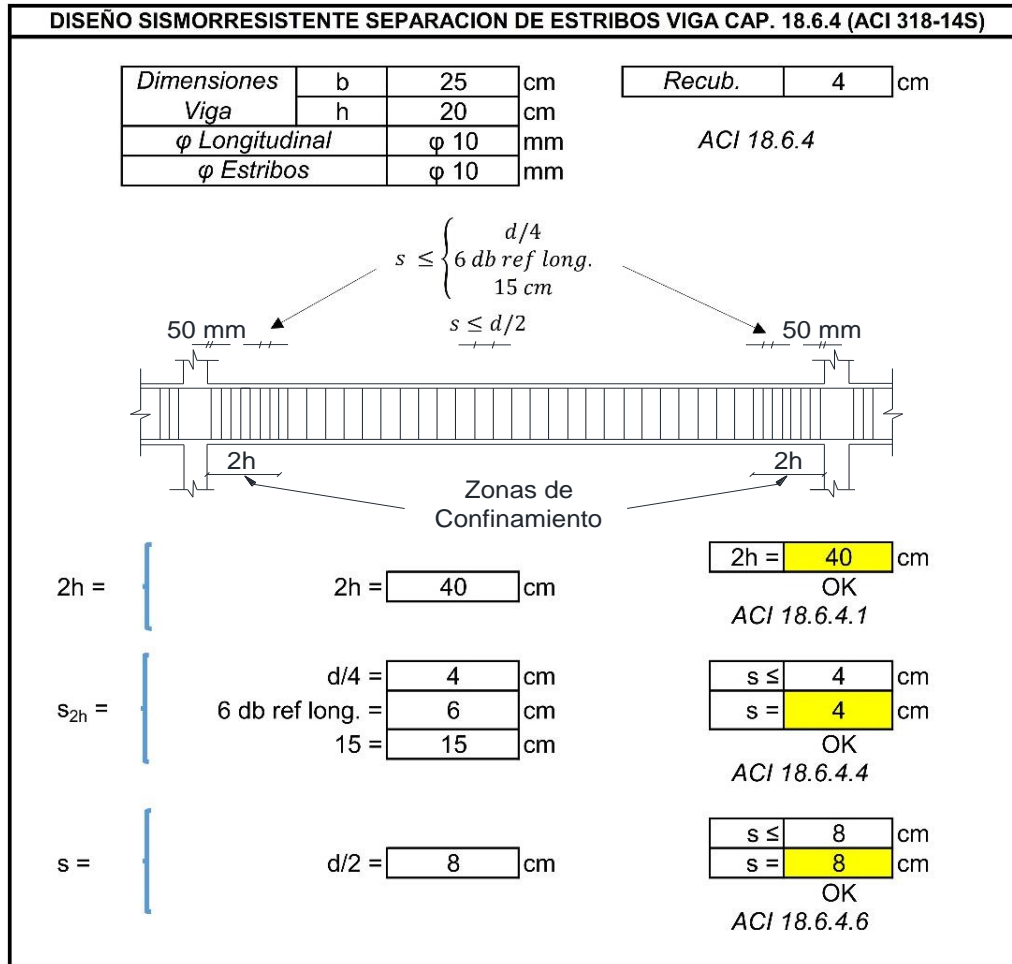


Figura 153: Separación Estribos V25x20 – Diseño Sismorresistente.

#### 4.8.1.2. VIGAS 40x20 CM – EJE E (1-9)

Completado el análisis y modelación estructural de la vivienda, en el programa computacional ETABS 2016, se seleccionó las vigas de 40x20 cm, que tenían mayores cargas y requerimientos estructurales. De tal manera que se escogió los pórticos del Eje E (1-9) y se realizó el diseño sismorresistente a partir de los resultados previos del análisis computacional (Figura 137), como se detalla a continuación:

### 4.8.1.2.1. REFUERZO LONGITUDINAL MÍNIMO

Los cálculos para el diseño del refuerzo longitudinal mínimo, fueron efectuados con los resultados de la Figura 139, como se presenta a continuación:

DISEÑO SISMORRESISTENTE REFUERZO LONGITUDINAL MINIMO EN VIGAS CAP. 18.6.3 (ACI 318-14S)																																															
PORTICO 1				PORTICO 2				PORTICO 3																																							
9,63		9,55		5,96		6,22		9,07		8,86																																					
4,33		4,32		2,79		2,93		4,08		4																																					
				ACI 18.6.3.2																																											
MINIMOS				MINIMOS				MINIMOS																																							
$A_{s_{min}} = \frac{A_{s(-)}}{2}$ 4,33    4,815 NECESITA MÍNIMO				$A_{s_{min}} = \frac{A_{s(-)}}{2}$ 4,32    4,775 NECESITA MÍNIMO				$A_{s_{min}} = \frac{A_{s(-)}}{2}$ 4,08    4,535 NECESITA MÍNIMO																																							
$A_{s_{min}} = \frac{A_{s(-)}}{4}$ 3,08    2,4075 OK								$A_{s_{min}} = \frac{A_{s(-)}}{4}$ 3,08    2,2675 OK																																							
				$A_{s_{min}} = \frac{14}{f_y} * b * d$				ACI 18.6.3.1																																							
<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td><math>f_y</math></td><td>4200</td><td>kg/cm2</td></tr> <tr><td><math>b</math></td><td>40</td><td>cm</td></tr> <tr><td><math>d</math></td><td>16</td><td>cm</td></tr> </table>		$f_y$	4200	kg/cm2	$b$	40	cm	$d$	16	cm			<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td><math>A_{s_{min}}</math></td><td>2,133</td><td>cm2</td></tr> </table>		$A_{s_{min}}$	2,133	cm2	OK																													
$f_y$	4200	kg/cm2																																													
$b$	40	cm																																													
$d$	16	cm																																													
$A_{s_{min}}$	2,133	cm2																																													
				<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td><td>3,08</td><td>cm2</td></tr> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td><td>3,08</td><td>cm2</td></tr> </table>		2	φ 14mm	3,08	cm2	2	φ 14mm	3,08	cm2																																		
2	φ 14mm	3,08	cm2																																												
2	φ 14mm	3,08	cm2																																												
SUPERIOR																																															
9,63								8,86																																							
-3,08								-3,08																																							
6,55		4 φ 16mm		8,042 cm2		OK		5,78		4 φ 14mm																																					
										6,158 cm2																																					
										OK																																					
9,55								9,07																																							
-3,08								-3,08																																							
6,47		4 φ 16mm		8,042 cm2		OK		5,99		4 φ 14mm																																					
										6,158 cm2																																					
										OK																																					
INFERIOR																																															
4,815								4,43																																							
-3,08								-3,08																																							
1,74		2 φ 12mm		2,262 cm2		OK		1,35		2 φ 10mm																																					
										1,571 cm2																																					
										OK																																					
4,775								4,535																																							
-3,08								-3,08																																							
1,70		2 φ 12mm		2,262 cm2		OK		1,46		2 φ 10mm																																					
										1,571 cm2																																					
										OK																																					
INTERMEDIO - INFERIOR																																															
7,39								6,64																																							
-3,08								-3,08																																							
4,31		3 φ 14mm		4,618 cm2		OK		3,56		3 φ 14mm																																					
										4,618 cm2																																					
										OK																																					
1,95								3,56																																							
-3,08								-3,08																																							
-1,13		0 φ 8mm		0 NO NECESITA		OK																																									
RESUMEN																																															
<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>4</td><td>φ 16mm</td></tr> <tr><td>2</td><td>φ 12mm</td></tr> <tr><td>3</td><td>φ 14mm</td></tr> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td></tr> </table>		2	φ 14mm	-	-	4	φ 16mm	2	φ 12mm	3	φ 14mm	2	φ 14mm	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>4</td><td>φ 16mm</td></tr> <tr><td>2</td><td>φ 12mm</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td></tr> </table>		2	φ 14mm	-	-	4	φ 16mm	2	φ 12mm	-	-	2	φ 14mm	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td></tr> <tr><td>-</td><td>-</td></tr> <tr><td>4</td><td>φ 14mm</td></tr> <tr><td>2</td><td>φ 10mm</td></tr> <tr><td>3</td><td>φ 14mm</td></tr> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td></tr> </table>		2	φ 14mm	-	-	4	φ 14mm	2	φ 10mm	3	φ 14mm	2	φ 14mm	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>4</td><td>φ 14mm</td></tr> <tr><td>2</td><td>φ 10mm</td></tr> </table>		4	φ 14mm	2	φ 10mm
2	φ 14mm																																														
-	-																																														
4	φ 16mm																																														
2	φ 12mm																																														
3	φ 14mm																																														
2	φ 14mm																																														
2	φ 14mm																																														
-	-																																														
4	φ 16mm																																														
2	φ 12mm																																														
-	-																																														
2	φ 14mm																																														
2	φ 14mm																																														
-	-																																														
4	φ 14mm																																														
2	φ 10mm																																														
3	φ 14mm																																														
2	φ 14mm																																														
4	φ 14mm																																														
2	φ 10mm																																														
<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td></tr> </table>		2	φ 14mm	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td></tr> </table>		2	φ 14mm	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td></tr> </table>		2	φ 14mm	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>2</td><td>φ 14mm</td></tr> </table>		2	φ 14mm																																
2	φ 14mm																																														
2	φ 14mm																																														
2	φ 14mm																																														
2	φ 14mm																																														
<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>4 Ø16 mm</td></tr> <tr><td>2 Ø12 mm</td></tr> </table>		4 Ø16 mm	2 Ø12 mm	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>4 Ø16 mm</td></tr> <tr><td>2 Ø12 mm</td></tr> </table>		4 Ø16 mm	2 Ø12 mm	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>4 Ø14 mm</td></tr> <tr><td>2 Ø10 mm</td></tr> </table>		4 Ø14 mm	2 Ø10 mm	<table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>4 Ø14 mm</td></tr> <tr><td>2 Ø10 mm</td></tr> </table>		4 Ø14 mm	2 Ø10 mm																																
4 Ø16 mm																																															
2 Ø12 mm																																															
4 Ø16 mm																																															
2 Ø12 mm																																															
4 Ø14 mm																																															
2 Ø10 mm																																															
4 Ø14 mm																																															
2 Ø10 mm																																															
2 Ø14 mm		2 Ø14 mm		2 Ø14 mm		2 Ø14 mm																																									

Figura 154: Refuerzo Longitudinal V40x20 – Diseño Sismorresistente.

### 4.8.1.2.2. ESTRIBOS POR CAPACIDAD

El diseño de los estribos por capacidad, se calculó de acuerdo al capítulo 18.6.5 del (ACI 318-14S), tal como se presenta a continuación:

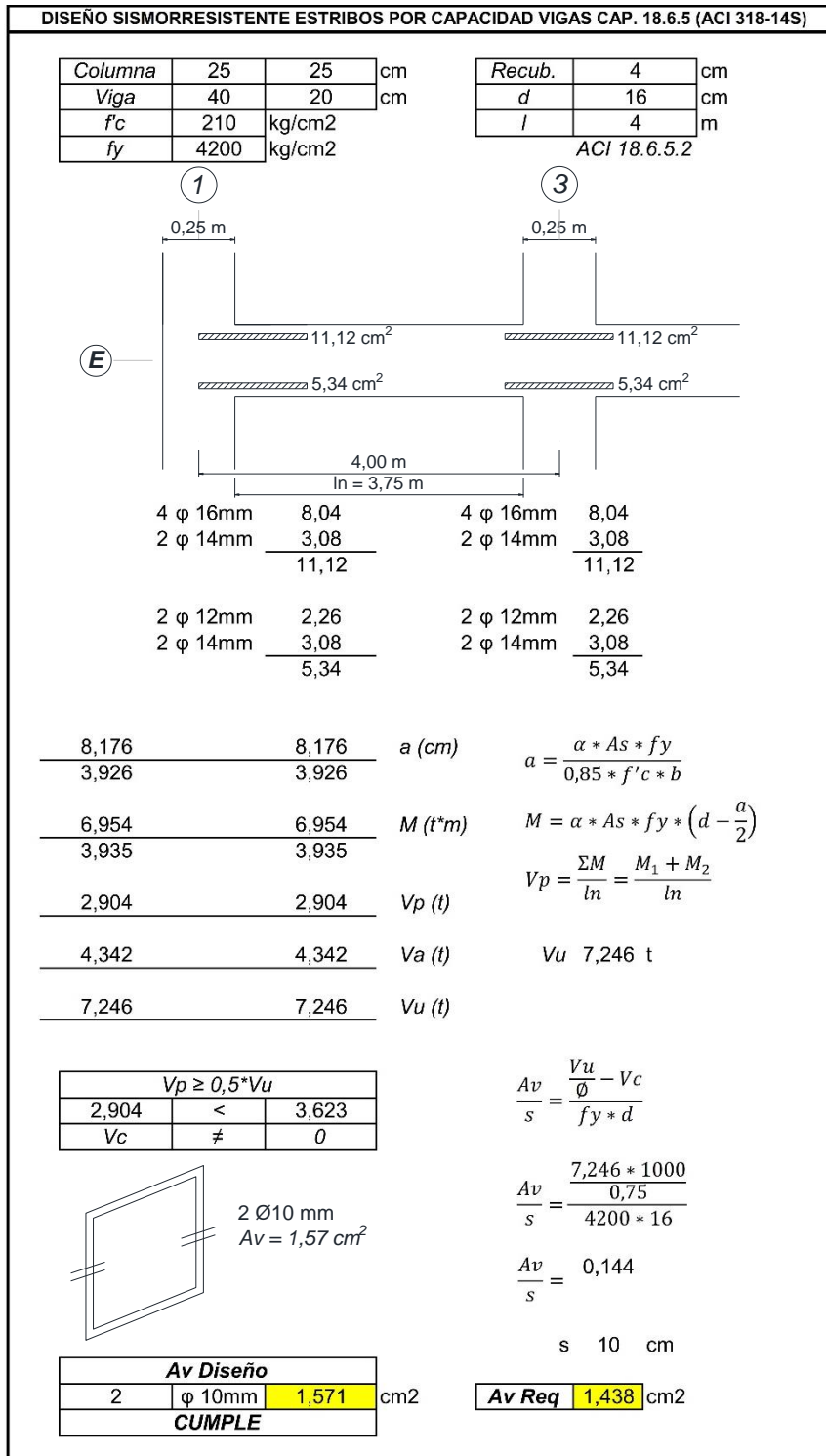


Figura 155: Refuerzo Transversal V40x20 – Diseño Sismorresistente.

### 4.8.1.2.3. CONEXIÓN (NUDO) VIGA – COLUMNA

El chequeo de la conexión viga – columna, se realizó considerando que las vigas que llegaron al nudo son elementos completamente horizontales, por lo que el programa computacional si realizó el cálculo y verifico el nudo. Con el objetivo de chequear la conexión, se calculó conforme al capítulo 18.8 del (ACI 318-14S), como se presenta a continuación:

DISEÑO SISMORRESISTENTE CONEXIÓN (NUDO) VIGA - COLUMNA CAP. 18.8 (ACI 318-14S)			
<i>Columna</i>	25	25	cm
<i>Viga</i>	40	20	cm

V 40x20

$V_j < \phi V_c \quad \phi = 0,75$

$V_j = T1 + T2 - V_{col}$

$T1 = \alpha * As1 * f_y = 1,25 * 11,12 * 4200 = 58,380 \text{ ton}$

$T2 = \alpha * As2 * f_y = 1,25 * 5,34 * 4200 = 28,035 \text{ ton}$

$V_j = 58,308 + 28,035 - 3,998$

**$V_j = 82,526 \text{ ton}$**

Nudos Confinados en las Cuatro Caras  
ACI 18.8.4.1

**$V_j / \phi V_c = 1,433$**

$f'_c$	210	kg/cm <sup>2</sup>
$h$	3	m
$f_y$	4200	kg/cm <sup>2</sup>

ACI 18.8.4

2 $\phi$ 14mm	3,08	
4 $\phi$ 16mm	8,04	
<b>As1</b>	<b>11,12</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

2 $\phi$ 12mm	2,26	
2 $\phi$ 14mm	3,08	
<b>As2</b>	<b>5,34</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

$V_{col} = \frac{\Sigma M}{hn}$

$M1$	6,954	ton*m
$M2$	3,935	ton*m

$V_{col} = \frac{6,954 + 3,935 \text{ t * m}}{3 - 0,2 \text{ m}}$

$V_{col} = 3,889 \text{ ton}$

$V_c = 5,3 * \sqrt{f'_c} * A_j$

$b_j \begin{cases} b+h & 40+25 & 65 \text{ cm} \\ b+2x & 40+2*0 & 40 \text{ cm} \end{cases}$

ACI 18.8.4.3

$V_c = 5,3 * \sqrt{210 \text{ kg/cm}^2} * 40 * 25$

$V_c = 76,804 \text{ ton}$

$\phi V_c = 0,75 * V_c$   
 $\phi V_c = 0,75 * 76,804 \text{ ton}$

**$\phi V_c = 57,603 \text{ ton}$**

<b><math>V_j</math></b>	<b>&gt;</b>	<b><math>\phi V_c</math></b>
<b>Nudo Falla por Corte</b>		

Figura 156: Conexión Viga - Columna V40x20 – Diseño Sismorresistente.

#### 4.8.1.2.4. SEPARACIÓN DE ESTRIBOS

Los cálculos que se realizaron para el diseño de la separación de estribos, fueron desarrollados en base al capítulo 18.6.4 del (ACI 318-14S), como se presenta a continuación:

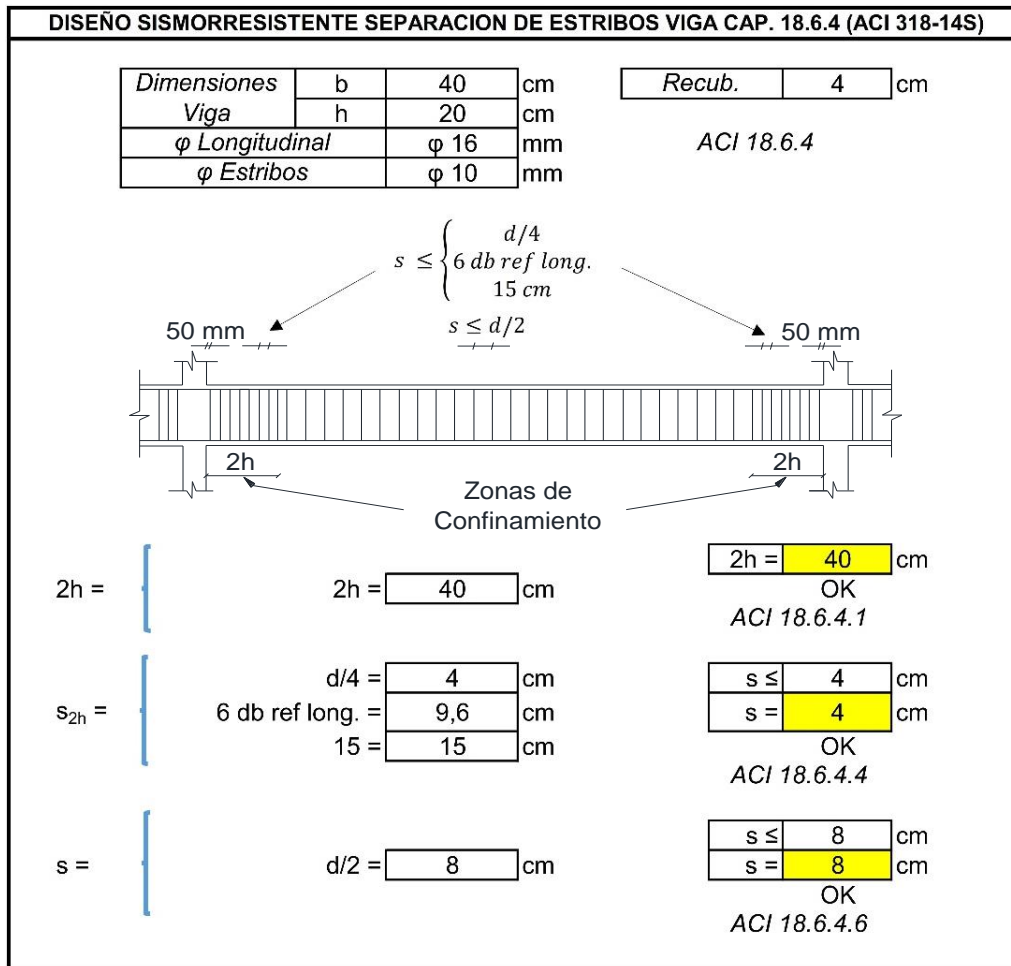


Figura 157: Separación Estribos V40x20 – Diseño Sismorresistente.

#### 4.8.1.3. RESUMEN DE DISEÑOS FINALES DE VIGAS

Una vez que se realizaron los diferentes diseños estructurales sismorresistentes de las vigas más críticas e influyentes de la estructura en análisis. Se obtuvieron los siguientes resultados de las dos secciones en estudio: la primera Viga 25x20 cm (V25x20) y la Viga 40x20 cm (V40x20), las cuales cumplen con los requerimientos y condiciones para soportar cargas sísmicas. Las mismas que se encuentran detalladas y esquematizadas a continuación:

- *Viga 25x20 cm*

Se especifican los refuerzos longitudinales necesarios para la presente viga:

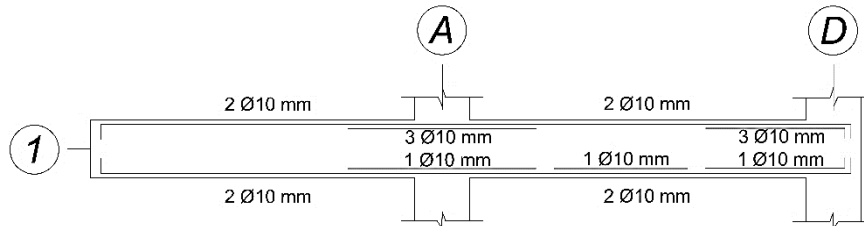


Figura 158: Detalle V25x20 – Diseño Sismorresistente.

- *Viga 40x20 cm*

Se detallan los refuerzos longitudinales necesarios para la siguiente viga:

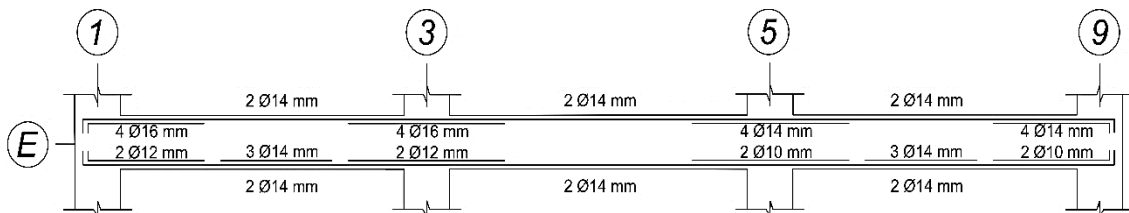


Figura 159: Detalle V40x20 – Diseño Sismorresistente.

- *Separación de Estribos*

El detalle de la separación de estribos se consideró el mismo para las dos secciones en estudio.

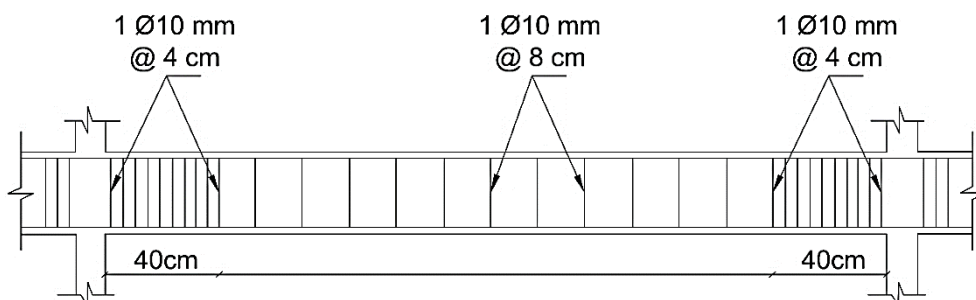


Figura 160: Separación de Estribos Viga – Diseño Sismorresistente.

#### **4.8.2. COLUMNAS DE PÓRTICOS ESPECIALES RESISTENTES A MOMENTO**

Las columnas de pórticos especiales resistentes a momento, forman parte del sistema resistente ante fuerzas externas (sísmicas) o también llamados pórticos especiales resistentes a momento, los mismos que se diseñan principalmente para resistir flexión, cortante y fuerzas axiales. En el caso de que las columnas no sean más resistentes que las vigas que llegan al nudo, existe la posibilidad de una acción inelástica entre las mismas. O inclusive en el peor de los casos, se puede producir fluencia por flexión en ambos extremos de todas las columnas de un piso, produciendo un mecanismo de falla en columnas que puede conducir al colapso (ACI 318-14S, 2014). El refuerzo longitudinal, está controlado por los requerimientos de límites mínimos y máximos. Tal es así, que el límite mínimo del área de refuerzo longitudinal es una cuantía del 1% y como límite máximo una cuantía del 6%. A diferencia del refuerzo transversal debe cumplir el diseño por confinamiento y capacidad, el mayor de estos requerimientos (ACI 318-14S, 2014). El análisis y diseño estructural de las columnas de la vivienda, objeto de esta disertación, fue desarrollado cumpliendo cada uno de los requerimientos y aspectos del capítulo 18.7 del (ACI 318-14S). Para lo cual se desarrolló una hoja de cálculo en el programa EXCEL 2016, de los distintos requisitos estructurales, facilitando el cálculo y obtención de resultados.

##### **4.8.2.1. COLUMNAS 25x25 cm**

Terminado el análisis y modelación estructural de la vivienda en estudio, en el programa computacional ETABS 2016, se eligió las columnas de sección de 25x25 cm, que forman parte del esquema estructural de la edificación y se analizaron los diferentes resultados producto de la simulación, en los aspectos del refuerzo longitudinal como transversal y las distintas sollicitaciones con la finalidad de verificar y validar los mismos.

Una vez conocidos los resultados de la modelación, se realizó el diseño sismorresistente de la sección de la columna a partir de los resultados previos del análisis computacional (Figura 137), tal como se detalla a continuación:

#### 4.8.2.1.1. REFUERZO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL

El diseño del refuerzo longitudinal y transversal, se calculó de acuerdo al capítulo 18.7 del (ACI 318-14S), como se presenta a continuación:

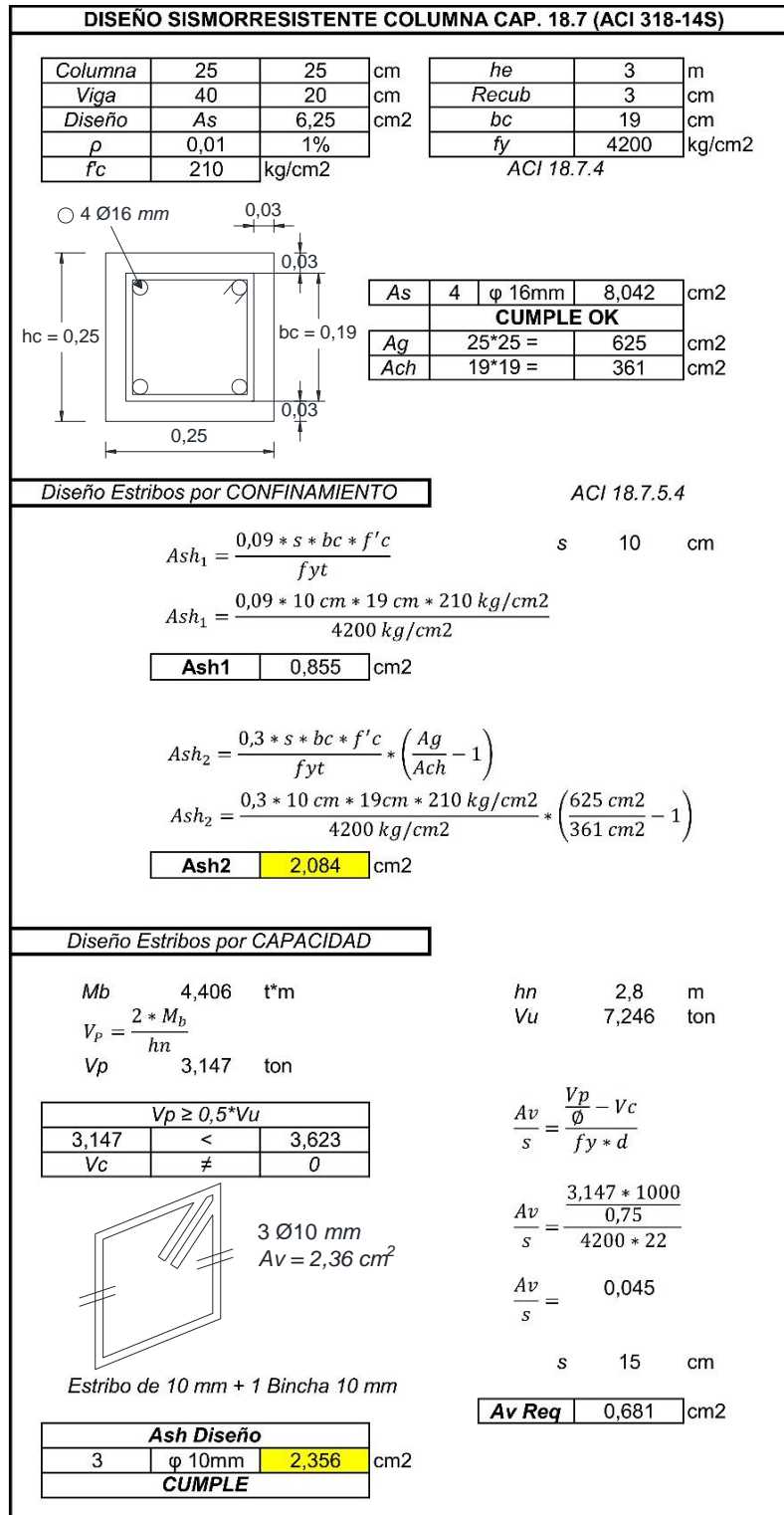


Figura 161: Refuerzo Estructural C25x25 – Diseño Sismorresistente.

#### 4.8.2.1.2. SEPARACIÓN DE ESTRIBOS

Los cálculos que se realizó para el diseño de la separación de estribos, fueron desarrollados conforme al capítulo 18.7.5 del (ACI 318-14S), como se presenta a continuación:

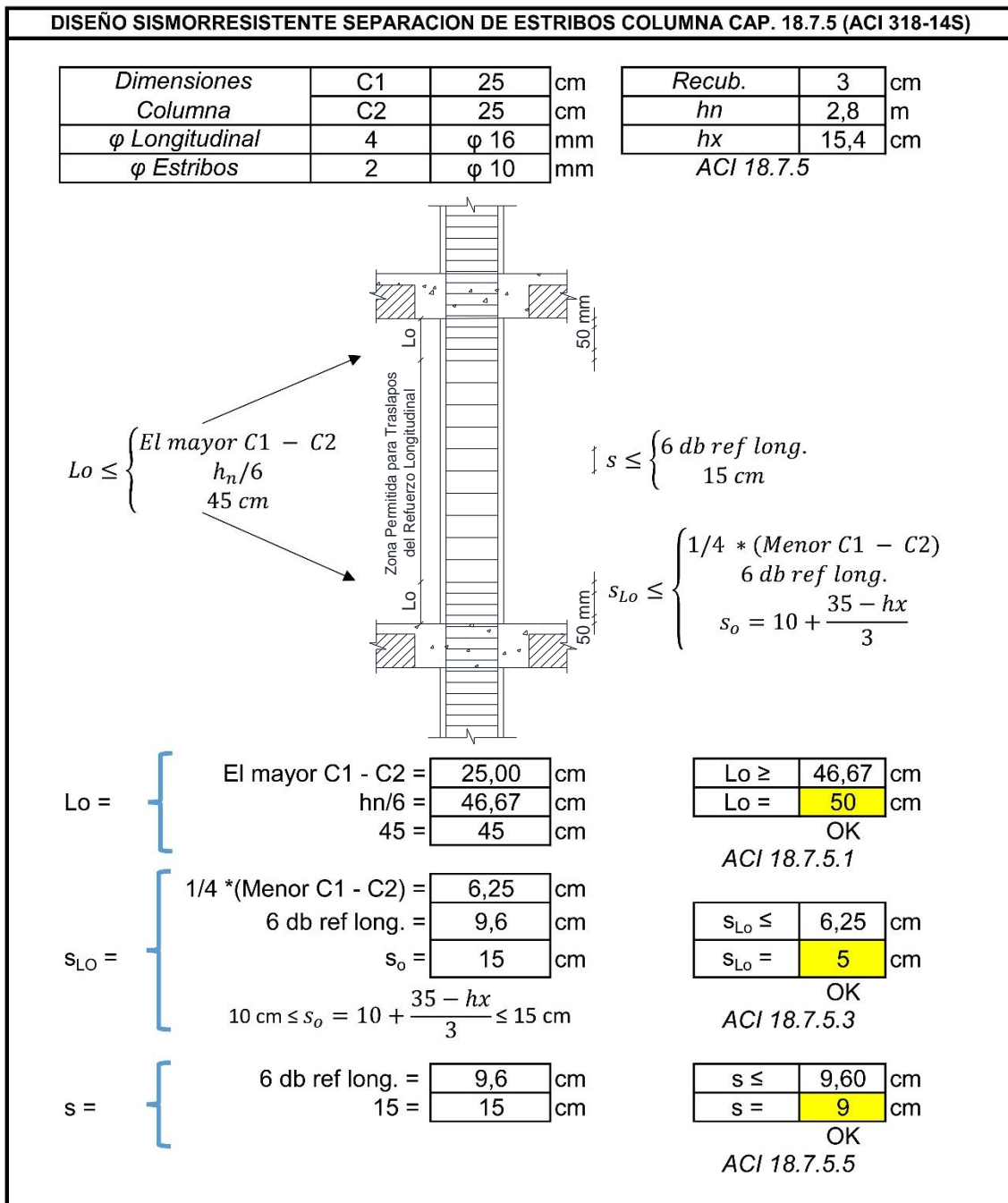


Figura 162: Separación Estribos C25x25 – Diseño Sismorresistente.

#### 4.8.2.2. RESUMEN DE DISEÑOS FINALES DE COLUMNAS

Concluido el diseño estructural sismorresistente de las columnas. Se obtuvieron los siguientes resultados de la sección en estudio: Columna 25x25 cm (C25x25), las cuales cumplen con los requerimientos y condiciones para soportar cargas sísmicas. Las mismas que están detalladas y esquematizadas a continuación:

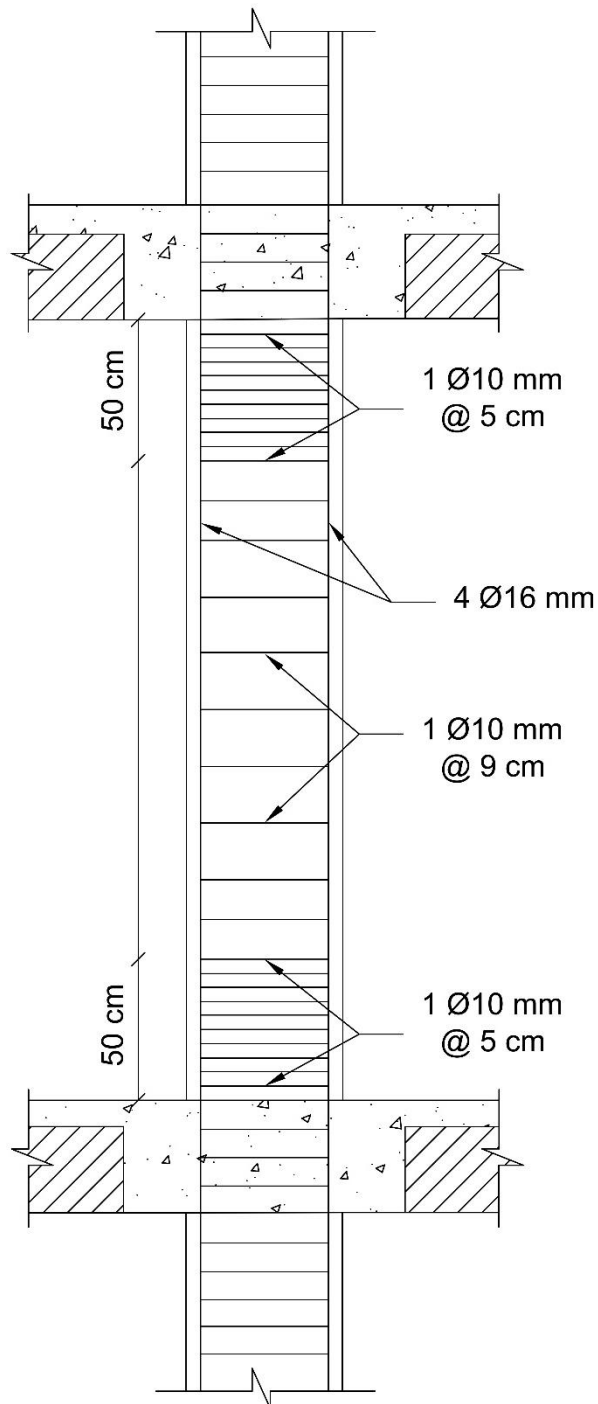


Figura 163: Detalle C25x25 – Diseño Sismorresistente.

#### 4.9. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ELEMENTOS PROVISTOS VS. ELEMENTOS REQUERIDOS

Concluidos los diseños sismorresistentes de los diferentes elementos estructurales que conforman la vivienda en estudio, se realizó un análisis comparativo de los elementos provistos vs. elementos requeridos provenientes de los resultados de los diseños sismorresistentes expuestos en la sección anterior. El acero provisto en la estructura, es proveniente de columnas y vigas prefabricadas con secciones y áreas definidas.

Como caso especial, se realizó un diseño aproximado del refuerzo longitudinal requerido en vigas, debido a que los diseños sismorresistentes expuestos en la sección 4.8 de la presente disertación, dotan al elemento de refuerzo estructural, específicamente en aquellas zonas donde más lo requieren, y no se podía realizar una comparación apropiada con lo provisto en la edificación.

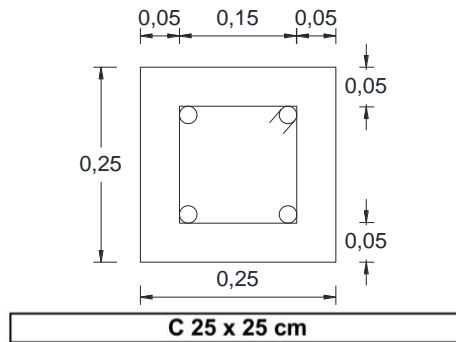
Tabla 14: Vigas – Análisis Comparativo.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE VIGAS - VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS							
V 25 x 20 cm				V 40 x 20 cm			
Sección	Acero Provisto			Acero Requerido			Cumple
	As	Av		As	Av		
V 25 x 20	4 φ 12 mm 4,52 cm <sup>2</sup>	2 φ 6 mm 0,57 cm <sup>2</sup>	@15 cm	4 φ 16 mm 8,04 cm <sup>2</sup>	2 φ 10 mm 1,57 cm <sup>2</sup>	@15 cm	NO
V 40 x 20	8 φ 12 mm 9,05 cm <sup>2</sup>	4 φ 6 mm 1,13 cm <sup>2</sup>	@15 cm	8 φ 18 mm 20,36 cm <sup>2</sup>	2 φ 10 mm 1,57 cm <sup>2</sup>	@10 cm	NO

En cambio, el diseño sismorresistente del refuerzo longitudinal requerido en columnas, permitió realizar una comparación apropiada con el provisto, debido a que en el diseño sí fue considerado el mismo número de varillas de refuerzo estructural, lo que facilitó el análisis.

Tabla 15: Columnas – Análisis Comparativo.

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE COLUMNAS - VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS**



Sección	Acero Provisto				Acero Requerido				Cumple	
	As		Ash		As		Ash			
C 25 x 25	4	φ 12 mm	2	φ 6 mm	@15 cm	4	φ 16 mm	2	φ 10 mm	NO
	4,52 cm <sup>2</sup>		0,57 cm <sup>2</sup>			8,04 cm <sup>2</sup>		1,57 cm <sup>2</sup>		

A pesar de la falta de refuerzo estructural presente en los elementos de la vivienda, se realizó una comparación entre las dos modelaciones estructurales y se obtuvo que de cierta manera la ubicación de la mampostería en la edificación, generaba un aporte al sistema estructural, lo que produjo que se disminuyera la cantidad requerida de acero estructural en los elementos.

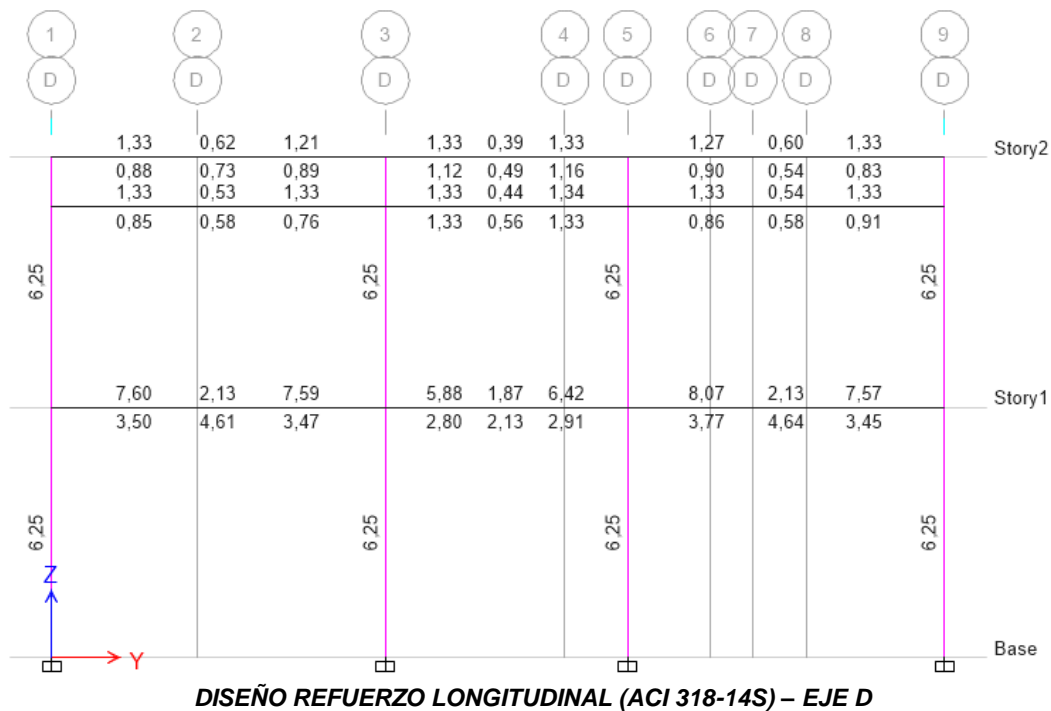


Figura 164: Diseño Eje D (Modelación N°1) – Análisis Comparativo.

Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

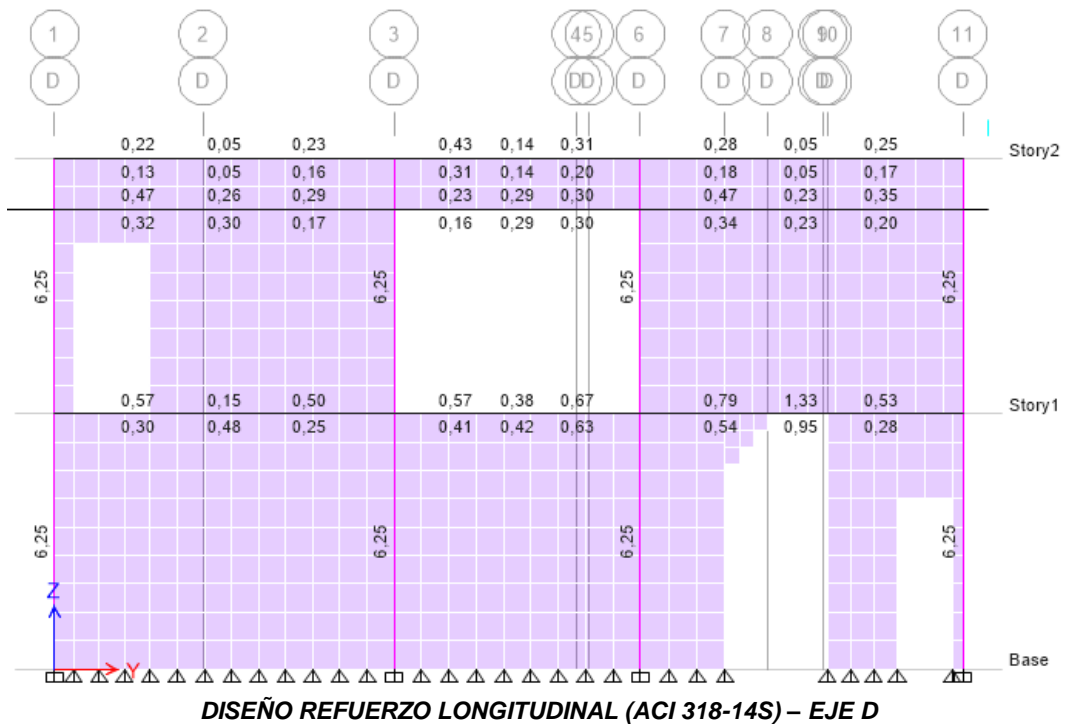


Figura 165: Diseño Eje D (Modelación N°2) – Análisis Comparativo.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

## CAPITULO V

### REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL – SISTEMAS DE MAMPOSTERÍA

#### 5.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Concluidos los distintos parámetros y aspectos analizados en la vivienda del Sr. Walter Santos, objetivo de la presente disertación, se obtuvieron los siguientes resultados:

- *Metodología y Evaluación Estructural*

Resultados de la evaluación de vulnerabilidad sísmica de edificaciones, efectuada a la vivienda en análisis, catalogaron a la edificación con un grado de baja vulnerabilidad sísmica, debido a la tipología del sistema estructural, altura de la edificación, irregularidades presentes, año de construcción y tipo de suelo en la cual se encuentra cimentada.

Luego del evento sísmico suscitado el pasado 16 de abril de 2016, en el cual la estructura sufrió daños, se aplicó la evaluación de estructuras post-evento, desarrollada tanto en el exterior como en el interior del inmueble, producto de la evaluación se asignó una pancarta de uso restringido, resultado de muros agrietados, daños en antepechos, recubrimientos de columnas y paredes amenazando con caer.

Producto de la evaluación del nivel de daños en la vivienda, se calificó de manera global con un moderado nivel de daños, debido a las afectaciones presentes en las categorías de mampostería no reforzada, confinada y escaleras.

Dando como resultado que la vivienda del Sr. Walter Santos es considerada, una vivienda unifamiliar de baja vulnerabilidad sísmica, la cual se encuentra en uso restringido debido al nivel de daños moderados que presenta, anteponiendo el concepto de salvaguardar la vida de los ocupantes. La misma que necesita ser reforzada y rehabilitada para su futura ocupación.

- Modelación Estructural en el Programa ETABS 2016

Realizadas las dos modelaciones estructurales en el programa computacional ETABS 2016 v.16.2.0, se observó que los resultados obtenidos mantuvieron cierta similitud con la realidad, presentando ciertas fallas por corte en los nudos viga – columna, al igual que en ciertos elementos (mamposterías) sobre esforzados, además se pudo conocer el comportamiento de la edificación bajo cargas sísmicas, las derivas de piso presentes en cada de uno de ellos, y los requerimientos necesarios para refuerzo estructural de los diferentes elementos. Como punto de partida, se pudo observar que las dos modelaciones estructurales cumplieron con las derivas de piso, de tal manera que se realizó una comparación entre las mismas, producto de las cargas de Sismo en la dirección “X” y “Y” (Figuras 135,143 y 136,144), de las cuales se reflejó claramente una disminución en la segunda modelación, con respecto a la primera. Lo que demostró que las mamposterías, generaban un aporte al sistema estructural global. De tal manera que se realizó una comparación entre las dos modelaciones resultantes (Figura 137 y 145), conociendo así también el aporte de la mampostería sobre los requerimientos estructurales, en el cual se evidenció notablemente la reducción de la cantidad de acero estructural necesario en la vivienda. Sin embargo, esta consideración no es cierta, ni tampoco valida, debido a que no se conoce ni se puede garantizar que la mampostería utilizada en toda la estructura haya sido elaborada, de tal manera que garantice la uniformidad de los materiales, cumpla con las especificaciones mínimas y resistencia a la compresión. Descartando por completo los resultados del diseño estructural de la modelación con paredes, fue así que los diseños sismorresistentes de los elementos estructurales, fueron realizados con los datos previos de la primera modelación. No obstante, la mampostería en la edificación, si presenta cierto grado de aporte al sistema resistente estructural, el cual no puede ser conocido con exactitud.

Adicional, la segunda modelación estructural, permitió conocer donde se generaban mayores concentraciones de esfuerzos en las mamposterías, las mismas que fueron similares a las fallas presentes en la vivienda. Lo cual permitió identificar las posibles fallas en diferentes secciones adicionales y pasar a ser consideradas parte de la rehabilitación estructural.

- Análisis Comparativo de Elementos Provistos vs. Elementos Requeridos

Una vez terminados los diseños sismorresistentes de los diferentes elementos estructurales, se pudo realizar una comparación entre los elementos provistos y requeridos para un correcto desempeño de la vivienda. La edificación cuenta con vigas y columnas prefabricadas de Armex, las mismas que se utilizaron como vigas de cimentación, entrepiso, cubierta y columnas. De acuerdo a la información recopilada en la visita a la vivienda se pudo constatar que se tratan de elementos tipo (V-C8) de acuerdo al catálogo de Ideal Alambrec, el cual tiene una sección transversal de acero de 15x15 cm, con 4 varillas principales de 12 mm de diámetro y estribos de 6 mm, espaciados cada 15 cm. No obstante, se desconoce en si la cantidad exacta de acero utilizada en la losa de la vivienda, debido a que no fue construida con planos estructurales, sino únicamente con planos arquitectónicos, de acuerdo a la experiencia del director de obra y de los obreros a cargo de la construcción del inmueble.

Tal como se pudo observar en la Tabla 14 y 15, la cantidad de refuerzo estructural dotado en la vivienda es excesivamente menor al requerido de acuerdo a los diseños sismorresistentes, tanto en las dos secciones de vigas como en la columna. Lo cual hace a la estructura vulnerable, poco resistente e insegura ante eventos sísmicos de gran magnitud.

Cabe recalcar que ningún elemento estructural de la edificación, presentó fluencia o daños en el acero de refuerzo, únicamente las fallas localizadas fueron a nivel de mampostería, recubrimientos y una ligera deformación en las escaleras de acceso al segundo piso, producto del desplazamiento de las mamposterías del área de la cocina. A pesar de las deficiencias estructurales presentes en la vivienda, la edificación no presenta daños excesivos o severos, tanto a nivel arquitectónico, como estructural, que obliguen a derrocar la estructura, luego del evento sísmico suscitado la mencionada fecha. Sin embargo, la estructura se encuentra en restringidas condiciones para ser habitada de inmediato, es por eso que se desarrolló una medida de reforzamiento estructural, la cual permitió garantizar la funcionabilidad y habitabilidad de la vivienda.

## 5.2. INTERVENCIONES

Con el objetivo de rehabilitar la vivienda, nació la necesidad de estudiar y analizar diferentes intervenciones que sean aplicables a la estructura. Dicha investigación se fundamentó en la metodología y procedimiento para definir el grado de intervención del “Manual de Construcción, Evaluación y Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas de Mampostería (AIS, 2001)” y el FEMA 308 (1999), “Repair of Earthquake Damaged Concrete and, Masonry Wall Buildings”, los cuales tiene como propósito orientar y ayudar a definir qué tipo de intervenciones son necesarias y recomendadas para rehabilitar estructuras. Siendo así, que el nivel de intervención a emplearse, depende del grado de vulnerabilidad y del nivel del daño que posee la edificación, los mismos que se evaluaron anteriormente.

Tabla 16: Tipos de Intervenciones – Rehabilitación Estructural.

TIPOS DE INTERVENCIONES PARA REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL, DE ACUERDO AL GRADO DE VULNERABILIDAD Y NIVEL DE DAÑO			
VULNERABILIDAD	NIVEL DE DAÑO	INTERVENCIÓN	
		DESCRIPCIÓN	MEDIDAS
BAJA	LEVE	Intervenciones Menores, Reparaciones Cosméticas	Pañete
			Reparación de Juntas de Mortero
			Inyección de Grietas con Epoxico
MEDIA	MODERADO	Procesos de Reconstrucción, Medidas de Reforzamiento Eventuales	Construcción de Vigas y Columnas de Confinamiento en Concreto Reforzado
			Revestimiento Estructural en Concreto Reforzado
			Confinamiento de Aberturas
			Reemplazo de Muros No Estructurales o Muros con Aberturas
			Costura de Grietas con Barras de Refuerzo
			Revestimiento Estructural Mediante Fibras Compuestas
ALTA	SEVERO	Reparaciones Estructurales, según el Tipo de Daños Observados	Inyección de Grietas
			Roturas y Estilladuras del Material
			Reemplazo de Varillas de Refuerzo
			Reemplazo de Muros
			Reparación de Elementos de Confinamiento de Concreto Reforzado
			Reemplazo de Elementos de Entrepiso y/o Cubierta de Madera

Fuente: (AIS, 2001).

Producto de esa investigación, de acuerdo a la Tabla 16, se escogió como soluciones factibles y garantizadas, a las siguientes:

- Inyección de Grietas con Epóxico.
- Construcción de una Columneta de Confinamiento en Concreto Reforzado.

- Reemplazo de Muros No Estructurales o Muros con Aberturas.
- Revestimiento Estructural en Concreto Reforzado.
- Muretes de Hormigón Armado en las Escaleras.

### 5.2.1. REPARACIÓN ESTRUCTURAL

La reparación de viviendas afectadas consiste en realizar obras con el fin de restaurar su capacidad de carga original, es así que las reparaciones estructurales cosméticas, son aquellas que mejoran la apariencia visual de la estructura. Las mismas que pueden mejorar propiedades no estructurales de los componentes, tales como la protección a la humedad, entre otros (FEMA 308, 1999). Fue de esta manera que se estudió y evaluó la siguiente acción:

#### 5.2.1.1. INYECCIÓN DE GRIETAS CON EPÓXICO.

- *Descripción*

La inyección de grietas consiste en aplicar un aglutinante de fijación estructural en una grieta con el fin de rellenarla y mejorar la adherencia entre piezas de mampostería. Se pueden usar varios tipos de materiales y métodos para la inyección de grietas dependiendo del rendimiento requerido. Para muros de mampostería reforzada, el epóxico debe ser inyectado a presión dentro de las grietas. Mientras que para muros de mampostería de piezas huecas y de concreto, el epóxico se inyecta en las grietas a muy baja presión, con la finalidad de rellenar la junta de pega (FEMA 308, 1999).



Figura 166: Inyección de Grietas con Epóxico.  
Fuente: (AIS, 2001).

- *Materiales de Reparación*
- Epóxico de baja viscosidad, Tipo I y que cumpla con los requerimientos de la norma ASTM Standard C881.

- Otros materiales, como la lechada de cemento fino y los uretanos, también pueden usarse para uniones estructurales (FEMA 308, 1999).

- *Equipos*

- Máquina de inyección a presión con boquillas intercambiables en la punta capaz de inyectar con presiones de 300 psi.
- Portado de dispositivos instalados con brocas especializadas.
- Equipo para controlar la presión y la mezcla (FEMA 308, 1999).

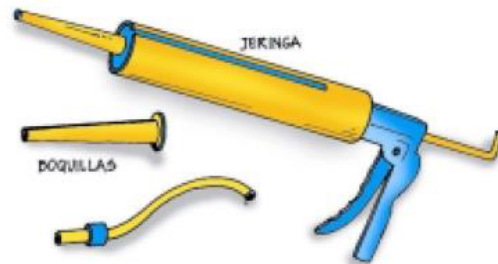


Figura 167: Equipos – Inyección de Grietas con Epóxico.  
Fuente: (AIS, 2001).

- *Ejecución*

Antes de utilizar la inyección, debe eliminarse o removerse por completo el material suelto de las grietas. Las grietas pueden ser inyectadas a través de puntos ubicados en la superficie del muro. Los puntos de inyección se encuentran localizados a lo largo de la grieta y deben espaciarse a una distancia aproximadamente igual al grosor de la pared, de acuerdo a la viscosidad del material y las recomendaciones del fabricante. Los puntos deben perforarse de tal manera que impidan que las partículas finas se queden en la grieta. Cuando se requieran reparaciones de espesor completo del muro, se recomienda sellar ambas superficies de la pared a lo largo de la grieta. Cuando la inyección de epóxico es para fines cosméticos, la grieta se sella solo en el lado de la inyección (AIS, 2001).

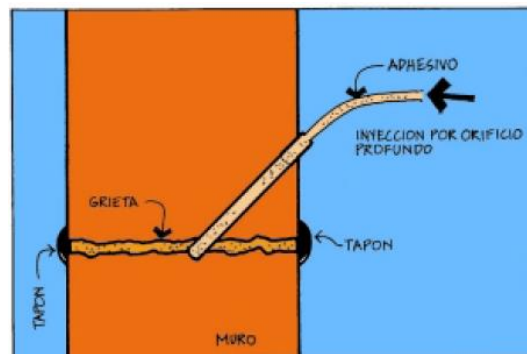


Figura 168: Ejecución – Inyección de Grietas con Epóxico.  
Fuente: (AIS, 2001).

Antes de inyectar, el epóxico debe bombearse hasta que la mezcla del material este completamente uniforme. Las grietas son inyectadas comenzando en la

parte inferior de las grietas verticales y diagonales, cambiando al siguiente punto a medida que el epóxico aparece en dicha posición (AIS, 2001).

Se pueden utilizar sistemas de inyección múltiples, para bombear simultáneamente en diferentes puntos. Los puntos previamente inyectados deben sellarse, una vez terminado el proceso. Si es necesario, puede limpiarse la superficie suavemente para eliminar el exceso de producto, después que el epóxico se haya curado (FEMA 308, 1999).

- *Control de Calidad*

Es necesario contar con personal capacitado que tenga experiencia en inyección de grietas. El equipo de mezcla debe ser evaluado antes de comenzar el trabajo para verificar el funcionamiento correcto. Las muestras deben prepararse y ensayarse para determinar la consistencia del epóxico y la adherencia con la mampostería existente. Las proporciones de mezcla deben constatarse, al menos dos veces al día durante el trabajo de aplicación del epóxico, para asegurar que se encuentra dentro de las tolerancias del fabricante. Las pruebas de mezcla deben efectuarse con las presiones a las que se va a realizar el trabajo (AIS, 2001).

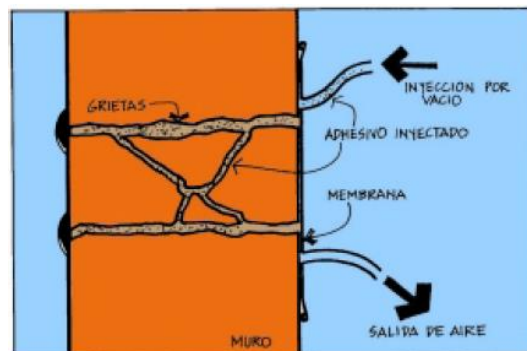


Figura 169: Control de Calidad – Inyección de Grietas con Epóxico.  
Fuente: (AIS, 2001).

La efectividad de la inyección de grietas puede ser verificada por varios métodos alternativos. Sin embargo, estos métodos solo prueban la penetración del epóxico en las grietas y no verifican la adecuada unión del epóxico con la mampostería existente (AIS, 2001).

En algunas ocasiones, se pueden extraer núcleos que atraviesan las grietas después de la inyección para comprobar visualmente que el epóxico haya penetrado en las grietas. Por lo general, se especifican extracciones de núcleo

de 5 cm de diámetro. El espaciamiento entre los núcleos debe estar entre 15 y 30 m. Además, se pueden usar métodos de evaluación no destructivos para verificar la efectividad de la penetración del epóxico (FEMA 308, 1999).

- *Limitaciones*

La humedad en la superficie de la grieta puede reducir la adherencia del epóxico entre las caras de la grieta. Si la grieta contiene contaminantes, debe limpiarse para eliminar tanto los contaminantes como cualquier humedad que reduzca la adherencia. Usar un epóxico de baja viscosidad no será efectivo para anchos de grietas mayores a 0,30 cm. Para anchos superiores a 0,30 cm, se debe usar un epóxico de viscosidad media. En el caso de grietas superiores a 0,60 cm, se deben usar pastas o geles epoxídicos. Para las grietas que son más anchas en la superficie, se puede aplicar una pasta epóxica en la superficie y una resina epóxica de baja viscosidad inyectada en la parte interna de la grieta (AIS, 2001).

Las inyecciones epóxicas también pueden restablecer la adherencia de las barras de refuerzo. Para conseguir una buena adherencia, el epóxico debe penetrar a lo largo de la superficie de la varilla de refuerzo y bordearla completamente (FEMA 308, 1999).

El operador debe estar atento a la cantidad de epóxico que se inyecta, relacionando los espacios vacíos y la distancia entre los puntos de inyección. Es necesario calcular previamente una cantidad teórica de epóxico a inyectar. La inyección debe detenerse si la cantidad requerida excede el 50% más que la cantidad calculada. Lo cual resulta importante cuando se inyectan muros de mampostería con piezas huecas que pueden contener grandes vacíos. Cantidades excesivas de epóxico, pueden indicar que se está filtrando a través de una grieta, junta o celdas huecas de mampostería. Si los puntos de inyección se encuentran demasiado separados, el epóxico puede endurecerse antes de

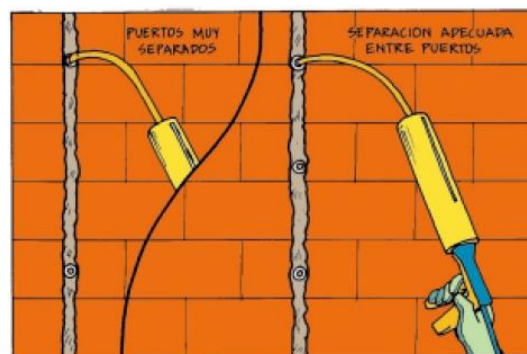


Figura 170: Limitaciones – Inyección de Grietas con Epóxico.  
Fuente: (AIS, 2001).

llegar al punto adyacente. Por el contrario, si los puntos están poco espaciados, es posible que el epóxico no alcance el espesor total de la pared antes de brotar fuera del punto adyacente. Es por eso que el operador a cargo de la intervención debe optimizar el espacio entre puntos de inyección (FEMA 308, 1999).

- *Aplicaciones*

Esta intervención estructural cosmética debe ser aplicada en toda la vivienda, siguiendo las especificaciones mencionadas anteriormente, especialmente en aquellas zonas donde se pudo observar grietas importantes e influyentes, garantizando así una reparación apropiada y segura (AIS, 2001).

## **5.2.2. REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL**

La reparación de viviendas puede ir acompañada de un reforzamiento, es así que los reforzamientos estructurales se realizan directamente en función de los daños que presente la edificación y no dependen en general del grado de vulnerabilidad de la misma. Mediante la aplicación de estas reparaciones se busca mejorar considerablemente las propiedades estructurales y el desempeño en conjunto de la edificación (FEMA 308, 1999). Las técnicas de reforzamiento estructural que se estudiaron y evaluaron fueron las siguientes:

### **5.2.2.1. CONSTRUCCIÓN DE UNA COLUMNETA DE CONFINAMIENTO EN CONCRETO REFORZADO (FACHADA FRONTAL – EJE1)**

- *Descripción*

En este tipo de reforzamiento estructural, se plantea la construcción de elementos en concreto reforzado, como vigas y/o columnas de confinamiento, las cuales van empotradas en la estructura. Otorgándole a la edificación una mejora, que aportara al sistema resistente estructural (AIS, 2001).

- *Materiales de Reparación*

- Cemento, agregados y agua.

- Varillas de Refuerzo
- Adhesivo epóxico para el anclaje de barras corrugadas y pernos roscados en concreto, piedra, bloques, entre otros. De acuerdo a las especificaciones de las normas ASTM D1875, IAPMO/ICC-ES, y el ANSI/NSF estándar 61.

- *Equipos*

- Martillos y Cinceles.
- Taladro Roto-percutor y Broca adecuada.
- Equipos para mezclar y colocar hormigón, lechada o mortero (Concreteira).
- Máquina de inyección a presión con boquillas intercambiables en la punta capaz de inyectar con presiones de 300 psi.

- *Ejecución*

Antes de utilizar la inyección epóxica, es necesario eliminar o remover por completo el área de mampostería o pared, donde se va a implantar la columna. Una vez eliminada, se proceden a realizar diferentes perforaciones con una profundidad mínima de 30 cm, que servirá de anclaje para las varillas longitudinales de la columna. Terminadas las perforaciones, es necesario limpiar los orificios con cepillos de cerdas o aire a presión, para eliminar partículas pequeñas que afecten el desempeño del adhesivo epóxico. Antes de inyectar, el epóxico debe bombearse hasta que la mezcla del material este completamente uniforme. Se introduce la boquilla hasta el fondo de la perforación y se inyecta el adhesivo hasta llenar 3/4 de la misma. Las barras a anclar se limpian e introducen girando lentamente hasta que estas toquen el fondo de la perforación, de tal manera que el epóxico se desplace a la superficie. Una vez fraguado el adhesivo, se pasa a armar la columna, encofrarla y fundirla adecuadamente. Continuando con el proceso estándar de construcción de columnas.

- *Control de Calidad*

Tanto el epóxico, concreto y acero estructural deben cumplir con los requerimientos mínimos de calidad y desempeño, establecidos en las diferentes normas internacionales, tales como el ASTM, ACI, entre otros.



### 5.2.2.2. REEMPLAZO DE MUROS NO ESTRUCTURALES O MUROS CON ABERTURAS.

- *Descripción*

El reemplazo de la mampostería o pared requiere la remoción y colocación de una nueva pared. La eliminación de la pared existente debe realizarse con cuidado para que las barras de refuerzo existentes, si están presentes, puedan empalmarse y lograr continuidad con el nuevo refuerzo. La construcción del nuevo muro debe ser lo más similar posible con la construcción del muro existente (AIS, 2001).

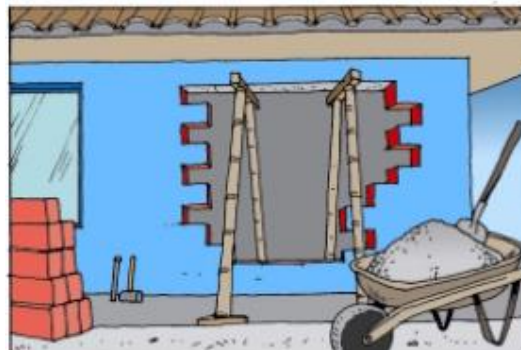


Figura 172: Descripción – Reemplazo de Muros.

Fuente: (AIS, 2001).

- *Materiales de Reparación*

- En muros de reemplazo de concreto, la resistencia del concreto debe ser de al menos 3000 psi.
- Para muros de mampostería reforzada, se deben especificar unidades abiertas. Esto permitirá una instalación más fácil dentro de la estructura existente. Las unidades de mampostería, mortero y lechada utilizados deben cumplir con los requisitos de ACI530 / ASCE6 (AIS, 2001).

- *Equipos*

El equipo utilizado dependerá de la construcción de la pared existente y de los métodos utilizados para instalar la nueva pared. A continuación, se detallan algunos equipos que generalmente son necesarios para retirar y reemplazar paredes:

- Cinceles y Macetas para remoción de paredes.

- Cinceles delgados para preparar la superficie de la estructura restante.
- Equipo para mezclar y colocar el concreto, lechada o mortero.
- Seguetas para cortar el acero de refuerzo del muro a retirar (AIS, 2001).

- *Ejecución*

Si la mampostería existente es una pared que soporta carga, se deben instalar apuntalamientos adyacentes a la pared para soportar las cargas gravitacionales mientras se retira la pared afectada (AIS, 2001).



Figura 173: Ejecución – Reemplazo de Muros.

Fuente: (AIS, 2001).

La pared existente se retira con cuidado utilizando sierras y herramientas de astillado. Alrededor del perímetro de la

abertura, se debe tener cuidado para evitar dañar las porciones restantes de la estructura y evitar dañar las barras de refuerzo, si están presentes (AIS, 2001).

La superficie de la estructura circundante debe estar preparada para el nuevo material. Para concreto y mampostería reforzada, la superficie de la estructura debe ser rugosa a una amplitud de 6 mm (AIS, 2001).

Si se requieren nuevas barras de refuerzo para ser unidas a la estructura existente, estas barras deben anclarse a la estructura existente colocándolas dentro de perforaciones con resina epóxica. La profundidad de la perforación debe ser suficiente para desarrollar la resistencia de la barra. Se debe consultar al fabricante del epóxico para determinar la profundidad adecuada de empotramiento de la barra y las instrucciones para instalar (AIS, 2001).

El nuevo concreto se puede colocar formando la pared o aplicando hormigón proyectado. Los materiales cementosos en la nueva pared experimentan contracción por secado. Como la estructura antigua no se contrae, la contracción causará la formación de una grieta, generalmente a lo largo de los puntos de

contacto entre la nueva y antigua estructura. Después de ocurrida buena parte de la contracción por secado, generalmente después de dos a cuatro meses, la grieta debe llenarse con epóxico (AIS, 2001).

- *Control de Calidad*

El contratista debe presentar el diseño de la mezcla para el concreto, lechada o mortero y revisarlo antes de su uso. Se deben realizar extracciones de núcleos de cada lote de concreto utilizado. Los núcleos deben ser ensayados de acuerdo con la especificación ASTM C39. De igual manera, las unidades de albañilería deben ser ensayadas de acuerdo con los estándares apropiados a los que se hace referencia en ACI 530 / ASCE 6-92. Las unidades de mampostería de concreto deben ser ensayadas de acuerdo a los estándares ASTM C140. En el caso de los ladrillos deben ser evaluados de acuerdo a la normativa ASTM C 67 (AIS, 2001).

El diseño y anclaje del acero de refuerzo deben ser inspeccionados antes de colocar el concreto o instalar las unidades de mampostería (AIS, 2001).

- *Limitaciones*

Si la pared a ser reemplazada fue construida con mampostería no reforzada, no debe ser reemplazada con una del mismo tipo. En este caso la vivienda o el elemento debe ser reforzado. Si la construcción de la nueva pared es diferente de la pared anterior, la resistencia y el comportamiento de rigidez se verá afectado negativamente en el rendimiento de la edificación (AIS, 2001).



Figura 174: Limitaciones – Reemplazo de Muros.

Fuente: (AIS, 2001).

Las grietas por contracción que se desarrollan en la parte superior de la pared, si no se rellenan con epóxico o lechada, producirán una unión debilitada. Esta

articulación debilitada puede causar que el modo de comportamiento de la pared sea diferente al de la pared original (AIS, 2001).

- *Aplicaciones*

El reemplazo de mampostería severamente afectada, es una intervención de reforzamiento estructural que debe ser aplicada en varias partes de la vivienda, siguiendo las especificaciones mencionadas anteriormente, especialmente en aquellas paredes que tienen aberturas por puertas o ventanas, es necesario colocar escalerillas de acero de refuerzo, con varillas de 4 o 5 mm, tanto en dinteles como en antepechos, garantizando así una reparación apropiada y segura (AIS, 2001).

### 5.2.2.3. REVESTIMIENTO ESTRUCTURAL EN CONCRETO REFORZADO

- *Descripción*

El revestimiento de concreto reforzado se aplica de forma neumática (hormigón proyectado o lanzado) o mediante capas moldeadas in situ sobre una o ambas superficies de la pared. El concreto se refuerza y se une o sujeta a la estructura existente para permitir que el concreto proporcione una fuerza adicional a la pared y se genere un comportamiento monolítico entre el muro existente y el revestimiento en concreto reforzado. En la práctica, se utilizan dos procesos diferentes para el hormigón proyectado: mezcla húmeda y mezcla seca. En el proceso de mezcla en húmedo, todos los ingredientes son premezclados y la mezcla húmeda se envía a la boquilla donde se dispara hacia la superficie. Mientras que, en el proceso de mezcla en seco, el cemento seco y el agregado se envían a la boquilla, donde se mezclan con agua mientras salen disparados de la boquilla hacia la superficie (AIS, 2001).



Figura 175: Descripción – Revestimiento Estructural.

Fuente: (AIS, 2001).

- *Materiales de Reparación*

- Cemento, agregados y agua.
- Varillas de Refuerzo
- Mallas Electrosoldadas
- Adhesivo epóxico para el anclaje de barras corrugadas y pernos roscados en concreto, piedra, bloques, entre otros. De acuerdo a las especificaciones de las normas ASTM D1875, IAPMO/ICC-ES, AC308 ESR y el ANSI/NSF estándar 61.



Figura 176: Materiales – Revestimiento Estructural.

Fuente: (AIS, 2001).

- Adhesivo epóxico para la unión de hormigón o mortero fresco con hormigón o mortero endurecido, piedra, acero, fibrocemento y madera. Que cumpla con las especificaciones de la norma ASTM Standard C881-78, Tipo II, Grado 2 (AIS, 2001).

- *Equipos*

- Cinceles y Macetas.
- Taladro Roto-percutor y Broca adecuada.
- Equipos para mezclar y colocar hormigón, lechada o mortero (Concretera).
- Bomba o pistola, compresor, mangueras y boquillas.
- Máquina de inyección a presión con boquillas intercambiables en la punta capaz de inyectar con presiones de 300 psi (AIS, 2001).

- *Ejecución*

La superficie de la pared existente debe ser preparada retirando el material suelto o dañado. La superficie debe estar astillada o escarificada para evitar cambios abruptos en la dimensión. El acero de refuerzo se instala y ancla de manera segura en las losas existentes por encima y por debajo, al igual que lateralmente en las columnas que conforman pórticos, mediante pasadores de aproximadamente 60 cm de longitud, los cuales, mínimo 15 cm se encuentran

instalados con epóxico en los elementos de soporte y los restantes 45 cm sirven para sujetar la malla electrosoldada, a lo largo de la mampostería (AIS, 2001).

Antes de aplicar el hormigón proyectado, la superficie de la pared existente debe pre-humedecerse para que el contenido de humedad del hormigón proyectado no sea absorbido por la pared existente y en el caso de que se coloque encima de hormigón o mortero, es necesario aplicar un adhesivo epóxico, para unir hormigón viejo con nuevo. Las formas o varillas guía se instalan para proporcionar control



Figura 177: Ejecución – Revestimiento Estructural.

Fuente: (AIS, 2001).

de alineación para la aplicación, el acabado y la verificación de que el recubrimiento sea suficiente para el acero de refuerzo. El operador de boquillas debe dirigir el hormigón lanzado desde la boquilla a la superficie con un flujo constante e ininterrumpido, en dirección perpendicular a la superficie de la pared para reducir el rebote. Sin embargo, es necesario variar ligeramente el ángulo de la boquilla cuando el hormigón proyectado se dirige alrededor del acero de refuerzo para evitar sombras detrás de las barras y lograr una perfecta aplicación. El hormigón proyectado debe aplicarse en varias capas que comienzan en la base de la pared, aumentando ligeramente el espesor más allá de los aceros de refuerzo (AIS, 2001).

Terminada la aplicación, el hormigón proyectado se debe curar en húmedo durante al menos un día y preferiblemente en siete días (AIS, 2001).

- *Control de Calidad*

La calidad de la aplicación del hormigón proyectado depende en gran medida de la habilidad del operador y la experiencia que posea en aplicaciones similares (AIS, 2001).

El contratista debe elaborar y enviar para su revisión, el diseño de la mezcla para el hormigón proyectado. Deben prepararse pequeños paneles de prueba de

acuerdo a la norma ASTM C1140 “Práctica Estándar para Preparar y Analizar Muestras de los Paneles de Prueba de Hormigón Proyectado” (ASTM, 1997). De tal manera que deben prepararse pequeños paneles de ensayo al comienzo de cada día y al comienzo de cada lote de hormigón proyectado. Los paneles de muestra deben curarse de la misma manera que las paredes. Las tomas de muestras de núcleos o cubos deben ser realizadas en cada panel y ser sometidas a ensayos para verificar la resistencia a la compresión y la calidad del hormigón (AIS, 2001).

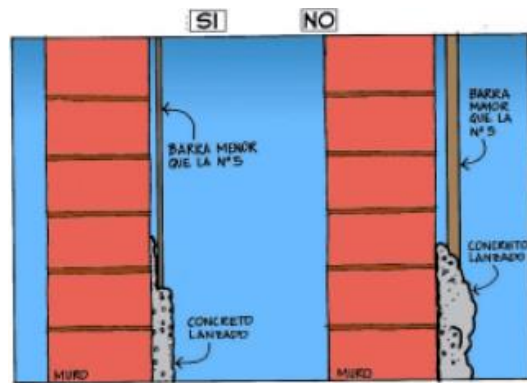


Figura 178: Control de Calidad – Revestimiento Estructural.  
Fuente: (AIS, 2001).

Es necesario inspeccionar continuamente la aplicación de hormigón proyectado, verificando que los materiales, la colocación, el acabado y el curado se realicen de acuerdo con las especificaciones (AIS, 2001).

- *Limitaciones*

La cantidad de acero de refuerzo en la pared del hormigón proyectado se debe mantener al mínimo. Esto se puede lograr mediante el uso de barras pequeñas, barras escalonadas cuando se requiere más de una capa de refuerzo y el uso de empalmes mecánicos en lugar de empalmes por solapamiento. El colocar refuerzo excesivo evita que el hormigón proyectado se coloque completamente detrás del acero de refuerzo (AIS, 2001).

El hormigón proyectado se adhiere bien a las superficies de concreto y mampostería que se encuentren limpias. No se recomienda el uso de agentes adhesivos (AIS, 2001).

El proceso de mezcla en seco es capaz de producir una mayor resistencia a la compresión, puede transportarse a distancias más largas y produce un material que generalmente tiene menos contracción. El proceso de mezcla en húmedo

requiere menos habilidad del operador de la boquilla para mezclar uniformemente el agua con el cemento y el agregado, siendo capaz de producir más mezcla. La elección de qué proceso utilizar depende de las capacidades y la experiencia del contratista (AIS, 2001).

Las varillas de refuerzo que generalmente se utilizan no deben ser más grandes que las N° 5. Sin embargo, si se requieren tamaños de varillas más grandes, el contratista debe realizar ensayos de prueba para demostrar que el concreto lanzado se puede colocar efectivamente alrededor de las barras de refuerzo. Además, se recomienda realizar una inspección total a tiempo completo de la operación del hormigón proyectado (AIS, 2001).

- *Aplicaciones*

El revestimiento estructural en concreto reforzado, es una intervención de reforzamiento estructural que debe ser aplicada en toda la vivienda en análisis, siguiendo las especificaciones mencionadas anteriormente, especialmente en aquellas zonas donde se pudo visualizar daños importantes e influyentes y en lugares en los cuales se evidencio excesivos esfuerzos, resultado de las modelaciones estructurales, garantizando de esta manera una reparación apropiada y segura (AIS, 2001).

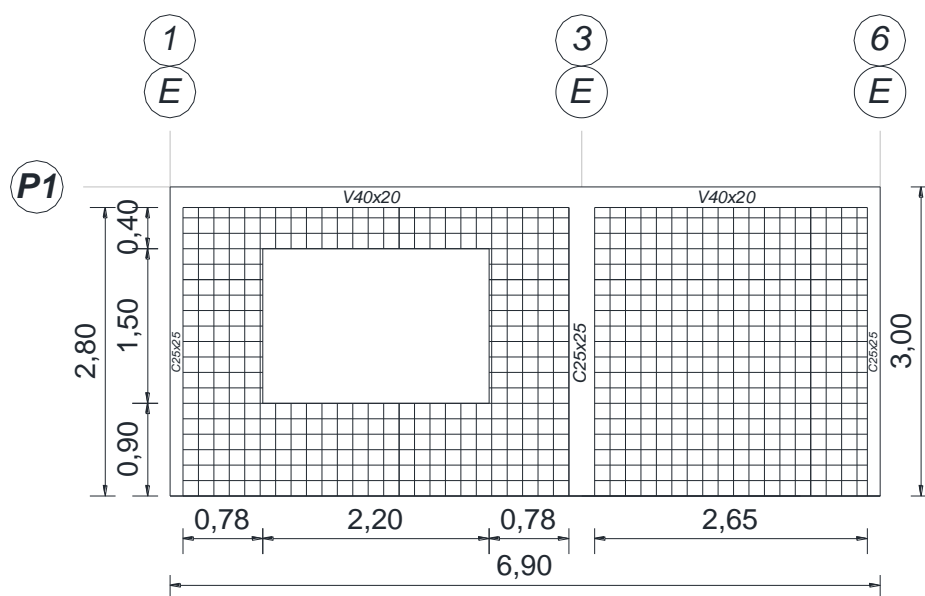


Figura 179: Mampostería Contrachapada – Reforzamiento Estructural.

#### 5.2.2.4. MURETES DE HORMIGÓN ARMADO EN LAS ESCALERAS

- *Descripción*

La implementación de muretes de hormigón armado en las escaleras, es un tipo de reforzamiento estructural, el cual plantea la construcción de un muro estructural, con acero de refuerzo a nivel de contra piso, en el cual las varillas de refuerzo van empotradas con adhesivo epóxico. Proporcionándole a la edificación una mejora y restauración de la escalera, que aportara al sistema resistente estructural.

- *Materiales de Reparación*

- Cemento, agregados y agua.
- Varillas de Refuerzo
- Mallas Electrosoldadas
- Adhesivo epóxico para el anclaje de barras corrugadas y pernos roscados en concreto, piedra, bloques, entre otros. De acuerdo a las especificaciones de las normas ASTM D1875, IAPMO/ICC-ES, AC308 ESR y el ANSI/NSF estándar 61.
- Adhesivo epóxico para la unión de hormigón o mortero fresco con hormigón o mortero endurecido, piedra, acero, fibrocemento y madera. Que cumpla con las especificaciones de la norma ASTM Standard C881-78, Tipo II, Grado 2 (AIS, 2001).

- *Equipos*

- Cinceles y Macetas.
- Taladro Roto-percutor y Broca adecuada.
- Equipos para mezclar y colocar hormigón, lechada o mortero (Concreteira).
- Bomba o pistola, compresor, mangueras y boquillas.
- Máquina de inyección a presión con boquillas intercambiables en la punta capaz de inyectar con presiones de 300 psi.

- *Ejecución*

Antes de utilizar la inyección epóxica, es necesario escarificar o picar por completo el área de contacto del elemento en el contrapiso, donde se va a implantar el murete de hormigón armado. Una vez picado, se proceden a realizar diferentes perforaciones con una profundidad mínima de 30 cm, que servirá de anclaje para las varillas longitudinales en el entrepiso. Adicional se deben realizar otras perforaciones con una profundidad mínima de 20 cm, las cuales deben anclarse las varillas longitudinales en las escaleras de hormigón armado. Terminadas las perforaciones, es necesario limpiar los orificios con cepillos de cerdas o aire a presión, para eliminar partículas pequeñas que afecten el desempeño del adhesivo epóxico. Antes de inyectar, el epóxico debe bombearse hasta que la mezcla del material este completamente uniforme. Se introduce la boquilla hasta el fondo de la perforación y se inyecta el adhesivo hasta llenar 3/4 de la misma. Las barras a anclar se limpian e introducen girando lentamente hasta que estas toquen el fondo de la perforación, de tal manera que el epóxico se desplace a la superficie. Una vez fraguado el adhesivo, se procede a armar el murete con malla electrosoldada, encofrarla y fundirla adecuadamente. Continuando con el proceso estándar de construcción de muretes.

- *Control de Calidad*

Tanto el epóxico, concreto y acero estructural deben cumplir con los requerimientos mínimos de calidad y desempeño, establecidos en las diferentes normas internacionales, tales como el ASTM, ACI, entre otros.

- *Aplicaciones*

La construcción de muretes de hormigón armado en las escaleras, es una intervención de reforzamiento estructural que debe ser aplicada en la escalera de la vivienda en estudio, siguiendo las especificaciones mencionadas anteriormente, especialmente en aquellas zonas donde se produjeron significativos desplazamientos y daños importantes, garantizando de esta manera una reparación apropiada y segura.

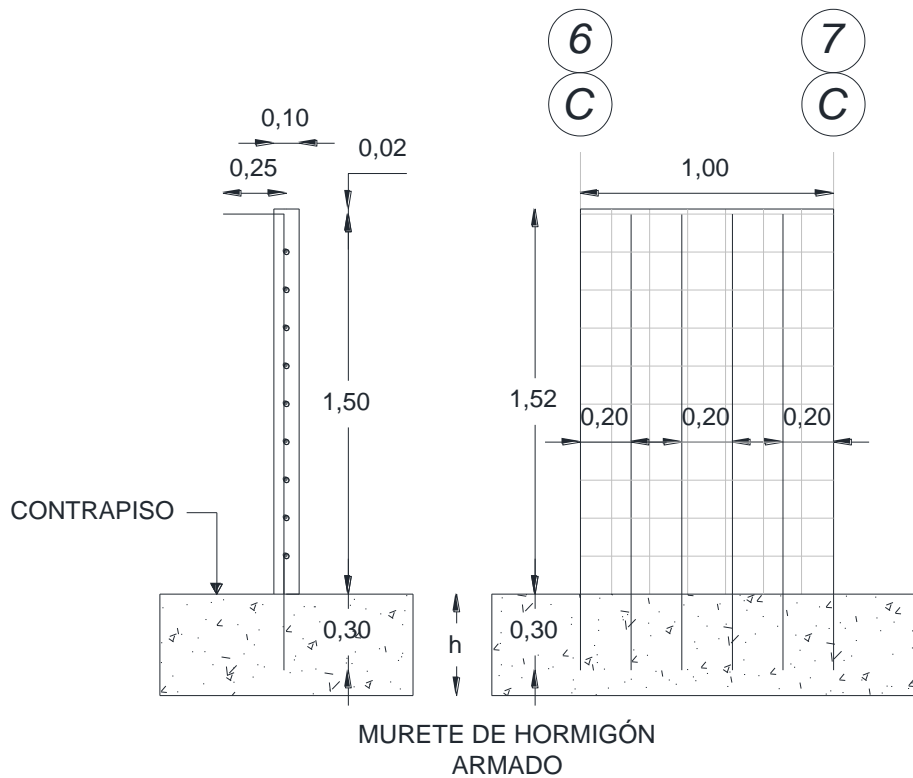


Figura 180: Murete de Hormigón Armado – Reforzamiento Estructural.

### 5.3. MODELACIÓN ESTRUCTURAL N°3

La tercera modelación estructural que se realizó de la vivienda del Sr. Walter Santos, fue desarrollada tomando como punto de partida la segunda modelación, la misma que tuvo como objetivo considerar las diferentes intervenciones de reforzamiento estructural y las readequaciones de la geometría estructural de la edificación. Dicha modelación se desarrolló de manera más minuciosa y detallada, en la que se consideró la ubicación, dimensiones y características modificadas de las mamposterías contrachapadas a ser intervenidas como medida de rehabilitación estructural. Al igual que la construcción de la columneta de confinamiento como medida de soporte a la mampostería de la fachada frontal y aporte al sistema estructural. Además de la colaboración que generó sobre los elementos estructurales (columnas, vigas y losa), a los que se les aplicaron los diferentes estados de carga presentes en la vivienda de estudio.

Como requerimientos de la simulación, se estableció un espesor de hormigón armado equivalente al espesor de mampostería provisto en la estructura. Una

vez terminada la modelación de la edificación, se analizaron los esfuerzos de los diferentes elementos, además de las derivas de entrepiso, cuidando que no sean excesivas y afecten sus propiedades mecánicas. Y por último se realizó un análisis y evaluación del desempeño de las intervenciones planteadas para rehabilitación de la vivienda.

### 5.3.1. MAMPOSTERÍA REFORZADA - MAMPOSTERÍA

Como requerimiento de la tercera modelación estructural de la vivienda, se determinó un espesor de hormigón armado equivalente al espesor de mampostería provisto en la estructura, con el objeto de simplificar y facilitar la modelación en el programa ETABS 2016.

Dicho espesor equivalente de hormigón armado, mantiene relación directa entre los diferentes módulos de elasticidad de los materiales utilizados y el espesor real de la mampostería colocada en la vivienda, de tal manera que se realizó el cálculo del espesor de la mampostería reforzada, analizada de la siguiente manera:

#### 5.3.1.1. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

A continuación, se detallan los materiales que se utilizaron en la modelación estructural de la vivienda, con sus respectivos espesores y módulos de elasticidad.

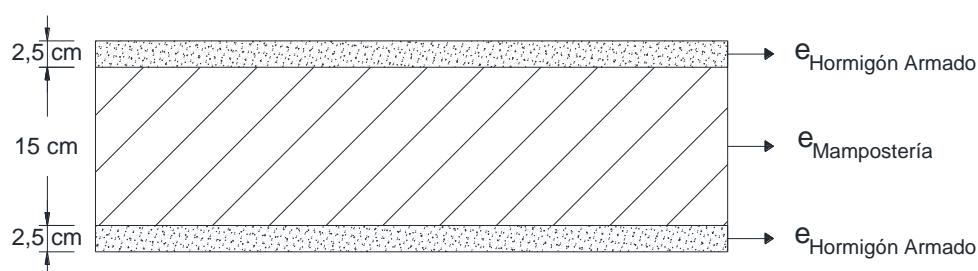


Figura 181: Sección Mampostería Reforzada – Modelación ETABS 2016.

- Mampostería  $f'm = 25 \text{ kg/cm}^2$

$$f'm = 25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$E_{\text{Mampostería}} = 10\,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$e_{\text{Mampostería}} = 15 \text{ cm}$$

- Hormigón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$$f'c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$E_{\text{Hormigón}} = 204\,328,412 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

### 5.3.1.2. MAMPOSTERÍA CONTRACHAPADA

El espesor de hormigón armado equivalente al espesor de mampostería correspondiente a la intervención de mampostería contrachapada, parte de la tercera modelación estructural se calculó de la siguiente manera:

#### Espesor Equivalente – Mampostería

$$E_{\text{Mampostería}} * e_{\text{Mampostería}} = E_{\text{Hormigón Equivalente}} * e_{\text{Hormigón Equivalente}}$$

$$e_{\text{Hormigón Equivalente}} = \frac{E_{\text{Mampostería}} * e_{\text{Mampostería}}}{E_{\text{Hormigón Equivalente}}}$$

$$e_{\text{Hormigón Equivalente}} = \frac{10\,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 15 \text{ cm}}{204\,328,412 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$e_{\text{Hormigón Equivalente}} = 0,734 \text{ cm}$$

### Espesor Total – Mampostería Reforzada

$$e_{\text{Hormigón Armado TOTAL}} = e_{\text{Hormigón Armado}} + e_{\text{Hormigón Equivalente}} + e_{\text{Hormigón Armado}}$$

$$e_{\text{Hormigón Armado TOTAL}} = 2,5 \text{ cm} + 0,734 \text{ cm} + 2,5 \text{ cm}$$

$$e_{\text{Hormigón Armado TOTAL}} = 5,734 \text{ cm}$$

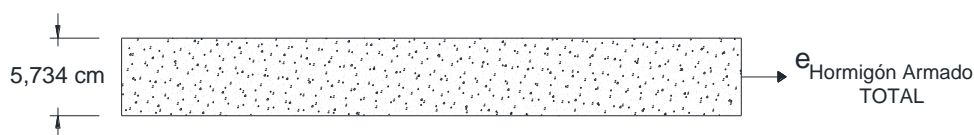


Figura 182: Espesor Equivalente Mampostería Reforzada – Modelación ETABS 2016.

#### **5.3.1.3. INTERVENCIONES Y READECUACIONES ESTRUCTURALES**

Como intervenciones y readecuaciones estructurales se plantearon diferentes opciones con la única finalidad de rehabilitar la vivienda del Sr. Walter Santos. Luego de haber analizado, evaluado y estudiado cada una de ellas, se optaron por las intervenciones estructurales cosméticas, reforzamientos estructurales mencionados anteriormente y las readecuaciones o redistribuciones de la geometría estructural de la vivienda. Fue así que tales cambios se implementaron en la tercera modelación estructural, con el propósito de observar y analizar el comportamiento de la estructura una vez que se aplicaron las mejoras en la simulación.

#### ASPECTOS RELEVANTES – CONDICIONES DE LA ESTRUCTURA

- Existencia de un tanque elevado de hormigón armado en la parte superior de la fachada posterior de la estructura.
- Presencia de mampostería curva en el área de la cocina y en las escaleras.
- En la fachada frontal de la vivienda no existe ningún tipo de columna de confinamiento que aporte a la mampostería.
- Presencia de escaleras estructurales de hormigón armado que conectan el primero con el segundo piso.

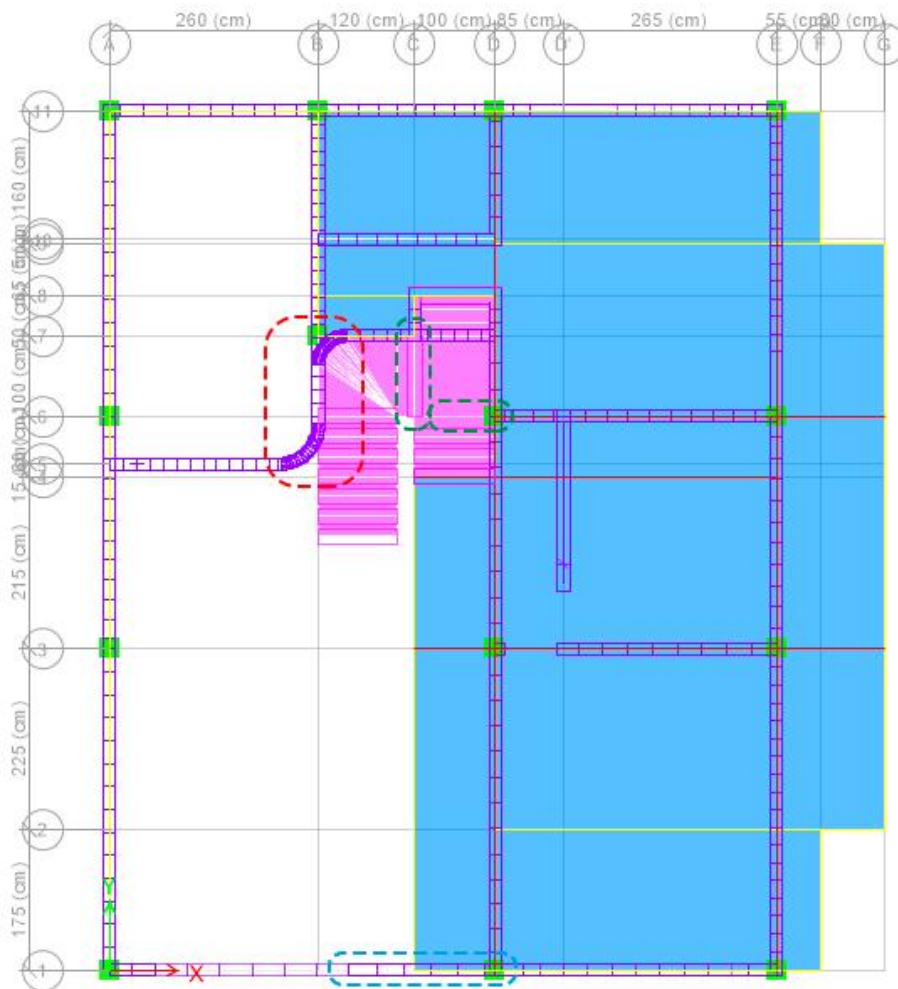


Figura 183: Esquema Estructural en Planta – Modelación N°2 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

### ASPECTOS RELEVANTES – MODIFICACIONES EN LA ESTRUCTURA

- Remover por completo el tanque elevado de hormigón armado, que se encuentra ubicado en la parte superior de la fachada posterior de la vivienda, con el propósito de reducir la masa de la estructura y por lo tanto la magnitud de las fuerzas laterales. Sin embargo, debido a la importancia del uso de agua, se recomienda construir el tanque sobre una estructura independiente a la vivienda.
- Reemplazo de la mampostería curva, por mampostería reforzada de manera lineal empleando conceptos ortogonales en el área de la cocina y en las escaleras.
- Construcción de una columna de confinamiento en la fachada frontal de la vivienda (Eje 1 – B'), que aporte a la mampostería y al sistema resistente estructural.

- Construcción de muretes de hormigón armado en las escaleras de la edificación (Ejes – 6 y C), de tal manera que refuerce y aporte al sistema resistente estructural de vivienda.

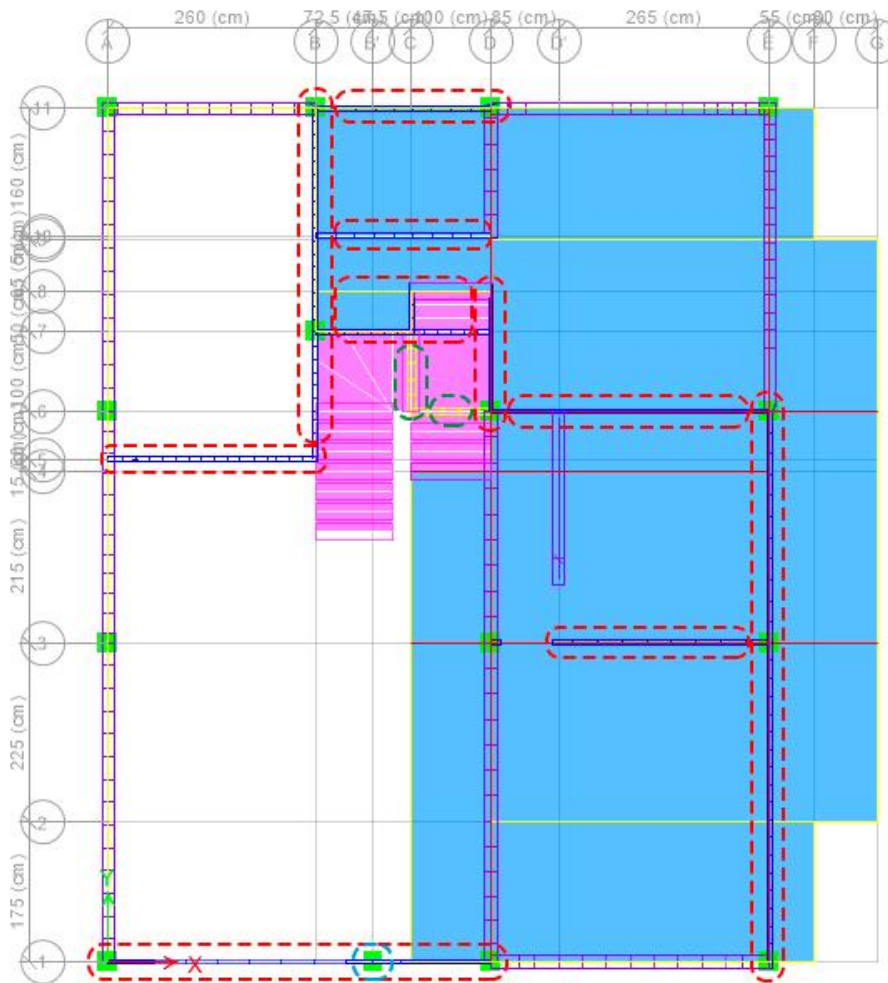


Figura 184: Esquema Estructural en Planta – Modelación N°3 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

#### 5.3.1.4. DERIVAS DE PISO

El análisis y cálculo de las derivas de piso para esta tercera modelación se realizó considerando las reparaciones estructurales cosméticas, intervenciones de reforzamiento estructural y las readecuaciones de la geometría de la edificación. En la cual se evidenció el aporte de las mamposterías o paredes contrachapadas y la contribución de la columna de confinamiento, en el sistema resistente estructural, dando los siguientes resultados:

- *Deriva Máxima – Sismo X*

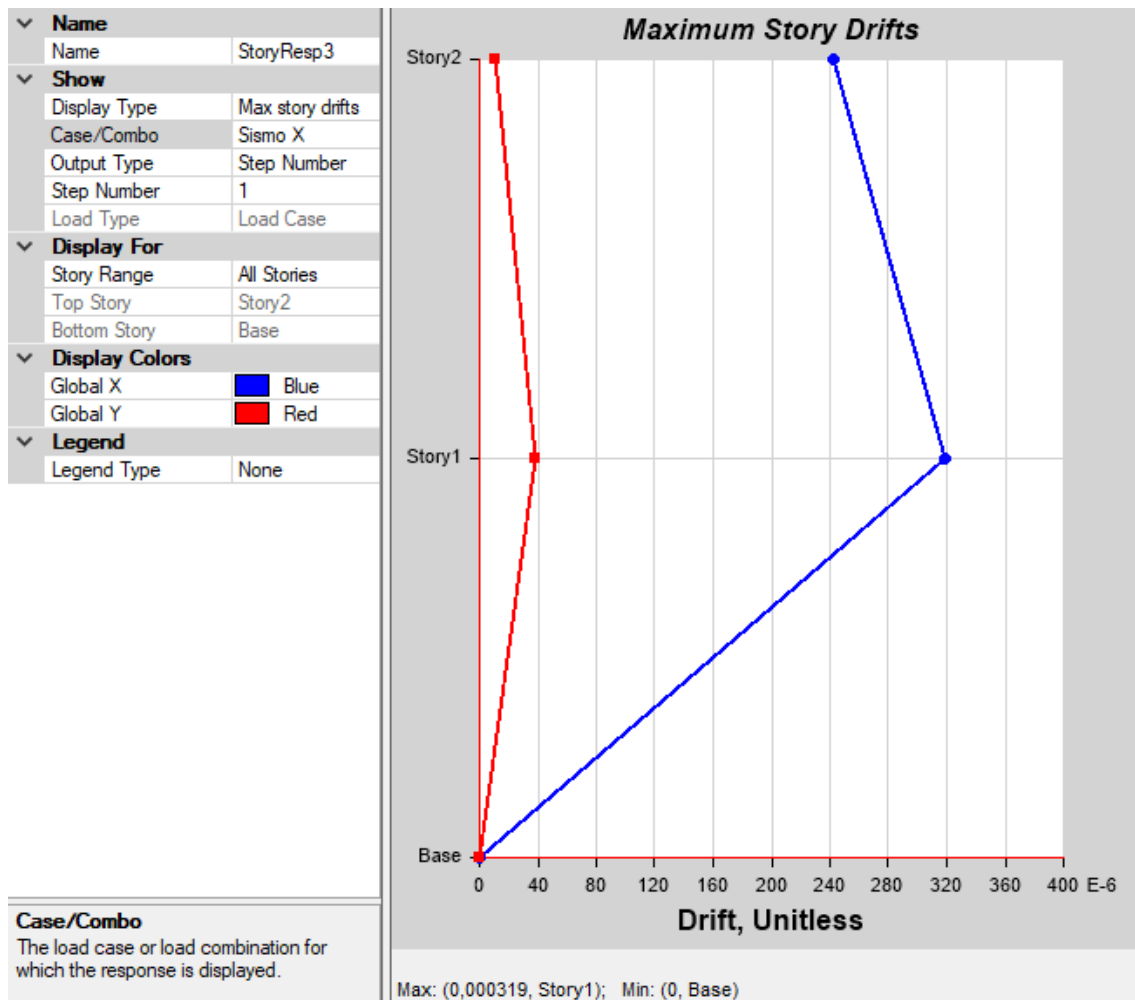


Figura 185: Derivas Máximas Sismo X – Modelación N°3 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

$$\Delta_E = 0,000319 \quad \text{Máxima Deriva de Piso – Sismo X}$$

$$R = 3 \quad \text{Hormigón Armado, Limitado a Viviendas}$$

$$\Delta_M = 0,75 * R * \Delta_E$$

$$\Delta_M = 0,75 * 3 * 0,000319$$

$$\Delta_M < \Delta_{Mmax}$$

$$\Delta_M = 0,000718 < 0,02$$

OK – CUMPLE

- *Deriva Máxima – Sismo Y*

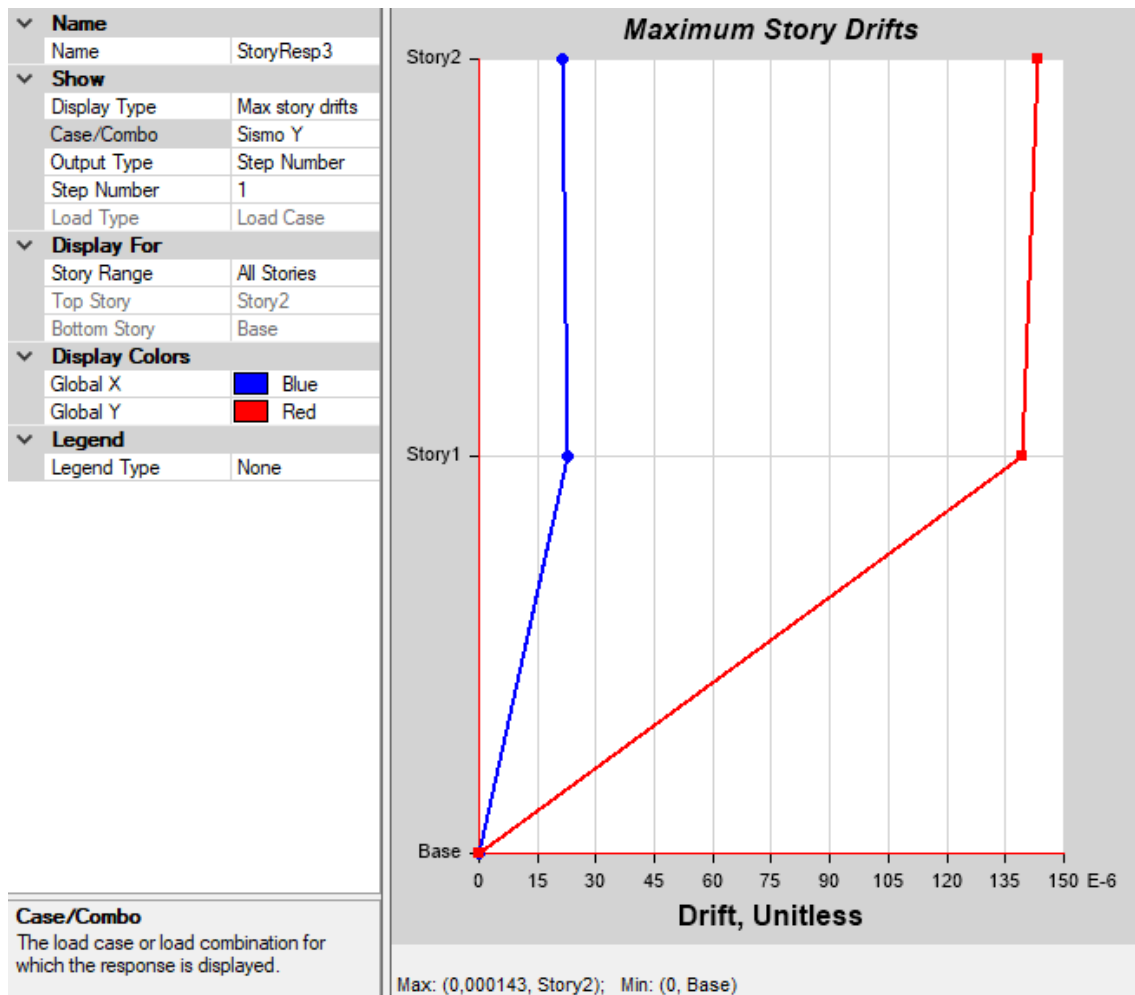


Figura 186: Derivas Máximas Sismo Y – Modelación N°3 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

$$\Delta_E = 0,000143 \quad \text{Máxima Deriva de Piso – Sismo Y}$$

$$R = 3 \quad \text{Hormigón Armado, Limitado a Viviendas}$$

$$\Delta_M = 0,75 * R * \Delta_E$$

$$\Delta_M = 0,75 * 3 * 0,000143$$

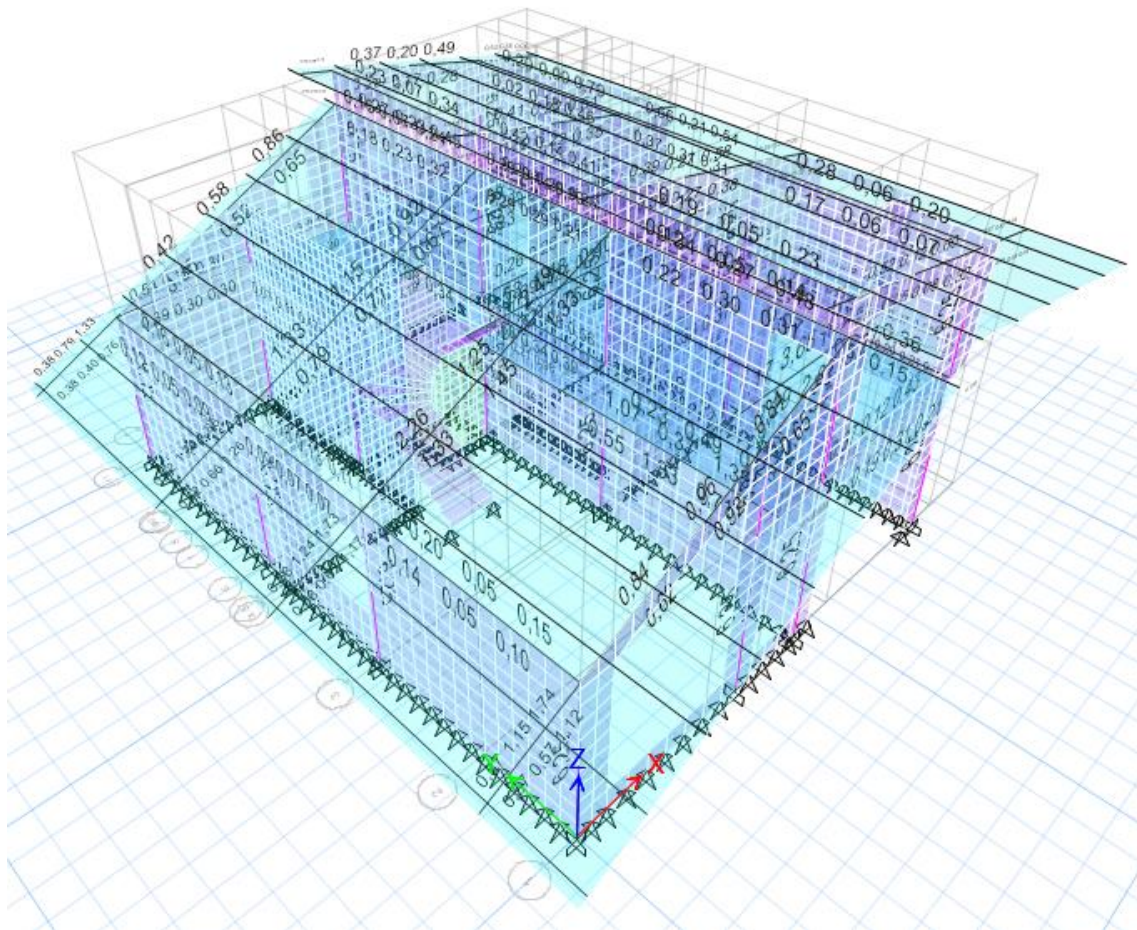
$$\Delta_M < \Delta_{Mmax}$$

$$\Delta_M = 0,000322 < 0,02$$

OK – CUMPLE

### 5.3.1.5. RESULTADOS – DISEÑO (ACI 318-14S)

Una vez analizados y calculados los diferentes parámetros necesarios para esta tercera modelación estructural, se realizó el diseño de los diferentes elementos estructurales (vigas y columnas) de hormigón armado, utilizando el programa computacional ETABS 2016 v16.2.0, bajo la norma “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-14S)” y se obtuvieron los siguientes resultados.



**DISEÑO REFUERZO LONGITUDINAL (ACI 318-14S) - 3D**

Figura 187: Diseño 3D (ACI 318-14S) – Modelación N°3 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

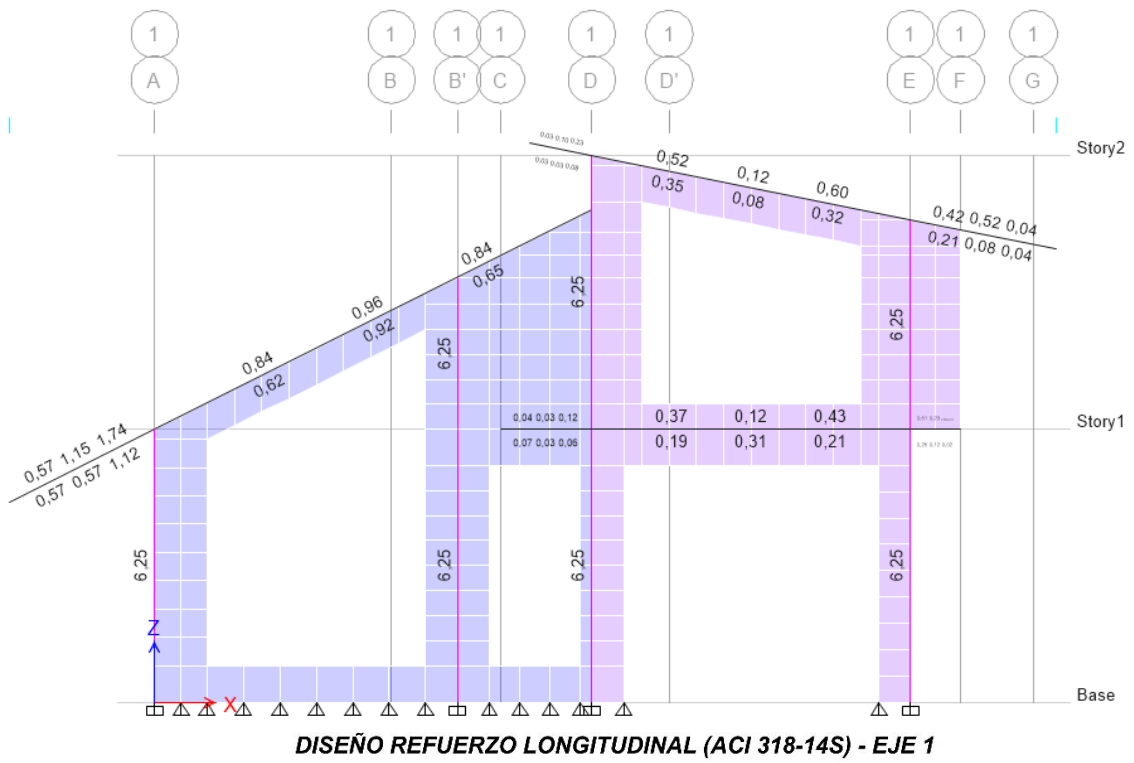


Figura 188: Diseño Eje 1 (ACI 318-14S) – Modelación N°3 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

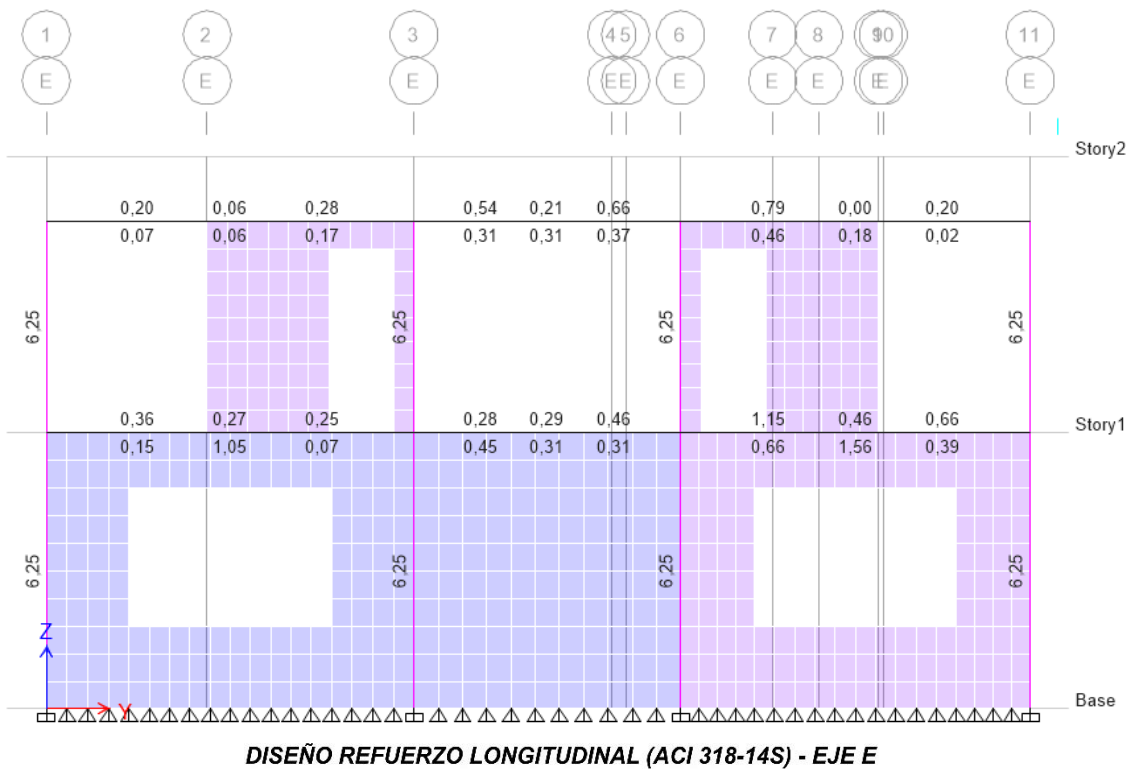


Figura 189: Diseño Eje E (ACI 318-14S) – Modelación N°3 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

### 5.3.1.6. ESFUERZOS EN MAMPOSTERÍAS

Terminado el proceso de modelación estructural, una de las soluciones planteadas como reforzamiento estructural de la vivienda, es el revestimiento estructural en concreto reforzado de las mamposterías, es así que se procedió a analizar el comportamiento de las mamposterías contrachapadas, en las diferentes locaciones, seleccionadas previamente producto del estudio y análisis. A continuación, se presentan los resultados de los esfuerzos más críticos que se pudo detectar en la modelación, tanto de la segunda y tercera simulación, los cuales se obtuvieron de la combinación de carga DCon3 (kg/cm<sup>2</sup>) preestablecida en el programa.

#### Combinación

$$DCon3 = 1,3 * Dead + 1,0 * Live + 1,3 * Permanente + 1,0 * Sismo X$$

#### Modelación Estructural N°2 – Condiciones de la Estructura

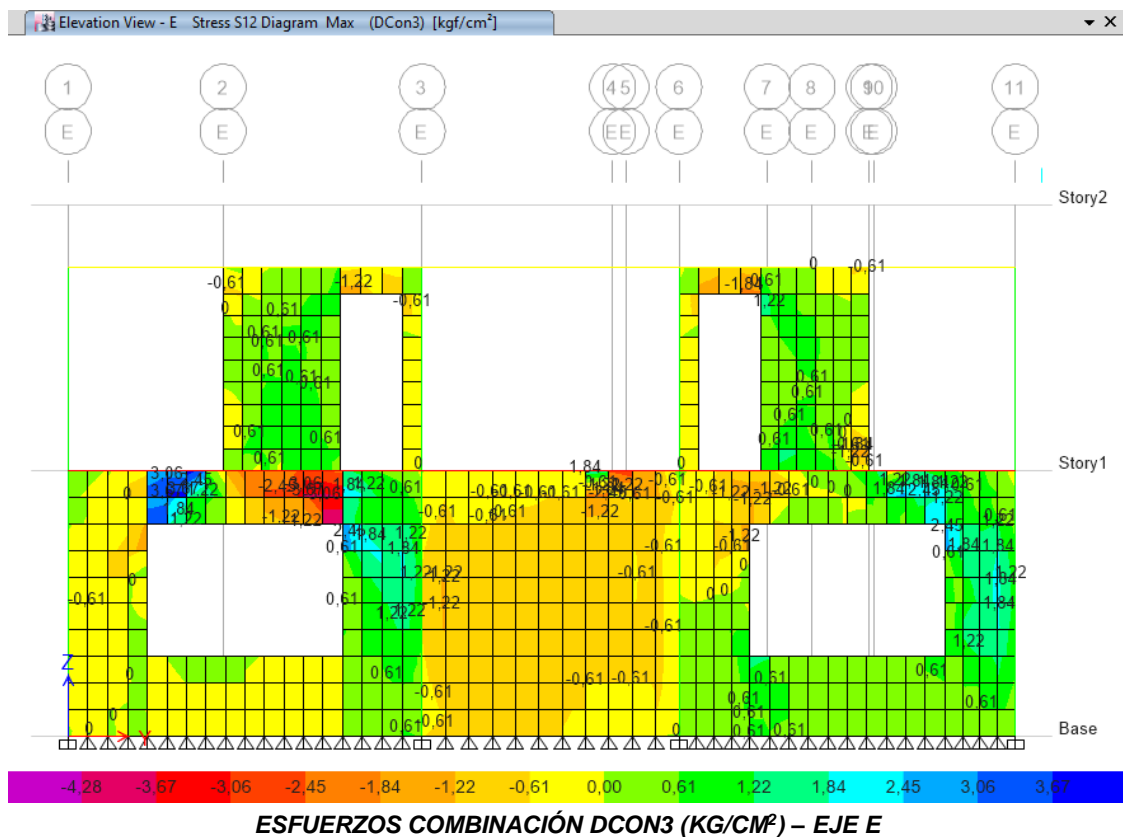


Figura 190: Esfuerzos DCon3 (kg/cm<sup>2</sup>) – Modelación N°2 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

## Modelación Estructural N°3 – Modificaciones en la Estructura

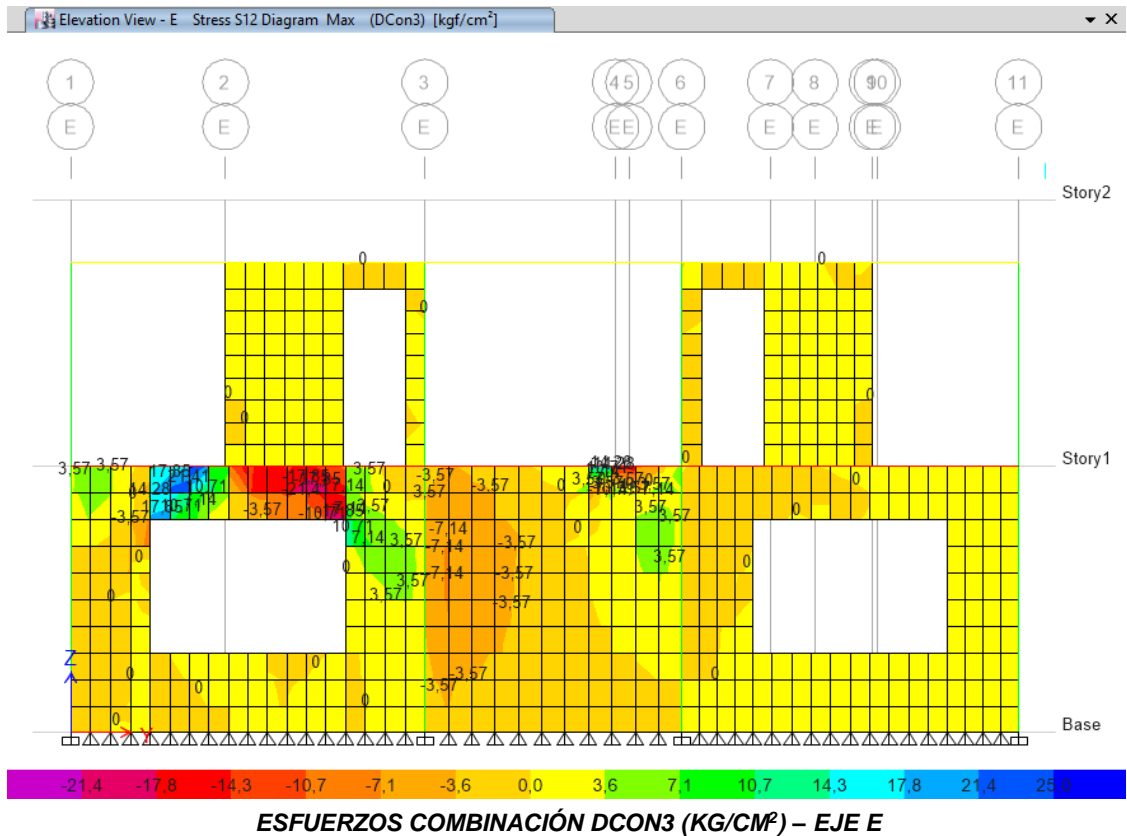


Figura 191: Esfuerzos DCon3 (kg/cm<sup>2</sup>) – Modelación N°3 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

### 5.4. ANÁLISIS REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

Completada la última modelación realizada a la vivienda del Sr. Walter Santos, se observó que la implementación de las medidas de reforzamiento estructural, en la tercera modelación de la vivienda, produjeron una mejora evidente en diferentes aspectos de la edificación, tanto en los desplazamientos, derivas de piso, como en los requerimientos necesarios para refuerzo estructural de los diferentes elementos. Empezando por los desplazamientos o deformaciones producidas por diversas cargas estructurales, se vieron notablemente reducidas una vez aplicadas las diferentes intervenciones estructurales. En lo que respecta a las derivas de piso, se realizó una comparación entre los resultados de la Modelación N°2 (Figuras 143, 144) y N°3 (Figuras 185, 186). De tal manera que

se observó una reducción apreciable de las derivas de piso, mejorando considerablemente las condiciones estructurales del inmueble.

De igual manera se realizó un análisis de los requerimientos necesarios para refuerzo estructural entre la Modelación N°2 (Figuras 146, 147) y N°3 (Figuras 188, 189). En la que se evidencio notablemente una disminución del refuerzo necesario para cumplir con las diferentes solicitaciones estructurales, demostrando el aporte de la mampostería contrachapada y la redistribución de la geometría, al sistema resistente estructural de la vivienda.

Una de las medidas de reforzamiento estructural aplicadas a la vivienda en estudio, fue la construcción de una columna de confinamiento en la fachada frontal de la vivienda, tal como se puede apreciar a continuación (Figuras 192, 193).

Modelación Estructural N°2 – Fachada Frontal de la Estructura

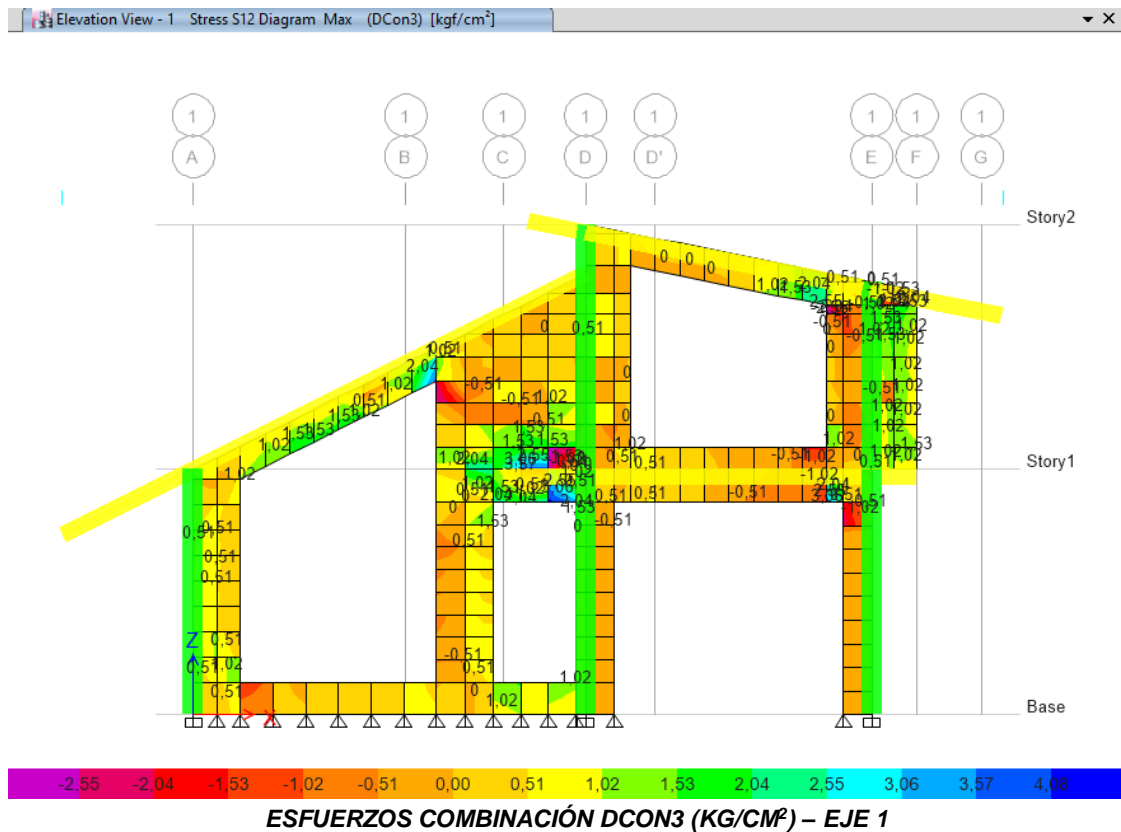


Figura 192: Esfuerzos Fachada Frontal – Modelación N°2 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

Modelación Estructural N°3 – Modificación de Columneta en la Fachada Frontal de la Estructura

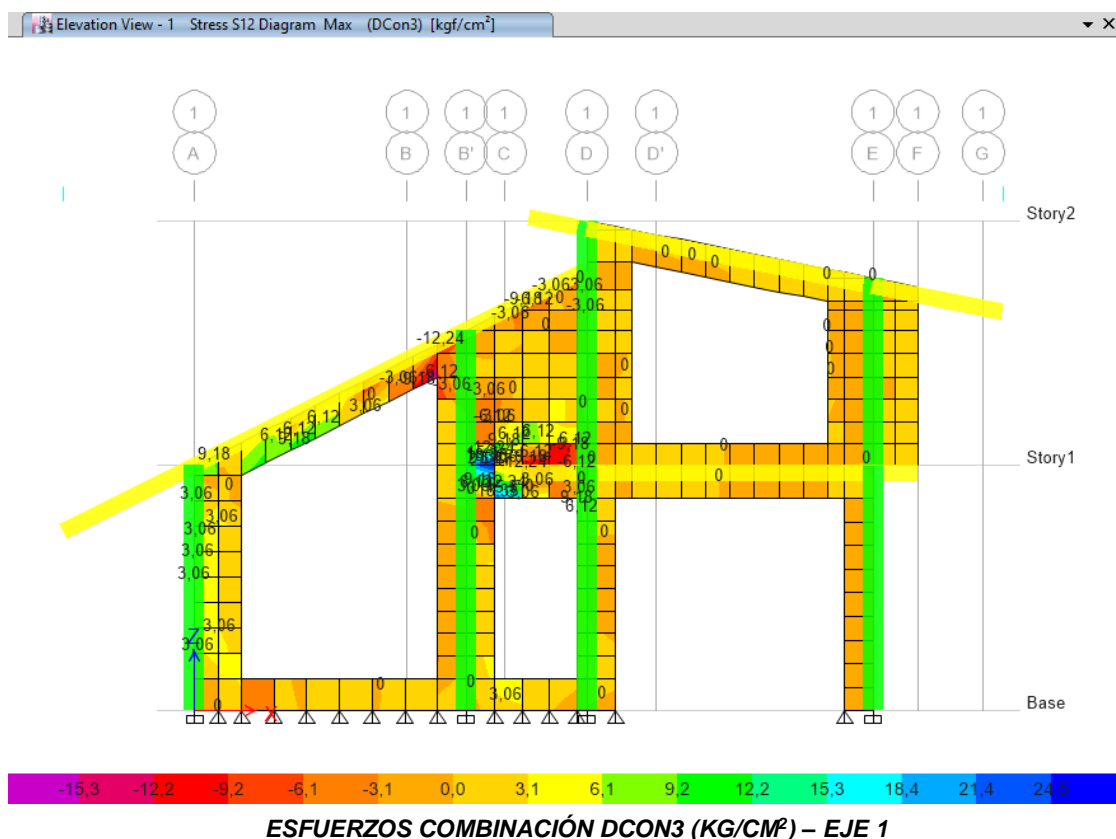


Figura 193: Esfuerzos Fachada Frontal Modificada – Modelación N°3 ETABS 2016.  
Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

De tal manera que en la segunda modelación (Figura 192) se evidencio variadas concentraciones de esfuerzos en los Ejes (A–D), en contraste de la tercera modelación (Figura 193), la misma que presento mayores esfuerzos en las zonas que se había asignado el reforzamiento. Consiguiendo de esta manera, distribuir de mejor forma las solicitaciones de carga a las mamposterías reforzadas, mejorando el comportamiento y el confinamiento de la mampostería.

Otro parámetro que se estudió, es el comportamiento de las mamposterías reforzadas con hormigón armado, bajo las diferentes solicitaciones y combinaciones de carga, donde se logró determinar los esfuerzos presentes en esta intervención estructural. Resultando que en la segunda modelación (Figuras 190) se evidenciaron solicitaciones de esfuerzo mucho menores, a diferencia de

la tercera modelación (Figuras 191) que presento mayores esfuerzos en las zonas donde se había aplicado el reforzamiento. Logrando de tal manera, distribuir más solicitaciones de carga a las mamposterías reforzadas, disminuyendo la cantidad de refuerzo estructural necesario.

Como medida de reforzamiento a las escaleras de la vivienda, que sufrieron moderados daños, se optó por colocar muretes de hormigón armado, con la finalidad de generar un soporte a las escaleras en las dos direcciones (X e Y), tal como se puede apreciar a continuación. De igual manera se realizó un análisis de los esfuerzos resultantes de la combinación más crítica (DCon3) entre la Modelación N°2 (Figura 194) y N°3 (Figura 195). En la que se evidencio notablemente una disminución de generación de esfuerzos con respecto a la segunda simulación, los mismos que son producto de las diferentes cargas estructurales, demostrando el aporte de los muretes de hormigón armado al sistema resistente estructural de la vivienda.

### Modelación Estructural N°2 – Escaleras Vivienda

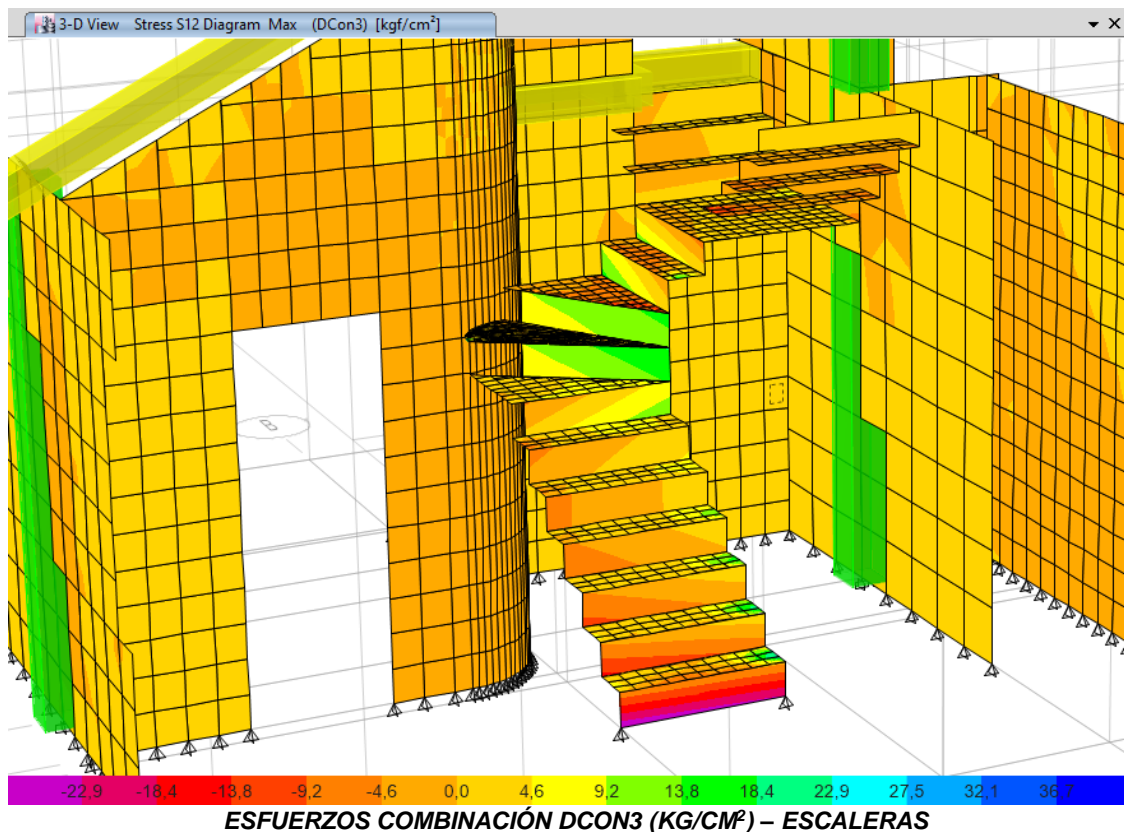


Figura 194: Esfuerzos Escaleras – Modelación N°2 ETABS 2016.

Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

## Modelación Estructural N°3 – Modificación de Muretes en Escaleras de Vivienda

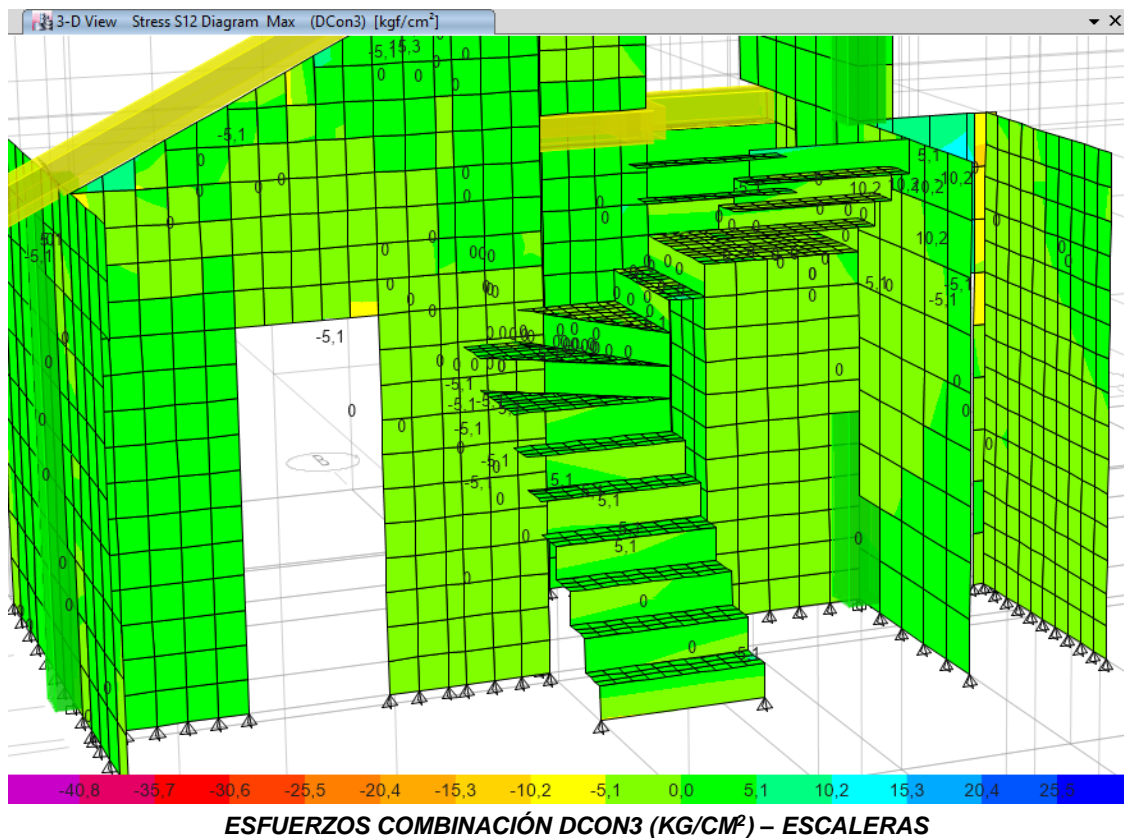


Figura 195: Esfuerzos Escalera Modificada – Modelación N°3 ETABS 2016.

Fuente: (ETABS 2016 v.16.2.0, 2017).

A pesar que los datos obtenidos en el diseño computacional de la tercera modelación estructural, no son considerados válidos, por las razones expuestas anteriormente. No obstante, la columneta de confinamiento, la mampostería contrachapada y los muretes de hormigón, si presentan un aporte al sistema resistente estructural, el cual pudo ser conocido aproximadamente, con los resultados de la presente investigación.

Otro aspecto importante que se considero es la cimentación de la estructura, debido a que es la encargada de transmitir y distribuir las cargas de la superestructura al suelo. Es por eso que se realizó inspecciones en campo, en las que se pudo observar que la cimentación no sufrió ningún tipo de daño, además se realizó el cálculo de los materiales y se pudo conocer que el sobre peso de las medidas de reforzamiento no es excesivo, por lo que se consideró que la cimentación existente, es suficiente para soportar la estructura y los diferentes reforzamientos estructurales.

## **5.5. PLANOS REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL – VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS**

Una vez concluidos, los diferentes análisis y estudios efectuados a la vivienda del Sr. Walter Santos, como medidas de reparación, intervención y reforzamiento estructural, se elaboraron los siguientes planos de rehabilitación estructural de las diferentes medidas planteadas. Tal como se puede observar en los ANEXOS 2 y 3.

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1. CONCLUSIONES**

- Dados los acontecimientos suscitados el pasado sábado 16 de abril de 2016, en las localidades costeras del país, tales como, Pedernales, Jama, Canoa entre otras; es necesario que las autoridades gubernamentales, entes reguladores sean los encargados de evaluar, supervisar y aprobar las futuras edificaciones, además de las construcciones existentes en estas zonas y porque no en todo el territorio, debido a que nuestro país se encuentra ubicado en una zona altamente sísmica.
- De acuerdo a las diferentes evaluaciones e inspecciones efectuadas en la edificación se observó y analizó que la vivienda tiene un bajo grado de vulnerabilidad sísmica, uso restringido del inmueble y moderado nivel de daño global de la estructura, tanto en mamposterías, escaleras, entre otros elementos estructurales.
- La evaluación destinada a calificar el nivel de daño de una edificación, está limitada hasta viviendas de dos pisos, debido a que los diferentes parámetros que se evalúan son cuantificables de acuerdo a cada tipología, es por este motivo que se realizó este análisis a la vivienda caso de estudio, la cual fue desarrollada en campo, aproximadamente en 2 horas, debido a la complejidad y minuciosidad de la evaluación.
- Producto de las modelaciones estructurales de la vivienda del Sr. Walter Santos, se pudo conocer el comportamiento de la estructura bajo cargas sísmicas, además de las solicitudes o requerimientos necesarios para que la vivienda sea considerada sismorresistente, de igual manera el aporte de las mamposterías al sistema estructural y el comportamiento de las medidas de reforzamiento estructural con el propósito de rehabilitar la vivienda.
- Con los resultados del análisis comparativo entre los elementos estructurales provistos con los diseños sismorresistentes requeridos, se evidenció que las falencias de refuerzo estructural están presentes en las vigas y columnas del inmueble, dejando así vulnerable e insegura a la vivienda.

- El espectro de diseño utilizado para las diferentes modelaciones estructurales, fue desarrollado de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015), por lo que se analizó y comparo lo provisto en la estructura con lo requerido de acuerdo a los diseños. Demostrando así que la estructura necesita ser reforzada y rehabilitada para garantizar su segura funcionalidad sin riesgos.
- Como medidas de reforzamiento y rehabilitación estructural, se aplicaron las intervenciones sugeridas del AIS 2001 y el FEMA 308. Las mismas que fueron escogidas de acuerdo a los daños manifestados en la estructura y aplicadas conforme a lo evidenciado en campo, junto con los resultados obtenidos de las diferentes modelaciones. Demostrando así una mejora significativa en las derivas de piso, configuración y desempeño estructural, como resultados de la tercera modelación. Dando por comprobada y verificada la aplicación de las reparaciones cosméticas y los reforzamientos estructurales.
- Respecto a la cimentación de la estructura, se observó que no se presentaron daños, ni se vio afectada por el evento sísmico suscitado la mencionada fecha. Es por eso que la implementación de las diferentes medidas de reforzamiento estructural, no generan excesivas cargas a la estructura. Siendo mínimo el sobre peso de las mismas, con relación al peso de la edificación. Por tal motivo se considera que la cimentación es capaz de soportar las distintas intervenciones estructurales, sin ninguna afectación.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

- Las construcciones de obras civiles deben estar estrictamente a cargo de un ingeniero civil calificado, que cuente con todos sus documentos en regla. De igual manera los planos constructivos, deben contar con las aprobaciones y autorizaciones de los departamentos municipales correspondientes, los mismos que deben ser los encargados de vigilar la fase de construcción, para así conseguir que se respeten los diseños y se evite la construcción informal que pone en peligro la vida de quienes las ocupan.
- Para desarrollar una evaluación e inspección de edificaciones afectadas por terremotos, de una manera adecuada, es recomendable utilizar el equipo de

- protección personal (EPP) apropiado, al igual que movilizarse en la vivienda con sumo cuidado, debido a que existen objetos que amenazan con caer y en el caso de que una estructura este en pésimas condiciones, no es necesario desarrollar la evaluación internamente, solo bastara exteriormente.
- En el caso de aplicar la evaluación destinada a calificar el nivel de daño de una edificación, con estructuras de mayores características, se perdería precisión, además de generar mayor incertidumbre al determinar el nivel de daño que presente la estructura, siendo de esta manera poco práctico y eficiente aplicarla.
  - Es necesario tener un conocimiento bien claro del programa computacional ETABS 2016, debido a que existen distintos parámetros que deben ser llenados con criterio y razonamiento ingenieril. Por lo que se recomienda tener un excelente dominio del mismo, al igual que realizar una buena interpretación de los resultados obtenidos y más que todo detectar cuando se presenten errores.
  - El hormigón es un material que está conformado por agregados gruesos, finos, cemento, agua y en algunos casos aditivos que mejoran sus características. Dichos componentes influyen en la expresión del módulo de elasticidad del hormigón, por eso se recomienda obtener información de centros técnicos o laboratorios que estudien el hormigón para tener valores próximos a la realidad de acuerdo a la ubicación de la estructura. Debido a que dicha expresión es esencial en la determinación de las deformaciones, deflexiones, desplazamientos y en el comportamiento global de la estructura.
  - Para lograr una simulación más exacta del comportamiento y desempeño de una estructura, puede utilizarse un espectro dinámico de diseño con los datos del evento sísmico suscitado. Obteniendo así una conceptualización más real de lo que sería la afectación en la edificación y la forma en la que la estructura disipa la energía.
  - La selección de medidas de reforzamiento y rehabilitación estructural, deben ser escogidas de acuerdo a los resultados obtenidos en las inspecciones, junto con el registro fotográfico de las fallas o daños presentes. Una vez elegidas es recomendable realizar modelaciones estructurales para conocer el aporte y desempeño de las mismas en la estructura que se va aplicar.

- Uno de los aspectos más importantes a tomar en cuenta en una rehabilitación estructural es la cimentación del inmueble. Debido a que una excesiva sobrecarga, producto del reforzamiento, puede generar fallas en la cimentación y dañar a la edificación. Destacando la importancia de realizar un análisis y cálculo del peso adicional que generan las diferentes intervenciones estructurales.
- Para una completa visualización del proyecto de rehabilitación y reconstrucción de la vivienda del Sr. Walter Santos, se recomienda realizar un análisis completo de costos de los diferentes materiales, mano de obra, transporte, entre otros aspectos que pueden intervenir en la ejecución del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACI 318-14S. (2014). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-14)*. Farmington Hills: American Concrete Institute. Recuperado el 14 de Agosto de 2017
- AIS, A. C. (2001). *Rehabilitación Sismo Resistente de Viviendas de Uno y Dos Pisos de Mampostería*. Colombia: La Red. Recuperado el 22 de Septiembre de 2017, de [http://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrvn/mamposteria\\_la\\_red.pdf](http://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrvn/mamposteria_la_red.pdf)
- ALIBABA. (05 de Agosto de 2012). *Almacenes de Acero Inoxidable Edificios de Ingeniería*. Recuperado el 09 de Julio de 2017, de Alibaba.com: <https://arabic.alibaba.com/product-detail-img/--642078444.html>
- Aminaton Marto, T. C. (19 de Enero de 2013). *A Correlation of Shear Wave Velocity and Standard Penetration Resistance*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2017, de EJGE: <http://www.ejge.com/2013/Ppr2013.039alr.pdf>
- Arenas, A. (27 de Febrero de 2012). *Estructuras Metálicas con Cubiertas de Lamina*. Recuperado el 09 de Julio de 2017, de AceroArenas.blogspot.com: <http://aceroarenas.blogspot.com/2012/02/contraventeos-cruz-de-san-andres.html>
- ARQHYS. (04 de Diciembre de 2012). *Construcción Mixta*. Recuperado el 06 de Julio de 2017, de Revista ARQHYS.com: <http://www.arqhys.com/articulos/construccion-mixta.html>
- Bloques Cando S.L. (30 de Octubre de 2015). *Edificio Carrión o Edificio Capitol*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de Bloques Cando S.L.: <http://bloquescando.com/edificio-carrion-o-edificio-capitol/>
- Campos, I. A. (28 de Marzo de 2017). *Método de Evaluación Detallada según ATC-20 para Inspección Post-Sismo de Edificaciones*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de Edificaciones de Calidad: <http://edificacionesdecalidad.com/content/m%C3%A9todo-de-evaluaci%C3%B3n-detallada-seg%C3%BAn-atc-20-para-inspecci%C3%B3n-post-sismo-de-edificaciones>
- Comisión Sismológica Europea - ESC. (2008). *Escala Macrosísmica Europea 1998 EMS – 98*. Hamburgo: F. Lorenzo Martín. Recuperado el 05 de Julio de 2017, de [sish.sgc.gov.co/visor/mediosServlet?metodo=pdf&nombreArchivo=EMS-98.pdf](http://sish.sgc.gov.co/visor/mediosServlet?metodo=pdf&nombreArchivo=EMS-98.pdf)
- Constructor Civil. (05 de Septiembre de 2013). *Estabilidad Lateral - Elementos Estructurales de un Edificio*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2017,

- de Constructor Civil:  
<http://www.elconstructorcivil.com/2013/09/estabilidad-lateral-elementos.html>
- DAYPE. (15 de Enero de 2017). *Casas de Madera DAYPE*. Recuperado el 05 de Julio de 2017, de Casas de Madera DAYPE:  
<http://www.casasdemaderadaype.com/casas-de-madera-Toledo-125/>
- EPN. (01 de Mayo de 2016). *Mapa Interactivo del Evento del 16 de Abril de 2016*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2017, de Instituto Geofísico - EPN: <http://www.igepn.edu.ec/mapas/mapa-eq20160416>
- EVISOS. (10 de Abril de 2017). *Construcción de Casas Rusticas Mixtas y/o Madera*. Recuperado el 06 de Julio de 2017, de EVISOS:  
<http://m.evisos.ec/item/show/140978/servicios/otros-servicios/pichincha>
- FEMA 154. (01 de Marzo de 2002). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards*. California: FEMA. Recuperado el 16 de Enero de 2017, de FEMA: [https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1646-20490-8071/fema\\_154.pdf](https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1646-20490-8071/fema_154.pdf)
- FEMA 308. (1999). *Repair of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings*. Washington D.C.: FEMA. Recuperado el 01 de Agosto de 2017, de <https://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1453-20490-4004/fema-308.pdf>
- FUNVISIS. (25 de Noviembre de 2016). *Viviendas Populares*. Recuperado el 06 de Julio de 2017, de Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas:  
[http://www.funvisis.gob.ve/sismoCaracas/viviendas\\_populares.html](http://www.funvisis.gob.ve/sismoCaracas/viviendas_populares.html)
- Galán, S. (12 de Marzo de 2015). *Estructura Metálica Nave Agrícola 4*. Recuperado el 10 de Julio de 2017, de T SÁNCHEZ GALÁN, SL.:  
<http://www.sanchezgalan.es/estructuras-metalicas/List/listing/naves-agricolas-128/1>
- Geofísica - UNAM. (2014). *Magnitud de un Sismo*. México: Servicio Sismológico Nacional. Recuperado el 08 de Junio de 2017, de <http://www.ssn.unam.mx/jsp/reportesEspeciales/Magnitud-de-un-sismo.pdf>
- Gómez Martínez, M. Á. (2011). *Diseño Estructural de Edificios Altos Tipo Torre Empleando Concreto de Alta Resistencia*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado el 24 de Octubre de 2017, de <https://es.scribd.com/document/250139320/modelacion-mecanica-pdf>
- Gómez, I. J. (01 de Abril de 2011). *Consideraciones Sobre Diseño Estructural*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de LORENZO, a su servicio:  
<http://lorenzoasuservicio.50megs.com/facu/modulo2/modulo2.htm>

- Guerra, I. M. (2015). *Diseño Sismo Resistente de Edificios Utilizando ETABS* (Segunda ed.). Quito: Grupo Gamaprint. Recuperado el 02 de Julio de 2017
- INPRES. (28 de Abril de 2016). *Escalas de Intensidad*. Recuperado el 22 de Abril de 2017, de INSTITUTO NACIONAL DE PREVENCIÓN SÍSMICA: <http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Escalas%20de%20Intensidad.pdf>
- Instituto Geofísico - EPN. (02 de Marzo de 2015). *Red Nacional de Acelerógrafos (RENAC)*. Recuperado el 26 de Septiembre de 2017, de Instituto Geofísico - EPN: <http://www.igeqn.edu.ec/red-nacional-de-acelerografos>
- Instituto Geofísico - EPN. (15 de Octubre de 2016). *Frecuencias de Resonancia de los Suelos de Manabí*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2017, de Instituto Geofísico - EPN: <http://www.igeqn.edu.ec/mapas/mapa-frecuencias-suelos-manabi>
- Instituto Geofísico - EPN. (17 de Abril de 2016). *Informe Sísmico Especial N. 8 - Informe Sismo en Pedernales - Actualización*. Recuperado el 12 de Enero de 2017, de Instituto Geofísico - EPN: <http://www.igeqn.edu.ec/servicios/noticias/1312-informe-sismico-especial-n-8-2016>
- Instituto Geofísico - EPN. (17 de Abril de 2016). *Informe Sísmico Especial N.13 - Informe Técnico del Sismo de Pedernales*. Recuperado el 22 de Abril de 2017, de Instituto Geofísico - EPN: <http://www.igeqn.edu.ec/inf-sism/sismicos-especiales/sism-e-2016/14680-informe-especial-n-13-2016/file>
- Instituto Geofísico - EPN. (22 de Abril de 2016). *Informe Sísmico Especial N.17 - Evaluación Preliminar de los Acelerógrafos Disponibles del Sismo del 16 Abril de Magnitud 7.8*. Recuperado el 08 de Abril de 2017, de Instituto Geofísico - EPN: <http://www.igeqn.edu.ec/servicios/noticias/1323-informe-sismico-especial-n-17-2016>
- Instituto Geofísico - EPN. (04 de Mayo de 2016). *Informe Sísmico Especial N.18 - Observaciones del Sismo del 16 de Abril de 2016 de Magnitud Mw 7.8. Intensidades y Aceleraciones*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2017, de Instituto Geofísico - EPN: <http://www.igeqn.edu.ec/servicios/noticias/1324-informe-sismico-especial-n-18-2016#>
- Instituto Geofísico - EPN. (15 de Mayo de 2016). *Mapa Interactivo del evento del 16 de Abril de 2016*. Recuperado el 15 de Julio de 2017, de Instituto Geofísico - EPN: <http://www.igeqn.edu.ec/mapas/mapa-eq20160416>
- ISOLTECH. (19 de Enero de 2014). *Cellular Concrete Seismic Blocks*. Recuperado el 06 de Julio de 2017, de ISOLTECH: <https://www.isoltech.it/en/cellular-concrete-applications/cellular-concrete-seismic-blocks/>

- JAO. (03 de Noviembre de 2012). *Acelerogramas (1). Definición y Características*. Recuperado el 25 de Junio de 2017, de Estructuras: <https://seismic06g.wordpress.com/2012/11/03/acelerogramas1/>
- Jiménez, M. (15 de Mayo de 2014). *Estudio del Análisis de Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones Regulares Aperticadas Tipo I en Zonas de Alta Sismicidad*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2017, de SlidePlayer.es - Universidad Central de Venezuela: <http://slideplayer.es/slide/5255720/>
- Laboratorio de Ingeniería Sísmica - UCR. (12 de Enero de 2017). *¿Para qué sirve un acelerógrafo?* Recuperado el 20 de Enero de 2017, de Universidad de Costa Rica - Laboratorio de Ingeniería Sísmica: [http://www.lis.ucr.ac.cr/clase\\_index/tv/inicio/acelerografo.html](http://www.lis.ucr.ac.cr/clase_index/tv/inicio/acelerografo.html)
- Mendoza, G. d. (22 de Agosto de 2015). *Sistemas Estructurales*. Recuperado el 06 de Julio de 2017, de SlideShare: <https://es.slideshare.net/GeneDeCMendoza/sistemas-estructurales-genesis-mendoza-saia-psm>
- Miño, I. S. (01 de Octubre de 2010). *Construcciones II - (Cátedra Arq. Castellano - F.A.D.U - U.B.A)*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2017, de Blogspot.com: <http://construcciones2sm.blogspot.com/2010/10/escaleras-tensores-y-arriostramientos.html>
- NEC-SE-CG. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC): Cargas (No Sísmicas)*. Quito: Dirección de Comunicación Social. Recuperado el 01 de Octubre de 2017
- NEC-SE-DS. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC): Peligro Sísmico - Diseño Sismorresistente*. Quito: Dirección de Comunicación Social. Recuperado el 01 de Octubre de 2017
- Pérez, L. T. (01 de Agosto de 2012). *La Planta Libre en los Edificios: Configuración Moderna Generadora de Irregularidad Sísmica*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2017, de Red Internacional para el Diseño de Ciudades Sísmicamente Resilientes: <http://15wceesslatin.blogspot.com/2012/08/la-planta-libre-en-los-edificios.html>
- Plan Reconstruyo Ecuador. (2016). *Comité para Reconstrucción y Reactivación Productiva - Informe Trimestral de Gestión (mayo - agosto de 2016)*. Quito: Plan Reconstruyo Ecuador. Recuperado el 11 de Diciembre de 2017, de [http://www.reconstruyoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/Informe-Asamblea\\_SeTec-Reconstrucci%C3%B3n\\_20160830.pdf](http://www.reconstruyoecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/Informe-Asamblea_SeTec-Reconstrucci%C3%B3n_20160830.pdf)
- Recuenco, I. J. (26 de Enero de 2011). *Método Estático y Dinámico*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de SlideShare: <https://es.slideshare.net/KOROLARIO/metodo-esttico-y-dinmico>

- RENE, R. N. (15 de Enero de 2003). *Parámetros Importantes para Evaluar la Seguridad Estructural y Vulnerabilidad de las Edificaciones ante un Sismo*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de Red Nacional de Evaluadores:  
[http://dione.cuaed.unam.mx:3003/jddfr\\_multimedia/propuestas.graficas/CENAPRED/unidad\\_05/g00\\_p16.html](http://dione.cuaed.unam.mx:3003/jddfr_multimedia/propuestas.graficas/CENAPRED/unidad_05/g00_p16.html)
- Resende, N. (03 de Diciembre de 2012). *Construcción en Terrenos Inclinados*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2017, de Pet Engenharia Civil UFJF: <https://blogdopetcivil.com/2012/12/03/terrenos-inclinados/>
- Rivera, G. (18 de Febrero de 2012). *Descoloque y Recoloque*. Recuperado el 06 de Julio de 2017, de Arquitectura y Emoción:  
<https://arquitecturayemocion.wordpress.com/2012/02/18/descoloque-y-recoloque/>
- Rodríguez, H. S. (29 de Febrero de 2016). *Criterios para Estructuras un Edificio en Acero*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2017, de Revista Digital Apuntes de Arquitectura:  
<http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2016/02/criterios-para-estructuras-un-edificio.html>
- Secretaría de Gestión de Riesgos - SGR. (2016). *INFORME DE SITUACIÓN N°65 – 16/05/2016 Terremoto 7.8 ° - Pedernales*. Quito: Secretaría de Gestión de Riesgos. Recuperado el 08 de Junio de 2017, de <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Informe-de-situaci%C3%B3n-n%C2%B065-especial-16-05-20161.pdf>
- SENA. (22 de Enero de 2012). *Procesos y Procedimientos para la Construcción de Estructuras en Concreto*. Recuperado el 06 de Julio de 2017, de CENTRO DE INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN Regional Caldas:  
[http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21\\_1/alephe/www\\_f\\_spa/icon/8830/procesos\\_procedimientos\\_para\\_la\\_construccion.html#](http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/8830/procesos_procedimientos_para_la_construccion.html#)
- Senplades. (2016). *Evaluación de los Costos de Reconstrucción - Sismo en Ecuador • abril 2016*. Quito: Senplades. Recuperado el 11 de Diciembre de 2017, de <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/Evaluacion-de-los-Costos-de-Reconstruccion-Libro-Completo.pdf>
- SGR - MIDUVI. (2016). *Guía Práctica para Evaluación Sísmica y Rehabilitación de Estructuras, de Conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 (GUÍA 5)*. Quito: Activa. Recuperado el 05 de Julio de 2017
- Sistema Nacional de Información - SNI. (16 de Mayo de 2015). *Diagnóstico Cojimíes - SNI*. Recuperado el 16 de Abril de 2017, de Sistema Nacional de Información - SNI: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/136004670](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/136004670)

0001\_DIAGN%C3%93STICO%20COJIM%C3%8DES\_15-05-2015\_21-33-21.pdf

- Talleres Gutiérrez. (22 de Enero de 2016). *Estructura en Dos Aguas*. Recuperado el 24 de Septiembre de 2017, de Habitissimo.com.mx: [https://fotos.habitissimo.com.mx/foto/estructura-en-dos-agua\\_62032](https://fotos.habitissimo.com.mx/foto/estructura-en-dos-agua_62032)
- United States Geological Survey - USGS. (2016 de Abril de 2016). *M 7.8 - 27km SSE of Muisne, Ecuador*. Recuperado el 12 de Junio de 2017, de USGS - Science for a Changing World: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us20005j32#executive>
- United States Geological Survey - USGS. (17 de Abril de 2016). *M7.8 Coastal Ecuador Earthquake of 16 April 2016*. Recuperado el 12 de Junio de 2017, de USGS - Science for a Changing World: <https://earthquake.usgs.gov/archive/product/poster/20160416/us/1462206003139/poster.jpg>
- Vásquez León, C. A. (2015). *Análisis del Desempeño Sísmico del Edificio Peña Aplicando la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011 Vigente en el Distrito Metropolitano de Quito en el Año 2015 (Tesis de Pregrado)*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador. Recuperado el 22 de Junio de 2017, de <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2202/1/T-UIDE-1251.pdf>
- Yörükoğlu, H. (04 de Agosto de 2016). *Ascensor Eje Ver*. Recuperado el 19 de Julio de 2017, de Hasan Yörükoğlu: <http://www.hasyorukogluasansor.com/AsansorKoyuGorunumu.aspx>

# **ANEXOS**

# ANEXO 1: TIPO DE SUELO – VIVIENDA SR. WALTER SANTOS

Con el objetivo de justificar el tipo de suelo en el que se encuentra cimentada la estructura, como proceso de recopilación de información, se realizó una visita de campo a la vivienda en estudio con el dueño del inmueble, el cual muy amablemente facilito el acceso a los datos de una perforación realizada en la edificación, tal como se presenta en las siguientes figuras.

PROYECTO: Vivienda Sr. Walter Santos SONDEO N°: 1 UBICACIÓN: Jaime Rolón y Primera Transversal (Esquina) – Pedernales EQUIPO - DIAMETRO: 76,2 mm					FECHA INICIAL: 27 de enero de 2017 FECHA FINAL: 28 de enero de 2017 COORDENADAS: N 8324,00 m / E 605835,52 NIVEL DE PERFORACIÓN: 27 msnm.												
PROF. COTA (m)	TIPO PERF.	N° SPT				PERFIL	DESCRIPCIÓN	N.F.	W (%)	LÍMITES DE ATTERBERG			GRANULOMETRÍA			SUCS	ENSAYOS LAB.
		20	40	60	80					LL (%)	LP (%)	IP (%)	G	S	F		
0.0	S			9	10	19	Releño conformado por grava arenosa, de color café claro.										
0.50m				19													
1.0	S			2	2	2	Limo elástico, de color café claro y amarillo, húmedo.	41	106	49	57	0	1	99	MH	SUCS	
1.5	S			4													
2.0	S			3	5	6	Dilatancia muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta.	37	88	50	38	0	3	97	MH	SUCS	
2.5	S			11													
3.0	SH					SH	Consistencia de blanda a muy firme.									CD	
3.5	SH			4	5	11											
4.0	S					16	Arcilla de alta plasticidad, de color amarillo, húmeda.	36	65	26	39	0	4	96	CH	SUCS	
4.5	S			3	6	8											
5.0	S			6	8	12	Dilatancia muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta.										
5.5	S			20													
6.0	S			8	15	25	Arena limosa, de color café claro, húmeda, Dilatancia rápida, tenacidad nula, resistencia seca nula.	14	-	-	NP	5	63	32	SM	SUCS	
6.5	S			40													
7.0	S			18	12	8	Clastos de lutita.	18	-	-	NP	59	31	10	LOW	SUCS	
7.5	S					20	Limo elástico con arena, de color amarillo, húmedo.	43	92	40	52	0	17	83	MH	SUCS	
8.0	S			6	8	12											
8.5	S					20	Dilatancia muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta.	30	63	32	31	0	23	77	MH	SUCS	
9.0	S			6	8	10											
9.5	S					18	Arcilla de alta plasticidad, de color amarillo, húmeda.										
10.0	S			18													
							Dilatancia muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta.										
							Consistencia muy firme.										

PROYECTO: Vivienda Sr. Walter Santos  
 SONDEO N°: 1  
 UBICACIÓN: Jaime Roldos y Primera Transversal (Esquina) – Pedernales  
 EQUIPO - DIAMETRO: 76,2 mm

FECHA INICIAL: 27 de enero de 2017  
 FECHA FINAL: 28 de enero de 2017  
 COORDENADAS: N 8324,00 m / E 605835,52  
 NIVEL DE PERFORACIÓN: 27 msnm

PROF. COTA (m)	TIPO PERF	N° SPT				N° SPT	PERFIL	DESCRIPCIÓN	N.F.	W (%)	LÍMITES DE ATTERBERG			GRANULOMETRÍA			SUCS	ENSAYOS LAB.	
		20	40	60	80						LL (%)	LP (%)	IP (%)	G	S	F			
11.0	S					6 10 10		Arcilla de alta plasticidad, de color amarillo, húmeda. Dilatancia muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta. Consistencia muy firme.		39	105	42	63	0	2	98	CH	SUCS	
						20													
12.0	S					4 4 6		Arcilla de baja plasticidad con arena, de color amarillo, húmedo. Dilatancia muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta. Consistencia firme.	11.90m	41	49	20	29	3	27	70	CL	SUCS	
						10													
13.0	S					29 21 25		Arena limosa con grava (diámetros de lutita), de color café claro, húmeda. Dilatancia rápida, tenacidad nula, resistencia seca nula.		12.2	29	49	32	17	17	61	22	SM	SUCS
						46													
14.0	S					16 44 R		Compacidad relativa de densa a muy densa.	13.70m										
						R													
15.0	S					16 13 15		Limo elástico con arena, de color amarillo, húmedo. Dilatancia muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta.		52	87	58	29	9	20	71	MH	SUCS	
						28													
16.0	S					8 10 16		Consistencia muy firme.											
						26													
17.0	S					6 9 12				45	114	53	61	0	1	99	MH	SUCS	
						21													
18.0	S					8 12 14		Limo elástico, de color café claro y amarillo, húmedo. Dilatancia entre muy lenta nula, tenacidad media, resistencia seca alta.											
						26													
19.0	S					6 8 11		Consistencia muy firme.		45	77	42	35	0	11	89	MH	SUCS	
						19													
20.0	S					7 8 13													
						21													

PROYECTO: Vivienda Sr. Walter Santos  
 SONDEO N°: 1  
 UBICACIÓN: Jaime Roldos y Primera Transversal (Esquina) – Pedernales  
 EQUIPO - DIAMETRO: 76,2 mm

FECHA INICIAL: 27 de enero de 2017  
 FECHA FINAL: 28 de enero de 2017  
 COORDENADAS: N 8324,00 m / E 605835,52  
 NIVEL DE PERFORACIÓN: 27 msnm

PROF. COTA (m)	TIPO PERF	N° SPT				N° SPT	PERFIL	DESCRIPCIÓN	N.F.	W (%)	LÍMITES DE ATTERBERG			GRANULOMETRÍA			SUCS	ENSAYOS LAB.
		20	40	60	80						LL (%)	LP (%)	IP (%)	G	S	F		
21.0	S					7 9 13 22		Limo elástico, de color café claro, húmedo. Dilatancia muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta.	48	85	51	34	0	4	96	MH	SUCS	
22.0	S					8 13 20 33		Consistencia de muy firme a dura. El material presenta oxidación.	45	81	41	40	0	5	95	MH	SUCS	
23.0	S					12 15 18 33	22.20m											
24.0	S					8 13 19 32		Limo elástico, de color verde, húmedo. Dilatancia nula, tenacidad alta, resistencia seca muy alta. Consistencia dura.	50	96	45	51	0	9	91	MH	SUCS	
25.0	S					9 20 23 43												
26.0	S					14 15 23 38		Arena arcillosa, de color verde, húmeda. Dilatancia muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta. Compacidad relativa densa.	29	52	24	28	2	48	49	SC	SUCS	
27.0	S					12 27 22 49												
28.0	S					12 19 32 51		Limo arenoso elástico, de color verde, húmedo. Dilatancia muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta. Consistencia dura.	34	63	39	24	11	19	70	MH	SUCS	
29.0	S					12 20 39 59												
30.0	S					15 29 30 59		Limo elástico, de color verde, húmedo. Dilatancia muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta. Consistencia dura.	50	76	51	25	0	14	86	MH	SUCS	

PROYECTO: Vivienda Sr. Walter Santos										FECHA INICIAL: 27 de enero de 2017								
SONDEO N°: 1										FECHA FINAL: 28 de enero de 2017								
UBICACIÓN: Jaime Rollos y Primera Transversal (Esquina) – Pedernales										COORDENADAS: N 8324,00 m / E 605835,52								
EQUIPO - DIAMETRO: 76,2 mm										NIVEL DE PERFORACIÓN: 27 msnm								
PROF. COTA (m)	TIPO PERF	N° SPT				N° SPT	PERFIL	DESCRIPCIÓN	N.F.	W (%)	LÍMITES DE ATTERBERG			GRANULOMETRÍA			SUCS	ENSAYOS LAB.
		20	40	60	80						LL (%)	LP (%)	IP (%)	G	S	F		
	S					14 21 32 53		Limo elástico, de color verde, húmedo. Dilatanda muy lenta, tenacidad media, resistencia seca alta. Consistencia dura.		49	66	49	17	1	29	70	MH	SUCS
								FIN DEL SONDEO										
31.0																		
32.0																		
33.0																		
34.0																		
35.0																		
36.0																		
37.0																		
38.0																		
39.0																		
40.0																		

Figura 196: Perforación 30 m – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.  
Fuente: (Santos, 2017).

De conformidad con la norma NEC–SE–DS (Peligro Sísmico – Diseño Sismorresistente) (NEC, 2015), se realizó la identificación del tipo de suelo donde se encuentra cimentada la estructura objeto de esta disertación. De tal manera, que se utilizó la clasificación basada en los datos de  $V_s$  del perfil (Tabla 17), con el cálculo de las velocidades de onda de corte, mediante correlaciones semi empíricas propuestas en la literatura técnica del “A Correlation of Shear Wave Velocity and Standard Penetration Resistance” (EJGE, 2013). Además, se tomó en cuenta la corrección por energía de impacto del martillo sobre el cabezal de golpeo  $N_{60}$ . Al igual que el cálculo de la velocidad media de la onda de cortante  $V_{s30}$  (m/s). A continuación, se presentan las diferentes correlaciones utilizadas en el cálculo.

- Correlación de Velocidad de Onda de Corte ( $V_s$ ) y Resistencia a la Penetración Estándar ( $N_{60}$ ), (Aminaton Marto, 2013).

- o Suelos No Cohesivos

$$V_s = 100 * N^{0,24} \quad \text{Raptakis et al. (1995)}$$

- o Suelos Cohesivos

$$V_s = 184,2 * N^{0,17} \quad \text{Raptakis et al. (1995)}$$

- o Todo Tipo de Suelos

$$V_s = 69,76 * N^{0,401} \quad \text{Bund. C. (2013)}$$

Tabla 17: Criterios para Calificar Suelos dentro de los Tipos de Perfiles (C, D o E).

Tipo de perfil	$V_s$	$N$ o $N_{ch}$	$S_u$
<b>C</b>	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa
<b>D</b>	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa
<b>E</b>	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa

Fuente: (NEC-SE-DS, 2015).

Los cálculos y el análisis del tipo de suelo, fueron desarrollados considerando dos tipos de correlaciones, la primera que incluía Suelos No Cohesivos y Cohesivos, a diferencia de la segunda que se utilizó únicamente una expresión, que es válida para todo tipo de suelos. Para lo cual se desarrolló una hoja de cálculo en el programa EXCEL 2016, tal como se presenta a continuación:

**Velocidad Media de la Onda de Cortante Vs<sub>30</sub> (Correlaciones Vs para Suelos No Cohesivos y Cohesivos)**


Velocidad de Onda Cortante Promedio del Suelo que Sobreyace al Semi Espacio (Vs)			
PROF. (m)	N <sub>45</sub>	N <sub>60</sub>	Vs (m/s)
0 - 1	19	14	188,396
1 - 2	4	3	130,169
2 - 3	11	8	164,718
3 - 4	16	12	181,553
4 - 5	14	11	276,902
5 - 6	20	15	291,894
6 - 7	40	30	226,209
7 - 8	20	15	191,541
8 - 9	20	15	191,541
9 - 10	18	14	288,490
10 - 11	20	15	291,894
11 - 12	10	8	262,310
12 - 13	46	35	234,734
13 - 14	50	38	239,413
14 - 15	28	21	207,650
15 - 16	26	20	205,233
16 - 17	21	16	194,531
17 - 18	26	20	205,233
18 - 19	19	14	188,396
19 - 20	21	16	194,531
20 - 21	22	17	197,382
21 - 22	33	25	216,524
22 - 23	33	25	216,524
23 - 24	32	24	214,413
24 - 25	43	32	229,740
25 - 26	38	29	224,376
26 - 27	49	37	237,886
27 - 28	51	38	239,413
28 - 29	59	44	247,987
29 - 30	59	44	247,987
30 - 30,5	53	40	242,379

**Factor de Corrección por Energía**

$$N_{60} = \frac{N_{45}}{N_{60}} * N_{45 \text{ campo}}$$

$$N_{60} = \frac{45}{60} * N_{45 \text{ campo}}$$

Lopez M. R. (2003)

 **Suelos No Cohesivos**  
 **Suelos Cohesivos**

**Suelos No Cohesivos**

$$V_s = 100 * N^{0,24}$$

Raptakis et al. (1995)

**Suelos Cohesivos**

$$V_s = 184,2 * N^{0,17}$$

Raptakis et al. (1995)

**Velocidad Media de la Onda de Cortante**

$$V_{S30} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{si}}}$$

NEC. (2015)

<b>Vs<sub>30</sub> (m/s)</b>
214,720

180 ≤ Vs ≤ 360
<b>SUELO TIPO D</b>

Figura 197: Vs<sub>30</sub> (m/s) (Suelos No Cohesivos y Suelos Cohesivos) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

**Velocidad Media de la Onda de Cortante Vs<sub>30</sub> (Correlación Vs para Todo Tipo de Suelo)**

<b>Velocidad de Onda Cortante Promedio del Suelo que Sobreyace al Semi Espacio (Vs)</b>			
<b>PROF. (m)</b>	<b>N<sub>45</sub></b>	<b>N<sub>60</sub></b>	<b>Vs (m/s)</b>
0 - 1	19	14	201,004
1 - 2	4	3	108,376
2 - 3	11	8	160,600
3 - 4	16	12	188,955
4 - 5	14	11	182,476
5 - 6	20	15	206,642
6 - 7	40	30	272,855
7 - 8	20	15	206,642
8 - 9	20	15	206,642
9 - 10	18	14	201,004
10 - 11	20	15	206,642
11 - 12	10	8	160,600
12 - 13	46	35	290,254
13 - 14	50	38	299,985
14 - 15	28	21	236,492
15 - 16	26	20	231,910
16 - 17	21	16	212,060
17 - 18	26	20	231,910
18 - 19	19	14	201,004
19 - 20	21	16	212,060
20 - 21	22	17	217,278
21 - 22	33	25	253,618
22 - 23	33	25	253,618
23 - 24	32	24	249,500
24 - 25	43	32	280,009
25 - 26	38	29	269,171
26 - 27	49	37	296,794
27 - 28	51	38	299,985
28 - 29	59	44	318,149
29 - 30	59	44	318,149
30 - 30,5	53	40	306,219

**Factor de Corrección por Energía**

$$N_{60} = \frac{N_{45}}{N_{60}} * N_{45 \text{ campo}}$$

$$N_{60} = \frac{45}{60} * N_{45 \text{ campo}}$$

Lopez M. R. (2003)

**Todo Tipo de Suelos**

**Todo Tipo de Suelos**

$$V_s = 69,76 * N^{0,401}$$

Bund. C. (2013)

**Velocidad Media de la Onda de Cortante**

$$V_{s30} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{V_{si}}}$$

NEC. (2015)

<b>Vs<sub>30</sub> (m/s)</b>
221,227

180 ≤ Vs ≤ 360
<b>SUELO TIPO D</b>

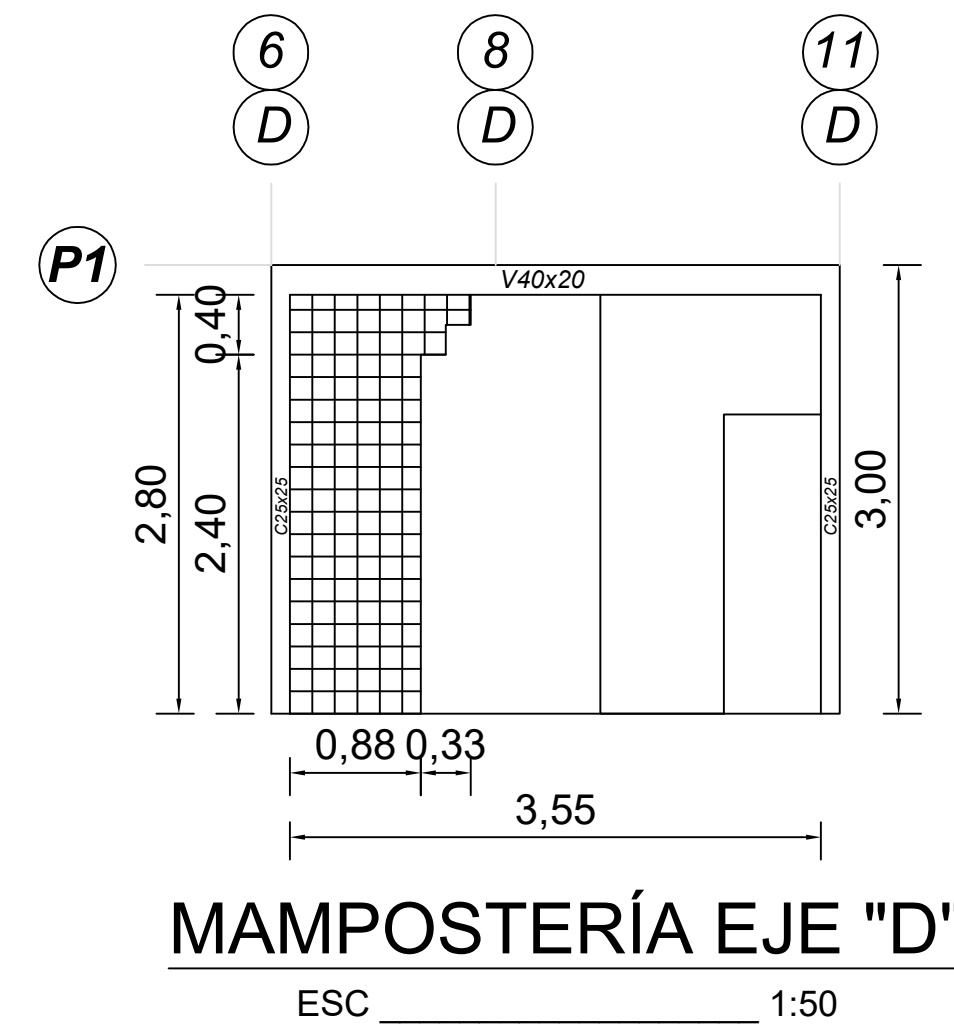
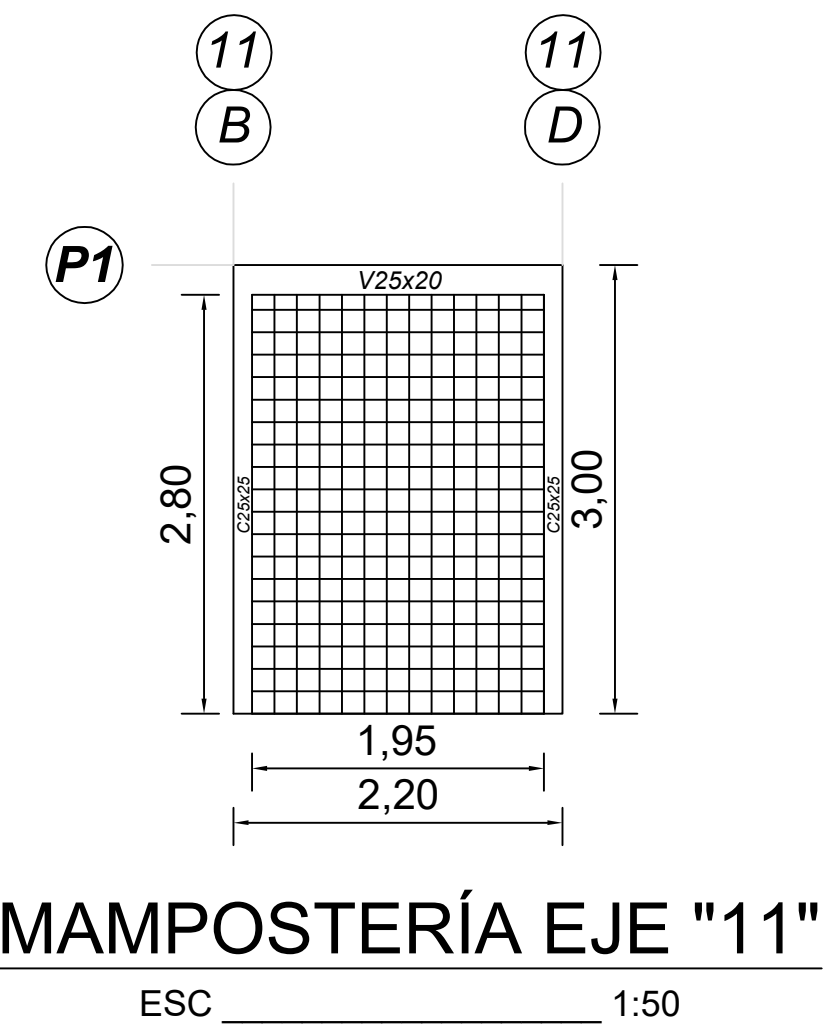
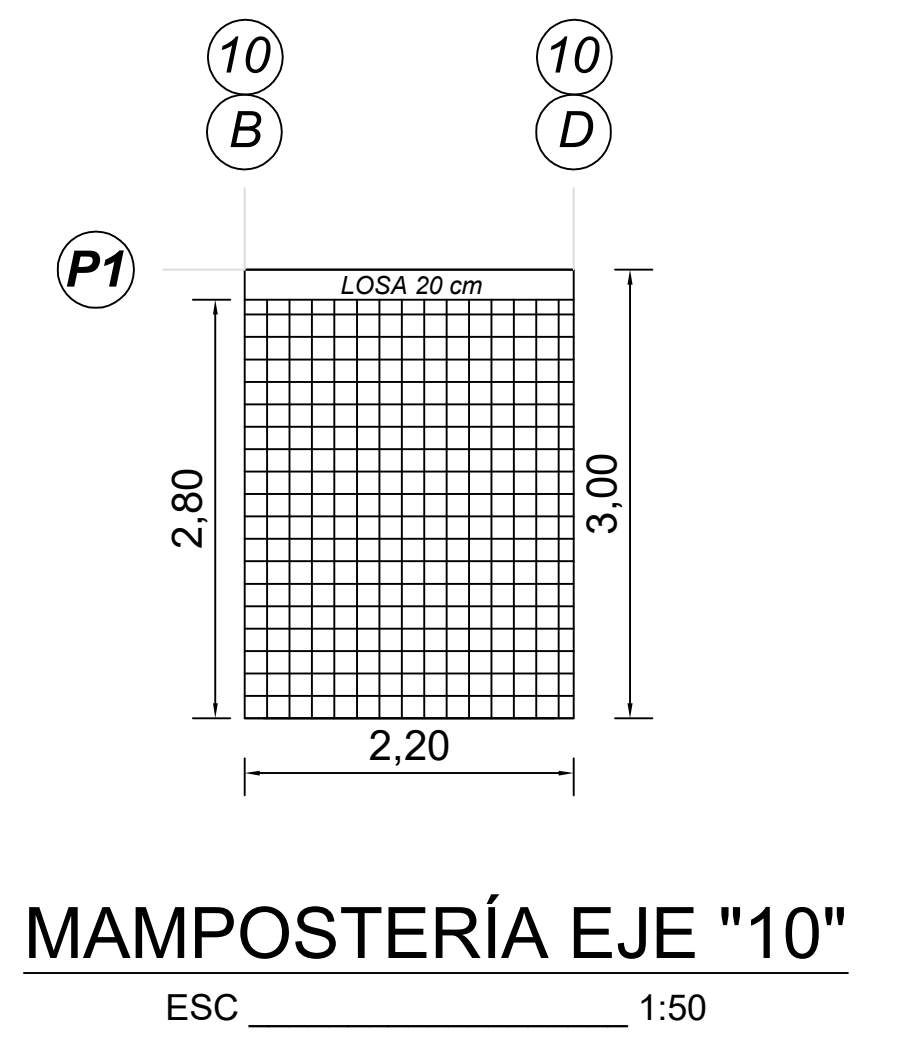
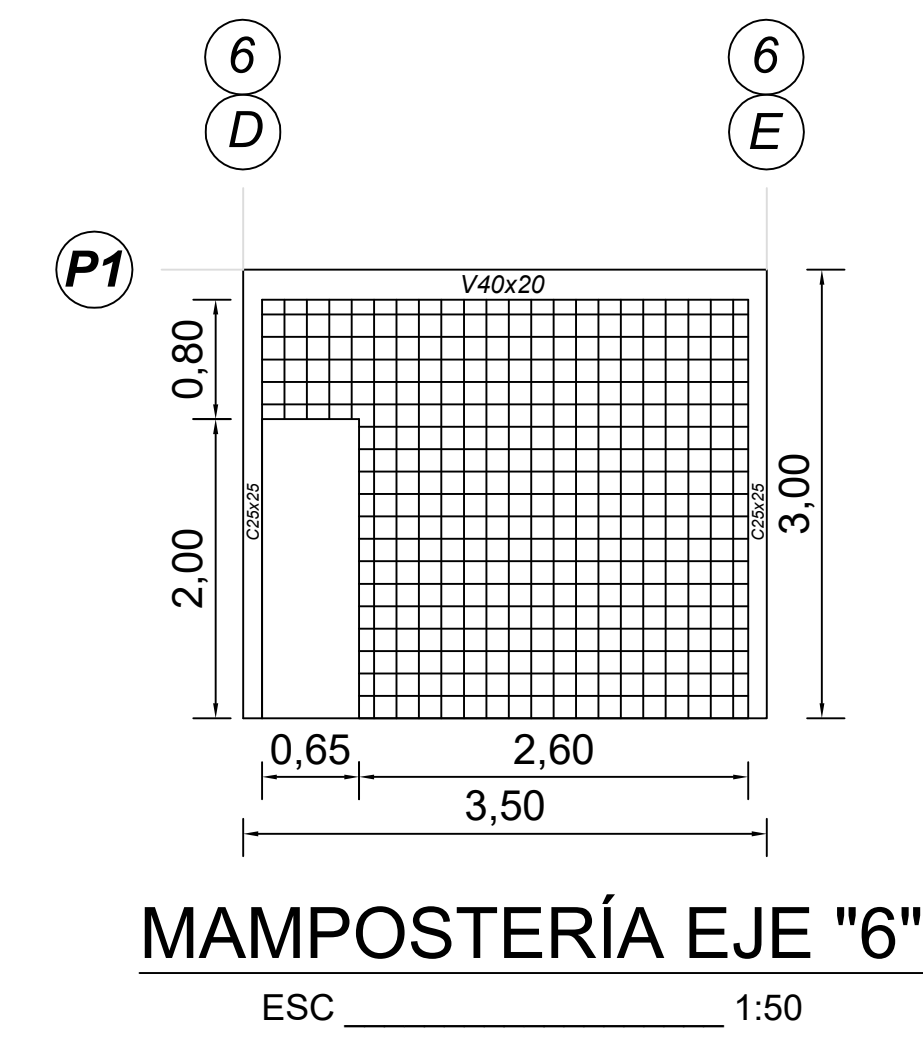
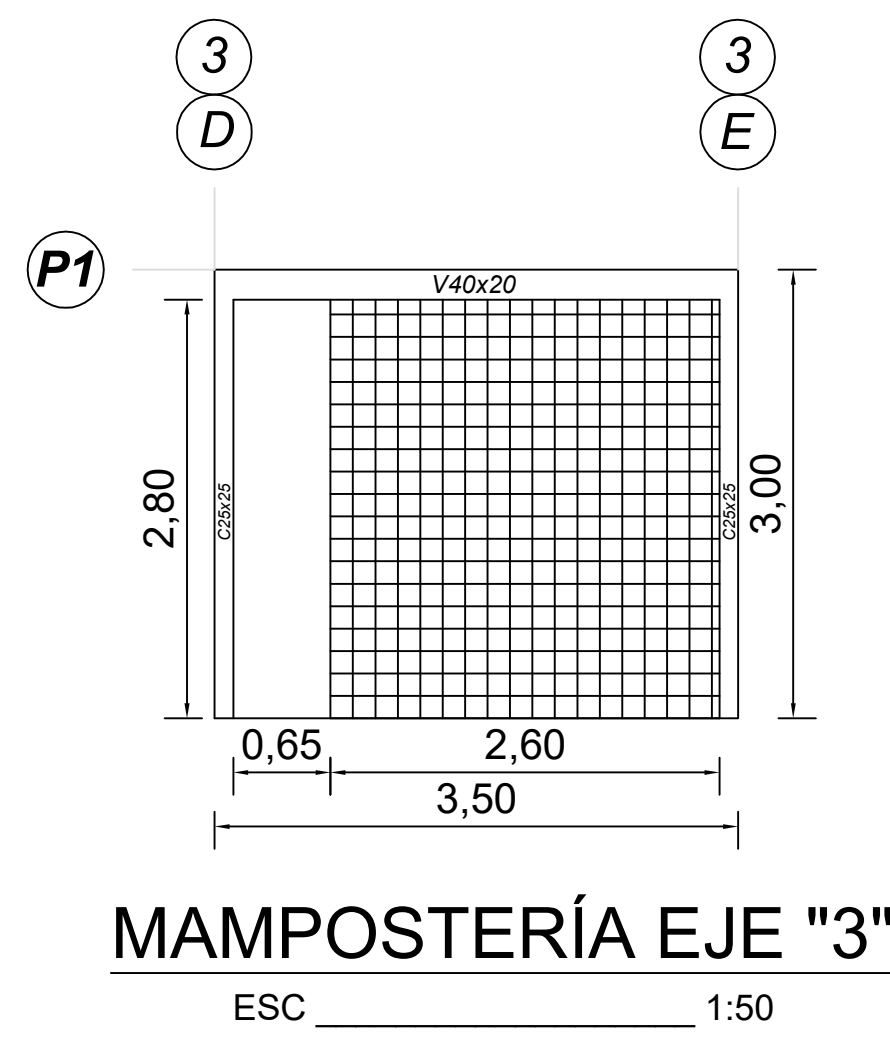
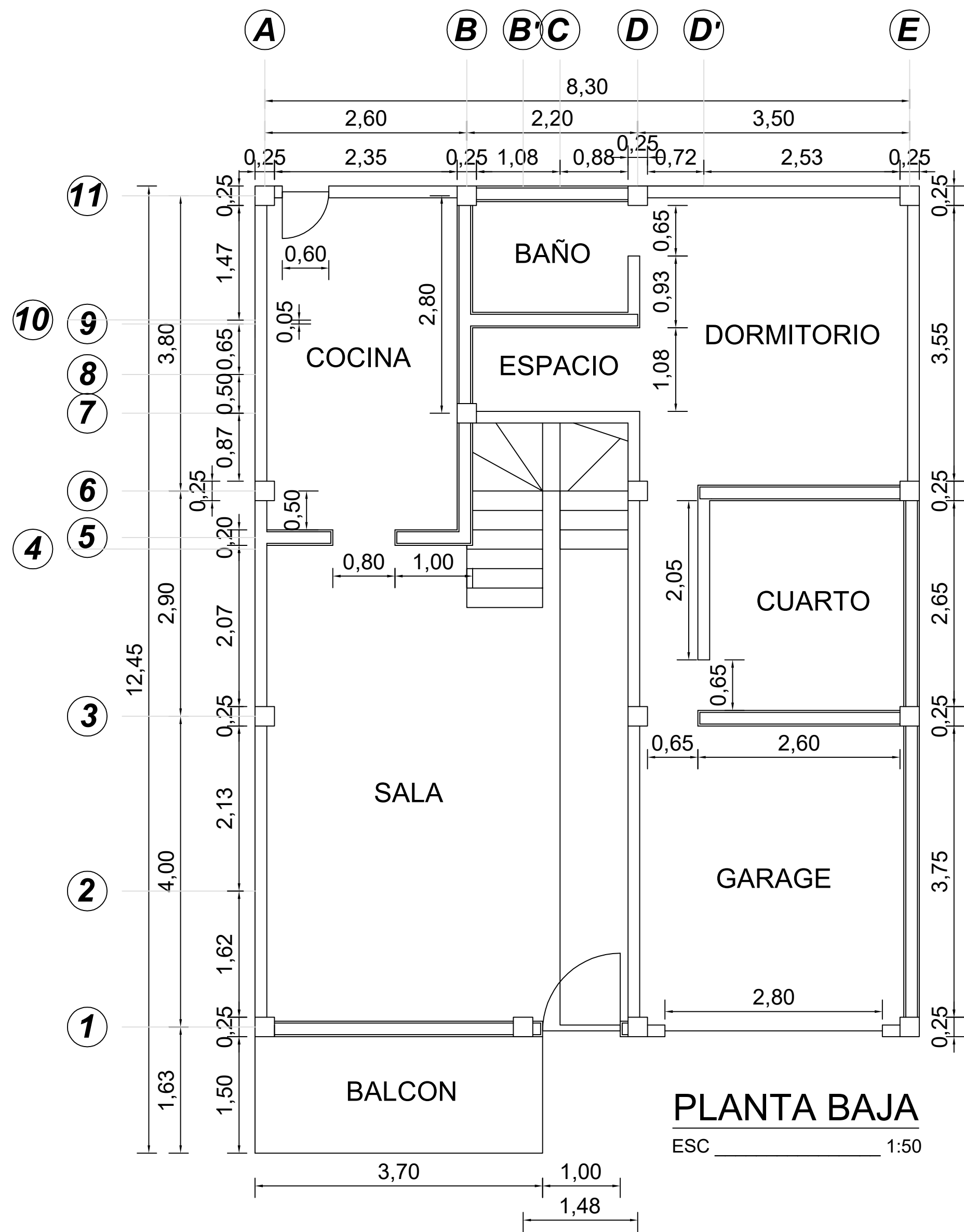
Figura 198: Vs<sub>30</sub> (m/s) (Todo Tipo de Suelos) – “Vivienda del Sr. Walter Santos”.

De acuerdo a los resultados de los dos cálculos y análisis efectuados, se pudo demostrar que la vivienda del Sr. Walter Santos, se encuentra cimentada sobre un:

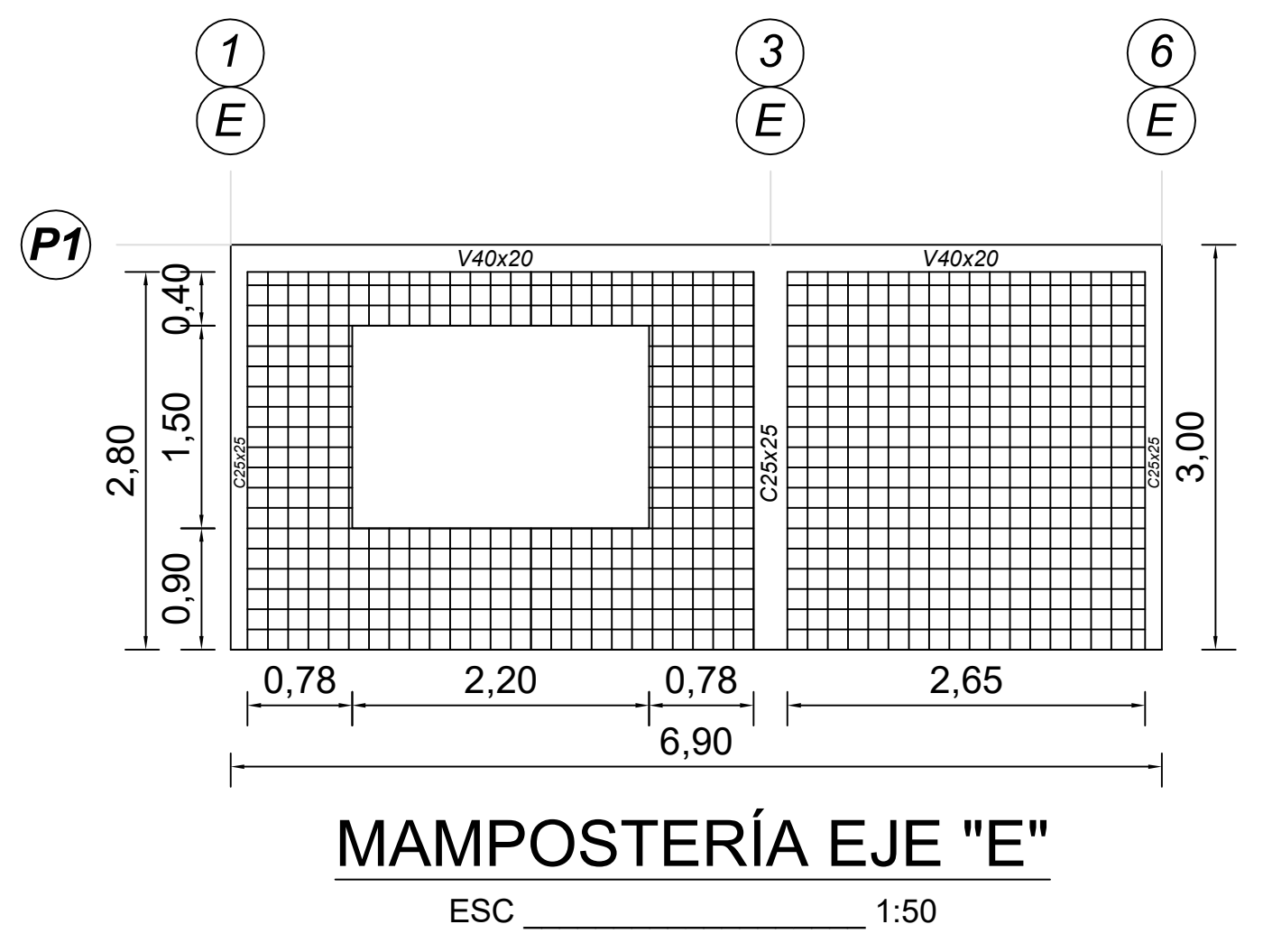
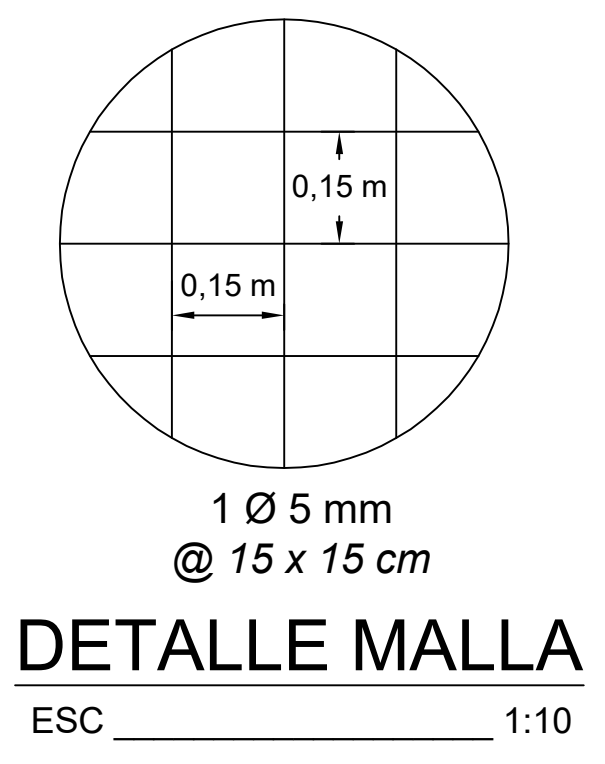
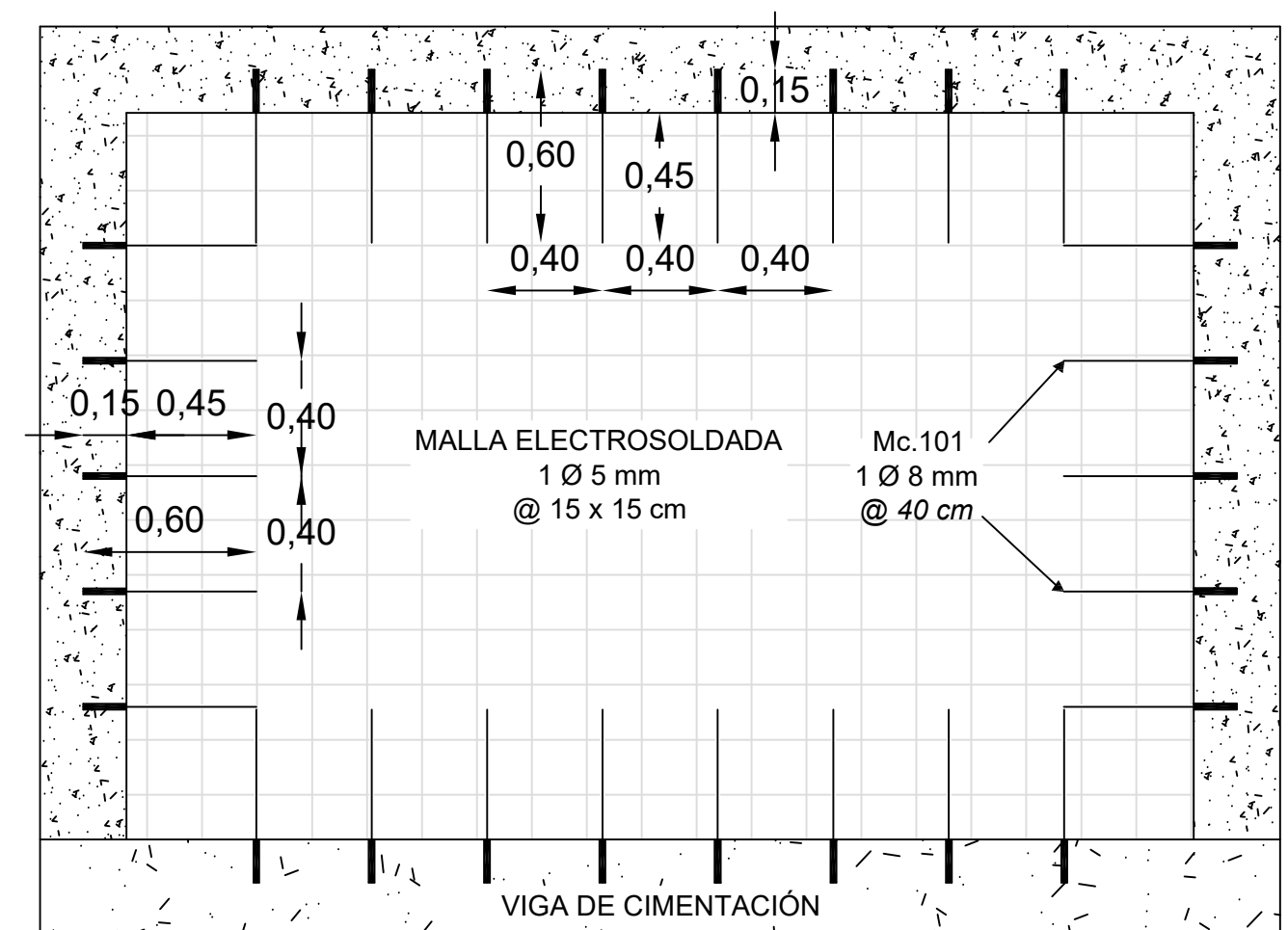
**SUELO TIPO D**

**ANEXO 2: PLANOS ESTRUCTURALES E1 –  
MAMPOSTERÍAS REFORZADAS, DETALLES Y  
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

**ANEXO 3: PLANOS ESTRUCTURALES E2 –  
MAMPOSTERÍAS REFORZADAS, MURETES,  
COLUMNETA, DETALLES Y CANTIDADES DE  
MATERIALES**

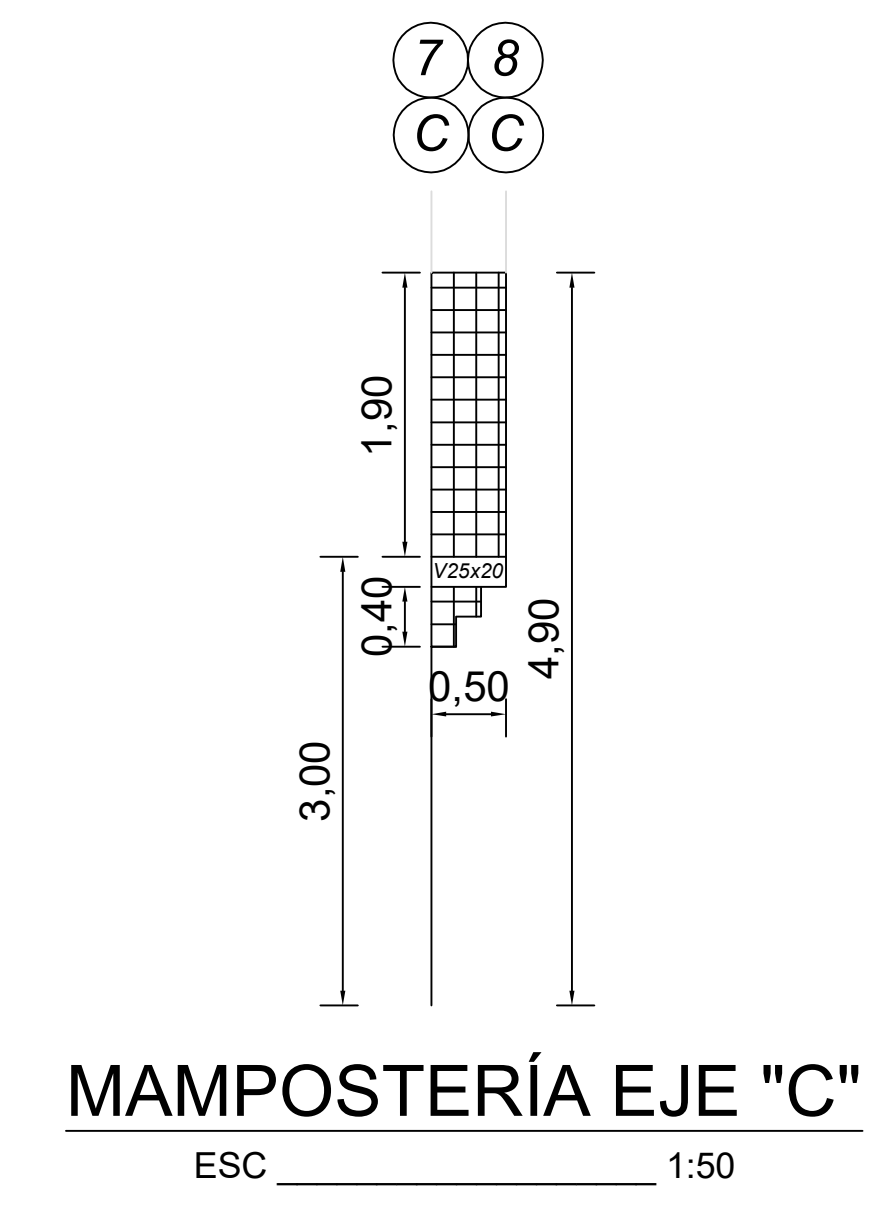
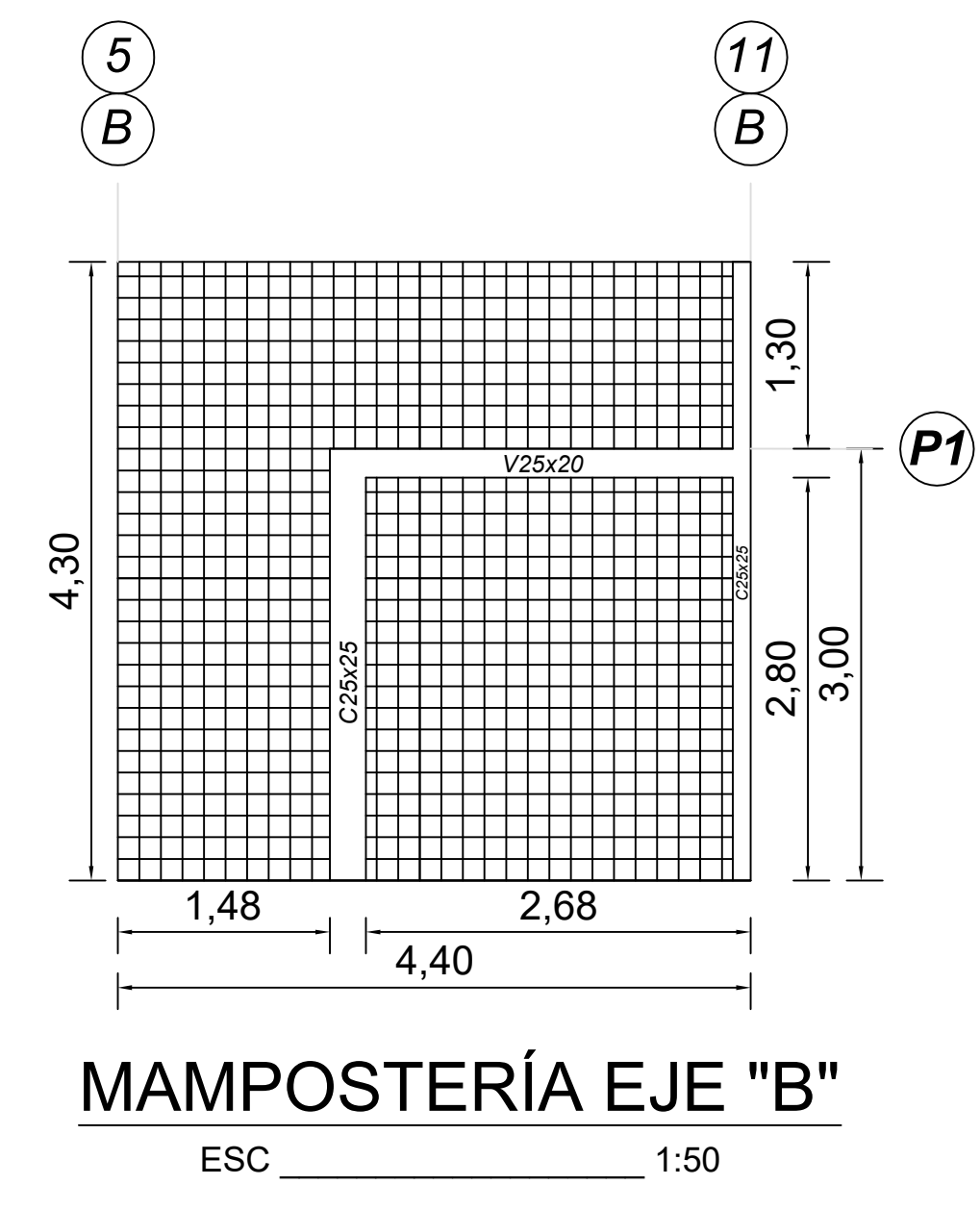
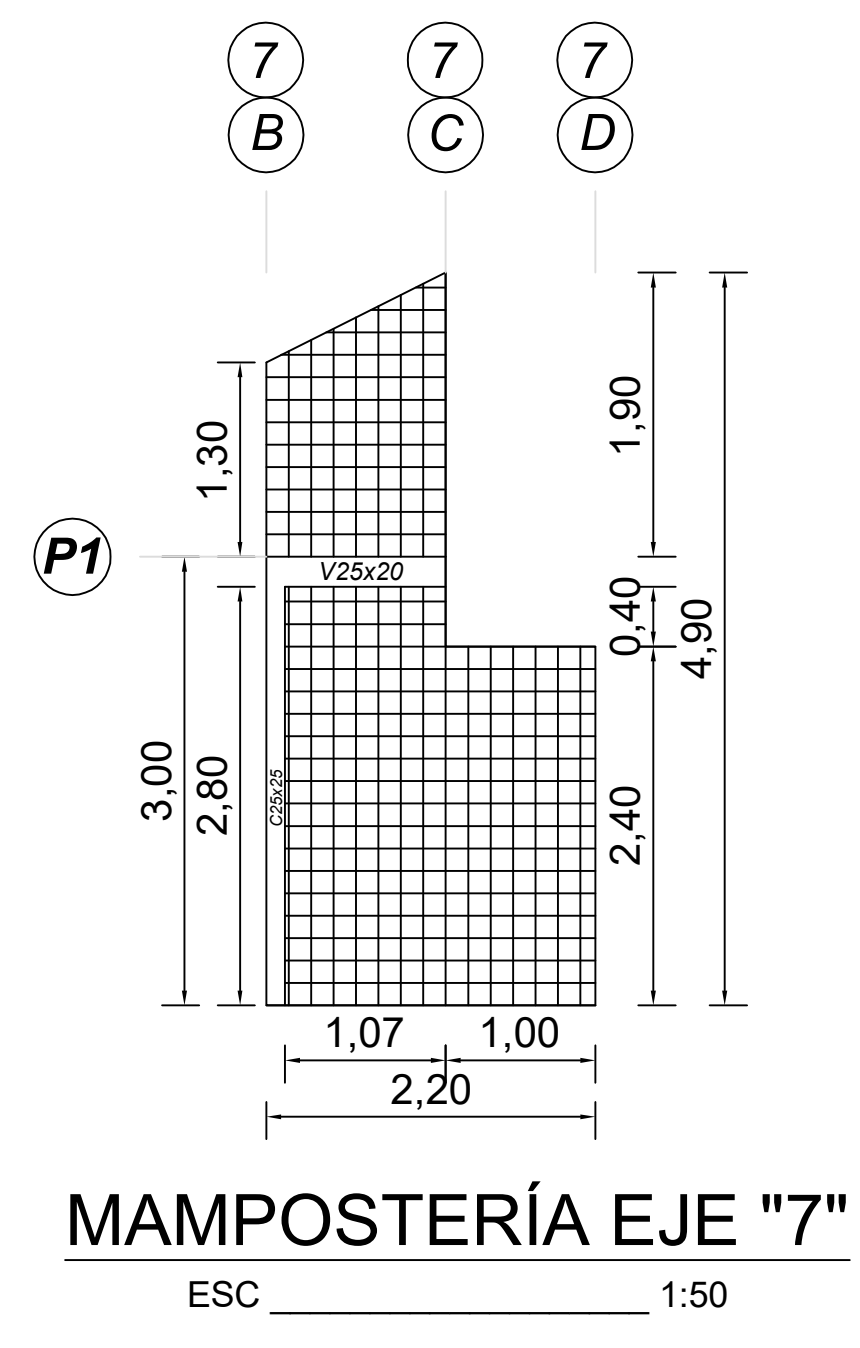
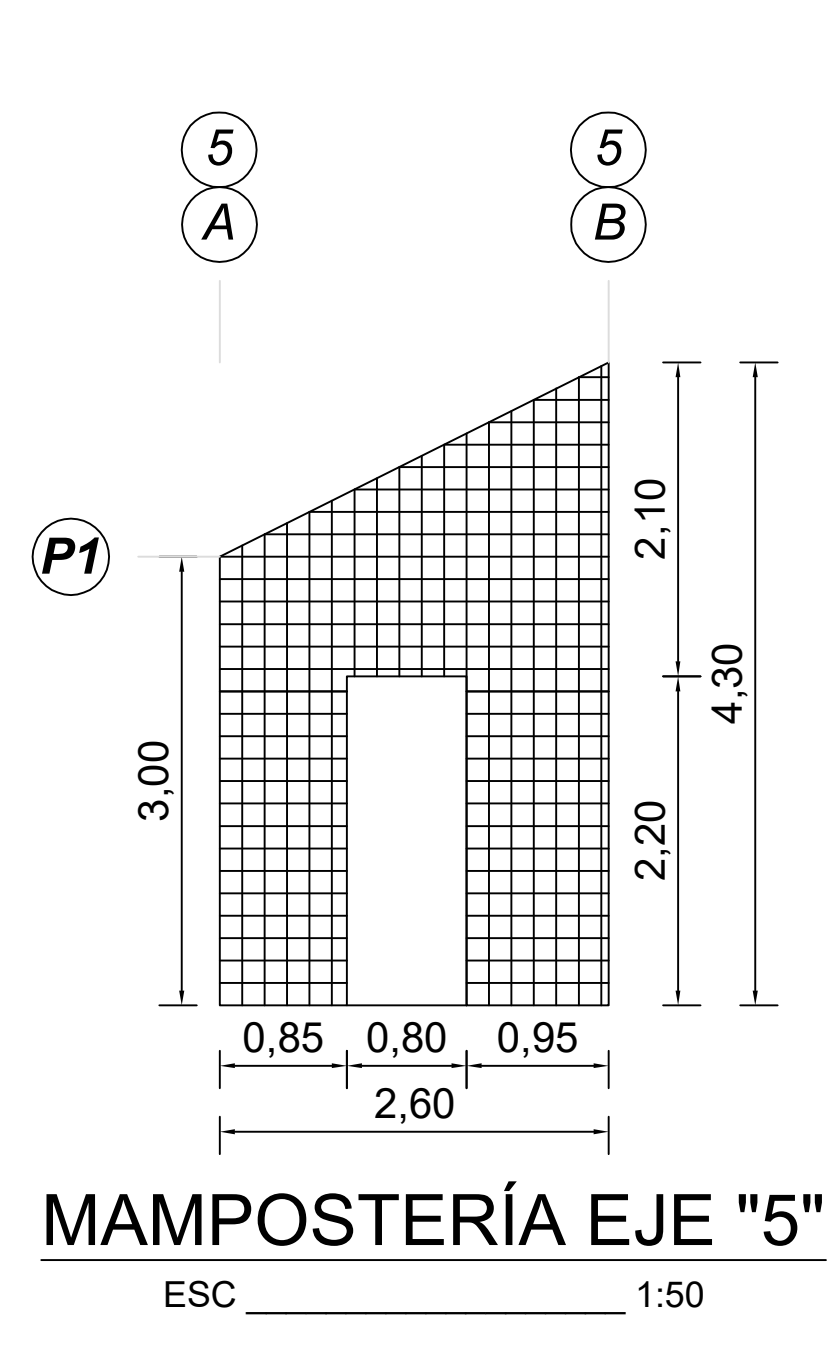
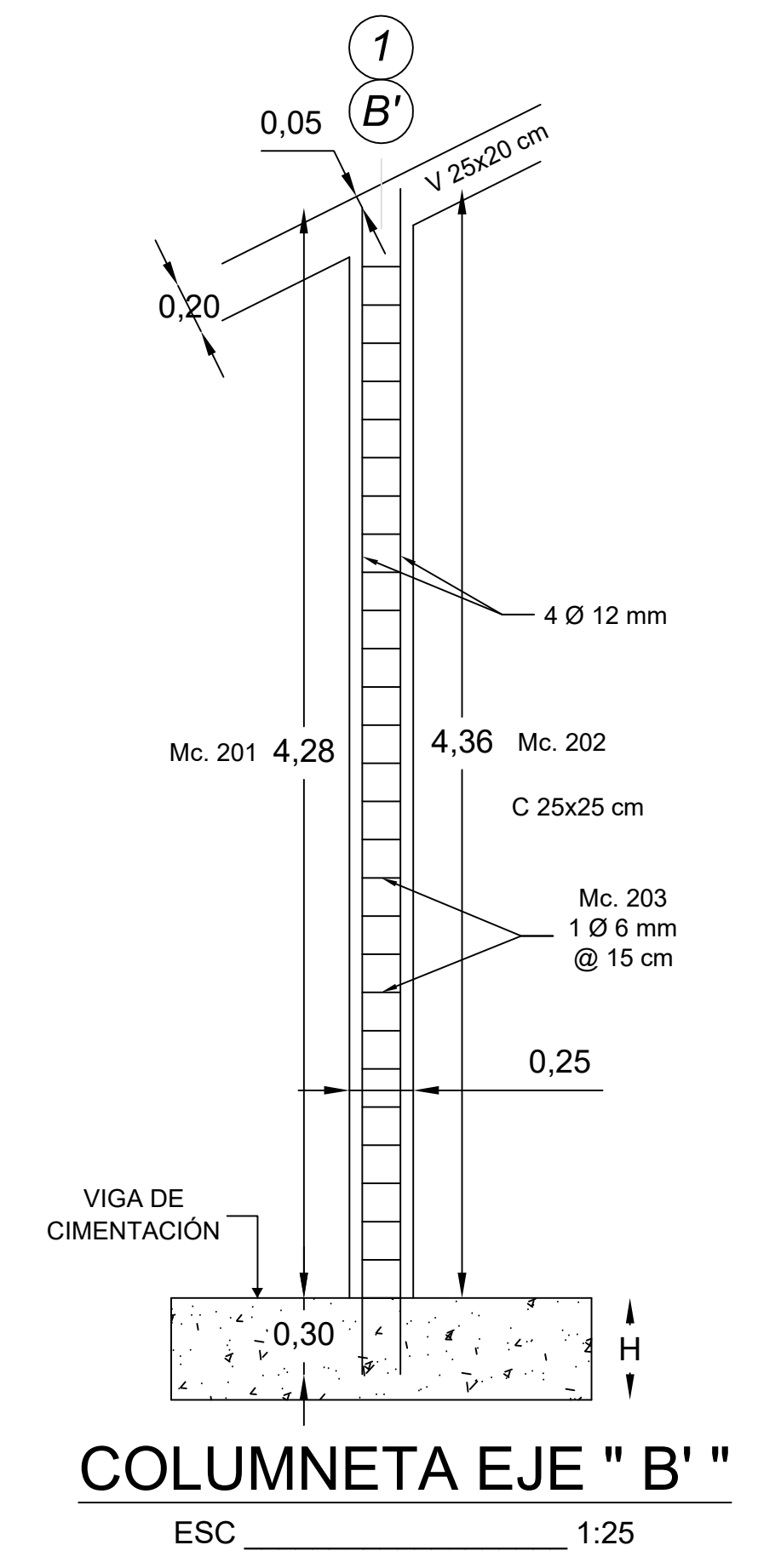
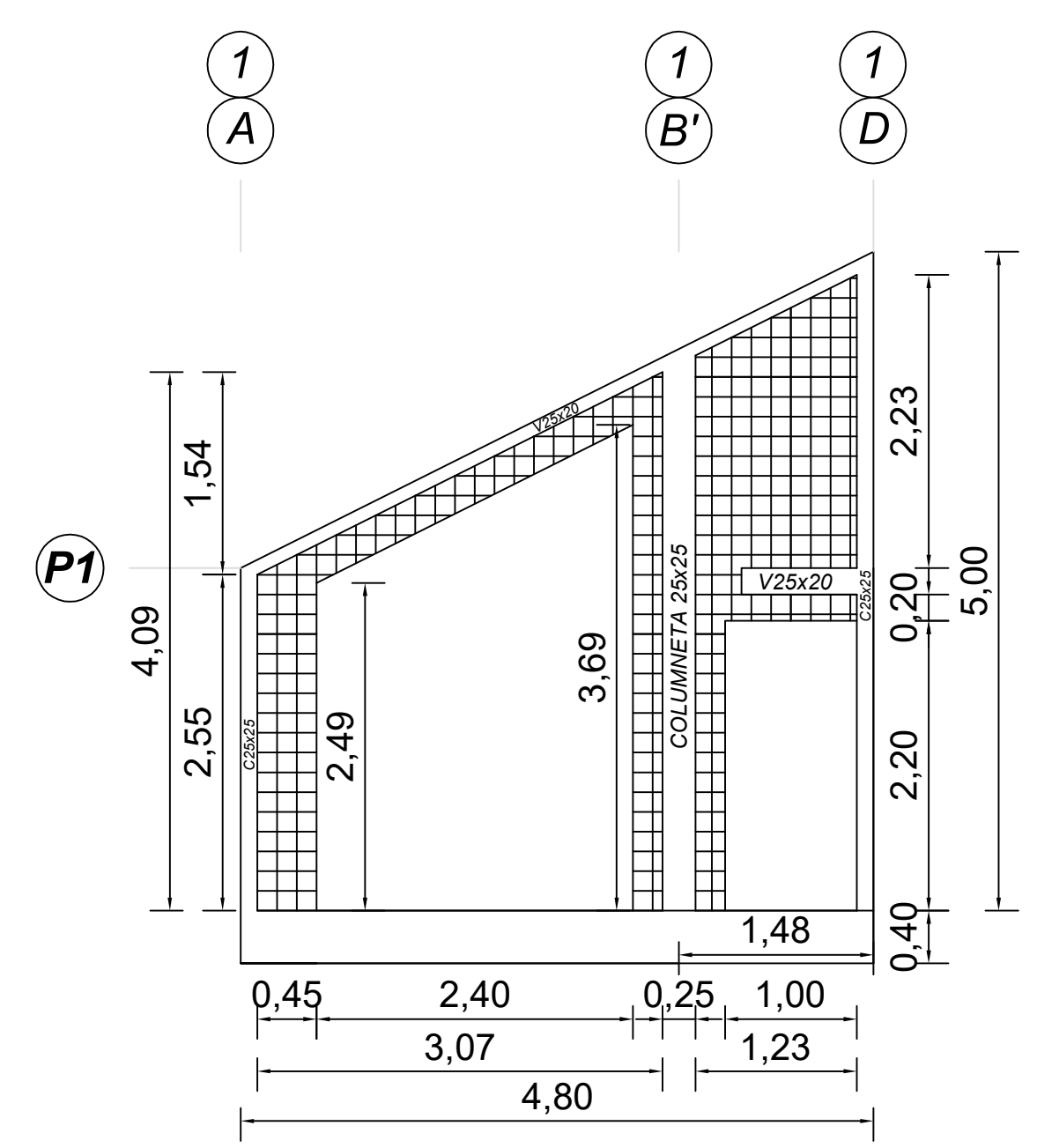
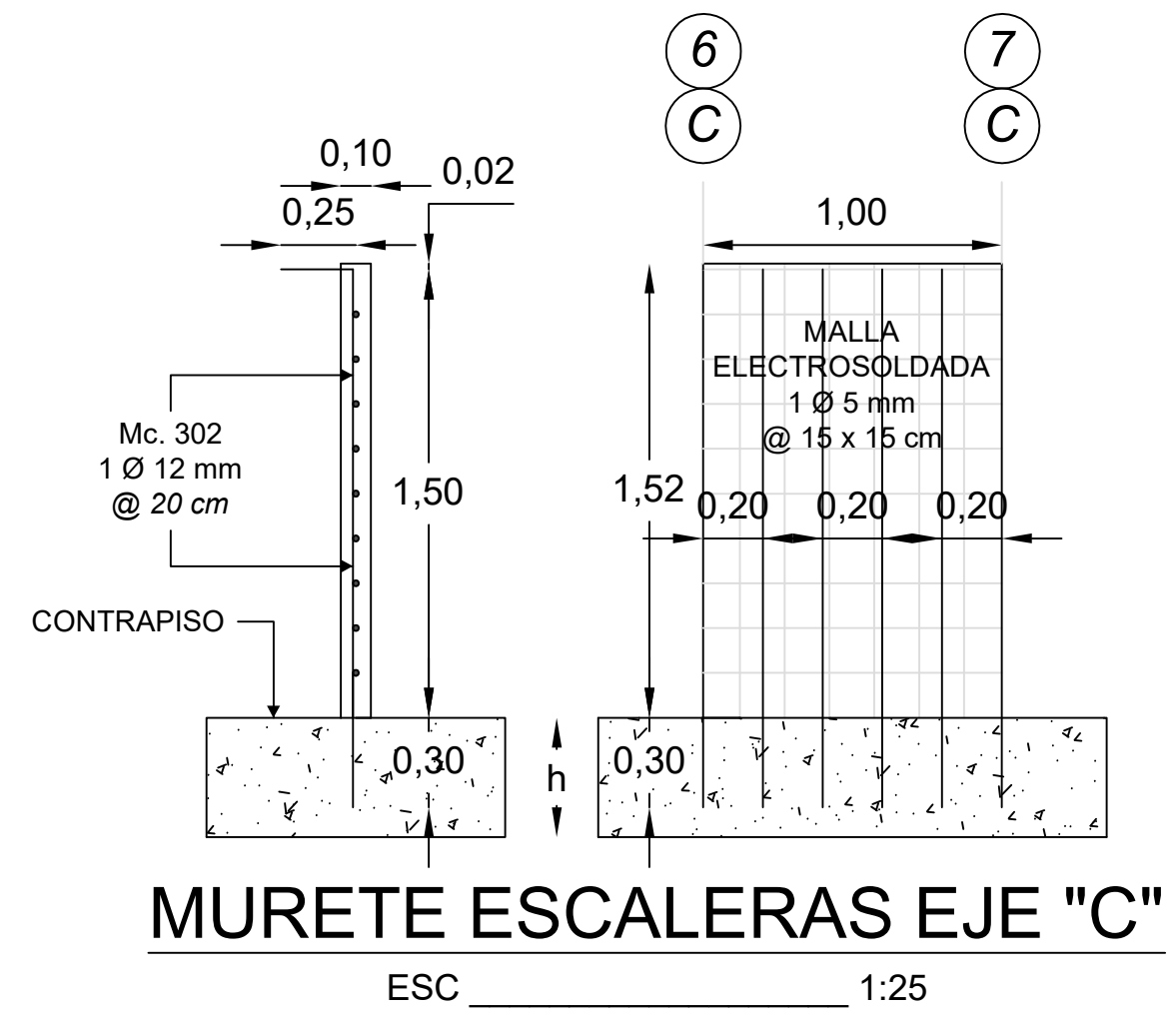
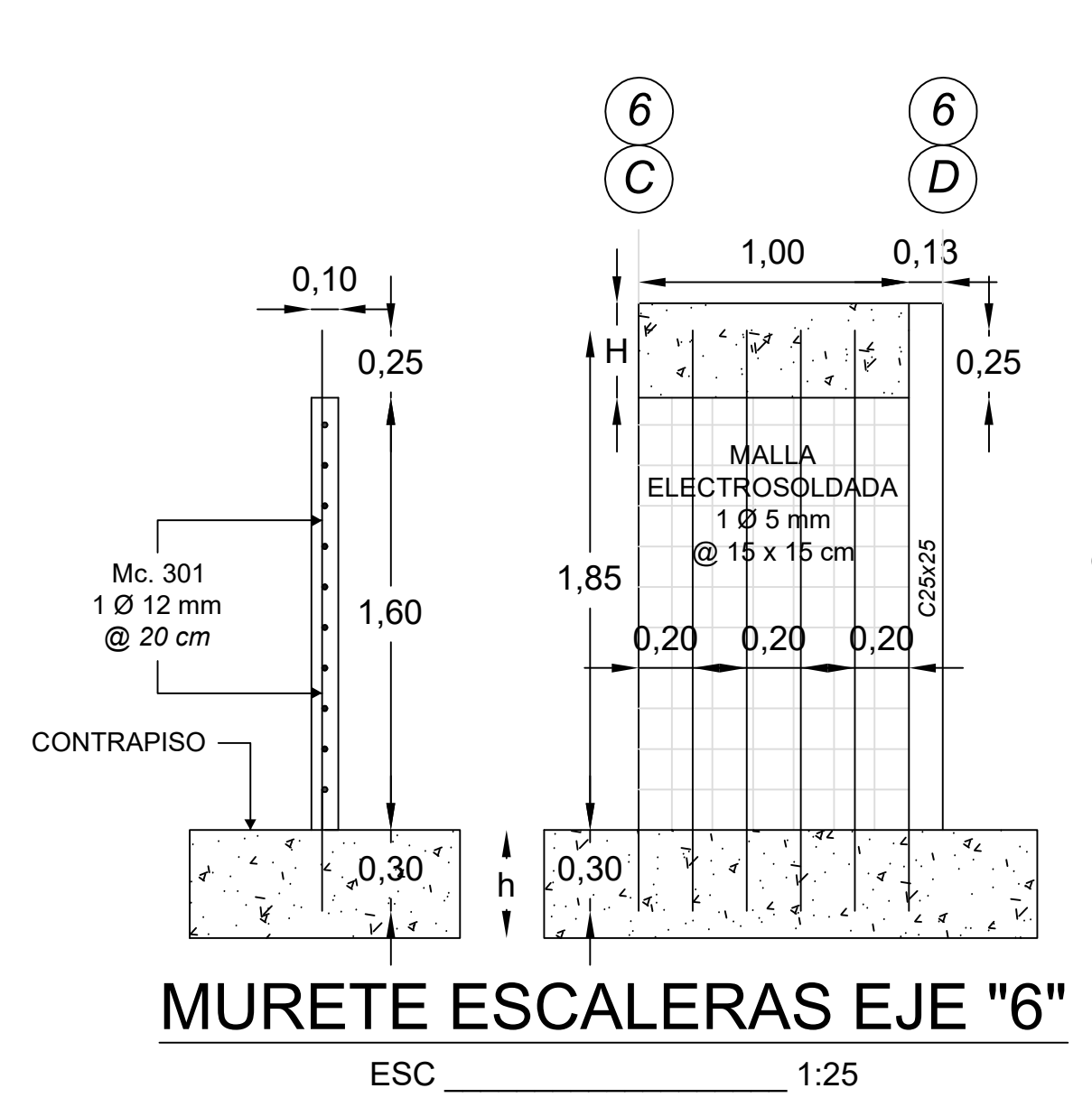
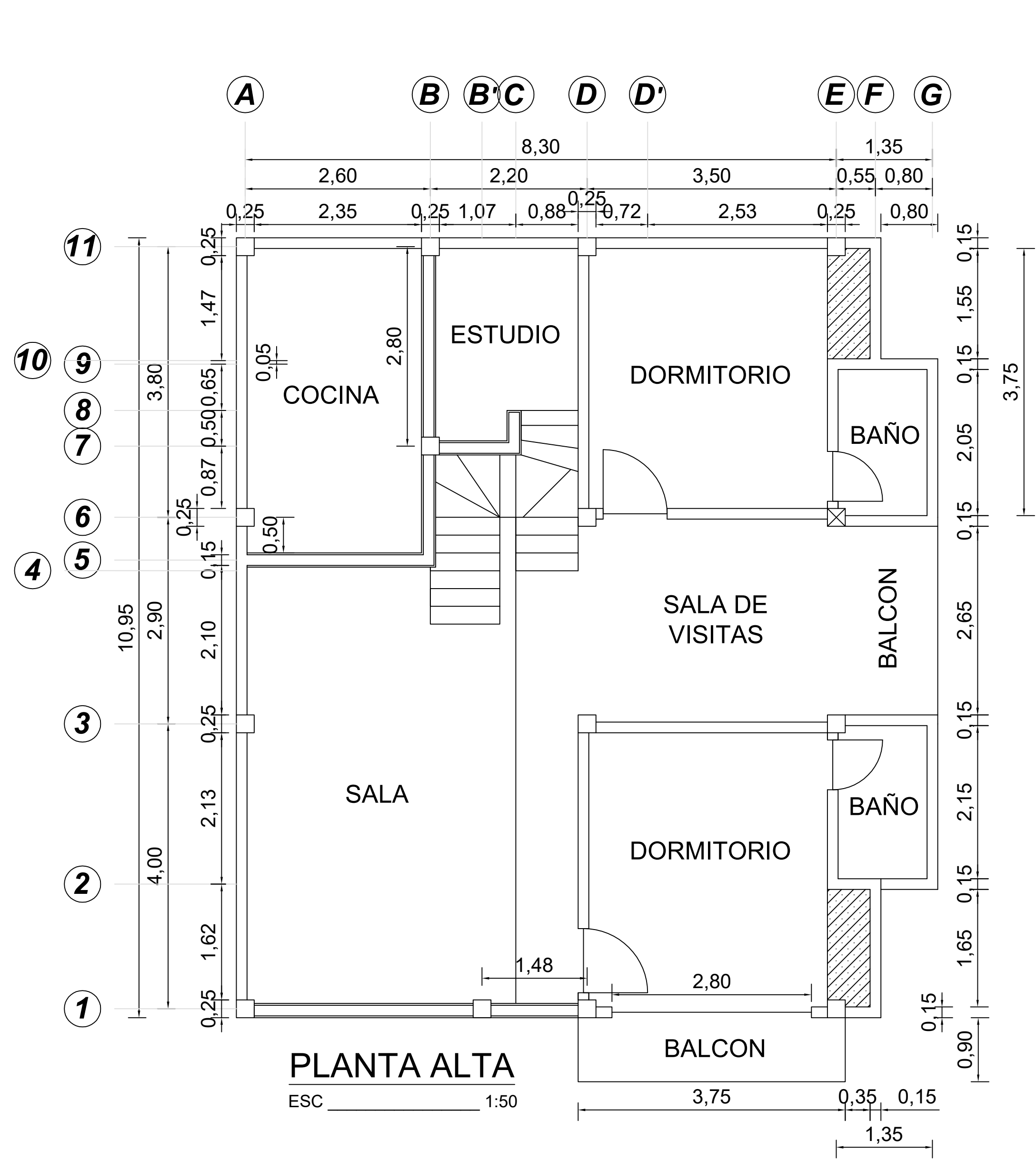


- ESPECIFICACIONES TECNICAS.-**
- HORMIGÓN  $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$  VER ESPECIFICACIONES TECNICAS COMPLETAS PARA EL HORMIGÓN EN LA MEMORIA DE CALCULO
  - ACERO ESTRUCTURAL  $f_y=4200 \text{ Kg/cm}$  EN FORMA DE VARILLA MILIMETRADA CORRUGADA
  - LOS GANCHOS DE LOS HIERROS DEBERAN TENER UN DOBLEZ DE  $135^\circ$
  - LAS DIMENSIONES AQUI INDICADAS DEBERAN SER COMPROBADAS CON EL PROYECTO ARQUITECTONICO ANTES DE PROCEDER CON LA CONSTRUCCION.
  - LOS NIVELES INDICADOS EN PLANOS ESTRUCTURALES SON DE CONTRAPISO.
  - EL ACERO ESTRUCTURAL DE LA COLUMNETA DE HORMIGÓN ARMADO, PUEDE SER DE UNA COLUMNETA PREFABRICADA QUE CUMPLA CON LAS ESPECIFICACIONES.



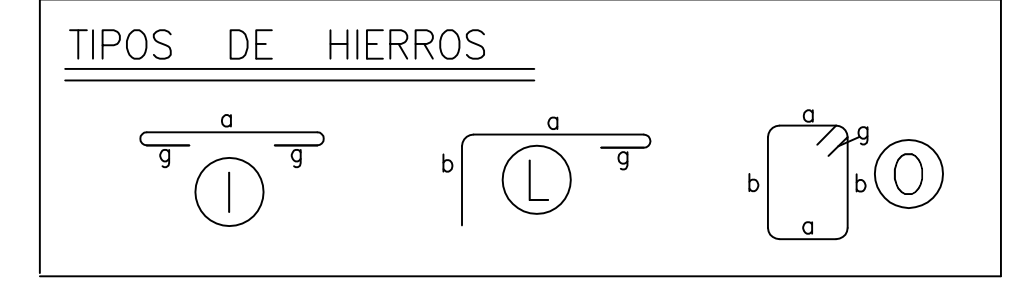
<b>PROYECTO:</b> REHABILITACIÓN DE LA VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS	
<b>UBICACIÓN:</b> JAIME ROLDOS Y PRIMERA TRANSVERSAL - ESQUINA CIUDAD: PEDERNALES	
<b>CÁLCULO Y DISEÑO :</b> DIEGO OSORIO ARROYO PUC	<b>CONTENIDO:</b> - MAMPOSTERÍAS REFORZADAS - DETALLES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
<b>REVISION Y APROBACION :</b> ING. MARCELO GUERRA MSc.-MgI, PROFESOR FACULTAD DE INGENIERIA PUC	<b>FECHA:</b> NOVIEMBRE 2017 <b>ESCALAS:</b> INDICADAS
<b>LAMINA NO. E1 DE 2</b>	<b>PROPIETARIO:</b> SR. WALTER SANTOS PROPIETARIO DEL INMUEBLE C.I. 17092867-2

**SELLOS MUNICIPALES:**



PLANILLA DE ACEROS									
Mc 100 - 200 - 300									
Marca (Mc.)	Tipo	φ (mm)	Nº	Dimensiones			Long. Corte	Long. Total	
				a	b	c			g
<b>MAMPOSTERIA CONTRACHAPADA</b>									
101	I	8	866	0,60			0,60	519,60	
<b>COLUMNETA DE HORMIGÓN ARMADO</b>									
201	I	12	2	4,58			4,58	9,16	
202	I	12	2	4,66			4,66	9,32	
203	O	6	27	0,15	0,15	2x0,05	0,70	18,90	
<b>MURETES DE HORMIGÓN ARMADO</b>									
301	I	12	6	2,15			2,15	12,90	
302	L	12	6	1,80	0,25		2,05	12,30	
		φ (mm)	6	8	10	12			
		W (kg/m)	0,22	0,395	0,617	0,888			
		L (m)	18,90	519,60	0	43,68			
		Peso (kg)	4,16	205,24	0,00	38,79			
			W total (kg)	248,19					

MATERIALES		CANTIDAD	
Hormigón f'c = 210 kg/cm2	Mampostería	4,15	m3
	Muretes	0,31	m3
	Columneta	0,27	m3
<b>TOTAL</b>		<b>4,74</b>	<b>m3</b>
Malla Electrosoldada φ 5 mm (@15x15 cm)	Mampostería	166,12	m2
	Muretes	3,12	m2
	<b>TOTAL</b>	<b>169,24</b>	<b>m2</b>



- ESPECIFICACIONES TECNICAS.-**
- HORMIGÓN f'c=210 Kg/cm<sup>2</sup> VER ESPECIFICACIONES TECNICAS COMPLETAS PARA EL HORMIGÓN EN LA MEMORIA DE CALCULO
  - ACERO ESTRUCTURAL fy=4200 Kg/cm EN FORMA DE VARILLA MILIMETRADA CORRUGADA
  - LOS GANCHOS DE LOS HIERROS DEBERAN TENER UN DOBLEZ DE 135°
  - LAS DIMENSIONES AQUI INDICADAS DEBERAN SER COMPROBADAS CON EL PROYECTO ARQUITECTONICO ANTES DE PROCEDER CON LA CONSTRUCCION.
  - LOS NIVELES INDICADOS EN PLANOS ESTRUCTURALES SON DE CONTRAPISO.
  - EL ACERO ESTRUCTURAL DE LA COLUMNETA DE HORMIGÓN ARMADO, PUEDE SER DE UNA COLUMNETA PREFABRICADA QUE CUMPLA CON LAS ESPECIFICACIONES.



**PROYECTO:** REHABILITACIÓN DE LA VIVIENDA DEL SR. WALTER SANTOS  
**UBICACIÓN:** JAIME ROLDOS Y PRIMERA TRANSVERSAL - ESQUINA CIUDAD: PEDERNALES

<b>CÁLCULO Y DISEÑO :</b> DIEGO OSORIO ARROYO PUCÉ	<b>CONTENIDO:</b> - MAMPOSTERÍAS REFORZADAS - MURETES - COLUMNETA - DETALLES Y CANTIDADES DE MATERIALES
<b>REVISIÓN Y APROBACIÓN :</b> ING. MARCELO GUERRA MSc.-MEd, PROFESOR FACULTAD DE INGENIERIA PUCÉ	<b>FECHA:</b> NOVIEMBRE 2017 <b>ESCALAS:</b> INDICADAS
<b>LAMINA NO. E2</b> DE 2	<b>PROPIETARIO:</b> SR. WALTER SANTOS PROPIETARIO DEL INMUEBLE C.I. 17092867-2

**SELLOS MUNICIPALES:**