

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Arquitectura, Ingeniería Civil y del**  
**Ambiente**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**ANÁLISIS, DISEÑO Y PLAN DE PRODUCCIÓN DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR  
DE 06 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA BIM, EN  
EL DISTRITO DEL CERCADO - AREQUIPA**

Tesis presentada por la Bachiller:

**Bustamante Pérez, Julio César**

para optar el Título Profesional  
de:

**Ingeniero Civil**

Asesor:

**Ing. Guillén Málaga, Milagros  
Socorro**

**Arequipa- Perú**

**2022**

## DICTAMEN APROBATORIO

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

**INGENIERIA CIVIL**

**TITULACIÓN CON TESIS**

**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 08 de Noviembre del 2021

**Dictamen: 001644-C-EPIC-2021**

Visto el borrador del expediente 001644, presentado por:

**2013601461 - BUSTAMANTE PEREZ JULIO CESAR**

Titulado:

**ANÁLISIS, DISEÑO Y PLAN DE PRODUCCIÓN DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 06 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA BIM, EN EL DISTRITO DEL CERCADO - AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**1732 - CHAVEZ VEGA OSCAR FELIX  
DICTAMINADOR**



**2766 - ROSAS ESPINOZA JORGE  
DICTAMINADOR**



**2778 - UGARTE CALDERON ENRIQUE ALFONSO  
DICTAMINADOR**





## DEDICATORIA

*En primer lugar, a Dios Todopoderoso, porque todo esfuerzo es por y para Él, honrando su mensaje y dedicándole cada uno de mis logros.*

*A mis padres, Julio y Ada, ya que, sin su apoyo incondicional, esto no habría sido posible.*

*A mis hermanas Natalia y Gabriela, por haber estado en cada una de las situaciones que las necesité.*

*A mis amigos por motivarme a cumplir mis metas.*

## RESUMEN

El siguiente proyecto consiste en desarrollar el modelamiento, análisis y diseño estructural de un edificio de 06 niveles y 01 semisótano aprovechando las ventajas de la metodología BIM en el distrito de Cercado de Arequipa.

El área de la edificación se extiende sobre 235.00 m<sup>2</sup>, el sistema estructural adoptado es, en el sentido paralelo a la calle, aporticado; en el sentido perpendicular es de muros estructurales.

La capacidad portante del suelo sobre el que se edificará es de: 2.48 kg/cm<sup>2</sup>.

Los cálculos realizados tanto para el análisis como diseño estructural se realizaron siguiendo las normas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones: Para el análisis estructural se usó lo establecido en la norma E030 (Diseño sismorresistente), para la asignación de cargas se utilizó la norma E20 (Cargas), para el diseño de los elementos se siguieron los criterios de la norma E060 (Concreto armado) y para el diseño de cimentaciones, la norma E050 (Suelos y cimentaciones).

El modelamiento se realizó en Autodesk Revit, para el análisis se procedió a exportar el modelo analítico desde Revit hacia un programa de análisis estructural (en este caso ETABS 2016) para evitar el retrabajo de dibujar nuevamente los elementos, con el fin de obtener momentos y cortantes para diseñar.

El tema fundamental de esta tesis es demostrar las ventajas de una nueva metodología para la ingeniería y construcción como lo es BIM (Building Information Modelling). Con esta metodología, se pueden obtener reportes que en programas convencionales no; permite tener metrados de concreto, acero, encofrado, etc.

Para la programación del proyecto se usaron también herramientas BIM, en este caso Autodesk Navisworks, que permitió tener una simulación 4D del proyecto.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño, BIM, sistema aporticado, muros, cálculos, normas, análisis, modelo, retrabajo, tema, metodología, programas, metrados, programación.

## ABSTRACT

The next project is to develop the modeling, analysis and structural design of a building of 06 levels and 01 semi-basement taking advantage of the BIM methodology in Arequipa's Cercado.

The area of the building extends over 235.00 m<sup>2</sup>, the structural system adopted is, in the parallel direction to the street, provided; perpendicularly it is structural walls.

The carrying capacity of the soil on which it will be built is: 2.48 kg/cm<sup>2</sup>.

Computation for both structural analysis and design were carried out in accordance with the standards set out in the National Building Regulations: For structural analysis the E030 (Ssyrresistant Design) standard was used, E20 (Loads) was used for the allocation of loads, the E060 (Armed Concrete) criteria were followed for the design of the elements and for the design of foundations, E050 (Soils and Foundations).

The modeling was performed in Autodesk Revit, for analysis the analytical model was exported from Revit to a structural analysis program (in this case ETABS 2016) to avoid the rework of drawing the elements again, in order to obtain moments and cutters to design.

The fundamental theme of this thesis is to show the advantages of a new methodology for engineering and construction such as BIM (Building Information Modelling). With this methodology, you can obtain reports that in conventional programs do not; allows you to have measurements of concrete, steel, formwork, etc.

BIM tools were also used for the programming of the project in question, in this case Autodesk Navisworks, which allowed to have a 4D simulation of the project, linked to a schedule to have a constructive sequence, and to be able to visualize how the project would be built.

**KEYWORDS:** Design, BIM, contributed system, walls, calculations, standards, analysis, model, rework, theme, methodology, programs, parameters, programming.

## ÍNDICE

<b>DICTAMEN APROBATORIO .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.2 HIPÓTESIS.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL, ECONÓMICA, ACADÉMICA, AMBIENTAL .....	2
1.2.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	2
1.2.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA .....	2
1.2.3 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA .....	3
1.2.4 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL.....	3
1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4

<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>5</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1 INGENIERÍA SISMO RESISTENTE .....	5
2.1.1 REPRESENTACIÓN DEL FENÓMENO SÍSMICO .....	5
2.1.2 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL SÍSMICO .....	6
2.1.3 CRITERIOS SÍSMICOS PARA UNA BUENA ESTRUCTURACIÓN DE EDIFICIOS .....	6
2.2 CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL.....	11
2.3 BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) .....	12
2.3.1 ETAPAS DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN CON BIM.....	12
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>24</b>
<b>3. GENERALIDADES.....</b>	<b>24</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN.....	24
3.2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS).....	25
3.2.1 CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO .....	25
3.2.2 COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL SUELO .....	25
3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	25
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>27</b>
<b>4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL A PARTIR DE UN MODELO BIM.....</b>	<b>27</b>
4.1 CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN UTILIZADOS .....	27
4.1.1 PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS .....	27
4.1.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS .....	30
4.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS.....	31
4.1.4 PREDIMENSIONAMIENTO DE MUROS .....	32
4.1.5 MODELO FÍSICO Y ANALÍTICO .....	33
4.2 PROCESO DE MODELADO CON REVIT .....	35

4.2.1	MATERIALES .....	38
4.2.2	COLUMNAS .....	40
4.2.3	MUROS .....	41
4.2.4	VIGAS .....	42
4.2.5	LOSAS .....	43
4.3	CONCEPTOS PREVIOS AL ANÁLISIS .....	46
4.3.1	CARGAS: .....	46
4.3.2	ANÁLISIS SÍSMICO .....	47
4.4	ESTRATEGIA DE TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN A ETABS .....	48
4.4.1	MATERIALES .....	52
4.4.2	PROPIEDADES DE SECCIÓN .....	55
4.5	PARÁMETROS Y COEFICIENTES ESTRUCTURALES .....	58
4.5.1	FACTOR DE ZONA (Z): .....	58
4.5.2	CONDICIONES GEOTÉCNICAS (S): .....	59
4.5.3	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C): .....	59
4.5.4	FACTOR DE CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES (U): .....	59
4.6	CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL: .....	59
4.6.1	ASIGNACIÓN DE FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA “R” .....	60
4.6.2	IRREGULARIDADES EN ALTURA .....	61
4.6.3	IRREGULARIDADES EN PLANTA .....	70
4.7	ANÁLISIS ESTÁTICO: .....	75
4.8	ANÁLISIS DINÁMICO: .....	78
4.8.1	MODOS Y PERIODOS RESULTANTES .....	83
4.8.2	DEFINICIÓN DE MODELO SÍSMICO EN ETABS .....	84
4.8.3	ASIGNACIÓN DE CARGAS: .....	87
4.8.4	ASIGNACIÓN DE CAGA MUERTA: .....	87
4.8.5	ASIGNACIÓN DE CAGA POR DEPARTAMENTOS: .....	89

4.8.6	ASIGNACIÓN DE SOBRECARGA POR CORREDORES Y ESCALERAS	90
4.8.7	ASIGNACIÓN DE SOBRECARGA POR AZOTEA.....	91
4.8.8	ASIGNACIONES ADICIONALES: .....	92
4.9	VERIFICACIÓN DE CORTANTE DINÁMICA CON RESPECTO A LA ESTÁTICA: .....	97
4.10	DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS ABSOLUTOS Y RELATIVOS .....	98
<b>CAPÍTULO V.....</b>		<b>101</b>
<b>5. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....</b>		<b>101</b>
5.1	DISEÑO DE LOSAS .....	101
5.1.1	REFUERZO POR FLEXIÓN .....	101
5.1.2	REFUERZO POR CORTE.....	105
5.1.3	REFUERZO POR TEMPERATURA.....	105
5.2	DISEÑO DE VIGAS.....	107
5.2.1	REFUERZO POR FLEXIÓN .....	108
5.2.2	REFUERZO POR CORTE.....	113
5.3	DISEÑO DE COLUMNAS .....	119
5.3.1	REFUERZO POR FLEXOCOMPRESIÓN .....	120
5.3.2	REFUERZO POR CORTE.....	126
5.4	DISEÑO DE MUROS.....	134
5.4.1	REFUERZO MÍNIMO HORIZONTAL Y VERTICAL.....	135
5.4.2	REFUERZO POR FLEXOCOMPRESIÓN .....	136
5.4.3	REFUERZO POR CORTE.....	141
5.5	DISEÑO DE CIMENTACIONES .....	147
5.5.1	DISEÑO DE ZAPATA AISLADA .....	147
5.6	DISEÑO DE OTROS ELEMENTOS .....	160
5.6.1	DISEÑO DE ESCALERA.....	160
5.6.2	DISEÑO DE MUROS DE SÓTANO.....	170

5.6.3	DISEÑO DE CISTERNA .....	176
5.6.4	DISEÑO DE TABIQUERÍA .....	184
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>189</b>
<b>6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE AREQUIPA.....</b>		<b>189</b>
6.1	USOS DEL MODELO S BIM EN EL DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN.....	189
6.1.1	EXISTING CONDITIONS MODELING O MODELADO DE LAS CONDICIONES EXISTENTES.....	189
6.1.2	COST ESTIMATION (QUANTITY TAKE OFF) O MEDICIÓN Y PRESUPUESTO DE OBRA.....	190
6.1.3	COORDINATION O CLASH DETECTION .....	190
6.1.4	PHASE PLANNING (4D MODELING) O PLANIFICACIÓN DE OBRA...	190
6.1.5	DESIGN AUTHORIZING O AUDITORÍA DE DISEÑO .....	190
6.1.6	CONTROL AND PLANNING (DIGITAL LAYOUT) O CONTROL DE EJECUCIÓN DE OBRA .....	190
6.1.7	USOS EN EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.....	190
6.1.8	ESTIMADOS DE LOS METRADOS A PARTIR DEL MODELO PARAMÉTRICO .....	193
6.1.9	SIMULACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO BIM 4D .....	193
6.1.10	VISUALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	201
6.1.11	BENEFICIOS APRECIADOS .....	203
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>204</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>210</b>
<b>ANEXO 01 .....</b>		<b>213</b>
<b>ANEXO 02.....</b>		<b>214</b>
<b>ANEXO 03 .....</b>		<b>215</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Ventajas y Desventajas de Licitación en Etapas de Proyectos Básico y Ejecutivo .....	19
<b>Tabla 2</b> Área techada por piso.....	24
<b>Tabla 3</b> Diferencias entre modelo físico y analítico .....	34
<b>Tabla 4</b> Sistemas estructurales .....	61
<b>Tabla 5</b> Análisis estático lineal en Ms Excel.....	75
<b>Tabla 6</b> Espectro de aceleración .....	79
<b>Tabla 7</b> Modos de vibración de la estructura extraído de Etabs 2016.....	83
<b>Tabla 8</b> Período fundamental de vibración.....	84
<b>Tabla 9</b> Cortante estático y dinámico en dirección x-x extraído de ETABS.....	97
<b>Tabla 10</b> Cortante estático y dinámico en dirección y-y extraído de ETABS.....	97
<b>Tabla 11</b> Límites para la distorsión del entrepiso .....	98
<b>Tabla 12</b> Valores de las cargas aplicados de las cinco combinaciones.....	120
<b>Tabla 13</b> Axiales y momentos últimos de columnas en ETABS 2016 .....	123
<b>Tabla 14</b> Axiales y momentos nominales de columnas en ETABS 2016.....	124
<b>Tabla 15</b> Cargas extraídas del modelo en ETABS 2016 .....	138
<b>Tabla 16</b> Esfuerzos actuantes en la base de la columna C6 debido a las combinaciones de carga..	148
<b>Tabla 17</b> .Fuerzas axiales actuantes sobre la cimentación.....	150
<b>Tabla 18</b> Cargas amplificadas por las combinaciones de cargas extraído de ETABS.....	153
<b>Tabla 19</b> Valores de C de acuerdo al uso.....	184

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1</i> Formas irregulares de edificios .....	7
<i>Ilustración 2</i> Tipos de irregularidades .....	8
<i>Ilustración 3</i> Irregularidades en altura.....	9
<i>Ilustración 4</i> Simplificación del modelo analítico .....	10
<i>Ilustración 5</i> Modelo en etapa de prefactibilidad.....	14
<i>Ilustración 6</i> Anteproyecto con herramientas BIM.....	15
<i>Ilustración 7</i> Coordinación de disciplinas en BIM.....	17
<i>Ilustración 8</i> Ingeniería de detalle .....	18
<i>Ilustración 9</i> Forma correcta de utilizar un modelo para la construcción.....	21
<i>Ilustración 10</i> Modelo BIM para operación de equipos.....	23
<i>Ilustración 11</i> Espesores de Losa de acuerdo a Longitud Libre.....	28
<i>Ilustración 12</i> Espesores de losa de acuerdo a las luces.....	28
<i>Ilustración 13</i> Criterio para definir la dirección de la losa maciza .....	29
<i>Ilustración 14</i> Factores $k$ dependientes del tipo de apoyo.....	30
<i>Ilustración 15</i> Superposición de plantas en Autodesk Revit .....	36
<i>Ilustración 16</i> Rejillas en Autodesk Revit.....	37
<i>Ilustración 17</i> Niveles en Autodesk Revit .....	38
<i>Ilustración 18</i> Propiedades del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ en Revit.....	39
<i>Ilustración 19</i> Propiedades del Acero de refuerzo $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ en Revit.....	39
<i>Ilustración 20</i> Pilares estructurales en Revit .....	40
<i>Ilustración 21</i> Modelamiento de muros estructurales en Revit – Primer piso .....	41
<i>Ilustración 22</i> Modelamiento de vigas (armazón estructural) en Revit.....	42
<i>Ilustración 23</i> Modelamiento de losas en Revit.....	43
<i>Ilustración 24</i> Primera planta del modelo analítico en Revit .....	45
<i>Ilustración 25</i> Primer predimensionamiento de elementos estructurales .....	46
<i>Ilustración 26</i> Modelo físico 3D listo para transferencia de datos.....	48
<i>Ilustración 27</i> Modelo analítico 3D listo para transferencia de datos.....	49
<i>Ilustración 28</i> Pluggin de transferencia de modelo.....	49
<i>Ilustración 29</i> Cuadro de diálogo de elementos.....	50
<i>Ilustración 30</i> Modelo transferido a ETABS 2016 .....	51
<i>Ilustración 31</i> Planta de techos de sótano.....	52
<i>Ilustración 32</i> Propiedades del concreto.....	53
<i>Ilustración 33</i> Propiedades del acero .....	54
<i>Ilustración 34</i> Propiedades de elementos FRAME en ETABS 2016 .....	56
<i>Ilustración 35</i> Sección para losa aligerada en ETABS 2016.....	56

<b>Ilustración 36</b>	<i>Sección para losa maciza en ETABS 2016</i> .....	57
<b>Ilustración 37</b>	<i>Sección de muro en ETABS 2016</i> .....	58
<b>Ilustración 38</b>	<i>Configuración del sistema estructural</i> .....	60
<b>Ilustración 39</b>	<i>Criterio de irregularidad geométrica vertical</i> .....	67
<b>Ilustración 40</b>	<i>Vista de irregularidad de discontinuidad sistemas resistentes</i> .....	69
<b>Ilustración 41</b>	<i>Cortante basal “x-x” en ETABS 2016</i> .....	76
<b>Ilustración 42</b>	<i>Cortante basal “y-y” en ETABS 2016</i> .....	77
<b>Ilustración 43</b>	<i>Espectro de aceleración sísmica x-x</i> .....	82
<b>Ilustración 44</b>	<i>Espectro de aceleración sísmica y-y</i> .....	82
<b>Ilustración 45</b>	<i>Espectro de diseño en ETABS</i> .....	85
<b>Ilustración 46</b>	<i>Configuración del análisis modal</i> .....	86
<b>Ilustración 47</b>	<i>Recursos de masa en ETABS</i> .....	86
<b>Ilustración 48</b>	<i>Asignación de carga muerta</i> .....	88
<b>Ilustración 49</b>	<i>Asignación de carga por departamentos en primer piso</i> .....	89
<b>Ilustración 50</b>	<i>Asignación de sobrecarga por corredores y escaleras</i> .....	90
<b>Ilustración 51</b>	<i>Asignación de sobrecarga por azotea</i> .....	91
<b>Ilustración 52</b>	<i>Brazo rígido en unión viga columna</i> .....	92
<b>Ilustración 53</b>	<i>Liberación de momentos en extremos - Primera planta</i> .....	93
<b>Ilustración 54</b>	<i>Discretización de placas</i> .....	94
<b>Ilustración 55</b>	<i>Aposos empotrados en la base</i> .....	95
<b>Ilustración 56</b>	<i>Asignación de diafragma por piso</i> .....	96
<b>Ilustración 57</b>	<i>Máximo desplazamiento relativo en x-x</i> .....	99
<b>Ilustración 58</b>	<i>Máximo desplazamiento relativo en y-y</i> .....	100
<b>Ilustración 59</b>	<i>Carga última extraída de modelo en ETABS 2016</i> .....	102
<b>Ilustración 60</b>	<i>Diagrama de momentos flectores en vigueta desde ETABS 2016</i> .....	103
<b>Ilustración 61</b>	<i>Detalle Corte de varillas</i> .....	106
<b>Ilustración 62</b>	<i>Detalle de aligerado en Revit</i> .....	107
<b>Ilustración 63</b>	<i>Viga V102 en planta</i> .....	108
<b>Ilustración 64</b>	<i>Diagrama de momentos en ETABS 2016</i> .....	109
<b>Ilustración 65</b>	<i>Sección de viga en Revit Structure</i> .....	113
<b>Ilustración 66</b>	<i>Momentos nominales actuantes en vigas</i> .....	115
<b>Ilustración 67</b>	<i>Diagrama de cortantes superpuestos</i> .....	116
<b>Ilustración 68</b>	<i>Diagrama de cortante amplificado (2.5S)</i> .....	116
<b>Ilustración 69</b>	<i>Detalle longitudinal en Revit Structure</i> .....	119
<b>Ilustración 70</b>	<i>Tramo completo de viga en 3D</i> .....	119
<b>Ilustración 71</b>	<i>Primera distribución de aceros en columna C15 en ETABS</i> .....	122
<b>Ilustración 72</b>	<i>Diagrama de interacción en dirección 3-3</i> .....	125

<b>Ilustración 73</b>	<i>Diagrama de interacción en dirección 2-2.....</i>	<i>125</i>
<b>Ilustración 74</b>	<i>Fuerza cortante de diseño de columna.....</i>	<i>126</i>
<b>Ilustración 75</b>	<i>Combinación de carga en la dirección 3-3 asociada a momento nominal máximo..</i>	<i>127</i>
<b>Ilustración 76</b>	<i>Combinación de carga en la dirección 2-2 asociada a momento nominal máximo..</i>	<i>127</i>
<b>Ilustración 77</b>	<i>Requerimientos de estribos en columnas.....</i>	<i>131</i>
<b>Ilustración 78</b>	<i>Sección final de columna .....</i>	<i>132</i>
<b>Ilustración 79</b>	<i>Modelo 3D de columna C15.....</i>	<i>133</i>
<b>Ilustración 80</b>	<i>Detalle encuentro viga columna.....</i>	<i>133</i>
<b>Ilustración 81</b>	<i>Muro a diseñar.....</i>	<i>134</i>
<b>Ilustración 82</b>	<i>Fuerzas dentro y fuera del plano del muro .....</i>	<i>135</i>
<b>Ilustración 83</b>	<i>Verificación por reforzamiento a tensión.....</i>	<i>137</i>
<b>Ilustración 84</b>	<i>Verificación por reforzamiento a compresión.....</i>	<i>137</i>
<b>Ilustración 85</b>	<i>Muro P14 en Section Designer desde ETABS 2016 .....</i>	<i>138</i>
<b>Ilustración 86</b>	<i>Diagrama de interacción dirección 2-2 .....</i>	<i>139</i>
<b>Ilustración 87</b>	<i>Diagrama de interacción dirección 3-3 .....</i>	<i>139</i>
<b>Ilustración 88</b>	<i>Ratios D/C a partir de ETABS 2016 .....</i>	<i>140</i>
<b>Ilustración 89</b>	<i>Momento nominal amplificado asociado a cortante máximo.....</i>	<i>141</i>
<b>Ilustración 90</b>	<i>Distribución de estribos en elemento de borde .....</i>	<i>145</i>
<b>Ilustración 91</b>	<i>Distribución de acero en Revit.....</i>	<i>146</i>
<b>Ilustración 92</b>	<i>Distribución en 3D en Revit Structure .....</i>	<i>146</i>
<b>Ilustración 93</b>	<i>Sección de columna C6.....</i>	<i>150</i>
<b>Ilustración 94</b>	<i>Área de punzonamiento.....</i>	<i>155</i>
<b>Ilustración 95</b>	<i>Detalle de zapata aislada.....</i>	<i>158</i>
<b>Ilustración 96</b>	<i>Aceros de zapata en planta en Revit.....</i>	<i>159</i>
<b>Ilustración 97</b>	<i>Detalle 3D de zapata aislada.....</i>	<i>159</i>
<b>Ilustración 98</b>	<i>Modelo matemático de escaleras .....</i>	<i>163</i>
<b>Ilustración 99</b>	<i>Cortante en sección de escalera.....</i>	<i>163</i>
<b>Ilustración 100</b>	<i>Segundo tramo de escalera .....</i>	<i>165</i>
<b>Ilustración 101</b>	<i>Detalle paso de escalera .....</i>	<i>166</i>
<b>Ilustración 102</b>	<i>Diagrama de momentos para vigas de apoyo .....</i>	<i>167</i>
<b>Ilustración 103</b>	<i>Diagrama de cortantes en vigas de apoyo .....</i>	<i>169</i>
<b>Ilustración 104</b>	<i>Vista 3D viga de apoyo.....</i>	<i>169</i>
<b>Ilustración 105</b>	<i>Detalle de empotramiento de viga de apoyo en columna .....</i>	<i>170</i>
<b>Ilustración 106</b>	<i>Diagrama de momentos en muro de contención .....</i>	<i>173</i>
<b>Ilustración 107</b>	<i>Diagrama de momentos flectores para muro de contención .....</i>	<i>173</i>
<b>Ilustración 108</b>	<i>Diagrama de corte en muro .....</i>	<i>175</i>
<b>Ilustración 109</b>	<i>Distribución final de muro de contención en Revit .....</i>	<i>176</i>

<i><b>Ilustración 110</b></i> Modelo estructural de paredes de cisterna .....	178
<i><b>Ilustración 111</b></i> Diagrama de momentos flectores de cisterna.....	178
<i><b>Ilustración 112</b></i> Diagrama de fuerza cortante de muro cisterna.....	179
<i><b>Ilustración 113</b></i> Modelo de losa de cisterna.....	180
<i><b>Ilustración 114</b></i> Diagrama de momentos flectores en losa de cisterna .....	180
<i><b>Ilustración 115</b></i> Diagramas de fuerza cortante en losa de cisterna .....	182
<i><b>Ilustración 116</b></i> Detalle cisterna.....	183
<i><b>Ilustración 117</b></i> Detalle 3D Cisterna .....	183
<i><b>Ilustración 118</b></i> Tipos de arriostre.....	186
<i><b>Ilustración 119</b></i> Valores de "m" y dimensión crítica "a".....	186
<i><b>Ilustración 120</b></i> Distribución final de muro de tabiquería .....	188
<i><b>Ilustración 121</b></i> Cimentación seccionada por una caja de sección en Revit .....	192
<i><b>Ilustración 122</b></i> Sectorización en modelo 3D.....	194
<i><b>Ilustración 123</b></i> Leyenda de Sectorización.....	195
<i><b>Ilustración 124</b></i> Partidas agrupadas en conjuntos en Navisworks.....	196
<i><b>Ilustración 125</b></i> Timeliner del proyecto en Navisworks .....	197
<i><b>Ilustración 126</b></i> Fase constructiva – Quinta semana .....	198
<i><b>Ilustración 127</b></i> Fase constructiva de acero .....	198
<i><b>Ilustración 128</b></i> Secuencia constructiva de acero terminada .....	199
<i><b>Ilustración 129</b></i> Fase constructiva a la semana 30 .....	200
<i><b>Ilustración 130</b></i> Modelo del proyecto terminado .....	200
<i><b>Ilustración 131</b></i> Primer piso – estructuras.....	201
<i><b>Ilustración 132</b></i> Cajón de escaleras - caja de ascensor .....	202
<i><b>Ilustración 133</b></i> Vista de inspección 3D Azotea.....	202

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> Momentos viga–columna (E060 SENCICO, 2009, p. 173).....	10
<b>Ecuación 2</b> Altura de losa de acuerdo al tipo de apoyo (ACI 318-14, 2016) .....	29
<b>Ecuación 3</b> Relación de dimensiones de paño de losa (E060 SENCICO, 2009).....	30
<b>Ecuación 4</b> Predimensionamiento de vigas (Abanto, 2007) .....	31
<b>Ecuación 5</b> Predimensionamiento de columna (Blasco, 1998).....	31
<b>Ecuación 6</b> Predimensionamiento de muros (ACI 318-14, 2016).....	32
<b>Ecuación 7</b> Factor de amplificación sísmica “C” (E030 SENCICO, 2016).....	59
<b>Ecuación 8</b> Factor de reducción de resistencia "R" (E030 SENCICO, 2016).....	61
<b>Ecuación 9</b> Aceleración sísmica de la estructura (E030 SENCICO, 2016).....	78
<b>Ecuación 10</b> Combinación de cargas de servicio amplificadas (E060 SENCICO, 2009) .....	102
<b>Ecuación 11</b> Distancia reducida al eje neutro (ACI 318-14, 2016).....	103
<b>Ecuación 12</b> Área de acero en función de la distancia el eje neutro (ACI 318-14, 2016).....	104
<b>Ecuación 13</b> Cortante de las nervaduras de losas de concreto (ACI 318-14, 2016) .....	105
<b>Ecuación 14</b> Acero mínimo por temperatura (ACI 318-14, 2016).....	105
<b>Ecuación 15</b> Acero mínimo en vigas (ACI 318-14, 2016) .....	109
<b>Ecuación 16</b> Cuantía balanceada en vigas (ACI 318-14, 2016).....	110
<b>Ecuación 17</b> Cuantía máxima en vigas (ACI 318-14, 2016).....	110
<b>Ecuación 18</b> Área máxima de acero (ACI 318-14, 2016).....	110
<b>Ecuación 19</b> Momento nominal asociado a eje neutro (ACI 318-14, 2016).....	114
<b>Ecuación 20</b> Cortante actuante por el sismo I-D (ACI 318-14, 2016) .....	115
<b>Ecuación 21</b> Cortante actuante por el sismo D-I (ACI 318-14, 2016) .....	115
<b>Ecuación 22</b> Resistencia al cortante del concreto (Blasco, 1998).....	117
<b>Ecuación 23</b> Resistencia última del concreto al cortante (E060 SENCICO, 2009).....	117
<b>Ecuación 24</b> Resistencia nominal de la sección (E060 SENCICO, 2009) .....	117
<b>Ecuación 25:</b> Resistencia al corte proporcionado por el acero (ACI 318-14, 2016).....	118
<b>Ecuación 26</b> Acero mínimo en columnas (ACI 318-14, 2016).....	121
<b>Ecuación 27</b> Cortante debido a momentos nominales (ACI 318-14, 2016).....	128
<b>Ecuación 28</b> Resistencia a cortante máximo en columnas (ACI 318-14, 2016).....	130
<b>Ecuación 29</b> Área mínima de acero en muros (ACI 318-14, 2016).....	136
<b>Ecuación 30</b> Cortante de diseño amplificado (E060 SENCICO, 2009).....	142
<b>Ecuación 31</b> Cortante máximo en muros estructurales (E060 SENCICO, 2009).....	143
<b>Ecuación 32</b> Cortante proporcionado por el acero en muros (E060 SENCICO, 2009).....	143
<b>Ecuación 33</b> Ratio D/C para muros (E060 SENCICO, 2009) .....	144
<b>Ecuación 34</b> Área mínima de estribos en elementos de borde (ACI 318-14, 2016).....	144
<b>Ecuación 35</b> Esfuerzo neto del terreno (DAS, 2015).....	148

<b>Ecuación 36</b> Área de predimensionamiento de zapata (DAS, 2015) .....	149
<b>Ecuación 37</b> Peso propio de zapata (Blasco, 1998) .....	151
<b>Ecuación 38</b> Excentricidad debido a carga axial (E060 SENCICO, 2009) .....	152
<b>Ecuación 39</b> Esfuerzos en el suelo generados por la excentricidad (ACI 318-14, 2016) .....	152
<b>Ecuación 40</b> Primera verificación de corte de punzonamiento (Morales, 2018) .....	154
<b>Ecuación 41</b> Segunda verificación de corte por punzonamiento (Morales, 2018) .....	154
<b>Ecuación 42</b> Tercera verificación por punzonamiento (Morales, 2018) .....	155
<b>Ecuación 43</b> Cortante por punzonamiento (Blasco, 1998) .....	156
<b>Ecuación 44</b> Cortante actuante en zapata, debido a efectos de flexión (ACI 318-14, 2016) .....	156
<b>Ecuación 45</b> Momento último debido a esfuerzo último de zapata (Blasco, 1998) .....	157
<b>Ecuación 46</b> Peso propio de escalera (Blasco, 1998) .....	160
<b>Ecuación 47</b> Predimensionamiento de ancho de escalera (Morales, 2018) .....	161
<b>Ecuación 48</b> Altura media de pasos (Morales, 2018) .....	161
<b>Ecuación 49</b> Peso propio del descanso (Morales, 2018) .....	161
<b>Ecuación 50</b> Ubicación de punto máximo de momentos en escalera (Morales, 2018) .....	164
<b>Ecuación 51</b> Área de acero en función a la sección y momento (ACI 318-14, 2016) .....	164
<b>Ecuación 52</b> Control de deflexiones (ACI 318-14, 2016) .....	166
<b>Ecuación 53</b> Acero mínimo en escaleras (Morales, 2018) .....	168
<b>Ecuación 54</b> Empuje del terreno sobre el muro (DAS, 2015) .....	170
<b>Ecuación 55</b> Empuje de la sobrecarga sobre el muro (DAS, 2015) .....	170
<b>Ecuación 56</b> Coeficiente de empuje neutro (DAS, 2015) .....	171
<b>Ecuación 57</b> Esfuerzo del suelo sobre el muro (DAS, 2015) .....	171
<b>Ecuación 58</b> Empuje del terreno sobre el muro (DAS, 2015) .....	172
<b>Ecuación 59</b> Esfuerzo de la sobrecarga sobre el muro (DAS, 2015) .....	172
<b>Ecuación 60</b> Empuje debido a la sobrecarga del terreno (DAS, 2015) .....	172
<b>Ecuación 61</b> Fuerza horizontal mínima para muros no portantes (NORMA E.070, p. 14) .....	185
<b>Ecuación 62</b> Fuerza horizontal mínima para muros no portantes (NORMA E.070, p. 14) .....	185
<b>Ecuación 63</b> Esfuerzo admisible en tracción por flexión (NORMA E.070, p. 15) .....	187
<b>Ecuación 64</b> Cuantía mínima para columnas de confinamiento .....	187

## INTRODUCCIÓN

En la presente tesis, se demuestra la utilidad de los nuevos softwares tecnológicos durante todo el proceso del diseño estructural de un edificio, desde su concepción.

Este proyecto se logró dividir en 08 capítulos detallando paso a paso lo que se hizo en la elaboración del mismo.

Primero se identificó el edificio, así como se obtuvieron los planos de arquitectura, se observaron las distintas formas de aplicar BIM para el diseño de este edificio, así como los potenciales programas a utilizar para optimizar así todo el proceso a realizar.

Luego se procedió a establecer las bases de lo que serían el análisis estructural, el comportamiento estructural, criterios sísmicos para que la primera estructuración sea óptima y hasta definitiva. A su vez se definen conceptos BIM, como son las etapas de todo proyecto ligado a esta filosofía, que permiten un mejor entendimiento y manejo de esta.

Se establecen los datos necesarios y que se necesitan previamente a la concepción de la estructura, como la capacidad portante del suelo a cimentar.

Posteriormente se pasó a la etapa de análisis estructural, la cual empieza con el predimensionamiento de los elementos a diseñar, para lo cual se explican los criterios utilizados. También se define el esquema que se utilizará para el análisis, el cual será realizado con un modelo de transferencia desde un programa de modelado.

Una vez importado, se procede a la verificación tanto de materiales, propiedades, ejes, rejillas, etc. (datos compatibles entre los programas de transferencia) así como también las relaciones de conectividad en el modelo analítico.

Es el turno ahora del análisis propiamente dicho, se elaboraron tanto el análisis estático como el dinámico, para después obtener los modos de vibración junto a los periodos.

Asignadas las cargas establecidas por la norma E020 CARGAS, se procede a analizar la estructura en el programa para obtener e interpretar sus resultados (entre los que figuran, límites de distorsión, cortante sísmica en la base, desplazamientos, deformaciones, etc.)

Una vez concluida esta etapa, se continuó con el diseño estructural, el cual se elabora a partir de los esfuerzos actuantes en la estructura (losas, vigas, columnas, muros, cimentaciones).

Con la estructura completamente diseñada, con diseños menores, como son: escaleras, columnas de amarre, etc. se retornó toda la información corregida al programa de modelamiento, con el detalle que ahora se podría modelar el acero que se diseñó, para así obtener documentación y generar planos, metrados, programaciones, etc.

Durante todo el proceso, se apreciaron numerosas ventajas frente al modelo de diseño convencional, gracias a que evita bastante retrabajo entre las herramientas BIM.

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La mayoría de construcciones en el país, fueron realizadas bajo el enfoque de construcción tradicional y mantenía cierto grado de imprecisión e incertidumbre, muchas veces relevante en el costo y plazo del ciclo de vida de un proyecto; al no contar con la anticipación de cambios en el presupuesto, control de plazos de ejecución, etc.

La razón por la que en el mundo se globaliza la idea de la metodología BIM (Building Information Modelling), y por la que en el Perú se empezó a implementar es porque ofrece muchas ventajas a lo largo del ciclo de vida de cualquier proyecto. Esta metodología utiliza nuevas tecnologías que permite que toda la documentación generada sea actualizada al momento, evitando el retrabajo de corregir, por ejemplo: vistas, secciones, detalles; ya que todo lo extraído proviene de un solo modelo.

Por lo tanto, ya que la etapa de estructuras es la que da soporte a todo el edificio, esta tesis se enfoca por completo en demostrar que se puede ahorrar tiempo y costo al utilizar la metodología BIM como pilar para un diseño estructural.

#### 1.1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La necesidad de mejorar el sistema constructivo en el país, evidenciando las pérdidas en materia de costo y plazo en los proyectos de construcción por la falta de un sistema de control continuo y de mejora continua del proceso.

### **1.1.2 HIPÓTESIS**

Es probable realizar mejoras al sistema convencional de diseño estructural en materia de costos y plazos; derivando el foco de atención de los proyectos desde una habitual concentración en la etapa de construcción (que genera pérdidas), hacia una exhaustiva y detallada etapa de modelamiento, análisis y diseño estructural BIM.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN SOCIAL, ECONÓMICA, ACADÉMICA, AMBIENTAL**

### **1.2.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL**

Debido a la mala organización de los aparatos del estado, es que, por ejemplo, en las viviendas de interés social, no se lleva un control de supervisión estricto de recursos, perjudicando a los residentes del predio, ya que la vivienda que habitan, se encuentra por debajo de lo requerido en temas de calidad.

Esto se puede solucionar, usando la metodología BIM, ya que los recursos utilizados en el proyecto, serán computarizados, con la finalidad de que la pérdida por costos de compras sea mínima y así las personas puedan gozar de viviendas óptimas.

### **1.2.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

Al momento de ejecutar un proyecto, tradicionalmente los recursos utilizados se verifican in situ; en otras palabras, no se planifica el gasto o el tiempo que se requiere, por ejemplo, el transporte de equipos, retrasos por autorizaciones imprevistas, etc.

Esto, con la metodología BIM, trae una notoria mejora, ya que, con este nuevo enfoque, se puede generar mayor intervención en la parte de modelamiento y diseño estructural, que es donde la emisión de capital es menor, en comparación a lo que se invertiría en corregir un problema en obra, sin mencionar que el tiempo de corrección es mucho menor que el enfoque convencional.

### **1.2.3 JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA**

La falta de formación temprana en la universidad sobre los beneficios que otorga el uso de BIM conlleva a tener profesionales sumidos en una filosofía que de por sí, genera bastante desperdicio, económicamente hablando y no otorga la satisfacción que en estos tiempos se requieren.

Con una enseñanza de BIM en la universidad, se tendría profesionales empapados en la construcción virtual, que será la construcción en un futuro, al cual se debe llegar capacitado.

### **1.2.4 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL**

Se observa en cada construcción bajo el enfoque tradicional, los desperdicios que se generan, debido a causas como: falta de materiales que generan combustión en transporte, demoliciones imprevistas, etc; que causan daños al ecosistema.

Es por ello, que BIM es una alternativa apropiada para el cuidado del medio ambiente, ya que permite anticiparse a todo suceso imprevisto en el proyecto, los que comúnmente, generan gastos demás y hasta reiterativos en obra.

### **1.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio de suelos sobre el que se asentó la estructura, no es un estudio propio, sino que es un estudio entregado por la constructora ByB Murillo, por lo que se menciona tan solo el valor de la capacidad portante del suelo para poder diseñar la cimentación.

Solo se elaboró la rama estructural del proceso en cuestión, para poder ahondar más en el análisis y diseño BIM y se dejó de lado las instalaciones.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el análisis estructural, diseño y plan de producción de un edificio de 06 pisos más 01 semisótano, utilizando la metodología BIM (Building Information Modelling).

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Concientizar a las nuevas generaciones de ingenieros para que aprendan de la metodología BIM, con la finalidad de tener una formación universitaria, y no solo como estudios de postgrado.

Demostrar la diferencia entre la documentación generada por métodos convencionales con softwares de uso común, comparándolos con los planos generados con el trabajo colaborativo de los softwares BIM

Comprobar la reducción de errores, costos y tiempo, tanto en presupuesto como en cronograma de obra, demostrando con la creación de estos a raíz del uso de softwares BIM.

Integrar diversas áreas de trabajo en el proyecto, generando un proyecto de interés común entre varios especialistas de distintas profesiones; comprobando una vez más, que la unión y el trabajo colaborativo, siempre será mayor que la suma de sus partes individuales.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 INGENIERÍA SISMO RESISTENTE

La ingeniería sismo resistente tiene como función principal el velar por las vidas humanas y bienes materiales que pueden ser amenazados por cualquier fenómeno sísmico de carácter destructivo.

##### 2.1.1 REPRESENTACIÓN DEL FENÓMENO SÍSMICO

La pregunta más importante que se debe responder antes de desarrollar un diseño sísmico es ¿qué cargas actuarán sobre la estructura?, ¿cómo se puede representar el movimiento generado por la intervención del sismo? Ya que es debido a estos movimientos que se generan esfuerzos y deformaciones cuantificables y en base a esto poder proponer secciones y refuerzos.

Aun así, es difícil tener un grado de precisión al no conocer las cargas de diseño, al no poder realizar una representación exacta del movimiento sísmico de la estructura, por lo que se emplean cargas semejantes. Esto no quiere decir que se diseñará con cargas máximas, ya que se iría en contra de uno de los principios de la ingeniería, la optimización, y es que, aun diseñando con cargas máximas, hay una posibilidad de que esta carga pueda ser excedida en algún momento y falle la estructura. Por eso las consideraciones tomadas en este capítulo.

Son los códigos de diseño, normas, reglamentos los que dan lineamientos importantes para estimar cargas de diseño, como el uso de la edificación, la importancia, el terreno donde se construirá, la actividad sísmica de la zona. Son estas consideraciones los que ayudan a tener unas fuerzas sísmicas mejor idealizadas.

### 2.1.2 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL SÍSMICO

Incluso teniendo un correcto espectro de diseño y un buen análisis estructural, el comportamiento estructural puede seguir afectando negativamente al modelo y esto se debe a la imprecisión de las idealizaciones; por esto es que se debe tender siempre a la simplicidad.

Podemos decir que un proyecto en el que la transferencia de cargas es sencilla, donde la distribución sea regular por la sencillez de su sistema, será un factor más a definir el éxito de la construcción.

Por esta razón, es que además de los códigos, normas y criterios también se debe considerar asumir una estructura lo más regular posible con indicaciones que apoyen su simplicidad.

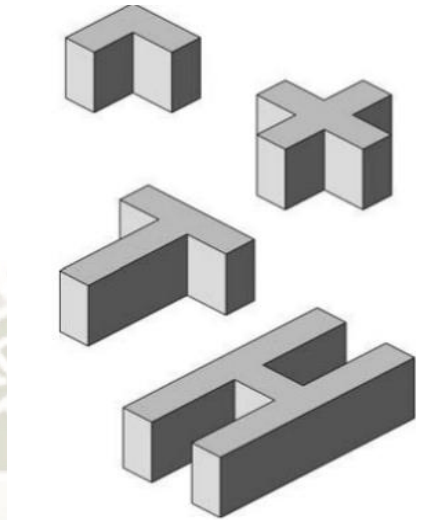
### 2.1.3 CRITERIOS SÍSMICOS PARA UNA BUENA ESTRUCTURACIÓN DE EDIFICIOS

Lo siguiente es conocer qué criterios son necesarios para obtener una estructura lo más simple posible:

La estructura planteada, debe tener una forma regular definida. Algunas veces, la arquitectura no permite tener estructuras tan regulares, siempre se debe priorizar la seguridad para suprimir toda irregularidad posible. En la **Ilustración 1** se aprecian diversas formas no recomendables pero que existen y es deber del proyectista dar la más óptima solución posible.

## Ilustración 1

Formas irregulares de edificios



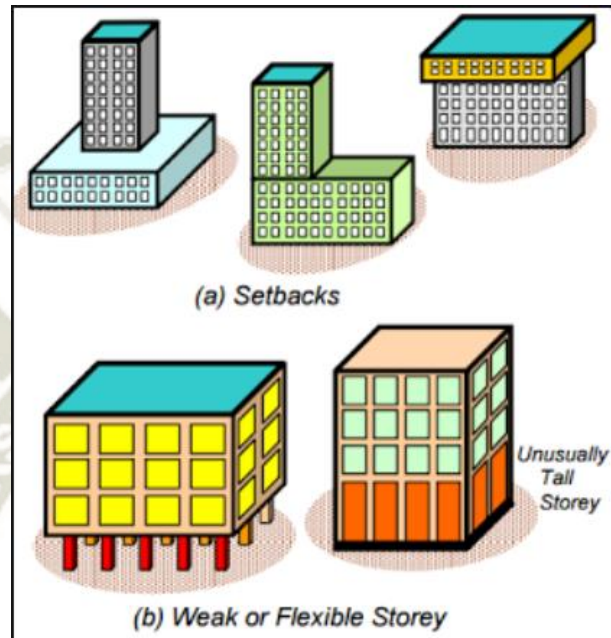
Fuente: Elaboración propia

Una de las posibles soluciones para quitar esta irregularidad podría ser el uso de juntas sísmicas.

Se debe procurar mantener una irregularidad en planta, esto se logra con una compensación de rigideces en ambos ejes. Así evitamos tener muchas zonas concentradas de elementos que generen irregularidades de torsión. Se debe buscar una convergencia entre el centro de rigideces y el centro de masas, esto se logra equiparando los elementos que proporcionen rigidez y compensándolos.

## Ilustración 2

Tipos de irregularidades

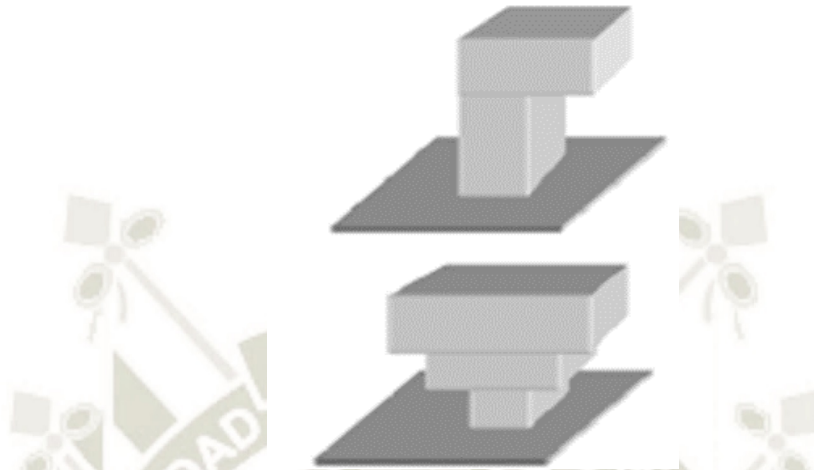


Fuente: (Technology), 2017)

Evitar cambios de rigidez bruscos por niveles, es decir, no tener irregularidades en altura. Esto se logra teniendo elementos que aporten similar rigidez en cada piso. No siempre será posible esta uniformidad, pero de todas formas hay que tratar de aproximarse. En la Ilustración 3 se aprecian distintas irregularidades de cambio de rigidez en niveles.

### Ilustración 3

Irregularidades en altura

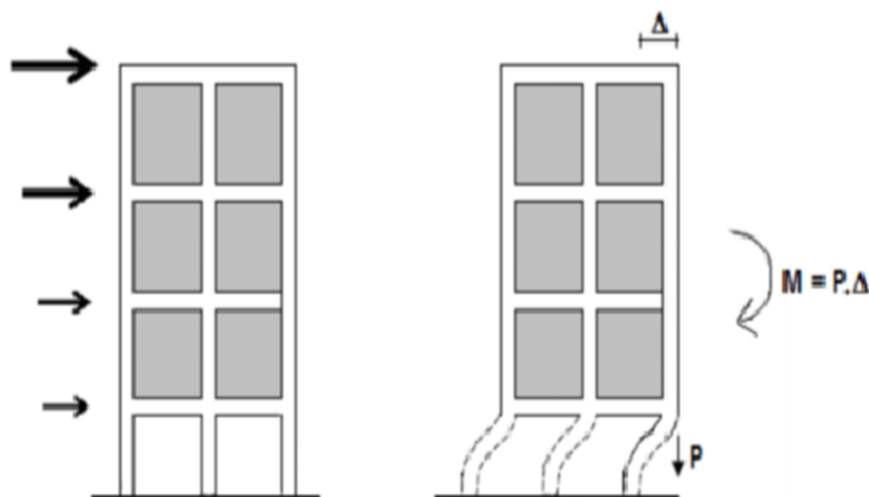


Fuente: Elaboración propia

Estas irregularidades en altura suceden principalmente los pisos débiles o pisos blandos; como se aprecia en la **Ilustración 4** y debido a ese cambio brusco de rigidez, que los elementos verticales del primer piso sufran deformaciones que comprometan la estabilidad de la estructura. De preferencia se recomienda no usar este tipo de distribución y dejar que los muros de corte se lleven la mayor fuerza cortante y que las columnas no tengan que comprometerse tan pronto.

### Ilustración 4

Simplificación del modelo analítico



Fuente: (Cornejo, 2017)

Para el modelo analítico que se quiere analizar, se recomienda utilizar un modelo sísmico con masas concentradas de los niveles de entrepiso en el nivel de cada losa. Esto hace que las fuerzas sísmicas se nivelen a esta altura y en caso de análisis sísmicos modales, disminuye la cantidad de modos de vibración.

Se recomienda dimensionar las columnas con la consideración de que deben ser más rígidas que las vigas que soportan, esto debido a que se puede corregir una viga que falle antes de una columna, escenario que en viceversa, no es similar. En términos numéricos:

$$\sum M_{nc} \geq 1.2 \sum M_{nv} \quad (1)$$

**Ecuación 1** Momentos viga–columna (E060 SENCICO, 2009, p. 173)

*Donde:  $\sum M_{nc}$  = suma de los momentos nominales de flexión de las columnas que llegan al nudo, evaluados en las caras del nudo. La resistencia a la flexión de la columna debe calcularse para la fuerza axial amplificada, consistente con la dirección de las fuerzas*

*laterales consideradas, que conduzca a la resistencia a la flexión más baja. (E060*

*SENCICO, 2009)*

*$\Sigma M_{nv}$  = suma de los momentos resistentes nominales a flexión de las vigas que llegan al*

*nudo, evaluados en las caras del nudo. (E060 SENCICO, 2009)*

Es importante aclarar que estos momentos son los momentos resistentes, mas no los actuantes. Se usan los resistentes por la posible excedencia de la fuerza sísmica, por la razón de que es mejor una falla dúctil en la viga que una falla más perjudicial en la columna.

Este criterio aplica donde las fuerzas sísmicas que aportan rigidez lateral es considerable, esto quiere decir, a sistemas aporticados o duales que reciben mayores cargas en los pórticos que muros y columnas.

## 2.2 CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL

Existen diversos criterios para obtener una estructura que sea adecuadamente sismoresistente.

Según lo estipulado en el artículo 7 de la norma E030 deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada, en ambas direcciones principales, frente a las cargas laterales.
- Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.

- Deformación lateral limitada. (E030 SENCICO, 2016, p. 5)

### **2.3 BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)**

Para empezar, BIM es el acrónimo en inglés de Building Information Modeling que significa Modelamiento informado de edificios. Algunos de los conceptos de BIM:

Es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital, creado por todos los involucrados. (SMART, 2016).

BIM es el proceso de crear y manejar información de un proyecto de construcción a través de su ciclo de vida. Una de las principales salidas de este proceso es el modelo BIM, la descripción digital de cada aspecto del inmueble construido o a construir. Este modelo delinea la información ensamblada colaborativamente y actualizada en las fases principales de un proyecto.

La definición más reciente es: “BIM es el uso de una representación digital compartida de un inmueble para facilitar los procesos de diseño, construcción y operación de forma confiable para la toma de decisiones” (19650-1, ISO, 2018)

#### **2.3.1 ETAPAS DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN CON BIM**

Se ha hablado en todas las definiciones del llamado ciclo de vida del proyecto, pero ¿qué queremos decir con eso?

Si bien el objetivo del desarrollo de un proyecto de ingeniería está destinado a construir determinado bien, se distinguen distintas fases con el fin de acaparar y llegar al alcance del proyecto.

En el desarrollo de las fases se requiere la generación de documentos que permitan lograr los requerimientos para determinada fase.

Con la ayuda de un modelo 3D interactivo, es posible definir diferentes alternativas de diseño, analizar estructuras y planificar el proceso constructivo correspondiente.

La ayuda principal en la utilización de modelos de ingeniería (topografía, estructura, arquitectura, mecánica, sanitarias, etc) es la detección de interferencias mucho antes de empezar la construcción.

La correcta implantación de BIM permite simular una visualización en todos los aspectos de diseño, construcción, seguimiento, control y cierre y anticipa la aparición de interferencias permitiendo solucionarlas en el momento. Todo esto, con la finalidad de reducir costes, costos; mejorar la eficiencia y eficacia de la construcción.

A continuación, se describirá las etapas de un proyecto y cómo BIM influye en las mejoras de dicho proyecto.

### **2.3.1.1 ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD**

El objeto de la prefactibilidad consiste en el análisis y selección de la opción o alternativa más óptima.

Se toman en cuenta estudios de mercado, técnico, legal, socioeconómico, ambientales.

La preparación del proyecto no podrá continuar sin el resultado de esta evaluación. Si no se determina ninguna opción viable, el proyecto queda descartado.

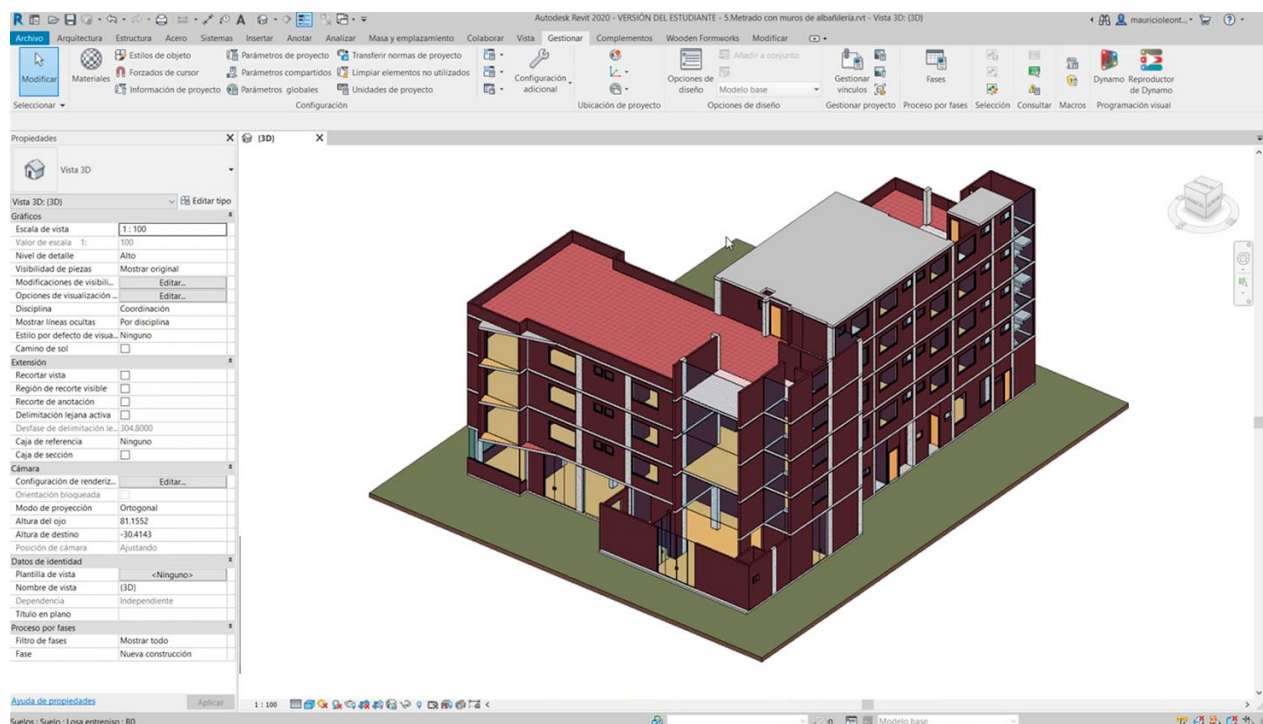
La ventaja del enfoque BIM en esta etapa, es que permite revisar varias opciones en un solo modelo referencial por lo que acelera este proceso. Esta visión ofrece mayor claridad en las opciones lo que también influye en las decisiones a tomar.

Estas decisiones se plasman en el modelo y se quedan registradas hasta el final del proyecto. Como se aprecia en la **Ilustración 5** se aprecian los materiales distinguidos por color para organizarlo de mejor manera y poder tomar una decisión sobre la opción correcta.

Estos modelos permiten obtener mediciones de área, volúmenes, espacios y hacen posible las comparaciones de alternativas de manera más rápida y simultánea.

## Ilustración 5

### Modelo en etapa de prefactibilidad



Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1.2 ANTEPROYECTO O DISEÑO CONCEPTUAL

Esta fase tiene como objetivo identificar la viabilidad técnica y económica de las alternativas anteriormente trazadas y establecer las pautas de su desarrollo.

Durante esta fase se estudian las posibles metodologías a presentar, se define el marco técnico que regularán los diseños, los espacios, las especificaciones técnicas y la filosofía que se debe seguir para cumplir los objetivos planteados.

El objetivo principal de un anteproyecto es transmitir a través de un modelo para su desarrollo en las siguientes etapas, junto con su cómputo y métodos de construcción a

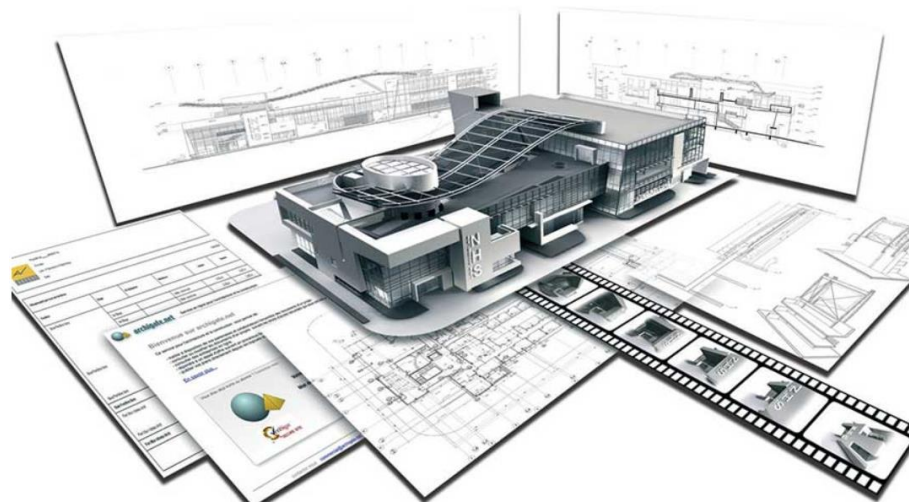
considerar, entregando una solución efectiva que permita el desarrollo del proyecto en el esperado ciclo de vida. En la **Ilustración 6** se observa cuál es el objetivo de concebir un proyecto BIM, tener una idea constructiva en 3D, coordinada entre disciplinas.

Las consecuencias de evaluaciones realizadas afectarán a los siguientes análisis:

- Volumetría
- Superficies
- Relaciones entre equipos
- Estética
- Instalaciones
- Impacto en costos

### **Ilustración 6**

Anteproyecto con herramientas BIM



Fuente: (Noticias de arquitectura, 2017)

### 2.3.1.3 PROYECTO BÁSICO O INGENIERÍA BÁSICA

A medida que avanza el proyecto avanza, se obtendrá información más actualizada y más real, soluciones al diseño, simulaciones.

Culminada la etapa de anteproyecto, los profesionales de cada área deben ocuparse del desarrollo del proyecto.

Se establecen las dimensiones, materiales e impactos en las demás disciplinas. Se analiza toda la información que tenga incidencia en el proyecto, se definen los aspectos relacionados con el medio ambiente, seguridad, etc.

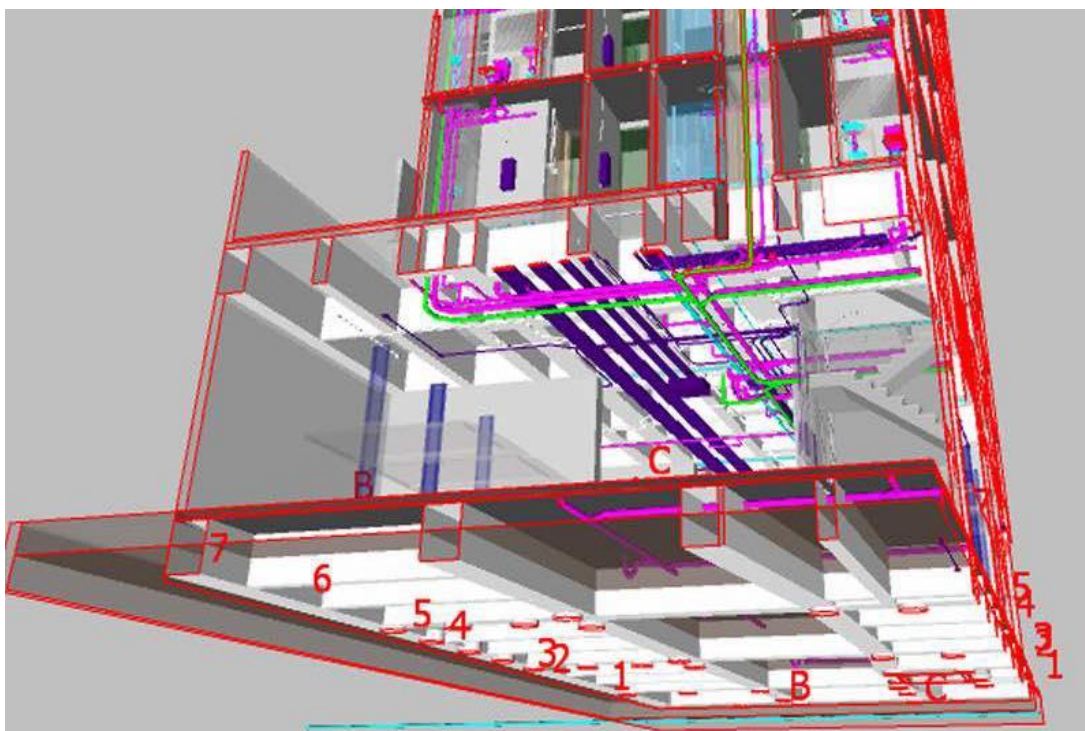
El análisis y comparación de los modelos de los equipos involucrados debe empezar en esta fase. Depende de la complejidad de los proyectos para definir también la intensidad de coordinación multidisciplinaria.

La gran ventaja de la metodología BIM y el trabajo colaborativo es que permite que todos los que intervengan de manera directa en el proyecto puedan estar en la misma oficina, o quizás a kilómetros de distancia y acceder al mismo proyecto donde se encuentran trabajando. Como se aprecia en la **Ilustración 7** se evidencian las disciplinas interconectadas entre sí, brindándose apoyo para la toma de decisiones.

Los profesionales encargados del proyecto pueden introducir los datos y modificaciones que sean necesarias para el proyecto, sin importar el lugar en que se encuentren ni el momento. Estos cambios modificarán el modelo general para que se actualice y los demás involucrados trabajen sobre ello. De esta forma esta forma de trabajo se ahorra una gran cantidad de tiempo que se puede ocupar en tareas de mayor importancia.

## Ilustración 7

Coordinación de disciplinas en BIM



Fuente: (BIMPSAS, 2020)

### 2.3.1.4 INGENIERÍA DE DETALLE

El nivel de precisión y exigencia en esta etapa es más riguroso. Todas las soluciones de los modelos, deben ser capaces de mostrar toda la información para la etapa de licitación. Se observa en la :**Ilustración 8** cómo va mejorando el grado de detalle del modelo para su mejor procesamiento y resolución de problemas.

Se deben contar con todos los elementos necesarios para la construcción, de la forma que se van a ejecutar, las normas que deben cumplir. Concluida esta etapa, se verifica que el modelo no tiene ningún conflicto, y que la obra puede realizarse tal cual está en el modelo.

El grado mínimo del modelo debe ser el de: “Apto para construir”. Los entregables serán los siguientes:

- Definir los materiales y equipos a adquirir de tal modo que la cotización y proveeduría no sean fallidas.
- Definir todos los métodos constructivos, criterios de aceptabilidad, ensayos de las instalaciones a construir.
- Definir los aspectos geométricos necesarios para la fabricación y montaje de los componentes del proyecto.
- Definir los requerimientos de ensayos, pruebas de equipos y sistemas de las instalaciones. (Centro Argentino de Ingenieros, 2016, p. 19)

### **Ilustración 8**

Ingeniería de detalle



Fuente: (ZARZOSA, 2016)

### 2.3.1.5 LICITACIÓN

La etapa de licitación de proyectos en nivel de proyecto básico, trae consigo un considerable aumento del riesgo de imprecisión. Los costos de una licitación en proyecto básico son relativamente bajos en comparación a un ejecutivo, esto debido a que no se toma en cuenta todas las restricciones que se presentarán a lo largo del proyecto. En la Tabla 1 se aprecian las diferencias de un proyecto según el momento de su licitación.

**Tabla 1**

Ventajas y Desventajas de Licitación en Etapas de Proyectos Básico y Ejecutivo

Licitación después de	Ventajas	Desventajas
Proyecto básico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los costos del proyecto se incorporan al presupuesto de obra</li> <li>-Se acelera el proceso de licitación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pueden presentarse importantes modificaciones y ajustes al proyecto, que generan retrasos al inicio de la obra y problemas contractuales.</li> <li>- Son comunes los sobrecostos en etapas constructivas.</li> <li>- La necesidad de empezar la obra, puede impactar sobre la calidad técnica del proyecto</li> </ul>
Proyecto ejecutivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hay menor incertidumbre en el precio final de la obra,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El proceso de licitación es más extenso.</li> </ul>

Elaboración propia

Una licitación en la etapa de proyecto ejecutivo, en cambio, da una mayor precisión, mejores estimaciones y menos imprecisiones en el proyecto. Si bien es cierto, el proceso de licitación en este tipo de proyectos es más largo que en el básico, a la larga termina siendo ventajoso.

### 2.3.1.6 CONSTRUCCIÓN

La elaboración, así como organización de procesos de construcción se basará en modelos BIM, debido a que permiten el estudio y evaluación de los procesos constructivos, coordinación y sectorización de los equipos destinados a la construcción, logística y seguridad.

La planificación y programación son la parte fundamental del proceso constructivo, siendo una alternativa efectiva la sectorización.

La ventaja del modelo BIM es que permite vincular en una línea de tiempo las actividades programadas para visualizar cómo se desarrollaría el proyecto bajo la programación establecida. Es por ello que en la **Ilustración 9** se evidencia la precisión de un buen modelado BIM y una correcta relación entre disciplinas involucradas en el proceso, debido a esto es que si se tienen varias alternativas se puede comparar y establecer qué opción es la más viable.

Si a los elementos a los que se le asignan tiempos de ejecución se le establecen parámetros como el tiempo de desencofrado de una columna, se obtienen datos más precisos; lo que apoya enormemente en toma de decisiones con respecto a la gestión.

### Ilustración 9

Forma correcta de utilizar un modelo para la construcción



Fuente: (COITI, 2016)

#### 2.3.1.7 PUESTA EN MARCHA

Bajo la modalidad de construcción convencional existe bastante información que se pierde en el camino y que debe ser recreada en cada entrega. En cambio, BIM conserva y usa la información durante todo el ciclo de vida.

Las operaciones de construcción también se facilitan a través del proceso BIM, ya que permite agregar datos al modelo a medida que se avanza la construcción.

Todos los modelos deben reflejar las modificaciones hechas en obra, para que se corresponda con el resultado final, y además deberán ser verificadas antes de entregar.

#### 2.3.1.8 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Gracias a distintos softwares, todos estos con relaciones bidireccionales (capaces de enviar y recibir información con el fin de actualizarla) se puede conocer físicamente un elemento en cuanto a características para conocer las operaciones de mantenimiento ya que dispone de

toda la información relevante en el modelo BIM, como son: modelos de equipos, número de serie, catálogos, etc.

Las labores de mantenimiento abarcan desde las más simples como el mantenimiento de un escritorio de trabajo, si pensamos en una vida útil promedio. En la **Ilustración 10** se observa a un “operador BIM” en plena labor de mantenimiento.

En resumen, lo que el operador hace en un modelo de mantenimiento predictivo es:

- Observar las alarmas.
- Identificar el escenario.
- Comparar con experiencias previas.
- Encontrar la solución apropiada.
- Reaccionar de la mejor manera. (CASTILLO, 2020)

La suma de todas estas operaciones y mantenimiento elevan el costo del edificio hasta unas cuatro veces. Con BIM, la información de los equipos se encuentra a disposición del usuario, por lo que se lleva un mejor control en el aspecto de gestión de mantenimiento.

### Ilustración 10

Modelo BIM para operación de equipos



Fuente: (Castillo, 2020)

## CAPÍTULO III

### 3. GENERALIDADES

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN

Para poder tener una estructuración adecuada del proyecto, se requiere entender a detalle el proyecto desde su concepción arquitectónica.

El edificio en cuestión una vivienda multifamiliar ubicado en el cercado de Arequipa, provincia de Arequipa, distrito de Arequipa. El área del terreno es de 277.74 m<sup>2</sup>; de los cuales se aprecia el área utilizada en cada departamento en la **Tabla 2**:

**Tabla 2**

Área techada por piso

Nivel	Área techada (m <sup>2</sup> )
Semisótano	235.00
Primer piso	150.00
Segundo piso	194.00
Tercer, cuarto y quinto piso	165.00
Sexto piso	145.00

Elaboración propia

El segundo, tercer y cuarto piso con dos departamentos, cada uno con tres dormitorios, tres baños, una cocina y una sala comedor.

El quinto y sexto piso conforman un dúplex, cuentan con dos departamentos, cada uno con cuatro dormitorios, cinco baños, una cocina y una sala comedor.

Adicionalmente cada departamento cuenta con un patio-lavandería, cada dormitorio con su propio closet.

Los siete pisos de la edificación, con el semisótano incluido cuentan con 889 m<sup>2</sup>.

### **3.2 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS)**

Uno de los principales estudios que se realizan para la construcción de la edificación es el estudio de mecánica de suelos. Este estudio es independiente de cada proyecto y responde a varios factores como son: la zona sísmica donde se situará la edificación, también se pueden conocer factores como el uso de la edificación, el tipo de suelo, los niveles de la estructura y si incluyen sótanos.

El estudio mencionado se presenta en el Anexo I. Se procederá a colocar los datos necesarios para el análisis y diseño estructural.

#### **3.2.1 CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO**

La capacidad portante del suelo en cuestión es de  $2.48 \text{ kg/cm}^2$ , con la cual se trabajará la cimentación.

La profundidad de desplante mínima de las cimentaciones según el EMS es de 1.50 m desde el terreno natural.

#### **3.2.2 COMPORTAMIENTO SÍSMICO DEL SUELO**

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores del factor de amplificación del suelo  $S$  y de los períodos  $TP$  y  $TL$  (E030 SENCICO, 2016).

Tomando en cuenta estas consideraciones, se toma en cuenta como un suelo tipo  $S2$ .

### **3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

- Se realizó el modelamiento de los elementos en la herramienta BIM Revit con el fin de entender el proyecto estructural y para su posterior exportación.
- Para realizar el análisis estructural, se tomó como herramienta BIM al software ETABS

16.

- Se realizó el modelamiento de estructuras (sBIM) para que al momento de la transferencia se traspasen las propiedades principales del modelo (materiales, densidades, etc)
- Se hizo la verificación de los elementos transferidos, con su posterior corrección para dar lugar al modelo sBIM definitivo.
- Se procedió a diseñar todos los elementos de la estructura.
- Sobre el modelo sBIM, se modeló el resultado del diseño como acero de refuerzo.
- Una vez modelado el acero de refuerzo, se procede a la elaboración de planos de construcción.
- Teniendo el modelo listo, se procede a hacer la transferencia hacia un programa de simulación (que en este caso fue Autodesk Navisworks).
- Se identifican los elementos para agruparlos y secuenciarlos.
- Luego, con una extensión para llevar nuestro modelo 4D, incluyendo la variable tiempo, se exporta la información a MS Project 2016, para determinar los tiempos exactos y relaciones de precedencia.
- Posteriormente se regresa al programa de simulación, para así tener un modelo completo, y proceder a revisar la simulación 4D.
- Se realizan las revisiones de interferencia, conectividad del modelo

## CAPÍTULO IV

### 4. ANÁLISIS ESTRUCTURAL A PARTIR DE UN MODELO BIM

En general, antes de empezar a hacer un modelado BIM, es importante tener clara la finalidad con la que se elabora el modelo (ya sea para la construcción del mismo, control de costos, generación de planos a través del modelo, etc). Esto dará una idea clara y general del proyecto y permitirá definir las herramientas a utilizar.

El objetivo principal de este proyecto es llevar a cabo el diseño estructural y la generación de planos a partir del modelo. Debido a esto se eligió la interoperabilidad entre Revit y ETABS 2016. Con estas herramientas es posible encaminar bien el modelo y evaluar la confiabilidad del mismo.

#### 4.1 CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN UTILIZADOS

Para el predimensionamiento utilizado se consideraron diferentes criterios basados en proyectos anteriores, experiencia, libros, etc.

##### 4.1.1 PREDIMENSIONAMIENTO DE LOSAS

Para el caso de la losa aligerada, se diseñarán las viguetas que irán a lo largo de uno de los dos lados o tal vez los dos (depende del análisis estructural). Es la primera iteración en la estructura, que si se hace correctamente, los cambios posteriores no representarán mayor demanda de tiempo. En la **Ilustración 11** se aprecian los distintos espesores de losa con respecto a longitudes libres. adoptó una losa de 5 cm, con viguetas cada 40 cm, con su refuerzo por flexión y temperatura correspondiente.

### Ilustración 11

Espesores de Losa de acuerdo a Longitud Libre

$H = \frac{L_n}{25}$

DONDE:  
H: peralte de la losa  
L<sub>n</sub>: luz libre

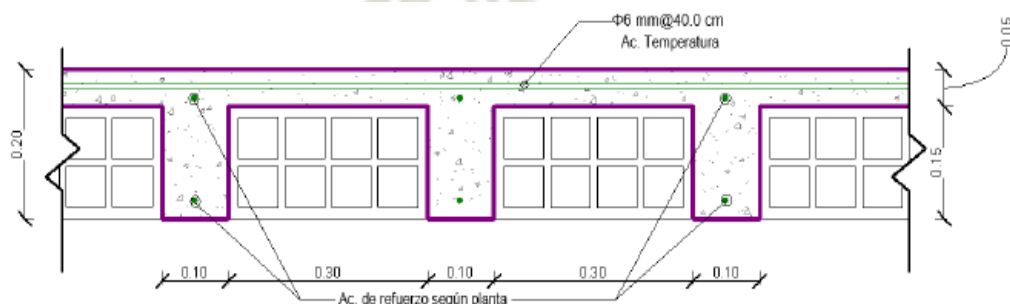
L <sub>n</sub>	ESPESOR DE LOSA	LADRILLO
4 m	17 cm	12 cm
5 m	20 cm	15 cm
6 m	25 cm	20 cm
7 m	30 cm	25 cm

Fuente: (ACI 318-14, 2016)

En la **Ilustración 12** se observa el detalle de losa aligerada, la losa de 5cm, y las viguetas de concreto, las unidades alveolares que sirven para aligerar la carga de la losa con respecto a una losa llena o maciza. Así mismo, se aprecian los aceros de refuerzo por flexión o temperatura productos del diseño y verificación de losa.

### Ilustración 12

Espesores de losa de acuerdo a las luces



Fuente: Elaboración propia

Para el caso de losa maciza, se evalúan las dimensiones en ambos sentidos del paño a analizar

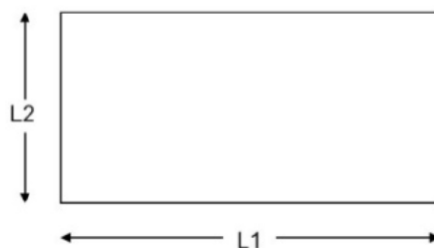
Se puede considerar el siguiente criterio para una losa maciza unidireccional.

$$H_{maciza} = H_{aligerada} - 5cm$$

Ahora bien, para losas macizas bidireccionales, podemos usar la siguiente fórmula presentada en la **Ilustración 13**:

**Ilustración 13**

Criterio para definir la dirección de la losa maciza



Si  $L1/L2 > 2$ , considerar losa unidireccional.

Si  $L1/L2 < 2$ , considerar losa bidireccional.

Fuente: Elaboración propia

El código (ACI 318-14, 2016), presenta la **Ecuación 2**, para calcular el primer espesor de losa a modelar.

$$H = \frac{k * L^2}{\lambda} + 1.5 \text{ cm} \quad (2)$$

**Ecuación 2** Altura de losa de acuerdo al tipo de apoyo (ACI 318-14, 2016)

Donde: L= Longitud más corta de la losa

$\lambda = 35$  para losa de entrapiso

$\lambda = 40$  para losa de techo

k = ver tabla

A continuación, se presenta en la **Ilustración 14** los factores dependiendo de los tipos de apoyo.

**Ilustración 14**

Factores k dependientes del tipo de apoyo

Tipo de Apoyo	ε					
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.80	0.88	0.91	0.93	0.94	0.95
3	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
4	0.60	0.66	0.72	0.78	0.84	0.88
5	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
6	0.66	0.70	0.72	0.74	0.75	0.76
7	0.58	0.61	0.66	0.70	0.74	0.75
8	0.58	0.58	0.58	0.59	0.59	0.59
9	0.53	0.55	0.56	0.56	0.57	0.58



Fuente: (ACI 318-14, 2016)

Siendo:

$$\epsilon = \frac{L1}{L2} \tag{3}$$

**Ecuación 3** Relación de dimensiones de paño de losa (E060 SENCICO, 2009)

**4.1.2 PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS**

Las vigas son elementos horizontales que reciben esfuerzos de flexión, corte y en algunos casos, torsión. Tienen como función transmitir cargas a las columnas o muros; a su vez reciben las cargas de las losas. Las vigas pueden recibir a su vez cargas sísmicas dependiendo de su rigidez.

El predimensionamiento de vigas en general depende de la luz entre apoyos, del área tributaria de la losa que cargan

$$H = \frac{Ln}{12} \quad (4)$$

$$b = \frac{H}{2}$$

**Ecuación 4** Predimensionamiento de vigas (Abanto, 2007)

Donde:            b = base de la viga rectangular

H = peralte de la viga

Ln = distancia entre apoyos

**4.1.3 PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS**

Las columnas son elementos verticales encargados de transmitir las cargas de la estructura a la cimentación. Principalmente reciben fuerzas axiales, pero también en muchos casos reciben esfuerzos de corte y de flexión debido a efectos sísmicos.

A las columnas se les debe tratar por su posición geométrica, ya que de eso depende la cantidad de fuerza axial y momento que esta recibe y con lo cual se realiza su predimensionamiento.

El criterio utilizado es el siguiente:

$$Ac = \frac{P_{servicio}}{0.45xf'c} \quad (5)$$

**Ecuación 5** Predimensionamiento de columna (Blasco, 1998)

Donde:             $Ac = \text{Área de sección}$              $P_{servicio} = PxAxN$

Donde :             $A = \text{Área tributaria en columna}$

$N = N^\circ$  de pisos del edificio             $P = \text{Carga total del edificio}$

Como un criterio adicional, se tiene que el término  $A_c$  hace referencia al área de la columna, y no a las medidas de la sección, por lo que esto dependerá del criterio propio, distribución en planta, etc; por ende el predimensionamiento de los elementos estructurales tiene que estar relacionado con el comportamiento de la estructura.

#### 4.1.4 PREDIMENSIONAMIENTO DE MUROS

El predimensionamiento de muros principalmente depende de la función para la que se diseñarán estos. En el caso de muros de sótano, muchas normativas indican que el espesor del muro de sótano no debe ser menor de 20 cm, pero cuando se trata de un muro de contención de mucha altura, se considera un espesor mucho mayor, incluso un espesor variable. Así que depende del uso que se le dará.

Los muros utilizados en edificaciones se utilizan principalmente con fines de mejorar el comportamiento sísmico del sistema, trabajan a esfuerzos axiales, y principalmente por esfuerzos de corte y flexión.

Se puede considerar un predimensionamiento:

$$t = \frac{h}{20} \quad (6)$$

**Ecuación 6** Predimensionamiento de muros (ACI 318-14, 2016)

Donde:  $t$  = espesor del muro

$h$  = altura del muro

La longitud del muro depende mucho del comportamiento que se espera, y muchas veces depende de la arquitectura, de los espacios disponibles previos al análisis.

#### 4.1.5 MODELO FÍSICO Y ANALÍTICO

Primero es importante tener claros los conceptos que maneja el programa Revit al momento de generar un modelo; estamos hablando de los modelos tanto físicos como analíticos.

El modelo físico es aquel que cuenta con toda la información presentable del proyecto: secciones, formas, ubicación de los elementos, etc.

El modelo analítico es aquel modelo que se forma cada vez que creamos un elemento en el modelo físico y que está directamente relacionado con él, es decir, si cambia de ubicación en el espacio físico, también lo hará en el analítico. La finalidad de este modelo es llevar a cabo el cálculo estructural, por lo que se usa para esto.

La ventaja de contar con dos modelos, es que solo se elabora uno de ellos, el modelo físico. El modelo analítico se usa para la transferencia de datos al programa designado para su análisis y diseño estructural.

A continuación, en la se hace una comparación entre modelos tanto físico, como analítico, de manera que es notable la ventaja de contar una coordinación entre ambos modelos.

**Tabla 3**

Diferencias entre modelo físico y analítico

Nº	MODELO FÍSICO	MODELO ANALÍTICO
1	Contiene la información del modelo como planos, elementos, materiales y todo aquel presentable necesario.	Contiene solamente la información que se utilizará para el análisis estructural.
2	Su ubicación corresponde al lugar real donde se va a realizar la construcción.	La ubicación de los elementos depende mucho de la idea que tenga el proyectista al momento de hacer un modelo, ya que existen varios grados de imprecisión corregibles.
3	Representado por elementos y formas sólidas, junto con toda la información que llevan	Representado por elementos tipo línea o área con limitada información únicamente para el análisis estructural.
4	Su función principal es la de ser utilizable en cualquiera de las etapas de un proyecto	Su función de principal es servir de base para un correcto análisis estructural en una herramienta como es ETABS.

Elaboración propia

Ahora que se tienen los conceptos claros de ambos modelos podemos inferir que ambos modelos se elaboran juntos, pero se modifican por separado. En todo momento deben estar relacionados y deben permanecer unidos hasta el final para no alterar la información a la hora de extraerla.

## 4.2 PROCESO DE MODELADO CON REVIT

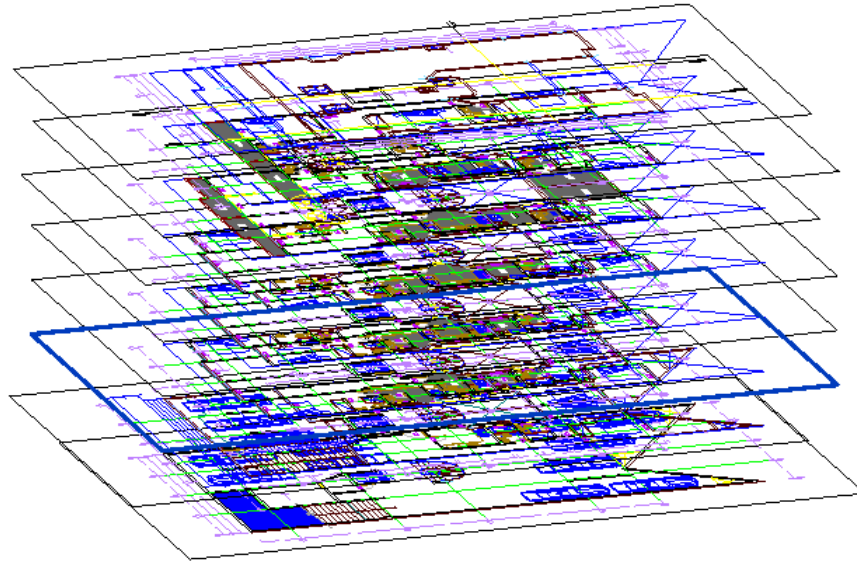
En esta sección se ilustrará cómo se realizó el modelado de los elementos estructurales en Autodesk Revit, su correspondiente modelo analítico, su función dentro del mismo programa, y la importancia de un buen modelado para una correcta transferencia de datos.

En Revit existe más de una manera de importar o exportar información, ya sea a programas de la línea de Autodesk, como de otras compañías. Es el caso de este proyecto, ya que se partió de un plano de arquitectura en Autocad, el cual se superpuso planta sobre planta para poder predimensionar los elementos. Esto se realizó en aras de ahorrar el tiempo que representa moverse entre varios archivos de Autocad y que por cualidades de ordenador, muchas veces no se cumplen con las expectativas deseadas.

Para proceder a estructurar se tienen en consideración los criterios narrados anteriormente; con el fin de poder plasmar en Revit el predimensionamiento estructural de la edificación. Una vez terminada la estructuración se procede a trabajar conjuntamente entre una herramienta de dibujo como es Autocad, y una herramienta BIM de modelamiento, obteniendo los resultados de superposición como se observa en la **Ilustración 15**.

### Ilustración 15

Superposición de plantas en Autodesk Revit

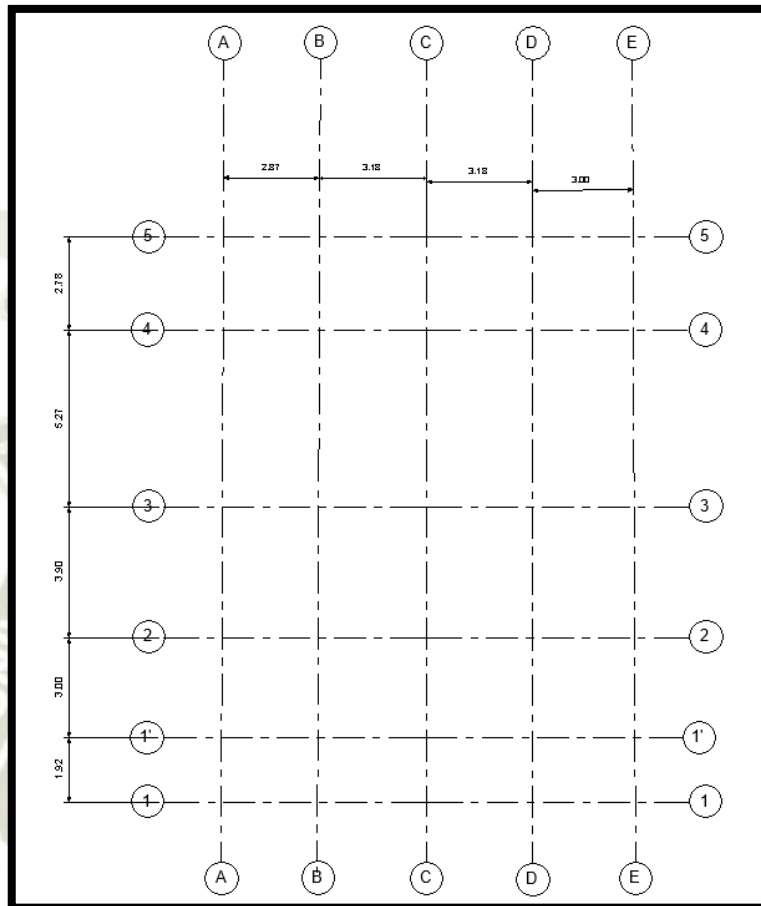


Fuente: Elaboración propia

Para empezar a modelar en Autodesk Revit, es necesario designar en primer lugar, las grillas y los niveles (**Ilustración 16**). Esto mediante la importación del modelo desde Autocad, permitirá contar con los ejes de arquitectura que pueden servir como una referencia inicial. A la par, se trabaja en vista de elevación la altura de los diferentes niveles de la edificación (**Ilustración 17**).

### Ilustración 16

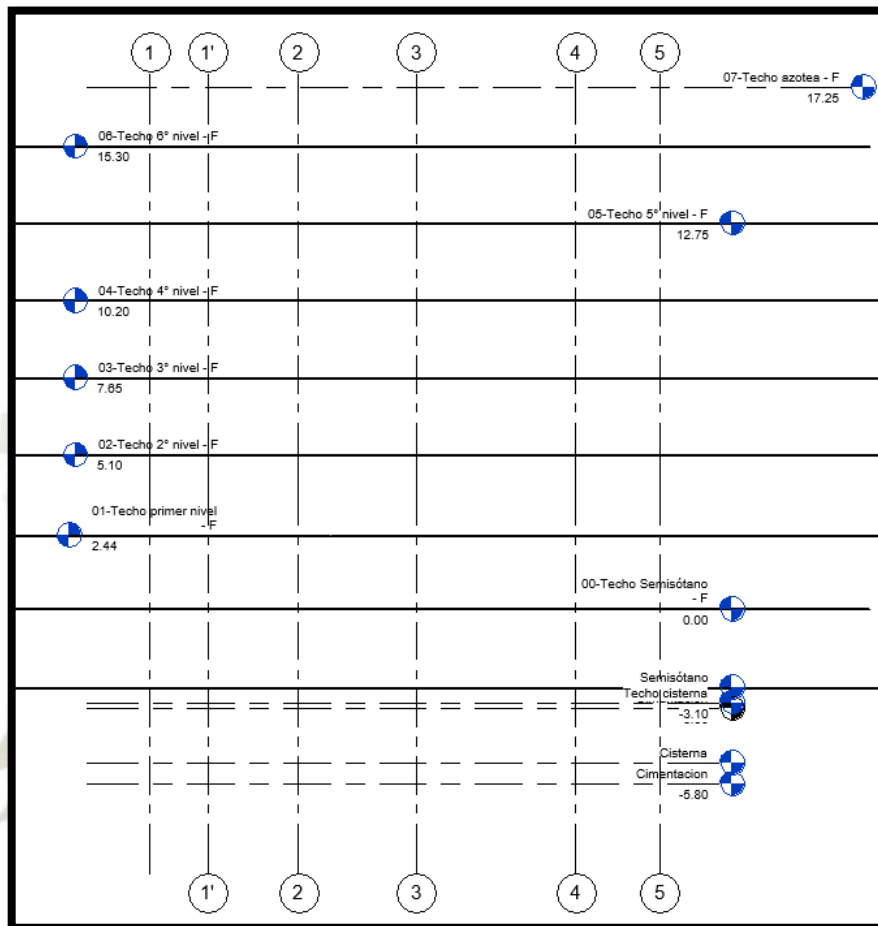
Rejillas en Autodesk Revit



Fuente: Elaboración propia

## Ilustración 17

Niveles en Autodesk Revit



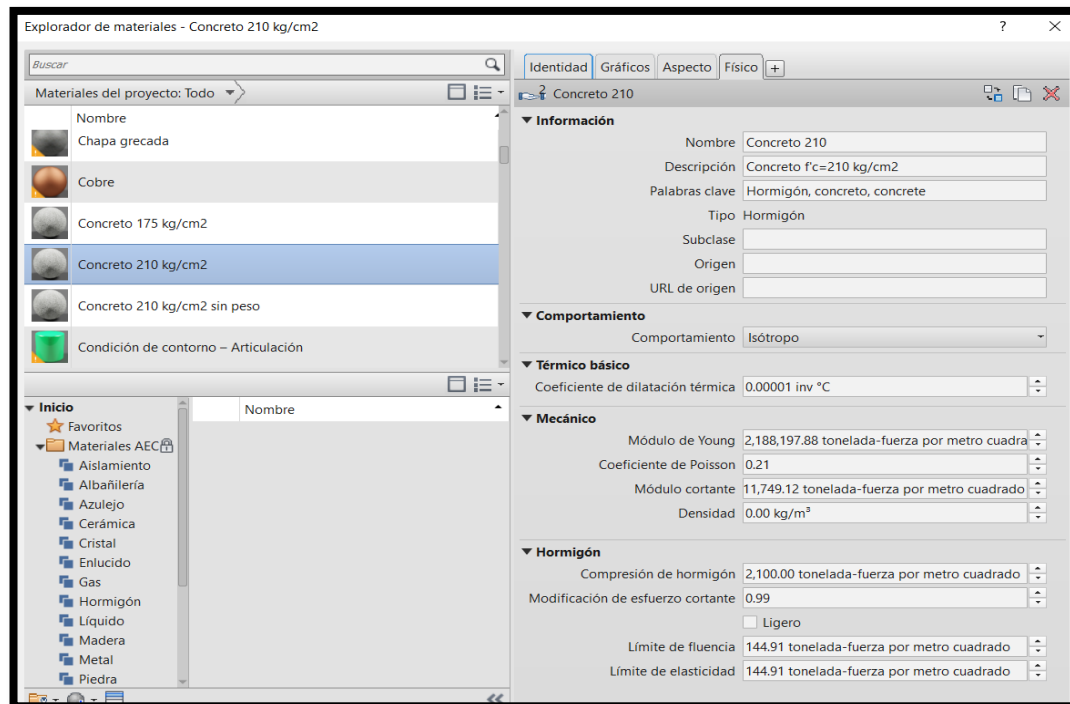
Fuente: Elaboración propia

### 4.2.1 MATERIALES

Entre la información inicial que se transfiere entre programas de carácter BIM están los materiales, que en este caso los principales fueron, concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y Acero  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ . Estos ajustes iniciales, dan cierta ventaja en cuestión de tiempo con respecto al modelamiento convencional. En la **Ilustración 18** se observan las propiedades del concreto introducidas al programa Autodesk Revit, así como en la **Ilustración 19** pasa lo mismo con el acero de refuerzo.

### Ilustración 18

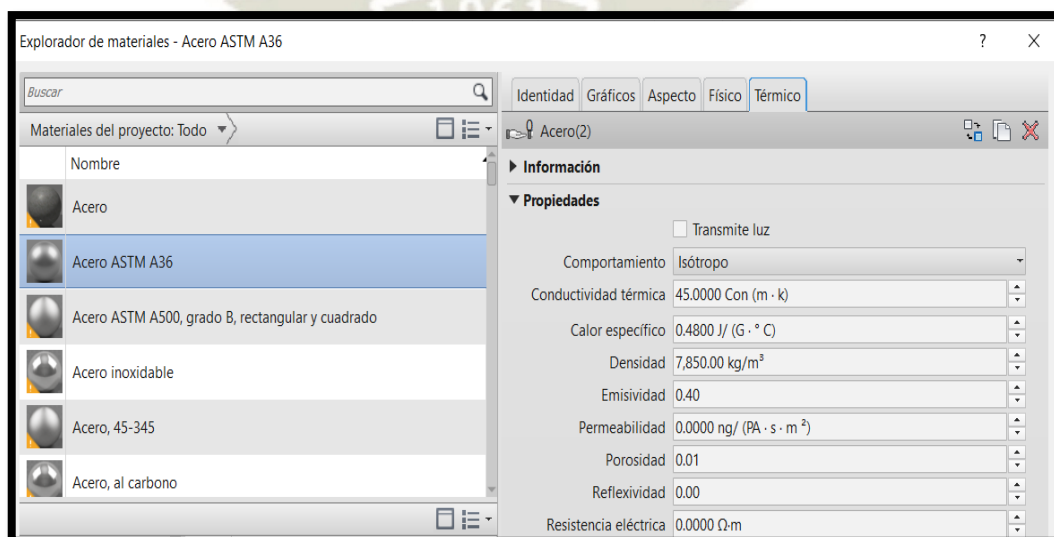
Propiedades del concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en Revit



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 19

Propiedades del Acero de refuerzo  $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$  en Revit



Fuente: Elaboración propia

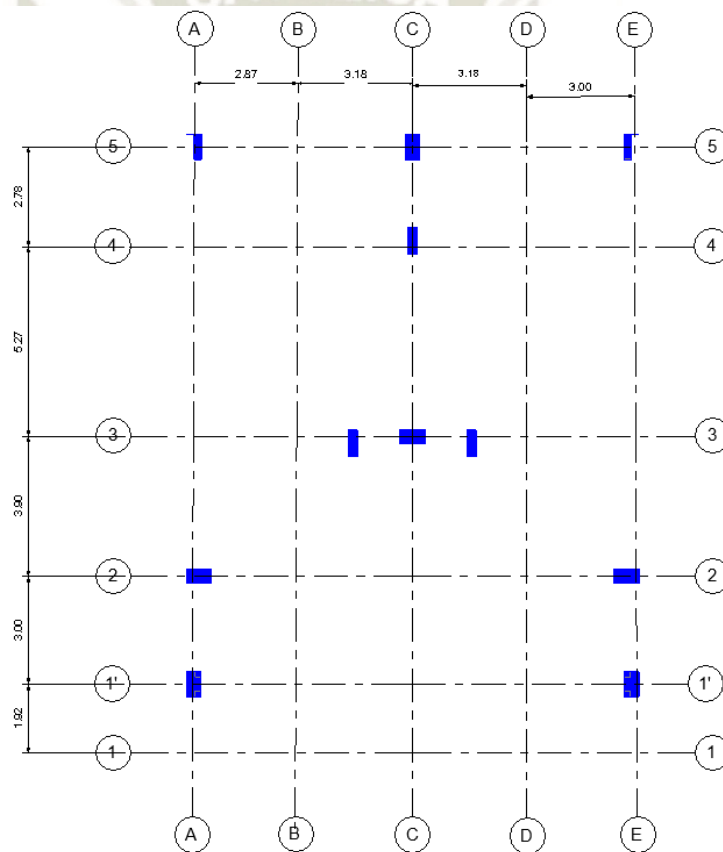
#### 4.2.2 COLUMNAS

El modelamiento empieza por los elementos verticales, en este caso particular, lo llamaremos Pilares estructurales, ya que esta categoría es atribuida por Revit. Estos se colocarán en las posiciones respectivas de acuerdo al predimensionamiento anterior.

(Ilustración 20).

#### Ilustración 20

Pilares estructurales en Revit



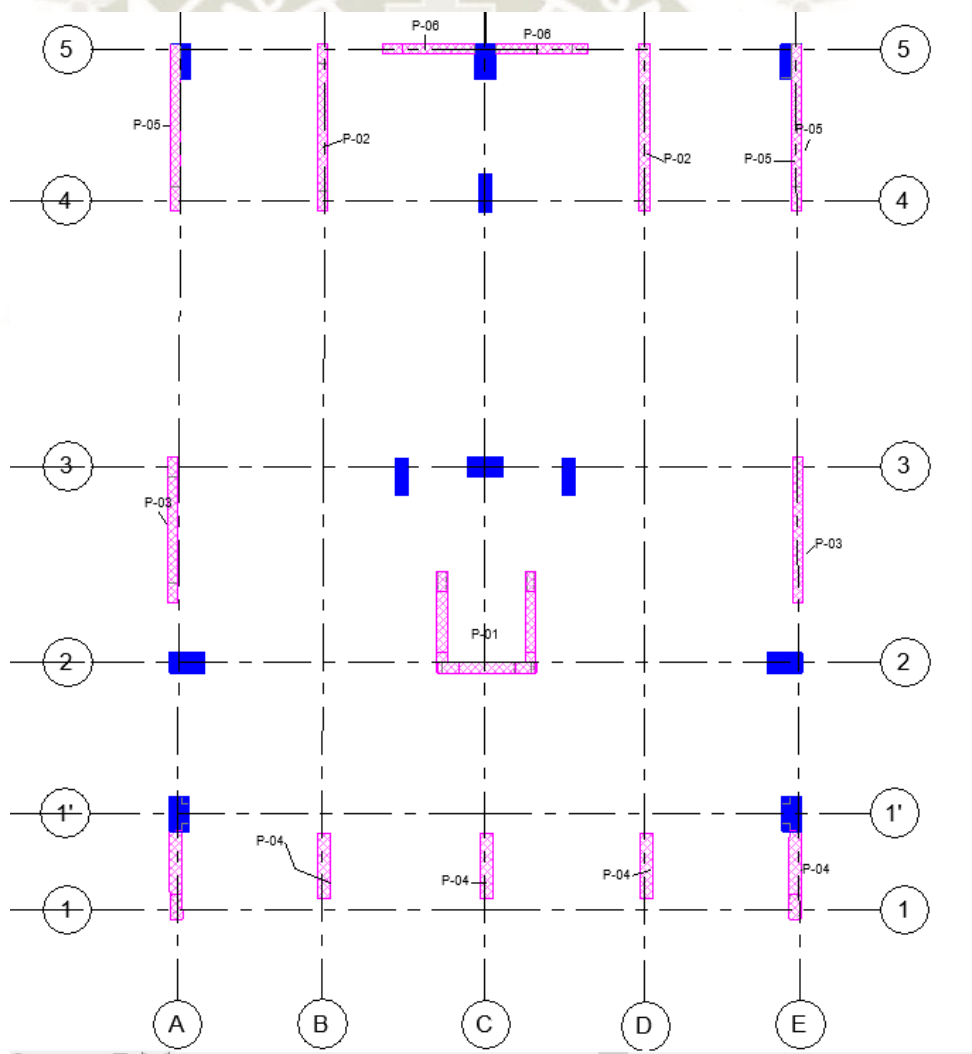
Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3 MUROS

Seguimos inmediatamente con los muros, cuyo tratamiento es similar, en temas de análisis estructural; pero en este caso, por ser Revit, serán muros estructurales, ya que existen también los muros arquitectónicos. Estos se colocaron en todo el sótano, como muros de contención, y en altura, como muros de corte o placas. Se presenta en la **Ilustración 21** un plano de techos en etapa de predimensionamiento, generado en Autodesk Revit.

#### Ilustración 21

Modelamiento de muros estructurales en Revit – Primer piso



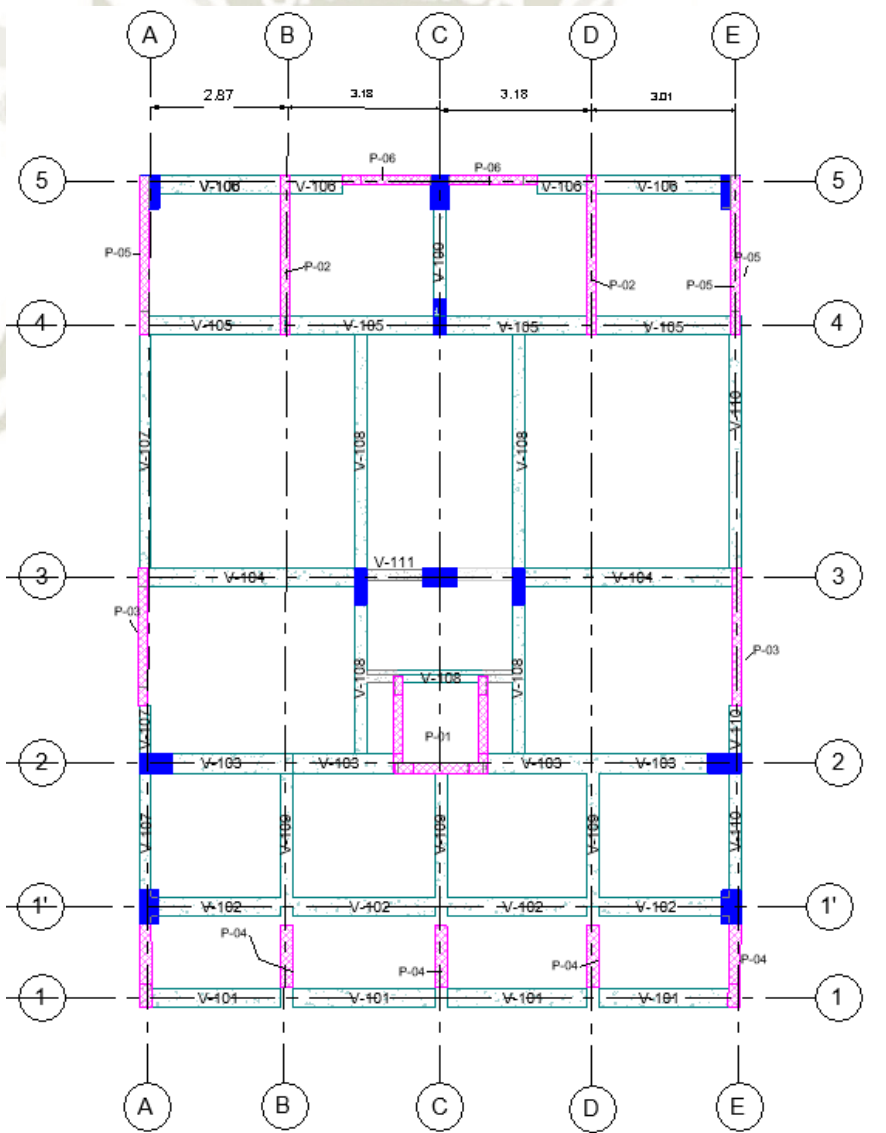
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4 VIGAS

Lo siguiente en modelar son las vigas, son las vigas, que están consideradas dentro de la categoría “Armazón estructural”. Estas serán colocadas también guiándose de los ejes, formando pórticos y cerrando losas, con el propósito de conectar la estructura (**Ilustración 22**).

**Ilustración 22**

Modelamiento de vigas (armazón estructural) en Revit



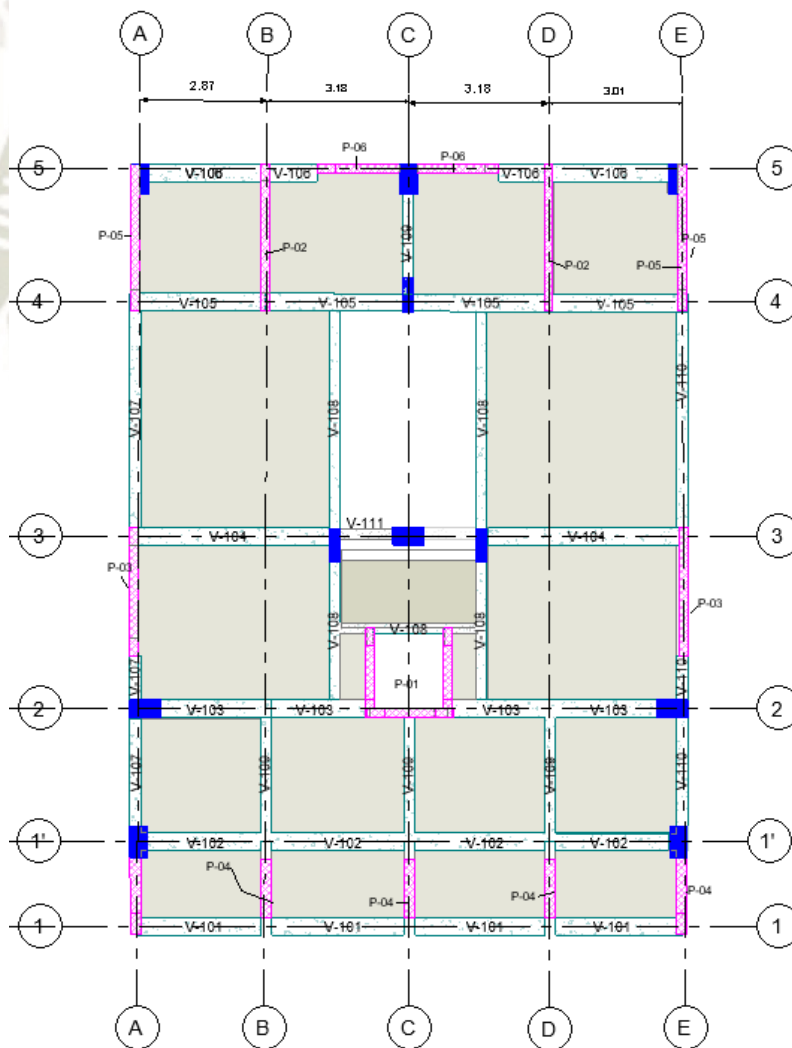
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.5 LOSAS

Pertenecientes a la categoría Suelos, particularmente al estructural. Son elementos área, que se pueden dibujar como borde para dibujar un paño de losa (**Ilustración 23**). Si bien es cierto, predimensionar la losa, es un hito inicial para un primer cálculo de la estructura; al momento de modelar la estructura es elemento final debido a que en temas de superestructura, se modela como se construye.

#### Ilustración 23

Modelamiento de losas en Revit



Fuente: Elaboración propia

Cada elemento generado que es parte del llamado modelo físico (aquel modelo que muestra características simulables), crea elementos de carácter analítico para cada tipo de ejemplar. Así, se procedió a corregir cada elemento con respecto a intersecciones entre rejillas, ya que el alineamiento de estos puede realizarse de tres formas:

**Autodetección:** Esta opción permite que el programa, mediante valores de tolerancia de aproximación integrados, unir los elementos por defecto. Lo ideal sería, unir todos mediante esta opción, pero no siempre es efectivo.

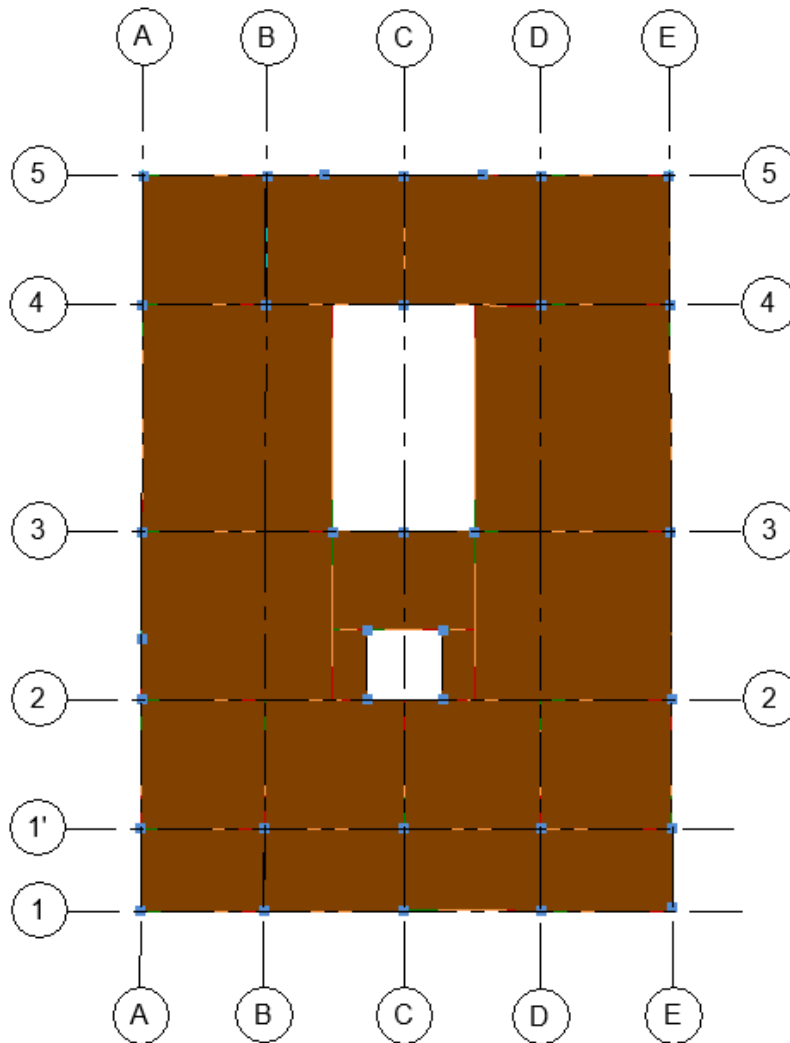
**Proyección:** Este es el punto medio entre los tres tipos, permite al usuario alinear los elementos generados, de acuerdo a los ejes y niveles creados por el mismo. Permite corregir los faltantes de la fase pasada.

**Ajustada manualmente:** Si pese a la opción de proyección, no es posible alinear todos los ejemplares, la tercera opción es la de ajuste manual. Esta opción permite al usuario corregir los elementos con la ayuda del cursor, desde los extremos de los elementos pueden corregirse de manera rápida, pero no precisa del todo. No es recomendable a menos que se hayan agotado las dos primeras opciones.

Para finalizar, en la **Ilustración 24** se presenta un modelo analítico del primer piso, listo para ser exportado.

### Ilustración 24

Primera planta del modelo analítico en Revit

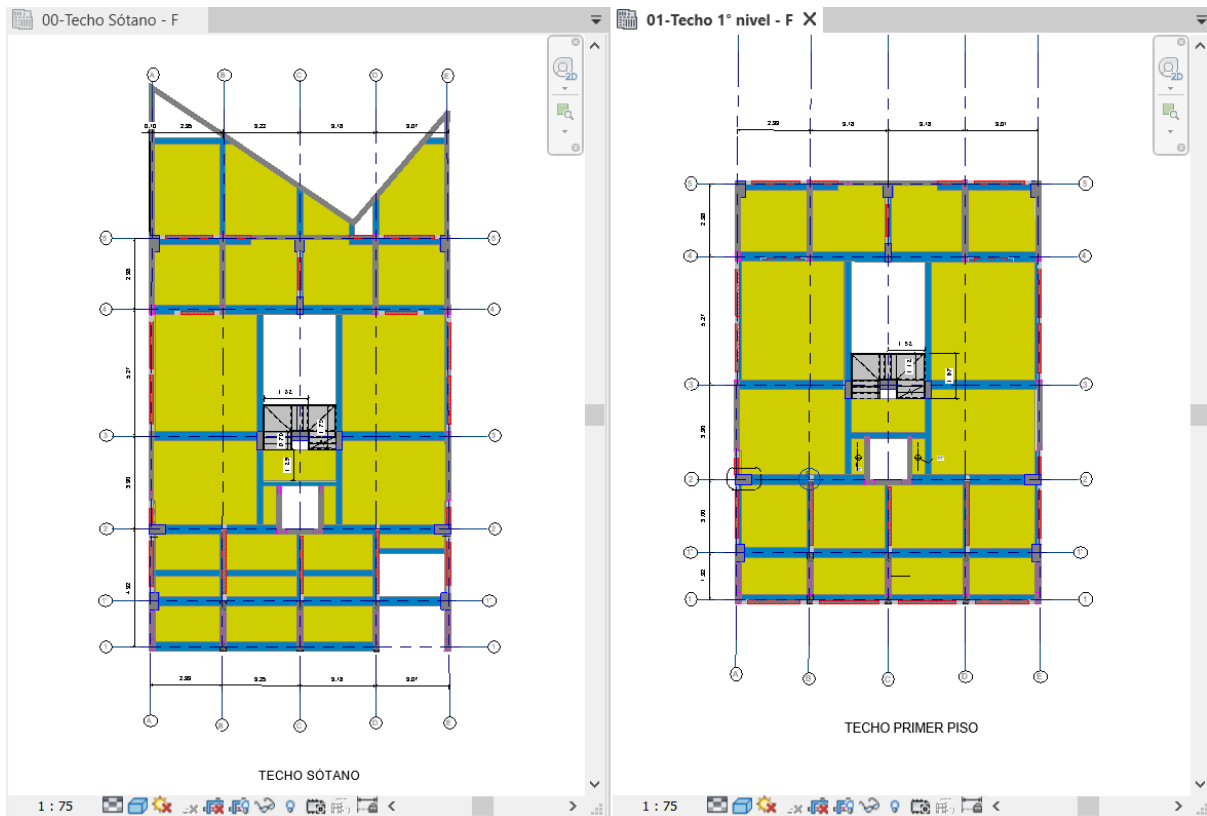


Fuente: Elaboración propia

La ventaja de Autodesk Revit, es que permite el modelamiento de todos los elementos predimensionados, estos que a su vez generan elementos analíticos de cada uno y precisamente es el modelo que se transfiere a los programas de análisis para su corrección y posterior análisis (**Ilustración 25**).

## Ilustración 25

Primer predimensionamiento de elementos estructurales



Fuente: Elaboración propia

### 4.3 CONCEPTOS PREVIOS AL ANÁLISIS

#### 4.3.1 CARGAS:

##### 4.3.1.1 CARGA MUERTA:

Fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos. (SENCICO, 2006, p. 2)

#### 4.3.1.2 CARGA VIVA

Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles soportados por la edificación. (SENCICO, 2006, p. 2)

#### 4.3.1.3 CARGA SÍSMICA

Las cargas sísmicas merecen un análisis aparte más detallado, debido a su complejidad y consideraciones.

### 4.3.2 ANÁLISIS SÍSMICO

El análisis sísmico permitirá conocer el comportamiento de la estructura ante un sismo, conociendo los modos de vibración de la edificación (siendo los principales: rotación, traslación en el eje xx, traslación en el eje yy), la fuerza cortante del edificio, los desplazamientos gracias a las fuerzas horizontales y los esfuerzos que actúan sobre la estructura.

El programa utilizado para el análisis fue el ETABS 2016, que permite tener un modelo tridimensional de la estructura, analizando los pórticos y muros de la estructura de manera conjunta, gracias a los diafragmas rígidos que compatibilizan desplazamientos

Mediante el análisis sísmico se obtienen los siguientes resultados que actúan en la estructura:

- Periodos de vibración
- Cortante basal
- Desplazamientos laterales
- Esfuerzos originados del análisis sísmico

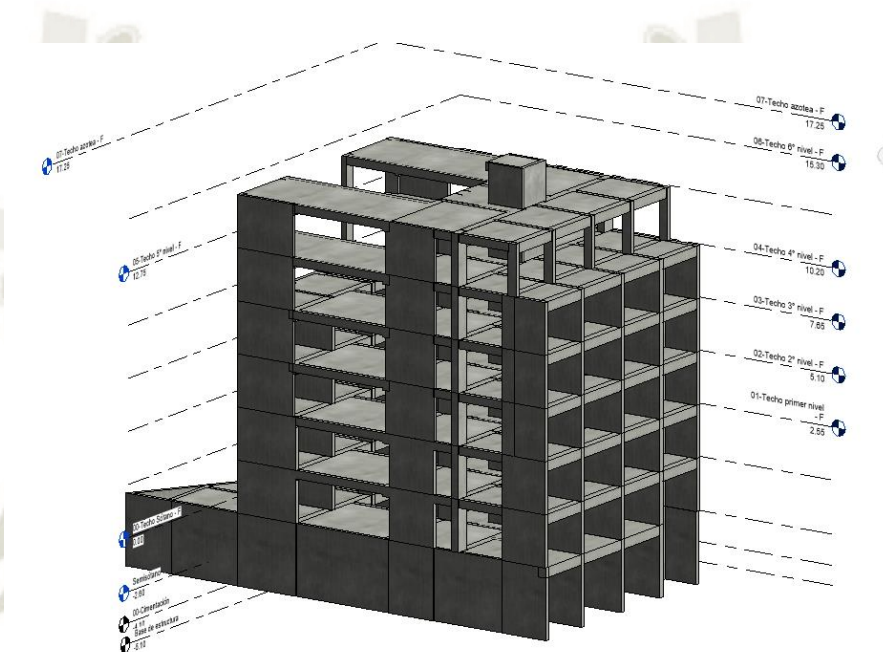
La estructura en cuestión se analizará de acuerdo a los parámetros de acuerdo a la norma E030 Diseño sismorresistente

#### 4.4 ESTRATEGIA DE TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN A ETABS

Como se mencionó anteriormente, es necesario modelar todos los elementos con sus medidas exactas (**Ilustración 26**).

##### Ilustración 26

Modelo físico 3D listo para transferencia de datos

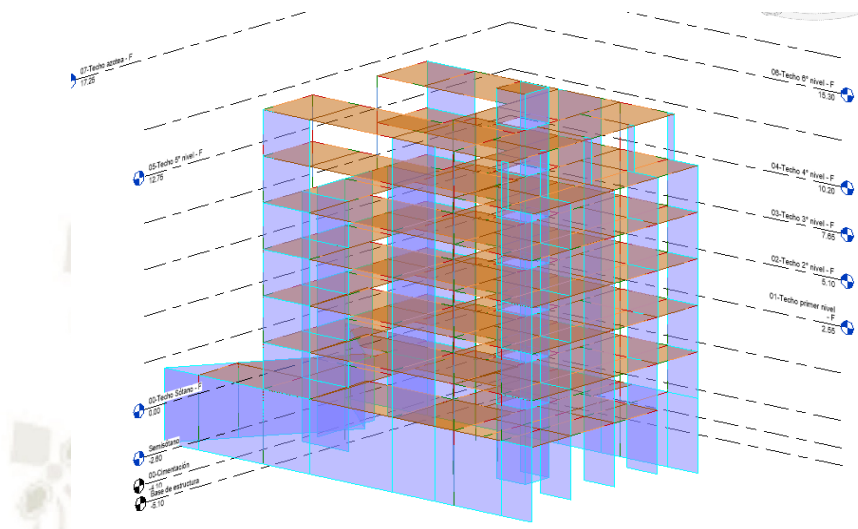


Fuente: Elaboración propia

A su vez, es necesario contar con su correspondiente modelo analítico (**Ilustración 27**), ya que éste es el que se transferirá y no el modelo físico.

### Ilustración 27

Modelo analítico 3D listo para transferencia de datos

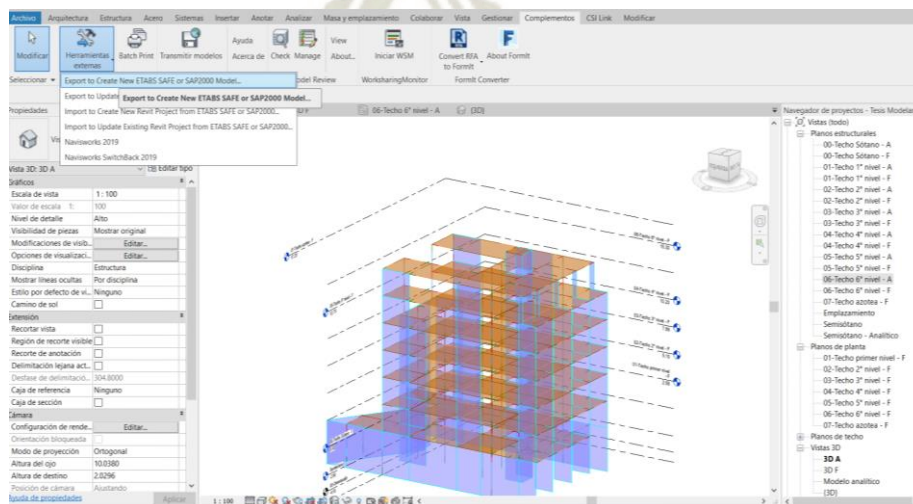


Fuente: Elaboración propia

Depende mucho de la compañía dueña de la herramienta BIM, en este caso es ETABS, un producto de CSI Company, por lo que su plugin se debe instalar y usarla desde la pestaña “Complemento” (Ilustración 28).

### Ilustración 28

Pluggin de transferencia de modelo

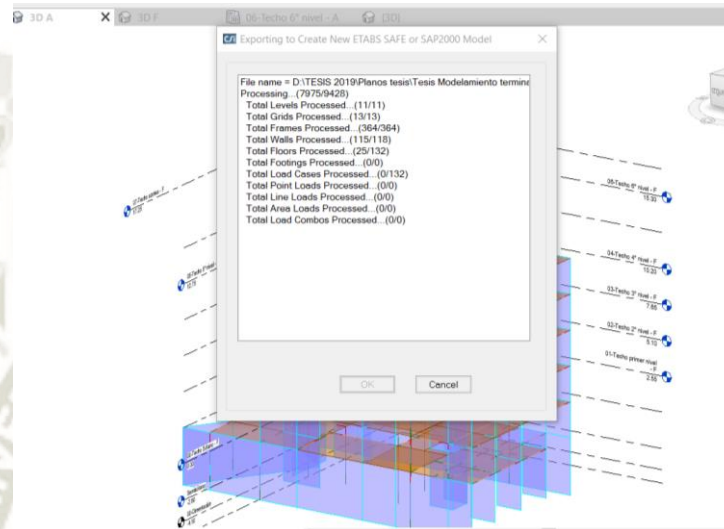


Fuente: Elaboración propia

En la **Ilustración 29** se tiene el cuadro de diálogo que mide el estado de la transferencia y contiene una lista de elementos transferidos, y su estado de transferencia.

### Ilustración 29

Cuadro de diálogo de elementos

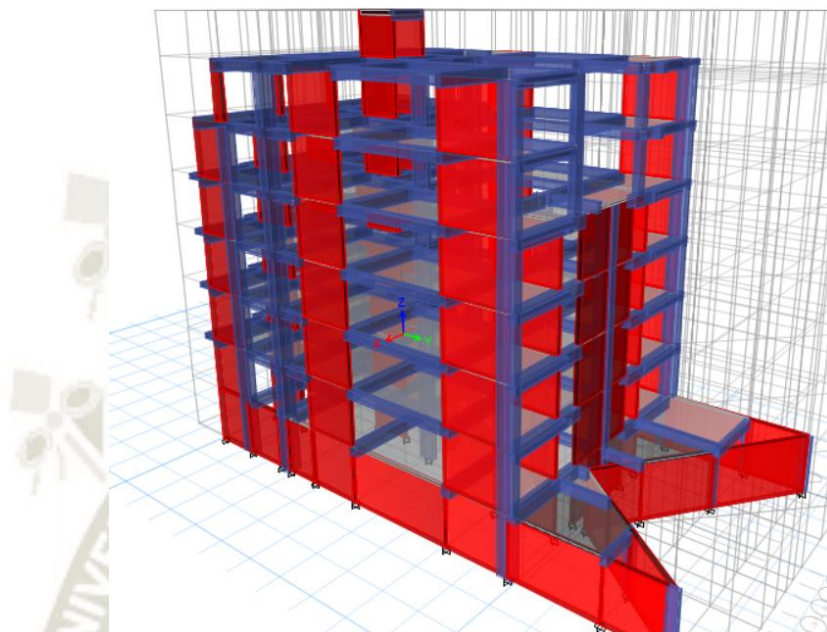


Fuente: Elaboración propia

El modelo exportado se guardará con formato Etabs Revit Exchange Files (\*.exr). Luego, se ingresará al programa de análisis estructural (**Ilustración 30**).

### Ilustración 30

Modelo transferido a ETABS 2016

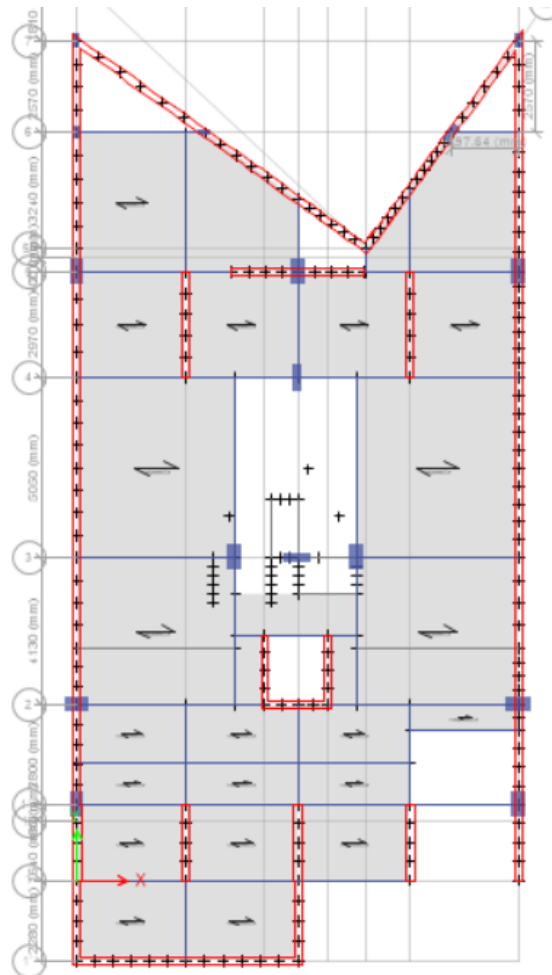


Fuente: Elaboración propia

Se aprecia la similitud entre ETABS 2016 y Autodesk Revit, como en la **Ilustración 31**; esto se debe esencialmente al reconocimiento entre herramientas BIM, como relación de grillas, rejillas, materiales, etc.

### Ilustración 31

Planta de techos de sótano



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1 MATERIALES

Como se mencionó en el modelado en Revit, en ETABS 2016 se aprecian propiedades similares al programa de modelamiento; esto hace que las revisiones en este aspecto (**Ilustración 32**), sean mínimas.

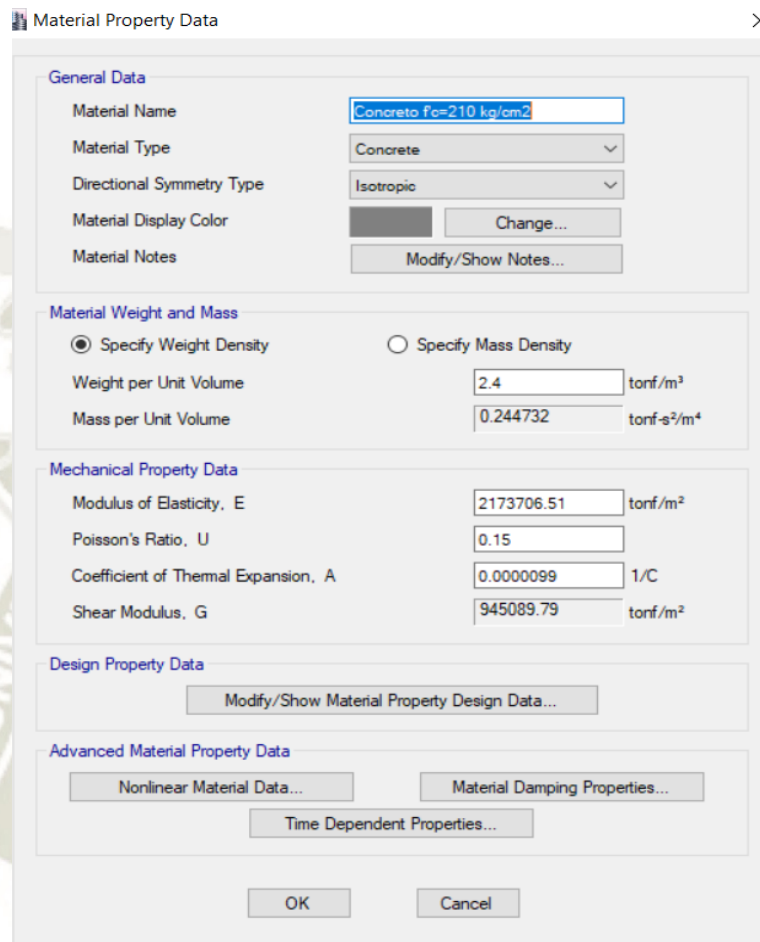
Los materiales utilizados son:

Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para elementos de hormigón armado

Acero  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  para refuerzo estructural

## Ilustración 32

### Propiedades del concreto



**Material Property Data**

**General Data**

Material Name:

Material Type:

Directional Symmetry Type:

Material Display Color:

Material Notes:

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density       Specify Mass Density

Weight per Unit Volume:  tonf/m<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume:  tonf-s<sup>3</sup>/m<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E:  tonf/m<sup>2</sup>

Poisson's Ratio, U:

Coefficient of Thermal Expansion, A:  1/C

Shear Modulus, G:  tonf/m<sup>2</sup>

**Design Property Data**

**Advanced Material Property Data**

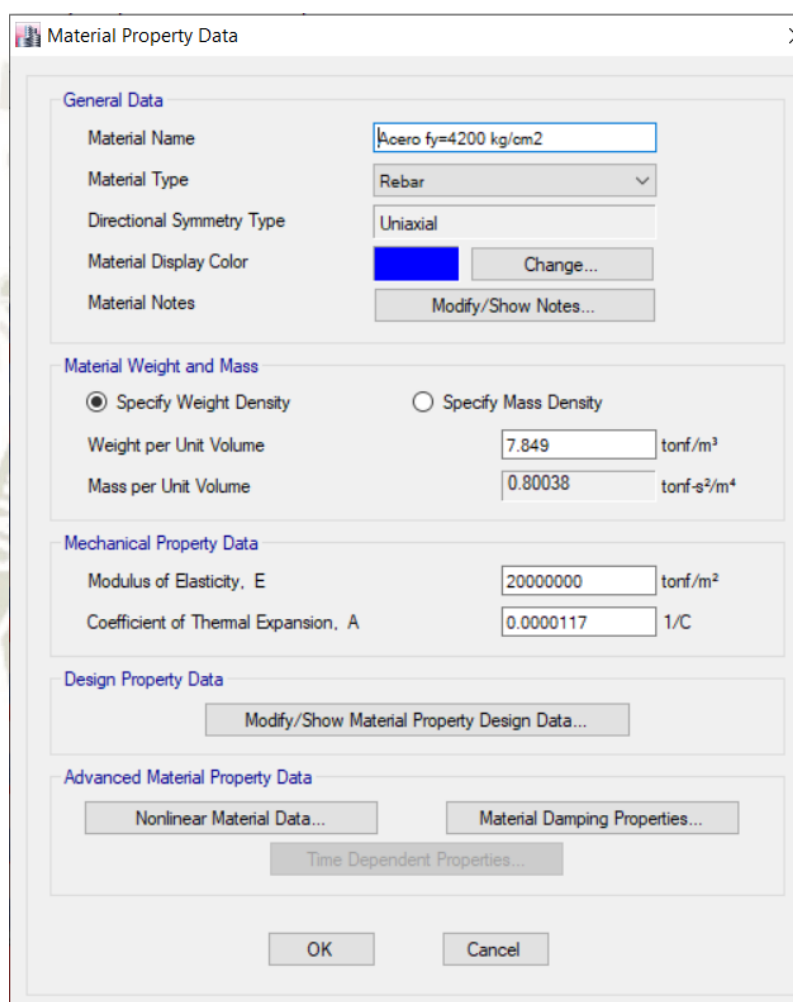
    

Fuente: Elaboración propia

Igualmente, se aprecian las mismas propiedades insertadas a Revit, y transferidas a ETABS 2016 (**Ilustración 33**).

### Ilustración 33

Propiedades del acero



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2 PROPIEDADES DE SECCIÓN

Los elementos colocados provienen del predimensionamiento anterior, y en ETABS se corrobora las secciones importadas de cada uno de los elementos.

En la **Ilustración 34** se tienen las propiedades de los elementos FRAME (vigas y columnas en ETABS) halladas luego del predimensionamiento descrito anteriormente, combinado con criterios de ambientes.

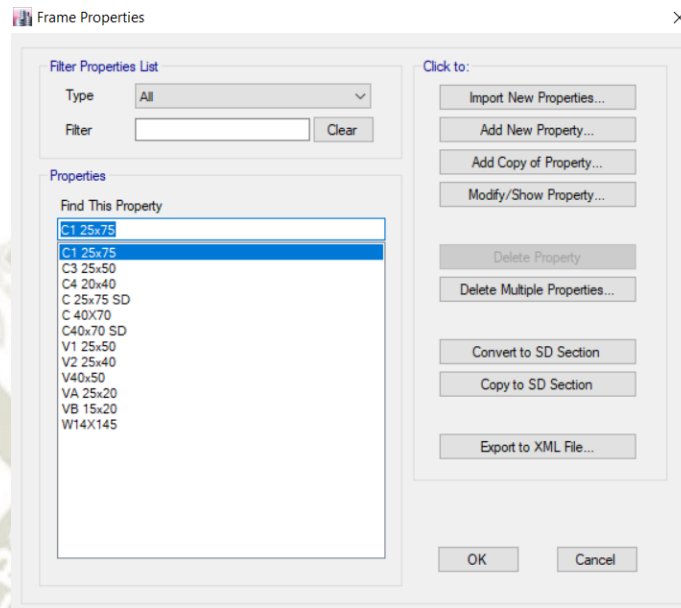
En la **Ilustración 35** se tienen las propiedades de los elementos área (losa aligerada) también predimensionada, se escogió un espesor de losa de 20 cm, se usó como tipo de losa el tipo Membrane, ya que ofrece la posibilidad de colocar las dimensiones de viguetas y espacios lo que es conveniente, ya que es un escenario más asemejado a la realidad.

Para el caso de la losa maciza, se adoptó un espesor de 20 cm (**Ilustración 36**) para la zona del ascensor y techo de escaleras, y se tomó tal espesor por procesos constructivos, y debido a que eran paños pequeños.

Para finalizar la revisión de elementos transferidos desde Revit, se tienen a los muros estructurales. En la **Ilustración 37** aprecia la sección de los muros predimensionados tomando como el espesor mínimo para edificios de 20 cm, por adoptar un sistema de muros estructurales.

### Ilustración 34

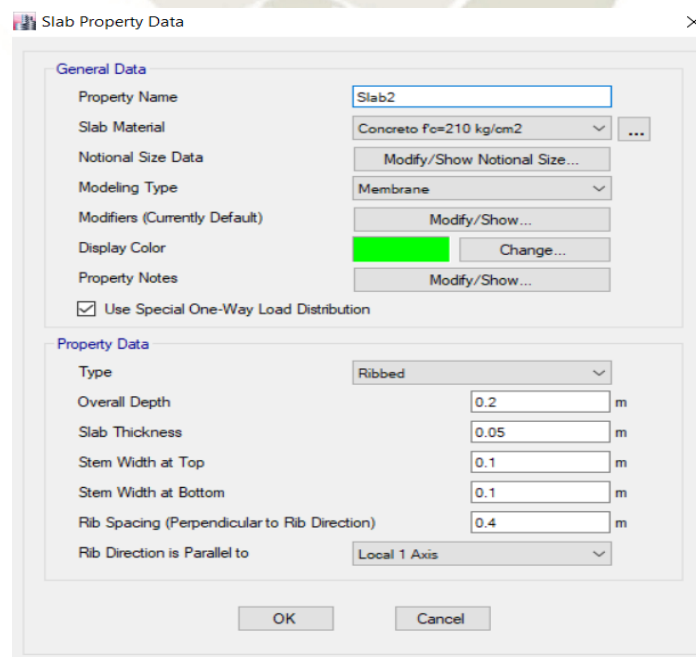
Propiedades de elementos FRAME en ETABS 2016



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 35

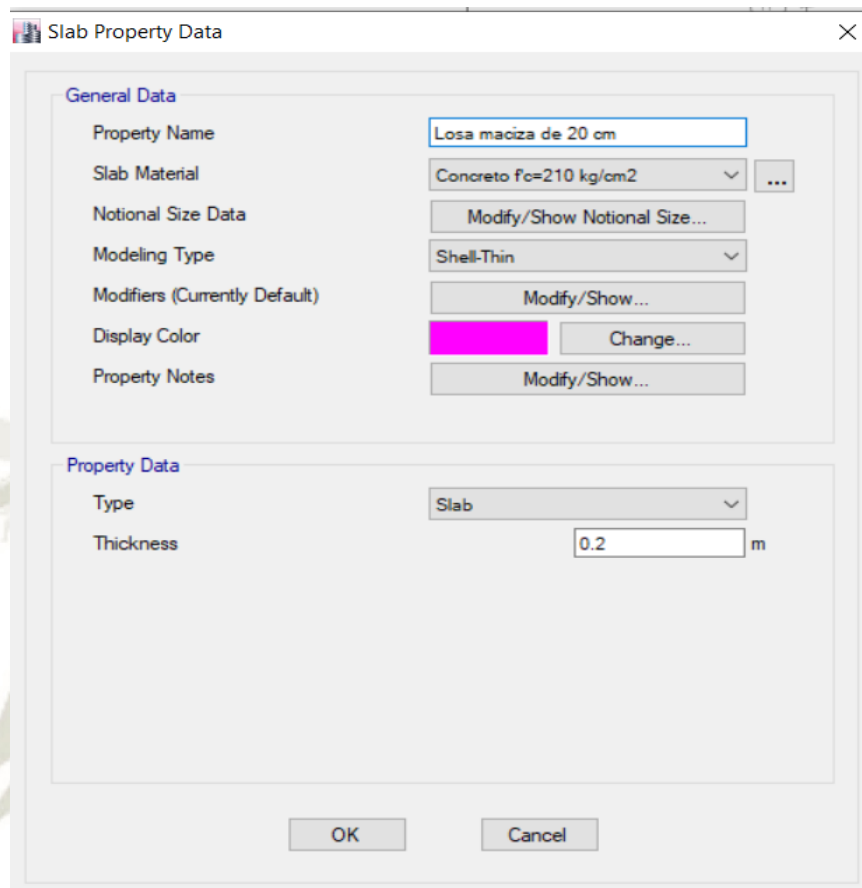
Sección para losa aligerada en ETABS 2016



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 36

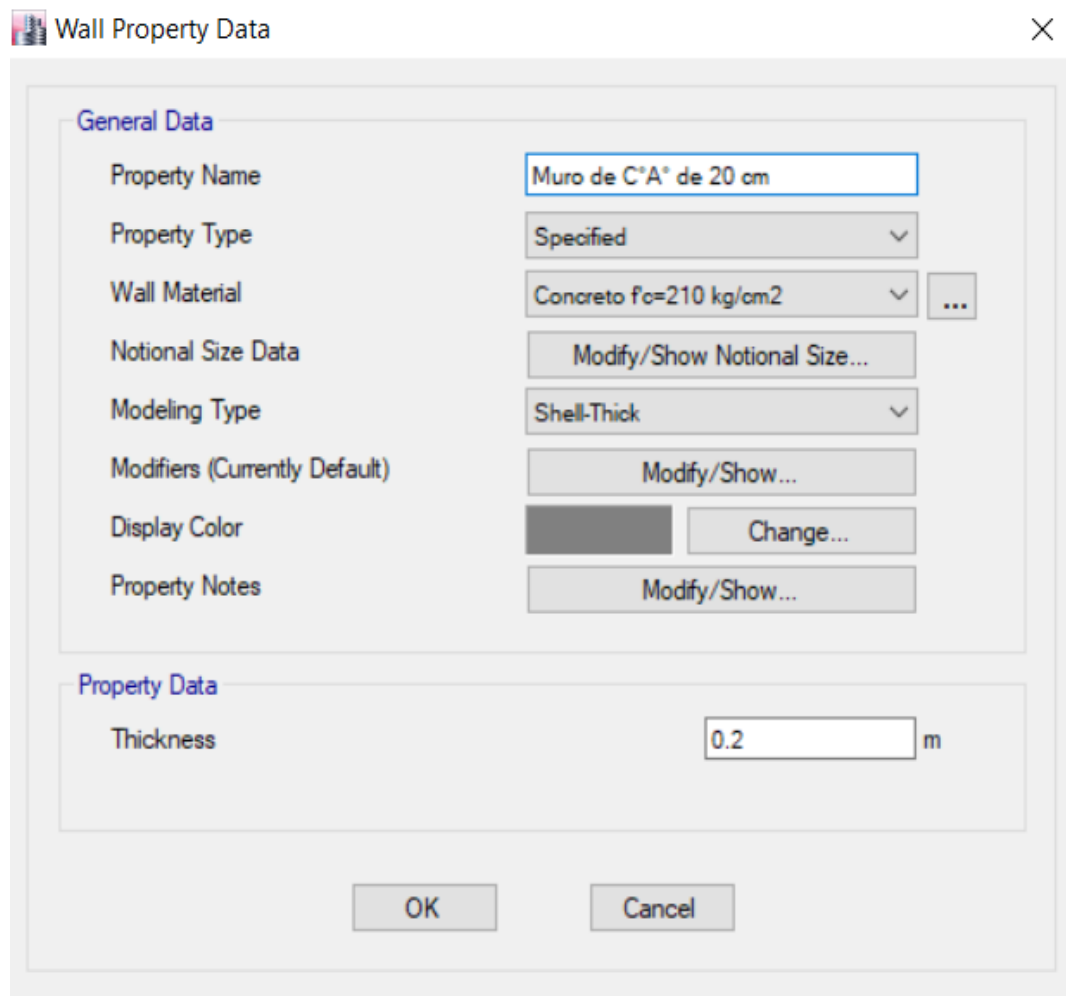
Sección para losa maciza en ETABS 2016



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 37

Sección de muro en ETABS 2016



Fuente: Elaboración propia

## 4.5 PARÁMETROS Y COEFICIENTES ESTRUCTURALES

Para poder desarrollar los análisis estático y dinámico de la estructura, se deben conocer los siguientes parámetros SÍSMICOS:

### 4.5.1 FACTOR DE ZONA (Z):

El proyecto se encuentra en la ciudad de Arequipa, por lo tanto, según la zonificación establecida en la norma N.T.E. 030 su factor es 0.35

#### 4.5.2 CONDICIONES GEOTÉCNICAS (S):

El perfil del suelo es del tipo S3 por lo que sus valores son los siguientes:

Tipo de suelo: S3

Factor de amplificación: 1.2

Periodo:  $T_p = 1.0s$   $T_l = 1.6s$

#### 4.5.3 FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C):

Este factor trata de las características del lugar donde se desarrolla el proyecto y se define como el factor de amplificación de respuesta estructural respecto a la aceleración del suelo (Ecuación 7). El cálculo para esta expresión se calcula de la siguiente forma:

$$T < T_p \quad C = 2.50$$

$$T_p < T < T_l \quad C = 2.50 * \left(\frac{T_p}{T_l}\right)$$

$$T < T_l \quad C = 2.50 * \left(\frac{T_p * T_l}{T^2}\right)$$

**Ecuación 7** Factor de amplificación sísmica “C” (E030 SENCICO, 2016)

#### 4.5.4 FACTOR DE CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES (U):

Este edificio por ser un edificio multifamiliar entra en la categoría de edificaciones comunes tipo C.

Las edificaciones tipo C adoptan un factor igual a 1.

#### 4.6 CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL:

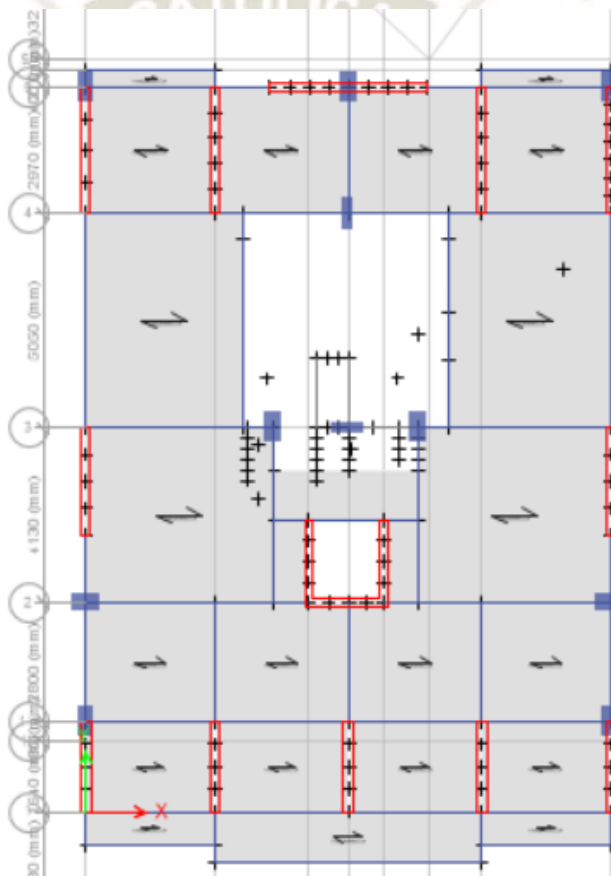
El sistema adoptado para la estructura fue de muros estructurales en ambos sentidos, aún así se presentaron irregularidades tanto en planta como altura, por lo que se debe afectar los valores de R de acuerdo al tipo de irregularidad.

#### 4.6.1 ASIGNACIÓN DE FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA “R”

El factor R se calcula con una suposición de acuerdo a la TABLA, estableciendo un valor inicial de acuerdo al sistema estructural que predomina en cada una de las direcciones de análisis (E030 SENCICO, 2016). Este valor se verá afectado por las irregularidades presentes en ambas direcciones con el fin de encontrar un “R” modificado y que otorgue mayor resistencia a cortante de sismo.

##### Ilustración 38

Configuración del sistema estructural



Fuente: Elaboración propia

Tal y como se aprecia en la **Ilustración 38**, ambos sentidos de análisis se considerarán como sistemas de muros de concreto armado.

**Tabla 4**

Sistemas estructurales

Sistema Estructural	Coefficiente Básico de Reducción $R_0$ (*)
<b>Acero:</b>	
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
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Fuente: (E030 SENCICO, 2016, p. 16)

Entonces:  $R_{ox}=6$

$R_{oy}=6$

Antes de proceder a realizar el análisis estático, es necesario calcular el “R” final, que resulta de multiplicar el “Ro” por los factores de irregularidad de la estructura, tanto en altura como en planta. (E030 SENCICO, 2016)

$$R = R_o * I_a * I_p \quad (8)$$

**Ecuación 8** Factor de reducción de resistencia "R" (E030 SENCICO, 2016)

#### 4.6.2 IRREGULARIDADES EN ALTURA

##### 4.6.2.1 IRREGULARIDAD DE RIGIDEZ-PISO BLANDO:

Sucede cuando la deriva de entrepiso es mayor que 1.4 veces el valor de la deriva del entrepiso superior, o mayor que 1.25 veces el promedio de distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. (E030 SENCICO, 2016)

Nivel	Carga	Dirección	Ve (Ton)	Centro de masas	
				$\Delta$ Absolutos (m)	$\Delta$ Relativos (m)
6	SDEscxx	x	57.8496	0.017699	0.002231
5	SDEscxx	x	106.877	0.015468	0.002512
4	SDEscxx	x	154.7683	0.012956	0.003353
3	SDEscxx	x	192.1207	0.009603	0.003464
2	SDEscxx	x	217.7355	0.006139	0.003255
1	SDEscxx	x	231.3148	0.002884	0.002466
TECHO SOTANO	SDEscxx	x	242.7798	0.000418	

Nivel	Mín=0.70	Mín=0.80	
6			
5	1.64083091		>
4	1.08488534		>
3	1.20156652	1.45144872	>
2	1.20609627	1.39198373	>
1	1.40227147	1.66993091	>

Nivel	Carga	Dirección	Ve (Ton)	Centro de masas	
				$\Delta$ Absolutos (m)	$\Delta$ Relativos (m)
6	SDEscyy	y	65.2428	0.011216	0.00221
5	SDEscyy	y	111.9413	0.009006	0.00226
4	SDEscyy	y	158.5337	0.006746	0.002124
3	SDEscyy	y	191.15	0.004622	0.001944
2	SDEscyy	y	214.1188	0.002678	0.001576
1	SDEscyy	y	228.8956	0.001102	0.000977
TECHO SOTANO	SDEscyy	y	247.6202	0.000125	

Nivel	Rigidez	Mín=0.70	Mín=0.80	
6	29,521.629			
5	49,531.549	1.67780541		>
4	74,639.218	1.50690258		>
3	98,328.189	1.31737967	1.91931791	>
2	135,862.183	1.3817216	1.83185825	>
1	234,284.135	1.72442493	2.27585836	>

Ia= 1.00

Ip=1.00

#### 4.6.2.2 IRREGULARIDAD DE PISO DÉBIL:

Esta irregularidad se presenta, cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que el 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o menor (E030 SENCICO, 2016).

##### Dirección de análisis “x”

PISO 1,2,3,4	# VECES	VC	B	D	VS	VN
C40X70	5	94085.2635	70	35	104370	198455.264
C40X70	2	39938.2343	40	65	77532	117470.234
C25x75	3	34561.9335	75	20	35784	70345.9335
C25x75	1	13440.7519	25	70	41748	55188.7519
p1	5	162825.109	212	20	59640	222465.109
p2	2	58294.4612	253	15	17892	76186.4612
p3	2	44930.5136	195	15	17892	62822.5136
p4	1	26113.4609	20	170	101388	127501.461
p5	4	136865.257	297	15	35784	172649.257
p6	2	55299.0937	20	180	214704	270003.094
<b>TOTAL</b>						<b>1373088.08</b>

PISO 5	# VECES	VC	B	D	VS	VN
C40X70	4	75268.2108	70	35	83496	158764.211
C40X70	2	39938.2343	40	65	77532	117470.234
C25x75	2	23041.289	75	20	23856	46897.289
C25x75	1	13440.7519	25	70	41748	55188.7519
C25x50	4	34561.9335	25	45	107352	141913.934
p1	5	162825.109	212	20	59640	222465.109
p2	2	58294.4612	253	15	17892	76186.4612
p3	2	44930.5136	195	15	17892	62822.5136
p4	1	26113.4609	20	170	101388	127501.461
p5	2	68432.6284	297	15	17892	86324.6284
<b>TOTAL</b>						<b>1095534.59</b>

PISO 6	# VECES	VC	B	D	VS	VN
C40X70	2	37634.1054	70	35	41748	79382.1054
C40X70	2	39938.2343	40	65	77532	117470.234
C25x75	2	23041.289	75	20	23856	46897.289
C25x75	1	13440.7519	25	70	41748	55188.7519
C25x50	4	34561.9335	25	45	107352	141913.934
p1	5	34561.9335	45	20	59640	94201.9335
p2	2	58294.4612	253	15	17892	76186.4612
p3	2	44930.5136	195	15	17892	62822.5136
p4	1	26113.4609	20	170	101388	127501.461
p5	2	68432.6284	297	15	17892	86324.6284
<b>TOTAL</b>						<b>887889.312</b>

Nivel	XX			
6	887889.312			
5	1095534.59	1.23386	>	0.8
4	1373088.08	1.25335	>	0.8
3	1373088.08	1	>	0.8
2	1373088.08	1	>	0.8
1	1373088.08	1	>	0.8

Iax=1.00

Dirección de análisis “y”:

PISO 1,2,3,4	# veces	Vc	b	d	Vs	Vn
C40X70	5	99845.5858	40	65	193830	293675.586
C40X70	2	37634.1054	70	35	41748	79382.1054
C25x75	3	40322.2558	25	70	125244	165566.256
C25x75	1	11520.6445	75	20	11928	23448.6445
p1	5	198731.118	25	207	617274	816005.118
p2	2	76189.8624	20	248	295814.4	372004.262
p3	2	58371.2655	20	190	226632	285003.266
p4	1	20161.1279	175	15	8946	29107.1279
p5	4	179414.837	20	292	696595.2	876010.037
p6	2	42626.3847	185	15	17892	60518.3847
<b>TOTAL</b>						<b>3000720.79</b>

Piso 5	# veces	Vc	b	d	Vs	Vn
C40X70	4	79876.4686	40	65	155064	234940.469
C40X70	2	37634.1054	70	35	41748	79382.1054
C25x75	2	26881.5039	25	70	83496	110377.504
C25x75	1	11520.6445	75	20	11928	23448.6445
C25x50	4	30721.7187	50	20	47712	78433.7187
p1	5	198731.118	25	207	617274	816005.118
p2	2	76189.8624	20	248	295814.4	372004.262
p3	2	58371.2655	20	190	226632	285003.266
p4	1	20161.1279	175	15	8946	29107.1279
p5	2	89707.4186	20	292	348297.6	438005.019
<b>TOTAL</b>						<b>2466707.23</b>

Piso 6	# veces	Vc	b	d	Vs	Vn
C40X70	2	39938.2343	40	65	77532	117470.234
C40X70	2	37634.1054	70	35	41748	79382.1054
C25x75	2	26881.5039	25	70	83496	110377.504
C25x75	1	11520.6445	75	20	11928	23448.6445
C25x50	4	30721.7187	50	20	47712	78433.7187
p1	5	43202.4169	25	45	134190	177392.417
p2	2	76189.8624	20	248	295814.4	372004.262
p3	2	58371.2655	20	190	226632	285003.266
p4	1	20161.1279	175	15	8946	29107.1279
p5	2	89707.4186	20	292	348297.6	438005.019
<b>TOTAL</b>						<b>1710624.3</b>

Nivel	YY			
6	1710624.298			
5	2466707.233	1.4419924	>	0.8
4	3000720.787	1.21648842	>	0.8
3	3000720.787	1	>	0.8
2	3000720.787	1	>	0.8
1	3000720.787	1	>	0.8

Iay=1.00

#### 4.6.2.3 IRREGULARIDAD DE MASA O PESO

Esta irregularidad se presenta cuando el peso de un piso, es mayor a 1.5 veces el peso de un piso adyacente. (E030 SENCICO, 2016)

En dirección de análisis “xx”

Nivel	Diafragma	Tonf-s2/m	Tonf		máx=1.50	máx=1.50
Nivel 6	Diafragma del piso 6	13.30945	130.565705			0.86
Nivel 5	Diafragma del piso 5	15.46092	151.671625	>	1.162	0.82
Nivel 4	Diafragma del piso 4	18.85027	184.921149	>	1.219	1.00
Nivel 3	Diafragma del piso 3	18.84634	184.882595	>	1.000	1.00
Nivel 2	Diafragma del piso 2	18.84634	184.882595	>	1.000	1.00
Nivel 1	Diafragma del piso 1	18.84634	184.882595	>	1.000	

Iax= 1.00

En dirección de análisis “yy”

Nivel	Diafragma	Tonf-s2/m	Tonf		máx=1.50	máx=1.50
Nivel 6	Diafragma del piso 6	13.30945	130.565705			0.86
Nivel 5	Diafragma del piso 5	15.46092	151.671625	>	1.162	0.82
Nivel 4	Diafragma del piso 4	18.85027	184.921149	>	1.219	1.00
Nivel 3	Diafragma del piso 3	18.84634	184.882595	>	1.000	1.00
Nivel 2	Diafragma del piso 2	18.84634	184.882595	>	1.000	1.00
Nivel 1	Diafragma del piso 1	18.84634	184.882595	>	1.000	

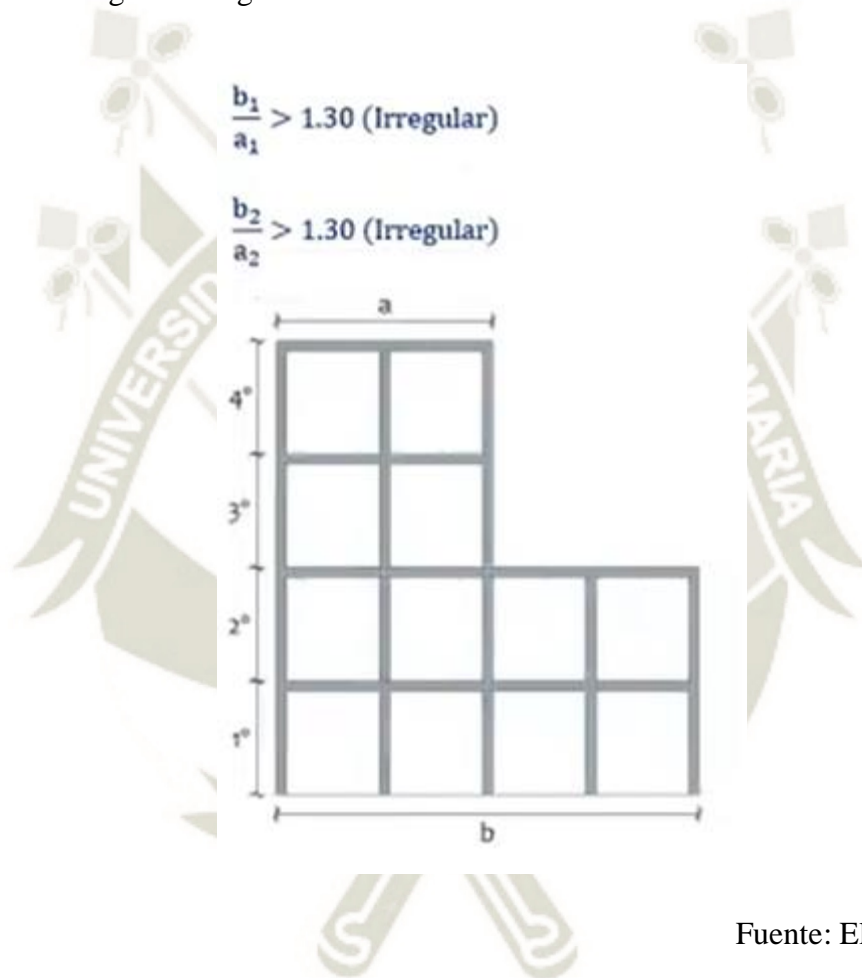
Iay=1.00

#### 4.6.2.4 IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL

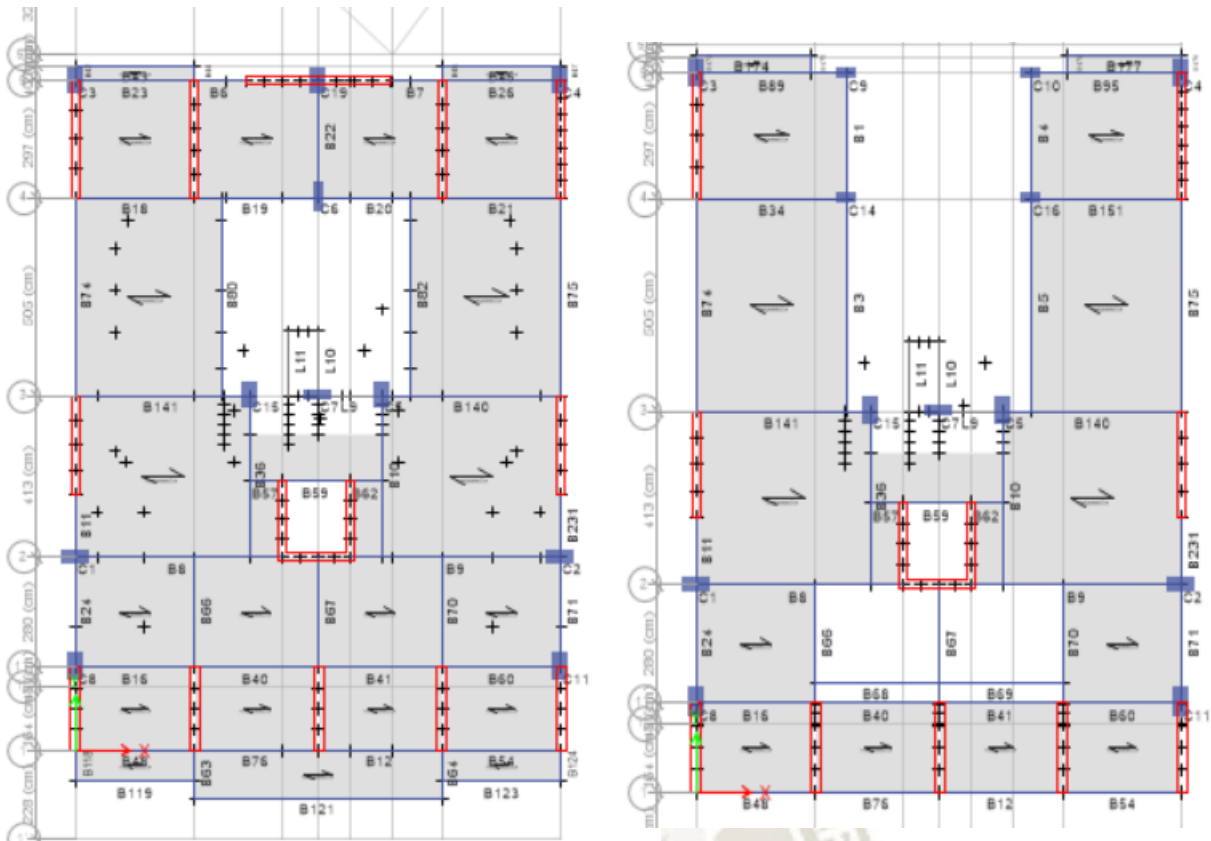
Se da cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta resistente a cargas laterales es mayor a 1.3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente (E030 SENCICO, 2016), (**Ilustración 39**).

##### Ilustración 39

Criterio de irregularidad geométrica vertical



Fuente: Elaboración propia



Eje "x"	
a1	7.7
b1	12.38
b1/a1	1.61

> 1.3

Eje "y"	
a2	15.43
b2	17.07
b2/a2	1.11

< 1.3

$$I_{ax}=0.9$$

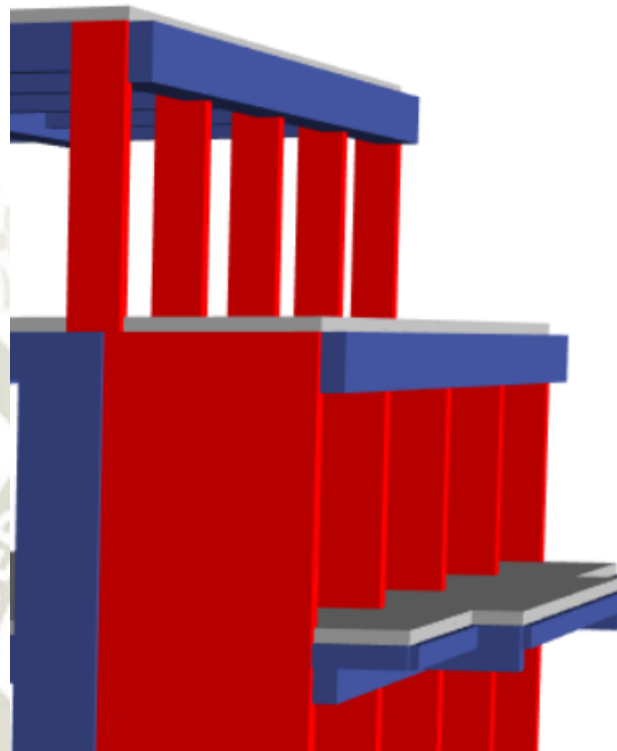
$$I_{ay}=1.0$$

#### 4.6.2.5 DISCONTINUIDAD DE SISTEMAS RESISTENTES:

Se da cuando cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desplazamiento vertical, tanto por cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la dimensión correspondiente (E030 SENCICO, 2016)

### Ilustración 40

Vista de irregularidad de discontinuidad sistemas resistentes



Fuente: Elaboración propia

Para evaluar esta irregularidad, es necesario calcular si la resistencia a corte de los elementos reducidos supera el 10% del cortante total.

x	
muros	315.5
columnas	64.39
vx	379.89

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m	M2 tonf-m	M3 tonf-m
01 - Techo 1° nivel	P1	SEy	Bottom	32.6097	36.2416	-0.025	0.2237	-0.3038	224.56

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m	M2 tonf-m	M3 tonf-m
01 - Techo 1° nivel	P2	SEy	Bottom	12.1799	11.9735	0.1404	0.1401	0.1043	94.5372
01 - Techo 1° nivel	P3	SEy	Bottom	15.2718	12.9401	-0.253	0.0909	-0.3622	98.4932
01 - Techo 1° nivel	P4	SEy	Bottom	15.8877	12.4561	-0.6841	-0.0323	-0.8324	98.0015
01 - Techo 1° nivel	P5	SEy	Bottom	29.724	26.4804	-0.8177	-0.2265	-1.0046	206.4205

$$\%VyP1 = \frac{36.2416}{379.75} = 9.54\%$$

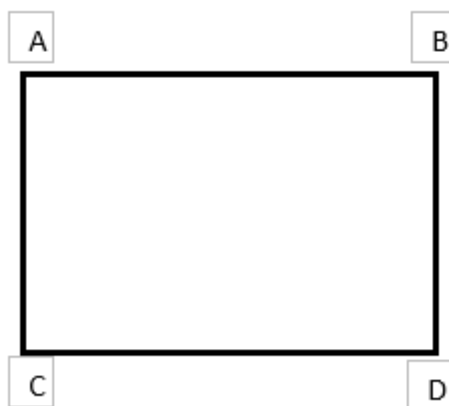
Iax=1.00

Iay=1.00

### 4.6.3 IRREGULARIDADES EN PLANTA

#### 4.6.3.1 IRREGULARIDAD TORSIONAL:

Existe cuando en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio ( $\Delta_{max}$ ) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces al desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (E030 SENCICO, 2016).



1°	x	y		4°	x	y
4	0.001218	0.000252	<b>C</b>	4	0.001682	0.000425
12	0.001218	0.000189	<b>D</b>	12	0.001682	0.000278
17	0.000712	0.000189	<b>A</b>	17	0.000921	0.000278
28	0.000712	0.000252	<b>B</b>	28	0.000921	0.000425

2°	x	y		5°	x	y
4	0.001634	0.000371	<b>C</b>	4	0.001494	0.000409
12	0.001634	0.000264	<b>D</b>	12	0.001494	0.000259
17	0.000918	0.000264	<b>A</b>	17	0.000855	0.000259
28	0.000918	0.000371	<b>B</b>	28	0.000855	0.000409

3°	x	y		6°	x	y
4	0.00175	0.000421	<b>C</b>	13	0.00128	0.0004
12	0.00175	0.000286	<b>D</b>	140	0.00128	0.000254
17	0.000968	0.000286	<b>A</b>	17	0.000762	0.000254
28	0.000968	0.000421	<b>B</b>	28	0.000762	0.0004

1° Despl. Relativo máximo x: 0.001218

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.001218+0.000712}{2} = 0.000965 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. \text{m} \acute{a}x}{\Delta rel. \text{prom.}} = \frac{0.001218}{0.000965} = 1.26 < 1.3$$

1° Despl. Relativo máximo y: 0.000252

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.000252+0.000189}{2} = 0.000205 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. \text{m} \acute{a}x}{\Delta rel. \text{prom.}} = \frac{0.000252}{0.000205} = 1.23 < 1.3$$

2° Despl. Relativo máximo x: 0.001634

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.001634+0.000918}{2} = 0.001276 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. \text{m} \acute{a}x}{\Delta rel. \text{prom.}} = \frac{0.001634}{0.001276} = 1.28 < 1.3$$

2° Despl. Relativo máximo y: 0.000371

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.000371+0.000264}{2} = 0.0003175 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. \text{m} \acute{a}x}{\Delta rel. \text{prom.}} = \frac{0.000371}{0.0003175} = 1.17 < 1.3$$

3° Despl. Relativo máximo x: 0.00175

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.00175+0.000968}{2} = 0.002718 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. \text{m} \acute{a}x}{\Delta rel. \text{prom.}} = \frac{0.00175}{0.002718} = 0.64 < 1.3$$

3° Despl. Relativo máximo y: 0.000421

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.000421+0.000286}{2} = 0.000354 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. \text{m} \acute{a}x}{\Delta rel. \text{prom.}} = \frac{0.000421}{0.000354} = 1.19 < 1.3$$

4° Despl. Relativo máximo x: 0.001682

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.001682+0.000921}{2} = 0.0013015 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. \text{m} \acute{a}x}{\Delta rel. \text{prom.}} = \frac{0.001682}{0.0013015} = 1.29 < 1.3$$

4° Despl. Relativo máximo y: 0.000425

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.000425+0.000278}{2} = 0.0003515 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. \text{m} \acute{a}x}{\Delta rel. \text{prom.}} = \frac{0.000425}{0.0003515} = 1.21 < 1.3$$

5° Despl. Relativo máximo x: 0.001494

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.001494+0.000855}{2} = 0.001175 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. \text{m} \acute{a}x}{\Delta rel. \text{prom.}} = \frac{0.001494}{0.001175} = 1.27 < 1.3$$

5° Despl. Relativo máximo y: 0.000409

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.000409+0.000259}{2} = 0.000334 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. máx}{\Delta rel. prom.} = \frac{0.000409}{0.000334} = 1.22 < 1.3$$

6° Despl. Relativo máximo x: 0.00128

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.00128+0.000762}{2} = 0.00102 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. máx}{\Delta rel. prom.} = \frac{0.000128}{0.00102} = 1.25 < 1.3$$

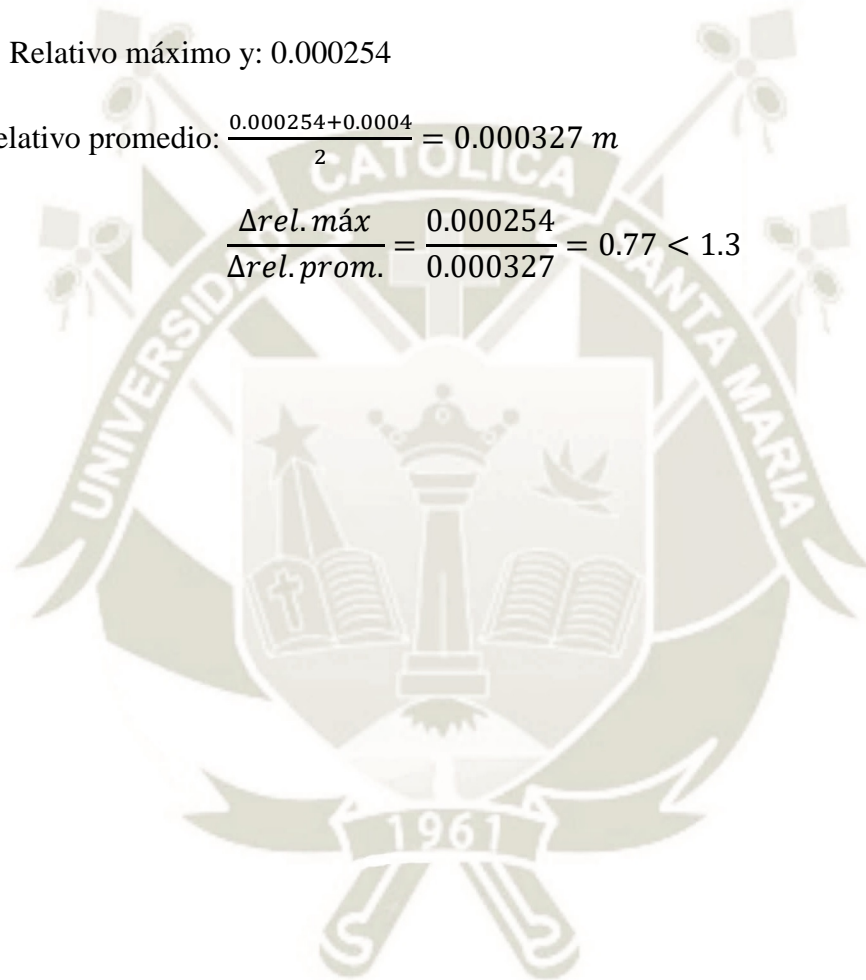
6° Despl. Relativo máximo y: 0.000254

Despl. Relativo promedio:  $\frac{0.000254+0.0004}{2} = 0.000327 \text{ m}$

$$\frac{\Delta rel. máx}{\Delta rel. prom.} = \frac{0.000254}{0.000327} = 0.77 < 1.3$$

I<sub>px</sub>=1.00

I<sub>py</sub>=1.00



#### 4.6.3.2 ESQUINAS ENTRANTES:

Se da cuando las dimensiones de las dimensiones reducidas, superen el 20% de la correspondiente dimensión total en planta (E030 SENCICO, 2016).

	x	y
<b>Esq. entrante</b>	4.6	8.17
<b>L. total</b>	12.27	16.15
<b>% impl.</b>	37%	51%

$$I_{px}=0.9$$

$$I_{py}=1$$

$$I_p \text{ final} = 1.0$$

#### 4.6.3.3 DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA

*Esta irregularidad se presenta cuando el área discontinua importante en rigidez en un diafragma, supere el 50% del área bruta del diafragma. (E030 SENCICO, 2016)*

<b>ÁREA LIBRE</b>	37.17
<b>ÁREA TECHADA</b>	205.71

$$\frac{37.17}{205.71} = 18.07\%$$

$$I_p=1.00$$

#### 4.6.3.4 SISTEMAS NO PARALELOS

Se considera que existe esta irregularidad cuando en cualquiera de los sentidos de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. (E030 SENCICO, 2016)

No se presenta esta configuración por los ejes ortogonales establecidos.

$$I_p=1.00$$

$$I_a=0.9$$

$$I_p=1.0$$

$$R = R_o * I_a * I_p = 6 * 0.9 * 1 = 5.4$$

#### 4.7 ANÁLISIS ESTÁTICO:

Este análisis consiste en calcular el valor de la cortante basal en ambas direcciones de análisis x e y, siguiendo la norma E030. Es necesario hacer este análisis para cada piso, desde la base de la estructura, considerando la altura completa de la edificación, tomando como

Nivel	Masa (kg)	Peso (N)	h (m)	$P * h^k$	$\alpha$	Fi (tonf)	Fi Acum (tonf)
PISO6	12.58944	123.45	17.90	2209.792	0.20	71.615	71.615
PISO5	14.73435	144.49	15.35	2217.845	0.20	71.876	143.491
PISO4	18.12369	177.72	12.80	2274.828	0.20	73.723	217.213
PISO3	18.11976	177.68	10.25	1821.244	0.16	59.023	276.236
PISO 2	18.11976	177.68	7.70	1368.154	0.12	44.339	320.575
PISO 1	18.11976	177.68	5.15	915.064	0.08	29.655	350.231
Base	19.83156	194.47	2.60	505.618	0.04	16.386	366.617
		1173.17		11312.545			

punto de referencia, el centro de masa y de gravedad de cada piso

**Tabla 5**

Análisis estático lineal en Ms Excel

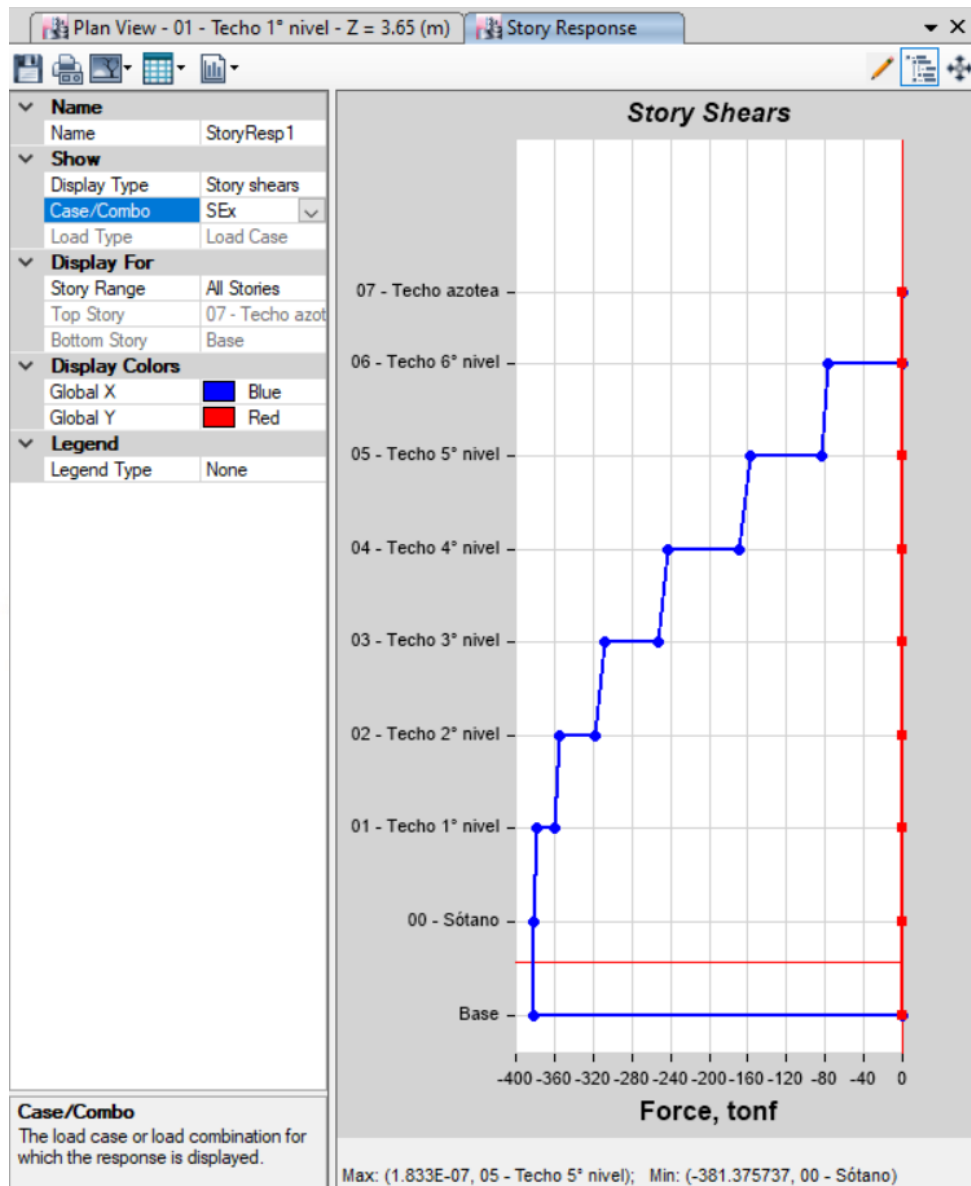
<b>Z</b>	0.45	<b>ZUCS/R</b>	0.2552
<b>U</b>	1.05		Coef C
<b>C</b>	2.50	<b>K</b>	1
<b>S3</b>	1.05	<b>V</b>	<b>366.62 tonf</b>
<b>Tp</b>	0.60		
<b>Tl</b>	2.00		
<b>R</b>	4.86		
<b>g</b>	9.81		

Fuente: Elaboración propia

A su vez, en ETABS, creando el análisis sísmico, con las mismas cualidades que ingresamos en la **Ilustración 41**, tendríamos:

### Ilustración 41

Cortante basal “x-x” en ETABS 2016

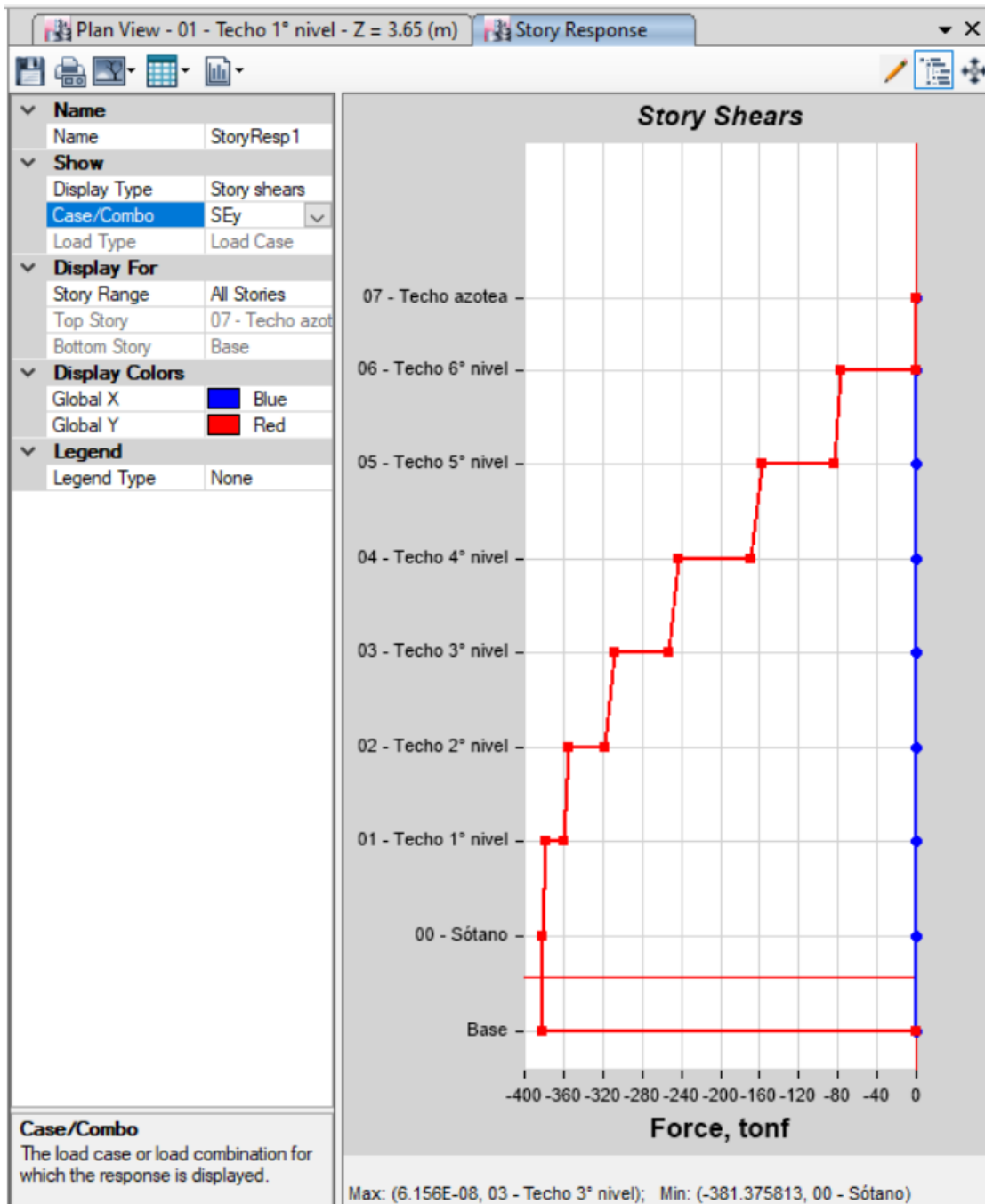


Fuente: Elaboración propia

Similarmente, se ejecuta el análisis “y-y”, el cual cuenta con el mismo sistema estructural, por lo que su diagrama de cortante basal (**Ilustración 42**), es bastante similar.

**Ilustración 42**

Cortante basal “y-y” en ETABS 2016



Fuente: Elaboración propia

Este análisis se da en ambas direcciones, ya que su factor de reducción sísmica es el mismo. So, su cortante basal es el mismo.

Así mismo, del análisis en ETABS 2016, tenemos que los análisis estáticos, son los mismos debido a que poseen el mismo sistema estructural.

#### 4.8 ANÁLISIS DINÁMICO:

El análisis a utilizar para el proyecto es el análisis modal espectral, basado en la construcción de un espectro de diseño, en función del período de vibración de la estructura y la aceleración sísmica.

Este análisis se hará considerando un modelo de comportamiento lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas. (E030 SENCICO, 2016).

En la **Ecuación 9** se observa la ecuación necesaria para calcular aceleraciones sísmicas.

$$: Sa = \frac{Z * U * C * S}{R} * g \quad (9)$$

**Ecuación 9** Aceleración sísmica de la estructura (E030 SENCICO, 2016)

En la **Tabla 6**, se observa los datos para realizar el espectro sísmico, en modo lista. Seguidamente, se tienen los espectros generados gracias a estos puntos

Z= Factor Zona      U= Factor Uso

C= Coeficiente de amplificación sísmica      S= Perfil del suelo

R= Coeficiente de reducción debido al sistema estructural

g = Gravedad

**Tabla 6**

Espectro de aceleración

T (s)	C	C/R	Sa (m/s <sup>2</sup> )	T (s)	Sa (m/s <sup>2</sup> )
0	2.5	0.579	2.384	0	2.384
0.05	2.5	0.579	2.384	0.05	2.384
0.1	2.5	0.579	2.384	0.1	2.384
0.15	2.5	0.579	2.384	0.15	2.384
0.2	2.5	0.579	2.384	0.2	2.384
0.25	2.5	0.579	2.384	0.25	2.384
0.3	2.5	0.579	2.384	0.3	2.384
0.35	2.5	0.579	2.384	0.35	2.384
0.4	2.5	0.579	2.384	0.4	2.384
0.45	2.5	0.579	2.384	0.45	2.384
0.5	2.5	0.579	2.384	0.5	2.384
0.55	2.5	0.579	2.384	0.55	2.384
0.6	2.5	0.579	2.384	0.6	2.384
0.65	2.5	0.579	2.384	0.65	2.384
0.7	2.5	0.579	2.384	0.7	2.384
0.75	2.5	0.579	2.384	0.75	2.384
0.8	2.5	0.579	2.384	0.8	2.384
0.85	2.5	0.579	2.384	0.85	2.384
0.9	2.5	0.579	2.384	0.9	2.384
0.95	2.5	0.579	2.384	0.95	2.384
1	2.5	0.579	2.384	1	2.384
1.05	2.381	0.551	2.271	1.05	2.271
1.1	2.273	0.526	2.168	1.1	2.168
1.15	2.174	0.503	2.073	1.15	2.073
1.2	2.083	0.482	1.987	1.2	1.987
1.25	2	0.463	1.908	1.25	1.908
1.3	1.923	0.445	1.834	1.3	1.834
1.35	1.852	0.429	1.766	1.35	1.766
1.4	1.786	0.413	1.703	1.4	1.703

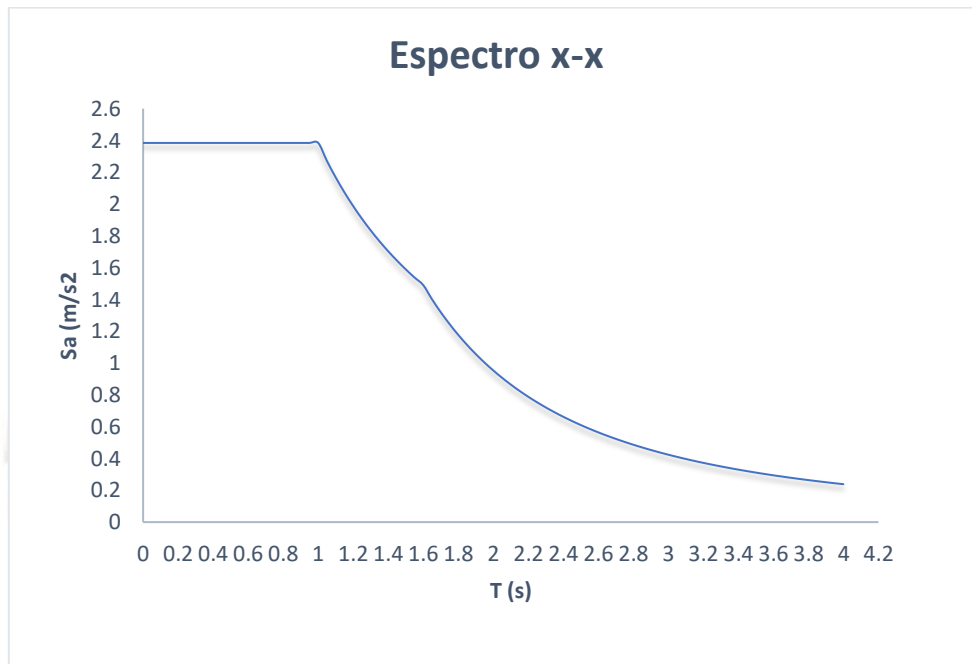
T (s)	C	C/R	Sa (m/s <sup>2</sup> )	T (s)	Sa (m/s <sup>2</sup> )
1.45	1.724	0.399	1.644	1.45	1.644
1.5	1.667	0.386	1.59	1.5	1.59
1.55	1.613	0.373	1.538	1.55	1.538
1.6	1.563	0.362	1.49	1.6	1.49
1.65	1.469	0.34	1.401	1.65	1.401
1.7	1.384	0.32	1.32	1.7	1.32
1.75	1.306	0.302	1.246	1.75	1.246
1.8	1.235	0.286	1.177	1.8	1.177
1.85	1.169	0.271	1.115	1.85	1.115
1.9	1.108	0.256	1.057	1.9	1.057
1.95	1.052	0.244	1.003	1.95	1.003
2	1	0.231	0.954	2	0.954
2.05	0.952	0.22	0.908	2.05	0.908
2.1	0.907	0.21	0.865	2.1	0.865
2.15	0.865	0.2	0.825	2.15	0.825
2.2	0.826	0.191	0.788	2.2	0.788
2.25	0.79	0.183	0.754	2.25	0.754
2.3	0.756	0.175	0.721	2.3	0.721
2.35	0.724	0.168	0.691	2.35	0.691
2.4	0.694	0.161	0.662	2.4	0.662
2.45	0.666	0.154	0.636	2.45	0.636
2.5	0.64	0.148	0.61	2.5	0.61
2.55	0.615	0.142	0.587	2.55	0.587
2.6	0.592	0.137	0.564	2.6	0.564
2.65	0.57	0.132	0.543	2.65	0.543
2.7	0.549	0.127	0.523	2.7	0.523
2.75	0.529	0.122	0.504	2.75	0.504
2.8	0.51	0.118	0.487	2.8	0.487
2.85	0.492	0.114	0.47	2.85	0.47
2.9	0.476	0.11	0.454	2.9	0.454
2.95	0.46	0.106	0.438	2.95	0.438
3	0.44	0.10	0.42	3	0.424

T (s)	C	C/R	Sa (m/s <sup>2</sup> )	T (s)	Sa (m/s <sup>2</sup> )
3.05	0.43	0.10	0.41	3.05	0.41
3.1	0.42	0.10	0.40	3.1	0.397
3.15	0.40	0.09	0.38	3.15	0.384
3.2	0.39	0.09	0.37	3.2	0.373
3.25	0.38	0.09	0.36	3.25	0.361
3.3	0.37	0.09	0.35	3.3	0.35
3.35	0.36	0.08	0.34	3.35	0.34
3.4	0.35	0.08	0.33	3.4	0.33
3.45	0.34	0.08	0.32	3.45	0.321
3.5	0.33	0.08	0.31	3.5	0.311
3.55	0.32	0.07	0.30	3.55	0.303
3.6	0.31	0.07	0.29	3.6	0.294
3.65	0.30	0.07	0.29	3.65	0.286
3.7	0.29	0.07	0.28	3.7	0.279
3.75	0.28	0.07	0.27	3.75	0.271
3.8	0.28	0.06	0.26	3.8	0.264
3.85	0.27	0.06	0.26	3.85	0.257
3.9	0.26	0.06	0.25	3.9	0.251
3.95	0.26	0.06	0.24	3.95	0.245
4	0.25	0.06	0.24	4	0.238

Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 43

Espectro de aceleración sísmica x-x



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 44

Espectro de aceleración sísmica y-y



Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.1 MODOS Y PERIODOS RESULTANTES

Con el programa ETABS se simularon los modos de vibración correspondientes al número de niveles de la estructura con el objeto de lograr la mayor cantidad de masa participativa posible en el elemento, por ello es recomendable considerar 3 modos de vibración por nivel (Tabla 7).

**Tabla 7**

Case	Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY
		sec				
Modal	1	0.463	0.6106	0.0014	0.6106	0.0014
Modal	2	0.342	0.0014	0.5754	0.612	0.5769
Modal	3	0.304	0.0309	0.0005	0.6429	0.5773
Modal	4	0.141	0.1187	0.0001	0.7617	0.5775
Modal	5	0.1	1.03E-06	0.0003	0.7617	0.5777
Modal	6	0.099	0.0002	8.60E-06	0.7619	0.5778
Modal	7	0.095	6.50E-07	0.0012	0.7619	0.579
Modal	8	0.092	0.0038	5.53E-07	0.7656	0.579
Modal	9	0.086	3.77E-05	0.0419	0.7657	0.6209
Modal	10	0.082	4.90E-05	0.1218	0.7657	0.7427
Modal	11	0.072	0.065	1.68E-05	0.8308	0.7427
Modal	12	0.06	1.99E-06	0.0046	0.8308	0.7474
Modal	13	0.053	0.0139	2.23E-06	0.8447	0.7474
Modal	14	0.041	0.0043	0.0405	0.8489	0.7878
Modal	15	0.039	0.0516	0.0052	0.9005	0.7931
Modal	16	0.031	0.0007	0.0514	0.9012	0.8444
Modal	17	0.025	0.0815	0.0001	0.9827	0.8445
Modal	18	0.016	1.54E-05	0.1287	0.9827	0.9733

Modos de vibración de la estructura extraído de Etabs 2016

Fuente: Elaboración propia

Donde: Sum UX: porcentaje de participación de masa en la dirección x

Sum UY: porcentaje de participación de masa en la dirección y

A raíz del análisis modal espectral, se obtienen los mayores períodos en cada sentido, ya que este es el indicador principal de movimiento de la edificación.

**Tabla 8**

Período fundamental de vibración

DIRECCIÓN	PERIODO (S)
X-X	0.506
Y-Y	0.347

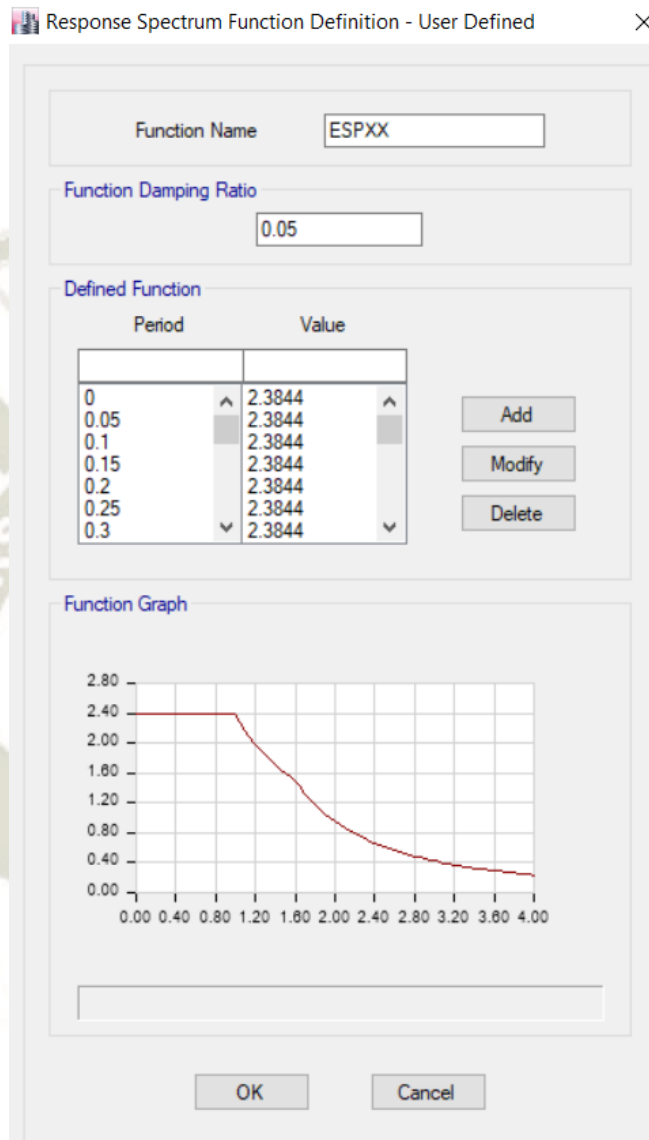
Elaboración propia

#### 4.8.2 DEFINICIÓN DE MODELO SÍSMICO EN ETABS

A continuación, se ilustra como se insertó el análisis comentado anteriormente en el programa ETABS 2016. En la **Ilustración 45** se aprecia la similitud entre ambos espectros de aceleración.

### Ilustración 45

Espectro de diseño en ETABS



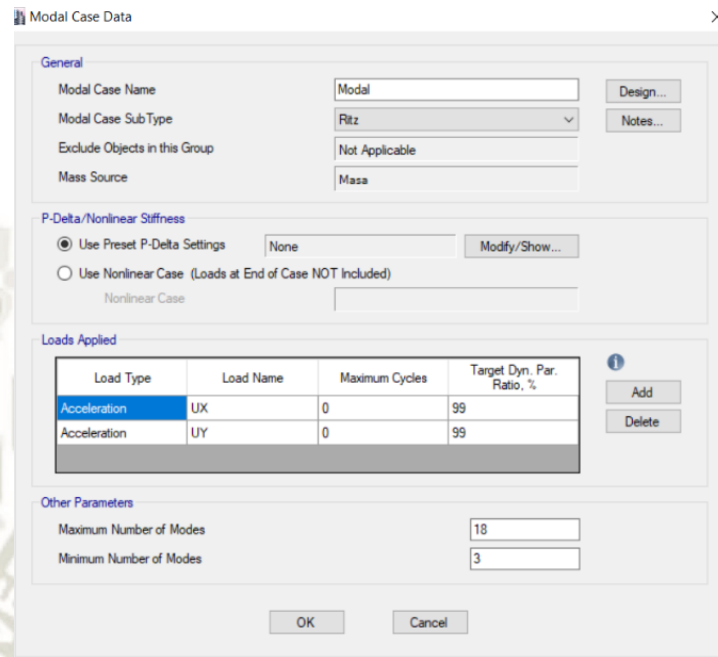
Fuente: Elaboración propia

En la **Ilustración 46**, se aprecia lo mencionado acerca de los modos de vibración de la estructura, y la designación de los 18 modos.

En la categoría C, que es la del edificio en cuestión, se toma 25% de la carga viva adicionada al 100% de la carga muerta, como se aprecia en la **Ilustración 47** **Ilustración 46**.

### Ilustración 46

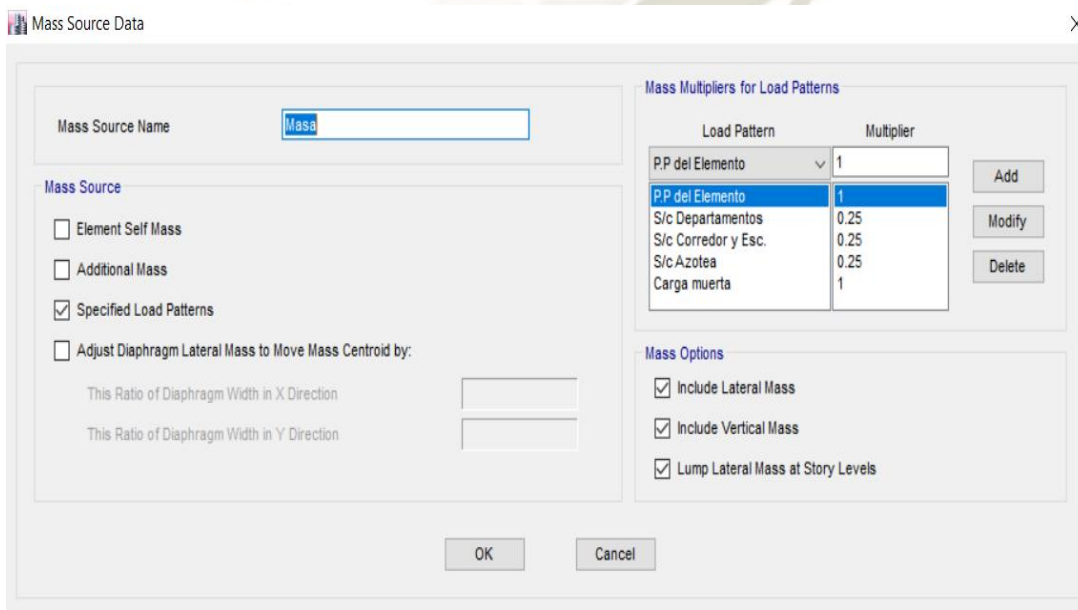
Configuración del análisis modal



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 47

Recursos de masa en ETABS



Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.3 ASIGNACIÓN DE CARGAS:

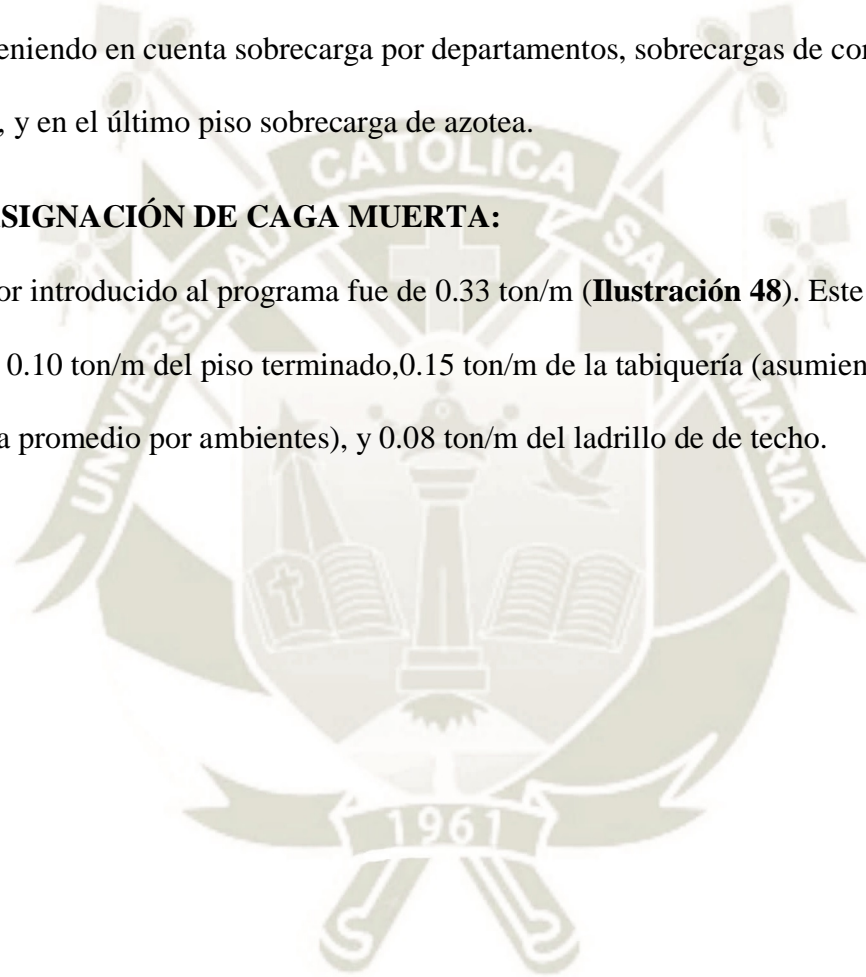
Las cargas por gravedad, asignadas al modelo fueron cargas muertas y vivas.

La carga muerta está compuesta por el peso propio de la estructura (cada elemento), tabiquerías, ladrillo de techo, piso terminado.

La carga viva introducida al programa se realizó teniendo en cuenta la norma E020: Cargas, teniendo en cuenta sobrecarga por departamentos, sobrecargas de corredores y escaleras, y en el último piso sobrecarga de azotea.

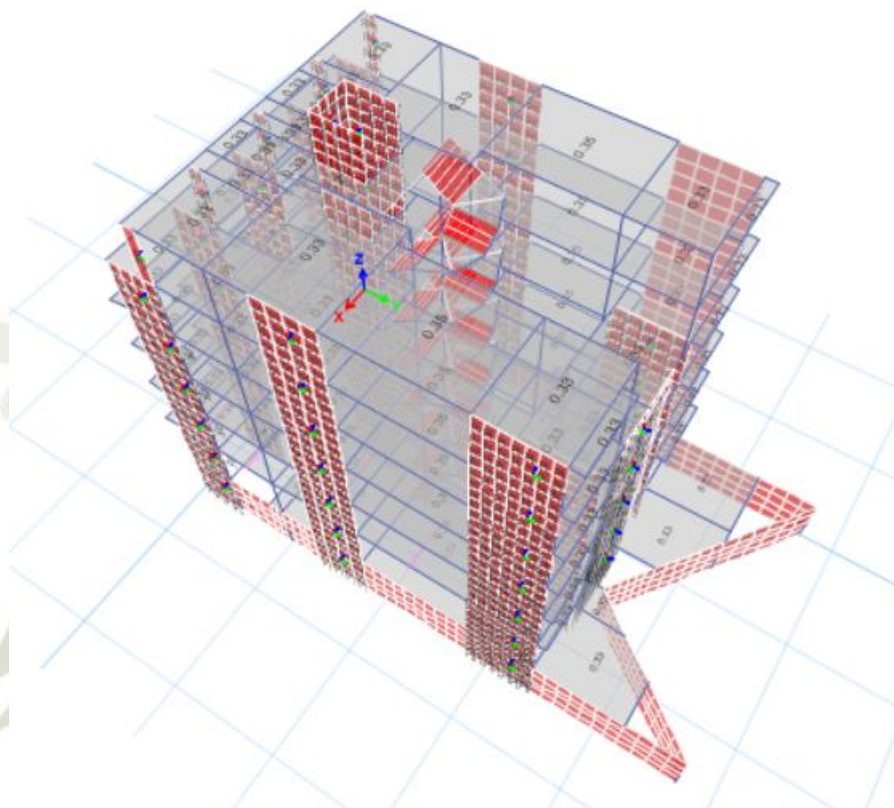
#### 4.8.4 ASIGNACIÓN DE CARGA MUERTA:

El valor introducido al programa fue de 0.33 ton/m (**Ilustración 48**). Este valor se obtuvo de sumar 0.10 ton/m del piso terminado, 0.15 ton/m de la tabiquería (asumiendo una tabiquería promedio por ambientes), y 0.08 ton/m del ladrillo de de techo.



### Ilustración 48

Asignación de carga muerta



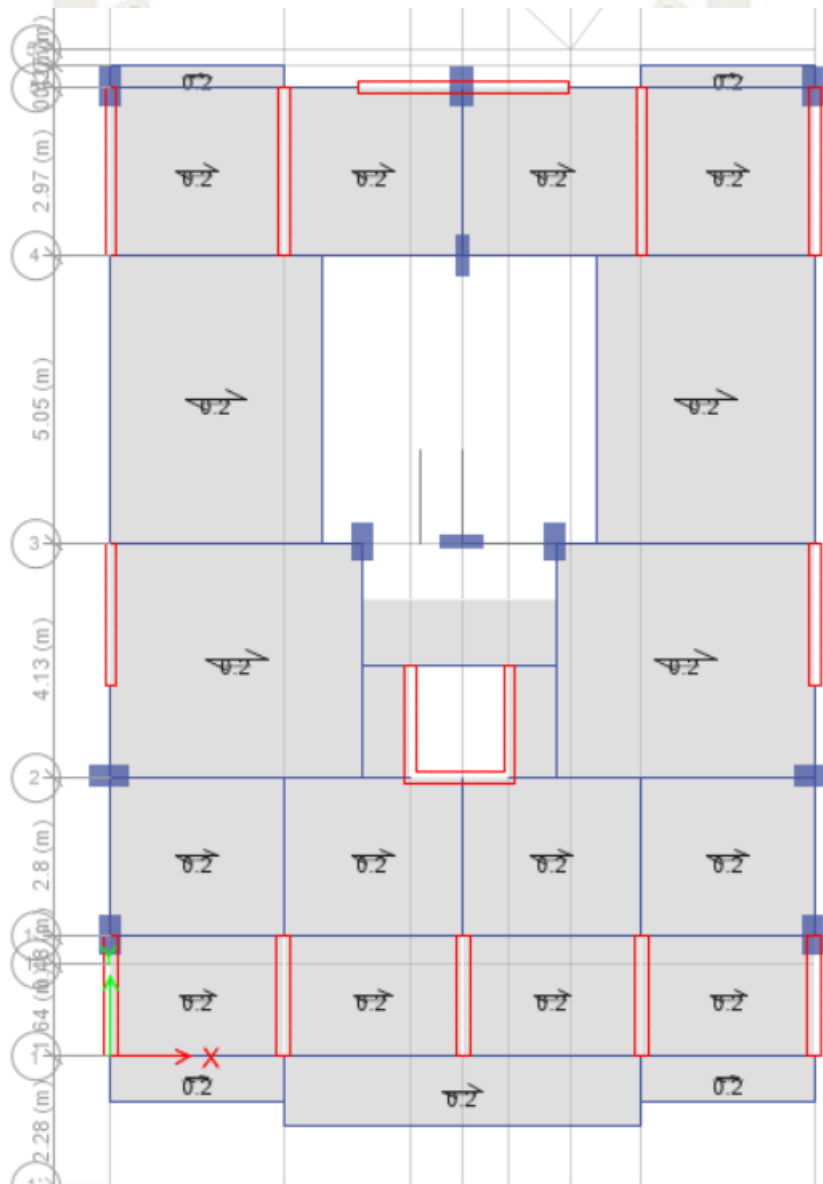
Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.5 ASIGNACIÓN DE CAGA POR DEPARTAMENTOS:

La carga asignada por departamentos fue de 0.20 ton/m (**Ilustración 49**). Esta carga se extrajo de la tabla 1 CARGAS MÍNIMAS REPARTIDAS (SENCICO, 2006).

#### Ilustración 49

Asignación de carga por departamentos en primer piso



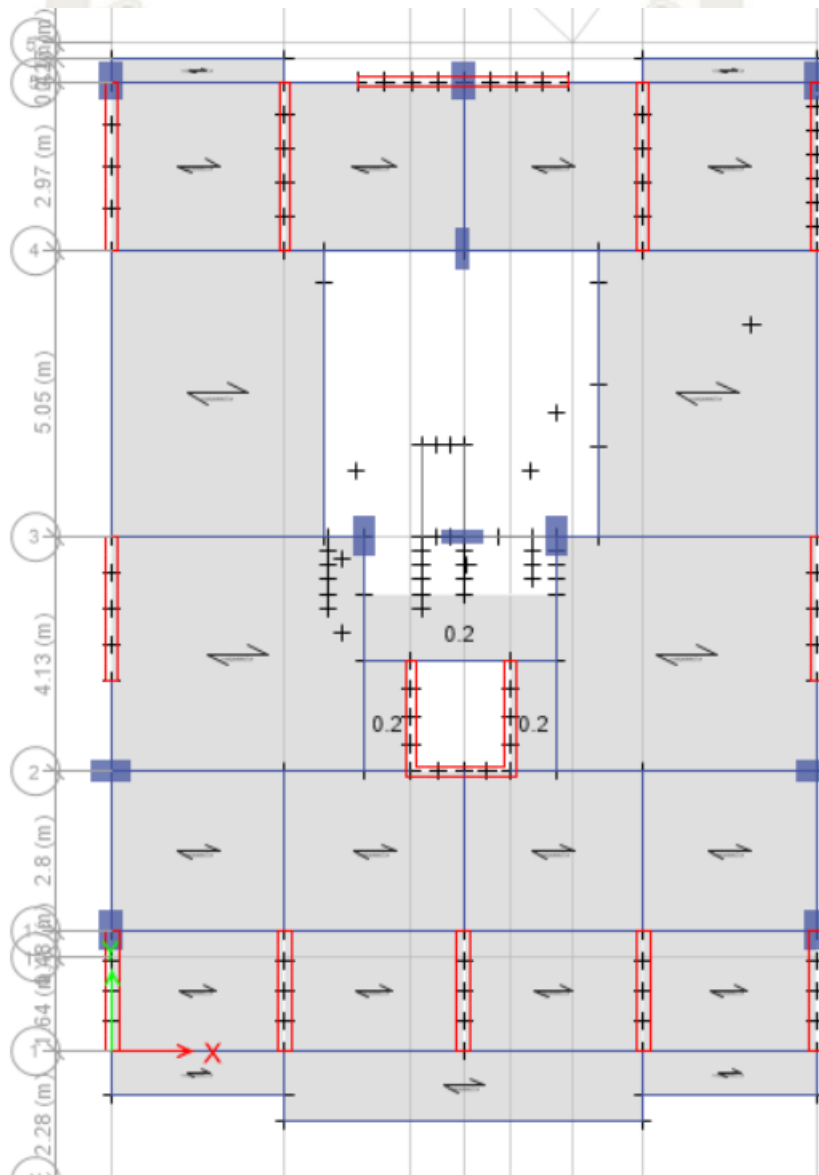
Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.6 ASIGNACIÓN DE SOBRECARGA POR CORREDORES Y ESCALERAS

La carga asignada por corredores y escaleras fue de 0.20 ton/m (Ilustración 50). Esta carga se extrajo de la tabla 1 CARGAS MÍNIMAS REPARTIDAS (SENCICO, 2006).

##### Ilustración 50

Asignación de sobrecarga por corredores y escaleras



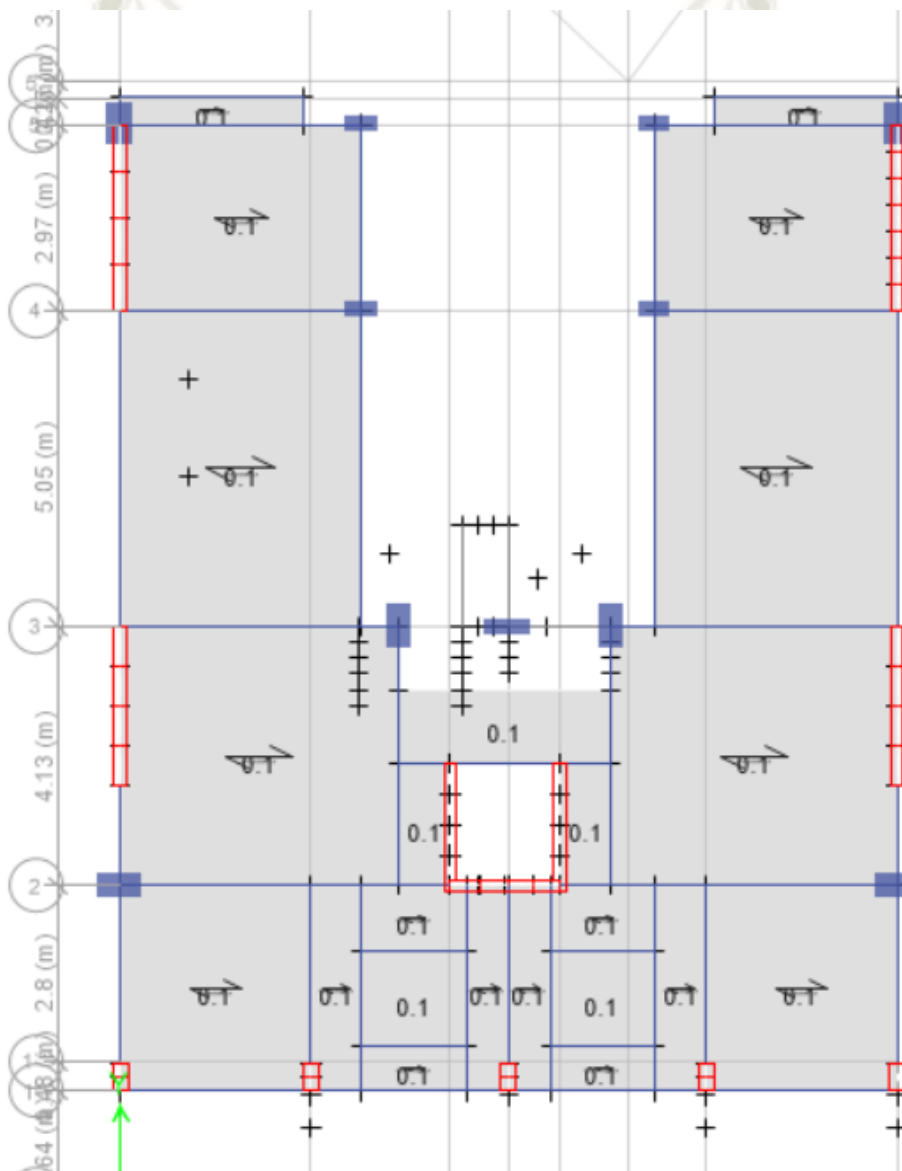
Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.7 ASIGNACIÓN DE SOBRECARGA POR AZOTEA

La carga asignada por azotea fue de 0.10 ton/m (**Ilustración 51;Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Es recomendable aligerar la carga en el último nivel, por flexibilidad de la estructura.

#### Ilustración 51

Asignación de sobrecarga por azotea



Fuente: Elaboración propia

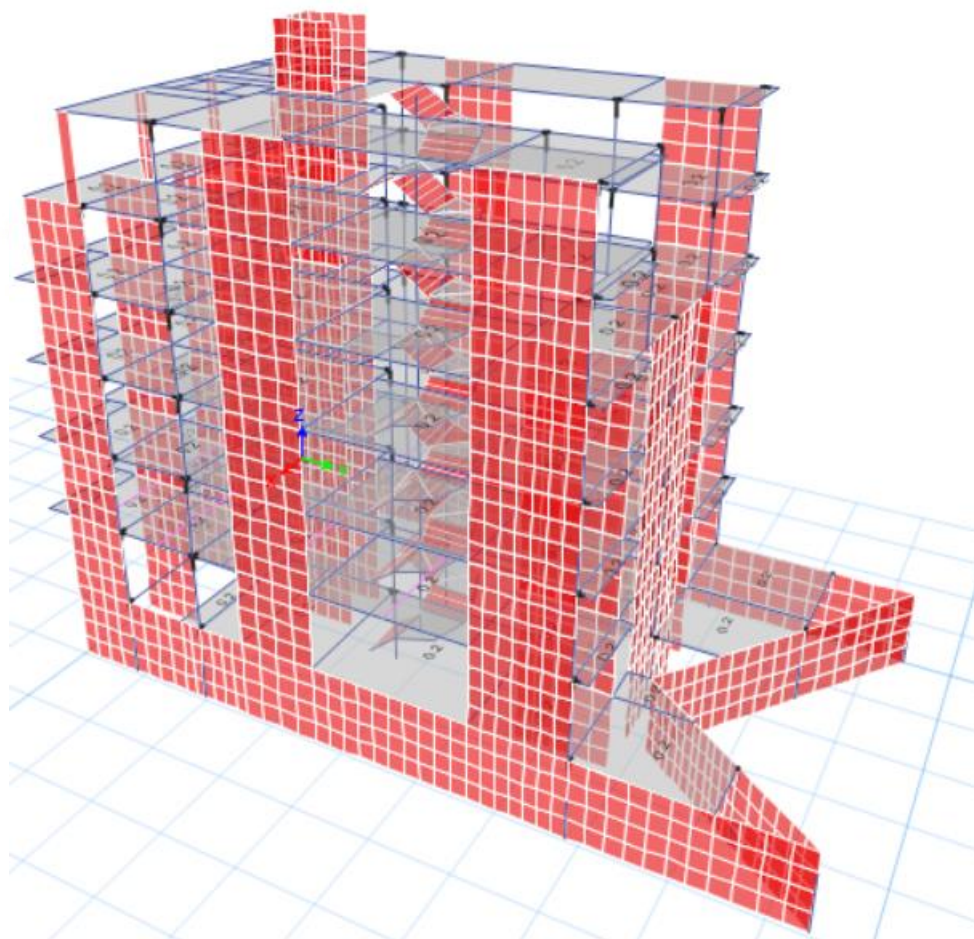
#### 4.8.8 ASIGNACIONES ADICIONALES:

##### 4.8.8.1 BRAZO RÍGIDO

Adicionalmente al modelo se le asignan los llamados “Brazos rígidos” (**Ilustración 52**) con la finalidad de obtener una conectividad entra viga y columna que permita formar pórticos. Al momento de registrar los momentos, se obtengan en las caras de los elementos, y no en los ejes. Adicionalmente aclara que es una zona rígida.

##### **Ilustración 52**

Brazo rígido en unión viga columna



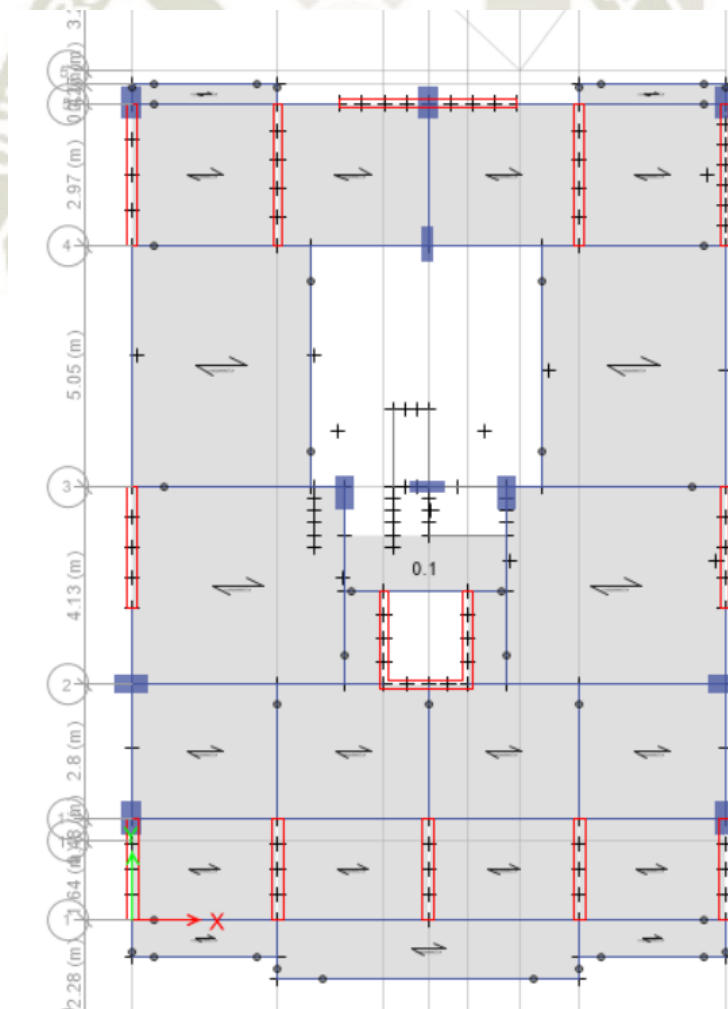
Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.8.2 LIBERACIÓN DE MOMENTOS

Una consideración en las asignaciones también es la liberación de momentos en los extremos donde no llega a desarrollar momentos por limitaciones en la dimensión del elemento vertical que recibe, esto principalmente a que los aceros no llegan a desarrollarse por completo en el elemento receptor (**Ilustración 53**). Es en este caso, que se procede a liberar los momentos en ese extremo, para poder redistribuir los esfuerzos y se pueda tener una estructural más real y precisa.

##### **Ilustración 53**

Liberación de momentos en extremos - Primera planta



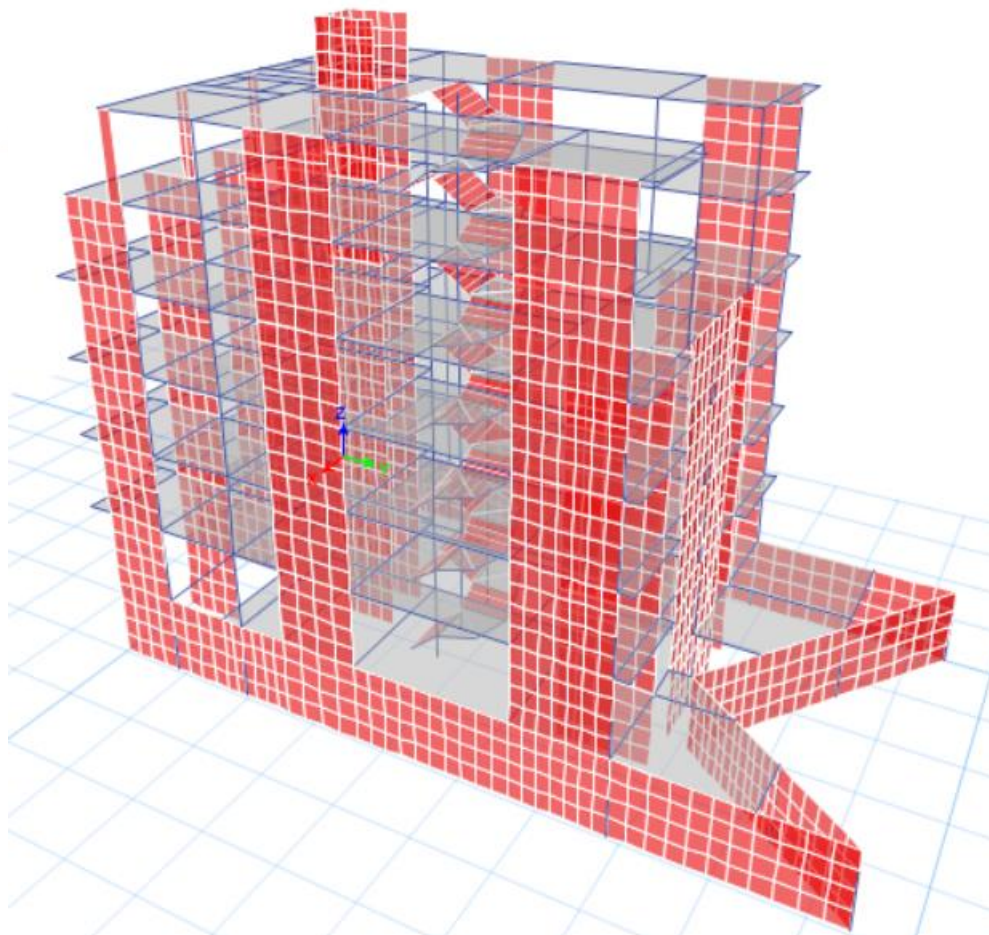
Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.8.3 DISCRETIZACIÓN DE PLACAS

Debido a la cantidad de esfuerzos repartidos en el suelo, de los muros estructurales y a la imprecisión que genera el hacer un análisis de un elemento Wall de esa dimensión. Por ende, se procede a discretizar (**Ilustración 54**), que consiste en dividir todo el elemento en particiones más pequeñas y de dimensiones iguales, a las cuales se les denomina elementos finitos. Estos elementos sirven para redistribuir la carga en la base de los muros y que tenga muchos más puntos de apoyo. Permite tener resultados más exactos en cuestión de esfuerzos.

##### **Ilustración 54**

Discretización de placas



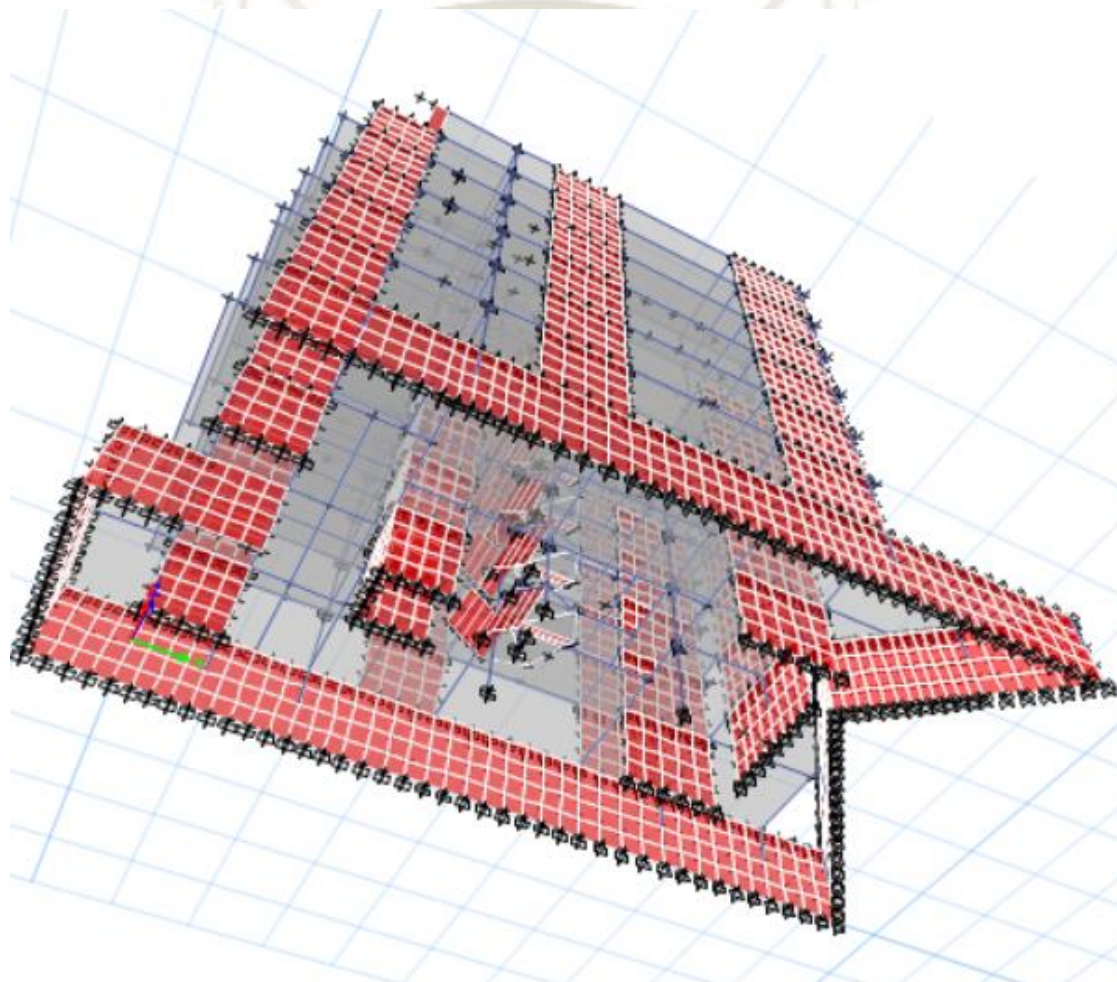
Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.8.4 APOYOS EMPOTRADOS EN LA BASE

La Asignación de apoyos empotrados hace referencia a que se restringen traslaciones y rotaciones con el fin de que se disipen los momentos en el suelo (**Ilustración 55**). Se tiene en cuenta también los grados de libertad de la base de la estructura.

##### **Ilustración 55**

Apoyos empotrados en la base



Fuente: Elaboración propia

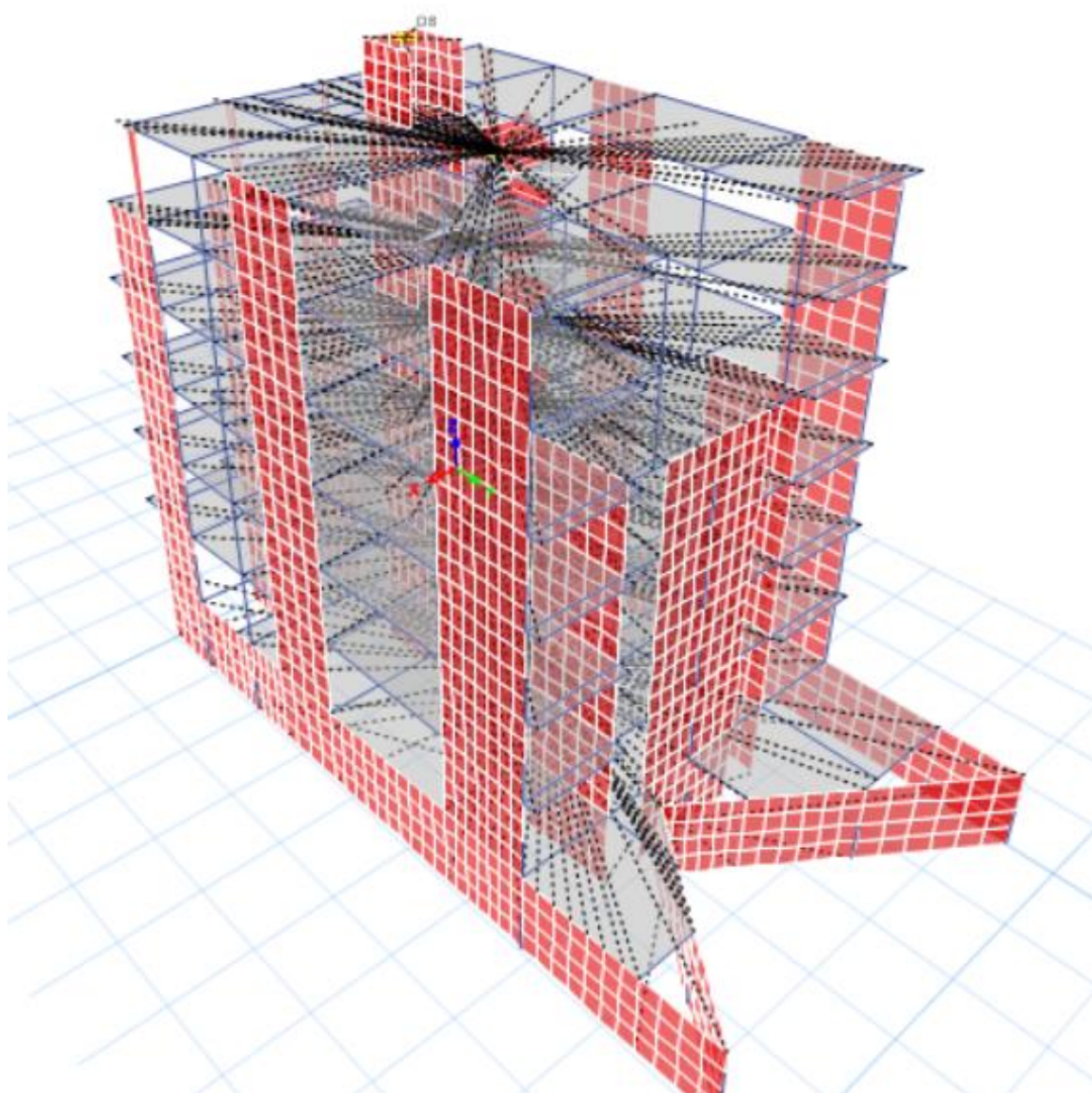
#### 4.8.8.5 DIAFRAGMAS RÍGIDOS

Como se sabe, un diafragma rígido es indeformable, es el encargado de unir la estructura y transmitir el desplazamiento a los elementos horizontales, como son las vigas. En la

**Ilustración 56** se aprecia la manera de como generar diafragmas rígidos en la edificación.

#### **Ilustración 56**

Asignación de diafragma por piso



Fuente: Elaboración propia

#### 4.9 VERIFICACIÓN DE CORTANTE DINÁMICA CON RESPECTO A LA ESTÁTICA:

La cortante basal proveniente del análisis dinámico no debe ser menor que el 90% (por ser estructura irregular) del cortante basal estático (E030 SENCICO, 2016). En la **Tabla 9**, se observa el efecto de los sismos estático y dinámico, para proceder a verificar la cortante sísmica.

**Tabla 9**

Cortante estático y dinámico en dirección x-x extraído de ETABS

Load	FX	FY	FZ
Case/Combo	tonf	tonf	tonf
SEx	380.7057	0	-2.3205
SDx	344.7606	24.0631	57.1906

Fuente: Elaboración propia

Análogamente, se verifican las cortantes estáticas en el sentido “y-y” en la **Tabla 10**

**Tabla 10**

Cortante estático y dinámico en dirección y-y extraído de ETABS

Load	FX	FY	FZ
Case/Combo	tonf	tonf	tonf
SEy	0	380.7058	-3.0592
SDy Max	15.7545	348.2654	61.62

Fuente: Elaboración propia

X-X  $380.7057 \times 0.90 = 342.64 \text{ tonf} < 344.7606$  OK!

Y-Y  $380.7058 \times 0.90 = 342.62 \text{ tonf} < 348.2654$  OK!

Conociendo la irregularidad de la estructura en ambas direcciones, el factor de escalamiento sería 1.00, por lo que no es necesario reescalar el cortante dinámico.

#### 4.10 DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS ABSOLUTOS Y RELATIVOS

La norma nos indica que para estructuras regulares los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75 R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas (Ministerio de Vivienda, 2016, p. 12). Para el caso de estructuras irregulares deberá emplearse el valor de 0.85 R

**Tabla 11**

Límites para la distorsión del entrepiso

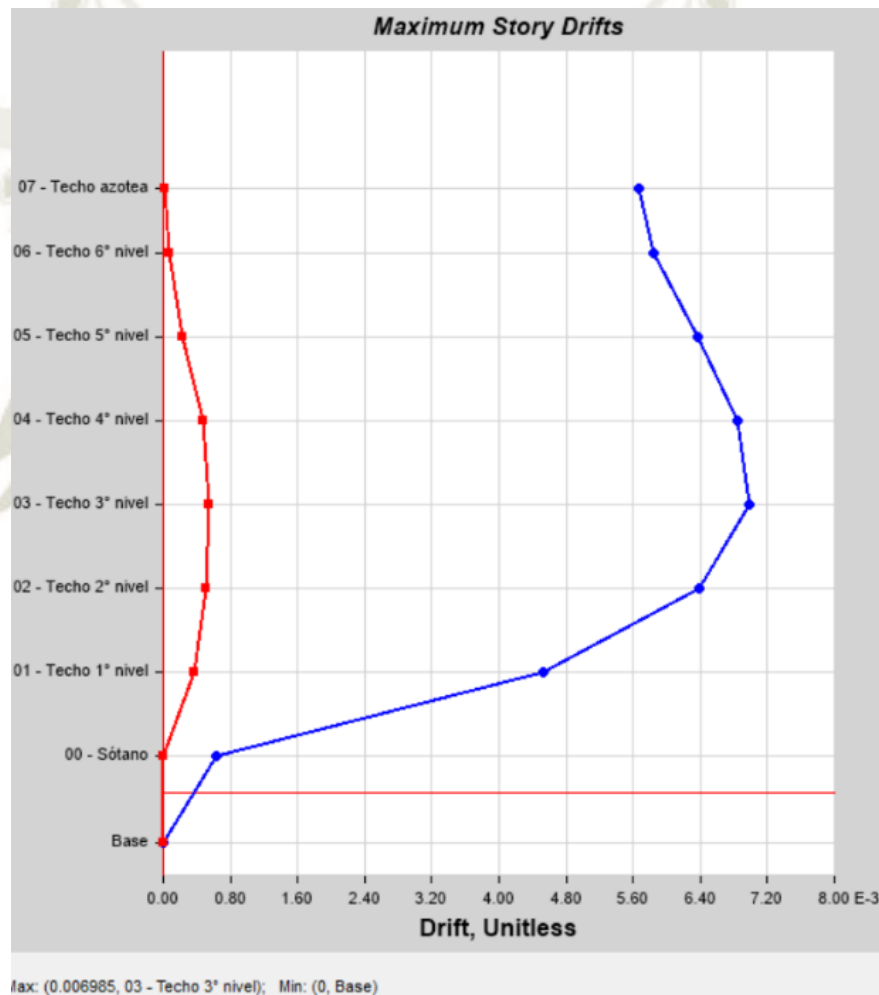
<b>LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO</b>	
<b>Material</b>	
<b>predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i/h_{ei}</math>)</b>
Concreto armado	0.007
Acero	0.1
Albañilería	0.005
Madera	0.01
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Fuente: (E030 SENCICO, 2016, p. 13)

Para poder superar el control de límites de derivas por piso es necesario mantener un control continuo de las deformaciones en cada nivel, controlando sus irregularidades, reduciéndolos en este caso (**Ilustración 57**). Se confirma que el límite se encuentra por debajo de lo permitido.

**Ilustración 57**

Máximo desplazamiento relativo en x-x



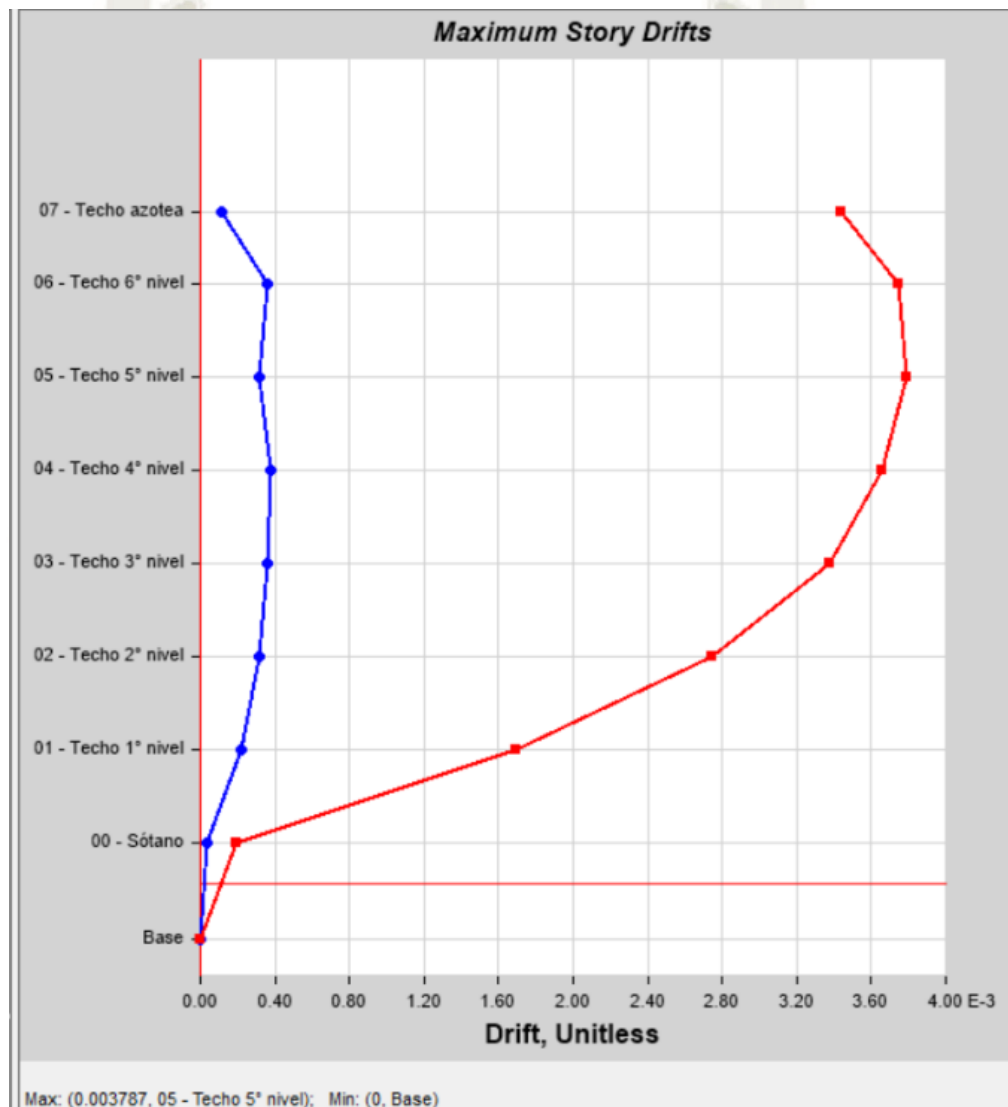
Fuente: Elaboración propia

Límite de distorsión “x-x”  $0.006985 < 0.007$

Paralelamente, simulando el sismo en la dirección “y-y”, y controlado los desplazamientos por piso, se tiene un control un poco más holgado con respecto al sentido perpendicular, debido a la falta de rigidez en dicha dirección.

**Ilustración 58**

Máximo desplazamiento relativo en y-y



Fuente: Elaboración propia

Límite de distorsión “y-y”  $0.003787 < 0.007$

## CAPÍTULO V

### 5. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

A continuación, se presenta el diseño de los elementos que trabajan bajo cargas de gravedad y de sismo (losas, vigas, columnas, etc.), con los resultados del análisis modal espectral realizado en el capítulo anterior.

Las normas utilizadas para el diseño de los elementos estructurales son (ACI 318-14, 2016), (E060 SENCICO, 2009).

#### 5.1 DISEÑO DE LOSAS

Las losas son los primeros elementos en recibir y transmitir tanto cargas laterales como de servicio, hacia los elementos verticales.

El diseño de losas aligeradas se realiza ante cargas vivas y muertas, ya que al ser infinitamente rígido e indeformable no se ve afectado por cargas sísmicas, aunque es necesario realizar una verificación por cortante del concreto, para asegurarnos de que la losa cumpla. Caso contrario, se proponen soluciones como ensanchamiento de vigueta para poder cumplir con los requerimientos del análisis.

##### 5.1.1 REFUERZO POR FLEXIÓN

###### Propiedades

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad E_c = 217370.65 \text{ kg/cm}^2 \quad \beta_1 = 0.85 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2 \quad E_s = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Como los momentos obtenidos del análisis, muestran valores máximos tanto en los extremos con momentos negativos, y en el medio, como positivos; es que el diseño se realiza para los dos casos, cuando el momento se encuentra tanto en el alma como en el ala.

Modelando en el programa ETABS 2016:

### CARGA MUERTA

Peso de losa aligerada 300 kg/cm<sup>2</sup>

Piso terminado = 100 kg/cm<sup>2</sup>

### CARGA VIVA

Sobre carga por vivienda= 200 kg/cm<sup>2</sup>

El cálculo para hallar la carga última de diseño consiste en redistribuir la carga en un ancho correspondiente al de una vigueta. Luego se amplificaría el valor con la primera combinación de cargas, que involucra a las cargas de servicio: **(Ilustración 59)**.

Como el ancho de cada vigueta se considera de 40 cm, el cálculo de P servicio está definido por la

$$C_{servicio} = 1.4 * Wd + 1.7 * Wl \quad (10)$$

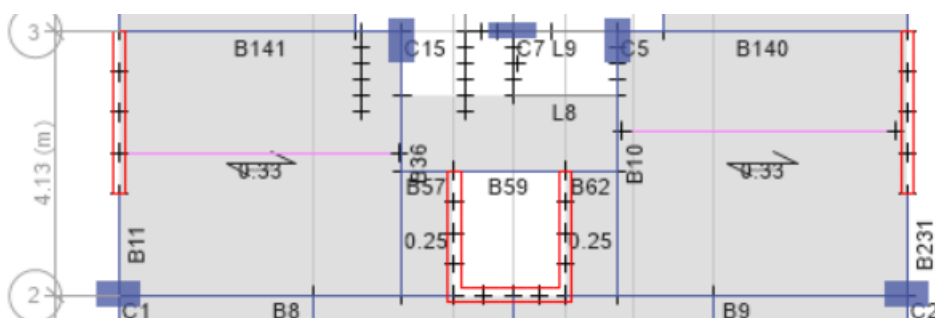
**Ecuación 10** Combinación de cargas de servicio amplificadas (E060 SENCICO, 2009)

$$Wu = 1.4 * (400 \times 0.40) + 1.7 * (200 \times 0.40)$$

$$Wu = 360 \text{ kg/cm}^2 = 0.36 \text{ ton/m}^2$$

### Ilustración 59

Carga última extraída de modelo en ETABS 2016

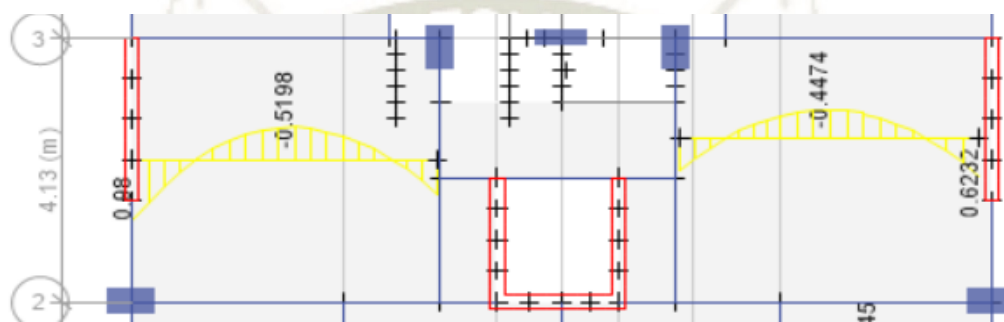


Fuente: Elaboración propia

Con las cargas introducidas, se procede a calcular los momentos flectores (**Ilustración 60**) de la vigueta modelada.

**Ilustración 60**

Diagrama de momentos flectores en vigueta desde ETABS 2016



Fuente: Elaboración propia

$$Mu (+) = 0.5198 \text{ tonf} * m$$

$$Mu (-) = 0.98 \text{ tonf} * m$$

Con la **Ecuación 11**, extraída de (ACI 318-14, 2016) permite conocer la distancia al eje neutro de la sección analizada.

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * Mu * 10^5}{\phi * 0.85 * f'c * b}} \quad (11)$$

**Ecuación 11** Distancia reducida al eje neutro (ACI 318-14, 2016)

Calculada la distancia al eje neutro, se procede a hallar el área de acero respectiva, con la **Ecuación 12**.

$$As = \frac{Mu * 10^5}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})} \quad (12)$$

**Ecuación 12** Área de acero en función de la distancia el eje neutro (ACI 318-14, 2016)

Para momentos positivos, tendríamos:

$$bw1 = 10\text{cm} \quad h = 20\text{ cm} \quad d = 20 - 3 = 17\text{cm} \quad \phi_f = 0.90$$

$$a(+)= 17 - \sqrt{17^2 - \frac{2 * 0.5198 * 10^5}{0.90 * 0.85 * 210 * 40}} = 0.48\text{ cm}$$

$$As(+)= \frac{0.5198 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(17 - \frac{0.48}{2}\right)} = 0.82\text{ cm}^2$$

<b>Mu (+) (tonf*m)</b>	0.5198 tonf*m
<b>As (+)</b>	0.821cm <sup>2</sup>
<b>Asmín</b>	0.36 cm <sup>2</sup>
<b>As final</b>	0.82 m <sup>2</sup>
<b>Ø escogido</b>	2 Ø 3/8"

Para momentos negativos, tendríamos:

$$bw1 = 20\text{cm} \quad h = 20\text{ cm} \quad d = 20 - 3 = 17\text{cm} \quad \phi_f = 0.90$$

$$a(-)= 17 - \sqrt{17^2 - \frac{2 * 0.98 * 10^5}{0.90 * 0.85 * 210 * 10}} = 4.07\text{ cm}$$

$$As(-)= \frac{0.98 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(17 - \frac{4.07}{2}\right)} = 1.73\text{ cm}^2$$

<b>Mu (-) (tonf*m)</b>	0.98 tonf*m
<b>As (-)</b>	1.73 cm <sup>2</sup>
<b>Asmín</b>	0.36 cm <sup>2</sup>
<b>As final</b>	1.73 cm
<b>Ø escogido</b>	1 Ø 1/2" + 1 Ø 3/8"

### 5.1.2 REFUERZO POR CORTE

La resistencia a la fuerza cortante  $V_c$  proporcionada por el concreto de las nervaduras podrá ser considerada 10% mayor a la prevista (ACI 318-14, 2016). De ahí la amplificación que se le hace al valor de cortante obtenido. (**Ecuación 13**)

$$\phi_c = 0.85$$

$$\phi V_c = \phi(1.1 * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d) \quad (13)$$

**Ecuación 13** Cortante de las nervaduras de losas de concreto (ACI 318-14, 2016)

$$\phi V_c = 0.85(1.1 * 0.53 * \sqrt{210} * 10 * 17) = 1.22 \text{ tonf} > V_u$$

$$\phi V_c \geq V_u$$

Adicionalmente, podrá incrementarse la resistencia al corte disponiendo armadura por corte o ensanchando los nervios o viguetas en las zonas críticas. (E060 SENCICO, 2009, p. 129)

### 5.1.3 REFUERZO POR TEMPERATURA

Este acero se calcula por unidad de área por repartirse a lo largo de la losa, su función es evitar fisuras o grietas debido al cambio de temperatura. En (ACI 318-14, 2016) se presenta la **Ecuación 14** para el cálculo de acero mínimo por temperatura.

$$A_{temp} = 0.0018 * 100 * 5 \quad (14)$$

**Ecuación 14** Acero mínimo por temperatura (ACI 318-14, 2016)

$$A_{stemp} = 0.90 \text{ cm}^2$$

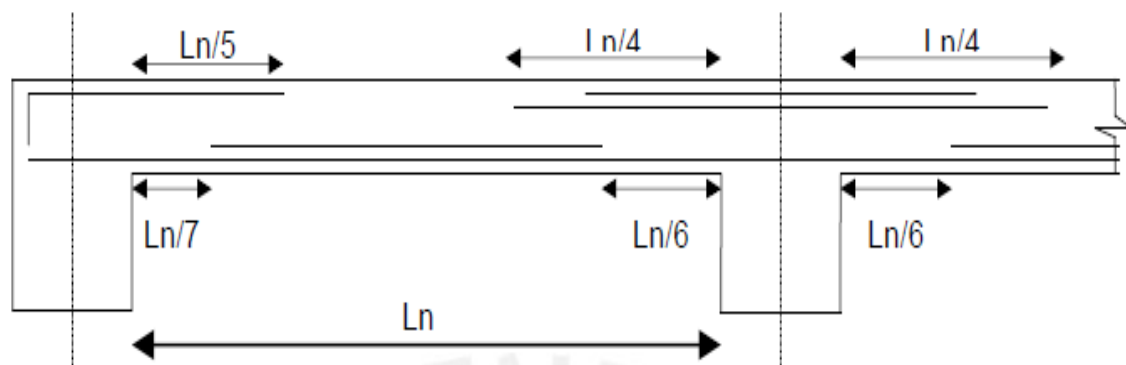
Como sollicitación mínima, el acero será de  $\varnothing 1/4" @ 25\text{cm}$  ( $1.60 \text{ cm}^2$ )

Para los aceros de refuerzo, se recomienda seguir la distribución planteada en la

**Ilustración 61**, esto en todos los elementos que trabajan a flexión.

### Ilustración 61

Detalle Corte de varillas

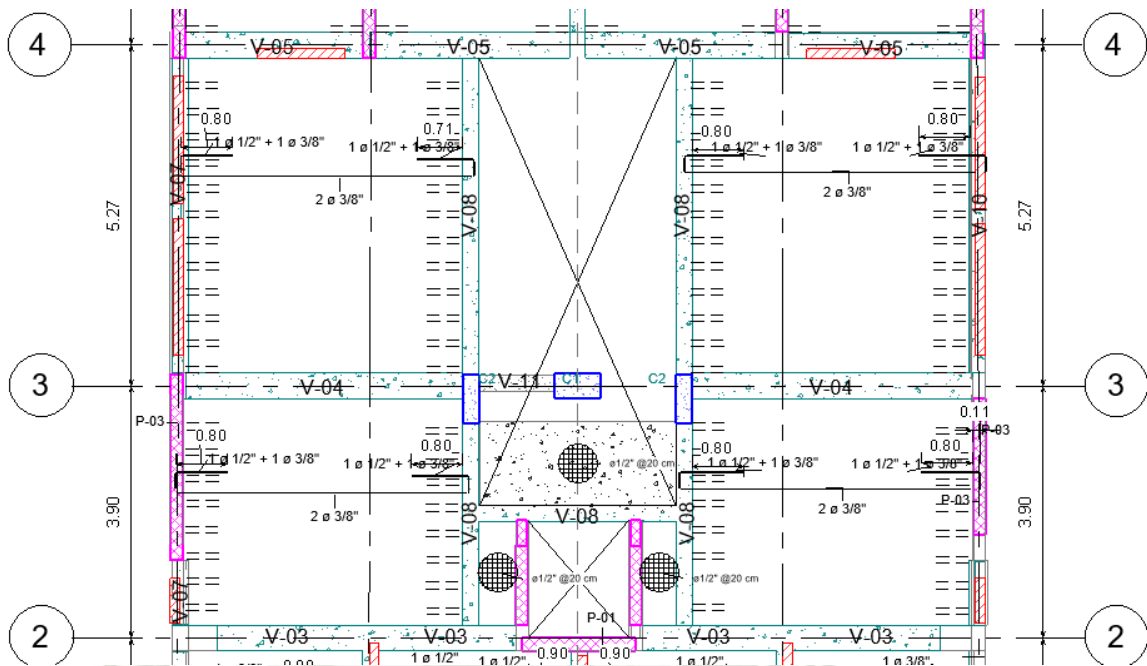


Fuente: (E060 SENCICO, 2009)

Se tiene el detalle del paño de losa diseñado, con las longitudes de refuerzo marcadas y los diámetros calculados.

## Ilustración 62

Detalle de aligerado en Revit



Fuente: Elaboración propia

## 5.2 DISEÑO DE VIGAS

Las vigas son elementos horizontales capaces de resistir esfuerzos de flexión y corte principalmente, estos se originan debido a cargas de gravedad y sísmicas. Tienen como función transmitir cargas de servicio hacia los elementos verticales como son placas y columnas, además son los encargados de controlar desplazamientos al formar pórticos.

Las vigas al absorber sismo deben de considerarse en su diseño las cinco combinaciones de la norma E060 que tienen sismo en ambas direcciones de análisis.

Una vez definidas las cinco combinaciones de carga, se procede a realizar una última combinación de tipo envolvente que permite conocer tanto cortantes como momentos máximos positivos y negativos.

### 5.2.1 REFUERZO POR FLEXIÓN

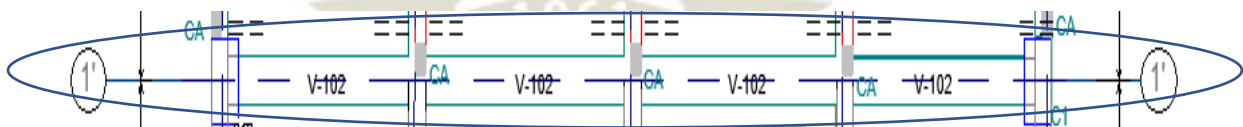
Se debe considerar según la norma E060 ciertas consideraciones para el diseño:

- Deberá existir refuerzo continuo a todo lo largo de la viga, constituido por dos barras tanto en la cara superior como en la inferior
- No deberán hacerse empalmes traslapados dentro de una zona localizada a dos veces el peralte del elemento, medida desde la cara del nudo
- La resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que un tercio de la resistencia a momento negativo provista en dicha cara. La resistencia a momento negativo y positivo en cualquier sección a lo largo de la longitud del elemento deben ser mayores de un cuarto de la máxima resistencia a momento proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos. (E060 SENCICO, 2009)

Se diseñará la viga del primer piso V102 40x50, la cual posee 4 tramos, está apoyada en columnas en sus extremos; se ubica entre los ejes 1 y 2. (**Ilustración 63**).

#### Ilustración 63

Viga V102 en planta

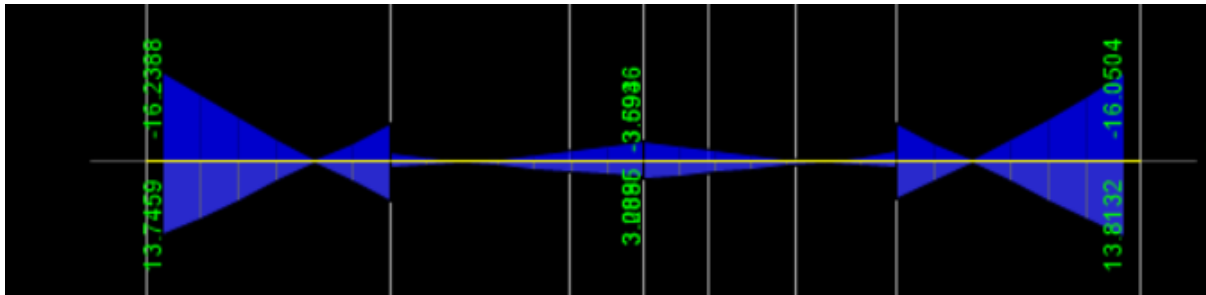


Fuente: Elaboración propia

Se procede a calcular los momentos originados por la envolvente de combinaciones de carga (**Ilustración 64**), de las cuales se aprecia la predominancia de la carga sísmica.

### Ilustración 64

Diagrama de momentos en ETABS 2016



Fuente: Elaboración propia

<b>f'c</b>	210	kg/cm <sup>2</sup>	<b>b</b>	40	cm
<b>Ec</b>	217370.65	kg/cm <sup>2</sup>	<b>h</b>	50	cm
<b>β1</b>	0.85		<b>d</b>	44	cm
<b>fy</b>	4200	kg/cm <sup>2</sup>	<b>øf</b>	0.90	
<b>Es</b>	2.00E+06	kg/cm <sup>2</sup>	<b>rec</b>	6	cm

#### 1. Acero mínimo:

En la **Ecuación 15**, extraída de (ACI 318-14, 2016), se presenta la ecuación para calcular el acero mínimo en vigas.

$$A_{smín} = \max\left(0.7 * \frac{\sqrt{f'c}}{f_y} * b * d; \frac{14.1}{f_y} * b * d\right) \quad (15)$$

**Ecuación 15** Acero mínimo en vigas (ACI 318-14, 2016)

$$A_{smín} = 5.91 \text{ cm}^2$$

## 2. Cuantía balanceada:

Según (ACI 318-14, 2016), la cuantía balanceada que hace que fluyan conjuntamente el acero y el concreto, está dada por la **Ecuación 16**.

$$pb = \beta_1 * 0.85 * \frac{f'c}{fy} * \left( \frac{6000}{6000 + fy} \right) \quad (16)$$

**Ecuación 16** Cuantía balanceada en vigas (ACI 318-14, 2016)

$$pb = 0.0213$$

## 3. Cuantía máxima:

Con el objetivo de establecer un rango de seguridad en el cálculo de la cuantía, se usa como cuantía máxima, un 75% de la cuantía balanceada (**Ecuación 17**).

$$pmax = 0.75 * pb \quad (17)$$

**Ecuación 17** Cuantía máxima en vigas (ACI 318-14, 2016)

$$p_{\text{máx}} = 0.0213 * 0.75 = 0.0159$$

Con la cuantía máxima calculada, se prosigue a hallar el área de acero máxima (**Ecuación 18**), con el objeto de controlar los aceros escogidos.

$$Asmax = p_{\text{máx}} * b * d \quad (18)$$

**Ecuación 18** Área máxima de acero (ACI 318-14, 2016)

$$Asmax = 0.0159 * 40 * 44 = 28.05 \text{ cm}^2$$

<b>Tramo 1</b>			
<b>Momentos i-</b>	16.2400	4.6600	6.8400
<b>Momentosi+</b>	13.7400	4.6100	7.4100
<b>Momentos f-</b>	16.2400	4.6600	6.8400
<b>Momentos f+</b>	13.7400	4.6100	7.4100
<b>a-</b>	6.177343	1.680215	2.489581
<b>a+</b>	5.162360	1.661833	2.703821
<b>Asi-</b>	10.50	2.86	4.23
<b>Asi+</b>	8.78	2.83	4.60
<b>Asmín</b>		5.91	
<b>Asmáx</b>		28.05	
<b>Asf-</b>	10.50	5.91	5.91
<b>Asf+</b>	8.78	5.91	5.91
<b>Ø colocado</b>	3 Ø 5/8" + 3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"
<b>Ø colocado</b>	3 Ø 5/8" + 2 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"

<b>Tramo 2</b>			
<b>Momentos i-</b>	1.6200	0.6100	3.6000
<b>Momentosi+</b>	1.3500	1.4700	3.0900
<b>Momentos f-</b>	1.6200	0.9000	3.6000
<b>Momentos f+</b>	1.3500	1.4700	3.0900
<b>a-</b>	0.576736	0.319469	1.292212
<b>a+</b>	0.480083	0.523013	1.106781
<b>Asi-</b>	0.98	0.54	2.20
<b>Asi+</b>	0.82	0.89	1.88
<b>Asmín</b>		5.91	
<b>Asmáx</b>		28.05	
<b>Asf-</b>	5.91	5.91	5.91
<b>Asf+</b>	5.91	5.91	5.91
<b>Ø colocado</b>	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"
<b>Ø colocado</b>	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"

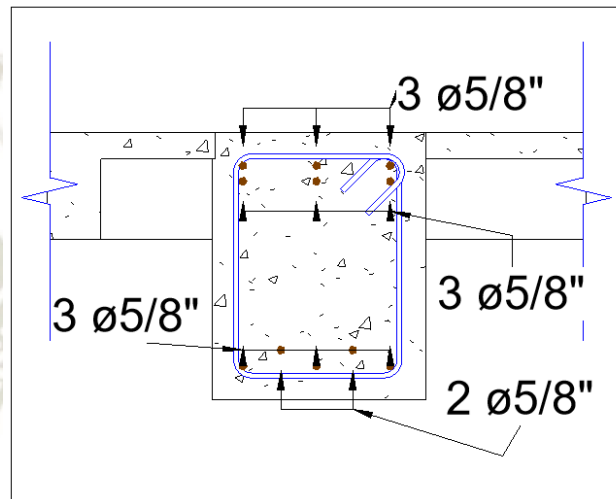
<b>Tramo 3</b>			
<b>Momentos i-</b>	3.7000	0.6000	1.7200
<b>Momentosi+</b>	3.2100	1.4700	1.3100
<b>Momentos f-</b>	3.7000	0.9250	1.7200
<b>Momentos f+</b>	3.2100	1.4700	1.3100
<b>a-</b>	1.328665	0.328376	0.612589
<b>a+</b>	1.150340	0.523013	0.465782
<b>Asi-</b>	2.26	0.56	1.04
<b>Asi+</b>	1.96	0.89	0.79
<b>Asmín</b>		5.91	
<b>Asmáx</b>		28.05	
<b>Asf-</b>	5.91	5.91	5.91
<b>Asf+</b>	5.91	5.91	5.91
<b>Ø colocado</b>	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"
<b>Ø colocado</b>	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"
<b>Tramo 4</b>			
<b>Momentos i-</b>	6.8500	4.6400	16.0500
<b>Momentosi+</b>	7.2100	4.6500	13.8100
<b>Momentos f-</b>	6.8500	4.6400	16.0500
<b>Momentos f+</b>	7.2100	4.6500	13.8100
<b>a-</b>	2.493331	1.672861	6.099250
<b>a+</b>	2.628523	1.676538	5.190418
<b>Asi-</b>	4.24	2.84	10.37
<b>Asi+</b>	4.47	2.85	8.82
<b>Asmín</b>		5.91	
<b>Asmáx</b>		28.05	
<b>Asf-</b>	5.91	5.91	10.37
<b>Asf+</b>	5.91	5.91	8.82
<b>Ø colocado</b>	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8" + 3 Ø 5/8"
<b>Ø colocado</b>	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8"	3 Ø 5/8" + 2 Ø 5/8"

Fuente: Elaboración propia

En la **Ilustración 65** se presenta la sección final de viga que se adoptó debido a los momentos actuantes.

### Ilustración 65

Sección de viga en Revit Structure



Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2 REFUERZO POR CORTE

$$\phi_c = 0.85$$

$$L_n = 3.04 \text{ m}$$

Diseño por capacidad

- “La fuerza del cortante asociado con el desarrollo de los momentos nominales ( $M_n$ ) del elemento en cada extremo restringido de la luz libre y el cortante isostático calculado para las cargas de gravedad tributarias amplificadas. En los elementos en flexocompresión los momentos nominales en los extremos de la luz libre del elemento, estarán asociados a la fuerza axial  $P_u$  que de como resultado el mayor momento nominal posible”. (E060 SENCICO, 2009)

b) “El cortante máximo obtenido de las combinaciones de carga de diseño con un factor de amplificación para los valores del sismo igual a 2,5”. (E060 SENCICO, 2009)

a) Asociado a momentos nominales:

Para momentos nominales se consideran los aceros colocados en los extremos de las vigas, para hallar el momento resistente generado por estos, en aras de hallar el cortante que causan dichos momentos. (ACI 318-14, 2016)

$$Mn = As * fy * \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (19)$$

**Ecuación 19** Momento nominal asociado a eje neutro (ACI 318-14, 2016)

$$As1 = 3 \text{ } \emptyset \text{ } 5/8" + 3 \text{ } \emptyset \text{ } 5/8" = As1 = 12.00 \text{ cm}^2$$

$$Mn1 = 20.40 \text{ tonf} * m$$

$$As2 = 3 \text{ } \emptyset \text{ } 5/8" + 2 \text{ } \emptyset \text{ } 5/8" = 10.00 \text{ cm}^2$$

$$Mn2 = 17.24 \text{ tonf} * m$$

$$As3 = 3 \text{ } \emptyset \text{ } 5/8" = 6.00 \text{ cm}^2$$

$$Mn3 = 10.64 \text{ tonf} * m$$

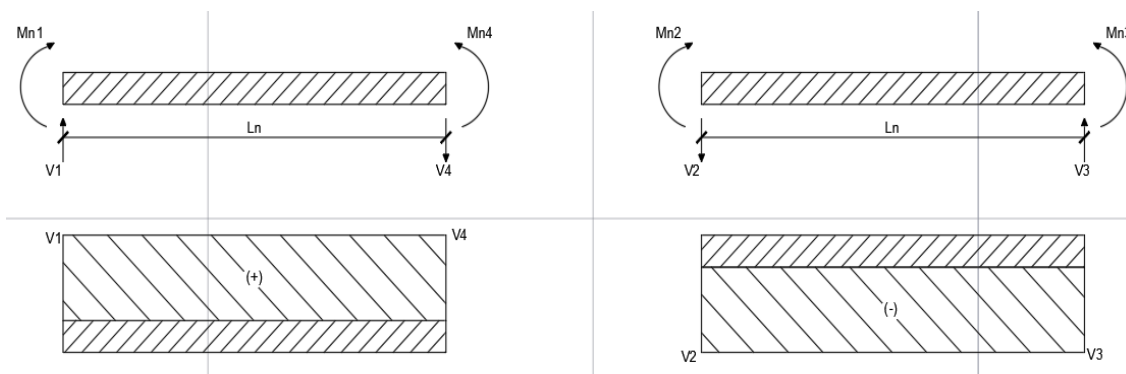
$$As4 = 3 \text{ } \emptyset \text{ } 5/8"$$

$$Mn4 = 10.64 \text{ tonf} * m$$

Estos momentos generados debido al área de acero colocada, genera, como se ve en la **Ilustración 66**, cortantes debido a la acción sísmica de izquierda a derecha, y viceversa.

### Ilustración 66

Momentos nominales actuantes en vigas



Fuente: Elaboración propia

Caso I

Caso II

$$V1 = V4 = \frac{Mn1 + Mn4}{Ln} \quad (20)$$

**Ecuación 20** Cortante actuante por el sismo I-D (ACI 318-14, 2016)

$$V2 = V3 = \frac{Mn2 + Mn3}{Ln} \quad (21)$$

**Ecuación 21** Cortante actuante por el sismo D-I (ACI 318-14, 2016)

$$V1 = 10.38 \text{ tonf}$$

$$V4 = -10.38 \text{ tonf}$$

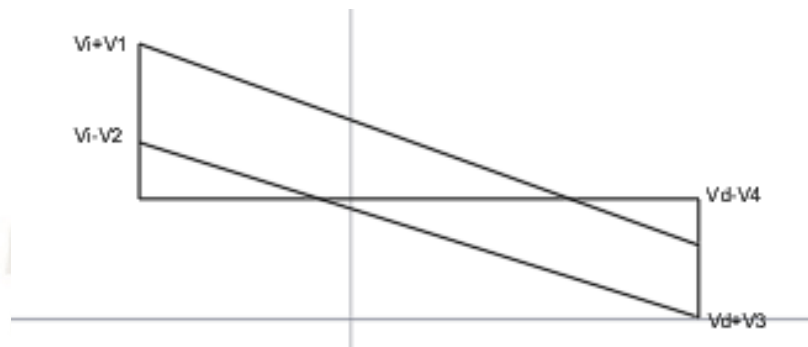
$$V2 = -9.33 \text{ tonf}$$

$$V3 = 9.33 \text{ tonf}$$

Como se tiene cortantes generados alternadamente en cada extremo, debido a que la sección es similar, los efectos también. En la **Ilustración 67** se aprecian los efectos de corte superpuestos.

**Ilustración 67**

Diagrama de cortantes superpuestos



Fuente: Elaboración propia

$$V_i + V_1 = 19.55 \text{ tonf}$$

$$V_i - V_2 = 1.05 \text{ tonf}$$

$$V_d - V_4 = -2.52 \text{ tonf}$$

$$V_d + V_3 = 17.19 \text{ tonf}$$

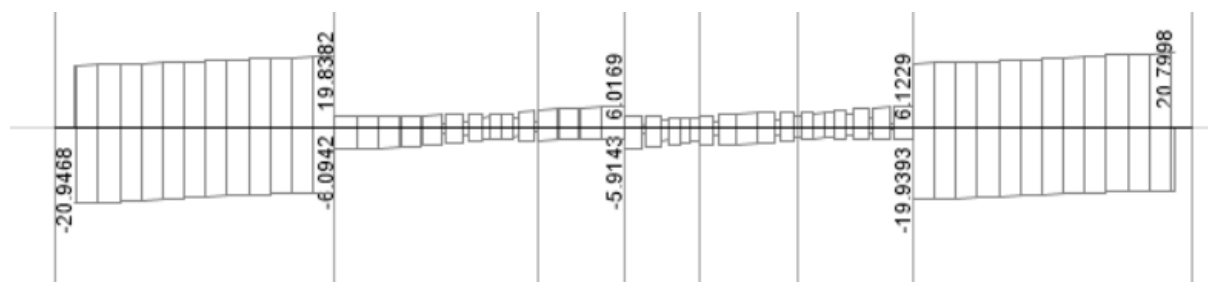
$$V_{ua} = 19.55 \text{ tonf}$$

b) Factor de amplificación de sismo 2.5

Se crea una combinación de cargas amplificada 2.5 veces de la envolvente convencional en ETABS 2016 (**Ilustración 68**).

**Ilustración 68**

Diagrama de cortante amplificado (2.5S)



Fuente: Elaboración propia

$$V_{ub} = 20.95 \text{ tonf}$$

$$V_{ud} = \min(V_{ua}; V_{ub})$$

$$V_{ud} = 19.31 \text{ tonf}$$

### Resistencia al cortante proporcionado por el concreto

De aquí en adelante, la resistencia al concreto está dada por la **Ecuación 22**, extraída de (Blasco, 1998)

$$V_c = (0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d) \quad (22)$$

**Ecuación 22** Resistencia al cortante del concreto (Blasco, 1998)

$$V_c = 13.52 \text{ tonf}$$

### Resistencia nominal al corte

Se calcula ahora la resistencia nominal al corte con la **Ecuación 23**, que divide al cortante último hallado entre el factor de cortante  $\phi$ .

$$\frac{V_u}{\phi} \leq V_n \quad (23)$$

**Ecuación 23** Resistencia última del concreto al cortante (E060 SENCICO, 2009)

$$\frac{V_u}{\phi} = 22.71 \text{ tonf}$$

Al no ser suficiente la resistencia del concreto ante el cortante, es que se calcula, la resistencia faltante (**Ecuación 24**).

$$V_n = V_c + V_s \quad (24)$$

**Ecuación 24** Resistencia nominal de la sección (E060 SENCICO, 2009)

$$V_s = 22.71 - 13.52 = 9.19 \text{ tonf}$$

**Resistencia al cortante del acero:**

Para calcular el acero de confinamiento en la viga, despejamos la **Ecuación 25**, para despejar el espaciamiento teórico de los estribos de confinamiento.

$$V_s = A_v * f_y * \frac{d}{s} \quad (25)$$

**Ecuación 25:** Resistencia al corte proporcionado por el acero (ACI 318-14, 2016)

$$A_v = 1.42 \text{ cm}^2$$

2 capas Ø 3/8"

$$s < \frac{0.71 * 2 * 4200 * 44}{9.19}$$

$$s = 28.55 \text{ cm}$$

Según la norma E060 el espaciamiento de estribos en la zona de confinamiento no debe exceder del menor de:

a)  $d/4$ , pero como mínimo 15 cm       $44/4 = 11 \text{ cm}$       15 cm

b)  $10\phi_{\text{menor}} = 10 * 2 = 20 \text{ cm}$

c)  $24 \phi_{\text{confinamiento}} = 24 * 0.71 = 17.04 \text{ cm}$

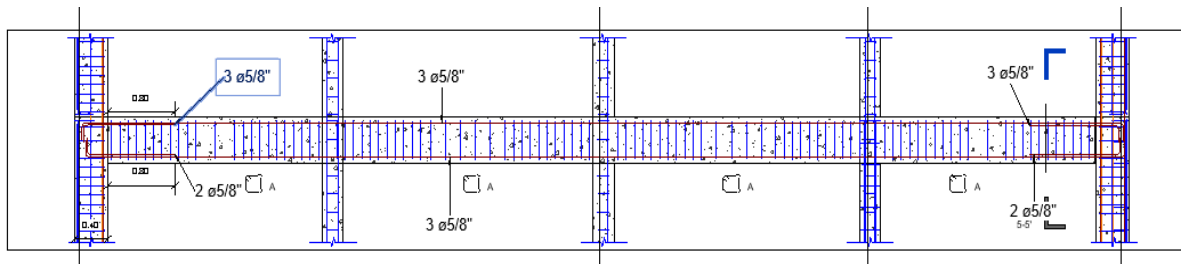
d) 30 cm

smín = 15 cm

**Distribución final:** Ø3/8" 1@5 cm, 10 @ 10 cm, resto a 20 cm

### Ilustración 69

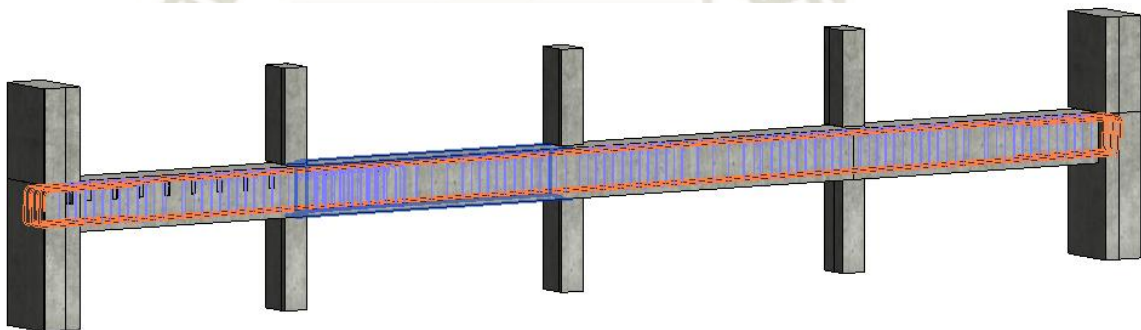
Detalle longitudinal en Revit Structure



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 70

Tramo completo de viga en 3D



Fuente: Elaboración propia

## 5.3 DISEÑO DE COLUMNAS

Las columnas son elementos verticales encargados de transmitir esfuerzos a la cimentación. Controla, además, los desplazamientos laterales de la estructura debido a que forman pórticos con vigas.

Su análisis se da por las cargas tanto de gravedad, como de sismo, una vez configuradas se resuelven con las cinco combinaciones de carga de la norma E060, pero sin trabajar con la

envolvente, ya que aquí se evaluarán casos que incluyen carga axial, la cual está en los diagramas de interacción. Así que hay que evaluar combinación por combinación.

La norma indica que la cuantía mínima es 1% del área bruta de la columna, hasta el 6%, y a partir de 4% es necesario detallar la colocación del refuerzo de las uniones con vigas.

### 5.3.1 REFUERZO POR FLEXOCOMPRESIÓN

La columna C15 tiene una sección de 25X75, por lo que una primera iteración en su sección se realizará con una sección de acero con una cuantía del 1% respecto al área gruesa de concreto. En la **Tabla 12** se aprecian los axiales y momentos nominales de dicha columna.

**Tabla 12**

Valores de las cargas aplicados de las cinco combinaciones

	<b>P(tonf)</b>	<b>P(tonf)</b>	<b>M22(tonf*m)</b>	<b>M33 (tonf*m)</b>
<b>COMB1</b>	-87.2612	87.2612	-0.2204	-1.1933
<b>COMB1</b>	-85.9382	85.9382	0.3331	2.4081
<b>COMB2 Max</b>	-0.2781	0.2781	0.206	-0.9077
<b>COMB2 Max</b>	0.9032	-0.9032	0.4761	2.2686
<b>COMB2 Min</b>	149.7849	149.7849	-0.5881	-1.1285
<b>COMB2 Min</b>	148.6036	148.6036	0.1012	1.8465
<b>COMB3 Max</b>	-42.3524	42.3524	-0.1684	-0.5511
<b>COMB3 Max</b>	-41.1711	41.1711	0.3131	4.4905
<b>COMB3 Min</b>	107.7105	107.7105	-0.2138	-1.4851
<b>COMB3 Min</b>	106.5293	106.5293	0.2641	-0.3754
<b>COMB4 Max</b>	30.4085	-30.4085	0.2785	-0.4634
<b>COMB4 Max</b>	31.259	-31.259	0.3657	1.3814
<b>COMB4 Min</b>	119.0983	119.0983	-0.5156	-0.6841
<b>COMB4 Min</b>	118.2478	118.2478	-0.0092	0.9593
<b>COMB5 Max</b>	-11.6658	11.6658	-0.0958	-0.1068
<b>COMB5 Max</b>	-10.8153	10.8153	0.2027	3.6033
<b>COMB5 Min</b>	-77.024	77.024	-0.1412	-1.0407
<b>COMB5 Min</b>	-76.1735	76.1735	0.1537	-1.2626

Fuente: Elaboración propia

Lo importante en este diseño es trazar de acuerdo a la sección de acero propuesta los diagramas de interacción respectivos, teniendo como puntos principales los casos de falla:

**Compresión pura:** Cuando el momento es nulo, así como la excentricidad. Esta carga es la máxima en el diagrama.

**Falla balanceada:** Sucede cuando el concreto fluye conjuntamente con el acero.

**Falla dúctil:** Cuando el acero fluye mucho antes del concreto, es una falla visible al ojo humano.

**Falla frágil:** Cuando el concreto fluye antes del acero y termine colapsando la columna (es la falla más peligrosa).

$B = 25 \text{ cm}$

$H = 75 \text{ cm}$

Para un primer cálculo de área de acero, según (ACI 318-14, 2016) se calcula en función al 1% del área gruesa. (**Ecuación 26**)

$$A_{s\text{mín}} = 0.01 * b * h \quad (26)$$

**Ecuación 26** Acero mínimo en columnas (ACI 318-14, 2016)

$$A_{s\text{mín}} = 0.01 * 25 * 75 = 18.75 \text{ cm}^2$$

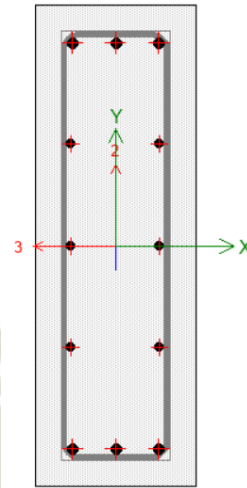
Sección propuesta:

$$6\phi 5/8" + 6\phi 1/2" = A_{s \text{ col}} = 19.74 \text{ cm}^2$$

En la **Ilustración 71** se aprecia la sección propuesta para determinar su diagrama de interacción y verificar la sección ante sus efectos de flexocompresión y corte.

### Ilustración 71

Primera distribución de aceros en columna C15 en ETABS



Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en la **Tabla 13** se presentan los axiales y momentos generados por la sección y reducidos con su factor de reducción “ $\phi$ ”. Análogamente, se procede a reportar los valores de axiales y momentos nominales. (**Tabla 14**).

**Tabla 13**

Axiales y momentos últimos de columnas en ETABS 2016

<b>0°</b>	<b>P (tonf)</b>	<b>M3(tonf*m)</b>	<b>90°</b>	<b>P(tonf)</b>	<b>M2(tonf*m)</b>
	215.4429	0		215.4429	0
	215.4429	12.4432		215.4429	3.8349
	200.0547	19.4254		195.8221	6.1321
	170.6998	24.746		162.3432	7.7817
	138.6388	28.7336		123.4826	8.6515
	102.8371	31.68		77.0246	8.9283
	88.0154	35.8505		60.1182	9.3782
	67.4926	38.6315		31.7106	9.1965
	29.5362	31.5985		-8.5779	6.2667
	-15.4021	19.4928		-51.3265	2.7102
	-74.844	0		-74.844	0
<b>180°</b>	<b>P(tonf)</b>	<b>M3(tonf*m)</b>	<b>270°</b>	<b>P(tonf)</b>	<b>M2(tonf*m)</b>
	215.4429	0		215.4429	0
	215.4429	12.4432		215.4429	-3.8349
	200.0547	19.4254		195.8221	-6.1321
	170.6998	-24.746		162.3432	-7.7817
	138.6388	28.7336		123.4826	-8.6515
	102.8371	-31.68		77.0246	-8.9283
	88.0154	35.8505		60.1182	-9.3782
	67.4926	38.6315		31.7106	-9.1965
	29.5362	31.5985		-8.5779	-6.2667
	-15.4021	-9.4928		-51.3265	-2.7102
	-74.844	0		-74.844	0

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14**

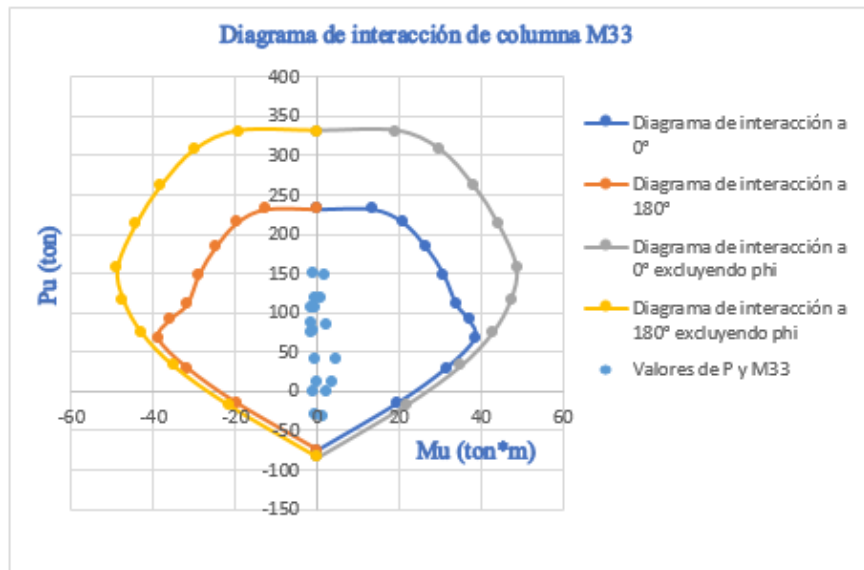
Axiales y momentos nominales de columnas en ETABS 2016

<b>0°</b>	<b>P(tonf)</b>	<b>M3(tonf*m)</b>	<b>90°</b>	<b>P(tonf)</b>	<b>M2(tonf*m)</b>
	331.4506	0		331.4506	0
	331.4506	19.1434		331.4506	5.8999
	307.7765	29.8852		301.2648	9.4341
	262.6151	38.0707		249.7588	11.9719
	213.2905	44.2055		189.9732	13.3099
	158.2109	48.7384		118.4993	13.7358
	116.1822	47.3234		79.3573	12.3794
	74.9918	42.9239		35.234	10.2183
	32.818	35.1095		-9.531	6.963
	-17.1135	21.6587		-57.0295	3.0113
	-83.16	0		-83.16	0
<b>180°</b>	<b>P(tonf)</b>	<b>M3(tonf*m)</b>	<b>270°</b>	<b>P(tonf)</b>	<b>M2(tonf*m)</b>
	331.4506	0		331.4506	0
	331.4506	19.1434		331.4506	-5.8999
	307.7765	29.8852		301.2648	-9.4341
	262.6151	38.0707		249.7588	11.9719
	213.2905	44.2055		189.9732	13.3099
	158.2109	48.7384		118.4993	13.7358
	116.1822	47.3234		79.3573	12.3794
	74.9918	42.9239		35.234	10.2183
	32.818	35.1095		-9.531	-6.963
	-17.1135	21.6587		-57.0295	-3.0113
	-83.16	0		-83.16	0

Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 72**

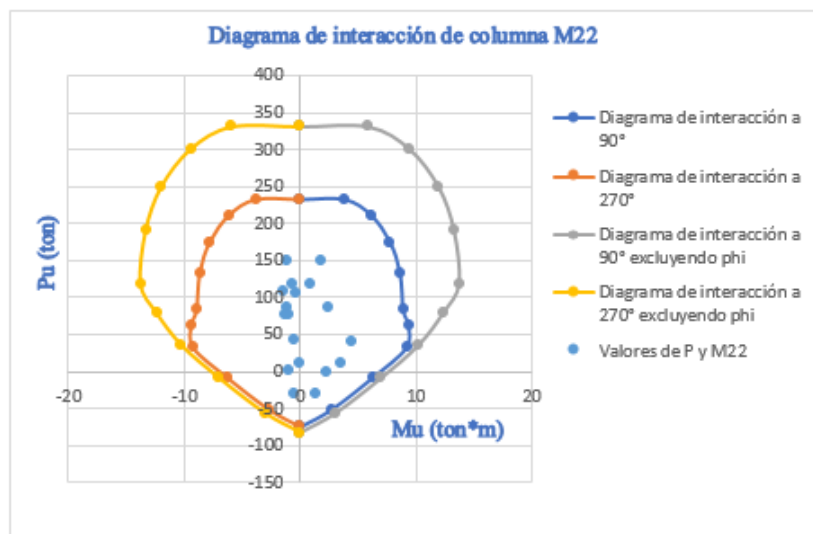
Diagrama de interacción en dirección 3-3



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 73**

Diagrama de interacción en dirección 2-2



Fuente: Elaboración propia

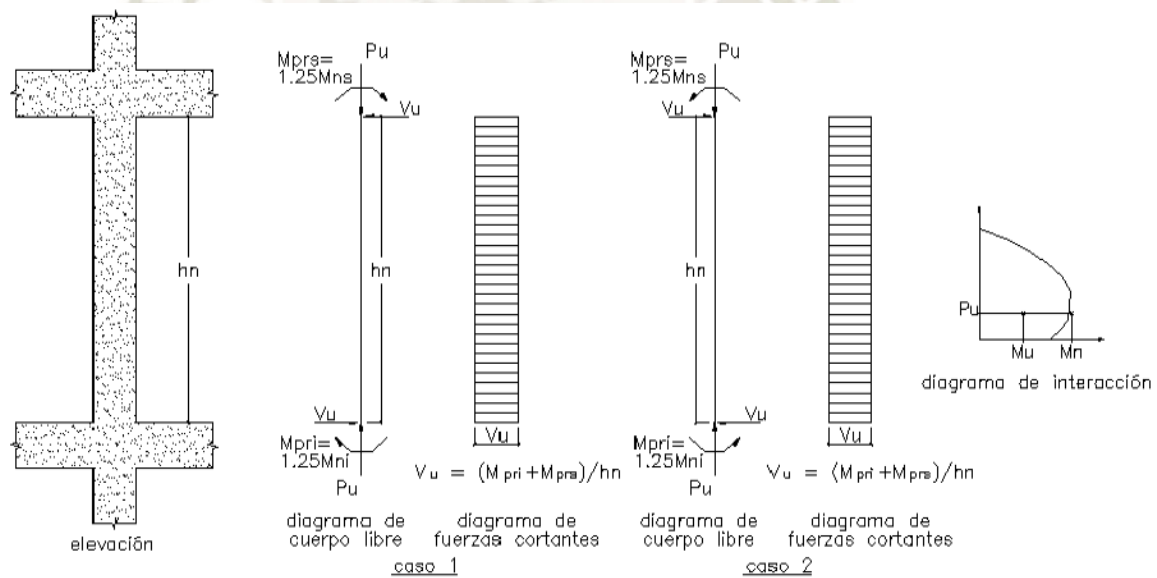
Todas las cargas se encuentran dentro del diagrama de interacción, lo que indica que la primera iteración es correcta y el diseño a flexo compresión es óptimo para la columna C15.

### 5.3.2 REFUERZO POR CORTE

La fuerza de cortante de diseño,  $V_u$ , se debe determinar considerando las máximas fuerzas que se puedan generar en las caras de los nudos en cada extremo del elemento (**Ilustración 74**). Estas fuerzas se deben determinar usando las resistencias máximas probables en flexión ( $M_{pr} = 1,25 M_n$ ) en cada extremo del elemento, correspondientes al rango de cargas axiales amplificadas,  $P_u$ , que actúan en él (E060 SENCICO, 2009)

#### Ilustración 74

Fuerza cortante de diseño de columna

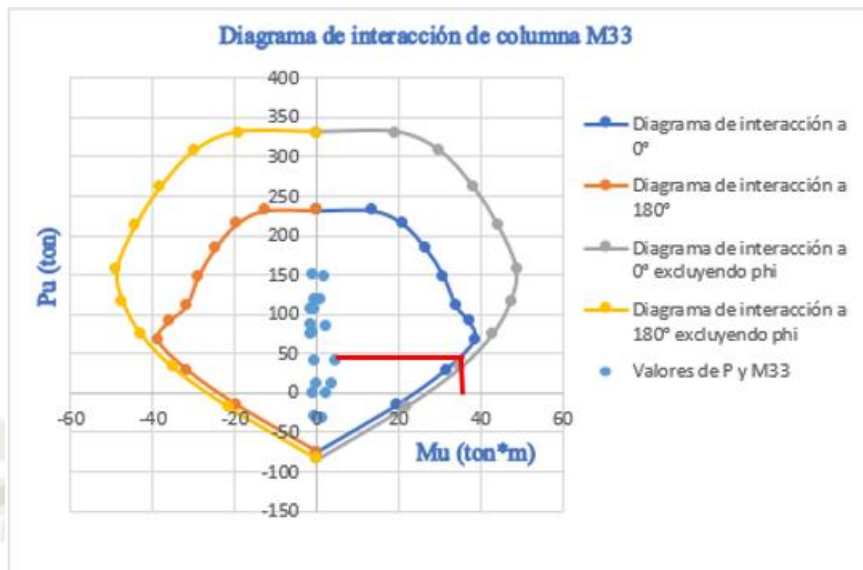


Fuente: (E060 SENCICO, 2009)

Para obtener el mayor momento último se verifica en el diagrama, qué combinación provoca el mayor momento, esto se puede hacer gráficamente. (**Ilustración 75**).

**Ilustración 75**

Combinación de carga en la dirección 3-3 asociada a momento nominal máximo

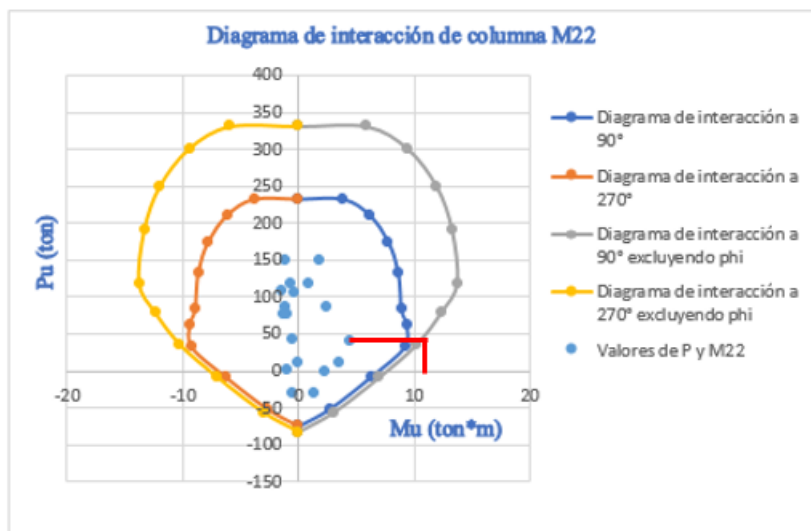


Fuente: Elaboración propia

Análogamente, se realiza para el otro sentido 2-2. Se observa la distorsión de las combinaciones en el diagrama de interacción. (**Ilustración 76**).

**Ilustración 76**

Combinación de carga en la dirección 2-2 asociada a momento nominal máximo



Fuente: Elaboración propia

En base a la **Ilustración 74** se establece la **Ecuación 27**, extraída de (ACI 318-14, 2016), con la finalidad de calcular los cortantes debido a los momentos nominales de la columna.

**Para el eje 3-3:**

$$Mns = 37 \text{ tonf} \quad Mni = 37 \text{ tonf} \quad Hn = 2.60 \text{ m}$$

$$Vu = \frac{Mni + Mns}{hn} \quad (27)$$

**Ecuación 27** Cortante debido a momentos nominales (ACI 318-14, 2016)

$$Vu = \frac{37 + 37}{2.60} = 28.46 \text{ tonf}$$

$$\frac{Vu}{\phi} \leq Vc = \frac{28.46}{0.85} = 33.48 \text{ tonf}$$

**Resistencia al cortante del concreto:** Siguiendo con la **Ecuación 22**, se calcula el cortante proporcionado por la sección de concreto.

$$b = 25 \text{ cm} \quad d = 75 - 6 = 69 \text{ cm}$$

$$Vc = 0.53 * \sqrt{f'c} * bw * d$$

$$Vc = 0.53 * \sqrt{210} * 25 * 69 = 13.25 \text{ tonf}$$

**Resistencia al cortante del acero:** Con lo estipulado en la **Ecuación 24**, se calcula el cortante del acero en función al cortante nominal y el cortante del concreto.

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vc = 32 \text{ tonf}$$

Utilizando cuatro ramales debido a la longitud de la columna en el lado más largo, tenemos:  $Av \ 4 * 0.71 = 2.84 \text{ cm}^2$ . Usando la **Ecuación 25**:

$$So < \frac{Av * fy * d}{Vs} = 25.44 \text{ cm}$$

- Para el eje 2-2:

$$Mns = 12 \text{ tonf}$$

$$Mni = 12 \text{ tonf}$$

$$Hn = 2.60 \text{ m}$$

Con la **Ecuación 27**, se tiene:

$$Vu = \frac{Mni + Mns}{hn}$$

$$Vu = \frac{12+12}{2.60} = 9.23 \text{ tonf}$$

Usando la **Ecuación 24**

$$\frac{Vu}{\phi} \leq Vc = \frac{9.23}{0.85} = 10.86 \text{ tonf}$$

**Resistencia al cortante del concreto:**

Con la **Ecuación 22**:

$$b = 75 \text{ cm}$$

$$d = 25 - 6 = 19 \text{ cm}$$

$$Vc = 0.53 * \sqrt{f'c} * bw * d = 10.95 \text{ tonf}$$

**Resistencia al cortante del acero:**

Utilizando la **Ecuación 24**

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vc = 0.09 \text{ tonf}$$

Ahora, para el espaciamiento de los estribos de confinamiento, se cuenta con 02 ramales en el lado corto del acolumna, y usando la **Ecuación 25** se despeja el espaciamiento teórico.

$$\text{Utilizando dos ramales: } Av = 0.71 * 2 = 1.42 \text{ cm}^2$$

$$So < \frac{Av * fy * d}{Vs} = 259.29 \text{ cm}$$

Escogiendo un espaciamiento promedio entre los dos ejes, se escogió un espaciamiento de 25 cm.

Co lo estipulado en (ACI 318-14, 2016) se considera para una fuerza cortante máxima que actúa en una sección, la

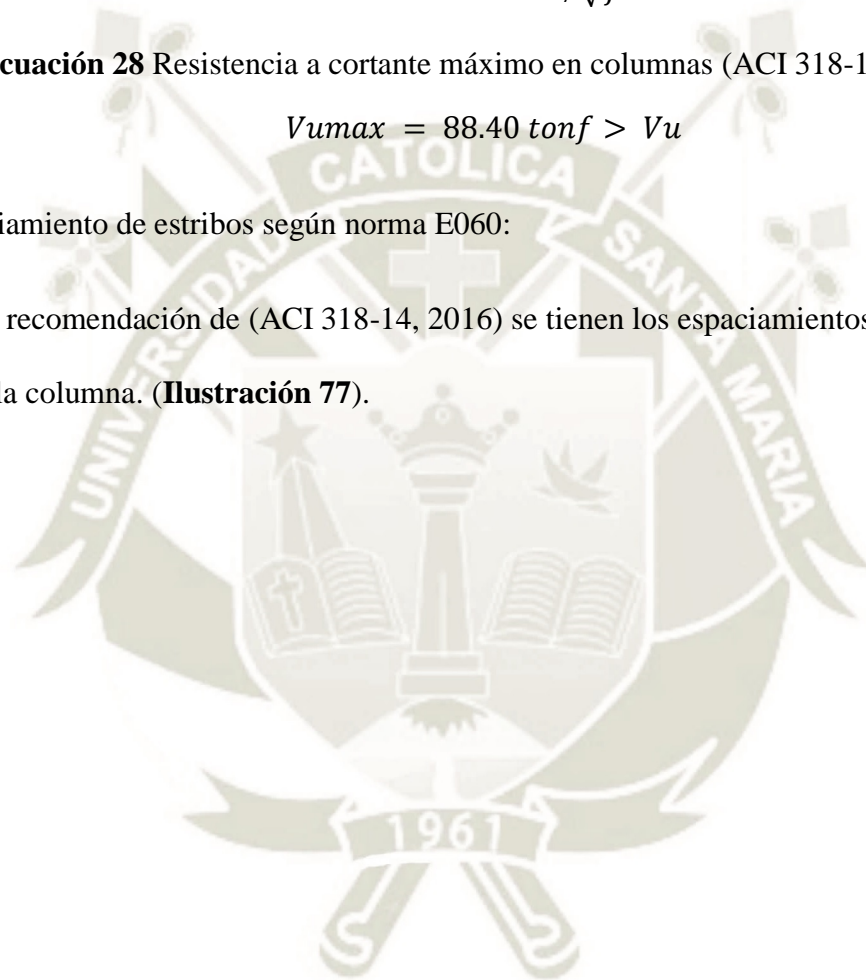
$$V_{umax} = 2.6\phi\sqrt{f'c}bwd \quad (28)$$

**Ecuación 28** Resistencia a cortante máximo en columnas (ACI 318-14, 2016)

$$V_{umax} = 88.40 \text{ tonf} > V_u$$

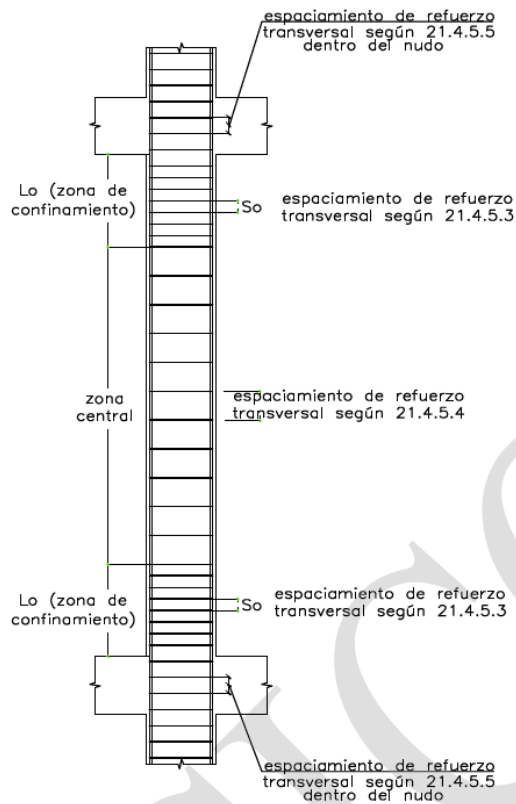
Espaciamiento de estribos según norma E060:

Como recomendación de (ACI 318-14, 2016) se tienen los espaciamientos mínimos a lo largo de la columna. (**Ilustración 77**).



## Ilustración 77

### Requerimientos de estribos en columnas



Fuente: (ACI 318-14, 2016)

El espaciamiento en zona de confinamiento ( $s_o$ ), no debe exceder al menor de:

- $8d_b$  (longitudinal) =  $8 \times 5/8 \times 2.54 = 12.7$  cm
- Mitad de la menor dimensión =  $25/2 = 12.5$  cm
- 10 cm

El espaciamiento  $S_o$  en la zona confinada = 10 cm

La longitud ( $L_o$ ) no debe ser menor que el mayor entre:

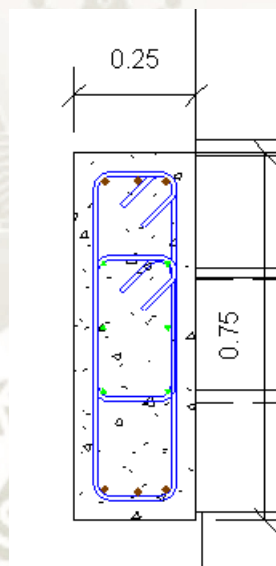
- $L_n/6 = 2.6/6 = 45 \text{ cm}$
- 75 cm
- 50 cm

Dimensión  $L_o$  escogida: 1.00 m

La separación de estribos en la zona del nudo no debe ser mayor a 15 cm, así como la mayor separación en todo el elemento debe ser 30 cm. En la **Ilustración 78** se observa la distribución de los estribos respetando las consideraciones mínimas.

### Ilustración 78

Sección final de columna



Fuente: Elaboración propia

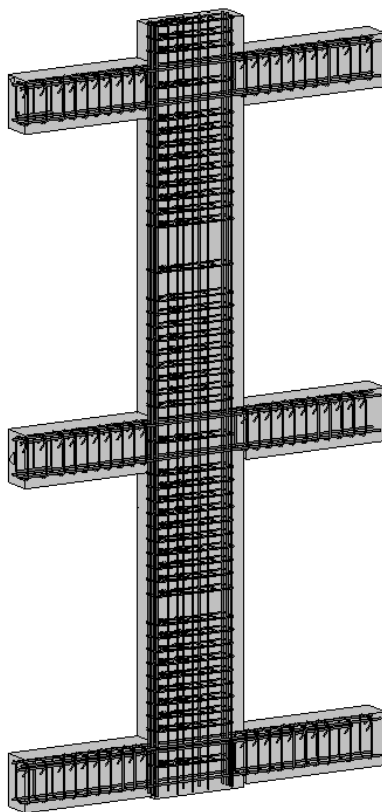
Estribos de 3/8"      1 @ 0.05, 10 @ 0.10, Rto a 0.20 m

Adicionalmente, se tiene un detalle 3D de los aceros en la columna (**Ilustración 79**).

En la **Ilustración 80**, se aprecia el detalle de unión de viga columna.

### Ilustración 79

Modelo 3D de columna C15



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 80

Detalle encuentro viga columna



Fuente: Elaboración propia

## 5.4 DISEÑO DE MUROS

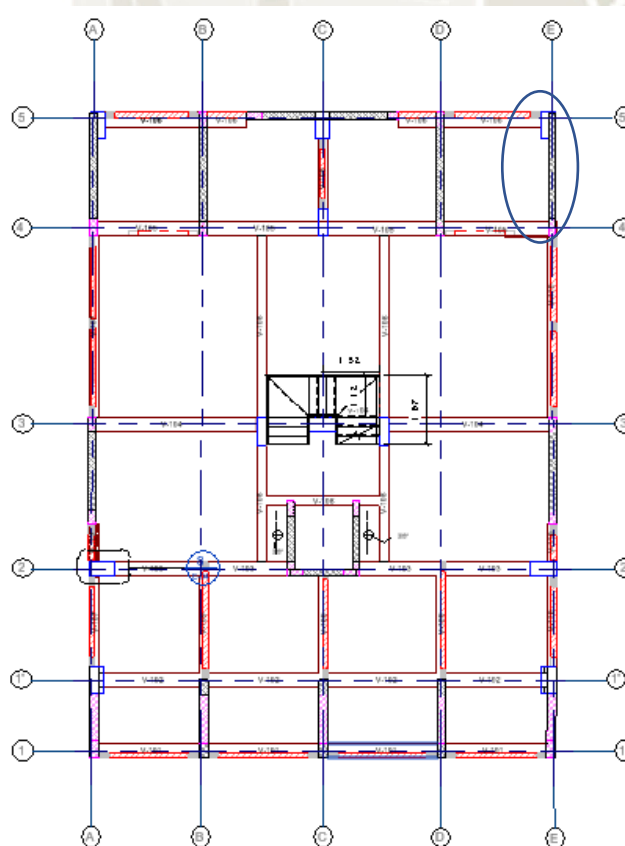
Los muros estructurales o placas, son elementos que reciben cargas tanto verticales como laterales producidas por sismo. Su diseño es similar al de las columnas; por ende, trabajan a flexocompresión y corte. (**Ilustración 82**)

Apoyan aportando rigidez significativa a la estructura, controlando los desplazamientos de la misma.

Según la norma el espesor de muros estructurales no debe ser menor de  $1/25$  de su altura, ni menos de 15 cm. En el caso de los muros de sótano, su espesor mínimo será de 20 cm. En la **Ilustración 81** se observa el muro escogido para su diseño.

### Ilustración 81

Muro a diseñar



Fuente: Elaboración propia

### 5.4.1 REFUERZO MÍNIMO HORIZONTAL Y VERTICAL

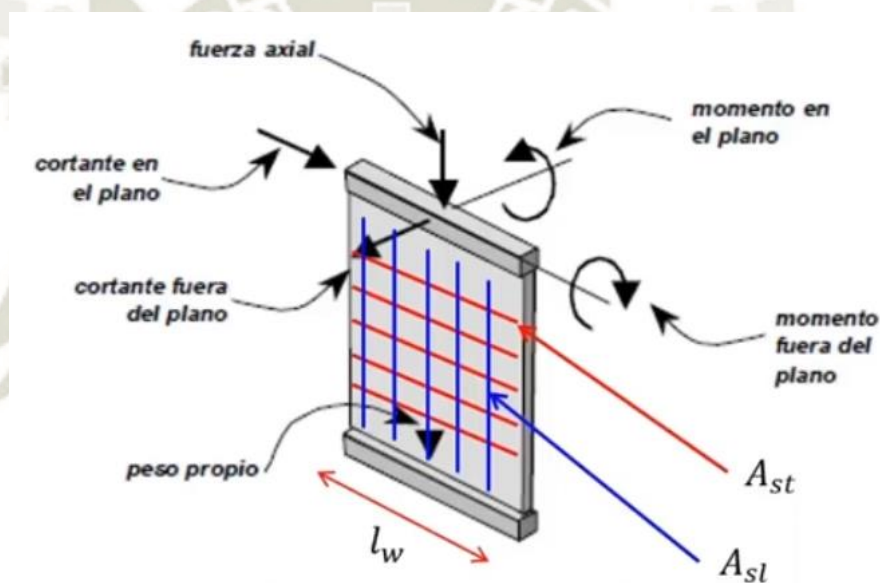
La cuantía de refuerzo horizontal no será menor que 0.002

La cuantía de refuerzo vertical no será menor que 0.0015

En la **Ilustración 82** se observan los esfuerzos actuantes en las direcciones principal y secundaria, así como la disposición de aceros en sus dos sentidos.

#### Ilustración 82

Fuerzas dentro y fuera del plano del muro



Fuente: (ACI 318-14, 2016)

Para barras  $\leq 5/8''$   $p_1 = 0.0012$ ;  $p_t = 0.0020$  (ACI 318-14, 2016)

Para barras  $> 5/8''$   $p_1 = 0.0015$ ;  $p_t = 0.0025$  (ACI 318-14, 2016)

Para uniformizar, se toma como cuantía uniforme  $p = 0.0020$  tanto para el acero longitudinal y  $p=0.0025$  para el acero transversal.

Se usa armadura con elementos de borde, debido a la sección crítica del muro en cuestión, con la finalidad de reforzar los extremos, que es donde tienen mayor implicancia los momentos, A posteriori, se procede a calcular una armadura mínima para el alma del *muro*:

$$pl = 0.0025$$

$$As = b * t = 20 * 100 = 200 \text{ cm}^2$$

Para el cálculo del área de acero mínimo, utilizamos la **Ecuación 29**:

$$Asl = pl_{\text{mín}} * As \quad (29)$$

**Ecuación 29** Área mínima de acero en muros (ACI 318-14, 2016)

$$Asl = 0.0025 * 20 * 100 = 5 \text{ cm}^2$$

Luego, utilizando la **Ecuación 25**, se calcula el espaciamiento teórico del acero horizontal.

$$s < \frac{Av * fy * d}{Vs}$$

$$s = \frac{2 * 0.71 * 100}{5} = 28.4 \text{ cm}$$

La distribución final en el alma, sería de 3/8" a 25 cm

#### 5.4.2 REFUERZO POR FLEXOCOMPRESIÓN

Es bien sabido, que es necesario plantear elementos de borde en los extremos del muro, debido a que en estas regiones es donde se concentran mayor los momentos. En la

**Ilustración 83** se observan las longitudes de borde requeridas de acuerdo a los valores de carga axial y momentos (Tracción) . Análogamente, para el caso de compresión, se presentan los valores en **Ilustración 84**.

### Ilustración 83

Verificación por reforzamiento a tensión

**Flexural Design for P and M<sub>3</sub> —Tension Reinforcement**

Station Location	Edge Length m	Rebar Area m <sup>2</sup>	Tension Combo	P <sub>u</sub> tonf	M <sub>u3</sub> tonf-m
Left Top	0.29428	0.000976	COMB5	52.8274	169.3792
Right Top	0.29428	0.001192	COMB5	52.8274	-191.1922
Left Bot	0.44141	0.001981	COMB5	57.6611	269.8763
Right Bot	0.29428	0.002088	COMB5	57.6611	-280.4436

Elaboración propia

### Ilustración 84

Verificación por reforzamiento a compresión

**Flexural Design for P and M<sub>3</sub> —Compression Reinforcement**

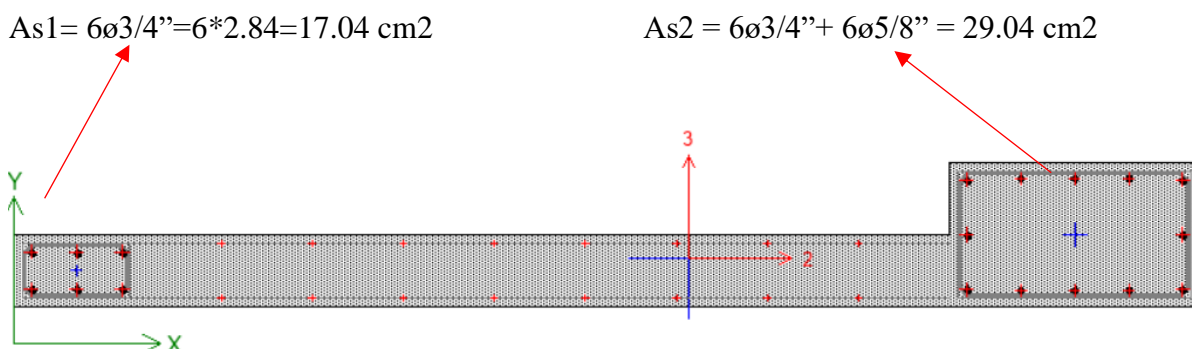
Station Location	Edge Length m	Rebar Area m <sup>2</sup>	Compression Combo	P <sub>u</sub> tonf	M <sub>u3</sub> tonf-m
Left Top	0.29428	0.00198	COMB3	113.2545	-199.4282
Right Top	0.29428	0.001345	COMB3	113.2545	161.1432
Left Bot	0.44141	0.001755	COMB3	119.9209	-284.7111
Right Bot	0.29428	0.003351	COMB3	119.9209	265.6088

Elaboración propia

Considerando una longitud de borde de 40 cm en un extremo, y en el otro aprovechando la columna que forma parte del muro, con un engrosamiento de la sección al final. En el programa ETABS 2016, se convirtió la sección del muro convencional a un muro en Section Designer (**Ilustración 85**), esto en aras de poder generar los diagramas de interacción Axial-momento.

**Ilustración 85**

Muro P14 en Section Designer desde ETABS 2016



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 15** Cargas extraídas del modelo en ETABS 2016

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
				tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
01 - Techo 1° nivel	P14	COMB5 Max	Bottom	57.7542	40.3249	-0.5257	0.4181	-0.6442	272.562
01 - Techo 1° nivel	P14	COMB5 Min	Bottom	79.4607	-35.9046	-0.8454	-0.0489	-1.1101	-285.5486
01 - Techo 1° nivel	P14	COMB3 Max	Bottom	98.0226	41.9203	-1.0814	0.6007	-1.3582	267.2207
01 - Techo 1° nivel	P14	COMB3 Min	Bottom	119.729	-34.3092	-1.4011	0.1337	-1.8241	-290.89
01 - Techo 1° nivel	P14	COMB2 Max	Bottom	89.4351	32.5019	1.9739	1.0696	4.7767	133.937
01 - Techo 1° nivel	P14	COMB2 Min	Bottom	128.3164	-24.8908	-4.4564	-0.3352	-7.959	-157.6064
01 - Techo 1° nivel	P14	COMB4 Max	Bottom	49.1668	30.9065	2.5295	0.887	5.4907	139.2784
01 - Techo 1° nivel	P14	COMB4 Min	Bottom	88.0481	-26.4862	-3.9007	-0.5178	-7.245	-152.265

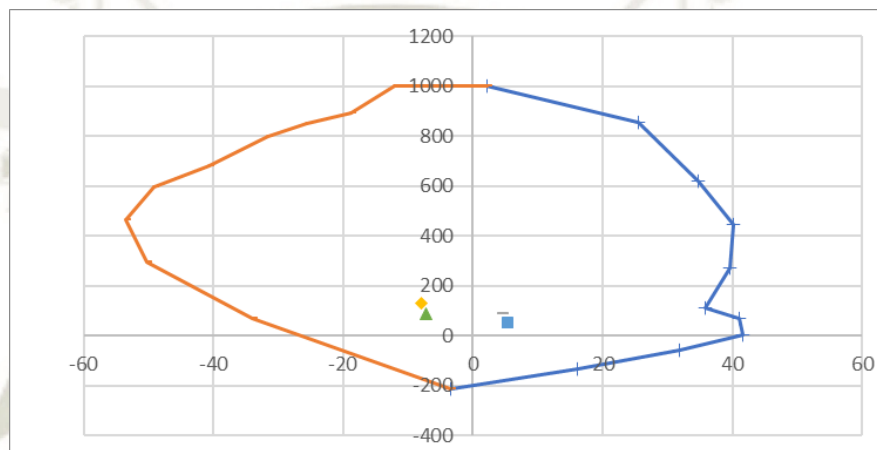
Fuente: Elaboración propia

Es necesario realizar los diagramas de interacción con las cargas axiales mayores para cada combinación con sismo y en ambas direcciones de análisis (**Tabla 15**).

En la **Ilustración 86** se presenta el diagrama de interacción en el sentido perpendicular al eje longitudinal del muro

**Ilustración 86**

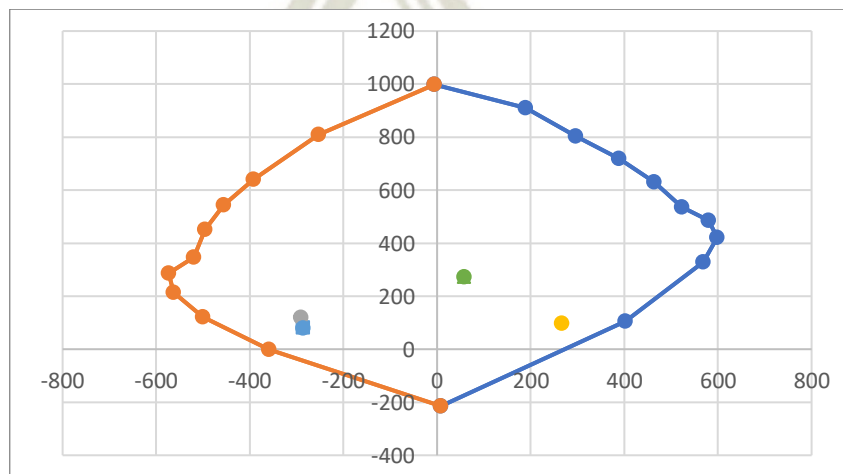
Diagrama de interacción dirección 2-2



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 87**

Diagrama de interacción dirección 3-3



Fuente: Elaboración propia

Se verifica así en los diagramas de interacción de cada sentido, que la sección es apropiada para las combinaciones de carga relacionadas a la orientación del muro y el sismo actuante.

### Ilustración 88

Ratios D/C a partir de ETABS 2016

Flexural Design for  $N^*$ ,  $M^*_2$  and  $M^*_3$

Station	D/C	Flexural	$N^*$ tonf	$M^*_2$ tonf-m	$M^*_3$ tonf-m
Top	0.633	COMB5	52.9296	1.0623	-199.0731
Bottom	0.852	COMB5	57.7542	-0.6442	-285.5486

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, en la **Ilustración 88**, los ratios demanda/capacidad resultan menores a 1 en el primer piso, lo que indica que las cargas de las combinaciones del análisis se encuentran dentro del diagrama de interacción y con un rango amplio, lejos del 90% que es el factor recomendado según (E060 SENCICO, 2009)

### 5.4.3 REFUERZO POR CORTE

Para el diseño por cortante en muros, es necesario identificar los esfuerzos cortantes y momentos orientados en la dirección de análisis, esto para el mayor de los cortantes obtenidos de las combinaciones de carga. (Tabla 15):

$$Vu = 41.92 \text{ tonf}$$

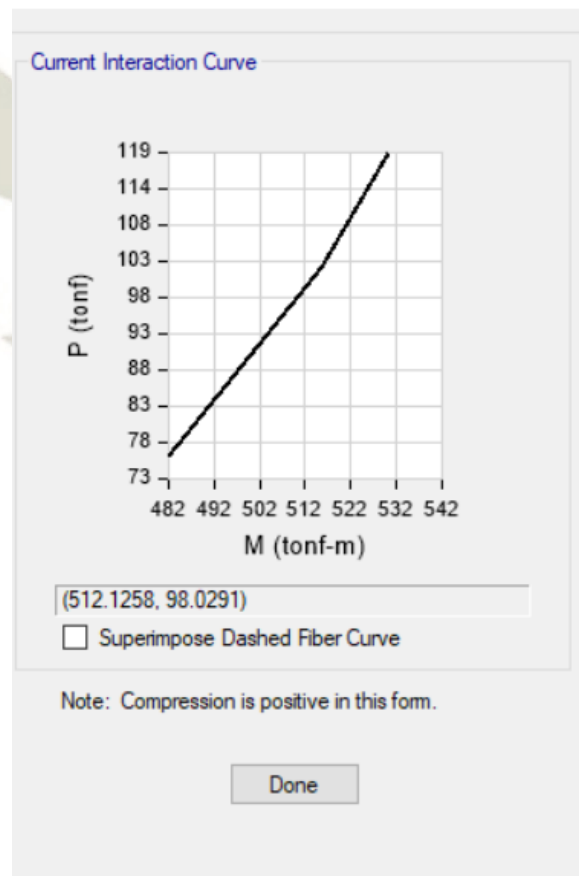
$$Mu = 267.22 \text{ tonf} * m$$

Lo siguiente es obtener el momento nominal asociado al axial de la misma combinación. (Tabla 15).

$$P = 98.02 \text{ tonf}$$

#### Ilustración 89

Momento nominal amplificado asociado a cortante máximo



Fuente: Elaboración propia

$$Mn = 512.13 \text{ tonf} * m$$

Ahora, el cortante máximo obtenido está sujeto a factores de amplificación, que son factores de sobre resistencia y redundancia (E060 SENCICO, 2009)

$\Omega$  (Factor de sobre resistencia)

$\delta$  (Factor de redundancia)

El factor  $\Omega$  es la relación que existe entre el momento asociado de la curva amplificada

(Ilustración 89).

$$\Omega = \frac{Mn}{Mu} = \frac{512.13}{267.22} = 1.916$$

Para el factor de redundancia, se verifica la importancia del elemento con respecto al cortante basal. Si el elemento supera el 30% de relevancia, el factor  $\delta$  es 1.25, en caso contrario se mantiene en 1.

$$Vu = 41.92 \text{ tonf}$$

$$Vtotal = 381.375 \text{ tonf}$$

$$\frac{41.92}{381.375} = 11\%$$

Por ende, el factor de redundancia se mantiene en 1.

Con los factores calculados, se procede a obtener el cortante de diseño.

$$Vdiseño = \text{mín}(Ro, \Omega * \delta) * Vu \quad (30)$$

**Ecuación 30** Cortante de diseño amplificado (E060 SENCICO, 2009)

$$Vdiseño = \text{mín}(6,1 * 1.96) * Vu$$

$$Vdiseño = 80.34 \text{ tonf}$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$Lm = 340 \text{ cm}$$

$$d = 0.80 * Lm = 0.80 * 3.40 = 272 \text{ cm}$$

$$em = 20 \text{ cm}$$

$$Acv = em * d = 272 * 20 = 5440 \text{ cm}^2$$

Para el cortante máximo admisible en la sección se sigue la **Ecuación 31**

$$\phi V_{nm\acute{a}x} = \phi * 2.65 * \sqrt{f'c} * em * d \quad (31)$$

**Ecuación 31** Cortante máximo en muros estructurales (E060 SENCICO, 2009)

$$\phi V_{nm\acute{a}x} = 0.85 * 2.65 * \sqrt{210} * 20 * 272 = 177.57 \text{ tonf}$$

Se comprueba así la siguiente expresión:

$$\phi V_{nm\acute{a}x} > Vu$$

Para el cortante proporcionado por el concreto, se utiliza la **Ecuación 22**:

$$Vc = (0.53 * \sqrt{f'c} * b * d) = 41.78 \text{ tonf}$$

Se aprecia que el cortante del concreto aporta bastante resistencia, por lo que el refuerzo por corte será el refuerzo mínimo en el muro.

En este caso se tomaron dos mallas de 3/8" cada 25 cm.

Se calcula ahora el cortante de la doble malla de acero colocada:

$$pt = \frac{0.71 * 2}{25 * 20} = 0.0028$$

El cortante del acero está dado por la

$$Vs = pt * Acv * fy \quad (32)$$

**Ecuación 32** Cortante proporcionado por el acero en muros (E060 SENCICO, 2009)

$$Vs = 64.88 \text{ tonf}$$

$$Vn = Vs + Vc = 64.88 + 41.78 = 106.66 \text{ tonf}$$

$$\phi Vn = 106.66 * 0.85 = 90.67 \text{ tonf}$$

$$\text{Ratio } D/C: \frac{V_{\text{diseño}}}{\phi Vn} \quad (33)$$

**Ecuación 33** Ratio D/C para muros (E060 SENCICO, 2009)

$$\text{Ratio } D/C: 0.89$$

El ratio de demanda capacidad indica que el diseño del muro es adecuado.

Para el cortante en los elementos de borde, es necesario confinarlos por lo menos como si fuera una columna. Con la **Ecuación 34**, extraída de (ACI 318-14, 2016) se puede calcular el espaciamiento teórico, proponiendo un espaciamiento inicial

$$Ash \geq (0.3s * hc \left( \frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \frac{f'c}{fy}, 0.09s * hc * \frac{f'c}{fy}) \quad (34)$$

**Ecuación 34** Área mínima de estribos en elementos de borde (ACI 318-14, 2016)

$$Ag = 40 * 70 = 2800 \text{ cm}^2 \quad s = 10 \text{ cm}$$

$$hc = 70 - (2 * 2 + 0.95) = 65.00 \text{ cm}$$

$$bc = 40 - (2 * 2 + 0.95) = 35.00 \text{ cm}$$

$$Ach = 65.00 * 35.00 = 2275 \text{ cm}^2$$

$$Ash \geq (1.23, 1.80 \text{ cm}^2)$$

$$Ash = 1.80 \text{ cm}^2$$

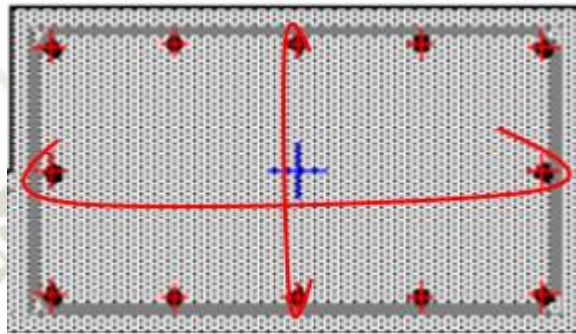
Para tres ramales de 3/8" en el elemento de borde, cumple con el área requerida para confinar el elemento de borde.

$$Ash = 3 * 0.71 > 1.80$$

En la distribución final (**Ilustración 90**), se observa el armado del refuerzo por corte, esto según (ACI 318-14, 2016)

### Ilustración 90

Distribución de estribos en elemento de borde



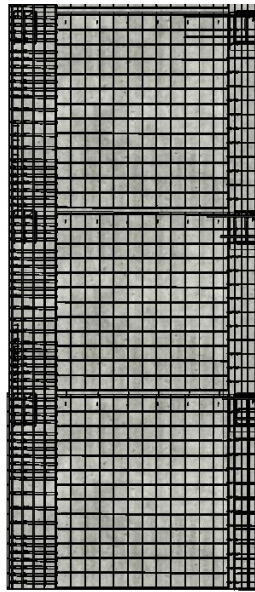
Distribución de estribos en elemento de borde @ 10 cm.

Fuente: Elaboración propia

En la **Ilustración 91**, se observa la distribución 3D en Revit, ello para corroborar el diseño con el modelamiento en el programa.

### Ilustración 91

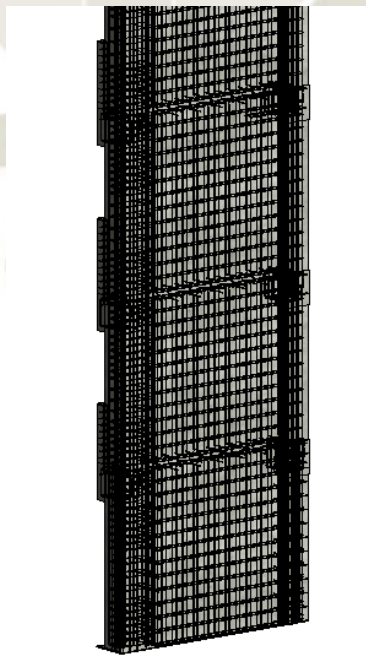
Distribución de acero en Revit



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 92

Distribución en 3D en Revit Structure



Fuente: Elaboración propia

## 5.5 DISEÑO DE CIMENTACIONES

Las cimentaciones son las encargadas de transmitir las cargas verticales para poder disiparlas en el suelo. Siempre se debe trabajar su diseño de acuerdo a la capacidad del suelo a recibir sus esfuerzos.

El factor más importante al momento de

las cimentaciones es la capacidad portante admisible del suelo, para lo cual se elabora un estudio de mecánica de suelos. El EMS fue elaborado por el Ing. Roberto Cáceres Flores y especifica una capacidad portante de 2.48 kg/cm<sup>2</sup>.

Existen distintos tipos de cimentaciones entre las cuales figuran más, en edificaciones comunes, la zapata aislada, combinada y conectada.

Para el presente proyecto se usaron las siguientes cimentaciones: zapata aislada, combinada, conectada,

### 5.5.1 DISEÑO DE ZAPATA AISLADA

El elemento vertical que se usó para diseñar su cimentación fue la columna C6 (25x75).

Estas son las cargas que registra esta columna (**Tabla 16**):

**Tabla 16**

Esfuerzos actuantes en la base de la columna C6 debido a las combinaciones de carga

Story	Column	Load Case/Combo	P	M2	M3
			tonf	tonf-m	tonf-m
00 - Sótano	C6	COMB1	-66.8592	0.0119	-0.2943
00 - Sótano	C6	COMB2 Max	-54.1133	0.4836	-0.1898
00 - Sótano	C6	COMB2 Min	-61.1609	-0.4637	-0.3019
00 - Sótano	C6	COMB3 Max	-29.7856	0.0275	0.5529
00 - Sótano	C6	COMB3 Min	-85.4886	-0.0077	-1.0446
00 - Sótano	C6	COMB4 Max	-31.0579	0.4783	-0.064
00 - Sótano	C6	COMB4 Min	-38.1056	-0.4689	-0.1761
00 - Sótano	C6	COMB5 Max	-6.7302	0.0223	0.6788
00 - Sótano	C6	COMB5 Min	-62.4333	-0.0129	-0.9188

Fuente: Elaboración propia

Las zapatas se diseñarán para soportar una presión menor que la admisible del suelo (**Ecuación 35**). Se trabajará con las cargas de gravedad y sismo.

$$\sigma_n = \sigma_t - hf * \gamma_m - s/c \quad (35)$$

**Ecuación 35** Esfuerzo neto del terreno (DAS, 2015)

$\sigma_n$  = Esfuerzo neto del terreno       $\gamma_m$  = Densidad promedio del suelo

s/c = Sobrecarga sobre el N.P.T.

El área de la zapata se obtiene estimando su peso propio como el 10% de las cargas en servicio entre la capacidad portante del suelo ( $\sigma$ ) (**Ecuación 36**).

$$Az = \frac{\alpha Ps}{\sigma t} \quad (36)$$

**Ecuación 36** Área de predimensionamiento de zapata (DAS, 2015)

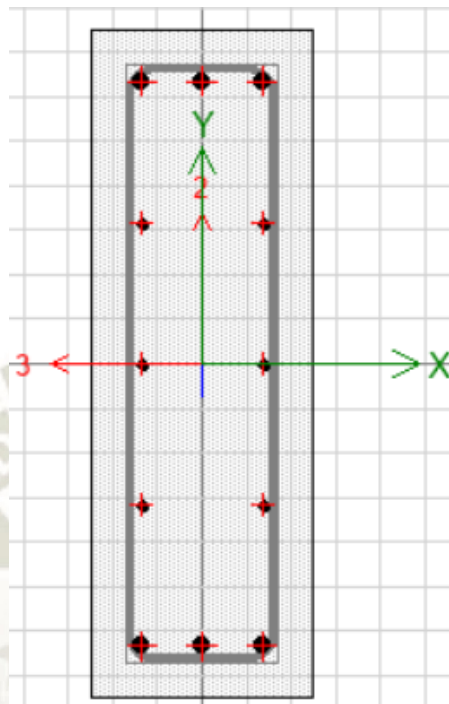
**DATOS DE COLUMNA**

<b>t1</b>	25	cm
<b>b1</b>	75	cm
<b>f'c</b>	210	kg/cm <sup>2</sup>
<b>fy</b>	4200	kg/cm <sup>2</sup>
<b>γ relleno</b>	1.55	ton/m <sup>3</sup>
<b>γ concreto</b>	2.4	ton/m <sup>3</sup>
<b>s/c</b>	0.25	ton/m <sup>2</sup>
<b>σt</b>	2.48	kg/cm <sup>2</sup>
<b>Df</b>	1.5	m
<b>Hzi</b>	70	cm

En la **Ilustración 93**, se modela la columna que recae directamente sobre el terreno, y de la cual se diseñará su cimentación.

**Ilustración 93**

Sección de columna C6



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17**

.Fuerzas axiales actuantes sobre la cimentación

Story	Colu mn	Load Case/Co mbo	P	V2	V3	T	M2	M3
			tonf	tonf	tonf	tonf- m	tonf -m	tonf- m
00 - Sótano	C6	CM	8.4242	0.2442	0.0066	0.00	0.00	0.1334
00 - Sótano	C6	CV	7.6855	-0.0962	0.0028	-5.69E- 07	0.0027	-0.0633
00 - Sótano	C6	DINX X Max	3.5238	0.045 8	0.271	0.0043	0.4736	0.056
00 - Sótano	C6	DINN YY Max	27.8515	1.789 7	0.0223	0.0015	0.0176	0.7988

$$P_{cm} = 38.42 \text{ tonf}$$

$$P_{cv} = 7.69 \text{ tonf}$$

$$P_{cs} = 3.52 \text{ tonf}$$

$$M_{cmx} = -0.0052 \text{ tonf}\cdot\text{m}$$

$$M_{cvx} = -0.0027 \text{ tonf}\cdot\text{m}$$

$$M_{csx} = 0.4736 \text{ tonf}\cdot\text{m}$$

$$S/c = 0.25 \text{ tonf/m}$$

$$\sigma_n = 2.48 - 0.25 - 1.55 * (1.50 - 0.70) = 23.31 \text{ ton/m}^2$$

La presión admisible del suelo puede incrementarse en un 30% debido a cargas temporales, tales como sismo o viento ( (E060 SENCICO, 2009).

$$\sigma_{nsismo} = 23.31 * 1.3 = 30.303 \text{ tonf/m}^2$$

### 5.5.1.1 PREDIMENSIONAMIENTO ESTÁTICO (CARGAS DE SERVICIO)

$$P_s = P_{cm} + P_{cv}$$

$$M_s = M_{cm} + M_{cv}$$

$$\% \text{ peso propio} = 10\%$$

$$P_s = 38.42 + 7.69 = 46.11 \text{ ton}$$

$$M_s = -0.0052 + -0.0027 = -0.0079 \text{ tonf} * \text{m}$$

$$A_i = \frac{P}{\sigma_n} = \frac{46.11 \times 1.10\%}{23.31} = 2.1759 \text{ m}^2$$

Con esta área se proponen las primeras dimensiones de la zapata aislada:

$$L_i = 1.50 \text{ m}$$

$$B_i = 2.00 \text{ m}$$

$$A_i = 3.00 \text{ m}^2$$

Se calcula ahora, el peso propio de la zapata con la **Ecuación 37**:

$$P_{pzii} = L_i * b_i * h_z * \gamma_c \tag{37}$$

**Ecuación 37** Peso propio de zapata (Blasco, 1998)

$$P_{pzii} = 1.5 * 2.7 * 2.4 = 5.40 \text{ tonf}$$

Con la **Ecuación 38**, se calcula la excentricidad de la carga axial actuante entre el momento flector generado debido a cargas sísmicas.

$$ex = \frac{Ps}{Ms} \quad (38)$$

**Ecuación 38** Excentricidad debido a carga axial (E060 SENCICO, 2009)

Ps: Axial debido a cargas de servicio

Ms: Momentos debido a cargas de servicio

$$ex = \frac{46.11}{-0.0079} = -0.002$$

$$L/6 = 1.50/6 = 0.25 \text{ m} \quad e < L/6$$

Para el cálculo de los esfuerzos en el suelo, usamos la **Ecuación 39**, extraída de (ACI 318-14, 2016).

$$\sigma_{1,2} = \frac{P + Ppz}{L * B} * \left(1 \pm \frac{6ex}{L}\right) \quad (39)$$

**Ecuación 39** Esfuerzos en el suelo generados por la excentricidad (ACI 318-14, 2016)

$$\sigma_{1x} = 17.038 \text{ tonf/m}^2 < \sigma_n$$

$$\sigma_{2x} = 17.062 \text{ tonf/m}^2 < \sigma_n$$

### 5.5.1.2 PREDIMENSIONAMIENTO DINÁMICO (CON SISMO)

$$Ps = Pd + Pl + (Psismo/1.25) = 48.93 \text{ tonf}$$

$$Ms = Md + Ml + (Msismo/1.25) = 0.3709 \text{ tonf} * m$$

$$ex = Ps/Ms = 48.93/0.3709 = 0.0076 \text{ m}$$

$$\frac{L}{6} = 0.25 \text{ m} < \frac{L}{6}$$

Con la **Ecuación 39**, se calculan los esfuerzos en el suelo considerando los efectos sísmicos (ACI 318-14, 2016).

$$\sigma_{1,2} = \frac{P + Ppz}{L * B} * \left(1 \pm \frac{6ex}{L}\right)$$

$$\sigma_{1x} = 18.534 \text{ tonf/m}^2 < 30.303 \text{ (}\sigma\text{ n sismo)}$$

$$\sigma_{2x} = 17.443 \text{ tonf/m}^2 < 30.303 \text{ (}\sigma\text{ n sismo)}$$

Se corrobora así, que las cargas actuantes sobre la zapata no exceden ni la capacidad portante que originan las combinaciones sin sismo; así como las que consideran el sismo.

De esta manera se tendría definida la sección inicial para la zapata, que sería de 1.50x2.00 m

### 5.5.1.3 AMPLIFICACIÓN DE ESFUERZOS

**Tabla 18**

Cargas amplificadas por las combinaciones de cargas extraído de ETABS

COMB	Mux		
	Pu (tonf)	(tonf*m)	Ppz1 (tonf)
1	66.861	-0.012	7.056
2	61.1575	0.464	6.3
3	54.1175	-0.483	6.3
4	38.098	0.469	4.536
5	31.058	-0.478	4.536

Elaboración propia

$$Pu = 66.42 \text{ tonf} \quad Ppz = 7.056 \text{ m}^2 \quad Mu = -0.011 \text{ tonf*m}$$

$$ex = -0.0001 \quad L/6 = 0.25 \quad e < L/6$$

Usando la **Ecuación 39**, se calcula los esfuerzos amplificados.

$$\sigma_{1,2} = \frac{P + Ppz}{L * B} * \left(1 \pm \frac{6ex}{L}\right)$$

$$\sigma_{ux1} = 24.624 \text{ tonf/m}^2$$

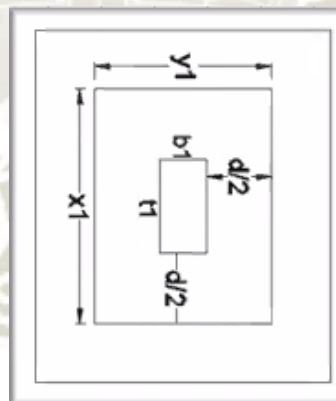
$$\sigma_{ux2} = 23.639 \text{ tonf/m}^2$$

Estos esfuerzos, son hallados debido a las cinco combinaciones de carga para el diseño. Por lo tanto, no se realiza comparación alguna, ya que esta se verifica con los axiales y momentos sin amplificar.

#### 5.5.1.4 COMPROBACIONES:

##### 5.5.1.4.1 CORTE POR PUNZAMIENTO

El corte por punzonamiento se realiza en dos direcciones, ubicándose los cortantes a distancia  $d/2$  de la cara de la columna (**Ilustración 94**). El código (ACI 318-14, 2016), establece que el valor del cortante del concreto  $V_c$  debe ser el menor valor de las siguientes expresiones:



Fuente: Elaboración propia

$$i) V_c = 0.53 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \sqrt{f'c} x b_o x d \quad (40)$$

**Ecuación 40** Primera verificación de corte de punzonamiento (Morales, 2018)

$$ii) V_c = 0.27 \left(\frac{\alpha s d}{\beta} + 2\right) \sqrt{f'c} x b_o x d \quad (41)$$

**Ecuación 41** Segunda verificación de corte por punzonamiento (Morales, 2018)

$$iii) Vc = 1.06\sqrt{f'c} x bo x d \quad (42)$$

**Ecuación 42** Tercera verificación por punzonamiento (Morales, 2018)

Donde:

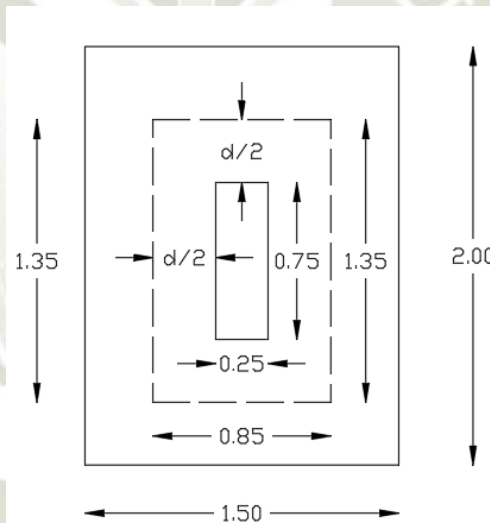
$bo$  = perímetro de la sección crítica

$\beta$  = proporción entre el lado largo y el lado corto de la columna

$\alpha_s = 40$ , para columnas interiores, 30 para columnas de borde y 20 para esquineras

**Ilustración 94**

Área de punzonamiento



Fuente: Elaboración propia

$$d = 0.70 - 0.10 = 0.60 \text{ m}$$

$$x1 = 0.25 + 0.3 + 0.3 = 0.85 \text{ m}$$

$$y1 = 0.75 + 0.3 + 0.3 = 1.35 \text{ m}$$

$$bo = 2(0.85 + 1.35) = 4.40 \text{ m}$$

$$Ao = 0.85 \times 1.35 = 1.1475 \text{ m}^2$$

$$\beta = 75/25 = 3$$

$$Vc1 = 135.18 \text{ tonf}$$

$$Vc2 = 770.01 \text{ tonf}$$

$$Vc3 = 405.53 \text{ tonf}$$

$$V_{cu} = \text{mín}(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$$

$$V_{cu} = 135.18 \text{ tonf}$$

$$V_{ux} = \frac{\sigma_{1x}}{(A_i - A_o)} \quad (43)$$

**Ecuación 43** Cortante por punzonamiento (Blasco, 1998)

$$V_{ux} = \frac{24.62}{(3 - 1.1475)} = 45.61 \text{ tonf}$$

$$\frac{V_{ux}}{\phi} = \frac{45.61}{0.85} = 53.67 \text{ tonf}$$

$$\frac{V_{ux}}{\phi} \leq V_c \quad \text{Cumple}$$

#### 5.5.1.4.2 CORTE POR FLEXIÓN

Es necesario verificar el cortante generado en la zapata debido a los efectos de flexión, ello usando la **Ecuación 22**

$$m = (1.50 - 0.25)/2 = 0.625 \text{ m}$$

$$V_c = (0.53 * \sqrt{f'c} * b * d) \quad (22)$$

$$V_c = 46.08 \text{ tonf}$$

$$V_{ux} = \sigma_u * B * (m - d) \quad (44)$$

**Ecuación 44** Cortante actuante en zapata, debido a efectos de flexión (ACI 318-14, 2016)

$$V_{ux} = 24.62 * 1.50 * (0.625 - 0.60) = 0.92 \text{ tonf} * m$$

$$\frac{V_u}{\phi} \leq \frac{0.92}{0.85} = 1.09 \text{ tonf}$$

$$\frac{V_u}{\phi} \leq V_c \quad \text{Cumple}$$

### 5.5.1.4.3 REFUERZO POR FLEXIÓN

Se calculan primero los momentos generados respecto a los esfuerzos últimos. (**Ecuación 45**)

$$\sigma_n = 24.62 \text{ tonf/m}^2$$

$$M_u = \frac{\sigma_u * m^2 * B}{2} \quad (45)$$

**Ecuación 45** Momento último debido a esfuerzo último de zapata (Blasco, 1998)

$$W_u = 24.62 \text{ tonf/m}^2 * 1 \text{ m} = 24.62 \text{ tonf/m}$$

$$M_u = \frac{24.62 * 0.625^2 * 1.50}{2} = 7.21 \text{ tonf/m}$$

Se calcula la distancia reducida al eje neutro para poder calcular en base a esta, el área de acero, con la **Ecuación 11**.

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u * 10^5}{\phi * 0.85 * f'_c * b}}$$

$$a = 60 - \sqrt{60^2 - \frac{2 * 7.21 * 10^5}{0.9 * 0.85 * 210 * 100}} = 0.753 \text{ m}$$

Luego se procede a hallar el acero por flexión, similar al procedimiento realizado en vigas. (**Ecuación 12**).

$$A_s = \frac{M_u * 10^5}{\phi * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{7.21 * 10^5}{0.9 * 4200 * (60 - \frac{0.753}{2})} = 3.20 \text{ cm}^2$$

Posteriormente, se compara con la cantidad de acero mínimo por cuantía (**Ecuación 29**):

$$As_{mín} = 0.0018 * b * h$$

$$As_{mín} = 0.0018 * 100 * 70 = 12.60 \text{ cm}^2$$

Como se aprecia, se toma el acero mínimo para este diseño.

As final = 12.60 cm<sup>2</sup>

Ø escogido = 5/8"

$$s = \frac{As_{varilla} * 100}{As_{requerido}}$$

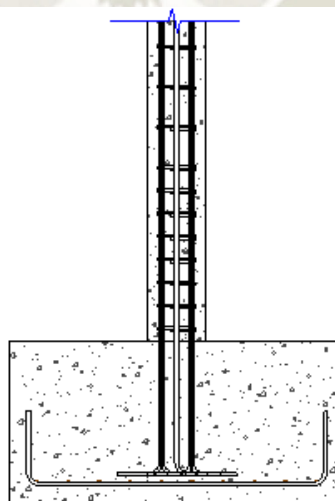
$$s = \frac{1.99 * 100}{12.60} = 15.80 \text{ cm}$$

El espaciamiento en la zapata que se escogió fueron aceros de 5/8" cada 15 cm.

Se observa el detalle de la zapata seleccionada (**Ilustración 95**).

### Ilustración 95

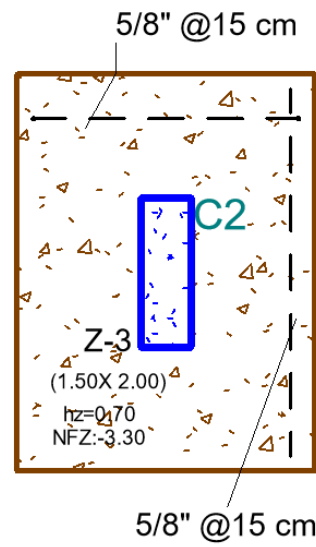
Detalle de zapata aislada



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 96

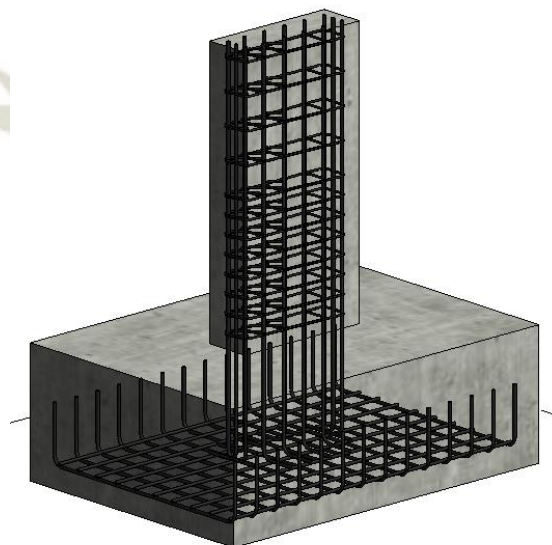
Aceros de zapata en planta en Revit



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 97

Detalle 3D de zapata aislada



Fuente: Elaboración propia

## 5.6 DISEÑO DE OTROS ELEMENTOS

En esta sección se diseñarán todos los elementos que son de importancia, mas no representan una parte importante de sistema estructural.

### 5.6.1 DISEÑO DE ESCALERA

Se diseñará el primer tramo de escalera, para ver el procedimiento general de modelamiento, análisis y diseño.

#### 5.6.1.1 METRADO DE CARGAS DE ESCALERAS

Para calcular el peso propio usaremos la fórmula de la sección 3.36 de la norma E060

Metrado de cargas. (**Ecuación 46**).

$$w(pp) = \gamma \left( \frac{CP}{2} \right) + T \sqrt{1 + \left( \frac{CP}{P} \right)^2} \quad (46)$$

**Ecuación 46** Peso propio de escalera (Blasco, 1998)

$$w(pp) = 2.4 \left( \frac{0.175}{2} \right) + 0.15 \sqrt{1 + \left( \frac{0.175}{0.25} \right)^2} = 0.649 \text{ tonf/m}^2$$

Para el metrado de cargas muertas y vivas se consideran anchos tributarios de 1.00 m, piso terminado de 0.1 tonf/m<sup>2</sup>, carga viva de 0.20 tonf/m<sup>2</sup>, tenemos lo siguiente:

$$P = 25 \text{ cm} \quad CP = 17.50 \text{ cm} \quad \theta = 35.00^\circ$$

$$b = 1.17 \text{ m} \quad Ln = 2.00 \text{ m} \quad Ln = 2.00 \text{ m}$$

$$\gamma_c = 2.40 \text{ tonf/m}^3 \quad f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 2173706.512 \text{ ton/m}^2 \quad f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

### 5.6.1.1.1 Cargas de gravedad

Acabados = 100 kg/cm<sup>2</sup>

Sobrecarga = 300 kg/cm<sup>2</sup>

### 5.6.1.1.2 Predimensionamiento de ancho de escalera:

Utilizando la **Ecuación 47**, se calcula el espesor de la escalera.

$$t_{\text{mín}} = \left( \frac{L_n}{20}; \frac{L_n}{25} \right) \quad (47)$$

**Ecuación 47** Predimensionamiento de ancho de escalera (Morales, 2018)

$$t_{\text{mín}} = \left( \frac{2.0}{20}; \frac{2.0}{25} \right) = 15 \text{ cm}$$

Se optó por un espesor mínimo de 15 cm.

$$\cos \theta = 0.8192$$

Con la **Ecuación 48**, se halla la altura media de pasos, para

$$hm = \frac{t}{\cos \theta} + \frac{CP}{2} \quad (48)$$

**Ecuación 48** Altura media de pasos (Morales, 2018)

$$hm = \frac{15}{0.8192} + \frac{18}{2} = 27.31 \text{ cm}$$

### 5.6.1.1.3 Metrado de cargas

Se utiliza la **Ecuación 49**, para calcular el peso del descanso de escalera por metro líneal.

**Tramo descanso**

$$P.P = \gamma c * t * b \quad (49)$$

**Ecuación 49** Peso propio del descanso (Morales, 2018)

$$P.P = 2.40 * 0.15 * 1.17 = 421.20 \text{ kgf/m}$$

$$Acabados = 100 * 1.17 = 117 \text{ kgf/m}$$

$$Wd = 421.20 + 117 = 538.20 \text{ kgf/m}$$

$$Wl = S/C = 300 * 1.17 = 585 \text{ kgf/m}$$

Con la **Ecuación 10**, se calculan las últimas cargas de servicio amplificadas:

$$Wu = 1.4Wd + 1.7Wl \quad (10)$$

$$Wu = 1.4 * 538.20 + 1.7 * 585 = 1747.98 \text{ kgf/m}$$

### Tramo escalones

Se procede a calcular el peso de los escalones, con la **Ecuación 49**

$$P.P = \gamma c * t * b \quad (49)$$

$$P.P = 2.40 * 0.15 * 27.31 = 759.84 \text{ kgf/m}$$

$$Acabados = 100 * 1.17 = 117 \text{ kgf/m}$$

$$Wd = 421.20 + 117 = 538.20 \text{ kgf/m}$$

$$Wl = S/C = 300 * 1.17 = 585 \text{ kgf/m}$$

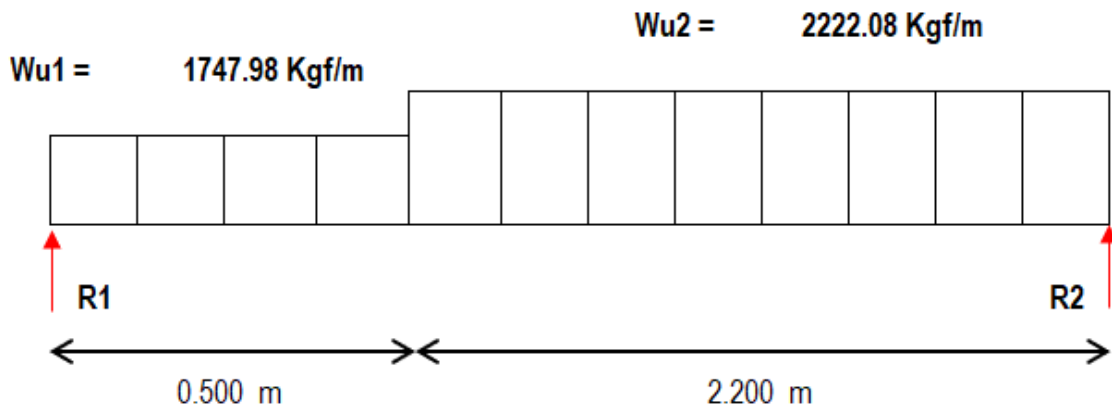
Nuevamente, con la **Ecuación 10**:

$$Wu = 1.4Wd + 1.7Wl$$

$$Wu = 1.4 * 759.84 + 1.7 * 585 = 2222.08 \text{ kgf/m}$$

**Ilustración 98**

Modelo matemático de escaleras



Fuente: Elaboración propia

**5.6.1.1.4 Cálculo de momentos**

Calculando momentos en un extremo de la escalera, para poder hallar la reacción faltante.

$$\sum MA = 0$$

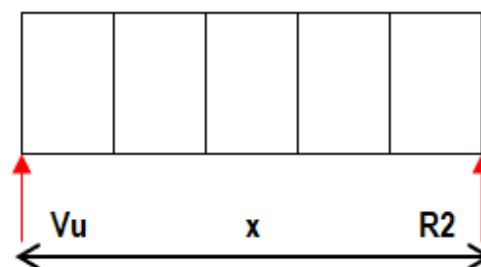
$$1747.98 * 0.50 * 0.25 + 2222.08 * 2.20 * 1.60 = R2 * 2.70$$

$$R2 = 2977.85 \text{ kgf/m}$$

**Ilustración 99**

Cortante en sección de escalera

$$Wu2 = 2222.08 \text{ Kg/m}$$



Fuente: Elaboración propia

Mediante el equilibrio estático de la sección, se calcula la distancia en la que el momento flector actuante es máximo.

$$\sum Fy = 0$$

$$Vu + R2 = Wu * x \quad (50)$$

**Ecuación 50** Ubicación de punto máximo de momentos en escalera (Morales, 2018)

El cortante en escaleras, no se considera relevante por ser un elemento rígido. Despejando

“x” en la **Ecuación 50**, se tiene:

$$x = \frac{R2}{Wu} = \frac{2977.85}{2222.08} = 1.340 \text{ m}$$

$$(+)\text{Mu max} = R2 * x - Wu2 * \frac{x^2}{2}$$

$$(+)\text{Mu máx} = 1995.34 \text{ kgf} * \text{m}$$

$$(+)\text{Mu diseño} = \text{Mu máx} * \phi$$

$$(+)\text{Mu diseño} = 1995.34 * 0.8 = 1596.28 \text{ kgf} * \text{m}$$

#### 5.6.1.1.5 Diseño a flexión

Al ser una losa inclinada, la escalera se diseña por efectos de flexión con la **Ecuación 51**.

$$\text{Mu} = 1596.28 \text{ tonf/m}$$

$$\phi_{\text{flexión}} = 0.9$$

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$Fy = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi_{\text{propuesto}} = 3/8''$$

$$As\phi = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$d = 15 - 2.5 = 12.5 \text{ cm}$$

$$b = 117 \text{ cm}$$

$$As = \left( \frac{0.85 * f'c * b * d}{fy} \right) * \left( 1 - \sqrt{\frac{2 * Mu}{\phi * 0.85 * f'c * b * d^2}} \right) \quad (51)$$

**Ecuación 51** Área de acero en función a la sección y momento (ACI 318-14, 2016)

$$A_s = \left( \frac{0.85 * 210 * 117 * 12.50}{4200} \right) * \left( 1 - \sqrt{\frac{2 * 1596.28}{0.9 * 0.85 * 210 * 117 * 12.50^2}} \right) = 3.489 \text{ cm}^2$$

Para calcular el espaciamiento de los aceros, se utiliza la **Ecuación 25**

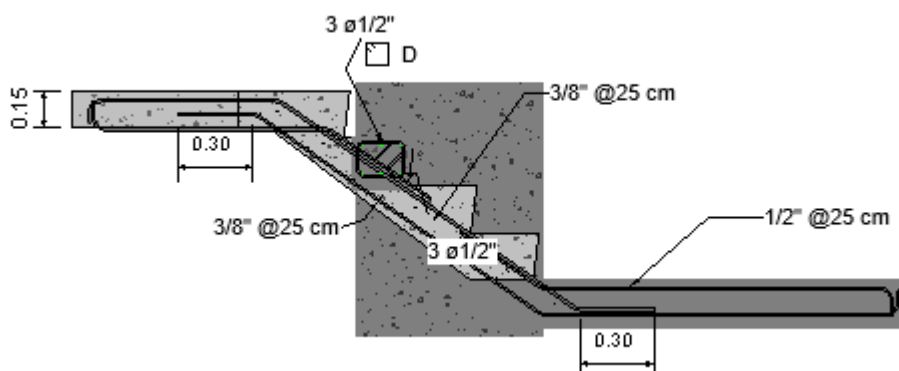
$$s = \frac{0.71 * 117}{3.489} = 25 \text{ cm}$$

Se usará la distribución de aceros de 3/8" @ 25 cm

En la **Ilustración 100** se observa la distribución de aceros en escalera.

### Ilustración 100

Segundo tramo de escalera



Fuente: Elaboración propia

#### 5.6.1.1.6 Verificación por corte

Para este control se requiere utilizar la **Ecuación 22** con el factor de reducción para corte  $\phi$ .

$$\phi V_c = \phi(0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d)$$

$$\phi V_c = 0.85(0.53 * \sqrt{210} * 117 * 12.50)$$

$$\phi V_c = 8732 \text{ kg}$$

$$\phi \frac{V_c}{2} = 4366 \text{ kg} > R_2$$

### 5.6.1.1.7 Control de deflexiones

Para el control de deflexiones, utilizando la **Ecuación 52** se calculan las flechas máximas:

$$CM + CV = 1123.20 \text{ kgf}$$

$$CM + CV = 1461.84 \text{ kgf}$$

$$\delta = \frac{5}{384} * \left( \frac{Cserv * L^4}{Ec^4 * b * \frac{t^3}{12}} \right) \quad (52)$$

**Ecuación 52** Control de deflexiones (ACI 318-14, 2016)

$$\delta_1 = 0.036 \text{ m}$$

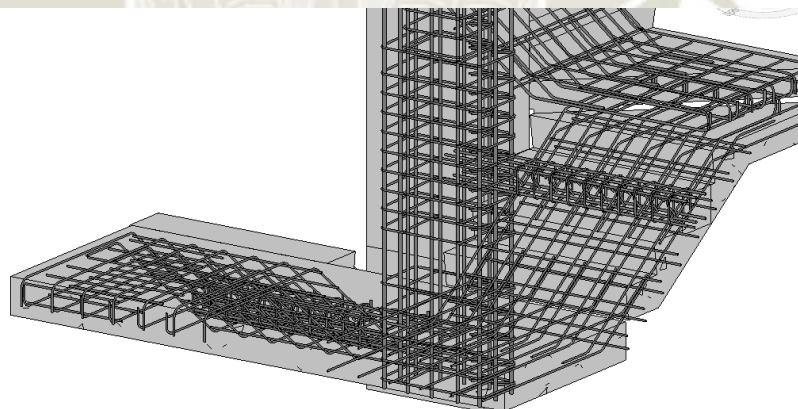
$$\delta_2 = 0.047 \text{ m}$$

### 5.6.1.1.8 Diseño por flexión de viga de apoyo

Adicionalmente se añadieron dos apoyos intermedios empotrados en la columna del medio donde se plantea la escalera: (**Ilustración 101**).

#### **Ilustración 101**

Detalle paso de escalera



Fuente: Elaboración propia

Esta viga intermedia se puede modelar como una viga en voladizo soportando tanto cargas muertas como vivas de la escalera.

Al ser similar a un paso de la escalera se considera una sección de 25x20 que recibe la carga de peso propio, cargas muertas y vivas de los pasos adyacentes.

Se puede visualizar de la siguiente manera:

Para la carga por metro lineal por grada, tenemos:

$$P.p. = 0.15 * 0.25 * 2400 = 90 \text{ kgf/m}$$

$$Acabados = 0.10 * 0.25 * 2400 = 60 \text{ kgf/m}$$

$$CM = 90 + 60 = 150 \text{ kgf/m}$$

$$CV = 300 * 0.25 = 75 \text{ kgf/m}$$

Dadas estas cargas, es importante considerar que el valor de las mismas es equivalente a una grada. En este caso, el cálculo se efectuará para un número de cinco escalones.

$$Wu = 1.4 CM + 1.7 CV = 1.4 * 150 * 5 + 1.7 * 75 * 5 = 1687.5 \text{ kg/m}$$

### Ilustración 102

Diagrama de momentos para vigas de apoyo



Fuente: Elaboración propia

Con este momento se procede a hallar el área de acero de la viga:

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$h_m = 27.31 \text{ cm}$$

$$d = 17.50 \text{ cm}$$

Utilizando la **Ecuación 11**, hallamos la distancia reducida al eje neutro:

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * Mu * 10^5}{\phi * 0.85 * f'c * b}}$$

$$a = 12.50 - \sqrt{12.50^2 - \frac{2 * 168750}{0.90 * 0.85 * 210 * 25}}$$

$$a = 2.59 \text{ cm}$$

Ahora, con la **Ecuación 12**, se calcula el área de acero respectiva

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{168750}{0.90 * 4200 * (17.5 - \frac{2.59}{2})} = 2.75 \text{ cm}^2$$

Para corroborar que el área de acero calculada sea superior al acero mínimo, se calcula dicha sección con la **Ecuación 53**

$$A_{s\text{mín}} = 0.0033 * b * h \quad (53)$$

**Ecuación 53** Acero mínimo en escaleras (Morales, 2018)

$$A_{s\text{mín}} = 0.0033 * 20 * 25 = 1.65 \text{ cm}^2$$

Se opta por aceros de 1/2" en el sentido longitudinal, por cuestión de seguridad y debido a la corta longitud del elemento.

#### Diseño por corte:

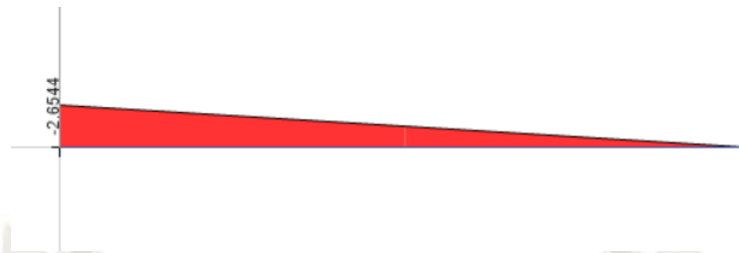
Se procede a obtener el cortante en la escalera y se compara con el cortante obtenido gracias al concreto.

Utilizando la **Ecuación 23**, se calcula la resistencia último de cortante en vigas de apoyo.

$$\phi V_c = \phi 0.53 \sqrt{f'c} * b * d = 0.53 * \sqrt{210} * 25 * 17.5 = 3360.19 \text{ kgf}$$

### Ilustración 103

Diagrama de cortantes en vigas de apoyo



Fuente: Elaboración propia

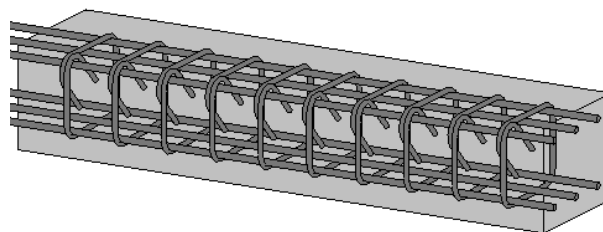
$$\phi V_c > V_u$$

Por distribución mínima de cortante y por cuestión de armado, se planteó por su longitud de 1.17m, estribos de 3/8" @ 10 cm. (Ilustración 105)

La sección final de la viga, entonces sería:

### Ilustración 104

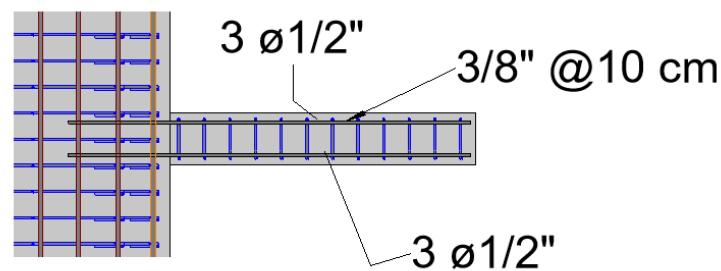
Vista 3D viga de apoyo



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 105

Detalle de empotramiento de viga de apoyo en columna



Fuente: Elaboración propia

### 5.6.2 DISEÑO DE MUROS DE SÓTANO

Los muros de sótano o de contención tienen la función de recibir cargas perpendiculares a su plano. Generalmente se encuentran restringidos por losas tanto de piso como techo, por lo que su análisis es similar al de una viga simplemente apoyada.

El suelo es un factor importante en el diseño de muros de sótano, ya que este deberá ser mayor que el empuje del suelo. La teoría de Rankine propone la siguiente expresión para estimar los empujes que actúan sobre el muro de sótano.

$$EA = K_o * \gamma * H \quad (54)$$

**Ecuación 54** Empuje del terreno sobre el muro (DAS, 2015)

$$Es/c = K_o * w/c \quad (55)$$

**Ecuación 55** Empuje de la sobrecarga sobre el muro (DAS, 2015)

Donde:

s/c = Sobrecarga actuante en el terreno

Es/c= Empuje producido por la sobrecarga, rectangular

Para poder diseñar el muro de contención, es importante saber las cargas actuantes sobre este, que pueda ejercer el terreno.

$$\emptyset = 31.5^\circ \quad \gamma = 1.55 \text{ ton/m}^3 \quad H = 2.41 \text{ m}$$

$$\sigma = 2.48 \text{ tonf/m}^3 \quad e = 0.20 \text{ m} \quad DF = 1.50\text{m}$$

$$\text{N.T.P.} = -1.5 \text{ m} \quad \text{s/c} = 0.25 \text{ tonf/m}^2 \quad f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Se calcula el empuje neutro del suelo, usando la **Ecuación 55**:

$$K_o = 1 - \sin\emptyset \quad (56)$$

**Ecuación 56** Coeficiente de empuje neutro (DAS, 2015)

$$K_o = 1 - \text{sen}31.5^\circ = 0.478$$

$K_o$  = Coeficiente de empuje neutro del suelo

$\emptyset$  = Ángulo de fricción interna del suelo

Con la fórmula de presiones de tierra (**Ecuación 57**):

$$P_o = K_o * \gamma * H \quad (57)$$

**Ecuación 57** Esfuerzo del suelo sobre el muro (DAS, 2015)

$$P_o = 0.478 * 1.55 * 2.41 = 1.78 \text{ tonf/m}^2$$

$\gamma$  = Peso específico del suelo

H = Altura de suelo que ejerce el empuje

$P_o$  = Esfuerzo del suelo sobre el muro

Se procede, a hallar el empuje activo del terreno con la **Ecuación 58**:

$$Eo = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * Ko \quad (58)$$

**Ecuación 58** Empuje del terreno sobre el muro (DAS, 2015)

$$Ea = \frac{1}{2} * 2.4 * 2.41^2 * 0.478 = 3.33 \text{ tonf}$$

$$Ea = 3.33 * 1.7 = 5.66 \text{ tonf}$$

Donde:

$Ea$  = Empuje activo de suelo, carga triangular distribuida

Para la carga viva del terreno sobre el muro, se usa la **Ecuación 59**, con el fin de hallar el esfuerzo por sobrecarga del terreno sobre el muro.

$$Pw = \frac{S}{C} * Ko \quad (59)$$

**Ecuación 59** Esfuerzo de la sobrecarga sobre el muro (DAS, 2015)

$$Pw = 0.30 * 0.478 = 0.14 \frac{\text{tonf}}{\text{m}}$$

$$Es/c = Ps/c * H \quad (60)$$

**Ecuación 60** Empuje debido a la sobrecarga del terreno (DAS, 2015)

$$Es/c = 0.14 * 2.41 = 0.337 \text{ tonf}$$

$$Es/cu = 0.337 * 1.7 = 0.573 \text{ tonf}$$

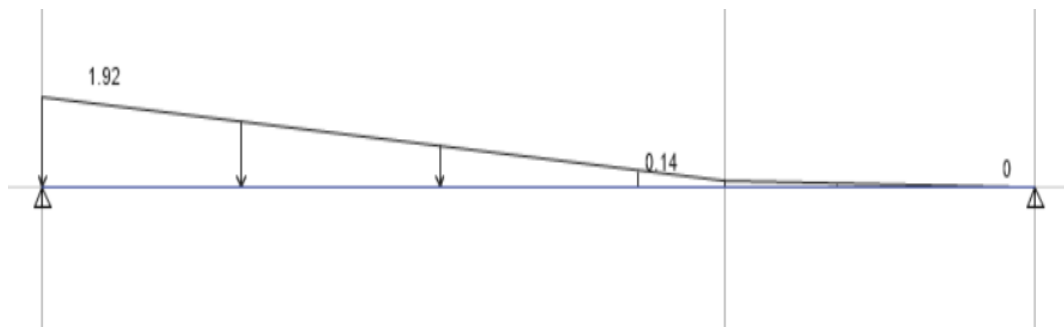
$$Pu = 1.78 + 0.14 = 1.92 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2} * 1\text{m} = 1.92 \frac{\text{tonf}}{\text{m}}$$

Donde:

$Es/cu$  = Empuje último debido a  $s/c$

### Ilustración 106

Diagrama de momentos en muro de contención



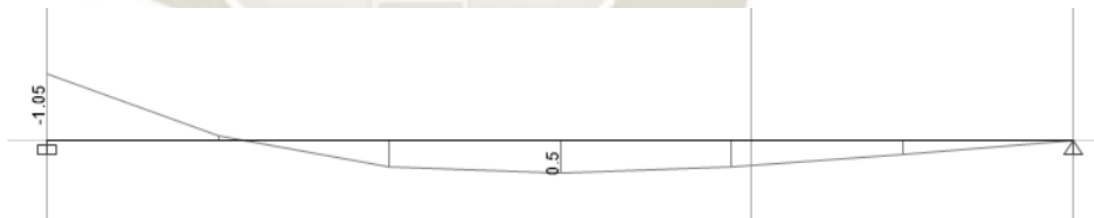
Fuente: Elaboración propia

#### 5.6.2.1 REFUERZO POR FLEXIÓN

Como se observa en el diagrama de momentos flectores (**Ilustración 107**), el comportamiento se asemeja a la de una viga simplemente apoyada.

### Ilustración 107

Diagrama de momentos flectores para muro de contención



Fuente: Elaboración propia

#### 5.6.2.1.1 ACERO VERTICAL

Para el diseño del acero vertical, se utiliza la **Ecuación 11** para calcular la distancia al eje neutro.

$$M_u = -1.05 \text{ tonf}\cdot\text{m}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u * 10^5}{\phi * 0.85 * f'c * b}}$$

$$a = 21 - \sqrt{21^2 - \frac{2 * 1.05 * 10^5}{0.9 * 0.85 * 210 * 100}} = 0.314 \text{ m}$$

Ahora, con la **Ecuación 12**, se calcula el área de acero respectiva por flexión.

$$A_s = \frac{Mu * 10^5}{\phi * f_y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s = \frac{1.05 * 10^5}{0.9 * 4200 * (21 - \frac{0.314}{2})} = 1.33 \text{ cm}^2$$

Se compara el valor calculado con el que resulta de usar la **Ecuación 15**, para verificar si se corrige el acero teórico o se mantiene.

$$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * h = 4.50 \text{ cm}^2$$

El valor de acero mínimo, es mayor que el acero teórico; por tanto, el acero mínimo predomina en el diseño.

$$s = \frac{1.29 * 100}{4.50} = 28.67 \text{ cm}$$

La distribución del acero vertical escogida será de 1/2" @ 25cm"

#### 5.6.2.1.2 ACERO HORIZONTAL

Por acero mínimo (E060 SENCICO, 2009):

$$A_{s\text{mín}} = 0.0018 * b * h$$

$$A_{s\text{mín}} = 4.50 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{1.29 * 100}{4.50} = 28.67 \text{ cm}$$

La distribución de los aceros en muros horizontalmente sería 1/2" @ 25 cm (ver **Ilustración 109**).

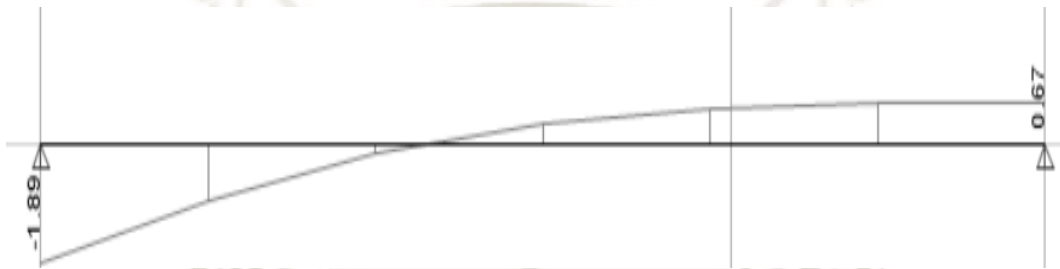
### 5.6.2.2 VERIFICACIÓN POR CORTE

El valor del cortante proporcionado por el concreto, se calcula con la **Ecuación 22**, para corroborar si es mayor al cortante solicitado.

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c} \times b \times d = 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 21 / 1000 = 12.29 \text{ tonf}$$

#### Ilustración 108

Diagrama de corte en muro



Fuente: Elaboración propia

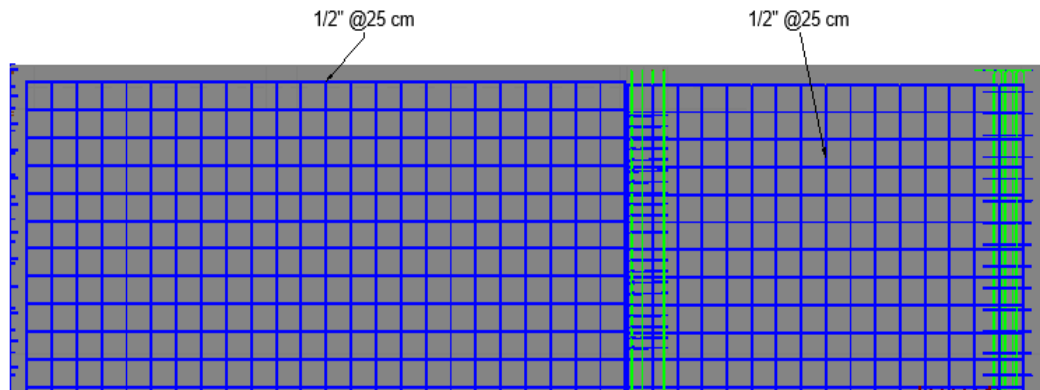
$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{1.89}{0.85} = 2.22 \text{ tonf}$$

Con la **Ecuación 23**, se tiene la resistencia última de concreto, en función al factor  $\phi$ .

$$\frac{V_u}{\phi} \leq V_c$$

### Ilustración 109

Distribución final de muro de contención en Revit



Fuente: Elaboración propia

### 5.6.3 DISEÑO DE CISTERNA

Para diseñar una cisterna se requieren varios datos, como las presiones laterales, la reacción de la losa de fondo, la sobrecarga en la losa de la tapa, así como también es necesario tener un estudio de suelo en donde indique qué empuje activo resultará que afectarán las presiones del terreno (IngenieriaReal.com, 2021).

Las paredes de la cisterna por estar limitado en la parte superior en inferior por losas su análisis es similar a una viga simplemente apoyada.

Se deben considerar los distintos casos críticos para el diseño de una cisterna porque la presencia de agua no es constante.

El caso más crítico por ende es la ausencia de agua en la cisterna, ya que la presión del suelo actúa de lleno y no hay fuerza que lo contrarreste.

Según el ACI consideramos una cuantía de 0.0028, para evitar la corrosión del acero debido al contacto con el agua.

### 5.6.3.1 DISEÑO DE PAREDES DE CISTERNA

DATOS

$$\emptyset = 31.5^\circ \quad \gamma = 1.55 \text{ ton/m}^3 \quad H = 2.41 \text{ m}$$

$$\sigma = 2.48 \text{ tonf/m}^3 \quad e = 0.20 \text{ m} \quad DF = 1.50\text{m}$$

$$\text{N.T.P.} = -1.5 \text{ m} \quad s/c = 0.25 \text{ tonf/m}^2 \quad f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2 \quad K_o = 0.478$$

Utilizando la **Ecuación 57**, se halla la presión del suelo sobre el muro:

$$P_o = K_o * \gamma * H$$

$$P_o = 0.478 * 1.55 * 2.41 = 1.78 \text{ tonf/m}^2$$

A continuación, se calcula el empuje debido al suelo, con la **Ecuación 58**:

$$E_o = \frac{1}{2} * P_o * H$$

$$E_o = 1.78 * 1 * \frac{2.41}{2} = 2.15 \text{ tonf/m}$$

Se amplifica el valor calculado, por el valor establecido en (ACI 318-14, 2016) utilizando el factor de la primera combinación alusivo a la carga viva (WL).

$$E_{ou} = 1.7 * 2.15 = 3.654 \text{ tonf}$$

Con la **Ecuación 59**, se calcula la presión sobre el suelo ejercida por la sobrecarga

$$P_w = \frac{S}{C} * K_o \quad (59)$$

$$\frac{P_s}{c} = 0.478 * 0.25 = 0.119 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2}$$

A continuación, con la **Ecuación 60**, se tiene el valor de la presión ejercida por la sobrecarga.

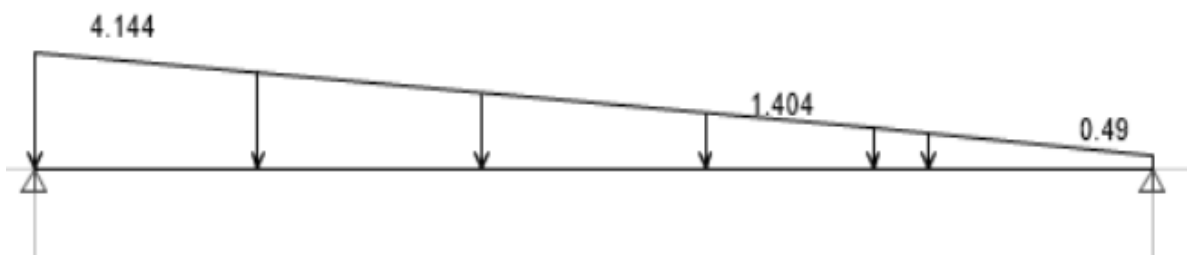
$$Es/c = Ps/c * H \quad (60)$$

$$Es/c = Ps/c \times H = 0.12 \times 2.41 = 0.29 \text{ tonf}$$

$$Es/c = 1.7 \times 0.29 = 0.49 \text{ tonf}$$

### Ilustración 110

Modelo estructural de paredes de cisterna



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 111

Diagrama de momentos flectores de cisterna



Fuente: Elaboración propia

#### 5.6.3.1.1 ACERO VERTICAL POR FLEXIÓN

El máximo momento que se observa es de 2.86 tonf\*m2, se calcula ahora el refuerzo por

flexión con la **Ecuación 11**:

$$a = 16 - \sqrt{16^2 - \frac{2 * 2.86 * 10^5}{0.9 * 0.85 * 210 * 100}} = 1.15 \text{ cm}$$

Ahora, con la **Ecuación 12**, se calcula el área de acero:

$$As = \frac{2.86 * 10^5}{0.9 * 4200 * \left(14 - \frac{1.15}{2}\right)} = 4.91 \text{ cm}^2$$

Por cuantía mínima (**Ecuación 53**):

$$A_s \text{ mín} = p_{\text{mín}} \times b \times h$$

$$A_s \text{ mín} = 0.0028 \times 100 \times 20 = 5.60 \text{ cm}^2$$

Se observa que lidera el diseño la cuantía mínima por flexión, por lo que su espaciamiento será (**Ecuación 25**):

$$s = \frac{1.29 \times 100}{5.60} = 25 \text{ cm}$$

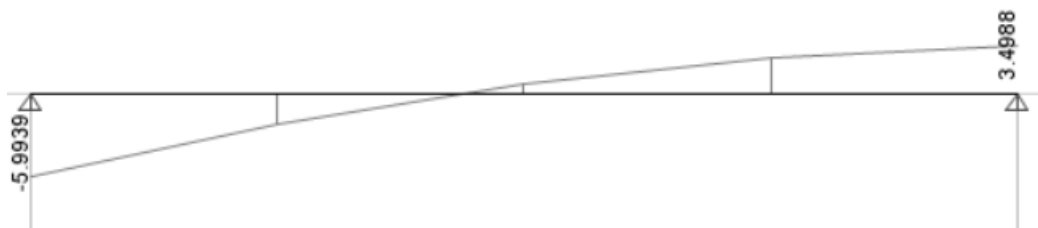
El acero vertical seleccionado fue de 1/2" cada 25 cm.

### 5.6.3.1.2 VERIFICACIÓN POR CORTE

Se observan los diagramas de corte del muro cisterna, en la **Ilustración 112**.

#### Ilustración 112

Diagrama de fuerza cortante de muro cisterna



Fuente: Elaboración propia

Se calcula el cortante proporcionado por la sección de concreto (**Ecuación 22**):

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'_c} \times b \times d = 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 16 / 1000 = 12.29 \text{ tonf}$$

$$V_u = 5.99 \text{ tonf}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = 7.05 \text{ tonf}$$

$$\frac{V_u}{\phi} \leq V_c$$

### 5.6.3.2 DISEÑO DE LOSA DE CISTERNA

La losa del tanque será una losa maciza de 20 cm:

**Metrado:**

$$CM = 0.20 \times 1.00 \times 2.4 + 0.1 \times 1.0 = 0.58 \text{ tonf/m}$$

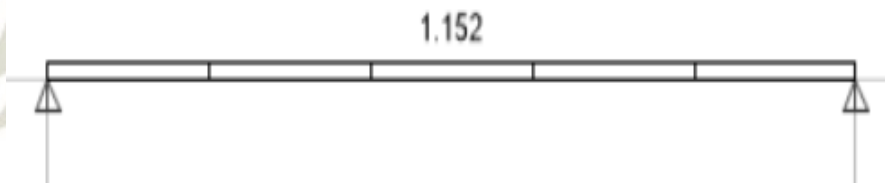
$$CV = 0.2 \text{ tonf/m}$$

$$Wu = 1.4 \times 0.58 + 1.7 \times 0.2 = 1.152 \text{ tonf/m}$$

Se modeló la losa de cisterna con las cargas aplicadas, en la **Ilustración 113**:

#### Ilustración 113

Modelo de losa de cisterna



Fuente: Elaboración propia

#### 5.6.3.2.1 REFUERZO POR FLEXIÓN

Se calculan, por medio de la **Ecuación 11**, las distancias al eje neutro.

#### Ilustración 114

Diagrama de momentos flectores en losa de cisterna



Fuente: Elaboración propia

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * Mu * 10^5}{\phi * 0.85 * f'c * b}}$$

$$a = 17 - \sqrt{17^2 - \frac{2 * 1.77 * 10^5}{0.90 * 0.85 * 210 * 100}} = 0.66 \text{ cm}$$

Luego, se halla el área de acero correspondiente, con la **Ecuación 12**:

$$As = \frac{Mu * 10^5}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})}$$

$$As = \frac{1.77 * 10^5}{0.9 * 4200 * (16 - \frac{0.66}{2})} = 2.99 \text{ cm}^2$$

Se verifica el acero mínimo de la sección respecto al calculado (**Ecuación 53**):

$$Asmín = 0.0018 * 100 * 20 = 3.60 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{0.71 * 100}{3.60} = 20 \text{ cm}$$

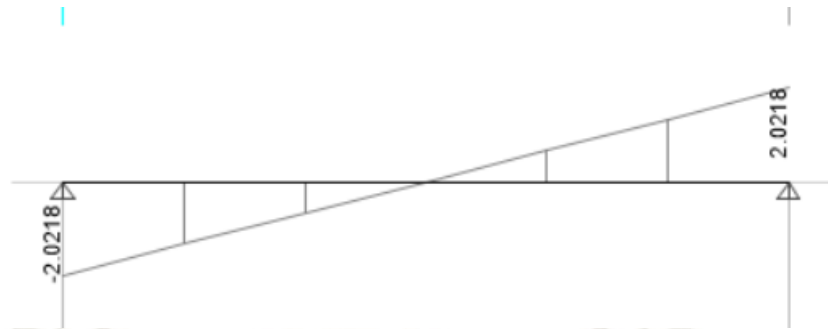
El acero mínimo lo gobierna el diseño, por lo que el refuerzo vertical será en 2 capas de 3/8”  
@ 20 cm.

#### 5.6.3.2.2 VERIFICACIÓN POR CORTE

Mediante la **Ecuación 22**, se obtiene el cortante ofrecido por el concreto.

### Ilustración 115

Diagramas de fuerza cortante en losa de cisterna



Fuente: Elaboración propia

$$V_{um\acute{a}x} = 2.02 \text{ tonf}$$

$$\frac{Vu}{\phi} = 2.39 \text{ tonf}$$

$$Vc = 0.53\sqrt{f'c} \times b \times h$$

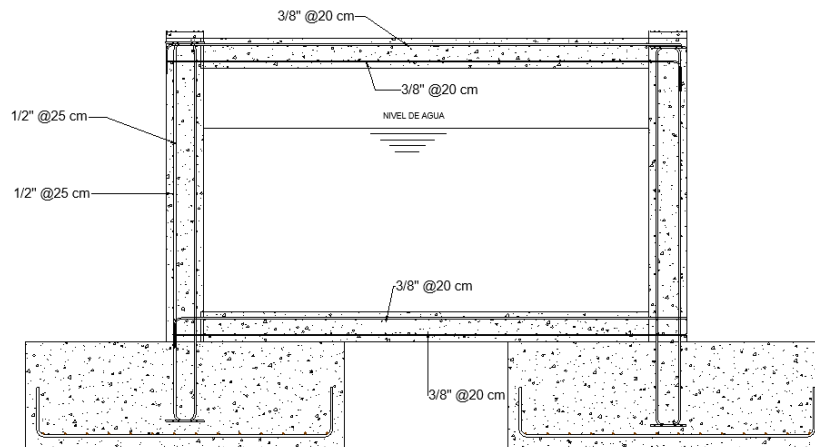
$$Vc = 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 20 = 15.36 \text{ tonf}$$

$$\frac{Vu}{\phi} \leq Vc$$

El cortante último es menor al cortante proporcionado por el concreto.

### Ilustración 116

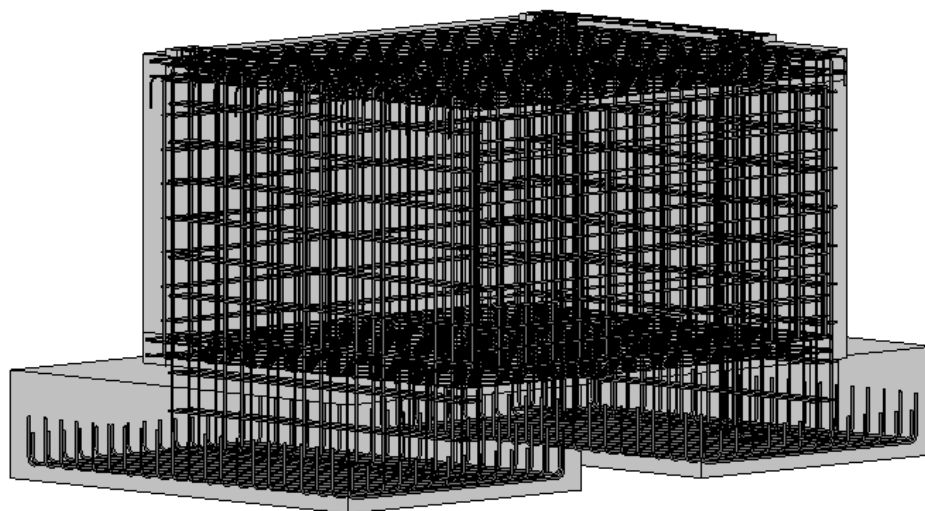
Detalle cisterna



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 117

Detalle 3D Cisterna



Fuente: Elaboración propia

### 5.6.4 DISEÑO DE TABIQUERÍA

Datos del muro

<b>Orientación del muro</b>	Dirección y
<b>Peso específico del muro, <math>\gamma_w</math></b>	1800kg/m <sup>3</sup>
<b>Longitud del muro</b>	3m
<b>Espesor</b>	0.13m
<b>Altura</b>	2.4m
<b>Peso del muro, <math>P_e</math></b>	$P_e = \gamma_w * h * e = 1684.8 \text{ kg}$
<b>Ubicación y riesgo</b>	Muros y tabiques dentro de una edificación, C=2

**Tabla 19** Valores de C de acuerdo al uso

Tabla N° 12 VALORES DE $C_1$	
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación y cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	3,0
- Muros y tabiques dentro de una edificación.	2,0
- Tanques sobre la azotea, casa de máquinas, pérgolas, parapetos en la azotea.	3,0
- Equipos rígidos conectados rígidamente al piso.	1,5

Piso	ai-x (mm/s <sup>2</sup> )	ai-y/g (mm/s <sup>2</sup> )	ai-x/g	Fx (kg)
1	316.79	1378.97	0.0812212	218.946372

Fuerza sísmica mínima

Factor de Zona, Z	0.45
Factor de Uso, U	1
Factor de Suelo, S	1.05
Coefficiente Sísmico, C'	2
Fuerza Fi mínima:	<b>398.034</b> kg

---

$$F_{i \min} = \frac{Z * U * S * P_e}{2} \quad (61)$$

**Ecuación 61** Fuerza horizontal mínima para muros no portantes (NORMA E.070, p. 14)

Para el cálculo de las cargas perpendiculares al plano. La **Ecuación 62** representa la magnitud de esta carga (w en kg/m<sup>2</sup>)

$$w = 0.8 Z . U . C . \gamma_e \quad (62)$$

**Ecuación 62** Fuerza horizontal mínima para muros no portantes (NORMA E.070, p. 14)

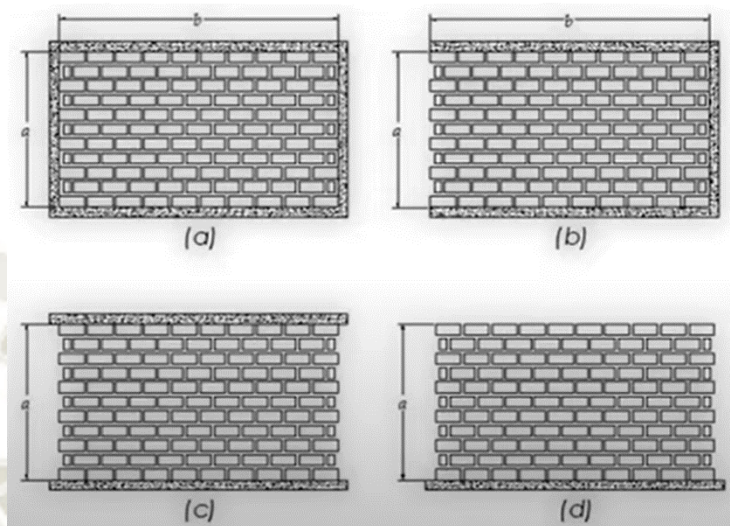
### Fuerzas y Esfuerzos

Fuerzas de Diseño de Muro no Portante

Orientación	F <sub>⊥</sub>	F <sub>∥</sub>	W <sub>⊥</sub>
Dirección x	510.413406	101.15972	78.7675009
Dirección y	101.15972	510.413406	15.6110679

**Ilustración 118**

Tipos de arriostre



**Ilustración 119** Valores de "m" y dimensión crítica "a"

$$M_s = m \cdot w \cdot a^2 \quad (29.7)$$

donde:

*m* = coeficiente de momento (adimensional) indicado en la Tabla 12.

*a* = dimensión crítica del paño de albañilería (ver la Tabla 12), en metros.

<b>TABLA 12 VALORES DEL COEFICIENTE DE MOMENTOS «m» y DIMENSION CRITICA «a»</b>								
<b>CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADOS</b>								
a = Menor dimensión								
b/a =	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0	∞
m =	0,0479	0,0627	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118	0,125
<b>CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS</b>								
a = Longitud del borde libre								
b/a =	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,5	2,0
m =	0,060	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132
<b>CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES</b>								
a = Altura del muro								
m = 0,125								
<b>CASO 4. MURO EN VOLADIZO</b>								
a = Altura del muro								
m = 0,5								

**Condiciones de Confinamiento**

Número de arriostres	3	Caso b	
Longitud del borde libre, a	2.7	m=	0.110
Altura o longitud, b	2.6	b/a=	0.963

$$f = \frac{6M}{t^2} \leq 0.147 \text{ Mpa} \left(1.5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$$

(63)

**Ecuación 63** Esfuerzo admisible en tracción por flexión (NORMA E.070, p. 15)

Carga sísmica perpendicular, w=	15.6	kg/cm2
Fuerza sísmica horizontal, Fi	510.41	kg
Momento Flector, M	12.52	kg-m/m
Esfuerzo normal, f	<b>0.44444433</b>	kg/cm2
Esfuerzo admisible por tracción	$\leq 1.5 \text{ kg/cm}^2$	

**5.6.4.1 ACERO DE REFUERZO EN COLUMNAS DE CONFINAMIENTO**

Por ser columna de confinamiento se considerará la distribución mínima establecida en (NORMA E.070, p. 12).

$$\frac{0.1f'cAc}{fy} \text{ (mínimo } 4\phi 8\text{mm)}$$

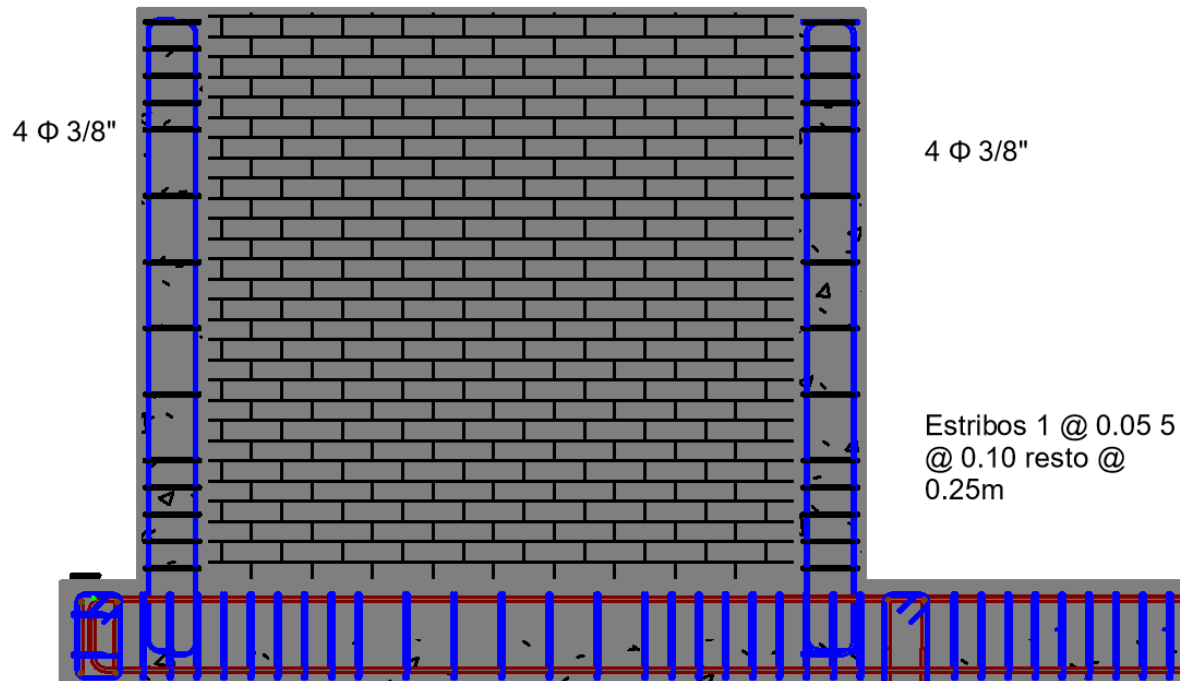
(64)

**Ecuación 64** Cuantía mínima para columnas de confinamiento

El confinamiento mínimo con estribos será [] 6mm, 1 @ 5, 4@ 10, r @ 25 cm.

Adicionalmente se agregará 2 estribos en la unión solera-columna y estribos @ 10 cm en el sobrecimiento. (NORMA E.070, p. 12)

**Ilustración 120** Distribución final de muro de tabiquería



## CAPÍTULO VI

### 6. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN EDIFICIO

#### MULTIFAMILIAR DE AREQUIPA

BIM es una metodología que viene impulsándose en Perú recientemente. A medida que avanza el tiempo, las empresas van optando por esta nueva filosofía de coordinación multidisciplinaria en todos sus procesos de construcción.

El objetivo del uso de BIM para este proyecto trata de evaluar la efectividad y eficacia desde la concepción hasta el diseño respectivo del edificio en cuestión.

El edificio escogido fue un edificio de seis pisos más un semisótano en la ciudad de Arequipa ubicado en el distrito de Cercado – Arequipa

Muchas veces se asocia BIM como construcción virtual, y es que es una definición muy acertada; ya que, mediante esta concepción, podemos contar con la ventaja de apreciar el proceso constructivo antes de siquiera trazar el terreno, pudiendo notar interferencias antes, durante y después. Además, al contar con una nueva gama de programas de modelamiento, permite obtener tablas de metrados, planos, especificaciones técnicas, de manera mucha más óptima y dinámica.

#### 6.1 USOS DEL MODELO S BIM EN EL DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN

##### 6.1.1 EXISTING CONDITIONS MODELING O MODELADO DE LAS CONDICIONES EXISTENTES

Usar un modelo para identificar las condiciones existentes y futuras de un determinado emplazamiento. Estudiar las repercusiones en el entorno que un edificio puede ocasionar desde su diseño, hasta la construcción y vida útil. (ESEVERRI, 2017)

### **6.1.2 COST ESTIMATION (QUANTITY TAKE OFF) O MEDICIÓN Y PRESUPUESTO DE OBRA**

Usar el modelo para el control de costes en cada una de las fases del proyecto, construcción, operación y mantenimiento. (ESEVERRI, 2017)

### **6.1.3 COORDINATION O CLASH DETECTION**

Detectar interferencias entre los modelos de las diferentes especialidades, permitiendo eliminar los conflictos en la obra. (ESEVERRI, 2017)

### **6.1.4 PHASE PLANNING (4D MODELING) O PLANIFICACIÓN DE OBRA**

Usar el modelo para poder planificar el trabajo ajustando los procesos con la variable tiempo. El modelado 4D es una herramienta de visualización y comunicación muy útil, que puede dar al equipo encargado de la obra, una mejor comprensión de los hitos del proyecto y los planes de construcción. (ESEVERRI, 2017)

### **6.1.5 DESIGN AUTHORIZING O AUDITORÍA DE DISEÑO**

Establecer una relación de transferencia entre programas de modelo y programas de análisis, asegurando una correcta transmisión de datos. (ESEVERRI, 2017)

### **6.1.6 CONTROL AND PLANNING (DIGITAL LAYOUT) O CONTROL DE EJECUCIÓN DE OBRA**

Permite planificar la secuencia constructiva del proyecto en temas de tiempo, sectores de trabajo, distribución tanto de equipos como personas, etc. El modelo ayuda a la correcta colocación de lo antes mencionado en la etapa de planificación 4D. (ESEVERRI, 2017)

### **6.1.7 USOS EN EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA**

Se puede definir como diseño de la estructura a todo aquel procedimiento cuyo resultado genere una documentación final. Durante el desarrollo de esta tesis, se han visto los distintos usos que se pueden atribuir: (ESEVERRI, 2017)

Primeramente, para poder estructurar, se necesita comprender bien la arquitectura, por lo que en la figura tal, se puede ver la superposición de planos de Autocad sobre los cuales se pudo dimensionar, debida a esta ventaja es que se puede tener una estructuración más rápida ya que en solo un modelo se tiene más de 10 planos coordinados en CAD para poder armar la edificación.

El modelo creado en Revit se puede entender como un modelo mediante el cual empezamos a estructurar y una vez terminada la estructuración, el mismo modelo lo usamos para analizar la estructura y posteriormente diseñar, se elimina el retrabajo que normalmente se hace al modelar de nuevo la estructura en alguno de los programas de cálculo conocidos.

El siguiente paso fue el de analizar la estructura mediante una exportación hacia el software de análisis estructural ETABS 2016 con el cual, corrigiendo algunas pocas propiedades se tuvo una estructura lista para analizar. La ventaja de esto es que, una vez analizada la estructura, se observó que las dimensiones de algunos elementos no cumplían con los criterios de irregularidades o la dimensión de algún elemento no era suficiente para soportar un esfuerzo interno; por lo que tenían que ser corregidos en un el programa de modelamiento y transferir la información al software de análisis, logrando que ambos modelos se actualizaran consecutivamente, evitando pérdidas de tiempo innecesarias en un nuevo modelamiento.

El modelado de la estructura y de la cimentación, permitió encontrar incongruencias a simple vista, revisarlas y corregir el diseño, como una cantidad insuficiente de acero de refuerzo se puede cambiar al instante y se modifica en todas las vistas asociadas a este elemento.

La documentación o elaboración de planos es representar el modelo en dos dimensiones, su elaboración trata de seleccionar las vistas más útiles para la construcción. Dicho esto, se

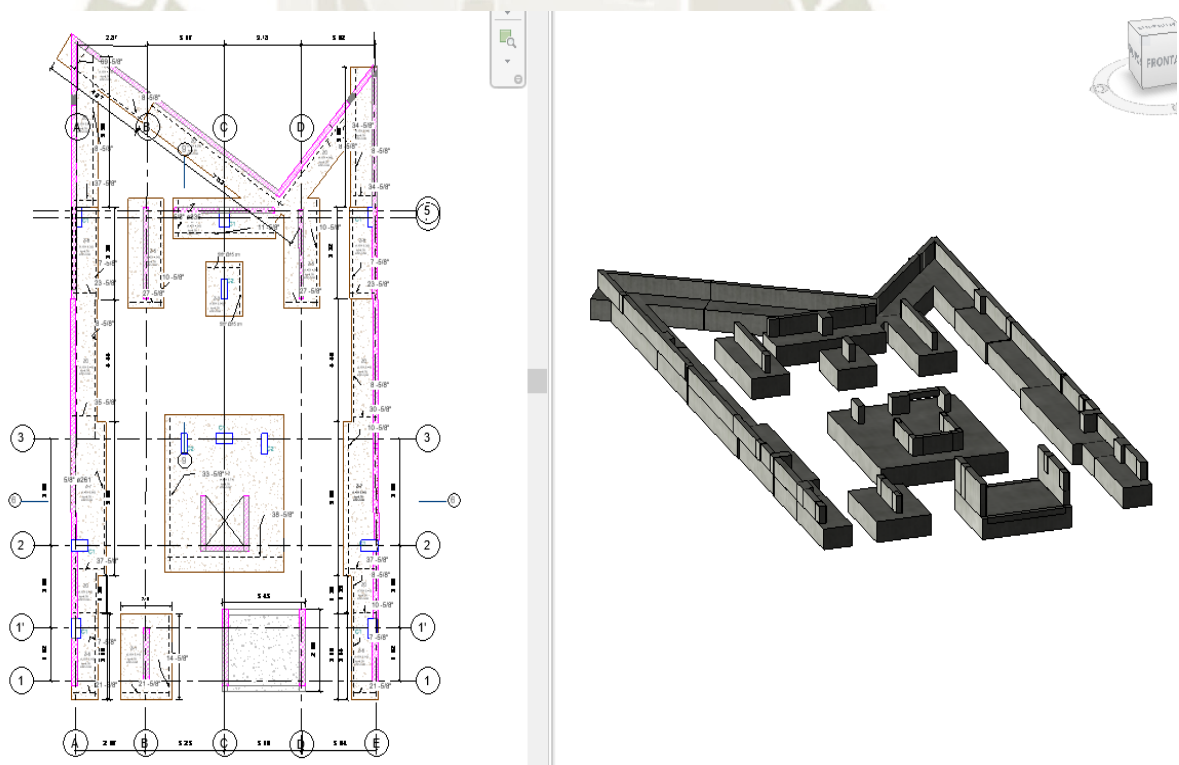
adjuntaron algunos modelos 3D para corroborar la versatilidad de las herramientas BIM mencionadas.

La presentación de la documentación tiende a ser de mejor calidad, ya que al haber detalles complejos, se pueden representar de manera tridimensional para facilitar su comprensión y absolución de dudas que muchas veces no se tienen claras; y que a su vez conllevan a un proceso lento y lleno de trabas. **(Ilustración 121).**

Los cambios realizados en etapas posteriores al diseño no representaron sobreesfuerzo debido a que al ser un modelo dinámico, los cambios realizados se pueden visualizar en todas las vistas relacionadas a dicho elemento.

### Ilustración 121

Cimentación seccionada por una caja de sección en Revit



Fuente: Elaboración propia

### **6.1.8 ESTIMADOS DE LOS METRADOS A PARTIR DEL MODELO**

#### **PARAMÉTRICO**

Una de las ventajas de tener la edificación como un modelo 3D, es la estimación de materiales, más conocida como metrados. BIM permite, mediante sus herramientas permite tener una cantidad exacta y rápida de todas las mediciones de los elementos.

Si se quiere tener, por ejemplo, un cómputo de la cantidad de acero total, también se tiene que modelar los aceros en la estructura, respetando las distintas consideraciones plasmadas en la norma E060 y teniendo en consideración ciertas consideraciones relacionadas a los procesos constructivos.

En la presente tesis se realizaron los siguientes cálculos:

- Cantidad de acero de la estructura
- Cantidad de concreto de la estructura
- Cantidad de encofrado
- Cantidad de ladrillos
- Sectorización

Estas tablas extraídas de Revit se anexarán al final.

Adicionalmente, podemos afirmar que los programas BIM pueden realizar una correcta interpretación de materiales para calcular cantidades o metrados, pero siempre y cuando tengan una relación con la secuencia constructiva a utilizar.

### **6.1.9 SIMULACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO BIM 4D**

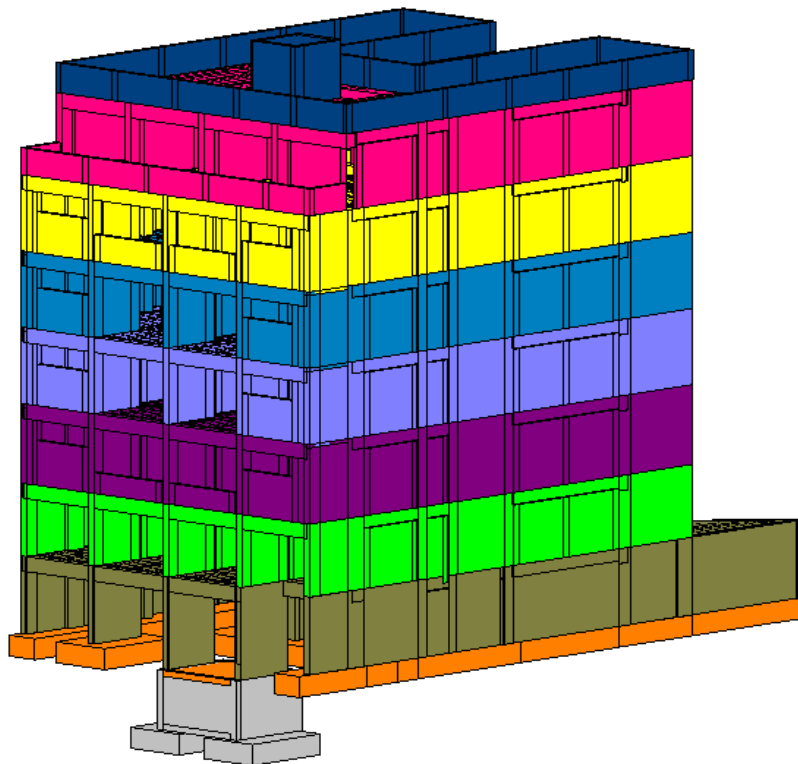
El modelado en 4D trata de agregar al conocido 3D, la cuarta variable: el tiempo. Para poder simular la edificación en función a las actividades a realizar durante la ejecución y así poder

tener un control total sobre los recursos, tiempo; todo esto en aras de anticiparse a los hechos que ocurren generalmente en obra.

En el proyecto se realizó la secuencia de la estructura de concreto armado. Para esto se toma en cuenta los metrados con el fin de tener duraciones de actividades.

### **Ilustración 122**

Sectorización en modelo 3D



Fuente: Elaboración propia

## Ilustración 123

### Leyenda de Sectorización

#### LEYENDA DE SECTORIZACIÓN

	SECTOR 1
	SECTOR 2
	SECTOR 3
	SECTOR 4
	SECTOR 5
	SECTOR 6
	SECTOR 7
	SECTOR 8
	SECTOR 9
	SECTOR 10

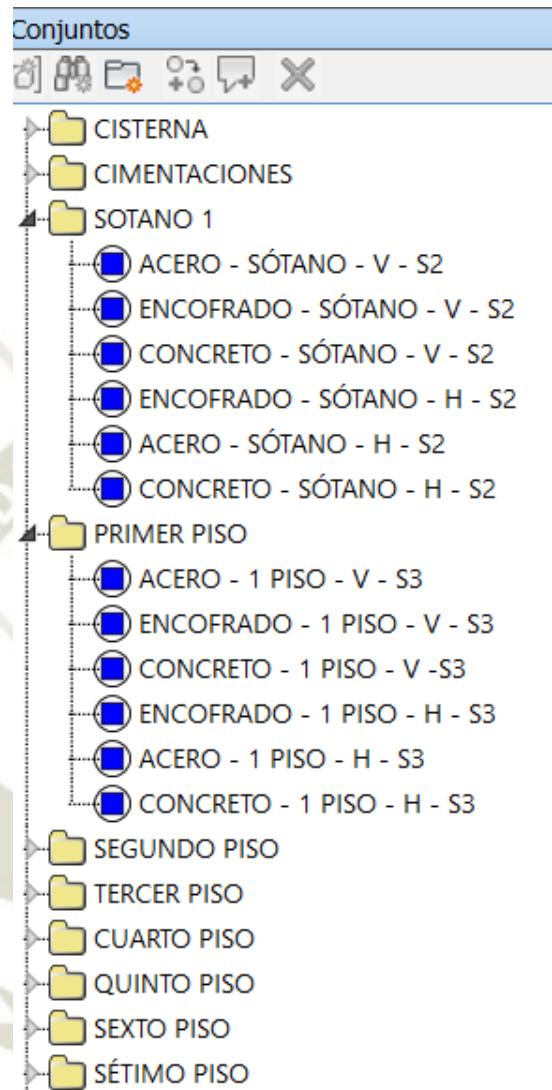
Fuente: Elaboración propia

Llegado este momento, es importante aclarar que Autodesk Revit es un programa netamente de modelamiento (hasta permite modelar cargas para exportarlas al análisis y ahorrar ese proceso también).

Lo que lleva a descubrir una herramienta adicional BIM, Autodesk Navisworks. Esta herramienta permite rastrear elementos desde Revit y agruparlos en grupos, dándoles así secuencia introduciendo las duraciones en una línea de tiempo, similar a las vistas en herramientas de programación.

### Ilustración 124

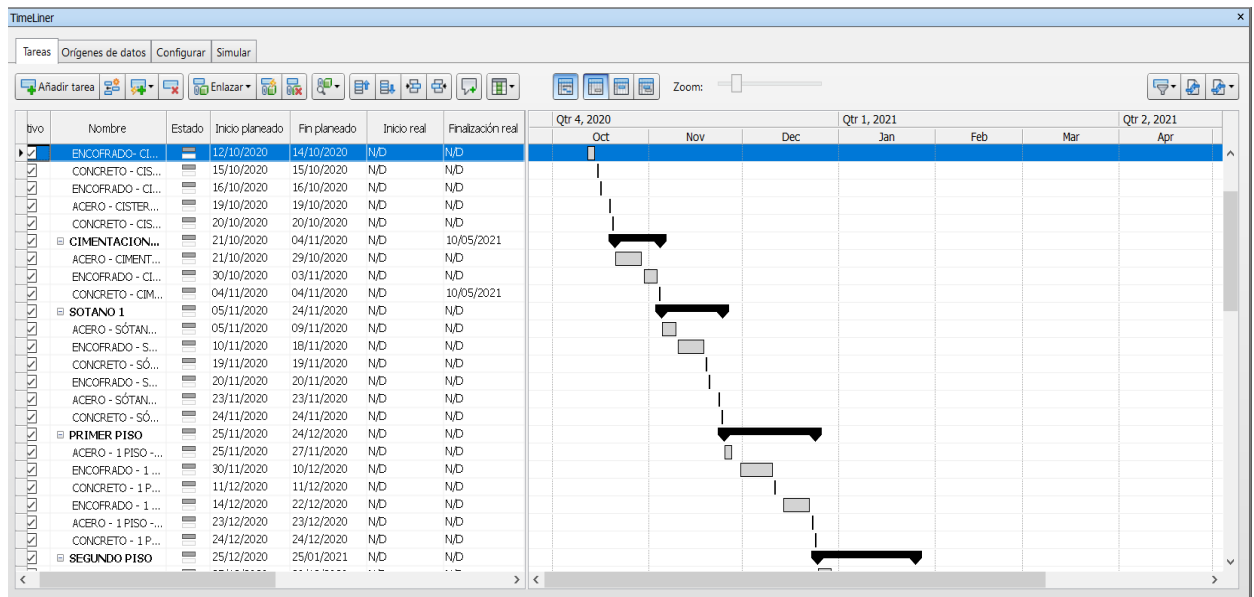
Partidas agrupadas en conjuntos en Navisworks



Fuente: Elaboración propia

## Ilustración 125

### Timeliner del proyecto en Navisworks



Fuente: Elaboración propia

Para una mejor inspección de las tareas en la programación al momento de relacionar el modelo 4D con Microsoft Project, se usó una nomenclatura general para identificar tanto actividades como elemento. Por ejemplo: para la actividad ENCOFRADO – 1PISO – V – S3, se refiere al encofrado de elementos verticales (muros y placas) del sector 3 en el primer piso.

Tal como se aprecia, esta nomenclatura permite tener una idea clara de la ubicación, así como cuándo se realizará dicha actividad y así anticiparse a posibles correcciones en la programación y repetir el proceso hasta que los tiempos sean óptimos y los recursos bien distribuidos (**Ilustración 125**).

Adicionalmente, para las partidas de concreto armado, algunas actividades consideran factores de habilitación en el caso de acero, como desencofrado y habilitado en el encofrado; subprocesos que hacen posible la actividad en sí.

### Ilustración 126

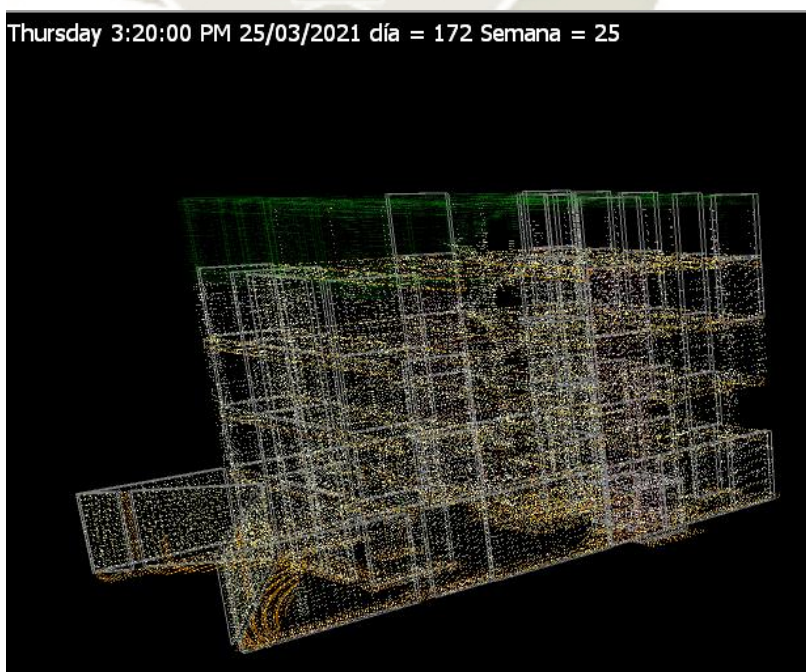
Fase constructiva – Quinta semana



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 127

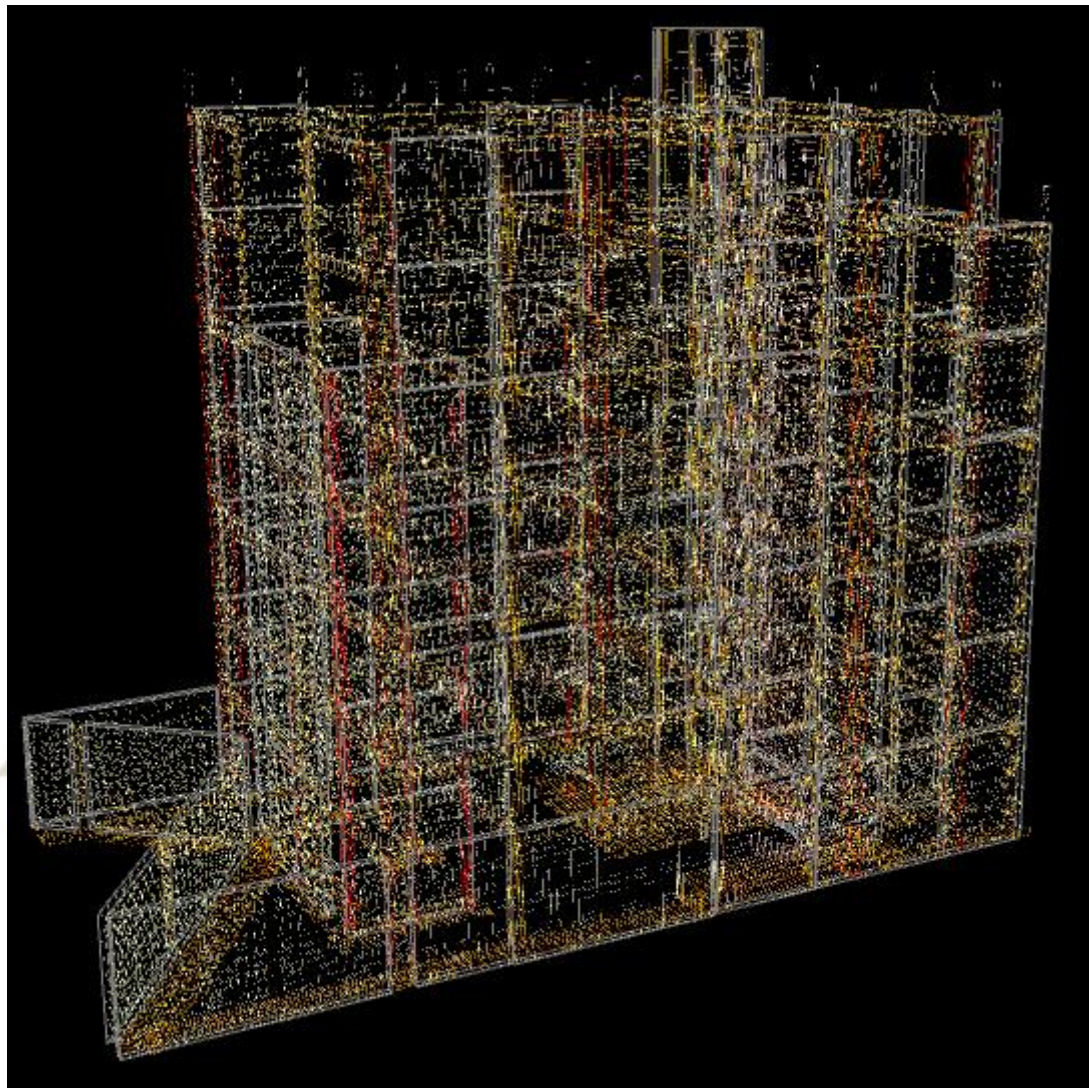
Fase constructiva de acero



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 128

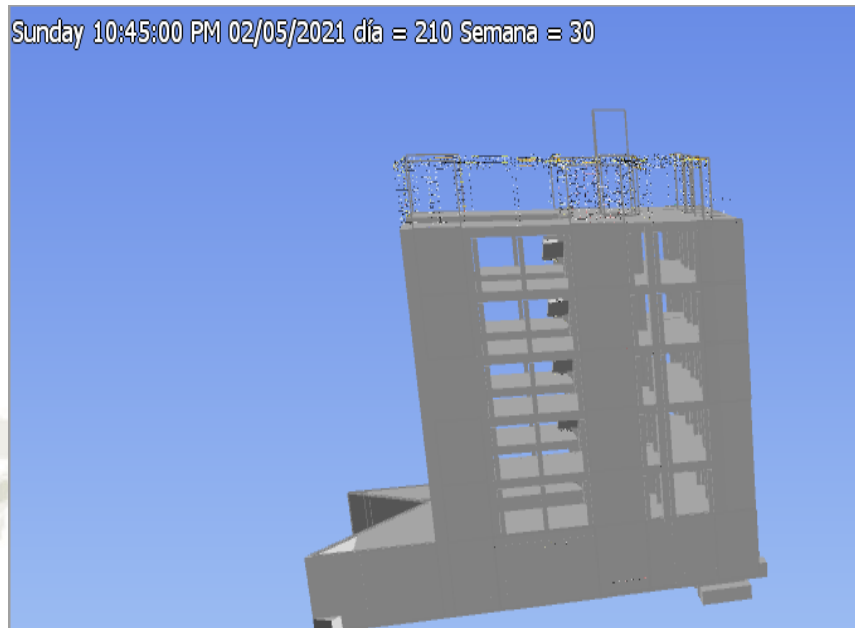
Secuencia constructiva de acero terminada



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 129

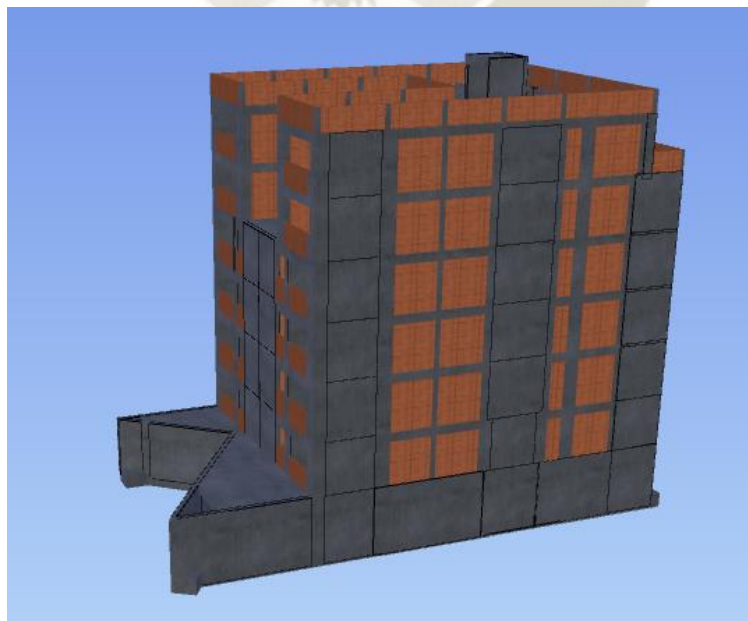
Fase constructiva a la semana 30



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 130

Modelo del proyecto terminado



Fuente: Elaboración propia

### 6.1.10 VISUALIZACIÓN DEL PROYECTO

Para este proyecto se utilizaron herramientas BIM que permitieron un mejor manejo y una mejor administración de la información, tales como generar modelos 3D a partir de planos y de cualquier punto en específico. Estas herramientas se usan para tener un enfoque más general en una reunión con la gerencia del proyecto, por ejemplo.

#### Ilustración 131

Primer piso – estructuras



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 132

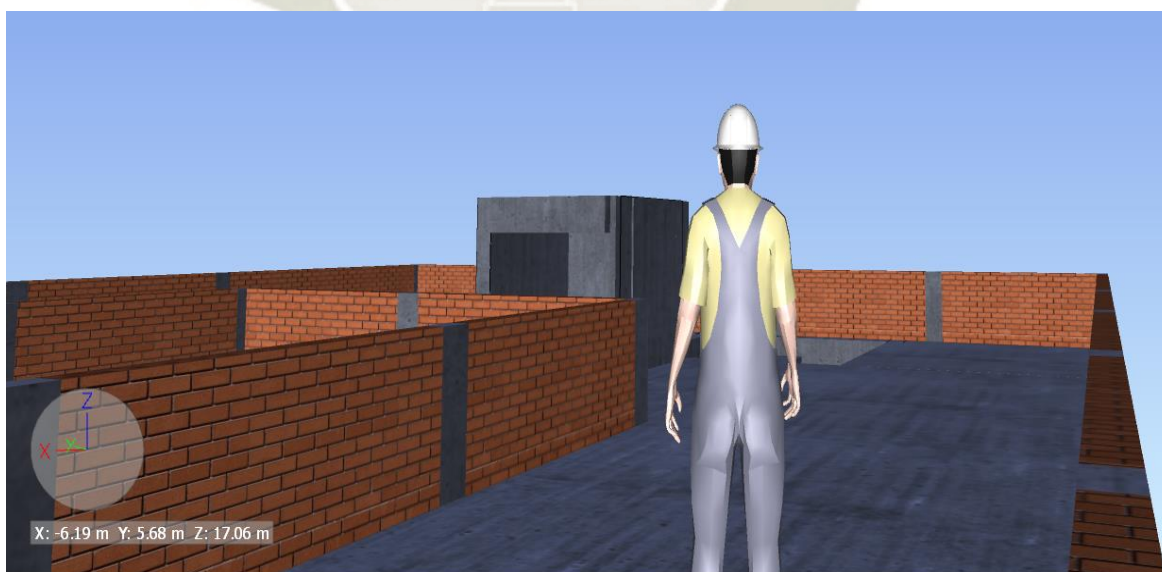
Cajón de escaleras - caja de ascensor



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 133

Vista de inspección 3D Azotea



Fuente: Elaboración propia

### 6.1.11 BENEFICIOS APRECIADOS

Seguramente escuchamos el término BIM y lo relacionamos directamente con un modelo 3D o con alguna herramienta que permite su realización, pero BIM es mucho más que eso, trata de reunir la mayor cantidad posible de información en un modelo para su revisión en cualquiera de las ramas y que se pueda tener una información más real de lo que se quiere obtener, ya sean metrados, programaciones, etc.

Precisamente esta tesis trató de eso, de usar BIM para poder diseñar una estructura y poder construirla “virtualmente” lo cual ayudó bastante en temas de comprobación y cálculos o metrados. Si bien es cierto, la información aún es limitada, esto es un indicio de que se puede adoptar la metodología BIM como un nuevo enfoque de ver las construcciones.

Con el propósito de que se pueda implementar en la universidad cursos relacionados a BIM en el transcurso de pregrado, es que se pensó este trabajo, así como también poderlo aplicar a nivel de empresa como metodología, y hasta como una filosofía en lo que trata de optimización, hacer más con menos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

#### ESTRUCTURAS

- El análisis, diseño y plan de producción de un edificio de 06 pisos más 01 semisótano, utilizando la metodología BIM (Building Information Modelling) realizado a partir del modelo exportado desde Autodesk Revit a ETABS 2016 fue exitoso, pese a ciertas imprecisiones corregibles en la transferencia de datos.
- Al momento de predimensionar los elementos presentes en la estructura, se toma en consideración el criterio de irregularidad torsional, que trata de mantener el centro de rigidez y de masas alineado, por lo que los elementos a colocar ya sean horizontales o verticales, deben tener cierta continuidad. Estas condiciones varían en el presente proyecto, debido a la complicada arquitectura. Se tomaron ciertas reducciones de elementos piso por piso, lo que ayudó a identificar las irregularidades estructurales presentes y qué repercusiones puede tener en relación a sus esfuerzos.
- Al ser este un edificio de 06 pisos, al calcular los periodos de vibración, se tiene que el máximo periodo debe estar alrededor de 0.60s. Una vez realizado el análisis modal se obtuvieron los valores de 0.506s en X-X y 0.347 en Y-Y. Como se aprecia, los valores obtenidos permitirían a la estructura vibrar libremente si es que se tiene la acción de un evento sísmico, demostrando así su ductilidad.
- Debido a la disponibilidad que permitía la arquitectura, se priorizó una regularidad en temas de rigidez, colocando placas de concreto armado en el perímetro, para aprovechar la geometría de la edificación. El resultado de esta rigidización es el

período relativamente bajo con respecto al eje X-X, pero que a su vez, mantiene a la estructura segura y a la arquitectura intacta.

- El caso opuesto es el sentido X-X, donde, como se puede apreciar, solo se tiene una caja de ascensor en el centro de la edificación, y una placa en el lado posterior, que solamente se extiende a lo largo de cuatro pisos. Este muro se colocó para estabilizar la estructura en la dirección horizontal, alterando un poco la arquitectura. Esta medida arrojó un periodo de 0.506 s, un dato razonable debido a la poca rigidez que existe en el eje X-X, lo que hace que la estructura vibre menos.
- Las derivas de entrepiso de la estructura, también se verificaron luego del análisis modal-espectral, dando como resultado valores permitidos según la norma E030 Diseño Sismorresistente. Con esto se puede concluir que la estructura cumplía los controles mínimos para empezar a diseñarla.

## **METODOLOGÍA BIM**

- BIM estuvo presente durante toda la investigación, reduciendo los tiempos en el proceso de transferencia de archivos entre herramientas BIM. Esto se dio en la etapa de predimensionamiento, análisis, diseño y plan de producción; ya que durante todo el proceso se transfirió archivos de un programa de modelamiento a uno de análisis, luego de programación, simulación, etc. permitiendo un mejor control del proyecto.
- El modelado BIM permitió conocer a fondo una herramienta tan útil y últimamente usada en el ámbito empresarial como es Autodesk Revit. La facilidad en la interoperabilidad de esta herramienta ahorra grandes cantidades de tiempo, especialmente en la generación de planos estructurales.

- Se evidenció la practicidad de la herramienta Autodesk Revit, al momento de, generación de reportes en base a filtros de elementos proporcionados por esta herramienta, obteniendo tablas de cuantificaciones en tiempos más rápidos que el convencional, ya que estas se generan mientras el modelo se va desarrollando.
- Facilitó la integración, actualización y coordinación de toda la información generada por las diferentes áreas a tratar para el proyecto, fomentando el trabajo colaborativo e interdisciplinario.
- Se observa una optimización al momento de planificar costos y plazos, ya que mientras se está terminando de diseñar una estructura, a la par se obtienen las cuantificaciones, filtradas de acuerdo al requerimiento del usuario, lo que genera un mejor control y repartición de acuerdo a sectores o frentes de trabajo.
- Esta metodología permite simular el comportamiento del proyecto en tiempo real, generando inspecciones y correcciones rápidas, que en suma constituirán el diseño final.
- Permite reducir la generación de residuos, ya que gran parte del trabajo es en gabinete.
- Con respecto a tiempos de entrega y costos, BIM se puede implementar en cualquier tipo de empresa, ya que basta el enfoque, las herramientas y un coordinador para poder empezar el proceso, ya que, al ser un trabajo colaborativo, el aprendizaje es constante y la mejora continua.

## RECOMENDACIONES

### ESTRUCTURAS

- En un modelo de estructuras en ETABS no se deben modelar ni escaleras, cisterna, ya que estos son elementos que se construyen aparte del sistema estructural, sin embargo, se deben considerar como una carga actuante sobre la estructura.
- Si bien es cierto los programas de análisis son una facilidad para los que se dedican a la rama del diseño estructural, no siempre es bueno dejarse guiar ciegamente por los resultados obtenidos del programa, para esto se debe tener muy en claro los criterios de rigidez, de irregularidades, de diseño, de modelo, etc. Solo así se podrá tener una buena coordinación entre lo que se modela y los resultados obtenidos.
- Los planos generados para la construcción deben tener toda la información posible del proyecto, cada detalle, sección que se considere importante tiene que estar en los planos. Esto debido a que estos planos serán recibidos por el personal de construcción, el cual se ceñirá a lo estipulado en los planos, y al no estar completo del todo puede llevar a errores constructivos y generar retrasos en la obra. Estos planos tienen que ser coherentes, siempre de la mano de la norma peruana E.060.
- Si bien es cierto el programa ETABS 2016 brinda la opción de diseño estructural, y muchas veces es correcto, ya que trabajan con distintos códigos internacionales; siempre es bueno tener un criterio propio al momento de construir algo, y considerar detalles que, por experiencia propia, puedan superar el criterio del programa. Nunca hay que olvidar que somos ingenieros y que el programa es solo una herramienta, al final, no es la computadora quien construye, y bien sabido es: que las edificaciones no se comportan como se diseñan, más bien, como se construyen.

## METODOLOGÍA BIM

- Para que haya una buena comunicación entre las especialidades inmersas en el proyecto, ambos tienen que manejar el mismo lenguaje, o sea usar el mismo software BIM, para que el intercambio de información sea simple y sencillo.
- Para poder implementar la metodología BIM en una empresa, por ejemplo, se debe tener en cuenta de preferencia toda la jerarquía que existe desde el modelador BIM hasta el coordinador BIM. De no contar con personal capacitado, se puede empezar con el coordinador, e ir capacitando a personal en este enfoque.
- Para empezar con un trabajo multidisciplinario se debe tener un modelo base del cual parten todas las disciplinas, esto con el fin de ahorrar tiempo y en un futuro obviar retrabajos innecesarios.
- Una recomendación para los modeladores es que tengan conocimiento básico sobre lo que es procedimiento constructivo para así poder tener metrados más específicos y poder realizar las actividades con más precisión.
- Para realizar una simulación 4D se deben tener en cuenta los entregables del proyecto que se consideren más importantes, ya que, si se pone a detallar cada elemento, el proyecto queda engorroso y difícil de ver, cosa que no es lo esencial en BIM, a menos de que el detalle pueda generar imprecisiones de cálculo.
- Para temas municipales también se puede utilizar la metodología BIM con el fin de poder darle un mejor valor agregado al producto con una información más completa.
- Esta recomendación viene para lo que es la Escuela Profesional de Ingeniería civil, creo que es indispensable en la actualidad que se pueda contar con el curso de

metodología BIM a partir del cuarto año de universidad, debido a que en este año ya se tienen conocimientos de la mayoría de ramas, tal vez no profundizados, pero una idea general se tiene.

- En lo venidero, pienso que así como el gobierno mediante el Decreto Supremo N. 289-2019-EF aprobó la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública, es cuestión de tiempo para que se homogenice. Estamos frente a la cuarta revolución industrial, y solo nos queda adaptarnos al cambio y mejorar con él.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 19650-1, ISO. (2018). *Conceptos y principios*.
- Abanto. (2007). Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería.
- ACI 318-14, C. A. (2016). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. 103.
- BIMPSAS. (2020). *SOLUCIONES BIM PARA TODOS*. Obtenido de <https://www.bimpsas.com/coordinacion-bim/>
- Blasco, B. (1998). Estructuración y Diseño de Estructuras de Concreto Armado.
- Castillo, I. A. (Marzo de 2020). *Reportero industrial*. Obtenido de <https://www.reporteroindustrial.com/temas/Como-implementar-un-modelo-de-mantenimiento-40+133815>
- Centro Argentino de Ingenieros. (2016). *Ingeniería de Detalle*.
- COITI. (23 de 03 de 2016). *INGENIEROS BIZKAIA*. Obtenido de <http://www.coitibi.net/ventanilla-unica/noticias/que-es-bim-building-information-modelling>
- Cornejo, D. P. (Enero de 2017). *Research gate*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Efecto-sobre-piso-blando\\_fig4\\_316940170](https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Efecto-sobre-piso-blando_fig4_316940170)
- DAS, B. M. (2015). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M Das.
- DATAEDRO. (diciembre de 2012). *BIM EN ESPAÑOL*. Obtenido de <https://www.blogger.com/profile/06624004015615400154>
- E030 SENCICO. (2016). Diseño sismoresistente. *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*, 5.
- E060 SENCICO. (Julio de 2009). CONCRETO ARMADO. *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*, 8.11.8.
- ESEVERRI, A. E. (2017). USOS BIM (QUÉ SON) MÁS QUE OBJETIVOS BIM.
- IngenieriaReal.com. (junio de 2021). *IngenieriaReal.com*.

- Ministerio de Vivienda, C. y. (2016). DECRETO SUPREMO N°003-2016-VIVIENDA.
- Morales, I. R. (2018). Diseño en Concreto Armado. En I. R. Morales.
- *Noticias de arquitectura.* (2017). Obtenido de <https://noticias.arq.com.mx/Detalles/22250.html#.YLTgX75KiMo>
- SENCICO. (Lima de 2006). CARGAS. (SENCICO, Ed.) *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*, 1.
- SMART, B. (2016). <https://www.buildingsmart.es/bim/>. Obtenido de BUILDING SMART SPAIN.
- Technology), P. (. (1 de Septiembre de 2017). *Prodyogi (Block of Engineering of Technology)*. Obtenido de <https://www.prodyogi.com/2017/09/role-of-building-architecture-towards15.html>
- ZARZOSA, A. R. (13 de abril de 2016). *SPAIN GREEN BUILDING COUNCIL*. Obtenido de CONSEJO CONSTRUCCIÓN VERDE ESPAÑA: <http://www.spaingbc.org/web/detalle-noticia.php?id=89>
- SAN BARTOLOMÉ, ÁNGEL, *Análisis de Edificios*, Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial, 1ª Edición, 1998, Perú. 319 páginas.
- Autodesk. (14 de Mayo de 2017). *Autodesk Revit 2018, ayuda*. Obtenido de [www.autodesk.com: http://help.autodesk.com/view/RVT/2018/ESP/](http://www.autodesk.com/help/autodesk.com/view/RVT/2018/ESP/)
- Berdillana Rivera, F. A. (2008). *Tecnologías Informáticas para la Visualización de la Información y su Uso en la CONstrucción - Los Sistemas 3D Inteligente-*. Lima.
- *BIMWARE.* (2014). *BIMware*. Obtenido de <http://www.bimware.com/en/company/history.html>
- Blanco Blasco, A. (1998). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. Lima.
- *Computers and Structures Inc.* (2016). *Welcome to ETABS 2016*. Berkeley: *Computers and Structures Inc.*

- Murcio Juarez, M. (2013). *"Análisis y Diseño Estructural Utilizando Modelo BIM"*. Mexico DF.
- Blanco Blasco Antonio. Estructuración y Diseño de edificaciones de concreto Armado 1994.
- Genaro Delgado Contreras. 2011. "Diseño de Estructuras Aperticadas de Concreto Armado". Novena edición.
- Ing. Roberto Morales Morales. 2000. "Diseño en Concreto Armado". II Congreso Nacional de Estructuras y Construcción.
- Ing. Teodoro E. Harsmsen- Ing. J. Paola Mayorca. 1997. "Diseño de Estructura de Concreto Armado". Fondo Editorial PUCP.
- Ing. Antonio Blanco Blasco. 1990. "Estructuración y Diseño de Estructuras de Concreto Armado". Capítulo de Ingeniería Civil Peru-1990.
- Neira Cornejo, P. (2015). Análisis y Diseño Estructural del Edificio Multifamiliar La Toscana. Arequipa.
- ACI-PERU "NORMA PERUANA DE ESTRUCTURAS", CAPITULO PERUANO DE AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Segunda Edición 2001
- Blanco Blasco, Antonio Diseño y Construcción de Cimentaciones - Colegio de Ingenieros del Perú - 1997
- Harsmsen, Teodoro Diseño de Estructuras de Concreto Armado - Fondo Editorial PUCP – 2005
- Arthur H Nilson, George Winter, Diseño de Estructuras de Concreto, Undécima Edición 1999
- HUERTA A. Guillermo. 2007 Programación de Obras con MS PROJNET, Lima – Perú. Editado por fondo editorial ICG.
- Dzambazova, T., & Krygiel, E. (2009). *Mastering Revit Architecture 2010*. John Wiley & Sons Ltd.

The logo of Universidad Católica Santa María is a circular emblem. It features a central shield with a cross above it, flanked by two open books. The shield is set against a background of a large cross. The words "UNIVERSIDAD CATOLICA" and "SANTA MARIA" are written in a banner around the shield. The year "1957" is visible at the bottom of the emblem.

**ANEXO 01**

**METRADOS BIM**

## Concreto de vigas por nivel

Nivel de referencia	Familia	Tipo	Marca	Volumen
<b>Semisótano</b>				
Semisótano	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	V-10	0.06 m <sup>3</sup>
Semisótano	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	V-11	0.06 m <sup>3</sup>
				<b>0.12 m<sup>3</sup></b>
<b>00-Techo Semisótano - F</b>				
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	V-08	0.14 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	V-11	0.06 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-06	0.36 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-07	0.63 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-08	2.85 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-09	0.22 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-10	0.58 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-11	0.64 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x50	V-09	0.86 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-01	1.72 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-02	2.23 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-03	1.85 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-04	1.73 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-05	2.33 m <sup>3</sup>
00-Techo Semisótano - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-06	1.45 m <sup>3</sup>
				<b>17.63 m<sup>3</sup></b>
<b>01-Techo primer nivel - F</b>				
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	V-111	0.06 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	V-211	0.06 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-107	0.82 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-108	1.74 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-109	0.22 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-110	0.83 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-111	0.10 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x50	V-109	0.97 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-101	2.26 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-102	2.27 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-103	1.85 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-104	1.73 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-105	2.33 m <sup>3</sup>
01-Techo primer nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-106	1.45 m <sup>3</sup>
				<b>16.69 m<sup>3</sup></b>
<b>02-Techo 2° nivel - F</b>				
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	V-211	0.06 m <sup>3</sup>
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	V-311	0.06 m <sup>3</sup>
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-207	0.82 m <sup>3</sup>
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-208	1.89 m <sup>3</sup>

02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-209	0.22 m <sup>3</sup>
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-210	0.83 m <sup>3</sup>
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x50	V-209	0.97 m <sup>3</sup>
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-201	2.26 m <sup>3</sup>
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-202	2.27 m <sup>3</sup>
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-203	1.85 m <sup>3</sup>
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-204	1.73 m <sup>3</sup>
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-205	2.33 m <sup>3</sup>
02-Techo 2° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-206	1.45 m <sup>3</sup>
				<b>16.75 m<sup>3</sup></b>

<b>03-Techo 3° nivel - F</b>				
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	V-311	0.06 m <sup>3</sup>
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-307	0.82 m <sup>3</sup>
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-308	1.89 m <sup>3</sup>
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-309	0.22 m <sup>3</sup>
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-310	0.83 m <sup>3</sup>
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x50	V-309	0.97 m <sup>3</sup>
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-301	2.26 m <sup>3</sup>
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-302	2.27 m <sup>3</sup>
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-303	1.85 m <sup>3</sup>
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-304	1.73 m <sup>3</sup>
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-305	2.33 m <sup>3</sup>
03-Techo 3° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-306	1.45 m <sup>3</sup>
				<b>16.69 m<sup>3</sup></b>

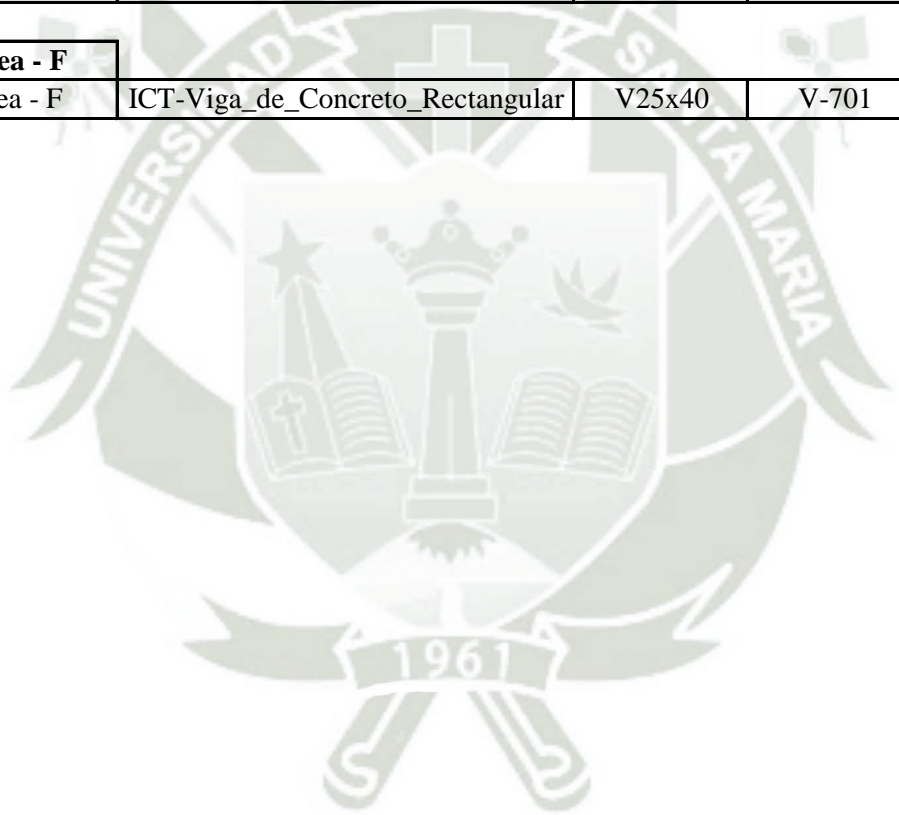
<b>04-Techo 4° nivel - F</b>				
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	V-411	0.06 m <sup>3</sup>
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-407	0.82 m <sup>3</sup>
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-408	1.88 m <sup>3</sup>
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-409	0.22 m <sup>3</sup>
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-410	0.83 m <sup>3</sup>
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x50	V-409	0.97 m <sup>3</sup>
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-401	2.26 m <sup>3</sup>
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-402	2.27 m <sup>3</sup>
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-403	1.85 m <sup>3</sup>
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-404	1.73 m <sup>3</sup>
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-405	2.33 m <sup>3</sup>
04-Techo 4° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-406	1.47 m <sup>3</sup>
				<b>16.70 m<sup>3</sup></b>

<b>05-Techo 5° nivel - F</b>				
05-Techo 5° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	V-510	0.06 m <sup>3</sup>
05-Techo 5° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-506	0.63 m <sup>3</sup>
05-Techo 5° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-507	0.82 m <sup>3</sup>
05-Techo 5° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-508	2.46 m <sup>3</sup>
05-Techo 5° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-509	0.84 m <sup>3</sup>
05-Techo 5° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x50	V-505	0.84 m <sup>3</sup>
05-Techo 5° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x50	V-509	1.06 m <sup>3</sup>
05-Techo 5° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-501	2.26 m <sup>3</sup>

05-Techo 5° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-502	2.20 m <sup>3</sup>
05-Techo 5° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-503	2.00 m <sup>3</sup>
05-Techo 5° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-504	1.73 m <sup>3</sup>
				<b>14.90 m<sup>3</sup></b>

<b>06-Techo 6° nivel - F</b>				
06-Techo 6° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-605	0.63 m <sup>3</sup>
06-Techo 6° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-606	0.82 m <sup>3</sup>
06-Techo 6° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-607	2.46 m <sup>3</sup>
06-Techo 6° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-609	0.85 m <sup>3</sup>
06-Techo 6° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x50	V-604	0.84 m <sup>3</sup>
06-Techo 6° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x50	V-608	0.91 m <sup>3</sup>
06-Techo 6° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-601	2.21 m <sup>3</sup>
06-Techo 6° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-602	1.85 m <sup>3</sup>
06-Techo 6° nivel - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	V-603	1.73 m <sup>3</sup>
				<b>12.29 m<sup>3</sup></b>

<b>07-Techo azotea - F</b>				
07-Techo azotea - F	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	V-701	0.17 m <sup>3</sup>
				<b>0.17 m<sup>3</sup></b>
				<b>111.93 m<sup>3</sup></b>



## Concreto en vigas por tipo

Familia	Tipo	Longitud	Volumen
---------	------	----------	---------

V25x20

ICT-Viga_de	V25x20	17.45 m	0.73 m <sup>3</sup>
		<b>17.45 m</b>	<b>0.73 m<sup>3</sup></b>

V25x40

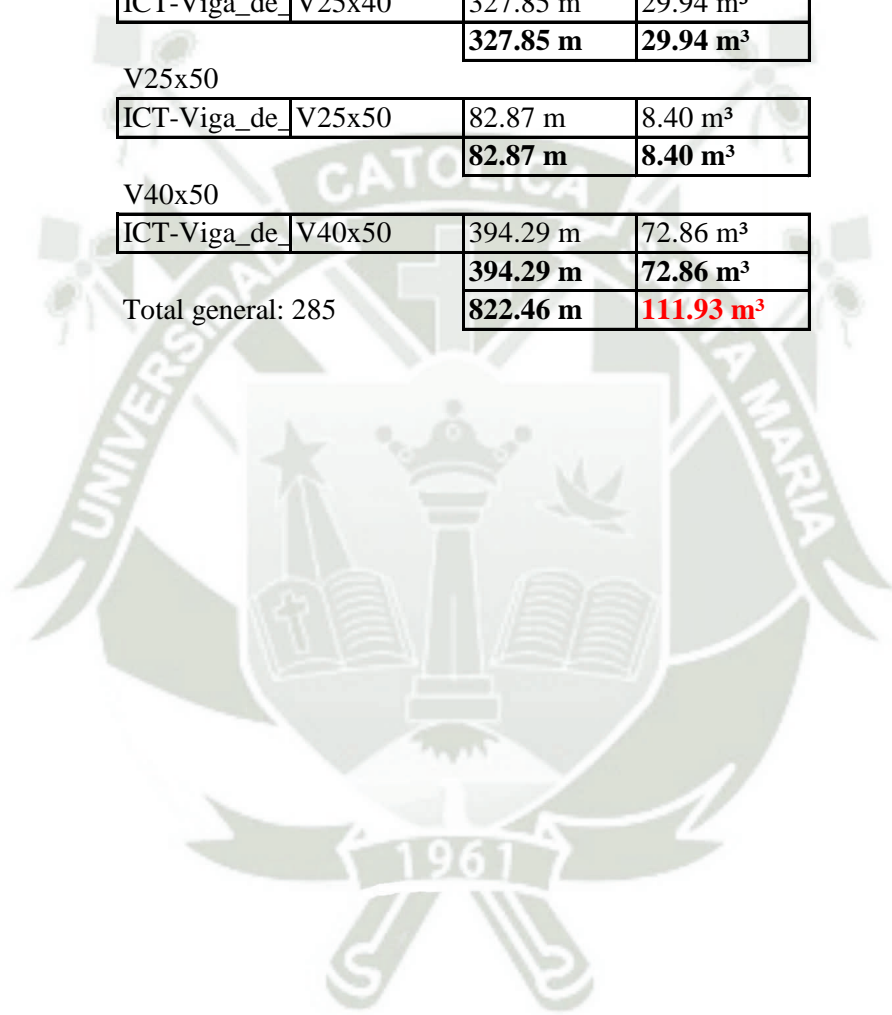
ICT-Viga_de	V25x40	327.85 m	29.94 m <sup>3</sup>
		<b>327.85 m</b>	<b>29.94 m<sup>3</sup></b>

V25x50

ICT-Viga_de	V25x50	82.87 m	8.40 m <sup>3</sup>
		<b>82.87 m</b>	<b>8.40 m<sup>3</sup></b>

V40x50

ICT-Viga_de	V40x50	394.29 m	72.86 m <sup>3</sup>
		<b>394.29 m</b>	<b>72.86 m<sup>3</sup></b>
Total general: 285		<b>822.46 m</b>	<b>111.93 m<sup>3</sup></b>



## Concreto en losas

Nivel	Familia	Área	Volumen de viguetas
-------	---------	------	---------------------

Cisterna	Suelo	8.18 m <sup>2</sup>	0.72
<b>Cisterna</b>		<b>8.18 m<sup>2</sup></b>	<b>0.72</b>

Techo cisterna	Suelo	8.18 m <sup>2</sup>	0.72
<b>Techo cisterna</b>		<b>8.18 m<sup>2</sup></b>	<b>0.72</b>

00-Techo Semisótano - F	Suelo	10.41 m <sup>2</sup>	0.91
00-Techo Semisótano - F	Suelo	8.83 m <sup>2</sup>	0.77
00-Techo Semisótano - F	Suelo	2.23 m <sup>2</sup>	0.2
00-Techo Semisótano - F	Suelo	8.45 m <sup>2</sup>	0.74
00-Techo Semisótano - F	Suelo	6.90 m <sup>2</sup>	0.6
00-Techo Semisótano - F	Suelo	7.92 m <sup>2</sup>	0.69
00-Techo Semisótano - F	Suelo	7.83 m <sup>2</sup>	0.68
00-Techo Semisótano - F	Suelo	7.05 m <sup>2</sup>	0.62
00-Techo Semisótano - F	Suelo	21.13 m <sup>2</sup>	1.85
00-Techo Semisótano - F	Suelo	20.97 m <sup>2</sup>	1.84
00-Techo Semisótano - F	Suelo	15.16 m <sup>2</sup>	1.33
00-Techo Semisótano - F	Suelo	15.27 m <sup>2</sup>	1.34
00-Techo Semisótano - F	Suelo	0.91 m <sup>2</sup>	0.08
00-Techo Semisótano - F	Suelo	0.88 m <sup>2</sup>	0.08
00-Techo Semisótano - F	Suelo	4.09 m <sup>2</sup>	0.36
00-Techo Semisótano - F	Suelo	4.43 m <sup>2</sup>	0.39
00-Techo Semisótano - F	Suelo	4.36 m <sup>2</sup>	0.38
00-Techo Semisótano - F	Suelo	1.62 m <sup>2</sup>	0.14
00-Techo Semisótano - F	Suelo	2.32 m <sup>2</sup>	0.2
00-Techo Semisótano - F	Suelo	2.56 m <sup>2</sup>	0.22
00-Techo Semisótano - F	Suelo	2.51 m <sup>2</sup>	0.22
00-Techo Semisótano - F	Suelo	4.45 m <sup>2</sup>	0.39
00-Techo Semisótano - F	Suelo	4.38 m <sup>2</sup>	0.38
00-Techo Semisótano - F	Suelo	4.04 m <sup>2</sup>	0.35
00-Techo Semisótano - F	Suelo	4.22 m <sup>2</sup>	0.37
<b>00-Techo Semisótano - F</b>		<b>172.93 m<sup>2</sup></b>	<b>15.13</b>

01-Techo primer nivel - F	Suelo	6.88 m <sup>2</sup>	0.6
01-Techo primer nivel - F	Suelo	7.92 m <sup>2</sup>	0.69
01-Techo primer nivel - F	Suelo	7.79 m <sup>2</sup>	0.68
01-Techo primer nivel - F	Suelo	7.03 m <sup>2</sup>	0.62
01-Techo primer nivel - F	Suelo	20.70 m <sup>2</sup>	1.81
01-Techo primer nivel - F	Suelo	20.85 m <sup>2</sup>	1.82
01-Techo primer nivel - F	Suelo	15.16 m <sup>2</sup>	1.33
01-Techo primer nivel - F	Suelo	14.95 m <sup>2</sup>	1.31
01-Techo primer nivel - F	Suelo	0.85 m <sup>2</sup>	0.07

01-Techo primer nivel - F	Suelo	0.82 m <sup>2</sup>	0.07
01-Techo primer nivel - F	Suelo	6.99 m <sup>2</sup>	0.61
01-Techo primer nivel - F	Suelo	7.13 m <sup>2</sup>	0.62
01-Techo primer nivel - F	Suelo	7.74 m <sup>2</sup>	0.68
01-Techo primer nivel - F	Suelo	7.61 m <sup>2</sup>	0.67
01-Techo primer nivel - F	Suelo	4.07 m <sup>2</sup>	0.36
01-Techo primer nivel - F	Suelo	4.45 m <sup>2</sup>	0.39
01-Techo primer nivel - F	Suelo	4.38 m <sup>2</sup>	0.38
01-Techo primer nivel - F	Suelo	4.09 m <sup>2</sup>	0.36
01-Techo primer nivel - F	Suelo	4.22 m <sup>2</sup>	0.37
01-Techo primer nivel - F	Suelo	5.31 m <sup>2</sup>	0.47
<b>01-Techo primer nivel - F</b>		<b>158.96 m<sup>2</sup></b>	<b>13.91</b>
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	6.88 m <sup>2</sup>	0.6
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	7.92 m <sup>2</sup>	0.69
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	7.79 m <sup>2</sup>	0.68
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	6.99 m <sup>2</sup>	0.61
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	20.76 m <sup>2</sup>	1.82
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	20.85 m <sup>2</sup>	1.82
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	15.16 m <sup>2</sup>	1.33
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	14.95 m <sup>2</sup>	1.31
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	4.22 m <sup>2</sup>	0.37
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	0.85 m <sup>2</sup>	0.07
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	0.82 m <sup>2</sup>	0.07
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	6.99 m <sup>2</sup>	0.61
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	7.13 m <sup>2</sup>	0.62
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	7.74 m <sup>2</sup>	0.68
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	7.61 m <sup>2</sup>	0.67
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	4.07 m <sup>2</sup>	0.36
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	4.45 m <sup>2</sup>	0.39
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	4.38 m <sup>2</sup>	0.38
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	4.09 m <sup>2</sup>	0.36
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	4.22 m <sup>2</sup>	0.37
02-Techo 2° nivel - F	Suelo	4.22 m <sup>2</sup>	0.37
<b>02-Techo 2° nivel - F</b>		<b>162.11 m<sup>2</sup></b>	<b>14.18</b>
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	6.90 m <sup>2</sup>	0.6
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	7.92 m <sup>2</sup>	0.69
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	7.79 m <sup>2</sup>	0.68
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	6.99 m <sup>2</sup>	0.61
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	20.76 m <sup>2</sup>	1.82
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	20.85 m <sup>2</sup>	1.82
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	15.08 m <sup>2</sup>	1.32
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	14.95 m <sup>2</sup>	1.31
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	0.85 m <sup>2</sup>	0.07
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	0.82 m <sup>2</sup>	0.07
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	6.99 m <sup>2</sup>	0.61

03-Techo 3° nivel - F	Suelo	7.13 m <sup>2</sup>	0.62
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	7.74 m <sup>2</sup>	0.68
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	7.61 m <sup>2</sup>	0.67
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	4.07 m <sup>2</sup>	0.36
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	4.45 m <sup>2</sup>	0.39
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	4.38 m <sup>2</sup>	0.38
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	4.09 m <sup>2</sup>	0.36
03-Techo 3° nivel - F	Suelo	4.22 m <sup>2</sup>	0.37
<b>03-Techo 3° nivel - F</b>		<b>153.61 m<sup>2</sup></b>	<b>13.44</b>

04-Techo 4° nivel - F	Suelo	6.90 m <sup>2</sup>	0.6
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	7.92 m <sup>2</sup>	0.69
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	7.79 m <sup>2</sup>	0.68
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	6.99 m <sup>2</sup>	0.61
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	20.76 m <sup>2</sup>	1.82
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	20.85 m <sup>2</sup>	1.82
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	15.08 m <sup>2</sup>	1.32
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	14.95 m <sup>2</sup>	1.31
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	0.85 m <sup>2</sup>	0.07
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	0.79 m <sup>2</sup>	0.07
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	6.99 m <sup>2</sup>	0.61
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	7.13 m <sup>2</sup>	0.62
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	7.74 m <sup>2</sup>	0.68
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	7.61 m <sup>2</sup>	0.67
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	4.07 m <sup>2</sup>	0.36
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	4.45 m <sup>2</sup>	0.39
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	4.38 m <sup>2</sup>	0.38
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	4.09 m <sup>2</sup>	0.36
04-Techo 4° nivel - F	Suelo	4.22 m <sup>2</sup>	0.37
<b>04-Techo 4° nivel - F</b>		<b>153.57 m<sup>2</sup></b>	<b>13.44</b>

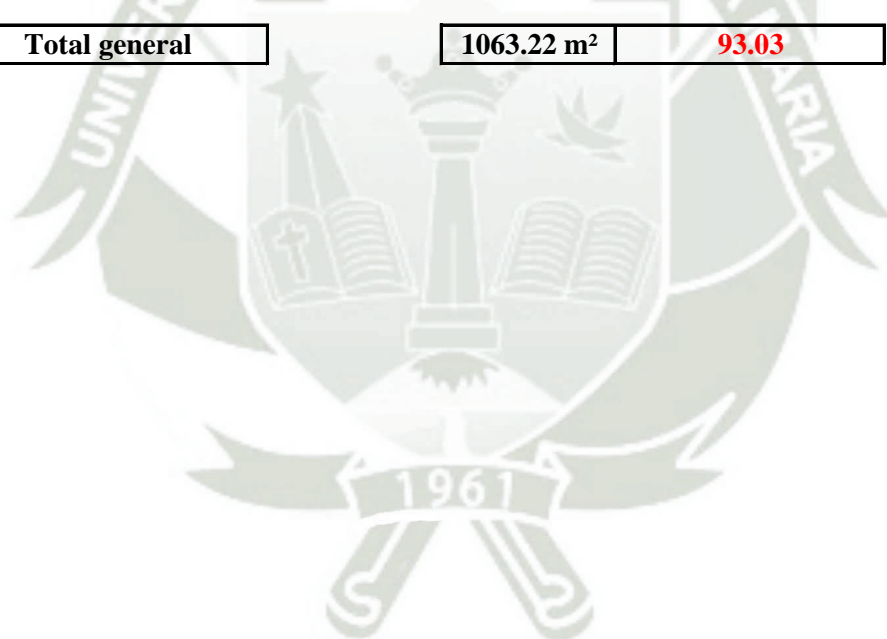
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	15.08 m <sup>2</sup>	1.32
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	14.95 m <sup>2</sup>	1.31
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	6.99 m <sup>2</sup>	0.61
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	7.13 m <sup>2</sup>	0.62
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	7.74 m <sup>2</sup>	0.68
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	7.61 m <sup>2</sup>	0.67
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	4.07 m <sup>2</sup>	0.36
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	4.45 m <sup>2</sup>	0.39
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	4.38 m <sup>2</sup>	0.38
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	4.09 m <sup>2</sup>	0.36
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	0.85 m <sup>2</sup>	0.07
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	0.79 m <sup>2</sup>	0.07
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	17.40 m <sup>2</sup>	1.52
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	9.71 m <sup>2</sup>	0.85
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	9.72 m <sup>2</sup>	0.85
05-Techo 5° nivel - F	Suelo	17.66 m <sup>2</sup>	1.55

05-Techo 5° nivel - F	Suelo	4.22 m <sup>2</sup>	0.37
05-Techo 5° nivel - F		136.84 m <sup>2</sup>	11.97

06-Techo 6° nivel - F	Suelo	15.08 m <sup>2</sup>	1.32
06-Techo 6° nivel - F	Suelo	14.95 m <sup>2</sup>	1.31
06-Techo 6° nivel - F	Suelo	0.85 m <sup>2</sup>	0.07
06-Techo 6° nivel - F	Suelo	0.79 m <sup>2</sup>	0.07
06-Techo 6° nivel - F	Suelo	17.40 m <sup>2</sup>	1.52
06-Techo 6° nivel - F	Suelo	9.71 m <sup>2</sup>	0.85
06-Techo 6° nivel - F	Suelo	9.72 m <sup>2</sup>	0.85
06-Techo 6° nivel - F	Suelo	17.66 m <sup>2</sup>	1.55
06-Techo 6° nivel - F	Suelo	7.68 m <sup>2</sup>	0.67
06-Techo 6° nivel - F	Suelo	8.14 m <sup>2</sup>	0.71
06-Techo 6° nivel - F	Suelo	4.22 m <sup>2</sup>	0.37
<b>06-Techo 6° nivel - F</b>		<b>106.20 m<sup>2</sup></b>	<b>9.29</b>

07-Techo azotea - F	Suelo	2.65 m <sup>2</sup>	0.23
<b>07-Techo azotea - F</b>		<b>2.65 m<sup>2</sup></b>	<b>0.23</b>

<b>Total general</b>		<b>1063.22 m<sup>2</sup></b>	<b>93.03</b>
----------------------	--	------------------------------	--------------



## Concreto en columnas por niveles

Comentarios	Familia	Longitud	Tipo	Volumen
<b>1° PISO</b>				
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.44	C25x75	1.37 m <sup>3</sup>
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.44	C40x70	4.79 m <sup>3</sup>
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.44	C 25x40	0.73 m <sup>3</sup>
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.44	C 40X15	0.29 m <sup>3</sup>
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.44	C 40x20	2.26 m <sup>3</sup>
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.44	C 48x20	0.47 m <sup>3</sup>
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.44	C 48x25	0.58 m <sup>3</sup>
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	0.89	Ca 15x25	0.13 m <sup>3</sup>
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1.91	Ca 15x25	0.67 m <sup>3</sup>
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.01	Ca 15x25	0.90 m <sup>3</sup>
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.13	Ca 15x25	0.08 m <sup>3</sup>
1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.24	Ca 15x25	0.08 m <sup>3</sup>
				<b>12.35 m<sup>3</sup></b>
<b>2° PISO</b>				
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.66	C25x75	1.50 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.66	C40x70	5.24 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.44	C 25x40	0.73 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.66	C 25x40	1.86 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.66	C 40x20	3.25 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.66	C 48x20	0.77 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.66	C 48x25	0.64 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	0.7	Ca 15x25	0.10 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1.11	Ca 15x25	0.17 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1.5	Ca 15x25	0.11 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.01	Ca 15x25	0.08 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.14	Ca 15x25	0.59 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.16	Ca 15x25	0.16 m <sup>3</sup>
2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.24	Ca 15x25	1.09 m <sup>3</sup>
				<b>16.28 m<sup>3</sup></b>

<b>3° PISO</b>				
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C25x75	1.43 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C40x70	5.02 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 25x40	1.53 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 40x20	3.11 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 48x20	0.49 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.66	C 48x25	0.64 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1	Ca 15x25	0.15 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1.39	Ca 15x25	0.10 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1.91	Ca 15x25	0.14 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.01	Ca 15x25	0.08 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.03	Ca 15x25	0.25 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.05	Ca 15x25	0.15 m <sup>3</sup>
3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.13	Ca 15x25	1.03 m <sup>3</sup>
				<b>14.13 m<sup>3</sup></b>

<b>4° PISO</b>				
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C25x75	1.43 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C40x70	5.02 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 25x40	1.53 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 40X15	0.31 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 40x20	2.65 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 48x20	0.49 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.66	C 48x25	0.64 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1	Ca 15x25	0.15 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1.39	Ca 15x25	0.10 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1.91	Ca 15x25	0.09 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.01	Ca 15x25	0.08 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.05	Ca 15x25	0.15 m <sup>3</sup>
4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.13	Ca 15x25	1.03 m <sup>3</sup>
				<b>13.67 m<sup>3</sup></b>

<b>5° PISO</b>				
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C25x40	0.76 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C25x50	1.27 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C25x75	0.96 m <sup>3</sup>

5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C40x70	4.72 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 40X15	0.31 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 40x20	2.10 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 48x20	0.49 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.66	C 48x25	0.64 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	0.9	Ca 15x25	0.14 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1	Ca 15x25	0.15 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1.39	Ca 15x25	0.10 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1.91	Ca 15x25	0.09 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.05	Ca 15x25	0.14 m <sup>3</sup>
5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.13	Ca 15x25	1.27 m <sup>3</sup>
				<b>13.15 m<sup>3</sup></b>

<b>6° PISO</b>				
6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C25x50	1.27 m <sup>3</sup>
6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C25x75	0.96 m <sup>3</sup>
6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C40x70	3.54 m <sup>3</sup>
6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 40X15	0.46 m <sup>3</sup>
6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 40x20	1.01 m <sup>3</sup>
6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.55	C 48x20	0.49 m <sup>3</sup>
6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	0.9	Ca 15x25	0.20 m <sup>3</sup>
6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1	Ca 15x25	0.15 m <sup>3</sup>
6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.13	Ca 15x25	1.75 m <sup>3</sup>
				<b>9.83 m<sup>3</sup></b>

<b>AZOTEA</b>				
AZOTEA	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1.95	C 40X15	0.23 m <sup>3</sup>
AZOTEA	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1.95	C 40x20	0.30 m <sup>3</sup>
AZOTEA	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	1	Ca 15x25	0.94 m <sup>3</sup>
				<b>1.47 m<sup>3</sup></b>

<b>SEMISÓTANO</b>				
SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.6	C20x40	0.75 m <sup>3</sup>
SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	3.1	C25x40	0.31 m <sup>3</sup>
SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.6	C25x75	1.46 m <sup>3</sup>
SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.6	C40x70	5.13 m <sup>3</sup>
SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.6	C 25x40	0.26 m <sup>3</sup>

SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.6	C 40X15	0.39 m <sup>3</sup>
SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.6	C 40x20	2.35 m <sup>3</sup>
SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	3.1	C 40x20	0.00 m <sup>3</sup>
SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.6	C 48x20	0.41 m <sup>3</sup>
SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	2.6	C 48x25	0.34 m <sup>3</sup>
				<b>11.40 m<sup>3</sup></b>
				<b>92.29 m<sup>3</sup></b>



## Concreto en columnas por elemento

Marca	Comentarios	Familia	Tipo	Volumen
<b>C-06</b>				
C-06	SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C20x40	0.75 m <sup>3</sup>
				0.75 m <sup>3</sup>
				<b>0.75 m<sup>3</sup></b>
<b>C-07</b>				
C-07	5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x40	0.76 m <sup>3</sup>
C-07	SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x40	0.31 m <sup>3</sup>
				1.07 m <sup>3</sup>
				<b>1.07 m<sup>3</sup></b>
<b>C-05</b>				
C-05	5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x50	1.27 m <sup>3</sup>
C-05	6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x50	1.27 m <sup>3</sup>
				2.55 m <sup>3</sup>
				<b>2.55 m<sup>3</sup></b>
<b>C-02</b>				
C-02	1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x75	1.37 m <sup>3</sup>
C-02	2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x75	1.50 m <sup>3</sup>
C-02	3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x75	1.43 m <sup>3</sup>
C-02	4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x75	1.43 m <sup>3</sup>
C-02	5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x75	0.96 m <sup>3</sup>
C-02	6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x75	0.96 m <sup>3</sup>
C-02	SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x75	0.98 m <sup>3</sup>
				<b>8.63 m<sup>3</sup></b>
<b>C-03</b>				
C-03	SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x75	0.49 m <sup>3</sup>
				0.49 m <sup>3</sup>
				<b>9.11 m<sup>3</sup></b>
<b>C-01</b>				
C-01	1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C40x70	4.79 m <sup>3</sup>
C-01	2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C40x70	5.24 m <sup>3</sup>
C-01	3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C40x70	5.02 m <sup>3</sup>
C-01	4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C40x70	5.02 m <sup>3</sup>
C-01	5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C40x70	4.72 m <sup>3</sup>
C-01	6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C40x70	3.54 m <sup>3</sup>
C-01	SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C40x70	5.13 m <sup>3</sup>
				33.45 m <sup>3</sup>
				<b>33.45 m<sup>3</sup></b>
<b>C-04</b>				
C-04	1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 25x40	0.73 m <sup>3</sup>
C-04	2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 25x40	2.59 m <sup>3</sup>
C-04	3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 25x40	1.53 m <sup>3</sup>
C-04	4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 25x40	1.53 m <sup>3</sup>

<b>6.38 m<sup>3</sup></b>				
<b>C-07</b>				
C-07	SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 25x40	0.26 m <sup>3</sup>
				0.26 m <sup>3</sup>
				<b>6.64 m<sup>3</sup></b>
<b>C-08</b>				
C-08	1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40X15	0.29 m <sup>3</sup>
C-08	4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40X15	0.31 m <sup>3</sup>
C-08	5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40X15	0.31 m <sup>3</sup>
C-08	6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40X15	0.46 m <sup>3</sup>
C-08	AZOTEA	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40X15	0.23 m <sup>3</sup>
C-08	SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40X15	0.39 m <sup>3</sup>
				1.99 m <sup>3</sup>
				<b>1.99 m<sup>3</sup></b>
<b>C-07</b>				
C-07	1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40x20	2.26 m <sup>3</sup>
C-07	2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40x20	3.25 m <sup>3</sup>
C-07	3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40x20	3.11 m <sup>3</sup>
C-07	4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40x20	2.65 m <sup>3</sup>
C-07	5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40x20	2.10 m <sup>3</sup>
C-07	6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40x20	1.01 m <sup>3</sup>
C-07	AZOTEA	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40x20	0.30 m <sup>3</sup>
C-07	SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40x20	2.35 m <sup>3</sup>
				17.03 m <sup>3</sup>
				<b>17.03 m<sup>3</sup></b>
<b>El. borde</b>				
El. borde	1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x20	0.47 m <sup>3</sup>
El. borde	2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x20	0.77 m <sup>3</sup>
El. borde	3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x20	0.49 m <sup>3</sup>
El. borde	4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x20	0.49 m <sup>3</sup>
El. borde	5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x20	0.49 m <sup>3</sup>
El. borde	6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x20	0.49 m <sup>3</sup>
El. borde	SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x20	0.41 m <sup>3</sup>
				3.60 m <sup>3</sup>
				<b>3.60 m<sup>3</sup></b>
<b>El. borde 2</b>				
El. borde 2	1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x25	0.58 m <sup>3</sup>
El. borde 2	2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x25	0.64 m <sup>3</sup>
El. borde 2	3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x25	0.64 m <sup>3</sup>
El. borde 2	4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x25	0.64 m <sup>3</sup>
El. borde 2	5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x25	0.64 m <sup>3</sup>
El. borde 2	SEMISÓTANO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x25	0.34 m <sup>3</sup>
				3.48 m <sup>3</sup>
				<b>3.48 m<sup>3</sup></b>
<b>CA 15x25</b>				
CA 15x25	1° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	Ca 15x25	1.86 m <sup>3</sup>
CA 15x25	2° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	Ca 15x25	2.29 m <sup>3</sup>

CA 15x25	3° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	Ca 15x25	1.91 m <sup>3</sup>
CA 15x25	4° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	Ca 15x25	1.61 m <sup>3</sup>
CA 15x25	5° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	Ca 15x25	1.90 m <sup>3</sup>
CA 15x25	6° PISO	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	Ca 15x25	2.10 m <sup>3</sup>
CA 15x25	AZOTEA	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	Ca 15x25	0.94 m <sup>3</sup>
				<b>12.60 m<sup>3</sup></b>
				<b>12.60 m<sup>3</sup></b>
				<b>92.29 m<sup>3</sup></b>

Total general: 455



## Concreto en muros

Familia	Altura desconectada	Marca	Tipo	Área	Volumen
---------	---------------------	-------	------	------	---------

### Cisterna

Muro básico	2	Cisterna	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	6.36 m <sup>2</sup>	1.27 m <sup>3</sup>
					<b>1.27 m<sup>3</sup></b>

### MS-01

Muro básico	2.2	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	2.20 m <sup>2</sup>	0.88 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	3.36 m <sup>2</sup>	0.67 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	5.77 m <sup>2</sup>	1.12 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	6.37 m <sup>2</sup>	1.27 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	9.32 m <sup>2</sup>	1.83 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	9.64 m <sup>2</sup>	1.93 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.2	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	10.78 m <sup>2</sup>	2.16 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	11.14 m <sup>2</sup>	2.22 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.2	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	11.88 m <sup>2</sup>	2.38 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	12.30 m <sup>2</sup>	2.46 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	16.15 m <sup>2</sup>	3.22 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.2	MS-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	5.38 m <sup>2</sup>	1.35 m <sup>3</sup>
					<b>21.49 m<sup>3</sup></b>

### P-01

Muro básico	1.95	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 15 cm	2.39 m <sup>2</sup>	0.36 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 15 cm	3.12 m <sup>2</sup>	0.94 m <sup>3</sup>
Muro básico	1.95	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	2.39 m <sup>2</sup>	0.48 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.44	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	2.98 m <sup>2</sup>	1.19 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	3.12 m <sup>2</sup>	2.50 m <sup>3</sup>
Muro básico	1.95	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	3.24 m <sup>2</sup>	0.65 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.66	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	3.26 m <sup>2</sup>	1.31 m <sup>3</sup>
Muro básico	1.95	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	3.95 m <sup>2</sup>	0.79 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.23 m <sup>2</sup>	1.69 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.44	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.29 m <sup>2</sup>	0.86 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.49 m <sup>2</sup>	0.90 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.58 m <sup>2</sup>	0.92 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.66	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.69 m <sup>2</sup>	0.94 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.70 m <sup>2</sup>	0.94 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.74 m <sup>2</sup>	0.95 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.75 m <sup>2</sup>	0.95 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	5.00 m <sup>2</sup>	1.00 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	5.16 m <sup>2</sup>	2.07 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-01	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	5.27 m <sup>2</sup>	1.05 m <sup>3</sup>
					<b>20.47 m<sup>3</sup></b>

### P-02

Muro básico	2.44	P-02	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	6.16 m <sup>2</sup>	1.23 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-02	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	6.45 m <sup>2</sup>	5.16 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.66	P-02	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	6.74 m <sup>2</sup>	2.70 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.44	P-02	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	8.10 m <sup>2</sup>	1.62 m <sup>3</sup>

Muro básico	2.6	P-02	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	8.42 m <sup>2</sup>	1.68 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-02	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	8.64 m <sup>2</sup>	1.73 m <sup>3</sup>
					<b>14.12 m<sup>3</sup></b>

### P-03

Muro básico	2.44	P-03	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	5.12 m <sup>2</sup>	1.02 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-03	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	5.35 m <sup>2</sup>	8.57 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.66	P-03	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	5.59 m <sup>2</sup>	2.24 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-03	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	6.52 m <sup>2</sup>	1.30 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.44	P-03	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	7.01 m <sup>2</sup>	1.40 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-03	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	7.48 m <sup>2</sup>	1.50 m <sup>3</sup>
					<b>16.03 m<sup>3</sup></b>

### P-04

Muro básico	2	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	5.86 m <sup>2</sup>	1.17 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.44	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	3.08 m <sup>2</sup>	0.77 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.44	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	3.17 m <sup>2</sup>	2.38 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	3.23 m <sup>2</sup>	4.84 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	3.32 m <sup>2</sup>	7.46 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.66	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	3.37 m <sup>2</sup>	1.69 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.66	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	3.46 m <sup>2</sup>	2.60 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	4.52 m <sup>2</sup>	1.13 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	4.54 m <sup>2</sup>	1.13 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	5.47 m <sup>2</sup>	1.37 m <sup>3</sup>
Muro básico	2	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	5.56 m <sup>2</sup>	1.39 m <sup>3</sup>
Muro básico	2	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	5.96 m <sup>2</sup>	1.49 m <sup>3</sup>
Muro básico	3.1	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	8.59 m <sup>2</sup>	2.15 m <sup>3</sup>
Muro básico	3.1	P-04	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	8.62 m <sup>2</sup>	2.16 m <sup>3</sup>
					<b>31.71 m<sup>3</sup></b>

### P-05

Muro básico	2.44	P-05	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	6.90 m <sup>2</sup>	2.76 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-05	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	7.22 m <sup>2</sup>	11.56 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.66	P-05	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	7.55 m <sup>2</sup>	3.02 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-05	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	7.80 m <sup>2</sup>	1.56 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-05	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	8.75 m <sup>2</sup>	1.75 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.44	P-05	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	3.08 m <sup>2</sup>	0.77 m <sup>3</sup>
					<b>21.42 m<sup>3</sup></b>

### P-06

Muro básico	2.44	P-06	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	3.53 m <sup>2</sup>	1.41 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-06	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	3.69 m <sup>2</sup>	0.74 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-06	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	3.93 m <sup>2</sup>	0.79 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.66	P-06	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.10 m <sup>2</sup>	0.82 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.55	P-06	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.72 m <sup>2</sup>	1.89 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-06	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.80 m <sup>2</sup>	0.96 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.6	P-06	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.81 m <sup>2</sup>	0.96 m <sup>3</sup>
Muro básico	2.66	P-06	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	4.93 m <sup>2</sup>	0.99 m <sup>3</sup>
					<b>8.55 m<sup>3</sup></b>

### P-07

Muro básico	2.55	P-07	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	1.06 m <sup>2</sup>	0.26 m <sup>3</sup>
-------------	------	------	--	---------------------	---------------------

Muro básico	2.55	P-07	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	1.15 m <sup>2</sup>	0.86 m <sup>3</sup>
					<b>1.13 m<sup>3</sup></b>
Total general: 126					<b>136.19 m<sup>3</sup></b>



## Encofrado de muros por nivel

Tipo	Familia	Longitud	Altura desconectada	Anchura	Encofrado
<b>1° PISO</b>					
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.23	2.44	0.2	5.97 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	3.32	2.44	0.2	16.20 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.76	2.44	0.2	8.58 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.45	2.44	0.2	7.06 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.45	2.44	0.2	7.05 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.88	2.44	0.2	14.01 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.44	0.2	13.80 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.44	0.2	13.80 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.1	2.44	0.2	10.23 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.53	2.44	0.2	12.33 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.23	2.44	0.2	5.97 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.44	0.25	6.33 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.27	2.44	0.25	6.16 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.27	2.44	0.25	6.16 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.44	0.25	6.33 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.44	0.25	6.33 m <sup>2</sup>
					<b>146.33 m<sup>2</sup></b>

<b>2° PISO</b>					
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.23	2.66	0.2	6.53 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.76	2.66	0.2	9.38 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.85	2.66	0.2	9.86 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.54	2.66	0.2	8.20 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.66	0.2	15.09 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.1	2.66	0.2	11.19 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.66	0.2	15.09 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.1	2.66	0.2	11.19 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.53	2.66	0.2	13.48 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.53	2.66	0.2	13.48 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.23	2.66	0.2	6.53 m <sup>2</sup>

Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.66	0.25	6.93 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.27	2.66	0.25	6.74 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.27	2.66	0.25	6.74 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.66	0.25	6.93 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.66	0.25	6.93 m <sup>2</sup>
					<b>154.27 m<sup>2</sup></b>

### 3° PISO

Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.23	2.55	0.2	6.25 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.76	2.55	0.2	8.98 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.85	2.55	0.2	9.44 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.54	2.55	0.2	7.85 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.55	0.2	14.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.1	2.55	0.2	10.71 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.55	0.2	14.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.1	2.55	0.2	10.71 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.53	2.55	0.2	12.90 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.53	2.55	0.2	12.90 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.23	2.55	0.2	6.25 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.55	0.25	6.63 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.27	2.55	0.25	6.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.27	2.55	0.25	6.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.55	0.25	6.63 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.55	0.25	6.63 m <sup>2</sup>
					<b>147.68 m<sup>2</sup></b>

### 4° PISO

Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.95	2.55	0.2	9.92 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.76	2.55	0.2	8.98 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.85	2.55	0.2	9.44 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.45	2.55	0.2	7.38 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.55	0.2	14.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.1	2.55	0.2	10.71 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.55	0.2	14.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.1	2.55	0.2	10.71 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.53	2.55	0.2	12.90 m <sup>2</sup>

Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.53	2.55	0.2	12.90 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.96	2.55	0.2	10.00 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.55	0.25	6.63 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.27	2.55	0.25	6.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.27	2.55	0.25	6.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.55	0.25	6.63 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.55	0.25	6.63 m <sup>2</sup>
					<b>154.63 m<sup>2</sup></b>

### 5° PISO

Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 15 cm	Muro básico	1.23	2.55	0.15	6.25 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.23	2.55	0.2	6.25 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.93	2.55	0.2	9.82 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.76	2.55	0.2	8.98 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.55	0.2	14.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.1	2.55	0.2	10.71 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.55	0.2	14.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.1	2.55	0.2	10.71 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.55	0.25	6.63 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.27	2.55	0.25	6.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.27	2.55	0.25	6.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.55	0.25	6.63 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.3	2.55	0.25	6.63 m <sup>2</sup>
					<b>114.40 m<sup>2</sup></b>

### 6° PISO

Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 15 cm	Muro básico	1.23	2.55	0.15	6.25 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.23	2.55	0.2	6.25 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.93	2.55	0.2	9.82 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.76	2.55	0.2	8.98 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.55	0.2	14.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.1	2.55	0.2	10.71 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.83	2.55	0.2	14.45 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.1	2.55	0.2	10.71 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	0.45	2.55	0.25	2.30 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	0.45	2.55	0.25	2.30 m <sup>2</sup>

Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	0.45	2.55	0.25	2.30 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	0.45	2.55	0.25	2.30 m <sup>2</sup>
					<b>90.79 m<sup>2</sup></b>

#### AZOTEA

Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 15 cm	Muro básico	1.23	1.95	0.15	4.78 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.23	1.95	0.2	4.78 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.93	1.95	0.2	7.51 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.76	1.95	0.2	6.86 m <sup>2</sup>
					<b>23.93 m<sup>2</sup></b>

#### CISTERNA

Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	3.18	2	0.2	12.72 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	3.18	2	0.2	12.72 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	2.78	2	0.25	11.13 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	2.78	2	0.25	11.13 m <sup>2</sup>
					<b>47.70 m<sup>2</sup></b>

#### SEMISÓTANO

Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.93	2.6	0.2	10.01 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	6.1	2.6	0.2	31.72 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	4.37	2.6	0.2	22.73 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	4.73	2.6	0.2	24.60 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	3.32	2.6	0.2	17.29 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.76	2.6	0.2	9.15 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	3.71	2.6	0.2	19.28 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	4.8	2.2	0.2	21.12 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	4.16	2.2	0.2	18.31 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	4.9	2.2	0.2	21.56 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	4.05	2.2	0.2	17.82 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.85	2.6	0.2	9.62 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.85	2.6	0.2	9.61 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.03	2.6	0.2	10.58 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	3.64	2.6	0.2	18.92 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.29	2.6	0.2	6.73 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	3	2.6	0.2	15.60 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	4.16	2.6	0.2	21.64 m <sup>2</sup>

Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.88	2.6	0.2	14.95 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	3.37	2.6	0.2	17.50 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	2.51	2.6	0.2	13.04 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	3.24	2.6	0.2	16.85 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 20 cm	Muro básico	1.93	2.6	0.2	10.01 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	2.1	2.6	0.25	10.93 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	2.45	2.2	0.25	10.77 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.75	2.6	0.25	9.08 m <sup>2</sup>
Muro de hormigón f'c=210 kg/cm2 de 25 cm	Muro básico	1.74	2.6	0.25	9.03 m <sup>2</sup>
					<b>418.46 m<sup>2</sup></b>
<b>Total general: 124</b>					<b>1298.19 m<sup>2</sup></b>



## Concreto en cimentaciones

Familia	Marca	Tipo	Material estructural	Volumen
Cimentación de muro	ZC	ZC	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	4.32 m <sup>3</sup>
Cimentación de muro	ZC	ZC	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	3.47 m <sup>3</sup>
Cimentación de muro	ZC	ZC	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	1.08 m <sup>3</sup>
Cimentación de muro	ZC	ZC	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	1.09 m <sup>3</sup>
Cimentación de muro	ZC	ZC	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	3.92 m <sup>3</sup>
Cimentación de muro	ZC	ZC	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	3.46 m <sup>3</sup>
Cimentación de muro	ZC	ZC	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	4.58 m <sup>3</sup>
Cimentación de muro	ZC	ZC	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	2.88 m <sup>3</sup>
Cimentación de muro	ZC	ZC	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	2.50 m <sup>3</sup>
<b>Cimentación de muro</b>				<b>27.30 m<sup>3</sup></b>
M_Zapata-Rectangular	Z-2	5.71X4.89	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	19.55 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-3	1.45X2	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	2.03 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-5	1.45x4	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	4.06 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-5	1.45x4	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	4.06 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-8	1.1x3.32	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	2.56 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-8	1.1x3.32	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	2.56 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-1	2.1x3.1	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	4.56 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-1	2.1x3.1	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	4.56 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-1	2.1x3.1	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	4.56 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-6	1.1x3.1	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	2.39 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-6	1.1x3.1	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	2.39 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-7	1.4x5.6	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	5.49 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-7	1.4x5.6	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	5.49 m <sup>3</sup>
M_Zapata-Rectangular	Z-4	4.2x1.5	Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup>	4.26 m <sup>3</sup>
<b>M_Zapata-Rectangular</b>				<b>68.49 m<sup>3</sup></b>
<b>Total general: 23</b>				<b>95.79 m<sup>3</sup></b>

### Encofrado de cimentaciones

Categoría	Familia y tipo	Marca	Material: Área	Tipo	Vaciado
Cimentación estructural	Cimentación de muro: ZC	ZC	151.31 m <sup>2</sup>	ZC	H
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular: 1.1x3.1	Z-6	25.40 m <sup>2</sup>	1.1x3.1	H
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular: 1.1x3.32	Z-8	26.98 m <sup>2</sup>	1.1x3.32	H
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular: 1.4x5.6	Z-7	50.96 m <sup>2</sup>	1.4x5.6	H
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular: 1.45X2	Z-3	10.63 m <sup>2</sup>	1.45X2	H
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular: 1.45x4	Z-5	38.46 m <sup>2</sup>	1.45x4	H
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular: 2.1x3.1	Z-1	60.90 m <sup>2</sup>	2.1x3.1	H
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular: 4.2x1.5	Z-4	20.09 m <sup>2</sup>	4.2x1.5	H
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular: 5.71X4.89 sin encofrado	Z-2	70.68 m <sup>2</sup>	5.71X4.89	H

Total general: 23

**455.42 m<sup>2</sup>**



## Metrado general de concreto

Categoría original	Familia original	Tipo original	Volumen
--------------------	------------------	---------------	---------

### Armazón estructural

Armazón estructural	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x20	0.73 m <sup>3</sup>
Armazón estructural	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x40	29.94 m <sup>3</sup>
Armazón estructural	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V25x50	8.40 m <sup>3</sup>
Armazón estructural	ICT-Viga_de_Concreto_Rectangular	V40x50	70.58 m <sup>3</sup>
			<b>109.65 m<sup>3</sup></b>

### Cimentación estructural

Cimentación estructural	Cimentación de muro	ZC	27.30 m <sup>3</sup>
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular	1.1x3.1	4.77 m <sup>3</sup>
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular	1.1x3.32	5.11 m <sup>3</sup>
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular	1.4x5.6	10.98 m <sup>3</sup>
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular	1.45X2	2.03 m <sup>3</sup>
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular	1.45x4	8.12 m <sup>3</sup>
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular	2.1x3.1	13.67 m <sup>3</sup>
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular	4.2x1.5	4.26 m <sup>3</sup>
Cimentación estructural	M_Zapata-Rectangular	5.71X4.89	19.55 m <sup>3</sup>
			<b>95.79 m<sup>3</sup></b>

### Muros

Muros	Muro básico	Muro de tabiquería	65.08 m <sup>3</sup>
Muros	Muro básico	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> de 15 cm	1.30 m <sup>3</sup>
Muros	Muro básico	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> de 20 cm	101.11 m <sup>3</sup>
Muros	Muro básico	Muro de hormigón f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> de 25 cm	33.78 m <sup>3</sup>
			<b>201.27 m<sup>3</sup></b>

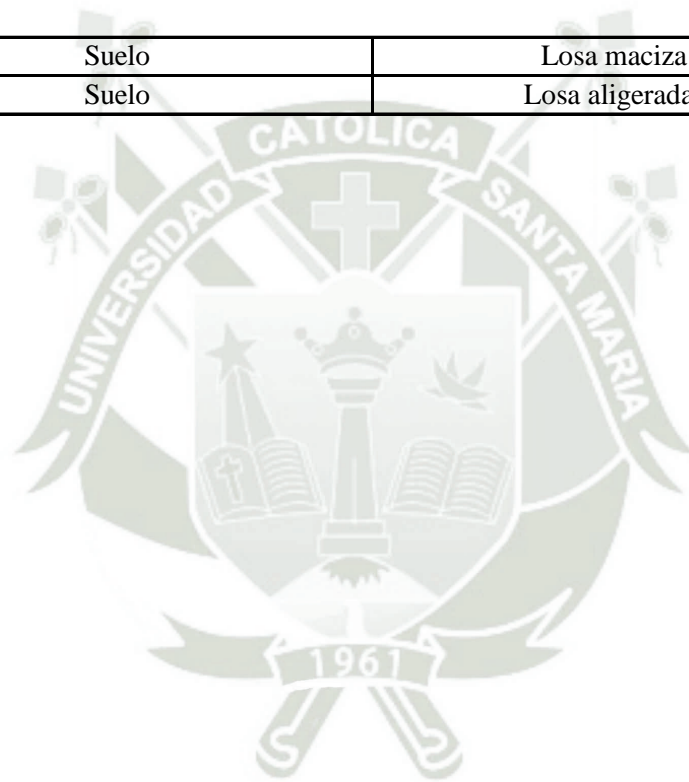
### Pilares estructurales

Pilares estructurales	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C20x40	0.75 m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x40	1.07 m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x50	2.55 m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C25x75	9.11 m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C40x70	33.45 m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 25x40	6.38 m <sup>3</sup>

Pilares estructurales	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40X15	1.99 m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 40x20	17.03 m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x20	3.60 m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	C 48x25	3.48 m <sup>3</sup>
Pilares estructurales	ICT-Columna_de_Concreto_Rectangular	Ca 15x25	12.60 m <sup>3</sup>
			<b>92.03 m<sup>3</sup></b>

**Suelos**

Suelos	Suelo	Losa maciza 20 cm	12.27 m <sup>3</sup>
Suelos	Suelo	Losa aligerada 20 CM	200.38 m <sup>3</sup>
			<b>212.64 m<sup>3</sup></b>
			<b>711.39 m<sup>3</sup></b>



## Tablas de acero por elementos

Categoría de anfitrión	Marca de anfitrión	Tipo	Longitud de barra	Diámetro de barra	Peso (kg)	N° de varillas
------------------------	--------------------	------	-------------------	-------------------	-----------	----------------

### Armazón estructural

Armazón estructural	V-01	3/8"	14.79 m	10 mm	68.44	1.64
Armazón estructural	V-01	5/8"	19.25 m	16 mm	90.01	2.14
Armazón estructural	V-02	3/8"	18.02 m	10 mm	82.07	2
Armazón estructural	V-02	5/8"	25.25 m	16 mm	118.1	2.81
Armazón estructural	V-03	3/8"	22.99 m	10 mm	65.65	2.55
Armazón estructural	V-03	5/8"	25.04 m	16 mm	117.1	2.78
Armazón estructural	V-04	3/8"	9.86 m	10 mm	59.31	1.1
Armazón estructural	V-04	5/8"	19.72 m	16 mm	92.16	2.19
Armazón estructural	V-05	3/8"	19.50 m	10 mm	88.75	2.17
Armazón estructural	V-05	5/8"	45.16 m	16 mm	180.6	5.02
Armazón estructural	V-06	3/8"	18.82 m	10 mm	81.04	2.09
Armazón estructural	V-06	5/8"	35.10 m	16 mm	149.1	3.9
Armazón estructural	V-07	1/2"	1.52 m	13 mm	1.51	0.17
Armazón estructural	V-07	3/8"	10.25 m	10 mm	39.76	1.14
Armazón estructural	V-07	5/8"	39.16 m	16 mm	114.9	4.35
Armazón estructural	V-08	3/8"	33.15 m	10 mm	133.8	3.68
Armazón estructural	V-08	5/8"	49.83 m	16 mm	150.7	5.54
Armazón estructural	V-09	1/2"	1.36 m	13 mm	1.35	0.15
Armazón estructural	V-09	3/8"	16.99 m	10 mm	85.93	1.89
Armazón estructural	V-09	5/8"	37.74 m	16 mm	117.7	4.19
Armazón estructural	V-10	1/2"	9.30 m	13 mm	9.25	1.03
Armazón estructural	V-10	3/8"	11.12 m	10 mm	47.9	1.24
Armazón estructural	V-10	5/8"	35.13 m	16 mm	109.5	3.9
Armazón estructural	V-11	3/8"	1.81 m	10 mm	10.52	0.2
Armazón estructural	V-101	3/8"	19.72 m	10 mm	89.43	2.19
Armazón estructural	V-101	5/8"	25.25 m	16 mm	118.1	2.81
Armazón estructural	V-102	3/8"	18.04 m	10 mm	79.39	2
Armazón estructural	V-102	5/8"	30.46 m	16 mm	138.5	3.38
Armazón estructural	V-103	1/2"	7.39 m	13 mm	7.34	0.82
Armazón estructural	V-103	3/8"	23.00 m	10 mm	66.62	2.56
Armazón estructural	V-103	5/8"	50.36 m	16 mm	193.7	5.6
Armazón estructural	V-104	3/8"	9.86 m	10 mm	59.31	1.1
Armazón estructural	V-104	5/8"	19.76 m	16 mm	92.44	2.2
Armazón estructural	V-105	3/4"	7.17 m	19 mm	16.13	0.8
Armazón estructural	V-105	3/8"	19.58 m	10 mm	85.51	2.18
Armazón estructural	V-105	5/8"	67.32 m	16 mm	245.7	7.48
Armazón estructural	V-106	1/2"	13.88 m	13 mm	13.81	1.54
Armazón estructural	V-106	3/8"	13.15 m	10 mm	62.05	1.46
Armazón estructural	V-106	5/8"	25.47 m	16 mm	119.1	2.83
Armazón estructural	V-107	1/2"	1.52 m	13 mm	1.51	0.17
Armazón estructural	V-107	3/8"	10.25 m	10 mm	41.67	1.14

Armazón estructural	V-107	5/8"	39.90 m	16 mm	116.7	4.43
Armazón estructural	V-108	3/8"	29.27 m	10 mm	102.9	3.25
Armazón estructural	V-109	1/2"	3.75 m	13 mm	3.73	0.42
Armazón estructural	V-109	3/8"	13.35 m	10 mm	65.24	1.48
Armazón estructural	V-109	5/8"	13.54 m	16 mm	42.24	1.5
Armazón estructural	V-110	1/2"	9.30 m	13 mm	9.25	1.03
Armazón estructural	V-110	3/8"	10.24 m	10 mm	43.01	1.14
Armazón estructural	V-110	5/8"	37.36 m	16 mm	102.2	4.15
Armazón estructural	V-111	3/8"	1.81 m	10 mm	11.02	0.2
Armazón estructural	V-201	3/8"	19.72 m	10 mm	90.34	2.19
Armazón estructural	V-201	5/8"	25.55 m	16 mm	119.5	2.84
Armazón estructural	V-202	3/4"	5.46 m	19 mm	23.48	0.61
Armazón estructural	V-202	3/8"	18.04 m	10 mm	81.22	2
Armazón estructural	V-202	5/8"	33.55 m	16 mm	134.8	3.73
Armazón estructural	V-203	3/4"	8.80 m	19 mm	39.77	0.98
Armazón estructural	V-203	3/8"	23.00 m	10 mm	65.7	2.56
Armazón estructural	V-203	5/8"	53.60 m	16 mm	198	5.96
Armazón estructural	V-204	3/8"	9.86 m	10 mm	59.31	1.1
Armazón estructural	V-204	5/8"	19.76 m	16 mm	92.44	2.2
Armazón estructural	V-205	3/8"	19.52 m	10 mm	85.26	2.17
Armazón estructural	V-205	5/8"	64.64 m	16 mm	241.1	7.18
Armazón estructural	V-206	1/2"	13.88 m	13 mm	13.81	1.54
Armazón estructural	V-206	3/8"	13.15 m	10 mm	64.79	1.46
Armazón estructural	V-206	5/8"	25.45 m	16 mm	119	2.83
Armazón estructural	V-207	1/2"	1.52 m	13 mm	1.51	0.17
Armazón estructural	V-207	3/8"	10.25 m	10 mm	42.93	1.14
Armazón estructural	V-207	5/8"	39.90 m	16 mm	116.7	4.43
Armazón estructural	V-208	3/4"	7.17 m	19 mm	16.13	0.8
Armazón estructural	V-208	3/8"	29.17 m	10 mm	100.5	3.24
Armazón estructural	V-209	1/2"	5.25 m	13 mm	5.21	0.58
Armazón estructural	V-209	3/8"	13.46 m	10 mm	65.91	1.5
Armazón estructural	V-209	5/8"	13.57 m	16 mm	42.27	1.51
Armazón estructural	V-210	1/2"	11.10 m	13 mm	11.04	1.23
Armazón estructural	V-210	3/8"	10.23 m	10 mm	43.01	1.14
Armazón estructural	V-210	5/8"	35.39 m	16 mm	99.12	3.93
Armazón estructural	V-211	3/8"	2.64 m	10 mm	15.69	0.29
Armazón estructural	V-301	3/8"	19.72 m	10 mm	90.34	2.19
Armazón estructural	V-301	5/8"	25.55 m	16 mm	119.5	2.84
Armazón estructural	V-302	3/4"	5.46 m	19 mm	23.48	0.61
Armazón estructural	V-302	3/8"	19.68 m	10 mm	91.25	2.19
Armazón estructural	V-302	5/8"	33.55 m	16 mm	134.8	3.73
Armazón estructural	V-303	3/4"	8.80 m	19 mm	39.77	0.98
Armazón estructural	V-303	3/8"	23.00 m	10 mm	65.7	2.56
Armazón estructural	V-303	5/8"	55.55 m	16 mm	197.7	6.17
Armazón estructural	V-304	3/8"	9.86 m	10 mm	59.31	1.1
Armazón estructural	V-304	5/8"	19.67 m	16 mm	91.98	2.19
Armazón estructural	V-305	3/8"	19.52 m	10 mm	85.26	2.17

Armazón estructural	V-305	5/8"	64.67 m	16 mm	241.3	7.19
Armazón estructural	V-306	1/2"	13.88 m	13 mm	13.81	1.54
Armazón estructural	V-306	3/8"	13.15 m	10 mm	62.05	1.46
Armazón estructural	V-306	5/8"	25.45 m	16 mm	119	2.83
Armazón estructural	V-307	1/2"	4.80 m	13 mm	4.77	0.53
Armazón estructural	V-307	3/8"	10.30 m	10 mm	41.92	1.14
Armazón estructural	V-307	5/8"	41.36 m	16 mm	118.5	4.6
Armazón estructural	V-308	3/4"	7.17 m	19 mm	16.13	0.8
Armazón estructural	V-308	3/8"	29.05 m	10 mm	99.72	3.23
Armazón estructural	V-309	1/2"	7.76 m	13 mm	7.72	0.86
Armazón estructural	V-309	3/8"	14.80 m	10 mm	72.57	1.64
Armazón estructural	V-309	5/8"	13.92 m	16 mm	43.42	1.55
Armazón estructural	V-310	1/2"	14.05 m	13 mm	13.96	1.56
Armazón estructural	V-310	3/8"	10.24 m	10 mm	43.06	1.14
Armazón estructural	V-310	5/8"	40.80 m	16 mm	107.6	4.53
Armazón estructural	V-311	3/8"	2.64 m	10 mm	15.69	0.29
Armazón estructural	V-401	3/8"	19.72 m	10 mm	90.34	2.19
Armazón estructural	V-401	5/8"	25.55 m	16 mm	119.5	2.84
Armazón estructural	V-402	3/4"	5.45 m	19 mm	23.48	0.61
Armazón estructural	V-402	3/8"	20.50 m	10 mm	96.27	2.28
Armazón estructural	V-402	5/8"	33.55 m	16 mm	134.8	3.73
Armazón estructural	V-403	1/2"	2.03 m	13 mm	2.03	0.23
Armazón estructural	V-403	3/4"	8.80 m	19 mm	39.77	0.98
Armazón estructural	V-403	3/8"	23.00 m	10 mm	65.7	2.56
Armazón estructural	V-403	5/8"	52.08 m	16 mm	186.9	5.79
Armazón estructural	V-404	3/8"	9.86 m	10 mm	59.31	1.1
Armazón estructural	V-404	5/8"	24.51 m	16 mm	114.6	2.72
Armazón estructural	V-405	1/2"	2.85 m	13 mm	2.83	0.32
Armazón estructural	V-405	3/8"	19.53 m	10 mm	85.26	2.17
Armazón estructural	V-405	5/8"	78.13 m	16 mm	262.1	8.68
Armazón estructural	V-406	1/2"	13.88 m	13 mm	13.81	1.54
Armazón estructural	V-406	3/8"	13.15 m	10 mm	62.05	1.46
Armazón estructural	V-406	5/8"	25.45 m	16 mm	119	2.83
Armazón estructural	V-407	3/8"	10.30 m	10 mm	41.92	1.14
Armazón estructural	V-407	5/8"	44.31 m	16 mm	123.4	4.92
Armazón estructural	V-408	3/4"	7.17 m	19 mm	16.13	0.8
Armazón estructural	V-408	3/8"	29.27 m	10 mm	101	3.25
Armazón estructural	V-409	1/2"	7.79 m	13 mm	7.75	0.87
Armazón estructural	V-409	3/8"	14.80 m	10 mm	72.57	1.64
Armazón estructural	V-409	5/8"	13.97 m	16 mm	43.55	1.55
Armazón estructural	V-410	1/2"	14.51 m	13 mm	14.43	1.61
Armazón estructural	V-410	3/8"	10.24 m	10 mm	43.01	1.14
Armazón estructural	V-410	5/8"	42.20 m	16 mm	109.7	4.69
Armazón estructural	V-411	3/8"	1.79 m	10 mm	10.96	0.2
Armazón estructural	V-501	3/8"	19.72 m	10 mm	90.34	2.19
Armazón estructural	V-501	5/8"	25.56 m	16 mm	119.5	2.84
Armazón estructural	V-502	3/4"	4.22 m	19 mm	15.18	0.47

Armazón estructural	V-502	3/8"	4.92 m	10 mm	20.99	0.55
Armazón estructural	V-502	5/8"	1.30 m	16 mm	4.05	0.14
Armazón estructural	V-503	1/2"	2.03 m	13 mm	2.03	0.23
Armazón estructural	V-503	3/4"	8.80 m	19 mm	39.77	0.98
Armazón estructural	V-503	3/8"	24.33 m	10 mm	73.84	2.7
Armazón estructural	V-503	5/8"	69.57 m	16 mm	242	7.73
Armazón estructural	V-504	3/8"	9.86 m	10 mm	59.31	1.1
Armazón estructural	V-504	5/8"	41.90 m	16 mm	168.6	4.66
Armazón estructural	V-505	3/8"	10.74 m	10 mm	44.74	1.19
Armazón estructural	V-505	5/8"	16.59 m	16 mm	51.69	1.84
Armazón estructural	V-506	1/2"	2.74 m	13 mm	2.72	0.3
Armazón estructural	V-506	3/8"	6.86 m	10 mm	32.98	0.76
Armazón estructural	V-506	5/8"	16.48 m	16 mm	51.37	1.83
Armazón estructural	V-507	1/2"	4.13 m	13 mm	4.11	0.46
Armazón estructural	V-507	3/8"	10.30 m	10 mm	41.92	1.14
Armazón estructural	V-507	5/8"	42.42 m	16 mm	120.5	4.71
Armazón estructural	V-508	3/8"	36.07 m	10 mm	129.6	4.01
Armazón estructural	V-508	5/8"	22.39 m	16 mm	62.24	2.49
Armazón estructural	V-509	1/2"	15.52 m	13 mm	15.43	1.72
Armazón estructural	V-509	3/8"	20.93 m	10 mm	85.4	2.33
Armazón estructural	V-509	5/8"	49.21 m	16 mm	132.1	5.47
Armazón estructural	V-510	3/8"	0.90 m	10 mm	5.51	0.1
Armazón estructural	V-601	3/8"	17.99 m	10 mm	80.9	2
Armazón estructural	V-601	5/8"	12.58 m	16 mm	58.82	1.4
Armazón estructural	V-602	1/2"	2.03 m	13 mm	2.03	0.23
Armazón estructural	V-602	3/8"	23.00 m	10 mm	65.7	2.56
Armazón estructural	V-602	5/8"	60.32 m	16 mm	219.6	6.7
Armazón estructural	V-603	3/8"	9.86 m	10 mm	59.31	1.1
Armazón estructural	V-603	5/8"	54.59 m	16 mm	200.6	6.07
Armazón estructural	V-604	3/8"	9.40 m	10 mm	43.99	1.04
Armazón estructural	V-604	5/8"	16.68 m	16 mm	51.97	1.85
Armazón estructural	V-605	3/8"	6.86 m	10 mm	32.98	0.76
Armazón estructural	V-605	5/8"	16.48 m	16 mm	51.37	1.83
Armazón estructural	V-606	1/2"	1.75 m	13 mm	1.74	0.19
Armazón estructural	V-606	3/8"	11.45 m	10 mm	46.41	1.27
Armazón estructural	V-606	5/8"	51.76 m	16 mm	169	5.75
Armazón estructural	V-607	3/8"	36.07 m	10 mm	129.6	4.01
Armazón estructural	V-608	3/8"	13.67 m	10 mm	61.32	1.52
Armazón estructural	V-608	5/8"	7.31 m	16 mm	22.79	0.81
Armazón estructural	V-609	1/2"	15.37 m	13 mm	15.28	1.71
Armazón estructural	V-609	3/8"	10.23 m	10 mm	43.58	1.14
Armazón estructural	V-609	5/8"	32.68 m	16 mm	92.41	3.63
			<b>3581.51 m</b>		<b>13078</b>	<b>397.95</b>

#### **Cimentación estructural**

Cimentación estructural	Z-1	5/8"	17.09 m	16 mm	456	1.9
Cimentación estructural	Z-2	5/8"	21.91 m	16 mm	1207	2.43
Cimentación estructural	Z-3	5/8"	3.73 m	16 mm	69.86	0.41

Cimentación estructural	Z-4	5/8"	6.55 m	16 mm	165.6	0.73
Cimentación estructural	Z-5	5/8"	11.77 m	16 mm	283.2	1.31
Cimentación estructural	Z-6	3/8"	2.04 m	10 mm	2.27	0.23
Cimentación estructural	Z-6	5/8"	27.76 m	16 mm	252.5	3.08
Cimentación estructural	Z-7	5/8"	28.83 m	16 mm	661.3	3.2
Cimentación estructural	Z-8	5/8"	47.38 m	16 mm	368.6	5.26
Cimentación estructural	ZC	5/8"	49.07 m	16 mm	872.7	5.45
				<b>216.13 m</b>	<b>4339</b>	<b>24.01</b>

### Escaleras

Escaleras	escalera de ingre	1/2"	64.44 m	13 mm	238.1	7.16
Escaleras	escalera de ingre	3/8"	191.14 m	10 mm	671.4	21.24
				<b>255.58 m</b>	<b>909.5</b>	<b>28.4</b>

### Muro

Muro	Cisterna	1/2"	11.89 m	13 mm	146.5	1.32
Muro	MS-01	3/8"	168.66 m	10 mm	1764	18.74
Muro	P-01	3/8"	221.74 m	10 mm	1433	24.64
Muro	P-01	5/8"	41.05 m	16 mm	128	4.56
Muro	P-02	3/8"	126.64 m	10 mm	899	14.07
Muro	P-03	1/2"	157.92 m	13 mm	2581	17.55
Muro	P-03	3/8"	1.12 m	10 mm	12.46	0.12
Muro	P-04	1/2"	35.60 m	13 mm	417.3	3.96
Muro	P-04	3/8"	388.33 m	10 mm	2014	43.15
Muro	P-05	3/4"	54.30 m	19 mm	244.3	6.03
Muro	P-05	3/8"	165.81 m	10 mm	1298	18.42
Muro	P-06	3/8"	94.48 m	10 mm	555.8	10.5
Muro	P-07	3/4"	18.70 m	19 mm	84.12	2.08
Muro	P-07	3/8"	31.47 m	10 mm	83.92	3.5
				<b>1517.72 m</b>	<b>11661</b>	<b>168.64</b>

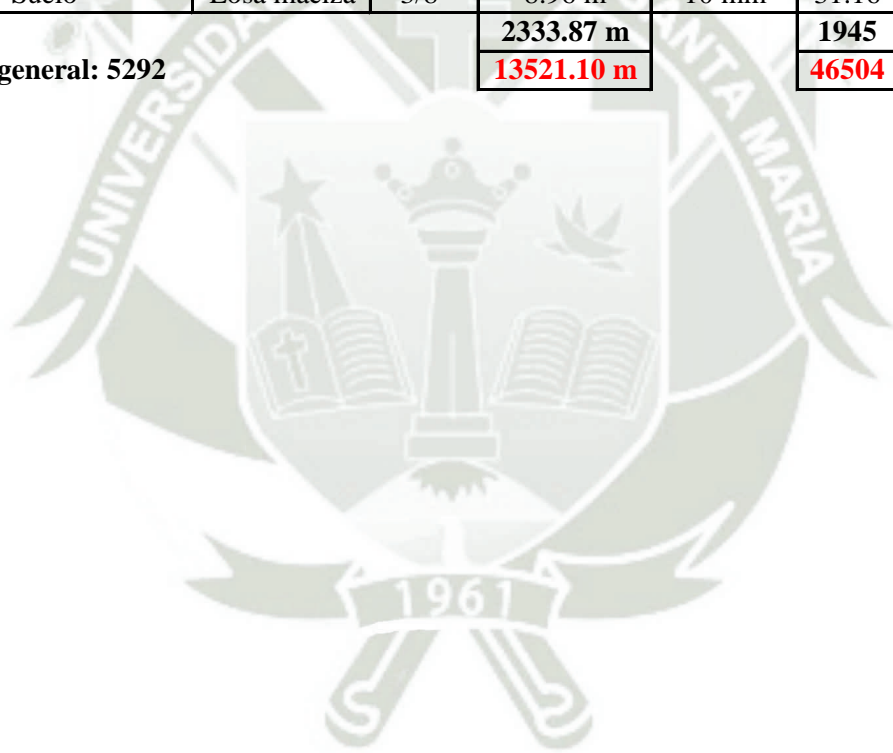
### Pilar estructural

Pilar estructural	C-01	3/4"	357.92 m	19 mm	1611	39.77
Pilar estructural	C-01	3/8"	689.74 m	10 mm	2005	76.64
Pilar estructural	C-01	5/8"	296.79 m	16 mm	1104	32.98
Pilar estructural	C-02	1/2"	35.51 m	13 mm	106	3.95
Pilar estructural	C-02	3/4"	42.96 m	19 mm	193.3	4.77
Pilar estructural	C-02	3/8"	292.97 m	10 mm	785.3	32.55
Pilar estructural	C-02	5/8"	124.13 m	16 mm	543	13.79
Pilar estructural	C-03	3/8"	23.00 m	10 mm	54.66	2.56
Pilar estructural	C-03	5/8"	44.30 m	16 mm	180.5	4.92
Pilar estructural	C-04	3/8"	27.05 m	10 mm	192.1	3.01
Pilar estructural	C-04	5/8"	16.18 m	16 mm	50.44	1.8
Pilar estructural	C-05	1/2"	28.58 m	13 mm	56.84	3.18
Pilar estructural	C-05	3/8"	81.53 m	10 mm	224	9.06
Pilar estructural	C-05	5/8"	45.79 m	16 mm	214.1	5.09
Pilar estructural	C-06	3/8"	20.54 m	10 mm	52.49	2.28
Pilar estructural	C-06	5/8"	13.58 m	16 mm	84.6	1.51
Pilar estructural	C-07	3/4"	108.69 m	19 mm	488.9	12.08
Pilar estructural	C-07	3/8"	687.44 m	10 mm	1501	76.38

Pilar estructural	C-07	5/8"	513.37 m	16 mm	1600	57.04
Pilar estructural	C-08	3/8"	13.37 m	10 mm	101.1	1.49
Pilar estructural	C-08	5/8"	185.46 m	16 mm	578.1	20.61
Pilar estructural	CA 15x25	3/8"	261.36 m	10 mm	278.2	29.04
Pilar estructural	CA 15x25	3/8" para d	616.11 m	10 mm	682	68.46
Pilar estructural	CA 15x25	6 mm	718.79 m	6 mm	485.8	79.87
Pilar estructural	El. borde	3/8"	28.90 m	10 mm	216.6	3.21
Pilar estructural	El. borde	5/8"	186.35 m	16 mm	581	20.71
Pilar estructural	El. borde 2	3/8"	25.64 m	10 mm	195.4	2.85
Pilar estructural	El. borde 2	5/8"	130.27 m	16 mm	406.1	14.47
			<b>5616.30 m</b>		<b>14571</b>	<b>624.03</b>

**Suelo**

Suelo	Losa aligerada	1/2"	63.57 m	13 mm	401.8	7.06
Suelo	Losa aligerada	3/8"	2260.22 m	10 mm	1505	251.14
Suelo	Losa maciza	1/2"	1.12 m	13 mm	6.68	0.12
Suelo	Losa maciza	3/8"	8.96 m	10 mm	31.16	1
			<b>2333.87 m</b>		<b>1945</b>	<b>259.32</b>
<b>Total general: 5292</b>			<b>13521.10 m</b>		<b>46504</b>	<b>1502.34</b>



## Tablas de acero por niveles

Marca	Tipo	Longitud de barra	diámetro de barra	Peso (kg)	N° de varillas
-------	------	-------------------	-------------------	-----------	----------------

### 1° PISO

1° PISO	1/2"	53.73 m	13 mm	392.64	5.97
1° PISO	3/4"	7.17 m	19 mm	16.13	0.8
1° PISO	3/8"	2308.28 m	10 mm	4124.8	256.48
1° PISO	3/8" para ca	96.50 m	10 mm	106.46	10.72
1° PISO	5/8"	507.09 m	16 mm	1888.81	56.34
1° PISO	6 mm	94.39 m	6 mm	72.93	10.49
<b>3067.16 m</b>				<b>6601.77</b>	<b>340.8</b>

### 2° PISO

2° PISO	1/2"	37.00 m	13 mm	410.47	4.11
2° PISO	3/4"	5.46 m	19 mm	23.48	0.61
2° PISO	3/8"	836.48 m	10 mm	2676.98	92.94
2° PISO	3/8" para ca	79.95 m	10 mm	88.03	8.88
2° PISO	5/8"	303.21 m	16 mm	1112.38	33.69
2° PISO	6 mm	106.85 m	6 mm	77.55	11.87
<b>1368.95 m</b>				<b>4388.89</b>	<b>152.11</b>

### 3° PISO

3° PISO	1/2"	41.91 m	13 mm	398.25	4.66
3° PISO	3/4"	9.82 m	19 mm	33.29	1.09
3° PISO	3/8"	588.59 m	10 mm	2477.54	65.4
3° PISO	3/8" para ca	81.32 m	10 mm	89.6	9.04
3° PISO	5/8"	300.61 m	16 mm	1120.57	33.4
3° PISO	6 mm	99.37 m	6 mm	69.86	11.04
<b>1121.62 m</b>				<b>4189.11</b>	<b>124.62</b>

### 4° PISO

4° PISO	1/2"	41.86 m	13 mm	394.71	4.65
4° PISO	3/4"	5.45 m	19 mm	23.48	0.61
4° PISO	3/8"	1039.76 m	10 mm	2717.75	115.53
4° PISO	3/8" para ca	81.31 m	10 mm	89.57	9.03
4° PISO	5/8"	323.80 m	16 mm	1166.46	35.98
4° PISO	6 mm	87.99 m	6 mm	59.42	9.78
<b>1580.17 m</b>				<b>4451.4</b>	<b>175.57</b>

### 5° PISO

5° PISO	1/2"	45.96 m	13 mm	399.41	5.11
5° PISO	3/4"	4.22 m	19 mm	15.18	0.47
5° PISO	3/8"	779.58 m	10 mm	2247.62	86.62
5° PISO	3/8" para ca	89.87 m	10 mm	100.02	9.99
5° PISO	5/8"	260.44 m	16 mm	890.86	28.94
5° PISO	6 mm	114.16 m	6 mm	76.82	12.68
<b>1294.22 m</b>				<b>3729.91</b>	<b>143.8</b>

### 6° PISO

6° PISO	1/2"	37.92 m	13 mm	372.11	4.21
6° PISO	3/8"	703.23 m	10 mm	1875.71	78.14

6° PISO	3/8" para ca	119.82 m	10 mm	133.38	13.31
6° PISO	5/8"	286.83 m	16 mm	911.65	31.87
6° PISO	6 mm	114.09 m	6 mm	74.67	12.68
		<b>1261.90 m</b>		<b>3367.51</b>	<b>140.21</b>

#### AZOTEA

AZOTEA	3/8"	27.88 m	10 mm	165.01	3.1
AZOTEA	3/8" para ca	67.34 m	10 mm	74.95	7.48
AZOTEA	6 mm	101.93 m	6 mm	54.49	11.33
		<b>197.15 m</b>		<b>294.45</b>	<b>21.91</b>

#### CIMENTACIÓN

CIMENTACIÓN	3/8"	30.12 m	10 mm	138.6	3.35
CIMENTACIÓN	5/8"	1867.85 m	16 mm	9654.86	207.54
		<b>1897.97 m</b>		<b>9793.46</b>	<b>210.89</b>

#### CISTERNA

CISTERNA	1/2"	47.50 m	13 mm	563.79	5.28
CISTERNA	3/8"	13.29 m	10 mm	121.46	1.48
CISTERNA	5/8"	11.61 m	16 mm	308.77	1.29
		<b>72.40 m</b>		<b>994.02</b>	<b>8.04</b>

#### SEMISÓTANO

SEMISÓTANO	1/2"	297.65 m	13 mm	1226.32	33.07
SEMISÓTANO	3/4"	634.92 m	19 mm	2818.98	70.55
SEMISÓTANO	3/8"	626.80 m	10 mm	4118.8	69.64
SEMISÓTANO	5/8"	100.20 m	16 mm	528.98	11.13
		<b>1659.57 m</b>		<b>8693.08</b>	<b>184.4</b>
<b>Total general: 5292</b>		<b>13521.10 m</b>		<b>46503.6</b>	<b>1502.34</b>

### Tabla de aceros por diámetros

Marca	Tipo	Longitud de barra	Diámetro de barra	Volumen de refuerzo	Peso (kg)	N° de varillas
<b>1/2"</b>						
	1° PISO	1/2"	53.73 m	13 mm	50018.36 cm <sup>3</sup>	392.64 5.97
	2° PISO	1/2"	37.00 m	13 mm	52289.68 cm <sup>3</sup>	410.47 4.11
	3° PISO	1/2"	41.91 m	13 mm	50732.82 cm <sup>3</sup>	398.25 4.66
	4° PISO	1/2"	41.86 m	13 mm	50281.85 cm <sup>3</sup>	394.71 4.65
	5° PISO	1/2"	45.96 m	13 mm	50879.76 cm <sup>3</sup>	399.41 5.11
	6° PISO	1/2"	37.92 m	13 mm	47402.48 cm <sup>3</sup>	372.11 4.21
	CISTERNA	1/2"	47.50 m	13 mm	71820.72 cm <sup>3</sup>	563.79 5.28
	SEMISÓTANC	1/2"	297.65 m	13 mm	156219.18 cm <sup>3</sup>	1226.32 33.07
			<b>603.53 m</b>		<b>529644.86 cm<sup>3</sup></b>	<b>4157.71 67.06</b>
<b>3/4"</b>						
	1° PISO	3/4"	7.17 m	19 mm	2054.36 cm <sup>3</sup>	16.13 0.8
	2° PISO	3/4"	5.46 m	19 mm	2991.28 cm <sup>3</sup>	23.48 0.61
	3° PISO	3/4"	9.82 m	19 mm	4240.51 cm <sup>3</sup>	33.29 1.09
	4° PISO	3/4"	5.45 m	19 mm	2991.28 cm <sup>3</sup>	23.48 0.61
	5° PISO	3/4"	4.22 m	19 mm	1934.02 cm <sup>3</sup>	15.18 0.47
	SEMISÓTANC	3/4"	634.92 m	19 mm	359105.50 cm <sup>3</sup>	2818.98 70.55
			<b>667.03 m</b>		<b>373316.94 cm<sup>3</sup></b>	<b>2930.54 74.11</b>
<b>3/8"</b>						
	1° PISO	3/8"	2308.28 m	10 mm	525451.76 cm <sup>3</sup>	4124.8 256.48
	2° PISO	3/8"	836.48 m	10 mm	341016.31 cm <sup>3</sup>	2676.98 92.94
	3° PISO	3/8"	588.59 m	10 mm	315610.01 cm <sup>3</sup>	2477.54 65.4
	4° PISO	3/8"	1039.76 m	10 mm	346210.56 cm <sup>3</sup>	2717.75 115.53
	5° PISO	3/8"	779.58 m	10 mm	286321.50 cm <sup>3</sup>	2247.62 86.62
	6° PISO	3/8"	703.23 m	10 mm	238943.84 cm <sup>3</sup>	1875.71 78.14
	AZOTEA	3/8"	27.88 m	10 mm	21020.82 cm <sup>3</sup>	165.01 3.1
	CIMENTACIÓ	3/8"	30.12 m	10 mm	17656.04 cm <sup>3</sup>	138.6 3.35
	CISTERNA	3/8"	13.29 m	10 mm	15472.16 cm <sup>3</sup>	121.46 1.48
	SEMISÓTANC	3/8"	626.80 m	10 mm	524687.65 cm <sup>3</sup>	4118.8 69.64
			<b>6954.01 m</b>		<b>2632390.66 cm<sup>3</sup></b>	<b>20664.27 772.67</b>

<b>3/8" para ca</b>						
1° PISO	3/8" para ca	96.50 m	10 mm	13561.18 cm <sup>3</sup>	106.46	10.72
2° PISO	3/8" para ca	79.95 m	10 mm	11213.56 cm <sup>3</sup>	88.03	8.88
3° PISO	3/8" para ca	81.32 m	10 mm	11413.45 cm <sup>3</sup>	89.6	9.04
4° PISO	3/8" para ca	81.31 m	10 mm	11410.61 cm <sup>3</sup>	89.57	9.03
5° PISO	3/8" para ca	89.87 m	10 mm	12741.78 cm <sup>3</sup>	100.02	9.99
6° PISO	3/8" para ca	119.82 m	10 mm	16990.46 cm <sup>3</sup>	133.38	13.31
AZOTEA	3/8" para ca	67.34 m	10 mm	9547.83 cm <sup>3</sup>	74.95	7.48
		<b>616.11 m</b>		<b>86878.88 cm<sup>3</sup></b>	<b>682</b>	<b>68.46</b>
<b>5/8"</b>						
1° PISO	5/8"	507.09 m	16 mm	240612.76 cm <sup>3</sup>	1888.81	56.34
2° PISO	5/8"	303.21 m	16 mm	141703.82 cm <sup>3</sup>	1112.38	33.69
3° PISO	5/8"	300.61 m	16 mm	142748.23 cm <sup>3</sup>	1120.57	33.4
4° PISO	5/8"	323.80 m	16 mm	148593.74 cm <sup>3</sup>	1166.46	35.98
5° PISO	5/8"	260.44 m	16 mm	113484.97 cm <sup>3</sup>	890.86	28.94
6° PISO	5/8"	286.83 m	16 mm	116133.72 cm <sup>3</sup>	911.65	31.87
CIMENTACIÓ	5/8"	1867.85 m	16 mm	1229918.59 cm <sup>3</sup>	9654.86	207.54
CISTERNA	5/8"	11.61 m	16 mm	39334.04 cm <sup>3</sup>	308.77	1.29
SEMISÓTANC	5/8"	100.20 m	16 mm	67386.11 cm <sup>3</sup>	528.98	11.13
		<b>3961.64 m</b>		<b>2239915.99 cm<sup>3</sup></b>	<b>17583.34</b>	<b>440.18</b>
<b>6 mm</b>						
1° PISO	6 mm	94.39 m	6 mm	9290.95 cm <sup>3</sup>	72.93	10.49
2° PISO	6 mm	106.85 m	6 mm	9879.62 cm <sup>3</sup>	77.55	11.87
3° PISO	6 mm	99.37 m	6 mm	8899.06 cm <sup>3</sup>	69.86	11.04
4° PISO	6 mm	87.99 m	6 mm	7569.60 cm <sup>3</sup>	59.42	9.78
5° PISO	6 mm	114.16 m	6 mm	9786.31 cm <sup>3</sup>	76.82	12.68
6° PISO	6 mm	114.09 m	6 mm	9511.49 cm <sup>3</sup>	74.67	12.68
AZOTEA	6 mm	101.93 m	6 mm	6941.35 cm <sup>3</sup>	54.49	11.33
		<b>718.79 m</b>		<b>61878.38 cm<sup>3</sup></b>	<b>485.75</b>	<b>79.87</b>
Total general: 5292		<b>13521.10 m</b>		<b>5924025.70 cm<sup>3</sup></b>	<b>46503.6</b>	<b>1502.34</b>



**ANEXO 02**

**PLANEAMIENTO**

**BIM**

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Dcal	Comienzo	Fin	jun	tri 3, 2021	ago	sep	tri 4, 2021	nov	dic	tri 1, 2022	feb	mar	tri 2, 2022
								jul		oct		ene		abr			
0	→	<b>ESTRUCTURA</b>	<b>195 días</b>	<b>273 días</b>	<b>jue 01/07/21</b>	<b>mié 30/03/22</b>											
1	→	<b>CISTERNA</b>	<b>12 días</b>	<b>16 días</b>	<b>jue 01/07/21</b>	<b>vie 16/07/21</b>											
2	→	ACERO - CISTERNA - H - S1	1 día	1 día	jue 01/07/21	jue 01/07/21											
3	→	ENCOFRADO- CISTERNA - H - S1	1 día	1 día	vie 02/07/21	vie 02/07/21											
4	→	CONCRETO - CISTERNA - H - S1	1 día	1 día	lun 05/07/21	lun 05/07/21											
5	→	ACERO - CISTERNA - V - S1	2 días	2 días	mar 06/07/21	mié 07/07/21											
6	→	ENCOFRADO- CISTERNA - V - S1	3 días	5 días	jue 08/07/21	lun 12/07/21											
7	→	CONCRETO - CISTERNA - V - S1	1 día	1 día	mar 13/07/21	mar 13/07/21											
8	→	ENCOFRADO - CISTERNA - H - S2	1 día	1 día	mié 14/07/21	mié 14/07/21											
9	→	ACERO - CISTERNA - H - S2	1 día	1 día	jue 15/07/21	jue 15/07/21											
10	→	CONCRETO - CISTERNA - H - S2	1 día	1 día	vie 16/07/21	vie 16/07/21											
11	→	<b>CIMENTACIONES</b>	<b>11 días</b>	<b>15 días</b>	<b>lun 19/07/21</b>	<b>lun 02/08/21</b>											
12	→	ACERO - CIMENTACIÓN - H -	7 días	9 días	lun 19/07/21	mar 27/07/21											
13	→	ENCOFRADO - CIMENTACIÓN - H -	3 días	3 días	mié 28/07/21	vie 30/07/21											
14	→	CONCRETO - CIMENTACIÓN - H -	1 día	1 día	lun 02/08/21	lun 02/08/21											
15	→	<b>SOTANO 1</b>	<b>14 días</b>	<b>18 días</b>	<b>mar 03/08/21</b>	<b>vie 20/08/21</b>											
16	→	ACERO - SÓTANO - V - S2	3 días	3 días	mar 03/08/21	jue 05/08/21											
17	→	ENCOFRADO - SÓTANO - V - S2	7 días	11 días	vie 06/08/21	lun 16/08/21											
18	→	CONCRETO - SÓTANO - V - S2	1 día	1 día	mar 17/08/21	mar 17/08/21											
19	→	ENCOFRADO - SÓTANO - H - S2	1 día	1 día	mié 18/08/21	mié 18/08/21											
20	→	ACERO - SÓTANO - H - S2	1 día	1 día	jue 19/08/21	jue 19/08/21											
21	→	CONCRETO - SÓTANO - H - S2	1 día	1 día	vie 20/08/21	vie 20/08/21											
22	→	<b>PRIMER PISO</b>	<b>22 días</b>	<b>30 días</b>	<b>lun 23/08/21</b>	<b>mar 21/09/21</b>											
23	→	ACERO - 1 PISO - V - S3	3 días	3 días	lun 23/08/21	mié 25/08/21											
24	→	ENCOFRADO - 1 PISO - V - S3	9 días	13 días	jue 26/08/21	mar 07/09/21											
25	→	CONCRETO - 1 PISO - V - S3	1 día	1 día	mié 08/09/21	mié 08/09/21											
26	→	ENCOFRADO - 1 PISO - H - S3	7 días	9 días	jue 09/09/21	vie 17/09/21											
27	→	ACERO - 1 PISO - H - S3	1 día	1 día	lun 20/09/21	lun 20/09/21											

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Dcal	Comienzo	Fin	jun	tri 3, 2021	ago	sep	tri 4, 2021	nov	dic	tri 1, 2022	feb	mar	tri 2, 2022
								jul		oct		ene		abr			
28	→	CONCRETO - 1 PISO - H - S3	1 día	1 día	mar 21/09/21	mar 21/09/21											
29	→	<b>SEGUNDO PISO</b>	<b>22 días</b>	<b>30 días</b>	<b>mié 22/09/21</b>	<b>jue 21/10/21</b>											
30	→	ACERO - 2 PISO - V - S3	3 días	3 días	mié 22/09/21	vie 24/09/21											
31	→	ENCOFRADO - 2 PISO - V - S4	9 días	11 días	lun 27/09/21	jue 07/10/21											
32	→	CONCRETO - 2 PISO - V - S4	1 día	1 día	vie 08/10/21	vie 08/10/21											
33	→	ENCOFRADO - 2 PISO - H - S4	7 días	9 días	lun 11/10/21	mar 19/10/21											
34	→	ACERO - 2 PISO - H - S4	1 día	1 día	mié 20/10/21	mié 20/10/21											
35	→	CONCRETO - 2 PISO - H - S4	1 día	1 día	jue 21/10/21	jue 21/10/21											
36	→	<b>TERCER PISO</b>	<b>22 días</b>	<b>32 días</b>	<b>vie 22/10/21</b>	<b>lun 22/11/21</b>											
37	→	ACERO - 3 PISO - V - S3	3 días	5 días	vie 22/10/21	mar 26/10/21											
38	→	ENCOFRADO - 3 PISO - V - S5	9 días	13 días	mié 27/10/21	lun 08/11/21											
39	→	CONCRETO - 3 PISO - V - S5	1 día	1 día	mar 09/11/21	mar 09/11/21											
40	→	ENCOFRADO - 3 PISO - H - S5	7 días	9 días	mié 10/11/21	jue 18/11/21											
41	→	ACERO - 3 PISO - H - S5	1 día	1 día	vie 19/11/21	vie 19/11/21											
42	→	CONCRETO - 3 PISO - H - S5	1 día	1 día	lun 22/11/21	lun 22/11/21											
43	→	<b>CUARTO PISO</b>	<b>22 días</b>	<b>30 días</b>	<b>mar 23/11/21</b>	<b>mié 22/12/21</b>											
44	→	ACERO - 4 PISO - V - S3	3 días	3 días	mar 23/11/21	jue 25/11/21											
45	→	ENCOFRADO - 4 PISO - V - S6	9 días	13 días	vie 26/11/21	mié 08/12/21											
46	→	CONCRETO - 4 PISO - V - S6	1 día	1 día	jue 09/12/21	jue 09/12/21											
47	→	ENCOFRADO - 4 PISO - H - S6	7 días	11 días	vie 10/12/21	lun 20/12/21											
48	→	ACERO - 4 PISO - H - S6	1 día	1 día	mar 21/12/21	mar 21/12/21											
49	→	CONCRETO - 4 PISO - H - S6	1 día	1 día	mié 22/12/21	mié 22/12/21											
50	→	<b>QUINTO PISO</b>	<b>22 días</b>	<b>30 días</b>	<b>jue 23/12/21</b>	<b>vie 21/01/22</b>											
51	→	ACERO - 5 PISO - V - S3	3 días	5 días	jue 23/12/21	lun 27/12/21											
52	→	ENCOFRADO - 5 PISO - V - S7	9 días	11 días	mar 28/12/21	vie 07/01/22											
53	→	CONCRETO - 5 PISO - V - S7	1 día	1 día	lun 10/01/22	lun 10/01/22											
54	→	ENCOFRADO - 5 PISO - H - S7	7 días	9 días	mar 11/01/22	mié 19/01/22											
55	→	ACERO - 5 PISO - H - S7	1 día	1 día	jue 20/01/22	jue 20/01/22											
56	→	CONCRETO - 5 PISO - H - S7	1 día	1 día	vie 21/01/22	vie 21/01/22											
57	→	<b>SEXTO PISO</b>	<b>22 días</b>	<b>30 días</b>	<b>lun 24/01/22</b>	<b>mar 22/02/22</b>											
58	→	ACERO - 6 PISO - V - S3	3 días	3 días	lun 24/01/22	mié 26/01/22											

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Dcal	Comienzo	Fin	jun	tri 3, 2021	ago	sep	tri 4, 2021	nov	dic	tri 1, 2022	feb	mar	tri 2, 2022
								jul		oct		ene		abr			
59	→	ENCOFRADO - 6 PISO - V - S8	9 días	13 días	jue 27/01/22	mar 08/02/22											
60	→	CONCRETO - 6 PISO - V - S8	1 día	1 día	mié 09/02/22	mié 09/02/22											
61	→	ENCOFRADO - 6 PISO - H - S8	7 días	9 días	jue 10/02/22	vie 18/02/22											
62	→	ACERO - 6 PISO - H - S	1 día	1 día	lun 21/02/22	lun 21/02/22											
63	→	CONCRETO - 6 PISO - H - S8	1 día	1 día	mar 22/02/22	mar 22/02/22											
64	→	<b>SÉTIMO PISO</b>	<b>22 días</b>	<b>30 días</b>	<b>mié 23/02/22</b>	<b>jue 24/03/22</b>											
65	→	ACERO - 7 PISO - V - S	3 días	3 días	mié 23/02/22	vie 25/02/22											
66	→	ENCOFRADO - 7 PISO - V - S9	9 días	11 días	lun 28/02/22	jue 10/03/22											
67	→	CONCRETO - 7 PISO - V - S9	1 día	1 día	vie 11/03/22	vie 11/03/22											
68	→	ACERO - 7 PISO - H - S	7 días	9 días	lun 14/03/22	mar 22/03/22											
69	→	ENCOFRADO - 7 PISO - H - S9	1 día	1 día	mié 23/03/22	mié 23/03/22											
70	→	CONCRETO - 7 PISO - H - S9	1 día	1 día	jue 24/03/22	jue 24/03/22											
71	→	<b>ALBAÑILERÍA</b>	<b>136 días</b>	<b>190 días</b>	<b>mié 22/09/21</b>	<b>mié 30/03/22</b>											
72	→	ALBAÑILERÍA -SÓTAN	4 días	6 días	mié 22/09/21	lun 27/09/21											
73	→	ALBAÑILERÍA 1 PISO	4 días	6 días	vie 22/10/21	mié 27/10/21											
74	→	ALBAÑILERÍA 2 PISO	4 días	4 días	mar 23/11/21	vie 26/11/21											
75	→	ALBAÑILERÍA 3 PISO	4 días	6 días	jue 23/12/21	mar 28/12/21											
76	→	ALBAÑILERÍA 4 PISO	4 días	4 días	lun 24/01/22	jue 27/01/22											
77	→	ALBAÑILERÍA 5 PISO	4 días	6 días	mié 23/02/22	lun 28/02/22											
78	→	ALBAÑILERÍA 6 PISO	4 días	6 días	vie 25/03/22	mié 30/03/22											



**ANEXO 03**

**PLANOS**

**ESTRUCTURALES**



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:  
  
Departamento:  
Provincia:  
Distrito:  
Ubicación:

Propietario:  
**Julio César  
Bustamante Pérez**

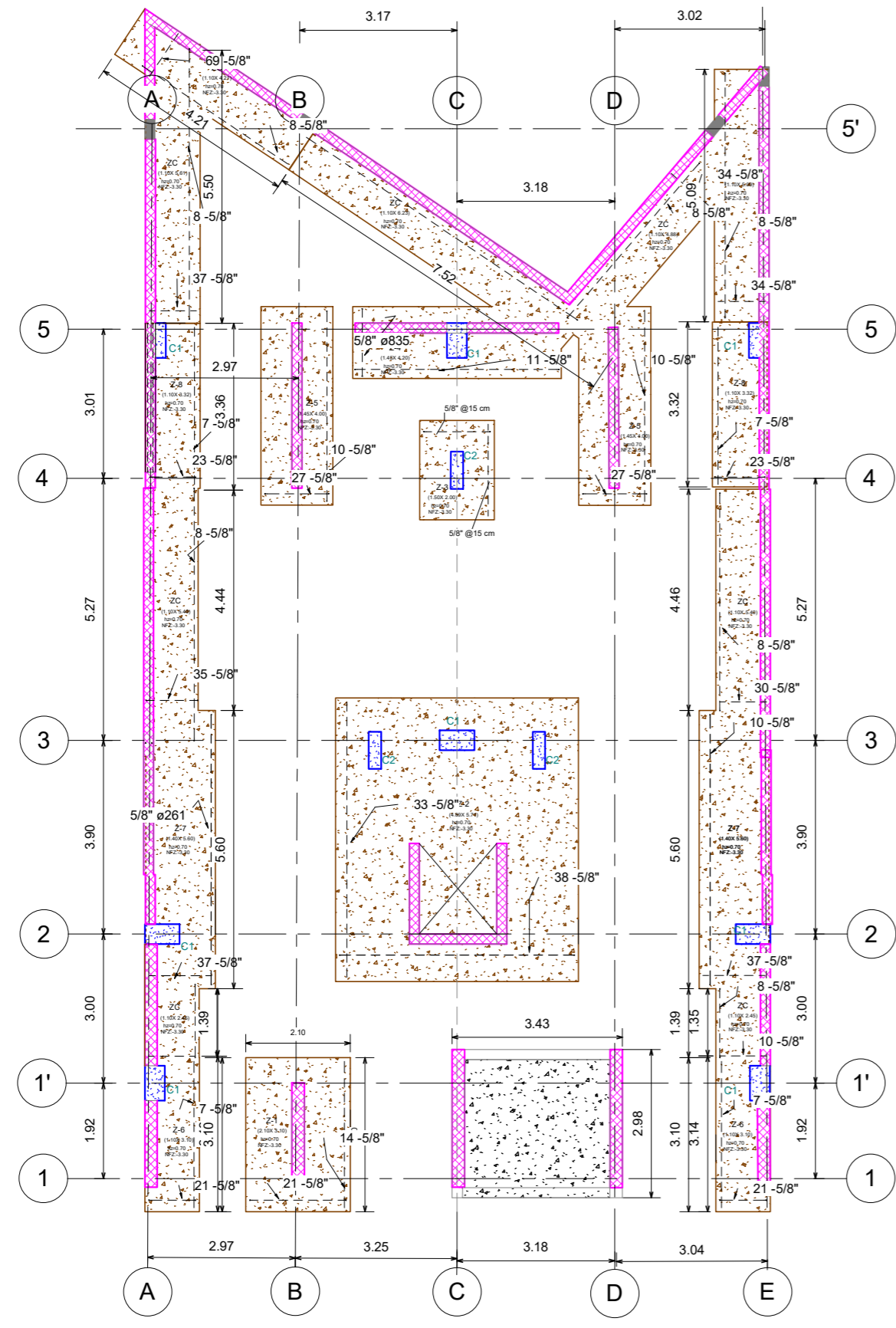
Proyectista:  
Diseñador  
  
FIRMA  
Dibujado por: Autor  
Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

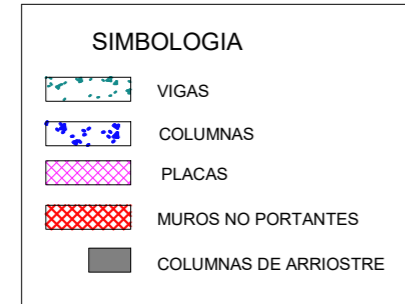
CONTENIDO:  
**Cimentación planta**

ESCALA: Como se indica  
FECHA: 01/02/21

N° DE LÁMINA:  
**E-01**



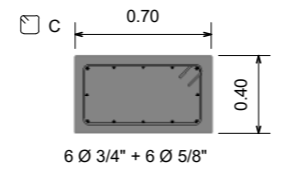
12 Cimentación  
1 : 75



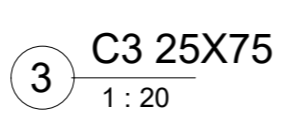
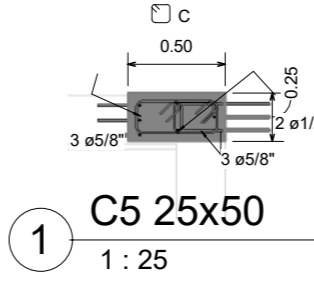
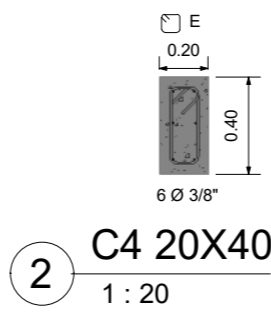
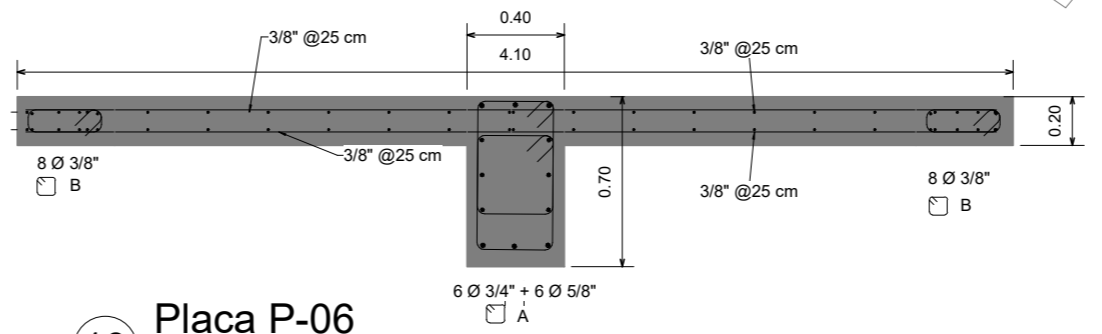
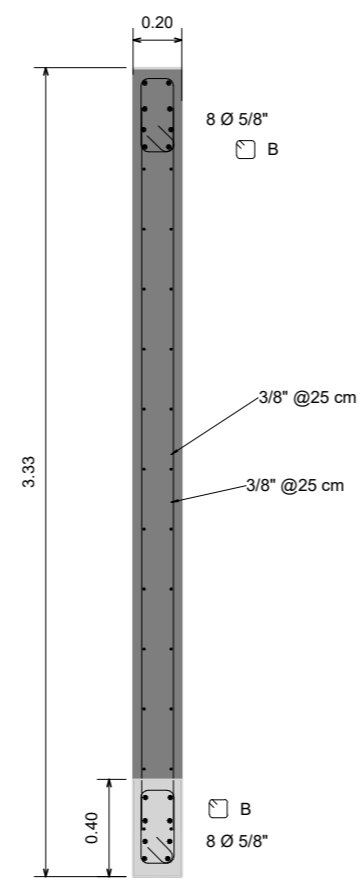
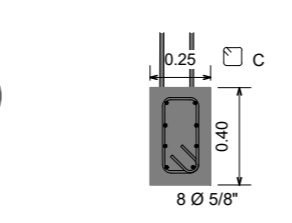
**SIMBOLOGIA ALIGERADO**  
1 : 50

TABLA DE ESTRIBOS DE COLUMNAS Y PLACAS

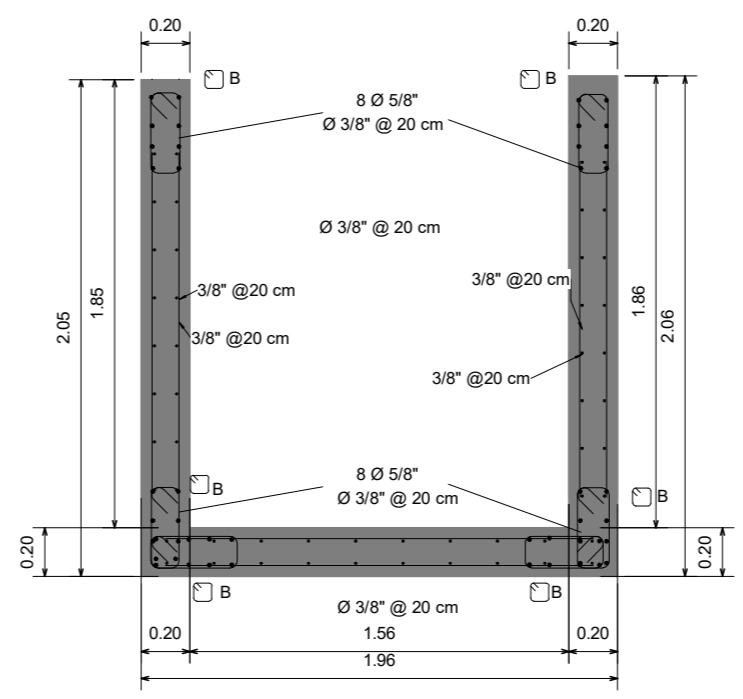
Tipo	Diámetro de Estribos	Descripción
A	3/8"	1 @ 0.05, 6 @ 0.10, resto @ 0.20 c/extremo
B	3/8"	1 @ 0.05, resto @ 0.20 c/extremo
C	3/8"	1 @ 0.05, 5 @ 0.10, 3 @ 0.15, resto @ 0.20 c/extremo
D	3/8"	1 @ 0.05, 8 @ 0.10, resto @ 0.20 c/extremo
E	3/8"	1 @ 0.05, resto @ 0.10 c/extremo



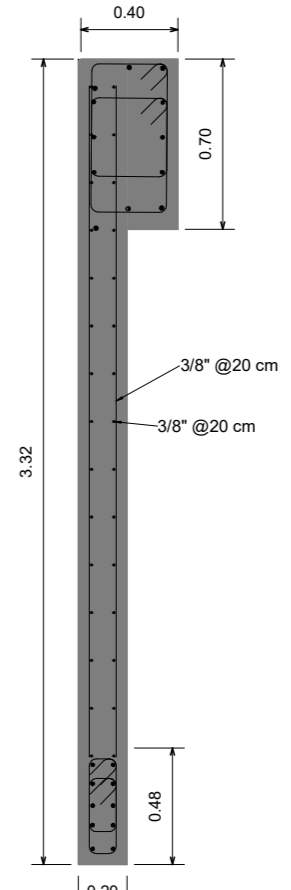
4 C1 40X70  
1 : 25



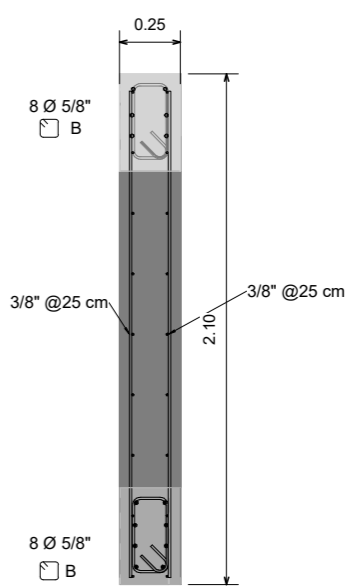
5 Placa P-01 (Ascensor)  
1 : 20



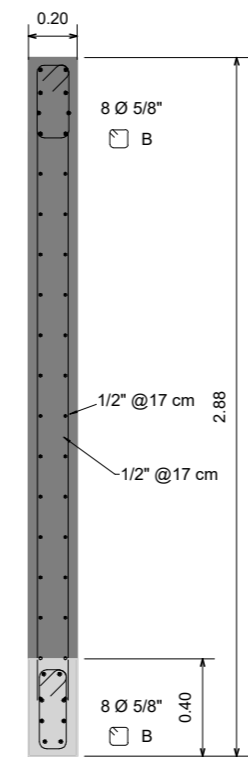
9 Placa P-05  
1 : 20



7 Placa P-04  
1 : 20



8 Placa P-03  
1 : 20





UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:  
  
Departamento:  
Provincia:  
Distrito:  
Ubicación:

Propietario:  
**Julio César  
Bustamante Pérez**

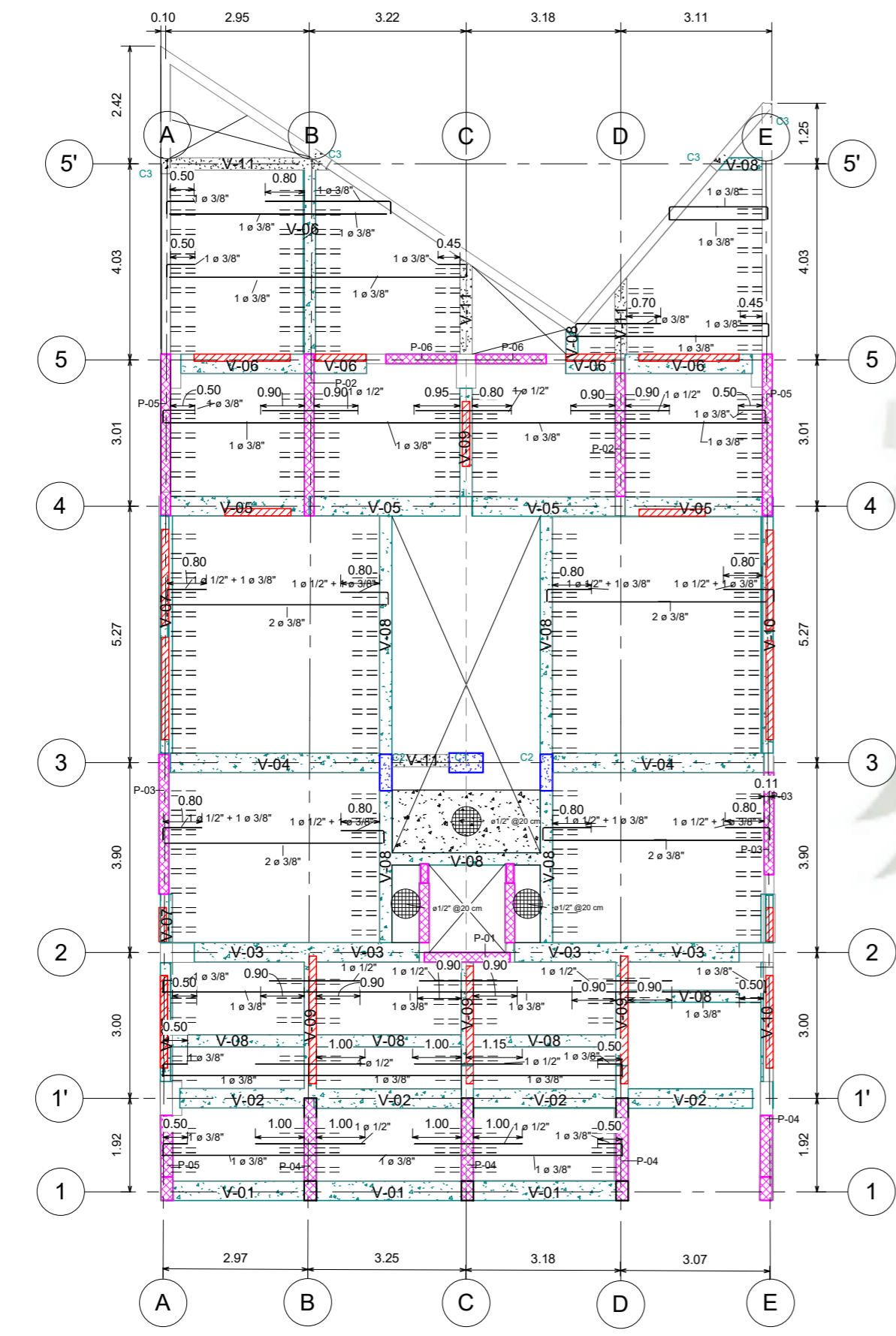
Proyectista:  
Diseñador  
  
FIRMA  
Dibujado por: Autor  
Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

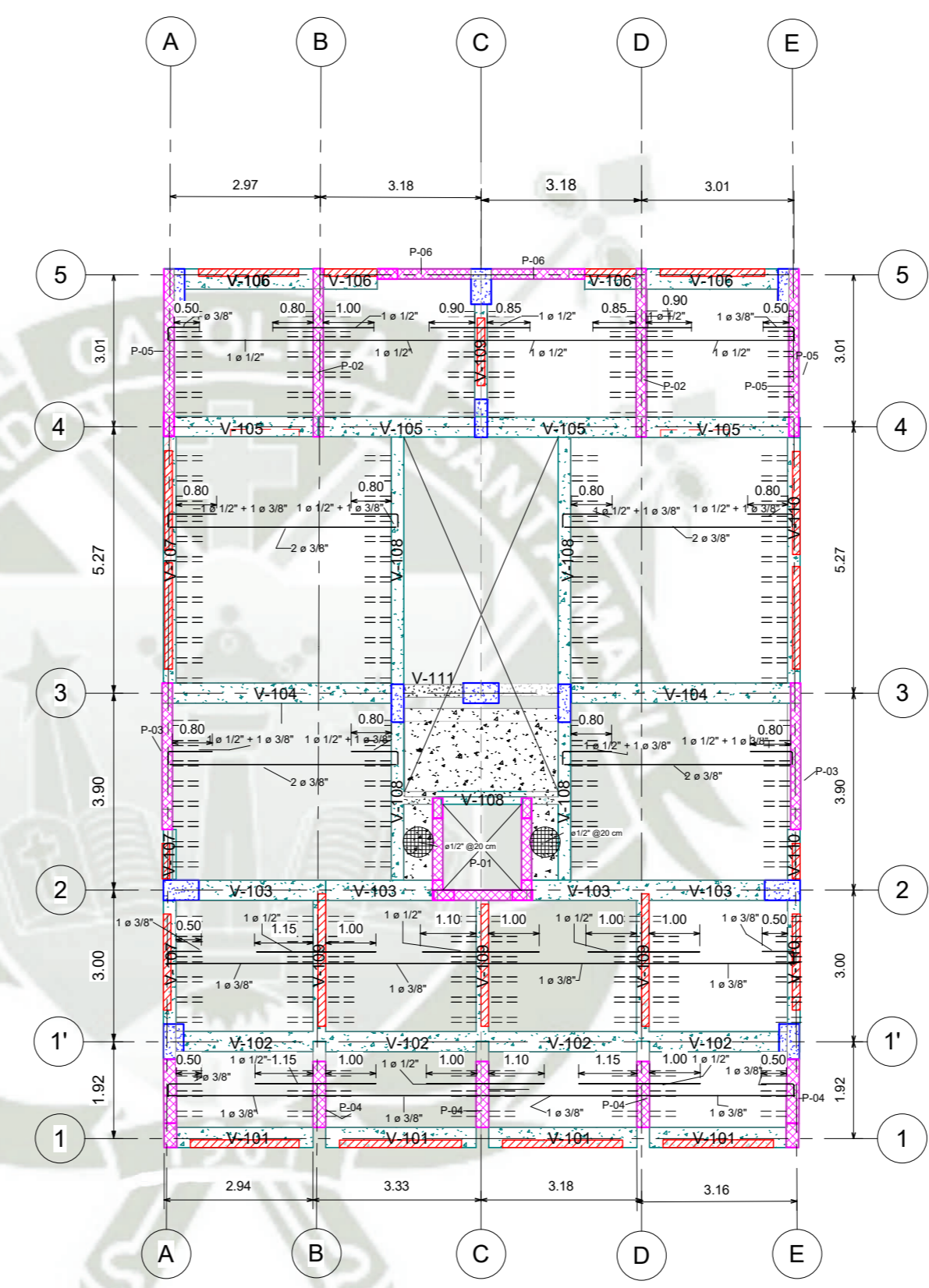
CONTENIDO:  
  
**Aligerado  
Semisótano y Primer  
nivel**

ESCALA: Como se indica  
FECHA: 07/02/20

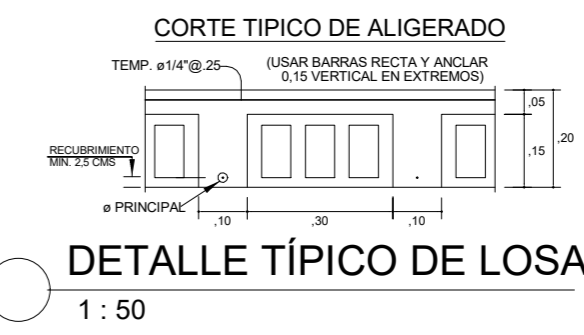
N° DE LÁMINA:  
**E-02**



1 00-Techo Semisótano - F  
1 : 75



2 01-Techo 1º nivel - F  
1 : 75



DETALLE TÍPICO DE LOSA  
1 : 50

**SIMBOLOGIA**

	VIGAS
	COLUMNAS
	PLACAS
	MUROS NO PORTANTES
	COLUMNAS DE ARRIOSTRE

SIMBOLOGIA ALIGERADO  
1 : 50

TABLA DE ESTRIBOS DE COLUMNAS

Tipo	Diámetro de Estribos	Descripción
A	3/8"	1 @ 0.05, 6 @ 0.10, resto @ 0.20 c/extremo
B	3/8"	1 @ 0.05, resto @ 0.20 c/extremo
C	3/8"	1 @ 0.05, 5 @ 0.10, 3 @ 0.15, resto @ 0.20 c/extremo
D	3/8"	1 @ 0.05, 8 @ 0.10, resto @ 0.20 c/extremo
E	3/8"	1 @ 0.05, resto @ 0.10 c/extremo

TABLA DE ESTRIBOS DE VIGAS

Tipo	Diámetro de Estribos	Descripción
A	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, resto @ 20 cm c/extremo
B	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, 3 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
C	3/8"	1 @ 5, 8 @ 10, 5 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
D	3/8"	1 @ 5, resto @ 10 cm c/extremo



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

Departamento:

Provincia:

Distrito:

Ubicación:

Propietario:

Julio César  
Bustamante Pérez

Proyectista:

Diseñador

FIRMA

Dibujado por: Autor

Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

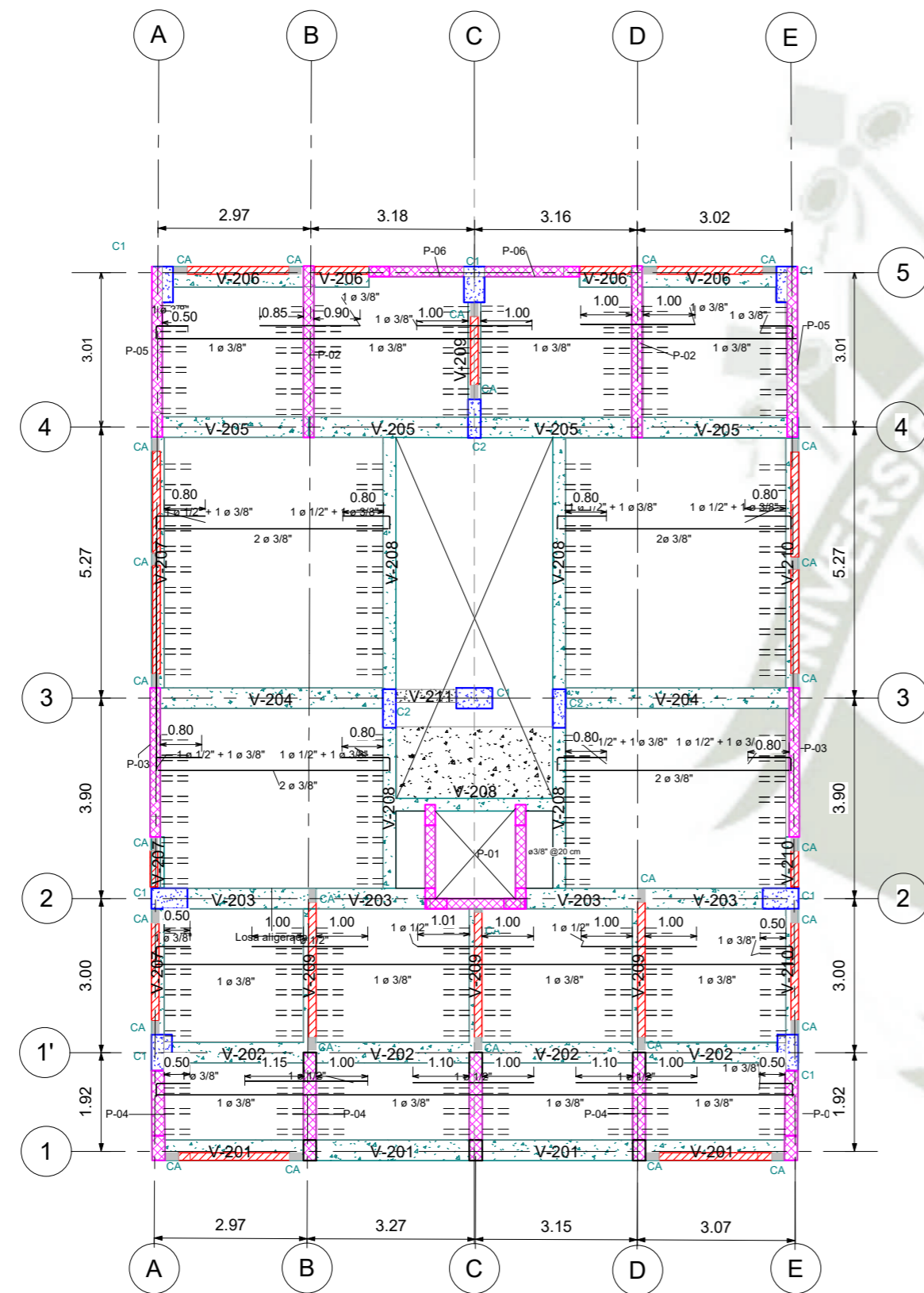
CONTENIDO:

Techo 2° nivel y 3°  
nivel

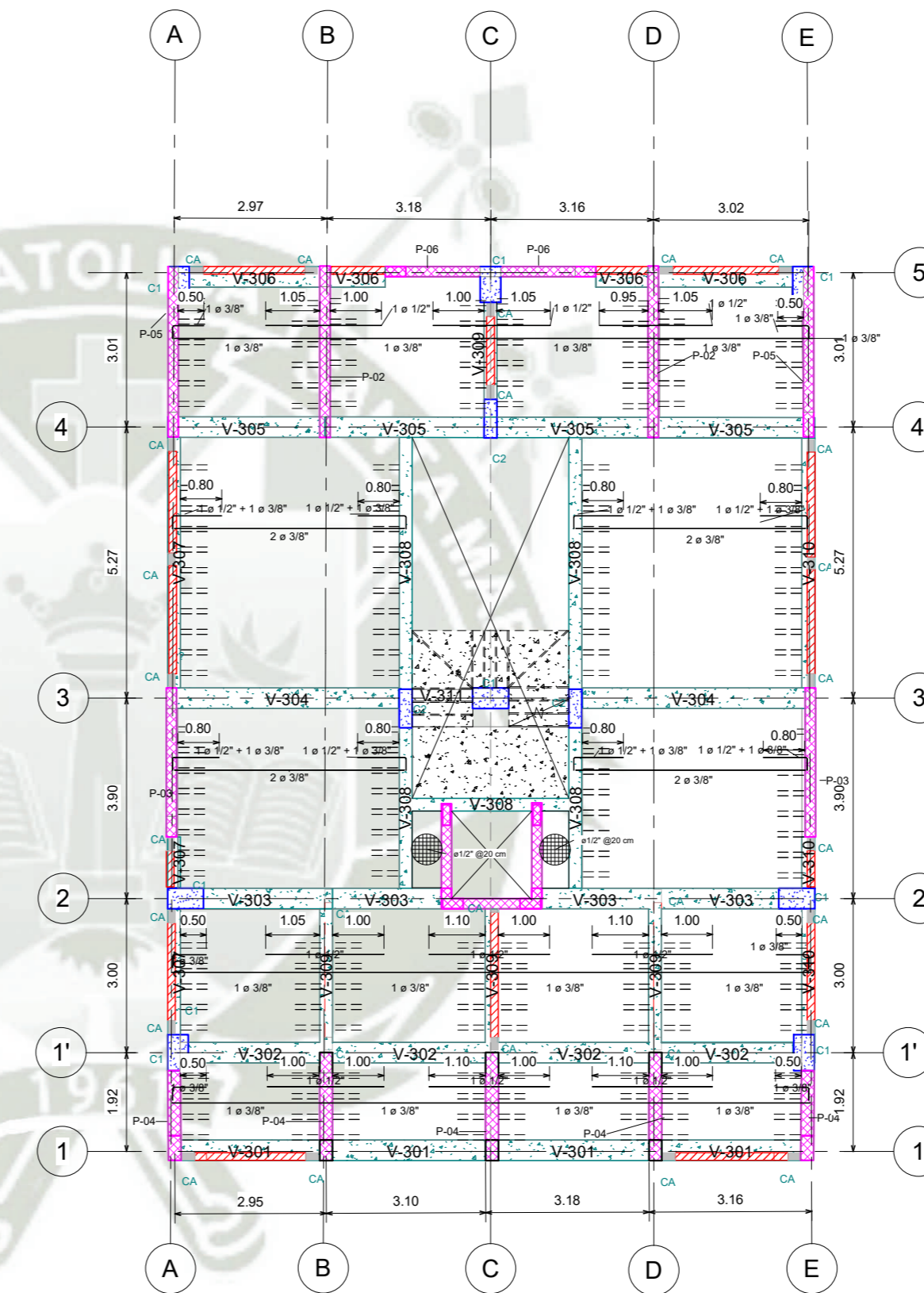
ESCALA: FECHA:  
Como se indica 12/29/20

N° DE LÁMINA:

E-03



1 02-Techo 2° nivel - F  
1 : 75



2 03-Techo 3° nivel - F  
1 : 75

**SIMBOLOGIA**

	VIGAS
	COLUMNAS
	PLACAS
	MUROS NO PORTANTES
	COLUMNAS DE ARRIOSTRE

**SIMBOLOGIA ALIGERADO**  
1 : 50

**TABLA DE ESTRIBOS DE COLUMNAS**

Tipo	Diámetro de Estribos	Descripción
A	3/8"	1 @ 0.05, 6 @ 0.10, resto @ 0.20 c/extremo
B	3/8"	1 @ 0.05, resto @ 0.20 c/extremo
C	3/8"	1 @ 0.05, 5 @ 0.10, 3 @ 0.15, resto @ 0.20 c/extremo
D	3/8"	1 @ 0.05, 8 @ 0.10, resto @ 0.20 c/extremo
E	3/8"	1 @ 0.05, resto @ 0.10 c/extremo

**TABLA DE ESTRIBOS DE VIGAS**

Tipo	Diámetro de Estribos	Descripción
A	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, resto @ 20 cm c/extremo
B	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, 3 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
C	3/8"	1 @ 5, 8 @ 10, 5 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
D	3/8"	1 @ 5, resto @ 10 cm c/extremo



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:  
  
Departamento:  
Provincia:  
Distrito:  
Ubicación:

Propietario:  
**Julio César  
Bustamante Pérez**

Proyectista:  
Diseñador

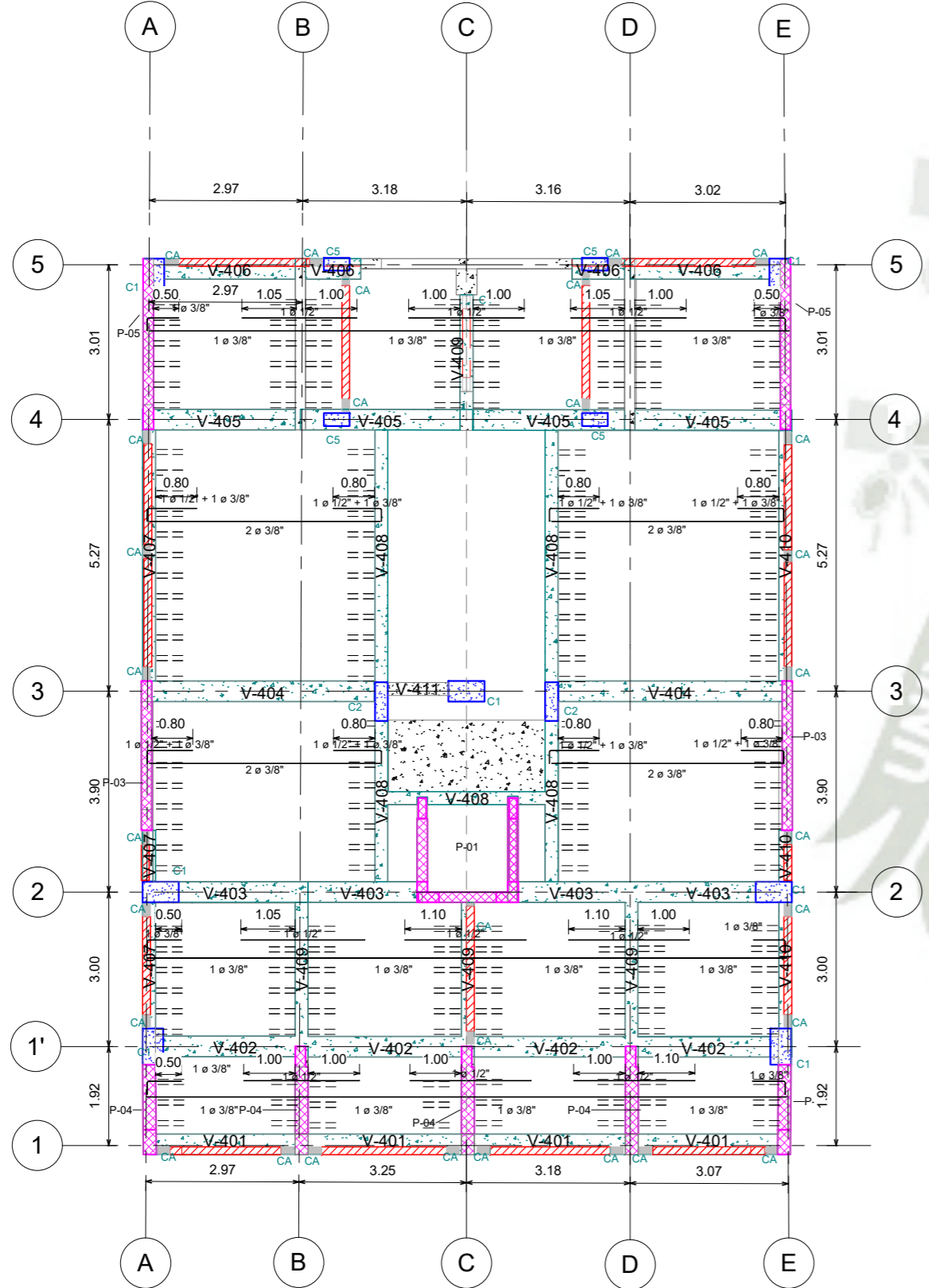
FIRMA  
Dibujado por: Autor  
Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

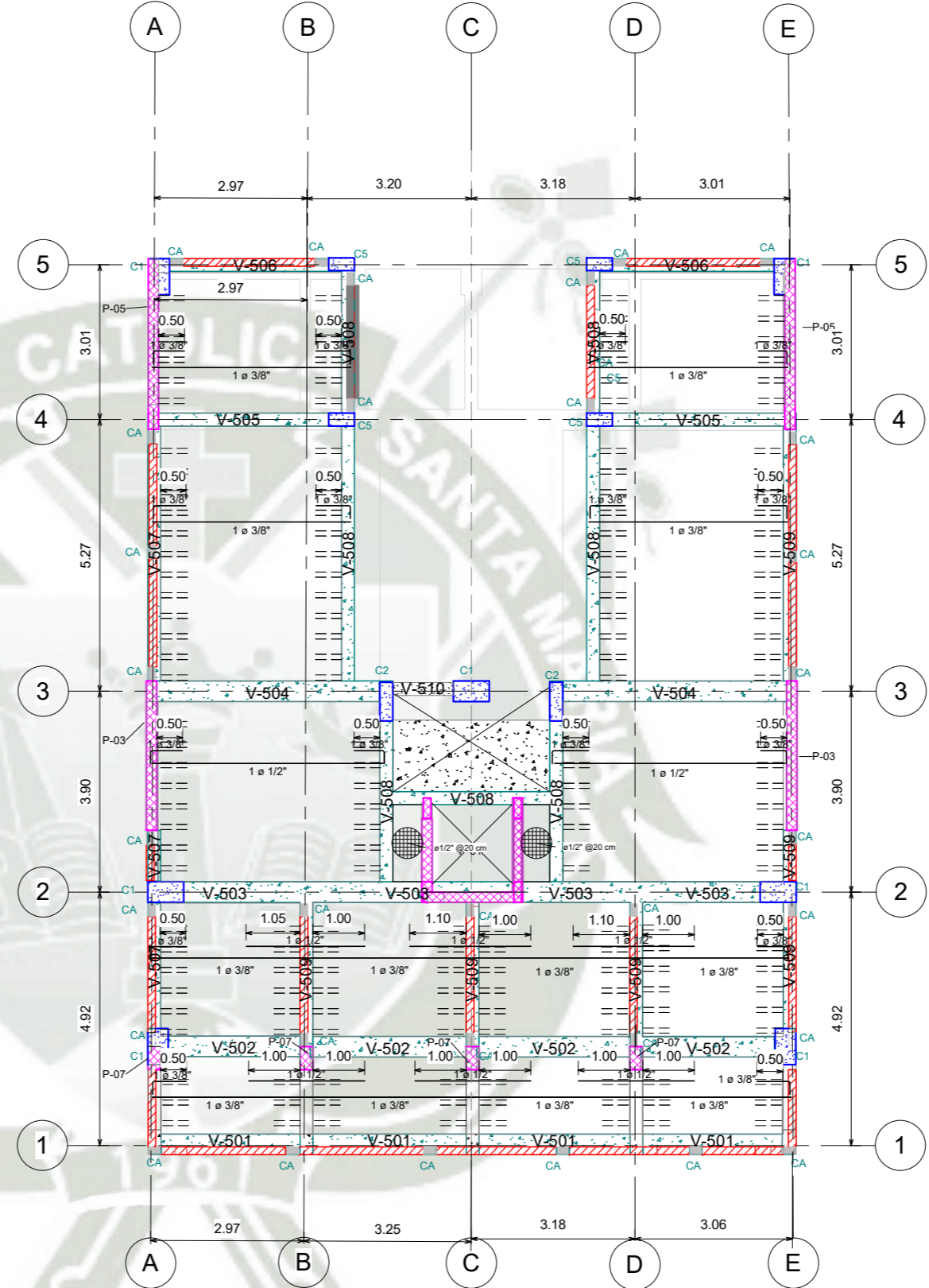
CONTENIDO:  
  
**Techo 4° nivel y 5° nivel**

ESCALA: FECHA:  
Como se indica 12/28/20

N° DE LÁMINA:  
**E-04**



**1** 04-Techo 4° nivel - F  
1 : 75



**2** 05-Techo 5° nivel - F  
1 : 75

**SIMBOLOGIA**

- VIGAS
- COLUMNAS
- PLACAS
- MUROS NO PORTANTES
- COLUMNAS DE ARRIOSTRE

**SIMBOLOGIA ALIGERADO**  
1 : 50

**TABLA DE ESTRIBOS DE COLUMNAS**

Tipo	Diámetro de Estribos	Descripción
A	3/8"	1 @ 0.05, 6 @ 0.10, resto @ 0.20 c/extremo
B	3/8"	1 @ 0.05, resto @ 0.20 c/extremo
C	3/8"	1 @ 0.05, 5 @ 0.10, 3 @ 0.15, resto @ 0.20 c/extremo
D	3/8"	1 @ 0.05, 8 @ 0.10, resto @ 0.20 c/extremo
E	3/8"	1 @ 0.05, resto @ 0.10 c/extremo

**TABLA DE ESTRIBOS DE VIGAS**

Tipo	Diámetro de Estribos	Descripción
A	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, resto @ 20 cm c/extremo
B	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, 3 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
C	3/8"	1 @ 5, 8 @ 10, 5 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
D	3/8"	1 @ 5, resto @ 10 cm c/extremo



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:  
  
Departamento:  
Provincia:  
Distrito:  
Ubicación:

Propietario:  
**Julio César  
Bustamante Pérez**

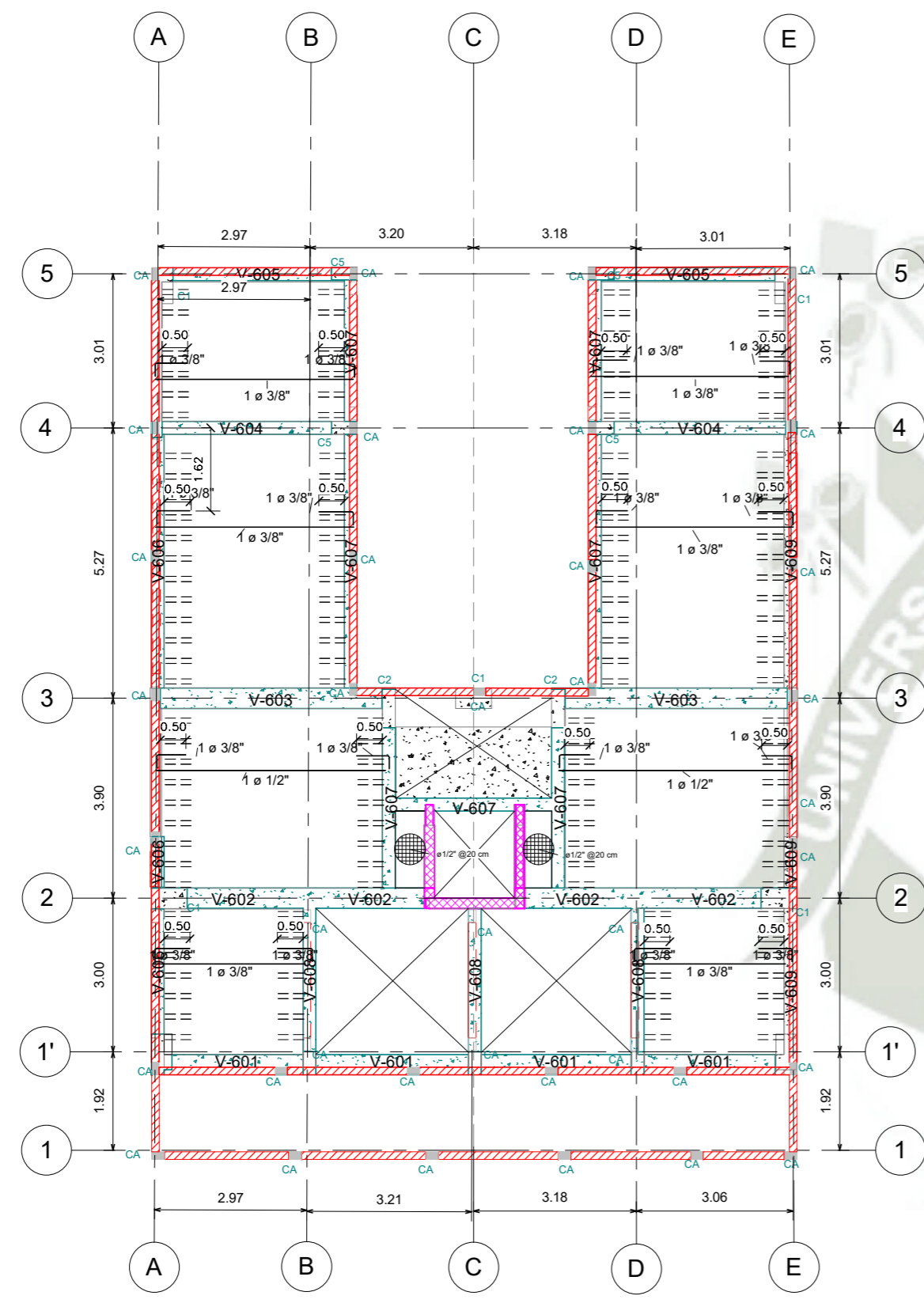
Proyectista:  
Diseñador  
  
FIRMA  
Dibujado por: Autor  
Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

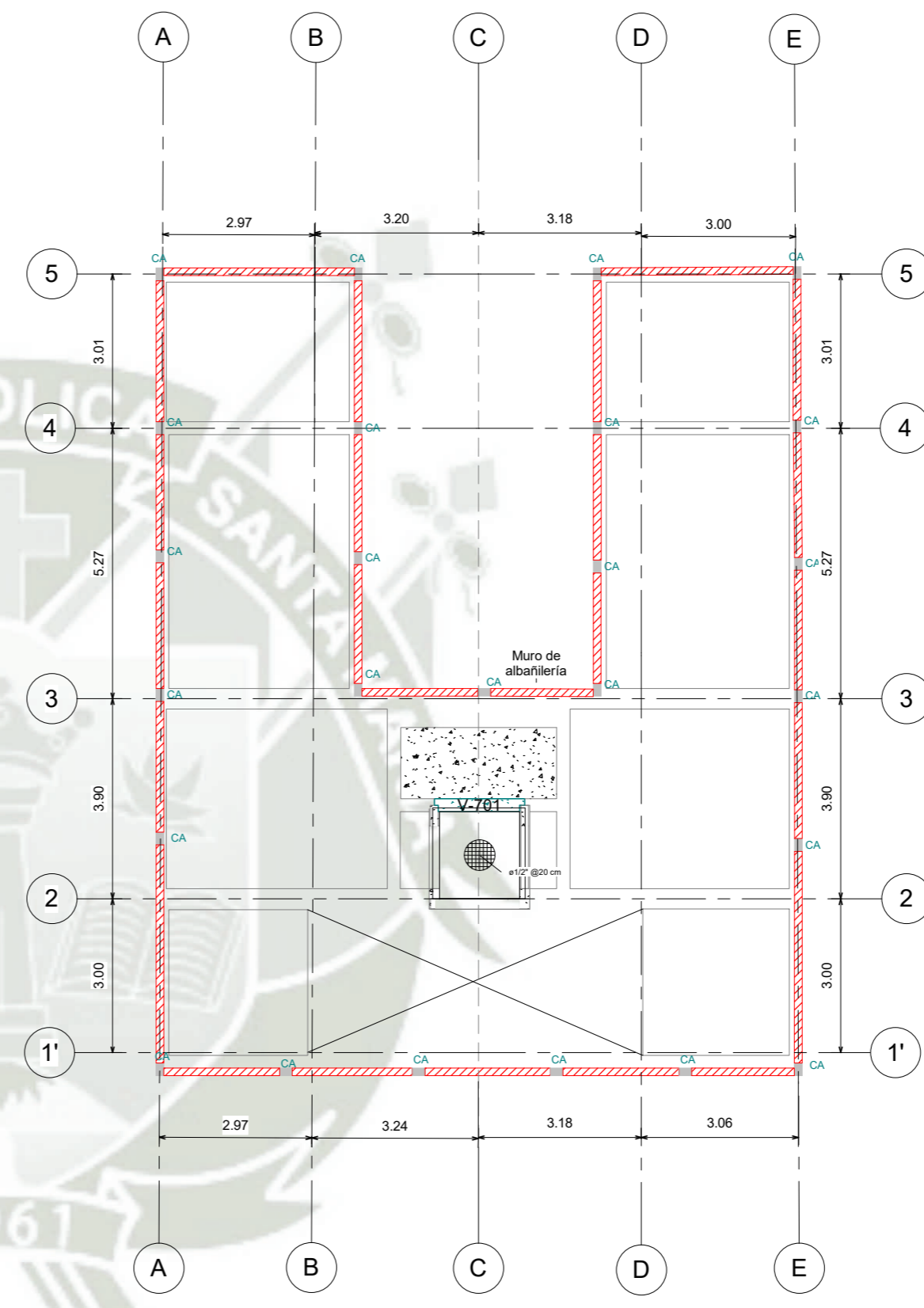
CONTENIDO:  
**Techo 6° nivel y  
azotea**

ESCALA: FECHA:  
Como se indica 12/28/20

N° DE LÁMINA:  
**E-05**



**1** 06-Techo 6° nivel - F  
1 : 75



**2** 07-Techo azotea - F  
1 : 75

**SIMBOLOGIA**

	VIGAS
	COLUMNAS
	PLACAS
	MUROS NO PORTANTES
	COLUMNAS DE ARRIOSTRE

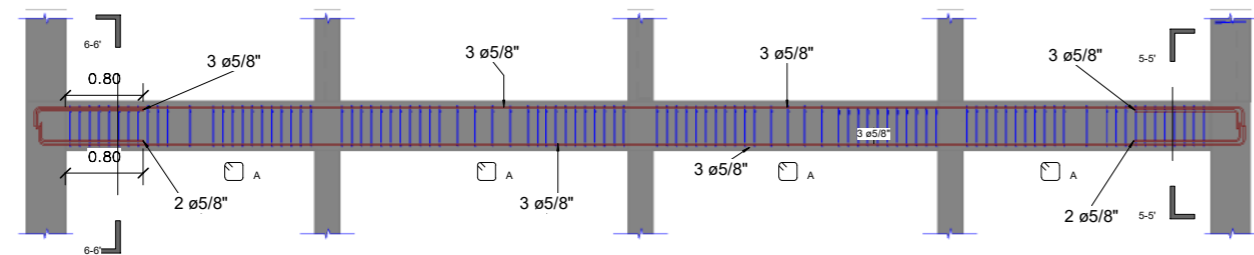
**SIMBOLOGIA ALIGERADO**  
1 : 50

**TABLA DE ESTRIBOS DE COLUMNAS**

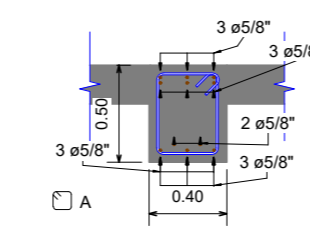
Tipo	Diámetro de Estribos	Descripción
A	3/8"	1 @ 0.05, 6 @ 0.10, resto @ 0.20 c/extremo
B	3/8"	1 @ 0.05, resto @ 0.20 c/extremo
C	3/8"	1 @ 0.05, 5 @ 0.10, 3 @ 0.15, resto @ 0.20 c/extremo
D	3/8"	1 @ 0.05, 8 @ 0.10, resto @ 0.20 c/extremo
E	3/8"	1 @ 0.05, resto @ 0.10 c/extremo

**TABLA DE ESTRIBOS DE VIGAS**

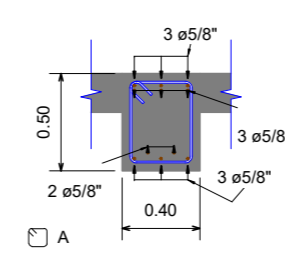
Tipo	Diámetro de Estribos	Descripción
A	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, resto @ 20 cm c/extremo
B	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, 3 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
C	3/8"	1 @ 5, 8 @ 10, 5 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
D	3/8"	1 @ 5, resto @ 10 cm c/extremo



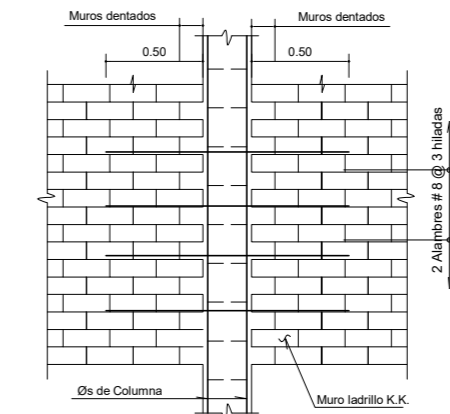
1 V-102,202,302,402,502,601  
1 : 50



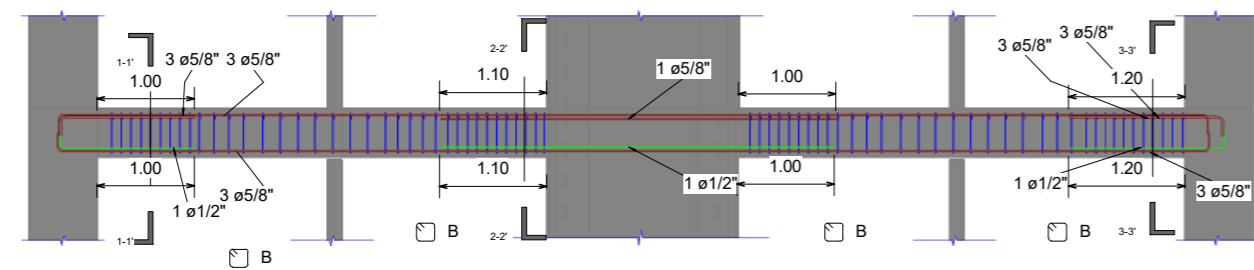
6 5-5'  
1 : 25



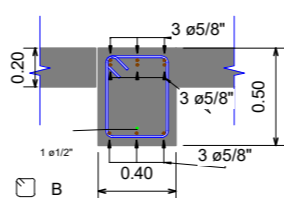
16 6-6'  
1 : 25



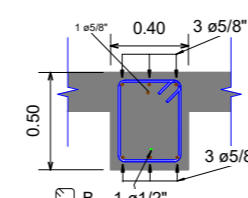
DET AMARRE COLUMNA Y MURO  
DETALLE AMARRE COL - MURO  
1 : 50



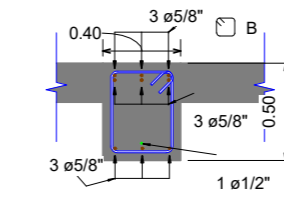
2 V-103,603  
1 : 50



5 1-1'  
1 : 25



10 2-2'  
1 : 25

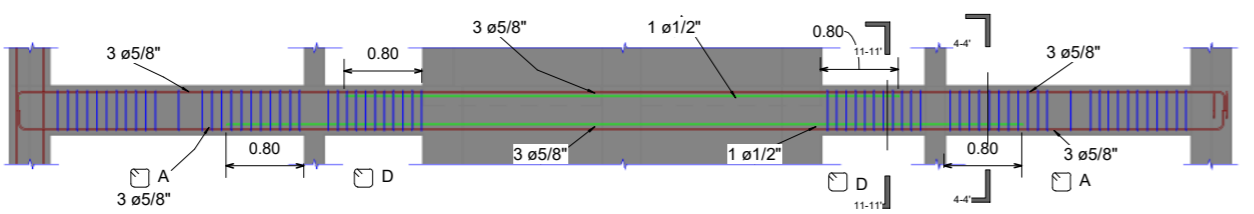


8 3-3'  
1 : 25

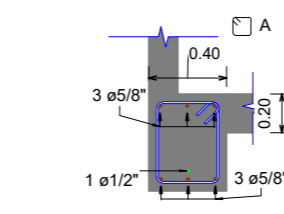
DETALLE DOBLADO DE ESTRIBOS EN VIGAS Y COLUMNAS

Ø	r	a
Ø1/4"	2cm	10cm
Ø3/8"	3cm	15cm

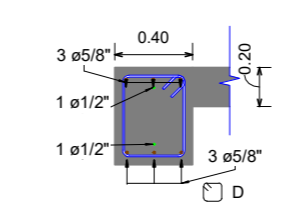
DETALLE DE DOBLADO DE ESTRIBOS  
1 : 50



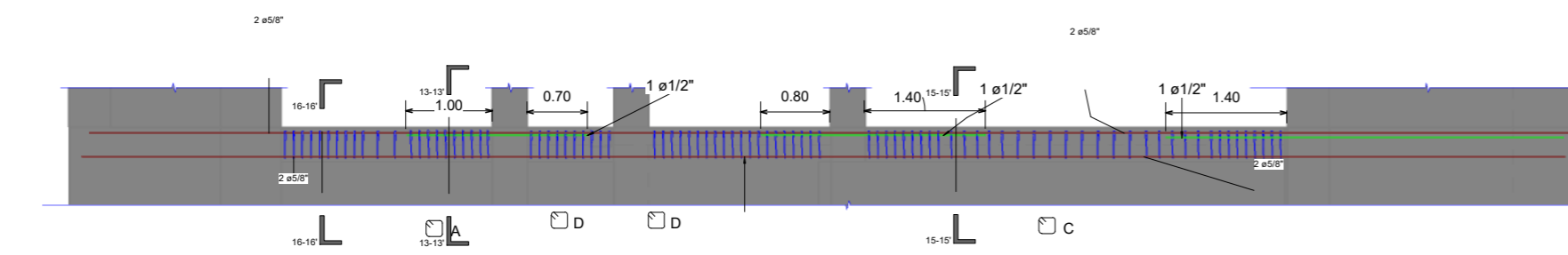
3 V-206,306,406  
1 : 50



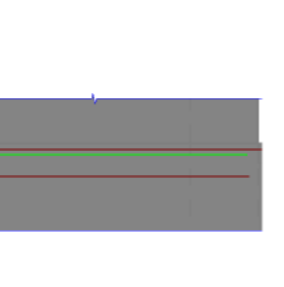
4 4-4'  
1 : 25



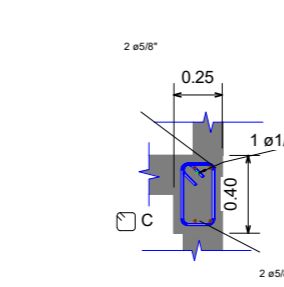
7 11-11'  
1 : 25



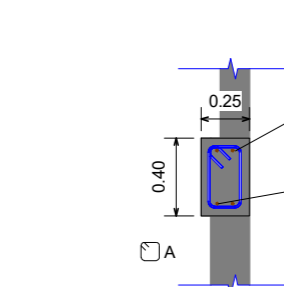
9 V-010,110,210,310,410,510,609  
1 : 50



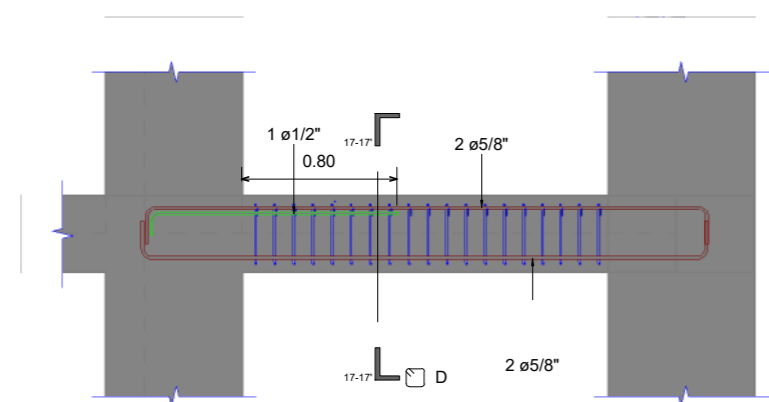
11 11-11'  
1 : 25



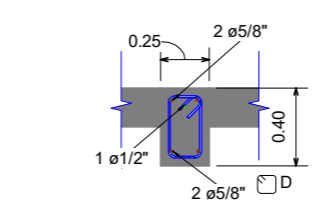
12 15-15'  
1 : 25



13 16-16'  
1 : 25

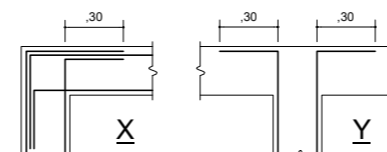


15 V-209,309,409  
1 : 25



14 17-17'  
1 : 25

DET.DOBLADO de ØS EN VIGAS



DETALLE DOBLADO DE ACEROS  
1 : 50

TABLA DE ESTRIBOS DE VIGAS

Tipo	Diámetro de Estribos	Descripción
A	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, resto @ 20 cm c/extremo
B	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, 3 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
C	3/8"	1 @ 5, 8 @ 10, 5 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
D	3/8"	1 @ 5, resto @ 10 cm c/extremo



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:  
  
Departamento:  
Provincia:  
Distrito:  
Ubicación:

Propietario:  
**Julio César Bustamante Pérez**

Proyectista:  
Diseñador:  
  
FIRMA  
Dibujado por: Autor  
Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

CONTENIDO:  
  
Detalles de vigas 1

ESCALA: Como se indica  
FECHA: 07/20/20

N° DE LÁMINA:  
**E-06**



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:  
  
Departamento:  
Provincia:  
Distrito:  
Ubicación:

Propietario:  
**Julio César  
Bustamante Pérez**

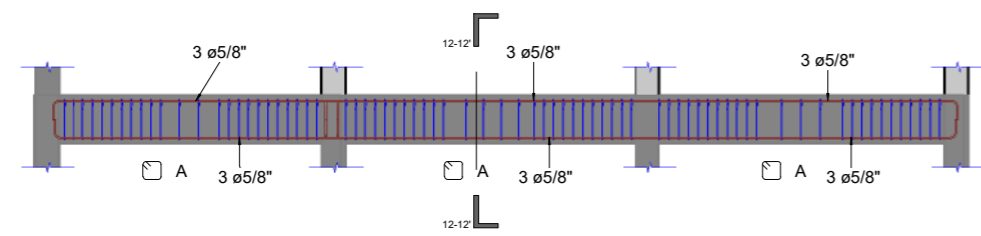
Proyctista:  
Diseñador  
  
FIRMA  
Dibujado por: Autor  
Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

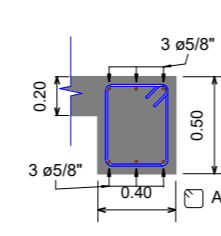
CONTENIDO:  
  
Detalles de vigas 2

ESCALA: Como se indica  
FECHA: 01/11/21

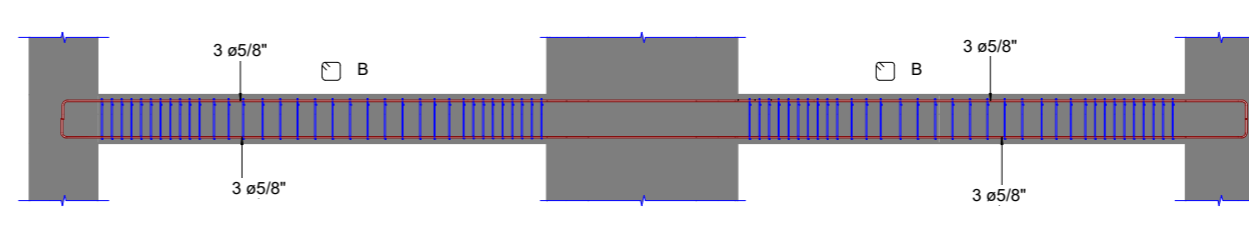
N° DE LÁMINA:  
**E-07**



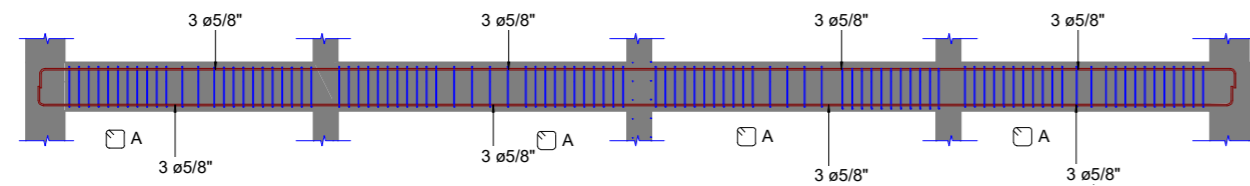
1 V-01,V-101,V-201,V-301,V-401,V-501(40x50)  
1 : 50



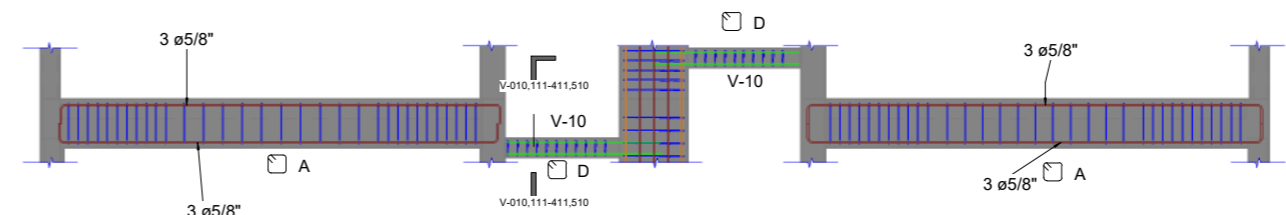
10 12-12'  
1 : 25



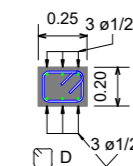
8 V-03  
1 : 50



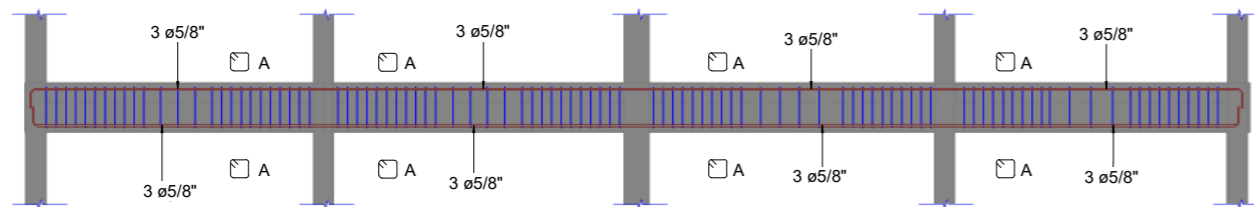
2 V-02  
1 : 50



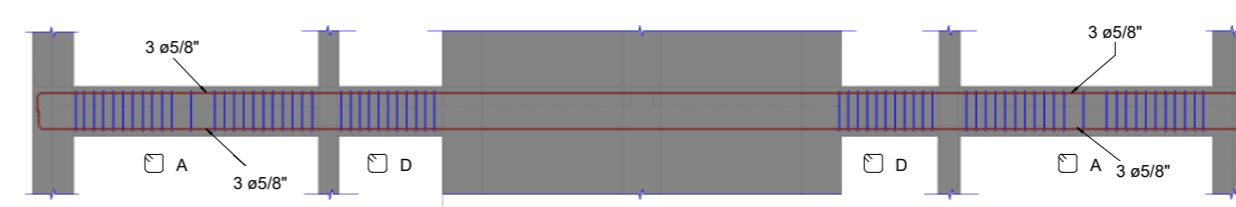
3 V-04,104,204,304,404,504,603  
1 : 50



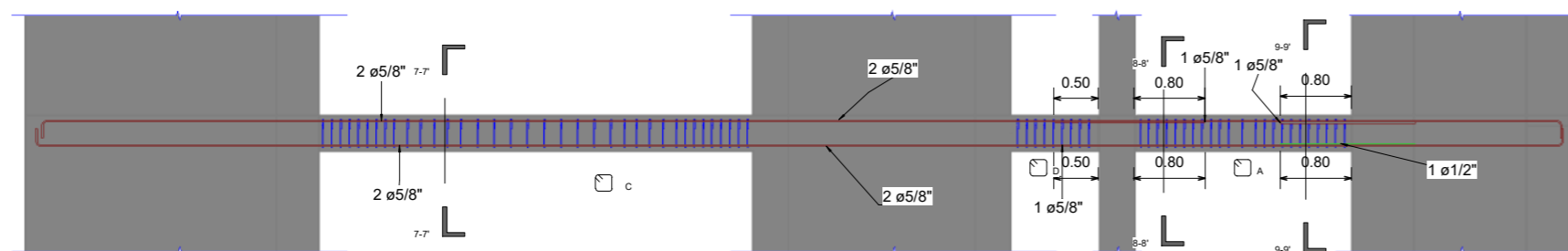
11 V-010,111-411,510  
1 : 25



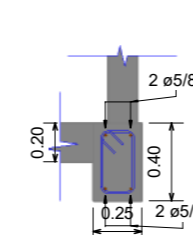
9 V-05,105,205,305,405  
1 : 50



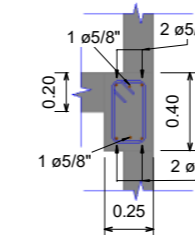
4 V-06,106  
1 : 50



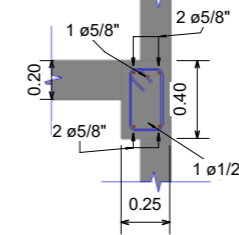
5 V-07,107,207,307,407,507  
1 : 50



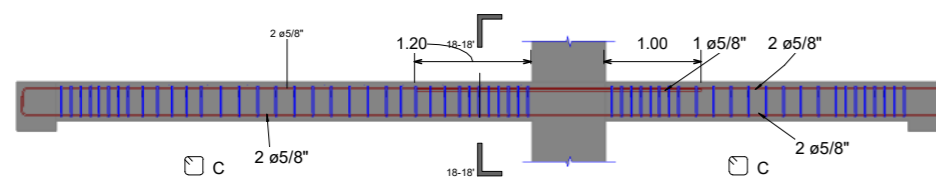
12 7-7'  
1 : 25



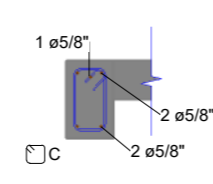
13 8-8'  
1 : 25



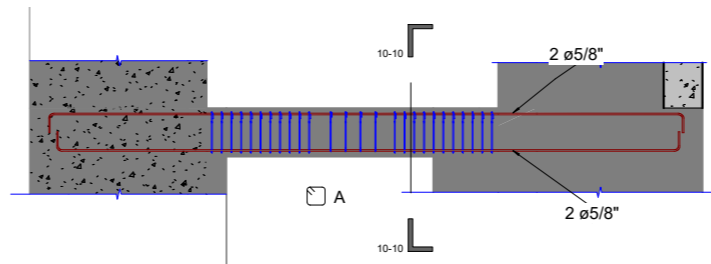
14 9-9'  
1 : 25



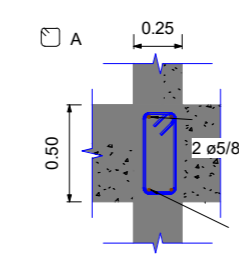
6 V-08,108,208,308,408,508  
1 : 50



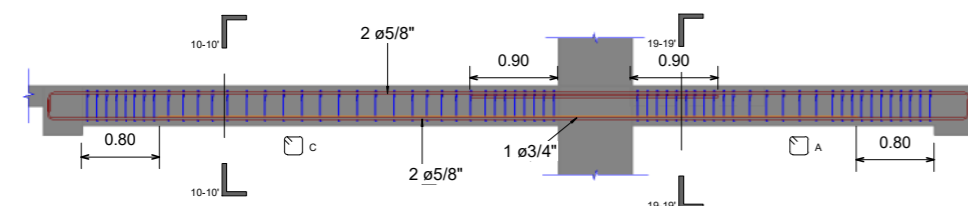
18 18-18'  
1 : 25



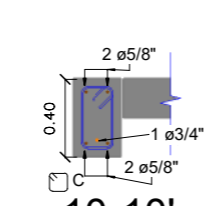
7 V-09,109,509,608  
1 : 50



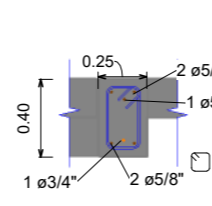
15 10-10'  
1 : 25



17 V-108,208,308,408  
1 : 50

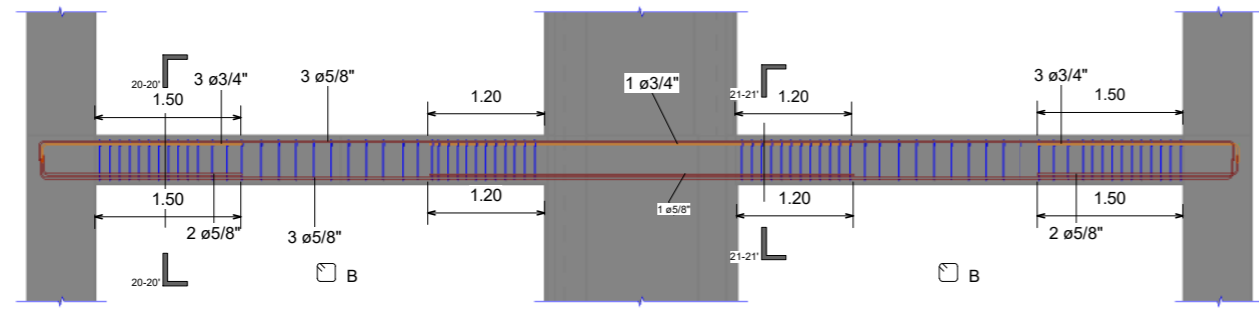


16 10-10'  
1 : 25

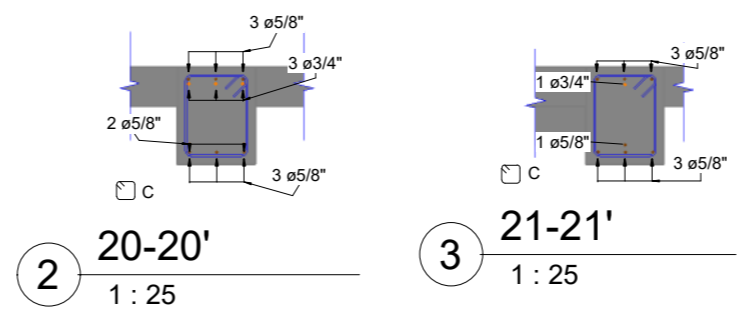


19 19-19'  
1 : 25

Tipo	Diámetro de Estribos	Descripción
A	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, resto @ 20 cm c/extremo
B	3/8"	1 @ 5, 10 @ 10, 3 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
C	3/8"	1 @ 5, 8 @ 10, 5 @ 15, resto @ 20 cm c/extremo
D	3/8"	1 @ 5, resto @ 10 cm c/extremo

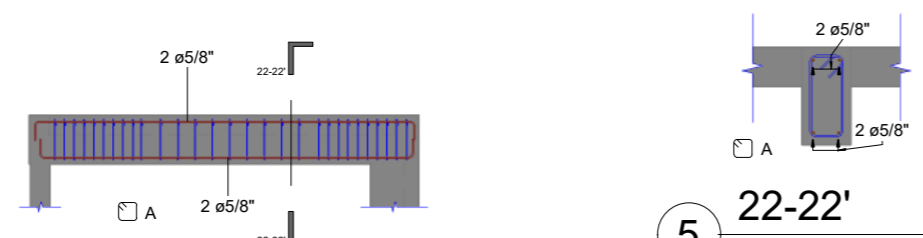


1 V-203,303,403,503,602  
1 : 50



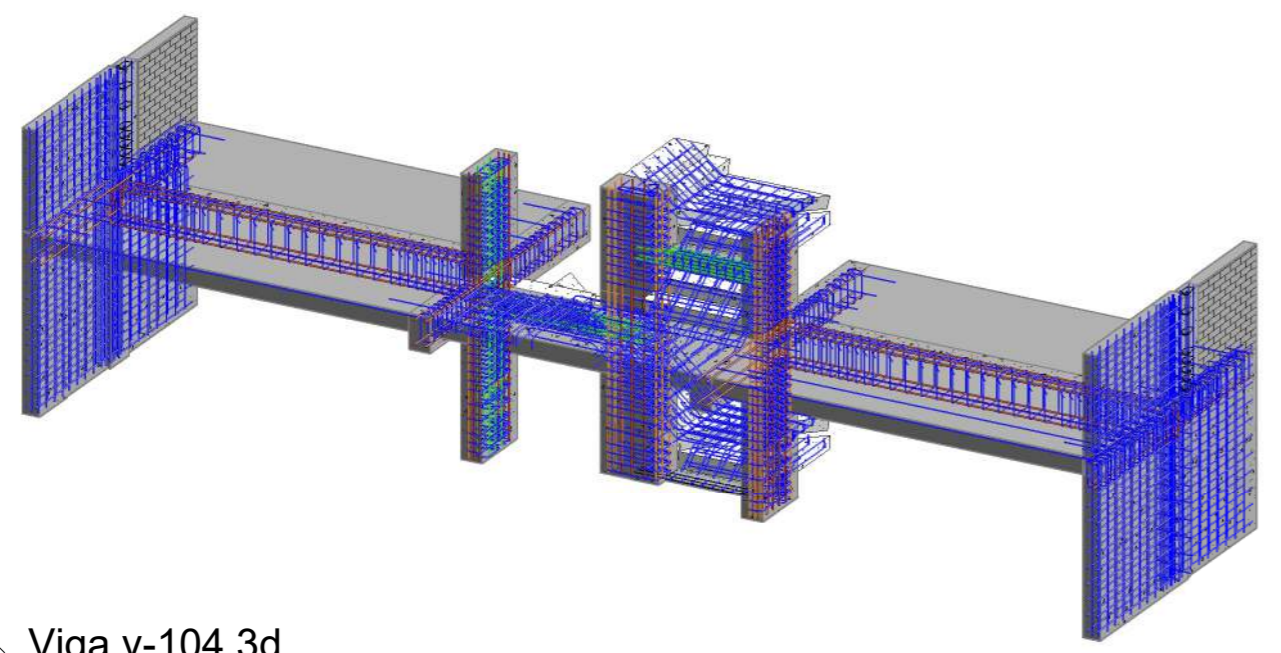
2 20-20'  
1 : 25

3 21-21'  
1 : 25

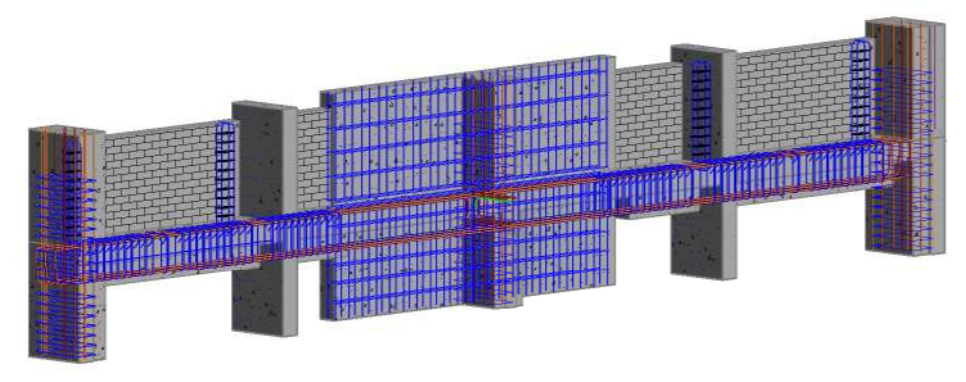


4 V-505,506,604,605  
1 : 50

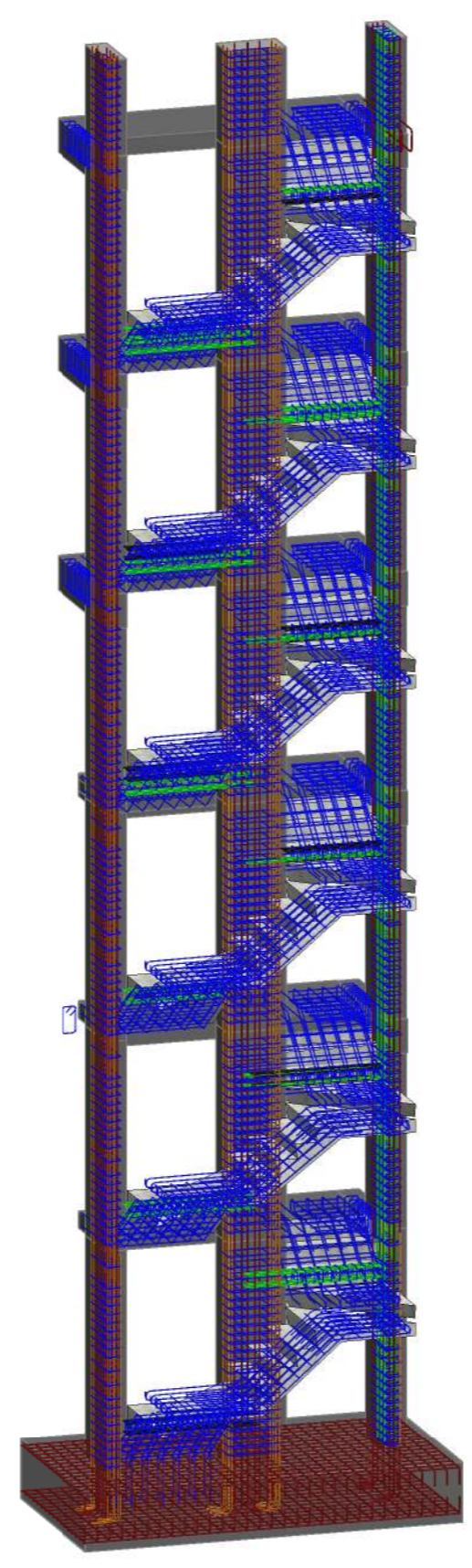
5 22-22'  
1 : 25



7 Viga v-104 3d



8 viga V-106 3d



6 3D ESCALERA

**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

**CONCRETO:**  
 CEMENTO: C'C" = 1:10 + 30% P.G. 8" MAX.  
 SOBRECIMENTO: C'C" = 1:8 + 25% P.M. 3" MAX.  
 SUB CEMENTO: C'C" = 1:10 + 30% P.G. 8" MAX.  
 FALSO PISO: C'S" = 1:10 ø = 10 cm.  
 ESTRUCTURAS: C'A" : fc = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

**REFUERZO:**  
 ACERO CORRUGADO GRADO 60  
 fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>

**ALBAÑILERIA:**  
 LADRILLO K.K. TIPO IV  
 fm = 65 Kg/cm<sup>2</sup>

**TERRENO:**  
 G1 = 2.48 Kg/cm<sup>2</sup> EMS.  
 TERRENO ARENO-GRAVOSO  
 PROFUNDIDAD DE DESPLANTE:  
 CIMENTOS = 1.20. ZAPATAS = 1.70

**SOBRECARGAS:**  
 SEMISOTANO SIC = 200 Kg/m<sup>2</sup>  
 1º NIVEL SIC = 200 Kg/m<sup>2</sup>  
 2º NIVEL SIC = 200 Kg/m<sup>2</sup>  
 3º NIVEL SIC = 200 Kg/m<sup>2</sup>  
 4º NIVEL SIC = 200 Kg/m<sup>2</sup>  
 5º NIVEL SIC = 200 Kg/m<sup>2</sup>  
 6º NIVEL SIC = 200 Kg/m<sup>2</sup>  
 ESCALERAS SIC = 200 Kg/m<sup>2</sup>

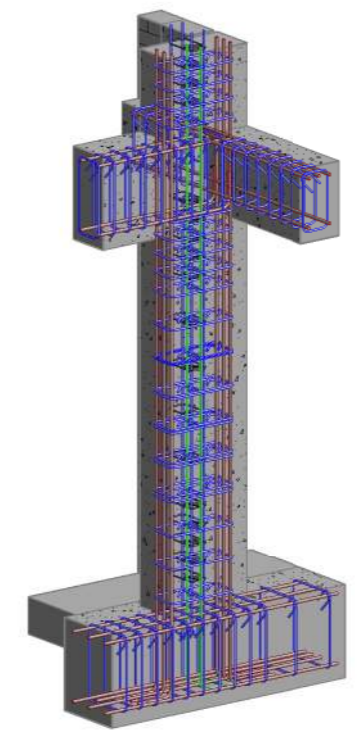
**RECUBRIMIENTOS:**  
 COLUMNAS ø = 4.0 cm LIBRES  
 ZAPATAS ø = 7.5 cm LIBRES  
 VIGAS CHATAS LOSAS ø = 2.5 cm LIBRES  
 VIGAS PERALTADAS ø = 4.0 cm LIBRES

**TRASLAPES:**  
 40ø (ø = DIAMETRO VARILLA MAYOR DE ENCUENTRO)

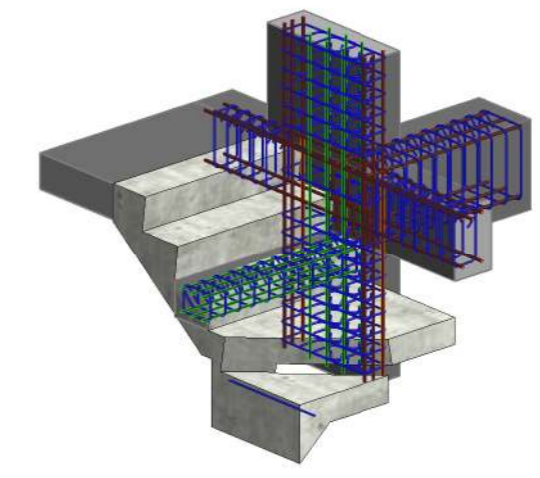
**ESTRUCTURA**  
 SISTEMA ESTRUCTURAL : APORTICADO  
 ESPECTRO DE RESPUESTA : Z = 0.35 (zona 3)  
 U = 1.0  
 S = 1.15  
 Tp (Período Plataforma Espectro) = 0.6  
 T (Período inicio zona) = 2.0  
 R = 9  
 C = 2.5x(Tp/T)

**JOINT DISPLACEMENTS (cm)**  
 TRASLACION X 2.6012  
 TRASLACION Y 2.1102  
 Desplaz. max. Relativo = 0.009 mts.

ESPECIFICACIONES TECNICAS  
1 : 50



9 Detalle union viga columna C5



10 Detalle union viga columna C2



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

Departamento:

Provincia:

Distrito:

Ubicación:

Propietario:  
 Julio César Bustamante Pérez

Proyectista:  
 Diseñador

FIRMA

Dibujado por: Autor

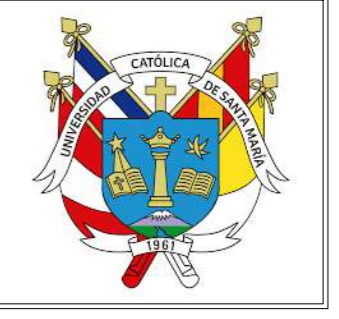
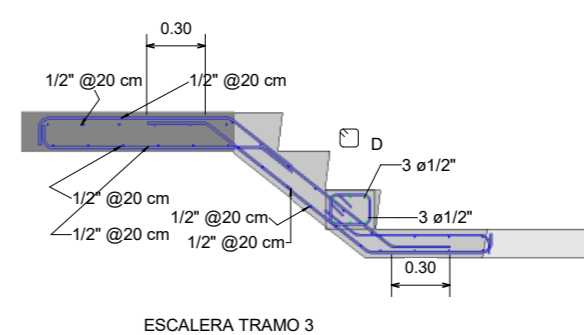
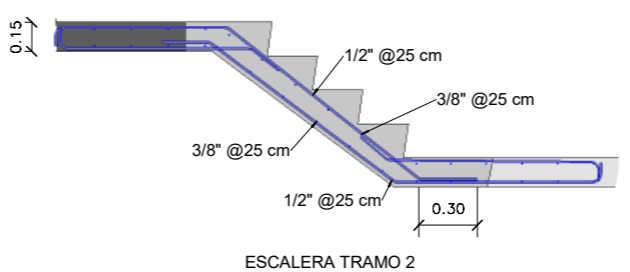
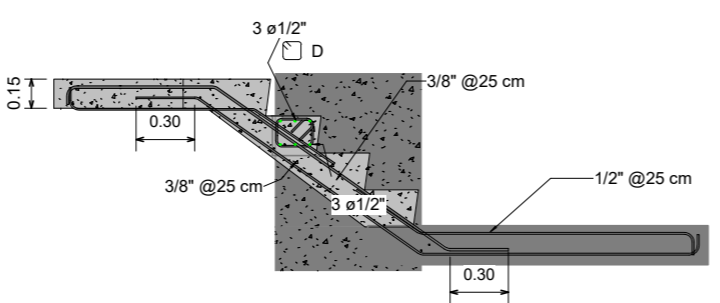
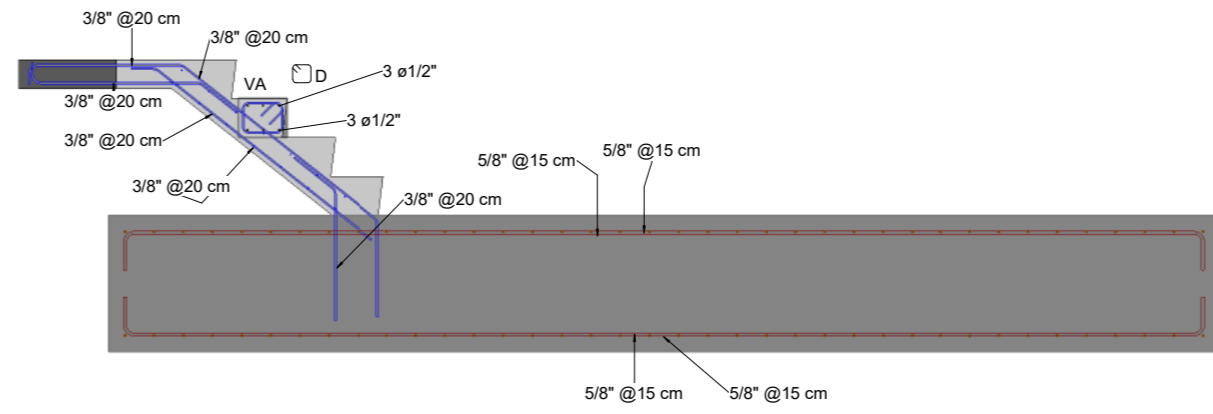
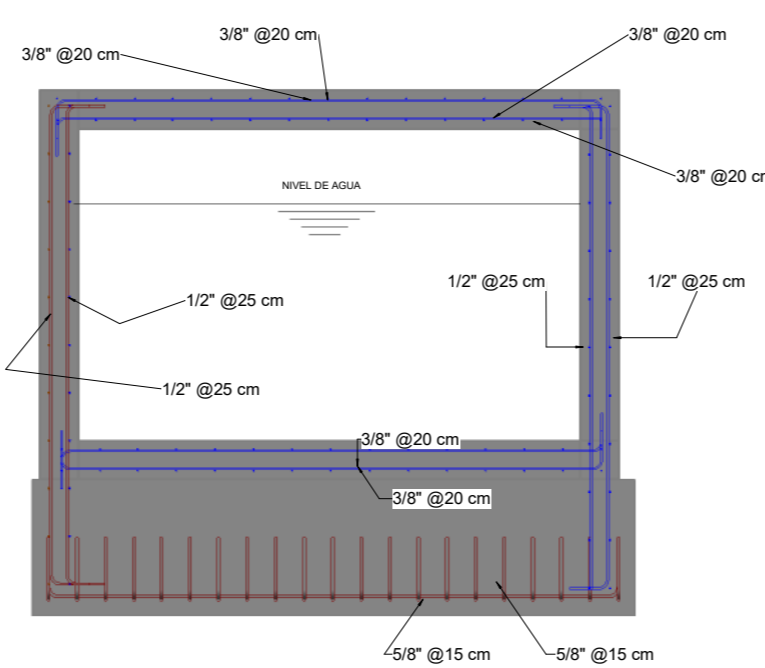
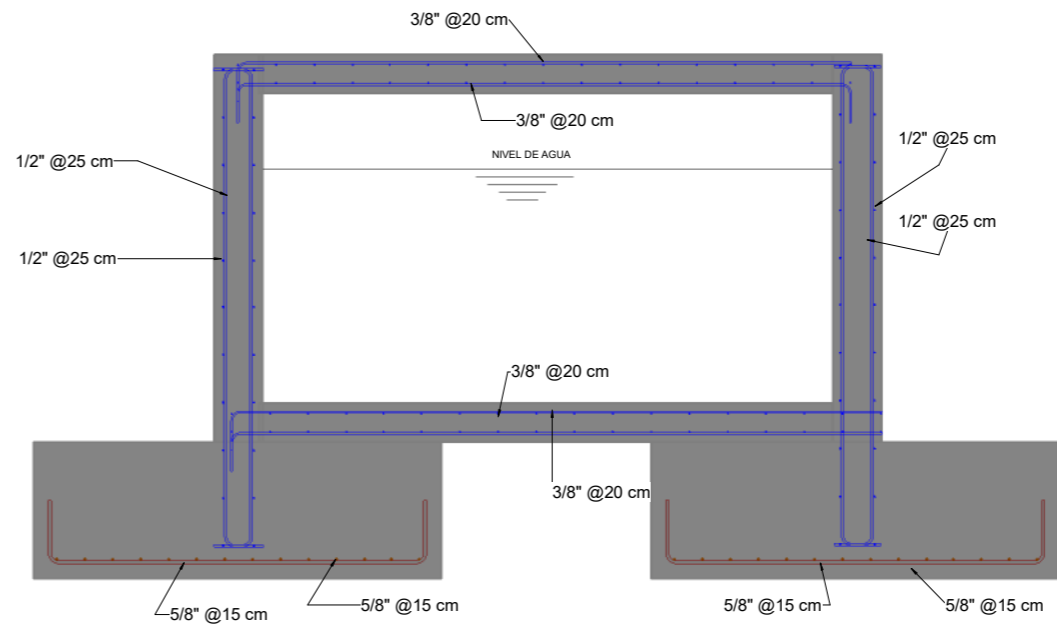
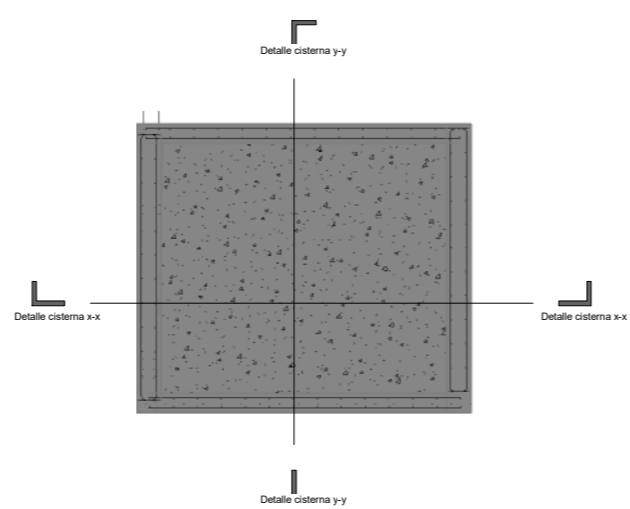
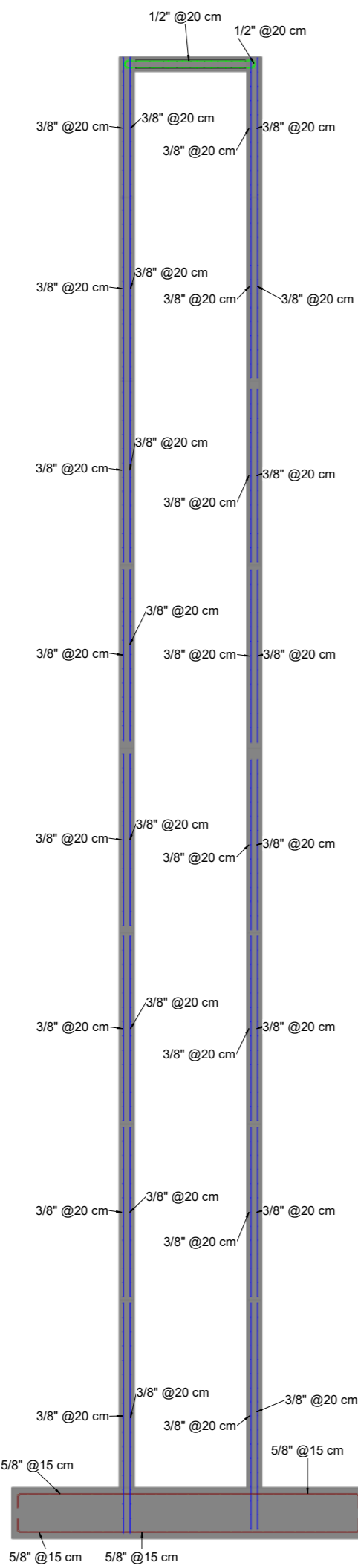
Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

CONTENIDO:  
 Detalles de vigas 3

ESCALA: Como se indica  
 FECHA: 01/30/21

Nº DE LÁMINA:  
 E-08



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:  
Análisis, Diseño y Plan de  
Producción de Edificio  
Multifamiliar de 06 niveles  
y 01 semisótano utilizando  
la metodología BIM, en el  
distrito del Cercado -  
Arequipa

Departamento:  
  
Provincia:  
  
Distrito:  
  
Ubicación:  
  
Arequipa - Cercado

Propietario:  
**Julio César  
Bustamante Pérez**

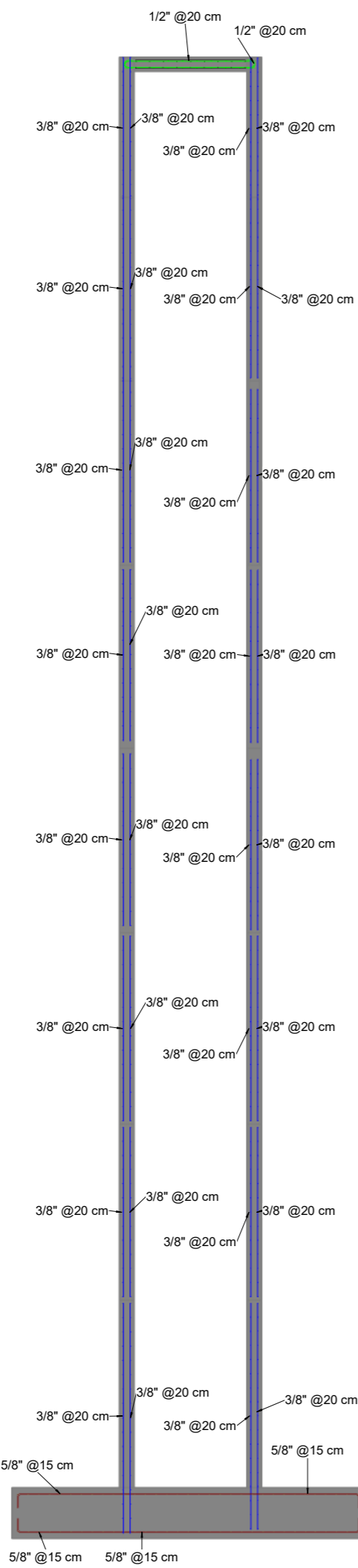
Proyectista:  
Diseñador  
  
FIRMA  
Dibujado por: Autor  
Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha
1	

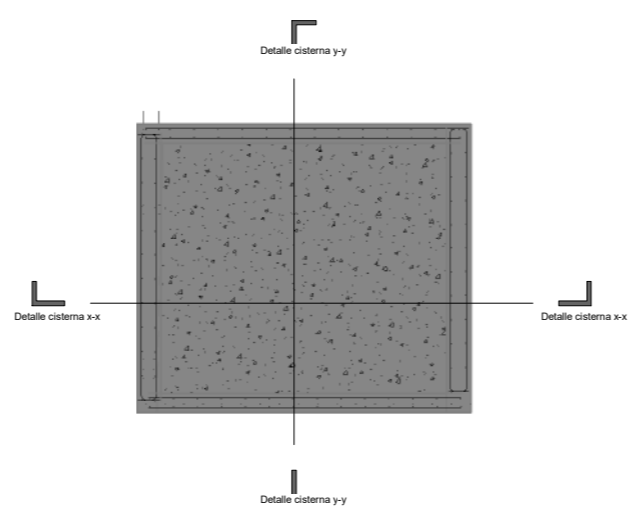
CONTENIDO:  
  
**Detalles  
cimentaciones**

ESCALA: Como se indica  
FECHA: 07/14/20

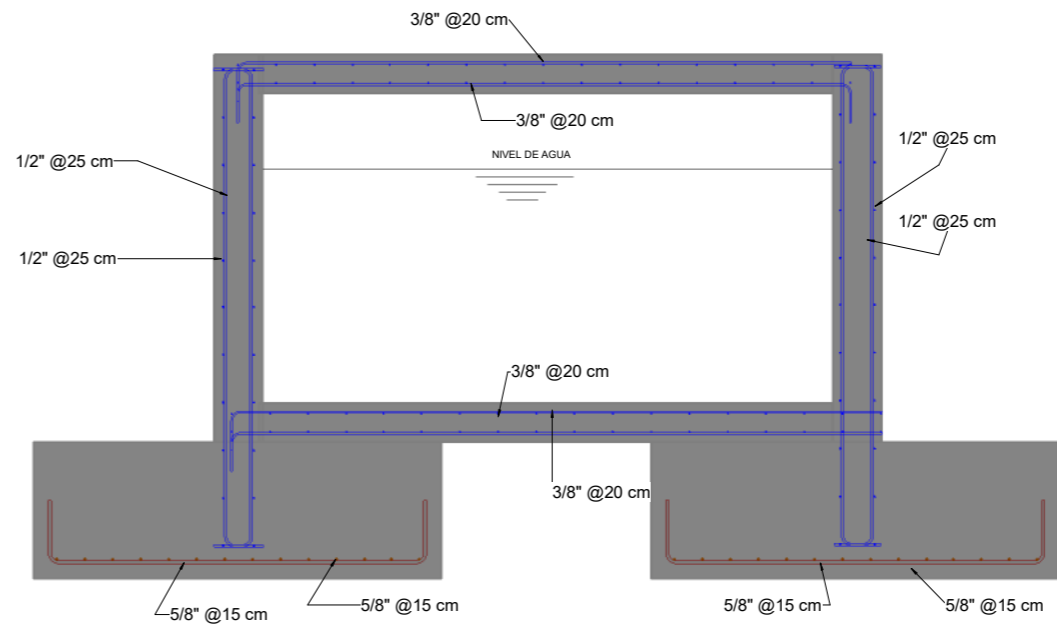
N° DE LÁMINA:  
**E-09**



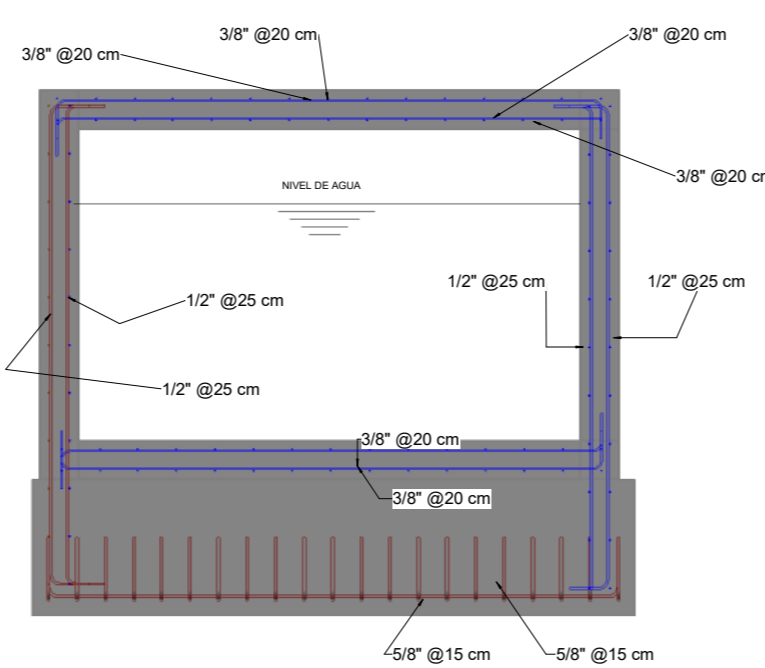
1 Sección ascensor  
1 : 50



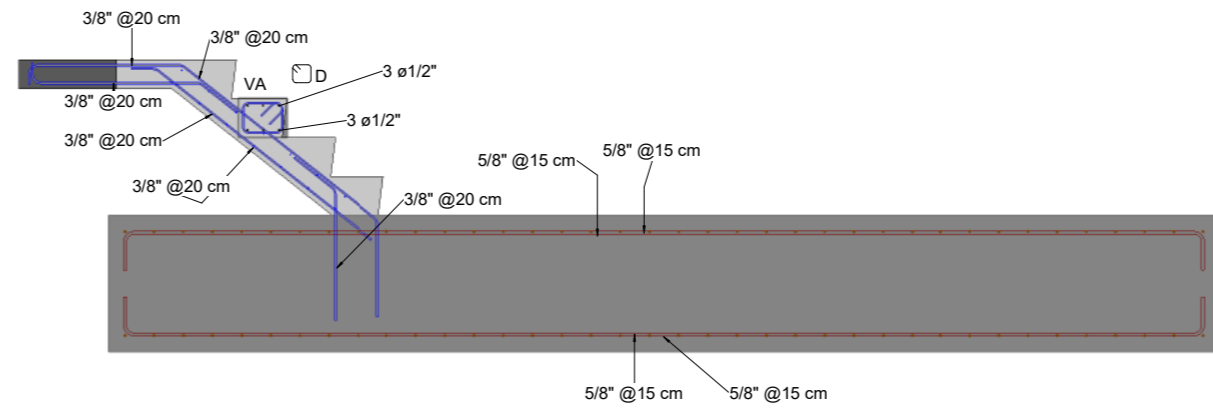
2 Cisterna  
1 : 50



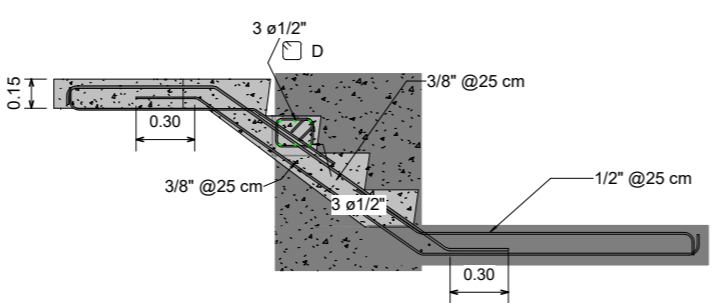
8 Detalle cisterna x-x  
1 : 25



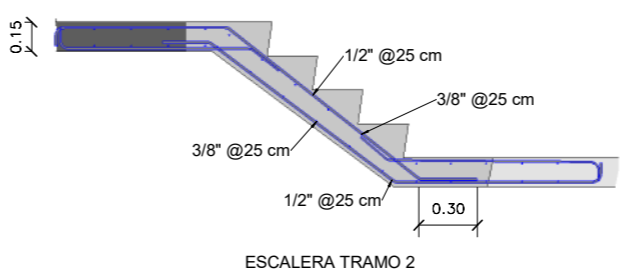
9 Detalle cisterna y-y  
1 : 25



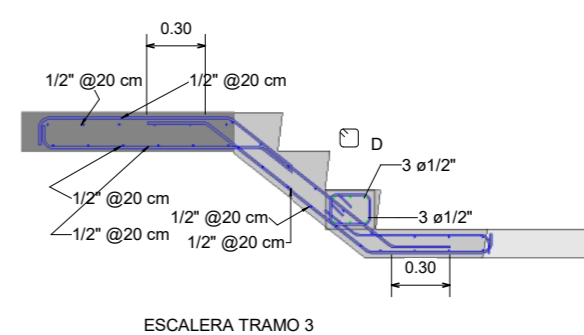
14 Detalle arranque escalera  
1 : 25



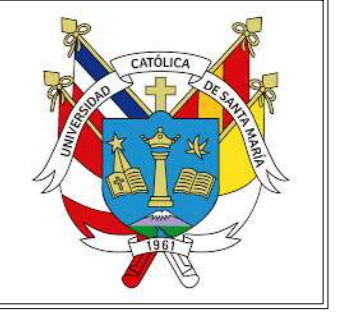
12 Tramo 1 escalera  
1 : 25



11 Tramo 2 escalera  
1 : 25



13 Tramo 3 escalera  
1 : 25



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:  
Análisis, Diseño y Plan de  
Producción de Edificio  
Multifamiliar de 06 niveles  
y 01 semisótano utilizando  
la metodología BIM, en el  
distrito del Cercado -  
Arequipa

Departamento:  
  
Provincia:  
  
Distrito:  
  
Ubicación:  
  
Arequipa - Cercado

Propietario:  
**Julio César  
Bustamante Pérez**

Proyectista:  
Diseñador  
  
FIRMA  
Dibujado por: Autor  
Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha
1	

CONTENIDO:  
  
Detalles escalera,  
ascensor y cisterna

ESCALA: Como se indica  
FECHA: 07/14/20

N° DE LÁMINA:  
**E-09**



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

Departamento:

Provincia:

Distrito:

Ubicación:

Propietario:

Julio César  
Bustamante Pérez

Proyectista:

Diseñador

FIRMA

Dibujado por: Autor

Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

CONTENIDO:

Elevaciones 1 y 2

ESCALA:

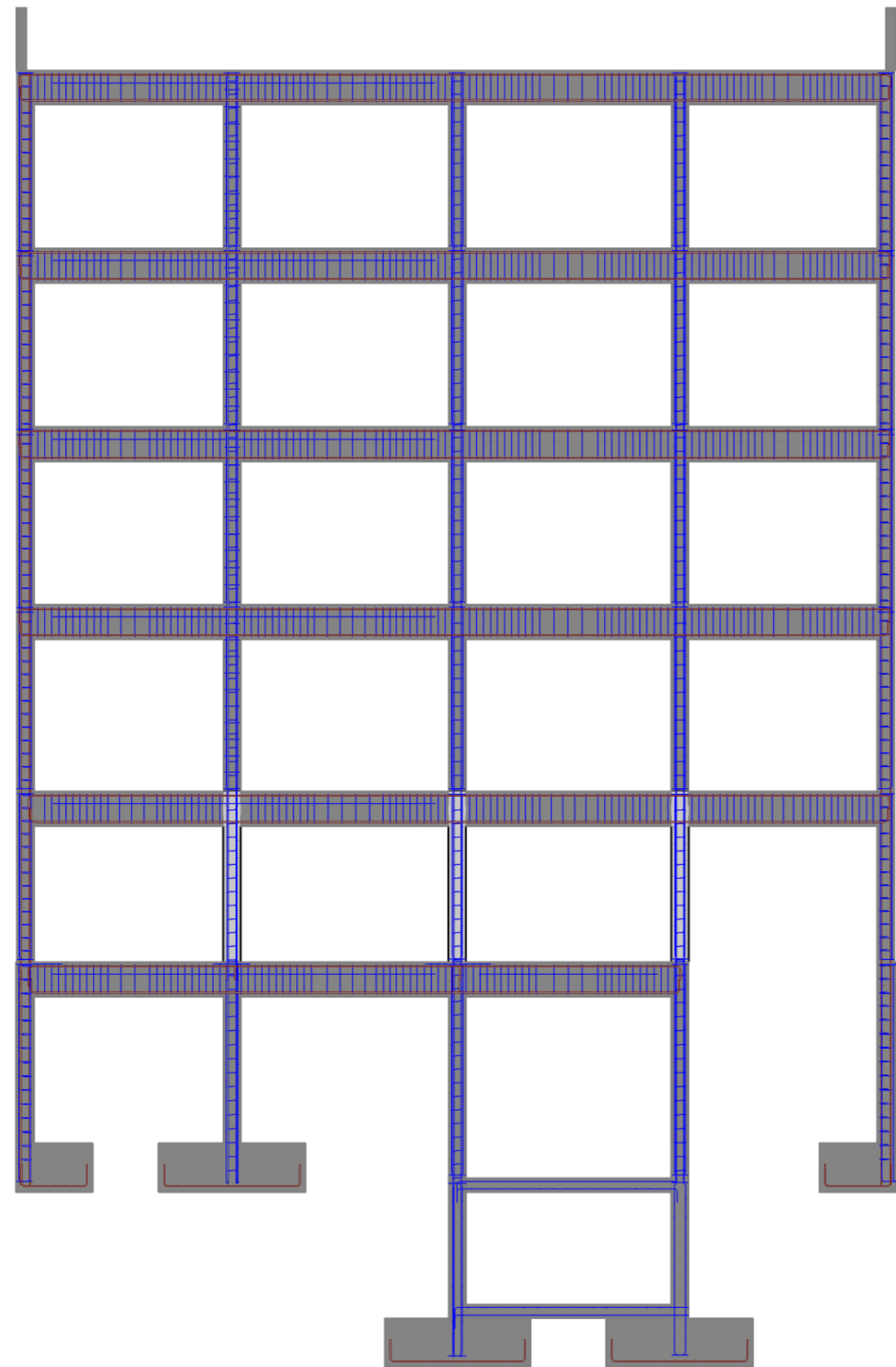
1 : 50

FECHA:

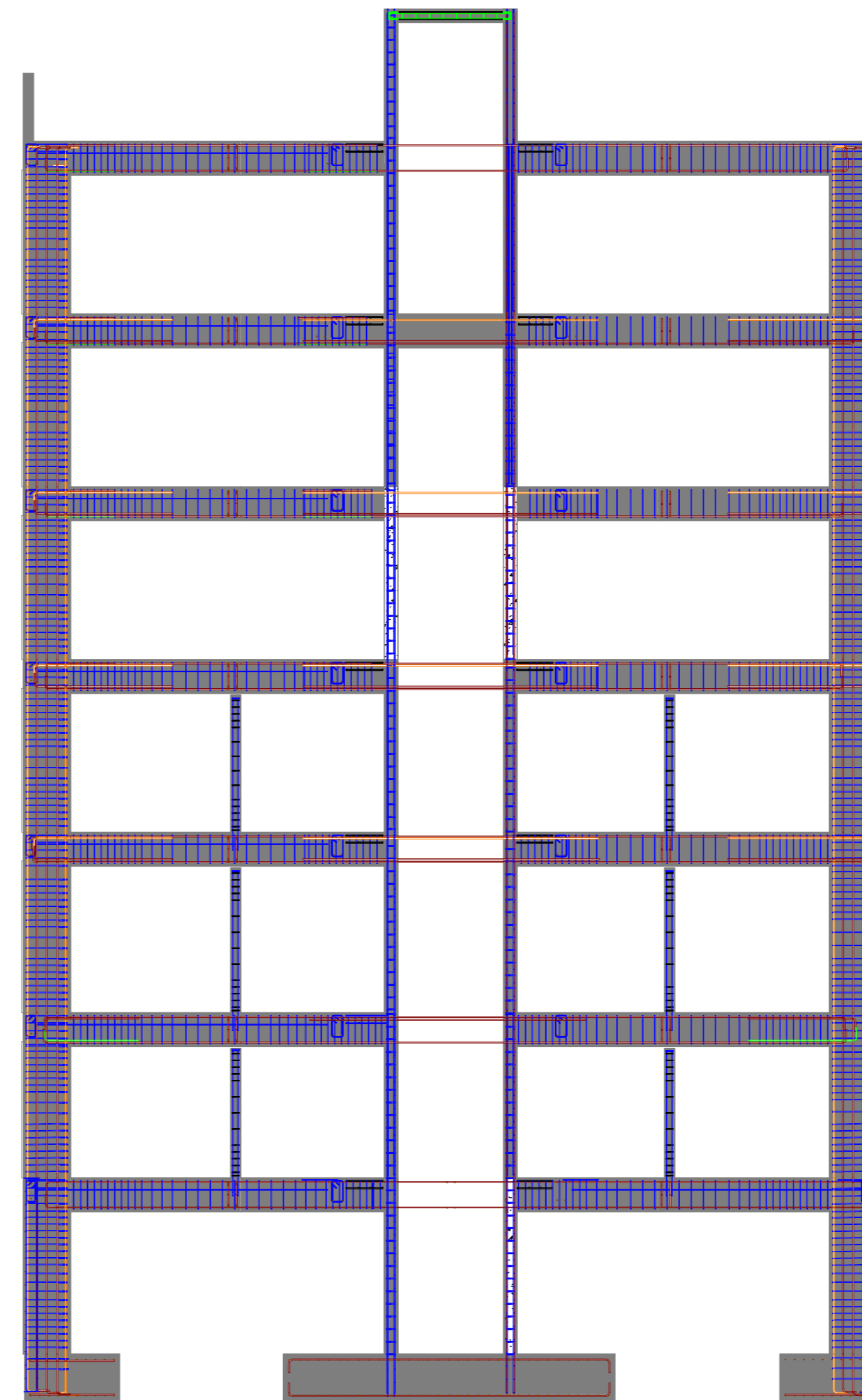
02/22/21

N° DE LÁMINA:

E-11



2 Sección eje 1  
1 : 50



1 Sección eje 2  
1 : 50



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

Departamento:

Provincia:

Distrito:

Ubicación:

Propietario:

Julio César  
Bustamante Pérez

Proyectista:

Diseñador

FIRMA

Dibujado por: Autor

Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

CONTENIDO:

Elevaciones 3 y 4

ESCALA:

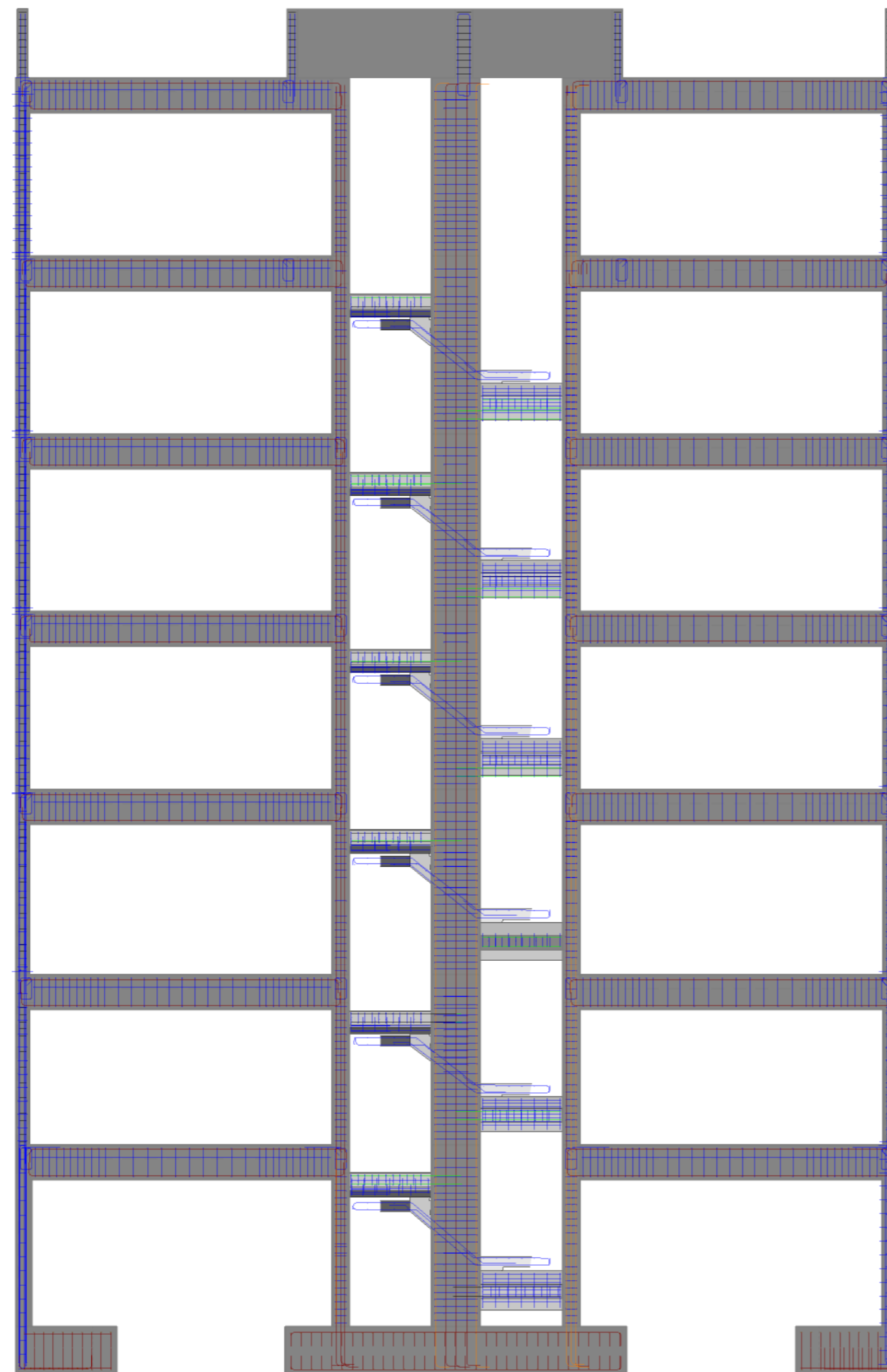
1 : 50

FECHA:

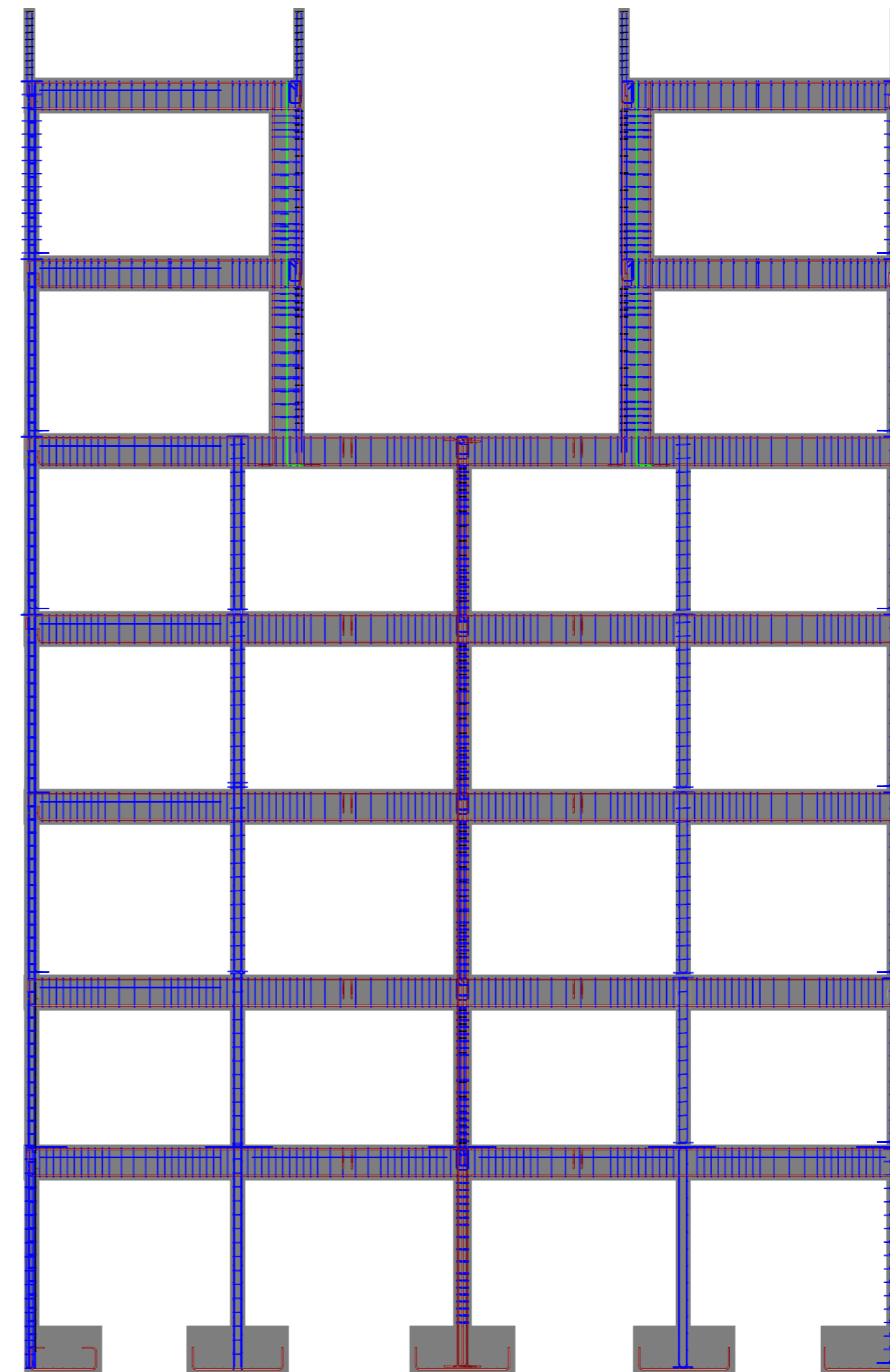
02/22/21

N° DE LÁMINA:

E-12



1 Sección eje 3  
1 : 50



2 Sección eje 4  
1 : 50



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

Departamento:

Provincia:

Distrito:

Ubicación:

Propietario:

Julio César  
Bustamante Pérez

Proyectista:

Diseñador

FIRMA

Dibujado por: Autor

Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

CONTENIDO:

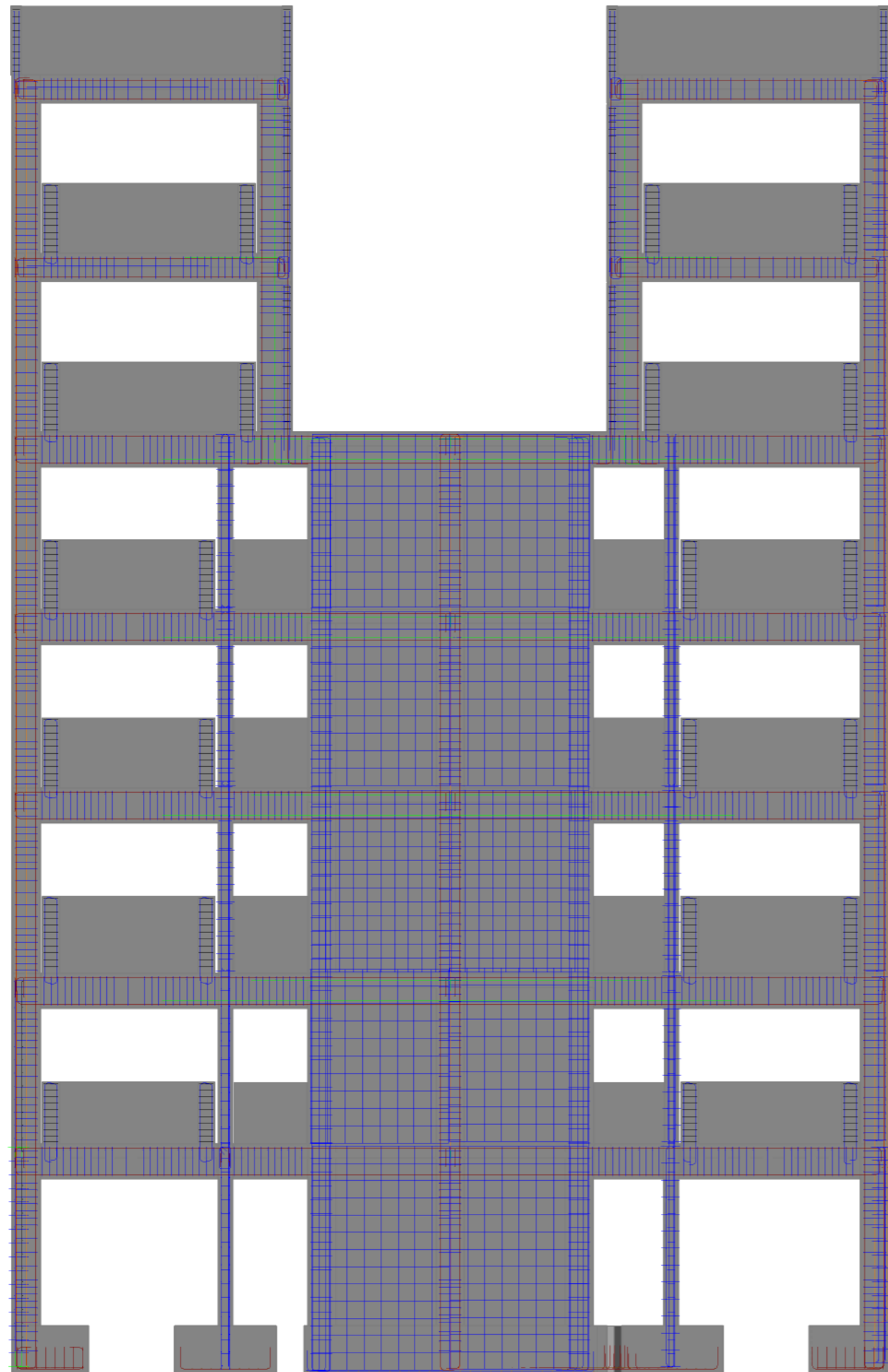
Elevación 5 y A

ESCALA: Como se indica

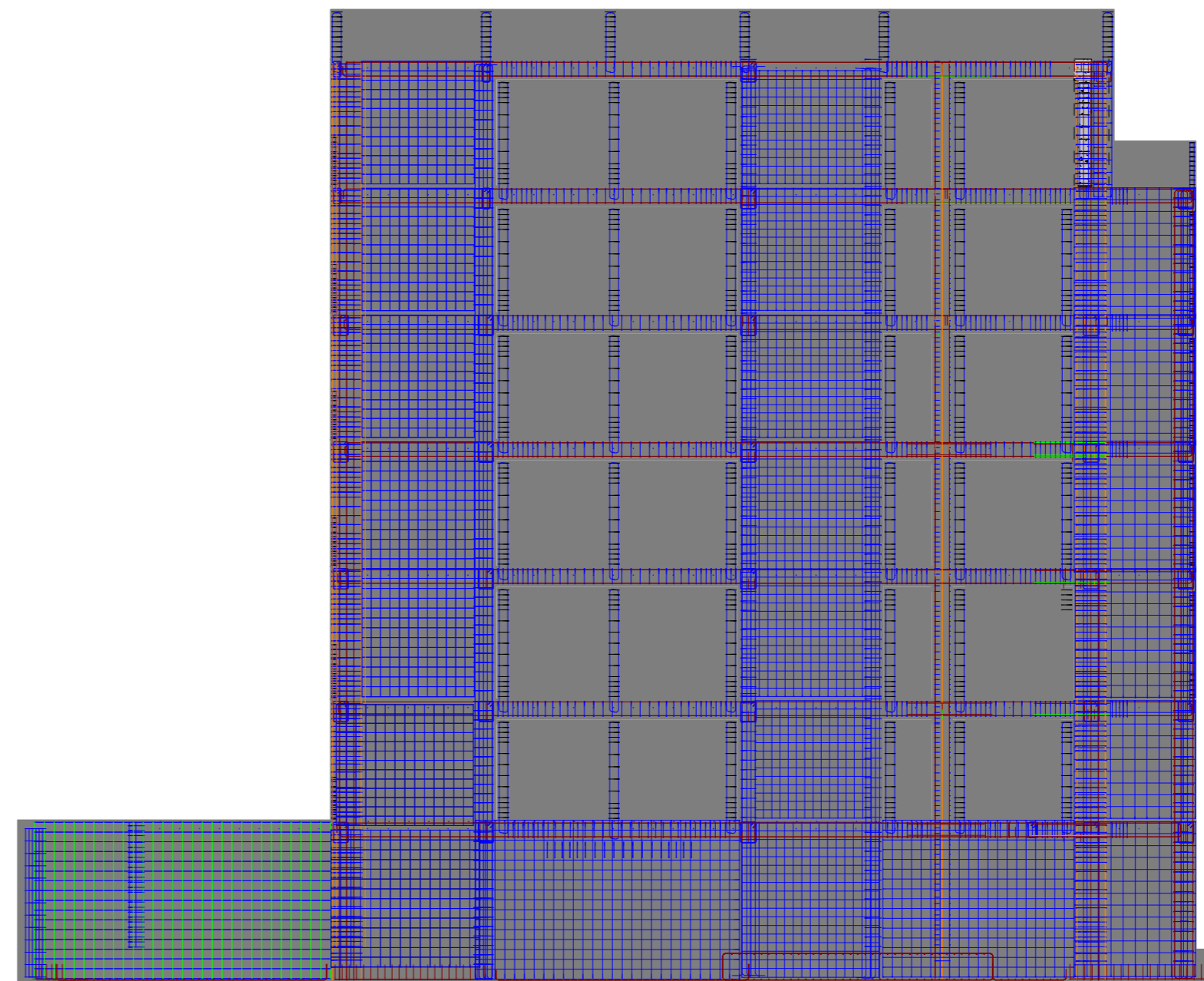
FECHA: 02/22/21

N° DE LÁMINA:

E-13



1 Sección eje 5  
1 : 50



2 Sección eje A  
1 : 75



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

Departamento:

Provincia:

Distrito:

Ubicación:

Propietario:

Julio César  
Bustamante Pérez

Proyectista:

Diseñador

FIRMA

Dibujado por: Autor

Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

CONTENIDO:

Elevación B y C

ESCALA:

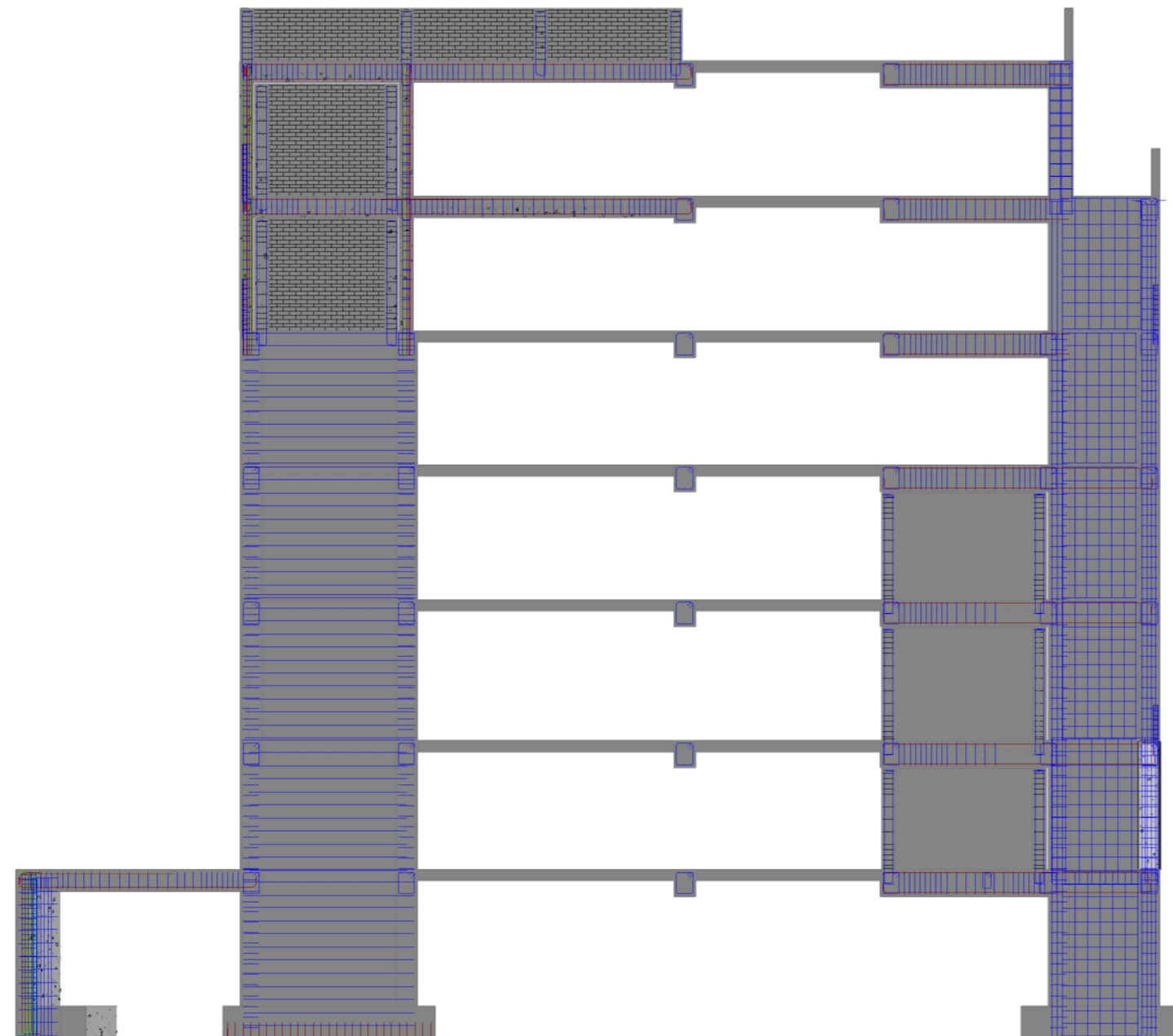
1 : 75

FECHA:

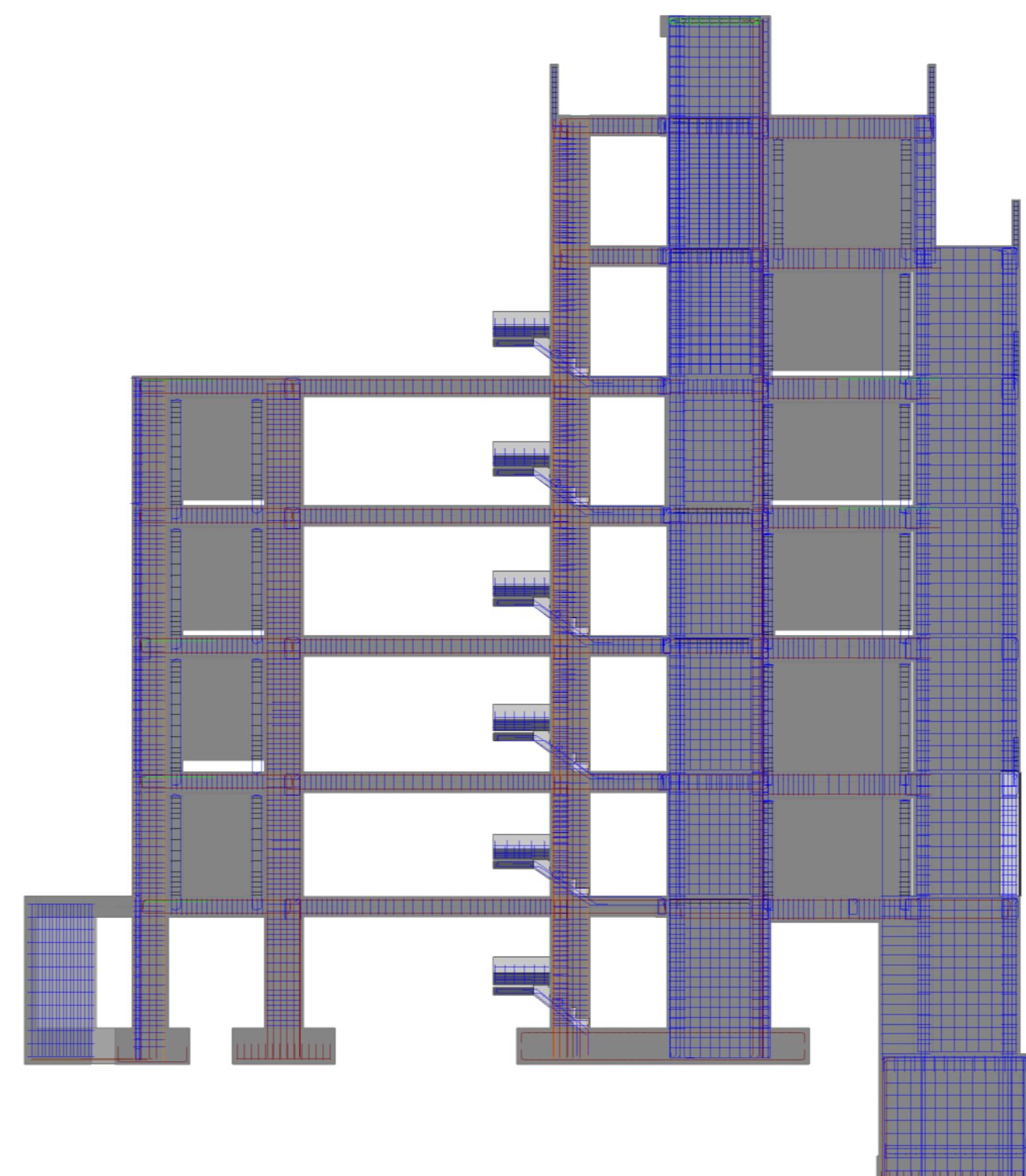
02/22/21

N° DE LÁMINA:

E-14



2 Sección eje B  
1 : 75



1 Sección eje C  
1 : 75



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE SANTA  
MARÍA  
FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL  
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

Departamento:

Provincia:

Distrito:

Ubicación:

Propietario:

Julio César  
Bustamante Pérez

Proyectista:

Diseñador

FIRMA

Dibujado por: Autor

Revisado por: Autorizador

Revisión	Fecha

CONTENIDO:

Elevación D y E

ESCALA:

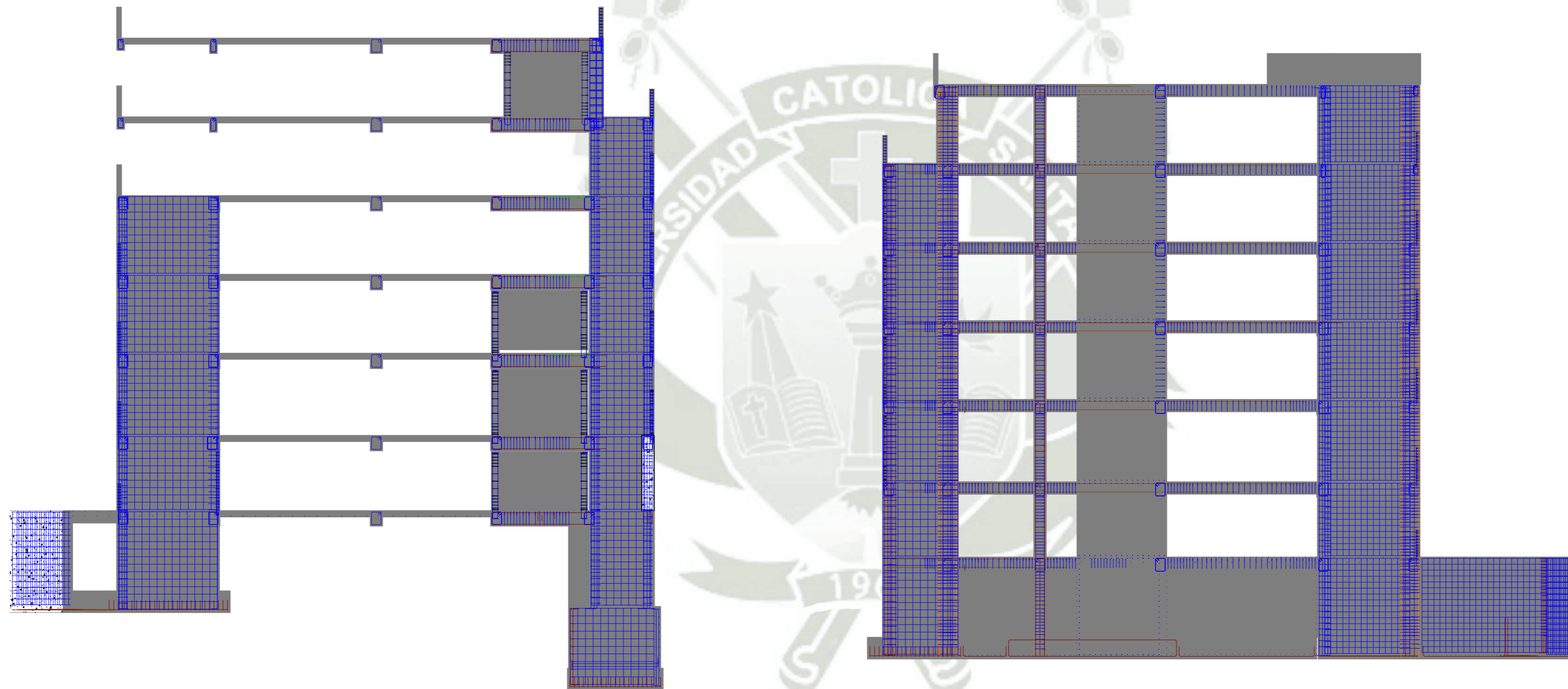
1 : 75

FECHA:

02/22/21

N° DE LÁMINA:

E-15



1 Sección eje D  
1 : 75

2 Sección eje E  
1 : 75