



Universidad
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de
Ingeniería Civil

**Aplicación del Sistema de Gestión de Riesgos
de Desastres Sísmicos (GRDS) en las
edificaciones de albañilería confinada
en el distrito de Huancayo, 2016**

Alex Paúl Delgado Soto

Huancayo, 2017

Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a todas las personas involucradas en esta investigación, especialmente a aquellas que me permitieron analizar sus edificaciones, sin ustedes nada hubiera sido posible. A mi alma mater la Universidad Continental; de igual manera a mi asesor el Ing. Marko Antonio Lengua Fernández, por su consejo y guía que me permitió continuar con esta investigación.

A mis amigos y colegas que me apoyaron cuando se los solicité, gracias por su motivación y soporte, todos fueron esenciales para terminar esta investigación.

Asimismo, un agradecimiento especial a la Ing. Natividad Sánchez Arévalo y a la Ing. Nancy Montañez Huamán, por brindarme constantemente pautas que me permitieron culminar con éxito esta investigación.

Finalmente, pero no menos importante, a mi grandiosa familia por darme aliento en todo momento para no flaquear en esta importante cruzada.

A Dios por cada nuevo día y por darme su bendición.

A la memoria de mi abuelo Pablo que en paz descansa.

A Cacilda, mi madre, por toda su paciencia y su arduo trabajo.

A mi tía Consuelo por sus sabios consejos y respaldo.

A Adriana, amiga, compañera y mi motivación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xxi
INTRODUCCIÓN	xxiii

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema	2
1.2. Delimitación del tema	12
1.3. Objetivos	13
1.4. Hipótesis y descripción de variables	14
1.5. Metodología de investigación	17

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres (Sinagerd)	21
2.1.1. Antecedentes	24
2.1.2. Falla del Huaytapallana	33
2.2. La albañilería confinada en el Perú	42
2.2.1. Proceso constructivo	44
2.2.1.1. Cimentaciones	46
2.2.1.2. Muros de albañilería	49
2.2.1.3. Columnas de confinamiento	52

2.2.1.4. Vigas	53
2.2.1.5. Losas	54
2.2.2. Diseño estructural	55
2.2.2.1. Proyecto Chimbote 70	56
2.2.2.2. Diseño estático	63

CAPÍTULO III

RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1. Población y muestra	78
3.1.1. Población	78
3.1.2. Muestra	79
3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	80
3.2.1. Documento de solicitud para un representante de la edificación	81
3.2.2. FEFR basado en el Proceso Constructivo	82
3.2.3. FEFR basado en el Diseño Estructural	85
3.3. Técnicas de análisis de datos	86
3.4. Calibración del esclerómetro	87

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MUESTRA

4.1. Obtención de la vulnerabilidad a nivel de procesos constructivos	92
4.1.1. Características de la edificación	92
4.1.2. Muros de albañilería	94
4.1.3. Elementos de confinamiento – columnas	104
4.1.4. Elementos de confinamiento – vigas	110
4.1.5. Elementos de confinamiento – losas	116
4.1.6. Comentarios acerca de la vulnerabilidad a nivel constructivo	122
4.2. Obtención de la vulnerabilidad a nivel estructural	123
4.2.1. Comentarios acerca de la vulnerabilidad estructural	127
4.3. Obtención del nivel de peligro	131

4.4. Obtención del nivel de riesgo	132
4.4.1. Escenario ante un sismo moderado	135
4.4.2. Escenario ante un sismo severo	137
4.5. Factores de riesgo	138
4.5.1. Ausencia de elementos de confinamiento	139
4.5.2. Uso de ladrillo artesanal en muros portantes	143
4.5.3. Uso de ladrillo pandereta en muros portantes	144
4.5.4. Problemas en el mantenimiento de los elementos estructurales	145

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TRES EDIFICACIONES REPRESENTATIVAS

5.1. Descripción de las edificaciones representativas	148
5.2. Edificación 1	149
5.2.1. Verificación simplificada de la edificación 1	150
5.2.1.1. Comportamiento ante esfuerzos de gravedad	151
5.2.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmico	154
5.2.2. Verificación con Etabs de la edificación 1	165
5.3. Edificación 41	185
5.3.1. Verificación simplificada de la edificación 41	186
5.3.1.1. Comportamiento ante esfuerzos de gravedad	188
5.3.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmico	190
5.3.2. Verificación con Etabs de la edificación 41	201
5.4. Análisis estructural de la edificación 45	221
5.4.1. Verificación simplificada de la Edificación 45	222
5.4.1.1. Comportamiento ante esfuerzos de gravedad	223
5.4.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmicos	226
5.4.2. Verificación con Etabs de la Edificación 45	237
5.5. Análisis de resultados y comentarios	258
5.5.1. FEFR de la edificación 1.	263
5.5.2. FEFR de la edificación 41	266
5.5.3. FEFR de la edificación 45	269

CAPÍTULO VI

PLANTEAMIENTOS DE SOLUCIÓN

6.1. Medidas preventivas para la buena construcción de las edificaciones	273
6.2. Planteamiento de medidas de restauración	277
6.2.1. Ausencia de elementos de confinamiento	279
6.2.1.1. Ausencia de columnas de confinamiento	279
6.2.1.2. Ausencia de vigas de confinamiento	284
6.2.1.3. Ausencia de losas	288
6.2.2. Uso de ladrillo no reglamentario	288
6.2.2.1. Uso de unidades artesanales	289
6.2.2.2. Uso de unidades pandereta	294
6.2.3. Mantenimiento de los elementos estructurales	298
6.2.3.1. Humedad por ruptura de tuberías	298
6.2.3.2. Humedad por ascensión capilar en los muros	303
6.2.3.3. Mantenimiento ante filtración en losas	307
6.3. Especificaciones para el uso de aditivos	311
6.3.1. Especificaciones para el uso de Sikadur 32 Gel	311
6.3.2. Especificaciones para el uso de Sikarapid 1	312
6.3.3. Especificaciones para el uso de Sika 1	313
6.3.4. Especificaciones para el uso de Sikaflex 11FC +	314
6.3.5. Especificaciones para el uso de Sika Techo 3	315
CONCLUSIONES	317
RECOMENDACIONES	319
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	321
ANEXOS	324
ANEXO 1: Tabla de los terremotos a nivel nacional	325
ANEXO 2: Planos de las edificaciones analizadas según CH 70	331
ANEXO 3: Cartilla de prevención	418

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cinturón de fuego del Pacífico	4
Figura 2. Yungay y Ranrahirca tras el alud que sepultó ambos centros poblados	5
Figura 3. Mapa de peligros de Pisco y San Andrés realizado tras el terremoto de 2007	5
Figura 4. Mapa político distrital de Huancayo	6
Figura 5. Grieta perteneciente a la falla del Huaytapallana	7
Figura 6. Edificaciones ubicadas en el distrito de Huancayo	8
Figura 7. Edificaciones ubicadas en el distrito de Huancayo	9
Figura 8. Clasificación de zona residencial y comercial	10
Figura 9. Zonificación inicial de edificaciones del distrito de Huancayo	11
Figura 10. Izquierda: foto de Huancayo 1940, derecha: Huancayo hoy	11
Figura 11. Huancayo ubicado a la margen izquierda del río Mantaro	13
Figura 12. Ciudades provinciales analizadas por Indeci	25
Figura 13. Portada del estudio Ciudades Sostenibles para la ciudad de Huancayo	26
Figura 14. Portada del Diagnóstico Urbano, 2015-2025	29
Figura 15. Zonas de riesgo en el ACMH, focalizado distrito de Huancayo	30
Figura 16. Diferencia entre el Área Central Metropolitana de Huancayo (ACMH)	31
Figura 17. Portada de la UNISDR	32
Figura 18. Portada del Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015	32
Figura 19. Izquierda: foto del Volcán: “Nevado del Ruiz”, derecha: Armero	33
Figura 20. Mapa de escenario de Peligros Naturales de la provincia de Huancayo	34
Figura 21. Laguna Lazo Huntay (izquierda) y Chuspicocha (derecha)	35
Figura 22. Fotografía en el distrito de La Molina tras el terremoto de 1940	37
Figura 23. Ubicación de los 78 movimientos alrededor de la falla del Huaytapallana	40
Figura 24. Falla del Huaytapallana tras el sismo de 1969 en el distrito de Pariahuanca	41
Figura 25. Construcción de cimientos, cimiento corrido	47
Figura 26. Autoconstrucción de cimentación	47
Figura 27. Detalle de cimiento y sobrecimiento típico	49
Figura 28. Unidad de albañilería sólida, King Kong 30% Tipo V - LARK	51
Figura 29. Muro de albañilería confinada, conexión dentada	51
Figura 30. Dientes de los muros de albañilería y columneta para albergar las tuberías	52
Figura 31. Cangrejera presentada en la base de la columna	53
Figura 32. Proceso constructivo de muro de albañilería confinada armado	53
Figura 33. Proceso constructivo de vigas de confinamiento y losa	55
Figura 34. Relación directa entre la densidad de muros y el nivel de daño	57
Figura 35. Método del cálculo del espesor efectivo del muro	64
Figura 36. Imagen comparativa de las zonas sísmicas	65
Figura 37. Zonificación del distrito de Huancayo E.030-2016	65
Figura 38. Cálculo de la densidad mínima de muros	66

Figura 39. Mapa de la capacidad portante de los suelos de la provincia de Huancayo	67
Figura 40. Valores del factor de Zona (Z) en función a su ubicación geográfica	70
Figura 41. Valores del factor de Uso (U) en función a su descripción	71
Figura 42. Valores de los periodos de vibración (Tp, Tl) en función al tipo de suelo	72
Figura 43. Valores del factor de Suelo (S) en función al factor de Zona (Z)	73
Figura 44. Tabla N° 7: Valores del coeficiente básico de reducción (Ro); Tablas N° 8 y N° 9	74
Figura 45. Extracto de la normativa para efectos de torsión en el diseño	75
Figura 46. Cálculo del Peso (P) de la estructura	76
Figura 47. Documento para darle formalidad a la inspección	81
Figura 48. Ficha de Estimación de Factores de Riesgo (FEFR) 1/4	82
Figura 49. Ficha de Estimación de Factores de Riesgo (FEFR) 2/4	83
Figura 50. Ficha de Estimación de Factores de Riesgo (FEFR) 3/4	84
Figura 51. Ficha de Estimación de Factores de Riesgo (FEFR) 4/4	85
Figura 52. Ensayo con esclerómetro aplicado a los elementos estructurales	87
Figura 53. Instrumentos para determinar la resistencia a la compresión	88
Figura 54. Probetas antes y después del ensayo a la compresión	88
Figura 55. Edificaciones con diferente sistema estructural	94
Figura 56. Tres edificaciones de albañilería confinada con distintos tipos de unidades	95
Figura 57. Unidades de albañilería confinada dispuesta en soga y en cabeza	97
Figura 58. Unidades de albañilería confinada que muestran buena adherencia	98
Figura 59. Conexión dentada en una de las edificaciones analizadas	99
Figura 60. Espesor de juntas en muros analizados, varían de 1 a 3 centímetros	101
Figura 61. Tuberías que cruzan los muros portantes de las edificaciones	103
Figura 62. Muros con eflorescencia en las unidades artesanales	104
Figura 63. Edificaciones de albañilería confinada sin columnas de confinamiento	106
Figura 64. Edificaciones de albañilería confinada con cangrejeras en las columnas	107
Figura 65. Resistencia a la compresión en columnas	110
Figura 66. Edificaciones de albañilería confinada analizadas sin vigas de confinamiento	111
Figura 67. Vigas dinteles en los vanos	113
Figura 68. Cangrejeras en las vigas	114
Figura 69. Resistencia a la compresión en vigas	116
Figura 70. Edificación de albañilería confinada analizada que no presentan losa	118
Figura 71. Edificación de albañilería confinada analizada con losa aligerada de 20 cm	119
Figura 72. Cangrejera en la vigueta de la losa aligerada	120
Figura 73. Toma de muestra de la resistencia a la compresión de la losa	122
Figura 74. Vivienda de albañilería confinada a analizar con el estudio CH-70	124
Figura 75. Dibujo del plano de la edificación para ser sometida a estudio CH-70	124
Figura 76. Densidad de muros conforme al estudio CH-70	125
Figura 77. Edificación de albañilería confinada (N° 007)	128

Figura 78. Edificación de albañilería confinada (N° 030)	129
Figura 79. Edificación de albañilería confinada (N° 006)	129
Figura 80. Muro mayor a tres metros sin elementos de confinamiento	140
Figura 81. Comportamiento estructural de la albañilería confinada ante un sismo	140
Figura 82. Falla por esfuerzo de corte en los muros de albañilería confinada	141
Figura 83. Falla por esfuerzo a flexión en los muros de albañilería confinada	142
Figura 84. Fallas en los muros por ausencia de elementos de confinamiento	142
Figura 85. Edificación de cuatro niveles con unidades artesanales	143
Figura 86. Edificación de cuatro niveles con unidades pandereta	144
Figura 87. Defectos por falta de mantenimiento	145
Figura 88. Vista panorámica de la edificación analizada 1	149
Figura 89. Edificación analizada 1, plano utilizado para el estudio CH-70	150
Figura 90. Direccionamiento de las losas aligeradas de 25 cm	150
Figura 91. Muro 4Y perteneciente a la edificación 1	153
Figura 92. Valores del factor de zona (Z) en función a su ubicación geográfica	157
Figura 93. Valores del factor de uso (U) en función a su descripción	157
Figura 94. Valores del factor de suelo (S) en función al factor de zona (Z)	158
Figura 95. Valores de los periodos de vibración (Tp, Tl) en función al tipo de suelo	158
Figura 96. Cálculo del factor de amplificación sísmica (C)	158
Figura 97. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 2X	162
Figura 98. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 1Y	163
Figura 99. Cálculo del peso (P) de la estructura	164
Figura 100. Vista en planta y elevación del modelamiento de la edificación 1	166
Figura 101. Fórmula para el cálculo de la cortante basal (V)	167
Figura 102. Idealización de la cortante basal (V)	175
Figura 103. Aplicación de los factores sísmicos en el eje XX	176
Figura 104. Aplicación de los factores sísmicos en el eje YY	177
Figura 105. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sino estáticos en YY	177
Figura 106. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sino estáticos en XX	177
Figura 107. Límites de distorsión para la edificación 1	178
Figura 108. Fuerza cortante y momento flector del muro 2X	180
Figura 109. Fuerza cortante y momento flector del muro 2X	181
Figura 110. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	183
Figura 111. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	184
Figura 112. Vista panorámica de la edificación analizada 41	185
Figura 113. Edificación analizada 41, plano utilizado para el estudio CH-70	186
Figura 114. Direccionamiento de las losas aligeradas de 20	187
Figura 115. Muro 3Y perteneciente a la edificación 41	189
Figura 116. Valores del factor de zona (Z) en función a su ubicación geográfica	193

Figura 117. Valores del factor de uso (U) en función a su descripción	193
Figura 118. Valores del factor de suelo (S) en función al factor de zona (Z)	194
Figura 119. Valores de los periodos de vibración (Tp, Tl) en función al tipo de suelo	194
Figura 120. Cálculo del factor de amplificación sísmica (C)	194
Figura 121. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 4X	198
Figura 122. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 1Y	198
Figura 123. Cálculo del peso (P) de la estructura	199
Figura 124. Vista en planta y elevación del modelamiento de la edificación 41	202
Figura 125. Fórmula para el cálculo de la cortante basal (V)	203
Figura 126. Idealización de la cortante basal (V)	212
Figura 127. Aplicación de los factores sísmicos en el eje XX	213
Figura 128. Aplicación de los factores sísmicos en el eje YY	213
Figura 129. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sino estáticos en YY	214
Figura 130. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sino estáticos en XX	214
Figura 131. Límites de distorsión para la edificación 41	215
Figura 132. Fuerza cortante y momento flector del muro 2X	216
Figura 133. Fuerza cortante y momento flector del muro 2X	217
Figura 134. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	219
Figura 135. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	220
Figura 136. Vista panorámica de la edificación analizada 45	221
Figura 137. Edificación analizada 45, plano utilizado para el estudio CH-70	222
Figura 138. Direccionamiento de las losas aligeradas de 20 cm	223
Figura 139. Muro 2Y perteneciente a la Edificación 45	225
Figura 140. Valores del factor de zona (Z) en función a su ubicación geográfica	229
Figura 141. Valores del factor de uso (U) en función a su descripción	229
Figura 142. Valores del factor de suelo (S) en función al factor de zona (Z)	230
Figura 143. Valores de los periodos de vibración (Tp, Tl) en función al tipo de suelo	230
Figura 144. Cálculo del factor de amplificación sísmica (C)	230
Figura 145. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 1X	234
Figura 146. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 1Y	235
Figura 147. Cálculo del peso (P) de la estructura	236
Figura 148. Vista en planta y elevación del modelamiento de la edificación 45	238
Figura 149. Fórmula para el cálculo de la cortante basal (V)	239
Figura 150. Idealización de la cortante basal (V)	249
Figura 151. Aplicación de los factores sísmicos en el eje XX	250
Figura 152. Aplicación de los factores sísmicos en el eje YY	250
Figura 153. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sino estáticos en XX	251
Figura 154. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sino estáticos en YY	251
Figura 155. Límites de distorsión para la edificación 45	252

Figura 156. Fuerza cortante y momento flector del muro 1X	253
Figura 157. Fuerza cortante y momento flector del muro 1X	254
Figura 158. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	256
Figura 159. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	257
Figura 160. Fotografía de las edificaciones 1	259
Figura 161. Fotografía de las edificaciones 41	260
Figura 162. Fotografía de las edificaciones 45	260
Figura 163. Plano común encontrado en el distrito de Huancayo	261
Figura 164. Albañilería confinada de hasta de cuatro pisos con ladrillos artesanales	262
Figura 165. FEFR edificación 1 (1/5)	263
Figura 166. FEFR edificación 1 (2/5), (3/5)	264
Figura 167. FEFR edificación 1 (4/5), (5/5)	265
Figura 168. FEFR edificación 41 (1/5)	266
Figura 169. FEFR edificación 41 (2/5), (3/5)	267
Figura 170. FEFR edificación 1 (4/5), (5/5)	268
Figura 171. FEFR edificación 45 (1/5)	269
Figura 172. FEFR edificación 45 (2/5), (3/5)	270
Figura 173. FEFR edificación 45 (3/5), (4/5)	271
Figura 174. La importancia del interés de los propietarios durante la construcción	273
Figura 175. Adecuada construcción jerarquizada desde profesionales hasta obreros	273
Figura 176. Adecuados materiales en una edificación de albañilería confinada	274
Figura 177. Ejemplos de la construcción con mano de obra no calificada, picado de columna	274
Figura 178. Institución encargada de la fiscalización MPH	275
Figura 179. Logotipo del Acuerdo Nacional	275
Figura 180. Plano en planta de una edificación que requiere intervención	281
Figura 181. Plano en planta de una edificación que requiere intervención	282
Figura 182. Corte de la sección de columna de confinamiento	283
Figura 183. Edificación de albañilería confinada sin vigas de confinamiento	285
Figura 184. Secciones donde se requiere intervención	287
Figura 185. Propuesta del requerimiento de acero de refuerzo en las vigas de confinamiento	287
Figura 186. Edificación de albañilería confinada con unidades pandereta	295
Figura 187. Propuesta de restauración con unidades pandereta	296
Figura 188. Muro portante con ladrillos pandereta y uno reforzado con la malla electro soldada	297
Figura 189. Muros afectados por la ruptura de una tubería	300
Figura 190. Muro portante afectado	300
Figura 191. Procedimiento de intervención ante una tubería colapsada	302
Figura 192. Problema de ascensión capilar y procedimiento de restauración	305
Figura 193. Procedimiento de intervención para el contorno de la cimentación	306
Figura 194. Losa tras el aplicado de Sikaflex 11FC+	309

Figura 195. Uso de Sika Techo 3	310
Figura 196. Membrana asfáltica marca Sika	311
Figura 197. Epóxico Sikadur 32 Gel, presentación de 1kg	312
Figura 198. Acelerante de fragua Sikarapid 1, presentación de 4 litros	313
Figura 199. Impermeabilizante de concreto Sika 1, presentación de 20 litros	313
Figura 200. Adhesivo Sikaflex 11 FC+, presentación de 300 ml	314
Figura 201. Membrana líquida elástica Sika Techo 3, presentación de cuatro litros	315
Figura 202. Extracto de la Ley Universitaria vigente	320

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Edificaciones según el material predominante en sus muros	2
Cuadro 2. Matriz de variables de esta investigación	16
Cuadro 3. Obtención del nivel de vulnerabilidad	23
Cuadro 4. Cálculo del nivel de Riesgo en función al peligro y a la vulnerabilidad	24
Cuadro 5. Data sísmica en inmediaciones del nevado del Huaytapallana	38
Cuadro 6. Data sísmica en inmediaciones del nevado del Huaytapallana	39
Cuadro 7. Propiedades mecánicas de las unidades artesanales y las pilas	43
Cuadro 8. Cálculo de la resistencia al corte por efecto de esbeltez (α)	61
Cuadro 9. Resistencia a la compresión de dos esclerómetros y de la prensa de rotura	89
Cuadro 10. Edificaciones analizadas de acuerdo a su sistema estructural	93
Cuadro 11 Edificaciones analizadas de acuerdo al tipo de unidad de albañilería utilizada	95
Cuadro 12. Edificaciones analizadas de acuerdo a la disposición de las unidades	96
Cuadro 13. Edificaciones analizadas de acuerdo al tipo de adherencia	98
Cuadro 14. Edificaciones analizadas de acuerdo al tipo de conexión de las unidades	99
Cuadro 15. Edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de junta	100
Cuadro 16. Edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de junta	101
Cuadro 17. Edificaciones analizadas de acuerdo a las tuberías	102
Cuadro 18. Edificaciones analizadas de acuerdo al nivel de eflorescencia	104
Cuadro 19. Edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de columnas	105
Cuadro 20. Edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de cangrejas	106
Cuadro 21. Edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión	108
Cuadro 22. Edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión	109
Cuadro 23. Edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de vigas	111
Cuadro 24. Edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de vigas dintel	112
Cuadro 25. Edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de cangrejas	113
Cuadro 26. Edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión	115
Cuadro 27. Edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión	116
Cuadro 28. Edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de losas	117
Cuadro 29. Edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de las losas	118
Cuadro 30. Edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de cangrejas	120
Cuadro 31. Edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión en losas	121
Cuadro 32. Edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión en losas	122
Cuadro 33. Cálculo del nivel de Riesgo en función al peligro y a la vulnerabilidad	133
Cuadro 34. Resumen de las edificaciones analizadas	134
Cuadro 35. Resumen de las edificaciones analizadas	135
Cuadro 36. Cuadro de detalle de las tres edificaciones seleccionadas para el análisis	148
Cuadro 37. Datos para la verificación simplificada de la edificación 1	151
Cuadro 38. Metrado de cargas del muro 4Y, muro más cargado de la edificación 1	153

Cuadro 39. Cálculo de las cargas muertas y vivas de la edificación 1 en ambos niveles	156
Cuadro 40. Cálculo de rigideces de los muros en XX	160
Cuadro 41. Cálculo de rigideces de los muros en YY	160
Cuadro 42. Metrado de cargas del muro 2X que absorbe más carga sísmica en XX	161
Cuadro 43. Metrado de cargas del muro 1Y que absorbe más carga sísmica en YY	161
Cuadro 44. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 2X	162
Cuadro 45. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 1Y	162
Cuadro 46. Metrado de cargas de la edificación 1	167
Cuadro 47. Cálculo de la cortante basal y su distribución en los niveles del entrepiso	175
Cuadro 48. Desplazamiento máximo permitido y el desplazamiento relativo por entrepiso	179
Cuadro 49. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 2X	180
Cuadro 50. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 2X	181
Cuadro 51. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	183
Cuadro 52. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	184
Cuadro 53. Datos para la verificación simplificada de la Edificación 41	187
Cuadro 54. Metrado de cargas del muro 3Y, muro más cargado de la edificación 41	189
Cuadro 55. Cálculo de las cargas muertas y vivas de la Edificación 41 en ambos niveles	192
Cuadro 56. Cálculo de rigideces de los muros en XX	196
Cuadro 57. Cálculo de rigideces de los muros en YY	196
Cuadro 58. Metrado de cargas del muro 4X que absorbe más carga sísmica en XX	197
Cuadro 59. Metrado de cargas del muro 1Y que absorbe más carga sísmica en YY	197
Cuadro 60. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 4X	198
Cuadro 61. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 1Y	198
Cuadro 62. Metrado de cargas de la edificación 41	203
Cuadro 63. Cálculo de la cortante basal y su distribución en los niveles del entrepiso XX	211
Cuadro 64. Cálculo de la cortante basal y su distribución en los niveles del entrepiso YY	212
Cuadro 65. Desplazamiento máximo permitido y el desplazamiento relativo por entrepiso	215
Cuadro 66. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 2X	216
Cuadro 67. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 2X	218
Cuadro 68. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	219
Cuadro 69. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	220
Cuadro 70. Datos para la verificación simplificada de la edificación 45	223
Cuadro 71. Metrado de cargas del muro 2Y, muro más cargado de la edificación 45	225
Cuadro 72. Cálculo de las cargas muertas y vivas de la Edificación 45 en ambos niveles	228
Cuadro 73. Cálculo de rigideces de los muros en XX	232
Cuadro 74. Cálculo de rigideces de los muros en YY	232
Cuadro 75. Metrado de cargas del muro 1X que absorbe más carga sísmica en XX	233
Cuadro 76. Metrado de cargas del muro 1Y que absorbe más carga sísmica en YY	233
Cuadro 77. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 1X	234

Cuadro 78. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 1Y	234
Cuadro 79. Metrado de cargas de la edificación 45	239
Cuadro 80. Cálculo de las cargas muertas y vivas de la edificación 45 en ambos niveles XX	248
Cuadro 81. Cálculo de las cargas muertas y vivas de la edificación 45 en ambos niveles YY	248
Cuadro 82. Desplazamiento máximo permitido y el desplazamiento relativo por entrepiso	252
Cuadro 83. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1X	253
Cuadro 84. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1X	255
Cuadro 85. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	256
Cuadro 86. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y	257
Cuadro 87. Porcentaje de edificaciones de Albañilería confinada en riesgo de colapso	317

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Edificaciones según el material predominante en sus muros	2
Gráfico 2. Variación del criterio normativo en México respecto la densidad de muros.	44
Gráfico 3. Edificaciones analizadas de acuerdo al sistema estructural.	93
Gráfico 4. Edificaciones analizadas de acuerdo a las unidades de albañilería.	94
Gráfico 5. Edificaciones analizadas de acuerdo a la disposición de las unidades.	96
Gráfico 6. Edificaciones analizadas de acuerdo al tipo de adherencia.	97
Gráfico 7. Edificaciones analizadas de acuerdo al tipo de conexión.	99
Gráfico 8. Edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de junta.	100
Gráfico 9. Edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de junta.	101
Gráfico 10. Edificaciones analizadas de acuerdo a las tuberías.	102
Gráfico 11. Edificaciones analizadas de acuerdo a la eflorescencia.	103
Gráfico 12. Edificaciones analizadas de acuerdo a las columnas.	105
Gráfico 13. Edificaciones analizadas de acuerdo a las cangrejas.	106
Gráfico 14. Edificaciones analizadas de acuerdo a f'c-columnas.	108
Gráfico 15. Edificaciones analizadas de acuerdo a f'c-columnas	109
Gráfico 16. Edificaciones analizadas de acuerdo a las vigas.	110
Gráfico 17. Edificaciones analizadas de acuerdo a las vigas dintel.	112
Gráfico 18. Edificaciones analizadas de acuerdo a las cangrejas.	113
Gráfico 19. Edificaciones analizadas de acuerdo a la f'c-vigas.	115
Gráfico 20. Edificaciones analizadas de acuerdo a la f'c-vigas.	116
Gráfico 21. Edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia losas.	117
Gráfico 22. Edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de las losas.	118
Gráfico 23. Edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de cangrejas.	119
Gráfico 24. Edificaciones analizadas de acuerdo a f'c-losas.	121
Gráfico 25. Edificaciones analizadas de acuerdo a f'c-losas.	122
Gráfico 26. Resultados de la vulnerabilidad a nivel de procesos constructivos.	123
Gráfico 27. Obtención de la Vulnerabilidad Estructural a través del estudio Chimbote 1970.	127
Gráfico 28. Vulnerabilidad de las edificaciones de albañilería confinada analizadas.	130
Gráfico 29. Vulnerabilidad de las edificaciones de albañilería confinada analizadas.	132
Gráfico 30. Porcentaje de riesgo de las edificaciones ante un sismo moderado.	136
Gráfico 31. Porcentaje de riesgo de las edificaciones ante un sismo severo.	137

RESUMEN

En la presente tesis se aplica el sistema de Gestión de Riesgos de Desastres Sísmicos (GRDS) enfocándose en las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo. El distrito no está exento de sismos, catalogado en zona sísmica tres según la norma E030 (Diseño Sismorresistente), es imperante la necesidad que tiene de contar con un plan de Gestión de Riesgo de Desastres, enfocado a los sismos, pues en todo el distrito las condiciones de precariedad generan un contexto ideal para la ocurrencia de una catástrofe, sobre todo en las edificaciones de albañilería confinada. Este sistema estructural es representativo, siendo un 63.20% del total, cifra obtenida de los resultados de esta investigación, donde se analizó una muestra representativa de 375 edificaciones de ladrillo o bloque de cemento, basado en el censo de población y vivienda del INEI 2007 – a nivel distrital.

El Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres es una política de estado que busca prevenir las consecuencias directas de desastres de origen natural, aprobado mediante la Ley 29664, siendo el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Cenepred) la institución responsable de su difusión y cumplimiento. El procedimiento de aplicación del sistema consiste en identificar variables de vulnerabilidad y peligro para el cálculo del riesgo, obteniendo escenarios concretos postdesastre antes de que estos ocurran, esto genera información preventiva para que las autoridades competentes tomen las medidas necesarias. Durante el procedimiento se identifican los factores de riesgo que son las principales causas de las fallas, por lo que el sistema recomienda generar alternativas de solución que mitiguen las consecuencias de los desastres. Dado que los desastres naturales son diversos, cabe resaltar que esta investigación irá enfocada a los desastres sísmicos.

En este contexto, esta investigación analizó una muestra enfatizando aquellas con sistema estructural de albañilería confinada. Se obtuvo datos relevantes acerca del nivel de vulnerabilidad de estas edificaciones, mediante un análisis visual de los procesos constructivos y estructuralmente se analizó su configuración, la calidad de los materiales y la respuesta estructural ante sollicitaciones sísmicas. Para esta última

consideración se utilizó como base el estudio Chimbote 70 (CH 70) realizada por el ingeniero Julio Kuroiwa, tras el terremoto de Ancash en 1970, donde se determinó la relación directa entre el nivel de daño y la densidad de muros de 3500 edificaciones de albañilería confinada de unidades artesanales afectadas por el sismo. Adicionalmente, dadas las diferencias contextuales entre Huancayo, Chimbote y las consideraciones actuales en la normativa E070 (albañilería) se analizaron estructuralmente tres edificaciones de albañilería confinada representativas que diferían en el parámetro de sitio del tipo de suelo S siendo estas: suelo rígido S_1 , suelo intermedio S_2 y suelo blando S_3 . Determinada la vulnerabilidad de las edificaciones se buscó obtener el nivel de peligro al que están expuestas, encontrando dos escenarios: peligro medio (ante un sismo moderado) y (ante un sismo severo).

Con ambas variables (vulnerabilidad y peligro) se obtuvieron el nivel de riesgo utilizando el Sistema de Gestión de Riesgos. Interpretando los resultados se consiguió el porcentaje de edificaciones en riesgo de colapso por un sismo ante los diversos escenarios, siendo que mínimamente un 2.95% (riesgo muy alto) de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo hasta un 32.07% (riesgo alto) de las mismas están en riesgo de colapso ante un sismo moderado, mientras que mínimamente un 34.60% (riesgo muy alto) de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo hasta un 48.10% (riesgo alto) de las mismas están en riesgo de colapso ante un sismo severo. Asimismo, se identificaron los factores de riesgo más recurrentes, como: 1) Ausencia de elementos de confinamiento (9.28%), siendo un error grosero en las edificaciones de albañilería confinada, estas edificaciones están destinadas al colapso. 2) Uso de ladrillo artesanal en muros portantes (83.54%), diversos estudios demostraron que estas unidades no cumplen con los requisitos mínimos establecidos por la normativa vigente (estudio realizado por la Mg. Dionisia Rosa Aguirre Gaspar, titulado “Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central de Junín”). 3) Uso de ladrillo pandereta en muros portantes (13.92%), siendo este tipo de unidades expresamente prohibida para fines de muros portantes al tener falla frágil, es indispensable intervenirlas al poseer una alta vulnerabilidad. 4) Problemas en el mantenimiento de los elementos estructurales (7.59%), el mantenimiento en las

edificaciones es un requisito indispensable, al no haber cultura de prevención es común encontrar estas fallas que tienen soluciones comúnmente fáciles.

Finalmente, con esta data se propuso métodos eficientes de restauración en edificaciones de albañilería confinada ya construidas, esto respecto a cada factor de riesgo identificado, basado en hechos aplicados tanto a nivel nacional como experiencias extranjeras, generando información relevante para un futuro Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres Sísmicos.

Palabras Clave: gestión de riesgo de desastres sísmicos, factor de riesgo, vulnerabilidad, peligro, riesgo.

ABSTRACT

In this thesis is applied the Risk Management of Seismic Disasters (GRDS) for its acronym in Spanish, focusing on the confined masonry buildings of the district of Huancayo. The district is not exempt of earthquakes, cataloged in seismic zone three according to the policy of Seismic Design (E030), its imperative that the district has a Disaster Risk Management plan, focused on earthquakes, because in the whole precarious conditions generate an ideal context for the occurrence of a catastrophe, especially in confined masonry buildings. This structural system is representative, being 63.20% of all, number obtained from the results of this research, where a representative sample of 375 buildings of Brick or cement block was analyzed, based on the census of population and housing of INEI 2007 - at the district level.

The Disaster Risk Management System is a state policy that looks to prevent the direct consequences of disasters of natural origin, approved by Law 29664, with the National Center for Estimation, Prevention and Disaster Risk Reduction (CENEPRED) for its acronym in Spanish, the institution responsible for its dissemination and compliance. The application procedure of the system consists of identifying variables of vulnerability and danger for the calculation of risk, obtaining specific post-disaster scenarios before it occurs, this generates preventive information so that the competent authorities take the necessary measures. During the procedure, the risk factors that are the main causes of the failures are identified, so the system recommends to generatr alternative solutions that mitigate the consequences of disasters. Given that natural disasters are diverse, it should be noted that this research will be focused on seismic disasters.

In this context, this investigation analyzed a sample emphasizing those with a structural system of confined masonry. Relevant data was obtained about the level of vulnerability of these buildings, through a visual analysis of the constructive processes and structurally analyzed their configuration, the quality of the materials and the structural response to seismic solicitations. For this last consideration the study Chimbote 70 (CH 70) made by the engineer Julio Kuroiwa was used as a basis, after the Ancash earthquake in 1970, where was esteemed the direct relationship between the level of damage and the density of walls of 3500 buildings. Additionally, given the contextual differences between Huancayo and Chimbote and the current considerations in the E070 (Masonry Policy of Perú), three confined masonry constructions were analyzed structurally that differed in the site parameter of the S soil

type, being these: Rigid floor S_1 , ground intermediate S_2 and soft soil S_3 . Once the vulnerability of the buildings was determined, it was sought to obtain the level of danger to which they are exposed, finding two scenarios: Medium Hazard (Before a moderate earthquake) and High Hazard (Before a severe earthquake).

With both variables (Vulnerability and Danger) the level of risk was obtained using the Risk Management System. By perceiving the results, the percentage of buildings at risk of collapse due to an earthquake in the different scenarios was achieved, with a minimum of 2.95% (Very High Risk) of the confined masonry buildings of the district of Huancayo up to 32.07% (High Risk) of them are at risk of collapse before a moderate earthquake, while minimally 34.60% (Very High Risk) of the confined masonry buildings of the district of Huancayo up to 48.10% (High Risk) of them are at risk of collapse before a severe earthquake. Additionally, the most recurrent risk factors were identified, being these: 1) Absence of confinement elements (9.28%), being a gross error in confined masonry buildings, these buildings are destined to collapse. 2) Use of artisanal brick in load-bearing walls (83.54%), several studies showed that these units do not meet the minimum requirements established by the current regulations (Study conducted by Mg. Dionisia Rosa Aguirre Gaspar, entitled "Evaluation of structural characteristics of the masonry produced with units manufactured in the central region of Junín "). 3) Use of "pandereta" brick in load-bearing walls (13.92%), this type of units being expressly forbidden for the purpose of load-bearing walls having fragile failure, it is indispensable to intervene when having a high vulnerability. 4) Problems in the maintenance of the structural elements (7.59%), maintenance in the buildings is an indispensable requirement, since there is no culture of prevention it is common to find these faults, which have commonly easy solutions.

Finally with this data it was proposed efficient methods of restoration in buildings of confined masonry already built, this with respect to each identified risk factor, based on facts applied both nationally and foreign experiences, generating relevant information for a future Risk Management System Of Seismic Disasters.

Keywords: Risk Management of Seismic Disasters, Risk factor, Vulnerability, Danger, Risk.

INTRODUCCIÓN

En la normativa sismorresistente E030 con carácter legal en el Perú, existen tres principios básicos de diseño en los que toda estructura debe basarse, siendo: evitar pérdida de vidas humanas, asegurar la continuidad de principios básicos y minimizar los daños de la propiedad. El Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (Sinagerd) sigue las mismas pautas enfatizando políticas de prevención, siendo la información que se genera muy importante a nivel nacional, debido a que el país es altamente propenso a sufrir catástrofes y lo poco preparado que estamos. Los planes de prevención enfatizan los fenómenos naturales que ocurren con mayor frecuencia, como por ejemplo el fenómeno de El Niño, mientras que los planes de prevención sísmicos se encuentran orientados a ciudades que ya han sufrido alguna catástrofe sísmica o se priorizan para grandes urbes como la capital. El problema es que estas políticas de prevención están limitadas, pues las instituciones gubernamentales se traban en lentos procesos de implementación e insuficiente articulación interinstitucional al interior del Sinagerd, así como el incumplimiento de normas urbanísticas básicas y de construcción¹.

Es común en los centros urbanos como el distrito de Huancayo, encontrar un alto nivel de vulnerabilidad en las edificaciones, esto se debe al deficiente control en las edificaciones por parte del estado, conllevando a la autoconstrucción, el empleo de materiales inadecuados y mal uso de los mismos². Por su parte, el distrito de Huancayo tiene un Plan de Desarrollo Urbano vigente desde el año 2011, y un diagnóstico urbano PDU 2015-2025. Siendo la falta de cumplimiento de estos planes de desarrollo urbano, así como la poca fiscalización por parte de las autoridades responsables, la principal causa del auge de las autoconstrucciones.

Teniendo esto como premisa, esta investigación busca contribuir con información técnica en la gestión de riesgo de desastre, promoviendo la política de prevención para reducir la vulnerabilidad de las edificaciones de albañilería confinada

¹ Situación de la implementación de la Gestión de Riesgo de Desastre PLANAGERD 2014 – 2021.

² Programa de gestión territorial, Ministerio de Vivienda.

del distrito de Huancayo. El procedimiento consta en la identificación del nivel de vulnerabilidad de las edificaciones, así como el nivel de peligro al que estas están asociadas, todo esto con la finalidad de obtener su nivel de riesgo y a partir de ello plantear propuestas de solución. Para esto se seleccionaron al azar 375 edificaciones de material noble como muestra representativa, basados en el censo de población y vivienda del INEI 2007 – a nivel distrital, que no distingue las edificaciones por sistema estructural, sino que las clasifica todas como “ladrillo o bloque de cemento”. Así pues, esta investigación determinó que el distrito de Huancayo cuenta con 63.20% de edificaciones con sistema de albañilería confinada, 26.13% con sistema aporticado, 10.40% con sistema mixto y 0.27% que no califica en ninguna de las anteriores. Con estos datos se procedió a analizar solamente las edificaciones de albañilería confinada enfatizando principalmente sus procesos constructivos, su configuración y su densidad de muros para someterlas al estudio Chimbote 70 (CH 70). De este modo, esta tesis se sintetizó en siete capítulos, detallados a continuación:

En el capítulo I se muestra el planteamiento del estudio y la formulación del problema, del mismo modo la delimitación del tema, los objetivos, la hipótesis, descripción de variables y la metodología utilizada.

En el capítulo II se muestra el marco teórico, una descripción de lo que es el sistema nacional de gestión de riesgo de desastres (Sinagerd), la albañilería confinada contemplando procesos constructivos, normativa y estructuración, donde además se detalla el proyecto Chimbote 70 (ch 70) utilizado en esta investigación, conjuntamente con el diseño estático.

En el capítulo III se muestran las técnicas de análisis de datos, el procedimiento de obtención de la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, así como la formulación de la Ficha de Estimación de Factores de Riesgo (FEFR) que es un formulario donde se obtienen datos de la calidad constructiva y estructural de la edificación; finalmente, se muestra el procedimiento de la calibración del esclerómetro.

En el capítulo IV se presenta el análisis de resultados de la muestra seleccionada, obtenido tras la aplicación de la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR) de elaboración propia, esto con el objetivo de obtener la calidad de los procesos constructivos, y la densidad de muros, para después procesar esta información. Además, se gestionan los resultados para conseguir las fallas más frecuentes, denominadas factores de riesgo.

En el capítulo V se realiza el análisis y la evaluación de comportamiento estructural de tres edificaciones representativas con el uso de la normativa vigente. Este procedimiento se efectúa de forma manual, para obtener las fuerzas cortantes, los momentos flectores y las últimas resistencias. Del mismo y con fines comparativos, se realiza el análisis con el programa Etabs obteniendo valores muy similares. El objetivo de este capítulo es demostrar que los resultados estructurales obtenidos a partir del estudio “Chimbote 70” tienen validez respecto al diseño estructural con la normativa vigente.

En el capítulo VI se muestran las propuestas de solución, siendo: 1) medidas preventivas para la buena construcción de las edificaciones y 2) propuestas de restauración ante los factores de riesgo más recurrentes en las edificaciones de albañilería ya construidas. Adicionalmente se detallan las especificaciones de los aditivos ideales para este tipo de intervenciones optando por la marca Sika.

Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación, así como recomendaciones. A su vez resaltando que la mejor solución a optar es una política preventiva que busque mitigar daños frecuentes debido a malos procesos constructivos, fallas estructurales o por el paso del tiempo en las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo.

CAPÍTULO I

CONSIDERACIONES GENERALES DEL ESTUDIO

Esta investigación se encuentra orientada al estudio de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo y la aplicación del sistema preventivo propuesto por el gobierno del Perú, “Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres”. Este sistema tiene como fin identificar el nivel de riesgo de las edificaciones basado en su vulnerabilidad y peligro, va dirigido a todo tipo de desastres optando esta investigación por orientarlo a los sismos. La entidad responsable de su aplicación recae en los tres niveles de gobierno, en este caso el gobierno local representado por la Municipalidad Provincial de Huancayo (MPH), en sinergia con el órgano descentralizado del Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci). Además, este sistema contempla siete pautas bien definidas (estimación, reducción, prevención, preparación, respuesta a emergencia, rehabilitación y reconstrucción).

Es bajo este concepto que en el Capítulo I se presentan los siguientes ítems: 1) *el planteamiento del estudio y la formulación del problema*, donde se demuestra la necesidad de aplicar el Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres. 2) *Los objetivos* que se proponen conseguir con la aplicación del sistema. 3) *Las hipótesis*, las cuales son supuestos en función a los objetivos. 4) *La delimitación del tema*, donde se ponen parámetros acerca de los límites de esta investigación y 5) *la metodología*, que implica los procedimientos para que la investigación se lleve a cabo.

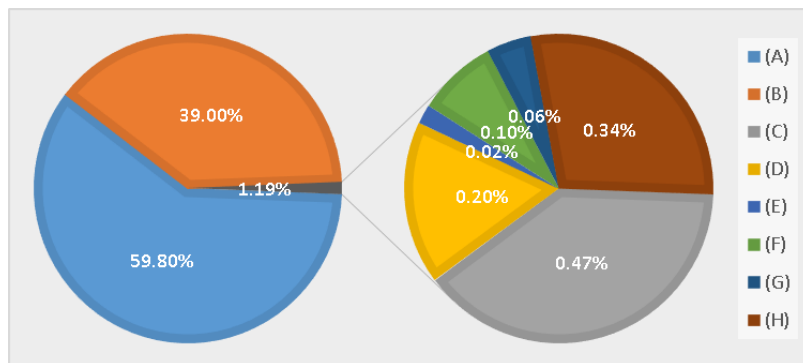
1.1. Planteamiento y formulación del problema

Esta investigación es necesaria, debido a que en el distrito de Huancayo las edificaciones no cumplen con las normativas mínimas de construcción y diseño. El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) contabilizó en el año 2007 durante el censo de población y vivienda un total de 14, 921 viviendas de material predominante “ladrillo o bloque de cemento”, constituyendo un 59.80% de las edificaciones del distrito de Huancayo, este porcentaje no distingue entre los distintos tipos de sistema estructural existente (aporticado, confinado y mixto), sino se refiere netamente a edificaciones de material noble, por lo que las edificaciones de albañilería confinada que se analizarán en esta investigación pertenecen a este 59.80% de edificaciones. El procedimiento de clasificación por sistema estructural se detalla en el acápite 3.3. *Técnicas de análisis de datos*. Los resultados del INEI se aprecian en el **Cuadro 1**, del mismo modo se ven estos valores claramente en la **Gráfica 1**.

Cuadro 1. Edificaciones según el material predominante en sus muros

Material predominante en las paredes exteriores		Cantidad de Edificaciones	Porcentaje
Ladrillo O bloque de Cemento (A)	(A)	14921.00	59.80%
Adobe o Tapia (B)	(B)	9732.00	39.00%
Madera (pona, tornillo, etc.) (C)	(C)	117.00	0.47%
Quincha (caña con barro) (D)	(D)	51.00	0.20%
Estera (E)	(E)	6.00	0.02%
Piedra con barro (F)	(F)	25.00	0.10%
Piedra o sillar con cal o cemento (G)	(G)	14.00	0.06%
Otro material (H)	(H)	85.00	0.34%
		24951.00	100.00%

Fuente: INEI



Gráfica1. Edificaciones según el material predominante en sus muros

Fuente: INEI

Siendo las edificaciones de “ladrillo o bloque de cemento” mayoritarias en el distrito de Huancayo, esta investigación determinó que de este grupo un 63.20%³ son de albañilería confinada, que también tienen serias deficiencias en cuanto a diseño estructural y procesos constructivos. Razón por la cual es imperante la necesidad de aplicar el sistema preventivo de “*Gestión de Riesgo de Desastres*”, orientado a sismos. Esta investigación ha identificado tres factores que justifican los argumentos previamente planteados, siendo estos:

- **El peligro sísmico:** fundamentado por la clasificación del distrito con sismicidad media – alta en la zona tres, según la norma E030 diseño sismorresistente y la falla del Huaytapallana.
- **La vulnerabilidad de las edificaciones:** fundamentado por el alto nivel de informalidad que presentan las edificaciones del distrito de Huancayo.
- **La falta de fiscalización:** los dos factores previamente descritos son a causa de la falta de presencia del estado, que teniendo las herramientas a su favor no las aplica.

El primer factor que influye negativamente en las edificaciones es el **peligro sísmico**. Si bien el origen de los sismos radica en fenómenos geotectónicos la incapacidad del hombre en determinar la fecha de ocurrencia de un sismo sigue siendo aún objeto de estudio, entre las investigaciones más vanguardistas se tiene la teoría del silencio sísmico como base para predicción de dichos fenómenos. La principal causa del alto peligro sísmico en el Perú es que se ubica en el cinturón de fuego del Pacífico, en la zona de subducción en la costa oeste de Sudamérica **Figura 1**.

³ Este dato se obtuvo a partir del procesamiento de la muestra en el que analizaron al azar 375 edificaciones de “ladrillo o bloque de cemento”, y un 63.20% resultó ser de albañilería confinada.

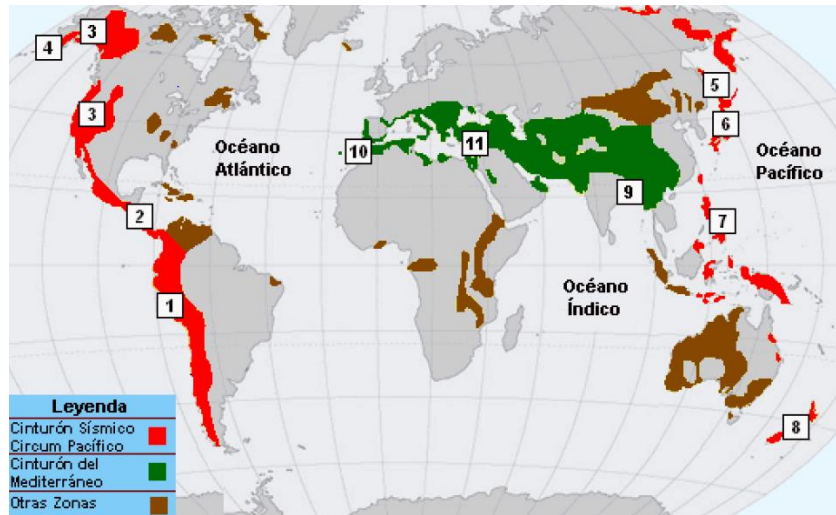


Figura 1. Cinturón de fuego del Pacífico (rojo)

Fuente: Sánchez A. Natividad Antonieta (2015). Curso de Concreto armado. Universidad Continental

Los sismos en el Perú han demostrado mediante hechos lamentables, lo vulnerable del desempeño estructural de las edificaciones ante estos fenómenos, evidenciando lo poco preparados que hemos estado como sociedad para afrontar sismos de magnitudes considerables. Aproximadamente, en el Perú se han dado 20 terremotos con miles de víctimas, tal como se muestra en el **Anexo 1**, donde se aprecian las catástrofes sísmicas más significativas y lo que cada una de estas implicó. Siendo por mucho el más resaltante de estos el terremoto de Ancash de 1970, afectando significativamente a Yungay y Ranrahirca en Huaraz a pesar de estar a 160 km del epicentro, el alto peligro debido al tipo de suelo que ahí se presentaba fue el causante que amplificó las ondas sísmicas; además, de los glaciares y nevados cercanos **Figura 2**.

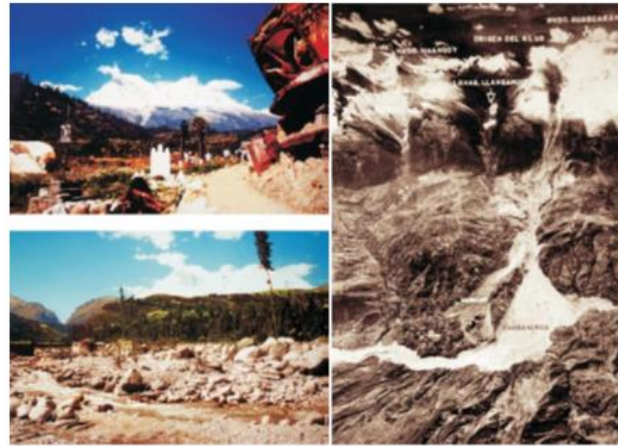


Figura 2. Yungay y Ranrahirca tras el alud que sepultó ambos centros poblados
Fuente: J. Kuroiwa-Informe de Evaluación de Daños en la Ciudad de Huaraz-Ancash-Subcomisión Técnica-CRYRZA-diciembre 1970

Un ejemplo más reciente es el terremoto de Pisco, suscitado el 15 de agosto del 2007, **Figura 3**. Es de resaltar que lo aprendido en los sismos pasados sirvió como base para desarrollar las normas sismorresistentes que hoy rigen en el país, aunque con un costo muy elevado, el Perú ha tenido un avance continuo en los lineamientos de diseño estructural hasta la normativa sismorresistente vigente (E030 - 2016); sin embargo, el tomar la delantera a estas catástrofes mediante políticas de prevención está aún en proceso de consolidación.

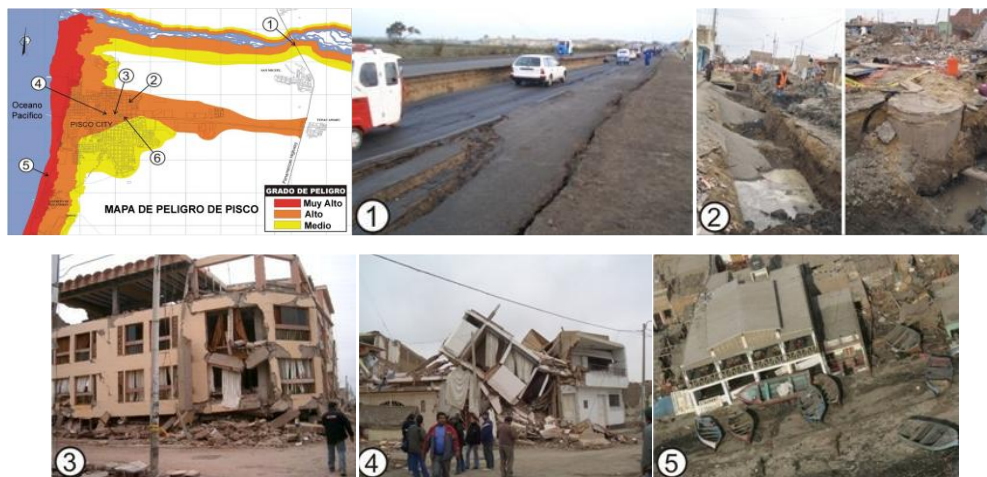


Figura 3. Mapa de peligros de Pisco y San Andrés realizado tras el terremoto del 2007. 1) Carretera Panamericana Sur, 2) colapso del sistema de agua y alcantarillado, 3) colapso del Hotel Embassy, 4) colapso de un edificio de concreto armado, 5) embarcaciones varadas tras el tsunami de San Andrés

Fuente: Indeci

El distrito de Huancayo, área de interés de esta investigación, se ubica a una altitud de 3249 m s.n.m., a 12°03'51" de latitud sur, 75°12'30" longitud este y con 146.40 km² representando un 3.9 % de la superficie territorial de la provincia de Huancayo, se puede apreciar su emplazamiento en la **Figura 4**. Este distrito ha demostrado ser un foco de desarrollo que ha crecido proporcionalmente al auge nacional que nos ha acompañado estos años, la producción agropecuaria de pueblos aledaños, los servicios y el comercio son las principales fuentes de desarrollo del distrito⁴. En conjunto con otros distritos, han constituido la principal ciudad de la Macro Región Centro según la configuración preliminar del Sistema Urbano Nacional (SUN), mientras que el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) considera al distrito de Huancayo como una metrópoli regional, donde es notoria su influencia en la economía nacional.

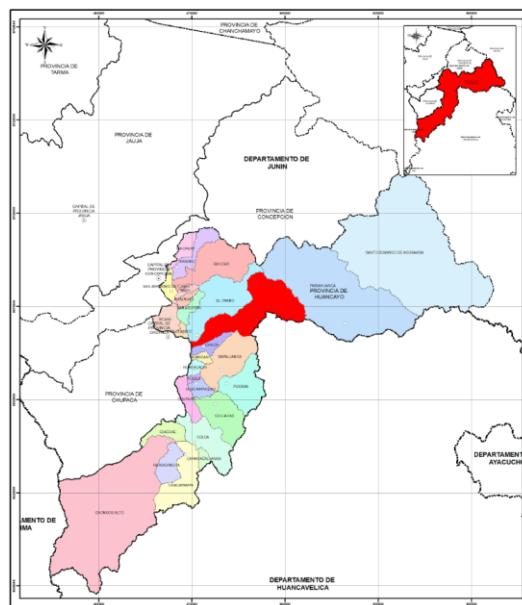


Figura 4. Mapa político distrital de Huancayo (Resaltado en rojo)

Fuente: Programa Ciudades Sostenibles, Instituto Nacional de Defensa Civil - Indeci

Dado que el distrito de Huancayo no es ajeno a los sismos **Figura 5**; además, teniendo en cuenta el silencio sísmico que se tiene es de 47 años, generándose en junio y octubre de 1969, sismos con características de terremotos

⁴ Luis Samalvides Santillana “Huancayo, biografía de la ciudad” Primera Edición Huancayo 2015.

de 6.9° que ocasionó la muerte de 130 personas. Esto ha evidenciado la actividad tectónica en la zona del Huaytapallana, por lo que en términos geológicos un sismo de similar magnitud volverá a ocurrir.



Figura 5. Grieta perteneciente a la falla del Huaytapallana

Fuente: Instituto Nacional de Defensa Civil - Indeci

El segundo factor es el **alto nivel de vulnerabilidad de las edificaciones**, debido tanto a deficiencias constructivas, fallas a nivel estructural y falta de criterios al no considerar factores geotécnicos durante la construcción. Todo esto básicamente a causa del alto nivel de informalidad existente en el distrito de Huancayo. Siendo un factor fácilmente apreciable, se muestra en la **Figura 6** edificaciones hechas en los últimos años que carecen de criterios técnicos mínimos; sin embargo, se detallan en las normas y recomendaciones actuales:



Figura 6. Edificaciones ubicadas en el distrito de Huancayo

Fuente: propia

En la **Figura 6.a**, se aprecia un error típico en todo el distrito de Huancayo, siendo la separación que debe existir entre las edificaciones es de 3 cm, $\frac{2}{3}$ de la suma de los desplazamientos o $0.006h^5$, situación que no se aprecia en las edificaciones de Huancayo. En la **Figura 6.b**, y en la **Figura 6.c**, se resaltan dos faltas, la primera es la configuración de ambos edificios a pesar de que aparentemente podría tener rigidez suficiente al contar con muros estructurales, se recomienda no superar la relación $\frac{1}{4}$ para mantener criterios de esbeltez; sin embargo, en ambos casos es algo que no se respeta, pudiendo clasificar a la edificación con insuficiente esbeltez, y la segunda observación pertenece solo a la **Figura 6.c**, ubicándose esta en una calle angosta pudiendo clasificarse como un pasaje, donde no se permiten más de tres niveles.

Esta problemática a nivel de criterios constructivos se ve aún más evidente en las edificaciones de albañilería confinada, objeto de estudio de esta tesis, tal como se muestra en la **Figura 7**. Donde se muestran fotografías de edificaciones analizadas, la primera **Figura 7.a**, muestra el uso de unidades artesanales en las

⁵ Datos obtenidos de la norma E030 – 2016, en el Capítulo 5 Requisitos de Rigidez, Resistencia y Ductilidad, acápite 5.3. Separación entre Edificios (s).

edificaciones de albañilería confinada, la segunda fotografía **Figura 7.b**, es muestra del uso masificado de las unidades pandereta en muros portantes, y en la tercera fotografía **Figura.7.c**, se muestran las edificaciones con fallas en la configuración con irregularidades tanto en planta como en altura.



Figura 7. Edificaciones ubicadas en el distrito de Huancayo

Fuente: propia

El tercer, pero no menos importante factor que ha influido en incrementar el peligro en las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo, es la **falta de fiscalización** respecto a las construcciones de todas las edificaciones del distrito de Huancayo, donde se encuentra también las edificaciones de albañilería confinada. Basta con apreciar que en la totalidad de la muestra ninguna de las viviendas utiliza unidades de albañilería reglamentada.

La principal herramienta que tienen las autoridades para fiscalizar a nivel urbano es el **Plan de Desarrollo Urbano (PDU)** creado desde el 2011, contando a su vez con el Diagnóstico Urbano 2015 – 2025, que no tiene el mismo peso legal. Asimismo, es de resaltar que a lo largo de los años han existido variantes del Plan de Desarrollo Urbano (siendo el primer plan regulador de la ciudad el año 1944 realizado por el Ing. Oswaldo Ráez Patiño). Ahora bien un buen indicador de la

necesidad de renovar el Plan de Desarrollo Urbano 2011 por uno que se adecúe a la realidad del distrito es el “Plano de Usos de Suelo y Zonificación” que restringe el número de niveles de las edificaciones en función al tipo de suelo y se realiza conforme a las consideraciones de cada época, siendo lo más probable que para la realización de el Plan de Desarrollo Urbano vigente no se preveían edificaciones de más de 10 niveles en el distrito de Huancayo, en la **Figura 8**, se muestran dos de las seis zonas⁶ conteniendo cada una de estas, diferentes sectores con su nomenclatura y el nivel máximo de niveles.














ZONA COMERCIAL				ZONA RESIDENCIAL			
ZONA DE COMERCIO METROPOLITANO	8 NIVELES MÁXIMO		CM	RESIDENCIAL DENSIDAD ALTA	6 NIVELES MÁXIMO		R6
ZONA DE COMERCIO ESPECIALIZADO	6 NIVELES MÁXIMO		CE	RESIDENCIAL DENSIDAD ALTA	5 NIVELES MÁXIMO		R5
ZONA DE COMERCIO INTENSIVO	6 NIVELES MÁXIMO		CI	RESIDENCIAL DENSIDAD MEDIA	4 NIVELES MÁXIMO		R4-A
ZONA DE COMERCIO DISTRITAL	4 NIVELES MÁXIMO		CD	RESIDENCIAL DENSIDAD MEDIA	4 NIVELES MÁXIMO		R4-B
ZONA DE COMERCIO VECINAL	3 NIVELES MÁXIMO		CV	RESIDENCIAL DENSIDAD MEDIA	3 NIVELES + Azotea MÁXIMO		R3-A
				RESIDENCIAL DENSIDAD MEDIA	3 NIVELES + Azotea MÁXIMO		R3-B
				RESIDENCIAL DENSIDAD BAJA	2 NIVELES + Azotea MÁXIMO		R2
				VIVIENDA TALLER	4 NIVELES MÁXIMO		I1R
				ZONA PRE URBANA			ZPU

Figura 8. Clasificación de zonas residencial y comercial

Fuente: Plano de usos de suelo y zonificación de los distritos de Huancayo, Tambo y Chilca

A pesar de la existencia de este plano el distrito de Huancayo, muestra construcciones desproporcionales en locaciones que han ido variando su zonificación con el pasar de los años a través de ordenanzas municipales, la **Figura 9**, muestra por ejemplo tres edificaciones contemporáneas, comparándolas con las zonificaciones iniciales propuestas por el Plan de Desarrollo Urbano 2006 – 2011, como se aprecia en un inicio la zonificación de la primera edificación era **CM** y estaba limitada para 8 niveles, posteriormente se modificó para construir el edificio de 14 niveles, el segundo y el tercer caso inicialmente contaba con una zonificación **R6**, apta para 6 niveles y

⁶ Siendo las seis zonas las siguientes: 1) zona de equipamiento, 2) zona industrial, 3) zona de protección, 4) zona con reglamentación especial, 5) zona comercial y 6) zona residencial.

posteriormente se modificó y construyeron edificios de 11 y 16 niveles respectivamente.



Figura 9. Zonificación inicial de edificaciones del distrito de Huancayo

Fuente: Plano de usos de suelo y zonificación de los distritos de Huancayo, Tambo y Chilca

Estas modificaciones arbitrarias, consideradas en sectores específicos y sin fundamento de un plan de desarrollo urbano que se modifique por un bien para toda la sociedad, generan tan solo una ciudad desordenada y con un desarrollo desordenado, tal como se aprecia en la **Figura 10**.



Figura 10. Izquierda: foto de Huancayo 1940, cuando el centro de crecimiento del distrito era solo la Calle Real. Derecha: Huancayo hoy, edificios desproporcionales creciendo indistintamente en el distrito

Fuente: propia

Los tres factores previamente mencionados (1. el peligro sísmico, 2. vulnerabilidad constructiva, y 3. falta de fiscalización), muestran la imperante necesidad de aplicar el sistema de Gestión de Riesgos de Desastres GRD en el distrito de Huancayo enfatizando políticas preventivas ante desastres sísmicos.

Es en base a este nivel de informalidad y la carencia de un plan de contingencia ante un escenario sísmico que se define operativamente el siguiente problema general:

- ¿Cómo determinar el nivel de riesgo ante un sismo en las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo, 2016?

Y con esto se plantean los problemas específicos:

- ¿Cómo evaluar el peligro sísmico de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo, 2016?
- ¿Cómo evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo, 2016?
- ¿Cómo generar información para disminuir el nivel de riesgo relacionados a efectos sísmicos en las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo, 2016?

1.2. Delimitación del tema

El distrito de Huancayo se encuentra ubicado a 3249 m s.n.m., en la región central del valle del Mantaro, región Junín y su emplazamiento se concreta predominantemente hacia el margen izquierdo del Río Mantaro recorriendo el distrito de Huancayo aproximadamente dos kilómetros **Figura 11**, sobre una amplia explanada formada por un cono aluvial que desciende de los nevados del Huaytapallana⁷.

⁷ Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Huancayo 2006 2011, Volumen 1.



Figura 11. Huancayo ubicado a la margen izquierda del río Mantaro

Fuente: Google Maps

La composición de la población urbana es de 97% y un 3% de población rural, con una densidad poblacional de tan solo 472 Hab./km², la menor entre los distritos del Tambo y Chilca (Tambo: 1996 Hab./km²; Chilca: 9324 Hab./km²)⁸. Respecto al alcance de este estudio, la presente investigación tomo una muestra basada en el último censo de viviendas por distritos realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el año 2007, teniendo como data la existencia de 14, 921 viviendas de “ladrillo o bloque de cemento” sin diferenciar entre edificaciones con sistema estructural de albañilería confinada, sistemas aporricados o mixtos. Posteriormente, se analizará la muestra en el distrito de Huancayo, focalizando el casco urbano del mismo y se analizarán tan solo las edificaciones de albañilería confinada.

1.3. Objetivos

Los objetivos de esta investigación se muestran a continuación, comenzando por el objetivo general:

- Determinar el nivel de riesgo ante un sismo en las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo mediante el Sistema de Gestión de

⁸ Mapas de peligros, plan de uso del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo. Informe final junio 2011.

Riesgos de Desastres Sísmicos (GRDS) aplicados a estas edificaciones, al 2016.

Y con esto se plantean los objetivos específicos:

- Evaluar el peligro sísmico de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo en base a los parámetros urbanos y la falla del Huaytapallana al 2016.
- Evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo en base a las condiciones locales del suelo, la topografía, la configuración estructural, la resistencia y la calidad de construcción al 2016.
- Generar información para disminuir el nivel de riesgo relacionado a efectos sísmicos en las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo mediante el planteamiento de procedimientos de restauración al 2016.

1.4. Hipótesis y descripción de variables

Para poder identificar los factores de riesgo la investigación aplicará el Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres Sísmicos, concretamente con las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo, es por esto que se plantea la siguiente hipótesis general:

- Determinar si el nivel de riesgo ante un sismo en las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo mediante el Sistema de Gestión de Riesgos de Desastres Sísmicos (GRDS) generará información importante en estas edificaciones, al 2016.

Y con esto se plantean las hipótesis específicas:

- Evaluar si el peligro sísmico de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo en base a los parámetros urbanos y la falla del Huaytapallana al 2016, generará información importante.

- Evaluar si la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo en base a las condiciones locales del suelo, la topografía, la configuración estructural, la resistencia y la calidad de construcción al 2016, generará información importante.
- Generar información para disminuir el nivel de riesgo relacionado a efectos sísmicos en las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo mediante el planteamiento de procedimientos de restauración al 2016, influirá positivamente en la toma de decisiones.

Bajo estas hipótesis es apreciable que la primera es una hipótesis genérica, que contiene en su desarrollo a las otras dos. De esto, a su vez se obtienen las variables siguientes:

- Gestión de Riesgo de Desastres Sísmicos (GRDS)
- Edificaciones de albañilería confinada

Estas variables están basadas tanto en la formulación del problema, en los objetivos y en las hipótesis; a continuación, se muestra la matriz que lo sustenta mediante el **Cuadro 2**:

Cuadro 2. Matriz de variables de esta investigación

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO
GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES SÍSMICOS (GRD)	<p>GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES SÍSMICOS: es un proceso social, cuyo fin es la estimación, prevención, y restauración de los factores de riesgo de desastres sísmicos, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible. ¹</p> <p>1. Presidencia del Consejo de Ministros PCM, Secretaría de Gestión de Riesgo de Desastres SGRD, Cenepred e Indeci. Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres Planagerd 2014-2021.</p>	Estimación de factores de riesgo de la edificación	Nivel de tecnicismo en las edificaciones de albañilería confinada	Ficha de estimación de factores de riesgo de la edificación
EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA	<p>EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA: las edificaciones de albañilería confinada que tradicionalmente se emplea en el Perú, está compuesta usualmente en secuencia de construcción, por: 1) la cimentación corrida de concreto ciclópeo; 2) el sobrecimiento hecho también de concreto ciclópeo, pero con piedras medianas; 3) los muros de albañilería; 4) las columnas de confinamiento; y 5) las losas de techo y las vigas soleras que corren encima de los muros, así como las vigas dinteles que cubren los vanos de puertas y ventanas. El concreto de estos tres elementos (losa-solera-dintel) debe ser vaciado en simultáneo para lograr su integración y monolitismo. ²</p> <p>2. SAN BARTOLOMÉ, Ángel, Daniel QUIUN y Wilson SILVA 2011 <i>Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería</i>. Primera Edición. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.</p>	Prevención de factores de riesgo de la edificación	Nivel de aplicación de las propuestas de restauración	Propuestas de restauración

Fuente: propia

1.5. Metodología de investigación

La metodología utilizada para esta investigación está basada en el Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres Planagerd 2014 - 2021, cuya institución representativa es el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres Cenepred. Las continuas publicaciones de esta institución dan pautas acerca de los procedimientos a seguir para aplicar el Sistema de Gestión de Riesgos de Desastres, a continuación, se resume la metodología utilizada para los desastres sísmicos basada en estas publicaciones y adecuada a las necesidades de esta investigación:

- **1º Planteamiento del estudio:** desarrollar los *principales motivos* por lo que es necesaria la aplicación del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres orientado a sismos.

Asimismo, se *delimitó* el estudio a partir de la selección de la muestra obtenida de la población, basado en el censo de población y vivienda realizado en el año 2007 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), donde se obtuvo un total de 14, 921 viviendas de material predominante “ladrillo o bloque de cemento”, constituyendo un 59.80% de las edificaciones del distrito de Huancayo.

A partir de la muestra se descartaron las edificaciones que no eran de albañilería confinada y con lo obtenido se procedió al desarrollo de esta investigación.

- **2º Desarrollo del marco teórico:** explicar detalladamente todo lo concerniente a la Gestión de Riesgo de Desastres; además, de explicar los requisitos mínimos que requiere el proceso constructivo y la estructuración, para este último ítem se optó por el estudio Chimbote – 70, que también se detalla en el marco teórico. Toda esta información se orientó a las edificaciones de albañilería confinada.

Del mismo modo se analizaron los *antecedentes*, relacionados con la Gestión de Riesgo de Desastres ya realizadas en la región centro, así como documentos oficiales u otros emitidos por diversas autoridades competentes, para luego elegir aquellas que aporten información relevante para determinar el nivel de riesgo y sus factores. Además, se adjuntó experiencias pasadas a nivel internacional, así como experiencia de entes mundiales relacionados a la Gestión de Riesgo.

- **3º Desarrollo de un instrumento de evaluación:** elaboración de la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR) para el análisis de la muestra, con el objetivo de obtener el nivel de vulnerabilidad, peligro y riesgo mediante resultados del estado situacional de edificaciones en el distrito.

Toda la información previamente obtenida, aportó en la elaboración de la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR).

- **4º Aplicación de la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR):** para obtener el estado de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo, y posteriormente interpretar sus resultados generando así información técnica relevante.

Fue en la pregunta seis de la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR), donde se hizo distinción del sistema estructural de las edificaciones de “ladrillo o bloque de cemento”, para su posterior selección.

- **5º Análisis de resultados:** dado que el año 2007, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) no realizó distinción del sistema estructural de cada una de las edificaciones censadas, mediante el uso de la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR) – pregunta seis (6), se realizó el primer descarte de edificaciones que no se clasificaban como albañilería confinada, esto a causa de la orientación de esta investigación.

Posteriormente, se generó una base de datos a partir de la información obtenida y se dispuso a interpretar los resultados de forma genérica para las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo.

- **6° Determinar el nivel de peligro:** basado en la falla del Huaytapallana, los parámetros urbanos y la locación de las edificaciones, se determinó el nivel de peligro de las edificaciones de albañilería confinada⁹.
- **7° Determinar el nivel de vulnerabilidad:** basado en el estudio Chimbote 70, se determinó el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones de albañilería confinada¹⁰.
- **6° Determinar la vulnerabilidad de tres edificaciones representativas:** puesto que el análisis con el que se determinó la vulnerabilidad estructural en todas las edificaciones de albañilería confinada se basó en el estudio Chimbote 70, se analizaron independientemente tres edificaciones con la normativa nacional actual, para comparar los resultados obtenidos.

Además, el análisis incluyó para realizarse con el software Etabs, un análisis simplificado, evaluación de configuración, resistencia, basado en los materiales utilizados y al proceso constructivo empleado.

- **8° Segundo descarte:** dado que la vulnerabilidad implica variables internas de la edificación, se descartaron directamente del análisis aquellas edificaciones que no cumplieran con los requisitos constructivos mínimos,

⁹ Para identificar el nivel de peligro se procedió a identificar los fenómenos naturales, su origen, causas y consecuencias, así como su nivel de incidencia sobre las edificaciones analizadas. Para propósitos de esta investigación se enfoca el peligro sísmico, siendo su incidencia moderada o severa.

¹⁰ Para identificar el nivel de vulnerabilidad a escala estructural se ha tomado como fundamento el estudio Chimbote 1970 mediante su cálculo de densidad de muros en cada edificación. Esto siempre y cuando no contravenga la normativa vigente, para cuyo caso se catalogará a la edificación como vulnerabilidad alta. Asimismo, se verificó el estado estructural de tres edificaciones representativas con el fin de homologar los resultados estructurales con normativa vigente.

como las que tienen más de dos niveles utilizando ladrillos artesanales, o aquellas que utilizaban ladrillos pandereta como muros portantes.

- **9° Determinar el nivel de riesgo:** tanto con los datos de vulnerabilidad y peligro se estimó el nivel de riesgo en dos escenarios, uno ante un sismo moderado y otro ante un sismo severo.
- **10° Determinar los factores de riesgo:** siendo los factores de riesgo aquellos que influyen en el mal comportamiento de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo, es imperante la necesidad de identificarlos.
- **11° Proponer medidas ante los factores de riesgo:** identificados los factores de riesgo se proponen en base a experiencias previas, soluciones que puedan aplicarse a la realidad del distrito de Huancayo, buscando la menos costosa y la más eficiente.
- **12° Conclusiones y recomendaciones:** plantear y proponer en base a todos los resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones que satisfagan la realidad de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

La importancia de este capítulo se debe a la necesidad de comprender conceptos no convencionales que desarrolla esta investigación, centrándose en la Gestión de Riesgo de Desastres, dado que no es un tema que se haya desarrollado con plenitud a pesar de contar con manuales y estudios previamente realizados por el sector público, estudios de tesis en el sector privado, e incluso la exportación del concepto para su aplicación a países cercanos como Chile y Colombia.

Con esta premisa en el Capítulo II se presentan los siguientes ítems: 1) *El Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (Sinagerd)*, incluyendo sus antecedentes y la falla del Huaytapallana, 2) *La Albañilería Confinada en el Perú*, incluyendo el proceso constructivo y el diseño estructural. Es en este último ítem donde se detalla el “proyecto Chimbote 70” aplicado en esta investigación.

2.1. Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (Sinagerd)

El Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (Sinagerd), es resultado de la 32ª política de estado (Gestión de Riesgo de Desastres), aprobada el 17 de diciembre del 2010 mediante el decreto Ley 29664 con el fin de proteger la vida, salud e integridad velando por la adecuada ubicación de la población y reduciendo su vulnerabilidad, dándose el 2012 el decreto supremo PCM N° 111-

2012 que hace obligatorio por parte de las autoridades del gobierno central, los gobiernos regionales y locales, el cumplimiento de la política de estado 32°.

Existen varias entidades que trabajan en conjunto para generar y ejecutar planes de riesgo, tales como la Secretaría de Gestión de Riesgo de Desastres SGRD, el Instituto Nacional de Defensa Civil Indeci, el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres Cenepred, entre otros; todas estas entidades se rigen bajo el mismo plan, el Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres Planagerd 2014-2021, con miras al bicentenario de la independencia.

La aplicación de la política del Sinagerd abarca fenómenos naturales de todo tipo, esta investigación utiliza esta metodología para el análisis exclusivamente de los peligros sísmicos. Siendo estos fenómenos naturales de ocurrencia en periodos de tiempo largo e imposibles de determinar con los actuales conocimientos. Sin embargo, el nivel de estrago de estos fenómenos suele ser devastador.

El procedimiento de aplicación de la metodología del Sinagerd consiste en identificar variables de vulnerabilidad y peligro para el cálculo del riesgo y los factores que lo ocasionan, llamados los Factores de Riesgo, de esta manera se predicen escenarios concretos postdesastre antes de que estos ocurran. Identificados los factores de riesgo el procedimiento recomienda generar alternativas de solución que mitiguen las consecuencias de los desastres. Además, al ser el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres concerniente al Estado es de resaltar que la información generada es exclusivamente de carácter informativo-preventivo para que las autoridades competentes tomen las medidas necesarias, para así evitar lidiar con políticas de reconstrucción postdesastre, pues las edificaciones de albañilería confinada podrían restaurarse eficazmente de preferencia antes de que ocurra un sismo. Asimismo, las pautas de restauración se detallarán para las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo, facilitando de esta manera su

aplicación. La forma de estimar el nivel de riesgo en su expresión más simple es mediante la siguiente fórmula:

$$Riesgo = Peligro * Vulnerabilidad$$

Para la obtención del nivel de vulnerabilidad en los propósitos de esta investigación se analizaron dos variables, la *vulnerabilidad a nivel constructivo* y la *vulnerabilidad a nivel estructural*, tras un análisis cualitativo se obtuvieron el nivel de vulnerabilidad de cada edificación, contemplando principalmente el grado de formalidad que tenía la edificación conjuntamente con sus fallas constructivas apreciables. Mientras que estructuralmente su nivel de vulnerabilidad se basó en el grado de concordancia de análisis y diseño que tenían las edificaciones conforme al estudio Chimbote-1970, siempre y cuando estas condiciones no contravengan con la normativa vigente, caso para el cual se clasificó a la edificación con requerimiento de refuerzo estructural. Finalmente, el nivel de vulnerabilidad se obtuvo de la siguiente manera:

Cuadro 3. Obtención del nivel de vulnerabilidad en función al grado constructivo y estructural

Nivel de Vulnerabilidad Constructiva	Nivel de Vulnerabilidad Estructural	Nivel de Vulnerabilidad
Formal	Buena Estructuración	Bajo
Informal	Buena Estructuración	Medio
Formal	Requiere refuerzo Estructural	Medio
Informal	Requiere refuerzo Estructural	Alto

Fuente: propia

Los resultados del nivel de riesgo se obtienen mediante el diagnóstico situacional del área urbana que se ha analizado en función a su vulnerabilidad y peligro, y el nivel de vulnerabilidad se puede obtener a partir del **Cuadro 4**. Mientras que la susceptibilidad estructural de la edificación al ser dañada será la **vulnerabilidad**, la intensidad sísmica a la que está sometida la edificación en

conjunto con las condiciones físicas del lugar se llama **peligro**¹¹. También, se debe tener en cuenta que la vulnerabilidad es directamente proporcional a la población, razón por la que las zonas más densamente pobladas son más vulnerables.

Cuadro 4. Cálculo del nivel de riesgo en función al peligro y a la vulnerabilidad

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Fuente: Cenepred

2.1.1. Antecedentes

Antecedentes Nacionales:

- **Programa “Ciudades Sostenibles”**: el Instituto de Defensa Civil (Indeci) en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) se encontraban encargados del programa “Ciudades Sostenibles”, fundado en octubre de 1998 durante el Comité Ejecutivo de Reconstrucción de El Niño-Ceren. Lamentablemente, en diciembre del 2016 el programa se canceló por el retiro de fondos de las Naciones Unidas (NU), siendo una pena a pesar de los reconocimientos a nivel internacional que esta política había generado como por ejemplo en el año 2006 donde obtuvo el premio “Ciudadanos al Día-CAD”, ocupando el primer puesto de 81 proyectos de los países de las Américas en el concurso de la Plataforma Regional para la Reducción de Riesgo de las Américas.

Los estudios de “Ciudades Sostenibles” van ligados al cálculo de riesgo de cada centro urbano que está en función a las variables de vulnerabilidad y peligro. Esto se expresa mediante mapas de peligros,

¹¹ Manual para la reducción de riesgo sísmico de viviendas en el Perú, MVCS – Ing. Julio Kuroiwa Horiuchi.

plan de uso del suelo ante desastres y propuestas de medidas de mitigación¹². Mientras el programa se mantuvo vigente generó valiosa información al analizar 170 ciudades, capitales provinciales, ver **Figura 12**.



Figura 12. Ciudades provinciales analizadas por Indeci, nótese que el distrito de Huancayo fue uno de los beneficiados por el PCS

Fuente: Indeci

Los resultados del programa fueron netamente informativos, con el objetivo de que las autoridades pertinentes tomen las medidas que consideren adecuadas. Lo que el hombre puede hacer para reducir el peligro es muy poco y muy costoso, por lo que la mejor solución es la reducción de la vulnerabilidad. El programa “Ciudades Sostenibles” realizó en junio del 2011 el “mapa de peligros, plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo”

Figura 13.

¹² Mapas de peligros, plan de uso del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo. Informe final junio 2011.



Figura 13. Portada del estudio Ciudades Sostenibles para la ciudad de Huancayo

Fuente: Indeci

Los objetivos de este estudio para la Ciudad de Huancayo fueron los siguientes¹³:

- ✓ Determinar las áreas de las ciudades de Huancayo, Tambo, Chilca y sus entornos urbanos, incluyendo las zonas de probable expansión urbana, que se encuentran amenazadas por fenómenos naturales y tecnológicos, identificando, clasificando y evaluando los peligros que pueden ocurrir en ellas, teniendo en consideración la infraestructura de defensa construida a la fecha.
- ✓ Identificar las áreas más aptas para la expansión y densificación de la ciudad de Huancayo, y sus entornos urbanos comprendidos en el estudio desde el punto de vista de la seguridad física del asentamiento y de la prevención de desastres.

¹³ Mapas de peligros, plan de uso del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo. Informe final junio 2011.

- ✓ Identificar sectores críticos mediante la estimación de los niveles de riesgo de las diferentes áreas de la ciudad de Huancayo. Esto comprende una evaluación de peligros y de vulnerabilidad.
- ✓ Promover y orientar la racional ocupación del suelo urbano y de las áreas de expansión, considerando la seguridad física de la ciudad de Huancayo.
- ✓ Identificar acciones y medidas de mitigación y prevención ante los peligros naturales y tecnológicos, para la reducción de los niveles de riesgo de la ciudad de Huancayo, estructuradas de tal manera que formen parte de una propuesta de políticas y acciones que la Municipalidad Provincial de Huancayo, el Gobierno Regional de Junín y otras instituciones vinculadas al desarrollo urbano de las referidas ciudades deban implementar para la reducción de los niveles de riesgo existente.
- ✓ Incorporar criterios de seguridad física de la ciudad de Huancayo en la actualización y/o complementación de su Plan de Desarrollo Urbano.

La metodología de este estudio para la ciudad de Huancayo fue la siguiente¹⁴:

- ✓ **PRIMERA ETAPA (organización y preparación del estudio):** consiste en la recopilación y revisión de información existente sobre la ciudad en estudio, y de su contexto regional; preparación de los instrumentos operativos para el trabajo de campo y el desarrollo del estudio, reconocimiento y levantamiento de información preliminar.
- ✓ **SEGUNDA ETAPA (formulación del diagnóstico situacional):** tiene cuatro componentes principales: a) evaluación de peligros (p), b) evaluación de vulnerabilidad (v), c) estimación del riesgo (r), d) síntesis de la situación actual.

¹⁴ Mapas de peligros, plan de uso del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo. Informe final junio 2011.

- ✓ **TERCERA ETAPA (formulación de la propuesta):** sobre la concepción de la imagen objetivo de la ciudades desde el punto de vista de la seguridad física y en atención a las tendencias, escenarios de riesgos y posibilidades de crecimiento y desarrollo, se formula la propuesta conformado por tres grandes componentes: el plan de usos del suelo ante desastres por condiciones naturales de uso, pautas técnicas de construcción y habilitación, y la identificación de proyectos de prevención y mitigación de desastres.

Las conclusiones de este estudio para la ciudad de Huancayo fueron 49 Mapas de la Ciudad de Huancayo¹⁵ que se pueden apreciar en el siguiente link perteneciente al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD):

<http://www.pe.undp.org/content/peru/es/home.html>.

- **Diagnóstico Urbano 2015-2025:** las autoridades del distrito de Huancayo por su parte desarrollaron el “Diagnóstico Urbano 2015-2025”, este va enfocado al Área central Metropolitana de Huancayo (ACMH) **Figura 14**. Si bien no tiene el peso legal de un Plan de Desarrollo Urbano vigente 2006-2011, nos sirve como referencia local.

¹⁵ MAPAS: 1) Político Departamental, 2) Político Provincial, 3) Político Distrital, 4) Hidrográfico, 5) Geológico Regional, 6) Litológico Estructural, 7) Geomorfológico Regional, 8) Escenario de Peligros Naturales, 9) Básico, 10) Imagen Satelital, 11) Geológico Local, 12) Geomorfológico Local, 13) Cuencas, 14) Evolución Urbana, 15) Barrios Urbanos, 16) Sectorización de la Ciudad, 17) Usos de Suelo, 18) Material de Edificación, 19) Altura de Edificación, 20) Estado de Conservación, 21) Equipamientos Urbanos, 22) Tendencias de Expansión Urbana, 23) Servicio de Agua Potable, 24) Servicio de Alcantarillado, 25) Servicio de Energía Eléctrica, 26) Ubicación de Sondajes, 27) Clasificación de Suelos, 28) Capacidad Portante, 29) Peligros Geotécnicos, 30) Peligros Geológico Hidrológico, 31) Peligros Climáticos, 32) Síntesis de Peligros Naturales, 33) Peligros por Fuentes de Contaminación de Aguas, 34) Peligros por Fuentes de Contaminación de Aguas, 35) Peligros por Fuentes de Contaminación de Desagüe, 36) Peligros de Contaminación por Sustancias Químicas Peligrosas, 37) Peligros Contra Suelos por Residuos Sólidos, 38) Peligros Tecnológicos Síntesis, 39) Densidad Urbana, 40) Líneas Vitales, 41) Servicios Vitales, 42) Lugares Concentración Pública, 43) Vulnerabilidad, 44) Riesgos, 45) Sectores Críticos de Riesgos, 46) Síntesis Situación Existente, 47) Rutas de Evacuación, 48) Plan de Usos del Suelo ante Desastres, 49) Localización de Proyectos Intervención.



Figura 14. Portada del Diagnóstico Urbano, para el Plan de Desarrollo Urbano de Huancayo 2015-2025

Fuente: Municipalidad Provincial de Huancayo

Al no ser un documento investigativo, sino que tiende a ser uno reglamentario, el **objetivo** del Diagnóstico Urbano es el adecuado desarrollo de la ciudad de Huancayo considerando periodos de tiempo largo y a futuro¹⁶. Mientras que la **metodología** consta en el método internacional de responsabilidad que pretende garantizar la calidad de las rendiciones de cuentas, evaluaciones y divulgación sobre aspectos sociales y éticos de la gestión empresarial. AA1000 es una norma de procedimiento, no un tipo de desempeño sustancial. Especifica los procesos que debe llevar a cabo una organización para responder por sus acciones, pero no por los niveles de desempeño que la empresa deberá alcanzar en los indicadores sociales, ambientales y económicos¹⁷.

Las **conclusiones** del diagnóstico urbano pretenden ser netamente reglamentarias, por ejemplo, se aprecia que parte del distrito de

¹⁶ Diagnóstico Urbano, Plan de Desarrollo Urbano de Huancayo 2015 – 2025.

¹⁷ Diagnóstico Urbano, Plan de Desarrollo Urbano de Huancayo 2015 – 2025.

Huancayo tiene riesgo muy alto en la rivera de los ríos, riesgo alto por zonas como el Cerrito de la Libertad y San Carlos, mientras que el resto del distrito se cataloga con riesgo medio **Figura 15**.

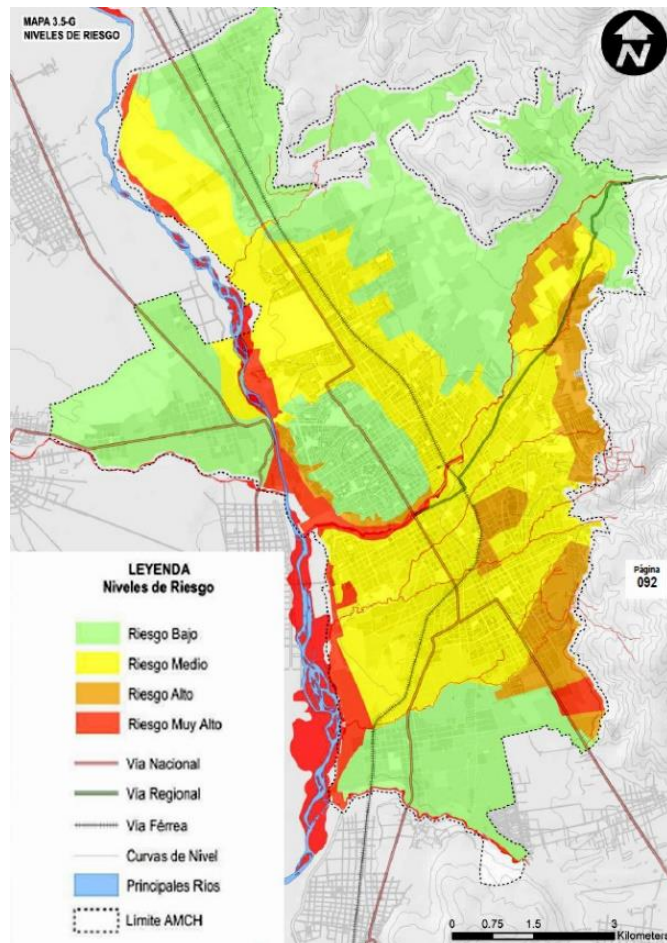


Figura 15. Zonas de riesgo en el ACMH, focalizado distrito de Huancayo

Fuente: Diagnóstico Urbano, Plan de desarrollo Urbano Huancayo

Asimismo, a pesar de la diferencia geográfica existente se debe considerar que el área emplazada en el Área Central Metropolitana de Huancayo ACMH contempla en sí misma la zona urbana que del distrito de Huancayo, así como sus áreas de expansión **Figura 16** Pudiendo, para fines prácticos considerar los datos del Diagnóstico Urbano útiles para el uso de esta investigación, pues en lo que respecta a los resultados obtenidos por el diagnóstico urbano este abarca el área de estudio (el casco urbano del distrito). Esto no descarta la necesidad

de replantear un plan de desarrollo urbano que promueva el desarrollo social, en base a la situación actual y con perspectiva a futuro pues en la actualidad no se cuenta con ningún plan de desarrollo urbano con estas características.

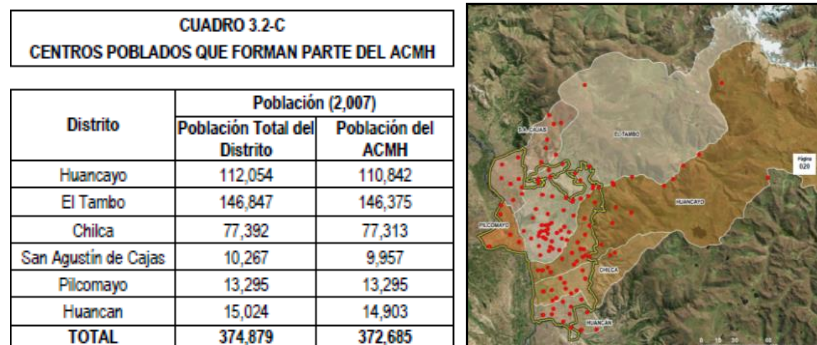


Figura 16. Diferencia entre el Área Central Metropolitana de Huancayo (ACMH) y el distrito de Huancayo

Fuente: Diagnóstico Urbano PDU Huancayo 2015 – 2025

Precisamente una de las causas por las que ha prosperado la informalización en el distrito de Huancayo es la falta de presencia gubernamental que origina una suerte de conformismo y que parte de los constructores informales desmerecen los criterios estructurales vigentes. Panorama muy similar a los que vivía Chincha y Pisco antes del terremoto del 15 de agosto del 2007 y en sismos anteriores; también, siendo el principal problema la informalidad.

Antecedentes Internacionales:

- *Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR):* la UNISDR se estableció en diciembre de 1999 como parte de la secretaría de las Naciones Unidas **Figura 17**, con el propósito de velar por la aplicación de la estrategia internacional para la reducción del riesgo de desastres¹⁸. A raíz del cual los diferentes países del mundo desarrollan acciones de

¹⁸ Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR).

reducción del riesgo de desastres (RRD) apoyados por la ONU.



Figura 17. Portada de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR)

Fuente: UNISDR

En ese contexto el año 1994, se realizó la primera conferencia mundial sobre la RRD, en Yokohama, Japón, posteriormente en el año 2005, se realizó la segunda conferencia mundial sobre a RRD en Hyogo; Japón **Figura 18**, donde se aprobó el (MAH) 2005-2015.



Figura 18. Portada del Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015

Fuente: Extracto del Informe de la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres

- **La tragedia de Armero:** como experiencia internacional, es importante mencionar el caso de Armero (centro poblado de Colombia), donde en el año 1985 se produjo el evento vulcanológico más mortífero del siglo XX con la erupción del volcán Nevado Ruiz al estar inactivo 69 años **Figura 19**. La muerte de 20, 000 habitantes pudieron haberse evitado al existir planes de prevención ante esta desgracia. Entre los centros poblados afectados se encontraba Ibagué, donde entre muchos otros por la negligencia de las autoridades no se ejecutaron planes de prevención adecuados. Resaltando que en Colombia ya existían legislaciones muy parecidas

al Acuerdo Nacional la 32° política de estado con carácter legal. Por consecuencias de la erupción, el alcalde de Ibagué fallecería y entre otras autoridades por responsabilidad y acuerdo a ley el gobernador de Ibagué fue preso.



Figura 19. Izquierda: foto del volcán: “Nevado del Ruiz”, derecha: lahares cubriendo Armero

Fuente: Diario El Tiempo

2.1.2. Falla del Huaytapallana

Para determinar el nivel de riesgo de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo, es necesario también obtener el nivel de peligro a la que estas están expuestas. Es necesario resaltar que la realidad del distrito es tan solo un peligro aparente, la causa de esto es que en el sector Noreste a 5557 m s.n.m., se ubica la cordillera del Huaytapallana y en su límite occidental, en los distritos de Pariahuanca Y Santo Domingo de Acobamba, se ubica una importante falla geológica (la falla del Huaytapallana) **Figura 20**. Esta falla fue catalogada mediante cartografía de la geotectónica nacional, como una estructura geológica que aún sigue liberando energía, dándose el epicentro del último sismo el año 1969 en un tramo de siete kilómetros, teniendo consecuencias directas sobre el nevado del Huaytapallana, como importantes desprendimientos de masas de hielo y rompimiento de un dique en la laguna Lazo Huntay, lo que a su vez causó un aluvión que atravesó el río Shullcas hasta su desembocadura en el río Mantaro¹⁹. El cambio climático es un factor importante que ha contribuido al deshielo del glaciar reduciendo en un 70% el área glaciar

¹⁹ Diagnóstico Urbano 2015-2025.

del nevado en tan solo 40 años, esto reduce en buena medida la ocurrencia de un aluvión como el ocurrido en 1969; sin embargo, no merma de manera alguna la intensidad sísmica. Sin desmerecer el peligro que representa el río Shullcas que con una longitud aproximada de 35.9 km es alimentado por los desagües de las lagunas Lazuntay y Chuspicocha directamente asociadas al deshielo del nevado Huaytapallana. La estación pluviométrica “Chamisería” monitorea mensualmente al río Shullcas obteniendo 1.10 m³/s como descarga media mensual mínima y 35.68 m³/s como máxima en lo que va del registro hasta la fecha²⁰.

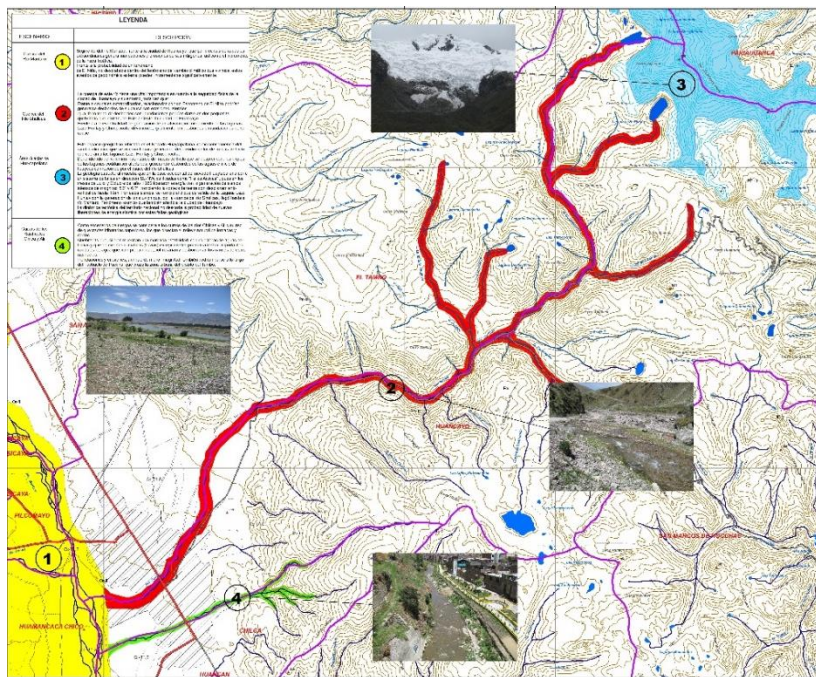


Figura 20. Mapa de escenario de peligros naturales de la provincia de Huancayo, (nótese la relevancia del nevado del Huaytapallana catalogado como escenario de riesgo)

Fuente: Indeci – Programa Ciudades Sostenibles

Respecto a un posible aluvión ante un desprendimiento glaciar se han tomado diversas medidas de prevención en lo que respecta la administración hídrica, que vale la pena destacar. En la laguna Lazo

²⁰ Mapas de peligros, plan de uso del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo. Informe final junio 2011.

Huntay ubicada a 4655 m s.n.m., se ha descargado a 10 metros como medida de prevención realizando descargas sucesivas para mantener la laguna a ese nivel. Misma medida tomada para la laguna Chuspicocha ubicada 4645 m s.n.m., disminuyendo su nivel normal de operación se descarga periódicamente **Figura 21**. Del mismo modo se ha tomado precauciones en lo que respecta al dique que a diferencia del año 1969, es ahora con una cobertura de concreto en forma trapezoidal y con un ducto cerrado de desagüe; mientras que en el año 1969 este dique se formaba a partir del relieve natural del terreno.



Figura 21. Laguna Lazo Huntay (izquierda) y Chuspicocha (derecha)

Fuente: Villanueva, E., 2011. Laguna Lazo Huntay <http://www.panoramio.com/user/4825225>.

Teniendo en cuenta el silencio sísmico que vive Huancayo es de 47 años, generándose en junio y octubre de 1969, sismos con característica de terremotos que evidencian la actividad tectónica en la zona. Dado este periodo, la gran mayoría de la población del distrito de Huancayo no ha sufrido directamente un terremoto, estudios revelan que la conciencia sísmica de la población casi desaparece después de tres décadas de silencio sísmico traduciéndose como indiferencia. En los últimos años se han observado fenómenos justamente en los distritos de Pariahuanca y Santo Domingo de Acobamba. En la geodinámica interna se han apreciado fenómenos como erosión fluvial, huaycos, desplazamientos, soliflucción y derrumbes; mientras que en la geodinámica interna se evidencia la actividad de la falla del

Huaytapallana²¹. Ahora bien, si se tiene en cuenta que en el año 1969 no existían las urbanizaciones que ahora existen incluso en la ribera del río sin respetar la franja marginal, esto sigue siendo una irresponsabilidad, no solo por un posible aluvión, sino por el tipo de suelo en el que se cimenta, dado que la presencia de capa freática garantiza la amplificación de ondas sísmicas desencadenando una serie de eventos catastróficos.

Otra de las justificaciones importantes del porqué de la necesidad de obtener resultados tangibles de esta investigación viene por parte también del informe geomorfológico del mapa de peligros de la ciudad de Huancayo, realizado por Programa Ciudades Sostenibles PCS. Donde los estudios de suelos se realizaron en condiciones críticas; es decir, durante los meses de enero a marzo donde hay mayor intensidad pluvial. Para el distrito de Huancayo la mayor parte de este tiene una clasificación AASHTO del suelo es del tipo GM. Sin embargo, en zonas altas como las urbanizaciones de La Merced, Santa Isabel y El Trébol, el tipo de suelo es limo arcilloso ML-CL, con presencia de suelo gravo limoso a 2.00 metros de profundidad. Peor aún con nivel freático apenas a 1.80m de profundidad, lo que garantiza que en el peor escenario al darse un sismo con características de terremoto entre los meses de enero a marzo no solo afectaría más a esta zona por la amplificación sísmica de ondas de por lo menos media intensidad, sino que también habría licuación de suelos considerando además que justamente en estos puntos están las capacidades portantes más bajas de todo el distrito de Huancayo²². Escenarios idénticos se demuestran en experiencias pasadas como en el distrito de La Molina en los terremotos de 1908, 1940, 1966 y 1974, **Figura 22**.

²¹ Mapas de peligros, plan de uso del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo. Informe final junio 2011.

²² Mapas de peligros, plan de uso del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo. Informe final junio 2011.



Figura 22. Fotografía en el distrito de La Molina tras el terremoto de 1940

Fuente: Diario El Comercio

Conjuntamente a esto se debe tener en cuenta el silencio sísmico que viene atravesando el distrito de Huancayo, y el departamento de Junín en general. El Instituto Geofísico del Perú (IGP) cuenta con cerca de 1,050 registros sísmicos de baja intensidad siendo estos imperceptibles en todo el departamento de Junín, pero evidenciando la actividad de la falla del Huaytapallana. Del total de movimientos registrados, esta investigación resaltó que 78 de estos han sido registrados en los alrededores de la falla del Huaytapallana, mostrándose la data en los **Cuadros 5 y 6**.

Cuadro 5. Data sísmica en inmediaciones del nevado del Huaytapallana

Fecha	Hora	Coordenadas		Profundidad (Km)	Intensidad			
		Latitud	Longitud		mb	ML	Ms	Mw
1961/06/17	10:56:30.00	-12	-75.3	29	5.2			
1963/01/22	08:32:35.00	-11.6	-75	47	4.5			
1965/09/11	18:17:54.00	-11.4	-75.3	33	4.1			
1966/07/26	21:53:34.30	-11.49	-75.16	119	4.5			
1966/12/13	10:59:06.70	-12.1	-74.9	21	4.3			
1967/07/30	21:58:50.02	-12.069	-74.947	30	4.5			
1968/06/27	12:16:53.09	-11.415	-74.64	5	4.5			
1968/09/21	14:44:31.02	-11.888	-75.087	41	5			
1969/07/24	02:59:23.33	-11.875	-75.104	7	5.9			
1969/07/24	04:32:38.87	-11.916	-75.136	27	4.6			
1969/07/24	06:33:10.41	-11.922	-75.11	6	4.7			
1969/07/24	08:00:45.32	-11.931	-75.122	42	4.4			
1969/08/01	02:22:41.77	-11.984	-75.229		4.7			
1969/08/01	05:58:34.76	-11.745	-75.106	33	4.2			
1969/08/01	19:02:18.20	-11.889	-75.251	39	4.9			
1969/08/11	16:15:15.00	-11.8	-74.7	70	4.2			
1969/10/01	05:05:47.02	-11.873	-75.217	15	5.8		6.2	
1969/10/01	05:26:05.15	-11.767	-74.984	47	5			
1969/10/01	05:58:17.32	-11.713	-74.99	23	5.6			
1969/10/01	06:28:09.37	-11.819	-75.216	48	5.1			
1969/10/01	08:28:17.00	-11.818	-75.077	11	5.7			
1969/10/01	17:04:47.85	-11.752	-75.205	15	5			
1969/10/01	22:56:32.47	-11.934	-74.997	53	5.3			
1969/10/02	00:30:59.44	-12.013	-75.148	5	4.3			
1969/10/04	00:26:34.38	-11.965	-75.18	20	4.7			
1969/10/04	21:08:20.35	-12.024	-75.098	5	4.4			
1969/10/04	21:57:53.59	-11.789	-75.03	5	4.2			
1969/10/06	00:38:01.14	-11.776	-75.15	30	4.9			
1969/10/06	06:36:47.29	-11.808	-75.107	24	5.1			
1969/10/07	09:29:03.00	-11.9	-74.6	33	4.4			
1969/10/07	23:07:28.34	-11.816	-75.154	38	4.9			
1969/10/13	04:11:21.40	-11.738	-75.091	46	4.3			
1969/10/20	18:00:31.60	-11.962	-75.241	16	5			
1969/10/31	22:37:53.84	-11.923	-75.102	8	4.5			
1970/01/05	08:05:40.09	-11.947	-75.053	55	4			
1970/02/28	18:44:54.45	-11.926	-75.206	36	4.1			
1970/09/29	05:59:08.89	-12.071	-75.155	5	4.5			
1970/11/23	16:59:50.54	-11.797	-75.266	14	4.7			
1971/03/19	14:27:54.80	-12.053	-75.246	7	4.8			

Fuente: IGP, Ing. Hernando Tavera

Cuadro 6. Data sísmica en inmediaciones del nevado del Huaytapallana

Fecha	Hora	Coordenadas		Profundidad (Km)	Intensidad			
		Latitud	Longitud		mb	ML	Ms	Mw
1972/06/01	01:51:13.33	-11.513	-74.642	100	4.3			
1973/03/07	02:01:31.42	-11.595	-75.212		4.4			
1973/10/02	10:15:09.60	-12.023	-75.115		4.1			
1974/08/21	15:41:52.88	-11.686	-75.473	108	4.7			
1980/08/16	23:52:49.00	-11.786	-75.117	44	4.7			
1981/11/22	23:15:08.70	-12.003	-74.683	114	4.9			
1986/12/29	11:54:27.38	-11.71	-75.44	44		4.2		
1989/04/02	08:00:02.60	-11.82	-75.13	27		4.1		
1990/02/14	07:05:59.29	-12.06	-74.9	11		4.1		
1990/02/23	23:14:54.23	-12.13	-75.05	14		4.1		
1990/02/23	23:21:07.62	-12.12	-75.04	15		4		
1990/07/13	05:30:26.50	-12.2	-75.11	119		4.1		
1990/08/23	20:25:04.53	-11.67	-75	55		4		
1991/03/03	00:39:47.40	-11.78	-75.1	35		4.2		
1991/03/10	20:32:08.68	-12.13	-75.23	111		4.2		
1993/01/02	01:08:04.85	-11.91	-75.04	35		4.2		
1993/05/28	00:10:05.54	-11.94	-75.27	59		4.1		
1994/07/31	03:34:25.66	-12.09	-75.07	84		4.1		
1995/05/13	06:59:20.41	-12.09	-75.09	19		4.1		
1995/05/13	09:46:32.81	-12.15	-75.27	109		4.7		
1995/06/20	05:10:35.64	-11.69	-75.06	27		4		
1996/01/02	06:42:39.03	-12.0239	-75.1211	29		4		
1997/07/03	18:01:30.99	-12.0756	-75.2158	126		4.5		
1998/02/08	17:45:31.76	-11.9483	-75.0937	15		4.1		
1998/02/28	08:30:02.73	-12.0524	-74.9453	15		4		
1998/05/07	03:33:13.52	-11.9893	-75.1145	19		4.2		
1998/06/28	23:00:17.79	-11.8679	-75.1791	113	4.8	5.1		
1998/08/05	13:51:07.75	-11.7427	-75.0239	39		4.1		
1998/12/13	10:22:23.26	-12.078	-74.9086	11	4.3	4.6		
2001/06/25	22:38:02.45	-11.8695	-74.7884	75	4.5			
2001/06/28	15:53:35.99	-11.948	-74.9863	64		4.4		
2001/07/14	04:27:37.32	-12.1935	-74.8693	11	4.8			
2003/03/09	10:55:45.22	-11.9756	-74.9516	118		4.1		
2003/04/14	14:05:03.16	-11.8388	-75.2408	83	4.1	4.2		
2007/06/29	11:56:54.03	-11.8556	-75.3119	107		4		
2008/07/09	03:25:22.97	-11.7924	-75.1123	11	4.1	4		
2009/07/30	01:39:16.12	-11.9592	-75.0385	15		4.1		
2009/07/30	06:38:43.95	-11.97	-75.0532	14	4.1	4.3		
2014/03/17	15:39:16.12	-11.9598	-74.9741	103		4.5		

Fuente: IGP, Ing. Hernando Tavera

Ahora bien, la información por si sola tan solo demuestra la actividad de la falla del Huaytapallana, pero al procesarla y analizar sus resultados son por lo menos alarmantes. La **Figura 23** que representa la ubicación geográfica de cada uno de los movimientos sísmicos se ve una concentración de estos, alrededor específicamente del hemisferio izquierdo (zona donde se ubica el distrito de Huancayo), así como en la zona norte, oeste y sur. Justamente en el sur en el distrito de Pariahuanca, fue donde se registró el sismo de 1969, **Figura 24** De los registros sísmicos imperceptibles cabe denotar que el último registrado por las inmediaciones de la falla del Huaytapallana fue el 17 de marzo del 2014, hace apenas 3 años.

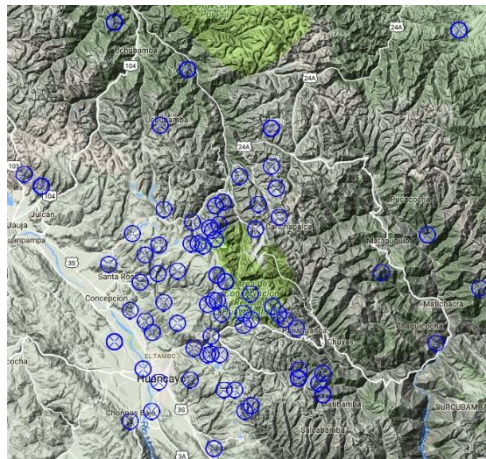


Figura 23. Ubicación de los 78 movimientos alrededor de la falla del Huaytapallana

Fuente: propia

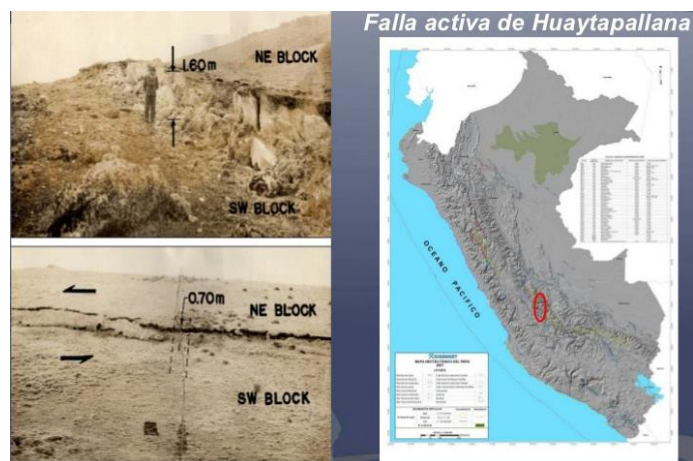


Figura 24. Falla del Huaytapallana tras el sismo de 1969 en el distrito de Pariahuanca, nótese el desplazamiento de 60 centímetros

Fuente: INGEMMET

Ya que el Instituto Geofísico del Perú IGP, mantiene monitoreada a la falla del Huaytapallana, los resultados muestran que no solo la falla se mantiene aún activa siendo una estructura geológica que libera energía sísmica en tiempos modernos (geológicamente hablando)²³, sino también que la liberación de energía son de tan pequeña en magnitud, que estas no son perceptibles por el hombre. Además, se debe considerar que, en el distrito de Huancayo, la falla del Huaytapallana si bien es la principal, no es la única, ya que existe la falla de Yanacancha en las partes altas del Mantaro, la falla de Ricrán enfocada hacia Jauja y la falla denominada Nido de sismos ubicada en Pampas. Bajo este escenario es de considerar el estudio del Ing. Tito Cuellar que sostiene una teoría de rebote elástico de las ondas sísmicas, que debido a la cantidad de fallas existentes y por el silencio sísmico que se tiene, ameritarían mayor perjuicio para toda la macrorregión centro, en donde se encuentra incluido el distrito de Huancayo, objeto de este estudio.

Lo que es peor aún, se estima que en un escenario extremo los sismos que se producirían en el distrito y sus inmediaciones, podrían

²³ Mapas de peligros, plan de uso del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo. Informe final junio 2011.

poseer características de terremotos, con intensidades de VI y VII en la escala de Mercalli Modificada o de 6.8 a 7.5 grados en la escala de Richter al encontrarse en una zona rodeada por fallas geológicas²⁴.

2.2. La albañilería confinada en el Perú

La albañilería confinada en el Perú, se rige bajo la normativa E-070; actualmente, la norma vigente y con carácter legal en el Perú en lo que concierne a la albañilería. Conjuntamente con las demás normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), dan los lineamientos mínimos en lo que concierne al análisis, diseño y la construcción además de especificar la calidad de los materiales con el fin de construir adecuadamente en toda la nación, el diseño estático que se detalla posteriormente se rige bajo esta normativa.

La norma E-070 como todas las demás normativas ha ido variando con el tiempo, esta mejora ha permitido amplitud en parámetros que antes no se podían estudiar por carencias tecnológicas; por ejemplo, la calidad de materiales, existiendo estudios de todo tipo que previamente tenían mayores exigencias en lo que concierne al análisis y diseño al ser los materiales de menor calidad; por ejemplo, el estudio utilizado en esta investigación para medir la vulnerabilidad estructural (Chimbote - 1970). Mientras que para 1970 ni siquiera existía una norma vigente, no fue hasta 1977 donde se planteó por primera vez el concepto de albañilería confinada en el capítulo tres de la norma sismorresistente (OIN 1977), y en 1982 cuando se promulgó la primera ley exclusivamente de albañilería (ININVI E070-1982) que se mantuvo vigente hasta el 2006, donde recién se propuso la normativa actual.

El ejemplo previamente mencionado, acerca de las variaciones en la normativa respecto a su nivel de exigencia en el análisis y diseño es el estudio CH-70. Es por esto que se puede asegurar que para el estudio de PRRVA, realizado en Chimbote no se contemplaban muchos de los criterios actuales,

²⁴ Ingeniero Mario Tito Cuéllar especialista en ingeniería sismorresistente y responsable de una investigación de la falla del Huaytapallana.

como la calidad de materiales, por lo que tras el estudio de las viviendas colapsadas se determinó que las edificaciones de albañilería confinada requerían más densidad de muros que las edificaciones modernas.

Así pues, en la actualidad la tecnología ha permitido estudiar la calidad de los materiales más a fondo. Tras el estudio realizado por la Ing. Rosa Aguirre Gaspar, se pueden obtener las propiedades físico-mecánicas de las unidades artesanales y las pilas de albañilería, mostrando a continuación un cuadro resumen y comparándolas con las propiedades mínimas exigidas con la normativa actual:

Cuadro 7. Propiedades mecánicas de las unidades artesanales y las pilas²⁵

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS UNIDADES ARTESANALES DEL DISTRITO DE HUANCAYO			REQUERIMIENTOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA PARA MUROS PORTANTES (E070)		
fb:	39.41 Kg/cm ²	Resistencia a la compresión	f _m :	50.00 Kg/cm ²	Resistencia a la compresión
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS PILAS DE ALBAÑILERÍA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO			REQUERIMIENTOS DE LAS PILAS DE ALBAÑILERÍA PARA MUROS PORTANTES (E070)		
f _m :	27.93 Kg/cm ²	Resistencia a la compresión	f _m :	35.00 Kg/cm ²	Resistencia a la compresión
Em:	11568.86 Kg/cm ²	Módulo de elasticidad	Em:	Aceptable	Módulo de elasticidad
v'm	5.69 Kg/cm ²	Resistencia al corte	v'm	Aceptable	Resistencia al corte
G _m	6641.43 Kg/cm ²	Módulo de corte	G _m	Aceptable	Módulo de corte

Cabe resaltar que a nivel mundial se ha reconocido la importancia de la densidad de muros existiendo variaciones de cálculo conforme a cada país, pero manteniendo la esencia del mismo. Como ejemplo se tiene a México y su implementación del concepto de densidad de muros en su normativa desde el año 1985 y la variación que ha tenido hasta la actualidad **Gráfico 2**. Mientras que, en el contexto nacional, la normativa lo ha limitado como un proceso de predimensionamiento, contemplando criterios más rigurosos para el análisis.

²⁵ “Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín”. Ing. Dionisia Rosa Aguirre Gaspar.

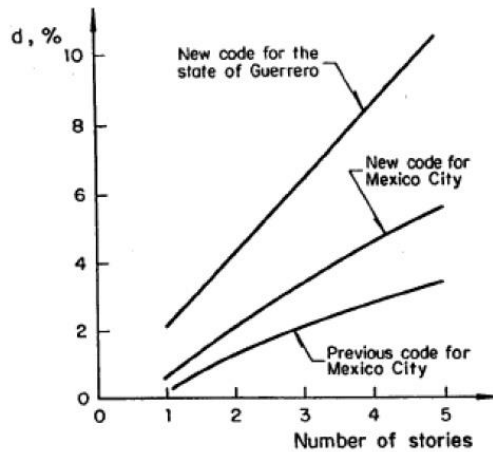


Gráfico 2. Variación del criterio normativo en México respecto la densidad de muros en función a la altura de la edificación²⁶

A continuación, se muestran los criterios actuales que se tiene en cuanto a la albañilería confinada concerniente a procesos constructivos y estructuración, estos criterios fueron tomados en cuenta para la elaboración de la ficha de estimación de los factores de riesgo (FEFR):

2.2.1. Proceso constructivo

El proceso constructivo de las edificaciones de albañilería confinada se basa en adecuados pasos a seguir para plasmar en la realidad lo que previamente se ha diseñado, esto con el objetivo de lograr un buen desempeño estructural ante una demanda extrema. No solo debe de regirse por la experiencia de los constructores, que en buena medida los años les han dado conocimientos bastante apropiados, sino que debe estar ligado a un criterio constructivo profesional fundamentado por mano de obra calificada. Contando obviamente con planos que garanticen su buen diseño estructural.

²⁶ Meli, R. (1994). *Structural Design of Masonry Buildings: the Mexican Practice. Masonry in the Americas, ACI Publication SP 147, American Concrete Institute, Detroit.*

“Es importante destacar que por más refinamiento que se haga en el diseño estructural, finalmente la estructura responderá ante los sismos de acuerdo a cómo haya sido construida”²⁷.

Los procedimientos constructivos han ido evolucionando con el tiempo, mejorándose conforme las solicitaciones sísmicas lo ameritaban, tal como lo demuestran las modificaciones a la norma sismorresistente lo que ha conllevado a que las edificaciones de albañilería tengan más restricciones estructurales, así como la garantía de mejores materiales. Si bien en algún momento se pensó que el método de albañilería confinada era el mejor método para edificaciones sociales en todo el Perú, los beneficios de plazos menores han demostrado que es más económico y beneficioso en un 14% emplear Muros de Ductilidad Limitada MDL.

Asimismo, estudios conjuntos de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), aportaron mediante investigaciones cambios trascendentales a la normativa sismorresistente del año 1997, siendo el aumento en 30% de la rigidez estructural mediante la reducción de la deformación de entrepiso la de 0.010 a 0.007. Asimismo, se aumentó el coeficiente de uso de 1.3 a 1.5, beneficiando a las edificaciones construidas bajo estos parámetros, como las edificaciones nacionales afectadas en los terremotos de Chile y sur del Perú del 2001, así como el de Ica el 2007. Además, si se tienen en cuenta las modificaciones adicionales que se dio a la normativa E030 el 2016, ya podemos referirnos a una normativa sismorresistente que, si bien como todo aún puede mejorarse, se encuentra consolidada. Respecto a la misma normativa el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en su manual para la reducción de riesgo sísmico de viviendas en el Perú, realizada por el Ing. Julio

²⁷ SAN BARTOLOMÉ, Ángel, Daniel QUIJUN y Wilson SILVA 2011 *Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería*. Primera Edición. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Kuroiwa Horiuchi hace referencia a que las pautas más recientes acerca de brindar resiliencia estructural, se están enfocando a los elementos no estructurales que representan en los sismos del 70 al 90 % de pérdida más recientes como los terremotos de California 1994, Japón 2011 y Chile 2010. Suficiente para detener el continuo funcionamiento de edificios importantes. Esta pauta que ya se debe tener en cuenta en el Perú conjuntamente con las nuevas pautas sismorresistentes.

Con el objetivo de realizar la ficha de estimación de los factores de riesgo de las edificaciones de albañilería confinada, la descripción de dichos procesos constructivos se detalla a continuación, procurando mostrar el estado del arte de los mismos.

2.2.1.1. Cimentaciones

Para el proceso constructivo de la cimentación se debe tener en cuenta el diseño estructural planteado por un ingeniero, fundamentado en las propiedades físicas del suelo como capacidad portante; además, el número de pisos que tendrá la estructura, nivel de capa freática y la composición²⁸. El diseño debe estar lo más detallado posible en planos, **Figura 25**.

²⁸ Basado en la normativa E.050 de suelos y cimentaciones.

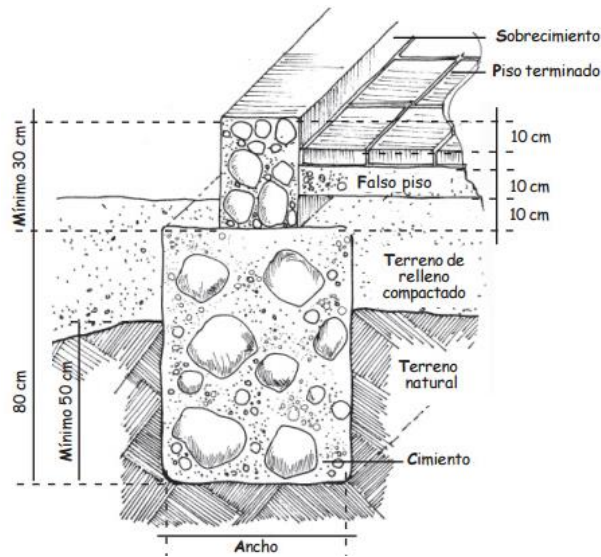


Figura 25. Construcción de cimientos, cimiento corrido

Fuente: Construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería – Marcial Blondet

Durante las autoconstrucciones surgen problemas, pues si no se cuenta con planos el maestro constructor asume tener criterio suficiente para garantizar un buen desempeño estructural, sobredimensionando empíricamente el cimiento, lo que conllevaría a elevar los costos para el propietario, resultando una alternativa ni económica sin fundamento estructural presentando muchas veces errores constructivos, **Figura 26.**



Figura 26. Autoconstrucción de cimentación, nótese el sobrecimiento desnivelado y sin rayar para el asentado de ladrillos

Fuente: propia

Para la síntesis se aborda en la cimentación tanto el cimiento como el sobrecimiento; sin embargo, ambos tienen características constructivas independientes. Las características a cumplir tanto para el cimiento como para el sobrecimiento se detallan a continuación:

○ **Proceso constructivo del cimiento**

El material a usar es concreto ciclópeo con una resistencia a la compresión (f_c) 100 Kg/cm². La proporción recomendada es Cemento: Hormigón 1:10+ 30% de Piedra Grande PG, con un tamaño máximo de 10 pulgadas. El tamaño mínimo de la zanja debe de ser de 40 cm. Para que facilite trabajar sin dificultad a un obrero, como dato adicional un cucharón retroexcavadora mide en promedio 457mm, usándose en algunos casos para mejorar rendimientos del cimiento corrido. Su diseño se rige por el tipo de suelo que tenga la estructura, así como al peso de la misma, ver detalle en la **Figura 27**.

○ **Proceso constructivo del sobrecimiento**

El material a usar es concreto ciclópeo comúnmente no reforzado, pudiendo variar esta condición de acuerdo al tipo de suelo, con una resistencia a la compresión (f_c) 100 Kg/cm². La proporción recomendada es Cemento: Hormigón 1:8+ 25% de Piedra Mediana PM, con un tamaño máximo de 3 pulgadas. Esta es una mezcla pobre debido a que la principal función del sobrecimiento es de aislar las unidades de albañilería a tener contacto directo con el suelo para que la humedad no lo afecte. Es por ello que se recomienda que esté encima del nivel del terreno natural de unos 20 a 30 cm. Tres horas tras el vaciado del sobrecimiento este se debe rayar con cinco centímetros de

profundidad. Esto garantiza adherencia para así contrarrestar los esfuerzos de corte y cizalle. Otro factor importante respecto al sobrecimiento es que este debe estar aislado de las columnas, esto debido a que el sobrecimiento y la columna tienen diferentes valores de resistencia a la compresión ($f'c$), debiendo ser de esta última de 175 kg/cm^2 . Finalmente, tanto para el cimiento como para el sobrecimiento se debe diseñar de tal forma que evite inconvenientes con las tuberías, esto se puede manejar en la etapa de diseño, mediante adecuadas gestiones y diálogo entre las partes, ver detalle en la **Figura 27**.

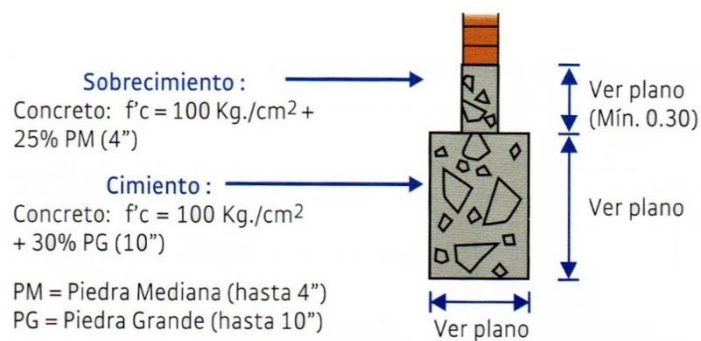


Figura 27. Detalle de cimiento y sobrecimiento típico

Fuente: manual de construcción – Aceros Arequipa

2.2.1.2. Muros de albañilería

Para fines de esta investigación, el proceso constructivo está enfocado a muros portantes de albañilería conformados por unidades sílico-calcáreas. Este sistema puede darse en estructuras de albañilería confinada o en sistemas duales-mixtos. Además, se debe tener como premisa que las unidades de albañilería deben clasificarse como unidades sólidas (que cumplan con las especificaciones señaladas en la norma E070), con comportamiento elástico en un sismo severo, siendo las unidades sólidas industriales, **Figura 28**. Las características

constructivas que deben tener estos muros se detallan a continuación:

- Las unidades deben de ser adheridas con mortero de cemento y se dispondrán con plomo y en línea o en su defecto el uso del “escaniplo”.
- Deben evitar eflorescencia severa (cristalización de sulfatos en la superficie de las unidades), pues atenta contra la adherencia de la unidad y el mortero.
- El espesor de las juntas de mortero no debe superar los 15mm para evitar pérdidas de resistencia a la compresión y fuerza cortante de albañilería.
- Las disposiciones del muro pueden darse de tres formas, de soga, de cabeza y mediante el amarre americano.
- La altura máxima por jornada debe de ser no mayor a 1.30 m, esto para evitar que el muro se desalínee y se compriman las juntas inferiores por el excesivo peso.
- Al terminar la jornada se recomienda también dejar las juntas verticales de las hiladas finales libres, para continuar en la siguiente jornada. Esto evita fallas por cizalle.
- Las conexiones que puede haber entre las unidades de albañilería y los elementos de confinamiento son: al ras y dentada, siendo esta última la más usada en el medio local tan solo por hábito, ya que con la colocación de mechas funciona sin problemas. En la conexión al ras, los “*dientes*” deben de medir un máximo de 5 centímetros para asegurar adherencia y evitar fractura; además, deben estar limpios al momento del vaciado, ver **Figura 29**.
- La norma E070 expresa claramente la prohibición de tuberías mayores a 55mm que atraviesen los muros de albañilería. Como solución se puede usar falsas columnas, ver **Figura 30**.

- Para tuberías menores de 55mm la norma E070 especifica que se dejen espacios y se rellenen con grout, ver **Figura 30**.
- Finalmente, bajo ningún concepto debe picarse el muro ni en vertical, horizontal o diagonal, pues el cambio de sección genera variación en la rigidez del muro y por ende en su comportamiento. Para evitar esto se debe de proyectar ductos o falsas columnas en la etapa de diseño.



Figura 28. Unidad de albañilería sólida, King Kong 30% Tipo V - LARK.

Fuente: <http://www.ladrilloslark.com.pe/detalle-producto.php?id=2&tipo=1>



Figura 29. Muro de albañilería confinada, conexión dentada. Sin embargo, nótese el uso de unidades artesanales

Fuente: propia



Figura 30. Dientes de los muros de albañilería y columneta para albergar las tuberías, nótese el zunchado

Fuente: propia

2.2.1.3. Columnas de confinamiento

Las columnas son los elementos de confinamiento verticales de los muros de albañilería, contienen refuerzo longitudinal como transversal para otorgar flexibilidad y un comportamiento dúctil al muro. Constructivamente deben de cumplir con las siguientes características:

- Si bien las dimensiones de las columnas de confinamiento no están estandarizadas, por economía y facilidad de proceso constructivo se recomienda que sea de un área efectiva de $20 \times t$. Siendo t el espesor efectivo del muro medido en centímetros.
- Se debe evitar la presencia de cangrejas, **Figura 31**, por congestión de acero, o ganchos a 135 grados, usando piedras de tamaño máximo de $\frac{1}{2}$ pulgada y asegurándose de un buen zunchado para distribuir la mezcla de una manera homogénea.



Figura 31. Cangrejera presentada en la base de la columna

Fuente: propia

- La resistencia a la compresión, tal como se mencionó antes, debe ser de 175 kg/cm^2 , ver **Figura 32**.



Figura 32. Proceso constructivo de muro de albañilería confinada armado, encofrado y desencofrado

Fuente: propia

2.2.1.4. Vigas

Las vigas son los elementos de confinamiento horizontal, debiendo diferenciar entre las vigas soleras que son el confinamiento y las vigas dintel que son peraltadas al no tener un soporte y trabajar a flexión, las vigas soleras transmiten hacia los muros las cargas de las losas. Las características constructivas de estos elementos se detallan a continuación:

- **Proceso constructivo de una viga solera**

Las dimensiones de la viga solera también son menores debido a que solo sirven para confinar, comúnmente tienen un peralte igual que el de la losa y un ancho igual que el del muro. Se debe de evitar cangrejas por congestión de acero en los nudos, así como procurar evitar la exposición de aceros. La resistencia a la compresión debe de ser 175 kg/cm^2 .

- **Proceso constructivo de una viga dintel**

Las dimensiones de la viga dintel pueden variar, manteniendo el ancho del muro con peraltes de 30 a 60 cm dependiendo del criterio del diseñador, teniendo en cuenta los esfuerzos a flexión a los que está sometido; además, de que su peralte influye en la excentricidad de los cimientos. Se debe de evitar cangrejas por congestión de acero en los nudos, así como procurar evitar la exposición de aceros. La resistencia a la compresión debe de ser 175 kg/cm^2 .

2.2.1.5. Losas

Si bien es recomendable que las losas sean bidireccionales, pues las cargas se homogenizan hacia todos los muros, no existe directiva que prohíba otras disposiciones de losa por lo que es común verlas en techos aligerados unidireccionales; además, debe tenerse en cuenta que es esencial que el vaciado de las losas se realice conjuntamente con el de las vigas soleras y dinteles para que exista una adecuada transmisión de cargas, ver **Figura 33**. Adicionalmente las losas deben de cumplir las siguientes características.

- Se debe de evitar cangrejas por congestión de acero en los nudos.
- Se debe evitar la exposición de aceros.
- La resistencia a la compresión debe de ser 175 kg/cm^2 .



Figura 33. Proceso constructivo de vigas de confinamiento y losa, encofrado de losa, armado de vigas, losa y vaciado

Fuente: propia

2.2.2. Diseño estructural

El diseño estructural es una filosofía basada en una serie de planteamientos técnicos que los profesionales en esta área proponen con el fin de otorgar una solución económica y un comportamiento eficiente de las edificaciones, respetando siempre las áreas base que se involucran en el proyecto, como son la arquitectónica, sanitaria, eléctrica, etc. A pesar de estar en constante variación, conforme se renueva la tecnología, el diseño estructural mantiene sus mismos fundamentos, el de otorgar adecuada rigidez y ductilidad a las edificaciones basados en fundamentos de análisis mecánico-dinámico, teniendo siempre en cuenta los fenómenos naturales a los que puedan estar expuestas. En el Perú existe normativa que respalda estos

conocimientos como son E030 (diseño sismorresistente) vigente y de carácter legal.

El diseño estructural para edificaciones de albañilería confinada, tema de interés de esta investigación, abarca procedimientos basados en las normativas vigentes E070, E060, E030 y E050. Realizada la propuesta estructural, estas deben plasmarse con el mayor detalle posible en planos perfectamente entendibles a todo nivel. A continuación, se describe el método de análisis estático, basado en la normativa E070 (albañilería) y E030 (diseño sismorresistente):

2.2.2.1. Proyecto Chimbote 70

Tras el terremoto de Ancash del 31 de mayo de 1970 (evento más mortífero de las Américas del siglo XX), se incorporó en el Perú el método constructivo de albañilería confinada. Los impulsores de esto fueron 25 egresados de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (FIC/UNI), los cuales donaron un total de 600 meses hombre en asistencia técnica en el Proyecto de Reparación y Reforzamiento de Viviendas de Albañilería (PRRVA), analizando 3500 edificaciones durante tres años y medio, resaltando que fue un trabajo *Ad honorem* por los egresados y financiado por la Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la Zona Afectada (CRYRZA) que era una misión japonesa. El nombre original de este proceso constructivo se le da en memoria de las personas damnificadas en la ciudad de Chimbote 1970 (CH-1970). Adicionalmente, al estudio de PRRVA se sumó el concepto de densidad de muros traído desde el Japón, verificándose que existía correlación directa entre la densidad de muros en muros confinados y el grado de daños de las edificaciones de albañilería confinada, **Figura 34**. Además, las unidades de

estas edificaciones eran de procedencia artesanal, por lo que la verificación de la densidad de muros tiene criterios más exigentes a los de la norma E070.



Figura 34. Relación directa entre la densidad de muros y el nivel de daño entre las edificaciones de albañilería confinada, este estudio aún mantiene vigencia

Fuente: PRRVA

El procedimiento consiste en dividir la sumatoria de las longitudes de los muros expresadas en centímetros, entre el área construida (expresado en metros cuadrados) considerando en esta última el número de niveles. Posteriormente, se multiplica este producto por un factor que está en función al espesor del muro en la fórmula que se muestra a continuación.

$$\alpha = \frac{\sum LxFe}{AxN}$$

Fórmula del cálculo de la densidad de muros

Fuente PRRVA 1970

El procedimiento se realiza para cada dirección en la que la edificación cuente con muros portantes. Los resultados demostraron que las viviendas que no fueron afectadas fueron aquellas que tuvieron una densidad de muros del orden mayor o igual a 12 cm/m^2 , el valor se muestra en la **Figura 34**.

A continuación, se muestra la densidad mínima de muros, demostración realizada por el Ing. Ángel San Bartolomé, que se plasma en la normativa vigente:

1) Al igualar la Fuerza Cortante actuante en la base de la edificación con la resistencia al corte en los muros, se tiene:

$$\Sigma(v \cdot L \cdot t) \geq V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C}{R} \cdot P$$

Dado que se conocen los siguientes datos:

- $R=3$ (factor de reducción para un sismo severo en el sistema estructural de albañilería confinada)
- $C=2.5$ (factor de amplificación sísmica, 2.5 es un valor usual dada la baja altura de las edificaciones analizadas – 2 niveles)
- $P=800 \text{ Kg/m}^2 \times A_p \times N$ (peso aproximado de las edificaciones de albañilería confinada para facilidad de cálculo). Siendo A_p el área en planta de la edificación y N el número de pisos de la misma.
- V es la resistencia a la fuerza cortante promedio, a pesar que esta se obtiene de la fórmula: $V_m = 0.5 v_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23 P_g$; para la demostración se nos da un valor directo obtenido a través de ensayos: $v = 3.7 \text{ kg/cm}^2$ ($37\,000 \text{ kg/m}^2$)

- Operando:

$$37000x\Sigma L.t \geq \frac{ZxUxSx2.5}{3} . 800 x A_p x N$$

$$\frac{\Sigma L.t}{A_p} \geq \frac{ZxUxSxN}{56}$$

- Mediante esto se demuestra la densidad mínima de muros de la normativa que debe ser analizada en ambas direcciones:

$$\frac{\text{Área de corte de los muros reforzados}}{\text{Área en planta típica}} = \frac{\Sigma L.t}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{56}$$

- 2) Bajo este concepto se demuestra la densidad mínima de muros teniendo en cuenta las propiedades mecánicas de los ladrillos artesanales del distrito de Huancayo, basado en estudios previamente realizados. Se tiene la fuerza cortante actuante en la base:

$$V = \frac{Z.U.S.C}{R} . P$$

- Donde, R=3 (factor de reducción para un sismo severo en el sistema estructural de albañilería confinada); C= 2.5; P = $1000 \frac{kg}{m^2} \times A_p \times N$ (se asume un peso de la estructura más conservador, de $1000 \frac{kg}{m^2}$, por lo que se multiplica el área en planta A_p y el número de pisos N), obteniendo:

$$V = \frac{Z \times U \times S \times 2.5}{3} \times 1000 \times A_p \times N$$

$$V = \frac{Z \times U \times S \times A_p \times N \times 2500}{3}$$

3) Con la resistencia al corte de los muros:

$$\Sigma(v.L.t) = v\Sigma(L.t)$$

- Donde la resistencia a la fuerza cortante promedio (v), se calcula según norma E070 para unidades de arcilla como sigue:

$$V_m = 0.5 v_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23 P_g$$

- Para el cálculo de P_g en un muro de un metro con un espesor efectivo $t=0.13\text{m}$; y una altura de entrepiso de 2.70m ; se tiene:

$$P_g = 1800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1\text{m} \times 0.13\text{m} \times 2.7\text{m} = 631.80 \text{ Kg}$$

- Para obtener la resistencia a la fuerza cortante promedio (v_m), se basó en investigaciones previamente realizadas, se tomará el valor de resistencia a la compresión f'_m promedio de la tesis de Peralta Marticorena, Ayar Joaquín ($f'_m=17.26 \text{ kg/cm}^2$). Mediante la restricción de la norma tenemos:

13.8 El valor de v_m para diseño no será mayor de $0,319\sqrt{f'_m} \text{ MPa} \left(\sqrt{f'_m} \text{ Kg/cm}^2 \right)$

$$v_m = \sqrt{17.26} = v_m = 4.15 \text{ kg/cm}^2$$

Siendo el valor más cercano al v'_m de Palián, obtenido por los estudios de la Ing. Aguirre Gaspar, Dionisia Rosa ($v'_m_{PALIAN} = 3.71 \text{ kg/cm}^2$); por lo que:

$$v_m = 4.15 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad (v_m = 41500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2})$$

- Considerando que el factor de reducción de resistencia al corte por efecto de esbeltez (α), se calcula como:

$$\frac{1}{3} \geq \alpha = \frac{V_e \cdot L}{M_e} \geq 1$$

Se muestra en el **Cuadro 8**, el análisis que se realizó a tres edificaciones representativas del distrito de Huancayo que diferían en el tipo de suelo:

Cuadro 8. Cálculo de la resistencia al corte por efecto de esbeltez (α)

REFERENCIAS		CÁLCULO DE CONTROL DE FISURACIÓN					
		MURO	Ve	Me	L	α	
CAPÍTULO V ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TRES EDIFICACIONES REPRESENTATIVAS	5.2.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmico (Edificación 01):	2X	7.63	35.08	6.50	1.41	1.00
		1Y	8.77	40.29	12.00	2.61	1.00
	5.3.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmico (Edificación 41):	4X	5.72	26.54	6.50	1.40	1.00
		1Y	6.98	32.03	12.00	2.62	1.00
	5.4.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmico (Edificación 45):	1X	21.27	49.45	10.61	4.56	1.00
		1Y	18.47	42.40	9.21	4.01	1.00

Fuente: propia

Como se puede apreciar para los seis muros analizados de edificaciones del distrito de Huancayo, el factor de reducción de resistencia al corte por efecto de esbeltez (α) es uno, por lo que este valor se mantendrá ($\alpha=1$):

- Calculando la resistencia al corte (V_m):

$$V_m = 0.5 \times 41500 \times 1 \times 0.13 \times 1.00 + 0.23 \times 631.80$$

$$V_m = 2842.81 \text{ kg}$$

- Y se divide la resistencia al corte (V_m), entre ($L \times t$):

$$\frac{2842.81}{1.00 \times 0.13} = 21\,867.80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- 4) Con estos datos se realiza una ecuación genérica como la obtenida por el Ing. Ángel San Bartolomé, pero en esta ocasión para unidades artesanales con propiedades mecánicas del distrito de Huancayo, desarrollando ambas ecuaciones, se tiene:

$$\frac{\text{Área de corte de los muros reforzados}}{\text{Área en planta típica}} = \frac{\Sigma L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{26}$$

Para los fines de esta investigación es ideal el uso del estudio CH-70, al ser predominantes en el distrito el uso de unidades artesanales en las edificaciones de albañilería confinada, resaltando que el mencionado estudio se realizará bajo condiciones locales; es decir, considerando la realidad de Huancayo. Asimismo, se orienta para aquellas edificaciones que no contravengan con la normativa E070 – albañilería, E030 – diseño sismorresistente (es decir edificaciones de albañilería confinada que utilicen unidades artesanales no mayores a dos niveles), al tener la garantía que las edificaciones de más niveles tienen una vulnerabilidad alta solo por el hecho de contravenir la normativa vigente, dichas edificaciones no solo requieren de un análisis más detallado para predecir su comportamiento estructural, sino que también

requieren procesos de intervención urgentes para un adecuado comportamiento ante un sismo.

Como alcance final respecto al estudio de Chimbote-70, se debe resaltar que una vez consolidado, este se difundió en la Universidad Nacional de Ingeniería en el curso de ingeniería antisísmica en el año 1975, tanto para Ingeniería Civil como para arquitectura, cursos dictados por el Ing. Julio Kuroiwa. En el contexto profesional, el país tiene una deuda por las nefastas consecuencias de aquel sismo, por lo que la normativa ha ido evolucionando con el objetivo de satisfacer las peores condiciones nacionales. Es de notar que el método de albañilería confinada tras ser aplicado en 1970 mediante el estudio de PRRVA e innovarse con la continua actualización de la normativa, terminó exportándose a países como Pakistán, tras el terremoto del 2005 donde el método constructivo de albañilería confinada fue utilizada para la reconstrucción²⁹.

2.2.2.2. Diseño estático

Para el caso de las edificaciones de albañilería confinada puede utilizarse tan solo el diseño estático al estar dentro de los parámetros de restricción que esta exige (no más de 15 metros para muros portantes), este método es relevante para esta investigación y los pasos a seguir para realizar este diseño se resumen a continuación:

○ Predimensionamiento

La normativa E070 vigente contempla durante esta etapa el espesor efectivo de los muros, pues estos resistirán los esfuerzos estructurales. Basándose en la normativa, la

²⁹ Dr. Charles Scawthorn 2001, exprofesor e investigador en Ingeniería Sísmica de la UC en Berkeley, EE.UU. y de la universidad de Kioto, Japón.

E.070 en el capítulo 7 se refiere como requisito estructural mínimo el dimensionamiento del espesor efectivo en función a la zona sísmica y la altura libre entre los elementos de arriostre, como se ve en la **Figura 35**.

a) Espesor Efectivo «t». El espesor efectivo (ver Artículo 3 (3.13)) mínimo será:

$$t \geq \frac{h}{20} \quad \text{Para las Zonas Sísmicas 2 y 3 (19.1a)}$$
$$t \geq \frac{h}{25} \quad \text{Para la Zona Sísmica 1}$$

Donde «h» es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo (ver Artículo 3 (3.6)).

Figura 35. Método del cálculo del espesor efectivo del muro

Fuente: Norma E.070 – albañilería

Ahora bien, para el desarrollo de esta investigación se tuvo en cuenta la modificación de la norma E.030 donde en la versión anterior (2006) hace referencia a tres zonas sísmicas; mientras que, en la nueva versión (2016) hace referencia a cuatro zonas sísmicas, **Figura 36**. Sin embargo, para el cálculo del espesor efectivo se requiere ubicar la zona de interés, estando en la norma E.030 (2006) el distrito de Huancayo en la zona dos con un coeficiente de zona $Z=0.30$; mientras que, en la norma E.030 (2016) el mismo distrito en la zona tres, con zona $Z=0.35$, ver **Figura 37**.

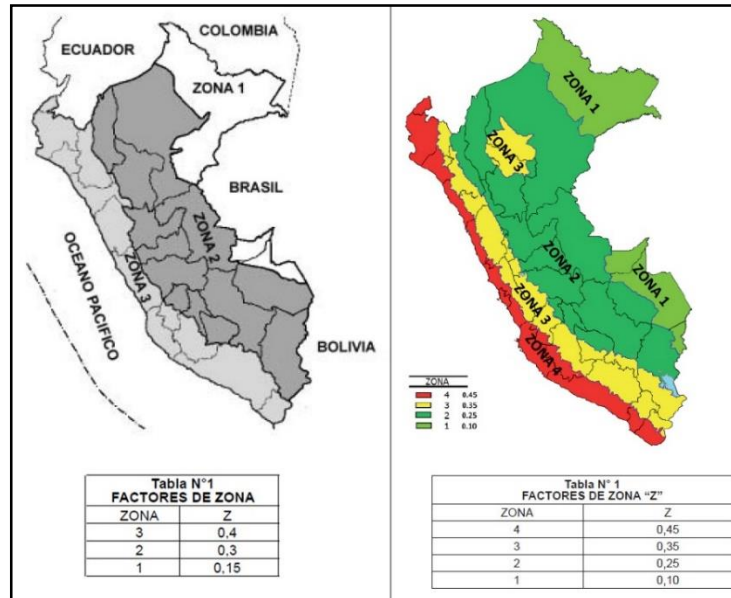


Figura 36. Imagen comparativa de las zonas sísmicas

Fuente: Norma E.030 – diseño sismorresistente 2006 y 2016 respectivamente

REGIÓN (DPTO.)	PROVINCIA	DISTRITO	ZONA SÍSMICA	ÁMBITO
	HUANCAYO	EL TAMBO	3	VEINTISEIS DISTRITOS
		HUACRAPUQUIO		
		HUALHUAS		
		HUANCAN		
		HUANCAYO		
		HUASICANCHA		

Figura 37. Zonificación del distrito de Huancayo E.030-2016

Fuente: Norma E.030 – diseño sismorresistente 2016

Para resolver esta discordancia se optó por calcular el espesor efectivo dividiendo la altura libre “h” entre 20, dándonos un mayor espesor efectivo en cualquiera sea el caso.

○ **Cálculo de la densidad de muros**

Definido el espesor efectivo se procede al cálculo de la estructuración en planta, mediante la densidad mínima de muros, basado en la norma E.070, la metodología de cálculo se puede apreciar en el artículo 19.2.b., de la normativa, tal como se muestra a continuación en la **Figura 38**.

Densidad Mínima de Muros Reforzados. La densidad mínima de muros portantes (ver Artículo 17) a reforzar en cada dirección del edificio se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de Corte de los Muros Reforzados}}{\text{Área de la Planta Típica}} = \frac{\sum L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{56}$$

Donde: "Z", "U" y "S" corresponden a los factores de zona sísmica, importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

"N" es el número de pisos del edificio;

"L" es la longitud total del muro (incluyendo columnas, si existiesen); y,

"t" es el espesor efectivo del muro

Figura 38. Cálculo de la densidad mínima de muros

Fuente: Norma E.070 – albañilería

El cálculo de la densidad de muros está en función de variables como la zona (Z), uso (U), el número de niveles (N), y el suelo (S). Las tres primeras se obtienen en conjunto con la norma E030 basada en las condiciones y características de cada una de las edificaciones, mientras tanto el coeficiente del suelo se determina independientemente al tipo de suelo en la zona por su localización en conjunto con la norma E030. Con fines prácticos la clasificación de suelo se determinó mediante el *mapa de la capacidad portante de los suelos de la provincia de Huancayo* realizado por Indeci, **Figura 39**.

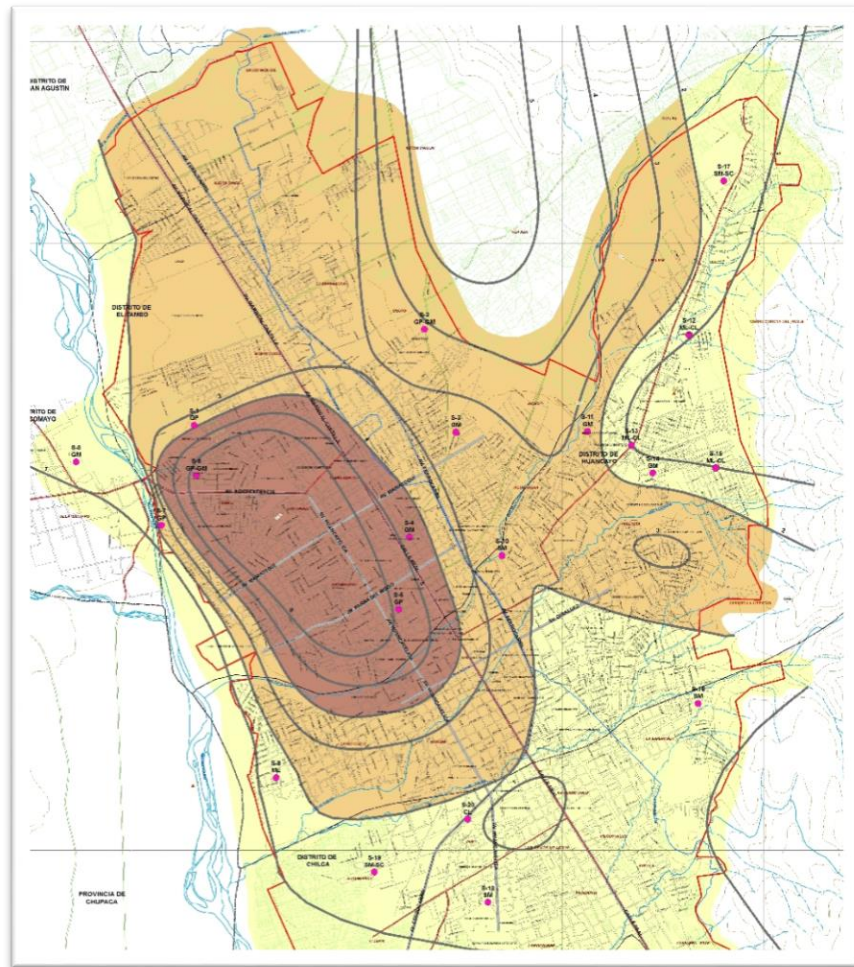


Figura 39. Mapa de la capacidad portante de los suelos de la provincia de Huancayo

Fuente: Indeci – Programa Ciudades Sostenibles

El procedimiento consistió en ubicar en cada edificación inspeccionada, y obtener a través de este la capacidad portante del terreno. Una vez obtenido este dato se procede a clasificar al suelo de la edificación en una de las tres categorías (blando, intermedio y rígido). Siendo suelos blandos aquellos que tienen capacidad portante menor a 1.5 kg/cm^2 , intermedio entre 1.5 a 2.5 kg/cm^2 y suelos rígidos mayores a 2.5 kg/cm^2 .

Sin embargo, al cotejar estos valores con los de la norma E030 vigente y se clasifican según el perfil de suelo estos

valores no son tan precisos. Siendo roca dura (S_0), roca o suelos muy rígidos (S_1), suelos intermedios (S_2), suelos blandos (S_3) y condiciones excepcionales (S_4). Difiriendo acorde a: 1) la velocidad promedio de propagación de ondas de corte (\bar{V}_s); 2) el promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar (\bar{N}_{60}); 3) el promedio ponderado de la resistencia al corte en su condición no drenada para suelos cohesivos (\bar{S}_u)³⁰.

Como se aprecia, la normativa tiene una clasificación más detallada; sin embargo, para el análisis se tomarán los valores recomendados, facilitando de esta forma el trabajo y haciéndolo de una manera práctica.

○ **Cálculo del esfuerzo axial máximo**

Para el cálculo del esfuerzo axial máximo se verifica durante el diseño si el muro portante es capaz de soportar cargas de gravedad en función a sus características mecánicas. El capítulo siete, artículo 19.1., sección b., de la norma E070 (albañilería), describe al esfuerzo axial máximo que debe tener el muro con las siguientes limitantes:

$$\sigma_m = \frac{P}{L \times t}; \quad \sigma_m = \frac{P}{L \times t} \leq 0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f'_m$$

Fórmula de comparación entre el esfuerzo axial máximo y el actuante

Siendo:

- f'_m : resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm^2); nota: f'_m – Huancayo: para unidades artesanales: 27.9 kg/cm^2

³⁰ Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” (2016) MVCS.

- P: carga de gravedad máxima de servicio, incluyendo el 100% de la sobrecarga (Kg) – requiere metrado de cargas.
- L: longitud del muro (cm)
- t: espesor del muro (cm)

○ **Cálculo de la cortante basal sísmica (V)**

Para el cálculo del sismo estático, la norma E030 define la forma de obtener la cortante basal cumpliendo los requisitos estructurales. La obtención de cortante basal se limita al diseño estático, esto debido a que la norma E030 especifica que para sistemas estructurales de albañilería no mayores a 15 metros se puede obtener el resultado ante un diseño estático. Esto conforme a la norma E070 que limita las estructuras de albañilería a 15 m. Se muestra a continuación el cálculo de los parámetros de sitio de la cortante basal:

Factor de zona (Z)

El factor de zona o zonificación (Z), es la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. Está en función de los siguientes componentes:

- Distribución espacial de la sismicidad
- Las características de los movimientos sísmicos
- La atenuación de los movimientos sísmicos con la distancia epicentral

Los valores que se puede asumir para la zonificación se resumen en la TABLA N° 1 de la norma E030 mostradas a continuación, nótese que el distrito de Huancayo, objeto de

esta investigación, se ubica en la zona tres con un factor de zona 0.35, **Figura 40**:

Tabla N° 1 FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Figura 40. Valores del factor de zona (Z) en función a su ubicación geográfica

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Factor de uso (U)

El factor de uso (U) asume valores de acuerdo a la clasificación de la edificación, los valores se encuentran resumidos en la TABLA N° 5 de la norma E030 mostrada a continuación, para la clasificación de las edificaciones analizadas en esta investigación se tendrá que ver el uso particular de cada una de ellas para clasificarlas dentro de uno de los parámetros, **Figura 41**.

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	A1: Establecimientos de salud del Sector Salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud .	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo tales como: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, locales municipales, centrales de comunicaciones. Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua.	1,5
	Todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre, tales como instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. Se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Figura 41. Valores del factor de uso (U) en función a su descripción

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Factor de amplificación sísmica (C)

El factor de amplificación sísmica (C) es el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo; y está en función de los parámetros de sitio. Para determinar el factor de amplificación sísmica (C) se deben tener las siguientes consideraciones:

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Dónde:

- T_p : tipo de perfil, obtenido de la TABLA N° 2 de la norma E030

- T : periodo fundamental de vibración, donde $T = \frac{h_n}{C_T}$
- h_n : altura total de la edificación (15m máximo en albañilería)
- $c_T = 60$ para albañilería y muros de corte

Los valores a asumir respecto a los periodos (T_p y T_l) están en función al perfil de suelo, sus valores se resumen en la TABLA N° 4 de la norma E030 mostrada a continuación

Figura 42:

Tabla N° 4 PERIODOS "T _p " Y "T _l "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _l (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Figura 42. Valores de los periodos de vibración (Tp, Tl) en función al tipo de suelo

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Factor de suelo (S)

El factor de suelo (S) está en función a los siguientes componentes:

- Las propiedades mecánicas del suelo
- El espesor de los estratos
- El periodo fundamental de vibración
- La velocidad de propagación de las ondas de corte

Los valores que puede asumir el factor de suelo se resumen en la TABLA N° 3 de la norma E030 mostrada a continuación en la **Figura 43**, como se observa el perfil de suelo está en función a la zona. Para su cálculo en las edificaciones analizadas el factor de zona (Z) se tomó como tres (distrito de Huancayo) por lo que los parámetros a asumir

para el tipo de suelo están resaltados, variando solamente de acuerdo a su calidad.

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Figura 43. Valores del factor de suelo (S) en función al factor de zona (Z)

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Factor de reducción (R)

El factor de reducción (R) está en función de los siguientes componentes:

- Los materiales usados
- Los sistemas de estructuración sismorresistente predominante en cada dirección

La fórmula para obtener el factor de reducción se muestra a continuación, **Figura 44**; además, en la TABLA N° 7 de la norma E030 muestra el valor del coeficiente básico de reducción R_o , para el análisis de esta investigación se tomará el valor de seis (sismo moderado) resaltado en la tabla, debido a su mayor frecuencia. Mientras tanto los factores de irregularidad (I_a e I_p) se obtienen de las TABLAS N° 8 y N° 9 de la norma respectivamente. Para su obtención deben realizarse los análisis respectivos en cada edificación.

$$R = R_o \times I_a \times I_p$$

Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES			
Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción R_o (*)		
Acero:			
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8		
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7		
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6		
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8		
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6		
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8		
Concreto Armado:			
Pórticos Dual	8		
De muros estructurales	7		
Muros de ductilidad limitada	6		
Albañilería Armada o Confinada.	4		
Madera (Por esfuerzos admisibles)	3		
	7		

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_a

Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p

Figura 44. Tabla N° 7: Valores del coeficiente básico de reducción (Ro); Tablas N° 8 y N° 9: valores de los factores de irregularidad (Ia, Ip)

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Peso de la estructura (P)

El peso de la edificación asumiendo un 100% de la carga viva, se calculará mediante el metrado de cargas respectivo o para casos prácticos se puede asumir una tonelada por cada metro cuadrado en estructuras aporricadas o 0.8 toneladas por cada metro cuadrado para estructuras de albañilería confinada, objeto de esta investigación.

Cortante basal (V)

Una vez obtenidos los valores de cada uno de los factores se procederá a calcular la cortante basal, mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Z * U * C * S}{R} * P$$

Posteriormente con el resultado de la cortante basal, se procede a distribuir dicho esfuerzo en los entrepisos de cada nivel. Asumiendo la presencia de diafragmas rígidos por cada entrepiso que uniformizan los desplazamientos y distribuyen

los esfuerzos en función a la rigidez de cada elemento estructural.

○ **Excentricidad accidental (efectos de torsión)**

De acuerdo a la normativa E030 (diseño sismorresistente), es necesario contemplar los efectos de torsión debido a la excentricidad, el extracto de la normativa se muestra a continuación:

4.6.5 Excentricidad Accidental (Efectos de Torsión)

La incertidumbre en la localización de los centros de masa en cada nivel, se considerará mediante una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0,05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis. En cada caso deberá considerarse el signo más desfavorable.

Figura 45. Extracto de la normativa para efectos de torsión en el diseño

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Este criterio se aplicó durante el diseño estático de las edificaciones representativas, considerando el posible corrimiento del centro de masas en el instante que ocurre el sismo. Aplicando este factor en las cargas laterales que influyen en cada uno de los muros con mayor rigidez.

○ **Control de fisuración**

Para verificar la capacidad del muro a resistir las cargas sísmicas en el diseño estático, se debe de cumplir la siguiente condición:

$$V_e \leq 0.55V_m$$
$$V_m = 0.5v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g$$

Siendo:

- V_e : fuerza cortante ante sismo moderado del primer nivel
- V_m : resistencia a la fuerza cortante
- $v'm$: resistencia al corte de la albañilería (kg/cm²); nota: $f'm$ – Huancayo: para unidades artesanales: 56.90 kg/cm²
- P_g : peso sobre la estructura, se calculará mediante la suma del peso muerto de la estructura más un porcentaje de la carga viva, **Figura 46**. Tal como lo menciona el capítulo cuatro de la norma E030, en el artículo 4.3. Para el cálculo del peso de cada una de las edificaciones se analizó la categoría de cada una, determinada en el tipo de uso.

4.3 Estimación del Peso (P)

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

Figura 46. Cálculo del peso (P) de la estructura

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

- L : longitud del muro (cm)
- t : espesor del muro (cm)
- α : factor de resistencia al corte por efectos de esbeltez, la fórmula para obtenerlo es la siguiente:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \times L}{M_e} \leq 1$$

Verificando la condición de fisuración, esta debe cumplirse para garantizar que el muro no fallará ante cargas sísmicas. De no ser así en la etapa de diseño se pueden optar por alternativas de solución como disponer las unidades de cabeza en vez de soga, o cambiar el tipo de unidades. Para el caso de esta investigación las edificaciones están ya construidas y si hay el caso de que no cumplan esta condición se procede a aplicar las políticas de intervención ante el uso de unidades artesanales.

CAPÍTULO III

RECOLECCIÓN DE DATOS

Entendido el escenario actual relacionado a la Gestión de Riesgo de Desastres y los conceptos básicos que involucran al mismo tema. Se procederá a desarrollar esta investigación, mostrando la selección de la muestra analizada de donde se obtendrán resultados generales a partir de una muestra representativa.

Con esta premisa en el capítulo III se presentan los siguientes ítems: 1) *población y muestra*, donde se muestra el cálculo de la muestra a partir de la obtención de la población. 2) *Las técnicas e instrumentos de recolección de datos*, donde se detalla la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR). 3) *Técnicas de análisis de datos*, donde se detalla la forma en la que se interpretarán los datos obtenidos a partir de la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR).

3.1. Población y muestra

3.1.1. Población

La población para la cual va dirigida esta investigación son las viviendas de albañilería confinada del distrito de Huancayo, centradas en el casco urbano del mismo. El censo realizado por el INEI el 2007 arrojó la cifra de 14, 921 edificaciones de material noble, catalogándolas como “ladrillo o bloque de cemento” siendo esa cifra la

población a analizar. Salta a la vista que no se hizo distinción alguna en el sistema estructural por lo que en edificaciones censadas se encuentran diversos sistemas estructurales, como los sistemas aporticados, confinados y mixtos.

3.1.2. Muestra

Con los datos de la población de 14,921 viviendas se procedió a realizar el muestreo; asimismo, la matriz nos muestra variables cuantitativas, por lo que la fórmula a usar será la siguiente:

$$n = \frac{NZ^2\delta^2}{(N-1)E^2 + Z^2\delta^2}$$

Siendo:

n: tamaño de la muestra

N: tamaño de la población

Z: valor obtenido mediante niveles de confianza (valor constante se tomó en relación al 95% de confianza equivale a 1,96 - criterio del investigador)

δ : desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5

E: Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,05

Reemplazando:

$$n = \frac{14921 \times 1.96^2 \times 0.5^2}{(14921 - 1)0.05^2 + 1.96^2 \times 0.5^2}$$

Obteniendo:

$$n = 374.542043$$

Redondeando:

$$n = 375$$

(Se interpreta como 375 edificaciones a analizar)

Es por ello que se tomaron como muestra 375 edificaciones del distrito de Huancayo a las que se realizaron las evaluaciones pertinentes con el objetivo de obtener el nivel de riesgo en aquellas que tengan el sistema estructural de albañilería confinada.

3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Una vez teniendo en claro los adecuados procedimientos constructivos de las edificaciones de albañilería confinada, así como los criterios estructurales a tener en cuenta según normativa. Se planteó en base a estos conocimientos la Ficha de Estimación de Factores de Riesgo FEFR, separándola en dos etapas, justamente la constructiva y la de diseño estructural. Asimismo, se realizó un documento sucinto para darle formalidad al trabajo, la FEFR permite obtener el nivel de vulnerabilidad en función a la formalidad constructiva, mientras que estructuralmente permite obtener fotos de los planos o en su defecto dibujarlos para posteriormente analizar conceptos como configuración estructural, densidad de muros para homologarlas con el proyecto Chimbote 1970 para el análisis estructural de las tres edificaciones representativas y compararlas con el nivel de vulnerabilidad previamente obtenido. El formato de la Ficha de Estimación de Factores de Riesgo FEFR se muestra a continuación en las **Figuras 47** a la **Figura 51**.

3.2.1. Documento de solicitud para un representante de la edificación:

Huancayo, ____ de _____ del 2016

SOLICITUD

Señor(a): Representante de la Edificación.

Presente.-

De mi consideración

Es grato dirigirme a usted para expresarle mi cordial saludo y a la vez presentarme: Yo **ALEX PAÚL DELGADO SOTO**, Bachiller de la EAP de ingeniería civil de la Universidad Continental identificado con DNI 46386586 y código de matrícula 2011115483. Que estando en proceso de realizar el trabajo de investigación universitaria (**TESIS**) de título: “**APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016.**”. Le solicito me preste facilidades para acceder a su domicilio y realizar un **ESTUDIO DE LOS FACTORES RIESGO QUE PRESENTA SU EDIFICACIÓN** con el objetivo de culminar con éxito esta investigación.

Al acceder, se realizará la inspección de su vivienda notificándole el estado de la misma. Así mismo de encontrarse fallas severas se detallarán soluciones pertinentes, pudiendo restaurar la edificación de acuerdo a su criterio.

Con la expectativa de su aceptación me despido no sin antes expresarle las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

Alex Paúl Delgado Soto

DNI: 46386586

APROBACIÓN

Yo, _____ (representante de la edificación), con dirección: _____. Mediante la presente autorizo al Bachiller de la Universidad Continental Alex Paúl Delgado Soto, identificado con DNI 46386586 y código de matrícula 2011115483. Brindarle facilidades para realizar un análisis de la edificación con fines investigativos.

FIRMA DEL REPRESENTANTE

Figura 47. Documento para darle formalidad a la inspección

Fuente: propia

3.2.2. FEFR basado en el proceso constructivo

FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN (PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN).

“APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES SÍSMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016.”	
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL	
Número de Vivienda: <input type="text"/>	Encuestador: <input type="text"/>
PRIMERA SECCIÓN: LOCALIZACIÓN Y DATOS GENERALES	
A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
1) DEPARTAMENTO:	<i>Junín</i>
2) PROVINCIA:	<i>Huancayo</i>
3) DISTRITO:	<i>Huancayo</i>
4) DIRECCIÓN DE LA EDIFICACIÓN:	
Tipo de vía:	Avenida <input type="checkbox"/> Prolongación <input type="checkbox"/> Calle <input type="checkbox"/> Jirón <input type="checkbox"/> Pasaje <input type="checkbox"/> Carretera <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
Nombre de vía	N° de puerta
B. CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN	
1) AÑO EN QUE SE CONSTRUYO:	<input type="text"/>
2) USO DE LA EDIFICACIÓN:	<input type="text"/>
3) ¿CUENTA CON PLANOS?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
4) ¿CÓMTO CON SUPERVICIÓN EN EL DISEÑO?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
5) ¿CÓMTO CON SUPERVICIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN?	Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
6) SISTEMA ESTRUCTURAL:	Confinado <input type="checkbox"/> Aporticado <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
7) NÚMERO DE PISOS (Unidades):	<input type="text"/>
8) ÁREA DEL TERRENO (m2):	<input type="text"/>
EN CASO EL SISTEMA ESTRUCTURAL SEA APORTICADO LA FICHA CONCLUIRÁ CON LOS SIGUIENTES DATOS:	
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO VIGAS - F'C (R/Ángulo):	<input type="text"/>
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO LOSAS - F'C (R/Ángulo):	<input type="text"/>
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO COLUMNAS - F'C (R/Ángulo):	<input type="text"/>
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:	<input type="text"/>

Figura 48. Ficha de Estimación de Factores de Riesgo (FEFR) ¼

Fuente: propia

FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN
(PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN).

"APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES SÍSMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016."

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

SEGUNDA SECCIÓN: PROCESO CONSTRUCTIVO

A. DESCRIPCIÓN DE CIMIENTO:		
1) TIPO DE SUELO:	Gravoso	<input type="checkbox"/>
	Arcilloso	<input type="checkbox"/>
	Arenoso	<input type="checkbox"/>
B. DESCRIPCIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERÍA		
1) TIPO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	Artisanal	<input type="checkbox"/>
	Industrial	<input type="checkbox"/>
	Otros	<input type="checkbox"/>
2) DISPOSICIÓN DE LAS UNIDADES:	Soga	<input type="checkbox"/>
	Cabeza	<input type="checkbox"/>
	Americano	<input type="checkbox"/>
3) NIVEL DE ADHERENCIA UNIDADES/MORTERO:	Bueno	<input type="checkbox"/>
	Regular	<input type="checkbox"/>
	Malo	<input type="checkbox"/>
4) TIPO DE CONEXIÓN	Dentada	<input type="checkbox"/>
	Al ras	<input type="checkbox"/>
5) ESPESOR DE JUNTA (mm):		<input type="checkbox"/>
6) ¿EXISTEN TUBERÍAS QUE PASAN A TRAVÉS DEL MURO?	Si, Vertical	<input type="checkbox"/>
	Si, Horizontal	<input type="checkbox"/>
	Si, Diagonal	<input type="checkbox"/>
	No, Ducto	<input type="checkbox"/>
7) NIVEL DE EFLORECENCIA:	No muestra	<input type="checkbox"/>
	Moderado	<input type="checkbox"/>
	Severo	<input type="checkbox"/>
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:		
C. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - COLUMNAS		
1) DIMENSIÓN DE LA COLUMNA (cmxcm):		<input type="checkbox"/>
2) DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (m):		<input type="checkbox"/>
2) PRESENTA CANGREJERAS	Si	<input type="checkbox"/>
	No	<input type="checkbox"/>
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - F'C (R/Ángulo):		<input type="checkbox"/>
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:		

Figura 49. Ficha de Estimación de Factores de Riesgo (FEFR) 2/4

Fuente: propia

**FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN
(PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN).**

"APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES SÍSMICOS (GRDS) EN LAS
EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016."

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

D. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - VIGAS		
1) DIMENSIÓN DE LAS VIGAS (cmxcm):	V. Soleras	
	V. Dintel	
2) PRESENTA CANGREJERAS	Si	
	No	
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - F'C (R/Ángulo):		
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:		
E. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - LOSAS		
1) SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA LOSA:	Aligerada	
	Maciza	
	Otro	
2) ESPESOR DE LA LOSAS (cm):		
2) PRESENTA CANGREJERAS	Si	
	No	
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - F'C (R/Ángulo):		
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:		

Figura 50. Ficha de Estimación de Factores de Riesgo (FEFR) ¾

Fuente: propia

3.2.3. FEFR basado en el Diseño Estructural

FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN
(PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN).

“APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES SÍSMICOS (GRDS) EN LAS
EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016.”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

F. BOSQUEJAR EL PLANO DE LA EDIFICACIÓN (CON MEDIDAS):

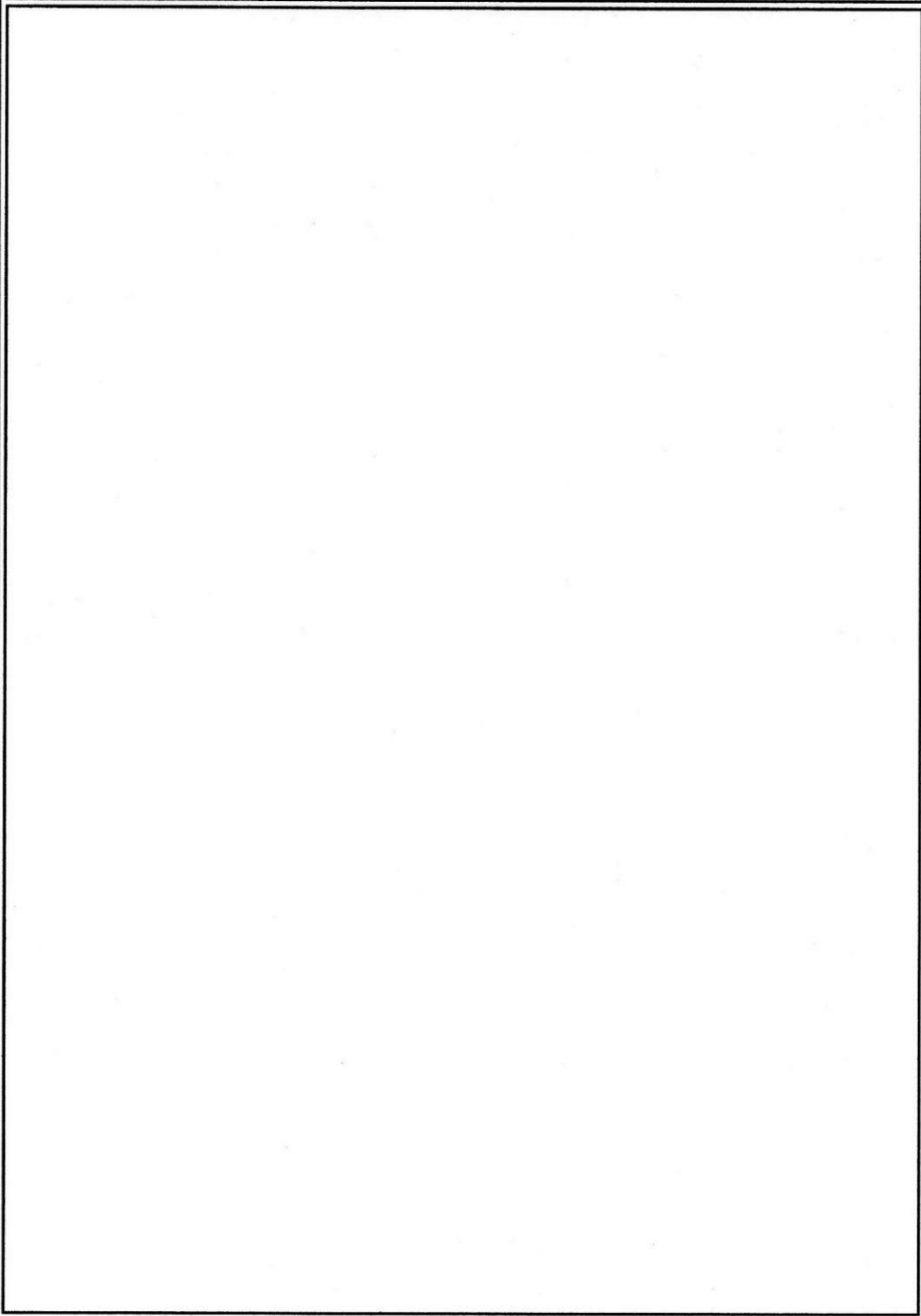


Figura 51. Ficha de Estimación de Factores de Riesgo (FEFR) 4/4

Fuente: propia

3.3. Técnicas de análisis de datos

Con el objetivo de obtener los factores de riesgo se aplicó la Ficha de Estimación de Factores de Riesgo FEFR, a partir de la selección de 375 edificaciones de material noble al azar, el sistema estructural de las edificaciones varió entre los sistemas de albañilería confinada, aporticado y mixto. La razón de esta forma de selección se debe al censo del 2007 de viviendas por distrito, realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, donde no hace distinción entre los sistemas estructurales. El proceso consistió en los siguientes pasos:

- **Evaluación visual:** durante la evaluación visual se buscó definir el estado situacional de la vivienda ubicando fallas pertenecientes al proceso constructivo o fallas estructurales de algún tipo.
- **Evaluación de las propiedades mecánicas:** respecto a las propiedades mecánicas, la evaluación se enfocó en la resistencia a la compresión del concreto. Para realizar esto se optó por un ensayo no destructivo de concreto, siendo la medición por esclerómetro el ensayo realizado.

El martillo de rebote de Schmidt o esclerómetro, **Figura 52**, es un ensayo alternativo en concreto endurecido que proporciona dos resultados, la uniformidad del concreto y la resistencia relativa del concreto a la compresión, ambos resultados de manera rápida. El procedimiento consiste en medir el índice de rebote de un émbolo cargado con un resorte donde se puede ver la lectura de la resistencia del concreto³¹.



³¹ Laboratorio de materiales de construcción CIV 281. Pontificia Universidad Católica del Perú, Ensayos no destructivos de concreto. Profesora Laura Navarro.



Figura 52. Ensayo con esclerómetro aplicado a los elementos estructurales de las edificaciones analizadas

Fuente: propia

- **Evaluación estructural:** la evaluación estructural estuvo dirigida a las edificaciones de albañilería confinada y consistió en el análisis de la densidad de muros basándose en el Proyecto de Reparación y Reforzamiento de Viviendas de Albañilería (PRRVA) realizado en Chimbote en 1970, determinando y clasificando el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones desde una perspectiva estructural.

Los tres tipos de evaluaciones descritos anteriormente, tuvieron implicancia en diferentes momentos de la aplicación de la Ficha de Estimación de Factores de Riesgo (FEFR).

Se debe tener en cuenta que si bien la presente investigación se encuentra orientada a obtener resultados de factores de riesgo de edificaciones de albañilería confinada, durante el desarrollo se topó también con edificaciones de sistema estructural mixto y aporricado, cuyos resultados se descartaron; sin embargo, son temas de investigación importantes para nuevas investigaciones orientadas a estructuras con estos sistemas estructurales, mostrando en el análisis de resultados siguientes tan solo aquellos que referencien a edificaciones de sistema estructural de albañilería confinada.

3.4. Calibración del esclerómetro

Debido a que la resistencia del esclerómetro es relativa, pudiendo llegar a una variabilidad del 20% de los resultados a compresión dependiendo de cada

equipo, se optó por realizar el ensayo a la compresión con el método destructivo más fiable (la rotura de probetas mediante el uso de una prensa de rotura). Con el apoyo de los equipos de laboratorio de la Universidad Continental se realizó la ruptura de tres probetas comparando los resultados de compresión del esclerómetro utilizado para la medición de las edificaciones (esclerómetro 1), el esclerómetro del laboratorio (esclerómetro 2), y la prensa de rotura ADR 1500 también del laboratorio. Los equipos utilizados para este ensayo se muestran en la **Figura 53**.



Figura 53. Instrumental utilizado para determinar la resistencia a la compresión relativa del esclerómetro. (a) esclerómetro 2, (b) esclerómetro 1, (c) Prensa de rotura ADR 1500

Fuente: propia

El ensayo se realizó sobre tres probetas tal como se muestra en la **Figura 54**. Mientras que los resultados a la compresión obtenidos de cada una de las probetas se aprecian en el **Cuadro 9**.



Figura 54. Probetas antes y después del ensayo a la compresión realizado por la prensa de rotura ADR

Fuente: propia

Cuadro 9. Resultados tras medir la resistencia a la compresión de los dos esclerómetros y de la prensa de rotura

	Esclerómetro 01						Esclerómetro 02						Prensa de rotura kg/cm2		
	Muestra 01		Muestra 02		Muestra 03		Muestra 01		Muestra 02		Muestra 03		Muestra 01	Muestra 01	Muestra 01
	R	Kg/cm2	R	Kg/cm2	R	Kg/cm2	R	Kg/cm2	R	Kg/cm2	R	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Toma 01	38	428	28	255	38	-	43	-	28	-	28	263.63	-		
Toma 02	40	448.8	29	265.2	32	316.2	35	378.21	22	168.72	28	263.63			
Toma 03	44	-	30	285.6	30	285.6	38	428.83	24	200.36	28	263.63			
Toma 04	42	489.6	26	224.4	32	316.2	35	378.21	22	168.72	28	263.63			
Toma 05	39	438.6	28	255	32	316.2	36	393.68	22	168.72	27	246.05			
Toma 06	42	489.6	30	285.6	32	316.2	36	393.68	22	168.72	40	-			
Toma 07	41	469.2	30	285	35	367.2	38	428.83	22	168.72	27	246.05			
Toma 08	40	448.8	25	-	32	316.2	45	-	24	200.36	28	263.63			
Toma 09	41	469.2	29	265.2	34	350	38	428.33	20	140.6	29	281.2			
Toma 10	41	469.2	34	350	34	350	36	393.68	22	168.72	34	-			
Promedio	461.22		274.56		325.98		402.93		172.63		261.43		130.10	182.60	236.60

Fuente: propia

Tras analizar los resultados se optó por descartar los de la primera probeta, debido a la alta variabilidad existente entre los resultados de ambos esclerómetros (relativamente cercanos) y el valor obtenido mediante la prensa. Consecuentemente se procedió a medir la variabilidad de los resultados de las probetas 2 y 3.

Los resultados demuestran que en lo que respecta al esclerómetro 1 su variabilidad llega hasta un 33.49% respecto a los resultados de la prensa de rotura. Mientras que para el caso del esclerómetro 2 su variabilidad llega tan solo a un 9.50%, por lo que respecto a su resistencia a la compresión relativa obtenida en los elementos estructurales analizados los resultados del esclerómetro 2 son más fiables, tomándose las medidas de precaución necesarias considerando esta variabilidad, destacando que se encuentra en un rango bajo.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA MUESTRA

En este capítulo se procederá a interpretar los resultados obtenidos a partir de la muestra representativa y con la ayuda de la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR), se enfocará en determinar el nivel de riesgo de esta muestra a partir de su vulnerabilidad y su peligro. Además, la vulnerabilidad se evaluará a nivel constructivo y estructural, mientras que el peligro se representará a través de un sismo moderado y uno severo.

Con esta premisa en el capítulo IV se presentan los siguientes ítems: 1) *obtención de la vulnerabilidad a nivel de procesos constructivos*, donde evalúa el nivel de formalidad a través de múltiples variables. 2) *Obtención de la vulnerabilidad a nivel estructural*, donde se determina la vulnerabilidad estructural empleando la metodología del estudio Chimbote – 70. 3) *Obtención del nivel de peligro*, en función a un sismo severo y uno moderado. 4) *Obtención del nivel de riesgo*, que se determina mediante las variables de vulnerabilidad y peligro con la metodología del Sinagerd. 5) *Factores de riesgo*, que se determinan en base a la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR) para buscar métodos de mitigación.

4.1. Obtención de la vulnerabilidad a nivel de procesos constructivos

La vulnerabilidad a nivel de procesos constructivos de cada edificación de albañilería confinada concierne exclusivamente al nivel de formalidad de la misma, clasificándose de acuerdo a este criterio como formal e informal. Para aplicar este criterio se tuvo en cuenta los criterios mínimos indispensables según la normativa E070 – albañilería y recomendaciones de autores diversos. Siendo básicamente: 1) uso de adecuados materiales, 2) empleo de mano de obra calificada durante la construcción, 3) profesionales implicados en la construcción. Si alguna edificación contraviene la normativa vigente se descartó el análisis constructivo en general y se clasificó como informal; todo esto se plasmó en la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR).

Por otra parte se descartaron fallas debido al paso del tiempo, al tener en cuenta que el distrito de Huancayo es un distrito relativamente joven con unidades de albañilería que ingresaron al mercado el año 1945³²; con el boom inmobiliario a nivel nacional apenas desde el primer trimestre del 2007; y que la expectativa de vida útil de una edificación debería ser aproximadamente de 85 años³³. Los resultados de la aplicación de la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR) a nivel de procesos constructivos se muestran a continuación:

4.1.1. Características de la edificación

- **Sistema estructural:** si bien esta investigación se centra en las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo, las 375 edificaciones analizadas fueron catalogadas por el INEI como “edificaciones de ladrillo o bloque de cemento”, sin distinguir su sistema estructural. Es por esto que entre las edificaciones analizadas se encontraron diversos sistemas estructurales, siendo esta clasificación fundamental para identificar las edificaciones a analizar. Se obvió el análisis de GRDS en aquellas edificaciones que no eran de albañilería confinada; sin embargo, para tener en cuenta

³² Villanes Ruben, 1990.

³³ Grupo Idesa.

la cantidad de sistemas estructurales a continuación se muestra el resultado en el **Gráfico 3**, y en el **Cuadro 10**.

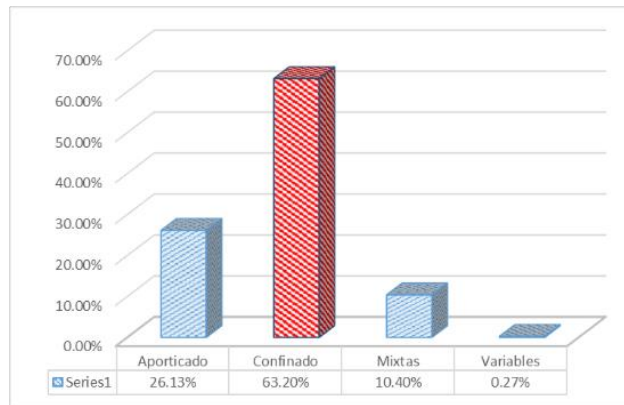


Gráfico 3. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a su sistema estructural

Fuente: propia

Cuadro 10. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a su sistema estructural

VIVIENDAS POR SISTEMA ESTRUCTURAL	
SISTEMA	Porcentaje
Aporticado	26.13%
<i>Confinado</i>	<i>63.20%</i>
Mixtas	10.40%
Variables	0.27%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

En cifras se observa que la mayor cantidad de edificaciones del distrito de Huancayo corresponden al sistema estructural de albañilería confinada con un 63.20%. Siendo más de la mitad del total y si se considera el 10.40% de edificaciones mixtas que contiene en uno de sus sentidos albañilería confinada, se confirma en cifras que el sistema predominante del distrito de Huancayo es el de albañilería confinada. *Ahora bien, este 63.20% se convierte en el nuevo universo a analizar en los siguientes resultados, descartando el resto de edificaciones para la aplicación del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastre.* Como dato adicional se puede apreciar también que el

26.13% de las edificaciones son de sistema estructural aporticado, mientras que el 0.27% son edificaciones que no tienen un sistema estructural definido.



Figura 55. Izquierda: edificación con sistema estructural aporticado. Derecha: edificación con sistema estructural de albañilería confinada

Fuente: propia

4.1.2. Muros de albañilería

- **Tipo de unidades de albañilería:** este dato permite calificar la calidad de materiales utilizados para el muro. De esta manera se puede predecir su comportamiento estructural; además, de ser un indicador del nivel de formalidad en la construcción. **Enfatizando una vez más que a partir de este ítem el análisis será únicamente para la nueva muestra (edificaciones de albañilería confinada).** Siendo el resultado el siguiente **Gráfico 4, y Cuadro 11:**

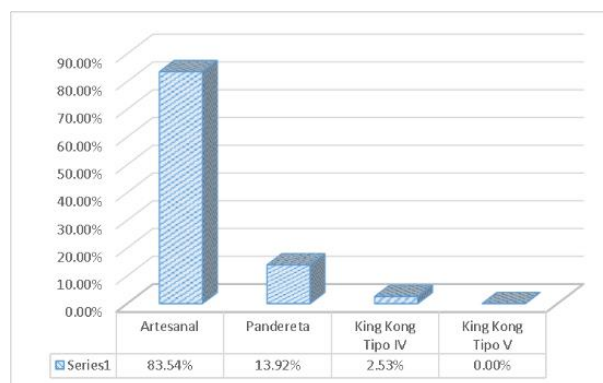


Gráfico 4. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al tipo de unidad de albañilería utilizada

Fuente: propia

Cuadro 11. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al tipo de unidad de albañilería utilizada

VIVIENDAS POR TIPO DE LADRILLO	
TIPO	Porcentaje
Artesanal	83.54%
Pandereta	13.92%
King Kong Tipo IV	2.53%
King Kong Tipo V	0.00%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

En cifras se aprecia alto nivel de informalidad que existe respecto al uso de unidades de albañilería, ya que en el sentido estricto de la norma E.070, ninguna edificación de albañilería confinada del distrito de Huancayo usa ladrillos reglamentarios King Kong Tipo V (30% de vacíos) considerando que esta investigación se lleva a cabo con un 95% de confianza. El mayor nivel de formalidad se tiene con los ladrillos King Kong tipo IV al ser 2.53% las edificaciones que usan estas unidades; sin embargo, estas no tienen las capacidades mecánicas de las unidades tipo V. Por contraparte es exorbitante la cifra de viviendas que utilizan unidades artesanales 83.54%, resultado alarmante al haberse demostrado sus deficientes propiedades mecánicas. Como si fuera esto poco el 13.92% de las edificaciones utilizan unidades de ladrillo pandereta, expresamente prohibida en muros portantes, básicamente por su falla frágil.



Figura 56. Tres edificaciones de albañilería confinada con unidades pandereta, artesanales y ladrillo King Kong tipo IV respectivamente

Fuente: propia

- **Disposición de las unidades de albañilería:** este dato permite obtener el espesor efectivo de los muros de albañilería confinada. Siendo que las unidades de albañilería tienen medidas estandarizadas (13 cm x 9 cm x 24 cm), de este modo al poner las unidades en cabeza se asume un espesor efectivo de 13 cm y si está de soga se asume el espesor efectivo de 24 cm. Siendo el resultado el siguiente **Gráfico 5 y Cuadro 12.**

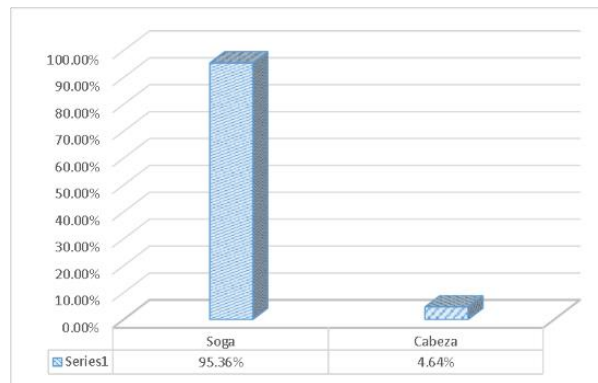


Gráfico 5. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la disposición de las unidades de albañilería utilizada

Fuente: propia

Cuadro 12. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la disposición de las unidades de albañilería utilizada

DISPOSICIÓN DE LOS LADRILLOS	
DISPOSICIÓN	Porcentaje
Soga	95.36%
Cabeza	4.64%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Los resultados demuestran que prácticamente todas las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo (95.36%) tienen unidades dispuestas en soga, lo que en cálculos respecta un valor aceptable que fue explicado en el ítem **2.3.2.1. Diseño Estático.**, en el *cálculo de densidad de muros*.



Figura 57. Unidades de albañilería confinada dispuesta en soga y en cabeza

Fuente: propia

- **Tipo de adherencia de las unidades de albañilería:** la adherencia es un importante factor en la consolidación de un muro de albañilería, estos datos permitirán apreciar el nivel de tecnicismo de la edificación, así como el adecuado comportamiento estructural al estar correctamente ejecutado. Siendo el resultado el siguiente **Gráfico 6 y Cuadro 13.**

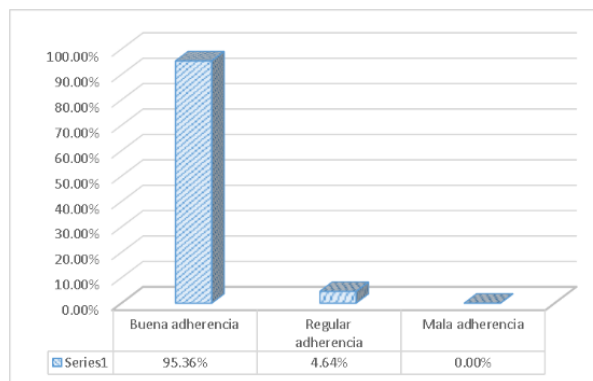


Gráfico 6. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al tipo de adherencia entre las unidades de albañilería utilizada

Fuente: propia

Cuadro 13. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al tipo de adherencia entre las unidades de albañilería utilizada

TIPO DE ADHERENCIA EN LADRILLOS	
TIPO	Porcentaje
Buena adherencia	95.36%
Regular adherencia	4.64%
Mala adherencia	0.00%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Siendo un factor que se obtiene visualmente, un punto a favor de los muros en las edificaciones de albañilería confinada viene siendo la buena adherencia que tienen sus unidades, como en la **Figura 60**, un 95.36%, esto se debe a que el diseño de mezcla para mortero se encuentra estandarizado, favoreciendo así la difusión de su conocimiento y la aplicación en obra.



Figura 58. Unidades de albañilería confinada que muestran buena adherencia

Fuente: propia

- **Tipo de conexión de las unidades de albañilería:** este dato permitirá obtener del nivel de formalidad de la edificación; asimismo, la metodología utilizada para confinar los muros, si es dentada (cinco centímetros expuestos de las unidades de albañilería) o al ras adherido mediante mechas de anclaje de 40cm embebidas en el muro y 12.50cm penetradas en la columna. Siendo el resultado el siguiente **Gráfica 7** y **Cuadro 14**.

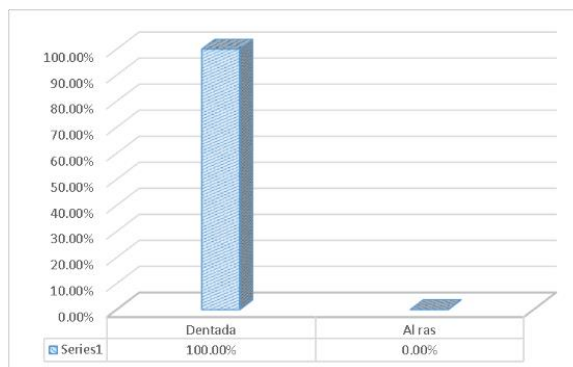


Gráfico 7. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al tipo de conexión de las unidades de albañilería utilizada

Fuente: propia

Cuadro 14. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al tipo de conexión de las unidades de albañilería utilizada

VIVIENDAS POR TIPO DE CONEXIÓN	
TIPO	Porcentaje
Dentada	100.00%
Al ras	0.00%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Los resultados demuestran que, por lo menos en el distrito de Huancayo, todas las edificaciones de albañilería confinada (100.00%) tienen conexiones dentadas, esto se debe a la costumbre en los procedimientos constructivos de la región.



Figura 59. Conexión dentada en una de las edificaciones analizadas

Fuente: propia

- **Espesor de juntas en los muros:** el espesor de juntas es un indicador ineludible del nivel técnico en la fabricación de los muros. Limitando por norma el espesor a 1.5cm, el espesor garantiza buen comportamiento mecánico. Además, es fácil de apreciar debido a la costumbre generalizada de evitar el tarrajeo y dejar expuesto el muro. Siendo el resultado el siguiente **Gráfico 8** y **Cuadro 15**.

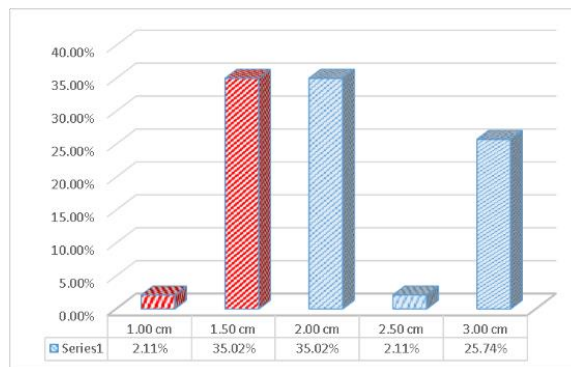


Gráfico 8. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de junta de las unidades de albañilería utilizada

Fuente: propia

Cuadro 15. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de junta de las unidades de albañilería utilizada

ESPESOR DE JUNTAS EN MUROS	
ESPESOR (cm)	Porcentaje
1.00 cm	2.11%
1.50 cm	35.02%
2.00 cm	35.02%
2.50 cm	2.11%
3.00 cm	25.74%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

El espesor de las juntas se clasificó en medidas exactas para facilitar su agrupamiento, se aprecia que el mayor porcentaje corresponde a juntas de 1.50 y 2.00 centímetros. Se muestra a continuación el agrupamiento en función a medidas reglamentarias y no reglamentarias **Gráfico 9** y **Cuadro 16**.

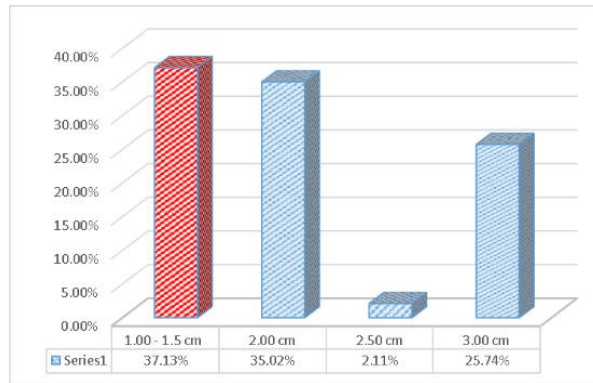


Gráfico 9. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de junta de las unidades de albañilería utilizada

Fuente: propia

Cuadro 16. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de junta de las unidades de albañilería utilizada

ESPESOR DE JUNTAS EN MUROS	
ESPESOR (cm)	Porcentaje
1.00 - 1.5 cm	37.13%
2.00 cm	35.02%
2.50 cm	2.11%
3.00 cm	25.74%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Se aprecia que tanto en el **Cuadro 18**, como en el **Gráfico 11**, que solo el 37.13% de las edificaciones de albañilería confinada cuentan con medidas permitidas por la normativa, mientras que el resto 62.87% están fuera de rango, lo que no garantiza el buen comportamiento mecánico del muro en su conjunto. Ejemplo de las medidas tomadas en las juntas se aprecia en la **Figura 60**.



Figura 60. Espesor de juntas en muros analizados, varían de 1 a 3 centímetros

Fuente: propia

- **Tubería a través de los muros:** este dato permite del mismo modo apreciar el nivel de formalidad que se tiene al momento de construir, siguiendo los adecuados procesos constructivos. Colocar tuberías en los muros demuestra mala planificación, informalidad y total falta de consideración de los conceptos estructurales básicos. Siendo el resultado el siguiente **Gráfico 10** y **Cuadro 17**.

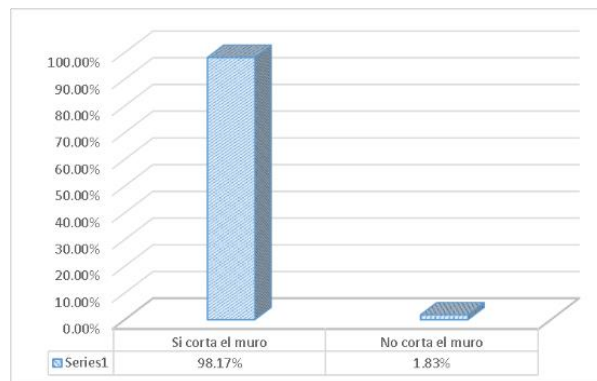


Gráfico 10. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a las tuberías que atraviesan los muros de albañilería confinada

Fuente: propia

Cuadro 17. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a las tuberías que atraviesan los muros de albañilería confinada

TUBERÍA A TRAVÉS DE LOS MUROS	
¿CORTA EL MURO?	Porcentaje
Si corta el muro	98.17%
No corta el muro	1.83%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Los resultados son desalentadores en cuanto a las edificaciones de albañilería confinada que cuentan con tuberías que atraviesan los muros estructurales 98.17%. Las razones fueron amplias desde la falta de consideración en planificación, hasta la ausencia de correcciones durante la construcción optando por el facilismo además de una nula fiscalización, así como ampliaciones y remodelaciones. La **Figura 61**, muestra dos claros ejemplos acerca de este ítem.



Figura 61. Izquierda: tubería que cruza los muros portantes de las edificaciones, Derecha: Ducto colocado para evitar el paso de tuberías a través de los muros

Fuente: propia

- **Eflorescencia en los muros:** la eflorescencia va más ligada a la calidad de las unidades de albañilería. Pero también debe existir en cada obra la suficiente formalidad para aceptar o denegar unidades defectuosas. Siendo el resultado el siguiente **Gráfico 11** y **Cuadro 18**.

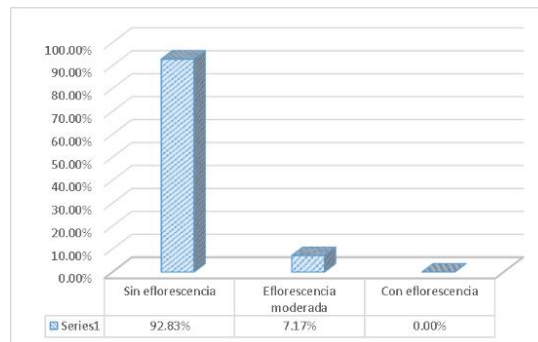


Gráfico 11. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al nivel de eflorescencia de las unidades de albañilería

Fuente: propia

Cuadro 18. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al nivel de eflorescencia de las unidades de albañilería

EFLORESCENCIA EN LOS MUROS	
INTENSIDAD	Porcentaje
Sin eflorescencia	92.83%
Eflorescencia moderada	7.17%
Con eflorescencia	0.00%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Los resultados demuestran que las unidades de albañilería empleadas en las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo presentan baja eflorescencia, esto se debe en gran medida a las características secas de la región y el suelo con sulfatos moderados. Sin embargo, dos de los pocos casos encontrados se pueden apreciar en la **Figura 62**.



Figura 62. Muros con eflorescencia en las unidades artesanales

Fuente: propia

4.1.3. Elementos de confinamiento – columnas

- **Columnas de confinamiento:** las calidades de las columnas de confinamiento nos dan referencia del comportamiento estructural de la edificación, debiendo estos cumplir con especificaciones reglamentarias. Siendo el resultado el siguiente **Gráfico 12** y **Cuadro 19**.

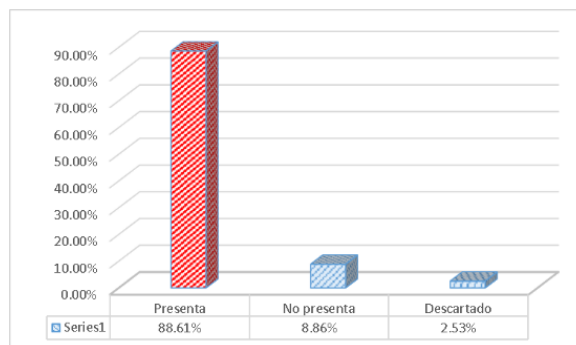


Gráfico 12. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de columnas de confinamiento

Fuente: propia

Cuadro 19. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de columnas de confinamiento

COLUMNAS DE CONFINAMIENTO	
DETALLE	Porcentaje
Presenta	88.61%
No presenta	8.86%
Descartado	2.53%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Los resultados demuestran que el 8.86% de las edificaciones de albañilería confinada no presentan columnas de confinamiento o solo existen columnas en las esquinas, lo que equivale a no estar confinadas basando su rigidez estructural solo en muros sin confinar, esto demuestra resultados de autoconstrucción e informalidad y se aprecian ejemplos en la **Figura 63**. Asimismo, un 2.53% representa valores descartados al presentar resultados con el esclerómetro mayores a 420 kg/cm^2 (concretos de alta resistencia) estando fuera de contexto con las edificaciones examinadas. Finalmente, las edificaciones que presentan columnas de confinamiento con datos válidos son el 88.61%, *convirtiéndose estas en el nuevo universo a analizar en los ítems que representan las propiedades físico-mecánicas de las columnas.*



Figura 63. Edificaciones de albañilería confinada sin columnas de confinamiento

Fuente: propia

- **Presencia de cangrejas en columnas:** este dato es relevante para saber la calidad de manos de obra que realizaron los trabajos; además, claro del nivel de formalidad que llevó consigo el vaciado. Esto va dirigido a las edificaciones de albañilería confinada con columnas de confinamiento y con valores aceptables. Siendo el resultado el siguiente **Gráfico 13** y **Cuadro 20**.

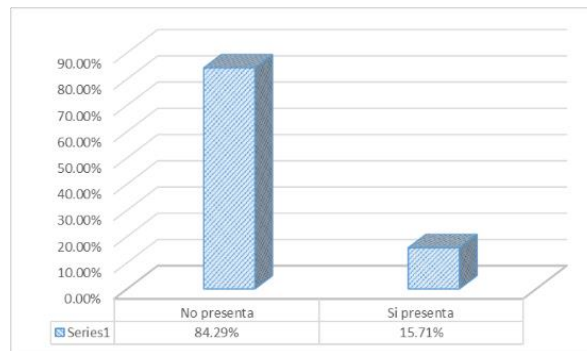


Gráfico 13. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de cangrejas en sus columnas de confinamiento

Fuente: propia

Cuadro 20. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de cangrejas en sus columnas de confinamiento

PRESENCIA DE CANGREJERAS EN COLUMNAS	
DETALLE	Porcentaje
No presenta	84.29%
Si presenta	15.71%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Los resultados demuestran que el 15.71% de las columnas de confinamiento presentan cangrejas evidenciando el mal proceso constructivo, la cifra es relativamente grande considerando este ítem como un conocimiento básico en el proceso constructivo, ejemplos de esto se aprecian en la **Figura 64**, mostrada a continuación. Sin embargo, el 84.29% evidencia que la mayoría de edificaciones tuvieron en consideración el chuceado para la buena compactación del concreto, así como un buen diseño de mezcla.



Figura 64. Edificaciones de albañilería confinada con cangrejas en las columnas de confinamiento

Fuente: propia

- **Resistencia a la compresión:** si bien el resultado a la compresión obtenido mediante el esclerómetro es relativo, se consideran válidos tras la comparación de resultados con probetas sometidas al ensayo destructivo como el de la compresión previamente detallada en el acápite “*3.5 técnicas de análisis de datos*”. Siendo los resultados de resistencia a la compresión de las columnas de las edificaciones de albañilería confinada el mostrado tanto en el **Gráfico 14** y en el **Cuadro 21**.

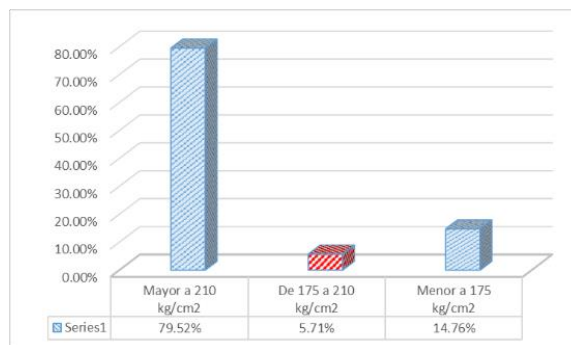


Gráfico 14. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión de sus columnas de confinamiento

Fuente: propia

Cuadro 21. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión de sus columnas de confinamiento

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
DETALLE	Porcentaje
Mayor a 210 kg/cm ²	79.52%
De 175 a 210 kg/cm ²	5.71%
Menor a 175 kg/cm ²	14.76%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Asimismo, para apreciar la calidad de las columnas en base a sus valores de resistencia se muestran a continuación en la campana de Gauss **Gráfico 15**, donde la media de resistencia de valores congruentes es de 235.08 kg/cm² con una variabilidad de 42.92 kg/cm², tal como muestra el **Cuadro 22**.

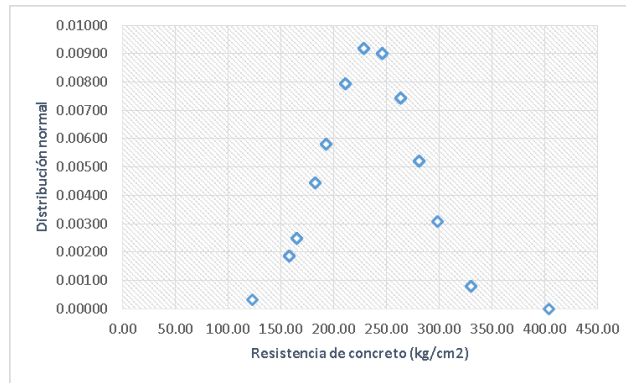


Gráfico 15. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión de sus elementos de confinamiento – columnas

Fuente: propia

Cuadro 22. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión de sus elementos de confinamiento - columnas

Media	235.08
Desviación Estándar	42.92

Fuente: propia

Mientras que en el **Gráfico 15**, los resultados muestran que el 79.52% de las edificaciones tienen una resistencia a la compresión ($f'c$) mayor a 210 kg/cm², siendo esto una total falta de consideración al presupuesto de los clientes, al estar estos elementos estructurales sobrecosteados. Respecto a las viviendas con ($f'c$) entre 175 kg/cm² y 210kg/cm² solo se tiene el 5.71% de las edificaciones, un valor bastante bajo que evidencia informalidad. En contraparte con un 13.08%, las edificaciones con menos de 175 kg/cm² que también evidencian informalidad, pero esta vez en perjuicio del comportamiento estructural de la edificación, la **Figura 65** presenta ejemplos de toma de muestra de resistencia a la compresión de columnas de confinamiento en edificaciones con sistema estructural de albañilería confinada.



Figura 65. Resistencia a la compresión en columnas con sistema estructural de albañilería confinada

Fuente: propia

4.1.4. Elementos de confinamiento – vigas

- **Vigas de confinamiento:** los datos de la viga de confinamiento que las edificaciones poseen son igual de relevantes que el de las columnas y losas. No solo por el hecho de que confinan los muros sino por el cuidado que el proceso constructivo demanda. Para la obtención de estos resultados se toma como universo a las edificaciones de albañilería confinada, y se muestra tanto en el **Gráfico 16** y en el **Cuadro 23**.

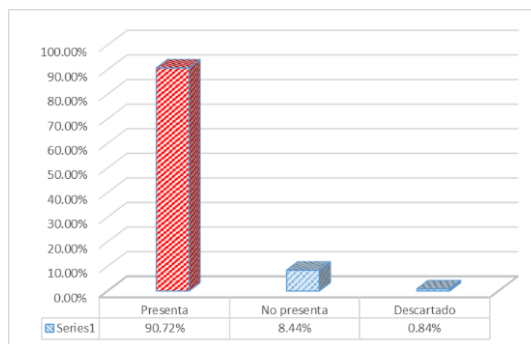


Gráfico 16. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de vigas de confinamiento

Fuente: propia

Cuadro 23. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de vigas de confinamiento

VIGAS DE CONFINAMIENTO	
DETALLE	Porcentaje
Presenta	90.72%
No presenta	8.44%
Descartado	0.84%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Los resultados demuestran en el caso de las vigas que existe un 8.44% de las edificaciones de albañilería confinada que no presentan vigas de confinamiento, la mayoría de estas de un solo nivel y con cubiertas de madera y calamina, la **Figura 66** muestra edificaciones sin vigas de confinamiento en su estructuración. Si bien podría funcionar como un cerco perimétrico, requiere un análisis más detallado. En contraparte se observa que el 90.72% de las edificaciones de albañilería confinada posee vigas de confinamiento, estudiando su calidad en los ítems siguientes. El 0.84% representa a valores de vigas de confinamiento existentes que; sin embargo, se descartaron al obtener valores de concreto de alta resistencia, fuera del contexto real de las edificaciones.



Figura 66. Ejemplo de edificaciones de albañilería confinada analizadas sin vigas de confinamiento, sino solo con losas

Fuente: propia

- **Vigas dintel:** a pesar de la necesidad de contar con vigas dintel en las edificaciones de albañilería confinada, estos elementos estructurales no reciben la importancia que merecen en edificaciones

de albañilería confinada. Esto se debe a la insuficiencia de una viga de confinamiento a resistir esfuerzos de flexión en los vanos. Siendo el resultado el mostrado tanto en el **Gráfico 17** y en el **Cuadro 24**.

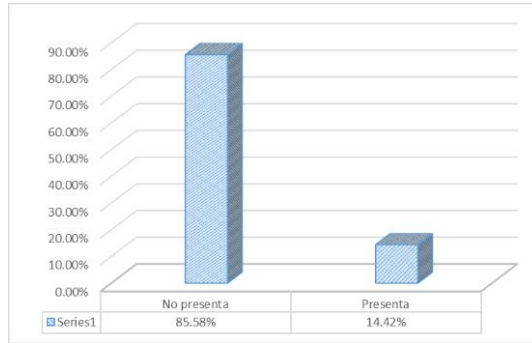


Gráfico 17. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de vigas dintel

Fuente: propia

Cuadro 24. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de vigas dintel

VIGAS DINTEL	
DETALLE	Porcentaje
No presenta	85.58%
Presenta	14.42%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Los resultados demuestran que el 85.58% de las edificaciones no presentan vigas dinteles en los vanos, sino más bien las vigas soleras corren a lo largo de estos. Mientras que las edificaciones de albañilería confinada que consideraron vigas dinteles es baja, con un 14.42%. Estos resultados solo demuestran la falta de consideración a estos elementos estructurales por desconocimiento de comportamiento estructural, perjudicando la estructura y reduciendo tanto su periodo de vida como su desempeño estructural ante sollicitaciones sísmicas, ejemplo de ambos casos se muestra en la **Figura 67**, mostrada a continuación.



Figura 67. Izquierda: edificación analizada que no contó con vigas dinteles en los vanos, Derecha: edificación analizada que si contó con vigas dinteles en vanos

Fuente: propia

- **Presencia de cangrejeras en vigas:** este dato en las edificaciones de albañilería confinada es relevante para saber la calidad de manos de obra que realizaron los trabajos; además, claro del nivel de formalidad que llevo consigo el vaciado en conjunto de la viga con la losa. Siendo el resultado el mostrado tanto en el **Gráfico 18** y en el **Cuadro 25**.

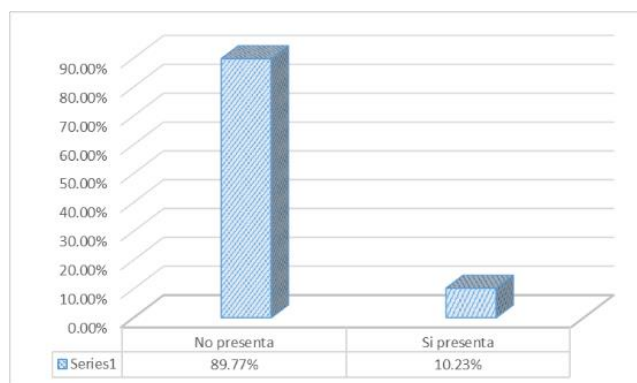


Gráfico 18. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de cangrejeras en las vigas

Fuente: propia

Cuadro 25. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de cangrejeras en las vigas

PRESENCIA DE CANGREJERAS EN VIGAS	
DETALLE	Porcentaje
No presenta	89.77%
Si presenta	10.23%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Al igual que en todo elemento estructural, la presencia de cangrejas evidencia una total desconsideración al realizar el vaciado; sin embargo, en las vigas de confinamiento y dinteles se muestran resultados satisfactorios con un 89.77% de vigas que no presentan cangrejas. Sin dejar de lado el 10.23% que aún presentan cangrejas que si bien es un valor bajo sigue siendo un aspecto a reducir.



Figura 68. Edificaciones analizadas de albañilería confinada que presentaban cangrejas en las vigas

Fuente: propia

- **Resistencia a la compresión:** del mismo modo que en las columnas, las vigas de confinamiento en las edificaciones de albañilería confinada resisten esfuerzos de compresión que pueden ser obtenidos mediante el esclerómetro. Debe tener valores mínimos que garanticen un adecuado comportamiento dinámico. Siendo el resultado el mostrado tanto en el **Gráfico 19** y en el **Cuadro 26**.

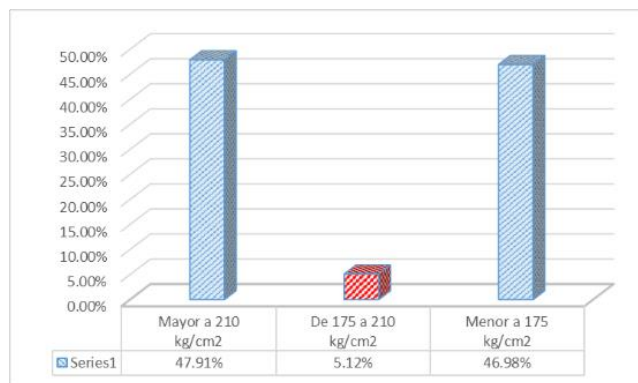


Gráfico 19. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión en las vigas

Fuente: propia

Cuadro 26. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión en las vigas

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
DETALLE	Porcentaje
Mayor a 210 kg/cm ²	47.91%
De 175 a 210 kg/cm ²	5.12%
Menor a 175 kg/cm ²	46.98%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Por su parte el **Gráfico 19**, muestra los resultados donde el 47.91% de las edificaciones tienen una resistencia a la compresión ($f'c$) mayor a 210 kg/cm², siendo nuevamente una total falta de consideración al presupuesto de los propietarios, al estar estos elementos estructurales sobrecosteados. Respecto a las viviendas con ($f'c$) entre 175 kg/cm² y 210kg/cm² solo se tiene el 5.12% de las edificaciones, valor bastante similar a la resistencia de la compresión de las columnas. Mientras tanto un 46.98% de las edificaciones con menos de 175 kg/cm² evidencian informalidad, pero esta vez en perjuicio del comportamiento estructural de la edificación.

Los mismos valores de resistencia se muestran a continuación en la campana de Gauss, **Gráfico 20**. La media de resistencia de valores congruentes es de 192.45 kg/cm² con una variabilidad de

62.48 kg/cm² que se muestra en la **Cuadro 27**, (nótese que la media apenas supera los 175 kg/cm²):

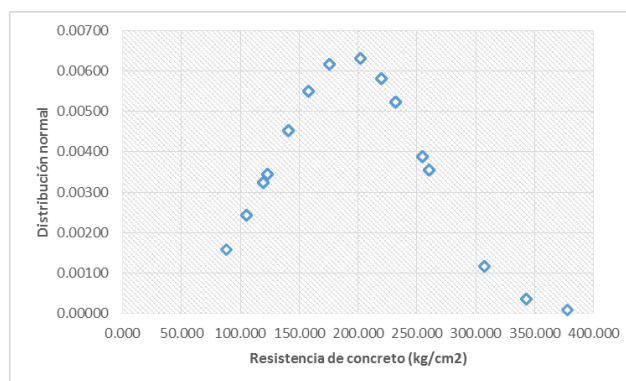


Gráfico 20. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión de sus elementos de confinamiento – vigas

Fuente: propia

Cuadro 27. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión de sus elementos de confinamiento - vigas

Media	Desviación Estándar
192.45	62.48

Fuente: propia



Figura 69. Ejemplos de toma de muestra para medir la resistencia a la compresión en vigas

Fuente: propia

4.1.5. Elementos de confinamiento – losas

- **Losas:** debe tenerse especial consideración con las losas en las edificaciones de albañilería confinada sin importar su configuración, siendo estos elementos estructurales los primeros que reciben las cargas para luego transferirlas al resto de elementos estructurales, del mismo modo generan diafragmas que cumplan funciones

estructurales como la uniformización de desplazamientos y deformaciones. Siendo el resultado el mostrado tanto en el **Gráfico 21** y en el **Cuadro 28**.

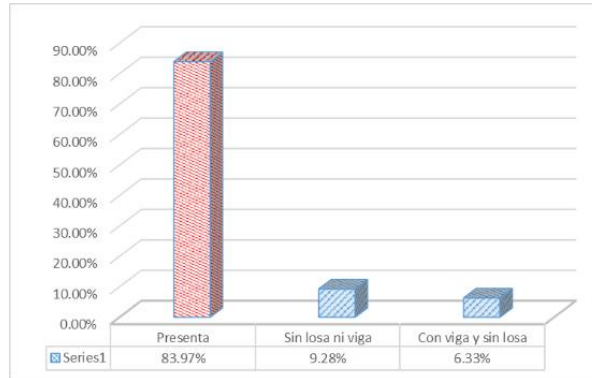


Gráfico 21. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de losas

Fuente: propia

Cuadro 28. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de losas

LOSAS	
DETALLE	Porcentaje
Presenta	83.97%
Sin losa ni viga	9.28%
Con viga y sin losa	6.33%
Descartado	0.42%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

En el caso de las losas, las edificaciones que carecen de este elemento estructural no necesariamente tendrán un mal comportamiento estructural al ser de un nivel. Siendo un 15.61% en total que no cuentan con losas, **Figura 70**, de las cuales un 9.28% no contienen ni vigas ni losas y un 6.33% no contienen losas, pero sí vigas tipo collarín. En edificaciones de dos niveles o más un 84.32% representa a edificaciones con presencia de losas. Igualmente, el 0.42% representan a edificaciones cuyas losas fueron constatadas *in situ*; sin embargo, al obtener valores demasiados altos en su resistencia a la compresión fueron descartados.



Figura 70. Ejemplo de edificación de albañilería confinada analizada que no presentan losa

Fuente: propia

- **Espesor de losa aligerada:** en lo que concierne al distrito de Huancayo y las edificaciones de albañilería confinada, el sistema tradicional son losas aligeradas unidireccionales, el resultado es mostrado tanto en el **Gráfico 22** y en el **Cuadro 29**.

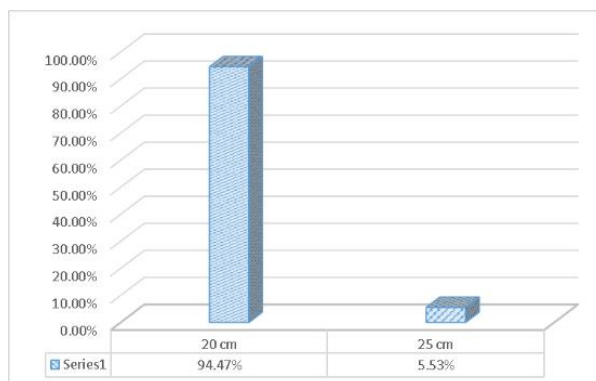


Gráfico 22. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de las losas

Fuente: propia

Cuadro 29. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo al espesor de las losas

ESPESOR DE LOSA ALIGERADA	
DETALLE	Porcentaje
20 cm	94.47%
25 cm	5.53%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

El resultado muestra que las losas analizadas en su totalidad son de configuración aligerada, donde el 94.47% son losas de 20 cm de espesor y 5.53% losas de 25 cm de espesor. Datos que tienen implicancia estructural en función a las luces que cubren.



Figura 71. Edificación de albañilería confinada analizada con losa aligerada de 20 cm

Fuente: propio

- **Presencia de cangrejeras en losas:** si bien el vaciado de la losa es en simultaneo con las vigas de confinamiento, se debe tener en cuenta la implicancia de las losas al tener embebidas en sí mismas tuberías para los servicios básicos, procurando que esto no genere alteraciones de comportamiento estructural como lo hace la presencia de cangrejeras. Siendo el resultado el mostrado tanto en el **Gráfico 23** y en el **Cuadro 30**.

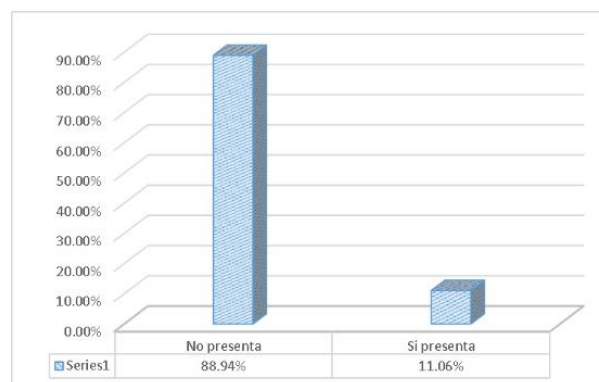


Gráfico 23. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de cangrejeras en losas

Fuente: propia

Cuadro 30. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la presencia de cangrejas en losas

PRESENCIA DE CANGREJERAS EN LOSAS	
DETALLE	Porcentaje
No presenta	88.94%
Si presenta	11.06%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Ahora bien, respecto a la presencia de cangrejas en losas, los resultados son buenos con un 88.94% de las edificaciones que no muestran esta deficiencia constructiva que genera pérdida de sección estructural, fallas en comportamiento sísmico y transferencia de cargas. Sin embargo, existe aún un 11.06% de edificaciones por trabajar al presentan cangrejas en las losas, como se aprecia en la **Figura 72.**



Figura 72. Edificación de albañilería confinada analizada con presencia de cangrejera en la vigueta de la losa aligerada

Fuente: propia

- **Resistencia a la compresión:** las losas resisten esfuerzos de compresión obteniendo su capacidad mediante el esclerómetro, se debe obtener valores mínimos que garanticen un adecuado comportamiento dinámico. Siendo el resultado el mostrado tanto en el **Gráfico 24** y en el **Cuadro 31.**

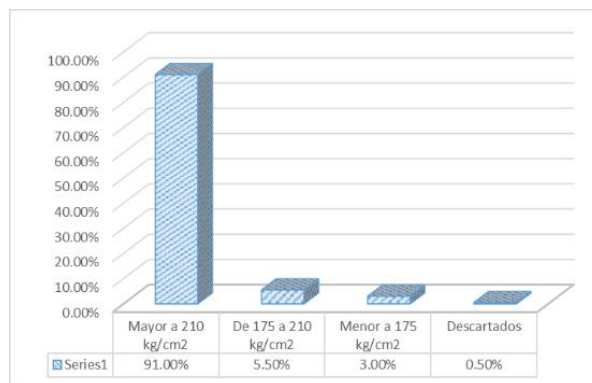


Gráfico 24. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión en losas

Fuente: propia

Cuadro 31. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión en losas

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	
DETALLE	Porcentaje
Mayor a 210 kg/cm2	91.00%
De 175 a 210 kg/cm2	5.50%
Menor a 175 kg/cm2	3.00%
Descartados	0.50%
Sumatoria:	100.00%

Fuente: propia

Siendo la resistencia a la compresión un factor significativo, los resultados obtenidos para las losas de albañilería confinada del distrito de Huancayo tendieron al sobrecosto, pues casi en su totalidad 91.00% del concreto de las losas tiene una resistencia mayor a 210 kg/cm² debiéndose esto a un mal diseño de mezcla por estar sobrecostado.

Además, un 5.50% tienen resistencia entre 175 y 210 kg/cm²; asimismo, es de resaltar que 3.00% de las edificaciones no cumplen con la resistencia mínima que el concreto requiere. Finalmente, el 0.50% representa valores de resistencia a la compresión descartados. El **Gráfico 25**, muestra por su parte los valores de resistencia a la

compresión válidos para las losas, apreciando una media de 234.11 kg/cm², que se muestra en el **Cuadro 32**.

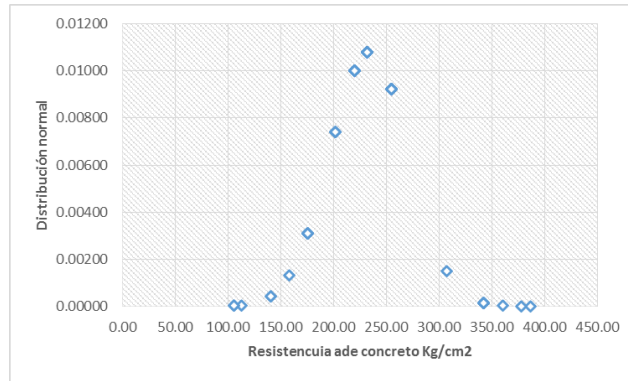


Gráfico 25. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión en losas

Fuente: propia

Cuadro 32. Resultados de las edificaciones analizadas de acuerdo a la resistencia a la compresión en losas

Media	Desviación Estándar
234.11	36.96

Fuente: propia



Figura 73. Toma de muestra de la resistencia a la compresión de la losa

Fuente: propia

4.1.6. Comentarios acerca de la vulnerabilidad a nivel constructivo

Para interpretar los resultados de vulnerabilidad a nivel de procesos constructivos se tuvieron que tener en cuenta muchas variables; sin embargo, un análisis detallado muestra que, de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo, 18.99% son formales al tener adecuados procesos constructivos y no

contravenir con ninguna normativa o recomendación constructiva. Por otro lado, un 17.30% de las edificaciones analizadas presentan informalidad al carecer de la mayoría de criterios técnicos siendo autoconstrucciones.

Finalmente, un 63.71% de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo fueron descartadas sin previo análisis de su vulnerabilidad a nivel constructivo, esto debido a que contravenían la normativa y siendo claramente informales. Entre los criterios para descartar a estas edificaciones, se tuvieron: 1) uso de unidades pandereta como muros portantes, 2) uso de unidades artesanales en edificaciones de más de dos niveles, 3) carecer de elementos de confinamiento. Los resultados se muestran en el **Gráfico 26**.

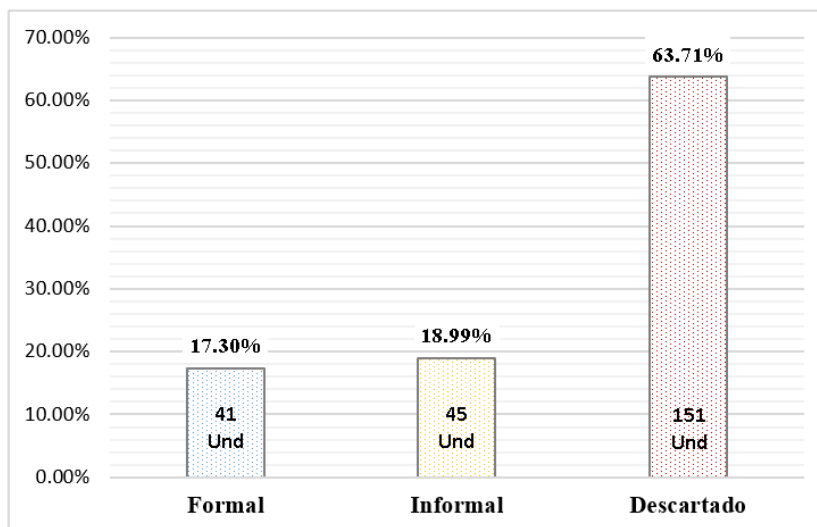


Gráfico 26. Resultados de la vulnerabilidad a nivel de procesos constructivos de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo

Fuente: propia

4.2. Obtención de la vulnerabilidad a nivel estructural

Para el cálculo de vulnerabilidad estructural de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo se utilizó el estudio titulado: Proyecto de Reparación y Reforzamiento de Viviendas de Albañilería (PRRVA)

o Chimbote70 (CH-70), que fue su nombre original. El análisis consistió en someter a las edificaciones de albañilería confinada de Chimbote a un análisis de densidad de muros tras el terremoto de Ancash de 1970 y de este modo generar una relación directa y rápida entre la densidad de muros y la capacidad de respuesta estructural de cada edificación.

Se procedió a analizar las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo; siempre y cuando no contravengan la normativa (edificaciones de muros portantes con unidades artesanales que no superen los dos niveles), analizando con estas restricciones un total de 86 edificaciones todas con unidades artesanales en soga; a continuación, se muestra el procedimiento seguido:

- o Identificar la edificación y aplicar la Ficha de Estimación de Factores de Riesgo.

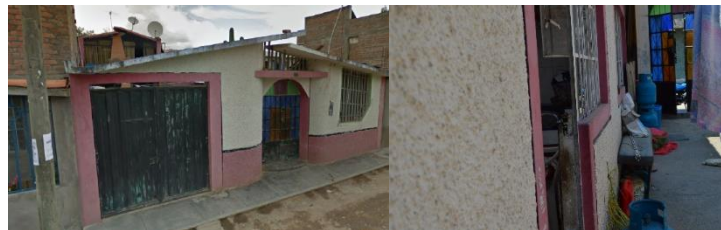


Figura 74. Fotografías de la vivienda de albañilería confinada a analizar bajo los parámetros del estudio CH-70. Nótese: vivienda con unidades artesanales de un nivel

Fuente: propia

- o Obtener los planos de la edificación o en su defecto dibujar el plano.

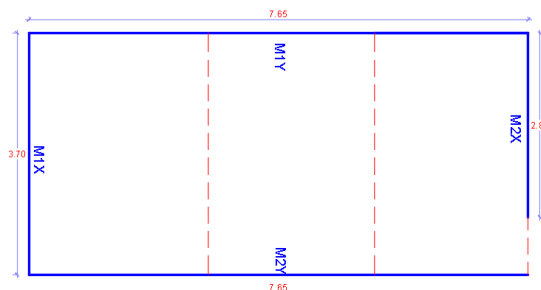


Figura 75. Dibujo del plano de la edificación para ser sometida a estudio CH-70

Fuente: propia

- Realizar los cálculos de la edificación con la fórmula expuesta en el acápite 2.2.

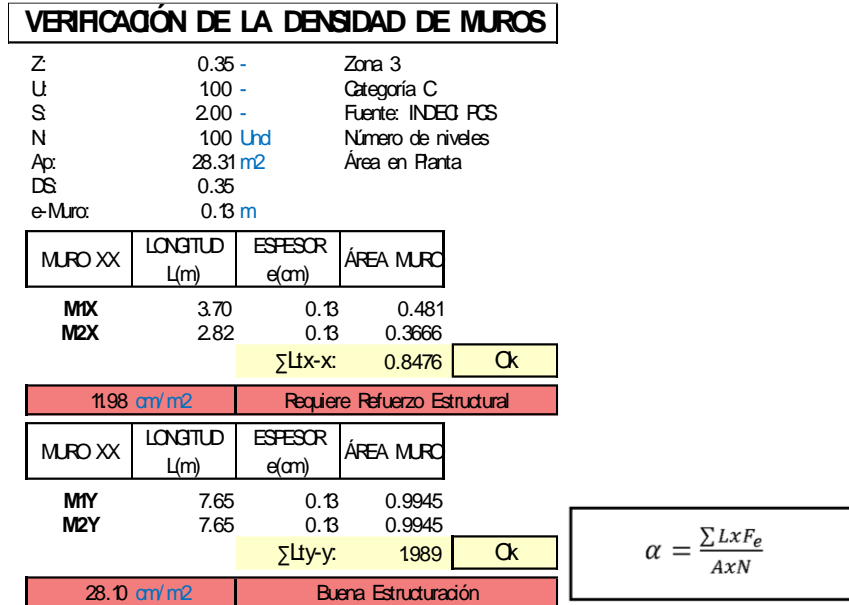


Figura 76. Cálculo de la densidad de muros conforme al estudio CH-70 (resultados de color rojo); además, se analizó el cálculo de densidad de muros bajo los parámetros actuales (resultados en color amarillo)

Fuente: propia

Para el cálculo se tuvo en cuenta las consideraciones locales de densidad de muros mínima para el distrito de Huancayo. Además, de las propiedades mecánicas de las unidades artesanales del distrito de Huancayo, se tiene del marco teórico la siguiente expresión:

$$\frac{\text{Área de corte de los muros reforzados}}{\text{Área en planta típica}} = \frac{\Sigma L \cdot t}{A_p} \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{26}$$

Desarrollando los parámetros de sitio ya conocidos para el distrito de Huancayo: Z=0.35; U=1.00; además, que el número de pisos que se analiza para edificaciones de albañilería confinada es (N=2), se obtiene:

$$\frac{\Sigma L \cdot t}{A_p} \geq \frac{0.35 \times 1.00 \times S \times 2}{26}$$

$$\frac{\Sigma L.t}{A_p} \geq 0.0267 \times S \frac{m^2}{m^2}$$

Las unidades en las que se encuentra actualmente la expresión es $\frac{m^2}{m^2}$. Sin embargo, para obtener los resultados en unidades del sistema Chimbote 70, este divide el resultado entre 0.25m dado que el espesor de muro promedio de las edificaciones analizadas en dicho estudio era de 25 centímetros. En el siguiente párrafo del estudio se aprecia esta conversión, obteniendo así el resultado en unidades de $\frac{m}{m^2}$:

(2) Espesor estándar de muro 25 cm = 1, muro de soga 15 cm.
Relación de espesores: 15/25 = 0.6

$$\frac{\Sigma L.t}{A_p} \geq 0.1067 \times S \frac{m}{m^2}$$

Convirtiendo a unidades de $\frac{cm}{m^2}$, que son las unidades que buscamos se obtiene:

$$\frac{\Sigma L.t}{A_p} \geq 10.67 \times S \frac{cm}{m^2}$$

Procesando para los tres escenarios de suelo $S_1= 1.00$ (suelo rígido); $S_2=1.15$ (suelo intermedio); $S_3= 1.20$ (suelo blando). Tendríamos tres posibles casos:

Para suelo rígido (S_1): $\frac{\Sigma L.t}{A_p} \geq 10.67 \frac{cm}{m^2}$

Para suelo intermedio (S_2): $\frac{\Sigma L.t}{A_p} \geq 12.27 \frac{cm}{m^2}$

Para suelo blando (S_3): $\frac{\Sigma L.t}{A_p} \geq 12.80 \frac{cm}{m^2}$

Los resultados se interpretan: que la densidad mínima de muros para el distrito de Huancayo y con las condiciones mecánicas de las unidades artesanales

varían de acuerdo al tipo de suelo en que se encuentren, siendo que en un suelo rígido la densidad mínima es del orden de 10.67 cm/cm^2 ; para suelo intermedio la densidad mínima es del orden de 12.27 cm/cm^2 ; y para un suelo blando la densidad mínima de muros es del orden de 12.80 cm/cm^2 .

El promedio de las tres expresiones es 11.92 cm/cm^2 que es bastante próximo a la densidad mínima que exige el estudio Chimbote 70 (12.00 cm/cm^2) para garantizar que la edificación no colapse, por lo que se tomó el valor del estudio para el análisis de las edificaciones de esta investigación. De este modo los cálculos se replicaron para cada una de las edificaciones, en el **Anexo 2** se puede ver cada uno de los planos obtenidos de las edificaciones y posteriormente analizados.

4.2.1. Comentarios acerca de la vulnerabilidad a nivel estructural

Para interpretar los resultados de vulnerabilidad a nivel estructural se tuvo en cuenta a aquellas edificaciones en las que podía aplicarse el estudio Chimbote – 1970 y aquellas edificaciones en las que no, por contravenir la normativa y procesos constructivos básicos. Los resultados se muestran en el **Gráfico 27**.

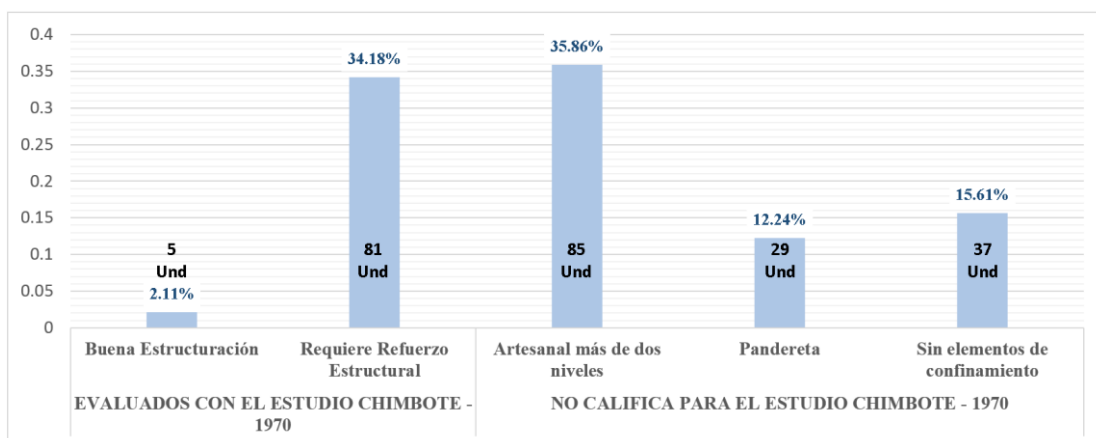


Gráfico 27. Obtención de la vulnerabilidad estructural a través del estudio Chimbote 1970

Fuente: propia

Se puede interpretar mediante la **Gráfico 27**, que de las edificaciones de albañilería confinada analizadas presentan un 63.71% (**151 edificaciones**) que contravienen la normativa en términos estructurales. Estas se subdividen en un 35.86% (**85 edificaciones**) de edificaciones en las que se utilizan unidades artesanales que tienen más de dos niveles, **Figura 77**, esto garantizará fallas en las edificaciones por esfuerzos de gravedad y muy posiblemente esfuerzos sísmicos dado que las unidades del distrito no cumplen con las características mínimas; además, de contravenir con la norma E070 – albañilería. Estas edificaciones se clasificaron con vulnerabilidad estructural alta.



Figura 77. Edificación de albañilería confinada (N° 007), utiliza unidades artesanales en muros portantes

Fuente: propia

Además, un 12.24% (**29 edificaciones**) de las edificaciones analizadas utilizan unidades pandereta y se descartaron aun así tengan un solo nivel. Un ejemplo del irresponsable uso de estas unidades se muestra en la **Figura 78**, perteneciente a la edificación N° 30. Estas unidades están prohibidas para el uso de muros portantes por su falla frágil; además, de contravenir con la norma E070 – albañilería. Del mismo modo estas edificaciones se clasificaron con vulnerabilidad alta.



Figura 78. Edificación de albañilería confinada (N° 30), utiliza unidades pandereta en muros portantes

Fuente: propia

Otro 15.61% (**37 edificaciones**) de las edificaciones analizadas tenían problemas estructurales al carecer de elementos de confinamiento desde columnas, vigas soleras, diafragmas o en algunos casos son solo muros como la edificación N° 006 mostrada en la **Figura 79**, esto contraviene los procesos constructivos básicos y perjudica exponencialmente el comportamiento estructural. Estas edificaciones se clasificaron con vulnerabilidad muy alta.



Figura 79. Edificación de albañilería confinada (N° 006) sin elementos de confinamiento, presenta fallas en los muros

Fuente: propia

Asimismo, de las edificaciones analizadas un 36.29% (**86 edificaciones**) clasificaron para el análisis del estudio Chimbote – 1970 y de este modo determinaron su vulnerabilidad estructural basada en la densidad de muros y su relación con el nivel de daños ante un sismo. Parte de estas edificaciones, un 2.11% (**5 edificaciones**), sobrepasaban los límites mínimos del estudio mientras que un 34.18% (**81**

edificaciones) no lo hacen, adicionándose a las edificaciones con problemas de vulnerabilidad estructural.

Por último y una vez analizados los niveles de vulnerabilidad a nivel de procesos constructivos y la vulnerabilidad a nivel estructural, el resultado se muestra en el **Gráfico 28**.

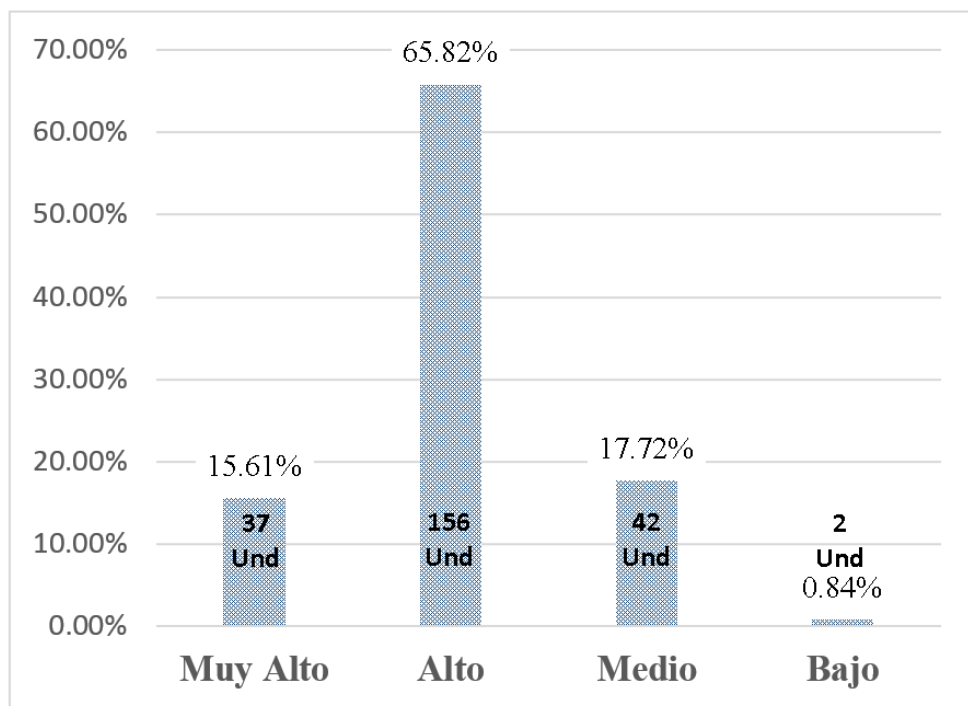


Gráfico 28. Vulnerabilidad de las edificaciones de albañilería confinada analizadas
Fuente: propia

En la gráfica se aprecia que un 15.61% de las edificaciones (**37 del total**) se encuentran con vulnerabilidad muy alta, siendo estas las edificaciones que se descartaron por no tener elementos de confinamiento. Además, 65.82% de las edificaciones analizadas (**156 del total**) tienen vulnerabilidad alta, en las que se incluye aquellas descartadas por uso de unidades pandereta o artesanales en más de dos niveles, así como aquellas edificaciones de albañilería confinada que no superan los límites propuestos por la metodología Chimbote – 1970 y constructivamente son informales. Igualmente se aprecia que 17.72%

de las edificaciones tienen vulnerabilidad media (**42 del total**) al cumplir con las limitantes del estudio Chimbote – 1970, pero no presentar una adecuada formalidad a nivel de procesos constructivos o viceversa. Mientras tanto el valor más bajo corresponde al 0.84% de las edificaciones de albañilería confinada con vulnerabilidad baja (**2 del total**), aquellas con buena estructuración y a la vez con procesos constructivos adecuados según el estudio Chimbote – 1970.

Como ya se mencionó, el análisis CH-70 se realizó a las edificaciones que no contravengan la normativa ni los procedimientos estructurales mínimos, como el uso de unidades artesanales, en cuyo caso una investigación de la Ing. Rosa Aguirre Gaspar demostró la deficiente calidad de estas, su descrédito, es una premisa para el desarrollo de esta investigación. Dedicando un acápite del capítulo VI para detallar la metodología de restauración que se utilizó para que los muros que contengan en particular las unidades de albañilería artesanal (83.54%) tengan un adecuado desempeño estructural; es decir, se comporten en un rango elástico a pesar de no cumplir requisitos mínimos que la norma E070 exige.

4.3. Obtención del nivel de peligro

Esta investigación ha determinado que en un escenario sísmico existen dos opciones, un sismo moderado con mayor probabilidad de ocurrencia, no solo estadística si no también característica de la falla del Huaytapallana, y otra opción de sismo severo de menor probabilidad de ocurrencia, pero no por eso se debe de dejar de contemplar ese escenario. A continuación, se muestran los resultados del nivel de peligro teniendo en cuenta que el peligro bajo y medio representan a un sismo moderado, variando de acuerdo a la ubicación geográfica del terreno; mientras que un sismo severo representa un peligro alto y muy alto, de igual forma variando de acuerdo a la ubicación geográfica del terreno:

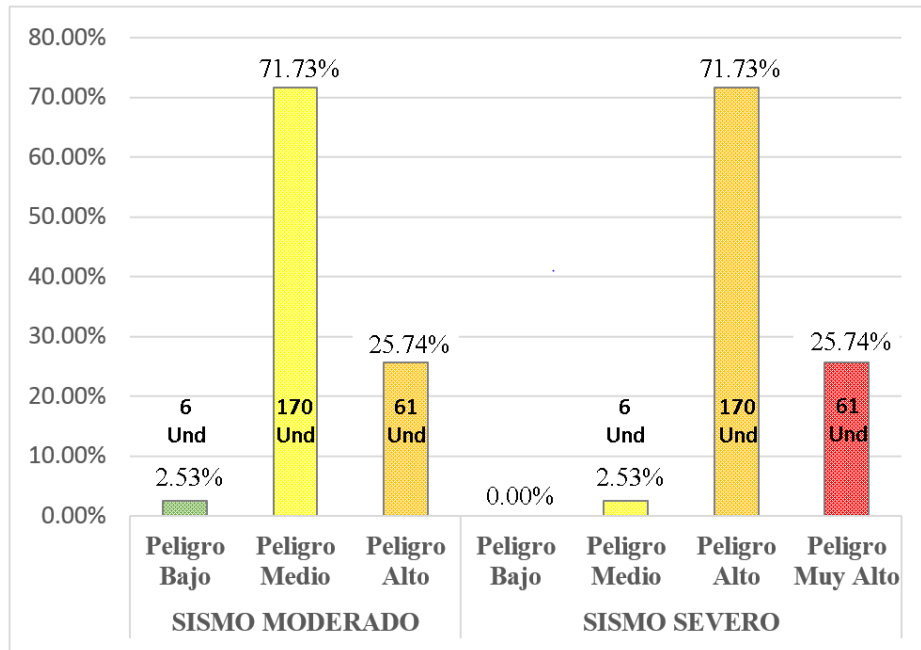


Gráfico 29. Vulnerabilidad de las edificaciones de albañilería confinada analizadas

Fuente: propia

Como se puede apreciar ante un sismo moderado existen 2.53% de edificaciones en peligro bajo (**6 del total**), un 71.73% en peligro medio (**170 del total**) y un 25.74% en peligro alto (**61 del total**). Mientras tanto ante un sismo severo no existe ninguna edificación en peligro bajo, 2.53% de las edificaciones tienen peligro medio (**6 del total**), un 71.73% están en peligro alto (**170 del total**) y un 25.74% en peligro muy alto (**61 del total**). Este nivel de peligro en cada una de las edificaciones analizadas será conjuntamente catalogado con su nivel de vulnerabilidad para determinar el riesgo en ambos escenarios y así tener un pronóstico acerca de aquellas que colapsarán. Información relevante acerca de la falla del Huaytapallana se muestra en el acápite **2.1.2. Falla del Huaytapallana.**, siendo este el principal umbral de peligro para las edificaciones de albañilería confinada.

4.4. Obtención del nivel de riesgo

El nivel de riesgo se obtiene básicamente en función al nivel de peligro y al nivel de vulnerabilidad, el **Cuadro 33**, obtenida del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (Sinagerd), se muestra el nivel de riesgo

obtenido en la tabla para medir la capacidad de reacción de las edificaciones ante los fenómenos naturales.

Para los objetivos de este estudio, los sismos son los fenómenos naturales y las edificaciones son de sistema estructural de albañilería confinada. Obtenido el nivel de riesgo se pueden interpretar de dos formas: las edificaciones que colapsarán y las que soportarán el sismo; a continuación, se detallan estos escenarios, permitiendo evaluar el nivel de riesgo de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo ante un sismo.

Cuadro 33. Cálculo del nivel de riesgo en función al peligro y a la vulnerabilidad

Peligro Muy Alto	Riesgo Alto	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Alto	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto	Riesgo Muy Alto
Peligro Medio	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Medio	Riesgo Alto
Peligro Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Bajo	Riesgo Medio	Riesgo Alto
	Vulnerabilidad Baja	Vulnerabilidad Media	Vulnerabilidad Alta	Vulnerabilidad Muy Alta

Fuente: Cenepred

Los resultados de la investigación demuestran los efectos tras aplicar el sistema de Gestión de Riesgo de Desastres Sísmicos (GRDS). Las intervenciones estructurales deben realizarse con el objetivo de prevenir tragedias relacionadas con sismos y mantener un buen funcionamiento de las edificaciones. La idea de esta investigación es presentar de una forma sencilla y precisa respecto a los lineamientos para que un profesional responsable elija la mejor intervención que refleje estos objetivos.

En el contexto local el escenario más probable es la ocurrencia de sismos moderados, sin descartar la presencia de sismos severos. Bajo esta premisa y mediante el uso del **Cuadro 33**, se evalúan estos dos escenarios el de un *sismo moderado* y el de un *sismo severo*. Mientras tanto la vulnerabilidad varía de acuerdo a cada una de las edificaciones analizadas estando en función a sus condiciones estructurales y al nivel de calidad que muestran a causa de sus procesos constructivos. A continuación, se muestra en el **Cuadro 34** y el

Cuadro 35, el resumen de las edificaciones analizadas que cumplían con las condiciones requeridas (edificaciones de albañilería confinada que no contravengan la normativa vigente); asimismo, se muestran las conclusiones obtenidas ante las condiciones de sismo moderado y severo.

Cuadro 34. Resumen de las edificaciones analizadas

#	PELIGRO / Condiciones Sísmicas		NIVEL DE VULNERABILIDAD	RIESGO / Condiciones Sísmicas		PROCESO DE RESTAURACIÓN
	SISMO MODERADO	SISMO SEVERO		SISMO MODERADO	SISMO SEVERO	
1	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
5	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
12	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
17	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
18	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	-
21	Alto	Muy Alto	Bajo	Medio	Alto	-
26	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
29	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
37	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
39	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
41	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
44	Alto	Muy Alto	Medio	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
45	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
46	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
52	Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Requiere refuerzo estructural
53	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
55	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
63	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
80	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
84	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
92	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
98	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
99	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
106	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
117	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
119	Alto	Muy Alto	Medio	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
124	Alto	Muy Alto	Medio	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
126	Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Requiere refuerzo estructural
132	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
133	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
138	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
139	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
147	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
153	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
154	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
160	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
161	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
164	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
166	Alto	Muy Alto	Medio	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
172	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
173	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
176	Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Requiere refuerzo estructural

Fuente: propia

Cuadro 35. Resumen de las edificaciones analizadas

#	PELIGRO / Condiciones Sísmicas		NIVEL DE VULNERABILIDAD	RIESGO / Condiciones Sísmicas		PROCESO DE RESTAURACIÓN
	SISMO MODERADO	SISMO SEVERO		SISMO MODERADO	SISMO SEVERO	
185	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
188	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
189	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
191	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
193	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
209	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
210	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
211	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
212	Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Requiere refuerzo estructural
213	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
216	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
217	Alto	Muy Alto	Medio	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
219	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
220	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
222	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
227	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
232	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
235	Alto	Muy Alto	Medio	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
240	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
241	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
249	Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Requiere refuerzo estructural
252	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
255	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
256	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
259	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
263	Alto	Muy Alto	Medio	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
265	Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Requiere refuerzo estructural
268	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
272	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
273	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
278	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
282	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
301	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
303	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
305	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Requiere refuerzo estructural
307	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	-
315	Bajo	Medio	Alto	Medio	Medio	Mantenimiento
316	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Medio	-
321	Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Requiere refuerzo estructural
325	Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Requiere refuerzo estructural
326	Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Requiere refuerzo estructural
327	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	-
328	Medio	Alto	Medio	Medio	Medio	Mantenimiento
333	Alto	Muy Alto	Alto	Alto	Muy Alto	Requiere refuerzo estructural

Fuente: propia

4.4.1. Escenario ante un sismo moderado

Ante un sismo moderado, el escenario de mayor probabilidad de ocurrencia se interpreta el nivel de vulnerabilidad y peligro para

determinar el riesgo sísmico de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo, mostrando mediante la **Gráfica 30**, los resultados.

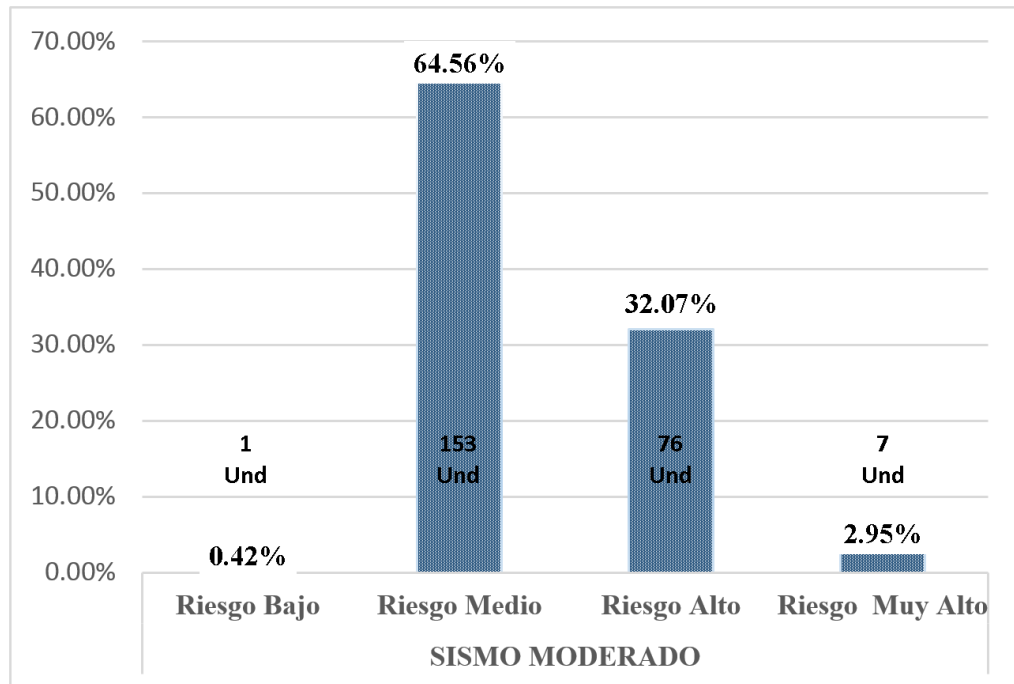


Gráfico 30. Gráfica que muestra el porcentaje de riesgo de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo ante un sismo moderado

Fuente: propia

Los resultados demuestran que 0.42% de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo son clasificadas con riesgo bajo ante un sismo moderado, mientras que 64.56% de las mismas tienen riesgo medio, hasta este punto no existe ningún problema pues al presentarse un sismo moderado estas edificaciones estarán en capacidad de restaurarse debido a sus daños menores. Sin embargo, el problema surge ante las edificaciones que tuvieron riesgo alto y muy alto, ya que estas implican daños en su mayoría irreparables o muy costosos, sin mencionar la pérdida de vidas humanas que esto implicaría, por lo que se puede garantizar que mínimamente un 2.95% (riesgo muy alto) de las edificaciones de albañilería confinada del

distrito de Huancayo hasta un 32.07% (riesgo alto) de las mismas están en riesgo de colapso ante un sismo moderado.

4.4.2. Escenario ante un sismo severo

Ante un sismo severo, el escenario de menor probabilidad de ocurrencia se interpreta el nivel de vulnerabilidad y peligro para determinar el riesgo sísmico de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo, mostrando mediante la **Gráfica 31**, los resultados.

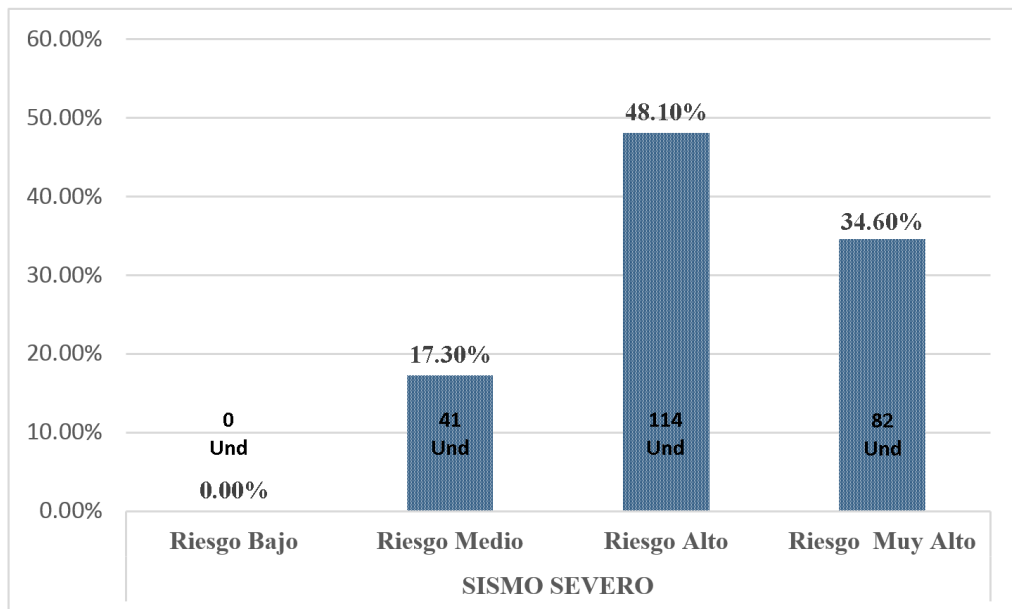


Gráfico 31. Gráfica que muestra el porcentaje de riesgo de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo ante un sismo severo

Fuente: propia

Los resultados demuestran que 17.30% de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo son clasificadas con riesgo medio ante un sismo severo, hasta este punto no existe ningún problema pues al presentarse un sismo severo estas edificaciones estarán en capacidad de restaurarse, debido a sus daños menores. Sin embargo, el problema surge ante las edificaciones que tuvieron riesgo alto y muy alto, ya que estas implican daños en su mayoría irreparables

o muy costosos, sin mencionar la pérdida de vidas humanas que esto implicaría, por lo que se puede garantizar que mínimamente un 34.60% (riesgo muy alto) de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo hasta un 48.10% (riesgo alto) de las mismas están en riesgo de colapso ante un sismo severo.

Finalmente, el nivel de riesgo permite obtener los *factores de riesgo* que son las fallas más comunes que originan vulnerabilidad en la estructura. Cabe resaltar que el hombre puede hacer poco para contrarrestar el peligro. Siendo para este fin, la vulnerabilidad el factor más conveniente a modificar (aunque muchas veces es económicamente costoso), es por ello que los factores de riesgo deben de ser evaluados y contrarrestados para mitigar el riesgo ante fenómenos naturales, sísmicos en este caso. Un listado de los factores de riesgo más representativos de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo.

4.5. Factores de riesgo

Las edificaciones de albañilería confinada han tenido como todo proceso constructivo, una suerte de evolución a través de la historia que ha ido siempre ligado a su mejora tanto en procesos constructivos como en desempeño estructural. Ahora si se observa detalladamente en el transcurso de la evolución de la albañilería confinada se puede apreciar que con el pasar del tiempo y en especial de los terremotos acontecidos se fueron incorporando nuevos criterios. El primer reporte de uso de albañilería confinada fue tras el terremoto de 7.2 grados de magnitud en Messina, Italia en el año 1908, donde la falta de criterio por desconocimiento de la época ocasionó la muerte de cerca de 70, 000 personas; mientras que en Latinoamérica el primer reporte figura tras el terremoto de magnitud 8.0 en el año 1928 en Talca, Chile³⁴; asimismo, en el Perú los primeros conceptos técnicos de albañilería confinada se dieron tras el terremoto de 1970 aplicando esta metodología constructiva en Chimbote.

³⁴ *Earthquake resistant confined masonry Construction. Svetlana Brzev.*

Mención aparte el uso de muros de albañilería confinada en China desde antes de 1976, donde se suscitó el terremoto de Tangshan de magnitud 8.2 produciendo la muerte de más de 250, 000 personas, siendo considerado uno de los sismos más mortíferos del siglo XX.

Entre los nuevos criterios que se incorporaron con el tiempo, fueron incluyendo las condiciones locales, criterios de costo beneficio de las edificaciones, calidad de materiales, la necesidad de incluir mano de obra calificada, implementación de equipos y nuevas prácticas constructivas e incluso mejorando las ya existentes.

Esta premisa es necesaria antes de abordar las fallas encontradas en las edificaciones de albañilería confinada, dado que el distrito de Huancayo no está exento de este proceso evolutivo de las edificaciones, sino que las fallas ya se han observado con anterioridad y se han venido aplicando sugerencias e incluso normativa para superarlas, el problema principal radica en una total ausencia ingenieril en las edificaciones que viene provocando carencia de la aplicación incluso de conceptos considerados hoy en día básicos.

4.5.1. Ausencia de elementos de confinamiento

Si bien la presencia de los elementos de confinamiento es esencial para un buen comportamiento dinámico de la estructura. En un principio se consideró aceptable el sistema de muros sin confinar, claro está que esto duró muy poco pues las condiciones locales del país no permiten que no se confinen los muros de tal manera que ahora se contempla inaudita esta práctica, pero se encuentra con más cotidianidad de la esperada, **Figura 80.**



Figura 80. Muro mayor a tres metros sin elementos de confinamiento

Las edificaciones de albañilería confinada, propiamente dichas, requieren de elementos de confinamiento que garanticen un buen desempeño estructural ante una sollicitud sísmica. Donde los muros portantes actúan como puntales diagonales sujetos a compresión, mientras que los elementos de confinamiento actúan a tensión y/o compresión estando estos esfuerzos en función de la dirección sísmica, esto se aprecia claramente en la **Figura 81**.

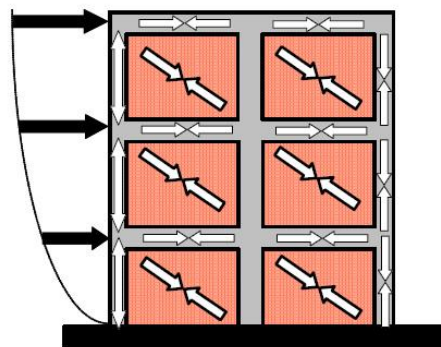


Figura 81. Modelo del comportamiento estructural de la albañilería confinada ante un sismo³⁵

El PhD. Esloveno Miha Tomazevic en estudios realizados en 1997 identificó dos tipos de fallas en los muros de ladrillo confinado, siendo estos la falla por corte y la falla por flexión. Cabe denotar que la norma E070 contempla ambos aspectos para el proceso de diseño

³⁵ Murty, C.V.R., and Jain, S.K. (2000) *beneficial influence of masonry infills walls on seismic performance of RC frame buildings. Proceeding of the 12th World Conference on Earthquake Engineering. Auckland, New Zealand, Paper No. 1790*

estructural. La falla por corte se produce por paralelas al plano de la estructura actuando a lo largo del plano del muro. Esta falla ocasiona una ruptura diagonal en el muro, como se puede apreciar en la **Figura 82**, durante la aplicación de este esfuerzo en el muro confinado el que resiste por su cuenta, mientras que los elementos de confinamiento no juegan un rol fundamental, hasta que el muro sufre ruptura, esta falla se propaga hasta la columna de confinamiento en situaciones de esfuerzo extremo, mientras que en ese escenario los esfuerzos de tensión y compresión son soportados por las columnas de confinamiento.

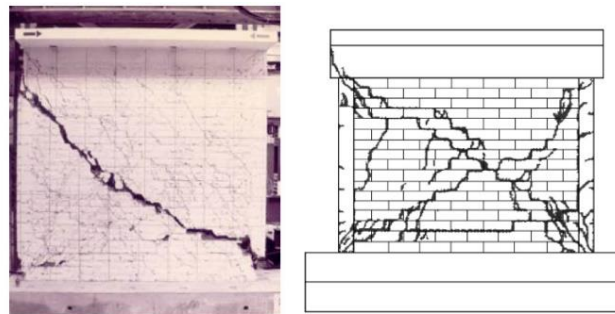


Figura 82. Falla por esfuerzo de corte en los muros de albañilería confinada³⁶

Mientras tanto la falla por flexión que se produce por esfuerzos perpendiculares al plano del muro genera rotura horizontal comúnmente ocasionada en las juntas como se observa en la **Figura 83**. En los casos donde no existe elementos que confinen al muro, este solo se deforma perpendicularmente a su plano, siendo esta situación de riesgo extremo tanto para los ocupantes de la edificación como para aquellos que circulen por fuera de la misma.

³⁶ Yoshimura, K., Kikuchi, K., Kuroki, M., Nonaka, H., Kim, K.T., Wangdi, R., and Oshikata, A. (2004). *Experimental study for developing higher seismic performance of brick masonry walls. proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, Paper No.1597.*

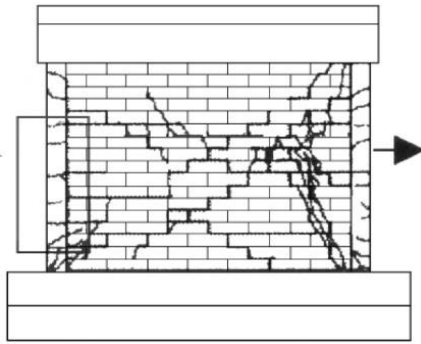


Figura 83. Falla por esfuerzo a flexión en los muros de albañilería confinada³⁷

La carencia de elementos de confinamiento; además de ser negligente, garantiza que los muros sedan tanto por fallas de corte como por fallas por flexión producidas por esfuerzos dinámicos. Dado que la principal razón para los daños estructurales en los muros de albañilería confinada, es la ausencia de columnas de confinamiento tanto en intersecciones como en las aberturas de los muros sean puertas o ventanas³⁸. Por esto es que es indispensable que existan elementos de confinamiento en todos los muros de albañilería confinada.



Figura 84. Fallas en los muros por ausencia de elementos de confinamiento³⁹

Ahora bien, si se observan los resultados para edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo, se han encontrado

³⁷ Yoshimura, K., Kikuchi, K., Kuroki, M., Nonaka, H., Kim, K.T., Wangdi, R., and Oshikata, A. (2004). *Experimental study for developing higher seismic performance of brick masonry walls. proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, Paper No.1597.*

³⁸ Svetrlana Brzev (2007). *Earthquake Resistant confined masonry construction. With National Information Center of Earthquake Engineering (NICEE).*

³⁹ Svetrlana Brzev (2007). *Earthquake Resistant confined masonry construction. With National Information Center of Earthquake Engineering (NICEE).*

carencia de columnas de confinamiento en un 8.86%, vigas de confinamiento en un 8.44% y losas en un 6.33%. Si bien son valores relativamente bajos y se dan casi todas en edificaciones de uno o dos niveles. Podemos tener la garantía que ante un fenómeno sísmico que va a ocurrir, estas edificaciones colapsarían si es que no se toman las medidas del caso que se explicarán en el capítulo VI.

4.5.2. Uso de ladrillo artesanal en muros portantes

Esto es un problema principalmente debido a las inaceptables propiedades mecánicas de las edificaciones al estar hechas a base de unidades artesanales como en la **Figura 85**, descritas en el acápite 2.2. ***La albañilería confinada en el Perú.*** Si bien estas edificaciones han tenido consideraciones constructivas y estructurales aceptables, el hecho de presentar unidades artesanales conlleva la necesidad de realizar intervenciones que garanticen su adecuado desempeño estructural ante condiciones dinámicas e incluso a fallar por cargas de gravedad al tener bajos valores de compresión.



Figura 85. Edificación de cuatro niveles que basa su comportamiento estructural en muros con unidades artesanales

Fuente: propia

Ahora bien, si se tiene en cuenta que se habla de un 83.54% de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo que utilizan unidades artesanales, nos encontramos en un escenario alarmante. Afortunadamente existen varios procesos de intervención estructural que tienen como objetivo garantizar un buen

desarrollo estructural, en el capítulo VI se detalla el proceso que se ha considerado más acorde con la realidad planteada.

4.5.3. Uso de ladrillo pandereta en muros portantes

Esta práctica encontrada en las edificaciones de albañilería confinada, es por decir lo menos inaceptable, pues los ladrillos pandereta no son unas unidades estructurales, **Figura 86**. La propagación de su uso se debe a los bajos costos, a pesar de estar prohibida en la norma E-070 el escenario local muestra que el 13.92% de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo, utilizan en sus muros portantes estas unidades, lo peor es que existen edificaciones de hasta cinco niveles bajo esta modalidad.



Figura 86. Edificación de cuatro niveles que basa su comportamiento estructural en muros con unidades pandereta

Fuente: propia

La necesidad de intervenir este tipo de edificaciones es primordial, ya que estudios de muros portantes de este tipo han demostrado que el colapso es inevitable ante un evento sísmico debido a las características físico-mecánicas de las unidades pandereta y a su falla frágil.

Del mismo modo que las otras fallas, en el capítulo VI se plantean procesos de restauración y reforzamiento, que en la práctica no servirán de nada, sino se realizan. Cabe acotar esto pues la indiferencia de los propietarios en invertir en procesos de restauración es alta, más aún de aquellos que han sido lo suficientemente negligentes de salvaguardar el aspecto económico comprometiendo la integridad estructural.

4.5.4. Problemas en el mantenimiento de los elementos estructurales

Parte del mantenimiento de las edificaciones se debe al tiempo de uso, a errores mínimos durante la construcción que generan a mediano plazo en desmedro para la edificación. Las fallas más comunes encontradas en las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo son dos. En primer lugar, las filtraciones de agua en los elementos estructurales por diversos motivos; en segundo lugar, el deterioro de los muros al estar expuestos resaltando el desgaste del mortero como de la unidad de ladrillo, **Figura 87**.



Figura 87. Defectos por falta de mantenimiento: 1) fisuración en los muros de albañilería. 2) Humedad en las paredes. 3) Filtración en losas del último nivel

Fuente: propia

En lo que respecta a la humedad en los elementos estructurales, si bien este es un factor con soluciones variadas, existe la necesidad de proponer una solución ideal conforme al contexto local. Siendo principalmente la causa de este error la falta de consideración de las condiciones locales. Dado que, en el distrito de Huancayo durante los meses de enero a marzo las precipitaciones son constantes, esto genera

filtraciones casi siempre en los últimos niveles, así como presión capilar en los muros al no prever la saturación del suelo.

Mientras tanto, respecto al deterioro de las unidades y el mortero expuesto, las razones se deben principalmente a las condiciones locales del distrito de Huancayo generadas por el intemperismo, así como a la calidad deficiente tanto en las unidades como en el mortero.

El capítulo VI muestra una alternativa óptima de solución a estos problemas, del mismo modo enfatizando que lo ideal es su aplicación para beneficio de la edificación y de sus ocupantes.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE TRES EDIFICACIONES REPRESENTATIVAS

Para la obtención de los resultados del nivel de vulnerabilidad estructural en las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo, se utilizó el estudio Chimbote – 70. Dado que el estudio mencionado y de la presente tesis, tienen diferencias locales y temporales; se realiza este capítulo, donde se procederá a realizar el análisis estructural de tres edificaciones representativas pertenecientes a la muestra. Este estudio incluirá el análisis estructural de forma manual y con el uso del programa Etabs, v9.7.4., con el objetivo de comparar sus resultados con los obtenidos a partir del estudio Chimbote – 70.

Con esta premisa en el capítulo V se presentan los siguientes ítems: 1) *descripción de las edificaciones representativas*, donde se muestra la razón por la que se escogió estas tres edificaciones. 2) *El análisis de las tres edificaciones*, donde se detallan los análisis (manual y mediante software) de cada una de las edificaciones. 3) *Análisis de resultados y comentarios*, donde se muestra la semejanza a nivel de resultados que tiene un análisis actual y uno mediante el estudio Chimbote – 70.

5.1. Descripción de las edificaciones representativas

Con el fin de realizar un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en lo que concierne a vulnerabilidad estructural, se procedió a realizar el análisis estático de tres de las edificaciones de la muestra, cada una de estas con características representativas que se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 36. Cuadro de detalle de las tres edificaciones seleccionadas para el análisis

Número de edificación:	1	41	45
Dirección:	Jirón San Juan # 385	Calle los Pinos Manzana "L", Lote 10	Jirón los Jazmines # 274
Área:	150.00	76.00	94.43
Número de pisos:	Dos niveles	Dos niveles + Azotea	Dos niveles + Azotea
Uso:	Vivienda	Vivienda	Vivienda
Tipo de unidades:	Artesanal	Artesanal	Artesanal
Qadm (kg/cm ²)	2.52	1.54	1.08
	S-11	S-14	S-9
Clasificación del suelo	GM	GM	ML
	Grava Limosa	Grava Limosa	Limos
Sector:	San Carlos	Urbanización Alto la Merced	La Rivera

Fuente: propia

Para determinar el tipo de suelo y la capacidad portante que cada edificación posee se basó en el **Mapa 3 “Mapa de la capacidad portante de los suelos de la provincia de Huancayo.”** Donde mediante isolíneas de capacidad portante (Qadm), se determina la capacidad admisible del suelo, así como su tipo. Las edificaciones se seleccionaron no solo por cumplir con los requisitos de análisis (uso de unidades artesanales, no mayor a dos pisos, etc.), sino que las edificaciones debieron estar cerca de puntos de sondaje, donde se hicieron calicatas para determinar la capacidad portante en laboratorio, de este modo la Qadm obtenida para cada edificación tanto como su clasificación de suelo son lo más cercano a la realidad posible. Para el caso de la **edificación 1** esta se encuentra adyacente al punto de sondaje 11 (S11) con una capacidad portante de 2.52 kg/cm², siendo un suelo rígido S₁ con una clasificación de suelo GM – grava limosa. Para el caso de la **edificación 41** esta se encuentra adyacente al punto de sondaje 14 (S14) con una capacidad portante de 1.54 kg/cm², siendo un suelo

intermedio S_2 con una clasificación de suelo GM – grava limosa. Para el caso de la **edificación 45** esta se encuentra adyacente al punto de sondaje 9 (S9) con una capacidad portante de 1.08 kg/cm^2 , siendo un suelo blando S_3 con una clasificación de suelo ML – Limos.

5.2. Edificación 1



Figura 88. Vista panorámica de la edificación analizada 1

Fuente: propia

La **edificación 1** se encuentra ubicada en el distrito de Huancayo sector San Carlos, el sistema estructural es albañilería confinada, su uso es vivienda, cuenta con dos niveles, se emplaza en un área de $12.00 \text{ m} \times 10.00 \text{ m}$ y las unidades con las que se construyó son artesanales, las dos plantas son homogéneas; es decir, existe continuidad vertical de los muros, se muestra a continuación el plano de las plantas, nótese que es el mismo utilizado para el cálculo del estudio Chimbote – 1970.

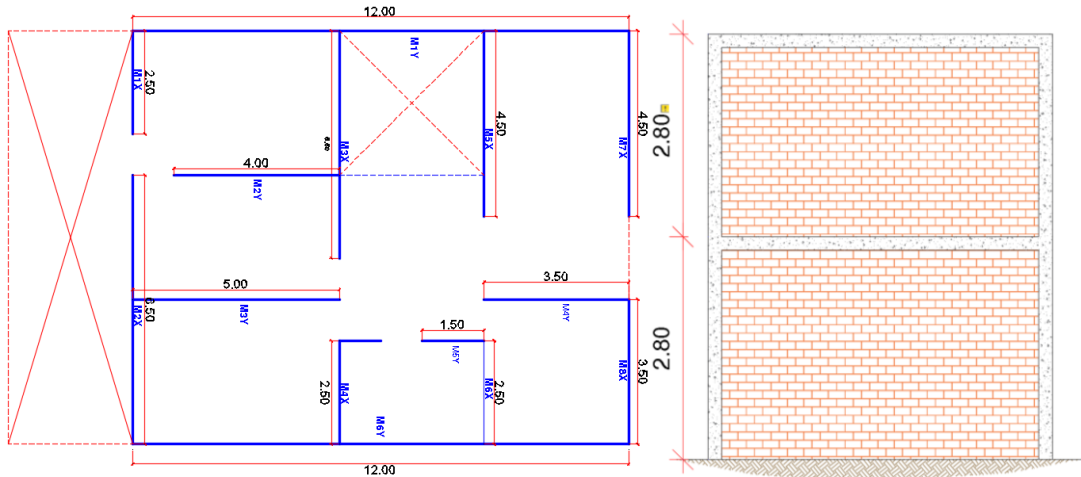


Figura 89. Levantamiento de la edificación analizada 1, plano utilizado para el estudio CH-70

Fuente: propia

5.2.1. Verificación simplificada de la edificación 1

Estructuralmente las columnas de confinamiento son de 13 cm x 13 cm, las vigas de confinamiento son de 13 cm x 25 cm y la losa es aligerada con un espesor de 25 cm, el direccionamiento de la losa se muestra en la **Figura 90**, adicionalmente se muestra el muro que soporta mayor carga axial (M4Y) resaltado en color rojo, debido a que se comenzará el análisis estático con este:

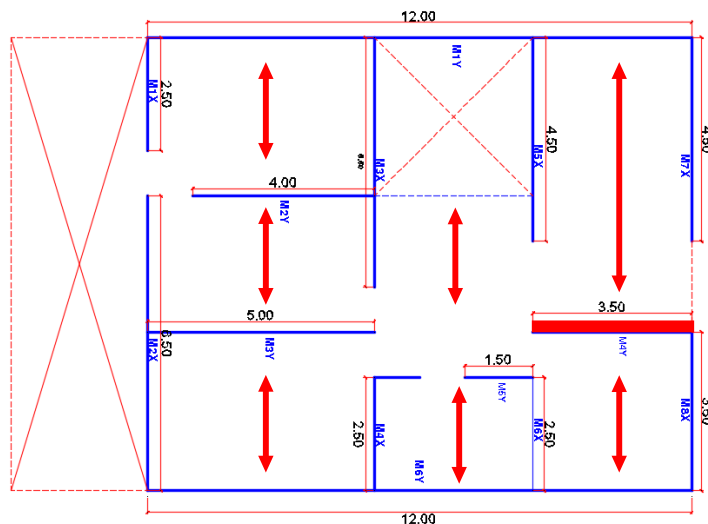


Figura 90. Direccionamiento de las losas aligeradas de 25 cm y muro más cargado axialmente (M4Y)

Fuente: propia

Ahora, al ser una estructura de albañilería confinada, esta basa su comportamiento estructural, su disposición y sus capacidades mecánicas en los muros. A continuación, se realizará el análisis estático, un análisis simplificado que nos permitirá obtener resultados acerca del desenvolvimiento de la estructura ante sismos moderados así mismo se muestra en el **Cuadro 37**, los datos de diseño para la **edificación 1**.

Cuadro 37. Cuadro que detalla los datos para la verificación simplificada de la edificación 1

1) DATOS DE DISEÑO:	
◦ Peso específico de la Albañilería (<i>Y ALBAÑILERÍA</i>) :	1550.00 Kg/m ³
◦ Peso específico del Concreto (<i>Y CONCRETO</i>) :	2400.00 Kg/m ³
◦ Resistencia al corte (v'm) ::	56.90 Ton/m ²
◦ Peso de losa aligerada (25 cm.) :	350.00 Kg/m ²
◦ Sobrecarga (Viviendas) :	200.00 Kg/m ²
◦ Resistencia a la compresión (f'm) :	27.90 Kg/cm ²
◦ Factor de Suelo (Z) :	0.35 -
◦ Factor de Suelo (U) :	1.00 -
◦ Factor de Amplificación Sísmica (C) :	2.50 -
◦ Factor de Suelo (S) :	2.00 -
◦ Número de pisos (N) :	2.00 Und
◦ Área en planta (Ap) :	120.00 m ²

Fuente: propia

5.2.1.1. Comportamiento ante esfuerzos de gravedad

Siendo los muros los elementos estructurales que soportan cargas de gravedad, se evaluará su capacidad de respuesta, para ver si son capaces de resistir estos esfuerzos verticales o cederán fisurándose.

Las consideraciones y los cálculos se realizarán teniendo en cuenta la calidad de materiales y la disposición de los elementos estructurales con adecuada transmisión de cargas, a continuación, se muestra el cálculo respectivo:

- **Cálculo del esfuerzo axial máximo:** dado que analíticamente se determinó que el muro más cargado es el M4Y, se procederá a realizar el análisis de esfuerzo axial actuante comparándolo con el esfuerzo axial resistente. Si

este muro resiste las cargas axiales sin problema indica que el resto de muros también lo harán. La fórmula para determinar esto es la siguiente, y se basa en el capítulo siete Artículo 19.1. Sección b. de la normativa E070 - Albañilería, que describe al esfuerzo axial máximo que debe tener el muro con las siguientes limitantes:

$$\sigma_m = \frac{P}{L \times t} \leq 0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f'_m$$

Fórmula de comparación entre el esfuerzo axial máximo y el actuante

Siendo:

- f'_m : resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm^2);
Nota: f'_m – Huancayo: para unidades artesanales: 27.9 kg/cm^2
- P: carga de gravedad máxima de servicio, incluyendo el 100% de la sobrecarga (Kg) – requiere metrado de cargas
- L: longitud del muro (cm)
- t: espesor del muro (cm)

Para determinar el peso total que carga la estructura se debe realizar el metrado de cargas correspondiente, el cálculo se muestra a continuación:

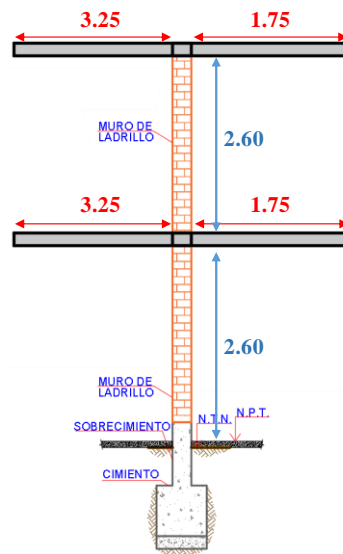


Figura 91. Muro 4Y perteneciente a la edificación 1

Fuente: propia

Cuadro 38. Metrado de cargas del muro 4Y, muro más cargado de la edificación 1

CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 1er NIVEL:	1550.00	x 0.13 x 2.40 x 1.00 =	483.60 Kg/m
◦ TABIQUERÍA 2do NIVEL:	1550.00	x 0.13 x 2.60 x 1.00 =	523.90 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	x 0.13 x 0.25 x 2.00 =	156.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	350.00	x 5.00 x - x 2.00 =	3500.00 Kg/m
◦ PISO TERMINADO:	100.00	x 5.13 x - x 2.00 =	1026.00 Kg/m
			5689.50 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA 2do NIVEL:	200	x 5.13 x - x 1.00 =	1026.00 Kg/m
◦ SOBRECARGA AZOTEA:	100	x 5.13 x - x 1.00 =	513.00 Kg/m
			1539.00 Kg/m
Peso que carga el muro (P):		5689.5Kg/m + 1539Kg/m =	7228.50 Kg/m

Fuente: propia

Una vez obtenidos los datos se procede a calcular el esfuerzo axial actuante para posteriormente compararlo con el esfuerzo axial resistente, el cálculo mencionado se muestra a continuación:

Esfuerzo Axial Actuante:

$$\sigma_m = \frac{P}{L \times t} \quad \Rightarrow \quad \sigma_m = \frac{7228.50}{100 \times 13} = 5.56 \text{ Kg/cm}^2$$

$$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \quad \Rightarrow \quad 0.2 \times 27.9 \left[1 - \left(\frac{240}{35 \times 13} \right)^2 \right] = 4.03 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo Axial Resistente:

$$0.15 f'_m \quad \Rightarrow \quad 0.15 \times 27.9 = 4.19 \text{ Kg/cm}^2$$

Comparando los valores de esfuerzo axial actuante y el esfuerzo axial resistente, se aprecia que el esfuerzo axial actuante (5.56 kg/cm²) es mayor que el esfuerzo axial resistente (4.19 kg/cm²), de lo que se deduce que los muros de la edificación fallarán debido a carga axial. Esto se debe netamente a las propiedades físico mecánicas de las unidades artesanales de albañilería, pues a pesar de que la norma permite el uso de estas unidades para edificaciones no mayores a dos niveles, las unidades analizadas tienen una resistencia a la compresión de 27.9 kg/cm², inferior a la normativa que especifica una resistencia a la compresión de 35.00 kg/cm², para cuyo caso si cumpliría este análisis. Dato aparte, la edificación no tendría problemas si los muros estuvieran dispuestos de cabeza y no de soga.

5.2.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmicos

Siendo los muros los elementos estructurales que soportan cargas sísmicas, se evaluará su capacidad de respuesta, para ver si son capaces de resistir estos esfuerzos horizontales o cederán fisurándose.

Las consideraciones y los cálculos se realizarán teniendo en cuenta un sismo moderado e independientemente para ambas direcciones XX e YY, ya que las dos recibirán estos

esfuerzos; además, de no existir simultaneidad de sismo; a continuación, se muestra el cálculo respectivo:

○ **Cálculo de la cortante basal sísmica (V)**

Para el cálculo del sismo estático, se calcula a continuación la cortante basal sísmica (V), en el acápite **2.2.2. Diseño estructural.**, se detallan los procedimientos de cálculo. A continuación, se muestra el cálculo para la **edificación 1**, mientras que los valores de los coeficientes se obtienen del **Cuadro 37. Datos de diseño**. Los valores obtenidos de cortante basal serán los mismos para ambas direcciones.

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P$$

Sin embargo, para el cálculo del coeficiente de reducción (R), es necesario hacer un cálculo previo, en función al coeficiente básico de reducción (Ro), y los factores de irregularidad (Ia e Ip). Con el objetivo de simplificar cálculos se asumirá la edificación como regular y por ende los factores de irregularidad Ia e Ip, se asumirá como 1.00 para después verificar con el uso del programa Etabs.

Asimismo, para el cálculo del peso de la edificación se muestra a continuación su metrado de cargas.

Cuadro 39. Cálculo de las cargas muertas y vivas de la edificación 1 en ambos niveles

ELEMENTOS	PRIMER NIVEL							SEGUNDO NIVEL						
	CARGA MUERTA							CARGA MUERTA						
	Nombre	Peso específico γ (Ton/m ³)	l	a	h	# de Veces	Peso (Ton)	Nombre	Peso específico γ (Ton/m ³)	l	a	h	# de Veces	Peso (Ton)
MUROS	1X, 4X, 6X	1.55	2.50	0.13	2.60	3.00	3.93	1X, 4X, 6X	1.55	2.50	0.13	2.60	3.00	3.93
	2X	1.55	6.50	0.13	2.60	1.00	3.41	2X	1.55	6.50	0.13	2.60	1.00	3.41
	3X	1.55	5.50	0.13	2.60	1.00	2.88	3X	1.55	5.50	0.13	2.60	1.00	2.88
	5X, 7X	1.55	4.50	0.13	2.60	2.00	4.72	5X, 7X	1.55	4.50	0.13	2.60	2.00	4.72
	8X	1.55	3.80	0.13	2.60	1.00	1.99	8X	1.55	3.80	0.13	2.60	1.00	1.99
	1Y, 6Y	1.55	12.00	0.13	2.60	2.00	12.57	1Y, 6Y	1.55	12.00	0.13	2.60	2.00	12.57
	2Y	1.55	4.00	0.13	2.60	1.00	2.10	2Y	1.55	4.00	0.13	2.60	1.00	2.10
	3Y	1.55	5.00	0.13	2.60	1.00	2.62	3Y	1.55	5.00	0.13	2.60	1.00	2.62
	4Y	1.55	3.50	0.13	2.60	1.00	1.83	4Y	1.55	3.50	0.13	2.60	1.00	1.83
	5Y	1.55	1.50	0.13	2.60	1.00	0.79	5Y	1.55	1.50	0.13	2.60	1.00	0.79
	Σ : 36.83							Σ : 36.83						
VIGAS CHATAS	VHC-1X, 4X, 6X	2.4	2.50	0.13	0.25	3.00	0.59	VHC-1X, 4X, 6X	2.4	2.50	0.13	0.25	3.00	0.59
	VHC-2X	2.4	6.50	0.13	0.25	1.00	0.51	VHC-2X	2.4	6.50	0.13	0.25	1.00	0.51
	VHC-3X	2.4	5.50	0.13	0.25	1.00	0.43	VHC-3X	2.4	5.50	0.13	0.25	1.00	0.43
	VHC-5X, 7X	2.4	4.50	0.13	0.25	2.00	0.70	VHC-5X, 7X	2.4	4.50	0.13	0.25	2.00	0.70
	VHC-8X	2.4	3.80	0.13	0.25	1.00	0.30	VHC-8X	2.4	3.80	0.13	0.25	1.00	0.30
	VHC-9X	2.4	3.50	0.20	0.25	1.00	0.42	VHC-9X	2.4	3.50	0.20	0.25	1.00	0.42
	VHC-1Y, 6Y	2.4	12.00	0.13	0.25	2.00	1.87	VHC-1Y, 6Y	2.4	12.00	0.13	0.25	2.00	1.87
	VHC-2Y	2.4	4.00	0.13	0.25	1.00	0.31	VHC-2Y	2.4	4.00	0.13	0.25	1.00	0.31
	VHC-3Y	2.4	5.00	0.13	0.25	1.00	0.39	VHC-3Y	2.4	5.00	0.13	0.25	1.00	0.39
	VHC-4Y	2.4	3.50	0.13	0.25	1.00	0.27	VHC-4Y	2.4	3.50	0.13	0.25	1.00	0.27
VHC-5Y	2.4	1.50	0.13	0.25	1.00	0.12	VHC-5Y	2.4	1.50	0.13	0.25	1.00	0.12	
	Σ : 5.90							Σ : 5.90						
VIGAS DINTEL	VD1 VD2 VD4	2.4	1.00	0.15	0.15	3.00	0.16	VD1 VD2 VD4	2.4	1.00	0.15	0.15	3.00	0.16
	VD3 VD6	2.4	2.00	0.15	0.15	2.00	0.22	VD3 VD6	2.4	2.00	0.15	0.15	2.00	0.22
	VD5	2.4	3.00	0.15	0.15	1.00	0.16	VD5	2.4	3.00	0.15	0.15	1.00	0.16
		Σ : 0.54							Σ : 0.54					
COLUMNAS	C1 - C24	2.4	0.15	0.15	2.60	24.00	3.37	C1 - C24	2.4	0.15	0.15	2.60	24.00	3.37
	Σ : 3.37							Σ : 3.37						
LOSAS	Losa	0.35	A=107.75	0.25	1	9.43	9.43	Losa	0.35	A=107.75	0.25	1	9.43	9.43
	Σ : 9.43							Σ : 9.43						
PISO TERMINADO	PT	0.1	A=98.11	-	1	9.81	9.81	PT	-	-	-	-	-	
	Σ : 9.81							Σ : 0.00						
	CARGA VIVA							CARGA VIVA						
	S/C	0.2	A=98.11	-	1	19.62	19.62	S/C	0.1	A=107.75	-	1	10.78	
	Σ : 19.62							Σ : 10.78						
	Σ TOTA CM: 65.88							Σ TOTA CM: 56.07						
	Σ TOTA CV: 19.62							Σ TOTA CV: 10.78						

Peso de la edificación - Nivel 01 (P):	CM Ton + 0.25CV Ton 65.88 Ton + 19.62 Ton	=	70.79 Ton
Peso de la edificación - Nivel 02 (P):	CM Ton + 0.25CV Ton 56.07 Ton + 10.78 Ton	=	58.77 Ton
Peso Total de la edificación (P):	CM Ton + 0.25CV Ton 121.95 Ton + 30.4 Ton	=	129.55 Ton

Fuente: propia

Mientras que el coeficiente R_o asumido es seis debido a que el análisis realizado es seis para sismos moderados. Se muestra a continuación el cálculo del factor de reducción:

Coefficiente de reducción (R):

$$R = R_o \times I_a \times I_p \quad \Rightarrow \quad R = 6 \times 1.00 \times 1.00 \quad \Rightarrow \quad R = 6.00$$

Para el cálculo de la cortante basal se toma el factor de Zona (Z): 0.35, al estar el distrito de Huancayo ubicado en la zona tres:

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Figura 92. Valores del factor de zona (Z) en función a su ubicación geográfica

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Para el cálculo de la cortante basal se toma el factor de uso (U): 1.00, al ser el uso de la **edificación 1** vivienda (categoría C, edificaciones comunes):

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Figura 93. Valores del factor de uso (U) en función a su descripción

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Para el cálculo de la cortante basal se toma el factor de suelo (S): 1.00, al ser el factor de zona (Z) tres y el tipo de suelo S1:

ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Figura 94. Valores del factor de suelo (S) en función al factor de zona (Z)

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Para la cortante basal se calculará previamente el factor de amplificación sísmica (C):

	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Figura 95. Valores de los periodos de vibración (Tp, Tl) en función al tipo de suelo

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Figura 96. Cálculo del factor de amplificación sísmica (C)

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

$$T = \frac{5.60}{60} \implies T = 0.09$$

$$T_p = 0.40$$

$$T_L = 2.50$$

Entonces para obtener el factor de amplificación sísmica (C), se cumple la primera condición por lo que $C = 2.5$.
Obtenido todos los valores se procede al cálculo de la cortante basal (V):

Cortante basal (V):

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P \quad \Rightarrow \quad V = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.5 \times 1}{6.00} \times 129.55 \quad \Rightarrow \quad V = 18.89 \text{Ton}$$

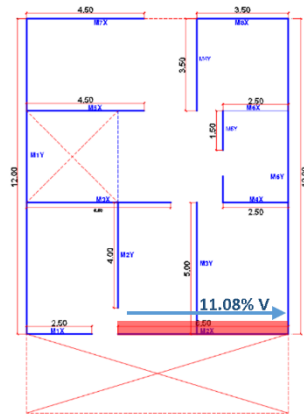
El cálculo demuestra que la cortante basal de la edificación analizada es 18.89 Ton; sin embargo, el valor de la cortante basal que se aplicará en el Etabs variará en función a los coeficientes de irregularidad I_a e I_p , mostrado en el **Cuadro 47** este valor debe repartirse en todos los niveles; además, cada uno de los muros tendrá un porcentaje de absorción en función de su rigidez, esto a causa de los diafragmas que reparte la fuerza sísmica a cada muro.

A continuación, se muestra la fórmula para el cálculo de rigidez de cada muro con sus respectivos cálculos en ambas direcciones XX e YY, además se resaltan los muros que tienen mayor porcentaje de absorción de la cortante basal y el valor que toma cada uno de ellos.

$$k = \frac{E_m \times t}{4 \left(\frac{h}{L}\right)^3 + 3 \left(\frac{h}{L}\right)}$$

Cuadro 40. Cálculo de rigideces de los muros en XX, además de su porcentaje de absorción de la cortante basal (V)

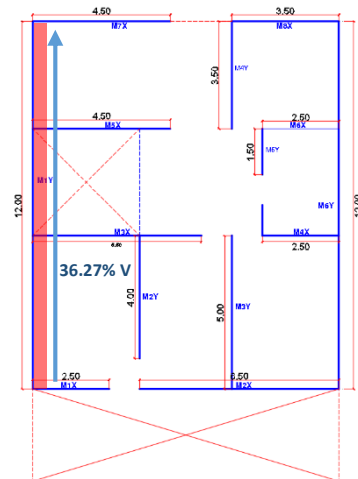
RIGIDEZ DE LOS MUROS EN XX								
Nivel	Nº Muro	Em (kg/cm ²)	Altura h (cm)	Longitud L (cm)	t (cm)	K (Ton/cm)	% de Absorción	V (Ton)
1	1X	11570	260	250	13	19.74	4.82 %	0.91
	2X	11570	260	650	13	103.30	25.23 %	4.77
	3X	11570	260	550	13	81.71	19.96 %	3.77
	4X	11570	260	250	13	19.74	4.82 %	0.91
	5X	11570	260	450	13	60.05	14.67 %	2.77
	6X	11570	260	250	13	19.74	4.82 %	0.91
	7X	11570	260	450	13	60.05	14.67 %	2.77
	8X	11570	260	380	13	45.12	11.02 %	2.08
						409.45	100.00 %	18.89



Fuente: propia

Cuadro 41. Cálculo de rigideces de los muros en YY, además de su porcentaje de absorción de la cortante basal (V)

RIGIDEZ DE LOS MUROS EN YY								
Nivel	Nº Muro	Em (kg/cm ²)	Altura h (cm)	Longitud L (cm)	t (cm)	K (Ton/cm)	% de Absorción	V (Ton)
1	1Y	11570	260	1200	13	217.77	36.27 %	6.85
	2Y	11570	260	400	13	49.34	8.22 %	1.55
	3Y	11570	260	500	13	70.87	11.80 %	2.23
	4Y	11570	260	350	13	38.88	6.48 %	1.22
	5Y	11570	260	150	13	5.78	0.96 %	0.18
	6Y	11570	260	1200	13	217.77	36.27 %	6.85
						600.41	100.00 %	18.89



Fuente: propia

Como se aprecia en XX el muro que más absorbe carga sísmica debido a su alta rigidez es el muro 2X, mientras que en YY es el muro 1Y. Para el cálculo de la distribución de las fuerzas sísmicas en los niveles es necesario determinar el peso que carga cada muro por nivel, para lo cual se realiza a continuación el metrado de cargas de cada uno:

Cuadro 42. Metrado de cargas del muro 2X que absorbe más carga sísmica en la dirección XX

Metrado de cargas Primer nivel Muro 2X			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 1er NIVEL:	1550.00	x 0.13 x 2.40 x 1.00 =	483.60 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	x 0.13 x 0.25 x 1.00 =	78.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	350.00	x 2.50 x - x 1.00 =	875.00 Kg/m
◦ PISO TERMINADO:	100.00	x 2.63 x - x 1.00 =	263.00 Kg/m
			1699.60 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA 2do NIVEL:	200	x 2.63 x - x 1.00 =	526.00 Kg/m
			526.00 Kg/m
Peso que carga el muro 1 (P):	1699.6Kg/m + 526Kg/m	=	2225.60 Kg/m
Metrado de cargas Segundo nivel Muro 2X			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 2do NIVEL:	1550.00	x 0.13 x 2.60 x 1.00 =	523.90 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	x 0.13 x 0.25 x 1.00 =	78.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	350.00	x 2.50 x - x 1.00 =	875.00 Kg/m
◦ PISO TERMINADO:	100.00	x 2.63 x - x 1.00 =	263.00 Kg/m
			1739.90 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA AZOTEA:	100	x 2.63 x - x 1.00 =	263.00 Kg/m
			263.00 Kg/m
Peso que carga el muro 2 (P):	1739.9Kg/m + 263Kg/m	=	2002.90 Kg/m
Peso que carga el muro T (P):	2225.6Kg/m + 2002.9Kg/m	=	4228.50 Kg/m
Carga muerta Total (CM):	1699.6Kg/m + 1739.9Kg/m	=	3439.50 Kg/m
Carga viva Total (CV):	526Kg/m + 263Kg/m	=	789.00 Kg/m

Fuente: propia

Cuadro 43. Metrado de cargas del muro 1Y que absorbe más carga sísmica en la dirección

YY

Metrado de cargas Primer nivel Muro 1Y			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 1er NIVEL:	1550.00	x 0.13 x 2.40 x 1.00 =	483.60 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	x 0.13 x 0.25 x 1.00 =	78.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	350.00	x 3.25 x - x 1.00 =	1137.50 Kg/m
◦ PISO TERMINADO:	100.00	x 3.38 x - x 1.00 =	338.00 Kg/m
			2037.10 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA 2do NIVEL:	200	x 3.38 x - x 1.00 =	676.00 Kg/m
			676.00 Kg/m
Peso que carga el muro 1 (P):	2037.1Kg/m + 676Kg/m	=	2713.10 Kg/m
Metrado de cargas Segundo nivel Muro 1Y			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 2do NIVEL:	1550.00	x 0.13 x 2.60 x 1.00 =	523.90 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	x 0.13 x 0.25 x 1.00 =	78.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	350.00	x 3.25 x - x 1.00 =	1137.50 Kg/m
◦ PISO TERMINADO:	100.00	x 3.38 x - x 1.00 =	338.00 Kg/m
			2077.40 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA AZOTEA:	100	x 3.38 x - x 1.00 =	338.00 Kg/m
			338.00 Kg/m
Peso que carga el muro 2 (P):	2077.4Kg/m + 338Kg/m	=	2415.40 Kg/m
Peso que carga el muro T (P):	2713.1Kg/m + 2415.4Kg/m	=	5128.50 Kg/m
Carga muerta Total (CM):	2037.1Kg/m + 2077.4Kg/m	=	4114.50 Kg/m
Carga viva Total (CV):	676Kg/m + 338Kg/m	=	1014.00 Kg/m

Fuente: propia

Obtenido el peso de cada nivel se procede a realizar la distribución de las fuerzas sísmicas en los niveles para cada muro en ambas direcciones. Además, se observa el cálculo de excentricidad accidental (efecto de torsión - E_a) igual a $0.05B$, donde B es la dimensión del edificio perpendicular a la dirección de análisis, modificando de esta forma las reacciones de los muros 2X y 1Y.

Cuadro 44. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 2X

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS EN XX - MURO 2X					EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL EN XX - MURO 2X					
Nivel	Peso (Ton)	H (m)	P x H	F (Ton)	Nivel	B (m)	E_a	F_i (Ton)	$E_a \times F_i$	
1	2.23	2.80	6.23	1.70	1	12.00	0.60	1.70	2.72	
2	2.00	5.60	11.22	3.06	2			3.06	4.90	
				17.45	4.77					7.63

Fuente: propia

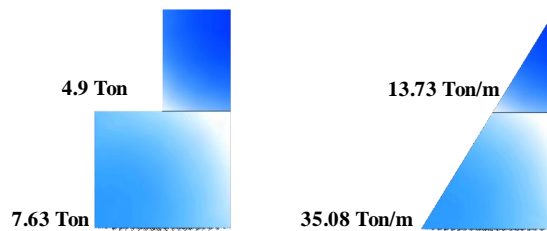


Figura 97. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 2X

Fuente: propia

Cuadro 45. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 1Y

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS EN YY - MURO 1Y					EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL EN YY - MURO 1Y					
Nivel	Peso (Ton)	H (m)	P x H	F (Ton)	Nivel	B (m)	E_a	F_i (Ton)	$E_a \times F_i$	
1	2.71	2.80	7.60	2.46	1	5.60	0.28	2.46	3.15	
2	2.42	5.60	13.53	4.39	2			4.39	5.62	
				21.12	6.85					8.77

Fuente: propia

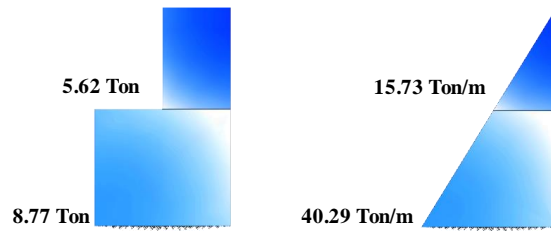


Figura 98. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 1Y

Fuente: propia

Los datos previamente obtenidos serán valiosos para determinar el comportamiento de la estructura ante cargas sísmicas, la fórmula para el cálculo del control de fisuración se muestra a continuación:

$$V_e \leq 0.55V_m$$

$$V_m = 0.5v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g$$

Siendo:

- V_e : fuerza cortante ante sismo moderado del primer nivel
- V_m : resistencia a la fuerza cortante
- v'_m : resistencia al corte de la albañilería (kg/cm^2); nota:
 v'_m – Huancayo: para unidades artesanales: $56.90 \text{ kg}/\text{cm}^2$
- P_g : peso sobre la estructura, se calcula mediante la suma del peso muerto de la estructura más un porcentaje de la carga viva. Tal como lo menciona el capítulo cuatro de la norma E030, en el artículo 4.3. Para el cálculo del peso de la **edificación 1** se analizó la categoría de cada una, determinada en el tipo de uso.

4.3 Estimación del Peso (P)

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

Figura 99. Cálculo del peso (P) de la estructura

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

- L: longitud del muro (cm)
- T: espesor del muro (cm)
- α : factor de resistencia al corte por efectos de esbeltez, la fórmula para obtenerlo es la siguiente:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \times L}{M_e} \leq 1$$

Se muestra a continuación el cálculo para verificar el buen comportamiento sísmico de la **edificación 1**, para el caso de la dirección XX:

Cálculo del factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez:

$$0.33 \leq \alpha = \frac{7.63 \times 6.5}{35.08} \leq 1 \quad \Rightarrow \quad 0.33 \leq \alpha = 1.42 \leq 1$$
$$\alpha = 1$$

Cálculo de la resistencia a fuerza cortante:

$$V_m = 0.5v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g$$
$$V_m = 0.5 \times 56.9 \times 1 \times 0.13 \times 6.5 + 0.23 \times 23.44 \quad \Rightarrow \quad V_m = 29.48$$
$$V_e \leq 0.55V_m$$
$$4.77 \leq 16.21$$

Como se puede apreciar la condición de fisuración si cumple sin sobrepasar el límite permitido, esto da crédito a que los muros de la **edificación 1** no se agrietarán ante un sismo

moderado o fallará. Por otro lado, para el caso de la dirección YY el cálculo sería el siguiente:

Cálculo del factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez:

$$0.33 \leq \alpha = \frac{8.77 \times 12.00}{40.29} \leq 1 \implies 0.33 \leq \alpha = 2.61 \leq 1$$

$$\alpha = 1$$

Cálculo de la resistencia a fuerza cortante:

$$V_m = 0.5 v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23 P_g$$

$$V_m = 0.5 \times 56.9 \times 1 \times 0.13 \times 12.00 + 0.23 \times 52.42 \implies V_m = 56.44$$

$$V_e \leq 0.55 V_m$$

$$6.85 \leq 31.04$$

Del mismo modo se puede apreciar que la condición de fisuración también cumple sin sobrepasar el límite permitido, esto da crédito a que los muros YY tampoco se agrietarán ante un sismo moderado ni fallarán. Ahora se debe tener en cuenta que la **edificación 1** no cumple con resistir los esfuerzos axiales mínimos, pero si cumple ante los esfuerzos sísmicos generados por un sismo moderado. A continuación, se realiza el análisis estático utilizando el programa Etabs para analizar los desplazamientos de la **edificación 1**.

5.2.2. Verificación con Etabs de la edificación 1

Determinada la respuesta estructural de la **edificación 1**, mediante los procedimientos simplificados de cálculo, se procederá a realizar un análisis más juicioso utilizando el programa Etabs, este programa nos proporciona cálculos más exactos. El método de trabajo de esta edificación será el estático, dado que se analiza una estructura de albañilería confinada con unidades artesanales de no más de dos niveles, tal como lo restringe la normativa para este tipo de unidades. Posteriormente se realizará la comparación obtenida en cuanto a comportamiento estructural de los resultados previos y los resultados del programa, mostrando conjuntamente los desplazamientos que estos

tienen conforme a la normativa. Las características de los materiales y las condiciones de diseño propuestas para el uso del programa serán las mismas descritas en el **Cuadro 37**. Se muestra a continuación el modelamiento estructural de la **edificación 1**, considerando que son los muros los que soportarán las cargas gravitacionales y los esfuerzos sísmicos transmitidos a estos mediante el diafragma rígido conformado por una losa de 25 cm.

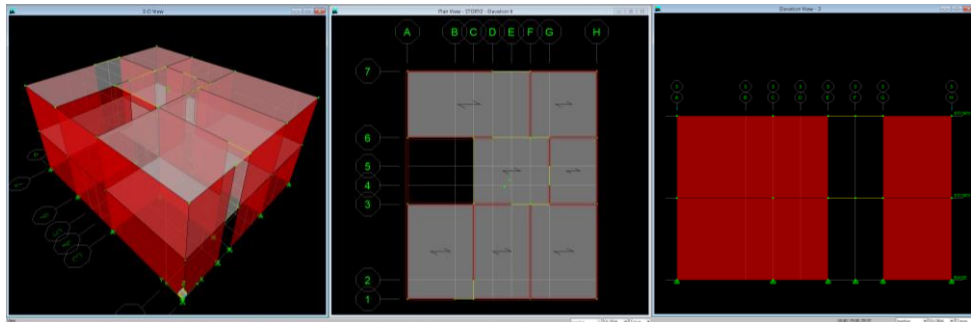


Figura 100. Vista en planta y elevación del modelamiento de la edificación 1

Fuente: propia

Realizado el modelamiento se procedió a aplicar las cargas que actúan sobre la edificación, teniendo cargas de dos tipos, las cargas de gravedad y las cargas sísmicas, para las cargas de gravedad se procedió a realizar un metrado de cargas como se muestra a continuación.

Cuadro 46. Metrado de cargas de la edificación 1

LOSAS 1 PISO

Carga Muerta CM : 1° AL 2° PISO
 (Teniendo en cuenta que el peso del aligerado y viga lo calcula el Software)

DATOS PARA LA C.M

DESCRIPCION	CANTD	
PESO ALIGERADO 25CM	350	KG/M2
PESO TABIQUERIA	100	KG/M2
PESO ACABADO	100	KG/M2
TOTAL	550	KG/M2

DATOS PARA LA C.V

S/C VIVIENDA	200	KG/M2
CORREDORES/ESCA		
S/C LERAS	400	KG/M2

LOSAS AZOTEA

Carga Muerta CM : 1° AL 2° PISO
 (Teniendo en cuenta que el peso del aligerado y viga lo calcula el Software)

DATOS PARA LA C.M

DESCRIPCION	CANTD	
PESO ALIGERADO 25CM	350	KG/M2
PESO TABIQUERIA	25	
PESO ACABADO	25	KG/M2
TOTAL	400	KG/M2

DATOS PARA LA C.V

S/C VIVIENDA	200	KG/M2
--------------	-----	-------

Fuente: propia

Por otro lado, para las cargas sísmicas se calculó la cortante basal con el fin de realizar el análisis sísmico estático, este cálculo está en función de los parámetros de sitio, mostrando a continuación la fórmula de cálculo. Se debe tener en cuenta que obtenida la cortante basal esta se debe de repartir en la altura de la edificación exactamente en el centro de masas de los entrepisos y en ambos sentidos (XX, YY):

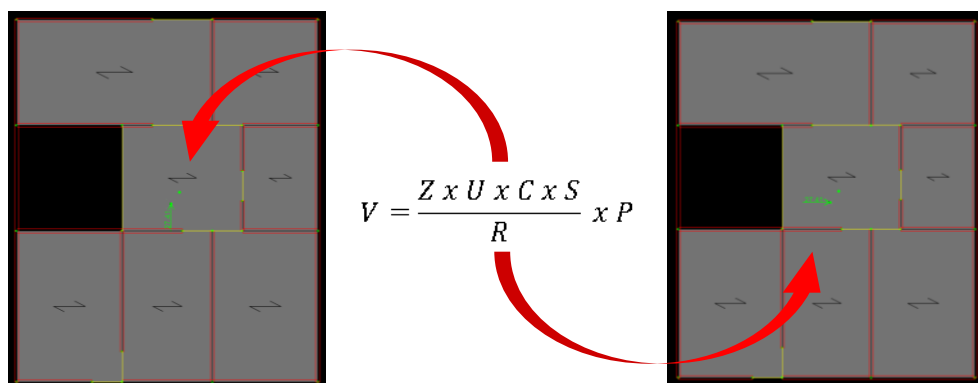


Figura 101. Fórmula para el cálculo de la cortante basal (V) y fuerza aplicada en el centro de masas (CM) de cada entrepiso

Fuente: propia

Sin embargo, para el cálculo de la cortante basal en los cálculos simplificados previamente se asumió que la estructura era regular, por lo que a continuación se muestra la fórmula de obtención de este factor, así como el cálculo de sus variables comenzando por la irregularidad en altura según la Tabla N° 8 de la norma E030 – Diseño sismorresistente, para luego mostrar el cálculo del nivel de irregularidad en planta según la Tabla N° 9 de la normativa mencionada:

$$R = R_o \times I_a \times I_p$$

- **A PARTIR DE LA TABLA N° 8 (irregularidades estructurales en altura):**

➤ **Irregularidad de rigidez – piso blando y piso débil**

	<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p>	0,75
$\frac{\Delta A}{\Delta B} \geq 1.40$ $\frac{\Delta A}{\left(\frac{\Delta A}{\Delta A + \Delta B}\right)} \geq 1.25$	<p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p>Irregularidad de rigidez - Piso blando</p> $V_A < 80\% \cdot V_B$ $V_A/V_B < 0.80$		
<p>Irregularidad de resistencia - Piso débil</p>		

Se muestra el fragmento de la normativa, además de su interpretación. Como se puede apreciar, para el cálculo de la irregularidad es necesario obtener los desplazamientos de cada nivel, así como su resistencia a esfuerzos cortantes, obtenido estos resultados mediante el programa Etabs se procedió al cálculo; a continuación, se muestran los datos obtenidos además del cálculo respectivo para determinar la irregularidad de piso blando y piso débil, de obtenerse ambas condiciones el factor de irregularidad

de altura será 0.75 de lo contrario será uno. Además, el análisis se realiza para ambos sentidos es decir XX e YY:

Irregularidad de Rigidez - Piso Blando													
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y							
Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores	Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores		
Story2	SDXX	0.0021	0.0010	1.10	1.10	Story2	SDYY	0.0015	0.0007	1.14	1.14		
Story1	SDXX	0.0011	0.0011			Story1	SDYY	0.0008	0.0008				
Base	SDXX	0				Base	SDYY	0.00					
Irregularidad de Resistencia - Piso Débil													
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y							
Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vxx	DIF. CORTANTE POR PISO	Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vyy	DIF. CORTANTE POR PISO		
Story2	SDXX	Top	-41.72	0	1.72	Story2	SDYY	Top	0	-41.72	1.72		
Story2	SDXX	Bottom	-41.72	0		Story2	SDYY	Bottom	0	-41.72			
Story1	SDXX	Top	-71.60	0		Story1	SDYY	Top	0	-71.6			
Story1	SDXX	Bottom	-71.60	0		Story1	SDYY	Bottom	0	-71.6			
¿Existe Irregularidad XX?			No	la:		1	¿Existe Irregularidad YY?			No		la:	1

Como se puede apreciar los resultados demuestran que en ambos sentidos se cumple la irregularidad de rigidez de piso blando, así como la irregularidad de resistencia Piso débil por lo que el factor de irregularidad en altura para esta condición es $I_a=1$.

➤ Irregularidad de rigidez extrema

Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entripiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entripiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entripiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entripiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entripiso.	0,50	Tabla N° 10 CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
		Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entripiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entripiso inmediato superior.		
		Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
		A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
			1	No se permiten irregularidades extremas
		B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
			1	Sin restricciones
		C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
			2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
			1	Sin restricciones
		Irregularidad de rigidez		

Para el cálculo del factor de irregularidad ante rigidez, la normativa nos deriva a la Tabla N° 10 donde se aprecia que para

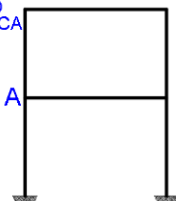
edificaciones comunes (categoría C) y zona tres como el distrito de Huancayo, no permite irregularidades extremas, el cálculo se muestra a continuación:

Irregularidad Extrema de Rigidez - Piso Blando																	
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y											
Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores	Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores						
Story2	SDXX	0.0021	0.0010	1.10	1.10	Story2	SDYY	0.0015	0.0007	1.14	1.14						
Story1	SDXX	0.0011	0.0011			Story1	SDYY	0.0008	0.0008								
Base	SDXX	0				Base	SDYY	0									
Irregularidad Extrema de Resistencia - Piso Débil																	
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y											
Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vxx	DIF. CORTANTE POR PISO	Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vyy	DIF. CORTANTE POR PISO						
Story2	SDXX	Top	-41.72	0	1.72	Story2	SDYY	Top	0	-41.72	1.72						
Story2	SDXX	Bottom	-41.72	0		Story2	SDYY	Bottom	0	-41.72							
Story1	SDXX	Top	-71.6	0		Story1	SDYY	Top	0	-71.6							
Story1	SDXX	Bottom	-71.6	0		Story1	SDYY	Bottom	0	-71.6							
¿Existe Irregularidad XX?			No <input type="checkbox"/>			Ia: 1			¿Existe Irregularidad YY?			No <input type="checkbox"/>			Ia: 1		

Siendo los resultados iguales a los obtenidos por rigidez simple, las ratios no superan tampoco los mínimos dispuestos para irregularidad extrema, por lo que los resultados demuestran que en ambos sentidos se cumple la irregularidad de rigidez extrema de piso blando, así como la irregularidad de resistencia extrema de Piso débil por lo que el factor de irregularidad en altura para esta condición también es $I_a=1$.

➤ Irregularidad de masa o peso

NO APLICA



Irregularidad de Masa o Peso	
Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.	0,90

Irregularidad de Masa o Peso

Como se puede apreciar para obtener la irregularidad de masa o peso, la norma especifica que el criterio no se aplica en

azoteas ni en sótanos, por lo que en el caso de la **edificación 1** este criterio no aplica y la irregularidad de Masa o Peso es igual a uno.

➤ **Irregularidad geométrica vertical**

	<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	<p>0,90</p>
<p>Irregularidad Geométrica Vertical</p>		

Del mismo modo la obtención de la irregularidad geométrica vertical no aplica para azoteas ni sótanos, tal como lo especifica la normativa por lo que la **edificación 1** está exenta de esta irregularidad.

➤ **Discontinuidad en los Sistemas Resistentes**

<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	<p>0,80</p>
	<p>$n > 25\% \cdot b$ $\frac{n}{b} > 0.25$</p> <p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</p>

En el caso de la **edificación 1** no existe discontinuidad en los elementos estructurales por lo que el criterio de Discontinuidad en los Sistemas Resistentes no aplica para este caso. Finalmente, al no cumplir ninguno de los criterios de irregularidad en altura, se establece que el factor de $I_a=1$.

○ A PARTIR DE LA TABLA N° 9 (irregularidades estructurales en planta):

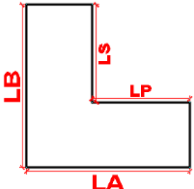
➤ Irregularidad torsional y torsional extrema

La normativa expresa que es necesario obtener los desplazamientos máximos relativos de entrepiso y el desplazamiento relativo del centro de masas de cada nivel. Además, de la restricción explica que este criterio no se aplica si es que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor al 50% del desplazamiento permisible. El análisis se realiza para ambos sentidos es decir XX e YY:

IRREGULARIDAD TORSIONAL																
SISTEMA ESTRUCTURAL		EN XX: De muros Estructurales		R = 6												
		EN YY: De muros Estructurales		R = 6												
ANALISIS EN DIRECCION X-X																
Story	Load Case/Combo	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R (irregular)	H piso	Δ piso	Despl. Obtenido.	Despl. Admisible	Criterio	Story Drift XX	Diaphragm CM Displacements XX			Diferencial de desplazamientos	
												UX	Δ	h		Δcm
Story2	SDXX	0.0021	0.0011	0.0010	6	2.8	0.00036	0.0021	0.0050	NO APLICA	0.000345	0.0021	0.001	2.8	0.00036	0.97
Story1	SDXX	0.0011	0	0.0011	6	2.8	0.00039	0.0024	0.0050	NO APLICA	0.000365	0.0011	0.0011	2.8	0.00039	0.93
Base	0															
¿Existe Irregularidad Torsional en XX?			No			Ip: 1										
ANALISIS EN DIRECCION Y-Y																
Story	Load Case/Combo	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R (irregular)	H piso	Δ piso	Despl.obt.	Despl.Max. Nor.	Criterio	Story Drift YY	Diaphragm CM Displacements YY			Diferencial de desplazamientos	
												UY	Δ	h		Δcm
Story2	SDYY	0.0015	0.0008	0.0007	6	2.8	0.00025	0.0015	0.0050	NO APLICA	0.000219	0.0015	0.0007	2.8	0.00025	0.88
Story1	SDYY	0.0008	0	0.0008	6	2.8	0.00029	0.0017	0.0050	NO APLICA	0.000273	0.0008	0.0008	2.8	0.00029	0.96
Base	0															
¿Existe Irregularidad Torsional en YY?			No			Ip: 1										

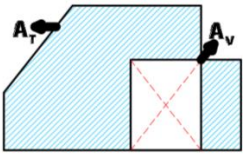
Como se puede apreciar para la irregularidad torsional y la torsional extrema la restricción de la normativa los inhibe de este cálculo, por lo que se descarta el factor de irregularidad torsional y torsional extrema, asumiendo el valor de $I_p=1$. Aun así, en la parte derecha se observa que la irregularidad torsional y la torsional extrema se encuentran dentro.

➤ **Esquinas entrantes**

<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90	
Esquinas Entrantes		

Para poder aplicar el factor de irregularidad en planta de Esquinas Entrantes, es necesario que la configuración de la edificación tenga forma no homogénea, como una L o una H, y dado que la **edificación 1** no presenta estas alteraciones, el factor de irregularidad no es aplicable para este caso.

➤ **Discontinuidad en diafragma**

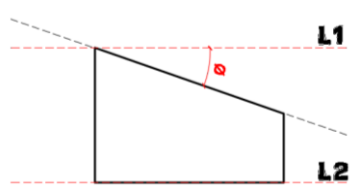
 <p style="text-align: center;">$A_V < 50\% \cdot A_T$ $A_V / A_T < 0.50$</p> <p style="text-align: center; background-color: #ADD8E6;">Discontinuidad del Diafragma</p>	<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
--	--	------

Cálculo:

ÁREAS		$A_2 / A_T = 0.10 < 0.50$	-
Av =	12.25		
AT =	120		

Para la irregularidad respecto a la discontinuidad en diafragma, se obtuvo el área de los vacíos (Av) y el área total (At), siendo que el cociente de ambos no superaba a lo establecido, por lo que esta irregularidad queda descartada.

➤ **Sistemas no paralelos**

 <p style="text-align: center;"><i>Sistemas no Paralelos</i></p>	<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90
---	--	------

Como se puede apreciar para aplicar la irregularidad de sistemas no paralelos es necesario que por lo menos dos ejes no estén paralelos, condición que no se cumple para la **edificación 1**. Finalmente, al no cumplir ninguno de los criterios de irregularidad en planta, se establece que el factor de $I_p=1$. Con estos datos se puede obtener el factor de reducción de la siguiente manera:

SISTEMA ESTRUCTURAL	EN X-X: De muros Estructurales	R _α = 6	R= 5.4
	EN Y-Y: De muros Estructurales	R _α = 6	R= 5.4

IRREGULARIDADES X-X		IRREGULARIDADES Y-Y	
IRREGULARIDAD EN ALTURA	I _a	IRREGULARIDAD EN ALTURA	I _a
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	1.00	Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	1.00
Irregularidad de Resistencia - Piso débil	1.00	Irregularidad de Resistencia - Piso débil	1.00
Irregularidad de Extrema Rigidez - Piso Blando	1.00	Irregularidad de Extrema Rigidez - Piso Blando	1.00
Irregularidad de Extrema Resistencia - Piso débil	1.00	Irregularidad de Extrema Resistencia - Piso débil	1.00
Irregularidad de Masa	0.90	Irregularidad de Masa	0.90
Irregularidad Geométrica Vertical	1.00	Irregularidad Geométrica Vertical	1.00
Discontinuidad de Sistemas	1.00	Discontinuidad de Sistemas	1.00
IRREGULARIDAD EN PLANTA	I _p	IRREGULARIDAD EN PLANTA	I _p
Irregularidad Torsional	1.00	Irregularidad Torsional	1.00
Irregularidad Torsional Extrema	1.00	Irregularidad Torsional Extrema	1.00
Esquinas Entrantes	1.00	Esquinas Entrantes	1.00
Discontinuidad del Diafragma	1.00	Discontinuidad del Diafragma	1.00
Sistemas no Paralelos	1.00	Sistemas no Paralelos	1.00

Del mismo modo el cálculo de la cortante basal requiere de la obtención del peso exacto de la edificación, las consideraciones tomadas, el cálculo y resultados se obtienen de lo previamente realizado en el **Cuadro 39**.

Obtenidos todos los parámetros de sitio se procedió al cálculo de la cortante basal (V), mostrando a continuación el cálculo del peso total, de la cortante basal y la repartición de este en los entrepisos de la edificación, resaltando que esta se aplicará en el centro de masas y en ambos sentidos conforme lo exige el diseño estático. Es este valor de cortante basal el que se utilizará en el programa Etabs, y por lo que los cálculos previos de la cortante basal sísmica (V), en el **acápite 5.2.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmicos** se varían teniendo en cuenta estas consideraciones para su posterior comparación.

Cortante basal (V):

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P \quad \Rightarrow \quad V = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.5 \times 1}{5.4} \times 129.55 \quad \Rightarrow \quad V = 20.99 \text{Ton}$$

Cuadro 47. Cálculo de la cortante basal y su distribución en los niveles del entrepiso

DISTRIBUCIÓN DE FUERDAS EN TODA LA ESTRUCTURA				
Nivel	Peso (Ton)	H (m)	P x H	F (Ton)
1	70.79	2.80	198.21	7.89
2	58.77	5.60	329.08	13.10
			527.29	20.99

Fuente: propia

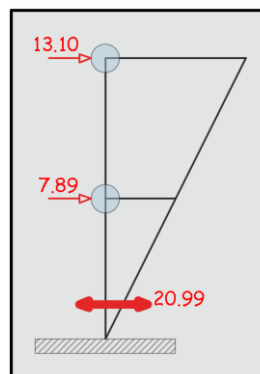


Figura 102. Idealización de la cortante basal (V) y su distribución en el centro de masas (CM) de cada entrepiso

Fuente: propia

Determinada la fuerza cortante y los valores de cada entepiso, se procedió a realizar el cálculo del coeficiente de pseudoaceleración de la gravedad (C) y el coeficiente de distribución de la cortante basal (k) que son factores que afectan los esfuerzos sismo estáticos:

- COEFICIENTE DE SEUDO ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD (c):

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

$$c = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.50 \times 1.00}{5.40} \longrightarrow c = 0.16$$

- COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN DE LA CORTANTE BASAL (k):

4.5.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

$$T_x = T_y = \frac{5.60}{60} = 0.09 < 0.5 \rightarrow k = 1$$

Estos valores a los esfuerzos sísmicos se aplicaron a las cargas sísmicas como se muestra a continuación:

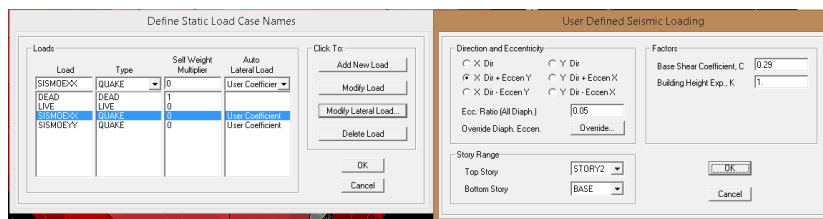


Figura 103. Aplicación de los factores sísmicos en el eje XX

Fuente: propia

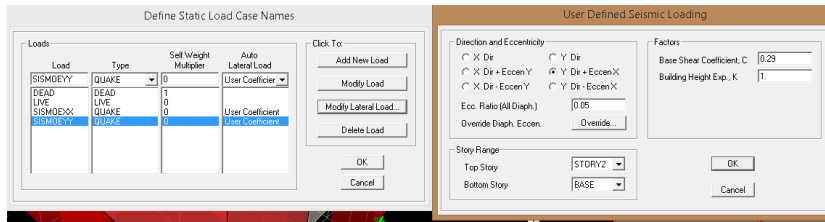


Figura 104. Aplicación de los factores sísmicos en el eje YY

Fuente: propia

Aplicados los esfuerzos en los entrepisos estos se transmiten como esfuerzos sismo estáticos en XX y sismo estáticos en YY generando una vez procesado el programa las deformadas respectivas en ambas direcciones generadas por los esfuerzos; a continuación, se muestran estas deformadas en las figuras siguientes:

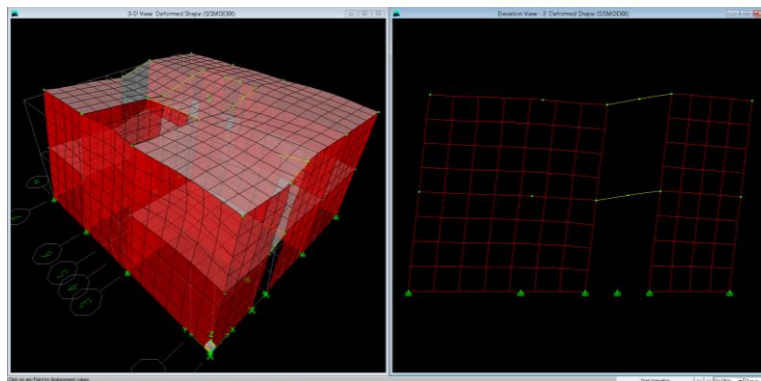


Figura 105. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sismo-estáticos en YY

Fuente: propia

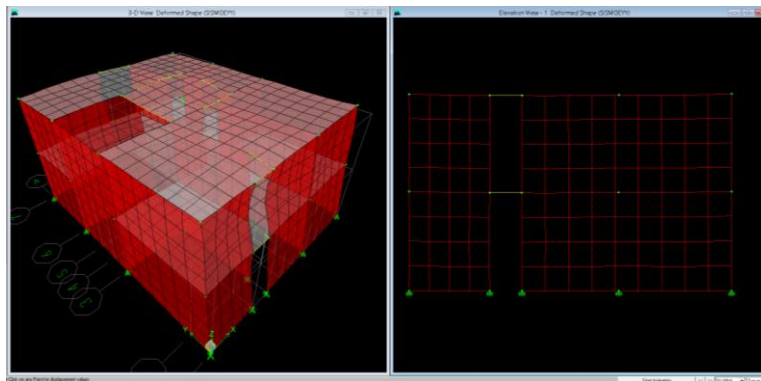


Figura 106. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sismo-estáticos en XX

Fuente: propia

Del mismo modo la norma E030 – diseño sismorresistente limita que los desplazamientos generados por los esfuerzos sísmicos, dado que la **edificación 1** tiene el sistema estructural de albañilería confinada, tiene la misma restricción en ambos sentidos tal como se muestra en la siguiente figura:

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_j / h_{ej})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Figura 107. Límites de distorsión para la edificación 1

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Tras el análisis sísmico estático los desplazamientos de la estructura en ambos sentidos se muestran a continuación, considerando que los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0.75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico según la norma E030 – diseño sismorresistente en el *acápite 5.1. Determinación de desplazamientos laterales*. Se muestra a continuación el cálculo de los desplazamientos, teniendo en cuenta que el factor de reducción $R = 6.00$, mientras que el desplazamiento máximo (δ_{max}) es 0.005 respecto a la altura:

Cuadro 48. Cálculo comparativo entre el desplazamiento máximo permitido y el desplazamiento relativo por entrepiso

DESPLAZAMIENTOS LATERALES									
NORMA TECNICA DE EDIFICACION : E-030									
SISTEMA ESTRUCTURAL : EN XX MUROS ESTRUCTURALES R = 6									
: EN YY MUROS ESTRUCTURALES R = 6									
DIRECCION XX									
Nº	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R _o	H piso	Δ piso	Despl.obt.	Despl.Max.Nor.	Observ.
2	0.0021	0.0011	0.001	6	2.8	0.00036	0.0021	0.0050	OK
1	0.0011	0	0.0011	6	2.8	0.00039	0.0024	0.0050	OK
B	0								
DIRECCION YY									
Nº	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R _o	H piso	Δ piso	Despl.obt.	Despl.Max.Nor.	Observ.
2	0.0015	0.0008	0.0007	6	2.8	0.00025	0.0015	0.0050	OK
1	0.0008	0	0.0008	6	2.8	0.00029	0.0017	0.0050	OK
B	0								
*	Despla.obt.		: Desplazamiento obtenido según análisis sísmico.						
*	Despl.Max.Nor.		: Desplazamiento Máximo permisible según Norma E-030.						
Nota: Los desplazamientos obtenidos son menores a los máximos permitidos, por lo que el análisis sísmico es correcto.									

Fuente: propia

Tras el análisis sísmico estático, los desplazamientos de la estructura en ambos sentidos muestran que la **edificación 1** cumple con los desplazamientos siendo estos menores a los límites que impone la normativa. Además, tras el análisis estructural de la **edificación 1** se compararán los resultados de las fuerzas cortantes y los momentos flectores obtenidos mediante el análisis manual y el análisis con el programa Etabs:

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el **primer nivel** del Muro 2X:

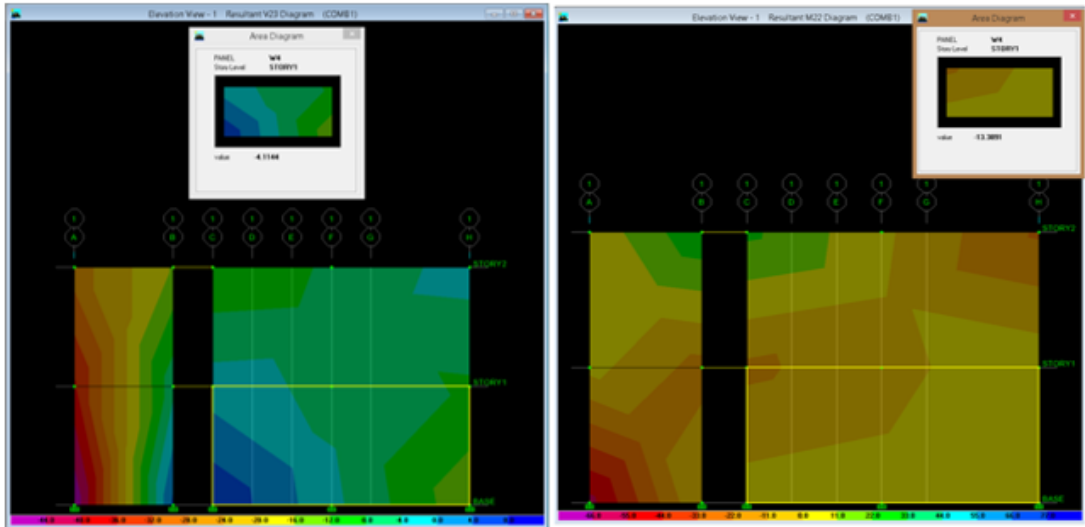


Figura 108. Fuerza cortante y momento flector del muro 2X

Fuente: propia

Cuadro 49. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 2X

Story	AreaObj	OutputCase	CaseType	M11	M22	M12	V13	V23
STORY1	W4	COMB1	Combination	1.42	5.68	0.61	-0.33	7.48
STORY1	W4	COMB1	Combination	0.39	1.54	0.61	-0.33	-3.31
STORY1	W4	COMB1	Combination	11.6	46.4	5.72	-0.96	-3.31
STORY1	W4	COMB1	Combination	-1.37	-5.49	5.72	-0.96	7.48
STORY1	W4	COMB1	Combination	0.2	0.8	0.11	-1.54	2.1
STORY1	W4	COMB1	Combination	-0.16	-0.62	0.11	-1.54	-14.95
STORY1	W4	COMB1	Combination	2.33	9.32	1.27	-4.13	-14.95
STORY1	W4	COMB1	Combination	-4.19	-16.77	1.27	-4.13	2.1

Fuente: propia

$$V_{W4-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 7.48 \text{ Ton}$$

$$M_{W4-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 46.40 \text{ Ton.m}$$

Como se aprecia en la **Figura 97**, y los resultados del **Cuadro 49**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 2X, es prácticamente el mismo:

$$V_{\text{Simplificado}} = 7.63 \text{ Ton.} \approx V_{\text{Etabs}} = 7.48 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 2X en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{Simplificado} = 35.08 \text{ Ton.m.} \neq M_{Etabs} = 46.40 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el *segundo nivel* del Muro 2X:

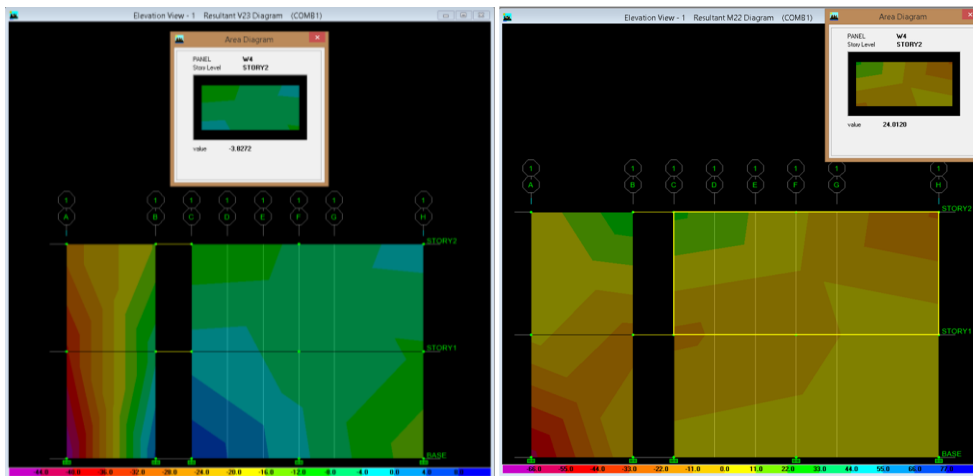


Figura 109. Fuerza cortante y Momento flector del muro 2X

Fuente: propia

Cuadro 50. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 2X

Story	AreaObj	OutputCase	CaseType	M11	M22	M12	V13	V23
STORY2	W4	COMB1	Combination	-1.13	-4.51	8.06	2.76	-4.42
STORY2	W4	COMB1	Combination	-1.5	-6	8.06	2.76	0.79
STORY2	W4	COMB1	Combination	-2.09	-8.37	2.11	3.84	0.79
STORY2	W4	COMB1	Combination	6.17	24.68	2.11	3.84	-4.42
STORY2	W4	COMB1	Combination	-2.57	-10.28	1.96	0.59	-11.66
STORY2	W4	COMB1	Combination	-7.65	-30.59	1.96	0.59	-2.28
STORY2	W4	COMB1	Combination	-5.93	-23.74	0.35	1.2	-2.28
STORY2	W4	COMB1	Combination	2.19	8.75	0.35	1.2	-11.66

Fuente: propia

$$V_{W4-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 4.42 \text{ Ton}$$

$$M_{W4-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 24.68 \text{ Ton.m}$$

Como se aprecia en la **Figura 97**, y los resultados del **Cuadro 50**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 2X, es prácticamente el mismo:

$$V_{\text{Simplificado}} = 4.90 \text{ Ton.} \approx V_{\text{Etabs}} = 4.42 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 2X en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{\text{Simplificado}} = 13.73 \text{ Ton.m.} \neq M_{\text{Etabs}} = 24.68 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el **primer nivel** del Muro 1Y:

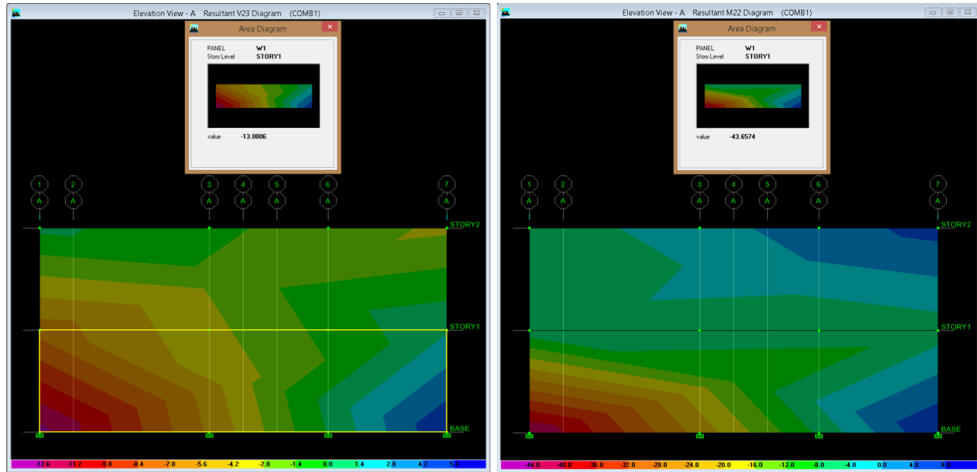


Figura 110. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Fuente: propia

Cuadro 51. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Story	AreaObj	OutputCase	CaseType	M11	M22	M12	V13	V23
STORY1	W1	COMB1	Combination	-2.31	-9.23	2.02	-0.4	-2.82
STORY1	W1	COMB1	Combination	2.03	8.14	2.02	-0.4	8.37
STORY1	W1	COMB1	Combination	-0.35	-1.41	4.31	-0.15	8.37
STORY1	W1	COMB1	Combination	-0.2	-0.78	4.31	-0.15	-2.82
STORY1	W1	COMB1	Combination	-11.08	-44.34	0.44	-1.86	-13.14
STORY1	W1	COMB1	Combination	0.53	2.14	0.44	-1.86	1.18
STORY1	W1	COMB1	Combination	-2.13	-8.51	0.94	-0.69	1.18
STORY1	W1	COMB1	Combination	-1.23	-4.92	0.94	-0.69	-13.14

Fuente: propia

$$V_{W1-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 8.37 \text{ Ton}$$

$$M_{W1-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 44.34 \text{ Ton.m}$$

Como se aprecia en la **Figura 98**, y los resultados del **Cuadro 51**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 1Y, es prácticamente el mismo:

$$V_{\text{Simplificado}} = 8.77 \text{ Ton.} \approx V_{\text{Etabs}} = 8.37 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 1Y en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{Simplificado} = 40.29 \text{ Ton.m.} \neq M_{Etabs} = 44.34 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el *segundo nivel* del Muro 1Y:

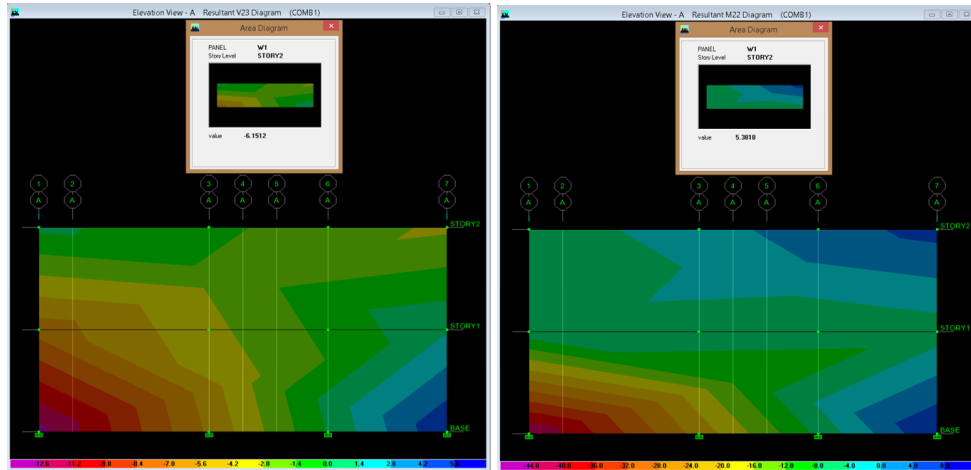


Figura 111. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Fuente: propia

Cuadro 52. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Story	AreaObj	OutputCase	CaseType	M11	M22	M12	V13	V23
STORY2	W1	COMB1	Combination	-0.24	-0.96	4.75	-0.08	0.39
STORY2	W1	COMB1	Combination	-0.14	-0.55	4.75	-0.08	-0.81
STORY2	W1	COMB1	Combination	1.39	20.56	5.41	-0.15	-0.81
STORY2	W1	COMB1	Combination	-0.53	-2.11	5.41	-0.15	0.39
STORY2	W1	COMB1	Combination	-1.38	-5.54	1.05	-0.26	0.38
STORY2	W1	COMB1	Combination	-0.92	-3.68	1.05	-0.26	-6.16
STORY2	W1	COMB1	Combination	0.47	1.88	1.26	-0.48	-6.16
STORY2	W1	COMB1	Combination	-1.67	-6.7	1.26	-0.48	0.38

Fuente: propia

$$V_{W1-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 6.16 \text{ Ton}$$

$$M_{W1-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 20.56 \text{ Ton.m}$$

Como se aprecia en la **Figura 98**, y los resultados del **Cuadro 52**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 1Y, es prácticamente el mismo:

$$V_{Simplificado} = 5.62 \text{ Ton.} \approx V_{Etabs} = 6.16 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 1Y en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{Simplificado} = 15.73 \text{ Ton.m.} \neq M_{Etabs} = 20.56 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

5.3. Edificación 41



Figura 112 Vista panorámica de la edificación analizada 41

Fuente: propia

La **edificación 41** se encuentra ubicada en el distrito de Huancayo en la urbanización Alto La Merced, el sistema estructural es albañilería confinada, su

uso es vivienda, cuenta con dos niveles más azotea, se emplaza en un área de 7.60 m x 10.70 m y las unidades con las que se construyó son artesanales, las dos plantas son homogéneas, es decir existe continuidad vertical de los muros, se muestra a continuación el plano de las plantas, nótese que es el mismo utilizado para el cálculo del estudio Chimbote – 1970.

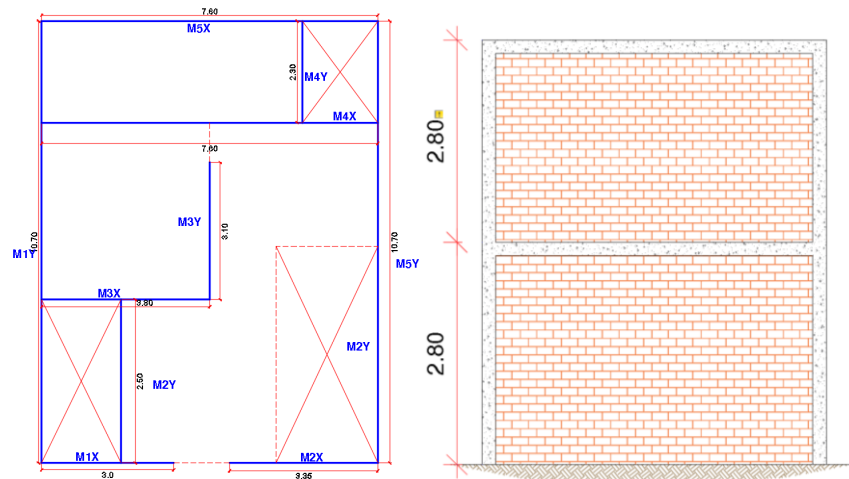


Figura 113. Levantamiento de la edificación analizada 41, plano utilizado para el estudio CH-70

Fuente: propia

5.3.1. Verificación simplificada de la edificación 41

Estructuralmente las columnas de confinamiento son de 15 cm x 15 cm, las vigas de confinamiento son de 15 cm x 20 cm y la losa es aligerada con un espesor de 20 cm, el direccionamiento de la losa se muestra en la **Figura 114**, adicionalmente se muestra el muro que soporta mayor carga axial (M4Y) resaltado en color rojo, debido a que se comenzará el análisis estático con este:

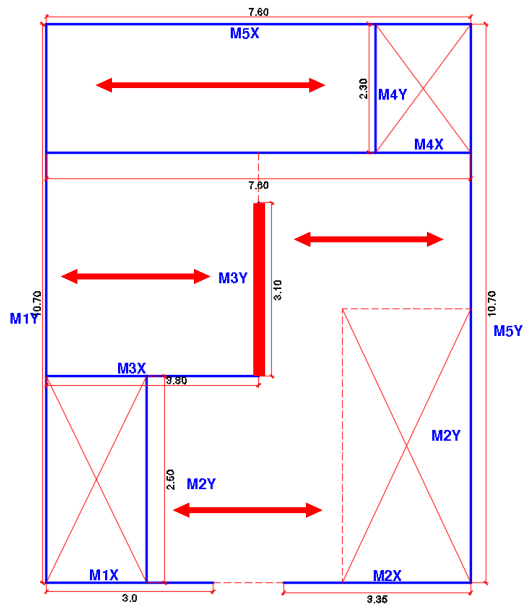


Figura 114. Direccionamiento de las losas aligeradas de 20 cm y muro más cargado axialmente (M3Y)

Fuente: propia

Ahora al ser una estructura de albañilería confinada, esta basa su comportamiento estructural, su disposición y sus capacidades mecánicas en los muros. A continuación, se realizará el análisis estático, un análisis simplificado que nos permitirá obtener resultados acerca del desenvolvimiento de la estructura ante sismos moderados así mismo se muestra en el **Cuadro 53**, los datos de diseño para la **edificación 41**.

Cuadro 53. Cuadro que detalla los datos para la verificación simplificada de la edificación 41

1) DATOS DE DISEÑO:	
◦ Peso específico de la Albañilería ($\gamma_{ALBAÑILERÍA}$):	1550.00 Kg/m ³
◦ Peso específico del Concreto ($\gamma_{CONCRETO}$):	2400.00 Kg/m ³
◦ Resistencia al corte (v'm) ::	56.90 Ton/m ²
◦ Peso de losa aligerada (20 cm.):	300.00 Kg/m ²
◦ Sobrecarga (Viviendas):	200.00 Kg/m ²
◦ Resistencia a la compresión (f'm):	27.90 Kg/cm ²
◦ Factor de Suelo (Z):	0.35 -
◦ Factor de Suelo (U):	1.00 -
◦ Factor de Amplificación Sísmica (C):	2.50 -
◦ Factor de Suelo (S):	1.15 -
◦ Número de pisos (N):	2.00 Und
◦ Área en planta (Ap):	81.32 m ²

Fuente: propia

5.3.1.1. Comportamiento ante esfuerzos de gravedad

Siendo los muros los elementos estructurales que soportan cargas de gravedad, se evaluará su capacidad de respuesta, para ver si son capaces de resistir estos esfuerzos verticales o cederán fisurándose.

Las consideraciones y los cálculos se realizarán teniendo en cuenta la calidad de materiales y la disposición de los elementos estructurales con adecuada transmisión de cargas; a continuación, se muestra el cálculo respectivo:

○ Cálculo del esfuerzo axial máximo

Dado que analíticamente se determinó que el muro más cargado es el M3Y, se procederá a realizar el análisis de esfuerzo axial actuante comparándolo con el esfuerzo axial resistente. Si este muro resiste las cargas axiales sin problema indica que el resto de muros también lo harán. La fórmula para determinar esto es la siguiente, y se basa en el capítulo siete Artículo 19.1. Sección b., de la normativa E070 - albañilería que describe al esfuerzo axial máximo que debe tener el muro con las siguientes limitantes:

$$\sigma_m = \frac{P}{L x t} \leq 0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f'_m$$

Fórmula de comparación entre el esfuerzo axial máximo y el actuante

Siendo:

- f'_m : resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm^2); nota: f'_m – Huancayo: para unidades artesanales: 27.9 kg/cm^2

- P: carga de gravedad máxima de servicio, incluyendo el 100% de la sobrecarga (Kg) – Requiere metrado de cargas
- L: longitud del muro (cm)
- t: espesor del muro (cm)

Para determinar el peso total que carga la estructura se debe realizar el metrado de cargas correspondiente, el cálculo se muestra a continuación:

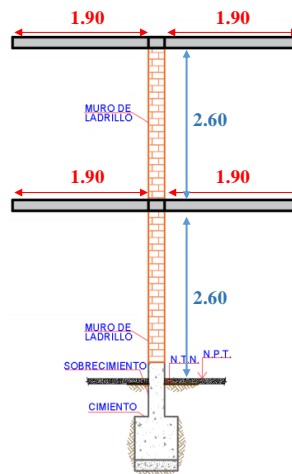


Figura 115. Muro 3Y perteneciente a la edificación 41

Fuente: propia

Cuadro 54. Metrado de cargas del muro 3Y, muro más cargado de la edificación 41

CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 1er NIVEL:	1550.00	x 0.15	x 2.40 x 1.00 = 558.00 Kg/m
◦ TABIQUERÍA 2do NIVEL:	1550.00	x 0.15	x 2.60 x 1.00 = 604.50 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	x 0.15	x 0.20 x 2.00 = 144.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	300.00	x 3.80	x - x 2.00 = 2280.00 Kg/m
◦ PISO TERMINADO:	100.00	x 3.95	x - x 2.00 = 790.00 Kg/m
			4376.50 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA 2do NIVEL:	200	x 3.95	x - x 1.00 = 790.00 Kg/m
◦ SOBRECARGA AZOTEA:	100	x 3.95	x - x 1.00 = 395.00 Kg/m
			1185.00 Kg/m
Peso que carga el muro (P):	4376.5Kg/m + 1185Kg/m		= 5561.50 Kg/m

Fuente: propia

Una vez obtenidos los datos se procede a calcular el esfuerzo axial actuante para posteriormente compararlo con el esfuerzo axial resistente, el cálculo mencionado se muestra a continuación:

Esfuerzo Axial Actuante:

$$\sigma_m = \frac{P}{L \times t} \quad \Rightarrow \quad \sigma_m = \frac{5561.50}{100 \times 15} = 3.71 \text{ Kg/cm}^2$$

$$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \Rightarrow 0.2 \times 27.9 \left[1 - \left(\frac{240}{35 \times 15} \right)^2 \right] = 4.41 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo Axial Resistente:

$$0.15 f'_m \Rightarrow 0.15 \times 27.9 = 4.19 \text{ Kg/cm}^2$$

Comparando los valores de esfuerzo axial actuante y el esfuerzo axial resistente, se aprecia que el esfuerzo axial actuante (3.71 kg/cm²) es menor que el esfuerzo axial resistente (4.19 kg/cm²), de lo que se deduce que los muros de la edificación no fallarán debido a carga axial. Esto a pesar de las propiedades físico mecánicas de las unidades artesanales de albañilería, teniendo en cuenta que la norma permite el uso de estas unidades para edificaciones no mayores a dos niveles, las unidades analizadas tienen una resistencia a la compresión de 27.9 kg/cm², inferior a la normativa que especifica una resistencia a la compresión de 35.00 kg/cm², y aun así cumple este análisis.

5.3.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmicos

Siendo los muros los elementos estructurales que soportan cargas sísmicas, se evaluará su capacidad de respuesta, para ver si son capaces de resistir estos esfuerzos horizontales o cederán fisurándose.

Las consideraciones y los cálculos se realizarán teniendo en cuenta un sismo moderado e independientemente para ambas direcciones XX e YY, ya que las dos recibirán estos esfuerzos, además de no existir simultaneidad de sismos; a continuación, se muestra el cálculo respectivo:

○ **Cálculo de la cortante basal sísmica (V)**

Para el cálculo del sismo estático, se calcula a continuación la cortante basal sísmica (V), en el acápite **2.2.2. Diseño estructural.**, se detalla los procedimientos de cálculo; a continuación, se muestra el cálculo para la **edificación 41**, mientras que los valores de los coeficientes se obtienen del **Cuadro 53. Datos de diseño**. Los valores obtenidos de cortante basal serán los mismos para ambas direcciones.

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P$$

Sin embargo, para el cálculo del coeficiente de reducción (R), es necesario hacer un cálculo previo, en función al coeficiente básico de reducción (Ro), y los factores de irregularidad (Ia e Ip). Con el objetivo de simplificar cálculos se asumirá la edificación como regular y por ende los factores de irregularidad Ia e Ip, se adjudicará como 1.00 para después verificar con el uso del programa Etabs. Asimismo, para el cálculo del peso de la edificación se muestra a continuación su metrado de cargas.

Cuadro 55. Cálculo de las cargas muertas y vivas de la Edificación 41 en ambos niveles

ELEMENTOS	PRIMER NIVEL							SEGUNDO NIVEL							
	CARGA MUERTA							CARGA MUERTA							
	Nombre	Peso específico ^Y (Ton/m ³)	l	a	h	# de Veces	Peso (Ton)	Nombre	Peso específico ^Y (Ton/m ³)	l	a	h	# de Veces	Peso (Ton)	
MUROS	1X	1.55	3.00	0.15	2.60	1.00	1.81	1X	1.55	3.00	0.15	2.60	1.00	1.81	
	2X	1.55	3.35	0.15	2.60	1.00	2.03	2X	1.55	3.35	0.15	2.60	1.00	2.03	
	3X	1.55	3.80	0.15	2.60	1.00	2.30	3X	1.55	3.80	0.15	2.60	1.00	2.30	
	4X,5X	1.55	7.60	0.15	2.60	2.00	9.19	4X,5X	1.55	7.60	0.15	2.60	2.00	9.19	
	1Y, 5Y	1.55	10.70	0.15	2.60	2.00	12.94	1Y, 5Y	1.55	10.70	0.15	2.60	2.00	12.94	
	2Y	1.55	2.50	0.15	2.60	1.00	1.51	2Y	1.55	2.50	0.15	2.60	1.00	1.51	
	3Y	1.55	3.10	0.15	2.60	1.00	1.87	3Y	1.55	3.10	0.15	2.60	1.00	1.87	
	4Y	1.55	2.30	0.15	2.60	1.00	1.39	4Y	1.55	2.30	0.15	2.60	1.00	1.39	
	Σ:						33.04		Σ:						33.04
VIGAS CHATAS	VHC-1X	2.4	3.00	0.15	0.20	1.00	0.22	VHC-1X	2.4	3.00	0.15	0.20	1.00	0.22	
	VHC-2X	2.4	3.35	0.15	0.20	1.00	0.24	VHC-2X	2.4	3.35	0.15	0.20	1.00	0.24	
	VHC-3X	2.4	3.80	0.15	0.20	1.00	0.27	VHC-3X	2.4	3.80	0.15	0.20	1.00	0.27	
	VHC-4X, 5X	2.4	7.60	0.15	0.20	1.00	0.55	VHC-4X, 5X	2.4	7.60	0.15	0.20	1.00	0.55	
	VHC-1Y, 5Y	2.4	10.70	0.15	0.20	1.00	0.77	VHC-1Y, 5Y	2.4	10.70	0.15	0.20	1.00	0.77	
	VHC-2Y	2.4	2.50	0.15	0.20	1.00	0.18	VHC-2Y	2.4	2.50	0.15	0.20	1.00	0.18	
	VHC-3Y	2.4	3.10	0.15	0.20	1.00	0.22	VHC-3Y	2.4	3.10	0.15	0.20	1.00	0.22	
	VHC-4Y	2.4	2.30	0.15	0.20	1.00	0.17	VHC-4Y	2.4	2.30	0.15	0.20	1.00	0.17	
	VHC-1	2.4	0.90	0.15	0.20	1.00	0.06	VHC-1	2.4	0.90	0.15	0.20	1.00	0.06	
	VHC-2	2.4	2.30	0.15	0.20	1.00	0.17	VHC-2	2.4	2.30	0.15	0.20	1.00	0.17	
	VHC-3	2.4	4.90	0.15	0.20	1.00	0.35	VHC-3	2.4	4.90	0.15	0.20	1.00	0.35	
	VHC-4	2.4	1.30	0.15	0.20	1.00	0.09	VHC-4	2.4	1.30	0.15	0.20	1.00	0.09	
	Σ:						3.29		Σ:						3.29
COLUMNAS	C1 - C24	2.4	0.15	0.15	2.60	19.00	2.67	C1 - C24	2.4	0.15	0.15	2.60	19.00	2.67	
	Σ:						2.67	Σ:						2.67	
LOSAS	Losa	0.3	A=53.8		0.20	1	3.23	Losa	0.3	A=53.8		0.20	1	3.23	
	Σ:						3.23	Σ:						3.23	
PISO TERMINADO	PT	0.1	A=48.35		-	1	4.84	PT	0.1	A=48.35		-	1	4.84	
	Σ:						4.84	Σ:						4.84	
	CARGA VIVA							CARGA VIVA							
	S/C	0.2	A=48.35		-	1	9.67	S/C	0.2	A=48.35		-	1	9.67	
Σ:						9.67	Σ:						9.67		
Σ TOTA CM:						47.06	Σ TOTA CM:						47.06		
Σ TOTA CV:						9.67	Σ TOTA CV:						9.67		

Peso de la edificación - Nivel 01 (P):	CM Ton + 0.25CV Ton 47.06Ton + 9.67Ton	=	49.48 Ton
Peso de la edificación - Nivel 02 (P):	CM Ton + 0.25CV Ton 47.06Ton + 4.84Ton	=	48.27 Ton
Peso Total de la edificación (P):	CM Ton + 0.25CV Ton 94.12Ton + 14.51Ton	=	97.75 Ton

Fuente: propia

Mientras que el coeficiente Ro asumido es seis debido a que el análisis realizado es seis para sismos moderados. Se muestra a continuación el cálculo del factor de reducción:

Coeficiente de reducción (R):

$$R = R_o \times I_a \times I_p \quad \Rightarrow \quad R = 6 \times 1.00 \times 1.00 \quad \Rightarrow \quad R = 6.00$$

Para el cálculo de la cortante basal se toma el factor de zona (Z): 0.35, al estar el distrito de Huancayo ubicado en la zona tres:

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Figura 116. Valores del factor de zona (Z) en función a su ubicación geográfica

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Para el cálculo de la cortante basal se toma el factor de Uso (U): 1.00, al ser el uso de la **edificación 41** vivienda (categoría C, edificaciones comunes):

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Figura 117. Valores del factor de uso (U) en función a su descripción

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Para el cálculo de la cortante basal se toma el factor de suelo (S): 1.15, al ser el factor de zona (Z) tres y el tipo de suelo S2:

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO \ ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Figura 118. Valores del factor de suelo (S) en función al factor de zona (Z)

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Para la cortante basal se calculará previamente el factor de amplificación sísmica (C):

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _p " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Figura 119. Valores de los periodos de vibración (Tp, Tl) en función al tipo de suelo

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Figura 120. Cálculo del factor de amplificación sísmica (C)

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

$$T = \frac{5.60}{60} \implies T = 0.09$$

$$T_p = 0.60$$

$$T_L = 2.00$$

Entonces para obtener el factor de amplificación sísmica (C), se cumple la primera condición por lo que $C = 2.5$.

Obtenido todos los valores se procede al cálculo de la cortante basal (V):

Cortante basal (V):

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P \Rightarrow V = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.5 \times 1.15}{6} \times 97.75 \Rightarrow V = 16.39 \text{Ton}$$

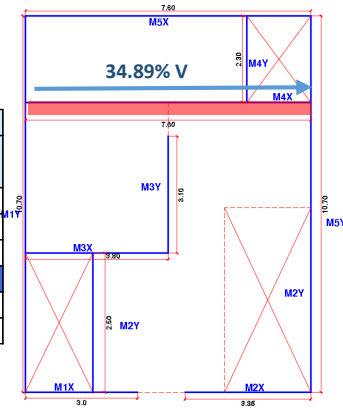
El cálculo demuestra que la cortante basal de la edificación analizada es 16.39 Ton; sin embargo, el valor de la cortante basal que se aplicará en el Etabs variará en función a los coeficientes de irregularidad I_a e I_p , mostrado en el **Cuadro 63** y en el **Cuadro 64**, estos valores deben repartirse en todos los niveles, además cada uno de los muros tendrá un porcentaje de absorción en función de su rigidez, esto a causa de los diafragmas que reparte la fuerza sísmica a cada muro.

A continuación, se muestra la fórmula para el cálculo de rigidez de cada muro con sus respectivos cálculos en ambas direcciones XX e YY, además se resaltan los muros que tienen mayor porcentaje de absorción de la cortante basal y el valor que toma cada uno de ellos.

$$k = \frac{E_m \times t}{4 \left(\frac{h}{L}\right)^3 + 3 \left(\frac{h}{L}\right)}$$

Cuadro 56. Cálculo de rigideces de los muros en XX, además de su porcentaje de absorción de la cortante basal (V)

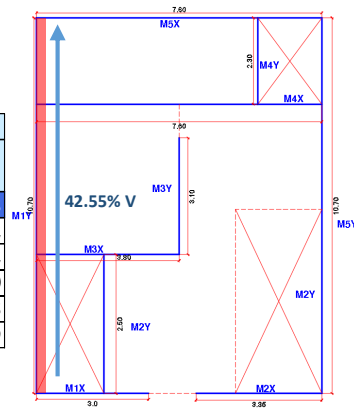
RIGIDEZ DE LOS MUROS EN XX								
Nivel	Nº Muro	Em (kg/cm ²)	Altura h (cm)	Longitud L (cm)	t (cm)	K (Ton/cm)	% de Absorción	V (Ton)
1	1X	11570	260	300	15	33.35	7.95 %	1.30
	2X	11570	260	335	15	41.34	9.86 %	1.62
	3X	11570	260	380	15	52.06	12.42 %	2.04
	4X	11570	260	760	15	146.27	34.89 %	5.72
	5X	11570	260	760	15	146.27	34.89 %	5.72
						419.29	100.00 %	16.39



Fuente: propia

Cuadro 57. Cálculo de rigideces de los muros en YY, además de su porcentaje de absorción de la cortante basal (V)

RIGIDEZ DE LOS MUROS EN YY								
Nivel	Nº Muro	Em (kg/cm ²)	Altura h (cm)	Longitud L (cm)	t (cm)	K (Ton/cm)	% de Absorción	V (Ton)
1	1Y	11570	260	1070	15	220.70	42.55 %	6.98
	2Y	11570	260	250	15	22.78	4.39 %	0.72
	3Y	11570	260	310	15	35.59	6.86 %	1.12
	4Y	11570	260	230	15	18.93	3.65 %	0.60
	5Y	11570	260	1070	15	220.70	42.55 %	6.98
						518.70	100.00 %	16.39



Fuente: propia

Como se aprecia en XX el muro que más absorbe carga sísmica debido a su alta rigidez es el muro 4X, mientras que en YY es el muro 1Y. Para el cálculo de la distribución de las fuerzas sísmicas en los niveles es necesario determinar el peso que carga cada muro por nivel, para lo cual se realiza a continuación el metrado de cargas de cada uno:

Cuadro 58. Metrado de cargas del muro 4X que absorbe más carga sísmica en la dirección XX

Metrado de cargas Primer nivel Muro 4X			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 1er NIVEL:	1550.00	x 0.15 x 2.40 x 1.00 =	558.00 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	x 0.15 x 0.25 x 1.00 =	90.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	300.00	x 0.80 x - x 1.00 =	240.00 Kg/m
◦ PISO TERMINADO:	100.00	x 0.95 x - x 1.00 =	95.00 Kg/m
			983.00 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA 2do NIVEL:	200	x 0.95 x - x 1.00 =	190.00 Kg/m
			190.00 Kg/m
Peso que carga el muro 1 (P):	983Kg/m + 190Kg/m	=	1173.00 Kg/m
Metrado de cargas Segundo nivel Muro 2X			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 2do NIVEL:	1550.00	x 0.15 x 2.60 x 1.00 =	604.50 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	x 0.15 x 0.25 x 1.00 =	90.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	300.00	x 0.80 x - x 1.00 =	240.00 Kg/m
◦ PISO TERMINADO:	100.00	x 0.95 x - x 1.00 =	95.00 Kg/m
			1029.50 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA AZOTEA:	100	x 0.95 x - x 1.00 =	95.00 Kg/m
			95.00 Kg/m
Peso que carga el muro 2 (P):	1029.5Kg/m + 95Kg/m	=	1124.50 Kg/m
Peso que carga el muro T (P):	1173Kg/m + 1124.5Kg/m	=	2297.50 Kg/m
Carga muerta Total (CM):	983Kg/m + 1029.5Kg/m	=	2012.50 Kg/m
Carga viva Total (CV):	190Kg/m + 95Kg/m	=	285.00 Kg/m

Fuente: propia

Cuadro 59. Metrado de cargas del muro 1Y que absorbe más carga sísmica en la dirección

YY

Metrado de cargas Primer nivel Muro 1Y			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 1er NIVEL:	1550.00	x 0.15 x 2.40 x 1.00 =	558.00 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	x 0.15 x 0.25 x 1.00 =	90.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	300.00	x 3.25 x - x 1.00 =	975.00 Kg/m
◦ PISO TERMINADO:	100.00	x 3.40 x - x 1.00 =	340.00 Kg/m
			1963.00 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA 2do NIVEL:	200	x 3.40 x - x 1.00 =	680.00 Kg/m
			680.00 Kg/m
Peso que carga el muro 1 (P):	1963Kg/m + 680Kg/m	=	2643.00 Kg/m
Metrado de cargas Segundo nivel Muro 1Y			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 2do NIVEL:	1550.00	x 0.15 x 2.60 x 1.00 =	604.50 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	x 0.15 x 0.25 x 1.00 =	90.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	300.00	x 3.25 x - x 1.00 =	975.00 Kg/m
◦ PISO TERMINADO:	100.00	x 3.40 x - x 1.00 =	340.00 Kg/m
			2009.50 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA AZOTEA:	100	x 3.40 x - x 1.00 =	340.00 Kg/m
			340.00 Kg/m
Peso que carga el muro 2 (P):	2009.5Kg/m + 340Kg/m	=	2349.50 Kg/m
Peso que carga el muro T (P):	2643Kg/m + 2349.5Kg/m	=	4992.50 Kg/m
Carga muerta Total (CM):	1963Kg/m + 2009.5Kg/m	=	3972.50 Kg/m
Carga viva Total (CV):	680Kg/m + 340Kg/m	=	1020.00 Kg/m

Fuente: propia

Obtenido el peso de cada nivel se procede a realizar la distribución de las fuerzas sísmicas en los niveles para cada

muro en ambas direcciones Además se observa el cálculo de excentricidad accidental (Efecto de Torsión - E_a) igual a $0.05B$, donde B es la dimensión del edificio perpendicular a la dirección de análisis, modificando de esta forma las reacciones de los muros 2X y 1Y.

Cuadro 60. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 4X

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS EN XX - MURO 4X					EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL EN XX - MURO 4X				
Nivel	Peso (Ton)	H (m)	P x H	F (Ton)	Nivel	B (m)	E_a	F_i (Ton)	$E_a \times F_i$
1	1.17	2.80	3.28	1.96	1	10.70	0.54	1.96	3.01
2	1.12	5.60	6.30	3.76	2			3.76	5.77
				9.58					8.78

Fuente: propia

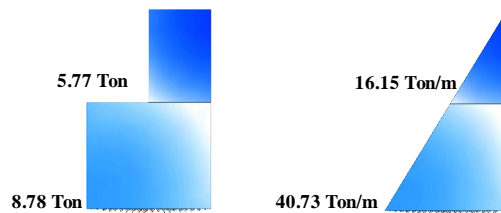


Figura 121. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 4X

Fuente: propia

Cuadro 61. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 1Y

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS EN YY - MURO 1Y					EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL EN YY - MURO 1Y				
Nivel	Peso (Ton)	H (m)	P x H	F (Ton)	Nivel	B (m)	E_a	F_i (Ton)	$E_a \times F_i$
1	2.64	2.80	7.40	2.51	1	7.60	0.38	2.51	3.47
2	2.35	5.60	13.16	4.46	2			4.46	6.16
				20.56					9.63

Fuente: propia

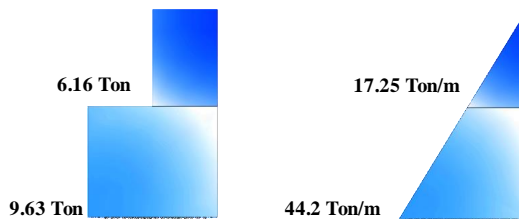


Figura 122. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 1Y

Fuente: propia

Los datos previamente obtenidos serán valiosos para determinar el comportamiento de la estructura ante cargas sísmicas, la fórmula para el cálculo del control de fisuración se muestra a continuación:

$$V_e \leq 0.55V_m$$
$$V_m = 0.5v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g$$

Siendo:

- V_e : fuerza cortante ante sismo moderado del primer nivel
- V_m : resistencia a la fuerza cortante
- v'_m : resistencia al corte de la albañilería (kg/cm^2); nota:
 v'_m – Huancayo: para unidades artesanales: $56.90 \text{ kg}/\text{cm}^2$
- P_g : peso sobre la estructura, se calcula mediante la suma del peso muerto de la estructura más un porcentaje de la carga viva. Tal como lo menciona el capítulo cuatro de la norma E030, en el artículo 4.3. Para el cálculo del peso de la **edificación 41** se analizó la categoría de cada una, determinada en el tipo de uso.

4.3 Estimación del Peso (P)

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- a. En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- b. En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- c. En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- d. En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- e. En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

Figura 123. Cálculo del peso (P) de la estructura

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

- L : longitud del muro (cm)
- t : espesor del muro (cm)

- α : factor de resistencia al corte por efectos de esbeltez, la fórmula para obtenerlo es la siguiente:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \times L}{M_e} \leq 1$$

Se muestra a continuación el cálculo para verificar el buen comportamiento sísmico de la **edificación 41**, para el caso de la dirección XX el cálculo sería el siguiente:

Cálculo del factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez:

$$0.33 \leq \alpha = \frac{5.72 \times 6.5}{26.54} \leq 1 \quad \Rightarrow \quad 0.33 \leq \alpha = 1.64 \leq 1$$

$$\alpha = 1$$

Cálculo de la resistencia a fuerza cortante:

$$V_m = 0.5v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g$$

$$V_m = 0.5 \times 56.9 \times 1 \times 0.15 \times 7.60 + 0.23 \times 6.98 \quad \Rightarrow \quad V_m = 34.04$$

$$V_e \leq 0.55V_m$$

$$5.72 \leq 0.55 \times 34.04$$

$$5.72 \leq 18.72$$

Como se puede apreciar la condición de fisuración si cumple sin sobrepasar el límite permitido, esto da crédito a que los muros de la **edificación 41** no se agrietarán ante un sismo moderado o fallará. Por otro lado, para el caso de la dirección YY el cálculo sería el siguiente:

Cálculo del factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez:

$$0.33 \leq \alpha = \frac{6.98 \times 12.00}{32.03} \leq 1 \quad \Rightarrow \quad 0.33 \leq \alpha = 2.33 \leq 1$$

$$\alpha = 1$$

Cálculo de la resistencia a fuerza cortante:

$$V_m = 0.5v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g$$

$$V_m = 0.5 \times 56.9 \times 1 \times 0.15 \times 10.70 + 0.23 \times 45.23 \quad \Rightarrow \quad V_m = 56.07$$

$$V_e \leq 0.55V_m$$

$$6.98 \leq 0.55 \times 56.07$$

$$6.98 \leq 30.84$$

Del mismo modo se puede apreciar que la condición de fisuración también cumple sin sobrepasar el límite permitido, esto da crédito a que los muros YY tampoco se agrietarán ante un sismo moderado ni fallarán. Ahora se debe tener en cuenta que la **edificación 41** si cumple con resistir los esfuerzos axiales mínimos y también cumple ante los esfuerzos sísmicos provenientes de un sismo moderado. A continuación, se realiza el análisis estático utilizando el programa Etabs para analizar los desplazamientos de la **edificación 41**.

5.3.2. Verificación con Etabs de la edificación 41

Determinada la respuesta estructural de la **edificación 41**, mediante los procedimientos simplificados de cálculo, se procederá a realizar un análisis más juicioso utilizando el programa Etabs, este programa nos proporciona cálculos más exactos. El método de trabajo de esta edificación será el estático, dado que se analiza una estructura de albañilería confinada con unidades artesanales de no más de dos niveles, tal como lo restringe la normativa para este tipo de unidades. Posteriormente se realizará la comparación obtenida en cuanto a comportamiento estructural de los resultados previos y los resultados del programa, mostrando conjuntamente los desplazamientos que estos tienen conforme a la normativa. Las características de los materiales y las condiciones de diseño propuestas para el uso del programa serán las mismas descritas en el **Cuadro 53**. Se muestra a continuación el modelamiento estructural de la **edificación 41**, considerando que son los muros los que soportarán las cargas gravitacionales y los esfuerzos sísmicos transmitidos a estos mediante el diafragma rígido conformado por una losa de 20 cm.

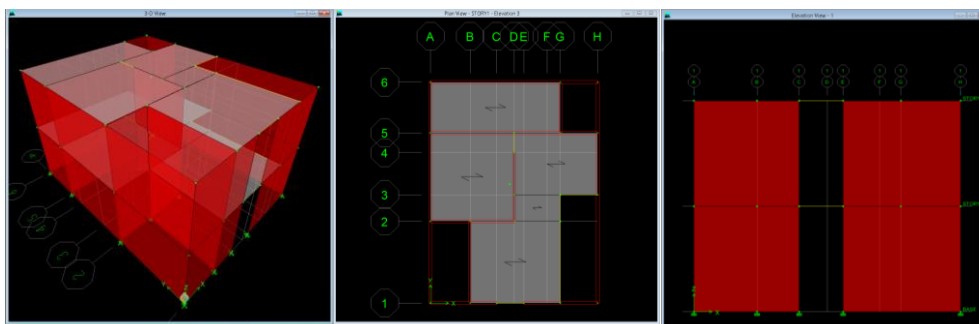


Figura 124. Vista en planta y elevación del modelamiento de la edificación 41

Fuente: propia

Realizado el modelamiento se procedió a aplicar las cargas que actúan sobre la edificación, teniendo cargas de dos tipos, las cargas de gravedad y las cargas sísmicas, para las cargas de gravedad se procedió a realizar un metrado de cargas como se muestra a continuación.

Cuadro 62. Metrado de cargas de la edificación 41

LOSAS 1 PISO

Carga Muerta CM : **1° AL 2° PISO**
 (Teniendo en cuenta que el peso del aligerado y viga lo calcula el Software)

DATOS PARA LA C.M

DESCRIPCION	CANTD
PESO ALIGERADO 20CM	300 KG/M2
PESO TABIQUERIA	100 KG/M2
PESO ACABADO	100 KG/M2
TOTAL	500 KG/M2

DATOS PARA LA C.V

S/C VIVIENDA	200 KG/M2
CORREDORES/ESCA	
S/C LERAS	400 KG/M2

LOSAS AZOTEA

Carga Muerta CM : **1° AL 2° PISO**
 (Teniendo en cuenta que el peso del aligerado y viga lo calcula el Software)

DATOS PARA LA C.M

DESCRIPCION	CANTD
PESO ALIGERADO 20CM	350 KG/M2
PESO TABIQUERIA	25
PESO ACABADO	25 KG/M2
TOTAL	400 KG/M2

DATOS PARA LA C.V

S/C VIVIENDA	200 KG/M2
--------------	-----------

Fuente: propia

Por otro lado, para las cargas sísmicas se calculó la cortante basal con el fin de realizar el análisis sísmico estático, este cálculo está en función de los parámetros de sitio, mostrando a continuación la fórmula de cálculo. Se debe tener en cuenta que obtenida la cortante basal esta se debe de repartir en la altura de la edificación exactamente en el centro de masas de los entrepisos y en ambos sentidos (XX, YY):

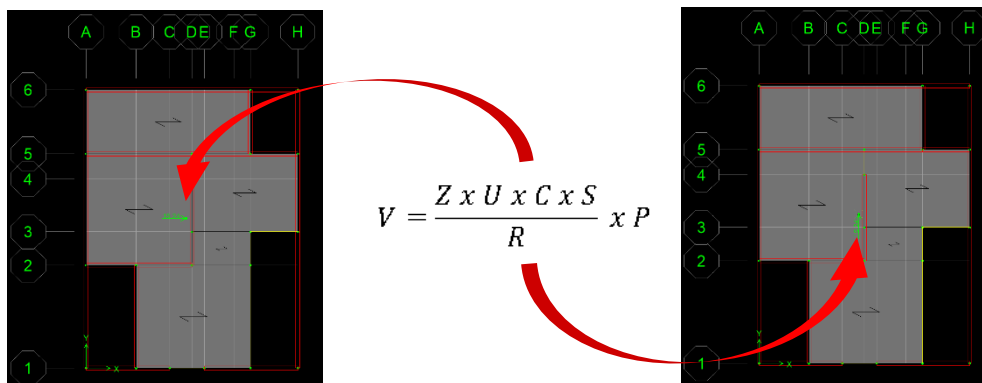


Figura 125. Fórmula para el cálculo de la cortante basal (V) y fuerza aplicada en el centro de masas (CM) de cada entrepiso

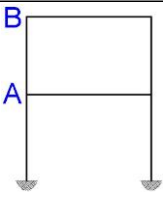
Fuente: propia

Sin embargo, para el cálculo de la cortante basal en los cálculos simplificados previamente se asumió que la estructura era regular, por lo que a continuación se muestra la fórmula de obtención de este factor, así como el cálculo de sus variables comenzando por la irregularidad en altura según la Tabla N° 8 de la norma E030 – diseño sismorresistente, para luego mostrar el cálculo del nivel de irregularidad en planta según la Tabla N° 9 de la normativa mencionada:

$$R = R_o \times I_a \times I_p$$

o **A PARTIR DE LA TABLA N° 8 (irregularidades estructurales en altura):**

➤ **Irregularidad de rigidez – piso blando y piso débil**

	<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p>	
$\frac{\Delta A}{\Delta B} \geq 1.40$		0,75
$\frac{\Delta A}{\left(\frac{\Delta A}{\Delta A + \Delta B}\right)} \geq 1.25$		
<p>Irregularidad de rigidez - Piso blando</p>		
$V_A < 80\% \cdot V_B$ $V_A/V_B < 0.80$	<p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p>Irregularidad de resistencia - Piso débil</p>		

Se muestra en el fragmento de la normativa además de su interpretación, cómo se puede apreciar la irregularidad, es necesario obtener los desplazamientos de cada nivel así como su resistencia a esfuerzos cortantes, obtenido estos resultados mediante el programa Etabs se procedió al cálculo, a continuación se muestran los datos obtenidos además del cálculo respectivo para determinar la irregularidad de piso blando y piso débil, de obtenerse ambas condiciones el factor de irregularidad de altura

será 0.75 de lo contrario será uno. Además, el análisis se realiza para ambos sentidos es decir XX e YY:

Irregularidad de Rigidez - Piso Blando													
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y							
Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores	Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores		
Story2	SDXX	0.0019	0.0009	1.11	1.11	Story2	SDYY	0.0014	0.0006	1.33	1.33		
Story1	SDXX	0.001	0.0010			Story1	SDYY	0.0008	0.0008				
Base	SDXX	0				Base	SDYY	0.00	0.00				
Irregularidad de Resistencia - Piso Débil													
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y							
Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vxx	DIF. CORTANTE POR PISO	Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vyy	DIF. CORTANTE POR PISO		
Story2	SDXX	Top	-33.17	0	1.69	Story2	SDYY	Top	0	-33.17	1.69		
Story2	SDXX	Bottom	-33.17	0		Story2	SDYY	Bottom	0	-33.17			
Story1	SDXX	Top	-55.91	0		Story1	SDYY	Top	0	-55.91			
Story1	SDXX	Bottom	-55.91	0		Story1	SDYY	Bottom	0	-55.91			
¿Existe Irregularidad XX?			No	la:		1	¿Existe Irregularidad YY?			Si		la:	0.75

Como se puede apreciar los resultados demuestran que en el sentido XX se cumple la irregularidad de rigidez de piso blando, así como la irregularidad de resistencia de piso débil por lo que el factor de irregularidad en altura para esta condición es $I_a=1$. Mientras que para YY esta condición no cumple, por lo que $I_a=0.75$.

➤ Irregularidad de rigidez extrema

<p>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10)</p> <p>Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10)</p> <p>Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,50	<p>Tabla N° 10</p> <p>CATEGORIA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES</p>																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría de la Edificación</th> <th>Zona</th> <th>Restricciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">A1 y A2</td> <td>4, 3 y 2</td> <td>No se permiten irregularidades</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>No se permiten irregularidades extremas</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">B</td> <td>4, 3 y 2</td> <td>No se permiten irregularidades extremas</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Sin restricciones</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">C</td> <td>4 y 3</td> <td>No se permiten irregularidades extremas</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Sin restricciones</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones	A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades	1	No se permiten irregularidades extremas	B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas	1	Sin restricciones	C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total	1	Sin restricciones
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones																				
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades																				
	1	No se permiten irregularidades extremas																				
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas																				
	1	Sin restricciones																				
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas																				
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total																				
	1	Sin restricciones																				

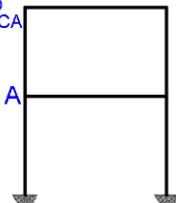
Para el cálculo del factor de irregularidad ante rigidez, la normativa nos deriva a la Tabla N° 10 donde se aprecia que para edificaciones comunes (categoría C) y zona tres como el distrito de Huancayo, no permite irregularidades extremas, el cálculo se muestra a continuación:

Irregularidad Extrema de Rigidez - Piso Blando											
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y					
Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores	Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores
Story2	SDXX	0.0019	0.0009	1.11	1.11	Story2	SDYY	0.0014	0.0006	1.33	1.33
Story1	SDXX	0.001	0.0010			Story1	SDYY	0.0008	0.0008		
Base	SDXX	0				Base	SDYY	0			
Irregularidad Extrema de Resistencia - Piso Débil											
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y					
Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vxx	DIF. CORTANTE POR PISO	Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vyy	DIF. CORTANTE POR PISO
Story2	SDXX	Top	-33.17	0	1.69	Story2	SDYY	Top	0	-33.17	1.69
Story2	SDXX	Bottom	-33.17	0		Story2	SDYY	Bottom	0	-33.17	
Story1	SDXX	Top	-55.91	0		Story1	SDYY	Top	0	-55.91	
Story1	SDXX	Bottom	-55.91	0		Story1	SDYY	Bottom	0	-55.91	
¿Existe Irregularidad XX?		No		Ia: 1		¿Existe Irregularidad YY?		No		Ia: 1	

Siendo los resultados iguales a los obtenidos por rigidez simple, las ratios en esta ocasión no superan los mínimos dispuestos para irregularidad extrema, por lo que los resultados demuestran que en ambos sentidos se cumple la irregularidad de rigidez extrema de piso blando, así como la irregularidad de resistencia extrema de Piso débil por lo que el factor de irregularidad en altura para esta condición también es $I_a=1$.

➤ Irregularidad de masa o peso

NO APLICA



<p>Irregularidad de Masa o Peso</p> <p>Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente.</p> <p style="background-color: #f8d7da;">Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
--	------

Irregularidad de Masa o Peso

Como se puede apreciar para obtener la irregularidad de masa o peso, la norma especifica que el criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos, por lo que en el caso de la **edificación 41** este criterio no aplica para la irregularidad de Masa o Peso.

➤ **Irregularidad geométrica vertical**

NO APLICA

<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
---	------

Irregularidad Geométrica Vertical

Del mismo modo la obtención de la Irregularidad Geométrica Vertical no aplica para azoteas ni sótanos, tal como lo especifica la normativa por lo que la **edificación 41** está exenta de esta irregularidad.

➤ **Discontinuidad en los sistemas resistentes**

<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0,80
---	------

$n > 25\% \cdot b$ $\frac{n}{b} > 0.25$
Discontinuidad en los Sistemas Resistentes

En el caso de la **edificación 41** no existe discontinuidad en los elementos estructurales por lo que el criterio de Discontinuidad en los Sistemas Resistentes no aplica para este caso. Finalmente, al no cumplir ninguno de los criterios de irregularidad en altura, se establece que el factor de $I_a=1$.

○ A PARTIR DE LA TABLA N° 9 (irregularidades estructurales en planta):

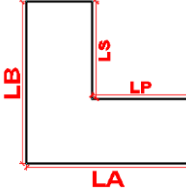
➤ Irregularidad torsional y torsional extrema

La normativa expresa que es necesario obtener los desplazamientos máximos relativos de entrepiso y el desplazamiento relativo del centro de masas de cada nivel. Además, de la restricción explica que este criterio no se aplica si es que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor al 50% del desplazamiento permisible. El análisis se realiza para ambos sentidos es decir XX e YY:

IRREGULARIDAD TORSIONAL																
SISTEMA ESTRUCTURAL		EN XX:	De muros Estructurales	R =	6											
		EN YY:	De muros Estructurales	R =	6											
ANALISIS EN DIRECCION X-X																
Story	Load Case/Combo	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R (irregular)	H piso	Δ piso	Despl. Obtenido.	Despl. Admisible	Criterio	Story Drift XX	Diaphragm CM Displacements XX				Diferencial de desplazamientos
												UX	Δ	h	Δcm	
Story2	SDXX	0.0019	0.001	0.0009	6	2.8	0.00032	0.0019	0.0050	NO APLICA	0.000371	0.0019	0.0009	2.8	0.00032	1.15
Story1	SDXX	0.001	0	0.001	6	2.8	0.00036	0.0021	0.0050	NO APLICA	0.000366	0.001	0.001	2.8	0.00036	1.02
Base											0					
¿Existe Irregularidad Torsional en XX?			No		Ip:		1									
ANALISIS EN DIRECCION Y-Y																
Story	Load Case/Combo	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R (irregular)	H piso	Δ piso	Despl. obt.	Despl. Max. Nor.	Criterio	Story Drift YY	Diaphragm CM Displacements YY				Diferencial de desplazamientos
												UY	Δ	h	Δcm	
Story2	SDYY	0.0014	0.0008	0.0006	6	2.8	0.00021	0.0013	0.0050	NO APLICA	0.000219	0.0014	0.0006	2.8	0.00021	1.02
Story1	SDYY	0.0008	0	0.0008	6	2.8	0.00029	0.0017	0.0050	NO APLICA	0.000258	0.0008	0.0008	2.8	0.00029	0.90
Base											0					
¿Existe Irregularidad Torsional en YY?			No		Ip:		1									

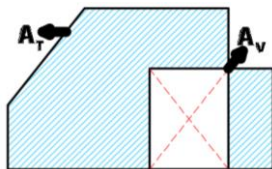
Como se puede apreciar para la irregularidad torsional y la torsional extrema la restricción de la normativa los inhibe de este cálculo, por lo que se descarta el factor de irregularidad torsional y torsional extrema, asumiendo el valor de $I_p=1$. Aun así, en la parte derecha se observa que la irregularidad torsional y la torsional extrema se encuentran dentro de los parámetros de la normativa.

➤ **Esquinas entrantes**

<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90	
Esquinas Entrantes		

Para poder aplicar el factor de irregularidad en planta de Esquinas Entrantes, es necesario que la configuración de la edificación tenga forma no homogénea, como una L o una H, y dado que la **edificación 41** presenta estas alteraciones, el factor de irregularidad no es aplicable para este caso.

➤ **Discontinuidad en diafragma**

 <p style="text-align: center;"> $A_V < 50\% \cdot A_T$ $A_V/A_T < 0.50$ </p> <p style="text-align: center;">Discontinuidad del Diafragma</p>	<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p> <p style="text-align: right; vertical-align: middle;">0,85</p>
---	---

Cálculo:

ÁREAS		$A_2/A_T = 0.29 < 0.50$	-
Av =	21.87		
AT =	75.7		

Para la irregularidad respecto a la discontinuidad en diafragma, se obtuvo el área de los vacíos (Av) y el área total (At), siendo que el cociente de ambos no superaba a lo establecido, por lo que esta irregularidad queda descartada.

➤ **Sistemas no paralelos**

	<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90
<p><i>Sistemas no Paralelos</i></p>		

Como se puede apreciar para aplicar la irregularidad de Sistemas no Paralelos es necesario que por lo menos dos ejes no estén paralelos, condición que no se cumple para la **edificación 41**. Finalmente, al no cumplir ninguno de los criterios de irregularidad en planta, se establece que el factor de $I_p=1$. Con esto se puede obtener el factor de reducción de la siguiente manera:

SISTEMA ESTRUCTURAL	EN XX: De muros Estructurales	Ro= 6	R= 5.4
	EN YY: De muros Estructurales	Ro= 6	R= 4.5
IRREGULARIDADES X-X		IRREGULARIDADES Y-Y	
IRREGULARIDAD EN ALTURA		IRREGULARIDAD EN ALTURA	
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	1.00	Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	0.75
Irregularidad de Resistencia - Piso débil		Irregularidad de Resistencia - Piso débil	
Irregularidad de Extrema Rigidez - Piso Blando	1.00	Irregularidad de Extrema Rigidez - Piso Blando	1.00
Irregularidad de Extrema Resistencia - Piso débil		Irregularidad de Extrema Resistencia - Piso	
irregularidad de Masa	0.90	irregularidad de Masa	0.90
irregularidad Geometrica Vertical	1.00	irregularidad Geometrica Vertical	1.00
Discontinuidad de Sistemas	1.00	Discontinuidad de Sistemas	1.00
IRREGULARIDAD EN PLANTA		IRREGULARIDAD EN PLANTA	
	I_p		I_p
Irregularidad Torsional	1.00	Irregularidad Torsional	1.00
Irregularidad Torsional Extrema	1.00	Irregularidad Torsional Extrema	1.00
Esquinas Entrantes	1.00	Esquinas Entrantes	1.00
Discontinuidad del Diafragma	1.00	Discontinuidad del Diafragma	1.00
Sistemas no Paralelos	1.00	Sistemas no Paralelos	1.00

Del mismo modo el cálculo de la cortante basal requiere de la obtención del peso exacto de la edificación, las consideraciones tomadas, el cálculo y resultados se obtienen de lo previamente realizado en el **Cuadro 55**.

Obtenidos todos los parámetros de sitio se procedió al cálculo de la cortante basal (V), mostrando a continuación el cálculo del peso total, de la cortante basal y la repartición de este en los entrepisos de la edificación, resaltando que esta se aplicará en el centro de masas y en ambos sentidos conforme lo exige el diseño estático. Es este valor de cortante basal el que se utilizará en el programa Etabs, y por lo que los cálculos previos de la cortante basal sísmica (V), en el **acápito 5.2.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmico** se varían teniendo en cuenta estas consideraciones para su posterior comparación. Además, dado que los valores del factor de reducción difieren en ambos sentidos, la cortante basal será distinta entre XX e YY:

Cortante basal (V) XX:

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P \Rightarrow V = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.5 \times 1.15}{5.4} \times 97.75 \Rightarrow V = 18.21 \text{Ton}$$

Cuadro 63. Cálculo de la cortante basal y su distribución en los niveles del entrepiso para el sentido XX

DISTRIBUCIÓN DE FUERDAS EN TODA LA ESTRUCTURA XX				
Nivel	Peso (Ton)	H (m)	P x H	F (Ton)
1	49.48	2.80	138.54	6.17
2	48.27	5.60	270.31	12.04
			408.85	18.21

Fuente: propia

Cortante basal (V) YY:

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P \Rightarrow V = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.5 \times 1.15}{4.5} \times 97.75 \Rightarrow V = 21.86 \text{Ton}$$

Cuadro 64. Cálculo de la cortante basal y su distribución en los niveles del entrepiso para el sentido YY

DISTRIBUCIÓN DE FUERDAS EN TODA LA ESTRUCTURA YY				
Nivel	Peso (Ton)	H (m)	P x H	F (Ton)
1	49.48	2.80	138.54	7.41
2	48.27	5.60	270.31	14.45
			408.85	21.86

Fuente: propia

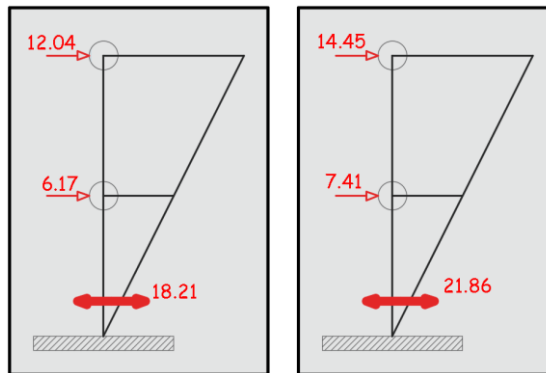


Figura 126. Idealización de la cortante basal (V) y su distribución en el centro de masas (CM) de cada entrepiso. Izquierda: XX. Derecha: YY

Fuente: propia

Determinada la fuerza cortante y los valores de cada entrepiso, se procedió a realizar el cálculo del coeficiente de pseudoaceleración de la gravedad (C) y el coeficiente de distribución de la cortante basal (k) que son factores que afectan los esfuerzos sismo estáticos:

- COEFICIENTE DE SEUDO ACCELERACIÓN DE LA GRAVEDAD (c):

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

$$C_{XX} = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.50 \times 1.15}{5.4} \quad \Rightarrow \quad c = 0.19$$

$$C_{YY} = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.50 \times 1.15}{4.5} \quad \Rightarrow \quad c = 0.22$$

- COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN DE LA CORTANTE BASAL (k):

4.5.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el periodo fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

$$T_x = T_y = \frac{5.60}{60} = 0.09 < 0.5 \rightarrow k = 1$$

Estos valores a los esfuerzos sísmicos se aplicaron a las cargas sísmicas como se muestra a continuación:

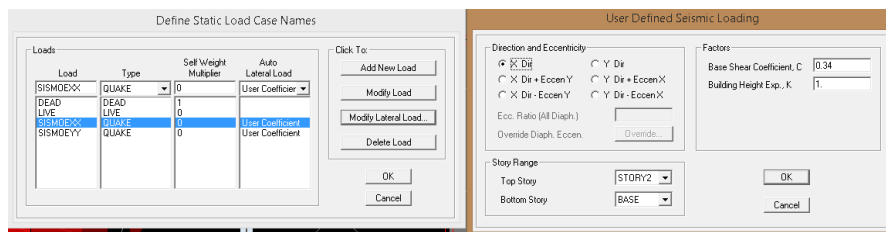


Figura 127. Aplicación de los factores sísmicos en el eje XX

Fuente: propia

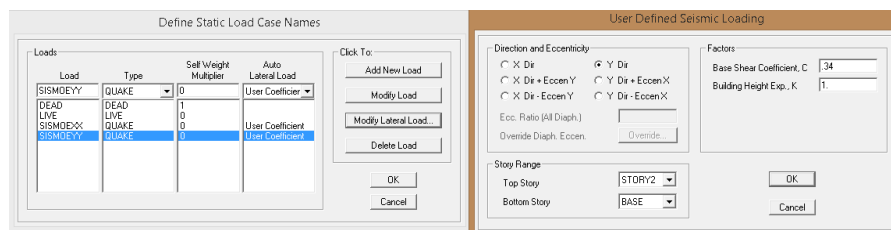


Figura 128. Aplicación de los factores sísmicos en el eje YY

Fuente: propia

Aplicados los esfuerzos en los entrepisos estos se transmiten como esfuerzos sismo estáticos en XX y sismo estáticos en YY generando una vez procesado el programa las deformadas respectivas en ambas direcciones generadas por los esfuerzos; a continuación, se muestran estas deformadas en imágenes:

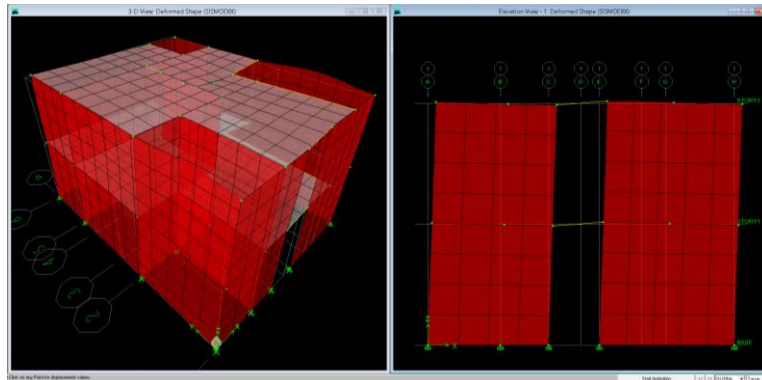


Figura 129. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sismo estáticos en YY

Fuente: propia

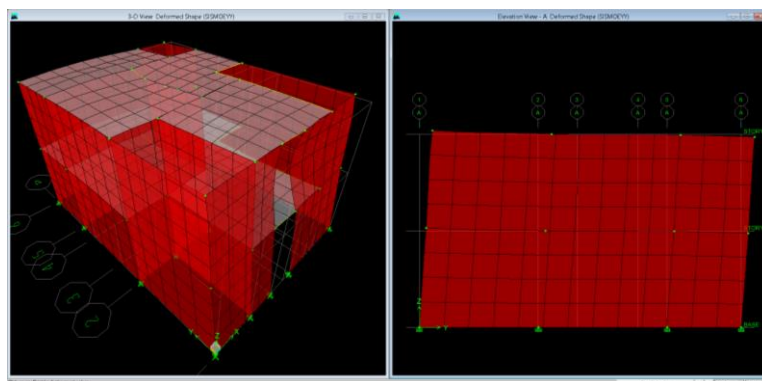


Figura 130. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sismo estáticos en XX

Fuente: propia

Del mismo modo la norma E030 – diseño sismorresistente limita que los desplazamientos generados por los esfuerzos sísmicos, dado que la **edificación 41** tiene el sistema estructural de albañilería confinada, tiene la misma restricción en ambos sentidos tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Figura 131. Límites de distorsión para la edificación 41

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Tras el análisis sísmico estático los desplazamientos de la estructura en ambos sentidos se muestran a continuación, considerando que los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0.75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico según la norma E030 – Diseño sismorresistente en el *acápito 5.1. Determinación de desplazamientos laterales*. Se muestra a continuación el cálculo de los desplazamientos, teniendo en cuenta que el factor de reducción R = 6.00, mientras que el desplazamiento máximo (δ máx.) es 0.005 respecto a la altura:

Cuadro 65. Cálculo comparativo entre el desplazamiento máximo permitido y el desplazamiento relativo por entrepiso

DESPLAZAMIENTOS LATERALES									
NORMA TECNICA DE EDIFICACION : E-030									
SISTEMA ESTRUCTURAL : EN XX MUROS ESTRUCTURALES R = 6									
: EN YY MUROS ESTRUCTURALES R = 6									
DIRECCION XX									
N°	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R _o	H piso	Δ piso	Despl.obt.	Despl.Max.Nor.	Observ.
2	0.0019	0.001	0.0009	6	2.8	0.00032	0.0019	0.0050	OK
1	0.001	0	0.001	6	2.8	0.00036	0.0021	0.0050	OK
B	0								
DIRECCION YY									
N°	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R _o	H piso	Δ piso	Despl.obt.	Despl.Max.Nor.	Observ.
2	0.0014	0.0008	0.0006	6	2.8	0.00021	0.0013	0.0050	OK
1	0.0008	0	0.0008	6	2.8	0.00029	0.0017	0.0050	OK
B	0								
* Despla.obt. : Desplazamiento obtenido según análisis sísmico.									
* Despl.Max.Nor. : Desplazamiento Máximo permisible según Norma E-030.									
Nota: Los desplazamientos obtenidos son menores a los máximos permitidos, por lo que el análisis sísmico es correcto.									

Fuente: propia

Tras el análisis sísmico estático en los desplazamientos de la estructura en ambos sentidos se muestra que la **edificación 41** cumple con los desplazamientos siendo estos menores a los límites que impone la normativa. Además, tras el análisis estructural de la **edificación 41** se comparan los resultados de las fuerzas cortantes y los momentos flectores obtenidos mediante el análisis manual y el análisis con el programa Etabs:

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el **primer nivel** del Muro 4X:

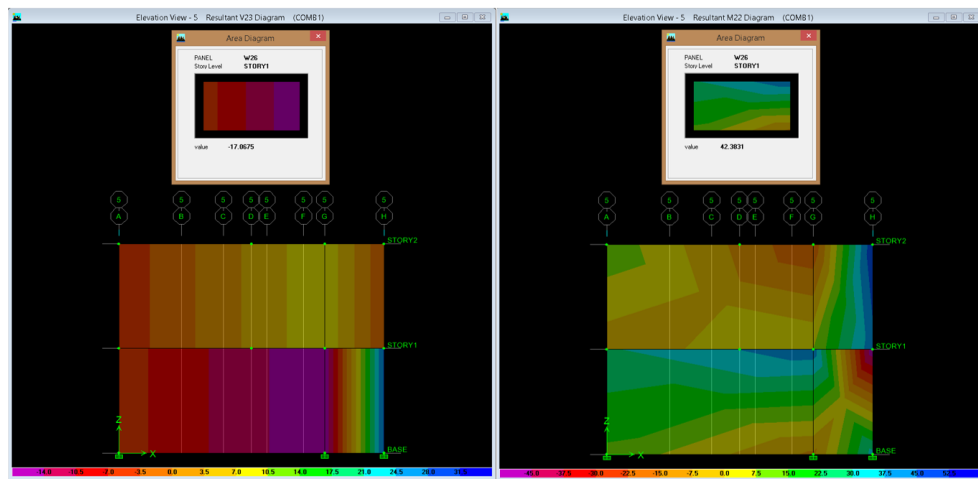


Figura 132. Fuerza cortante y momento flector del muro 2X

Fuente: propia

Cuadro 66. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 2X

Story	AreaOb	OutputCa	M11	M22	M12	V13	V23
STORY1	W26	COMB1	3.31	13.23	-1.56	1.23	-8.29
STORY1	W26	COMB1	-2.26	-9.04	-1.56	1.23	-17.18
STORY1	W26	COMB1	10.62	42.49	-2.4	-0.29	-17.18
STORY1	W26	COMB1	7.27	29.09	-2.4	-0.29	-8.29

Fuente: propia

$$V_{W26-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 8.29 \text{ Ton}$$

$$M_{W26-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 42.49 \text{ Ton.m}$$

Como se aprecia en la **Figura 122**, y los resultados del **Cuadro 67**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 2X, es prácticamente el mismo:

$$V_{Simplificado} = 8.78 \text{ Ton.} \approx V_{Etabs} = 8.29 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 2X en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{Simplificado} = 40.73 \text{ Ton.m.} \neq M_{Etabs} = 42.49 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el *segundo nivel* del Muro 4X:

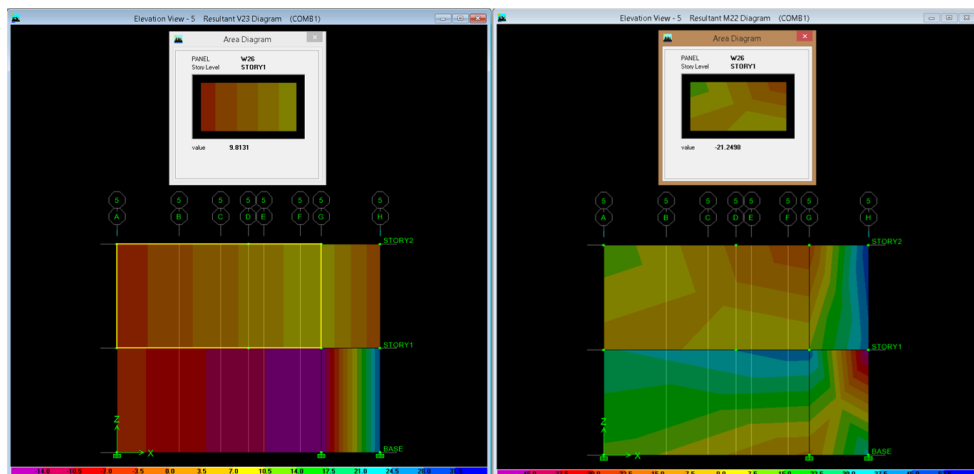


Figura 133. Fuerza cortante y momento flector del muro 2X

Fuente: propia

Cuadro 67. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 2X

Story	AreaOb	OutputCa	M11	M22	M12	V13	V23
STORY2	W26	COMB1	-1.16	-4.63	-1.27	0.2	-5.89
STORY2	W26	COMB1	1.92	7.66	-1.27	0.2	9.88
STORY2	W26	COMB1	-5.49	-21.97	-3.43	2.2	9.88
STORY2	W26	COMB1	3.26	13.02	-3.43	2.2	-5.89

Fuente: propia

$$V_{W27-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 5.89 \text{ Ton}$$

$$M_{W27-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 21.97 \text{ Ton.m}$$

Como se aprecia en la **Figura 122**, y los resultados del **Cuadro 68**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 2X, es prácticamente el mismo:

$$V_{\text{Simplificado}} = 5.77 \text{ Ton.} \approx V_{\text{Etabs}} = 5.89 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 2X en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{\text{Simplificado}} = 16.15 \text{ Ton.m.} \neq M_{\text{Etabs}} = 21.97 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el **primer nivel** del Muro 1Y:

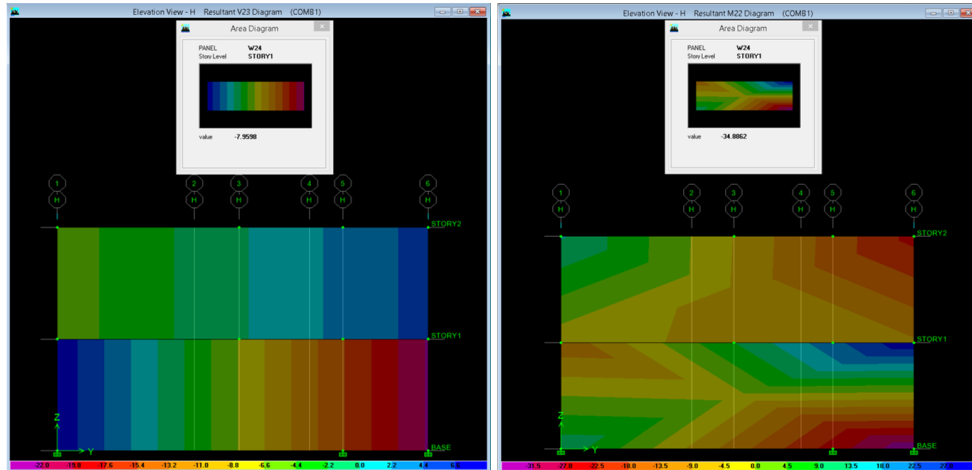


Figura 134. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Fuente: propia

Cuadro 68. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Story	AreaOb	OutputCa	M11	M22	M12	V13	V23
STORY1	W24	COMB1	3.11	12.44	-1.85	1.29	8.3
STORY1	W24	COMB1	-8.93	-35.72	-1.85	1.29	-22.27
STORY1	W24	COMB1	7.77	31.08	-2.11	-1	-22.27
STORY1	W24	COMB1	-3.11	-12.45	-2.11	-1	8.3

Fuente: propia

$$V_{W24-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 8.30 \text{ Ton}$$

$$M_{W24-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 35.72 \text{ Ton.m}$$

Como se aprecia en la **Figura 123** y los resultados del **Cuadro 69**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 2X, es prácticamente el mismo:

$$V_{Simplificado} = 9.63 \text{ Ton.} \approx V_{Etabs} = 8.30 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 2X en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{Simplificado} = 44.20 \text{ Ton.m.} \neq M_{Etabs} = 35.72 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el *segundo nivel* del Muro 1Y:

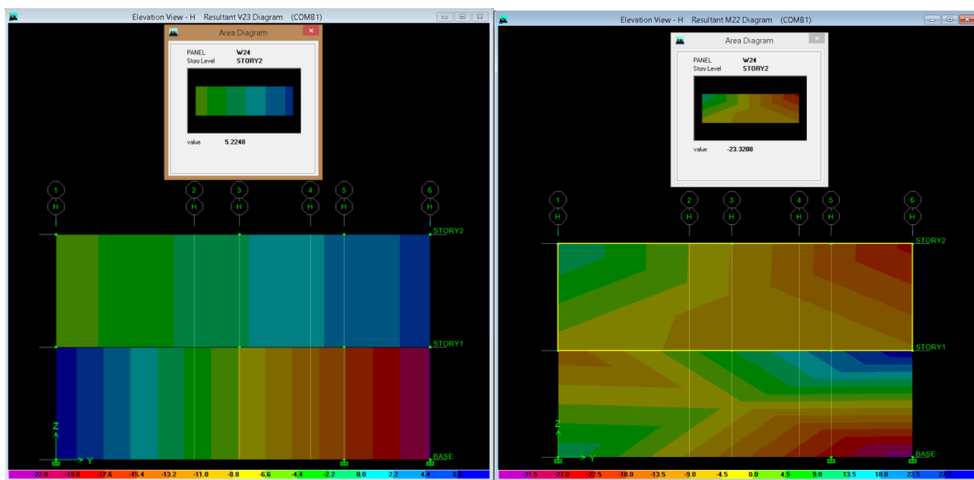


Figura 135. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Fuente: propia

Cuadro 69. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Story	AreaOb	OutputCa	M11	M22	M12	V13	V23
STORY2	W24	COMB1	-0.73	-2.92	-1.13	0.95	-5.65
STORY2	W24	COMB1	-2.07	-8.27	-1.13	0.95	5.28
STORY2	W24	COMB1	-6.03	-24.11	-3.57	1.77	5.28
STORY2	W24	COMB1	3.51	14.03	-3.57	1.77	-5.65

Fuente: propia

$$V_{W24-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 5.65 \text{ Ton}$$

$$M_{W24-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 14.03 \text{ Ton.m}$$

Como se aprecia en la **Figura 124** y los resultados del **Cuadro 70**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 2X, es prácticamente el mismo:

$$V_{Simplificado} = 6.16 \text{ Ton.} \approx V_{Etabs} = 5.65 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 2X en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{Simplificado} = 17.25 \text{ Ton.m.} \neq M_{Etabs} = 14.03 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

5.4. Edificación 45



Figura 136. Vista panorámica de la edificación analizada 45

Fuente: propia

La **edificación 45** se encuentra ubicada en el distrito de Huancayo en el sector de La Rivera, el sistema estructural es albañilería confinada, su uso es vivienda, cuenta con dos niveles más azotea, se emplaza en un área de 15.70 m

x 8.20 m y las unidades con las que se construyó son artesanales, las dos plantas son homogéneas, es decir existe continuidad vertical de los muros, se muestra a continuación el plano de las plantas, nótese que es el mismo utilizado para el cálculo del estudio Chimbote – 1970.

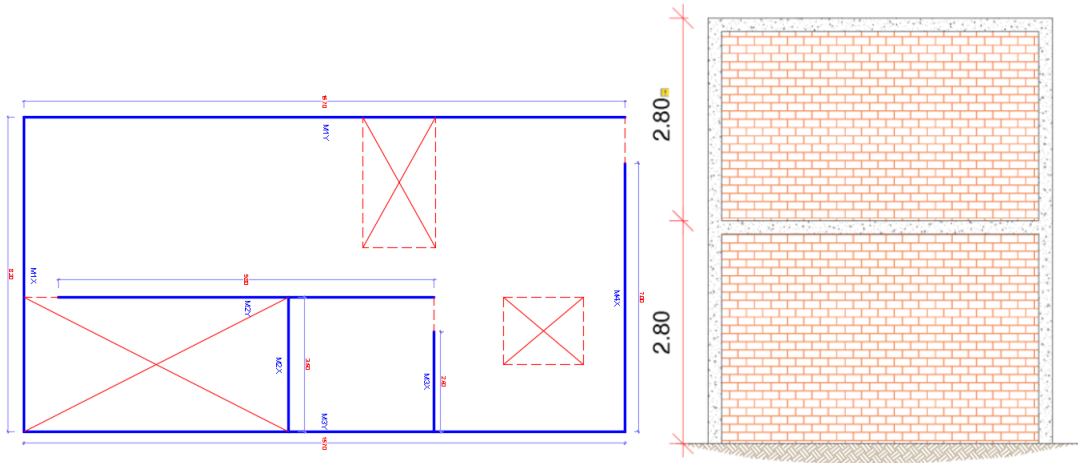


Figura 137. Levantamiento de la edificación analizada 45, plano utilizado para el estudio CH-70

Fuente: propia

5.4.1. Verificación simplificada de la edificación 45

Estructuralmente las columnas de confinamiento son de 22.5 cm x 22.5 cm, las vigas de confinamiento son de 15 cm x 20 cm y la losa es aligerada con un espesor de 20 cm, el direccionamiento de la losa se muestra en la **Figura 138**, adicionalmente se muestra el muro que soporta mayor carga axial (M4Y) resaltado en color rojo, debido a que se comenzará el análisis estático con este:

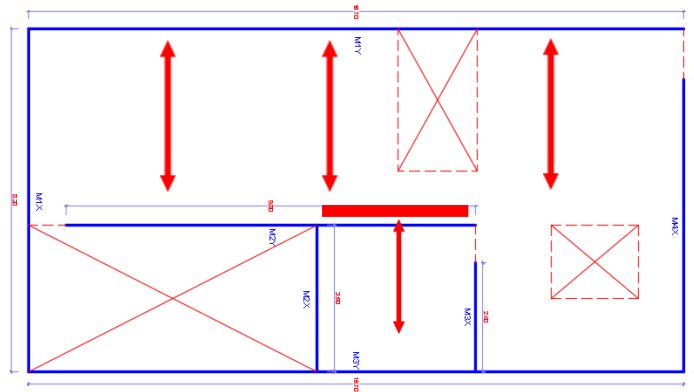


Figura 138. Direccionamiento de las losas aligeradas de 20 cm y muro más cargado axialmente (M2Y)

Fuente: propia

Ahora al ser una estructura de albañilería confinada, esta basa su comportamiento estructural, su disposición y sus capacidades mecánicas en los muros. A continuación, se realizará el análisis estático, un análisis simplificado que nos permitirá obtener resultados acerca del desenvolvimiento de la estructura ante sismos moderados así mismo se muestra en el **Cuadro 70**, los datos de diseño para la **edificación 45**.

Cuadro 70. Cuadro que detalla los datos para la verificación simplificada de la edificación 45

1) DATOS DE DISEÑO:	
◦ Peso específico de la Albañilería ($\gamma_{ALBAÑILERÍA}$):	1550.00 Kg/m ³
◦ Peso específico del Concreto ($\gamma_{CONCRETO}$):	2400.00 Kg/m ³
◦ Resistencia al corte ($v'm$):	56.90 Ton/m ²
◦ Peso de losa aligerada (20 cm.):	300.00 Kg/m ²
◦ Sobrecarga (Viviendas):	200.00 Kg/m ²
◦ Resistencia a la compresión ($f'm$):	27.90 Kg/cm ²
◦ Factor de Suelo (Z):	0.35 -
◦ Factor de Suelo (U):	1.00 -
◦ Factor de Amplificación Sísmica (C):	2.50 -
◦ Factor de Suelo (S):	1.20 -
◦ Número de pisos (N):	2.00 Und
◦ Área en planta (A_p):	128.20 m ²

Fuente: propia

5.4.1.1. Comportamiento ante esfuerzos de gravedad

Siendo los muros los elementos estructurales que soportan cargas de gravedad, se evaluará su capacidad de

respuesta, para ver si son capaces de resistir estos esfuerzos verticales o cederán fisurándose.

Las consideraciones y los cálculos se realizarán teniendo en cuenta la calidad de materiales y la disposición de los elementos estructurales con adecuada transmisión de cargas; a continuación, se muestra el cálculo respectivo:

○ **Cálculo del esfuerzo axial máximo**

Dado que analíticamente se determinó que el muro más cargado es el M2Y, se procederá a realizar el análisis de esfuerzo axial actuante comparándolo con el esfuerzo axial resistente. Si este muro resiste las cargas axiales sin problema indica que el resto de muros también lo harán. La fórmula para determinar esto es la siguiente, y se basa en el capítulo siete Artículo 19.1. Sección b., que describe al esfuerzo axial máximo que debe tener el muro con las siguientes limitantes:

$$\sigma_m = \frac{P}{L \times t} \leq 0.2f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \leq 0.15f'_m$$

Fórmula de comparación entre el esfuerzo axial máximo y el actuante.

Siendo:

- f'_m : resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm^2);
nota: f'_m – Huancayo: para unidades artesanales: 27.9 kg/cm^2
- P: carga de gravedad máxima de servicio, incluyendo el 100% de la sobrecarga (Kg) – Requiere metrado de cargas
- L: longitud del muro (cm)
- t: espesor del muro (cm)

Para determinar el peso total que carga la estructura se debe realizar el metrado de cargas correspondiente, el cálculo se muestra a continuación:

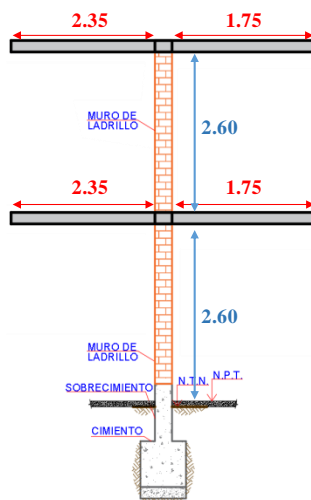


Figura 139. Muro 2Y perteneciente a la edificación 45

Fuente: propia

Cuadro 71. Metrado de cargas del muro 2Y, muro más cargado de la edificación 45

CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 1er NIVEL:	1550.00	x 0.15	x 2.40 x 1.00 = 558.00 Kg/m
◦ TABIQUERÍA 2do NIVEL:	1550.00	x 0.15	x 2.60 x 1.00 = 604.50 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	x 0.15	x 0.20 x 2.00 = 144.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	300.00	x 4.10	x - x 2.00 = 2460.00 Kg/m
◦ PISO TERMINADO:	100.00	x 4.25	x - x 2.00 = 850.00 Kg/m
			4616.50 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA 2do NIVEL:	200	x 4.25	x - x 1.00 = 850.00 Kg/m
◦ SOBRECARGA AZOTEA:	100	x 4.25	x - x 1.00 = 425.00 Kg/m
			1275.00 Kg/m
Peso que carga el muro (P):	4616.5Kg/m + 1275Kg/m		= 5891.50 Kg/m

Fuente: propia

Una vez obtenidos los datos se procede a calcular el esfuerzo axial actuante para posteriormente compararlo con el esfuerzo axial resistente, el cálculo mencionado se muestra a continuación:

Esfuerzo Axial Actuante:

$$\sigma_m = \frac{P}{L \times t} \quad \Rightarrow \quad \sigma_m = \frac{5891.50}{100 \times 15} = 3.93 \text{ Kg/cm}^2$$

$$0.2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35t} \right)^2 \right] \quad \Rightarrow \quad 0.2 \times 27.9 \left[1 - \left(\frac{240}{35 \times 15} \right)^2 \right] = 4.41 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo Axial Resistente:

$$0.15 f'_m \quad \Rightarrow \quad 0.15 \times 27.9 = 4.19 \text{ Kg/cm}^2$$

Comparando los valores de esfuerzo axial actuante y el esfuerzo axial resistente, se aprecia que el esfuerzo axial actuante (3.93 kg/cm²) es menor que el esfuerzo axial resistente (4.19 kg/cm²), de lo que se deduce que los muros de la edificación no fallarán debido a carga axial. Esto a pesar de las propiedades físico mecánicas de las unidades artesanales de albañilería, teniendo en cuenta que la norma permite el uso de estas unidades para edificaciones no mayores a dos niveles, las unidades analizadas tienen una resistencia a la compresión de 27.9 kg/cm², inferior a la normativa que especifica una resistencia a la compresión de 35.00 kg/cm², y aun así cumple este análisis.

5.4.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmicos

Siendo los muros los elementos estructurales que soportan cargas sísmicas, se evaluará su capacidad de respuesta, para ver si son capaces de resistir estos esfuerzos horizontales o cederán fisurándose.

Las consideraciones y los cálculos se realizarán teniendo en cuenta un sismo moderado e independientemente para ambas direcciones XX e YY, ya que las dos recibirán estos esfuerzos, además de no existir simultaneidad de sismos; a continuación, se muestra el cálculo respectivo:

○ **Cálculo de la cortante basal sísmica (V)**

Para el cálculo del sismo estático, se calcula a continuación la cortante basal sísmica (V), en el acápite **2.2.2. Diseño estructural.**, se detallan los procedimientos de cálculo; a continuación, se muestra el cálculo para la **edificación 45**, mientras que los valores de los coeficientes se obtienen del **Cuadro 70. Datos de diseño**. Los valores obtenidos de cortante basal serán los mismos para ambas direcciones.

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P$$

Sin embargo, para el cálculo del coeficiente de reducción (R), es necesario hacer un cálculo previo, en función al coeficiente básico de reducción (Ro), y los factores de irregularidad (Ia e Ip). Con el objetivo de simplificar cálculos se asumirá la edificación como regular y por ende los factores de irregularidad Ia e Ip, se adjudicará como 1.00 para después verificar con el uso del programa Etabs. Asimismo, para el cálculo del peso de la edificación se muestra a continuación su metrado de cargas.

Cuadro 72. Cálculo de las cargas muertas y vivas de la edificación 45 en ambos niveles

ELEMENTOS	PRIMER NIVEL							SEGUNDO NIVEL						
	CARGA MUERTA							CARGA MUERTA						
	Nombre	Peso específico ^V (Ton/m3)	l	a	h	# de Veces	Peso (Ton)	Nombre	Peso específico ^V (Ton/m3)	l	a	h	# de Veces	Peso (Ton)
MUROS	1X	1.55	8.20	0.15	2.60	1.00	4.96	1X	1.55	8.20	0.15	2.60	1.00	4.96
	2X	1.55	3.50	0.15	2.60	1.00	2.12	2X	1.55	3.50	0.15	2.60	1.00	2.12
	3X	1.55	2.60	0.15	2.60	1.00	1.57	3X	1.55	2.60	0.15	2.60	1.00	1.57
	4X	1.55	7.00	0.15	2.60	1.00	4.23	4X	1.55	7.00	0.15	2.60	1.00	4.23
	1Y, 3Y	1.55	15.70	0.15	2.60	2.00	18.98	1Y, 3Y	1.55	15.70	0.15	2.60	2.00	18.98
	2Y	1.55	9.80	0.15	2.60	1.00	5.92	2Y	1.55	9.80	0.15	2.60	1.00	5.92
	Σ: 37.78								Σ: 37.78					
VIGAS CHATAS	VHC-1X	2.4	8.20	0.15	0.20	1.00	0.59	VHC-1X	2.4	8.20	0.15	0.20	1.00	0.59
	VHC-2X	2.4	3.50	0.15	0.20	1.00	0.25	VHC-2X	2.4	3.50	0.15	0.20	1.00	0.25
	VHC-3X	2.4	2.60	0.15	0.20	1.00	0.19	VHC-3X	2.4	2.60	0.15	0.20	1.00	0.19
	VHC-4X	2.4	7.00	0.15	0.20	1.00	0.50	VHC-4X	2.4	7.00	0.15	0.20	1.00	0.50
	VHC-1Y, 3Y	2.4	15.70	0.15	0.20	2.00	2.26	VHC-1Y, 3Y	2.4	15.70	0.15	0.20	2.00	2.26
	VHC-2Y	2.4	9.80	0.15	0.20	1.00	0.71	VHC-2Y	2.4	9.80	0.15	0.20	1.00	0.71
	VHC-1	2.4	1.20	0.15	0.20	2.00	0.17	VHC-1	2.4	1.20	0.15	0.20	2.00	0.17
	VHC-2	2.4	1.75	0.15	0.20	2.00	0.25	VHC-2	2.4	1.75	0.15	0.20	2.00	0.25
	VHC-3	2.4	2.09	0.15	0.20	2.00	0.30	VHC-3	2.4	2.09	0.15	0.20	2.00	0.30
	VHC-4	2.4	3.40	0.15	0.20	2.00	0.49	VHC-4	2.4	3.40	0.15	0.20	2.00	0.49
	VHC-5	2.4	1.90	0.15	0.20	1.00	0.14	VHC-5	2.4	1.90	0.15	0.20	1.00	0.14
	VHC-6	2.4	0.90	0.15	0.20	2.00	0.13	VHC-6	2.4	0.90	0.15	0.20	2.00	0.13
	Σ: 5.98								Σ: 5.98					
COLUMNAS	C1 - C24	2.4	0.23	0.23	2.60	19.00	6.00	C1 - C24	2.4	0.23	0.23	2.60	19.00	6.00
Σ: 6.00								Σ: 6.00						
LOSAS	Losa	0.3	A= 93.6	0.20	1	6.55		Losa	0.3	A= 93.6	0.20	1	6.55	
Σ: 6.55								Σ: 6.55						
PISO TERMINADO	PT	0.1	A= 86.58	-	1	8.66		PT	0.1	A= 86.58	-	1	8.66	
Σ: 8.66								Σ: 8.66						
CARGA VIVA								CARGA VIVA						
	S/C	0.2	A= 86.58	-	1	17.32		S/C	0.1	A= 86.58	-	1	8.66	
Σ: 17.32								Σ: 8.66						
Σ TOTA CM: 64.98								Σ TOTA CM: 64.98						
Σ TOTA CV: 17.32								Σ TOTA CV: 8.66						

Peso de la edificación - Nivel 01 (P):	CM Ton + 0.25CV Ton 64.98Ton + 17.32Ton	=	69.30 Ton
Peso de la edificación - Nivel 02 (P):	CM Ton + 0.25CV Ton 64.98Ton + 8.66Ton	=	67.14 Ton
Peso Total de la edificación (P):	CM Ton + 0.25CV Ton 129.95Ton + 25.97Ton	=	136.44 Ton

Fuente: propia

Mientras que el coeficiente Ro asumido es seis debido a que el análisis realizado es para un sismo moderado. Se muestra a continuación el cálculo del factor de reducción:

Coeficiente de reducción (R):

$$R = R_o \times I_a \times I_p \quad \Rightarrow \quad R = 6 \times 1.00 \times 1.00 \quad \Rightarrow \quad R = 6.00$$

Para el cálculo de la cortante basal se toma el factor de zona (Z): 0.35, al estar el distrito de Huancayo ubicado en la zona tres:

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Figura 140. Valores del factor de zona (Z) en función a su ubicación geográfica
Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Para el cálculo de la cortante basal se toma el factor de uso (U): 1.00, al ser el uso de la **edificación 45**, vivienda (categoría C, edificaciones comunes):

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Figura 141. Valores del factor de uso (U) en función a su descripción
Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Para el cálculo de la cortante basal se toma el factor de suelo (S): 1.20, al ser el factor de zona (Z) tres y el tipo de suelo S3:

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO \ ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Figura 142. Valores del factor de suelo (S) en función al factor de zona (Z)

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Para la cortante basal se calculará previamente el factor de amplificación sísmica (C):

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _p " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Figura 143. Valores de los periodos de vibración (Tp, Tl) en función al tipo de suelo

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

$$T < T_p \quad C = 2,5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$$

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Figura 144. Cálculo del factor de amplificación sísmica (C)

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

$$T = \frac{5,60}{60} \implies T = 0,09$$

$$T_p = 1,00$$

$$T_L = 1,60$$

Entonces para obtener el factor de amplificación sísmica (C), se cumple la primera condición por lo que $C = 2,5$.

Obtenido todos los valores se procede al cálculo de la cortante basal (V):

Cortante basal (V):

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P \Rightarrow V = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.5 \times 1.20}{6.00} \times 136.44 \Rightarrow V = 23.88 \text{Ton}$$

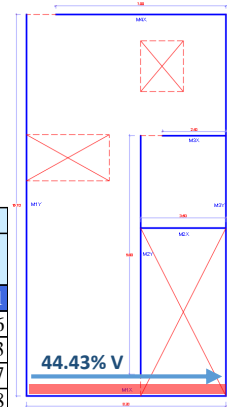
El cálculo demuestra que la cortante basal de la edificación analizada es 47.86 Ton; sin embargo, el valor de la cortante basal que se aplicará en el Etabs variará en función a los coeficientes de irregularidad I_a e I_p , mostrado en el **Cuadro 81** y el **Cuadro 82**, estos valores deben repartirse en todos los niveles además cada uno de los muros tendrá un porcentaje de absorción en función de su rigidez, esto a causa de los diafragmas que reparten la fuerza sísmica a cada muro.

A continuación, se muestra la fórmula para el cálculo de rigidez de cada muro con sus respectivos cálculos en ambas direcciones XX e YY, además se resaltan los muros que tienen mayor porcentaje de absorción de la cortante basal y el valor que toma cada uno de ellos.

$$k = \frac{E_m \times t}{4 \left(\frac{h}{L}\right)^3 + 3 \left(\frac{h}{L}\right)}$$

Cuadro 73. Cálculo de rigideces de los muros en XX, además de su porcentaje de absorción de la cortante basal (V)

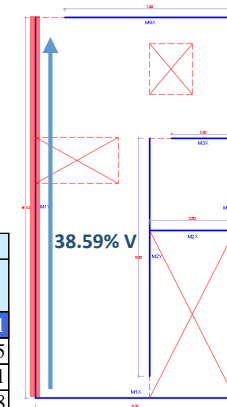
RIGIDEZ DE LOS MUROS EN XX								
Nivel	Nº Muro	Em (kg/cm ²)	Altura h (cm)	Longitud L (cm)	t (cm)	K (Ton/cm)	% de Absorción	V (Ton)
1	1X	11570	260	820	15	160.88	44.43 %	10.61
	2X	11570	260	350	15	44.86	12.39 %	2.96
	3X	11570	260	260	15	24.79	6.85 %	1.63
	4X	11570	260	700	15	131.55	36.33 %	8.67
						362.09	100.00 %	23.88



Fuente: propia

Cuadro 74. Cálculo de rigideces de los muros en YY, además de su porcentaje de absorción de la cortante basal (V)

RIGIDEZ DE LOS MUROS EN YY								
Nivel	Nº Muro	Em (kg/cm ²)	Altura h (cm)	Longitud L (cm)	t (cm)	K (Ton/cm)	% de Absorción	V (Ton)
1	1Y	11570	260	1570	15	337.00	38.59 %	9.21
	2Y	11570	260	980	15	199.34	22.83 %	5.45
	3Y	11570	260	1570	15	337.00	38.59 %	9.21
						873.35	100.00 %	23.88



Fuente: propia

Como se aprecia en XX el muro que más absorbe carga sísmica debido a su alta rigidez es el muro 1X, mientras que en YY es el muro 1Y. Para el cálculo de la distribución de las fuerzas sísmicas en los niveles es necesario determinar el peso que carga cada muro por nivel, para lo cual se realiza a continuación el metrado de cargas de cada uno:

**Cuadro 75. Metrado de cargas del muro 1X que absorbe más carga sísmica en la dirección
XX**

Metrado de cargas Primer nivel Muro 1X			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 1er NIVEL:	1550.00	$\times 0.15 \times 2.40 \times 1.00 =$	558.00 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	$\times 0.15 \times 0.25 \times 1.00 =$	90.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	300.00	$\times 0.40 \times - \times 1.00 =$	120.00 Kg/m
◦ PISO TEMINADO:	100.00	$\times 0.55 \times - \times 1.00 =$	55.00 Kg/m
			823.00 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA 2do NIVEL:	200	$\times 0.55 \times - \times 1.00 =$	110.00 Kg/m
			110.00 Kg/m
Peso que carga el muro 1 (P):	823Kg/m + 110Kg/m	=	933.00 Kg/m
Metrado de cargas Segundo nivel Muro 1X			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 2do NIVEL:	1550.00	$\times 0.15 \times 2.60 \times 1.00 =$	604.50 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	$\times 0.15 \times 0.25 \times 1.00 =$	90.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	300.00	$\times 0.40 \times - \times 1.00 =$	120.00 Kg/m
◦ PISO TEMINADO:	100.00	$\times 0.55 \times - \times 1.00 =$	55.00 Kg/m
			869.50 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA AZOTEA:	100	$\times 0.55 \times - \times 1.00 =$	55.00 Kg/m
			55.00 Kg/m
Peso que carga el muro 2 (P):	869.5Kg/m + 55Kg/m	=	924.50 Kg/m
Peso que carga el muro T (P):	933Kg/m + 924.5Kg/m	=	1857.50 Kg/m
Carga muerta Total (CM):	823Kg/m + 869.5Kg/m	=	1692.50 Kg/m
Carga viva Total (CV):	110Kg/m + 55Kg/m	=	165.00 Kg/m

Fuente: propia

**Cuadro 76. Metrado de cargas del muro 1Y que absorbe más carga sísmica en la dirección
YY**

Metrado de cargas Primer nivel Muro 1Y			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 1er NIVEL:	1550.00	$\times 0.15 \times 2.40 \times 1.00 =$	558.00 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	$\times 0.15 \times 0.25 \times 1.00 =$	90.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	300.00	$\times 2.35 \times - \times 1.00 =$	705.00 Kg/m
◦ PISO TEMINADO:	100.00	$\times 2.50 \times - \times 1.00 =$	250.00 Kg/m
			1603.00 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA 2do NIVEL:	200	$\times 2.50 \times - \times 1.00 =$	500.00 Kg/m
			500.00 Kg/m
Peso que carga el muro 1 (P):	1603Kg/m + 500Kg/m	=	2103.00 Kg/m
Metrado de cargas Segundo nivel Muro 1Y			
CARGA MUERTA			
◦ TABIQUERÍA 2do NIVEL:	1550.00	$\times 0.15 \times 2.60 \times 1.00 =$	604.50 Kg/m
◦ VIGA SOLERA:	2400.00	$\times 0.15 \times 0.25 \times 1.00 =$	90.00 Kg/m
◦ ALIGERADO:	300.00	$\times 2.35 \times - \times 1.00 =$	705.00 Kg/m
◦ PISO TEMINADO:	100.00	$\times 2.50 \times - \times 1.00 =$	250.00 Kg/m
			1649.50 Kg/m
CARGA VIVA			
◦ SOBRECARGA AZOTEA:	100	$\times 2.50 \times - \times 1.00 =$	250.00 Kg/m
			250.00 Kg/m
Peso que carga el muro 2 (P):	1649.5Kg/m + 250Kg/m	=	1899.50 Kg/m
Peso que carga el muro T (P):	2103Kg/m + 1899.5Kg/m	=	4002.50 Kg/m
Carga muerta Total (CM):	1603Kg/m + 1649.5Kg/m	=	3252.50 Kg/m
Carga viva Total (CV):	500Kg/m + 250Kg/m	=	750.00 Kg/m

Fuente: propia

Obtenido el peso de cada nivel se procede a realizar la distribución de las fuerzas sísmicas en los niveles para cada muro en ambas direcciones. Además, se observa el cálculo de excentricidad accidental (Efecto de Torsión - E_a) igual a $0.05B$, donde B es la dimensión del edificio perpendicular a la dirección de análisis, modificando de esta forma las reacciones de los muros 2X y 1Y.

Cuadro 77. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 1X

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS EN XX - MURO 1X					EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL EN XX - MURO 1X					
Nivel	Peso (Ton)	H (m)	P x H	F (Ton)	Nivel	B (m)	E_a	F_i (Ton)	$E_a \times F_i$	
1	0.93	2.80	2.61	3.56	1	15.70	0.79	3.56	6.35	
2	0.92	5.60	5.18	7.05	2			7.05	12.59	
				7.79	10.61					18.94

Fuente: propia

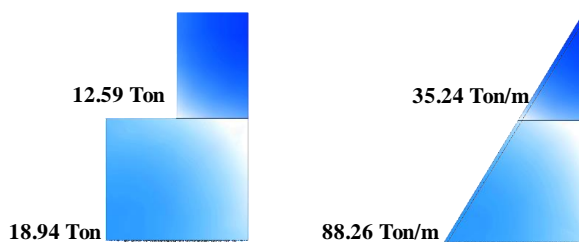


Figura 145. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 1X

Fuente: propia

Cuadro 78. Distribución de esfuerzos de la cortante basal (V) sobre el muro 1Y

DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS EN YY - MURO 1Y					EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL EN YY - MURO 1Y					
Nivel	Peso (Ton)	H (m)	P x H	F (Ton)	Nivel	B (m)	E_a	F_i (Ton)	$E_a \times F_i$	
1	2.10	2.80	5.89	3.28	1	7.00	0.35	3.28	4.43	
2	1.90	5.60	10.64	5.93	2			5.93	8.01	
				16.53	9.21					12.44

Fuente: propia

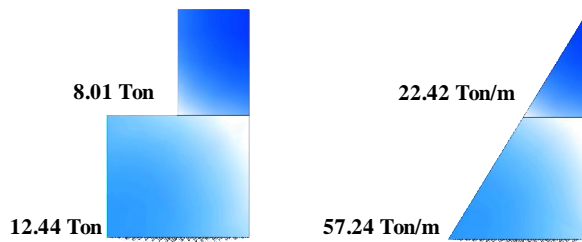


Figura 146. Fuerzas cortantes y momentos flectores del muro 1Y

Fuente: propia

Los datos previamente obtenidos serán valiosos para determinar el comportamiento de la estructura ante cargas sísmicas, la fórmula para el cálculo de control de fisuración se muestra a continuación:

$$V_e \leq 0.55V_m$$

$$V_m = 0.5v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g$$

Siendo:

- V_e : fuerza cortante ante sismo moderado del primer nivel
- V_m : resistencia a la fuerza cortante
- v'_m : resistencia al corte de la albañilería (kg/cm^2); nota:
 v'_m – Huancayo: para unidades artesanales: $56.90 \text{ kg}/\text{cm}^2$
- P_g : peso sobre la estructura, se calculará mediante la suma del peso muerto de la estructura más un porcentaje de la carga viva. Tal como lo menciona el capítulo cuatro de la norma E030, en el artículo 4.3. Para el cálculo del peso de la **edificación 45** se analizó la categoría de cada una, determinada en el tipo de uso.

4.3 Estimación del Peso (P)

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50 % de la carga viva.
- En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25 % de la carga viva.
- En depósitos, el 80 % del peso total que es posible almacenar.
- En azoteas y techos en general se tomará el 25 % de la carga viva.
- En estructuras de tanques, silos y estructuras similares se considerará el 100 % de la carga que puede contener.

Figura 147. Cálculo del peso (P) de la estructura

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

- L: longitud del muro (cm)
- t: espesor del muro (cm)
- α : factor de resistencia al corte por efectos de esbeltez, la fórmula para obtenerlo es la siguiente:

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e \times L}{M_e} \leq 1$$

Se muestra a continuación el cálculo para verificar el buen comportamiento sísmico de la **edificación 45**, para el caso de la dirección XX el cálculo sería el siguiente:

Cálculo del factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez:

$$0.33 \leq \alpha = \frac{21.27 \times 10.61}{49.45} \leq 1 \Rightarrow 0.33 \leq \alpha = 1.76 \leq 1$$

$$\alpha = 1$$

Cálculo de la resistencia a fuerza cortante:

$$V_m = 0.5v_m' \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g$$

$$V_m = 0.5 \times 56.9 \times 1 \times 0.15 \times 8.20 + 0.23 \times 6.07 \Rightarrow V_m = 36.39$$

$$V_e \leq 0.55V_m$$

$$10.61 \leq 0.55 \times 36.39$$

$$10.61 \leq 20.01$$

Como se puede apreciar la condición de fisuración cumple el límite permitido sin sobrepasarlo, esto da crédito a que los muros de la **edificación 45** no se agrietarán ante un

sismo moderado o fallará fisurándose en el sentido XX. Por otro lado, para el caso de la dirección YY el cálculo sería el siguiente:

Cálculo del factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez:

$$0.33 \leq \alpha = \frac{18.47 \times 9.21}{42.4} \leq 1 \Rightarrow 0.33 \leq \alpha = 3.41 \leq 1$$

$$\alpha = 1$$

Cálculo de la resistencia a fuerza cortante:

$$V_m = 0.5v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23P_g$$

$$V_m = 0.5 \times 56.9 \times 1 \times 0.15 \times 15.70 + 0.23 \times 54.01 \Rightarrow V_m = 79.42$$

$$V_e \leq 0.55V_m$$

$$9.21 \leq \frac{0.55 \times 56.07}{43.68}$$

Del mismo modo se puede apreciar que la condición de fisuración cumple sin sobrepasar el límite permitido, esto da crédito a que los muros YY no se agrietarán ante un sismo moderado ni fallarán. Ahora se debe tener en cuenta que la **edificación 45** sí cumple con resistir los esfuerzos axiales mínimos y también cumple ante los esfuerzos sísmicos provenientes de un sismo moderado. A continuación, se realiza el análisis estático utilizando el programa Etabs para analizar los desplazamientos de la **edificación 45**.

5.4.2. Verificación con Etabs de la edificación 45

Determinada la respuesta estructural de la **edificación 45**, mediante los procedimientos simplificados de cálculo, se procederá a realizar un análisis más juicioso utilizando el programa Etabs, este programa nos proporciona cálculos más exactos. El método de trabajo de esta edificación será el estático, dado que se analiza una estructura de albañilería confinada con unidades artesanales de no más de dos niveles, tal como lo restringe la normativa para este tipo de unidades. Posteriormente se realizará la comparación obtenida en cuanto a comportamiento estructural de los resultados previos y los resultados

del programa, mostrando conjuntamente los desplazamientos que estos tienen conforme a la normativa. Las características de los materiales y las condiciones de diseño propuestas para el uso del programa serán las mismas descritas en el **Cuadro 70**. Se muestra a continuación el modelamiento estructural de la **edificación 1**, considerando que son los muros los que soportarán las cargas gravitacionales y los esfuerzos sísmicos transmitidos a estos mediante el diafragma rígido conformado por una losa de 25 cm.

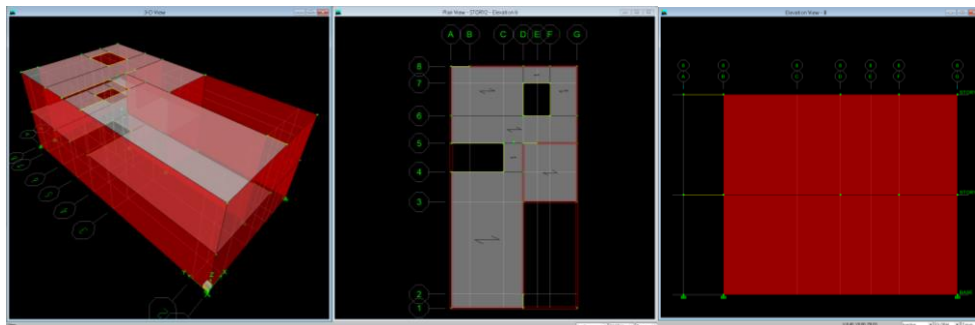


Figura 148. Vista en planta y elevación del modelamiento de la edificación 45

Fuente: propia

Realizado el modelamiento se procedió a aplicar las cargas que actúan sobre la edificación, teniendo cargas de dos tipos, las cargas de gravedad y las cargas sísmicas, para las cargas de gravedad se procedió a realizar un metrado de cargas como se muestra a continuación.

Cuadro 79. Metrado de cargas de la edificación 45

LOSAS 1 PISO

Carga Muerta CM : **1° AL 2° PISO**
 (Teniendo en cuenta que el peso del aligerado y viga lo calcula el Software)

DATOS PARA LA CM

DESCRIPCION	CANTID
PESO ALIGERADO 20CM	300 KG/M2
PESO TABIQUERIA	100 KG/M2
PESO ACABADO	100 KG/M2
TOTAL	500 KG/M2

DATOS PARA LA CV

S/C VIVIENDA	200 KG/M2
CORREDORES/ESCA S/C LERAS	400 KG/M2

LOSAS AZOTEA

Carga Muerta CM : **1° AL 2° PISO**
 (Teniendo en cuenta que el peso del aligerado y viga lo calcula el Software)

DATOS PARA LA CM

DESCRIPCION	CANTID
PESO ALIGERADO 20CM	300 KG/M2
PESO TABIQUERIA	25
PESO ACABADO	25 KG/M2
TOTAL	350 KG/M2

DATOS PARA LA CV

S/C VIVIENDA	200 KG/M2
--------------	-----------

Fuente: propia

Por otro lado, para las cargas sísmicas se calculó la cortante basal con el fin de realizar el análisis sísmico estático, este cálculo está en función de los parámetros de sitio, mostrando a continuación la fórmula de cálculo. Se debe tener en cuenta que obtenida la cortante basal esta se debe de repartir en la altura de la edificación exactamente en el centro de masas de los entrespisos y en ambos sentidos (XX, YY):

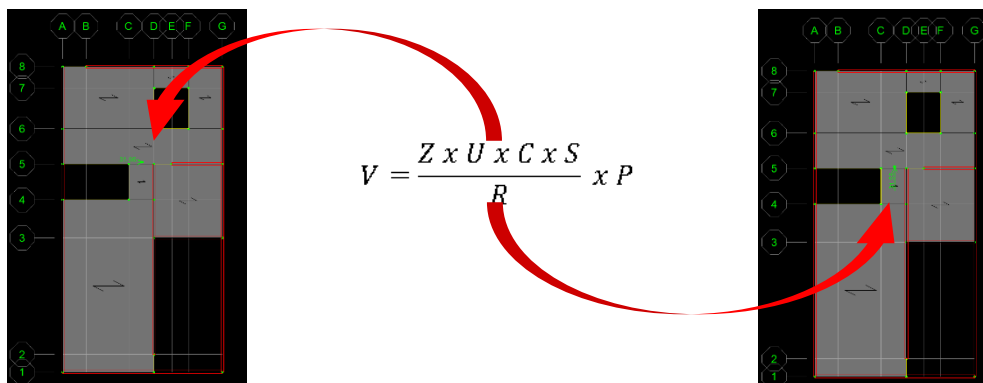


Figura 149. Fórmula para el cálculo de la cortante basal (V) y fuerza aplicada en el centro de masas (CM) de cada entrespiso

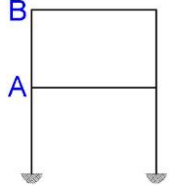
Fuente: propia

Sin embargo, para el cálculo de la cortante basal en los cálculos simplificados previamente se asumió que la estructura era regular, por lo que a continuación se muestra la fórmula de obtención de este factor, así como el cálculo de sus variables comenzando por la irregularidad en altura según la Tabla N° 8 de la norma E030 – diseño sismorresistente, para luego mostrar el cálculo del nivel de irregularidad en planta según la Tabla N° 9 de la normativa mencionada:

$$R = R_o \times I_a \times I_p$$

○ **A PARTIR DE LA TABLA N° 8 (irregularidades estructurales en altura):**

➤ **Irregularidad de rigidez – piso blando y piso débil**

	<p>Irregularidad de Rigidez - Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</p>	
$\frac{\Delta A}{\Delta B} \geq 1.40$ $\frac{\Delta A}{\left(\frac{\Delta A}{\Delta A + \Delta B}\right)} \geq 1.25$		0,75
<p>Irregularidad de rigidez - Piso blando</p> $V_A < 80\% \cdot V_B$ $V_A/V_B < 0.80$ <p>Irregularidad de resistencia - Piso débil</p>	<p>Irregularidades de Resistencia - Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	

Se muestra en el fragmento de la normativa además de su interpretación, como se puede apreciar la irregularidad, es necesario obtener los desplazamientos de cada nivel, así como su resistencia a esfuerzos cortantes, obtenido estos resultados mediante el programa Etabs se procedió al cálculo, a continuación se muestran los datos conseguidos además del cálculo respectivo para determinar la irregularidad de piso blando y piso débil, de obtenerse ambas condiciones el factor de irregularidad de altura

será 0.75 de lo contrario será uno. Además, el análisis se realiza para ambos sentidos es decir XX e YY:

Irregularidad de Rigidez - Piso Blando											
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y					
Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores	Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores
Story2	SDXX	0.003	0.0014	1.14	1.14	Story2	SDYY	0.0012	0.0005	1.40	1.40
Story1	SDXX	0.0016	0.0016			Story1	SDYY	0.0007	0.0007		
Base	SDXX	0				Base	SDYY	0.00	0.00		
Irregularidad de Resistencia - Piso Débil											
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y					
Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vxx	DIF. CORTANTE POR PISO	Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vyy	DIF. CORTANTE POR PISO
Story2	SDXX	Top	-47.05	0	1.70	Story2	SDYY	Top	0	-47.05	1.70
Story2	SDXX	Bottom	-47.05	0		Story2	SDYY	Bottom	0	-47.05	
Story1	SDXX	Top	-79.91	0		Story1	SDYY	Top	0	-79.91	
Story1	SDXX	Bottom	-79.91	0		Story1	SDYY	Bottom	0	-79.91	
¿Existe Irregularidad XX?		No		Ia: 1		¿Existe Irregularidad YY?		Si		Ia: 0.75	

Como se puede apreciar los resultados demuestran que en el sentido XX se cumple la irregularidad de rigidez de piso blando y de resistencia; sin embargo, en YY no se cumple la irregularidad de rigidez - Piso débil por lo que el factor de irregularidad en altura para esta condición es Ia=1.

➤ Irregularidad de rigidez extrema

Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,50	Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
		Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.		
		Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
		A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
			1	No se permiten irregularidades extremas
		B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
			1	Sin restricciones
		C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
			2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
			1	Sin restricciones
		Irregularidad de rigidez		

Para el cálculo del factor de irregularidad ante rigidez, la normativa nos deriva a la Tabla N° 10 donde se aprecia que para

edificaciones comunes (categoría C) y zona tres como el distrito de Huancayo, no permite irregularidades extremas, el cálculo se muestra a continuación:

Irregularidad Extrema de Rigidez - Piso Blando											
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y					
Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores	Story	Load Case/Combo	Desp. (m)	Deriva (m)	Ratio al piso superior	Ratio al promedio de 3 pisos superiores
Story2	SDXX	0.003	0.0014	1.14	1.14	Story2	SDYY	0.0012	0.0005	1.40	1.40
Story1	SDXX	0.0016	0.0016			Story1	SDYY	0.0007	0.0007		
Base	SDXX	0				Base	SDYY	0			
Irregularidad Extrema de Resistencia - Piso Débil											
ANALISIS EN DIRECCION X-X						ANALISIS EN DIRECCION Y-Y					
Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vxx	DIF. CORTANTE POR PISO	Story	Load Case/Combo	Ubicación	Dirección Cortante Vxx	DIRECCION CORTANTE Vyy	DIF. CORTANTE POR PISO
Story2	SDXX	Top	-47.05	0	1.70	Story2	SDYY	Top	0	-47.05	1.70
Story2	SDXX	Bottom	-47.05	0		Story2	SDYY	Bottom	0	-47.05	
Story1	SDXX	Top	-79.91	0		Story1	SDYY	Top	0	-79.91	
Story1	SDXX	Bottom	-79.91	0		Story1	SDYY	Bottom	0	-79.91	
¿Existe Irregularidad XX?		No		Ia: 1		¿Existe Irregularidad YY?		No		Ia: 1	

Siendo los resultados iguales a los obtenidos por rigidez simple, las ratios no superan tampoco los mínimos dispuestos para irregularidad extrema, por lo que los resultados demuestran que en ambos sentidos se cumple la irregularidad de rigidez extrema de piso blando, así como la irregularidad de resistencia extrema de Piso débil por lo que el factor de irregularidad en altura para esta condición también es $I_a=1$.

➤ Irregularidad de masa o peso

NO APLICA

Irregularidad de Masa o Peso
 Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente.
 Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

0,90

Irregularidad de Masa o Peso

Para el caso de la **edificación 45**, el cálculo de irregularidad de masa o peso se muestra a continuación:

Irregularidad de Masa o Peso					
ANALISIS EN DIRECCION X-X = ANALISIS EN DIRECCION Y-Y					
Story	Diaphragm	Mass XX tonf-s ² /m	Mass YY tonf-s ² /m	Diferencial de Masa XX	Diferencial de Masa YY
Story2	D2	6.3278	6.3278		
Story1	D1	9.9978	9.9978	1.58	1.58
Base					
¿Existe Irregularidad?		Si		Ia:	0.90

Siendo que existe irregularidad el factor de irregularidad Ia:
0.90.

➤ Irregularidad geométrica vertical

	<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
--	--	------

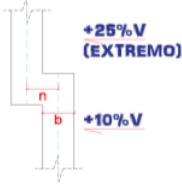
Irregularidad Geométrica Vertical

Para el caso de la **edificación 45**, el cálculo de irregularidad geométrica vertical se muestra a continuación:

Irregularidad Geométrica Vertical		
ANALISIS EN DIRECCION X-X = ANALISIS EN DIRECCION Y-Y		
Story	Área en planta (m ²)	Diferencial de área
Story2	94.51	1.00
Story1	94.51	
Base		
¿Existe Irregularidad?		No
		Ia: 1.00

Siendo no que existe irregularidad el factor de irregularidad Ia: 1.00.

➤ **Discontinuidad en los sistemas resistentes**

<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0,80
	$n > 25\% \cdot b$ $\frac{n}{b} > 0.25$ <p><i>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes</i></p>

En el caso de la **edificación 45** no existe discontinuidad en los elementos estructurales por lo que el criterio de Discontinuidad en los Sistemas Resistentes no aplica para este caso. Finalmente, al no cumplir ninguno de los criterios de irregularidad en altura, se establece que el factor de $I_a=1$.

○ A PARTIR DE LA TABLA N° 9 (irregularidades estructurales en planta):

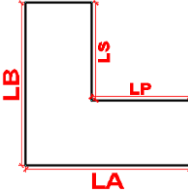
➤ Irregularidad torsional y torsional extrema

La normativa expresa que es necesario obtener los desplazamientos máximos relativos de entrepiso y el desplazamiento relativo del centro de masas de cada nivel. Además de la restricción explica que este criterio no se aplica si es que el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor al 50% del desplazamiento permisible. El análisis se realiza para ambos sentidos es decir XX e YY:

IRREGULARIDAD TORSIONAL																
SISTEMA ESTRUCTURAL		EN XX:	De muros Estructurales				R =	6								
		EN YY:	De muros Estructurales				R =	6								
ANALISIS EN DIRECCION X-X																
Story	Load Case/Combo	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R (irregular)	H piso	Δ piso	Despl. Obtenido.	Despl. Admisible	Criterio	Story Drift XX	Diaphragm CM Displacements XX				Diferencial de desplazamientos
Story2	SDXX	0.003	0.0016	0.0014	6	2.8	0.00050	0.0030	0.0050	APLICA	0.000345	UX	Δ	h	Δcm	0.69
Story1	SDXX	0.0016	0	0.0016	6	2.8	0.00057	0.0034	0.0050	APLICA	0.000365	0.0016	0.0016	2.8	0.00057	0.64
Base	0															
¿Existe Irregularidad Torsional en XX?						No	Ip: 1									
ANALISIS EN DIRECCION Y-Y																
Story	Load Case/Combo	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	R (irregular)	H piso	Δ piso	Despl. obt.	Despl. Max. Nor.	Criterio	Story Drift YY	Diaphragm CM Displacements YY				Diferencial de desplazamientos
Story2	SDYY	0.0012	0.0007	0.0005	6	2.8	0.00018	0.0011	0.0050	NO APLICA	0.000219	UY	Δ	h	Δcm	1.2
Story1	SDYY	0.0007	0	0.0007	6	2.8	0.00025	0.0015	0.0050	NO APLICA	0.000273	0.0007	0.0007	2.8	0.00025	1.09
Base	0															
¿Existe Irregularidad Torsional en YY?						No	Ip: 1									

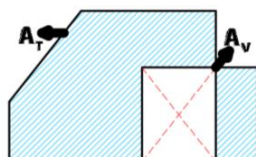
Como se puede apreciar para la irregularidad torsional y la torsional extrema la restricción de la normativa los inhibe de este cálculo, por lo que se descarta el factor de irregularidad torsional y torsional extrema, asumiendo el valor de $I_p=1$. Aun así, en la parte derecha se observa que la irregularidad torsional y la torsional extrema se encuentran dentro de los parámetros de la normativa para XX; sin embargo, no para YY; aun así, se considera que no existe irregularidad torsional.

➤ **Esquinas entrantes**

<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90	
Esquinas Entrantes		

Para poder aplicar el factor de irregularidad en planta de Esquinas Entrantes, es necesario que la configuración de la edificación tenga forma no homogénea, como una L o una H, y dado que la **edificación 45** no presenta estas alteraciones, el factor de irregularidad no es aplicable para este caso.

➤ **Discontinuidad en diafragma**

 <p style="text-align: center;">$A_V < 50\% \cdot A_T$ $A_V/A_T < 0.50$</p> <p style="text-align: center; background-color: #ADD8E6;">Discontinuidad del Diafragma</p>	<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p> <p style="text-align: right; vertical-align: middle;">0,85</p>
--	---

Cálculo:							
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: center;">ÁREAS</th> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Av = 34.1</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">$A_2/A_T = 0.27 < 0.50$</td> </tr> <tr> <td>AT = 127.7</td> </tr> </table>	ÁREAS		Av = 34.1	$A_2/A_T = 0.27 < 0.50$	AT = 127.7		-
ÁREAS							
Av = 34.1	$A_2/A_T = 0.27 < 0.50$						
AT = 127.7							

Para la irregularidad respecto a la discontinuidad en diafragma, se obtuvo el área de los vacíos (Av) y el área total (At), siendo que el cociente de ambos no superaba a lo establecido, por lo que esta irregularidad queda descartada.

➤ **Sistemas no paralelos**

	<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90
Sistemas no Paralelos		

Como se puede apreciar para aplicar la irregularidad de Sistemas no Paralelos es necesario que por lo menos dos ejes no estén paralelos, condición que no se cumple para la **edificación 45**. Finalmente, al no cumplir ninguno de los criterios de irregularidad en planta, se establece que el factor es $I_p=1$, con esto se puede obtener el factor de reducción de la siguiente manera:

SISTEMA ESTRUCTURAL	EN XX: De muros Estructurales	Ro= 6	R= 5.4
	EN YY: De muros Estructurales	Ro= 6	R= 4.5
IRREGULARIDADES X-X		IRREGULARIDADES Y-Y	
IRREGULARIDAD EN ALTURA		IRREGULARIDAD EN ALTURA	
		<i>I_a</i>	
Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	1.00	Irregularidad de Rigidez - Piso Blando	0.75
Irregularidad de Resistencia - Piso débil		Irregularidad de Resistencia - Piso débil	
Irregularidad de Extrema Rigidez - Piso Blando	1.00	Irregularidad de Extrema Rigidez - Piso	1.00
Irregularidad de Extrema Resistencia - Piso débil		Irregularidad de Extrema Resistencia - Piso	
irregularidad de Masa	0.90	irregularidad de Masa	0.90
irregularidad Geometrica Vertical	1.00	irregularidad Geometrica Vertical	1.00
Discontinuidad de Sistemas	1.00	Discontinuidad de Sistemas	1.00
IRREGULARIDAD EN PLANTA		IRREGULARIDAD EN PLANTA	
		<i>I_p</i>	
Irregularidad Torsional	1.00	Irregularidad Torsional	1.00
Irregularidad Torsional Extrema	1.00	Irregularidad Torsional Extrema	1.00
Esquinas Entrantes	1.00	Esquinas Entrantes	1.00
Discontinuidad del Diafragma	1.00	Discontinuidad del Diafragma	1.00
Sistemas no Paralelos	1.00	Sistemas no Paralelos	1.00

Del mismo modo el cálculo de la cortante basal requiere de la obtención del peso exacto de la edificación, las consideraciones tomadas, el cálculo y resultados se obtienen de lo previamente realizado en el **Cuadro 72**.

Obtenidos todos los parámetros de sitio se procedió al cálculo de la cortante basal (V), mostrando a continuación el cálculo del peso total,

de la cortante basal y la repartición de este en los entresijos de la edificación, resaltando que esta se aplicará en el centro de masas y en ambos sentidos conforme lo exige el diseño estático. Es este valor de cortante basal el que se utilizará en el programa Etabs, y por lo que los cálculos previos de la cortante basal sísmica (V), en el **acápito 5.2.1.2. Comportamiento ante esfuerzos sísmico** varían teniendo en cuenta estas consideraciones para su posterior comparación.

Cortante basal (V) XX:

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P \Rightarrow V = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.5 \times 1.20}{5.4} \times 136.44 \Rightarrow V = 26.53 \text{Ton}$$

Cuadro 80. Cálculo de la cortante basal y su distribución en los niveles del entresijo para la dirección XX

DISTRIBUCIÓN DE FUERDAS EN TODA LA ESTRUCTURA XX				
Nivel	Peso (Ton)	H (m)	P x H	F (Ton)
1	69.30	2.80	194.05	9.03
2	67.14	5.60	375.98	17.50
			570.03	26.53

Fuente: propia

Cortante basal (V) YY:

$$V = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times P \Rightarrow V = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.5 \times 1.20}{4.5} \times 136.44 \Rightarrow V = 31.84 \text{Ton}$$

Cuadro 81. Cálculo de la cortante basal y su distribución en los niveles del entresijo para la dirección YY

DISTRIBUCIÓN DE FUERDAS EN TODA LA ESTRUCTURA YY				
Nivel	Peso (Ton)	H (m)	P x H	F (Ton)
1	69.30	2.80	194.05	10.84
2	67.14	5.60	375.98	21.00
			570.03	31.84

Fuente: propia

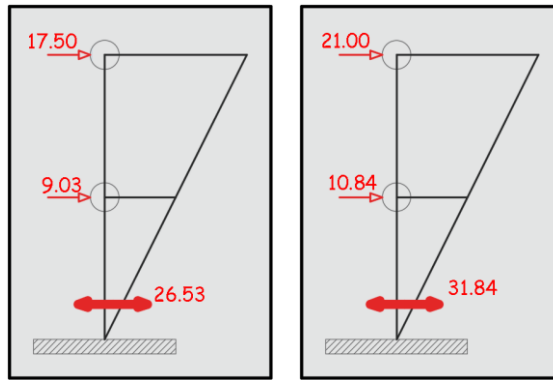


Figura 150. Idealización de la cortante basal (V) y su distribución en el centro de masas (CM) de cada entrepiso. Izquierda: fuerzas en XX. Derecha: fuerzas en YY

Fuente: propia

Determinada la fuerza cortante y los valores de cada entrepiso, se procedió a realizar el cálculo del coeficiente de pseudoaceleración de la gravedad (C) y el coeficiente de distribución de la cortante basal (k) que son factores que afectan los esfuerzos sismo estáticos:

- COEFICIENTE DE SEUDO ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD (c):

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P$$

$$C_{XX} = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.50 \times 1.20}{5.40} \quad \Rightarrow \quad c = 0.19$$

$$C_{YY} = \frac{0.35 \times 1.00 \times 2.50 \times 1.20}{4.50} \quad \Rightarrow \quad c = 0.23$$

- COEFICIENTE DE DISTRIBUCIÓN DE LA CORTANTE BASAL (k):

4.5.3 Distribución de la Fuerza Sísmica en Altura

Las fuerzas sísmicas horizontales en cualquier nivel i , correspondientes a la dirección considerada, se calcularán mediante:

$$F_i = \alpha_i \cdot V$$

$$\alpha_i = \frac{P_i(h_i)^k}{\sum_{j=1}^n P_j(h_j)^k}$$

Donde n es el número de pisos del edificio, k es un exponente relacionado con el período fundamental de vibración de la estructura (T), en la dirección considerada, que se calcula de acuerdo a:

- Para T menor o igual a 0,5 segundos: $k = 1,0$.
- Para T mayor que 0,5 segundos: $k = (0,75 + 0,5 T) \leq 2,0$.

$$T_x = T_y = \frac{5.60}{60} = 0.09 < 0.5 \rightarrow k = 1$$

Estos valores a los esfuerzos sísmicos se aplicaron a las cargas sísmicas como se muestra a continuación:

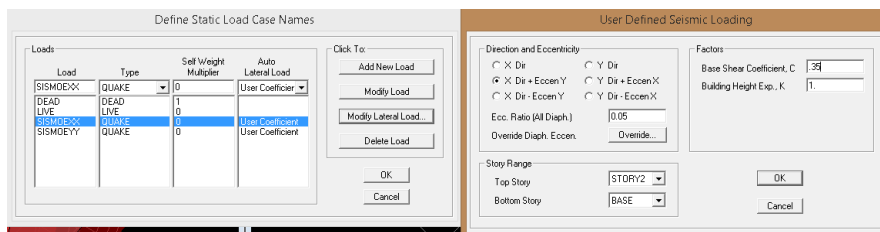


Figura 151. Aplicación de los factores sísmicos en el eje XX

Fuente: propia

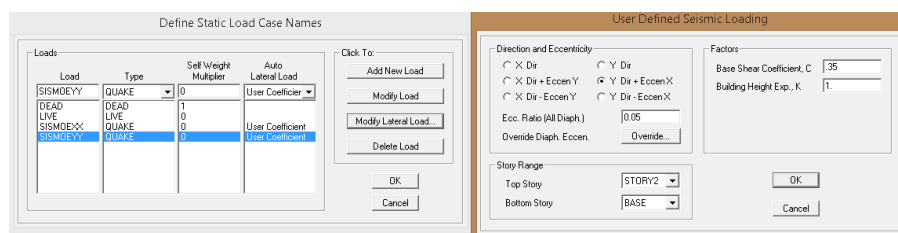


Figura 152. Aplicación de los factores sísmicos en el eje YY. Fuente: Propia.

Aplicados los esfuerzos en los entrepisos estos se transmiten como esfuerzos sismo estáticos en XX y sismo estáticos en YY generando una vez procesado el programa las deformadas respectivas

en ambas direcciones generadas por los esfuerzos; a continuación, se muestran estas deformadas en imágenes:

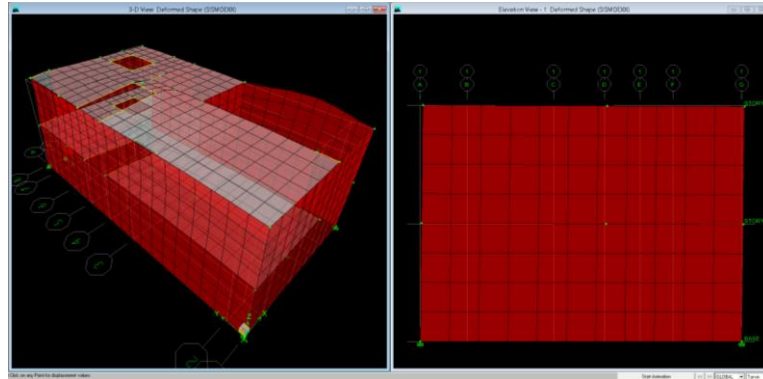


Figura 153. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sismo estáticos en XX

Fuente: propia

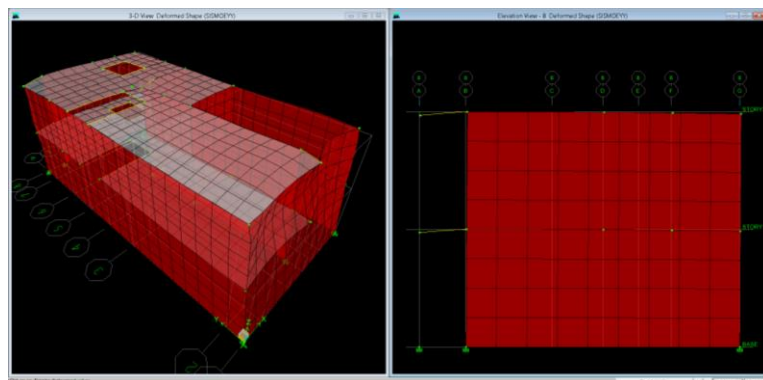


Figura 154. Deformada de la edificación generada por esfuerzos sismo estáticos en YY

Fuente: propia

Del mismo modo la norma E030 – Diseño sismorresistente limita que los desplazamientos generados por los esfuerzos sísmicos, dado que la **edificación 45** tiene el sistema estructural de albañilería confinada, tiene la misma restricción en ambos sentidos tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla N° 11 LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO	
Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

Figura 155. Límites de distorsión para la edificación 45

Fuente: Norma E.030 – Diseño Sismorresistente 2016

Tras el análisis sísmico estático los desplazamientos de la estructura en ambos sentidos se muestran a continuación, considerando que los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0.75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico según la norma E030 – diseño sismorresistente en el *acápito 5.1. Determinación de desplazamientos laterales*. Se muestra a continuación el cálculo de los desplazamientos, teniendo en cuenta que el factor de reducción es $R = 6.00$, mientras que el desplazamiento máximo (δ máx.) es 0.005 respecto a la altura:

Cuadro 82. Cálculo comparativo entre el desplazamiento máximo permitido y el desplazamiento relativo por entrepiso

DESPLAZAMIENTOS LATERALES									
NORMA TECNICA DE EDIFICACION : E-030									
SISTEMA ESTRUCTURAL : EN XX MUROS ESTRUCTURALES R = 6									
: EN YY MUROS ESTRUCTURALES R = 6									
DIRECCION XX									
N°	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	Ro	H piso	Δ piso	Despl.obt.	Despl.Max.Nor.	Observ.
2	0.003	0.0016	0.0014	6	2.8	0.00050	0.0030	0.0050	OK
1	0.0016	0	0.0016	6	2.8	0.00057	0.0034	0.0050	OK
B	0								
DIRECCION YY									
N°	PISO SUP.	PISO INF.	DIFER.	Ro	H piso	Δ piso	Despl.obt.	Despl.Max.Nor.	Observ.
2	0.0012	0.0007	0.0005	6	2.8	0.00018	0.0011	0.0050	OK
1	0.0007	0	0.0007	6	2.8	0.00025	0.0015	0.0050	OK
B	0								
* Despla.obt. : Desplazamiento obtenido según análisis sísmico.									
* Despl.Max.Nor. : Desplazamiento Máximo permisible según Norma E-030.									
Nota: Los desplazamientos obtenidos son menores a los máximos permitidos, por lo que el análisis sísmico es correcto.									

Fuente: propia

Tras el análisis sísmico estático de los desplazamientos de la estructura en ambos sentidos se muestra que la **edificación 45** cumple con los desplazamientos siendo estos menores a los límites que impone la normativa. Además, tras el análisis estructural de la **edificación 45** se compararán los resultados de las fuerzas cortantes y los momentos flectores obtenidos mediante el análisis manual y el análisis con el programa Etabs:

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el **primer nivel** del Muro 1X:

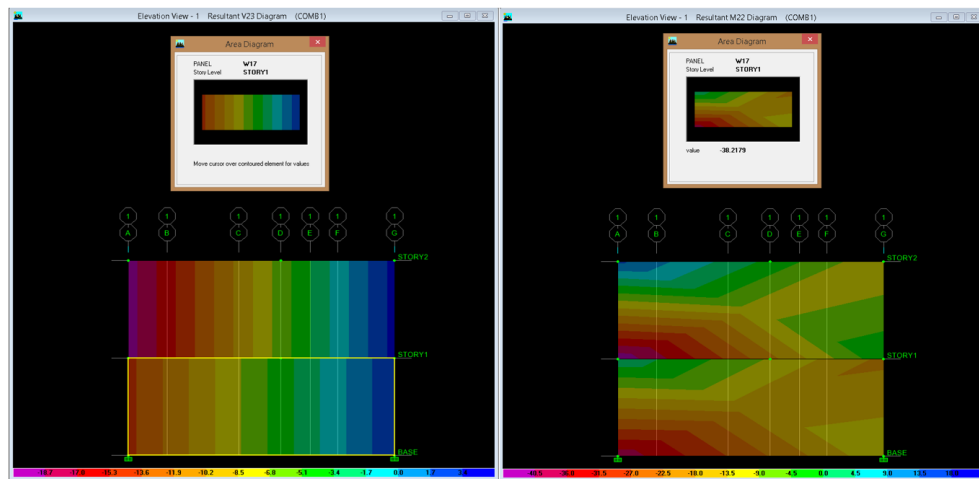


Figura 156. Fuerza cortante y momento flector del muro 1X

Fuente: propia

Cuadro 83. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1X

Story	AreaObj	OutputCase	CaseType	M11	M22	M12	V13	V23
STORY1	W17	COMB1	Combination	-12.16	-97.32	2.82	-2.08	-16.01
STORY1	W17	COMB1	Combination	-9.73	-87.59	1.41	-1.04	-19.13
STORY1	W17	COMB1	Combination	-2.43	-9.73	1.41	-1.04	3.12
STORY1	W17	COMB1	Combination	-4.77	-19.08	1.87	0.54	3.12
STORY1	W17	COMB1	Combination	0.87	3.47	1.87	0.54	-19.13

Fuente: propia

$$V_{W17-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 19.13 \text{ Ton}$$

$$M_{W17-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 97.32 \text{ Ton. m}$$

Como se aprecia en la **Figura 147** y los resultados del **Cuadro 89**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 2X, es prácticamente el mismo:

$$V_{Simplificado} = 18.94 \text{ Ton.} \approx V_{Etabs} = 19.13 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 2X en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{Simplificado} = 88.26 \text{ Ton.m.} \neq M_{Etabs} = 97.32 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a la falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el **segundo nivel** del Muro 1X:

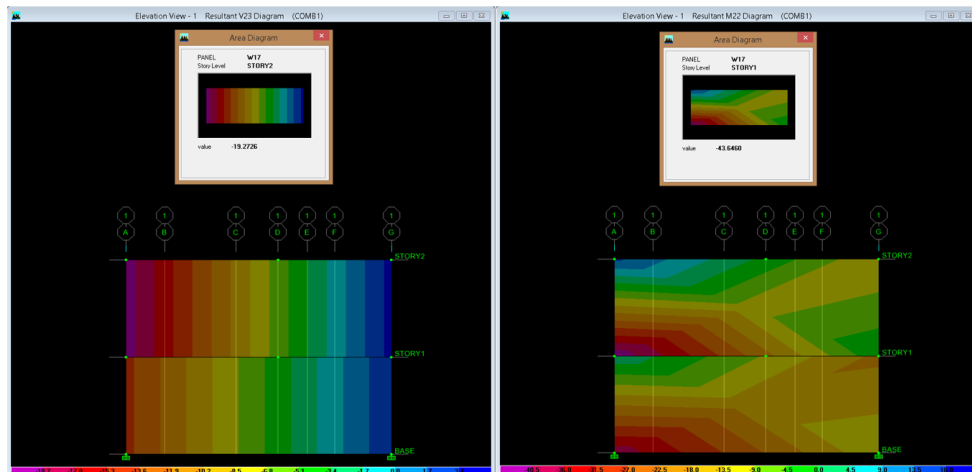


Figura 157. Fuerza cortante y momento flector del muro 1X

Fuente: propia

Cuadro 84. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1X

Story	AreaObj	OutputCase	CaseType	M11	M22	M12	V13	V23
STORY2	W17	COMB1	Combination	-11	-58.21	3.05	-1.66	-12.52
STORY2	W17	COMB1	Combination	-0.27	-1.08	3.05	-1.66	4.01
STORY2	W17	COMB1	Combination	-3.28	-13.12	4.1	0.49	4.01
STORY2	W17	COMB1	Combination	-3.55	-14.2	7.15	-1.17	8.02
STORY2	W17	COMB1	Combination	3.64	14.55	4.1	0.49	-12.52

Fuente: propia

$$V_{W17-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 12.52 \text{ Ton}$$

$$M_{W17-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 58.21 \text{ Ton.m}$$

Como se aprecia en la **Figura 147** y los resultados del **Cuadro 84**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 2X, es prácticamente el mismo:

$$V_{\text{Simplificado}} = 12.59 \text{ Ton.} \approx V_{\text{Etabs}} = 12.52 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 2X en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{\text{Simplificado}} = 32.24 \text{ Ton.m.} \neq M_{\text{Etabs}} = 58.21 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el **primer nivel** del Muro 1Y:

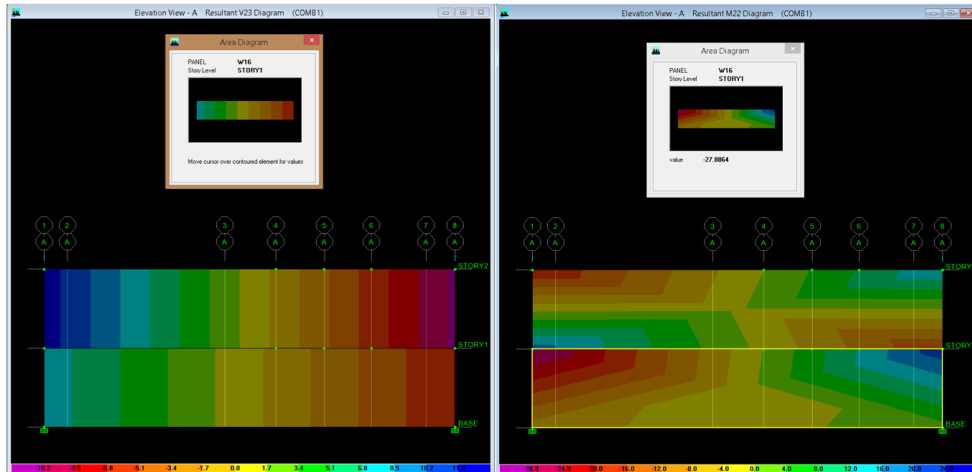


Figura 158. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Fuente: propia

Cuadro 85. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Story	AreaObj	OutputCase	CaseType	M11	M22	M12	V13	V23
STORY1	W18	COMB1	Combination	-5.46	-61.86	1.06	-0.97	-13.65
STORY1	W18	COMB1	Combination	3.67	14.67	1.06	-0.97	5.47
STORY1	W18	COMB1	Combination	-0.43	-1.73	2.21	-0.31	5.47
STORY1	W18	COMB1	Combination	0.67	2.69	2.21	-0.31	-13.65

Fuente: propia

$$V_{W18-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 13.65 \text{ Ton}$$

$$M_{W18-1^{\circ} \text{ Nivel}} = 61.86 \text{ Ton.m}$$

Como se aprecia en la **Figura 148** y los resultados del **Cuadro 84**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 2X, es prácticamente el mismo:

$$V_{\text{Simplificado}} = 12.44 \text{ Ton.} \approx V_{\text{Etabs}} = 13.65 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 2X en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{\text{Simplificado}} = 57.24 \text{ Ton.m.} \neq M_{\text{Etabs}} = 61.86 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

- Fuerza cortante (V) y momento flector (M) en el *segundo nivel* del Muro 1Y:

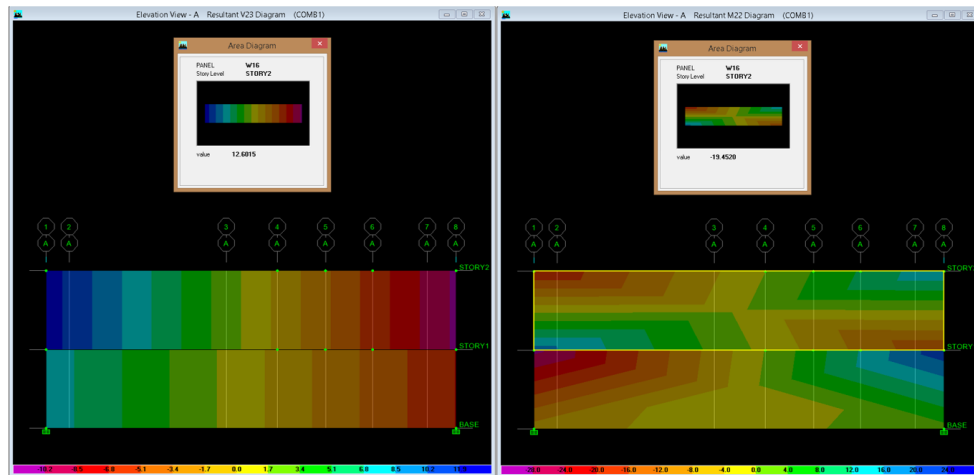


Figura 159. Fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Fuente: propia

Cuadro 86. Valores de fuerza cortante y momento flector del muro 1Y

Story	AreaObj	OutputCase	CaseType	M11	M22	M12	V13	V23
STORY2	W18	COMB1	Combination	-5.36	-21.42	3.25	-0.78	-10.62
STORY2	W18	COMB1	Combination	3.4	13.59	3.25	-0.78	8.64
STORY2	W18	COMB1	Combination	-1.59	-6.34	3.9	0.05	8.64
STORY2	W18	COMB1	Combination	2.61	10.43	3.9	0.05	-10.62

Fuente: propia

$$V_{W18-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 8.64 \text{ Ton}$$

$$M_{W18-2^{\circ} \text{ Nivel}} = 21.42 \text{ Ton.m}$$

Como se aprecia en la **Figura 148** y los resultados del **Cuadro 84**. La fuerza cortante obtenida de manera simplificada y mediante el software Etabs, del muro 2X, es prácticamente el mismo:

$$V_{Simplificado} = 8.01 \text{ Ton.} \approx V_{Etabs} = 8.64 \text{ Ton.}$$

Mientras que el momento flector del muro 2X en su primer nivel tienen valores diferentes a los obtenidos mediante el software de estructuras – Etabs:

$$M_{Simplificado} = 22.42 \text{ Ton.m.} \neq M_{Etabs} = 21.42 \text{ Ton.m.}$$

A pesar de la diferencia en los valores de los momentos flectores, se da como satisfactorio el análisis, dado que es común que estos difieran mientras que el valor de la fuerza cortante se mantenga. Esto se debe a falta de criterios dimensionales que no se tienen en cuenta durante el diseño simplificado.

5.5. Análisis de resultados y comentarios

Tras el análisis detallado de las tres edificaciones (edificación 1, edificación 41, edificación 45), los resultados muestran que en términos generales dos de las tres edificaciones analizadas requieren de intervenciones a nivel estructural la 1 y la 41.

Respecto a la primera edificación analizada (Figura 160) Las fallas son netamente en relación a la calidad de unidades artesanales, debido a que estos ladrillos fallarán por esfuerzos axiales más no por esfuerzos sísmicos. Además, la **edificación 1** no sobrepasa los desplazamientos limitantes, esto es debido a sus dos niveles que favorecen su desempeño estructural y a la gran cantidad de muros que limitan el desplazamiento aún con las exigencias de la normativa vigente. Por lo que se clasifica a la **edificación 1** con vulnerabilidad Media. Mientras que, para esta edificación, el procedimiento de restauración es el mencionado en el acápite **6.2.2.1. Uso de unidades artesanales**. Por lo que se debería seguir esta metodología, que consta básicamente en reforzar la edificación mediante placas que favorezcan su rigidez y comportamiento estructural en general.



Figura 160. Fotografía de la edificación 1

Fuente: propia

Respecto a la segunda edificación analizada (Figura 161). Esta no tiene fallas ni por esfuerzos axiales (por un margen mínimo) ni por esfuerzos sísmicos, cumpliendo incluso con los desplazamientos mínimos que exige la normativa; todo esto a pesar de la precaria calidad de unidades artesanales. La causa de esto se le atribuye a sus dos niveles y a la adecuada disposición de muros portantes que terminan favoreciendo a la estructura. Por los resultados obtenidos la **edificación 41** debería clasificarse con vulnerabilidad estructural Baja, sin embargo a pesar de cumplir estructuralmente con en análisis, las condiciones locales descalifican el nivel de vulnerabilidad de la edificación, ya que el informe de “Ciudades Sostenibles” realizado por Indeci para el distrito de Huancayo clasifica a la urbanización Alto La Merced como un lugar no apto para construir, no solo por la baja capacidad de suelo ni la alta presencia de limos, sino que el nivel de capa freática en los meses de enero a marzo llega a niveles preocupantes que la edificación no ha tenido en cuenta durante su construcción, es por esto que se clasifica a la **edificación 41** con vulnerabilidad Media al no tener estas consideraciones durante su construcción. De esta forma, esta edificación, requiere refuerzo estructural en los cimientos, sin figurar en los procedimientos de restauración detallados en el Capítulo VI, al no ser un procedimiento recurrente encontrado entre todas las edificaciones analizadas. El procedimiento a realizar es el de reforzar los cimientos mediante una ampliación de los cimientos corridos para evitar su punzonamiento ante la saturación del suelo, este procedimiento además de realizarse en esta edificación se debería proyectar

a todas las edificaciones pertenecientes a las urbanizaciones “*Alto La Merced*” y “*El Trébol*”, por lo que se deja como tema de futuras investigaciones.



Figura 161. Fotografía de la edificación 41

Fuente: propia

Respecto a la tercera edificación analizada (Figura 162). No presentará fallas a pesar de la calidad de unidades artesanales, pues estos no fallarán ni por esfuerzos axiales (por un margen mínimo) ni por esfuerzos sísmicos, esto se debe a sus dos niveles que favorecen al análisis estático. Por estos resultados la **edificación 45** se clasifica con vulnerabilidad estructural Baja, y por ende con buena estructuración. Es por estos motivos que la Edificación 45 no requiere intervención más que mantenimiento al estar los parámetros dentro de lo establecido por la normativa vigente tanto a nivel estructural como en sus procesos constructivos.



Figura 162. Fotografía de la edificación 45

Fuente: propia

Mención aparte merece el hecho de que la edificación 1 no supere los esfuerzos axiales, además que las edificaciones 41 y 45 superan este esfuerzo axial por tan solo 0.48 kg/cm^2 y 0.26 kg/cm^2 respectivamente, es decir por un margen mínimo. Es por esto necesario aclarar la razón por la que estas edificaciones no colapsan por esfuerzos axiales tan solo en estado estático.

Esto se debe a que en el distrito de Huancayo se tiene un concepto distorsionado de albañilería confinada (no siendo propiamente construida del modo convencional que exige la normativa E.070 ni las recomendaciones constructivas propuestas por autores como el Ing. Ángel San Bartolomé).

En la **Figura 163** se muestra un ejemplo común de la concepción que se tiene de albañilería confinada en el distrito de Huancayo, donde se adicionan innecesariamente zapatas, y se aprecia mediante el “*camino de cargas*” que las cargas de gravedad terminan en estas zapatas aisladas, lo cual es incorrecto, estas cargas deberían terminar en el cimiento corrido. Adicionalmente se observa que las cargas sísmicas sí actúan en los muros, siempre y cuando estos se encuentren adecuadamente confinados y tengan una dimensión mayor a 1.20m.

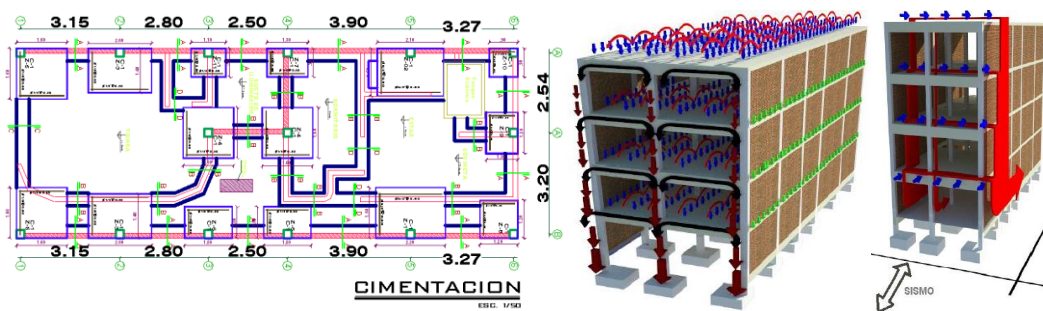


Figura 163 Plano común encontrado en el distrito de Huancayo donde además de cimiento corrido se adiciona innecesariamente zapatas aislada

Fuente: Curi R. Miguel Ángel (2011). Diseño por desempeño de una edificación de albañilería confinada de 4 pisos usando un análisis no lineal estático

Dado el alto nivel de autoconstrucciones las cimentaciones no se diseñan adecuadamente. En edificaciones de albañilería confinada, propiamente dichas, requiere tan solo cimientos corridos con dimensiones acorde a los esfuerzos

axiales que podría soportar y teniendo en cuenta además las condiciones locales como el suelo pudiendo ser tan solo de concreto ciclópeo o armadas.

Estos factores son los que ocasionan que las edificaciones que utilizan unidades artesanales incluso de más de dos niveles no colapsen **Figura 164**.



Figura 164. Edificación de albañilería confinada de hasta de cuatro pisos con ladrillos artesanales en Huancayo

Fuente: propia

Los resultados mostrados correspondientes a las tres edificaciones representativas corroboran lo obtenido acerca de la vulnerabilidad estructural de las edificaciones analizadas mediante el estudio Chimbote-70 donde las tres edificaciones sobrepasan los 12 cm/m^2 (expresado como valor mínimo para garantizar que la edificación no falle ante sismos) y se demostró que no fallarán ante cargas sísmicas, además constructivamente dos tercios de las edificaciones requieren algún tipo de intervención.

Sin embargo, cabe resaltar que para determinar con detalle el nivel de vulnerabilidad de las edificaciones de albañilería confinada es necesario realizar este análisis a cada edificación, pero la practicidad del estudio Chimbote-70 ha permitido obtener de manera más fácil estos mismos resultados. Finalmente se reitera que los procedimientos de restauración para las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo ya construidas no son económicos, pero son necesarios para garantizar un buen comportamiento estructural y los procedimientos se ven a detalle en el capítulo VI. A

continuación, se muestran las fichas de estimación de factores de riesgo (FEFR), de las tres edificaciones.

5.5.1. FEFR de la edificación 1

Huancayo, ____ de _____ del 2016

SOLICITUD

Señor(a): Representante de la Edificación.


Presente.-
De mi consideración

Es grato dirigirme a usted para expresarle mi cordial saludo y a la vez presentarme: Yo **ALEX PAÚL DELGADO SOTO**, Bachiller de la EAP de ingeniería civil de la Universidad Continental identificado con DNI 46386586 y código de matrícula 2011115483. Que estando en proceso de realizar el trabajo de investigación universitaria (TESIS) de título: "APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016.". Le solicito me preste facilidades para acceder a su domicilio y realizar un **ESTUDIO DETALLADO DE LOS FACTORES RIESGO QUE PRESENTA SU EDIFICACIÓN** con el objetivo de culminar con éxito esta investigación, tomando un máximo de cuatro (04) horas por vivienda.

Al acceder, se realizará un detallado análisis estructural a su vivienda notificándole el estado de la misma mediante un informe. Así mismo de encontrarse fallas severas se detallarán soluciones pertinentes, pudiendo restaurar la edificación de acuerdo a su criterio.

Con la expectativa de su aceptación me despido no sin antes expresarle las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,


Alex Paúl Delgado Soto
DNI: 46386586

APROBACIÓN

Yo, Luzana del Pozo Representante de la edificación, ubicado en San Juan
385. Mediante la presente autorizo al Bachiller de la Universidad Continental Alex Paúl Delgado Soto, identificado con DNI 46386586 y código de matrícula 2011115483. Brindarle facilidades para realizar un análisis estructural de la edificación con fines investigativos.

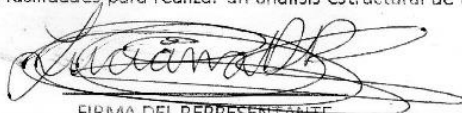

FIRMA DEL REPRESENTANTE
DNI: 72049185

Figura 165. FEFR edificación 1 (1/5)

Fuente: propia

FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN (PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN)	
"APLICACION DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016."	
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL	
Numero de Vivienda:	0101 Encuestador:
PRIMERA SECCIÓN: LOCALIZACIÓN Y DATOS GENERALES	
A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	
1) DEPARTAMENTO:	Junín
2) PROVINCIA:	Huancayo
3) DISTRITO:	Huancayo
4) DIRECCIÓN DE LA EDIFICACIÓN:	
Tipo de vía:	Avenida <input type="checkbox"/> Prolongación <input type="checkbox"/> Calle <input checked="" type="checkbox"/> Jirón <input type="checkbox"/>
	Pasaje <input type="checkbox"/> Carretera <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
Nombre de vía:	N° de puerta:
San Juan	385
B. CARACTERÍSTICAS DE LA EDIFICACIÓN	
1) AÑO EN QUE SE CONSTRUYÓ:	+40
2) USO DE LA EDIFICACIÓN:	Vivienda
3) ¿CUENTA CON PLANOS?	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
4) ¿CÓMO CON SUPERVISIÓN EN EL DISEÑO?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
5) ¿CÓMO CON SUPERVISIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN?	Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
6) SISTEMA ESTRUCTURAL:	Confinado <input checked="" type="checkbox"/> Aporticado <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
7) NÚMERO DE PISOS (Unidades):	2
8) ÁREA DEL TERRENO (m ²):	150
EN CASO EL SISTEMA ESTRUCTURAL SEA APORTICADO LA FICHA CONCLUIRÁ CON LOS SIGUIENTES DATOS:	
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO VIGAS - FC (R/Ángulo):	
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO LOSAS - FC (R/Ángulo):	
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO COLUMNAS - FC (R/Ángulo):	
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:	

FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN (PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN)	
"APLICACION DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016."	
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL	
SEGUNDA SECCIÓN: PROCESO CONSTRUCTIVO	
A. DESCRIPCIÓN DE CIMENTO:	
1) TIPO DE SUELO:	Gravoso Arcilloso Arenoso
2) DIMENSIONES DEL CIMENTO:	Profundidad (cm): Base (cm):
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - FC (R/Ángulo):	
B. DESCRIPCIÓN DE SOBRECIMIENTO:	
2) DIMENSIONES DEL SOBRECIMIENTO:	Altura (cm): NTN-Alba (cm): Base (cm):
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - FC (R/Ángulo):	
C. COMPARATIVO FC DE CIMENTO Y SOBRECIMIENTO	
1) FC-Cemento > FC - Sobrecimiento	
2) FC-Cemento < FC - Sobrecimiento	
3) FC-Cemento = FC - Sobrecimiento	
D. DESCRIPCIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERÍA	
1) TIPO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	Artosomal <input checked="" type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Otras <input type="checkbox"/>
2) DISPOSICIÓN DE LAS UNIDADES:	Soga <input checked="" type="checkbox"/> Cabeza <input type="checkbox"/> Americano <input type="checkbox"/>
3) NIVEL DE ADHERENCIA UNIDADES/MORTERO:	Buena <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/>
4) TIPO DE CONEXIÓN:	Dentada <input checked="" type="checkbox"/> Alisa <input type="checkbox"/>
5) ESPESOR DE JUNTA (mm):	15
6) ¿EXISTEN TUBERÍAS QUE PASAN A TRAVÉS DEL MURO?	Si, Vertical <input checked="" type="checkbox"/> Si, Horizontal <input type="checkbox"/> Si, Diagonal <input type="checkbox"/> No, Ducto <input checked="" type="checkbox"/>
7) NIVEL DE EFLORESCENCIA:	No muestra <input checked="" type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Severa <input type="checkbox"/>
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:	

Figura 166. FEFR edificación 1 (2/5), (3/5)

Fuente: propia

FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN
(PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN)

"APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONTENIDA EN EL DISTRITO DE MITAÑAYO, 2016."

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

D. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - COLUMNAS

1) DIMENSIÓN DE LA COLUMNA (cm x cm): 30x30

2) DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (m): < 5m

2) PRESENTA CANGREJERAS: Si No

3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - FC (R/Ángulo): 27

8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:
La vivienda se construye hecha.

E. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - VIGAS

1) DIMENSIÓN DE LAS VIGAS (cm x cm):
V. Soleras: 15x15
V. Dintel: 15x15

2) PRESENTA CANGREJERAS: Si No

3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - FC (R/Ángulo): 27/30 up

8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:

F. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - LOSAS

1) SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA LOSA: Aligerada
Maciza
Otro

2) ESPESOR DE LA LOSA (cm): 25cm

2) PRESENTA CANGREJERAS: Si No

3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - FC (R/Ángulo): 28/30 up

8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:

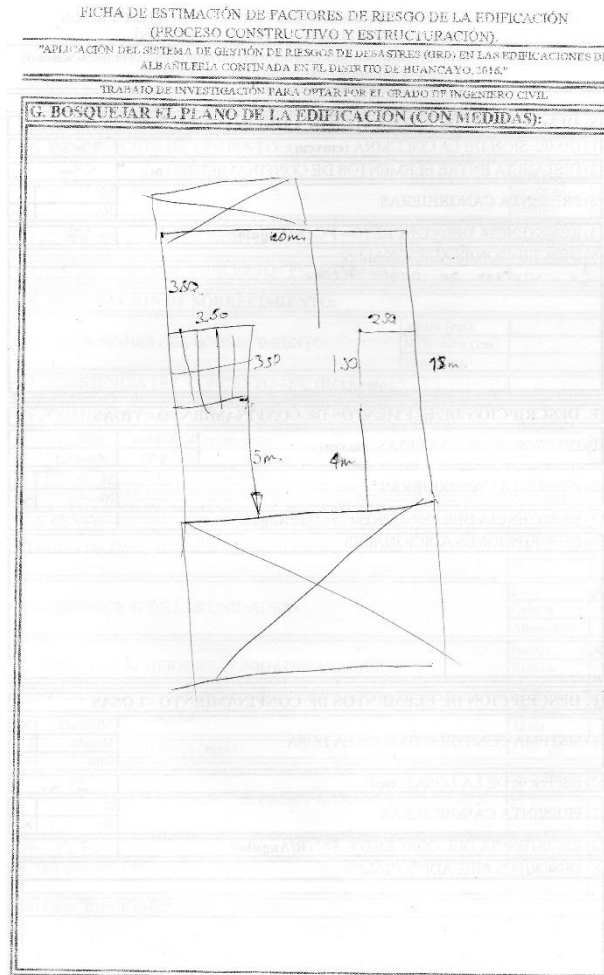


Figura 167. FEFR edificación 1 (4/5), (5/5)

Fuente: propia

5.5.2. FEFR de la edificación 41

Huancayo, ____ de _____ del 2016

SOLICITUD

Señor(a): Representante de la Edificación.

Presente.-

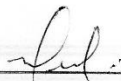
De mi consideración

Es grato dirigirme a usted para expresarle mi cordial saludo y a la vez presentarme: Yo **ALEX PAÚL DELGADO SOTO**, Bachiller de la EAP de ingeniería civil de la Universidad Continental identificado con DNI 46386586 y código de matrícula 2011115483. Que estando en proceso de realizar el trabajo de investigación universitaria (TESIS) de título: "APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016.". Le solicito me preste facilidades para acceder a su domicilio y realizar un ESTUDIO DETALLADO DE LOS FACTORES RIESGO QUE PRESENTA SU EDIFICACIÓN con el objetivo de culminar con éxito esta investigación, tomando un máximo media (1/2) hora por vivienda.

Al acceder, se realizará un detallado análisis estructural a su vivienda notificándole el estado de la misma mediante un informe. Así mismo de encontrarse fallas severas se detallarán soluciones pertinentes, pudiendo restaurar la edificación de acuerdo a su criterio.

Con la expectativa de su aceptación me despido no sin antes expresarle las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,


Alex Paúl Delgado Soto
DNI: 46386586

APROBACIÓN

Yo, Stephanie Robles Eudonez representante de la edificación, ubicado en Urb. La Merced MHL-10 - LOS PINOS. Mediante la presente autorizo al Bachiller de la Universidad Continental Alex Paúl Delgado Soto, identificado con DNI 46386586 y código de matrícula 2011115483. Brindarle facilidades para realizar un análisis estructural de la edificación con fines investigativos.

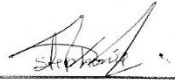

FIRMA DEL REPRESENTANTE
DNI:

Figura 168. FEFR edificación 41 (1/5)

Fuente: propia

FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN
(PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN).

"APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016."

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

Número de Vivienda:	041	Ingenierador:	
PRIMERA SECCIÓN: LOCALIZACIÓN Y DATOS GENERALES			
A. UBICACION GEOGRAFICA			
1) DEPARTAMENTO:	Junin		
2) PROVINCIA:	Huancayo		
3) DISTRITO:	Huancayo		
4) DIRECCION DE LA EDIFICACION:			
Tipo de via:	Avenida <input type="checkbox"/>	Prolongación <input type="checkbox"/>	Calle <input type="checkbox"/> Jirón <input type="checkbox"/>
	Pasaje <input type="checkbox"/>	Carretera <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>
Nombre de via			Nº de puerta
B. CARACTERISTICAS DE LA EDIFICACION			
1) AÑO EN QUE SE CONSTRUYO:	2006		
2) USO DE LA EDIFICACION:	Viven de		
3) ¿CUENTA CON PLANOS?	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	
4) ¿CUENTA CON SUPERVISION EN EL DISEÑO?	Si <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	
5) ¿CUENTA CON SUPERVISION EN LA CONSTRUCCION?	Si <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
6) SISTEMA ESTRUCTURAL:	Confinado <input checked="" type="checkbox"/>	Aporticado <input type="checkbox"/>	Mixto <input type="checkbox"/>
	Otro <input type="checkbox"/>		
7) NUMERO DE PISOS (Unidades):	2 pisos A-32		
8) AREA DEL TERRENO (m ²):			
EN CASO EL SISTEMA ESTRUCTURAL SEA APORTICADO LA FICHA CONCLUIRÁ CON LOS SIGUIENTES DATOS:			
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO VIGAS - F'c (R/Angulo):	40 / 9.00		
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO LOSAS - F'c (R/Angulo):	50 / 9.00		
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO COLUMNAS - F'c (R/Angulo):	50 / 9.00		
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:			

FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN
(PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN).

"APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016."

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

SEGUNDA SECCIÓN: PROCESO CONSTRUCTIVO

A. DESCRIPCION DE CIMIENTO:			
1) TIPO DE SUELO:	Gravoso <input type="checkbox"/>	Arilloso <input type="checkbox"/>	Areoso <input type="checkbox"/>
2) DIMENSIONES DEL CIMIENTO:	Profundidad (cm):		
	Base (cm):		
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - F'c (R/Angulo):			
B. DESCRIPCION DE SOBRECIMIENTO:			
2) DIMENSIONES DEL SOBRECIMIENTO:	Altura (cm):		
	NTN-Alba (cm):		
	Base (cm):		
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - F'c (R/Angulo):			
C. COMPARATIVO F'c DE CIMIENTO Y SOBRECIMIENTO			
1) F'c-Cimiento > F'c - Sobrecimiento			
2) F'c-Cimiento < F'c - Sobrecimiento			
3) F'c-Cimiento = F'c - Sobrecimiento			
D. DESCRIPCION DE MUROS DE ALBAÑILERIA			
1) TIPO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA:	Artisanal <input checked="" type="checkbox"/>	Industrial <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>
2) DISPOSICION DE LAS UNIDADES:	Soga <input checked="" type="checkbox"/>	Cabeza <input type="checkbox"/>	Americano <input type="checkbox"/>
3) NIVEL DE ADHERENCIA UNIDADES/MORTERO:	Buena <input checked="" type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Mala <input type="checkbox"/>
4) TIPO DE CONEXION:	Dentada <input checked="" type="checkbox"/>	Al ras <input type="checkbox"/>	
5) ESPESOR DE JUNTA (mm):	10		
6) ¿EXISTEN TUBERIAS QUE PASAN A TRAVES DEL MURO?	Si, Vertical <input checked="" type="checkbox"/>	Si, Horizontal <input checked="" type="checkbox"/>	Si, Diagonal <input type="checkbox"/>
	No, Ducto <input type="checkbox"/>		
7) NIVEL DE EFLORENCIA:	No muestra <input checked="" type="checkbox"/>	Moderado <input type="checkbox"/>	Severo <input type="checkbox"/>
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:			

Figura 169. FEFR edificación 41 (2/5), (3/5)

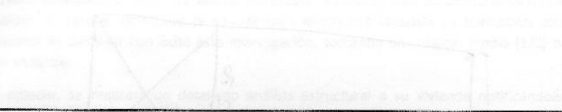
Fuente: propia

FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN
(PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN)


"APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBANILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

E. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - COLUMNAS

1) DIMENSIÓN DE LA COLUMNA (cmxcm):	15x15
2) DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (m):	< 5
2) PRESENTA CANGREJERAS	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - F'c (R/Ángulo):	
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:	

E. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - VIGAS

1) DIMENSIÓN DE LAS VIGAS (cmxcm):	V. Soleras 15x20 V. Dintel
2) PRESENTA CANGREJERAS	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - F'c (R/Ángulo):	
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:	

F. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - LOSAS

1) SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA LOSA:	Aligerada <input checked="" type="checkbox"/> Maciza <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
2) ESPESOR DE LA LOSAS (cm):	20
2) PRESENTA CANGREJERAS	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - F'c (R/Ángulo):	
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:	

FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN
(PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN)

"APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBANILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

G. BOSQUEJAR EL PLANO DE LA EDIFICACIÓN (CON MEDIDAS):

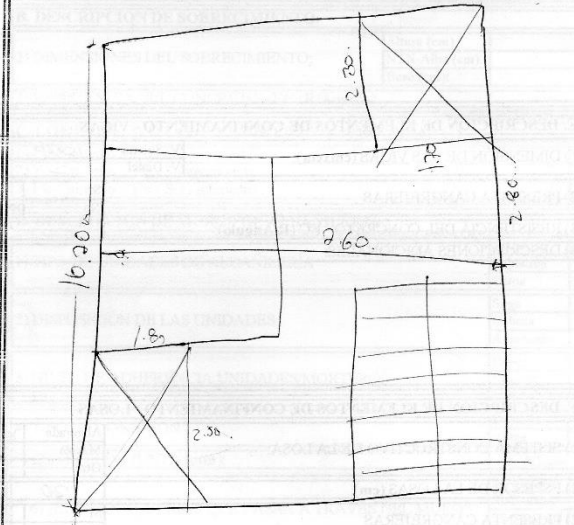


Figura 170. FEFR edificación 1 (4/5), (5/5)

Fuente: propia

5.5.3. FEFR de la edificación 45

Huancayo, ____ de _____ del 2016

SOLICITUD

Señor(a): Representante de la Edificación.

Presente.-


De mi consideración

Es grato dirigirme a usted para expresarle mi cordial saludo y a la vez presentarme: Yo **ALEX PAÚL DELGADO SOTO**, Bachiller de la EAP de ingeniería civil de la Universidad Continental identificado con DNI 46386586 y código de matrícula 2011115483. Que estando en proceso de realizar el trabajo de investigación universitaria (TESIS) de título: "APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016.". Le solicito me preste facilidades para acceder a su domicilio y realizar un ESTUDIO DETALLADO DE LOS FACTORES RIESGO QUE PRESENTA SU EDIFICACIÓN con el objetivo de culminar con éxito esta investigación, tomando un máximo media (1/2) hora por vivienda.

Al acceder, se realizará un detallado análisis estructural a su vivienda notificándole el estado de la misma mediante un informe. Así mismo de encontrarse fallas severas se detallarán soluciones pertinentes, pudiendo restaurar la edificación de acuerdo a su criterio.

Con la expectativa de su aceptación me despido no sin antes expresarle las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



Alex Paúl Delgado Soto
DNI: 46386586

APROBACIÓN

Yo, Merco Icca Alarcon. representante de la edificación, ubicado en Los Jesmines
274. Mediante la presente autorizo al Bachiller de la Universidad Continental Alex Paúl Delgado Soto, identificado con DNI 46386586 y código de matrícula 2011115483. Brindarle facilidades para realizar un análisis estructural de la edificación con fines investigativos.



FIRMA DEL REPRESENTANTE
DNI: 20009410

Figura 171. FEFR edificación 45 (1/5)

Fuente: propia

PRIMERA SECCIÓN: LOCALIZACIÓN Y DATOS GENERALES	
A. UBICACION GEOGRAFICA	
1) DEPARTAMENTO:	Junin
2) PROVINCIA:	Huancayo
3) DISTRITO:	Huancayo
4) DIRECCION DE LA EDIFICACION:	
Tipo de via:	Avenida <input type="checkbox"/> Prolongación <input type="checkbox"/> Calle <input type="checkbox"/> Jirón <input type="checkbox"/>
	Pasaje <input type="checkbox"/> Carretera <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
Nombre de via	N° de puerta
B. CARACTERISTICAS DE LA EDIFICACION	
1) AÑO EN QUE SE CONSTRUYO:	1999
2) USO DE LA EDIFICACION:	Vivienda
3) ¿CUENTA CON PLANOS?	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
4) ¿CÓMO CON SUPERVISIÓN EN EL DISEÑO?	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
5) ¿CÓMO CON SUPERVISIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN?	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
6) SISTEMA ESTRUCTURAL:	Confinado <input checked="" type="checkbox"/> Aperticado <input type="checkbox"/> Mixto <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
7) NUMERO DE PISOS (Unidades):	2 + Azotea
8) AREA DEL TERRENO (m2):	
EN CASO EL SISTEMA ESTRUCTURAL SEA APORTICADO LA FICHA CONCLUIRÁ CON LOS SIGUIENTES DATOS:	
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO VIGAS - F'c (R/Angulo):	
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO LOSAS - F'c (R/Angulo):	
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO COLUMNAS - F'c (R/Angulo):	
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:	

SEGUNDA SECCIÓN: PROCESO CONSTRUCTIVO	
A. DESCRIPCION DE CIMENTADO:	
1) TIPO DE SUELO:	Gravoso <input type="checkbox"/> Arcilloso <input type="checkbox"/> Arenoso <input type="checkbox"/>
2) DIMENSIONES DEL CIMENTADO:	Profundidad (cm): Base (cm):
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - F'c (R/Angulo):	
B. DESCRIPCION DE SOBRECIMIENTO:	
2) DIMENSIONES DEL SOBRECIMIENTO:	Altura (cm): NTN-Alba (cm): Base (cm):
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - F'c (R/Angulo):	
C. COMPARATIVO F'c DE CIMENTO Y SOBRECIMIENTO	
1) F'c-Cimiento > F'c - Sobrecimiento	<input type="checkbox"/>
2) F'c-Cimiento < F'c - Sobrecimiento	<input type="checkbox"/>
3) F'c-Cimiento = F'c - Sobrecimiento	<input type="checkbox"/>
D. DESCRIPCION DE MUROS DE ALBAÑILERIA	
1) TIPO DE UNIDADES DE ALBAÑILERIA:	Artisanal <input checked="" type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>
2) DISPOSICIÓN DE LAS UNIDADES:	Soga <input checked="" type="checkbox"/> Cabeza <input type="checkbox"/> Americano <input type="checkbox"/>
3) NIVEL DE ADHERENCIA UNIDADES/MORTERO:	Buena <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala <input type="checkbox"/>
4) TIPO DE CONEXIÓN:	Dentada <input checked="" type="checkbox"/> Al ras <input type="checkbox"/>
5) ESPESOR DE JUNTA (mm):	30
6) ¿EXISTEN TUBERÍAS QUE PASAN A TRAVÉS DEL MURO?	Si, Vertical <input checked="" type="checkbox"/> Si, Horizontal <input checked="" type="checkbox"/> Si, Diagonal <input type="checkbox"/> No, Ducto <input type="checkbox"/>
7) NIVEL DE EFLORESCENCIA:	No muestra <input checked="" type="checkbox"/> Moderado <input type="checkbox"/> Severo <input type="checkbox"/>
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:	

Figura 172. FEFR edificación 45 (2/5), (3/5)

Fuente: propia

FICHA DE ESTIMACIÓN DE FACTORES DE RIESGO DE LA EDIFICACIÓN
(PROCESO CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURACIÓN)

"APLICACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (GRD) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBANTERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016."

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

E. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - COLUMNAS	
1) DIMENSIÓN DE LA COLUMNA (cmxcm):	22.5x22.5
2) DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO (m):	2.5m
2) PRESENTA CANGREJERAS	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - FC (R/Angulo):	28/90°
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:	
E. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - VIGAS	
1) DIMENSIÓN DE LAS VIGAS (cmxcm):	V. Soleras 15x20 V. Dintel
2) PRESENTA CANGREJERAS	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - FC (R/Angulo):	28/90°
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:	
F. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO - LOSAS	
1) SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA LOSA:	Aligerada <input type="checkbox"/> Maciza <input checked="" type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>
2) ESPESOR DE LA LOSAS (cm):	20
2) PRESENTA CANGREJERAS	Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
3) RESISTENCIA DEL CONCRETO - FC (R/Angulo):	28/90°
8) DESCRIPCIONES ADICIONALES:	

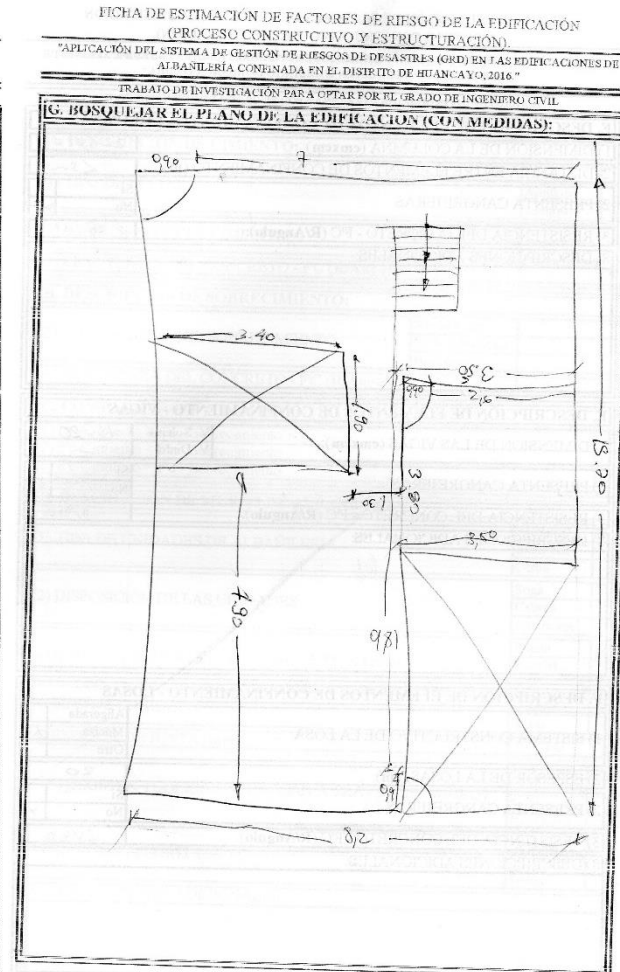


Figura 173. FEFR edificación 45 (3/5), (4/5)

Fuente: propia

CAPÍTULO VI

PLANTEAMIENTOS DE SOLUCIÓN

Este capítulo es un aporte del investigador, dado que el Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres es una metodología netamente informativa para que las autoridades pertinentes tomen las medidas necesarias, no se contempla la propuesta de soluciones. Dado que en los resultados de la Ficha de Estimación de los Factores de Riesgo (FEFR) se puede apreciar los factores que más perjudican a las edificaciones en su buen desenvolvimiento ante un sismo, catalogándolas como “Factores de Riesgo”. Se plantean soluciones de restauración para los mismos, no sin antes plantear paralelamente un accionar de las autoridades para que tomen en cuenta esta investigación como las que la presidieron para actuar frente al alto grado de riesgo al que están expuestas las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo.

Con esta premisa en el Capítulo VI se presentan los siguientes ítems: 1) Planteamiento del *cambio en el accionar de las autoridades*, donde se detalla el marco legal a nivel de gobierno central que justifica el accionar de fiscalización de las autoridades. 2) *Planteamiento de medidas de restauración*, donde se detallan a nivel de procesos constructivos las acciones a tomar para cada uno de los factores de riesgo y generar de esta manera un buen comportamiento estructural ante un sismo.

6.1. Medidas preventivas para la buena construcción de las edificaciones

Con el fin de evitar que en la posteridad se repitan escenarios como los apreciados en esta investigación; es decir, alta informalidad en las construcciones. Se recomiendan las siguientes medidas para que las construcciones guarden la formalidad que estas merecen:

- ***Toma de conciencia de los propietarios:*** siendo los principales interesados, estos deberían de concientizarse acerca de la necesidad de invertir calidad en las edificaciones, contratando profesionales y mano de obra técnica calificada, así como siguiendo sus consejos que se basan en fundamentos técnicos, esta medida involucra las tres medidas siguientes.



Figura 174. La importancia del interés de los propietarios durante la construcción

Fuente: <http://homeowners.com>.

- ***Profesionales involucrados durante el diseño y la ejecución:*** es necesario erradicar la mala costumbre que existe en cuanto a la construcción de edificaciones de albañilería confinada, donde los profesionales están tan solo en la etapa de diseño, mas no en la ejecución. Dejando esta importante responsabilidad a maestros de obra que trabajan empíricamente muchas veces sin respetar los conceptos básicos de construcción.



Figura 175. Adecuada construcción jerarquizada desde profesionales hasta obreros

Fuente: propia

- **Construcción con adecuados materiales:** si bien la construcción no es nada barata, es necesario utilizar buenos materiales que garanticen la continuidad de las edificaciones, no ante solicitaciones estáticas, sino ante sismos siendo el problema más grave que podría suceder.



Figura 176. Adecuado uso de materiales en una edificación de albañilería confinada, ladrillos con 30% de vacíos

Fuente: propia

- **Construcción con mano de obra calificada:** este ítem puede suplirse al contratar un profesional calificado para la construcción ya que este dispone de mano de obra técnica que pondrá a disposición sus servicios beneficiando así a la construcción.



Figura 177. Ejemplos de la construcción con mano de obra no calificada, picado de columna

Fuente: propia

- **Fiscalización:** el desinterés de las autoridades locales en cuanto a políticas de prevención como lo es el hecho de fiscalizar el cumplimiento del desarrollo urbano respetando las normativas.



Figura 178. Institución encargada de la fiscalización MPH

Fuente: <http://www.municipalidadprovincialdehuancayo.gob.pe>.

Es necesario conocer la máxima reglamentación que existe a nivel nacional en lo que concierne a este tema. El gobierno nacional, al ser el ente que guía los parámetros de la nación viene desde el 2002 incorporando pautas con el objetivo de que toda la nación las siga para así dar un rumbo al país, estas pautas se conocen como “El Acuerdo Nacional”, siendo estas un conjunto de políticas de estado elaboradas y aprobadas tras un proceso de talleres y consultas a nivel nacional, y de esta manera definir un rumbo para el desarrollo sostenible del país, la **Figura 179** muestra el logotipo del acuerdo nacional.



Figura 179. Logotipo del Acuerdo Nacional

Fuente: <http://acuerdonacional.pe>.

Conocido el acuerdo nacional, se debe de saber que esta contiene un total de 35 políticas de estado que se dividen en cuatro grupos, siendo estos: I. Democracia y estado de derecho, II. Equidad y justicia social, III. Competitividad del país, IV. Estado eficiente, transparente y descentralizado, y la política de interés de esta investigación se encuentra el cuarto grupo y es la 32° titulada: “Gestión de riesgo de desastres”, parte del texto literal se muestra a continuación:

“Nos comprometemos a promover una política de gestión del riesgo de desastres, con la finalidad de proteger la vida, la salud y la integridad de las personas; así como el patrimonio público y privado, promoviendo y velando por la ubicación de la población y sus equipamientos en las zonas de mayor

*seguridad, reduciendo las vulnerabilidades con equidad e inclusión, bajo un enfoque de procesos que comprenda: la estimación y reducción del riesgo, la respuesta ante emergencias y desastres y la reconstrucción. Esta política será implementada por los organismos públicos de todos los niveles de gobierno, con la participación activa de la sociedad civil y la cooperación internacional, promoviendo una cultura de la prevención y contribuyendo directamente en el proceso de desarrollo sostenible a nivel nacional, regional y local”.*⁴⁰

- **Labor de prevención y concientización:** como consideración final se propone como una medida necesaria para la buena construcción de las edificaciones, campañas de prevención y concientización dirigidas a la persona común, es decir aquella que sin tener el conocimiento técnico que un profesional pueda tener las pautas suficientes para contar con el criterio constructivo necesario para edificar adecuadamente.

Se propone para esto campañas dirigidas desde las universidades a través de proyectos de tesis y proyección social. O el apoyo por parte de instituciones gubernamentales como la Municipalidad provincial de Huancayo a través del Instituto de Defensa Civil (Indeci).

En base a estas sugerencias, la información que esta investigación aporta es relevante para la toma de decisiones que a futuro tengan las autoridades competentes, aunándose a otras voces ya existentes.

Al margen del llamado de atención de esta investigación, se plantea a continuación una medida de restauración para las edificaciones ya construidas, resaltando que, si bien las medidas de restauración no son económicas, son necesarias para que las edificaciones tengan un adecuado desempeño estructural.

⁴⁰ [http://acuerdonacional.pe/politicas de estado del acuerdo nacional/politicas de estado/politicas de estado castellano/iv estado eficiente transparente y descentralizado/32 gestion del riesgo de desastres/](http://acuerdonacional.pe/politicas%20de%20estado%20del%20acuerdo%20nacional/politicas%20de%20estado/politicas%20de%20estado%20castellano/iv%20estado%20eficiente%20transparente%20y%20descentralizado/32%20gestion%20del%20riesgo%20de%20desastres/)

6.2. Planteamiento de medidas de restauración

La selección de los procesos de restauración expuestos en este capítulo se basó en las fallas más comunes encontradas en las edificaciones analizadas, por lo que se asume que son fallas recurrentes en las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo. Las medidas de restauración que a continuación se proponen se hacen con el objetivo de ser incorporadas a procesos de planificación, normatividad e implementación de un plan de prevención ahora que aún no acontece un sismo de mediana o gran magnitud en el distrito de Huancayo. Se debe tener en cuenta; además, que toda intervención es conforme al requerimiento de cada edificación, debiendo realizar un análisis personalizado para cada una de estas para así aplicar la opción que mejor amerite a criterio del profesional responsable. Siendo su responsabilidad determinar y analizar el mejor método de intervención.

Los procedimientos de restauración y mitigación ante peligros sísmicos, deben ser valorados debido a su importancia, al ser estos esenciales para las edificaciones de albañilería confinada para el distrito de Huancayo que tienen fallas ya sea por proceso constructivo o por deficiencia estructural. Las restauraciones están orientadas para cada elemento estructural que presente fallas, de acuerdo a las solicitudes a los que esté sometido, es por esto necesario restaurar y preservar todo elemento estructural por su particular función en el conjunto de la edificación.

Del mismo modo las medidas de restauración elegidas para cada tipo de fallas expuestas en esta investigación son para el empleo de profesional calificado que tenga la competencia de evaluar su importancia y sus limitaciones; y que asuman la responsabilidad por la aplicación del contenido de este material. Teniendo en cuenta que no es ni económico ni práctico realizar una intervención en cortos intervalos de tiempo, sino hacerlas para que tengan continuidad por un periodo largo de tiempo, a lo que está orientada esta investigación.

Un importante concepto de intervención en el que múltiples autores coinciden, se trata de que antes de cualquier toma de decisión respecto a la intervención se debe entender y detener la causa que provoca la falla. Quizás suene obvio, pero hablando en términos estructurales y constructivos, los criterios respecto a detener el origen de la falla son en su mayoría conceptos que no se manejan en los autoconstrucciones. Se debe considerar además que el hecho de realizar una intervención estructural a cualquier elemento, va más allá de lo estético, si no es la imperante necesidad de priorizar lo funcional en la estructura. Sin desmerecer a lo estético, pero sucede muchas veces que solo se recurre a un profesional cuando la parte atractiva de la edificación se ve comprometida.

Finalmente, como recomendación para toda intervención, el ingeniero estructural Steve Garrity expresidente de la Sociedad Internacional de Albañilería IMS por sus siglas en inglés. Publicó en el 2001 un conjunto de pautas a seguir durante un proceso de intervención a estructuras de albañilería, de las cuales se nombran a continuación aquellas que pueden ser aplicadas en un contexto como el de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo:

- El respeto de autenticidad, tanto de los materiales originales como de los reemplazos deben considerar criterios estéticos como estructurales óptimos.
- Evitar el incremento de las cargas durante una intervención, las sobrecargas terminan perjudicando a la estructura a futuro, en especial a la cimentación.
- Crear espacios de trabajo seguro, ya que en la mayoría de los casos las intervenciones involucran demolición generando inestabilidad en la edificación en su conjunto.
- Agrupar defectos múltiples, algunas intervenciones pueden ser apropiadas para múltiples defectos simultáneamente, motivo por el cual el tipo de intervención debe ser cuidadosamente escogido tras un análisis completo por un profesional.

- Optar por métodos que fortalezcan la estructura rápidamente es esencial por seguridad y estabilidad de la estructura durante la intervención, previendo así fenómenos inesperados. De ser necesario se debe evitar la circulación durante la intervención, y procurar su reapertura tan pronto se pueda.
- Tener en cuenta durante la selección del proceso de intervención el nivel de costo beneficio que esta tiene, existiendo gran variedad de soluciones para un mismo problema.

La selección de los procesos de intervención para las fallas más comunes encontradas, tuvieron como pauta cada una de estas recomendaciones. Basados en experiencias del extranjero y nacionales, se plasman a continuación los criterios de restauración encontrados para las fallas más recurrentes en las edificaciones del distrito de Huancayo. También se debe tener en cuenta que para las intervenciones se ha considerado el uso de aditivos que mejoren su desempeño, cada uno de estos aditivos están descritos en el acápite **6.3. Especificaciones para el uso de aditivos.**

6.2.1. Ausencia de elementos de confinamiento

Al no tener elementos de confinamiento, la opción más lógica y viable es la colocación de dichos elementos estructurales. La intervención se dividirá en tres etapas, la colocación de columnas de confinamiento, la colocación de vigas de confinamiento y la colocación de losas.

6.2.1.1. Ausencia de columnas de confinamiento

Las columnas de confinamiento deben ubicarse en toda intersección de muros, a su inicio o final, y en aberturas como puertas y ventanas. Esto es parte de un buen diseño estructural y proceso constructivo; sin embargo, al no ser así la solución óptima es agregar estas columnas de confinamiento mientras no existan grietas producidas por tracción y compresión diagonal ocasionadas por solicitaciones dinámicas. Sin

embargo, en el distrito de Huancayo, las edificaciones inspeccionadas cuentan casi en su totalidad con el criterio de columnas de confinamiento. Este acápite va dirigido al 8.86% de edificaciones de albañilería confinada que no cuentan con columnas de confinamiento en el distrito de Huancayo, mostrando a continuación su metodología de restauración que está basada en el manual para la reducción de riesgo sísmico de viviendas en el Perú; focalizado en viviendas de “Material Noble” (albañilería) desarrolladas por autoconstrucción en los asentamientos humanos que rodean Lima Metropolitana, Kuroiwa H. Julio (2016).

a. Identificar las zonas de ausencia de columnas

Sabiendo que las columnas de confinamiento deben de ir en las intersecciones de muro, a su inicio y final y en las aberturas de muros como puertas y ventanas. En cada uno de estos puntos es donde se debe de considerar la colocación de una columna de confinamiento u obviar alguna en base a la opinión de un profesional, factores como el número de niveles y las condiciones locales suelen influir en la toma de esta decisión. La **Figura 180** muestra una edificación de albañilería confinada sin columnas de confinamiento, ubicada en el distrito de Huancayo que requiere intervención estructural.

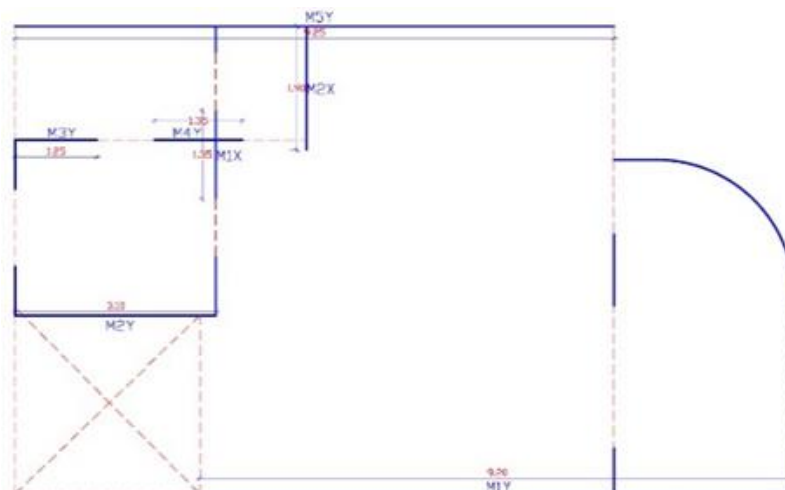


Figura 180. Plano en planta de una edificación que requiere intervención

Fuente: propia

b. Demolición de la estructura existente

Identificados y seleccionados los puntos a intervenir, se procederá a la demolición considerando un área de sección de columna de $25(t)$, siendo t el espesor del muro, la **Figura 181**, muestra una propuesta de intervención para la edificación que carece de columnas de confinamiento.

La demolición se realizará a partir del último nivel hasta alcanzar el sobrecimiento y el cimiento los cuales también se demolerán para alojar las canastillas de acero para las nuevas columnas. En el cimiento se debe de realizar un picado en forma de pirámide truncada para que la columna de confinamiento quede empotrada. Se recomienda utilizar en este proceso una amoladora con potencia mínima de 750 Watts, y un rotomartillo con una potencia mínima de 1500 Watts, asimismo se recomienda de preferencia estos equipos en las marcas Bosh o Makita por su garantía en el tiempo de uso que tomará este procedimiento.

muestra la sección de columna que se colocará en la intervención.

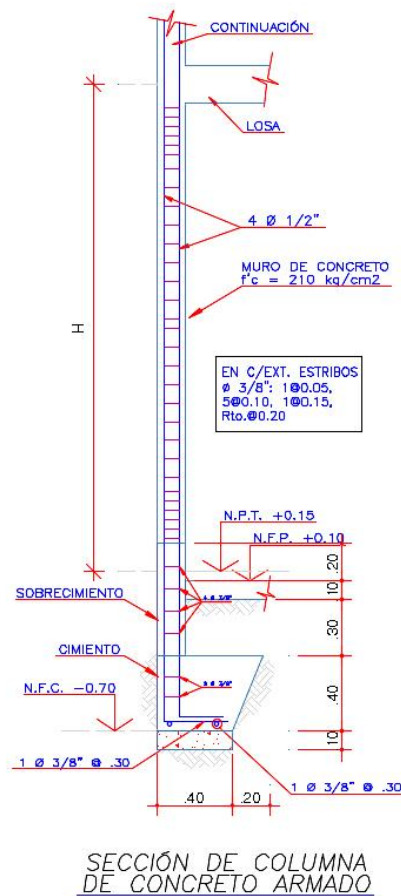


Figura 182. Corte de la sección de columna de confinamiento. Nótese el refuerzo de acero y la forma de pirámide trunca del cimientto

Fuente: propia

d. Curado

El curado es importante para que el concreto alcance su potencial. Siendo estos elementos verticales, su disposición facilitará el curado que tendrá que ser por siete días por lo menos.

e. Nota

- **Equipos de protección necesarios:** se necesitará para esta intervención botas de seguridad, casco, guantes, mascarilla y lentes.

- **Materiales necesarios:** los materiales necesarios serán arena gruesa, piedra chancada, cemento, acero de construcción corrugado, epóxico Sikadur 32 Gel, acelerante de fragua Sikarapid 1, agua.
- **Herramientas necesarias:** las herramientas necesarias son carretilla, cincel, comba, lampa, pico, pisón, tortol, rotomartillo y amoladora.
- **Mano de obra necesaria:** un operario, dos peones.

6.2.1.2. Ausencia de vigas de confinamiento

Los casos en los que una edificación no tenga vigas de confinamiento son dos. El primero cuando en vez de las vigas simplemente se vacía directamente la losa, el segundo caso es una edificación de un solo nivel en el que no se le ha considerado ningún elemento de confinamiento.

Para el primer caso, al que va dirigido esta intervención, se procederá al uso de vigas invertidas, que se plasma en los procedimientos mostrados a continuación. Mientras que para el segundo caso se debe colocar primero las columnas de confinamiento para posteriormente recién colocar las vigas soleras y peraltadas. Todo esto debe ser evaluado por un profesional responsable. La propuesta de intervención se basa en el manual para la reducción de riesgo sísmico de viviendas en el Perú; focalizado en viviendas de “Material Noble” (albañilería) desarrolladas por autoconstrucción en los asentamientos humanos que rodean Lima Metropolitana, por Kuroiwa H. Julio (2016).

a. Ubicar cada columna de confinamiento

Las vigas y las columnas de confinamiento deben de estar conectadas, debido a su comportamiento estructural

ante cargas dinámicas. Por esto es necesario tener la ubicación de cada columna para picar la losa hasta el nivel de la columna con el objetivo de generar un brazo rígido viga/columna. Si se tiene mechas sobresalidas de las columnas ayudará bastante, de no ser así se deberá perforar para colocar aceros que eviten discontinuidad entre los elementos de confinamiento. **La Figura 183**, muestra los puntos de intervención.

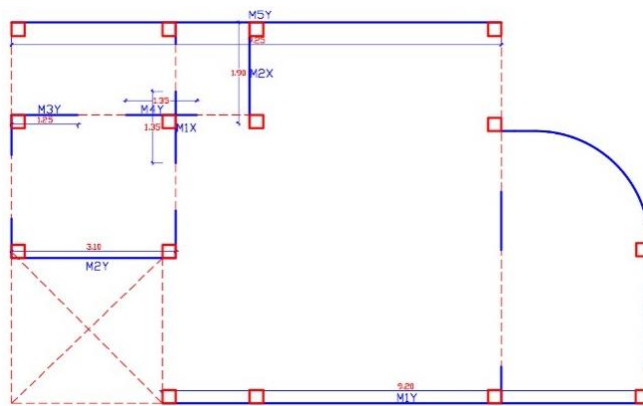


Figura 183. Edificación de albañilería confinada sin vigas de confinamiento, ubicada en el distrito de Huancayo (nótese que primero requiere la intervención ante ausencia de columnas de confinamiento)

Fuente: propia

b. Construcción de las vigas invertidas

Al ser un procedimiento no convencional se debe entender claramente el comportamiento estructural de las vigas invertidas, por lo que el procedimiento deberá ser realizado por un profesional responsable. Básicamente estas vigas confinan el muro en conjunto con la losa por lo que bastará con un picado sobre la losa que permita adherencia, dos centímetros serán suficiente, la **Figura 184**, muestra una propuesta donde deberían ir las vigas invertidas.

Para el picado de la losa se recomienda el uso de un rotomartillo con una potencia mínima de 1500 Watts de preferencia en las marcas Bosh o Makita por su garantía en el tiempo de uso que tomará este procedimiento. Posteriormente sobre esta superficie se realizará el armado, encofrado y vaceado de la viga. Debidamente conectada con la columna de confinamiento. Se recomienda una viga solera de $20(t)$, siendo t el espesor del muro con refuerzo longitudinal de cuatro aceros de $5/8"$ y estribos de $3/8"$ espaciados: ($1\phi@0.05$, $4\phi@0.10$, $R\phi@0.20$) pudiendo variar estos refuerzos basados en un criterio profesional. En el área de contacto losa-viga se utilizará epóxico Sikadur 32 Gel para generar adherencia entre el concreto antiguo y el nuevo, se seguirán las especificaciones detalladas en el acápite **6.3.1. Especificaciones para el uso de Sikadur 32 Gel**, mientras que el diseño de mezcla debe ser tal que tenga una resistencia mínima a la compresión de 210 kg/cm^2 . Además, es necesario utilizar un acelerante de fragua de preferencia Sikarapid 1 cuyas especificaciones están detalladas en el acápite **6.3.2. Especificaciones para el uso de Sikarapid 1**, para reducir el tiempo de intervención. Todo el diseño involucrado en esta intervención fue obtenido de soluciones ya aplicadas anteriormente, de requerir algún cambio excepcional puede seguirse estas pautas o modificarlas de acuerdo al criterio de un profesional. Mientras tanto en la **Figura 185**, se muestra un corte de la propuesta de viga invertida.

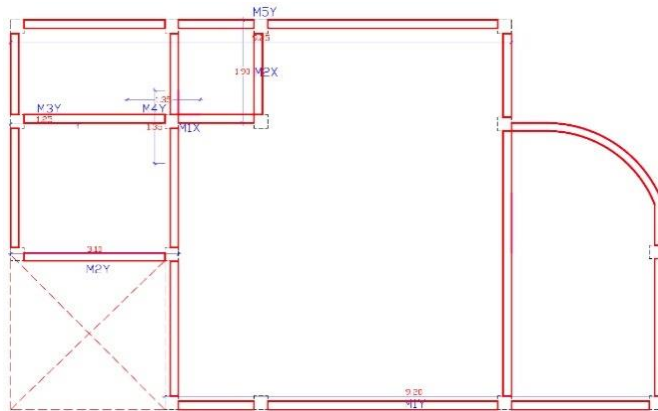


Figura 184. Secciones donde se requiere intervención (Proyección de columnas sobre la losa)

Fuente: propia

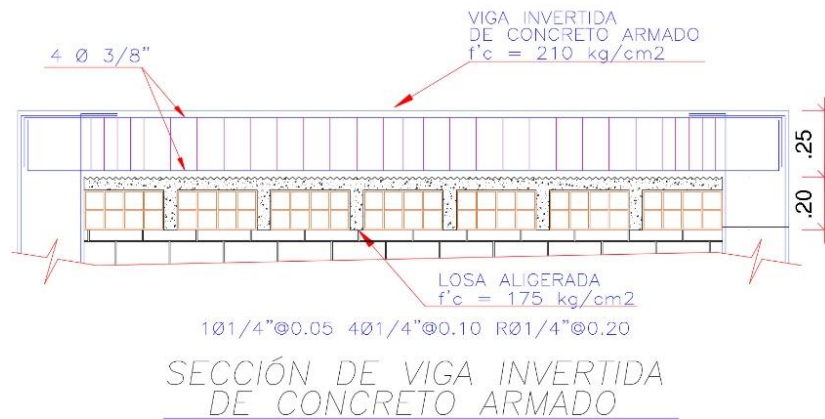


Figura 185. Propuesta del requerimiento de acero de refuerzo en las vigas de confinamiento (propuesta variable de acuerdo a criterio profesional)

Fuente: propia

c. Curado

El curado es importante para que el concreto alcance su potencial, siendo su disposición vertical, esto facilitará el curado que tendrá que ser por siete días por lo menos.

d. Nota

- **Equipos de protección necesarios:** se necesitará para esta intervención botas de seguridad, casco, guantes, mascarilla y lentes.

- **Materiales necesarios:** los materiales necesarios serán arena gruesa, piedra chancada, cemento, acero de construcción corrugado, epóxico Sikadur 32 Gel, acelerante de fragua Sikarapid 1, agua.
- **Herramientas necesarias:** las herramientas necesarias son carretilla, cincel, comba, lampa, pico, pisón, tortol, rotomartillo y amoladora.
- **Mano de obra necesaria:** un operario, dos peones.

6.2.1.3. Ausencia de losas

Existe un 15.61% de las edificaciones del distrito de Huancayo que no tienen losas en su estructuración, estas son de un solo nivel (permitido por la normativa vigente); sin embargo, es recomendable que estas tengan vigas de confinamiento. Para aquellas que no tengan ni vigas (9.28%), basta con el proceso de intervención ante ausencia de vigas, descrita en el acápite **6.2.1.2. Ausencia de vigas de confinamiento**, esto evitará el desplome de los muros que es lo que causa muertes y daños materiales.

6.2.2. Uso de ladrillo no reglamentario

La intervención para edificaciones que utilizan unidades artesanales y unidades pandereta es técnicamente la misma. El procedimiento consiste en reforzar la edificación hasta otorgarle suficiente rigidez, respetando criterios de homogeneidad en planta y elevación, continuidad de los elementos estructurales desde el primer nivel y evitando efectos de torsión. Se presenta a continuación los procedimientos de restauración para edificaciones con unidades artesanales y panderetas.

6.2.2.1. Uso de unidades artesanales

El uso de unidades artesanales perjudica a las edificaciones de albañilería confinada pues sus propiedades mecánicas ya se han probado que afectan el desempeño estructural de las edificaciones. Sin embargo, si se tiene en cuenta que los estudios realizados en 1970 en Chimbote (CH-1970), durante esos años se contemplaba también unidades artesanales para la construcción de las edificaciones de albañilería confinada; es por ello que los requerimientos que tienen respecto a la necesidad de densidad de muros eran más exigentes que la normativa vigente E070 (albañilería). Es debido a esto que el estudio (CH-1970) es válido para las edificaciones confinadas del distrito de Huancayo que estén construidas a base de unidades artesanales, siempre y cuando no contravengan la normativa vigente; es decir, la limitante de edificaciones de dos niveles con este tipo de unidades.

Comprendido esto, existen edificaciones (94.19% de la población) que aún con las especificaciones de densidad de muros más exigentes realizados por CH-1970, no cumplen con la densidad mínima de muros. Es a este grupo al que va dirigida la intervención para que se pueda catalogar en un rango aceptable que garantice su buen desempeño estructural al estar ante una sollicitación extrema.

Ya desde 1960, en Japón, se consideraba que para aumentar la rigidez total de la edificación lo preferible era la consideración durante el diseño de muros de concreto armado, nótese que se usa un concepto con vigencia de casi 60 años. Esta es la intervención que esta investigación recomienda para el reforzamiento ante el uso de unidades artesanales, se muestra asimismo a continuación el procedimiento de

restauración, basado en el manual para la reducción de riesgo sísmico de viviendas en el Perú; focalizado en viviendas de “Material Noble” (albañilería) desarrolladas por autoconstrucción en los asentamientos humanos que rodean Lima Metropolitana, por Kuroiwa H. Julio (2016).

a. Identificar los muros a reemplazar

Si bien cada edificación necesita por sí misma el cálculo de la densidad de muros para calcular el requerimiento del largo del muro de concreto de refuerzo. Esta investigación demostró que para el distrito de Huancayo varía de acuerdo a la necesidad de cada edificación. Asimismo, se recomienda aumentar los muros en lugares estratégicos y en pares, para evitar efectos de torsión, siempre acompañado del criterio de un profesional.

Para la restauración ante una deficiente densidad de muros la opción más lógica es suministrar a la estructura de una cantidad de muros suficientes para que sobrepase los requisitos mínimos necesarios. El problema con este planteamiento, aunque lógico, es que al aumentar muros ya sea en cualquiera de las direcciones que lo requiera implica necesariamente la modificación de las demás áreas involucradas, llámense arquitectura, eléctricas y sanitarias. Dado que esto no es plausible, existe la necesidad de optar por una solución más decorosa que consiste en mejorar la calidad de los muros portantes que tendrán relevancia ante un evento sísmico.

La modificación de los muros no es arbitraria, es más al tratarse del área estructural requiere cálculo y criterio ingenieril para realizarse. En primer lugar, se debe tener en

cuenta que la modificación de la mampostería, ya sea de ladrillos artesanales como es el caso, se hará con el material utilizado por excelencia, el concreto. Aprovechando el conocimiento de las propiedades mecánicas conocidas tanto de la albañilería artesanal como del concreto armado, se procederá a utilizar el módulo de elasticidad (E) de cada uno de estos para realizar el cálculo de la sección necesaria a reemplazar para cumplir los requisitos mínimos de densidad de muros, se debe entender claramente el concepto de módulo de elasticidad de un material que se obtiene a partir de la relación existente entre el esfuerzo axial ($\Delta\sigma$) y la deformación unitaria asociada a esta ($\Delta\varepsilon$). Valores obtenidos a partir de un ensayo de compresión en su etapa elástica, para ambos casos el ensayo se realiza a partir de pilas. El cálculo realizado en el laboratorio de materiales de la PUCP, se muestra en el libro de Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. Donde experimentando con una pila de albañilería de $f_m = 100 \text{ kg/cm}^2$ y una pila de concreto de $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ se demostró que una sección de concreto armado proporciona aproximadamente seis veces más rigidez comparado con un muro de albañilería confinada. Para esto se debe mantener condiciones constructivas mínimas, como el espesor del muro, una adecuada cimentación y conexión mampostería-concreto. El cálculo de cambio de sección que debe ser utilizado según la norma E.070 se muestra a continuación:

$$\frac{E_c}{E_m} \times t$$

- o E_c : módulo de elasticidad del concreto (kg/cm^2), expresado mediante: $15000 \times \sqrt{f_c}$

- f'_c : resistencia a la compresión del concreto (kg/cm^2)
- E_m : módulo de elasticidad de la albañilería (kg/cm^2), expresado mediante: $500 \times f'_m$
- f'_m : resistencia a la compresión de la albañilería (kg/cm^2)
- $f'_m - E070$: para unidades industriales: 65 kg/cm^2
- $f'_m - E070$: para unidades artesanales: 35 kg/cm^2
- $f'_m - \text{Huancayo}$: para unidades artesanales: 27.9 kg/cm^2
- T : espesor del muro (cm)

Mediante la fórmula planteada se procede a calcular el factor de conversión teniendo como dato que la resistencia a la compresión del concreto (f'_c) será 210 kg/cm^2 , el módulo de elasticidad de la albañilería (E_m) según los estudios realizados será 11570 kg/cm^2 , además que el 100% de las edificaciones presentan muros de cabeza con un espesor efectivo de 13 cm. Se tiene un factor de conversión de 2.44, lo que se interpreta cómo cada 2.44 metros de albañilería otorgan la misma rigidez que 1 metro de concreto del mismo espesor.

Ante situaciones postdesastre, que hasta finalizar esta investigación no se presentaron, se debe tener en cuenta que el procedimiento de remplazo de muros de albañilería por concreto, es aplicable solamente si los muros de albañilería no hayan superado la deriva de 1/200 restringido por la norma E.030 Diseño Sismorresistente, la elección de este valor se debe a que el límite marca una situación económicamente reparable.

b. Demolición de muros de albañilería

Seleccionado los muros se procederá a demolerlos cuidadosamente desde el nivel superior hasta el cimientado y el sobrecimiento donde se alojarán las varillas de acero de los muros de concreto. En el cimientado, el picado será en forma de pirámide truncada para generar estabilidad y adherencia, además los muros de albañilería deberán conservar el dentado por lo que la demolición se debe hacer con sumo cuidado de preferencia utilizar una amoladora con potencia mínima de 750 Watts, y un rotomartillo con una potencia mínima de 1500 Watts se recomienda estos equipos en las marcas Bosh o Makita por su garantía en el tiempo de uso que tomará este procedimiento.

c. Reconstrucción con muros de concreto

Realizar limpieza de polvo y eliminación de irregularidades para posteriormente colocar un enmallado de acero desde el cimientado hasta el último nivel, por etapas. Debe estar perfectamente anclado tanto en los muros como en losas y cimientados. Luego se realizará un encofrado de 15 centímetros para después seguir con el vaciado, el que debe realizarse tras la colocación del epóxico Sikadur 32 Gel para generar adherencia entre el concreto antiguo y el nuevo, se seguirán las especificaciones detalladas en el acápite **6.3.1. Especificaciones para el uso de Sikadur 32 Gel**. Mientras que el diseño de mezcla debe ser tal que tenga una resistencia mínima a la compresión de 210 kg/cm². Además, es necesario utilizar un acelerante de fragua de preferencia Sikarapid 1 cuyas especificaciones están detalladas en el acápite **6.3.2. Especificaciones para el uso de Sikarapid 1**, para reducir el tiempo de intervención. El refuerzo será un doble enmallado de aceros de 3/8"

espaciados cada 30 cm horizontalmente, así como aceros de 3/8" espaciados cada 30 cm en la vertical. Se debe tener en cuenta que este diseño es un estándar aproximado, que podría variar si un profesional así lo amerita.

d. Curado

El curado es importante para que el concreto alcance su potencial, siendo elementos verticales, facilitará el curado que tendrá que ser por siete días por lo menos.

e. Nota

- **Equipos de protección necesarios:** se necesitará para esta intervención botas de seguridad, casco, guantes, mascarilla y lentes.
- **Materiales necesarios:** los materiales necesarios serán arena gruesa, piedra chancada, cemento, acero de construcción corrugado, epóxico Sikadur 32 Gel, acelerante de fragua Sikarapid 1, agua.
- **Herramientas necesarias:** las herramientas necesarias son carretilla, cincel, comba, lampa, pico, pisón, tortol, rotomartillo y amoladora.
- **Mano de obra necesaria:** un operario, dos peones.

6.2.2.2. Uso de unidades pandereta

A diferencia de las unidades artesanales, las unidades pandereta se encuentran clasificadas como unidades únicamente divisorias. Al estar estas siendo utilizadas como muros portantes, ni siquiera se puede aplicar el criterio de densidad de muros, siendo las unidades panderetas clasificadas como unidades Clase I, la más baja de todas. Es por ello que el tipo de intervención que requieren estas edificaciones es especializado, habiendo en buena medida procedimientos de

intervención estructural ya estudiados a nivel nacional. Ahora bien, hay que tener en cuenta que no es ni económico ni ideal realizar esta intervención, sino más bien necesaria.

La intervención seleccionada consiste en acoplar a cada uno de los muros una malla electro-soldada recubierta con mortero. Se muestra a continuación el procedimiento de intervención.

a. Condiciones para la intervención

Se debe tener en cuenta que para que esta intervención sea exitosa debe realizarse en cada uno de los muros portantes de la edificación, para evitar variación de rigidez en la estructura. Por este motivo la intervención no es económica; sin embargo, es necesaria ante el uso negligente de este tipo de unidades. La **Figura 186**, muestra una edificación con este problema.



Figura 186. Edificación de albañilería confinada que basa su desempeño estructural en unidades pandereta explícitamente prohibidas para este fin, se ubica en el distrito de Huancayo

Fuente: propia

b. Procedimiento de intervención

Lo primero consiste en perforar las unidades pandereta solo lo suficiente para que pasen alambres número ocho, esto se hará cada 45 cm a lo largo y ancho del muro, puede realizarse tanto en las unidades como en el mortero. Estos alambres deben doblarse a 90° e irán sujetos a ambas mallas con alambre número 16. La malla electro soldada constará de varillas de acero corrugado de seis milímetros de diámetro espaciadas cada 15cm. Y no será conectada a los elementos de confinamiento ni a la cimentación, enfocándose únicamente en la albañilería.

Los orificios por los que pasó el alambre número ocho serán taponeados con lechada Cemento Arena 1:3, para luego realizar un tarrajeo tradicional Cemento AF 1:4. En la **Figura 187**, se muestra un muro pandereta con la malla electro soldada que la recubrirá.

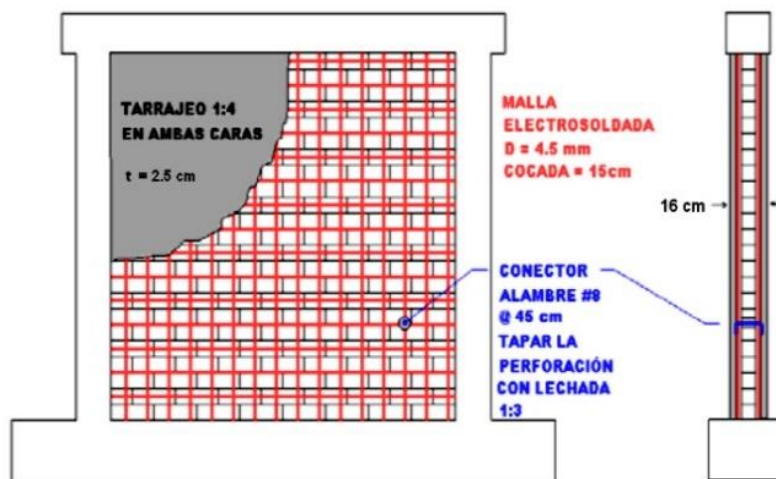


Figura 187. Propuesta de restauración de la edificación para el uso de unidades pandereta en muros portantes (basado en estudios realizados en el Perú)

c. Efectos de la intervención

La malla electro-soldada cumple la función de evitar la trituración de los ladrillos pandereta además de su explosiva ruptura debido a su falla frágil. Sin embargo, se reitera que no es ideal realizar esta intervención debido a su costo, lo ideal sería evitar completamente el uso de estas unidades como elementos estructurales portantes. Además, si se observan los resultados en la **Figura 188**, se puede apreciar que la malla electro-soldada evitó la falla diagonal común en los muros con unidades pandereta ante solicitaciones dinámicas. Si se produjera un sismo más severo ocasionaría el desprendimiento y colapso del muro.



Figura 188. Comparación del desempeño estructural ante cargas dinámicas de un muro portante con ladrillos pandereta y uno reforzado con la malla electro soldada (basado en estudios realizados en el Perú)

d. Nota:

- **Equipos de protección necesarios:** se necesitará para esta intervención botas de seguridad, casco, guantes y lentes.
- **Materiales necesarios:** los materiales necesarios serán arena gruesa, piedra chancada, cemento, acero de construcción corrugado, alambre.
- **Herramientas necesarias:** las herramientas necesarias son carretilla, cincel, comba, lampa, pico, pisón, tortol.

- **Mano de obra necesaria:** un operario, dos peones.

6.2.3. Mantenimiento de los elementos estructurales

Al ser el mantenimiento esencial a considerar en el aspecto estructural de las edificaciones, se evaluaron durante las inspecciones en búsqueda de desgastes que podrían a largo plazo comprometer a la estructura. Durante la inspección se encontraron con frecuencia fallas como humedad en elementos estructurales generando desgaste por erosión y por consiguiente debilitamiento estructural. Al ser fallas que requieren mantenimiento; a continuación, se muestra el proceso de intervención de ambas.

De los múltiples procedimientos de intervención que existen para solucionar la humedad presente en los muros de albañilería confinada resalta por mucho las técnicas utilizadas en la reparación de puentes de albañilería. Esto se debe principalmente a las condiciones en las que están expuestas estas unidades, es decir altos niveles de humedad, intemperismo extremo, sales y sulfatos altos, etcétera. El tipo de intervención que se le da a las unidades de los puentes, se puede extrapolar a las edificaciones al ser sencillos para un profesional, además de haberse comprobado su efectividad en la práctica.

Como toda intervención se debe considerar desde procesos mínimos hasta la completa reconstrucción, esto va a estar en función al nivel de daños de la estructura. Como se mencionó antes, lo primero que se debe hacer es identificar la causa de la falla, en este caso de la humedad, pudiendo ser diversa, entre ellas tenemos:

6.2.3.1. Humedad por ruptura de tuberías

No necesariamente pueden estar pasando a través del muro, sino que el agua se filtra por este. Para encontrar el

origen de la falla se debe tener en cuenta los planos “*after build*” que son indispensables en toda construcción formal.

Ahora basándonos en los hechos de nivel de informalidad en el distrito de Huancayo siendo el 82.70% de las edificaciones de albañilería confinada analizadas, obteniendo este valor en función a las fallas constructivas, la mejor opción para encontrar el origen de las fallas son los planos de construcción; asimismo, es de suma importancia las opiniones de los habitantes.

La forma de detener este origen de falla, es que tras tener una idea de su ubicación se procede a picar su entorno inmediato, sea el muro o la losa, y posteriormente resanarlo con tuberías nuevas. Finalmente, las unidades comprometidas se deben de cambiar. A continuación, se muestra la aplicación de la restauración ante esta falla, basado en las Fichas para la reparación de viviendas de albañilería del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014).

a. Identificar la zona de falla y su origen

En base a planos, criterio y opiniones de los ocupantes, se procederá a ubicar la falla para cortar el flujo de agua cerrando las llaves involucradas. La **Figura 189**, muestra la falla mencionada.



Figura 189. Edificación de albañilería confinada donde los muros se han visto afectados por la ruptura de una tubería aparentemente en la losa del baño contiguo

Fuente: propia

b. Estabilización de la estructura

Al ser muros portantes, estos son los que soportan las cargas de la estructura en general. El área tributaria que lo rodea debe de ser apuntalada para garantizar su estabilidad durante le intervención. En caso de estar la tubería dañada embebida en la losa no será necesario el apuntalamiento, sin dejar de lado los criterios de seguridad. La zona a estabilizar se muestra en la **Figura 190**.



Figura 190. Muro afectado un muro portante, es necesario estabilizar la zona de intervención. La propuesta es apuntalar el área tributaria con madera de eucalipto

antes de proceder

Fuente: propia

c. Picado del elemento estructural

Se procede a realizar el picado de todos los elementos estructurales comprometidos con sumo cuidado pues las tuberías son relativamente delicadas, una vez encontrado el punto exacto de filtración pudiendo ser una tubería rota o un accesorio mal colocado o defectuoso, se procederá a la reparación.

d. Reparación de la tubería

Ubicado el origen de la falla, la tubería comprometida y sus accesorios dañados se cortarán con el arco de sierra. Para luego reemplazarlas procurando un buen pegado. Finalmente dejar secar por lo menos dos días y verificar. Todo el procedimiento de restauración se muestra en la **Figura 191**.

e. Resanar el área de trabajo

Solucionado el problema todo lo extraído se debe de dejar en el estado inicial en el que se encontró, salvo por los elementos comprometidos con humedad los cuales deben de ser reemplazados en su totalidad.

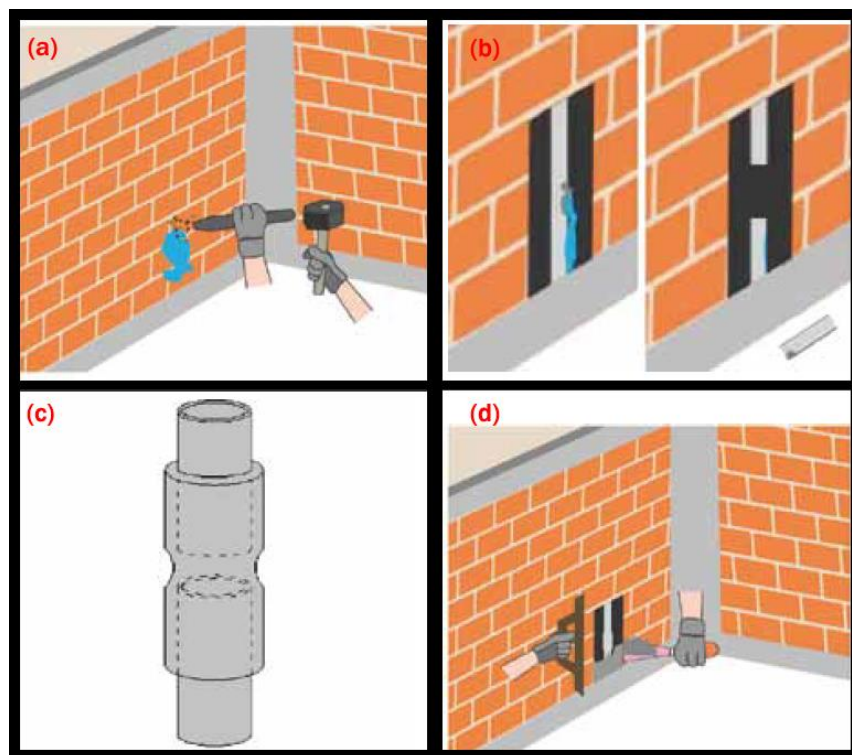


Figura 191. Procedimiento de intervención ante una tubería que ha colapsado generando filtración (a) picado del elemento estructural, en este caso un muro portante, (b) extracción de la tubería y/o accesorios comprometidos, (c) procedimiento de refacción mediante empalme, también el reemplazo es aceptable, (d) resane del elemento estructural

f. Nota

- **Equipos de protección necesarios:** se necesitará para esta intervención botas de seguridad, casco, guantes y lentes.
- **Materiales necesarios:** los materiales necesarios serán cemento, arena, agua, tuberías de PVC, accesorios y pegamento para tuberías.
- **Herramientas necesarias:** cincel, comba, arco de sierra, espátula y plancha.
- **Mano de obra necesaria:** un operario, un gasfitero.

Durante la intervención existe la partida de reemplazo de unidades, para la cual se debe tener especial

consideración, como por ejemplo aprovechar esta intervención no solamente en retirar las unidades comprometidas con la humedad, sino que también aquellas dañadas para evitar que comprometan la estructura a largo plazo.

El reemplazo de las unidades se realiza con aquellas que sean compatibles con las originales, no solo en términos de apariencia, sino en términos mecánicos. Para esto se debe tener en cuenta principalmente el criterio estructural de un profesional, que decida la mejor opción de reemplazo.

Se debe considerar incluso el reemplazo de un muro afectado con concreto, respetando criterios estructurales básicamente de simetría en planta y elevación.

6.2.3.2. Humedad por ascensión capilar en los muros

La saturación, especialmente en los meses de enero a marzo genera, en algunos sectores como San Carlos y edificaciones que se encuentran en la rivera de los ríos, saturación suficiente para que por el efecto de presión capilar el agua suba a través de los muros. Esto ocasiona desmedro en los muros que tienen conexión directa con los cimientos comprometiendo la estructura. Ahora para detener este origen de falla se propone escavar para aislar la zona comprometida del suelo.

Para un contexto en el cual el nivel freático no es tan agresivo en la mayoría de su extensión, además de la poca cantidad de sales y sulfatos que el suelo posee como es el caso del distrito de Huancayo, la solución más óptima es el uso de impermeabilizante.

Debemos tener en cuenta que estos orígenes de falla se generan debido a malos procesos constructivos, así como mal criterio profesional, e incluso la carencia de este durante la construcción, lo que genera gastos adicionales para su reparación. A continuación, se muestra los procedimientos de la intervención basados en las fichas para la reparación de viviendas de albañilería del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014).

a. Identificar la zona de falla y su origen

Debido a que la humedad proviene del suelo, se aplica el principio fundamental de toda intervención: detener la falla antes de cualquier acción. Es por esto la necesidad de excavar hasta encontrar el origen de la falla.

b. Excavación

Se debe excavar hasta la base del cimiento para descartar factores como afluentes próximos o socavación. Además, es necesario hacerlo en todo el contorno del cimiento, por lo que la losa de los interiores se vería comprometida. Se debe tener en cuenta además que la zona a intervenir será tanto el contorno como la parte inferior del cimiento, debido a que la humedad ingresa por cualquiera de las caras. En la **Figura 192**, se muestra la excavación e impermeabilización de la parte inferior del cimiento.

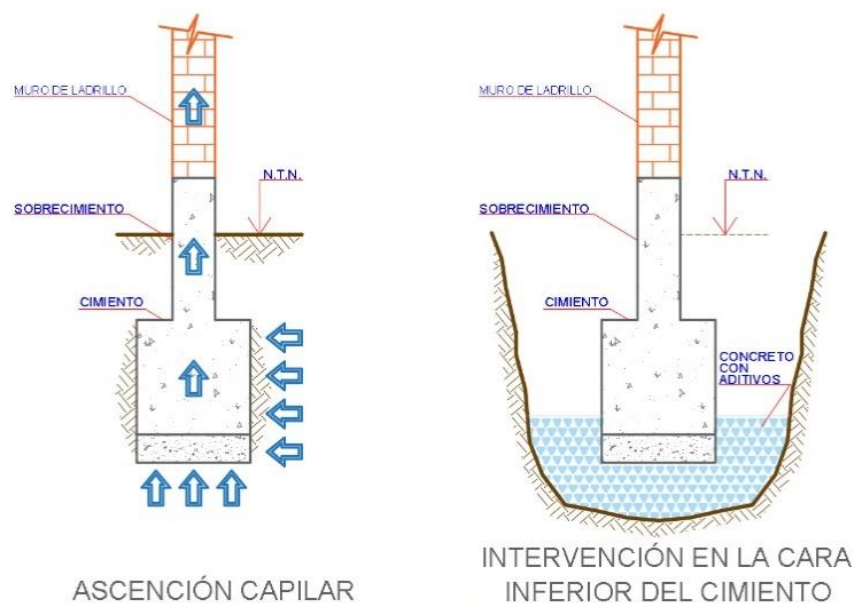


Figura 192. Problema de ascensión capilar y procedimiento de restauración comenzando por la cara inferior, por tramos no mayores a un metro realizando el vaciado de concreto con aditivos impermeabilizantes y acelerante de fragua

Fuente: propia

c. Limpieza

Picar las irregularidades con comba y cincel. Además, realizar la limpieza de impurezas o material orgánico con escobilla quitando también el polvo, para luego limpiar con agua.

d. Impermeabilización de la cimentación

El procedimiento consiste en impermeabilizar toda el área en contacto con el suelo, la parte complicada es cuando se trata de la base del cimiento, el procedimiento consta en escarbar por debajo del cimiento en tramos no mayores a un metro a lo largo del tramo afectado para vaciar concreto que contenga impermeabilizante Sika 1 (detallando sus especificaciones **6.3.3. Especificaciones para el uso de Sika 1**). Esto a nivel superior del fondo de cimentación, por dos motivos (1) el suelo bajo este no se compactará y ha de ser necesaria una presión suficiente para que al momento de

fraguar genere un apoyo estable. (2) Durante el proceso de fraguado se da la contracción por secado y si se pusiera la mezcla al ras podría generar áreas que no estén en contacto con el cemento. Se debe utilizar además un acelerante de fragua de preferencia Sikarapid 1 cuyas especificaciones están detalladas en el acápite **6.3.2. Especificaciones para el uso de Sikarapid 1**, para reducir el tiempo de intervención, este procedimiento es apreciable en la **Figura 188**. Para el contorno de la cimentación el procedimiento es más sencillo, se debe de colocar generosamente el impermeabilizante Sika 1 en todo el contorno del cimiento, el proceso debe realizarse con paciencia y respetando las indicaciones del fabricante. El procedimiento de intervención descrito para el contorno de la cimentación se detalla en la **Figura 193**.

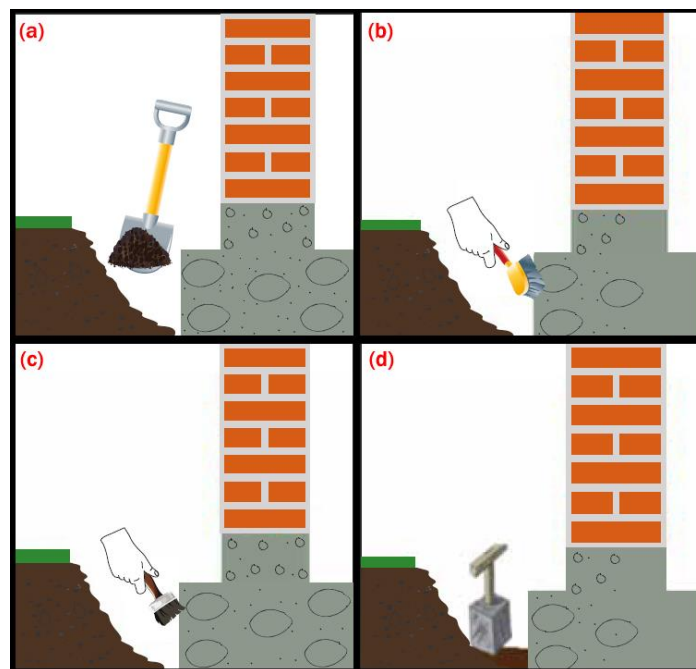


Figura 193. Procedimiento de intervención para el contorno de la cimentación (a) excavación del contorno hasta dejar ambas caras expuestas (b) proceso de limpieza (c) Colocación de pintura asfáltica (d) compactación y resane del área intervenida, nótese

el apisonado

Fuente: propia

e. Rellenar

Tras esperar un plazo prudente de ocho horas o más, se procederá a rellenar con material propio, compactando el terreno hasta llegar al nivel del terreno natural. En caso de haber picado el suelo de ambientes interiores, se procederá a reconstruir el falso piso y procurar que los acabados previos a la intervención se mantengan en la medida de lo posible.

f. Nota

- **Equipos de protección necesarios:** se necesitará para esta intervención botas de seguridad, casco, guantes, mascarilla y lentes.
- **Materiales necesarios:** los materiales necesarios serán arena gruesa, piedra chancada, cemento, acero de construcción corrugado, impermeabilizante Sika 1, acelerante de fragua Sikarapid 1, agua.
- **Herramientas necesarias:** las herramientas necesarias son brocha, carretilla, cincel, comba, escobilla, lampa, pico, pisón.
- **Mano de obra necesaria:** un operario, un peón.

6.2.3.3. Mantenimiento ante filtración en losas

El distrito de Huancayo, al igual que toda la sierra del país, presenta altas precipitaciones en los meses de enero a marzo. El problema es que las lluvias por un prolongado periodo de tiempo generan erosión.

Al existir en las losas fisuras o grietas que permitan la filtración de agua ocasionan fallas que comprometen el comportamiento estructural de la losa ya sea por carga estática o sismos solo por no tener consideraciones durante el diseño

ni la ejecución. Comúnmente estas fisuras suelen ser muy pequeñas, pero al ser extensas y comprometer el sistema estructural, lo mejor es realizar una intervención que consista en reemplazar toda el área comprometida. A continuación, se muestran los procedimientos de la intervención basados en las Fichas para la reparación de viviendas de albañilería del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014).

a. Identificar la zona de falla y su origen

Identificar la falla entre grietas y fisuras, este procedimiento se puede hacer visualmente, además de esto se debe aplicar el principio básico de toda intervención que es detener el causante de la falla antes de realizar cualquier intervención. Basta con descartar procesos químicos internos en el concreto como la carbonatación, así como desplazamientos superiores a los permitidos por fallas constructivas o estructurales. Procedimientos que requerirán intervenciones variadas de acuerdo al criterio de un profesional.

b. Condiciones previas

Se debe controlar la planitud de la losa a intervenir, asimismo considerar variables como su pendiente, resistencia y humedad, así como limpiar la superficie para intervenirla. **La Figura 194**, muestra la aplicación de Sikaflex 11FC+, tras tener en cuenta las condiciones previamente descritas.



Figura 194. Losa tras el aplicado de Sikaflex 11FC+. Nótese que antes de la intervención se tuvo que identificar y detener su origen, así como tener precauciones con las pendientes

Fuente: propia

c. Sellado

Lo práctico y recomendable para el contexto de Huancayo es seguir un procedimiento de dos pasos, primero el sellado de las grietas y/o fisuras mediante el uso de Sikaflex 11FC+ cuyas especificaciones se detallan en el acápite **6.3.4. Especificaciones para el uso de Sikaflex 11FC+**, básicamente, la gravedad se encargará de decantar el producto hasta el fondo de la grieta, por lo que se tendrá que ser generoso con su aplicación para garantizar el sellado, si se estima necesario se puede echar más capas de impermeabilizante. La brocha nos ayudará a sellar a lo largo y a empujar el impermeabilizante a través de la fisura o grieta. Es recomendable hacer el procedimiento en un día soleado para facilitar su secado. El segundo paso consiste que tras esperado un plazo prudente en el que Sikaflex 11FC+ haya secado se procederá a pintar toda la superficie del techo con Sika Techo 3 a dos capas, este es un impermeabilizante que garantizará el tránsito del agua hacia los puntos de desfogue previstos debido a las pendientes de la losa. Sus especificaciones de uso se detallan en el acápite **6.3.5. Especificaciones para el uso de Sika Techo 3**. En un

escenario ideal este procedimiento debe tener un periodo de vida de cinco años incluso con transitabilidad, por lo que se debe prever este periodo para volver a realizar la misma intervención. La **Figura 195**, muestra la aplicación de Sika Techo 3.



Figura 195. Uso de Sika Techo 3, debe de realizarse a dos capas para garantizar la impermeabilización del techo y no dejar aberturas

Fuente: Sika web

d. Recomendación

Durante la selección de una solución óptima, se seleccionó el uso de impermeabilizante por su costo y el contexto de las edificaciones del distrito de Huancayo. Sin embargo, una solución más eficaz es el uso de membranas asfálticas, en toda la superficie del techo lo que garantiza su mejor desempeño incluso para superficies transitables, siendo en un corto plazo mucho más caras que la opción seleccionada. Razón por la cual se descartó para un escenario como el del distrito de Huancayo, la **Figura 196**, muestra la membrana asfáltica Sika.



Figura 196. Membrana asfáltica marca Sika

Fuente: Sika web

e. Nota

- **Equipos de protección necesarios:** se necesitará para esta intervención botas de seguridad, casco, guantes, lentes, arnés de seguridad y línea de vida.
- **Materiales necesarios:** cemento, arena, agua, Sikaflex 11FC+, Sika Techo 3.
- **Herramientas necesarias:** las herramientas necesarias son plancha, brocha, escobilla, nivel de mano.
- **Mano de obra necesaria:** un operario, un peón.

6.3. Especificaciones para el uso de aditivos

6.3.1. Especificaciones para el uso de Sikadur 32 Gel

Sikadur 32 Gel es un aditivo epóxico de la línea de productos Sika, su función es garantizar la adherencia entre el concreto antiguo y el concreto nuevo. La presentación del epóxico viene en dos componentes, en la parte superior el componente A, que es una resina epóxica modificada y en la parte inferior y de menor tamaño el componente B, que es una poliamina modificada y con carga. La presentación viene en juego de un kilogramo y de cinco kilogramos por ambos componentes, en la **Figura 197**, se muestra la presentación de un kilogramo.

La proporción de mezcla de ambos componentes es de uno del componente B, por cada dos del componente A. Mientras que el rendimiento aproximado es de 0.3 a 0.5 kg/m² de mezcla, estando en función de la rugosidad y temperatura de la superficie.



Figura 197. Epóxico Sikadur 32 Gel, presentación de 1k

Fuente: propia

El uso del epóxico debe realizarse cuando el concreto esté limpio, libre de polvo, partes sueltas o mal adheridas, además sin impregnaciones de aceite, grasa, pintura, etc. Cumplidas estas condiciones se procederá a colocar la mezcla con una brocha. Mientras que el concreto fresco debe ser vaciado antes de 3 horas a 20°C o 1 hora a 30°C de aplicado el Sikadur 32 Gel.

6.3.2. Especificaciones para el uso de Sikarapid 1

Sikarapid 1 es un aditivo acelerante de fragua que incrementa la resistencia temprana del concreto en estado endurecido mediante el aumento de la tasa de hidratación del cemento. La ventaja de este aditivo es que carece del ion cloruro y no tiene restricciones con otros aditivos. Viene en presentaciones de envase de cuatro litros y el cilindro de 180 litros. La **Figura 198**, muestra la presentación del acelerante de cuatro litros.



Figura 198. Acelerante de fragua Sikarapid 1, presentación de 4 Litros

Fuente: <http://per.sika.com/>

El uso del acelerante Sikarapid 1 es sencillo, consta en agregar el diluido en el agua de la mezcla utilizando de 3.9 a 23.6 cm³ por kilogramo de cemento. Recomendando siempre realizar pruebas previas debido a variaciones condicionadas por el ambiente en el que se utiliza.

6.3.3. Especificaciones para el uso de Sika 1

Sika 1 es un impermeabilizante de la línea de productos Sika, su función es sellar los poros propios del concreto garantizando su impermeabilidad. Su presentación viene en envases de cuatro litros, balde de 20 litros y cilindros de 200 litros.



Figura 199. Impermeabilizante de concreto Sika 1, presentación de 20 Litros

Fuente: propia

Su uso es mediante la disolución en agua con una dosificación recomendable de 42 cm³ por kilogramo de cemento. El uso del impermeabilizante Sika 1 garantiza que sean innecesarios los tarrajes impermeables posteriores, siempre que la faena de vaciado de concreto sea continua y cumpla con los requisitos mínimos de dosificación, calidad de los materiales y posterior curado. Detalle adicional, este aditivo también viene en una presentación en polvo en bolsas de un kilogramo, cuyo método de uso es el mezclado con el cemento en la proporción de un kilogramo de aditivo por bolsa de cemento. La selección de la presentación deberá evaluarse en función al uso total del concreto a impermeabilizar.

6.3.4. Especificaciones para el uso de Sikaflex 11FC+

Sikaflex 11 FC+ es un sellador y adhesivo de la línea de productos Sika, su función es resanar las grietas y fisuras presentes en el concreto, sea de forma vertical u horizontal. Este adhesivo garantiza impermeabilidad y sellado de fallas propias del concreto. Su presentación es en cartuchos de 300 ml y 600 ml, la **Figura 200**, muestra su presentación en 300 ml.



Figura 200. Adhesivo Sikaflex 11 FC+, presentación de 300 ml

Fuente: propia

Para el uso del Sikaflex 11 FC+, es necesario limpiar todas las superficies, secarlas, y asegurarse de que esté libre de aceites y grasa.

Deben eliminarse los residuos de cualquier material extraño. Las temperaturas de aplicación recomendables son de 4°C a 38°C. El procedimiento consiste en abrir la grieta o fisura con disco de corte, como mínimo 5mm, retirar el polvo y secar muy bien el sustrato antes de aplicar el sellante. Hecho esto se procederá a colocar la punta de la boquilla en la grieta o fisura rellenándola completamente evitando que quede aire atrapado.

6.3.5. Especificaciones para el uso de Sika Techo 3

Sika Techo 3 es una membrana líquida elástica de la línea de productos Sika, su función es impermeabilizar techos de preferencia previamente tratados, es decir con la reparación de grietas y fisuras filtrantes y el cuidado de la pendiente para un adecuado desfogue. Viene en presentaciones de cuatro y veinte litros, la **Figura 201**, muestra su presentación en cuatro litros. Su rendimiento para superficies horizontales a dos capas es de 1.5 L/m² por lo que se debe tener especial consideración el área de la superficie a tratar.



Figura 201. Membrana líquida elástica Sika Techo 3, presentación de cuatro Litros

Fuente: propia

Para su correcto uso, la superficie debe estar sana, limpia, sin grasa, eflorescencias u hongos que perjudiquen la adherencia del producto. Asimismo, salvo contravenga la opinión del profesional a cargo, la superficie debe tener la pendiente mayor al 1%, sin resaltos ni

depressiones. El tiempo de secado final del producto es de 24 horas, para permitir su transitabilidad.

Una vez terminado el tratamiento de las fisuras con Sikaflex 11 FC+, se aplicará la imprimación de Sika Techo 3 diluido en agua en una proporción de 1:3. Finalizada la imprimación tras la espera de cuatro a seis horas de acuerdo a las condiciones ambientales se realizará el sellado a dos capas. Sobre la imprimación ya seca se pintará en sentido cruzado, una con respecto a la anterior, hasta obtener un espesor de película seca de 0.5mm. Se debe aplicar el producto sin presionar el rodillo o la brocha contra la superficie para permitir que tenga la cantidad de producto requerida por cada capa.

CONCLUSIONES

Es necesario mencionar que las edificaciones que finalmente se analizaron no son propiamente de albañilería confinada, hecho que se mostró en el *acápite 5.5. Análisis de resultados y comentarios*, donde se muestran las conclusiones del análisis y la evaluación del comportamiento de tres edificaciones representativas de la muestra. Siendo los muros de las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo los que brindan rigidez estructural solo en un sismo más no por carga axial. Bajo esta premisa se aclara que tan solo con fines prácticos estas edificaciones se catalogarán como: “edificaciones confinadas del distrito de Huancayo”, concluyendo lo siguiente:

Tras el análisis de los resultados, basado en la aplicación del Sistema de Gestión de Riesgos orientado para desastres sísmicos en el distrito de Huancayo, se ha estimado el siguiente escenario de riesgo resumido en el **Cuadro 87**.

Intensidad	Riesgo de Colapso	
	Mínimo	Máximo
Sismo Moderado	2.95%	32.07%
Sismo Severo	34.60%	48.10%

Cuadro 87. Porcentaje de edificaciones de albañilería confinada en riesgo de colapso en el distrito de Huancayo ante dos escenarios (un sismo moderado y uno severo)

Fuente: propia

Tras este alarmante diagnóstico se propusieron dos medidas:

- 1) Procedimientos de intervención a realizar basado en los factores de riesgo más recurrentes encontrados en las edificaciones de albañilería confinada del distrito de Huancayo que se analizaron. (*Capítulo VI – Acápite 6.2.*)
- 2) La elaboración de una cartilla que explica al ciudadano de a pie, de una manera simple y didáctica, cómo construir adecuadamente y las acciones a tomar ante un sismo. (*Capítulo VII – Anexo 3*)

Del mismo modo metodológicamente se concluye lo siguiente:

- Se determinó satisfactoriamente el nivel de riesgo ante un sismo en las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo mediante el Sistema de Gestión de Riesgos de Desastres Sísmicos (GRDS) aplicados a estas edificaciones, al 2016.
- Se evaluó satisfactoriamente el peligro sísmico de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo en base a los parámetros urbanos y la falla del Huaytapallana, al 2016.
- Se evaluó satisfactoriamente la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo en base a las condiciones locales del suelo, la topografía, la configuración estructural, la resistencia y la calidad de construcción, al 2016.
- Se generó información para disminuir el nivel de riesgo relacionado a efectos sísmicos en las edificaciones de albañilería confinada en el distrito de Huancayo mediante el planteamiento de procedimientos de restauración, al 2016.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la aplicación de las medidas preventivas detalladas en el capítulo VI - **6.2. Medidas preventivas para la buena construcción de las edificaciones**, enfatizando en la Labor de prevención y concientización organizada por las universidades a través de proyección social y de principales instituciones responsables como la Municipalidad Provincial de Huancayo (MPH) y el Instituto de Defensa Civil (Indeci).
- Se recomienda la capacitación continua de los maestros de obra, quienes serán en buena medida los que terminen realizando las edificaciones. Un buen alcance para que los maestros se capaciten gratuitamente son las ferias de promoción de productos que las fábricas de materiales constructivos realizan, o las clases que imparten instituciones como Maestro, Sódimac o Promart las tres con locales en Huancayo.
- Se recomienda la implementación de una política para la certificación de proveedores de materiales y la mano de obra calificada para la construcción de cualquier tipo de edificación. En conjunto con la presencia de fiscalización ya planteada como política de estado y detallada en el capítulo VI - **6.1. Medidas preventivas para la buena construcción de las edificaciones**, para evitar a futuro el 13.92% de edificaciones con unidades panderetas o el 83.54% de edificaciones con unidades artesanales.
- Se recomienda la implementación de un nuevo plan de desarrollo urbano con fundamento en la normativa vigente y perspectiva a futuro. Dada la realidad globalizada. Además, este PDU deberá tener como principal pauta contemplar un plan de gestión de riesgo de desastres.
- Se recomienda un estudio focalizado sobre las urbanizaciones de La Merced, Santa Isabel y El Trébol para determinar si las edificaciones que aquí se encuentran tuvieron las consideraciones necesarias durante su ejecución. Dadas las pésimas condiciones del suelo y donde no se debió permitir construir sin por lo menos alguna

restricción. Catalogándose en esta investigación como urbanizaciones con alto riesgo sísmico. Esto debido a que al estar construidas las edificaciones sobre suelo que se satura de agua o arena eólica (en los meses de enero a marzo) las ondas sísmicas sufren grandes amplificaciones u ocurrencia de licuación de suelos⁴¹.

- Finalmente se recomienda tener presente que si bien esta investigación universitaria se encuentra dirigida a la fácil toma de decisiones por parte de las autoridades de la Municipalidad Provincial de Huancayo⁴², es necesario mencionar también el compromiso que tienen todas las universidades en su labor de extensión, como se aprecia en la **Figura 202**, expresa que la responsabilidad social universitaria va más allá de lo académico, sino que su alcance llega al desarrollo nacional para lo cual están en la obligación de destinar un 2% de su presupuesto tal como lo expresa la ley.

CAPÍTULO XIII
RESPONSABILIDAD
SOCIAL UNIVERSITARIA

Artículo 124. Responsabilidad social universitaria
La responsabilidad social universitaria es la gestión ética y eficaz del impacto generado por la universidad en la sociedad debido al ejercicio de sus funciones: académica, de investigación y de servicios de extensión y participación en el desarrollo nacional en sus diferentes niveles y dimensiones; incluye la gestión del impacto producido por las relaciones entre los miembros de la comunidad universitaria, sobre el ambiente, y sobre otras organizaciones públicas y privadas que se constituyen en partes interesadas.
La responsabilidad social universitaria es fundamento de la vida universitaria, contribuye al desarrollo sostenible y al bienestar de la sociedad. Compromete a toda la comunidad universitaria.

Artículo 125. Medios de promoción de la responsabilidad social universitaria
Cada universidad promueve la implementación de la responsabilidad social y reconoce los esfuerzos de las instancias y los miembros de la comunidad universitaria para este propósito; teniendo un mínimo de inversión de 2% de su presupuesto en esta materia y establecen los mecanismos que incentiven su desarrollo mediante proyectos de responsabilidad social, la creación de fondos concursables para estos efectos.
El proceso de acreditación universitaria hace suyo el enfoque de responsabilidad social y lo concretiza en los estándares de acreditación, en las dimensiones académicas, de investigación, de participación el desarrollo social y servicios de extensión, ambiental e institucional, respectivamente.

Figura 202. Extracto de la Ley Universitaria vigente

Fuente: Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria (Sunedu)

⁴¹ Manual para la reducción de riesgo sísmico de viviendas en el Perú, MVCS – Ing. Julio Kuroiwa Horiuchi.

⁴² Los tres niveles de gobierno son responsables del cumplimiento de la 32° Política de estado Gestión de Riesgo de Desastres (GRD), con carácter legal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, Rosa. (2004). Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín.
- ASTM A496/A496M-07 (Withdrawn 2013). *Standard Specification for Steel Wire, Deformed, for Concrete Reinforcement*.
- Comité Andino para la Prevención y Atención de Desastres – Caprade (2006). Estrategia Andina para la Prevención y Atención de Desastres.
- Curi R. Miguel Ángel (2011). Diseño por desempeño de una edificación de albañilería confinada de 4 pisos usando un análisis no lineal estático.
- Daniel Quiun W. Criterios para construcciones de ladrillo más seguras.
- Prado N. Adelaida, Colonio R. Marizol (2016). Evaluación de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en el Perú. Maestría en gestión pública, proyecto de investigación gerencial aplicado.
- *Earthquake-resistant confined masonry Construction*. Svetlana Brzev. National Information Center of Earthquake Engineering (NICEE). Indian Institute of Technology Kanpur. 2007.
- Kuroiwa H. (1970). Informe de Evaluación de Daños en la Ciudad de Huaraz-Ancash-Subcomisión Técnica-CRYRZA.
- Kuroiwa H. Julio (2012). Gestión de riesgo de desastres Sismos y Tsunamis; foro de la vulnerabilidad y medidas de prevención ante riesgo sísmico y tsunami.
- Kuroiwa H. Julio (2016). Manual para la reducción de riesgo sísmico de viviendas en el Perú; focalizado en viviendas de “Material Noble” (albañilería) desarrolladas por autoconstrucción en los asentamientos humanos que rodean Lima Metropolitana.
- Meli, R. (1994). *Structural Design of Masonry Buildings: the Mexican Practice. Masonry in the Americas*, ACI Publication SP-147, American Concrete Institute, Detroit.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento MVCS (junio 2014). Fichas para la reparación de viviendas de albañilería.

- Municipalidad Provincial de Huancayo. Diagnóstico urbano, Plan de desarrollo Urbano de Huancayo 2015-2025.
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres - UNISDR (2005). Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres. Kobe, Hyogo, Japón. Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres.
- Peralta Marticorena, Ayar Joaquín (2016). Evaluación y ventajas de una albañilería confinada construida con ladrillos artesanales y otra con industriales en la provincia de Huancayo.
- Presidencia del Consejo de Ministros – PCM (2014). Plan nacional de gestión del riesgo de desastres PLANAGERD 2014-2021.
- Programa Ciudades Sostenibles (2013). Lecciones aprendidas y sistematización de buenas prácticas una contribución a la reducción de desastres en el Perú.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD. Manual para la reparación y el reforzamiento de viviendas de albañilería confinada dañadas por sismos. Tipología de Daños.
- Proyecto Indeci PNUD PER /02/051 Ciudades Sostenibles (2011). Mapa de peligros, plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Huancayo. Volumen I, Informe Final.
- Rojas C. Carla Violeta. (2015). Alternativas de solución estructural a las configuraciones de edificios educativos vulnerables a sismos en Huancayo
- Reglamento Nacional de Construcciones, Norma de Albañilería E-070 (1982). ININVI.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Sismorresistente E-030 (2006). MVCS.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma de Albañilería E-070 (2006). MVCS.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” (2016) MVCS.
- San Bartolomé A., Quiun D., Silva W. (2011). Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería.

- San Bartolomé A., Quiun D., Araoz T., Velezmoro J., (2011). Reforzamiento de viviendas existentes hechas con ladrillos pandereta.
- Svetlana Brzev, Murty, C.V.R., and Jain, S.K. (2000). *Earthquake-resistant confined masonry construction. Beneficial influence of masonry infills walls on seismic performance of RC frame buildings. Proceeding of the 12th World Conference on Earthquake Engineering. Auckland, New Zealand, Paper N° 1790.*
- Svetrlana Brzev (2007). *Earthquake-Resistant confined masonry construction. With National Information Center of Earthquake Engineering (NICEE)*
- Yoshimura, K., Kikuchi, K., Kuroki, M., Nonaka, H., Kim, K.T., Wangdi, R., and Oshikata, A. (2004). Experimental study for developing higher seismic performance of brick masonry walls. proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, Paper N°1597.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLAS DE LOS TERREMOTOS A NIVEL NACIONAL

FECHA	LOCACIÓN			INTENSIDAD			CONSECUENCIAS
	Departamento	Provincia	Distrito	Mercalli Modificada (MM)	Richter (Magnitud)	Escala Momento (Mw)	
13 de agosto 1868	Arequipa	Caravelí Arequipa	Chala Arequipa	XI	8.5	-	Destrucción de Arequipa, Arica, Tacna, Moquegua, Ilo, Torata e Iquique. Tsunami con olas de hasta 16 metros. Muerte de 30 personas en Chala. Muerte de 300 personas en Arica. Muerte de 150 personas en Moquegua. Muerte de 10 personas en Arequipa. Muerte de tres personas en Tacna.
	Arica	-	-				
	Moquegua	-	-				
	Tacna	-	-				
6 de agosto 1913	Arequipa	Caravelí	Caravelí	VIII	7.7	-	Desplome de edificios Un muerto y cuatro heridos
		Condesuyos	Chuquibamba				
		Camaná	Ocoña	VI			
11 de octubre 1922	Arequipa	Arequipa	Arequipa	VI	7.4	-	Daños considerables es Arequipa, Caravelí y Mollendo
		Caravelí	Caravelí				
		Islay	Mollendo				
9 de abril 1928	Puno	Carabaya	Ayapata Ollachea	VII	-	-	Destrucción de Ayapata y Tatu Ollachea Cinco muertos
11 de octubre 1939	Arequipa	Caravelí	Caravelí	VII	-	-	Se sintió con intensidad en las localidades de Puquio, Quicacha, Palpa, Chala y Mollendo.
		Condesuyos	Chuquibamba				
		Arequipa	Arequipa				
	Moquegua	Mariscal Nieto	Moquegua				

FECHA	LOCACIÓN			INTENSIDAD			CONSECUENCIAS
	Departamento	Provincia	Distrito	Mercalli Modificada (MM)	Richter (Magnitud)	Escala Momento (Mw)	
24 de agosto 1942	Ica Arequipa	-	-	IX	-	-	Muerte de 30 personas 25 heridos Se sintió con intensidad en las poblaciones de Camaná, Chuquibamba, Aplao y Mollendo.
11 de mayo 1948	Arequipa Moquegua Tacna	-	-	VII	7.1	-	Muerte de una persona 66 heridos
15 de enero 1958	Arequipa	-	-	VII	6.2	VIII MGSK	Daños en viviendas construidas a base de sillar. Solo resistieron las edificaciones construidas después de 1940. Desprendimiento de rocas del volcán Misti y cerros aledaños, provocando daños a la línea del ferrocarril de Puno. Muerte de 28 personas. 133 heridos.
13 de enero 1960	Arequipa	Condesuyos	Chuquibamba	-	6.2	VIII MGSK	Destrucción del pueblo de Chuquibamba. Destrucción del 95% de las casas de Puquina. Destrucción del 100% de las casas de Polobaya. Gigantescos derrumbes en las faldas del Misti. Ruptura del canal de agua de Zamacola. Muerte de 63 personas. Centenares de heridos.
		Caravelí	Caravelí				
		La Unión	Cotahuasi				
		Arequipa	Arequipa				
	Moquegua	General Sánchez Cerro	Omate Puquina				

FECHA	LOCACIÓN			INTENSIDAD			CONSECUENCIAS
	Departamento	Provincia	Distrito	Mercalli Modificada (MM)	Richter (Magnitud)	Escala Momento (Mw)	
26 de enero 1964	Arequipa	Islay	Mollendo	VI			Daños en viviendas Cuatro heridos
	Moquegua	General Sánchez Cerro	Ubinas				
17 de octubre 1966	Lima Callao	-	-	VII	-	-	Afectó numerosas poblaciones del interior. Más de un centenar de muertos.
31 de mayo de 1970	Ancash	-	Entre Casma y Chimbote	VIII	7.8	-	Catalogado como el sismo más destructivo de la historia del Perú. Alud en Yungay y Ranrahirca. Muerte de 67'000 personas. 150'000 heridos.
9 de diciembre 1970	Entre Piura y Tumbes	-	-	-	7.2	-	Muerte de 48 personas
22 de marzo de 1972	San Martín	Mariscal Caceres	Juanjui	-	-	-	22 heridos 500 casas destruidas
16 de febrero 1979	Arequipa	Caylloma	Majes	VI	-	VII MSK 6.2	Destrucción de viviendas de sillar Daños en el Hospiatl Regional N°2
		Condesuyos	Chuquibamba				
23 de julio 1988	Arequipa	Caylloma	Valle del Colca	-	6.2	-	Muerte de 12 personas. 70 heridos. 800 damnificados. 323 viviendas derrumbadas.

FECHA	LOCACIÓN			INTENSIDAD			CONSECUENCIAS
	Departamento	Provincia	Distrito	Mercalli Modificada (MM)	Richter (Magnitud)	Escala Momento (Mw)	
29 de mayo 1990	San Martín	San Martín	Rioja	-	6.4	-	Muerte de 77 personas. 1'680 heridos. 58'835 damnificados. 11'000 viviendas destruidas.
		Moyobamba	Moyobamba				
	Amazonas	Chachapoyas	Chachapoyas				
		Bagua	Bagua				
Cajamarca	Jaen	Jaen					
4 de abril 1991	San Martín	San Martín	Rioja	-	6.2	-	Muerte de 53 personas. 216 heridos. 181'344 damnificados. 30'224 viviendas destruidas.
		Moyobamba	Moyobamba				
	Amazonas	Chachapoyas	Chachapoyas				
	La libertad	Bolívar	Bolívar				
12 de noviembre 1996	Ica	Ica	-	-	6.4	-	Muerte de 17 personas 1'591 heridos 94'047 damnificados 5'346 viviendas destruidas 12'700 viviendas afectadas Destrucción del 90% de las viviendas de Nazca
		Pisco	-				
		Nazca	-				
		Palpa	-				
Arequipa	Caravelí	-					
	Caylloma	-					
Ayacucho	Lucanas	-					
	Coracora	-					
Huancavelica	Huaytará	-					

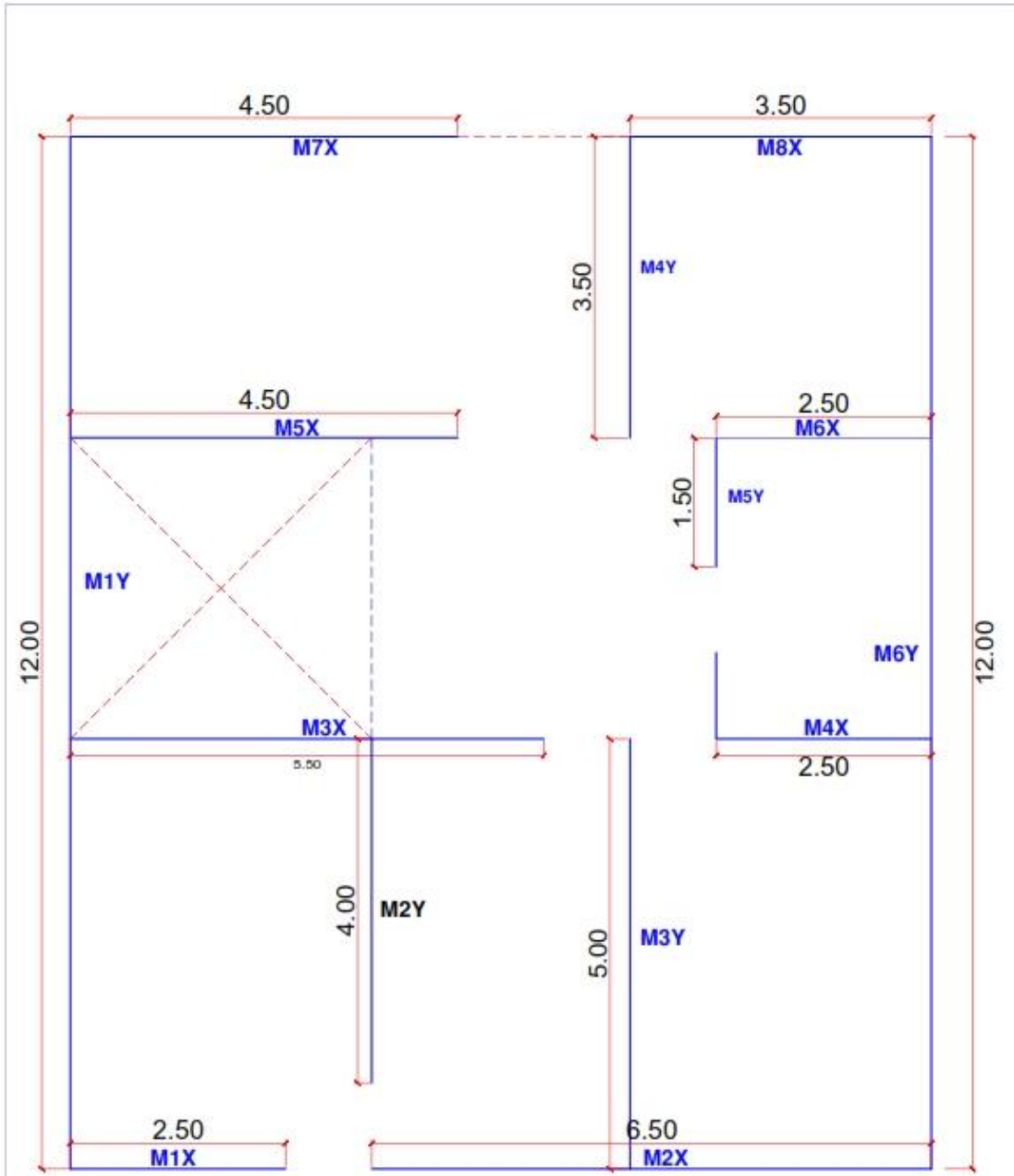
FECHA	LOCACIÓN			INTENSIDAD			CONSECUENCIAS
	Departamento	Provincia	Distrito	Mercalli Modificada (MM)	Richter (Magnitud)	Escala Momento (Mw)	
23 de junio 2001	Moquegua	Mariscal Nieto	Moquegua	VIII	-	-	Tsunami en Camaná
		Ilo	Ilo				
	Tacna	Tacna					
	Arequipa	Arequipa	Arequipa				
		Islay	Cocachacra				
		Caravelí	Caravelí				
		Condesuyos	Chuquibamba				
30 de abril 2004 1 de mayo 02:52 hrs 1 de mayo 07:23 hrs 2 de mayo	Ayacucho	Cangallo	Chuschi	III	3.7	Cuatro sismos consecutivos 850 damnificados 1'165 afectados 170 viviendas destruidas 391 viviendas afectadas	
				III y IV	3.8		
				IV y V	4.7		
				III	3.6		

FECHA	LOCACIÓN			INTENSIDAD			CONSECUENCIAS
	Departamento	Provincia	Distrito	Mercalli Modificada (MM)	Richter (Magnitud)	Escala Momento (Mw)	
25 de setiembre 2005	San Martín	Moyobamba	Moyobamba	V	7	-	<p>La Libertad: 01 fallecido, 30 heridos, 129 familias afectadas, 12 familias damnificadas.</p> <p>San Martín: 04 fallecidos; 22 heridos, 635 familias afectadas, 436 familias damnificadas.</p> <p>Amazonas: 100 familias afectadas, 125 familias afectadas.</p> <p>Ancash: 01 familia afectada.</p> <p>Loreto: 82 familias afectadas, 07 familias damnificadas.</p> <p>Cajamarca: 78 familias damnificadas.</p>
1 de octubre 2005	Moquegua	General Sánchez Cerro	Omate	-	5.4	-	<p>San Cristóbal: 469 familias damnificadas y 311 afectadas.</p> <p>Cuchumbaya: 2 familias damnificadas y 68 afectadas. 471 viviendas destruidas. 379 viviendas afectadas.</p>
		Mariscal Nieto	San Cristóbal				
15 de agosto 2007	Ica	Pisco	-	VII	7	-	<p>Muerte de 503 personas 1042 heridos Daño al 80% de las viviendas Tsunami frente a la península de Paracas</p>

ANEXO 2

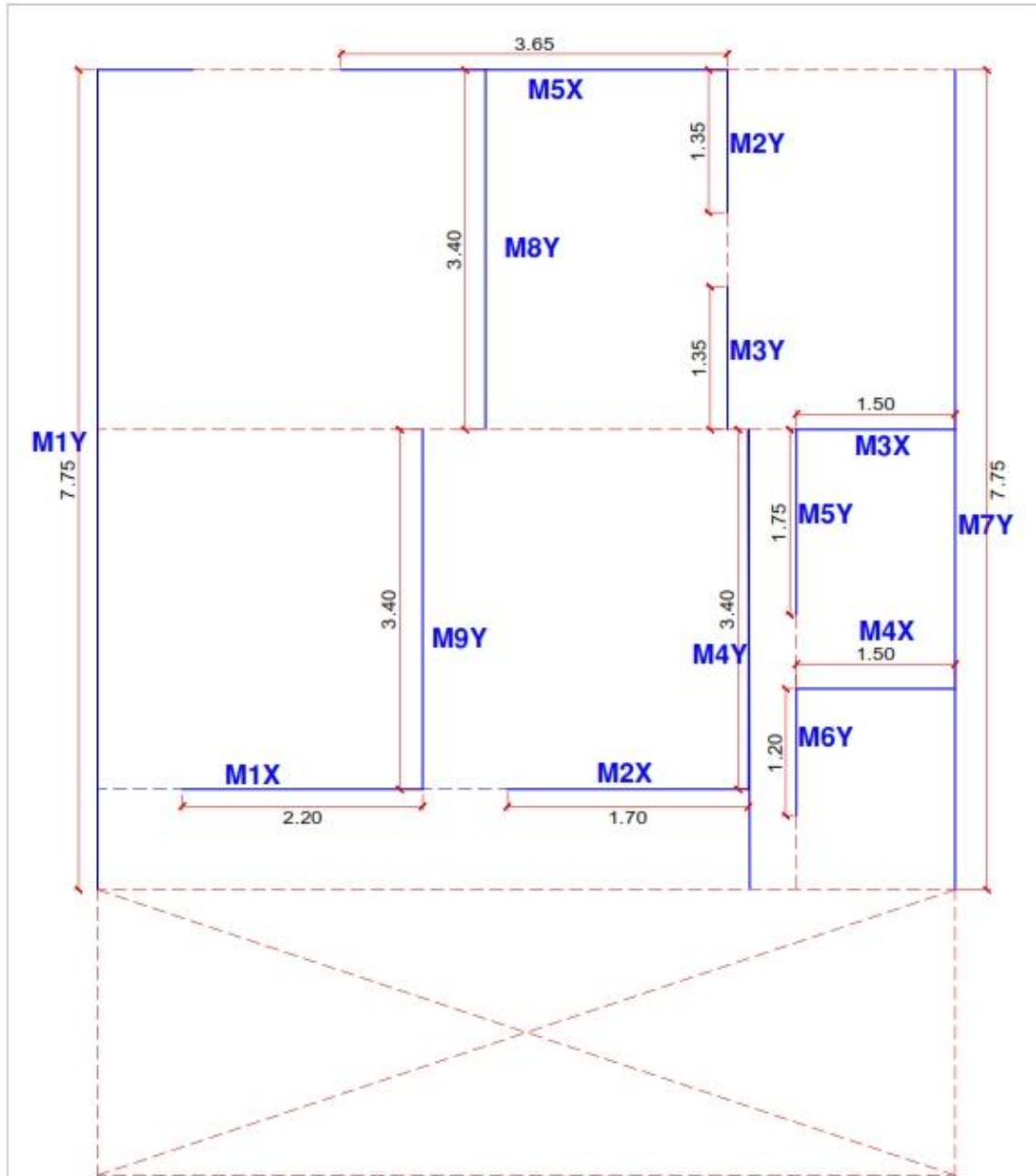
PLANOS DE LAS EDIFICACIONES ANALIZADAS SEGÚN CH 70

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



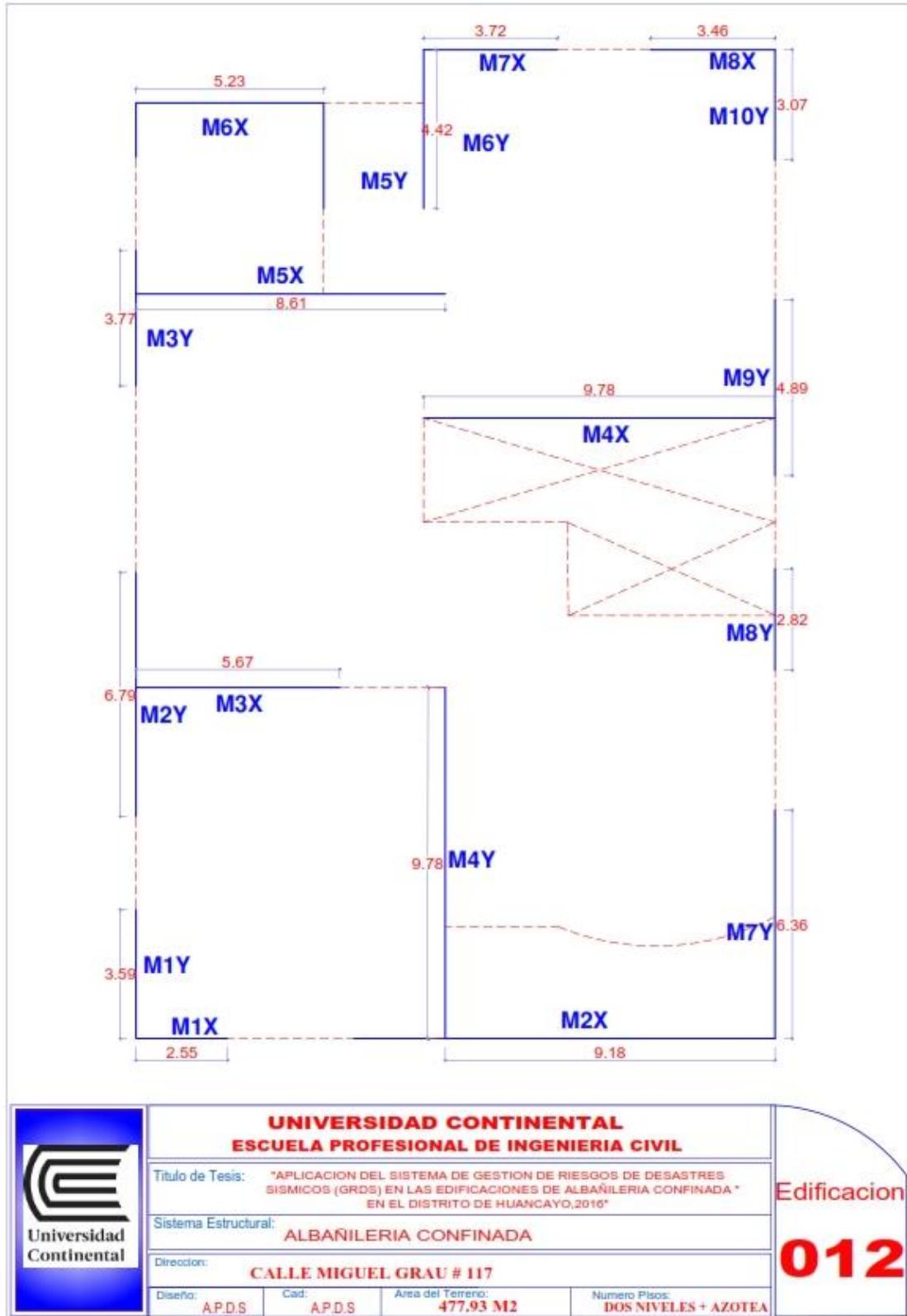
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 001
	Titulo de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: Jr. SAN JUAN # 385				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 120 m ²	Numero Pisos: Dos Niveles	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

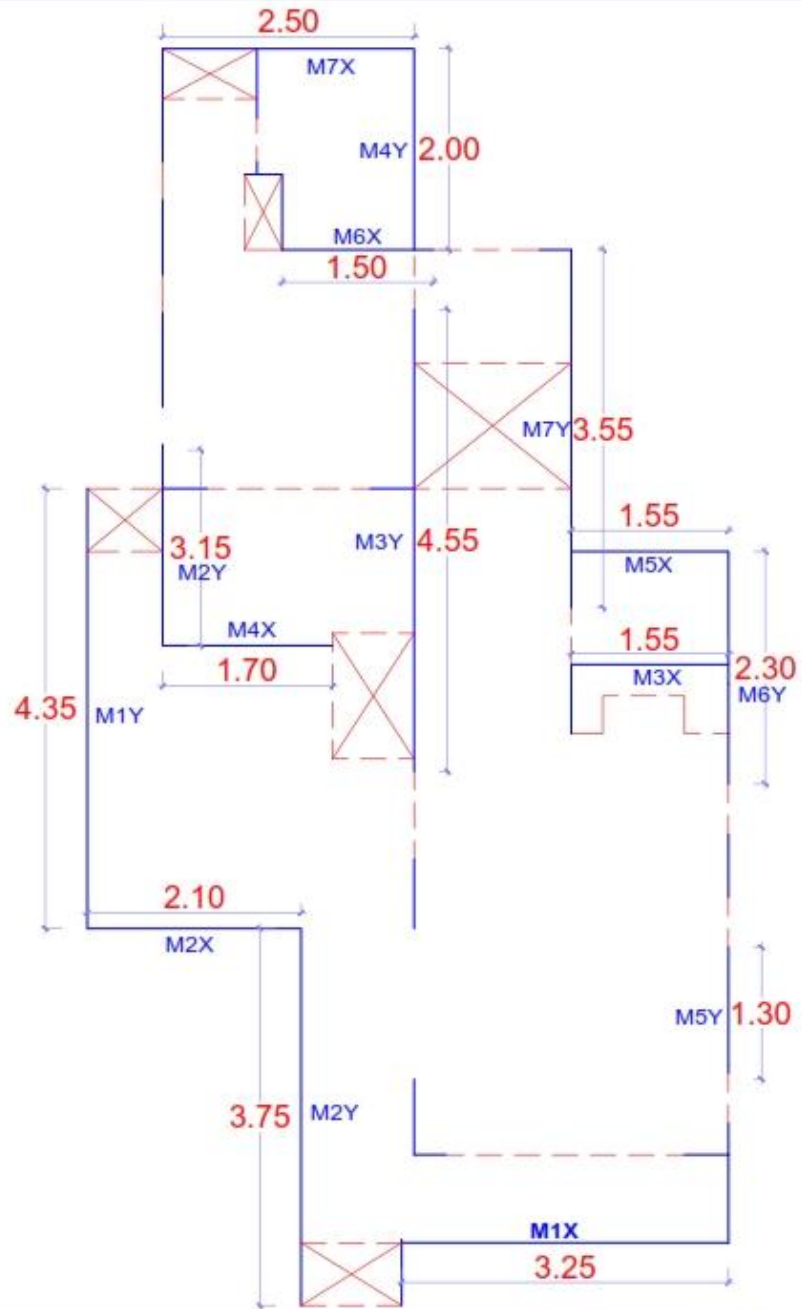


 Universidad Continental	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 005
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA" EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: URB. SAN ANTONIO Mz J Lt 3				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 100.84 M2	Numero Pisos: DOS NIVELES + AZOTEA	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

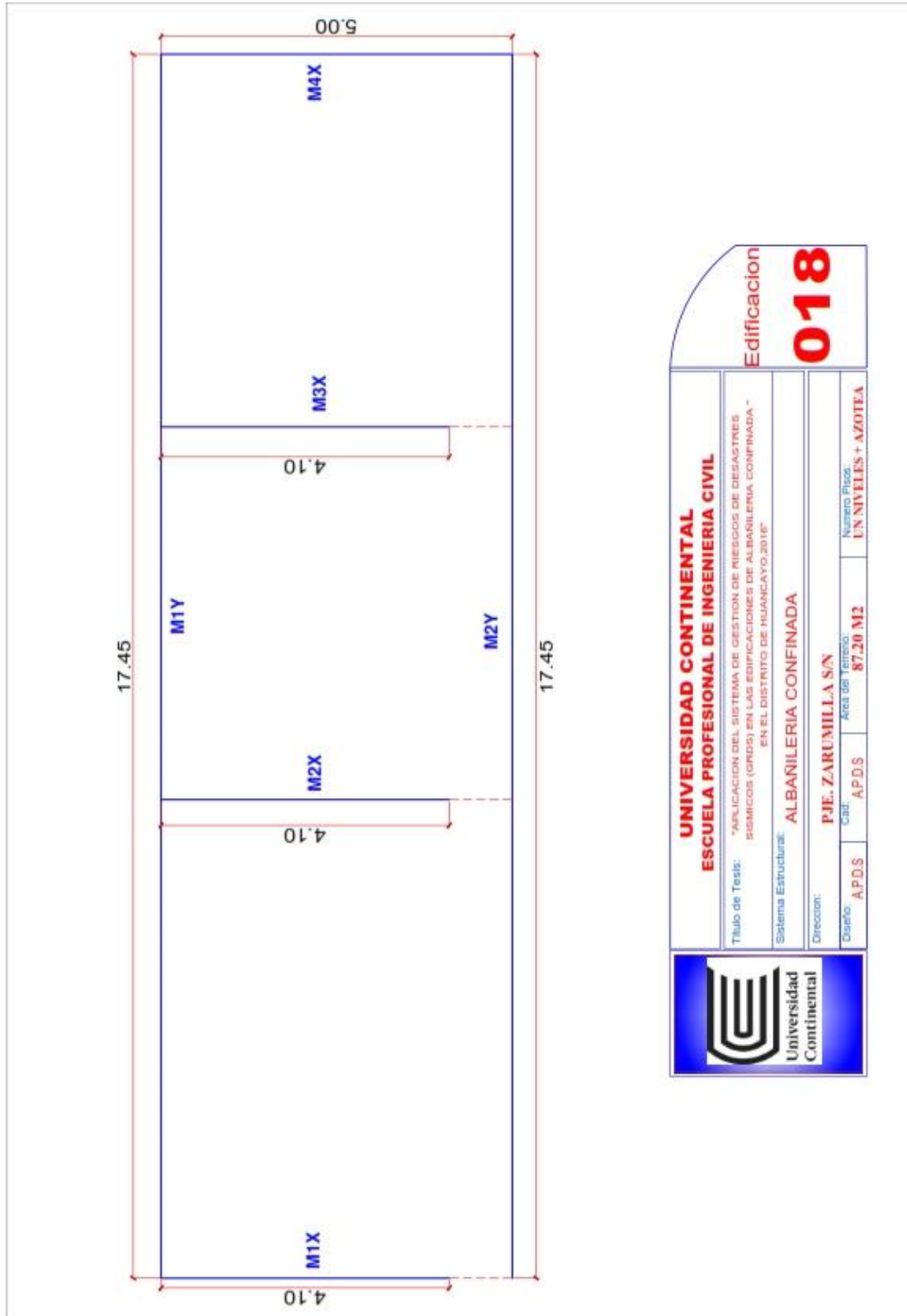


RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

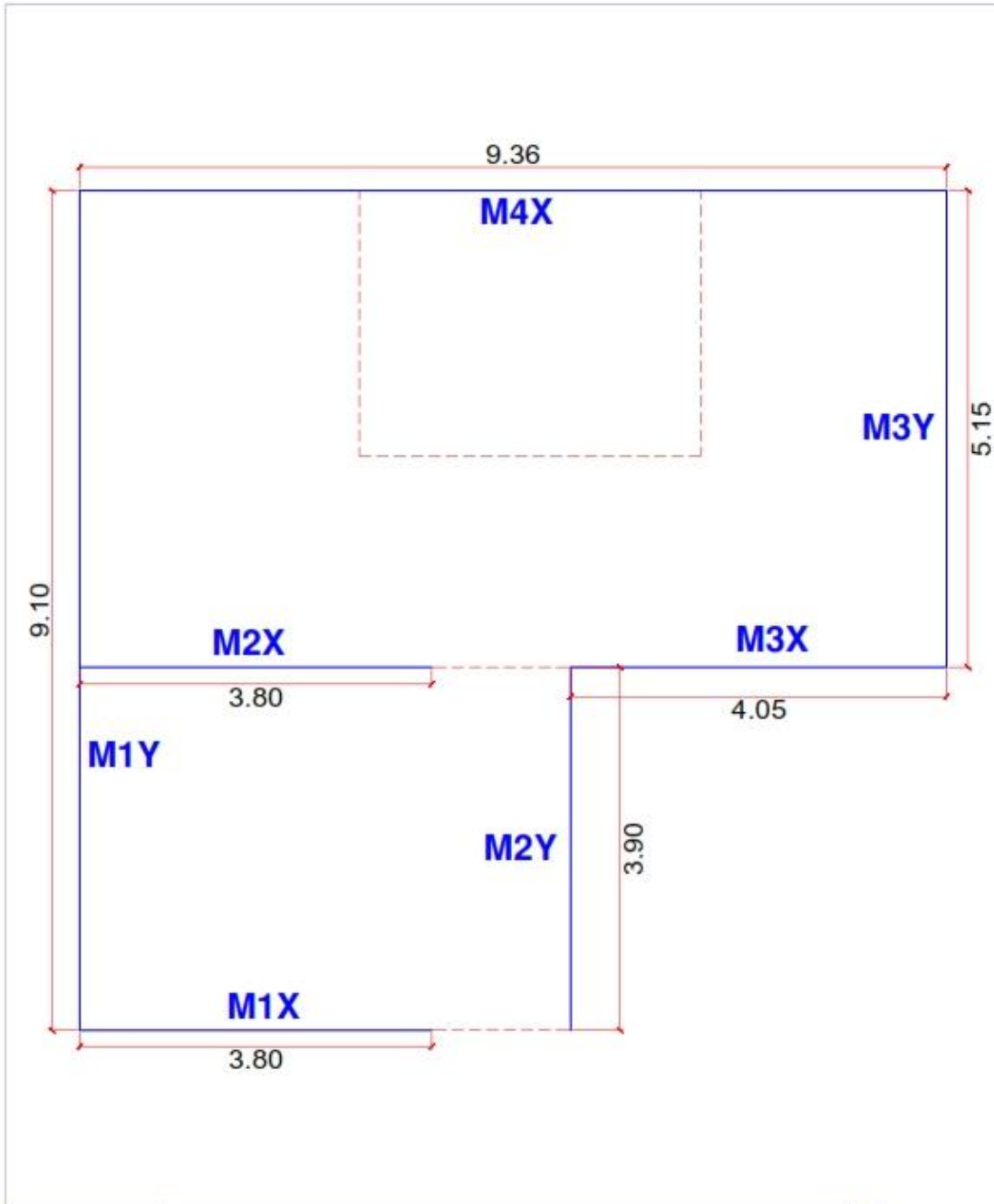


 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			Edificacion 017
	Titulo de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*			
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA			
	Direccion: Jr. SANTA ROSA # 101			
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 48.16 M2	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

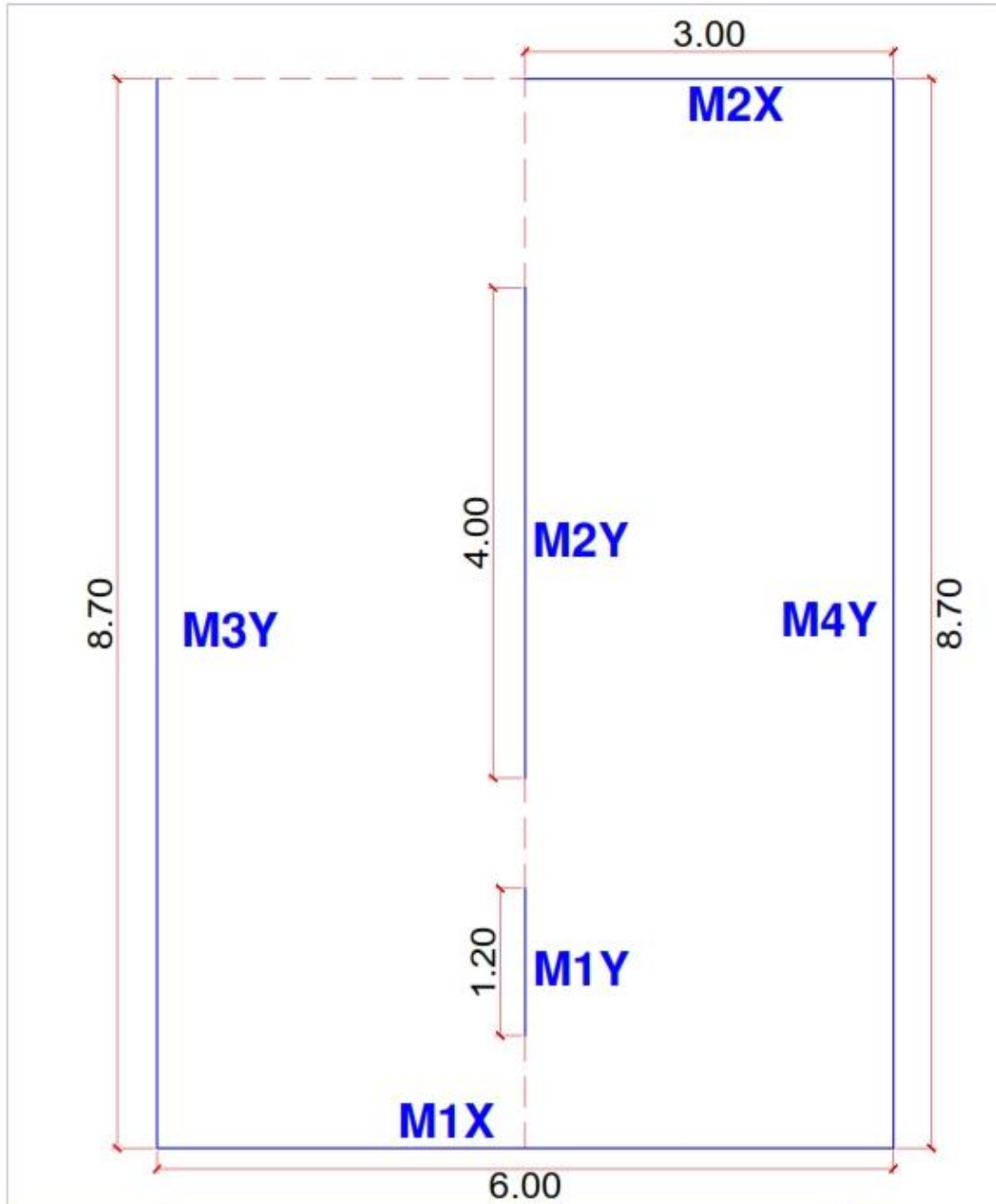


RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



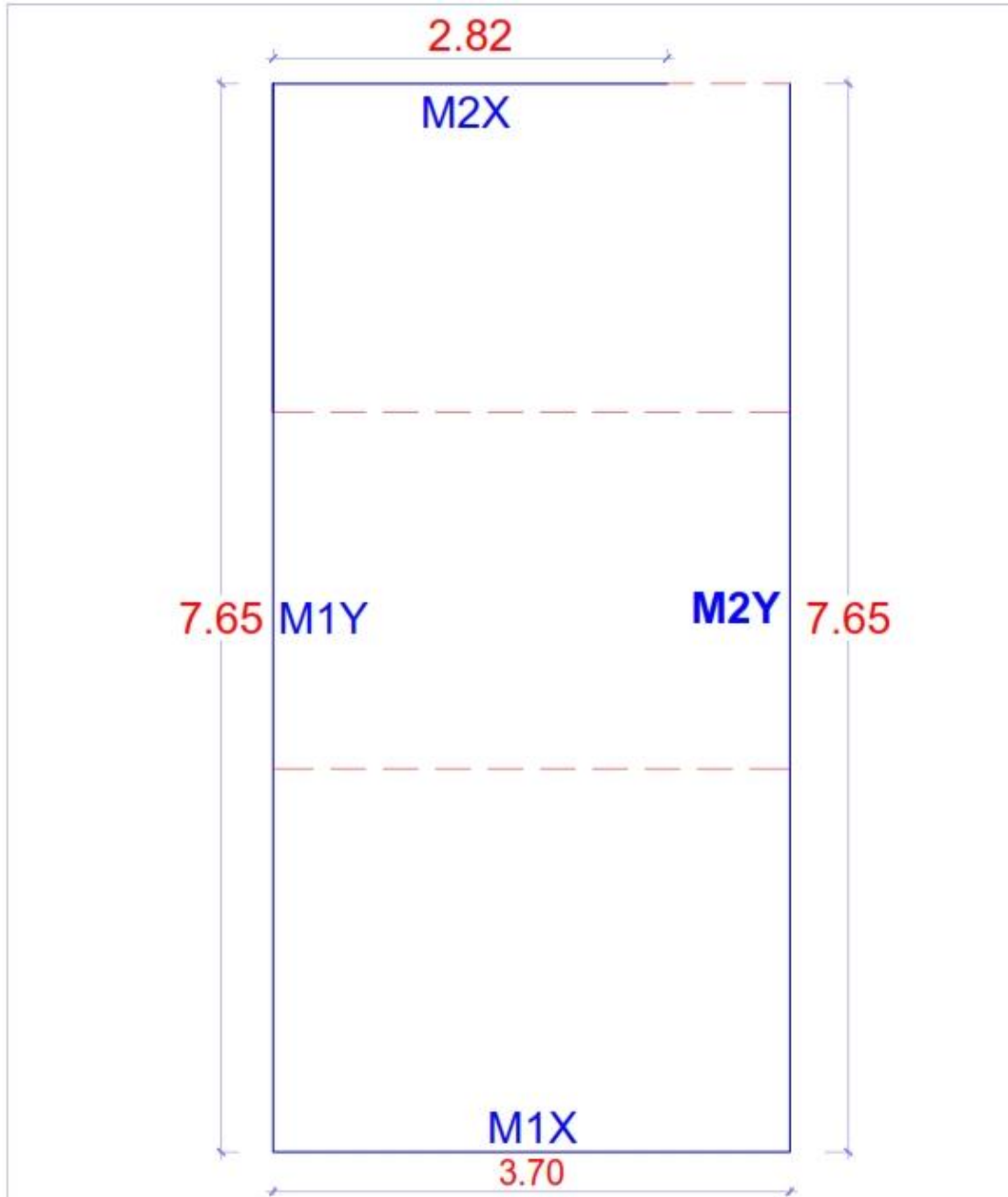
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 021
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*"				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: Jr. LOS SAUCES Mz F Lt 13 A				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 58.59 M2	Numero Pisos: UN NIVEL	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



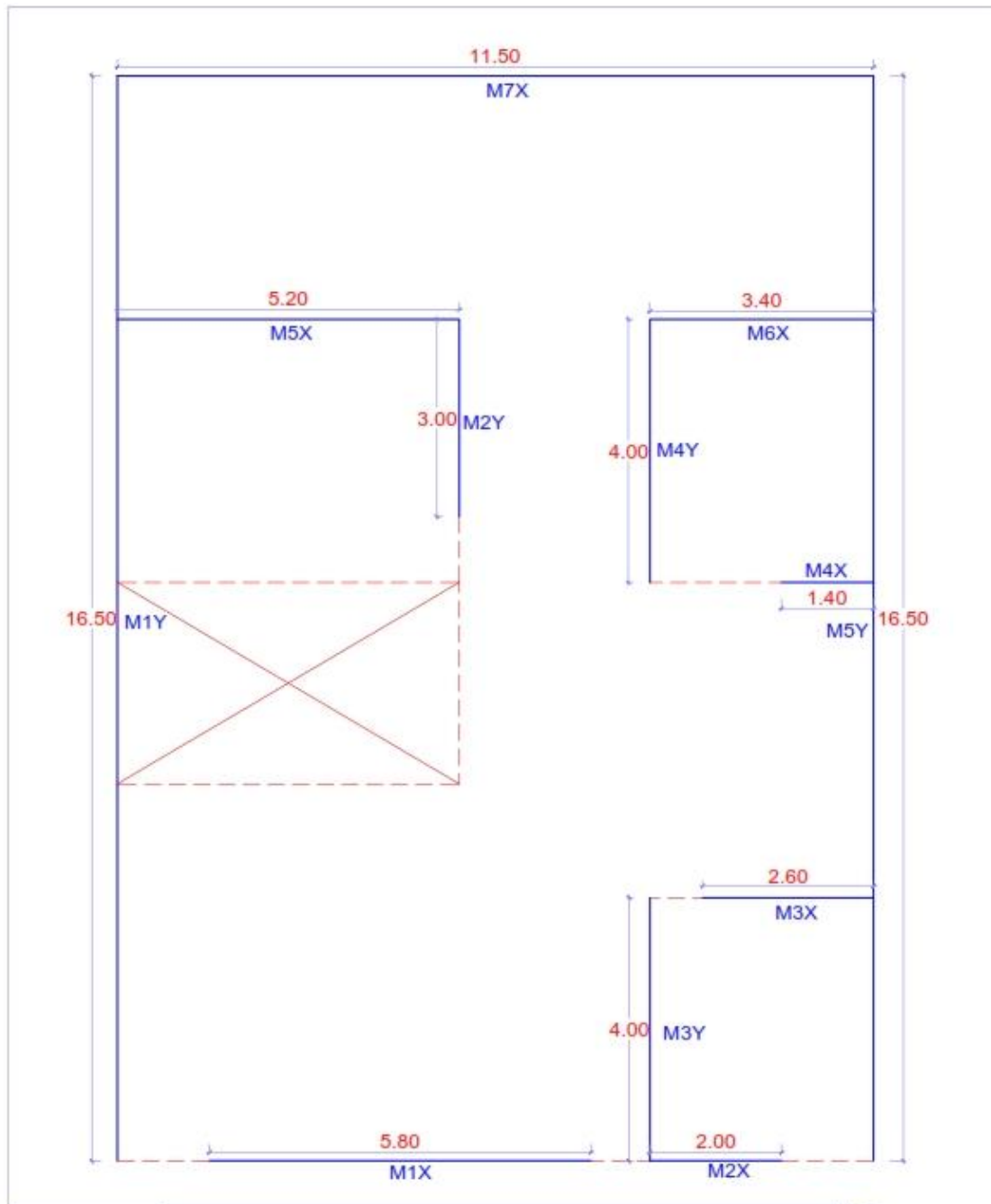
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 026
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: Jr. NEMESIO RAEZ # 220				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 52.31 M2	Numero Pisos: DOS NIVELES + AZOTEA	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



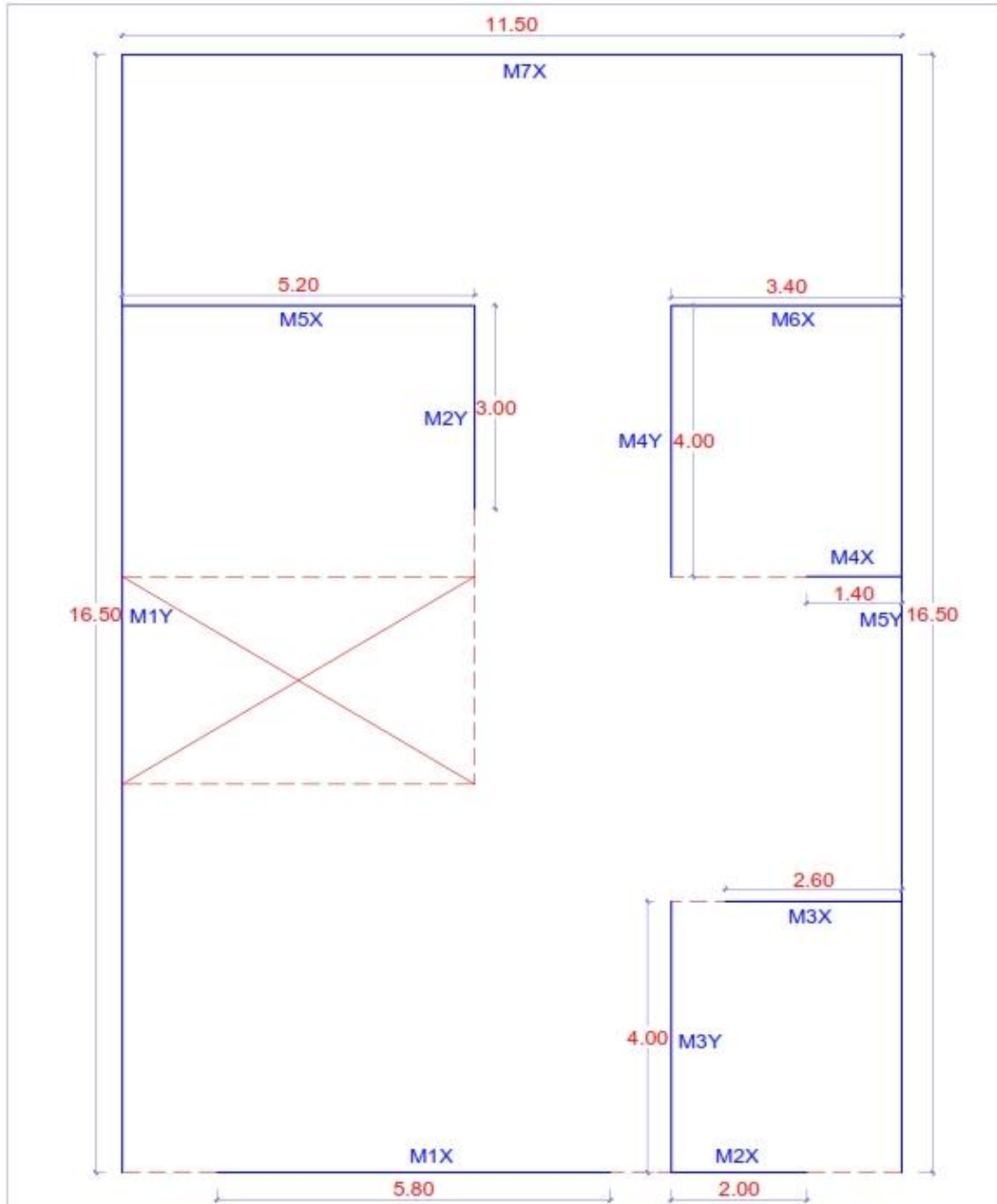
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			Edificacion 029
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"			
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA			
	Direccion: PJE. TARAPACÁ #230			
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 28.31 M2	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y
APORTICADO



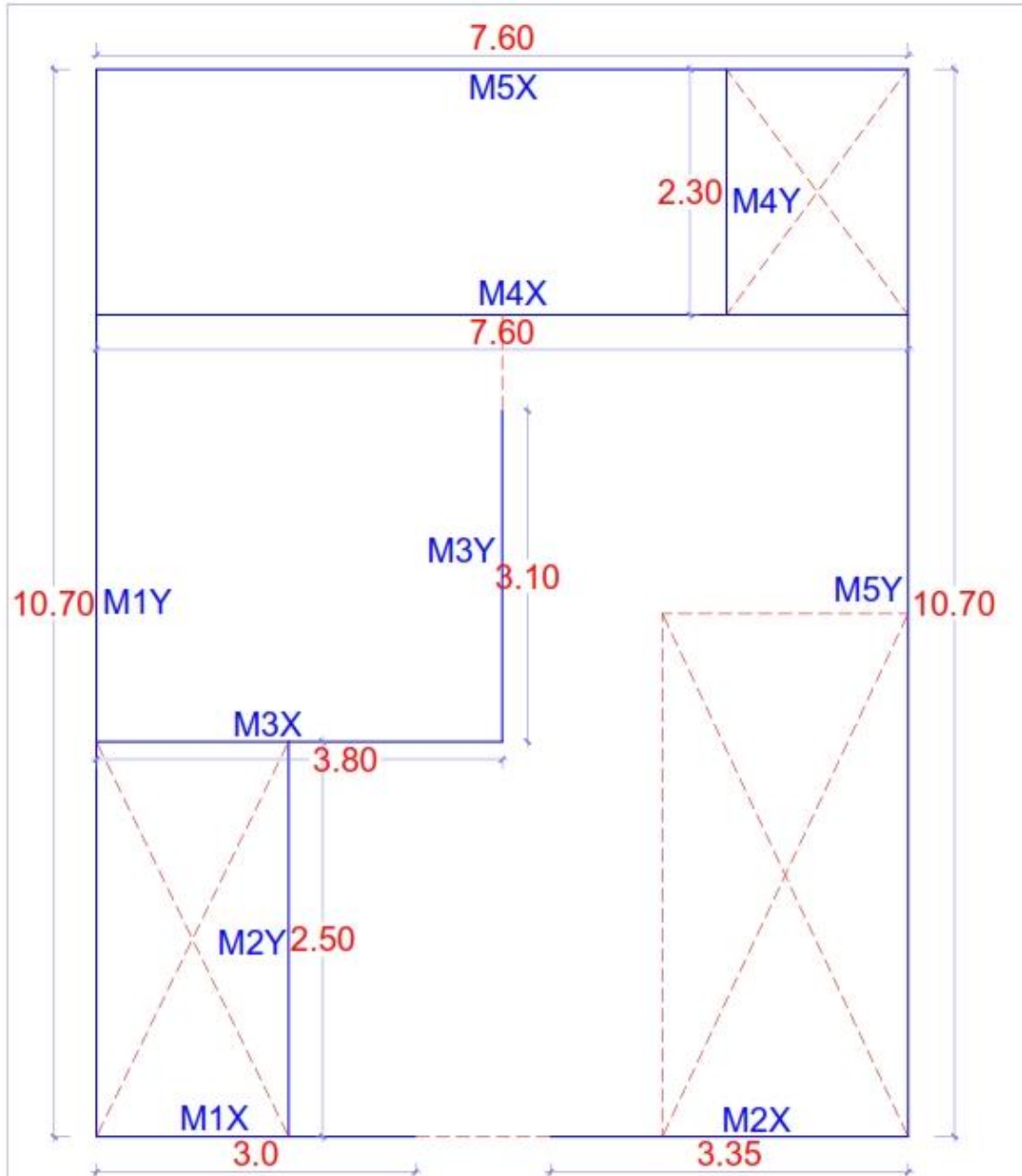
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			Edificacion 037
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"			
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA			
	Direccion: Av. SAN CARLOS # 557			
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 173.81 M2	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



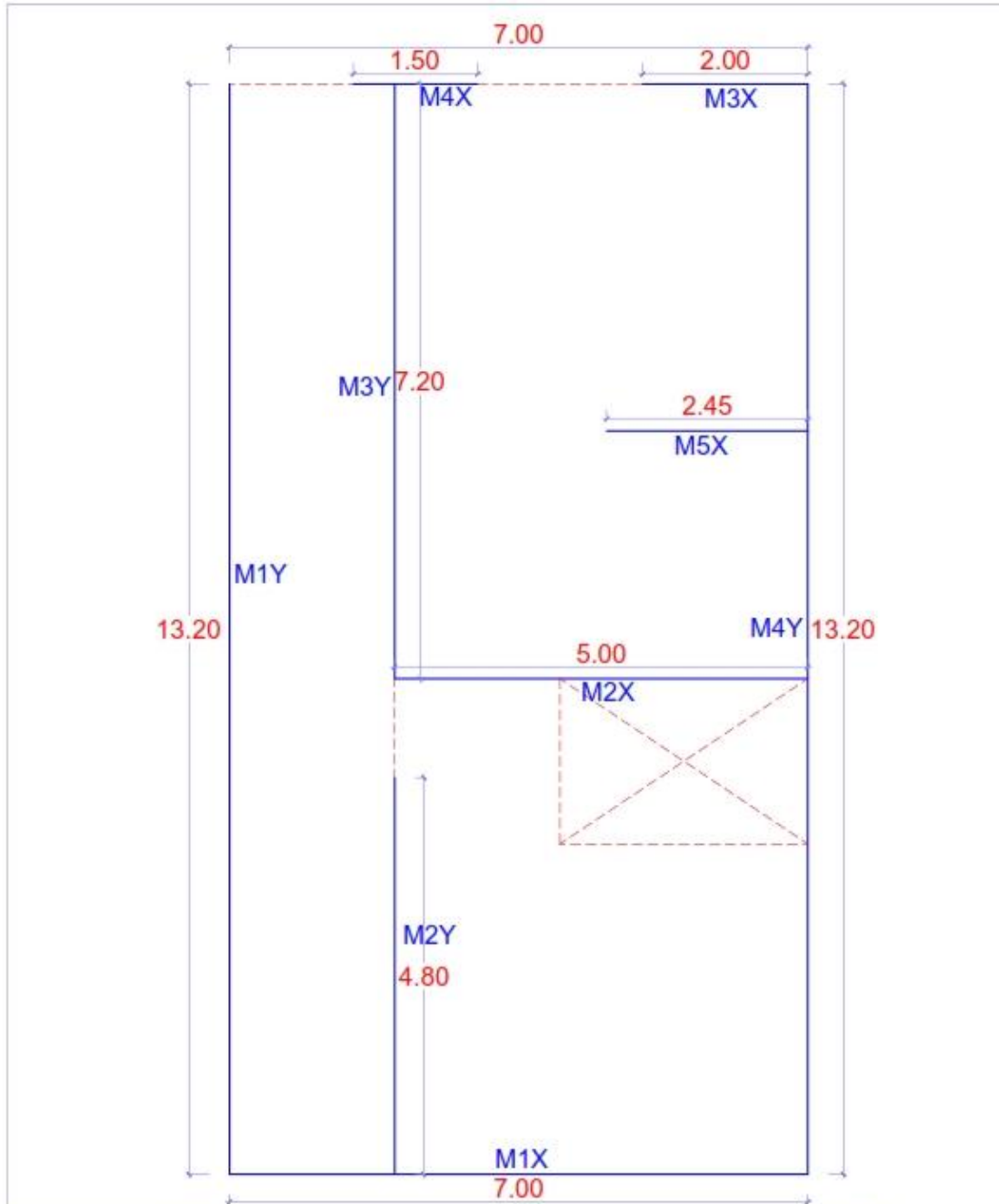
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			Edificacion 039
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"			
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA			
	Direccion: Av. SAN CARLOS # 599			
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 173.81 M2	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



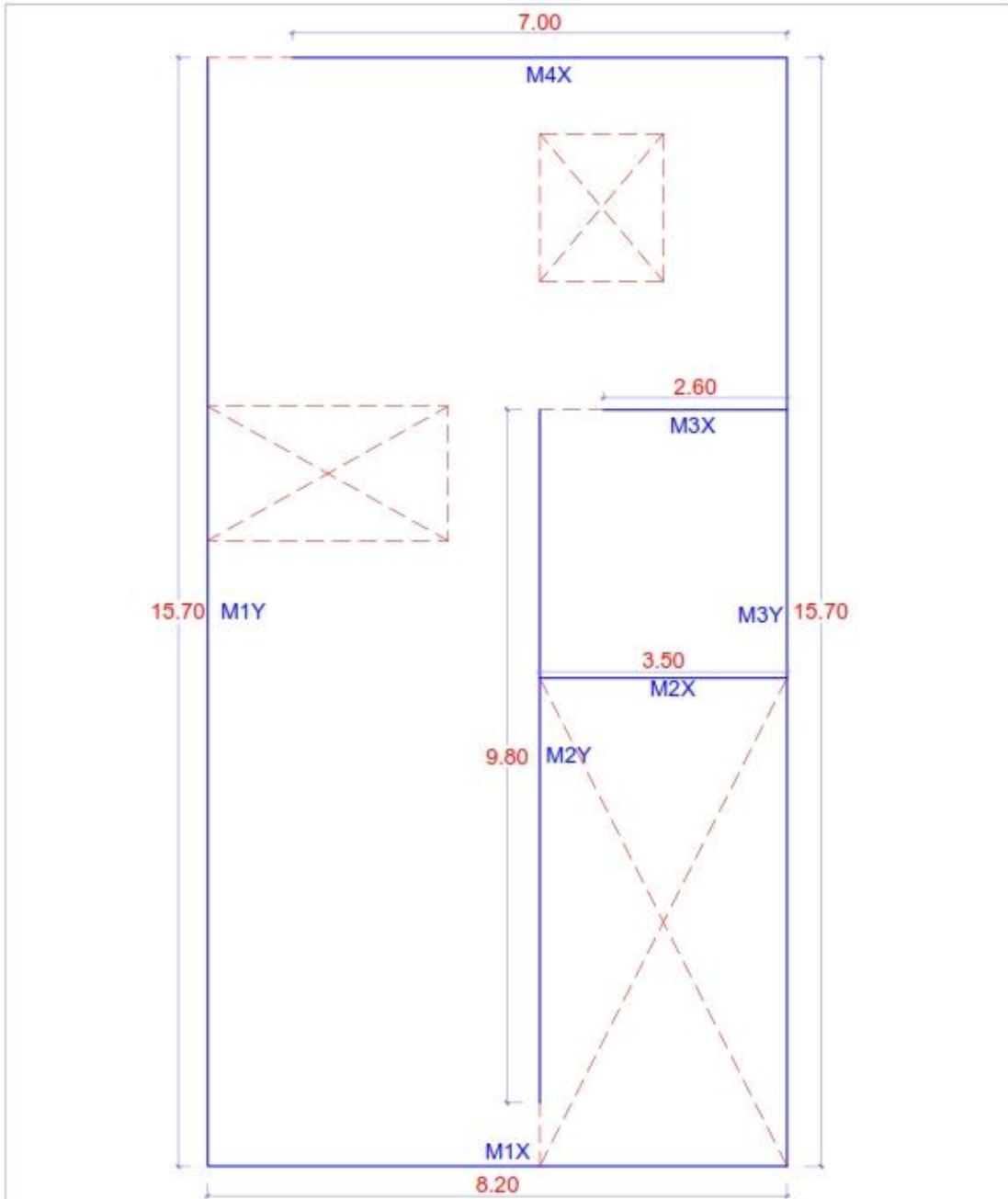
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			Edificacion 041	
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: CALLE LOS PINOS Mz L. Lt 10				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 76.00 M2		Numero Pisos: DOS NIVELES + AZOTEA

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



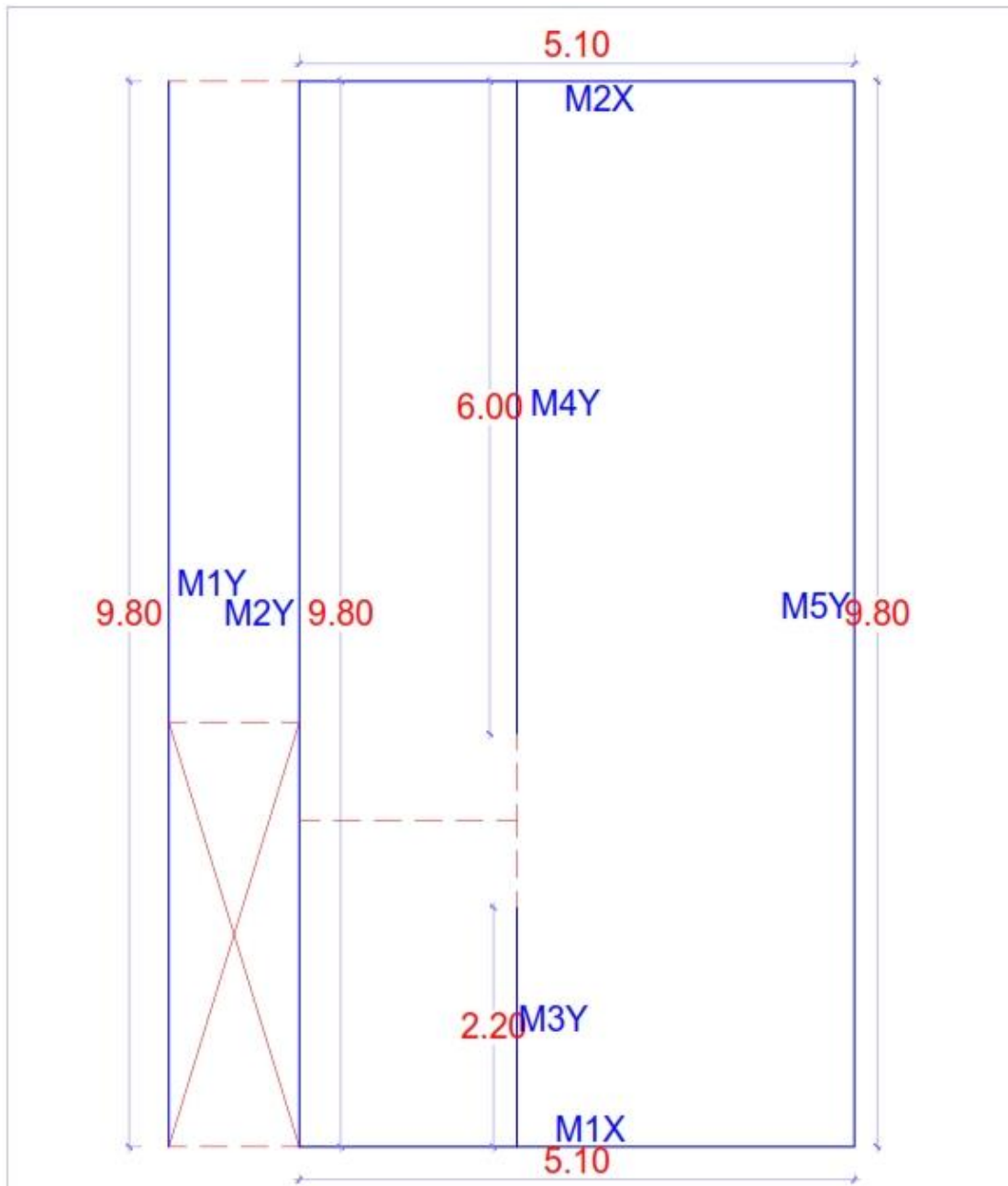
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 044
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: Av. ALAMEDA UNIVERSITARIA # 784				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 86.40 M2	Numero Pisos: DOS NIVELES + AZOTEA	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



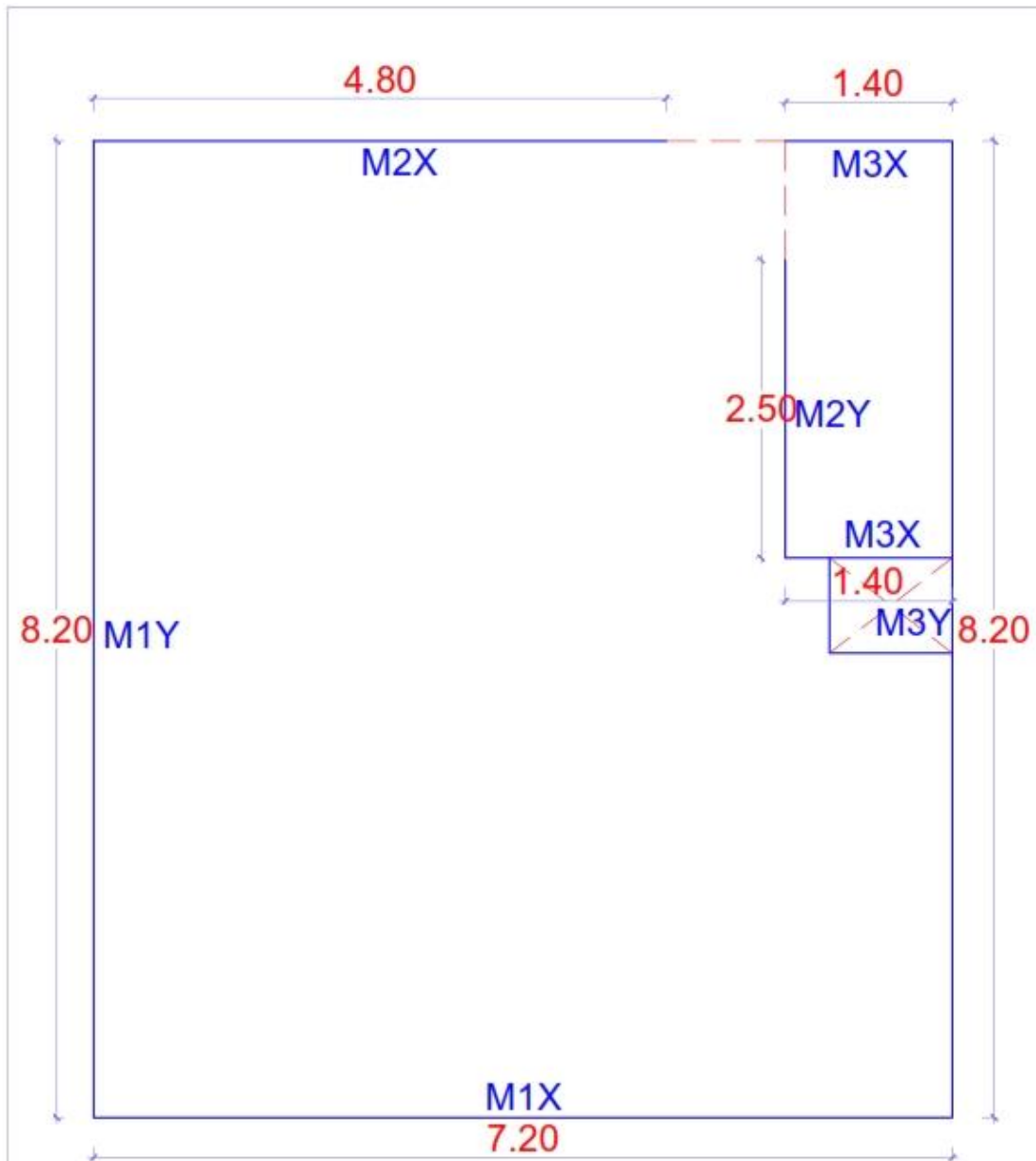
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 045
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA " EN EL DISTRITO DE HUANCAYO,2016"				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: Jr. LOS JAZMINES # 274				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 94,43 M2	Numero Pisos: DOS NIVELES + AZOTEA	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



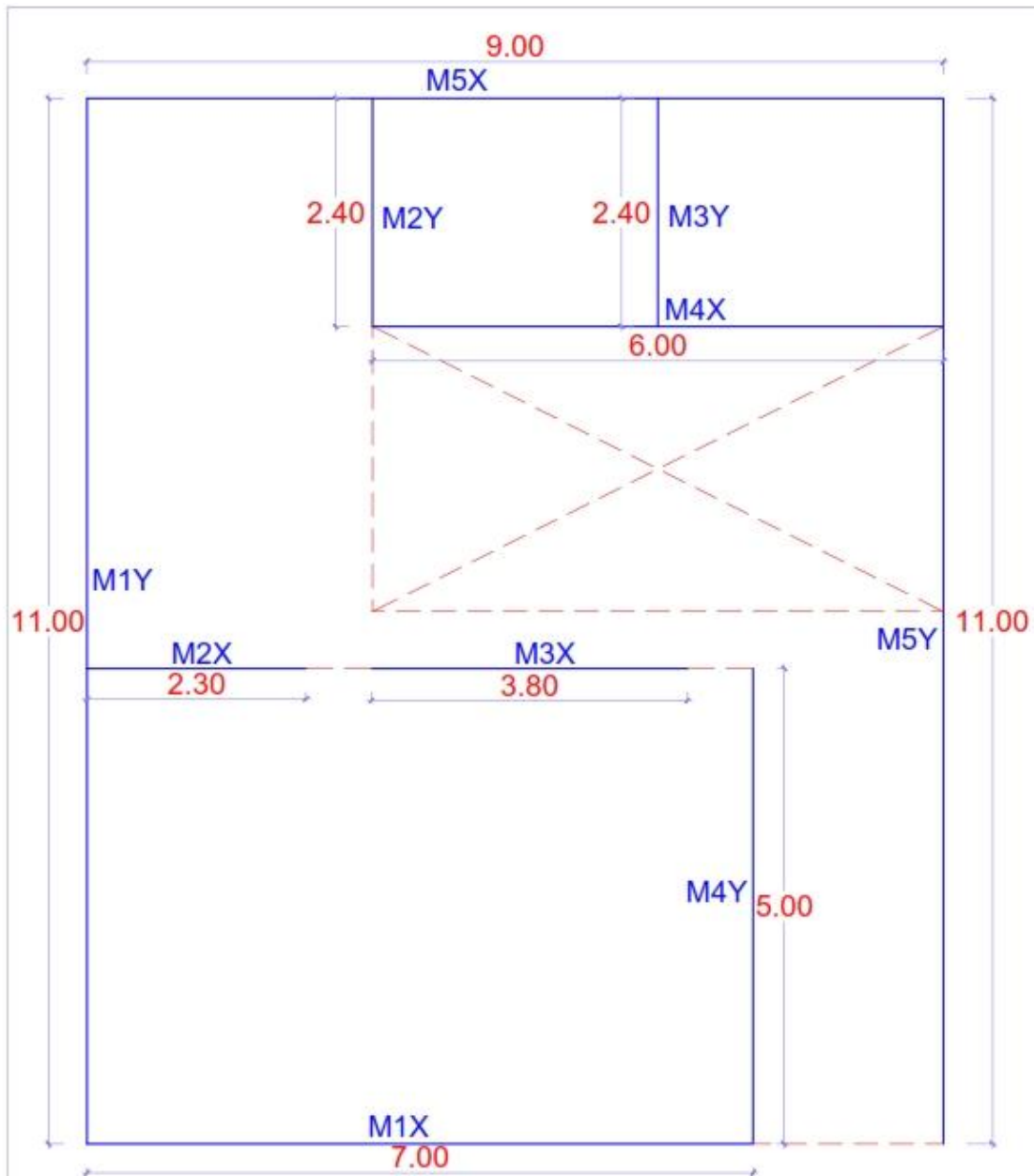
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 046
	Titulo de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: Av. HUANCAMELICA #1072				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 57.05 m2	Numero Pisos: Dos niveles + azotea	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



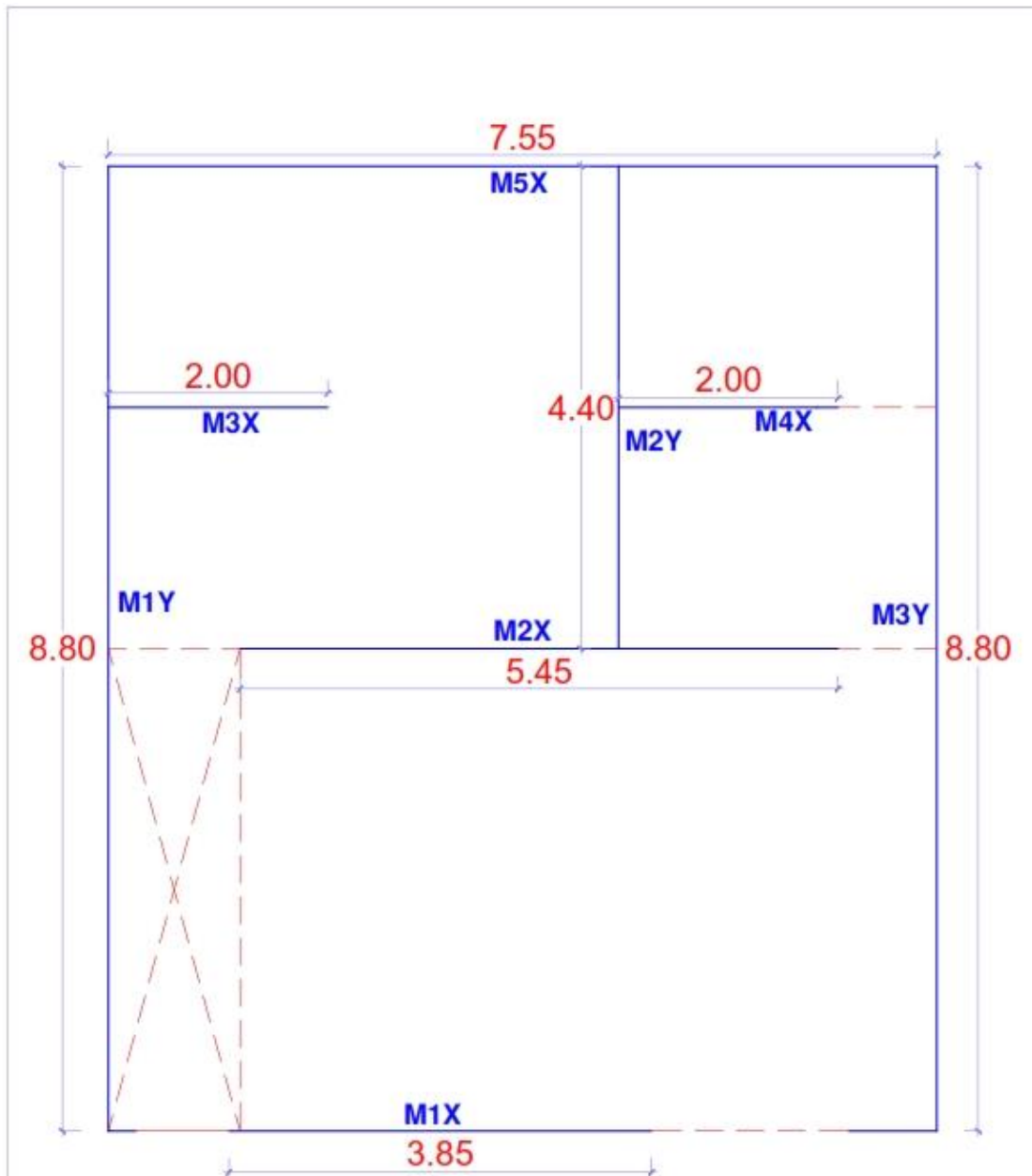
 Universidad Continental	UNIVERSIDAD CONTINENTAL				Edificación 052
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
	Título de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Dirección: Jr. Jose Olaya # 219				
Diseño: A.P.D.S	Cad: A.P.D.S	Área del Terreno: 58.22 m2	Número Pisos: Dos Niveles + azotea		

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



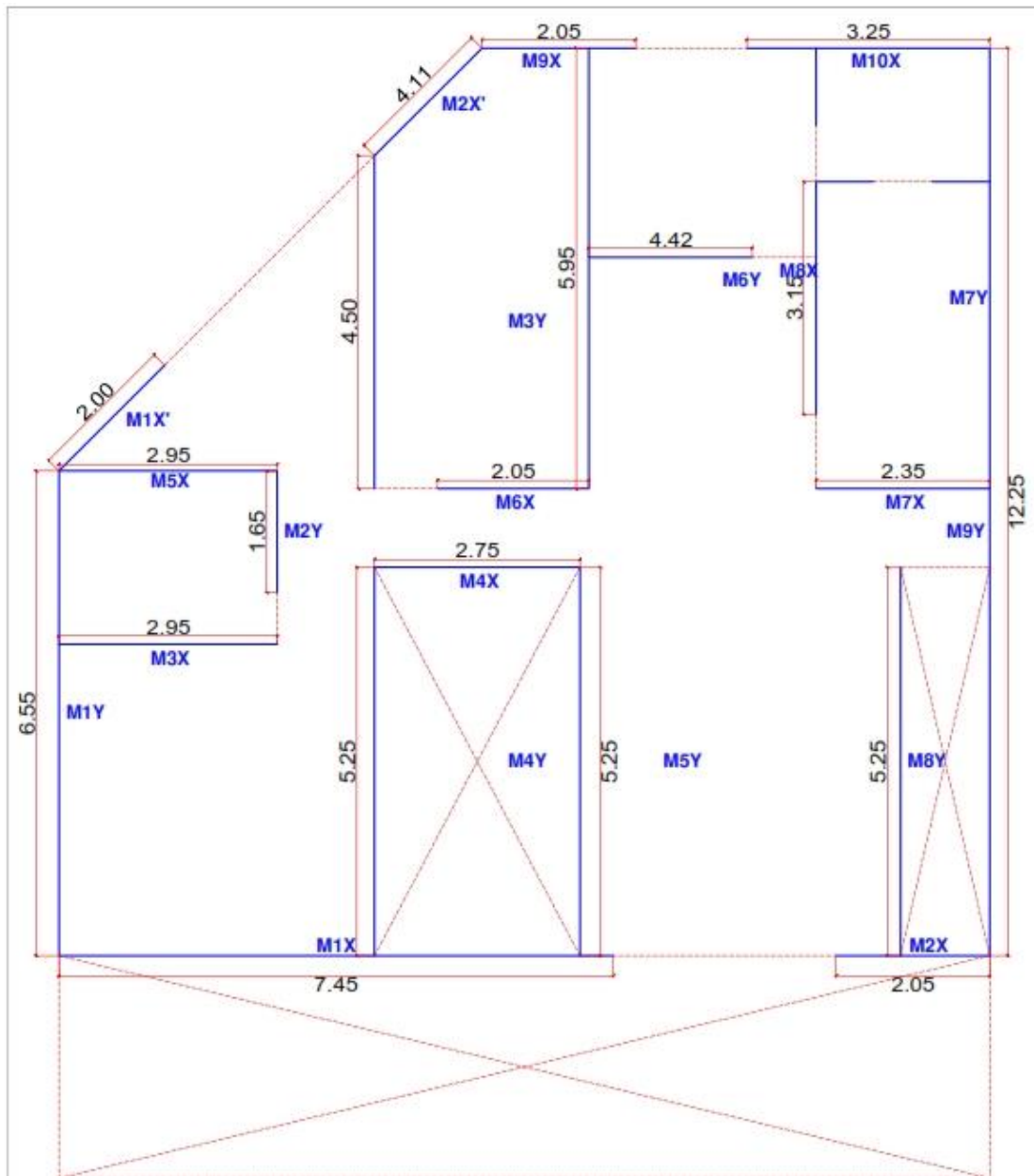
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 053
	Título de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Dirección: Jr. SAN ANTONIO S/N				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Área del Terreno: 99 m²	Número Pisos: Dos Niveles + azotea	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



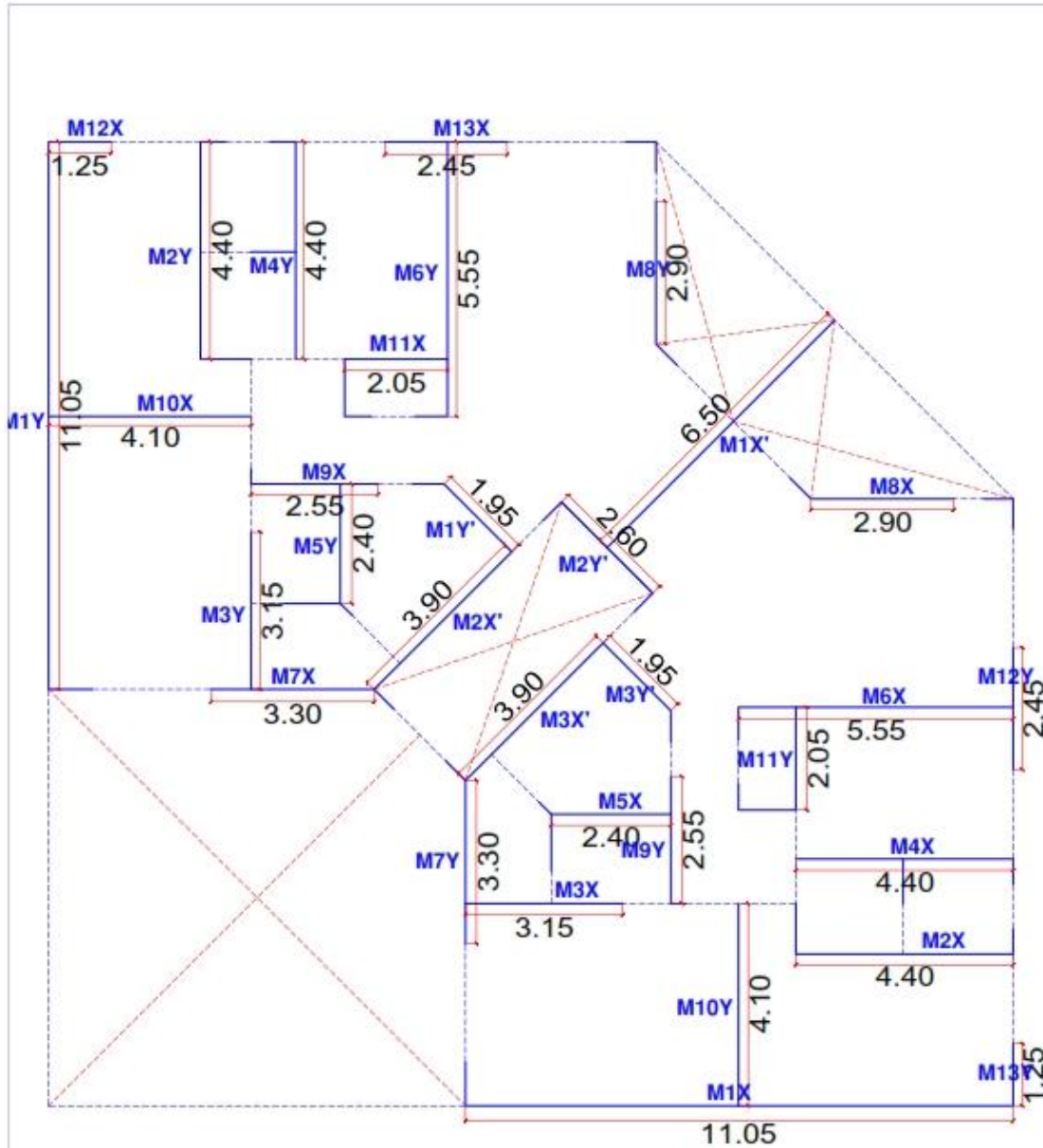
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL				Edificación 055
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
	Título de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Dirección: COOPERATIVA LOS ANDES S/N				
Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Área del Terreno: 61.16 m2	Número Pisos: Dos Niveles + Azotea		

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



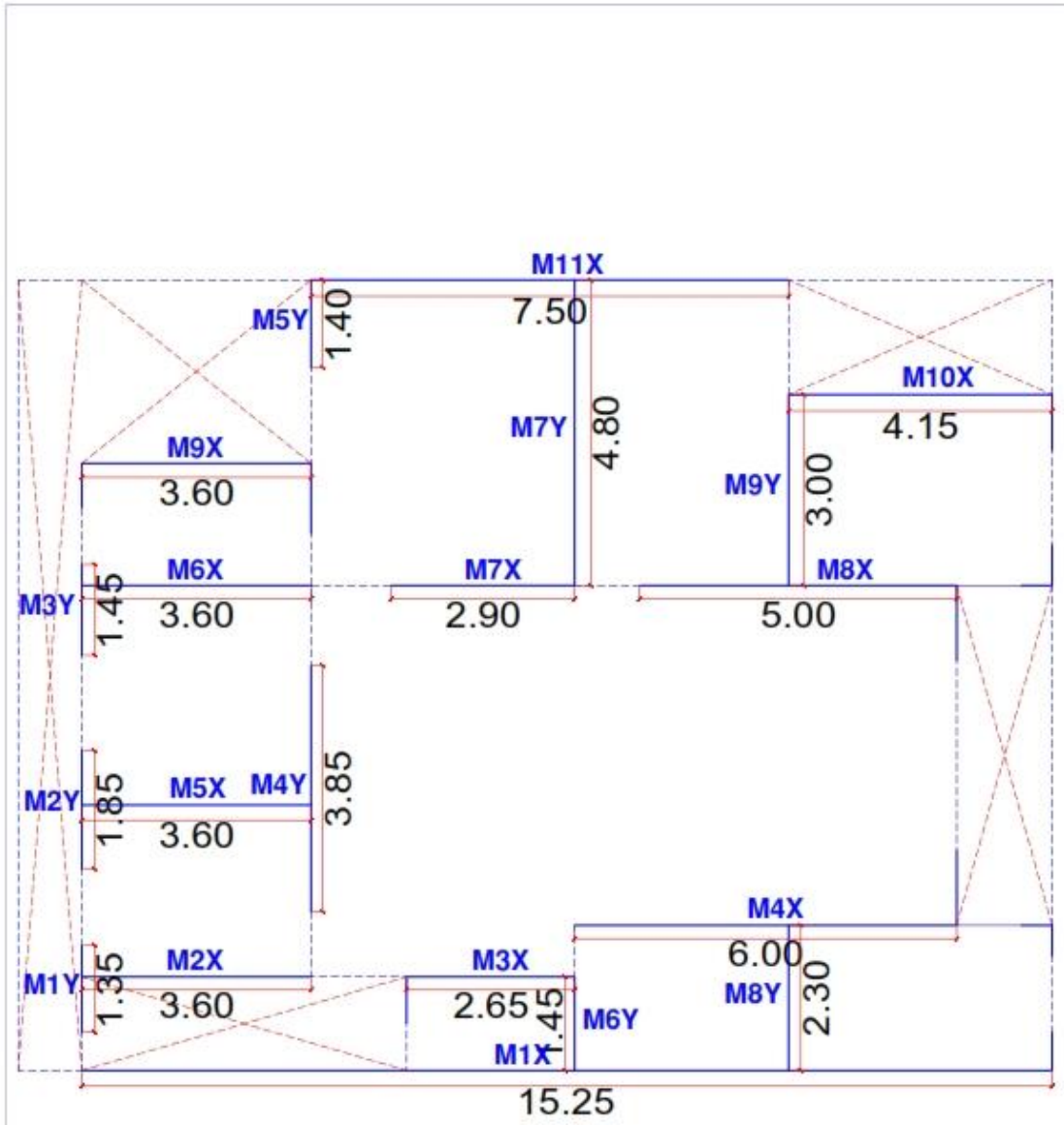
 Universidad Continental	UNIVERSIDAD CONTINENTAL				Edificación 063
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				
	Título de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Dirección: Jr. UNION # 611				
Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Área del Terreno: 116.45 m²	Número Pisos: Dos Niveles + Azotea		

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



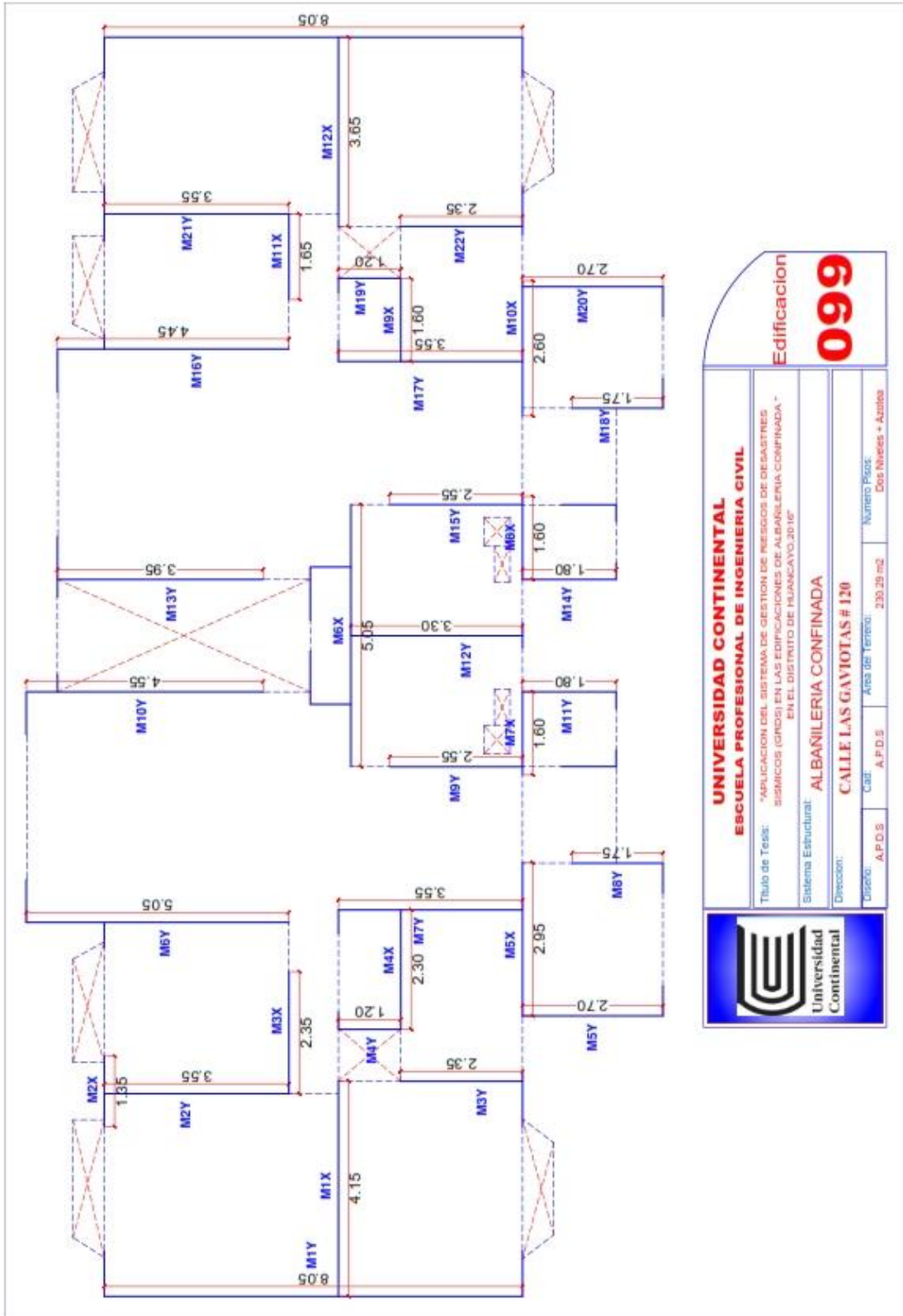
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 080
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: Jr.Palmad # 155				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 248.2 m²	Numero Pisos: Dos Niveles+ azotea	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



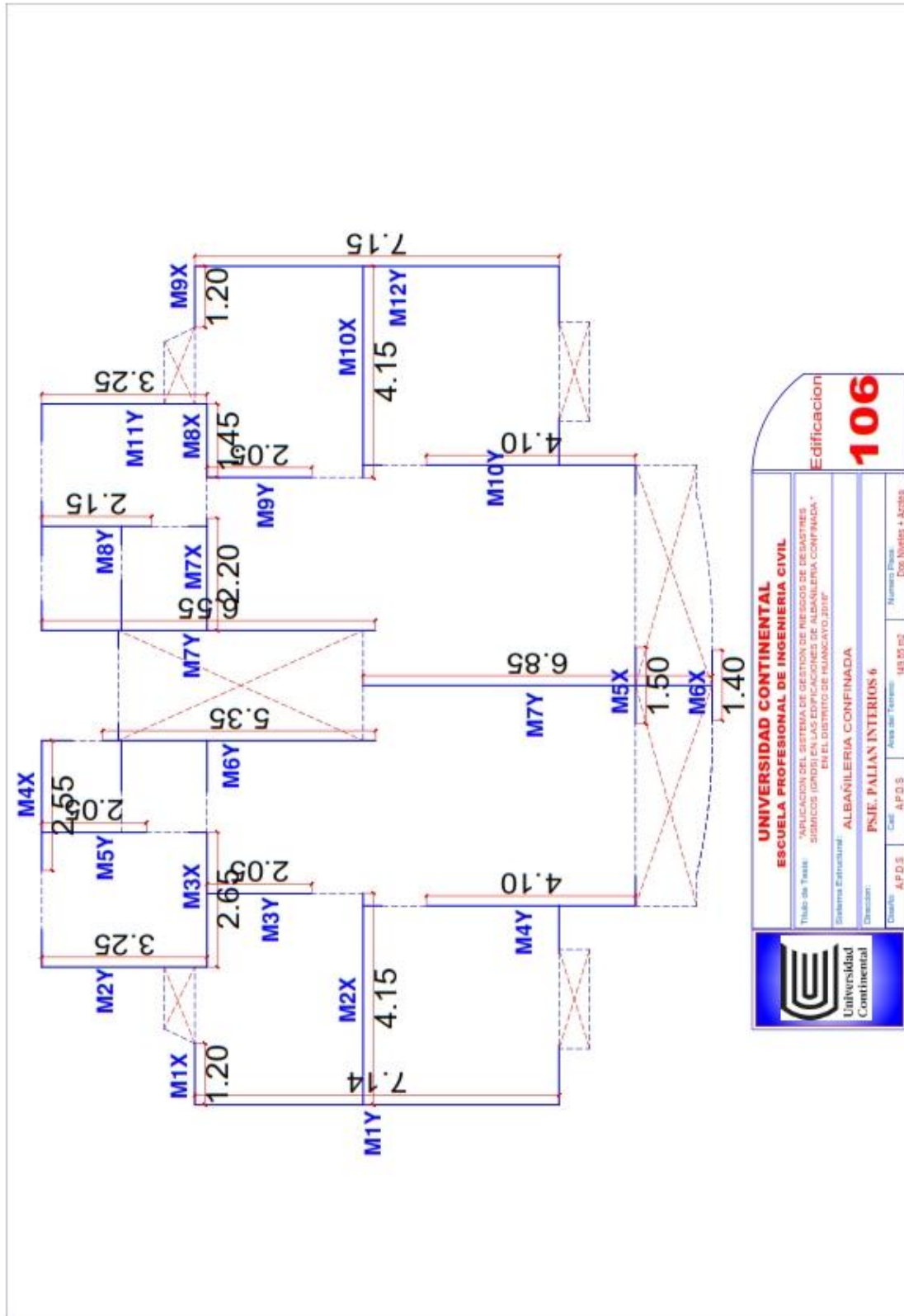
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 084	
	Título de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*					
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA					
	Direccion: CALLE LAS GAVIOTAS Mz Lt I					
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 155.95 m2	Numero Pisos: Dos Niveles+ azotea		

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

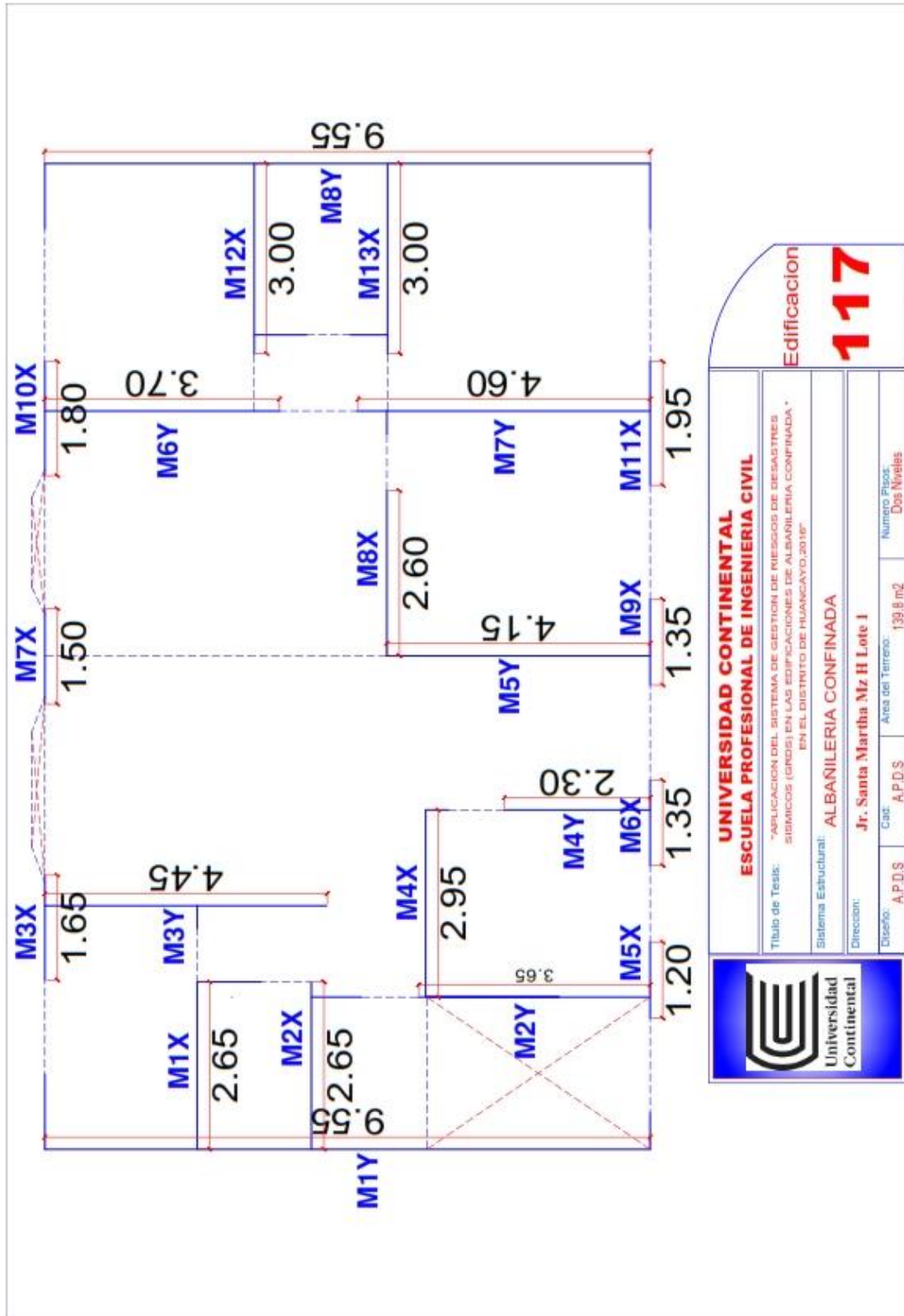


UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		Edificación 099	
Título de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE REJOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑERIA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"			
Sistema Estructural: ALBAÑERIA CONFINADA			
Dirección: CALLE LAS GAVIOTAS # 120			
Diseña: A.P.D.S.	Cat: A.P.D.S.	Área del Terreno: 230.09 m ²	Numero Pisos: Dos Niveles + Azotea

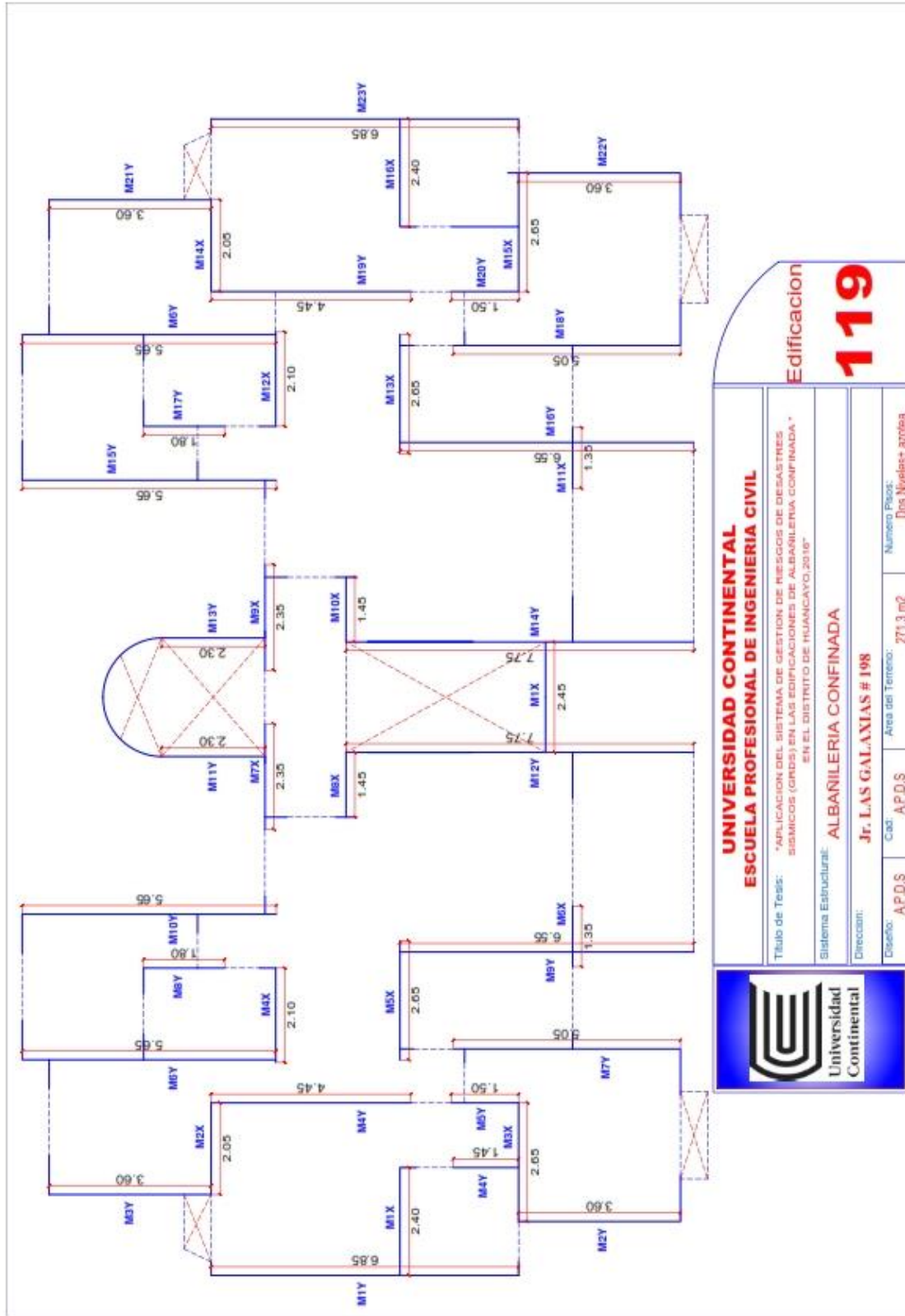
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



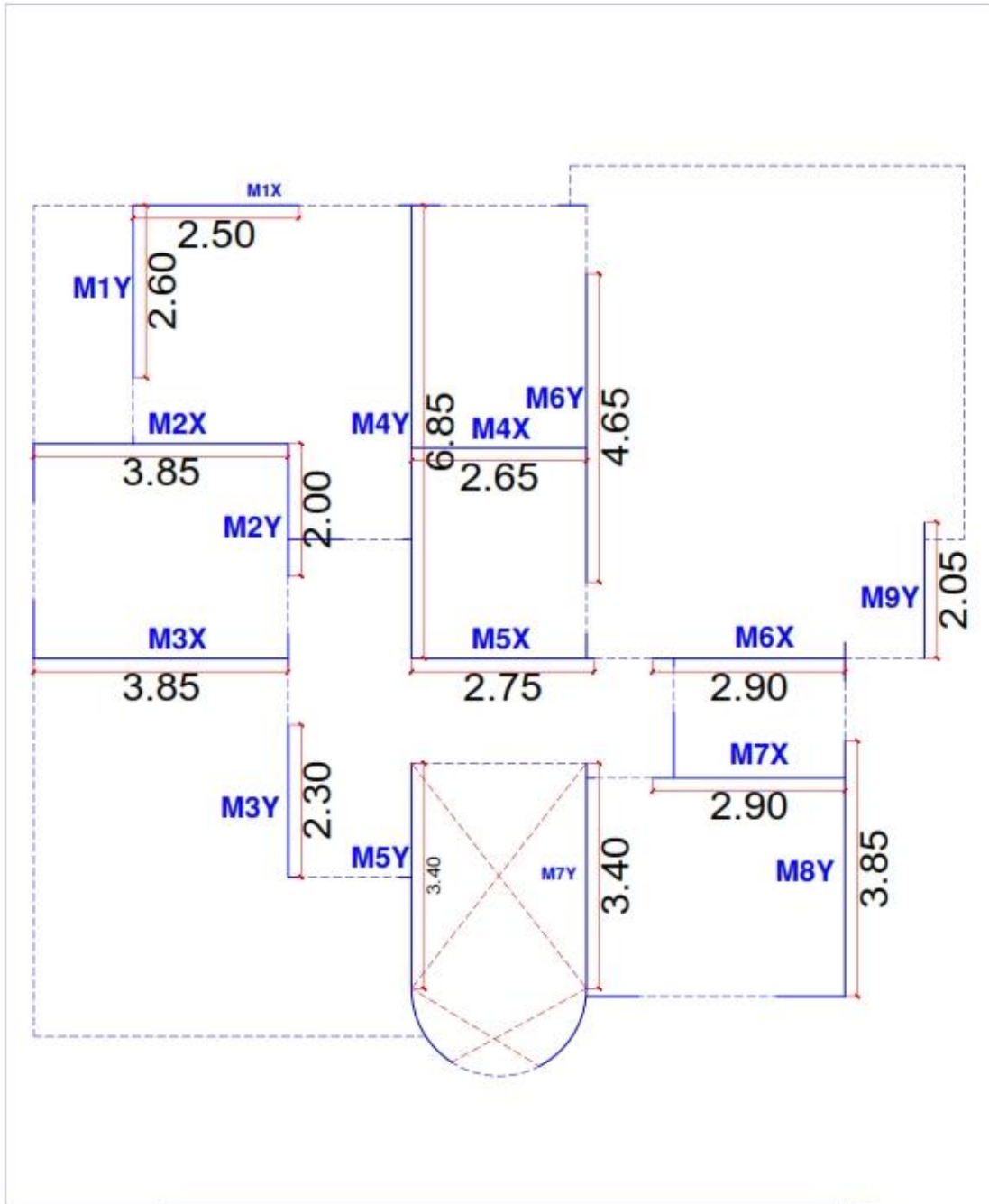
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

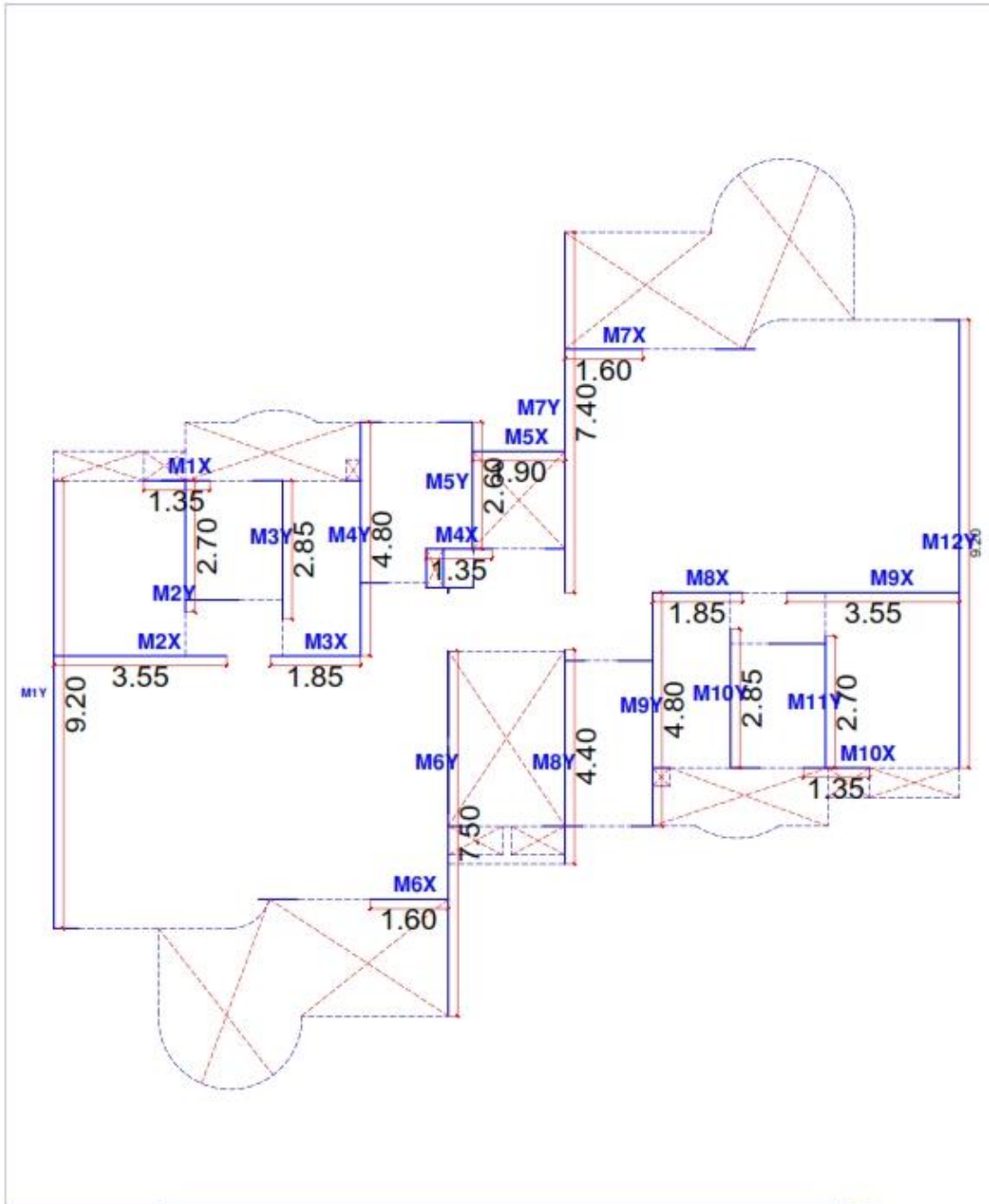


RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



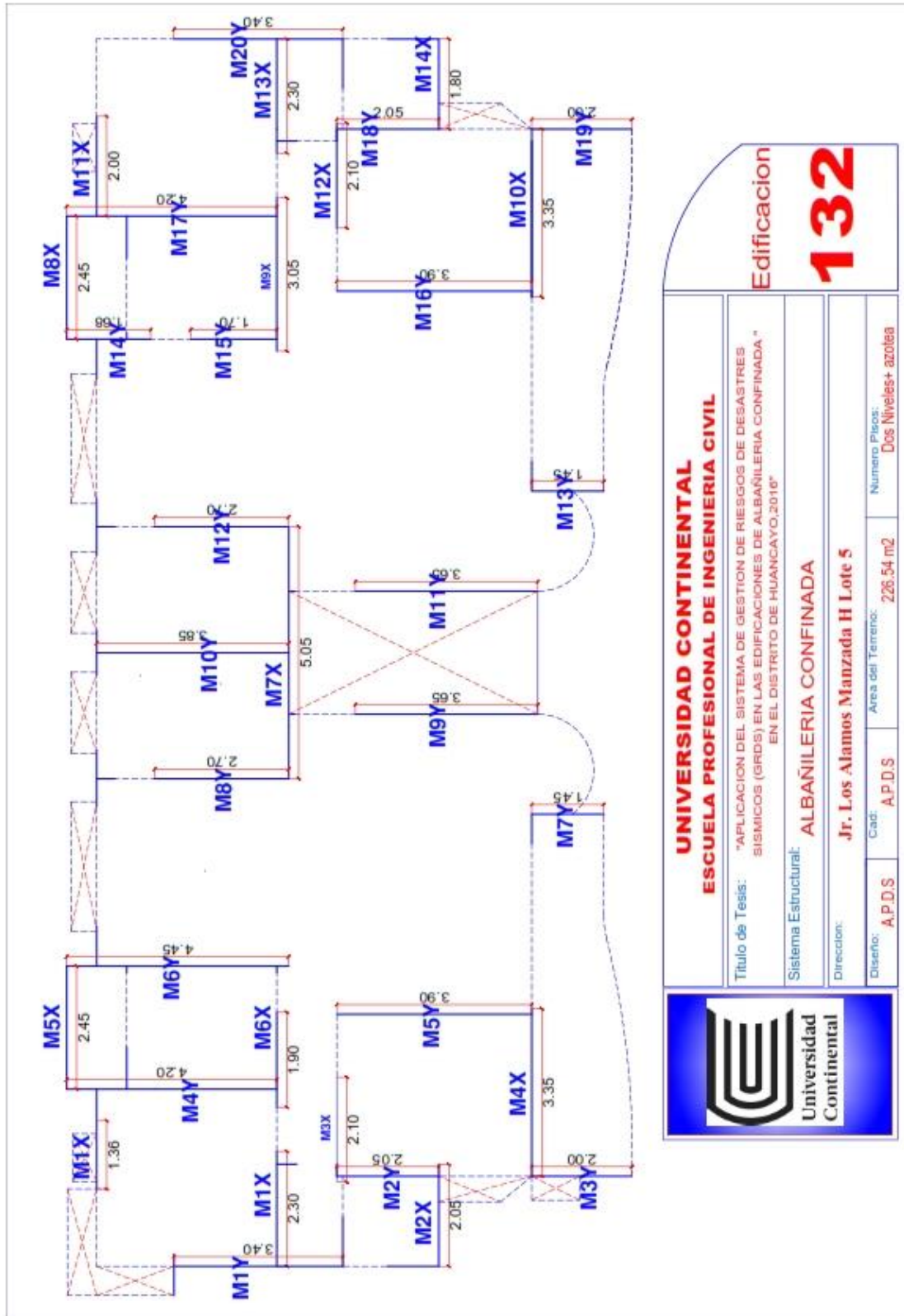
 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 124
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: PJE LOS QUINUALES # 133				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 81.85 m2	Numero Pisos: Dos Niveles + Azotea	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

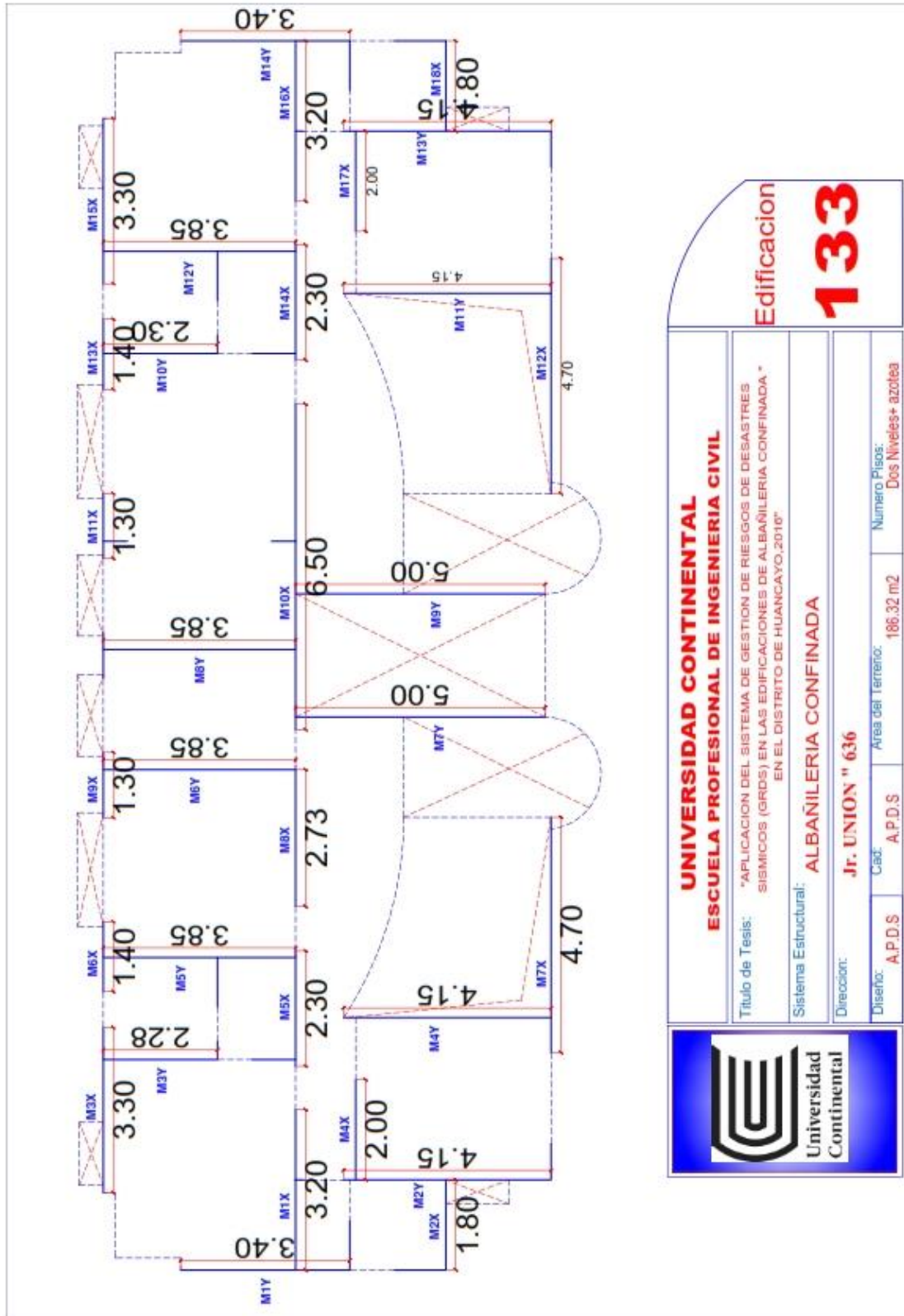


 <p>Universidad Continental</p>	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 126
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"				
	126				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: CALLE ASTRAL # 155				
Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 154.68 m2	Numero Pisos: Dos Niveles + Azotea		

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



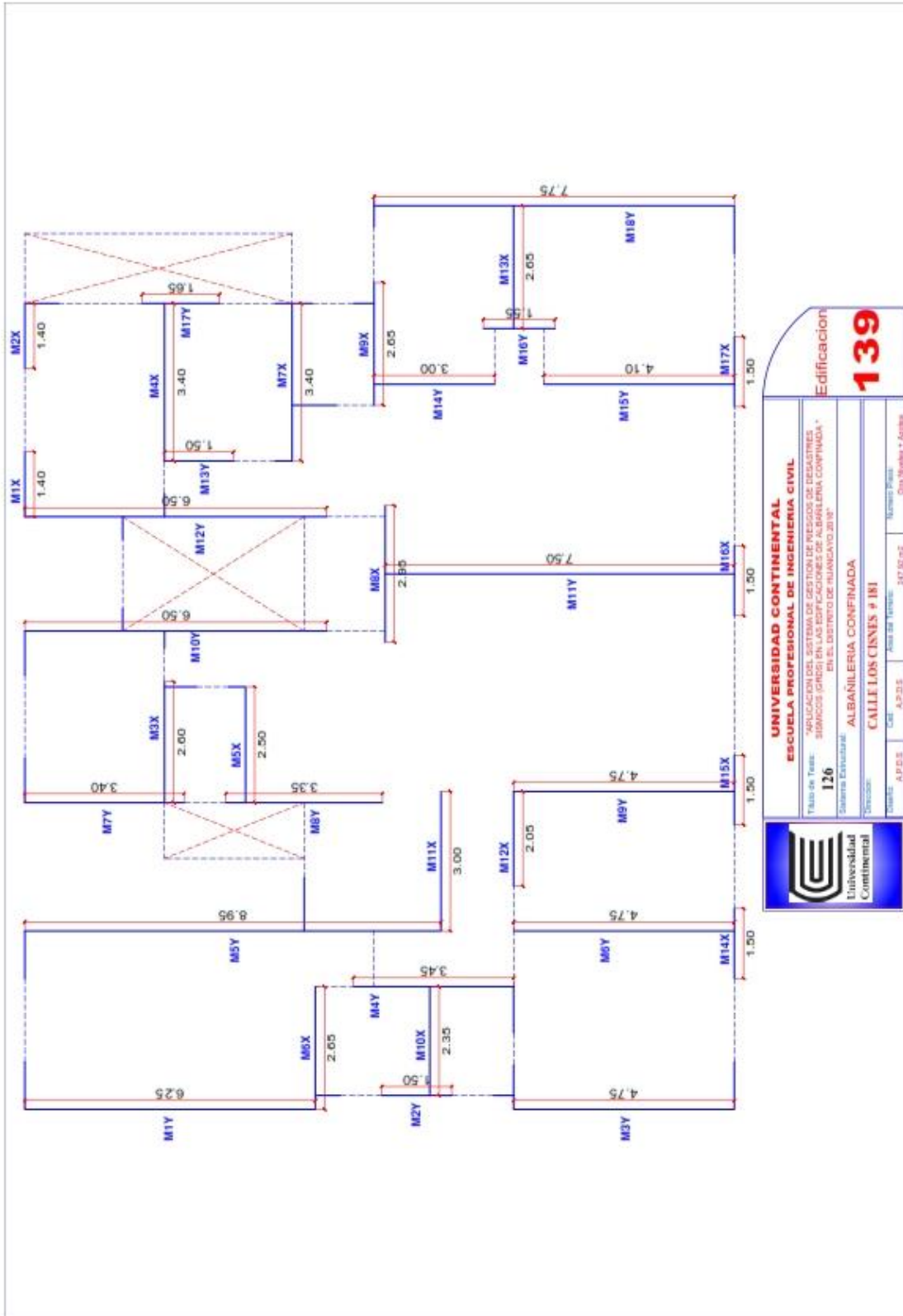
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



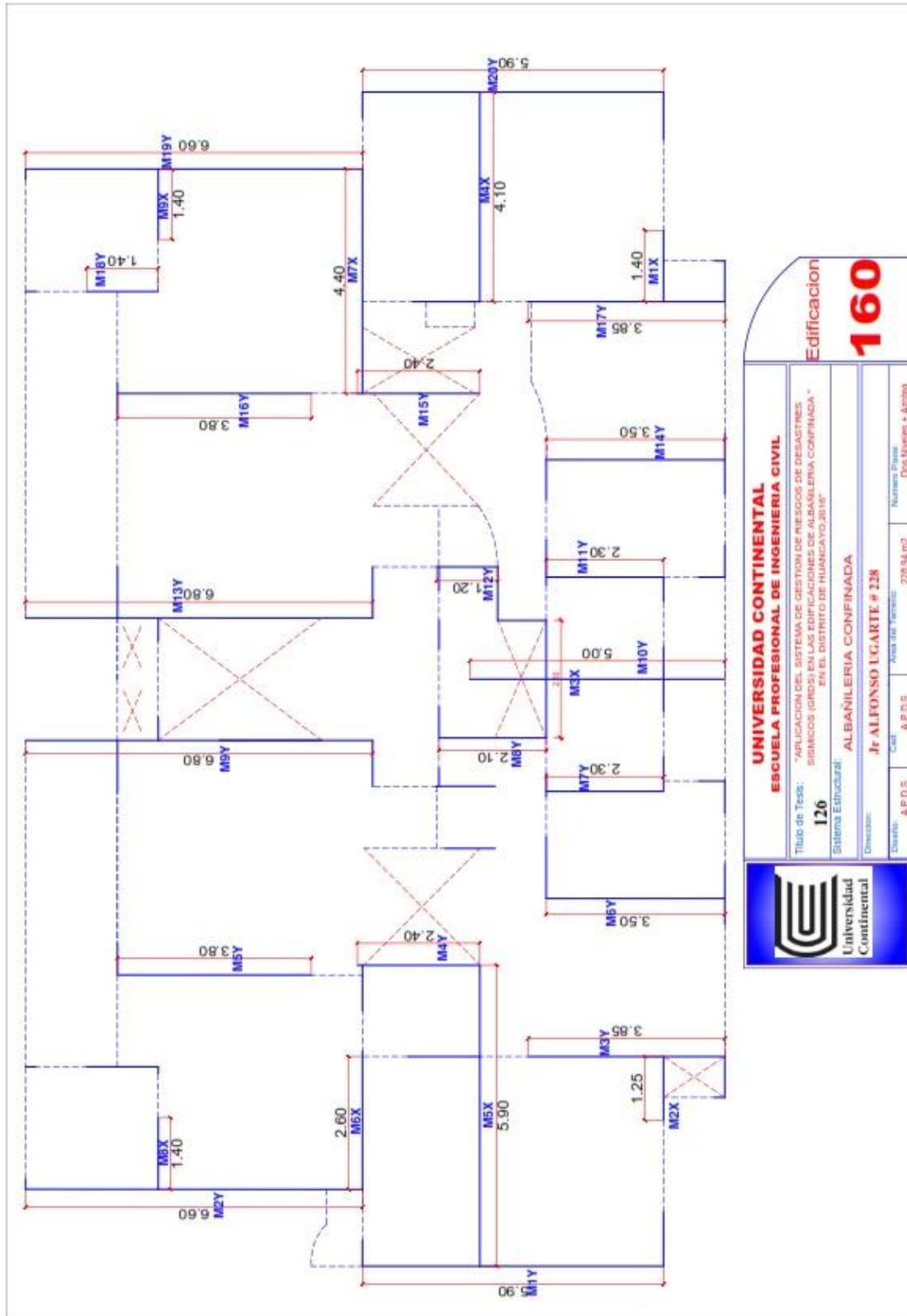
UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		Edificación 1333	
Título de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2010*"		Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA	
Dirección: Jr. UNION " 636		Numero Pisos: Dos Niveles+ azotea	
Diseño: A.P.D.S	Cost: A.P.D.S	Area del terreno: 186.32 m²	Numero Pisos: Dos Niveles+ azotea



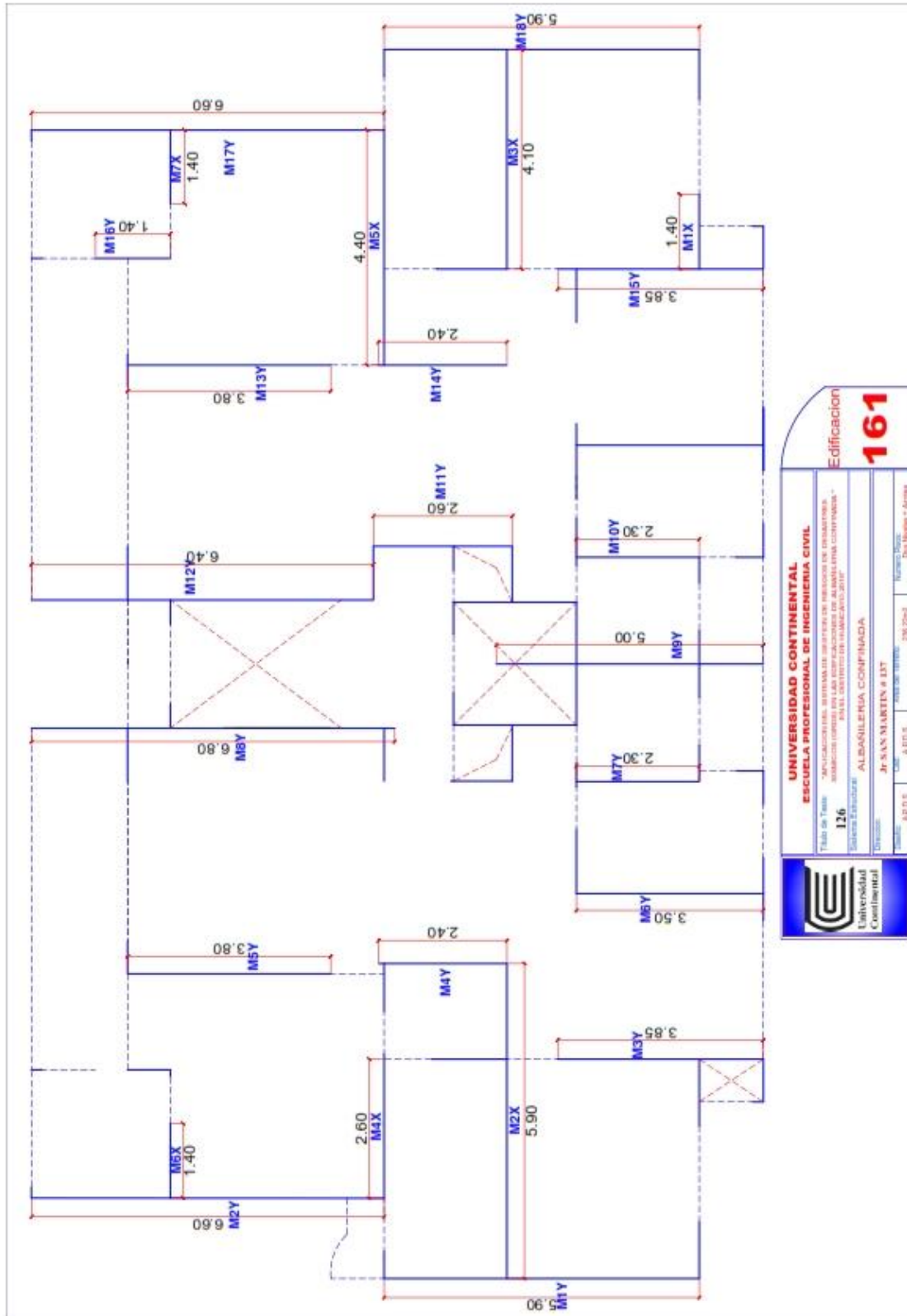
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



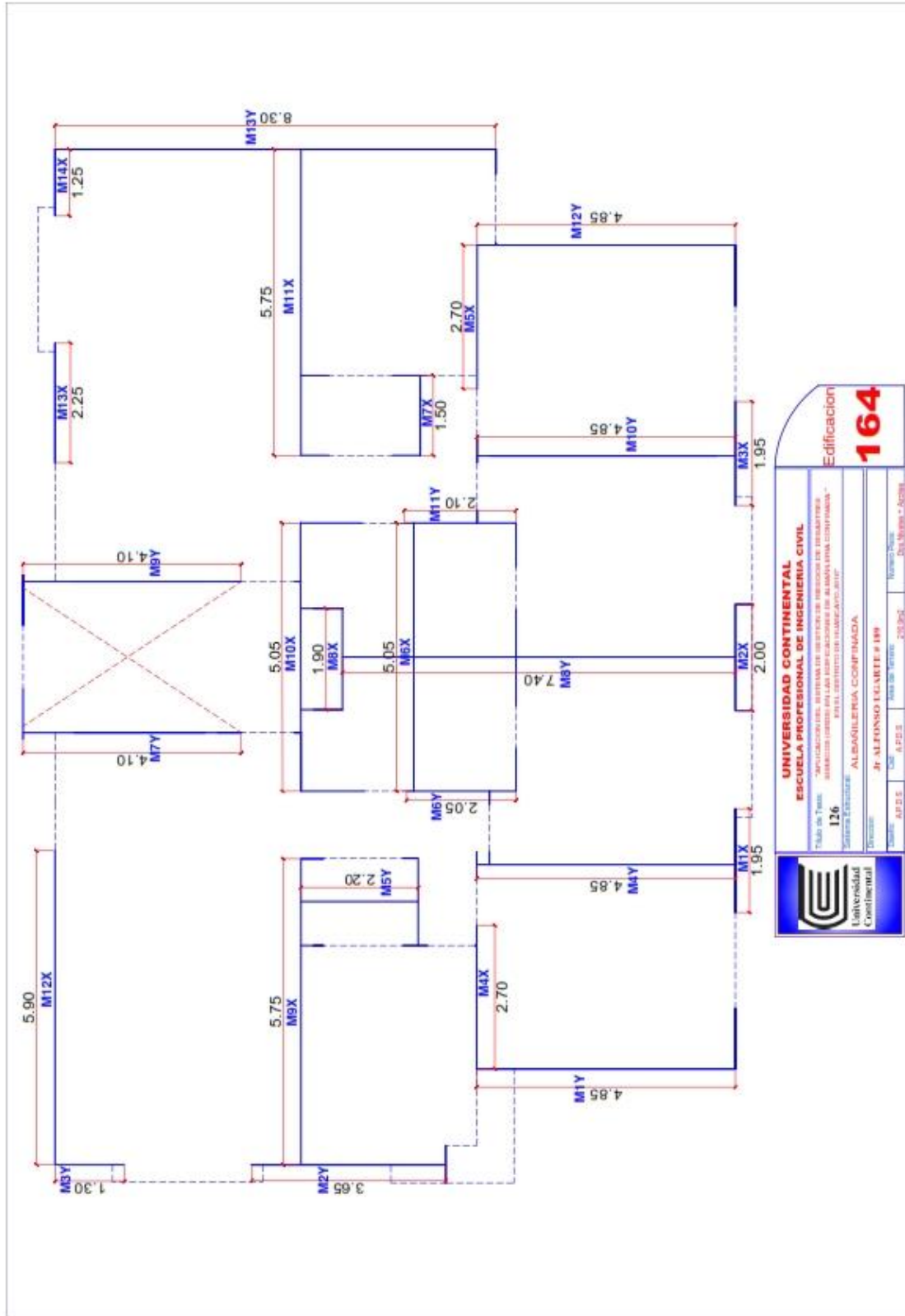
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



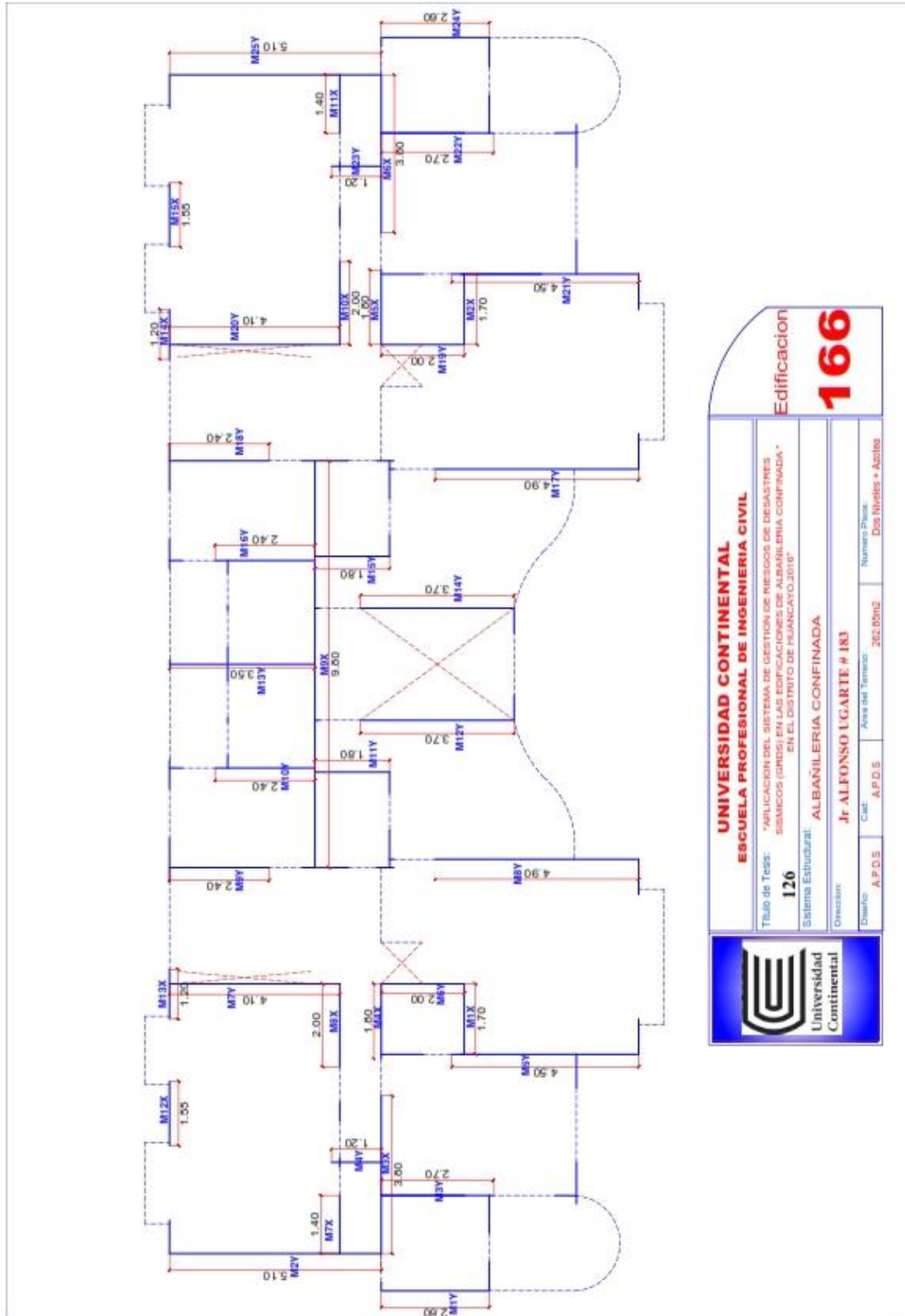
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

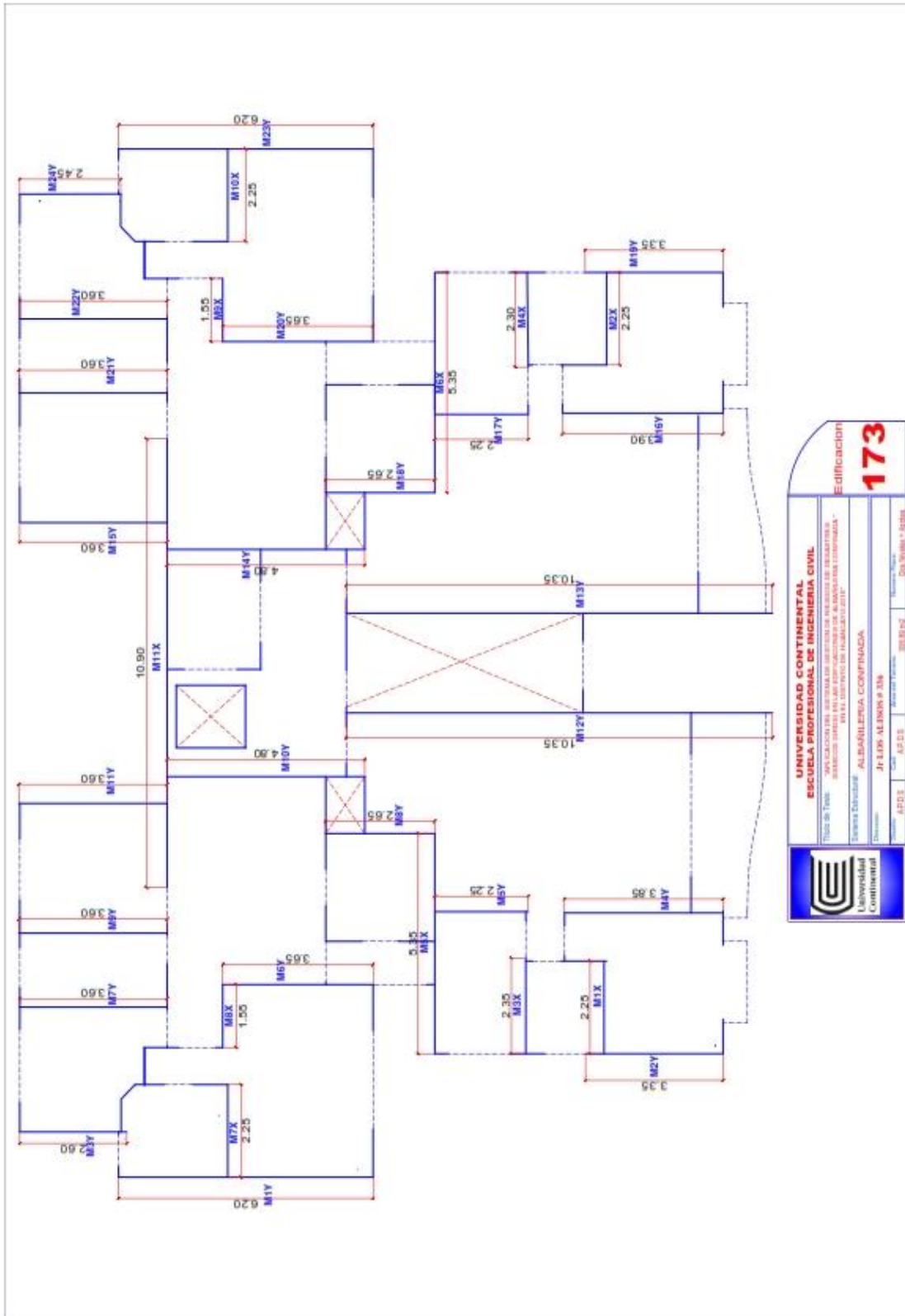


RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

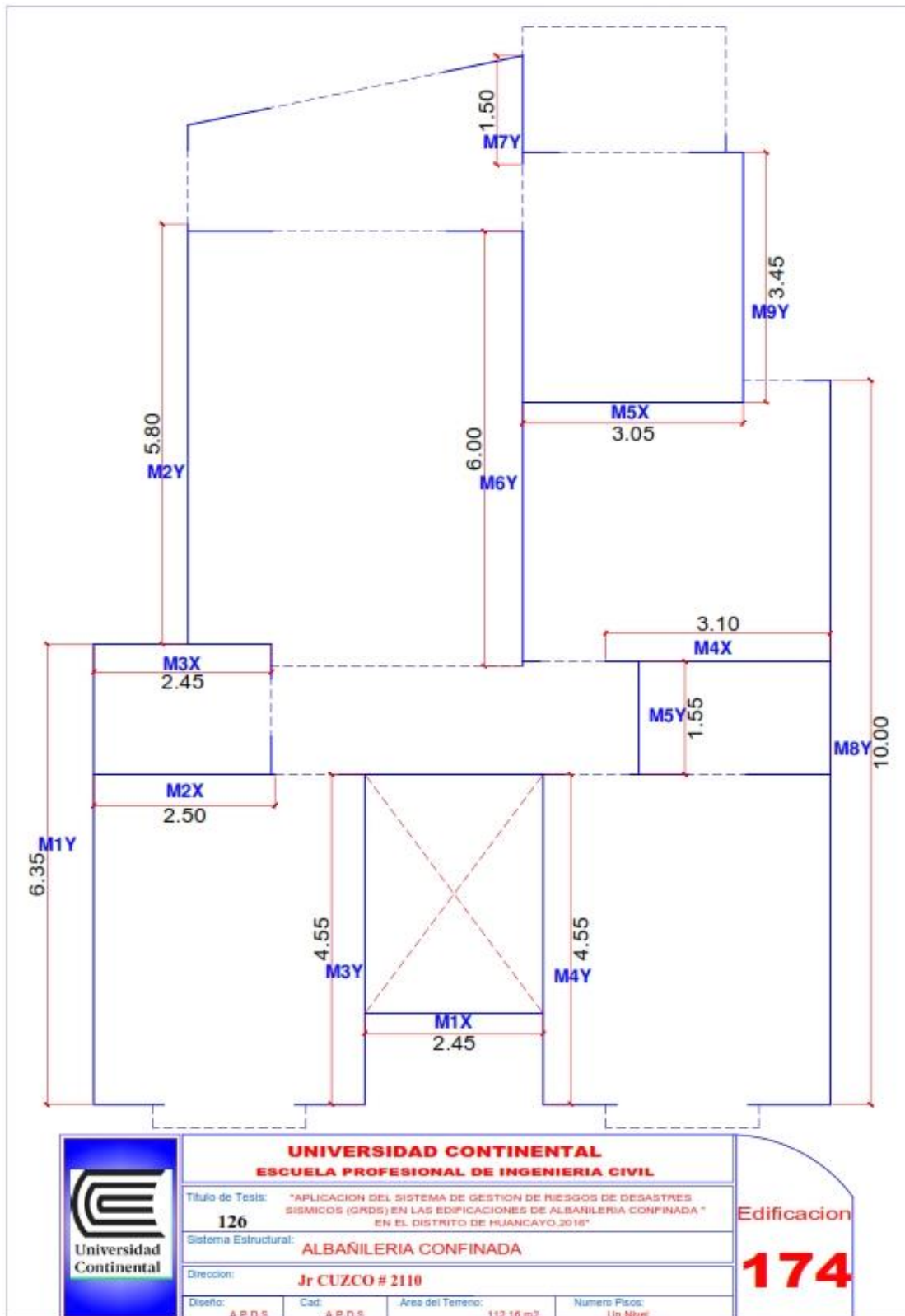


 <p>Universidad Continental</p>		<p>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>	
<p>Título de Tesis: 126 "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRIS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA" EN EL DISTRITO DE PUJANCAYO 2018"</p>		<p>Edificación 166</p>	
<p>Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA</p>		<p>Director: Jr ALFONSO UGARTE # 183</p>	
<p>Diseño: A.P.D.S</p>	<p>Cat: A.P.D.S</p>	<p>Área del Terreno: 202.80m²</p>	<p>Número de Planta: Dos Niveles + Azotea</p>

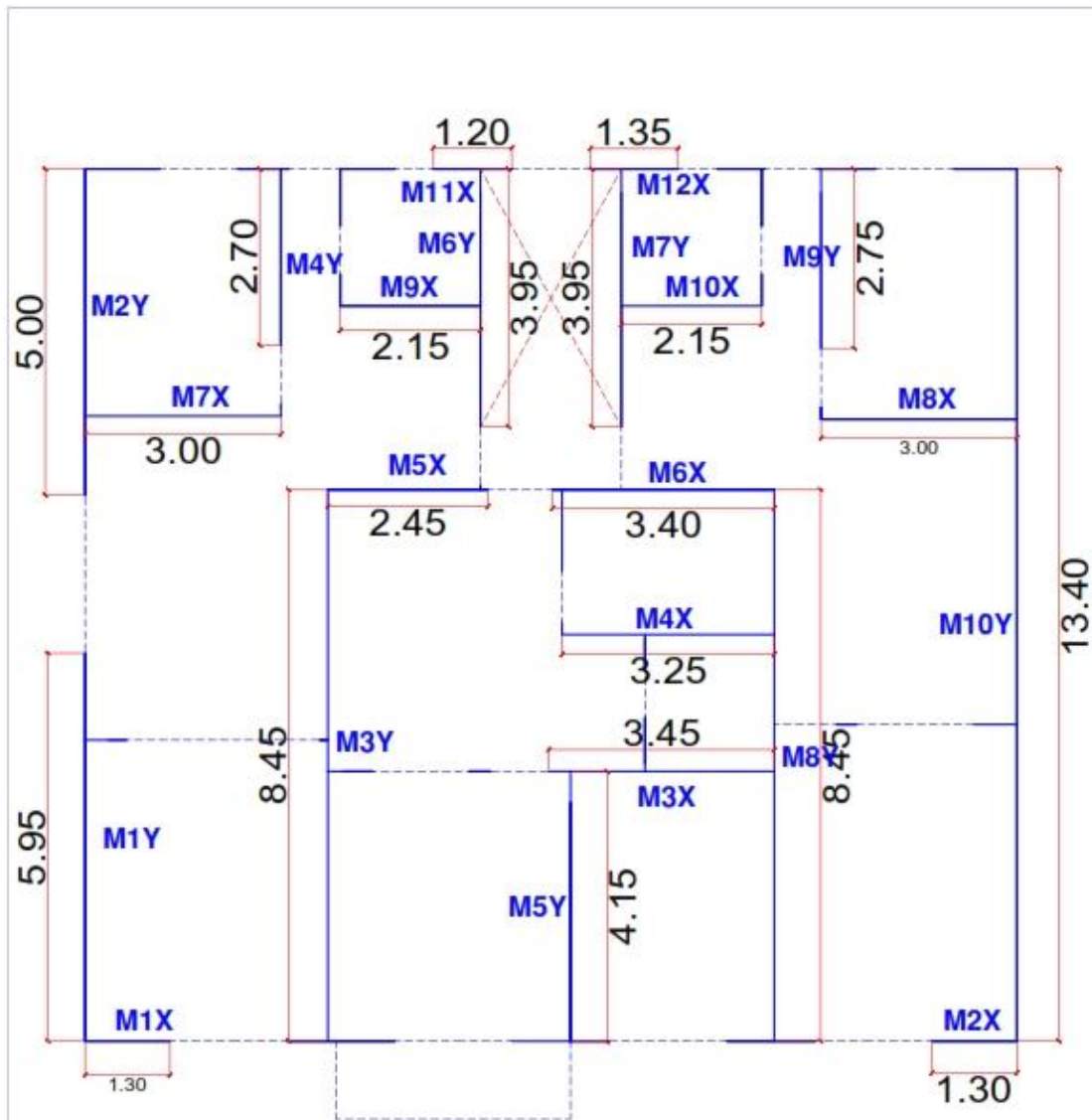
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

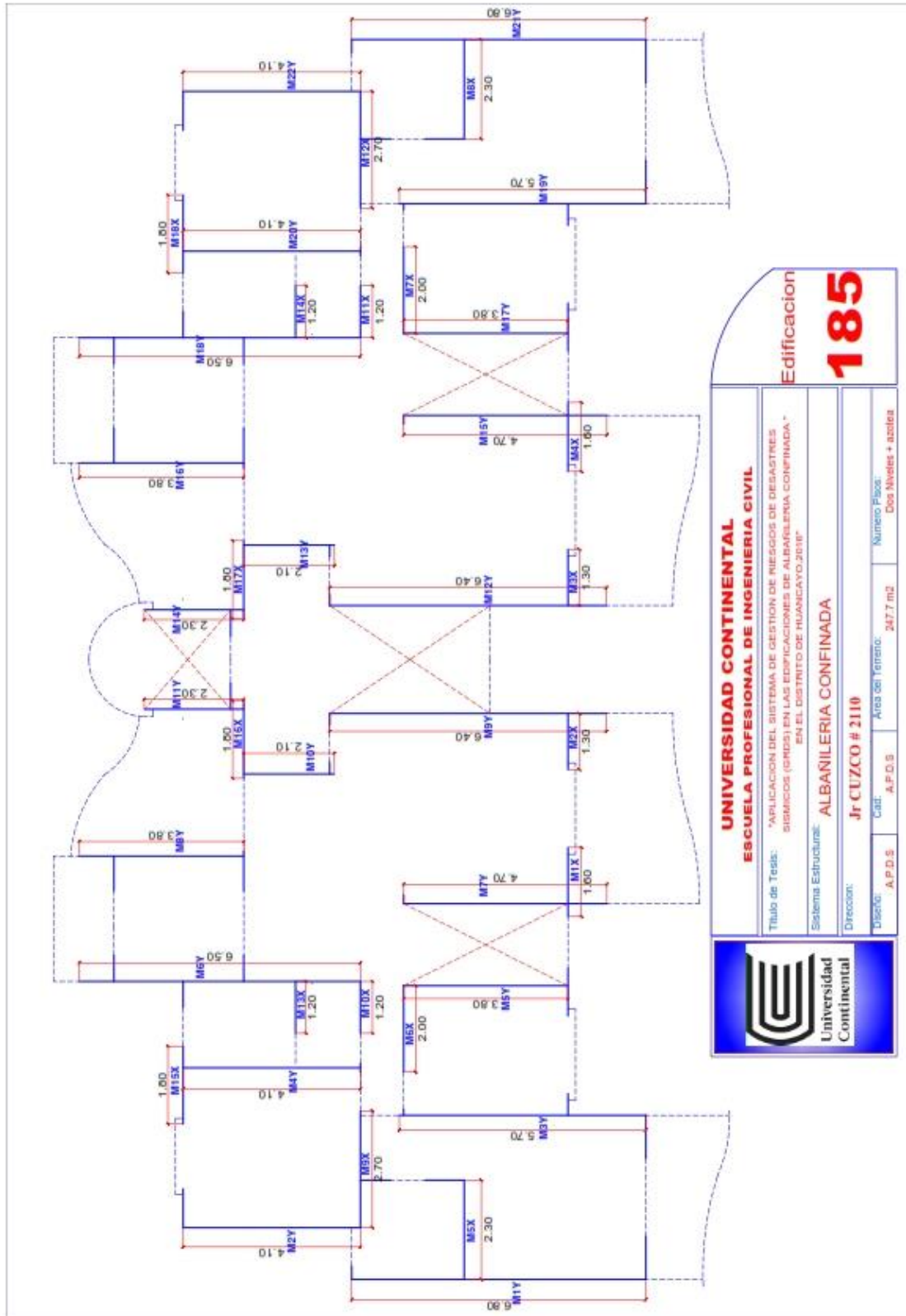


RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



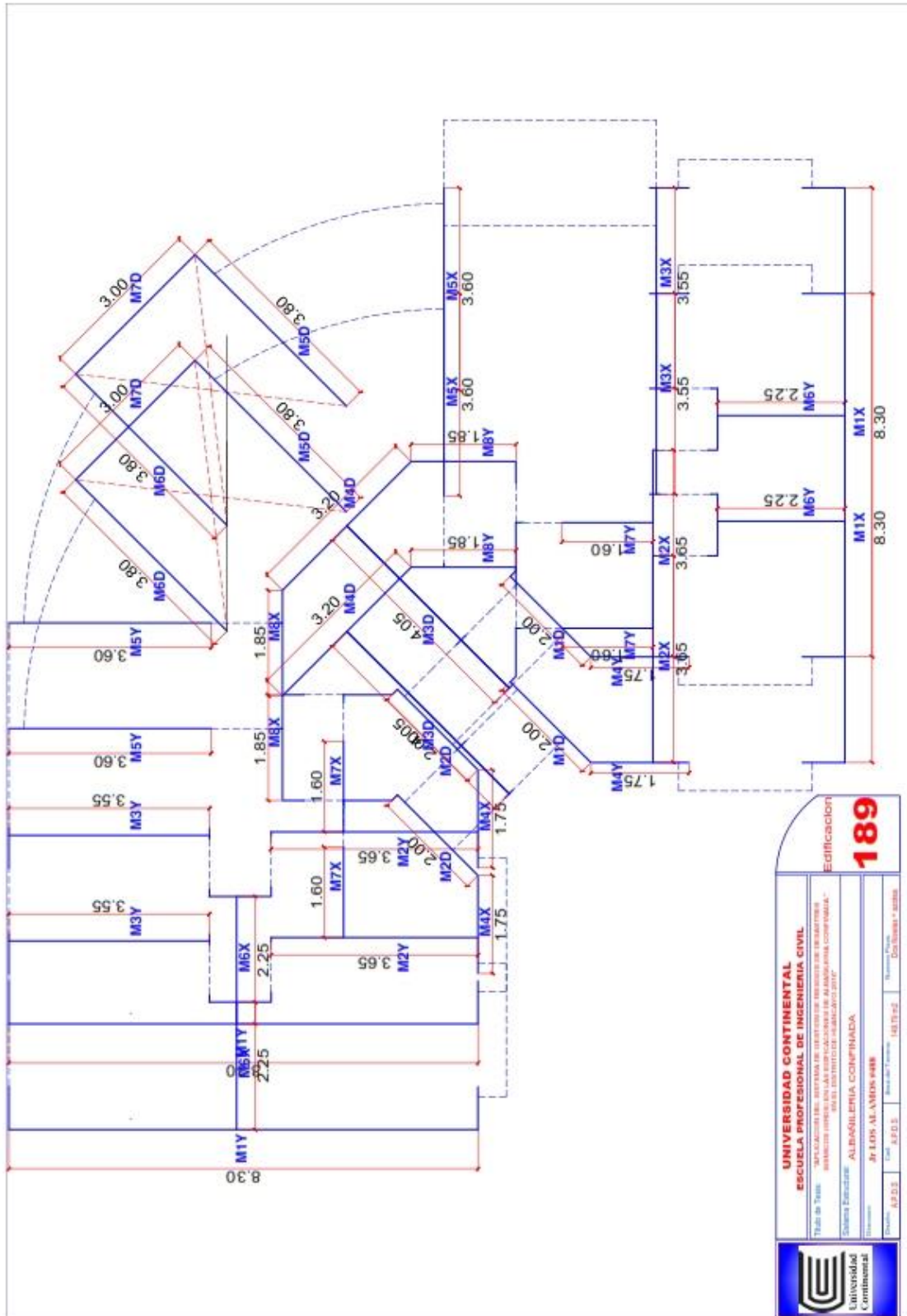
 Universidad Continental	UNIVERSIDAD CONTINENTAL			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
	Titulo de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*			
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA			
	Direccion: P.JE. ESTRELLA #166			
Diseño:	Cad:	Area del Terreno:	Numero Pisos:	
AP.D.S	AP.D.S	182.53 m ²	Dos Niveles + Azotea	
				Edificacion 176

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

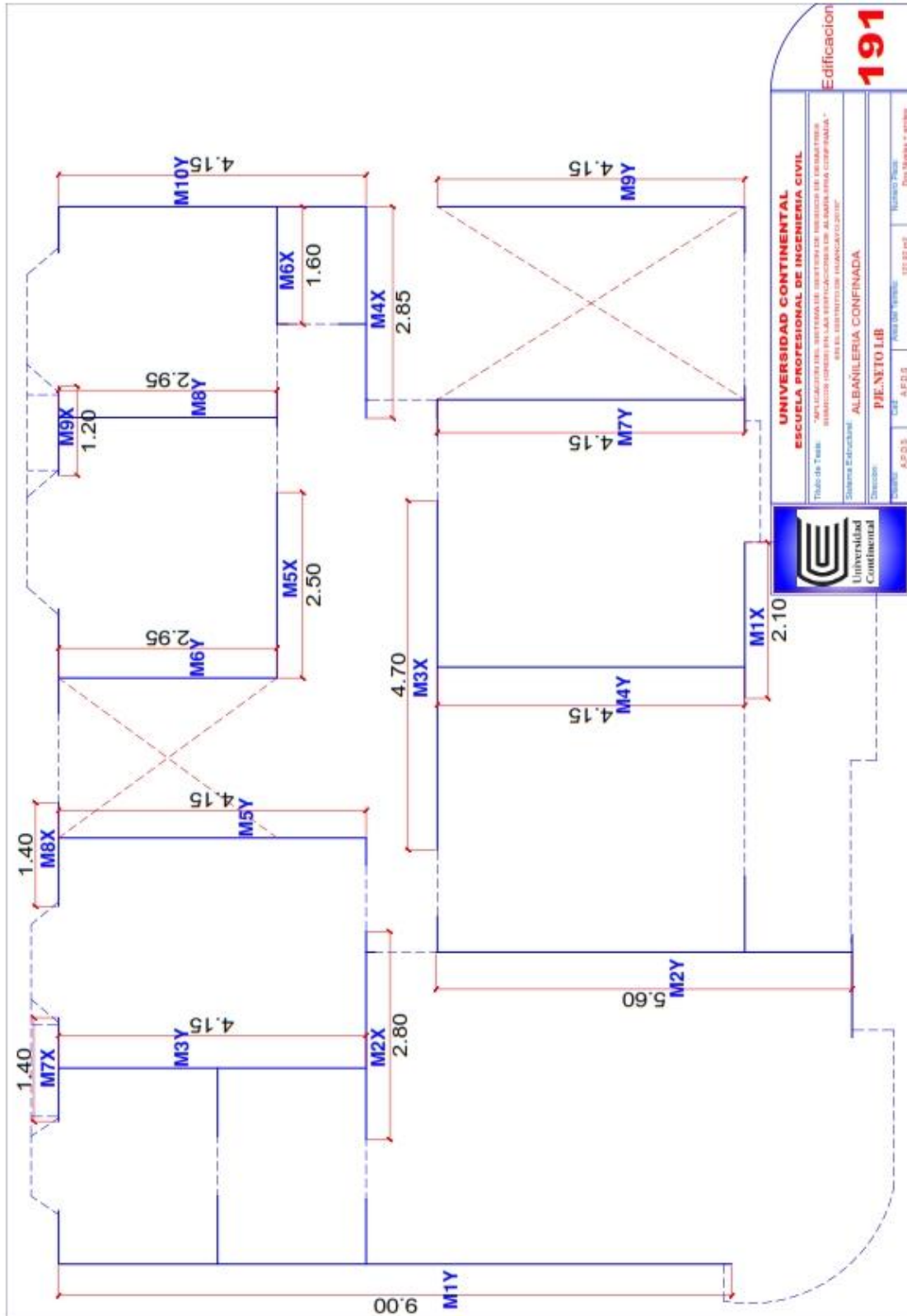


 <p>Universidad Continental</p>		<p>UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>		<p>Edificación 185</p>	
<p>Título de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SIMBOLICO (GRSI) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUACAYBONDO"</p>		<p>Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA</p>		<p>Dirección: Jr CUZCO # 2110</p>	
<p>Diseño: A.P.D.S</p>	<p>Cálcul: A.P.D.S</p>	<p>Área del Terreno: 247.7 m²</p>	<p>Número Fases: Dos Niveles + azotea</p>		

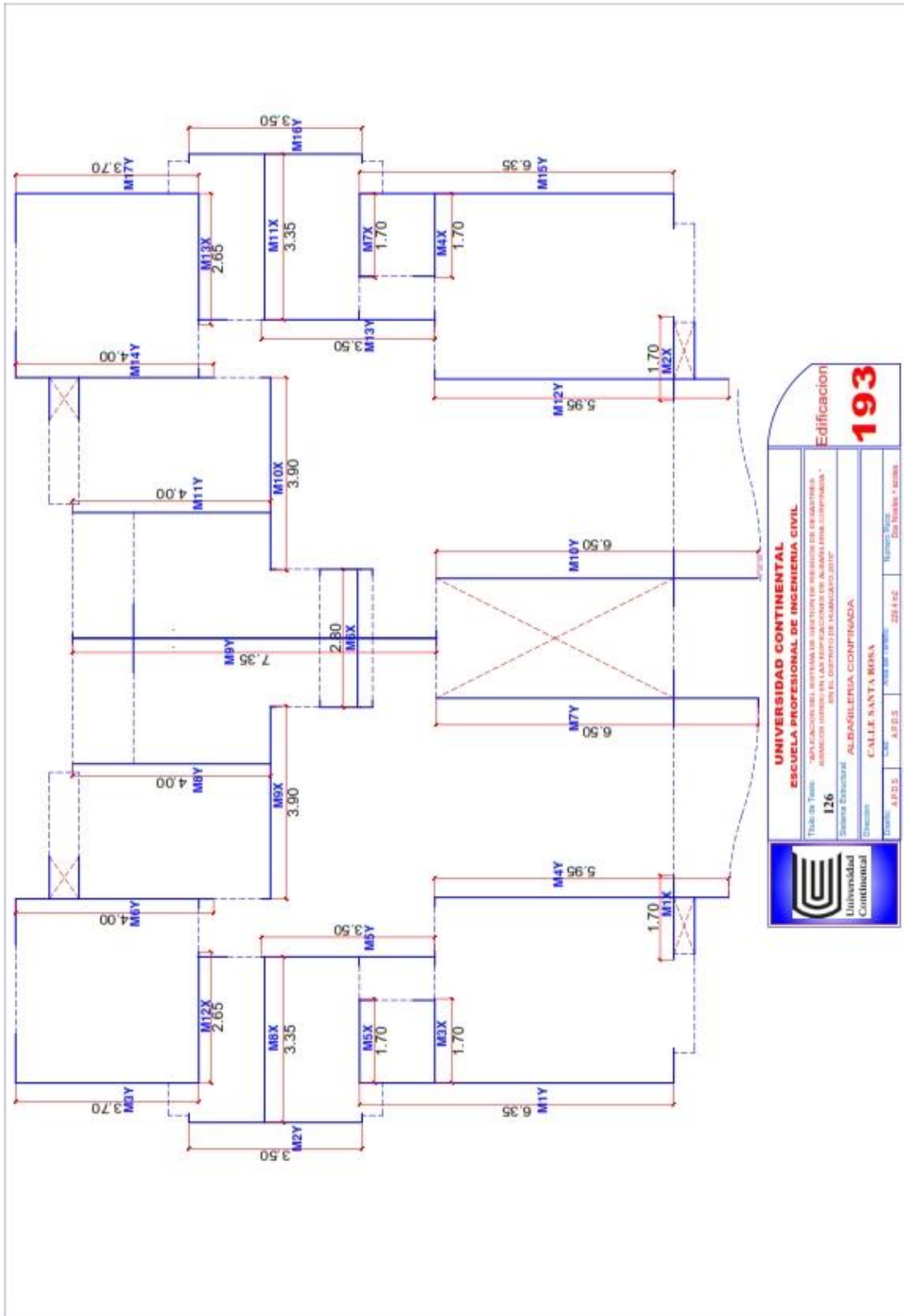
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



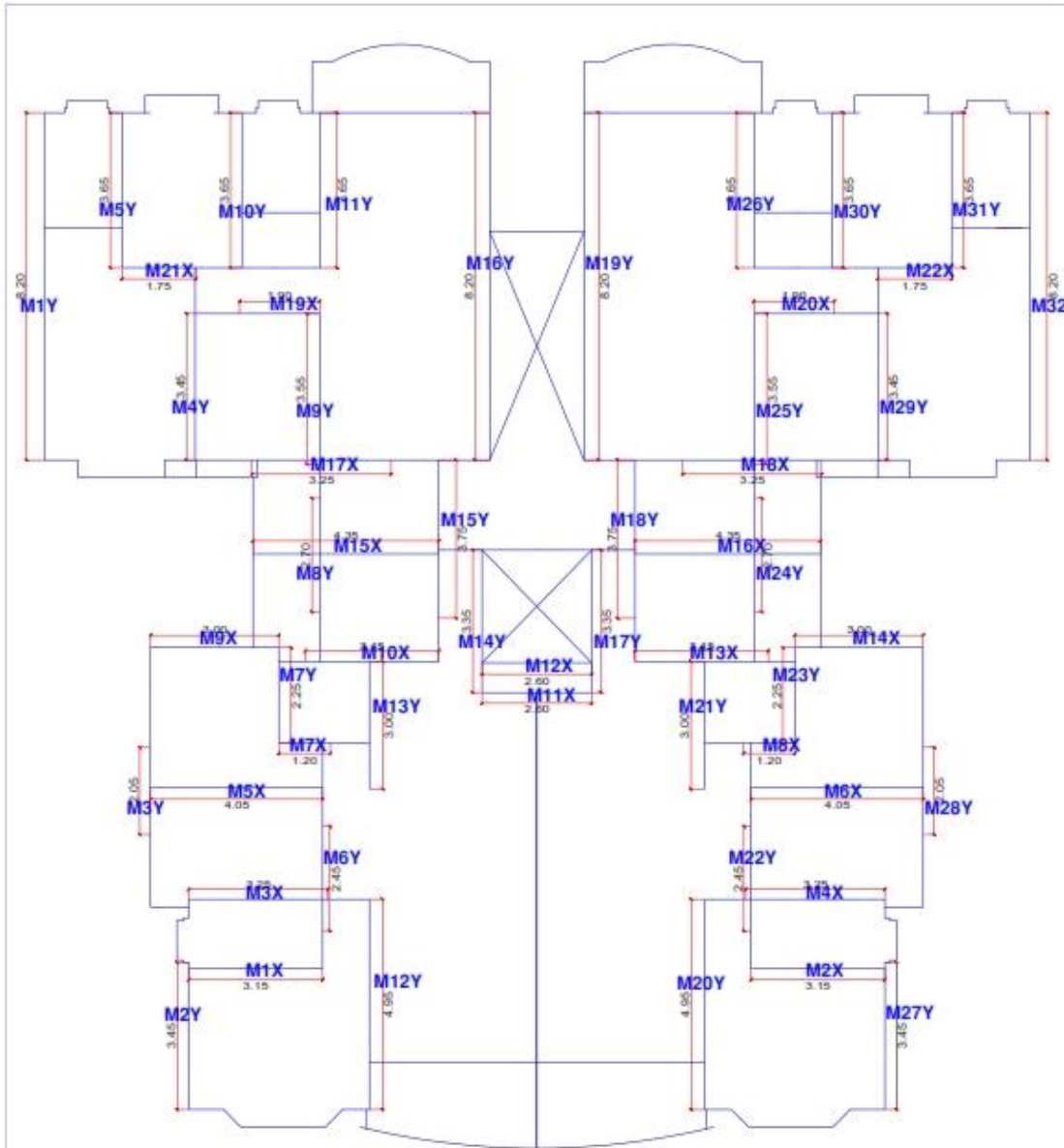
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

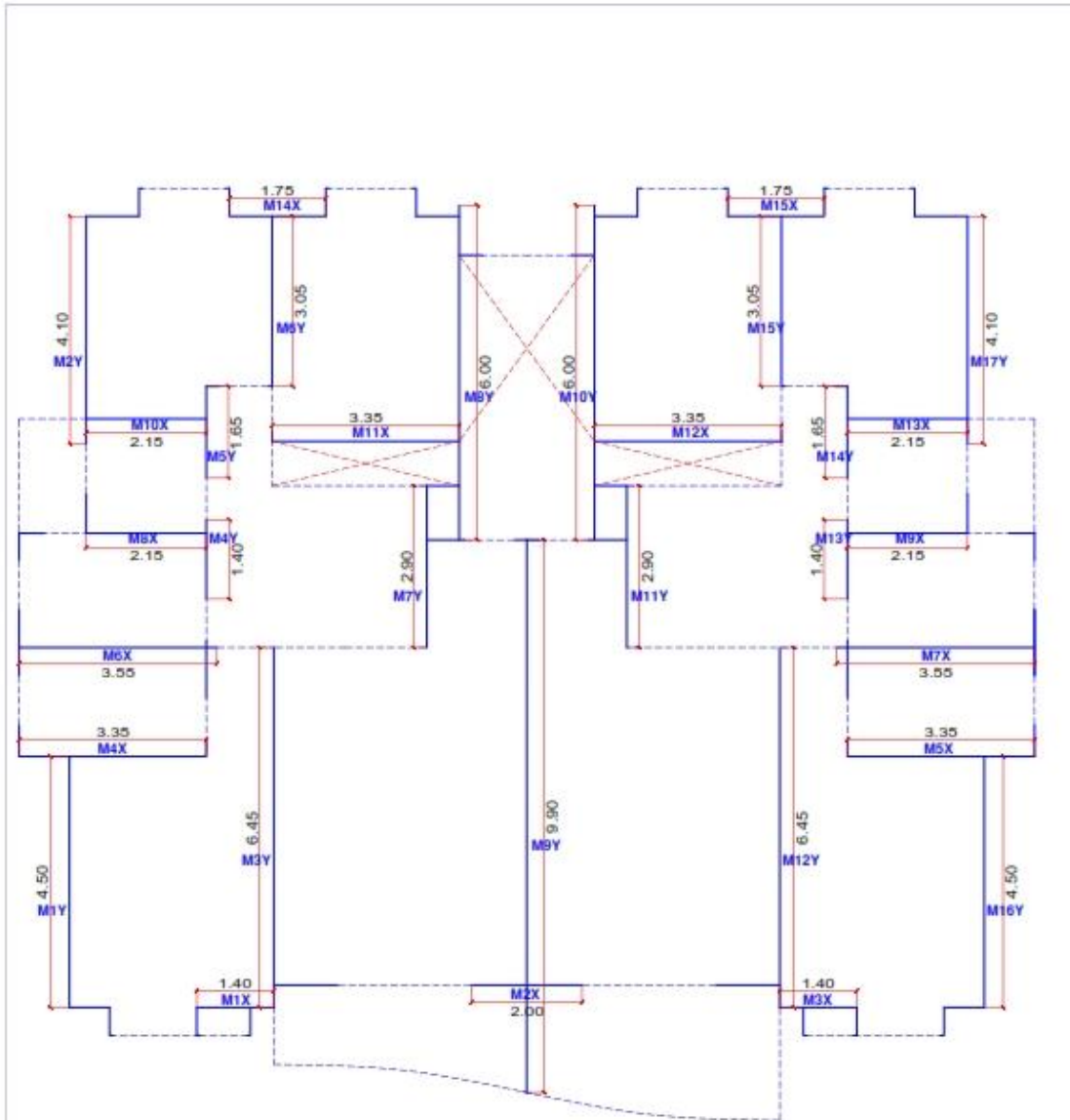


RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



 Universidad Continental	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 209
	Titulo de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO,2016*				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: Jr. LOS ALAMOS # 713				
	Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 404,1 m2	Numero Pisos: Dos Niveles + azotea	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

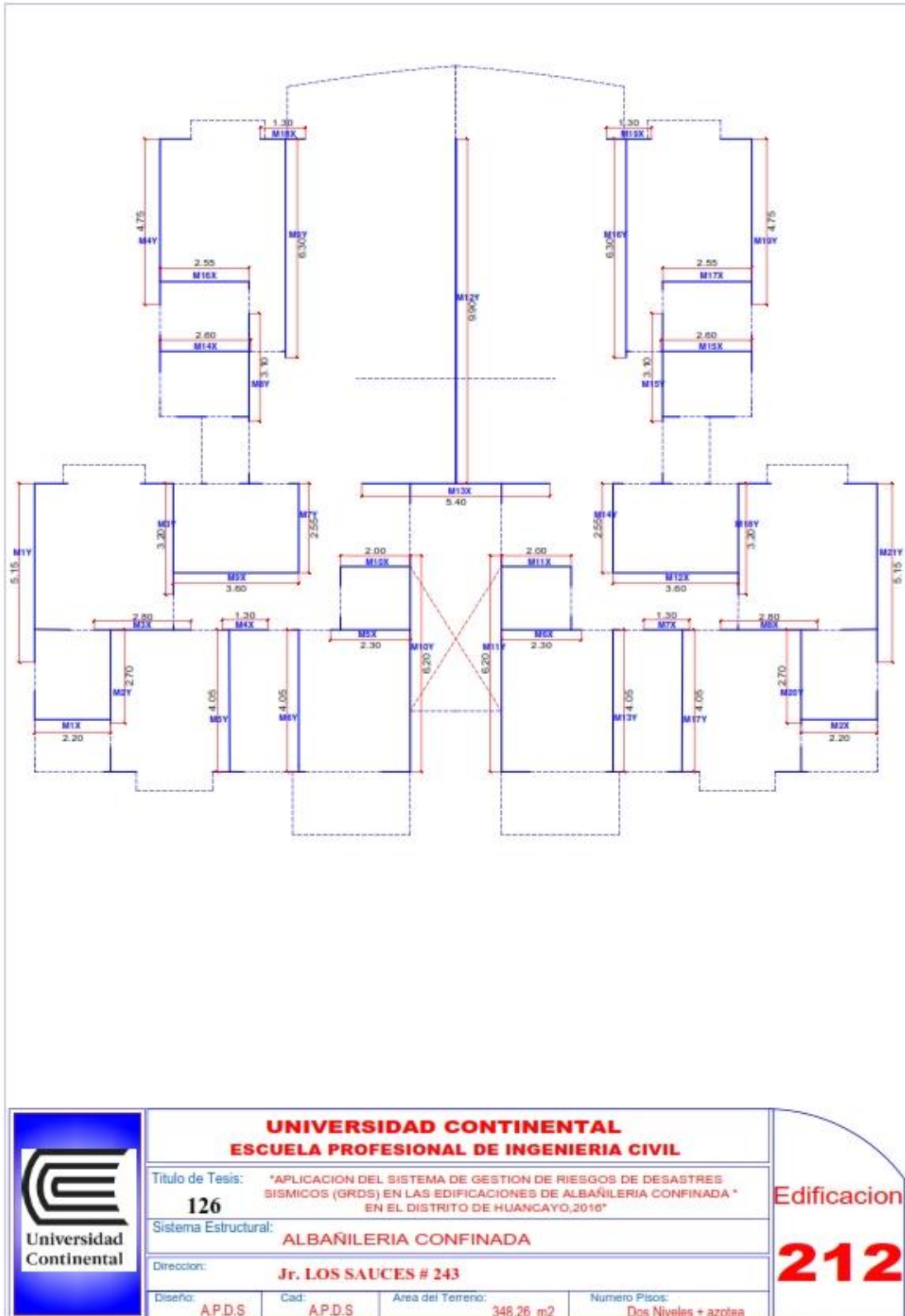


 Universidad Continental	UNIVERSIDAD CONTINENTAL			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
	Titulo de Tesis:		*APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO,2016*	
	126			
	Sistema Estructural:		ALBAÑILERIA CONFINADA	
Direccion:		CALLE LAS CIGUEÑAS Mz D Lt 11		
Diseño:	Cad:	Area del Terreno:	Numero Pisos:	
AP.D.S	AP.D.S	222.27 m ²	Dos Niveles + azotea	

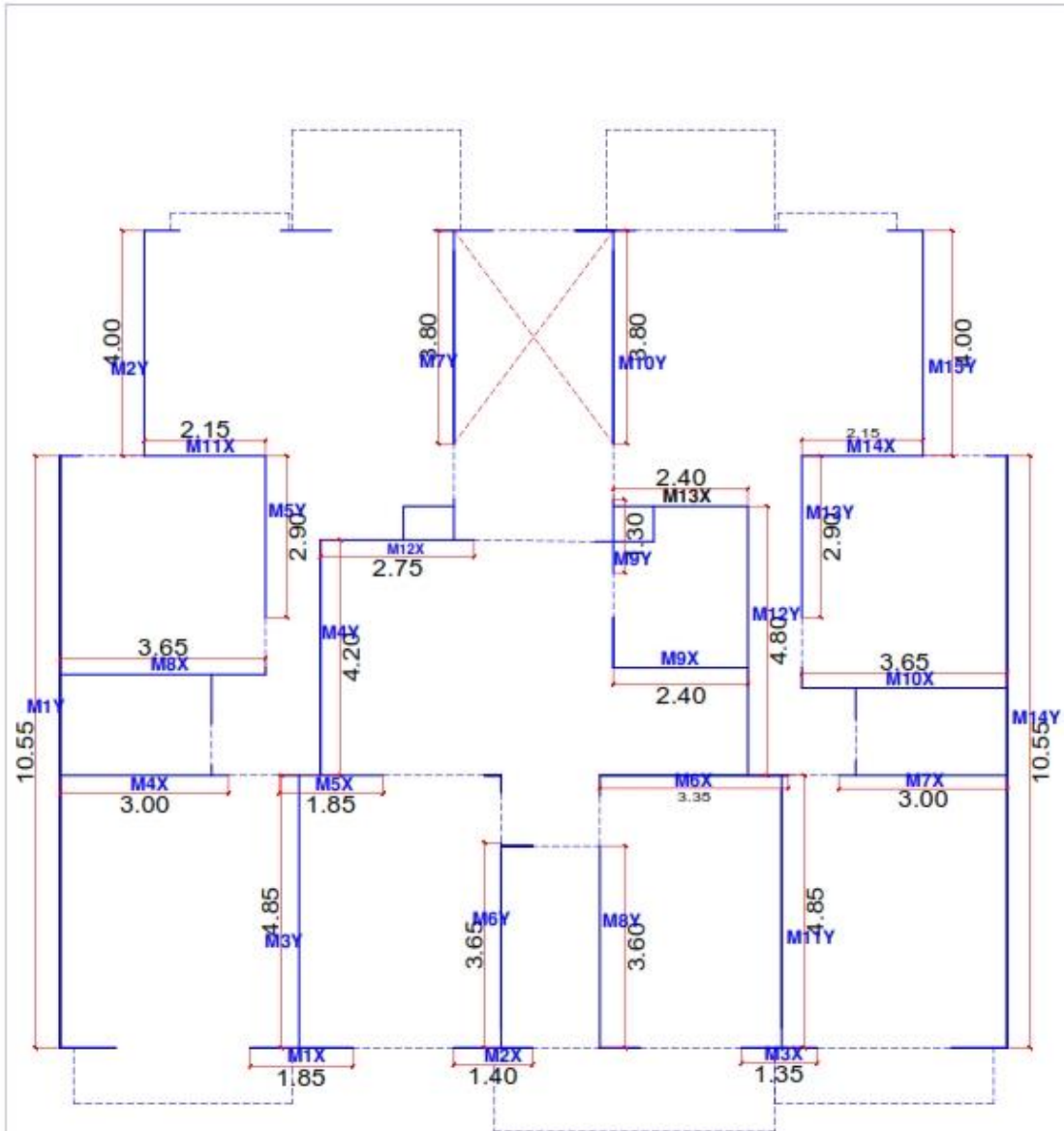
Edificacion

211

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



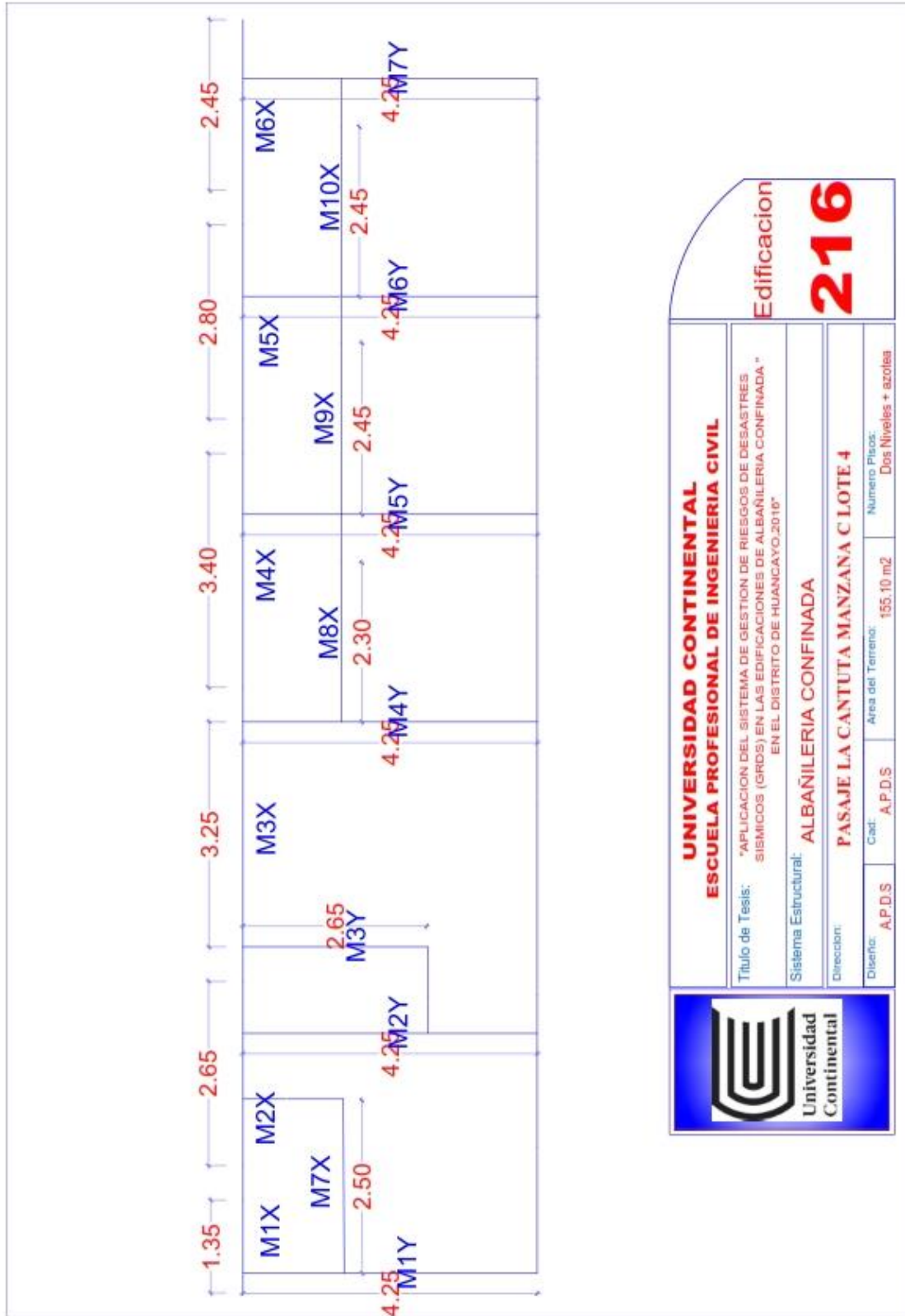
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



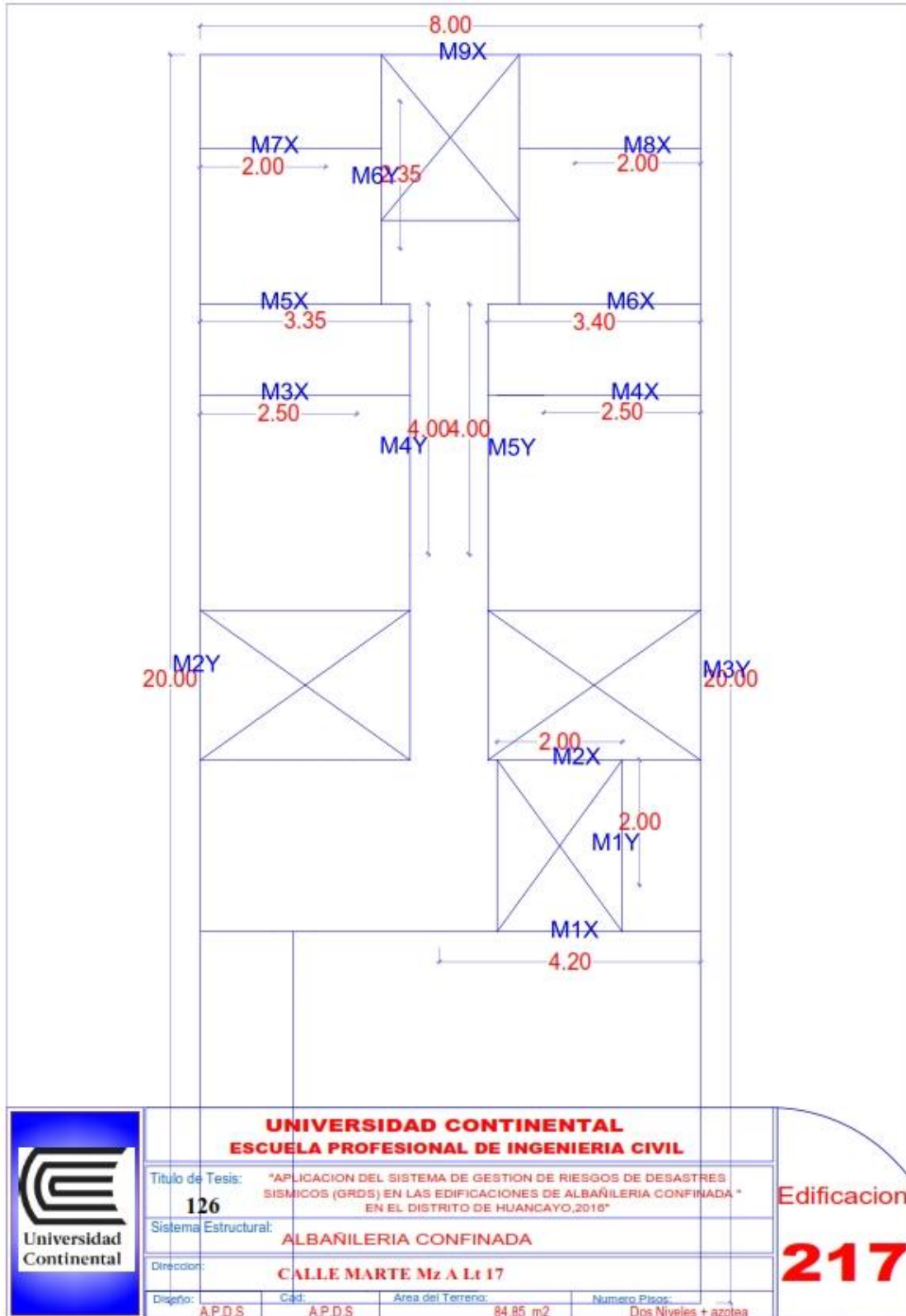
UNIVERSIDAD CONTINENTAL			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
Titulo de Tesis:		*APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*	
126			
Sistema Estructural:		ALBAÑILERIA CONFINADA	
Direccion:		Jr. LOS PINOS Mz C Lt 31	
Diseño:	Cad:	Area del Terreno:	Numero Pisos:
AP.D.S	AP.D.S	223,26 m ²	Dos Niveles + azotea

Edificacion
213

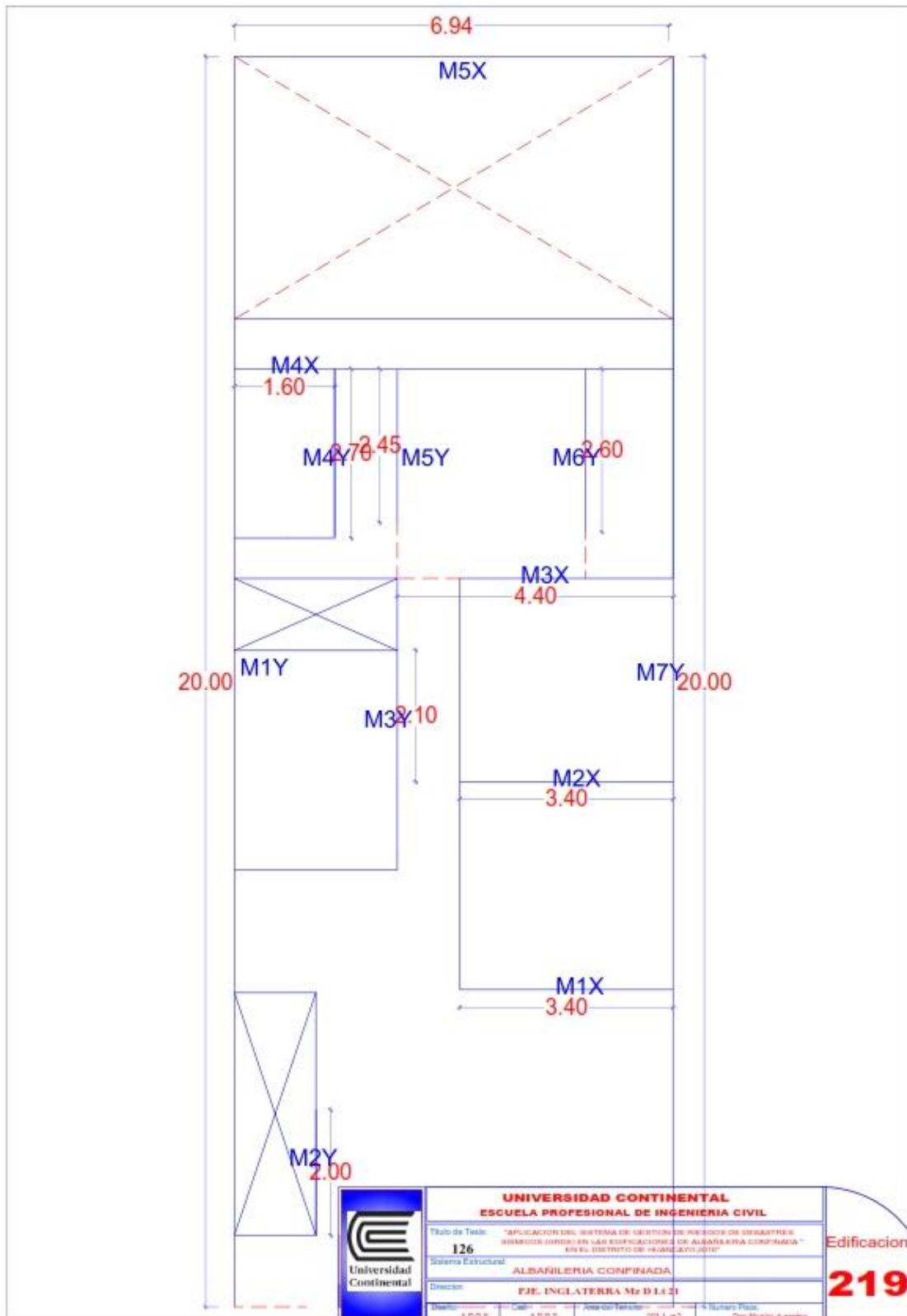
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



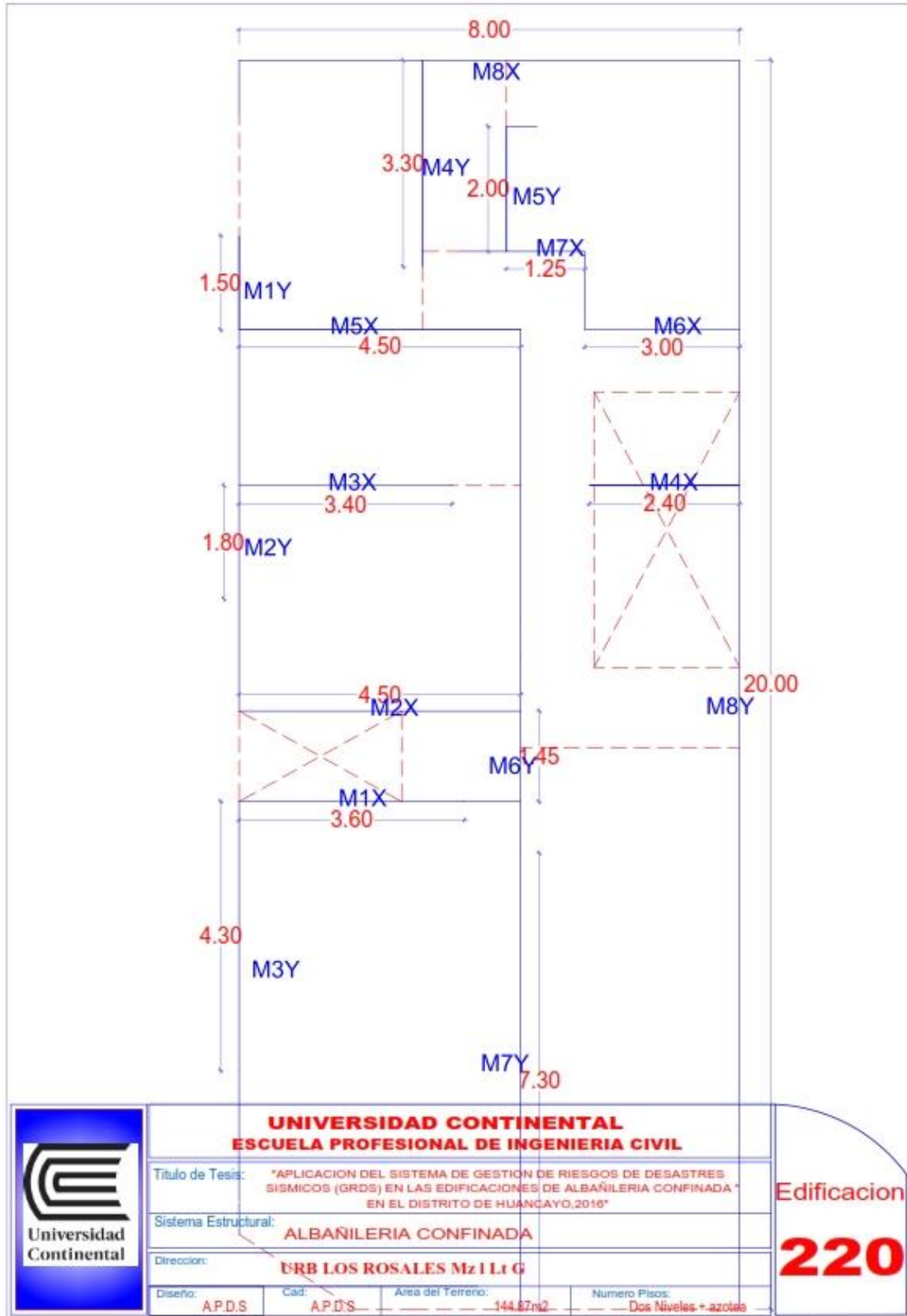
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



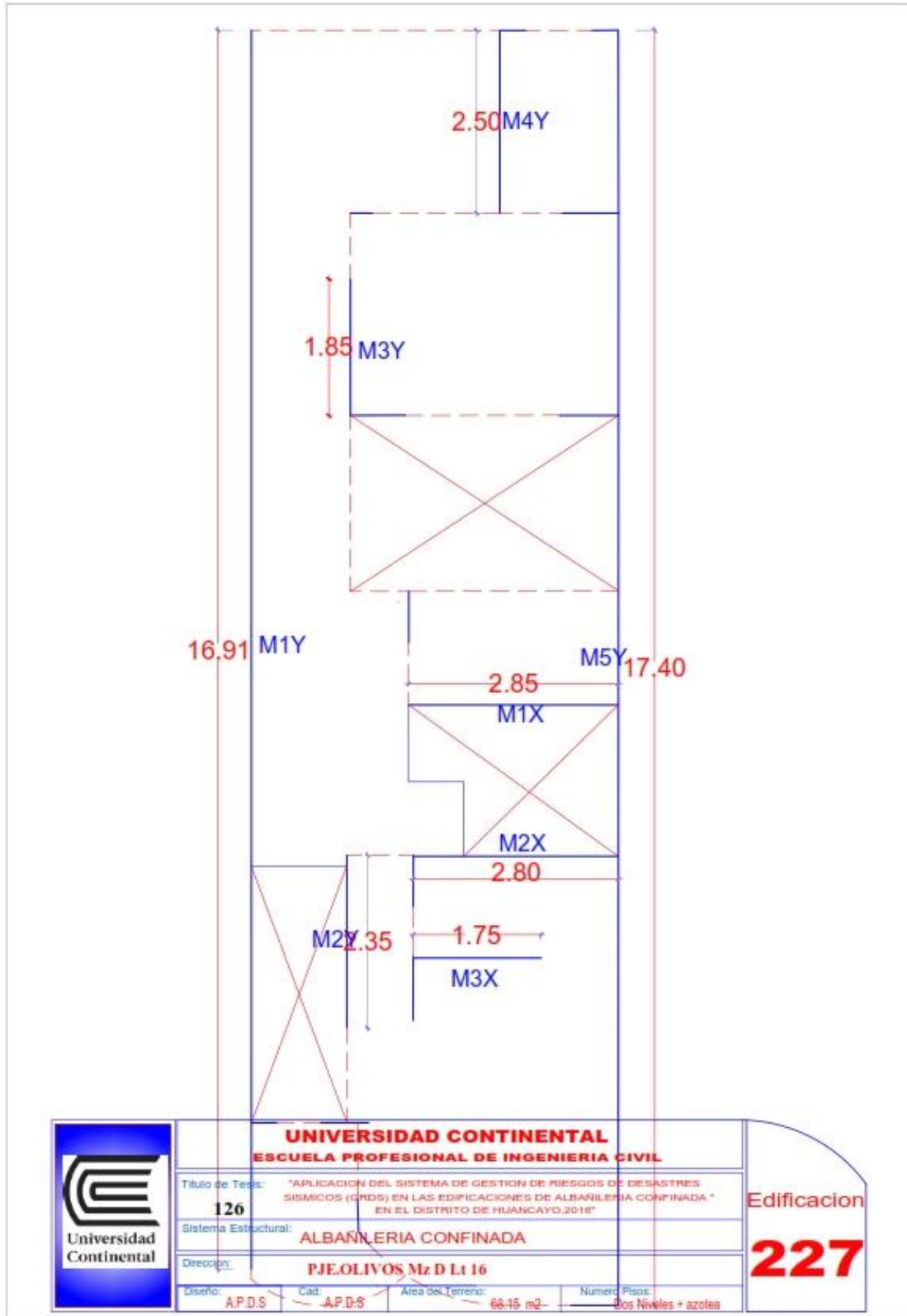
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



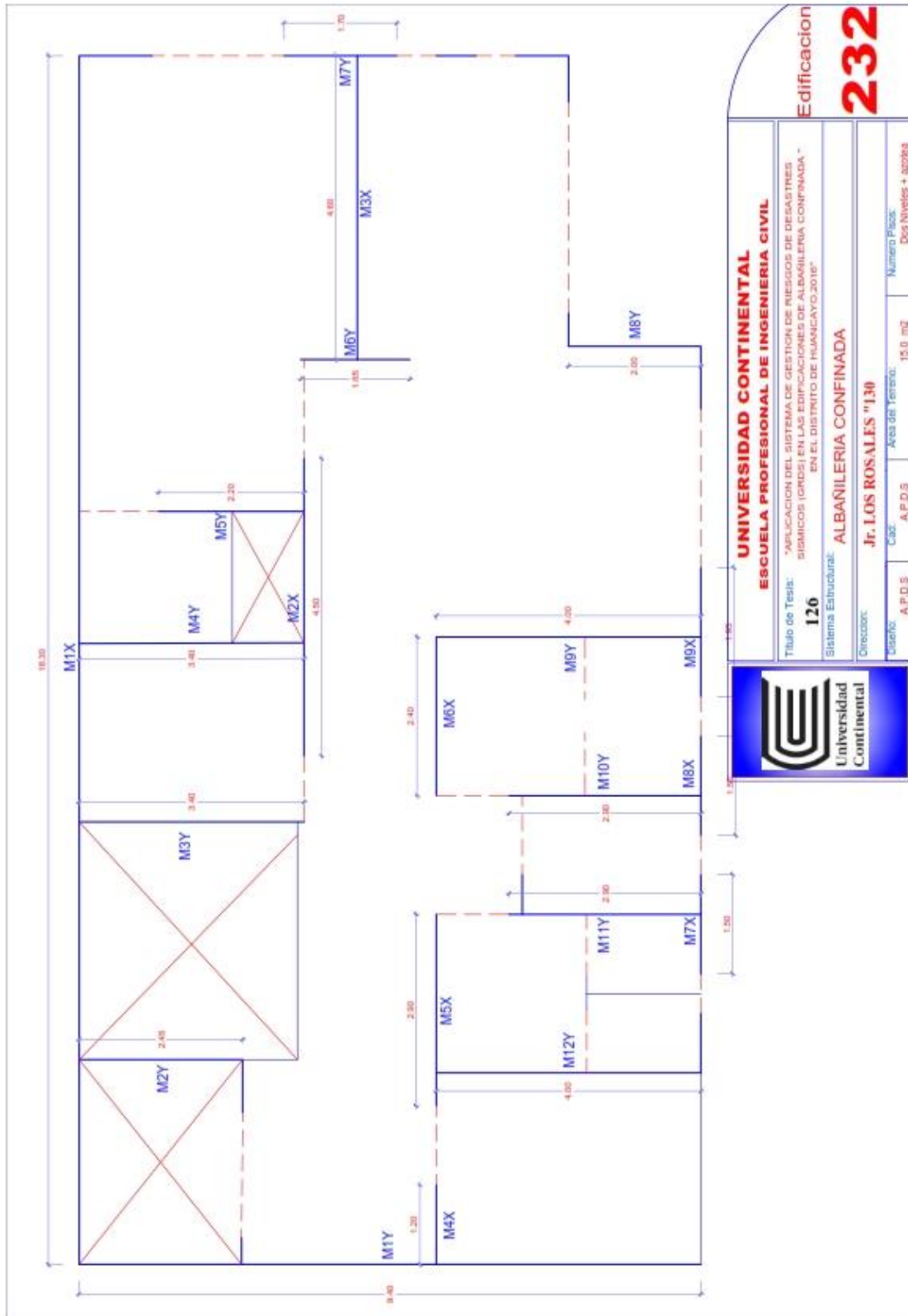
UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
Título de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016*			
Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA			
Direccion: URB LOS ROSALES Mz I Lt G			
Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 144.87m ²	Numero Pisos: Dos Niveles + azotea

Edificación
220

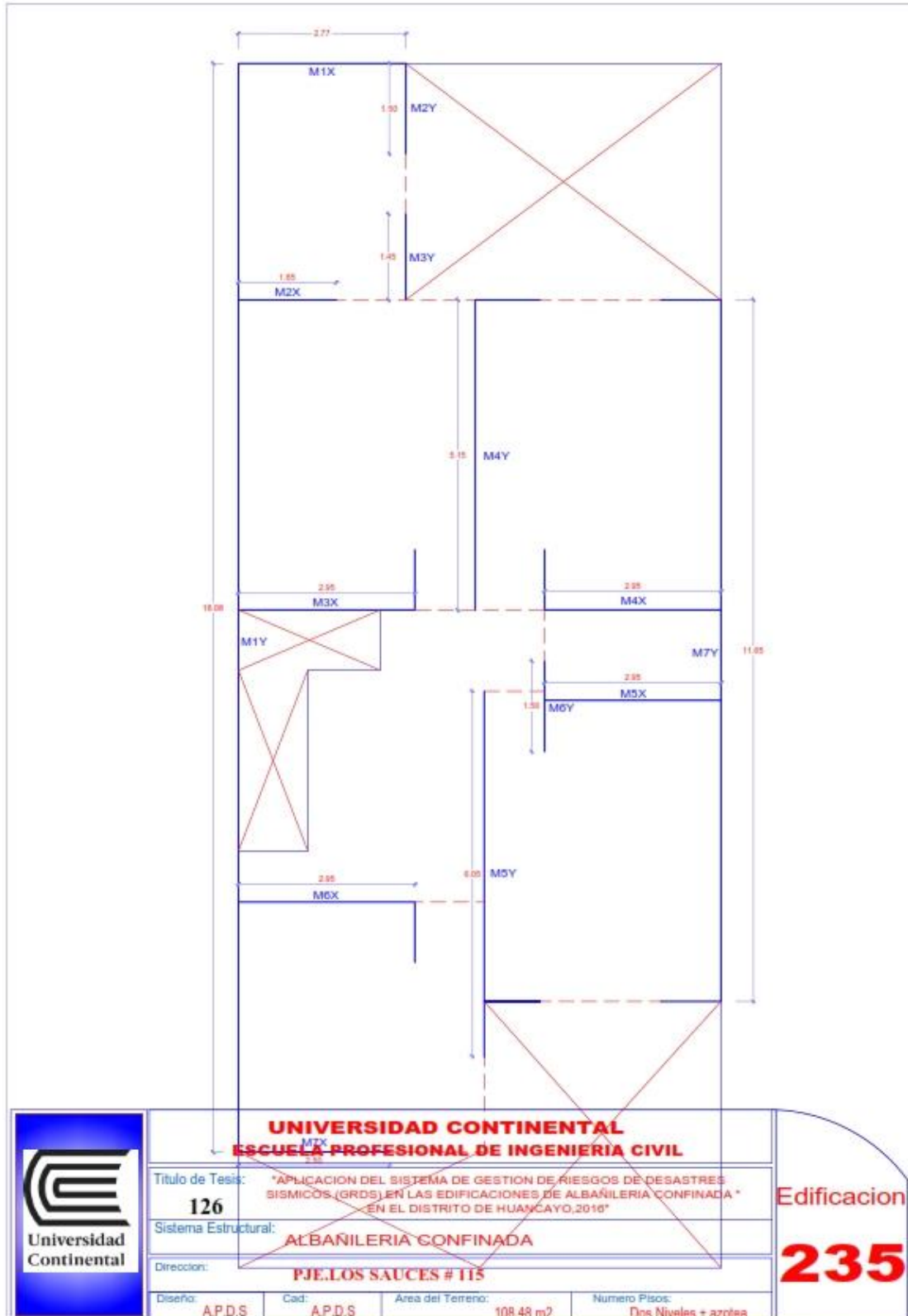
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



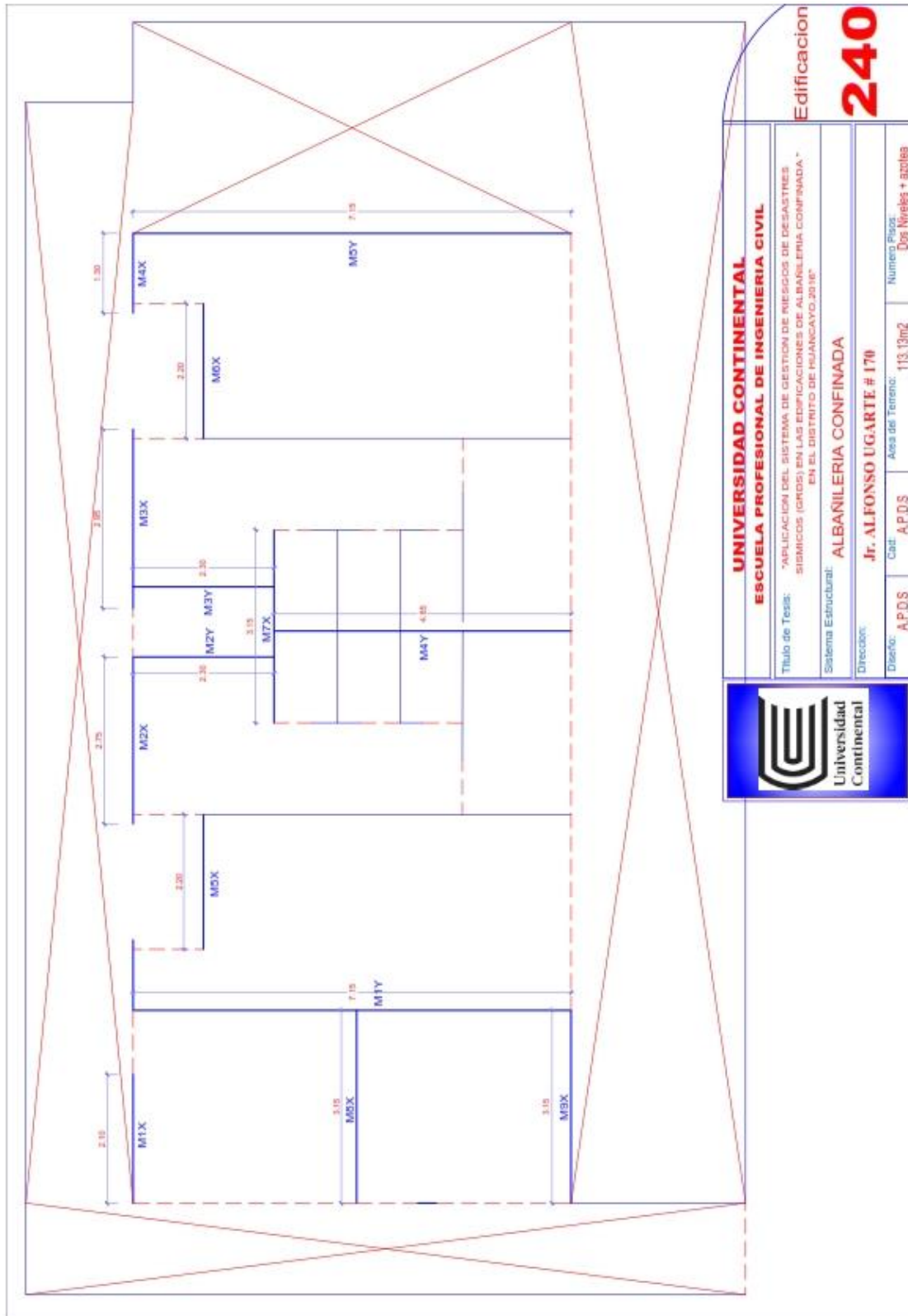
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

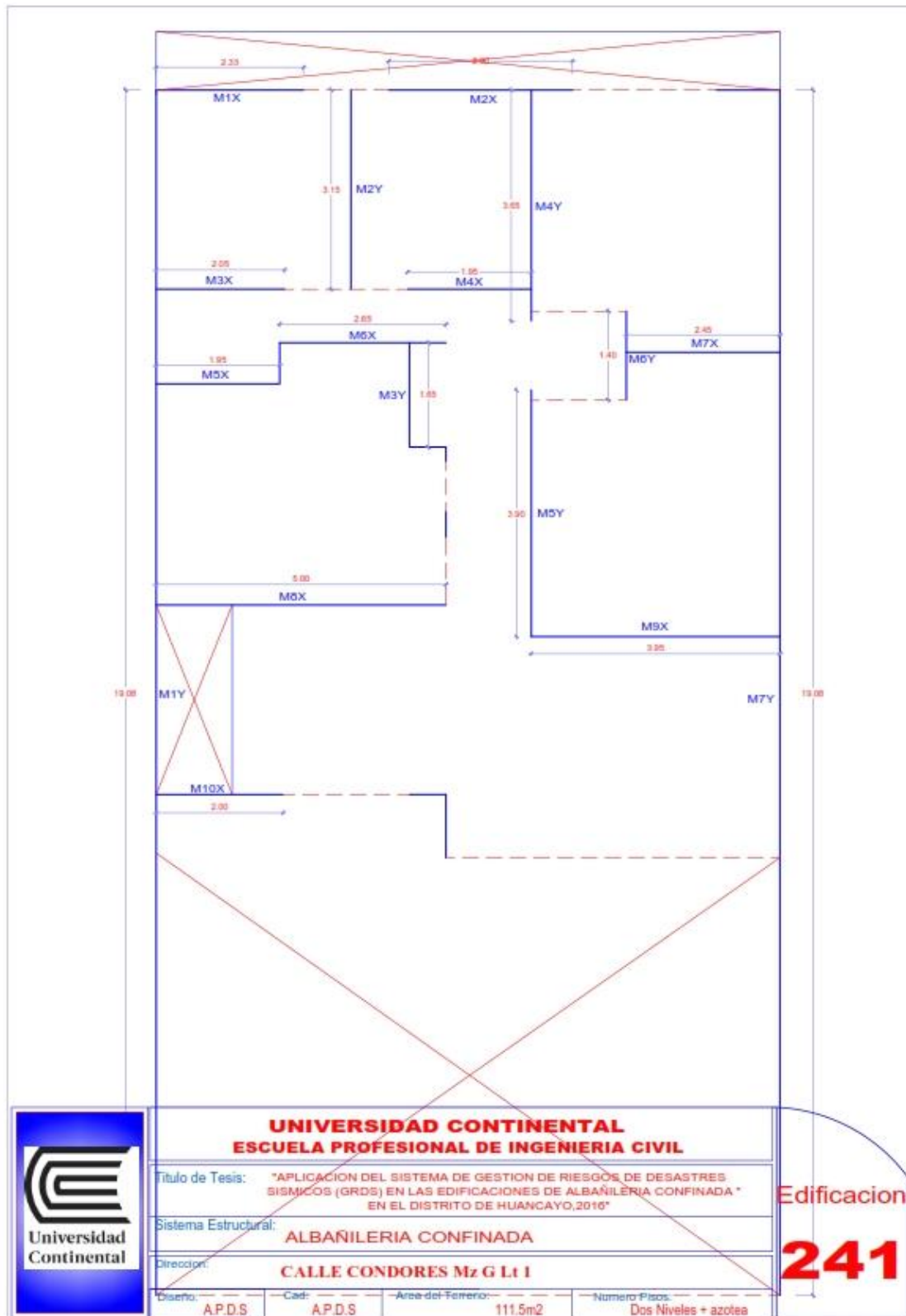


UNIVERSIDAD CONTINENTAL	
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
Título de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (CROSS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA" EN EL DISTRITO DE HUANCAYO 2016"	
Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA	
Directores: Jr. ALFONSO UGARTE # 170	
Diseño: A.P.D.S	Cálcul: A.P.D.S
Área del Terreno: 113.13m ²	Número de Etas: Dos niveles + azotea

Edificación
240

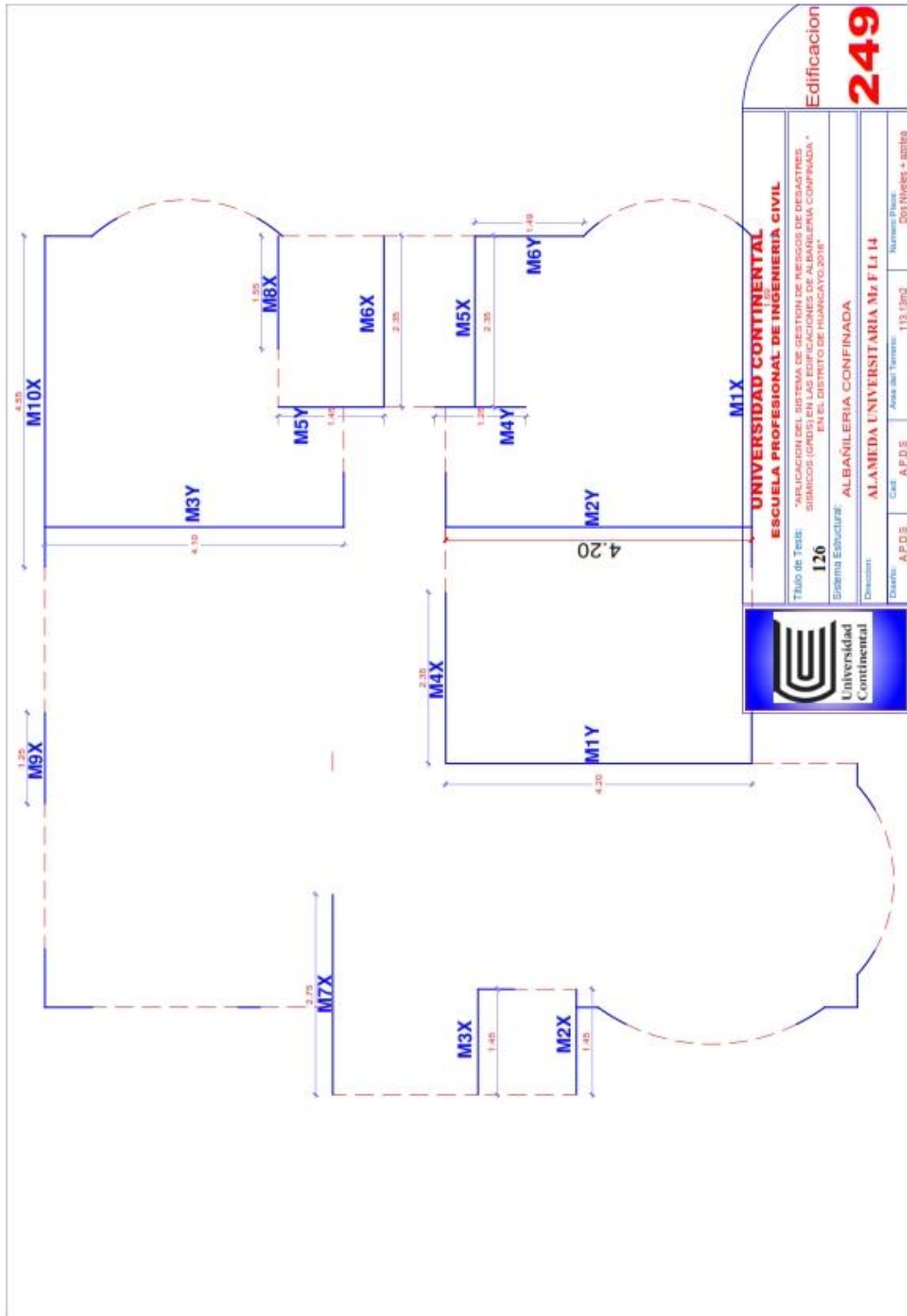


RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



Edificacion
241

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



UNIVERSIDAD CONTINENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Título de Tesis: "ANÁLISIS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES SÍSMICOS (ORDEN) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2019"

126

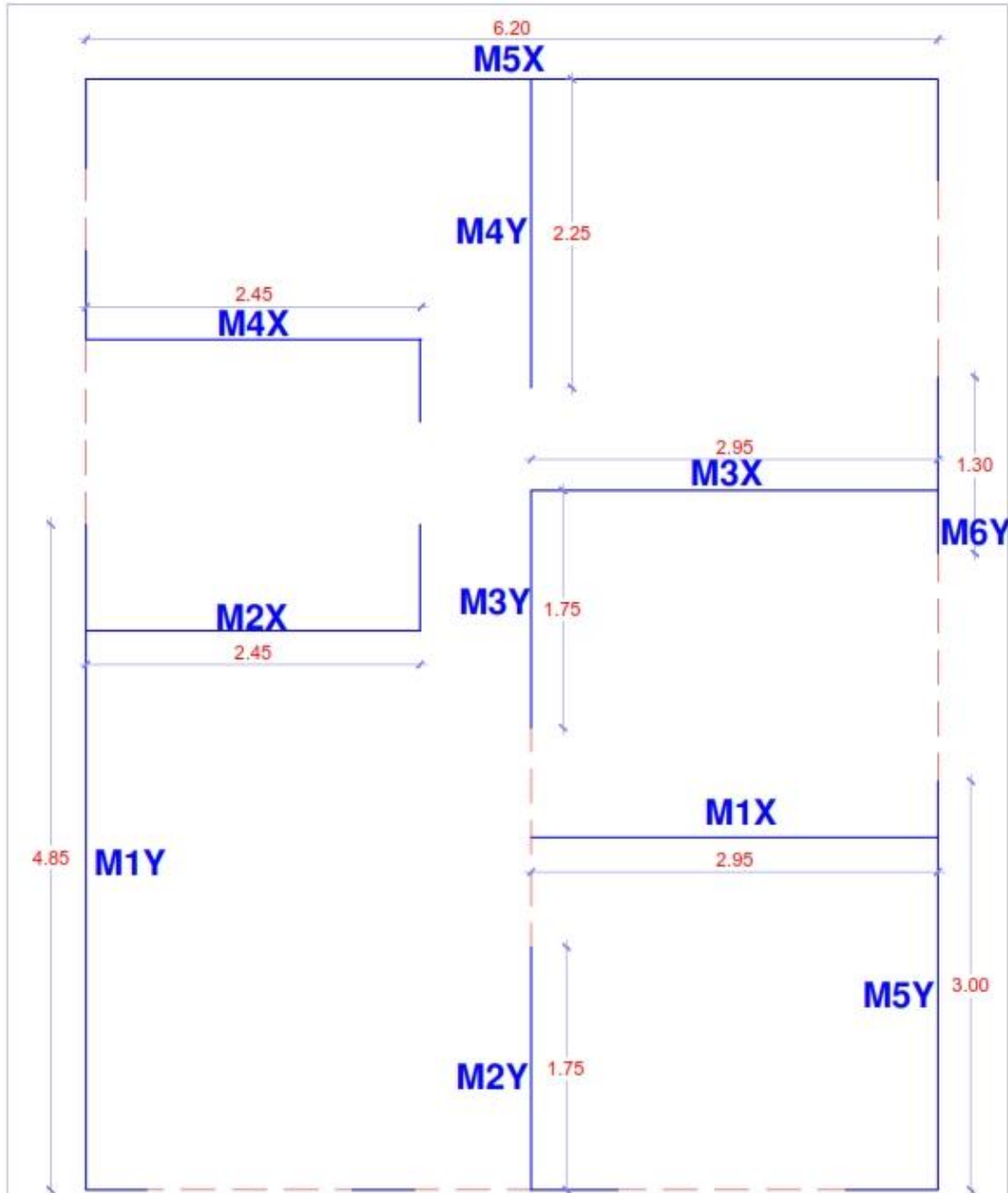
Sistema Estructural: ALBAÑILERÍA CONFINADA

Director: ALAMEDA UNIVERSITARIA Mz F L1 14

Dato: APDS Cat APDS Área del Terreno: 119.19m² Número Plan: Cortincher + Botica

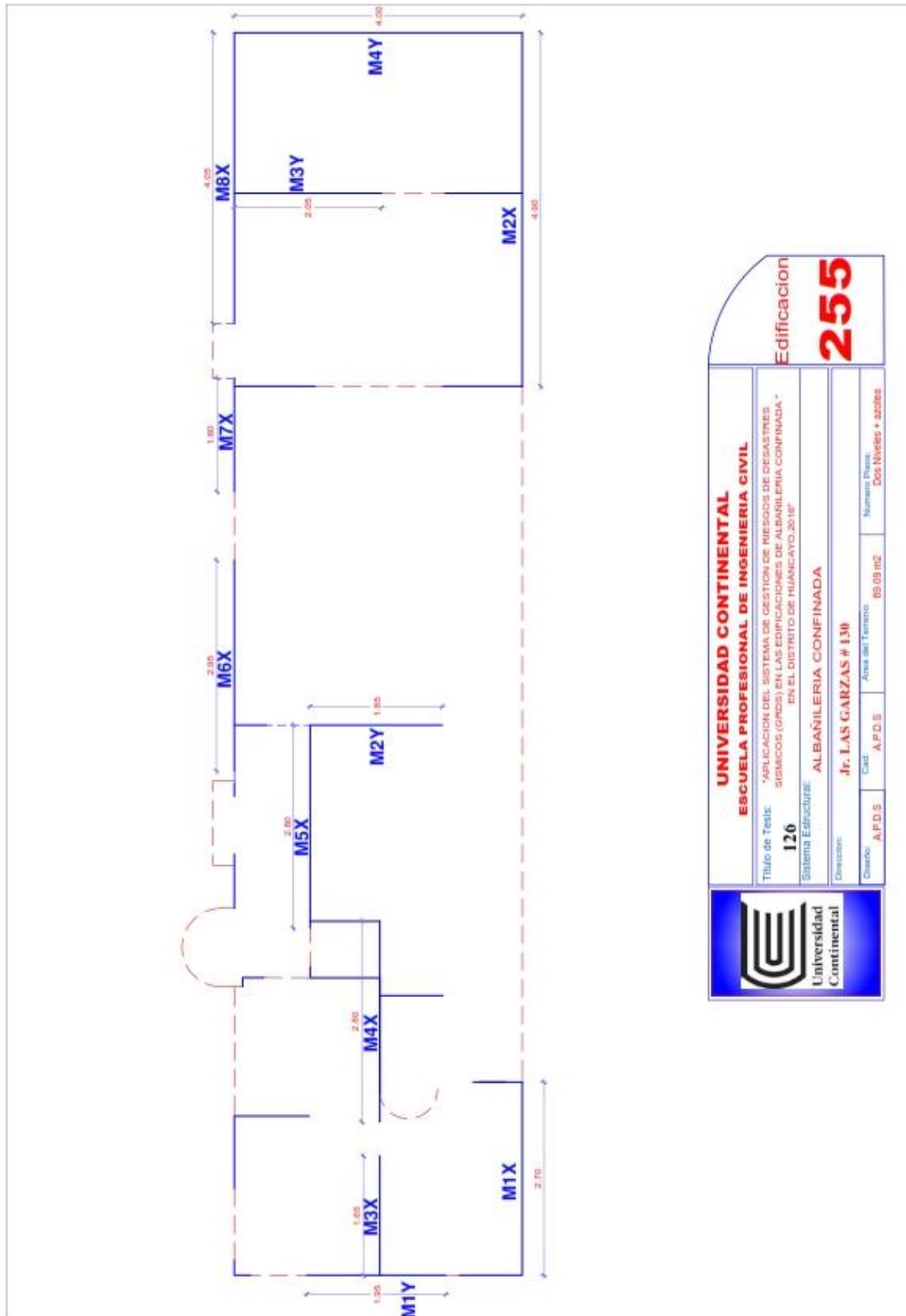
Edificación 249

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



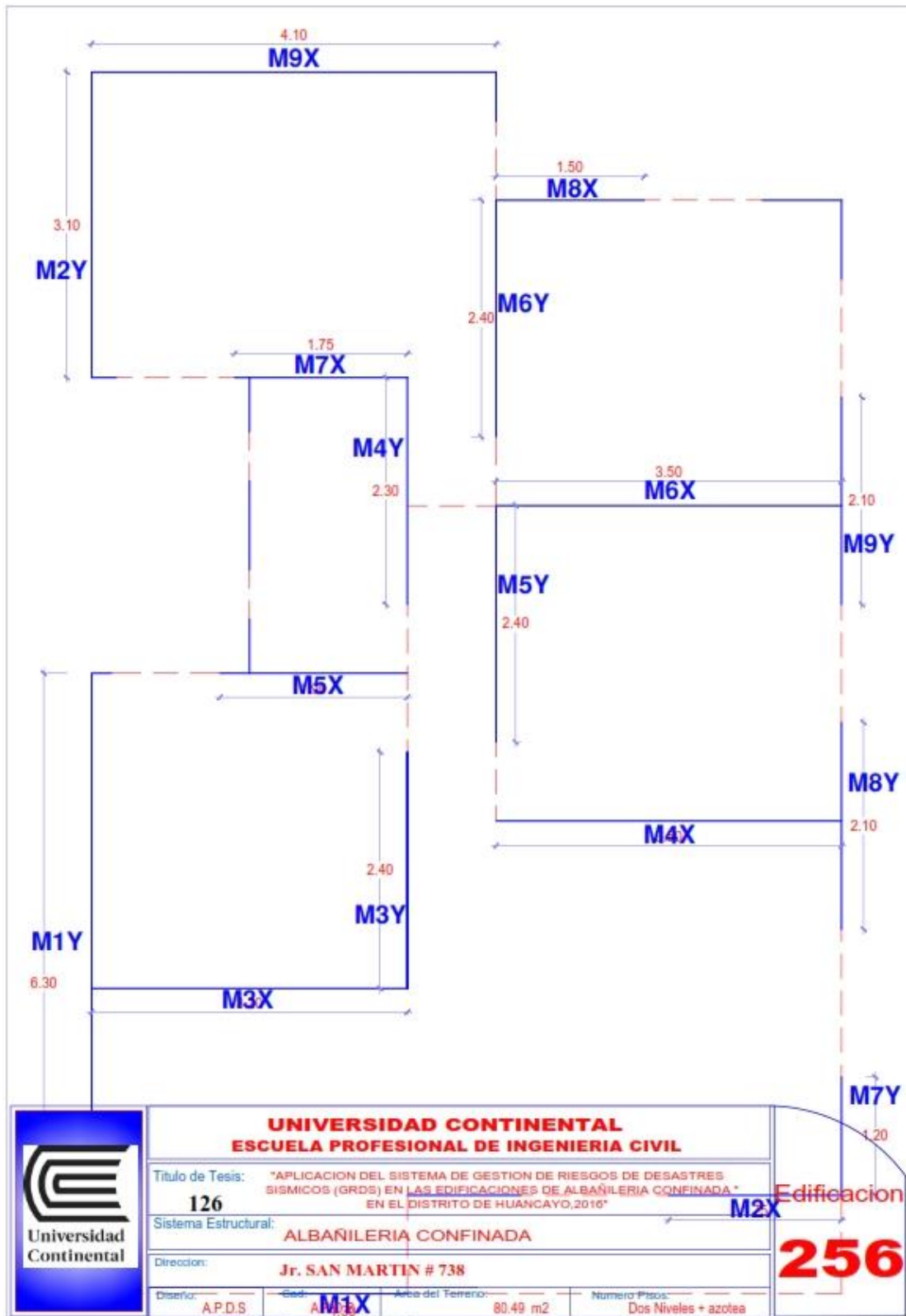
	UNIVERSIDAD CONTINENTAL			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
	Titulo de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA" EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"			
	126			
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA			
Direccion: CALLE D Mz E Lt 6				
Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 50.22 m2	Numero Pisos: Dos Niveles + azotea	
			Edificacion 252	

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

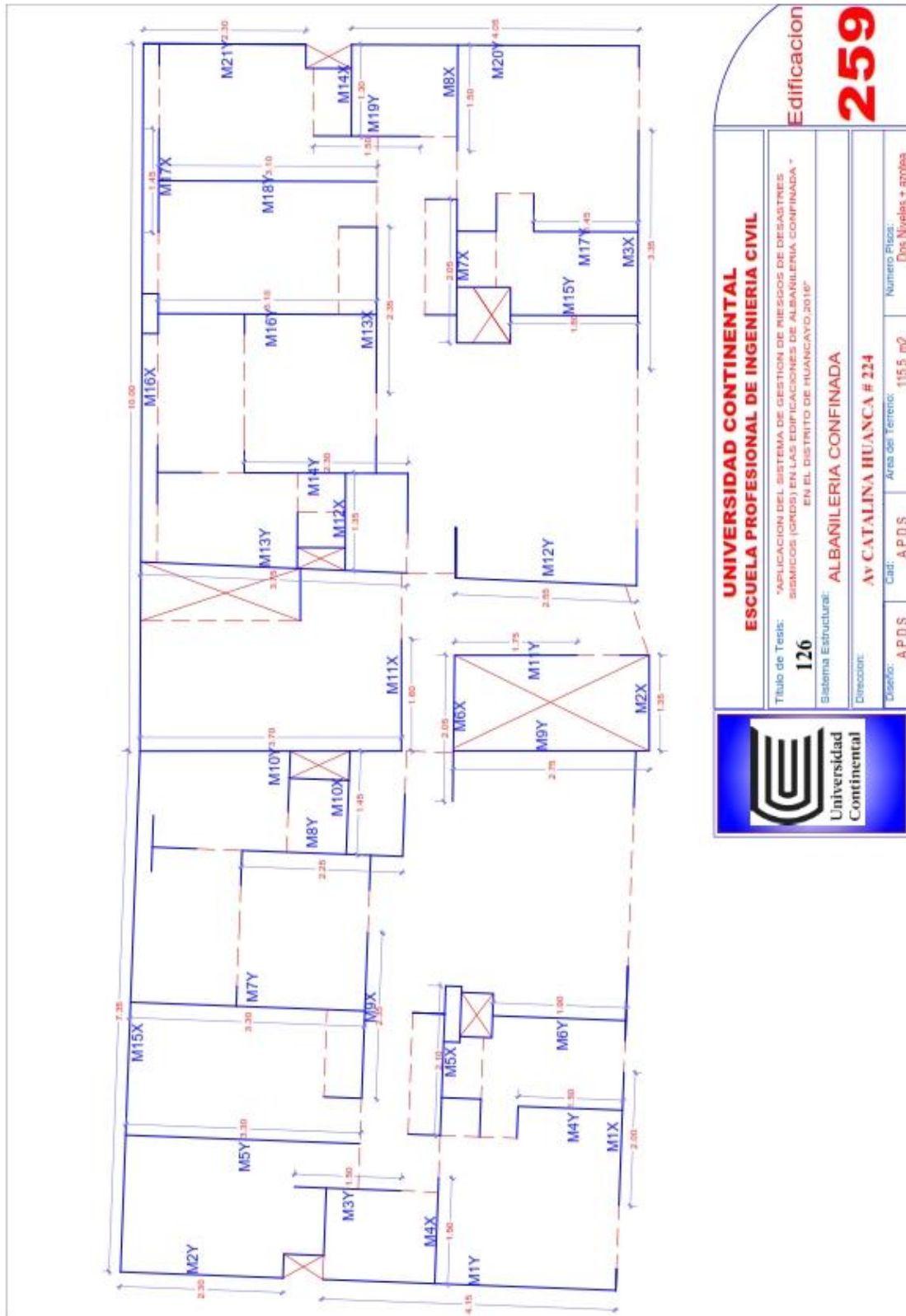


 Universidad Continental		UNIVERSIDAD PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		Edificación 255	
Título de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (OPDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBANILERIA CONFINADA* EN EL DISTRITO DE HUANCAYO 2018*					
126					
Sistema Estructural: ALBANILERIA CONFINADA					
Dirección: Jr. LAS GARZAS # 130					
Distrito: A.P.D.S	Ciudad: A.P.D.S	Área del Terreno: 09.09 m ²	Número Plots: Dos (Nivel + 300ms)		

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO





Universidad
Continental

UNIVERSIDAD CONTINENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Título de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES
SEISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBANILERIA CONFINADA"
126
EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"

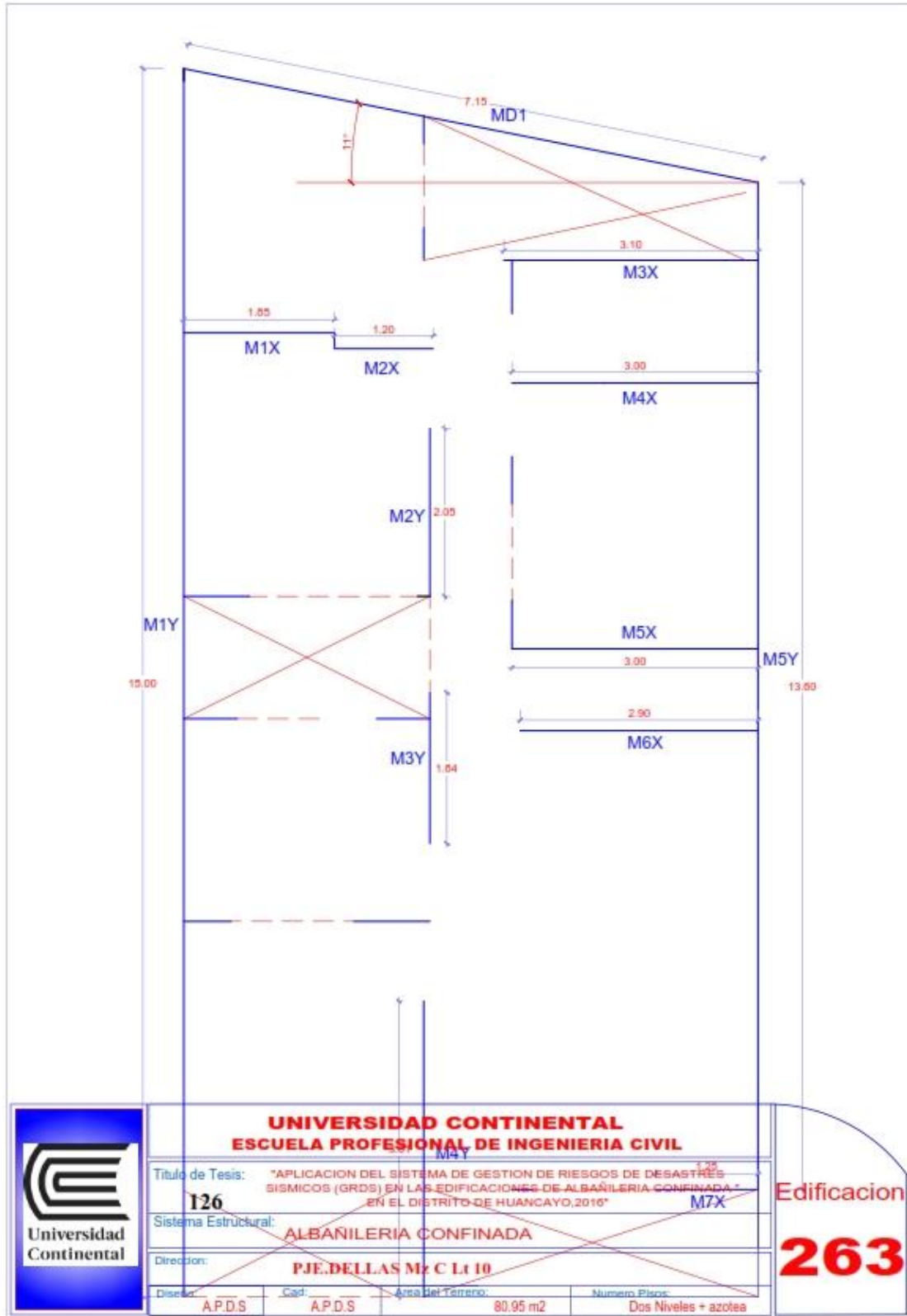
Sistema Estructural: **ALBANILERIA CONFINADA**
Dirección: **AV CATALINA HUANCA # 224**

Escuela: **AP.D.S** Carr: **AP.D.S** Área del Terreno: **115,5 m²** Numero Fijos: **Dos Niveles + azoteas**

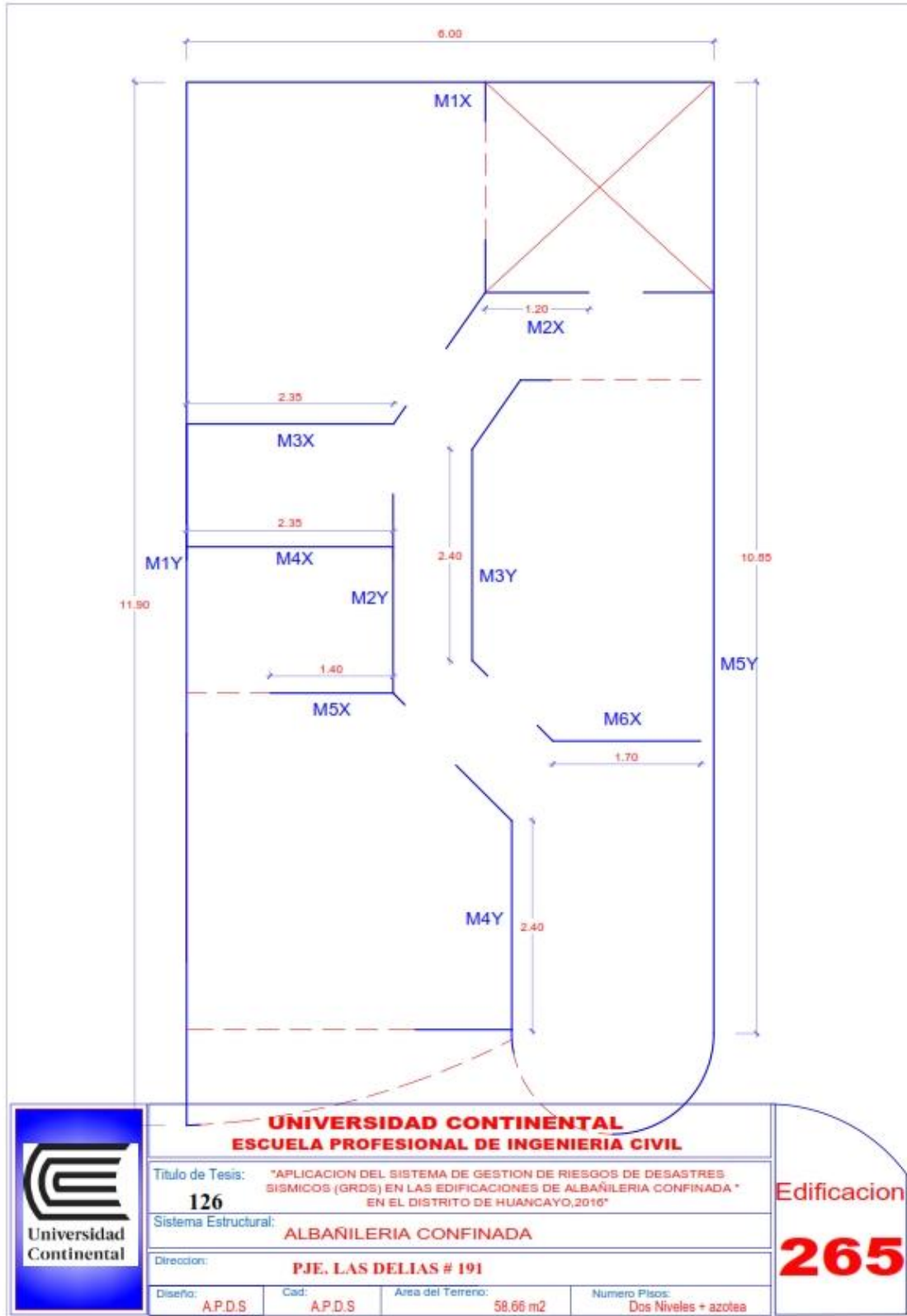
Edificación

259

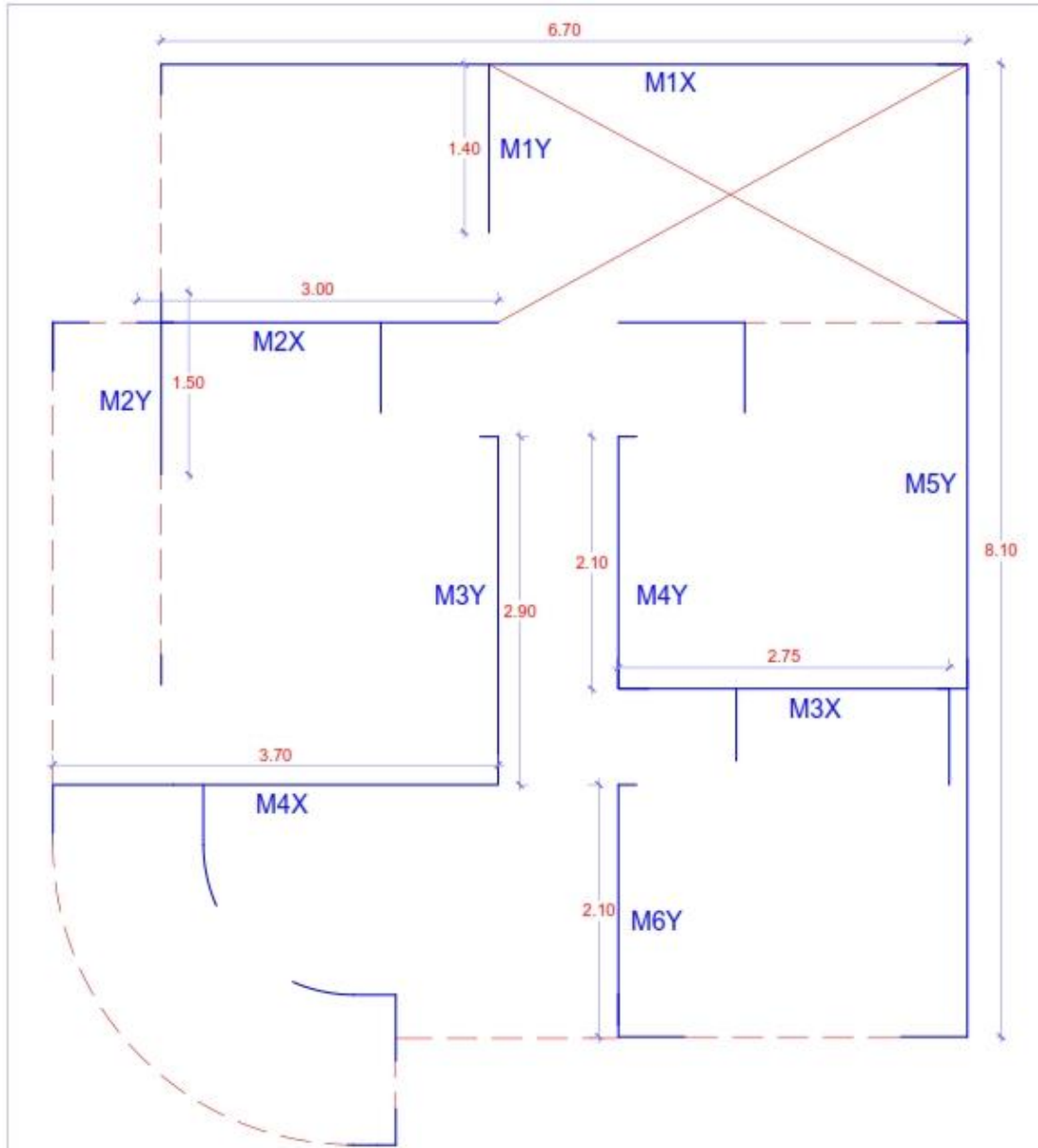
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

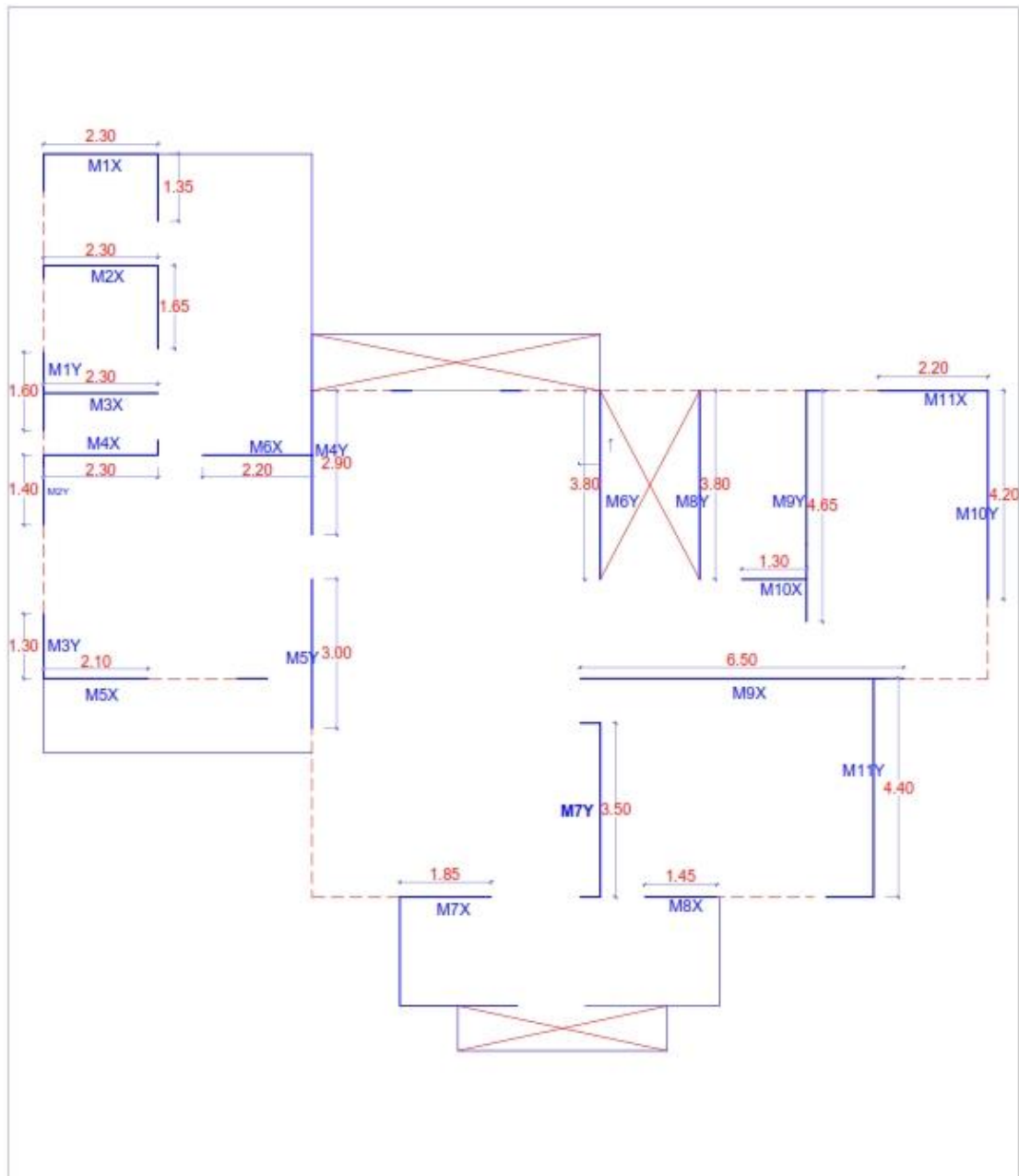


RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



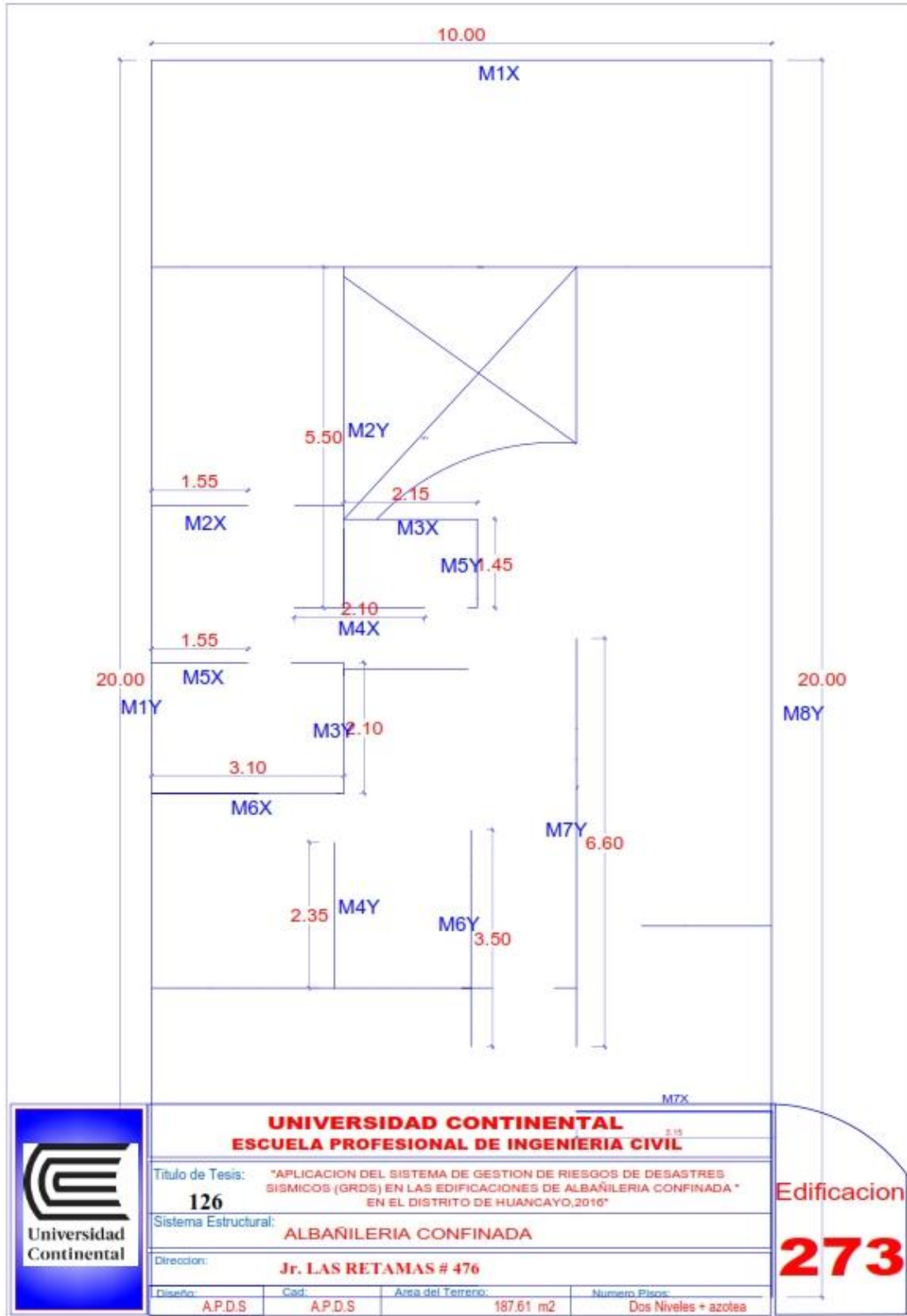
	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 268
	Título de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2016"				
	126				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Dirección: PJE. LOS TREBOLS # 100				
Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Área del Terreno: 44.24 m²	Número Pisos: Dos Niveles + azotea		

RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

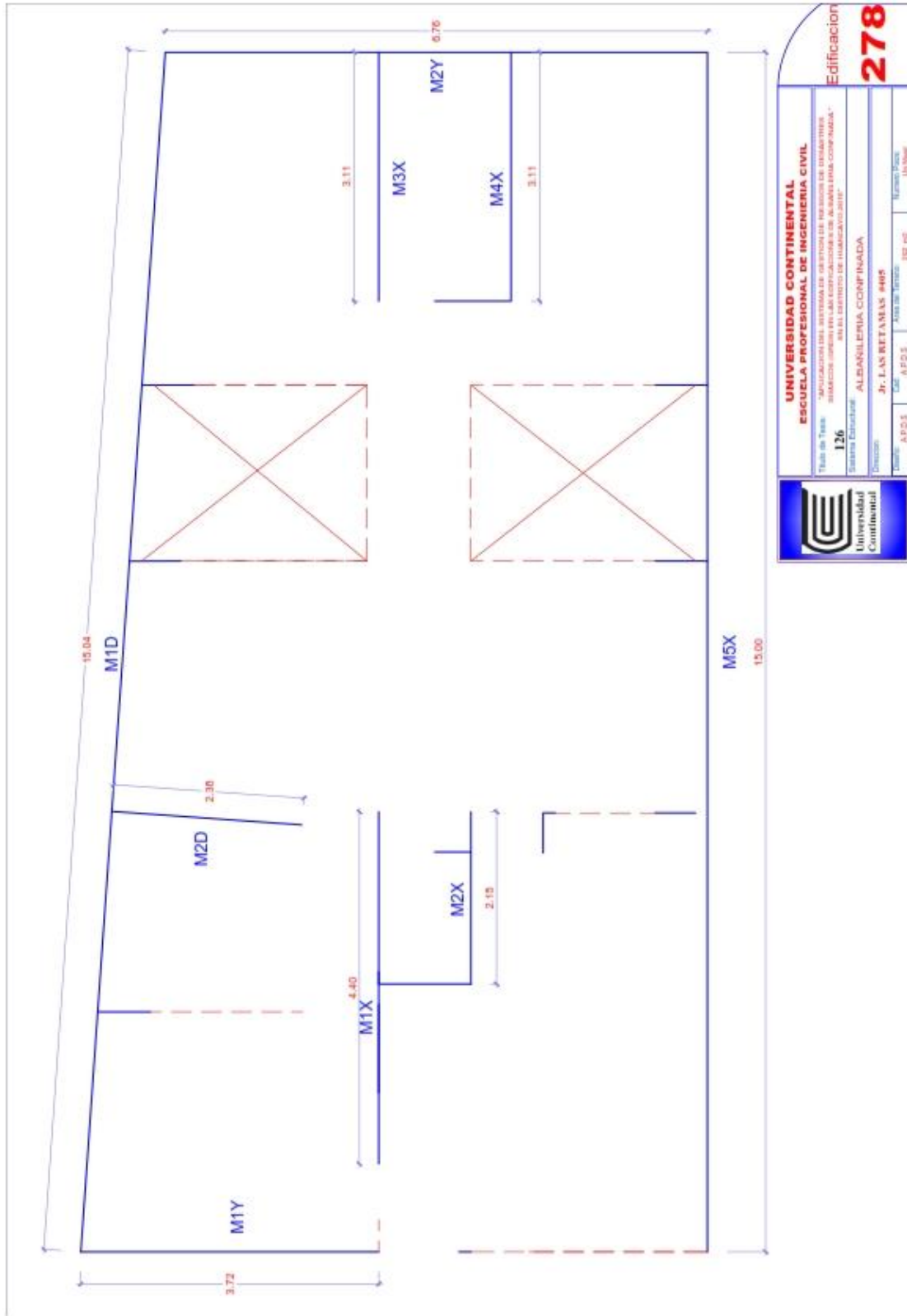


 Universidad Continental	UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL				Edificacion 272
	Titulo de Tesis: *APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA * EN EL DISTRITO DE HUANCAYO,2016*				
	126				
	Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA				
	Direccion: Jr. LAS RETAMAS # 484				
Diseño: AP.D.S	Cad: AP.D.S	Area del Terreno: 200.32 m2	Numero Pisos: Dos Niveles + azotea		

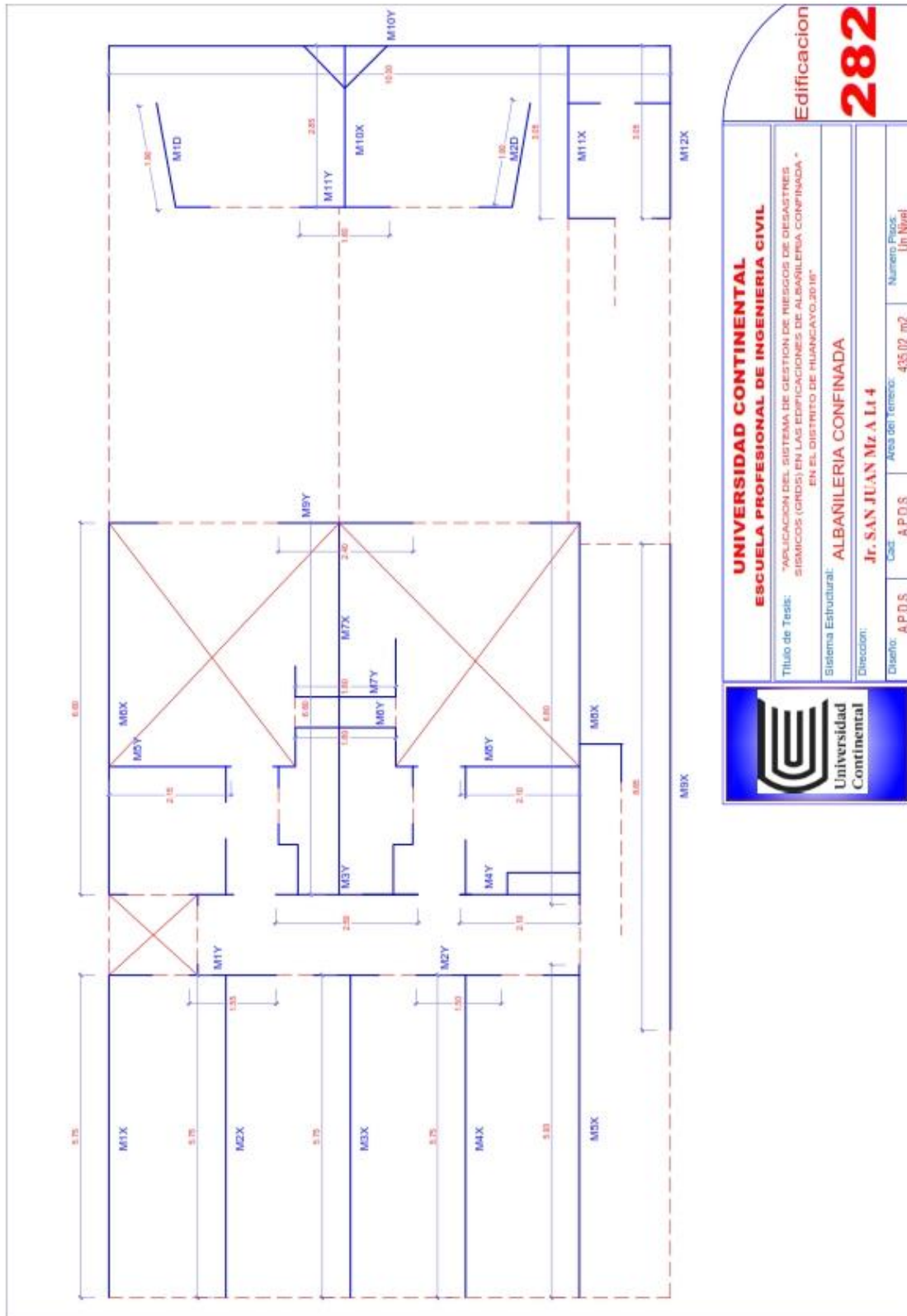
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

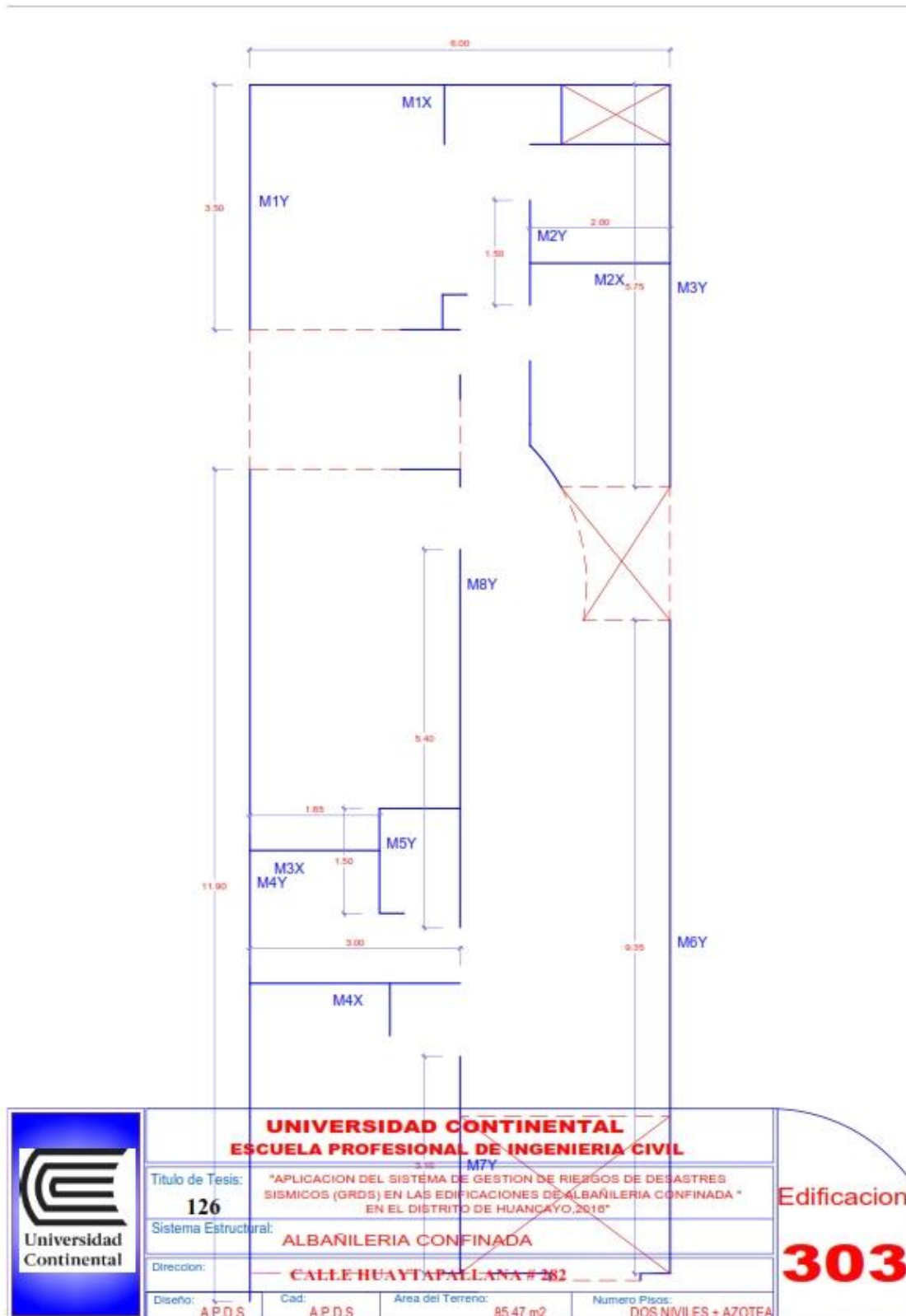


RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO

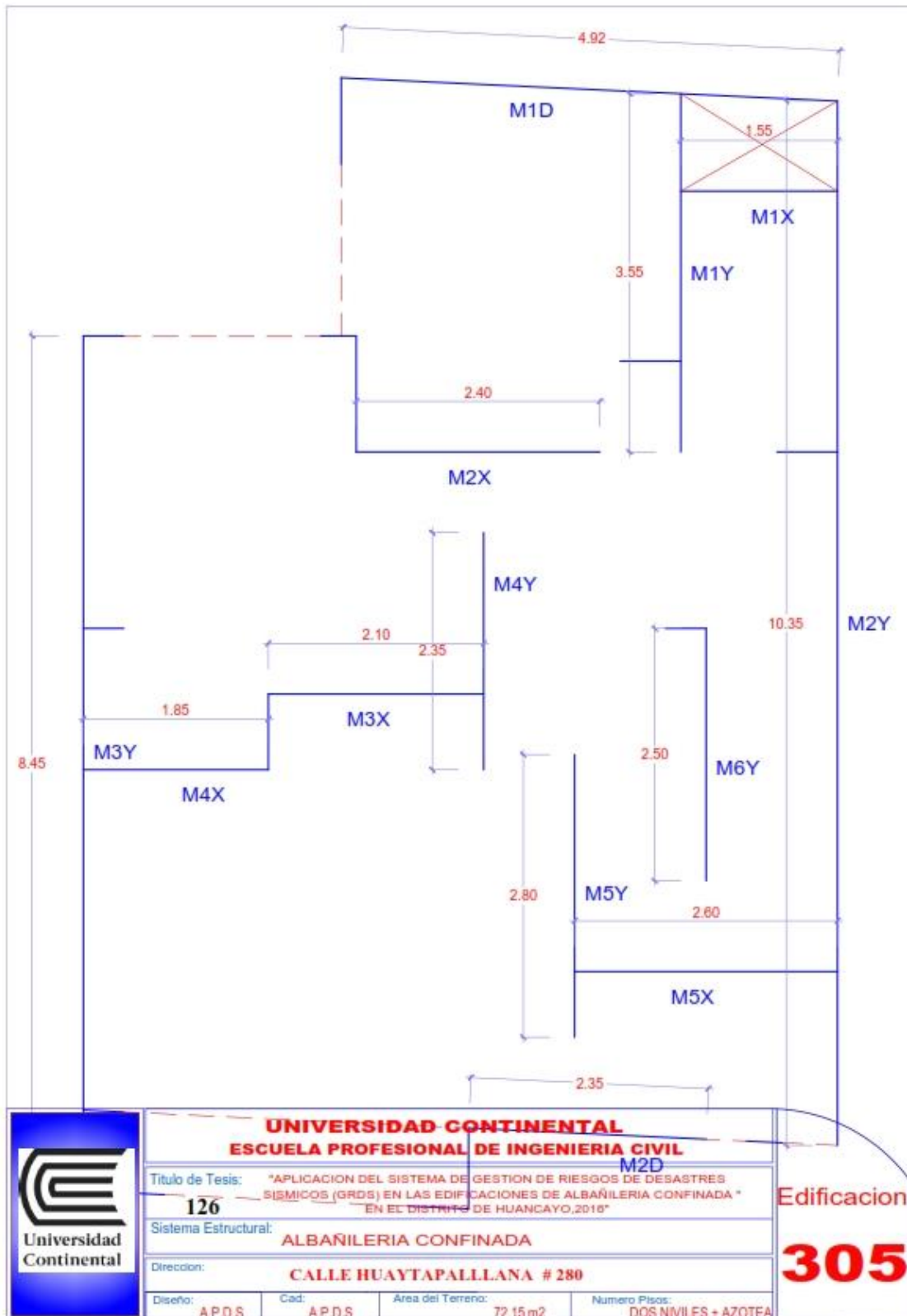


		UNIVERSIDAD CONTINENTAL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
Título de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA EN EL DISTRITO DE HUANCAYO, 2018"		Edificación 282	
Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA		Área del terreno: 435.02 m ²	
Dirección: Jr. SAN JUAN MZA LI 4		Número Etapas: Un Nivel	
Diseño: A.P.D.S.	Cost: A.P.D.S.	Área del terreno: 435.02 m ²	Número Etapas: Un Nivel

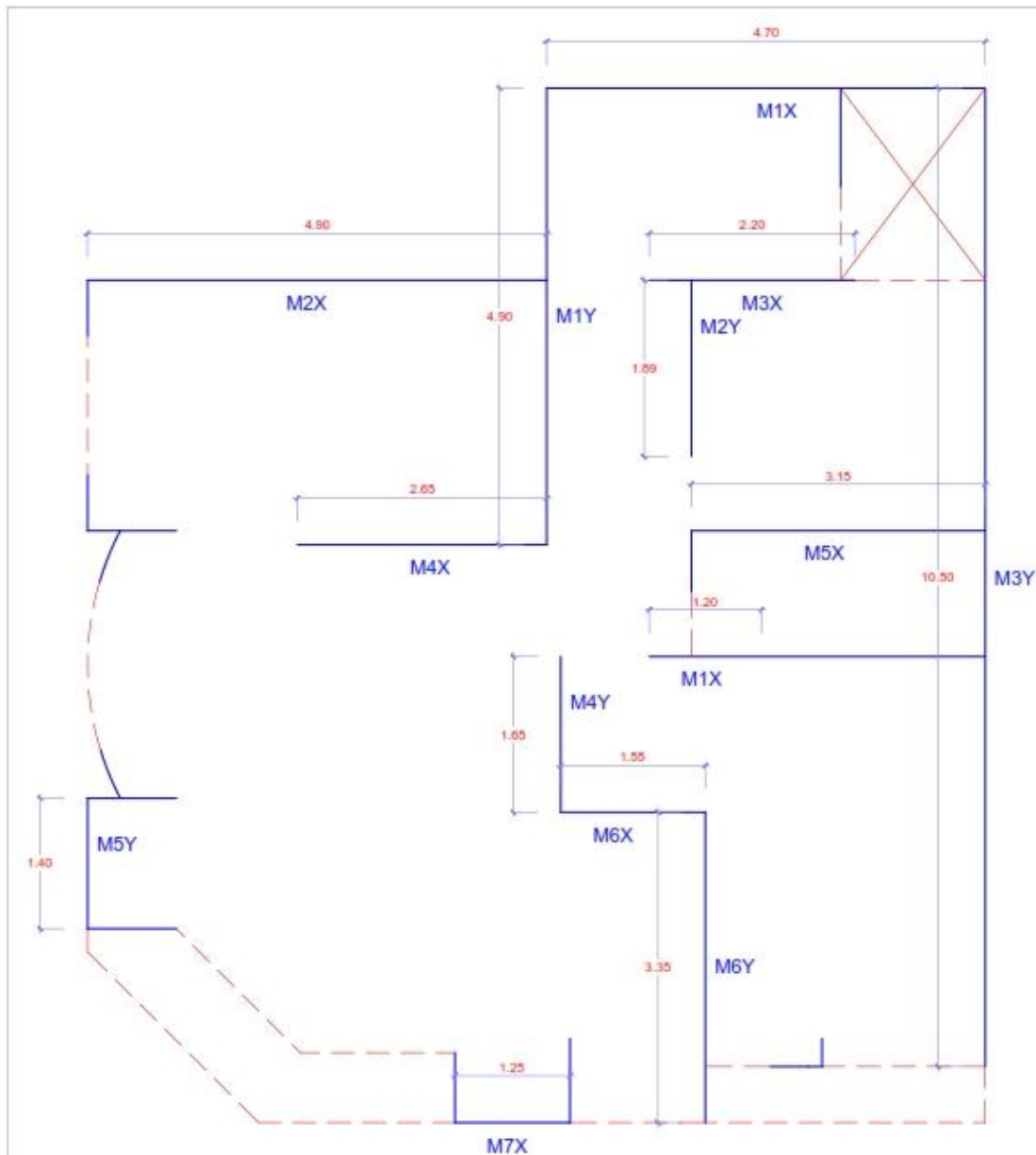
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



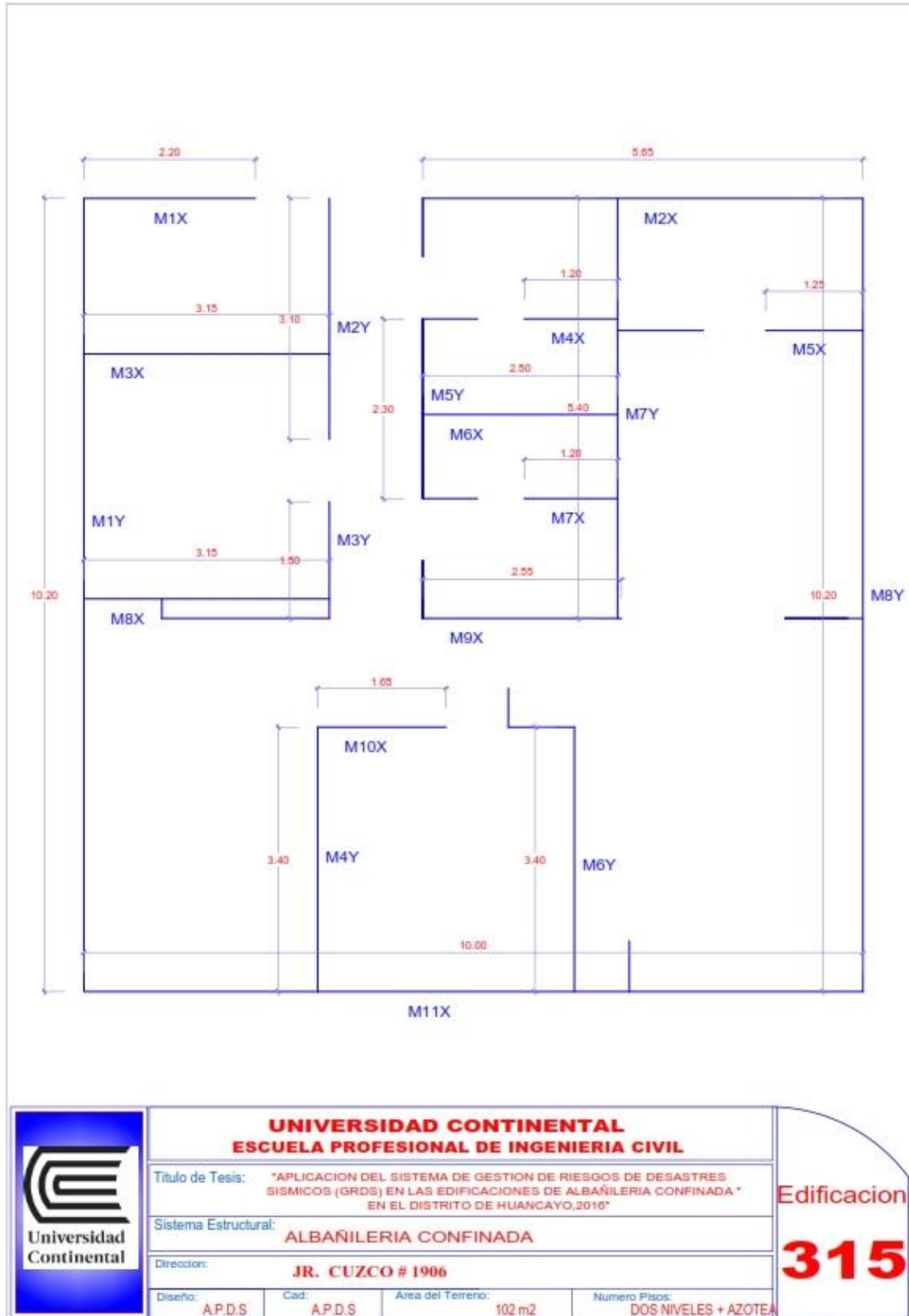
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



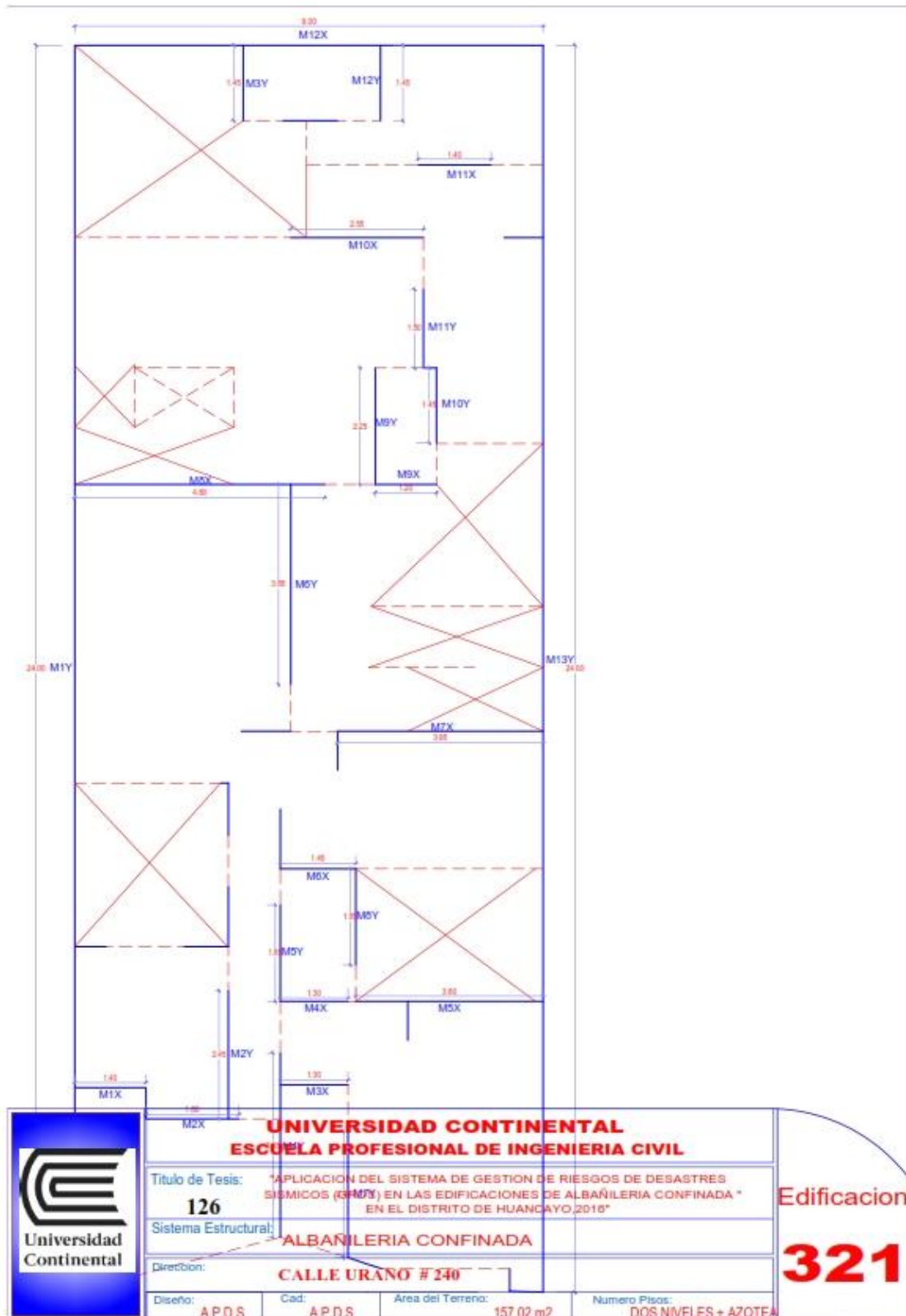
UNIVERSIDAD CONTINENTAL			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
Título de Tesis: "APLICACION DEL SISTEMA DE GESTION DE RIESGOS DE DESASTRES SISMICOS (GRDS) EN LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERIA CONFINADA " EN EL DISTRITO DE HUANCAYO,2016"			
Sistema Estructural: ALBAÑILERIA CONFINADA			
Dirección: AV. CORONEL SANTIVAÑEZ # 1485			
Diseño:	Cad:	Área del Terreno:	Número Pisos:
AP.D.S	AP.D.S	86.04 m ²	UN NIVILE + AZOTEA

Edificación
307

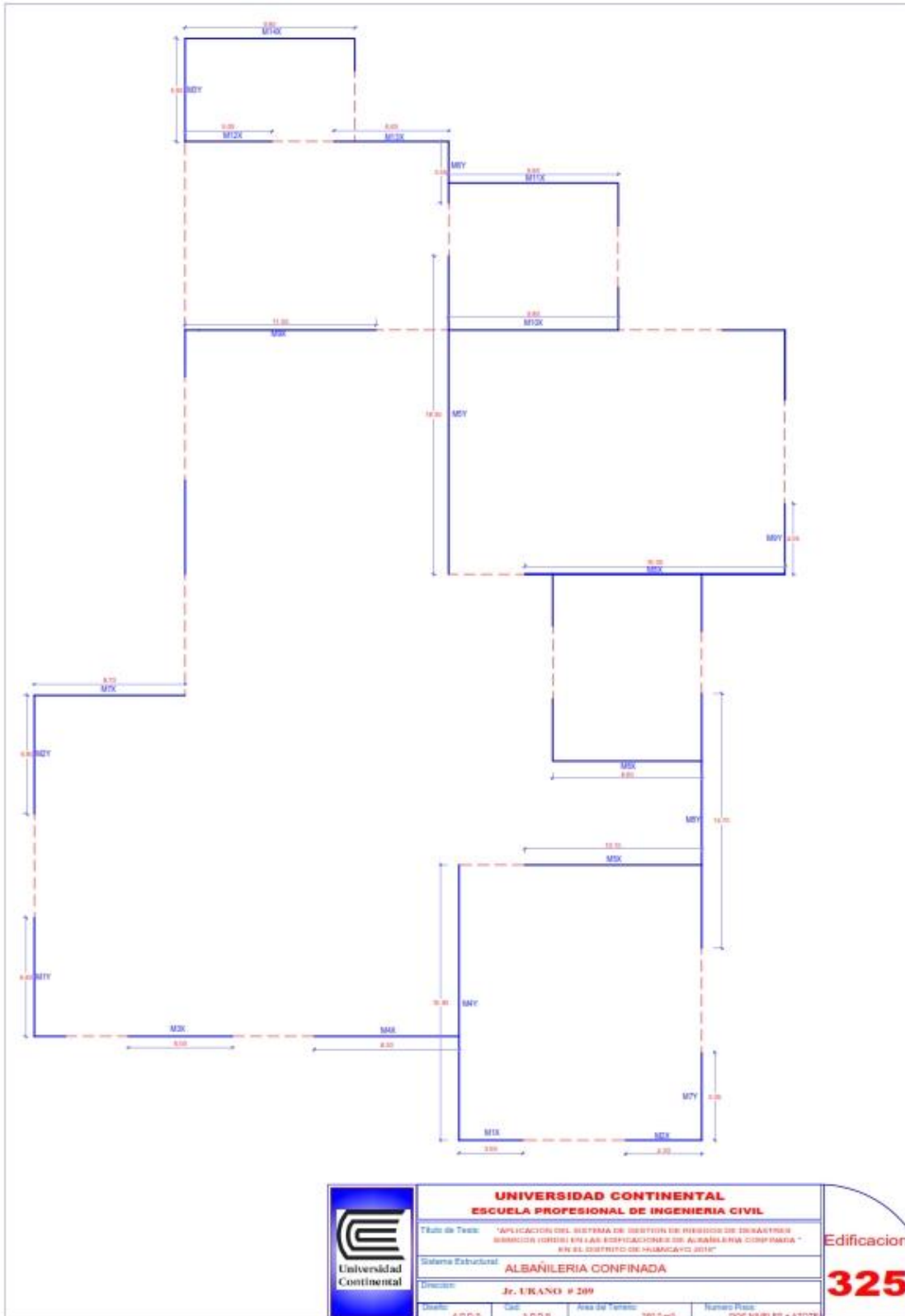
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



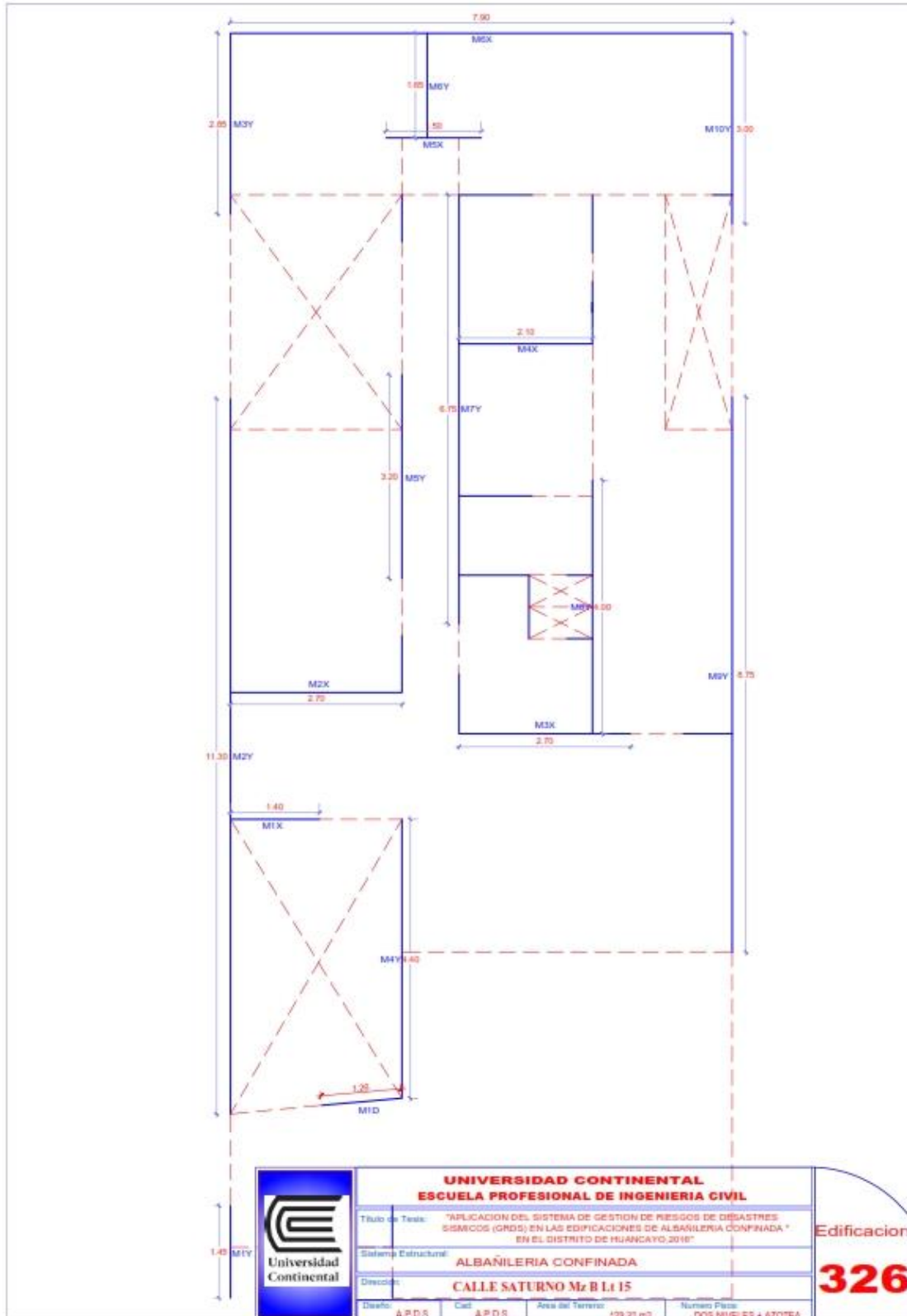
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



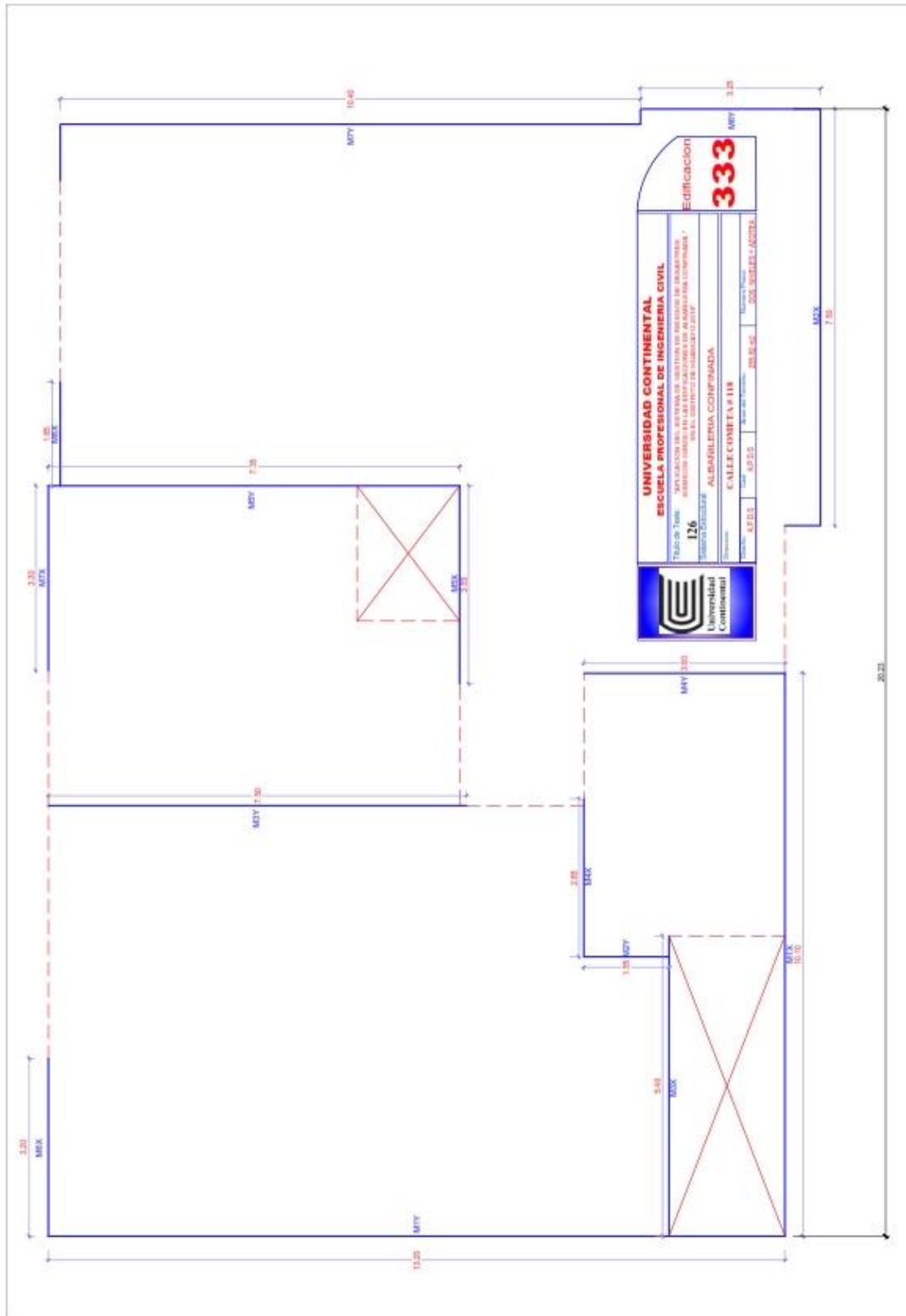
RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



RESULTADOS DE EDIFICACIONES DE SISTEMA ESTRUCTURAL MIXTO Y APORTICADO



ANEXO 3
CARTILLA DE PREVENCIÓN