

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO”.**

**TOMO I**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

**CARLOS PAÚL CHAMBILLA ZAMATA**

**AREQUIPA – PERÚ**

**2016**



## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios para que siempre ilumine nuestro camino,

A mi padres Ana y Freddy por su constante apoyo y ejemplo de vida,

A Dante, Violeta y Wilson por su compañerismo, cariño y motivación,

A mis amigos, personas especiales en mi vida que me ayudaron a que culmine con éxito este objetivo.

Y a mi alma máter, la Universidad Católica de Santa María y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

## INDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO .....	1
1.2. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	4
1.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	5
1.4. PROCEDIMIENTO GENERAL DEL DISEÑO ESTRUCTURAL.....	7
1.5. MÉTODO DE DISEÑO.....	7
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1. LA PLATAFORMA BIM .....	9
2.2. CONCEPTOS BASICOS.....	9
2.2.1. BREVE HISTORIA SOBRE TÉRMINO BIM .....	9
2.2.2. MODELADO DE LA INFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (BIM).....	10
2.2.3. MODELO PARAMÉTRICO .....	12
2.2.4. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO .....	12
2.2.5. INTEROPERABILIDAD .....	13
2.2.6. CONSTRUCTABILITY .....	15
2.3. COORDINACION BIM.....	16
2.4. JUSTIFICACION USO BIM .....	18
2.5. BENEFICIOS DEL USO DEL BIM EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN .....	18
2.6. SOFTWARE BIM .....	19
2.7. BIM EN EL PERU .....	20
<b>CAPÍTULO 3: ESTUDIOS BASICOS.....</b>	<b>22</b>
3.1. TOPOGRAFÍA DEL TERRENO .....	22
3.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS .....	22
3.2.1. EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA.....	22
3.2.2. ENSAYO DE LABORATORIO.....	23
3.2.3. CAPACIDAD PORTANTE.....	24
<b>CAPITULO 4: ESTRUCTURACIÓN, PREDIMENSIONAMIENTO Y METRADO DE CARGAS .....</b>	<b>26</b>
4.1. ESTRUCTURACIÓN.....	26
4.1.1. CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN.....	26
4.2. PRE DIMENSIONAMIENTO .....	27
4.2.1. LOSAS.....	27

4.2.2.	VIGAS.....	29
4.2.3.	COLUMNAS.....	32
4.2.4.	PLACAS.....	33
4.2.5.	ESCALERA.....	33
4.3.	METRADO DE CARGAS .....	34
4.3.1.	LOSAS ALIGERADA.....	35
4.3.2.	VIGAS.....	36
4.3.3.	TABIQUERÍA .....	36
4.3.4.	COLUMNAS.....	39
4.3.5.	PLACAS.....	39
4.3.6.	ESCALERA.....	39
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS SÍSMICO .....</b>		<b>42</b>
5.1.	GENERALIDADES.....	42
5.2.	MODELAJE ESTRUCTURAL.....	43
5.3.	PARÁMETROS DE SITIO.....	46
5.3.1.	FACTOR DE SITIO (Z).....	47
5.3.2.	PARÁMETROS DE SITIO (S), (TP), (TL).....	48
5.3.3.	FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C) .....	48
5.3.4.	CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR DE USO (U).....	48
5.3.5.	COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICAS (R).....	49
5.4.	ANÁLISIS ESTÁTICO .....	49
5.5.	ANÁLISIS DINÁMICO.....	50
5.6.	MODOS Y PERIODOS RESULTANTES.....	53
5.7.	DESPLAZAMIENTOS LATERALES.....	53
5.8.	JUNTA DE SEPARACIÓN SÍSMICA.....	56
5.9.	DETERMINACIÓN DE VALOR R.....	57
5.10.	DETERMINACIÓN DE LA REGULARIDAD ESTRUCTURAL .....	58
5.10.1.	FACTORES DE IRREGULARIDAD ( $I_a$ , $I_p$ ) .....	58
<b>CAPÍTULO 6: DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....</b>		<b>63</b>
6.1.	DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS.....	63
6.2.	DISEÑO DE VIGAS .....	72
6.3.	DISEÑO DE COLUMNAS .....	85
6.4.	DISEÑO DE PLACAS (MUROS DE CORTE).....	97
6.5.	DISEÑO DE CIMENTACIONES.....	109
6.6.	DISEÑO DE OTROS ELEMENTOS .....	136

<b>CAPITULO 7: INSTALACIONES SANITARIAS .....</b>	<b>151</b>
7.1. INTRODUCCIÓN .....	151
7.2. DATOS TÉCNICOS PARA LA INSTALACIÓN DE AGUA .....	151
7.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO AGUA FRÍA.....	152
7.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CALIENTE.....	173
7.5. DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS .....	183
7.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUAS PLUVIALES .....	185
7.7. DISEÑO DEL SISTEMA DE DESAGÜE O AGUAS SERVIDAS.....	192
7.8. SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	200
<b>CAPITULO 8: APLICACIÓN DE LA PLATAFORMA BIM EN UN EDIFICIO DE AREQUIPA .....</b>	<b>203</b>
8.1. AREA DE ESTUDIO .....	203
8.2. CARACTERISTICAS DEL PROYECTO .....	203
8.3. MODELO PARAMETRICO Y ELABORACION DE MODELOS .....	205
8.4. BIM COMO HERRAMIENTA DE COMPATIBILIZACIÓN .....	216
8.5. ESTIMACION DE LOS METRADOS A PARTIR DEL MODELO PARAMÉTRICO .....	219
8.6. SIMULACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO BIM – 4D .....	220
8.7. VISUALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	232
8.8. BENEFICIOS Y AVANCES OBTENIDOS .....	239
<b>CAPITULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>241</b>
9.1. CONCLUSIONES .....	241
9.2. RECOMENDACIONES .....	245
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>249</b>
 <b>ANEXOS</b>	
 <b>PLANOS</b>	

## RESUMEN

La presente tesis comprende en desarrollar el análisis, diseño estructural e instalaciones sanitarias de un edificio de departamentos de 05 niveles y 01 semisótano utilizando la plataforma BIM (Building Information Modeling) en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero de la ciudad de Arequipa.

El edificio se extiende sobre un área de 336.55 m<sup>2</sup>., donde el suelo que soportará las cargas del edificio tiene una capacidad portante de 1.928 kg/cm<sup>2</sup>. El sistema estructural en sentido paralelo a la calle y sentido perpendicular a la calle es en sistema de muros estructurales. Para la estructuración del edificio se utilizó sistemas de losas aligeradas que transmiten las cargas a las vigas, columnas y placas, los cuales a su vez transmiten las cargas a la cimentación y éstas al suelo.

Todos los análisis y cálculos de diseño del edificio se hicieron de acuerdo con las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones. Específicamente, para el caso del análisis sísmico se tuvo en cuenta los criterios de la norma actualizada NTE E.030 – 2016 (Diseño sismo resistente) del RNE, para el cálculo de cargas de gravedad la NTE E.020 (Norma de Cargas), para el diseño de los elementos estructurales la NTE E.060 (Norma para el diseño en concreto armado) y para el diseño de la cimentación la NTE E.050 (Suelos y Cimentación).

Los análisis estáticos y dinámicos se realizaron mediante el uso del programa ETABS 2015, y se aplicaron tanto las fuerzas gravitatorias (CM y CV) como las fuerzas de sismo, obteniéndose así los valores de momentos y fuerzas cortantes correspondientes.

Para las instalaciones sanitarias, se seleccionó un sistema de abastecimiento de agua a la edificación, seleccionando el tanque y bombas que se utilizarán, además se diseñó los diámetros de tuberías para agua fría, agua caliente, desagüe, ventilación y pluvial.

En la presente tesis se implementó al edificio una nueva tecnología para contribuir a las nuevas exigencias del mercado de la ingeniería y construcción cual es la plataforma BIM (Building Information Modeling). La Plataforma BIM con la ayuda del software REVIT 2015, nos ayudó realizar modelos BIM-3D en Arquitectura, Estructura e Instalaciones Sanitarias, extraer información del proyecto como los metrados de acero, concreto, tuberías, etc. Además realizar una coordinación con las especialidades para no encontrar interferencias, etc.

Con la ayuda del software AUTOCAD NAVISWORKS 2015, pudimos realizar recorridos virtuales, encontrar interferencias en el proyecto y hacer un modelo 4D (video de proceso constructivo) hasta llegar a casco rojo de la edificación, identificando en la simulación la actividad que se realiza (Encofrado, Acero, Concreto y Albañilería).



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Planta de arquitectura típica del edificio realizado en Revit Architecture .....	3
Figura 2 - Plano de localización del proyecto .....	4
Figura 3 - Plano de ubicación del proyecto .....	5
Figura 4 - Coordinación plataforma BIM .....	11
Figura 5 - Ciclo de vida de la Edificación – Fuente: Autodesk .....	13
Figura 6 - Interoperabilidad BIM – Fuente: Soporte IFC - Archicad Mexico .....	14
Figura 7 – Representación 3D mediante uso BIM - Fuente: Vladimir Alcántara Rojas, 2013 .....	15
Figura 8 – Usos de BIM durante el ciclo de vida de un proyecto – Fuente: Project Execution Planning Guide .....	17
Figura 9 - Flujo de diseño tradicional – Fuente: Claudio Mourgues, 2015 .....	17
Figura 10 - Software BIM - Fuente: Gleyser Goyzueta, 2016 .....	20
Figura 11 - Sección típica de Aligerado .....	29
Figura 12 - Componentes de una escalera .....	40
Figura 13 - Modelo Estructural 3D del edificio realizado en ETABS 2015 .....	44
Figura 14 – Planta del modelo estructural realizado en ETBAS 2015 .....	45
Figura 15 – Sección lateral del modelo estructural realizado en ETABS 2015 .....	46
Figura 16 - Mapa de Zonificación del Perú – Fuente: Norma E030 - 2016 .....	47
Figura 17 - Espectro de diseño X-X .....	51
Figura 18 - Espectro de diseño Y-Y .....	51
Figura 19 - Detalle de corte de varilla para Losa Aligerada .....	65
Figura 20 - Sección de losa aligerada a diseñar realizado en Revit Structure .....	66
Figura 21 - Modelo estructural de Losa Aligerada .....	67
Figura 22 - Diagrama de Momentos de Losa Aligerada .....	68
Figura 23 - Diagrama de Fuerzas Cortantes de la Losa Aligerada .....	69
Figura 24 - Corte de varilla en Losa Aligerada .....	70
Figura 25 - Diseño: Corte de Losa Aligerada realizado en Revit Structure .....	71
Figura 26 - Diseño: 3D de Losa Aligerada realizado en Revit Structure .....	71
Figura 27 - Empalmes de varilla de Viga .....	76
Figura 28 - Corte de varilla de Viga .....	77
Figura 29 - Sección de Viga a diseñar realizado en Revit Structure .....	78
Figura 30 - Diagrama de Momentos en Viga .....	78
Figura 31 - Diagrama de Fuerzas Cortantes en Viga .....	80
Figura 32 - Diseño: Detalle de Viga diseñada realizada en Revit Structure .....	83
Figura 33 - Diseño: Secciones de Viga diseñada realizada en Revit Structure .....	84
Figura 34 - Diseño: 3D de Viga diseñada realizada en Revit Structure .....	84
Figura 35 - Espaciamiento de estribos en Columna – Fuente: Norma E060 - 2009 .....	88
Figura 36 - Sección de Columna a diseñar realizado en Revit Structure .....	89
Figura 37 - Diagrama de Interacción de Columna .....	91
Figura 38 - Diseño: Detalle de Columna diseñada realizado en Revit Structure .....	94
Figura 39 - Diseño: Sección de Columna diseñada realizado en Revit Structure .....	95

Figura 40 - Diseño: 3D de Columna diseñada realizado en Revit Structure .....	95
Figura 41 - 3D: Conexión Viga – Columna diseñada realizado en Revit Structure .....	96
Figura 42 - 3D: Detalle de nudo de Columna diseñada realizado en Revit Structure...	96
Figura 43 - Sección de Placa a diseñar realizado en Revit Structure.....	101
Figura 44 - Valores de combinaciones de Carga extraídas de ETABS 2015.....	102
Figura 45 - Modelo de Placa para iteración .....	102
Figura 46 - Diagrama de Iteración X-X de Placa a diseñar .....	103
Figura 47 - Diagrama de Iteración Y –Y de Placa a diseñar .....	104
Figura 48 - Diseño: Sección de Placa diseñada realizado en Revit Structure .....	107
Figura 49 - Diseño: Detalle de Placa diseñada realizada en Revit Structure .....	108
Figura 50 - Diseño: 3D de Placa diseñada realizada en Revit Structure .....	108
Figura 51 - Diseño: Zapata Aislada realizado en Revit Structure.....	117
Figura 52 - 3D Zapata Aislada realizado en Revit Structure .....	117
Figura 53 - Diagrama de Cortantes de Zapata Combinada Y-Y .....	124
Figura 54 - Diagrama de Cortantes de Zapata Combinada X-X.....	125
Figura 55 - Diagrama de Momentos de Zapata Combinada Y-Y .....	126
Figura 56 - Diagrama de Momentos de Zapata Combinada X-X .....	126
Figura 57 - Diseño: Zapata Combinada realizado en Revit Structure .....	128
Figura 58 - 3D Zapata Combinada realizado en Revit Structure.....	129
Figura 59 - Diagrama de Momentos de Viga de Cimentación .....	133
Figura 60 - Diagrama de Cortantes de Viga de Cimentación .....	133
Figura 61 - Diseño: Viga de Cimentación realizado en Revit Structure.....	135
Figura 62 - Sección de Viga de Cimentación realizado en Revit Structure .....	135
Figura 63 - 3D Viga de Cimentación realizado en Revit Structure .....	136
Figura 64 - Modelo Estructural de Escalera Principal .....	137
Figura 65 -Diagrama de Fuerzas Cortantes de Escalera Principal.....	138
Figura 66 - Diagrama de Momentos de Escalera Principal .....	139
Figura 67 - Diseño: Detalle de Escalera Principal realizado en Revit Structure .....	140
Figura 68 - Diseño: 3D de Escalera Principal realizado en Revit Structure.....	141
Figura 69 - Modelo Estructural de Muro de Contención .....	143
Figura 70 - Diagrama de Momentos de Muro de Contención .....	143
Figura 71 - Diagrama de Cortantes de Muro de Contención .....	143
Figura 72 – Diseño: Detalle de Muro de Contención realizado en Revit Structure .....	145
Figura 73 - Diseño: Sección de Muro de Contención realizado en Revit Structure.....	145
Figura 74 - Modelo Estructural de Paredes de Cisterna.....	147
Figura 75 - Diagrama de Momentos de Paredes de Cisterna.....	147
Figura 76 - Diagrama de Cortantes de Paredes de Cisterna .....	147
Figura 77 - Modelo Estructural de Losa de Cisterna .....	148
Figura 78 - Diagrama de Momentos de Losa de Cisterna.....	148
Figura 79 - Diagrama de Cortantes de Losa de Cisterna .....	149
Figura 80 - Diseño: Detalle de Cisterna realizado en Revit Structure .....	150
Figura 81 - Sistema Indirecto con Tanque Hidroneumático – Fuente: HIDROSTAL. 157	

Figura 82 - Trazo del Sistema de Abastecimiento de Agua Fría – Realizado por Revit MEP.....	164
Figura 83 - Detalle para el cálculo de presiones de agua fría realizado por Revit MEP. .....	169
Figura 84 - Isométrico de agua fría realizado por Revit MEP. ....	170
Figura 85 - Detalle de bomba y T.H realizado por Revit MEP .....	171
Figura 86 - 3D detalle de bomba y T.H. realizado por Revit MEP.....	172
Figura 87 - Trazo del Sistema de Abastecimiento de Agua Caliente – Realizado por Revit MEP.....	181
Figura 88 - Isométrico Agua Caliente realizado por Revit MEP.....	182
Figura 89 - Sistema de agua pluvial realizado por Revit MEP.....	190
Figura 90 - Isométrico del Sistema Agua Pluvial realizado por Revit MEP. ....	191
Figura 91 - Isométrico del sistema de desagüe realizado por Revit MEP. ....	202
Figura 92 - Modelo BIM-3D Arquitectura realizado por Revit Architecture.....	204
Figura 93 - Isométrico Modelo BIM - 3D realizado en Revit Architecture .....	205
Figura 94 - Modelo corte BIM-3D Arquitectura realizado en Revit Architecture .....	206
Figura 95 - Modelo de elementos estructurales: Columna, Viga y Losa realizado en Revit Structure .....	207
Figura 96 - Modelo analítico BIM de estructuras realizado en Revit Structure .....	208
Figura 97 - Interoperabilidad de estructura entre Revit Structure vs ETABS.....	209
Figura 98 - Modelo de Acero de Cimentación realizado en Revit Structure.....	210
Figura 99 - Coordinación de especialidades Arquitectura vs Estructura realizado en Revit .....	212
Figura 100 - Coordinación de especialidades IISS. vs Estructura realizado en Revit MEP.....	214
Figura 101 - Modelo BIM 3D Instalaciones Sanitarias realizado en Revit MEP.....	215
Figura 102 - Ejemplo de Interferencia de Especialidades entre tuberías de Agua vs Agua contraincendios – Fuente: Vladimir Alcántara Rojas, 2013. ....	217
Figura 103 - Interferencia de medidor de agua contenido en un muro de albañilería – Fuente: Propia .....	218
Figura 104 - Sectorización en modelo BIM-3D del Proyecto realizado en Revit Structure .....	222
Figura 105 - Sectorización de acero de los elementos estructurales realizado en Revit Structure .....	223
Figura 106 - Sintaxis para simulación BIM-4D realizado en MS Project 2013.....	225
Figura 107 - Encofrado de la cimentación de cisterna simulación realizada en Navisworks 2015 .....	227
Figura 108 - Colocado de Acero en cimentación -simulación realizada en Navisworks 2015.....	228
Figura 109 - Levantado de muros de albañilería - simulación realizada de Navisworks 2015.....	229
Figura 110 - Vaciado de concreto de losa aligerada - simulación realizada en Navisworks 2015 .....	230

Figura 111 - Finalización del proyecto CATALINAS - simulación realizada en Navisworks 2015 .....	231
Figura 112 - Ingreso a estacionamientos - realizado en Navisworks 2015 .....	233
Figura 113 - Área de Estacionamientos del edificio - realizado en Autodesk Navisworks .....	234
Figura 114 - Cuarto de máquinas del edificio - realizado en Autodesk Navisworks....	235
Figura 115 - Ingreso Principal a edificio - realizado en Autodesk Navisworks .....	236
Figura 116 - Área de servicio - realizado en Autodesk Navisworks .....	237
Figura 117 - Área de azotea - realizado en Autodesk Navisworks .....	238
Figura 118 - Pozo de Iluminación - realizado en Autodesk Navisworks.....	239



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Área Techada de cada nivel del edificio .....	1
Tabla 2 - Número de departamentos y área techada por cada Nivel. ....	1
Tabla 3 - Normas Técnicas Peruanas.....	7
Tabla 4 - Factores de reducción de Resistencia.....	8
Tabla 5 - Dimensiones de modelación BIM – Fuente: Propia.....	12
Tabla 6 - Generación de modelos BIM – Fuente: Propia.....	14
Tabla 7 - Peso Propio Aproximado de Losa .....	28
Tabla 8 - Predimensionamiento de Vigas X-X.....	30
Tabla 9 – Pre dimensionamiento de Vigas Y-Y.....	31
Tabla 10 – Pre dimensionamiento de Columna .....	32
Tabla 11 - Pesos Unitarios de Materiales.....	34
Tabla 12 - Cargas Vivas Utilizadas .....	35
Tabla 13 - Tabla de Periodos de la Edificación .....	53
Tabla 14 - Limites para la distorsión del entrepiso – Fuente: Norma E030 - 2016.....	54
Tabla 15 - Desplazamientos dinámicos de la Edificación.....	55
Tabla 16 - Limites para acero colocado en losa.....	64
Tabla 17 - Valores de Traslapes en Vigas .....	75
Tabla 18 - Valores de Cargas en Columnas extraídas de ETABS 2015.....	90
Tabla 19 - Valores de Cargas en Placa extraídas de ETABS 2015.....	101
Tabla 20 - Valores de Carga en Zapata Aislada extraídos de ETABS 2015.....	110
Tabla 21 - Valores de Carga en Zapata Combinada extraídos de ETABS 2015.....	119
Tabla 22 - Momentos totales reducidos al centro de gravedad de la zapata .....	122
Tabla 23 - Usos de Ambiente de la Edificación.....	151
Tabla 24 - Velocidades Máximas en los diámetros de tuberías – Fuente: ítem 2.3f de la norma IS.0.10 del RNE 2006.....	152
Tabla 25 - Dotaciones de agua de Edificios Multifamiliares – Fuente: ítem 2.2b de la norma IS.0.10 del RNE 2006.....	154
Tabla 26 - Dotación de Agua del Edificio .....	155
Tabla 27 - Elección de Bombas .....	167
Tabla 28 - Elección de Tanque Hidroneumático.....	168
Tabla 29 - Detalle del Modelo del T.H. ....	169
Tabla 30 - Temperaturas de Calentamiento según el Uso – Fuente: 5ta Unidad de las separatas Instalaciones en Edificaciones por Ing. Alejandro Hidalgo. ....	173
Tabla 31 - Dotación de Agua Caliente para Residencias unifamiliares y multifamiliares - Fuente: ítem 3.2a de la norma IS.0.10 del RNE 2006.....	178
Tabla 32 - Capacidad del equipo de producción de agua caliente – Fuente: ítem 3.4 de la Norma IS.0.10 del RNE 2006.....	179
Tabla 33 - Conductos Horizontales para agua de lluvia – Fuente: ítem 7.1 de la norma IS.0.10 del RNE 2006.....	188
Tabla 34 - Montantes de agua de lluvia – Fuente: ítem 7.1 de la norma IS.0.10 del RNE 2006.....	189

Tabla 35 - Unidades de descarga – Fuente: Anexo 6 de la norma IS.0.10 del RNE 2006.....	195
Tabla 36 - Unidades de descarga para aparatos no específicos – Fuente: Anexo 7 de la norma IS.0.10 del RNE 2006 .....	196
Tabla 37 – Número máximo de unidades de descarga a conductos horizontales – Fuente: Anexo 8 de la norma IS0.10.....	196
Tabla 38 –Número máximo de unidades de descarga puede ser conectado a los colectores del edificio – Fuente: Anexo 9 de la norma IS.0.10 del RNE 2006.....	197
Tabla 39 - Dimensiones Interiores de Caja de Registro – Fuente: ítem 6.2k de la norma IS.0.10 del RNE 2006.....	200



## CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El área del terreno donde se construye el edificio es de 336.55 m<sup>2</sup>. A continuación se muestra un cuadro con las áreas techadas por nivel y el área techado total:

Nivel	Área Techada (m <sup>2</sup> )
Sótano	239.14
1°	243.46
2°, 3°, 4°, 5°	973.84
Escaleras	29.61
<b>Total</b>	<b>1486.05</b>

Tabla 1 - Área Techada de cada nivel del edificio

El acceso a los departamentos del edificio puede hacerse por unas escaleras de acceso que nos dirigen hacia el vestíbulo de ingreso que conducen a la escalera y al ascensor. También puede optarse por ingresar al edificio a través del acceso vehicular que conduce a los estacionamientos del semisótano, donde se encuentra también un ascensor que nos conduce a los distintos niveles del edificio. En el siguiente cuadro se muestra la distribución de áreas techadas por departamento descontando las áreas comunes de la escalera y el ascensor:

Nivel	Número de Departamentos (A.T en m <sup>2</sup> )
1°	2° (110.41)
2°, 3°, 4°, 5°	2° (112.84)

Tabla 2 - Número de departamentos y área techada por cada Nivel.

En la tabla 2 podemos observar que cada nivel contiene 02 departamentos por cada nivel, que hace un total de 10 departamentos en todo el edificio.

La distribución de los ambientes de los departamentos (1° al 5° nivel) son iguales, a excepción del 2° nivel al 5° nivel, éstos incluyen un balcón por cada departamento con vista al parque.

Estos departamentos coinciden en los siguientes ambientes: Dormitorio principal con wall in closet y baño incorporado, 2 dormitorio, baño, sala-comedor, hall, lavandería, baño de servicio, centro de planchado y balcones (solo del 2° al 5° nivel).

En el semisótano se ubican 06 estacionamientos, el cuarto de bombas y el vestíbulo de entrada. Se presentan desniveles en el semisótano que varían desde el ingreso (NPT +/- 0.00) hasta la playa de estacionamiento (NPT -0.90). El almacenamiento y distribución de agua en el edificio se realizará a través de un sistema hidroneumático con bombeo a cada departamento, por lo que se requerirá de una cisterna ubicada por debajo del nivel del semisótano en los ejes (4-5; C-E). La circulación vertical en el edificio se realizará por medio de la escalera y alternativamente por el ascensor, ambos ubicados en los ejes (4-5; B-B´).

Cabe señalar que el ascensor comunica directamente con cada uno de los departamentos y la escalera con todos los niveles incluyendo la azotea. En la siguiente figura se muestra la planta de Arquitectura del edificio.

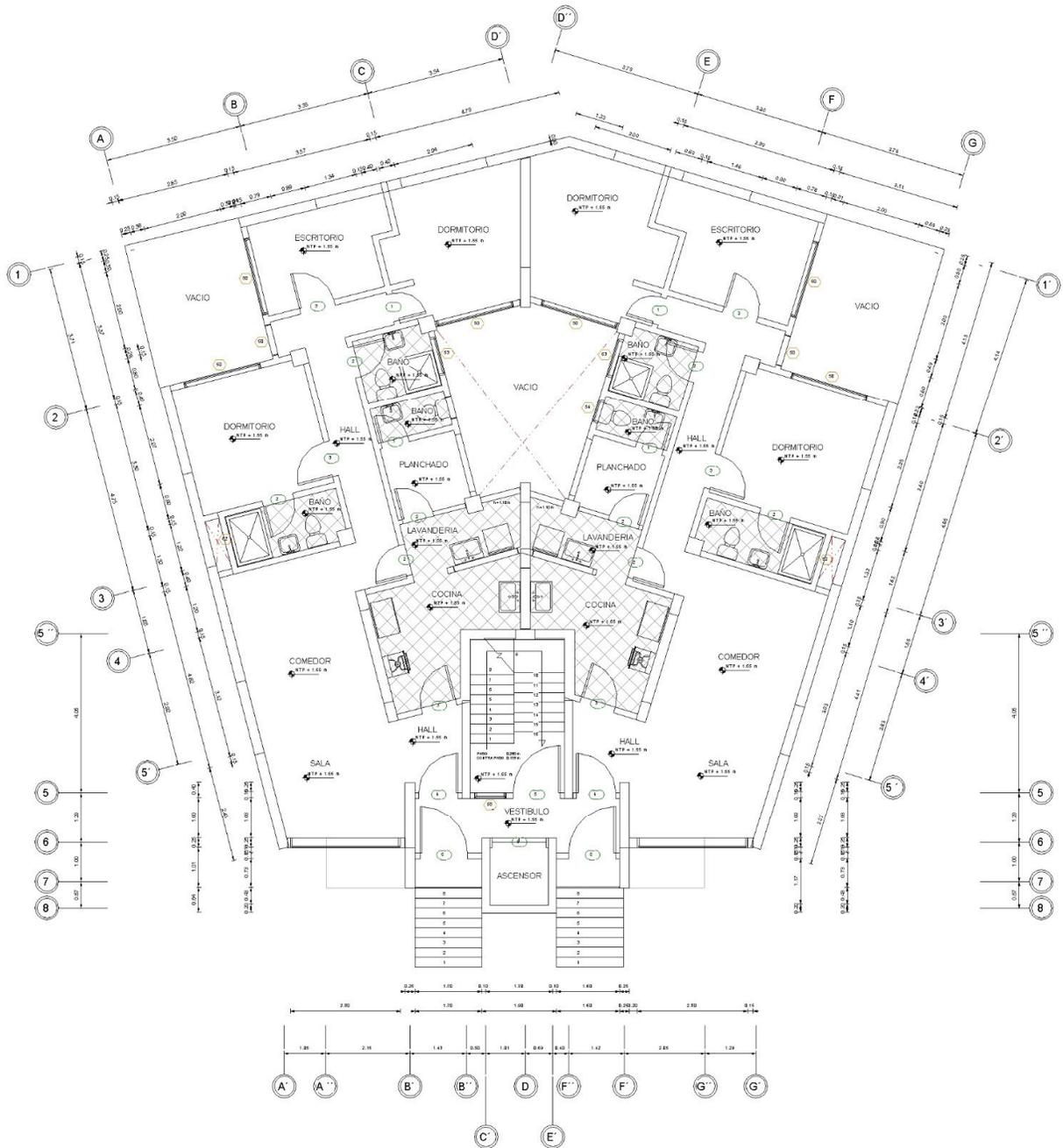


Figura 1 - Planta de arquitectura típica del edificio realizado en Revit Architecture

## 1.2. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

País : Perú.  
Departamento : Arequipa.  
Provincia : Arequipa.  
Distrito : José Luis Bustamante y Rivero.  
Urbanización : Santa Catalina.  
Calle : Santa Catalina.  
Lote : "O" 8

### Límites del Terreno

Norte : Avenida Francisco Pizarro.  
Sur : Avenida Hartley.  
Este : Calle Santa Catalina.  
Oeste : Paseo de la Cultura.

### Localización del proyecto:

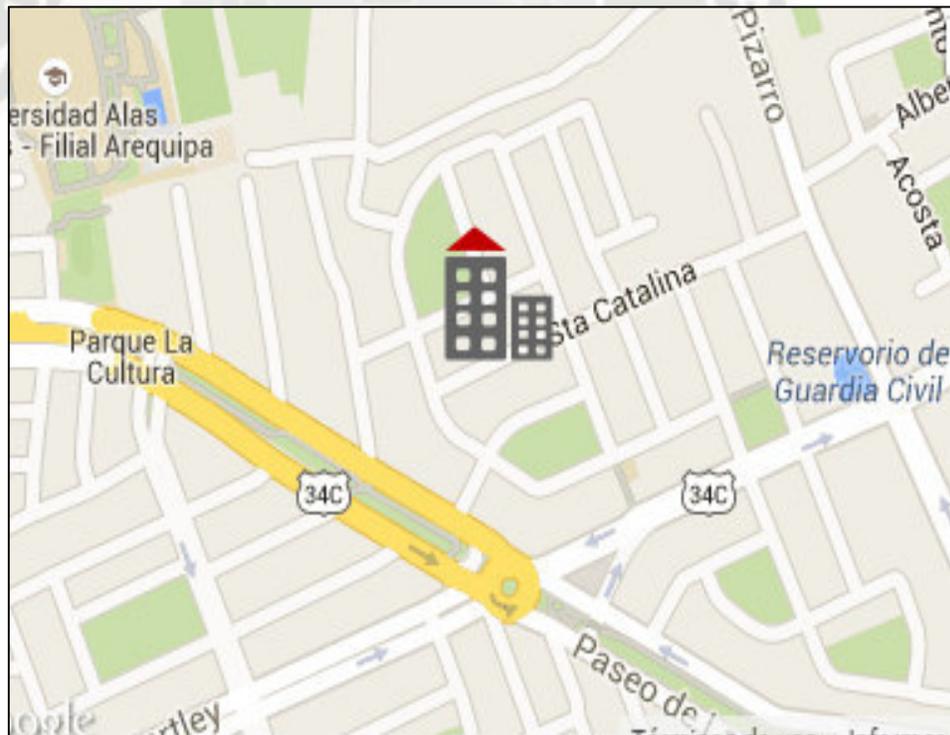


Figura 2 - Plano de localización del proyecto



### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar el sistema estructural más adecuado para la elaboración del proyecto, según los criterios establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Realizar el modelamiento de la estructura con el apoyo de herramientas informáticas como ETABS 2015.
- Hacer el diseño de los diferentes elementos estructurales tales como cimientos, columnas, vigas, losas.
- Realizar el trazo, elección del sistema de abastecimiento para el edificio y diseño de tuberías para agua fría, caliente, desagüe, ventilación y pluvial.
- Elaborar un modelo paramétrico de las especialidades (estructura e instalaciones sanitarias) utilizando REVIT 2015 a partir de los planos de arquitectura en 2D del edificio.
- Extraer la información del modelo BIM de cada especialidad, respecto a las cantidades de obra para la cimentación, estructura, instalaciones sanitarias en el edificio.
- Integrar el modelo generado con la programación de obra utilizando la herramienta Autodesk Navisworks.
- Realizar una simulación del proceso constructivo generando una animación que permita visualizar el avance de obra en tiempo, identificando en la simulación la actividad que se realiza (Encofrado, Acero, Concreto, Albañilería e Instalaciones Sanitarias) hasta llegar a casco rojo.

#### 1.4. PROCEDIMIENTO GENERAL DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

El procedimiento empleado para la presente tesis fue realizado en cuatro pasos principales:

- **Modelaje Estructural:** Definición de ejes estructurales, distribución de elementos verticales (columnas y placas), distribución de vigas y losas, definición del estado de carga (CM, CV, CS, CE).
- **Análisis Estructural por computadora:** Emplear programas comerciales como: ETABS, SAFE.
- **Interpretación de resultados con fines de diseño:** Aplicar conceptos de análisis y diseño estructural aprendidos.
- **Diseño estructural:** Realizado en base a las normas E-060 de concreto armado y E-030 de diseño sismo resistente, traducidos finalmente en planos de estructuras desarrollados en REVIT STRUCTURE, para así encontrar las interferencias que se encuentran en el proyecto.

#### 1.5. MÉTODO DE DISEÑO

El diseño del edificio se realiza mediante el “Reglamento Nacional de Edificaciones” (RNE), el cual se subdivide en capítulos o normas.

En la siguiente tabla se muestran las Normas a las cuales nos referiremos durante el análisis y diseño de los diferentes elementos estructurales que conforman el edificio.

NORMA	VERSION
E.020 Cargas	Mayo, 2006
<b>E.030 Diseño sismo resistente</b>	<b>Norma 2016</b>
E.050 Suelos y cimentaciones	Mayo, 2006
E.060 Concreto armado	Mayo, 2009
IS.010 Instalaciones sanitarias para edificaciones	Mayo, 2006

Tabla 3 - Normas Técnicas Peruanas

El método de diseño utilizado es el “Método de Diseño por Cargas Últimas”. Este método se caracteriza por amplificar las cargas actuantes en la estructura y estudia las condiciones del elemento a diseñar en su etapa última que es el momento cuando se inicia la falla.

La resistencia de diseño se define como la resistencia nominal multiplicada por un factor de reducción de resistencia ( $\Phi$ ). Este factor se debe tomar en cuenta debido a la inexactitud de los cálculos, calidad de los materiales, procedimientos constructivos entre otros. Su valor depende del tipo de sollicitación a la que está sometido el elemento estructural y se encuentra definido NTE.060.

Para flexión sin carga axial	$\Phi = 0.90$
Para flexión con carga axial de tracción	$\Phi = 0.90$
Para flexión con carga axial de compresión y para flexión sin compresión	
- Elementos con refuerzo Espiral	$\Phi = 0.75$
- Otros Elementos	$\Phi = 0.70$
Para cortante con o sin torsión	$\Phi = 0.85$
Para aplastamiento en el concreto	$\Phi = 0.70$

Tabla 4 - Factores de reducción de Resistencia

Las combinaciones de las cargas para obtener la resistencia requerida (mínimo valor de la resistencia de diseño) se encuentran definidas en la NTE.060: “Concreto Armado”. A continuación se muestran las combinaciones que se utilizaron para el diseño del edificio:

$$U = 1.4CM + 1.7CV$$

$$U = 1.25(CM + CV) \pm CS$$

$$U = 0.9CM \pm CS$$

**Donde:**

- U:** Resistencia Requerida.
- CM:** Carga Muerta.
- CV:** Carga Viva.
- CS:** Carga de Sismo.

## **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. LA PLATAFORMA BIM**

En la actualidad BIM se está implementando a nivel mundial como una nueva metodología revolucionaria y prometedora que puede producir cambios e impactos importantes en la industria de la construcción en diferentes ámbitos, sean estos en el diseño, planificación, operatividad, calidad, seguridad, productividad, uso de la energía, entre otros. No obstante lo anterior, y debido en gran parte a la complejidad que tiene esta metodología para ser desarrollada de manera óptima y utilizando su máximo potencial, en general en la industria aún existe mucho desconocimiento sobre el real impacto que pueda desarrollar, tanto en el diseño de proyectos como también en la ejecución y operación de estos.

Actualmente, existe una extensa información asociada al tema que se puede destacar, existen investigaciones que han identificado algunos indicadores del impacto que puede tener el uso de BIM, sin embargo, no existen una información clara de procesos que describan cómo las empresas y los profesionales están usando las metodologías BIM. Esta información de procesos BIM son importantes para poder entender mejor cómo se usa esta metodología y qué relación tiene esa forma de usar BIM con los resultados que se obtienen.

Por tal razón, en el presente capítulo desarrollaremos toda la información acerca de BIM, donde desarrollaremos la definición de BIM, así como su historia, los beneficios y qué resultados se obtienen de usar BIM. Por último se detalla los principales software que han sido desarrollados.

### **2.2. CONCEPTOS BASICOS**

#### **2.2.1. BREVE HISTORIA SOBRE TÉRMINO BIM**

La primera vez que se menciona el concepto y la idea de BIM fue en el año de 1974 por Charles Eastman, A Charles Eastman se le

puede considerar como el padre del BIM. Arquitecto formado en Berkeley y trabajador en ciencias de la computación en la Universidad de Carnegie Melon. Desarrollada en 1974 el sistema BDS cuando ni el siquiera existían ordenadores personales. El BDS (Building Description System) tiene todos los ingredientes del actual BIM, en dicho software se aborda el problema del proyecto desde una base de datos en la que se han separado los componentes del edificio en distintas piezas. Eastman critica la falta de coherencia en la información arquitectónica al no venir toda ella de un solo modelo.

El arquitecto Phil Bernstein, fue el primero que usó el término actual de BIM (modelado de información BIM). Jerry Laiserin, analista industrial, ayudó a popularizar y estandarizarlo como un nombre para la representación digital de los procesos de construcción con el objetivo de intercambiar información en formato digital.

### **2.2.2. MODELADO DE LA INFORMACIÓN DE LA EDIFICACIÓN (BIM)**

BIM es el acrónimo en inglés de Building Information Modeling o Modelamiento de la información para la construcción. Existen varias definiciones de lo que es BIM y depende mucho del punto de vista de lo que uno está buscando y el enfoque que se quiera dar.

BIM es un proceso inteligente basado en modelos que permite planear, diseñar, construir y administrar edificios e infraestructuras. BIM no solamente crea modelos 2D y 3D, los modelos BIM usan modelos de geometría y datos inteligentes, por ejemplo si un elemento de modelo se modifica con BIM se coordina y se realiza el cambio en todas las vistas del elemento, porque todas las vistas usan una misma información.

Los arquitectos, los ingenieros, contratistas y clientes pueden trabajar en un entorno de colaboración, porque pueden acceder al

diseño y actualizarlo, porque toda la información se captura en el modelo y se conserva de manera consistente y coordinada.

Lo que podemos hacer con BIM es realmente increíble porque todo radica en la información que tiene la edificación en cualquier punto de su ciclo de vida, su información se conserva y se precisa para ayudar a reducir errores y trabajos dobles que consumen tiempo y dinero.

Con BIM facilita a todos los que trabajen en un proyecto para coordinar y comunicarse de manera fluida, esto conlleva a una mayor precisión y reducción de repetición de trabajo. BIM ayuda a comunicar la finalidad del diseño desde la oficina a la obra, lo que reduce las órdenes de cambio y los problemas de coordinación con la obra.

En conclusión BIM es una representación digital de un producto que se da mediante un proceso colaborativo entre los diferentes especialistas y que sirve para la toma de decisiones en todo el ciclo de vida del proyecto para eliminar el desperdicio e incrementar la eficiencia.



Figura 4 - Coordinación plataforma BIM

### 2.2.3. MODELO PARAMÉTRICO

Un modelo paramétrico es una representación digital de un objeto, en el cual se puede asignar: reglas, características y definiciones, de modo que al modificarlo, se coordina el cambio en todo el campo virtual, esto proporciona las ventajas de coordinación y productividad. Por ejemplo las ventanas se distribuyen sobre un muro de forma equidistante. Si se cambia la longitud del muro, se mantiene la relación del espacio equitativo. En este caso, el parámetro no es un número, sino una característica proporcional.

Con la adición de nuevos parámetro a los modelos se adicionan nuevas “Dimensiones” a la modelación. Tenemos la siguiente tabla donde nos muestran las dimensiones que se desarrollan:

<b>Dimensión</b>	<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
2D	Documentación	Planos, esquemas, etc.
3D	Espacio Tridimensional	Modelos de visualización
4D	Tiempo	Programación de Obra
5D	Costo	Presupuesto
6D	Aplicaciones Operacionales	Análisis energético, ventilación, iluminación
7D	Aplicaciones relacionadas	Logística, contratación, compras

Tabla 5 - Dimensiones de modelación BIM – Fuente: Propia

### 2.2.4. CICLO DE VIDA DEL PROYECTO

El ciclo de vida de un proyecto de construcción está constituido por las diversas etapas que atraviesa una edificación desde su diseño conceptual hasta el fin de su vida útil.

Para los procesos BIM el ciclo de vida de las edificaciones se sintetiza en el diagrama que presenta la compañía Autodesk en un video titulado “BIM for the Building Lifecycle”.

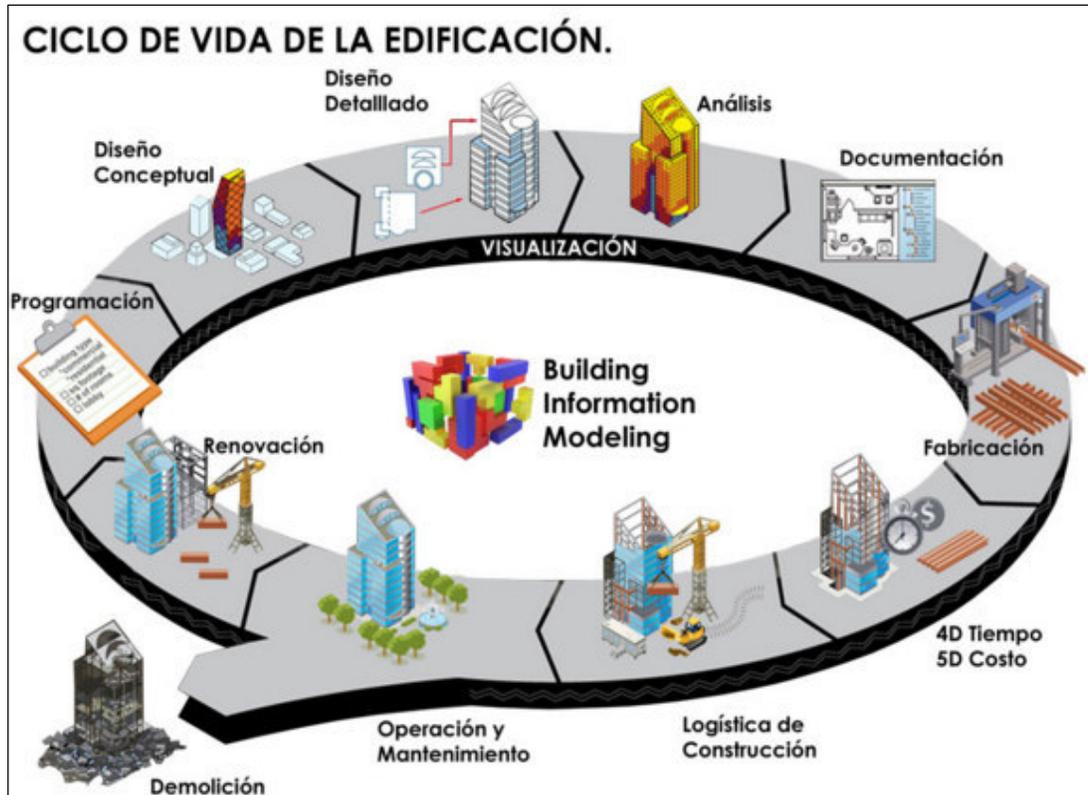


Figura 5 - Ciclo de vida de la Edificación – Fuente: Autodesk

### 2.2.5. INTEROPERABILIDAD

La interoperabilidad permite el intercambio de información entre diferente software o aplicaciones que están involucrados en un proceso BIM (ya sea de diseño, construcción, análisis, etc) que es facilitada por la compatibilidad de las herramientas. Por ejemplo un modelo desarrollado en un software como Autodesk Revit Architecture™ puede ser transferido a plataformas de modelación especializada en estructuras (Autodesk Revit Structure™) y Análisis Estructural (Autodesk Robot Structural Analysis Professional™).

En la interoperabilidad podemos ubicar al formato IFC, como uno de los formatos dentro de la metodología BIM, que sirven para

exportar archivos digitales entre software de diversas compañías, para generarle cambios o hacer otros tipos de análisis.

REALIZA	PROGRAMA
Modelo 3D	Revit, Archicad, Sketchup
Análisis de Estructuras	CYPECAD, SAP2000, ETABS, ROBOT, TEKLA
Instalaciones	DDS-CAD, CYPECAD MEP, Revit MEP
Hacer un control de calidad	Navisworks, Tekla BIM Sight, Solibri
Visualizadores	BimVision, IfcViewer
Geo referencia	Civil3D, Google
Microsoft	Excel, MS project

Tabla 6 - Generación de modelos BIM – Fuente: Propia

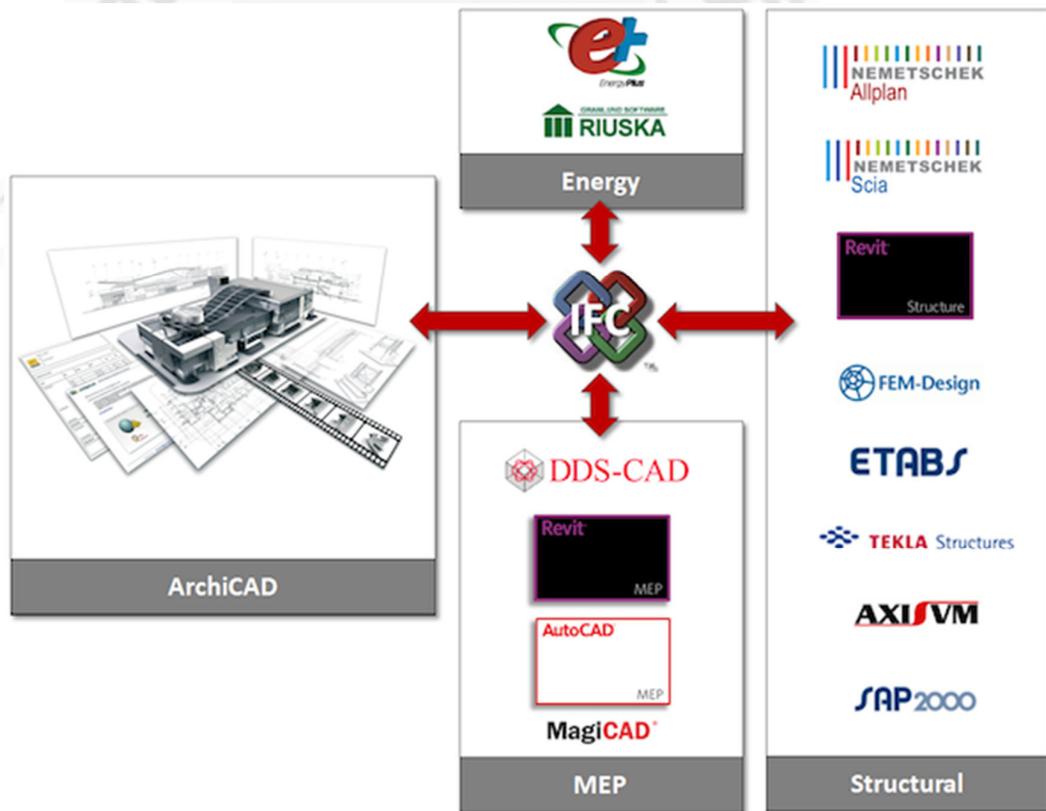


Figura 6 - Interoperabilidad BIM – Fuente: Soporte IFC - Archicad Mexico

## 2.2.6. CONSTRUCTABILITY

El término de Constructability se refiere asegurarse de antemano que un edificio o estructura se pueden construir de manera eficiente, en ambos términos de tiempo y dinero BIM (Building Information Modeling), cuando es lo suficientemente precisa y detallada, permite a la industria a lograr modelos con información importante y conforme a la obra y encontrar problemas antes de empezar a trabajar en el lugar donde se construirá, utilizar o desperdiciar materiales reales. Con todos estos modelos podemos minimizar costos exagerados y abrir el paso a proyectos más rentables.



Figura 7 – Representación 3D mediante uso BIM - Fuente: Vladimir Alcántara Rojas, 2013

### 2.3. COORDINACION BIM

Unas de las características fundamentales para obtener un proyecto exitoso es la coordinación entre sus diferentes involucrados, entonces el principal aporte de BIM para el proceso de vida de un proyecto se encuentra en su capacidad de mejorar la coordinación integrada a través de todo el ciclo de vida del proyecto.

Es en este proceso de visualización o simulación obtenida de BIM genera mejores resultados, por tener un mismo lenguaje común de trabajo por parte de arquitectura, ingenierías y construcción hace que exista un nuevo sistema de comunicación donde todos coordinan, dialogan alrededor de una base de datos única llamado “Modelo BIM”.

BIM planea un nuevo flujo de trabajo para cada una de las especialidades, la consecuencia será realizar un cambio radical de nuestra forma actual de trabajo.

BIM es una metodología para la administración de información en todo el ciclo de vida de un proyecto, desde la parte conceptual, el dibujo y el desarrollo de expedientes, los metrados y presupuestos, también la planificación y supervisión de obra, para culminar con la operación de cualquier tipo de edificación; todo esto sobre una plataforma de variedad de aplicaciones (Software) que apoyan o están hechas para trabajar bajo la filosofía BIM.

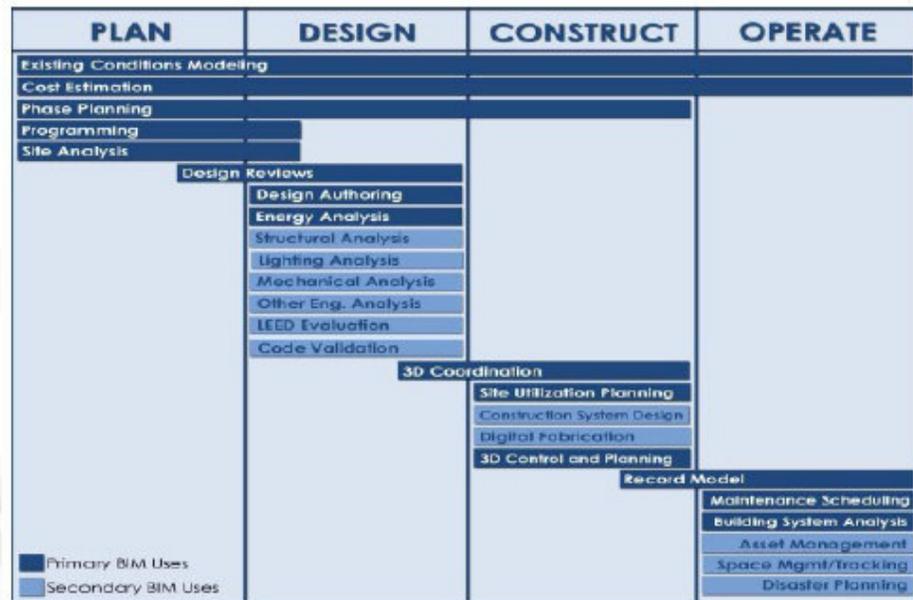


Figura 8 – Usos de BIM durante el ciclo de vida de un proyecto – Fuente: Project Execution Planning Guide

En el siguiente recuadro se representa el flujo de trabajo de diseño de un proyecto elaborado de la manera tradicional, donde se puede apreciar que todas las especialidades trabajan de forma aislada y la coordinación con elementos 2D, haciendo difícil las revisiones.

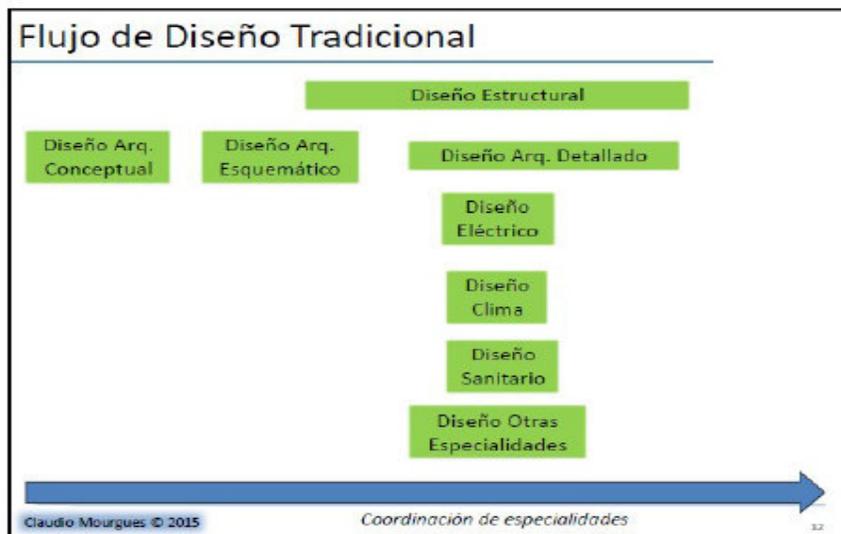


Figura 9 - Flujo de diseño tradicional – Fuente: Claudio Mourgues, 2015

## 2.4. JUSTIFICACION USO BIM

Actualmente varias empresas, la competitividad de los mercados exige que se realice un cambio en la manera como se desarrollan los procesos de diseño y productivos donde se hace importante tener en cuenta diferentes variables y la integración de todas las disciplinas. Por tal razón, la implementación de herramientas y metodologías es esencial para facilitar el trabajo coordinado y conjunto de los especialistas e interesados de los proyectos.

Además muchos desarrolladores de proyectos reconocen a los modelos digitales de información en la construcción (BIM) como una metodología eficiente para planificar y controlar proyectos por medio de la visualización de estos. Y además la generación rápida de múltiples alternativas de diseño, mantener la integridad de la información del proyecto y una evaluación y generación rápida del plan de ejecución. También diferentes entidades y universidades a nivel internacional han dedicado varias investigaciones a crear documentación respecto del uso de la Plataforma BIM, y con estos se han desarrollado, guías de implementación y trabajo que hasta el momento son útiles en nuestra industria.

## 2.5. BENEFICIOS DEL USO DEL BIM EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

- **En la Etapa de Diseño**
  - En las primeras etapas del diseño para probar que se ha cumplido con las expectativas del cliente, se pueden obtener listados de materiales y cómputos de materiales generales.
  - Obtención de los planos del proyecto: de plantas, de secciones, de elevaciones, de detalles y vistas 3D isométricas.

- Creación de imágenes fotorrealistas (renders), vistas de perspectivas, animaciones y escenas de realidad virtual para el marketing del edificio.
- Gestión de espacios y usos de los ambientes del edificio.
- Proveer datos para el análisis estructural de elementos del edificio.
- Reduce tiempos de entregas.
- **En la Etapa de Construcción**
  - Visualización del diseño del proyecto.
  - Detección de interferencias.
  - Reduce errores en la obra.
  - Reducción en cambios de obra.
  - Obtener las cantidades de materiales (metrado).
  - Coordinación, intercambio de datos de diseño con los proyectistas y proveedores.
  - Control de inventarios.
  - Actualizar la información en la documentación de obra de manera eficiente.
  - Simulación del proceso constructivo.

## 2.6. SOFTWARE BIM

Existe una gran variedad de software en el mercado que sirven de apoyo para la aplicación del concepto BIM. De acuerdo a Zhang, Isa y Olbina (2010), las aplicaciones o herramientas BIM pueden clasificarse en:

- Herramientas BIM de autoría (authoring tools): permiten crear modelos y son usadas en las etapas de diseño y construcción. Se considera que sean el centro de la aplicación BIM. Algunas

herramientas son: Autodesk Revit, Bentley Architecture, Tekla Structures y ArchiCAD.

- Herramientas BIM de actualización (updating tools): permiten hacer actualizaciones específicas los modelos creados.
- Herramientas BIM de visualización (viewing tools): permiten visualizar el contenido del modelo sin hacer cambios. Por ejemplo es el programa de visualización de Autodesk Revit (IFC model viewer).

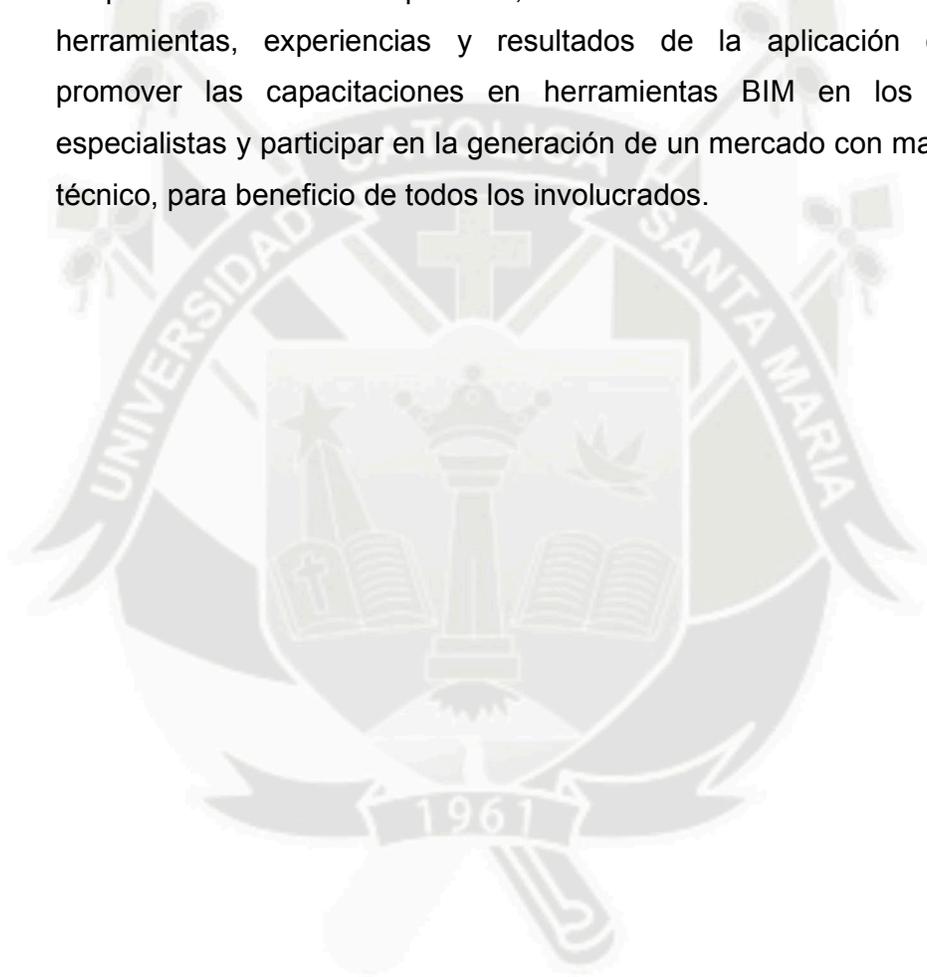
APLICACIONES QUE PERMITEN CREAR Y GESTIONAR BIM	
SOFTWARE BIM DE CALCULO, REPRESENTACIÓN Y VISUALIZACIONES DE ESTRUCTURA	SOFTWARE BIM DE CALCULO Y/O REPRESENTACIÓN DE INSTALACIONES
Revit Structure (Autodesk) CYPECAD (CYPE) Tekla Structure (Trimble) Robot (Autodesk) Trical (Arktec)	Revit MEP (Autodesk) CYPECAD MEP (CYPE) DDS-CAD (Graphisoft)
SOFTWARE BIM ARQUITECTURA	SOFTWARE BIM DE ESTUDIOS DE EFICIENCIA ENERGETICA
Revit Architecture (Autodesk) ArchiCAD (Graphisoft) Allpan (Nemetschek) AECOSim (Bentley)	ECOTECT ANALYSIS (Autodesk) Ecodesigner (Graphisoft) CYPE CAD MEP Energy Plus (CYPE)
SOFTWARE BIM DE PLANIFICACION Y GESTION DE OBRA	VISUALIZADORES
VICO (Trimble) Solibri Syncho Pro Navisworks (Autodesk) Navegador (Bentley) Glue (Autodesk) Think Project	BIM% (Graphisoft) VICO (Trimble) Solibri Model Viewer Tekla BIMSight (Trimble)
SOFTWARE BIM PARA METRADOS Y CONTROL DE COSTOS	DETECTOR DE CONFLICTOS
Arquimedes (CYPE) Vice (Trimble) Presto (Soft)	BIM% (Graphisoft) Navisworks

Figura 10 - Software BIM - Fuente: Gleyser Goyzueta, 2016

## 2.7. BIM EN EL PERU

Debido a que el concepto BIM se ha presentado como un conjunto de herramientas relativamente nuevas en el Perú, no se tiene un diagnóstico de la situación actual acerca del uso de BIM.

En el 2012 se ha lanzado el Comité BIM del Instituto de la Construcción y Desarrollo (ICD) que pertenece a la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO); está integrado por proyectistas y constructores. Este comité busca impulsar las buenas prácticas en el modelamiento de proyectos BIM, constituir una biblioteca virtual con información categorizada adaptada a la realidad peruana, difundir los avances en el uso de herramientas, experiencias y resultados de la aplicación de BIM, promover las capacitaciones en herramientas BIM en los distintos especialistas y participar en la generación de un mercado con mayor nivel técnico, para beneficio de todos los involucrados.



## CAPÍTULO 3: ESTUDIOS BASICOS

### 3.1. TOPOGRAFÍA DEL TERRENO

La topografía en la zona del proyecto no constituye un problema en el diseño estructural de la cimentación, ya que el terreno es relativamente plano sin relieves pronunciados importantes.

Para el presente proyecto no se adjunta plano de curvas de nivel debido a que el terreno muestra una pendiente menor a 1% y el área de la edificación es pequeña.

### 3.2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

La finalidad de los estudios de mecánica de suelos es determinar las principales características, propiedades y parámetros del terreno de fundación, para con estos datos hallar la capacidad portante con la aplicación de la NTE-050.

Todos los datos de mecánica de suelos fueron realizados por la empresa *GEODEMISA* y posteriormente entregados al tesista.

#### 3.2.1. EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA

Respecto a la estrategia de trabajo; se realizó la inspección y evaluación de la zona dando importancia al aspecto geotécnico donde se realizará la construcción de la vivienda multifamiliar.

Una vez realizada esta operación se procedió a ejecutar 02 calicatas de 2.20 m. de profundidad, se muestreó, se describió y se observaron las características del sub-suelo que mostraba las calicatas. Con el material obtenido en el campo se procedió a

realizar las pruebas en el laboratorio para luego en el gabinete se interprete y describa la información obtenida.

Se efectuaron los trabajos de exploración, lo que permitió visualizar la estratigrafía y describir los suelos, se tomaron las muestras disturbadas y representativas para ensayos en el laboratorio, a fin de clasificar y determinar sus características físicas, mecánicas y su valor soporte.

### 3.2.2. ENSAYO DE LABORATORIO

De acuerdo a los ensayos obtenidos en el laboratorio indica que la formación de los estratos está dispuesta en dos estratos:

- **Primer estrato:** (Prof. 0.00 a 1.70). Arena limo, no limo, no plástico, suelo semicompacto, densidad baja, color beige.
- **Segundo estrato:** (Prof. 1.70 a 2.20). Grava, arena, limo no plástico, suelo semicompacto, densidad alta, color beige.

#### CALICATA N° 01 – C1

MUESTRA	1	2
Clasificación de los suelos	SM	SP-SM
Humedad natural	3.60%	5.40%
Porcentaje malla #200	19.50%	11.60%
Máxima densidad	1.76 gr/cc	2.03 gr/cc
Humedad óptima	11.34%	9.74%
Gravedad específica	2.30 gr/cc	2.64 gr/cc
Límite líquido	13.50%	14.00%

### CALICATA N° 02 – C2

MUESTRA	1	2
Clasificación de los suelos	SM	SP-SM
Humedad natural	5.30%	6.70%
Porcentaje malla #200	17.70%	9.80%
Máxima densidad	1.70 gr/cc	2.01 gr/cc
Humedad óptima	10.71%	9.06%
Gravedad específica	2.24 gr/cc	2.61 gr/cc
Limite líquido	13.9%	14.30%

#### 3.2.3. CAPACIDAD PORTANTE

Según el estudio de Mecánica de Suelos realizado por GEODEMISA, se arribaron a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- Peso Unitario: 1.46 kg/cm<sup>3</sup>
- Densidad Máxima: 1.51 kg/cm<sup>3</sup>
- Densidad Mínima: 1.34 kg/cm<sup>3</sup>
- Densidad Relativa: 73.01%
- Angulo de rozamiento (Φ): 30.95°
- N<sub>q</sub>: 11.5
- N<sub>y</sub>: 8.9
- N<sub>c</sub>: 0

#### Capacidad Portante según Terzaghi:

- Factor de Seguridad (FS)= 2.5

$$q_{ult} = \frac{1}{2} cN_c + YD_f N_q + 0.4BYN_y$$

- Profundidad de desplante:  $D_f = 2.50\text{m}$ .
- Zapata Cuadrada  
Ancho de Zapata:  $B = 1.20$

$$q_{ult} = 48.21 \text{ Tn/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.798 \text{ kg/cm}^2$$

Con todos estos datos se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Suelos semi compactos, materiales no plásticos.
- La uniformidad del terreno no considera la posibilidad de un asentamiento diferencial.
- El porcentaje de humedad no representa peligro de empuje y/o colapso.
- No se encontró el nivel freático.
- Los materiales encontrados no tienen sulfatos, carbonatos, caliches u otras sales solubles.
- La uniformidad del terreno no considera la posibilidad de un asentamiento diferencial.

También se tomaron las siguientes recomendaciones:

- Considerar como capacidad portante admisible en este suelo **1.928 kg/cm<sup>2</sup>**.
- Considerar como capacidad portante admisible en este suelo **1.706 kg/cm<sup>2</sup>** para cimiento corrido.
- Utilizar cimentación superficial recomendado una profundidad **DF=2.50m** para zapatas (nivel de desplante), y cimientos corridos **DF=1.20m**.
- Buscar que los asentamientos que puedan presentarse sean menores a los admisibles y tratar que sean uniformes y no diferenciales.

## CAPITULO 4: ESTRUCTURACIÓN, PREDIMENSIONAMIENTO Y METRADO DE CARGAS

### 4.1. ESTRUCTURACIÓN

La estructuración es el primer paso importante para obtener una buena estructura, consiste en ubicar los elementos estructurales (columnas, placas, vigas, losas, etc.) en el plano de arquitectura del edificio para así obtener una estructura que cumpla con las solicitudes por cargas de gravedad y sísmicas en nuestra norma E-030-2016.

#### 4.1.1. CRITERIOS DE ESTRUCTURACIÓN

- Para la estructuración del edificio se toma en consideración la simetría en planta y en elevación que tendrá la estructura para un mejor control de los desplazamientos máximos del edificio.
- En los linderos laterales se dispuso muros de concreto armado a todo lo largo, con lo cual se tiene una rigidez lateral muy grande en la dirección perpendicular a la calle.
- Se colocaron muros de concreto a los costados de la escalera central para ayudar a la rigidez lateral en el mismo sentido a los muros de los linderos del edificio.
- Para la dirección perpendicular a la calle se colocó placas en la caja del ascensor, una placa cerca al eje C' y E' tratando de que se forme un pórtico, otra placa cerca al eje 8 para obtener rigidez lateral en la dirección Y.
- Al ser un edificio de un semisótano y 5 pisos, los muros de los linderos (ejes A y G) son de 25cm. Sin embargo en la zona 1 – 1 los muros reciben una losa aligerada y además se necesitan columnas (dentro del muro) en los ejes C y D, por lo cual

necesitamos ensanchar el muro y, en lugar de hacer algunas zonas con muros de 25cm y otro con muros de 20cm.

- En los ejes B, C, E y F se dispuso de vigas peraltadas para formar pórticos en esa dirección.
- Se colocaron columnas en la dirección X y Y en los ejes 2, 3, 2', 3' y B, C, D, E, F respectivamente para formar pórticos con las vigas peraltadas previamente asignadas, así como una viga peraltada que une las dos columnas.
- Para el resto del encofrado se dispuso de losas aligeradas en un sentido tratando de ponerlas en dirección con menor luz de cada paño.
- Se colocaron vigas chatas para soportar el peso de los tabiques existentes según el plano de arquitectura.
- Se procuró que la estructuración sea simple sin alterar la rigidez del edificio hasta donde lo permita la arquitectura.

## 4.2. PRE DIMENSIONAMIENTO

El pre dimensionamiento de los elementos estructurales se ha realizado según las luces y las cargas que soportan, cumpliendo con las recomendaciones de la norma E.060 y del libro: "Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado", de Antonio Blanco.

### 4.2.1. LOSAS

El pre dimensionamiento de una losa consiste en determinar un peralte que sea capaz de resistir las cargas verticales que soporte, que evite las deflexiones excesivas y además, que garantice el comportamiento de la losa como diafragma rígido.

#### 4.2.1.1. LOSAS ALIGERADAS

Las losas aligeradas son losas nervadas en las cuales el espacio existente entre viguetas está relleno con ladrillos o tecnopor. En el Perú, las losas aligeradas se hacen con viguetas de 0.10 m. de ancho, separadas a una distancia libre de 0.30 m., debido a que los ladrillos se fabrican con este ancho. El espesor de los aligerados es la suma de la altura de los ladrillos y de una losa superior de 5 cm. Es por esta razón que los espesores de los aligerados son de 0.17 m., 0.20 m., 0.25 m. y 0.30 m. teniendo en cuenta que los espesores de los ladrillos fabricados en el Perú son de 0.12 m., 0.15 m., 0.20 m. y 0.25 m. respectivamente.

Para pre dimensionar las losas aligeradas existen dos métodos: método práctico y mediante tabla:

##### 1er método:

$$H_{LOSA} \geq \frac{L_n}{25}$$

##### Donde:

$H_{LOSA}$  = Altura de Losa Aligerada (cm)

$L_n$  = Longitud libre (cm)

##### 2do método:

Luz (m)	Espesor Losa (cm)	Ladrillo (cm)	Peso propio aproximado (kg/m <sup>2</sup> )
4	17	12	280
5	20	15	300
6	25	20	350
7	30	25	420

Tabla 7 - Peso Propio Aproximado de Losa

En nuestro caso, la mayor luz libre es de 4.76 m, entonces tenemos lo siguiente:

**1er método:**

$$H_{LOSA} \geq \frac{L_n}{25} \rightarrow H_{LOSA} \geq \frac{476}{25} = 19.04 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

**2do método:**

Luz (m)	Espesor Losa (cm)	Ladrillo (cm)
4.76	20	15

Con los valores obtenidos se decide uniformizar el sistema de losa a un espesor de 0.20 m para losas aligeradas.

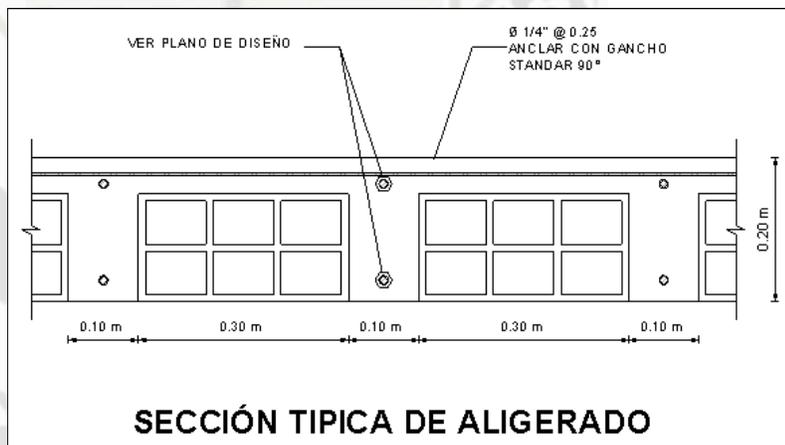


Figura 11 - Sección típica de Aligerado

**4.2.2. VIGAS**

Las vigas pueden ser de dos tipos: peraltadas o chatas. Las vigas peraltadas tienen una altura mayor al de la losa, mientras que las vigas chatas la misma altura de ésta.

Una viga peraltada sirve de apoyo a las losas y transmiten las cargas de éstas así como la debida a su propio peso hacia las placas, columnas u otras vigas peraltadas. En caso de sismo, las

vigas peraltadas al formar pórticos colaboran en absorber los esfuerzos inducidos por el movimiento sísmico.

Las vigas chatas se utilizan normalmente para evitar las grandes deflexiones provocadas por el peso de los tabiques cuando estos están dispuestos en paralelo a la dirección de armado del aligerado.

#### 4.2.2.1. VIGAS PERALTADAS

Generalmente, las vigas se pre dimensionan considerando un peralte del orden de 1/10 o 1/12 de la luz libre, el cual incluye el espesor de la losa. En nuestro caso se optó por el criterio del 1/10 de la luz libre. En el siguiente cuadro, se muestran los peraltes definidos para las vigas:

Dirección	Eje	Vigas	Luz Mayor L (m)	$h = L/10$ (m)	h escogido (m)
X	1	V3	1.636	0.164	0.30
		V4	2.410	0.241	0.40
	2	V4	3.174	0.317	0.40
		V3	2.275	0.227	0.30
	3	V5	3.171	0.317	0.40
		V5	3.416	0.342	0.50
	4	V4	3.465	0.347	0.40
		V3	2.400	0.240	0.30
	5	V4	3.245	0.325	0.40
		V3	2.400	0.240	0.30
	6	V5	2.931	0.293	0.40
		V5	3.056	0.306	0.40

Tabla 8 - Predimensionamiento de Vigas X-X

Dirección	Eje	Vigas	Luz Mayor L (m)	$h = L/10$ (m)	h escogido (m)
Y	A	V4	3.171	0.317	0.40
		V3	1.703	0.170	0.30
	B	V4	3.477	0.348	0.40
		V5	4.537	0.454	0.50
	C	V4	3.408	0.341	0.40
		V5	4.250	0.425	0.50
	D	V4	3.296	0.330	0.40
	E	V4	3.835	0.383	0.40
		V5	4.399	0.440	0.50
		V3	2.755	0.275	0.30
	W	V4	3.851	0.385	0.40
		V5	4.448	0.445	0.50
G	V4	3.097	0.310	0.40	
	V3	1.511	0.151	0.30	

Tabla 9 – Pre dimensionamiento de Vigas Y-Y

Para calcular el ancho de la viga se encuentra en el orden de  $1/2$  ó  $1/3$  del peralte hallado, aquí los valores se encontraron de 0.10 cm a 0.25 cm, así que escogimos todo a 25cm.

#### 4.2.2.2. Vigas Chatas

Las vigas chatas son las vigas que se encuentran en la losa sin sobresalir de ésta y su función principal es soportar y transmitir los esfuerzos de los tabiques o muros dispuestos en la misma dirección de la losa aligerada a las vigas, muros y columnas. Sólo se deben usar cuando se tienen luces cortas.

Por lo tanto, estas vigas no soportarán grandes momentos flectores, sólo grandes esfuerzos de corte por lo que su pre dimensionamiento se basará en un diseño por corte.

Nosotros elegimos las dimensiones de 0.20 m x 0.20 m y 0.25 m x 0.20 m.

#### 4.2.3. COLUMNAS

Para el pre dimensionamiento de columnas se recomienda dimensionar con la siguiente formula:

$$A_{col} = \frac{P_{servicio}}{0.45 * F'c}$$

**Donde:**

$A_{col}$  : Área transversal de la columna (cm<sup>2</sup>)

$P_{servicio}$  : Carga vertical en servicio (Ton)

$P_{servicio}$  :  $P \times A$  tributaria  $\times N$  pisos

Categoría A  $\rightarrow P = 1500$  kg/m<sup>2</sup>

Categoría B  $\rightarrow P = 1250$  kg/m<sup>2</sup>

Categoría C  $\rightarrow P = 1000$  kg/m<sup>2</sup>

$F'c$  : Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm<sup>2</sup>)

Solamente con el propósito del pre dimensionamiento, el metrado de cargas en las columnas se estimó considerando la categoría C (viviendas) una carga de servicio igual a 1 ton/m<sup>2</sup>.

Teniendo en cuenta que el edificio consta de 5 pisos y un semisótano, comprobamos las columnas C-1, C-2 su área en la siguiente tabla:

Columna		Carga de Servicio			Área Requerida (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones	
Tipo	Ubicación	Área Tributaria (m <sup>2</sup> )	Nº Pisos	P serv. (Ton)		b x h (m)	Área Final (cm <sup>2</sup> )
<b>C1</b>	(B,2)	11.43	6	68.58	725.714	0.40x0.40	1600.00
<b>C2</b>	(C,1)	6.12	6	39.18	414.603	0.25x0.50	1250.00

Tabla 10 – Pre dimensionamiento de Columna

Los valores están por encima del área requerida, debido a que la propuesta arquitectónica propone una gran cantidad de columnas en la parte central y con esto nos dará una mayor rigidez en la dirección X y Y. Además era necesario prolongar el peralte de la columna para que el refuerzo de las vigas alineadas en la dirección pueda anclar adecuadamente en la columna.

#### 4.2.4. PLACAS

Debido a las características de la estructura, se asumió que serán los que absorban casi toda la fuerza cortante generada por el sismo en la base del edificio. La Norma E.060 Concreto Armado, indica que el ancho mínimo de los muros debe ser de 10 cm. aunque en este caso tenemos en el semisótano espesores de 25 cm. y 30 cm.

Para predimensionar las placas se puede utilizar un método aproximado, el cual consiste en calcular las fuerzas cortantes en la base con el método establecido en la Norma E.060 e igualarlos a la suma de la resistencia al corte de los muros, dada por:

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{F'_c} \times b \times L$$

**Donde:**

*b = espesor estimado de muros*

*L = metros lineales posibles de muros*

Este método es referencial y se deberá efectuar una evaluación final, luego de realizar un análisis sísmico.

#### 4.2.5. ESCALERA

La escalera se dimensionara cumpliendo lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificio, donde se debe cumplir que:

$$2 cp + 1 p = 60 @ 64$$

**Donde:**

*cp = contrapaso.*

*p = paso.*

Tomaremos 15 pasos de 25 cm de ancho y el contra paso será  $(265/15) = 17.67$  cm.

**Verificando:**

$$2 \times 17.67 + 25 = 60.34 \text{ cm}$$

### 4.3. METRADO DE CARGAS

El metrado de cargas consiste en estimar las cargas de gravedad actuantes sobre la estructura, las cuales se reparten sobre sus diferentes elementos. La Norma de Cargas E.020 brinda valores mínimos para estimarlas.

Las cargas de gravedad pueden dividirse en dos grupos: Cargas Vivas (CV) y cargas muertas (CM).

Para estimar las cargas muertas se consideraran los siguientes pesos unitarios de los diferentes materiales:

MATERIAL	PESOS UNITARIOS
Concreto Armado	2400 Kg/m <sup>3</sup>
Albañilería con Tarrajeo	1900 Kg/m <sup>3</sup>
Aligerados (h=20 cm)	300 Kg/m <sup>2</sup>
Aligerados (h=25 cm)	350 Kg/m <sup>2</sup>
Aligerados en dos direcciones (h=25 cm)	420 Kg/m <sup>2</sup>
Piso Terminado	100 Kg/m <sup>2</sup>

Tabla 11 - Pesos Unitarios de Materiales

En cuanto a las cargas vivas se utilizarán las cargas dadas por la Norma E020.

Viviendas	200 Kg/m <sup>2</sup>
Azotea	100 Kg/m <sup>2</sup>
Corredores y escaleras	200 Kg/m <sup>2</sup>

Tabla 12 - Cargas Vivas Utilizadas

#### 4.3.1. LOSAS ALIGERADA

Como se mencionó en el presente Capitulo en el punto 3.2.1.1, se tomó losas aligeradas de espesor de 20 cm y con la tabla 5 tenemos un peso de 300 Kg/cm<sup>2</sup>. Con estos datos creamos una losa que tenga un peso equivalente (para posteriormente colocarlo en el modelo ETABS), se realizó de la siguiente forma:

$$espesor \times 2400 \frac{kg}{cm^3} = 300 \frac{kg}{cm^2}$$

$$espesor = \frac{300}{2400}$$

$$espesor = 0.125 \text{ cm}$$

Con este espesor y área de cada losa, calculamos el metrado de losa aligerada, mostrados en la siguiente tabla:

#### Peso propio:

ELEMENTO	Área m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	Peso Tn	Nivel
Losa Aligerada 20 cm	236.081	29.510	70.824	01 – Primer Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	29.115	69.875	02 – Segundo Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	29.115	69.875	03 – Tercer Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	29.115	69.875	04 – Cuarto Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	29.115	69.875	05 – Quinto Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	29.115	69.875	06 – Sexto Nivel
<b>TOTAL</b>			<b>420.200</b>	

**Piso terminado:**

ELEMENTO	Área m <sup>2</sup>	PT Tn/m <sup>2</sup>	Peso Tn	Nivel
Losa Aligerada 20 cm	236.081	0.10	23.608	01 – Primer Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	0.10	23.292	02 – Segundo Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	0.10	23.292	03 – Tercer Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	0.10	23.292	04 – Cuarto Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	0.10	23.292	05 – Quinto Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	0.10	23.292	06 – Sexto Nivel
<b>TOTAL</b>			<b>140.067</b>	

**Carga Viva:**

ELEMENTO	Área m <sup>2</sup>	CV Tn/m <sup>2</sup>	Peso Tn	Nivel
Losa Aligerada 20 cm	236.081	0.20	47.216	01 – Primer Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	0.20	46.583	02 – Segundo Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	0.20	46.583	03 – Tercer Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	0.20	46.583	04 – Cuarto Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	0.20	46.583	05 – Quinto Nivel
Losa Aligerada 20 cm	232.917	0.20	46.583	06 – Sexto Nivel
<b>TOTAL</b>			<b>280.133</b>	

**4.3.2. VIGAS**

SECCIÓN	Cant.	Long. m	Área m <sup>2</sup>	P.U Tn/m <sup>3</sup>	Peso
Viga 0.20x0.20	46	100.89	0.04	2.40	9.69
Viga 0.25x0.20	112	160.61	0.05	2.40	19.27
Viga 0.25x0.30	68	152.17	0.075	2.40	27.39
Viga 0.25x0.40	152	477.43	0.10	2.40	114.58
Viga 0.25x0.50	24	109.67	0.125	2.40	32.90
<b>TOTAL</b>					<b>203.84</b>

**4.3.3. TABIQUERÍA**

Se realizó el metrado de la tabiquería como nos especifica los planos de arquitectura. Las cargas que hallaremos serán puntuales y distribuidas (colocaremos en las vigas en la modelación del edificio), como se muestran en la siguiente tabla:

Eje	Longitud m	Espesor m	Altura m	Peso Especifico tn/m3	Carga Puntual tn	Pisos #	Peso Tnf
B	0.23	0.15	2.45	1.90	0.16	5	0.8
B	0.47	0.15	2.45	1.90	0.33	5	1.65
B	0.57	0.15	2.45	1.90	0.40	5	2
B	0.45	0.15	2.45	1.90	0.31	5	1.55
B	0.35	0.15	2.15	1.90	0.21	5	1.05
B	0.96	0.15	2.45	1.90	0.67	5	3.35
B	0.35	0.15	2.15	1.90	0.21	5	1.05
B'	0.30	0.15	2.45	1.90	0.21	5	1.05
C	0.12	0.15	2.20	1.90	0.08	5	0.4
C	0.48	0.15	2.45	1.90	0.34	5	1.7
C	1.44	0.15	2.45	1.90	1.01	5	5.05
C	0.14	0.15	2.20	1.90	0.09	5	0.45
C	1.48	0.15	2.45	1.90	1.04	5	5.2
C	0.18	0.15	2.15	1.90	0.11	5	0.55
C	1.08	0.15	2.45	1.90	0.75	5	3.75
C	0.18	0.15	2.15	1.90	0.11	5	0.55
E	0.56	0.15	2.45	1.90	0.39	5	1.95
E	0.19	0.15	2.20	1.90	0.12	5	0.6
E	1.45	0.15	2.45	1.90	1.01	5	5.05
E	0.36	0.15	2.20	1.90	0.23	5	1.15
E	1.46	0.15	2.45	1.90	1.02	5	5.1
E	0.18	0.15	2.15	1.90	0.11	5	0.55
E	1.02	0.15	2.45	1.90	0.71	5	3.55
E	0.17	0.15	2.15	1.90	0.10	5	0.5
F	0.35	0.15	2.20	1.90	0.22	5	1.1
F	0.50	0.15	2.45	1.90	0.35	5	1.75
F	0.50	0.15	2.45	1.90	0.35	5	1.75
F	0.45	0.15	2.45	1.90	0.31	5	1.55
F	0.20	0.15	2.15	1.90	0.12	5	0.6
F	1.26	0.15	2.45	1.90	0.88	5	4.4
F	0.20	0.15	2.15	1.90	0.12	5	0.6
F	0.26	0.15	2.45	1.90	0.18	5	0.9
G	1.42	0.15	2.45	1.90	0.99	5	4.95
A	1.48	0.15	2.45	1.90	1.03	5	5.15
3	0.25	0.15	2.15	1.90	0.15	5	0.75
3	0.58	0.15	2.45	1.90	0.40	5	2
3	0.64	0.15	2.45	1.90	0.45	5	2.25
3	0.25	0.15	2.15	1.90	0.15	5	0.75
<b>TOTAL PUNTUAL</b>							<b>77.1</b>

Eje	Longitud m	Espesor m	Altura m	Peso Especifico tn/m3	Carga Distribuida tn/ml	Pisos #	Peso Tnf
B	3.462	0.15	2.45	1.90	0.70	5	12.1170
B	2.383	0.15	2.15	1.90	0.61	5	7.2685
B	0.954	0.15	2.15	1.90	0.61	5	2.9091
B'	3.953	0.15	2.45	1.90	0.42	5	8.3013
B	2.050	0.25	2.15	1.90	1.02	5	10.4550
B	0.801	0.25	2.45	1.90	1.16	5	4.6458
C	1.028	0.15	2.20	1.90	0.63	5	3.2373
C	1.330	0.15	2.45	1.90	0.55	5	3.6575
C	4.250	0.15	2.15	1.90	0.61	5	12.9625
C	1.886	0.20	2.45	1.90	0.93	5	8.7676
D	3.300	0.25	2.20	1.90	1.05	5	17.3250
D	1.272	0.25	2.45	1.90	1.16	5	7.3753
D	1.063	0.25	2.45	1.90	1.16	5	6.1671
E	1.393	0.15	2.20	1.90	0.63	5	4.3880
E	1.383	0.15	2.45	1.90	0.57	5	3.9418
E	4.400	0.15	2.15	1.90	0.61	5	13.4200
E	1.885	0.20	2.45	1.90	0.93	5	8.7666
F	3.905	0.15	2.45	1.90	0.70	5	13.6686
F	2.447	0.15	2.15	1.90	0.61	5	7.4624
F	1.102	0.15	2.15	1.90	0.61	5	3.3599
F	3.958	0.15	2.45	1.90	0.41	5	8.1147
F	1.922	0.15	2.35	1.90	0.67	5	6.4374
F	0.801	0.25	2.45	1.90	1.16	5	4.6458
G	1.895	0.25	2.25	1.90	1.07	5	10.1381
G	1.202	0.15	2.45	1.90	0.60	5	3.6057
G	1.511	0.25	2.30	1.90	1.09	5	8.2332
A	1.979	0.25	2.25	1.90	1.07	5	10.5855
A	1.201	0.15	2.45	1.90	0.61	5	3.6629
A	1.702	0.25	2.35	1.90	1.12	5	9.5321
1	1.636	0.15	2.30	1.90	0.66	5	5.3981
1	2.410	0.15	2.15	1.90	0.61	5	7.3514
1	2.512	0.15	2.35	1.90	0.67	5	8.4142
1	1.380	0.15	2.30	1.90	0.66	5	4.5553
2	3.150	0.15	2.25	1.90	0.64	5	10.0800
2	1.850	0.15	2.25	1.90	0.64	5	5.9194
2	2.314	0.15	2.35	1.90	0.67	5	7.7519
2	2.358	0.15	2.35	1.90	0.67	5	7.8980
2	1.800	0.15	2.25	1.90	0.64	5	5.7600
2	3.400	0.15	2.25	1.90	0.64	5	10.8787
3	3.160	0.15	2.15	1.90	0.61	5	9.6389
3	1.076	0.15	2.45	1.90	0.70	5	3.7643
3	0.922	0.15	2.45	1.90	0.70	5	3.2284
3	3.402	0.15	2.15	1.90	0.61	5	10.3773
3	1.002	0.15	2.20	1.90	0.63	5	3.1560
3	1.801	0.15	2.20	1.90	0.63	5	5.6728
3	1.616	0.15	2.20	1.90	0.63	5	5.0895
3	1.053	0.15	2.20	1.90	0.63	5	3.3160
3	1.108	0.20	2.45	1.90	0.93	5	5.1522
3	0.692	0.20	2.45	1.90	0.93	5	3.2178
4	0.500	0.15	2.45	1.90	0.70	5	1.7500
4	0.643	0.15	2.45	1.90	0.70	5	2.2491
5	2.929	0.25	2.15	1.90	1.02	5	14.9389
5	3.068	0.25	2.15	1.90	1.02	5	15.6478
A	1.026	0.15	2.45	1.90	0.70	4	2.8727
G	1.026	0.15	2.45	1.90	0.70	4	2.8727
INGRESO ESC	1.470	0.15	2.35	1.90	0.67	5	4.9245
FRONTAL	1.700	0.2	2.45	1.90	0.93	5	7.9050
FRONTAL	1.625	0.2	2.45	1.90	0.93	5	7.5563
<b>TOTAL PESO DISTRIBUIDO</b>							<b>483.8300</b>

#### 4.3.4. COLUMNAS

SECCIÓN	Cant.	Área m <sup>2</sup>	P.u Tn/m <sup>3</sup>	Peso Tn
Columna 0.25x0.50	54	0.20	2.40	45.09
Columna 0.40x0.40	48	0.20	2.40	51.30
<b>TOTAL</b>				<b>96.39</b>

#### 4.3.5. PLACAS

Tipo	Volumen m <sup>3</sup>	P.u Tn/m <sup>3</sup>	Peso Tn
Columna 0.25x0.50	45.82	2.40	109.96
Columna 0.40x0.40	115.05	2.40	276.13
<b>TOTAL</b>			<b>386.09</b>

#### 4.3.6. ESCALERA

Estas escaleras se modelan como losas macizas armadas en una dirección, simplemente apoyadas. A manera de ejemplo se diseñará el primer tramo de la escalera principal.

Se aplica la siguiente formula:

$$w(pp) = \gamma \left( \frac{cp}{2} \right) + t \sqrt{1 + \left( \frac{cp}{p} \right)^2}$$

***donde:***

$\gamma$  : *Peso Unitario del Concreto.*

$cp$  : *Contra Paso.*

$t$  : *Garganta o espesor de escalera.*

$p$  : *Paso.*

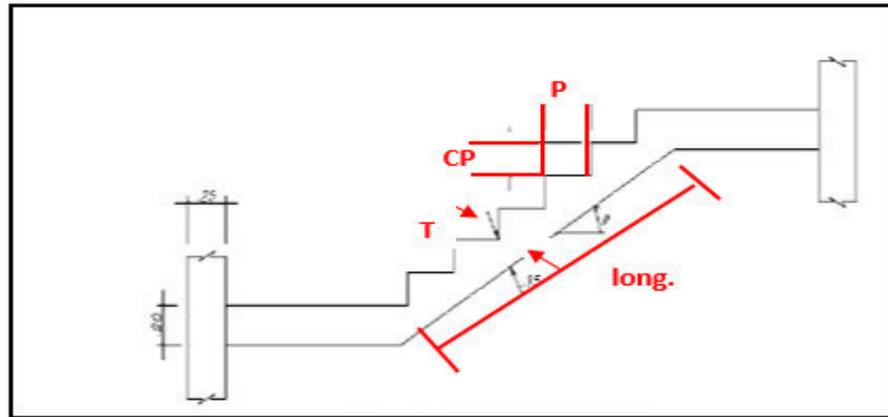


Figura 12 - Componentes de una escalera

Esta fórmula vamos a aplicar para las dos escaleras principales, con eso hallaremos el peso propio de la escalera y realizaremos el mismo proceso que la losa, hacer un peso equivalente para las dos escaleras. Para el caso del descanso se hallará su peso de la forma normal como sabemos (Área x Espesor x P.U). Entonces con nuestros datos siguientes:

$$\begin{aligned} \gamma &: 2400 \text{ kg/cm}^3. \\ cp &: 0.175 \text{ m} . \\ t &: 0.15 \text{ m} . \\ p &: 0.25 \text{ m} . \end{aligned}$$

$$w(pp) = 2400 \left( \frac{0.175}{2} \right) + 0.15 \sqrt{1 + \left( \frac{0.175}{0.25} \right)^2}$$

$$w(pp) = 649.44 \text{ Kg/m}^2$$

Para las dos escaleras inclinadas su peso equivalente será el siguiente:

$$espesor = \frac{649.44}{2400}$$

$$espesor = 0.271 \text{ cm}$$

Con esto realizamos el metrado:

Piso Terminado (PT): 0.10 Ton/m<sup>2</sup>

Carga Viva (CV): 0.20 Ton/m<sup>2</sup>

Peso Unitario (PU): 2.40 Ton/m<sup>3</sup>

Área de Escalera: 1.2 x 1.94 = 2.33 m<sup>2</sup>

Área de Descanso: 1.2 x 2.40 = 2.88 m<sup>2</sup>

Descripción	Pisos	Espesor (m)	Área (m <sup>2</sup> )	P.P (Ton)	P.T (Ton)	C.V (Ton)
1er tramo escalera	5	0.271	2.33	7.58	1.17	2.35
2do tramo escalera	5	0.271	2.33	7.58	1.17	2.35
Descansos	5	0.150	2.88	5.18	1.44	2.88
<b>TOTAL</b>				<b>20.34</b>	<b>3.78</b>	<b>7.58</b>

### RESUMEN DE PESO DE EDIFICIO

ELEMENTO	PP	PT	CM (Tn)	CV (Tn)
Losas	420.2	140.07	560.27	280.13
Vigas	203.4	0	203.40	0
Columnas	96.39	0	96.39	0
Placas	386.09	0	386.09	0
Tabiquería	515.93	0	515.93	0
Escalera	20.34	3.78	24.12	7.58
<b>TOTAL</b>			<b>1786.20</b>	<b>287.71</b>

Peso total de edificio: 2073.44 Tnf

Área total de edificio: 1682.75 m<sup>2</sup>

Peso/Área: 1.23 Tnf/m<sup>2</sup>

## CAPÍTULO 5: ANÁLISIS SÍSMICO

En el presente capítulo se realiza el análisis sísmico del edificio en tesis, según las especificaciones del proyecto de norma E.030 – 2016. Este análisis permitirá conocer el comportamiento de la estructura bajo solicitaciones sísmicas, ver si existe irregularidad, verificar que las derivas máximas cumplan lo estipulado en la Norma, además se obtendrán fuerzas internas de los diferentes elementos que conforman el sistema sismorresistente, dichas fuerzas serán consideradas al momento del diseño.

### 5.1. GENERALIDADES

La Norma E.030 en el punto 1.3 describe la filosofía del diseño sismorresistente:

- Evitar pérdidas de vidas
- Asegurar la continuidad de los servicios básicos
- Minimizar los daños a las propiedades

Para lograr un diseño eficiente, acorde con la importancia de la edificación, la Norma E.030 señala los siguientes principios del diseño sismorresistente:

- La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.

- Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5 de la norma E.030, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

## 5.2. MODELAJE ESTRUCTURAL

Para el análisis sísmico se utilizó el programa ETABS versión 15.0.0, en el cual se realiza un análisis tridimensional completo de toda la estructura. Para el modelaje se definieron algunas características generales:

- Altura entre piso es de 3.45 m para el 1er nivel y 2.65 m para los niveles 2, 3, 4, 5, 6. La distribución geométrica de los elementos estructurales del primer nivel y los pisos típicos varían en algunos muros, así que encontraremos variación entre el 1er nivel y los demás pisos típicos.
- Las losas tienen como objetivo que los desplazamientos sean los mismos para todos los muros de un mismo piso, debido a la rigidez axial de la misma, lo que comúnmente llamamos diafragma rígido D1, D2, D3, D4, D5, D6.
- A continuación en las figuras 6, 7 y 8, observamos el modelo utilizado para el análisis sísmico de este edificio, el corte en uno de los ejes y la planta típica del edificio. Además observamos los siguientes elementos de acuerdo al color que corresponde:
  - Placas: color rojo.
  - Vigas: color azul.
  - Losas aligeradas: color gris.

- Se tomaron como base todas las disposiciones de la norma E.030 - 2016. El modelo del edificio consta de cinco pisos y un semisótano como se muestra a continuación:

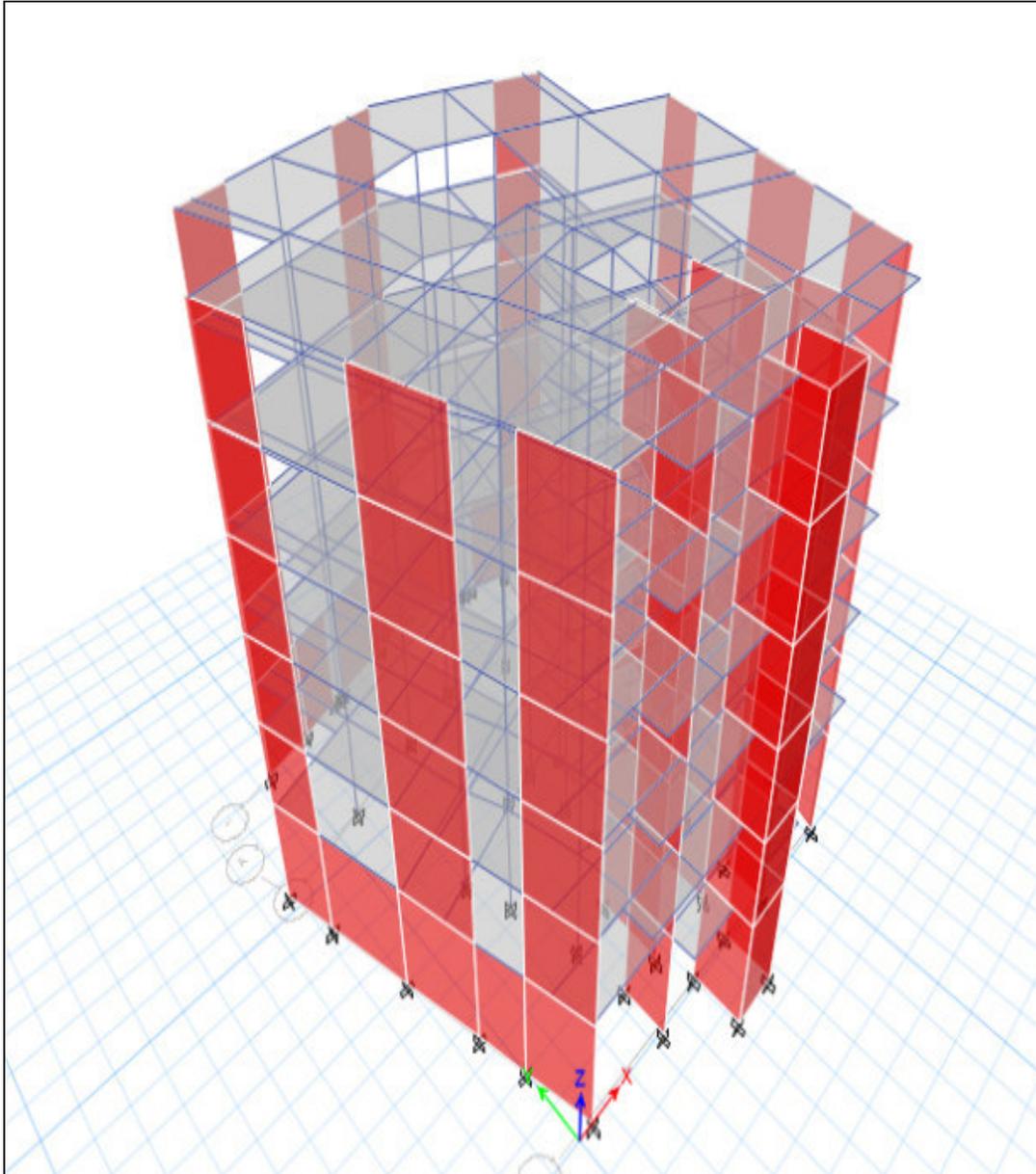


Figura 13 - Modelo Estructural 3D del edificio realizado en ETABS 2015

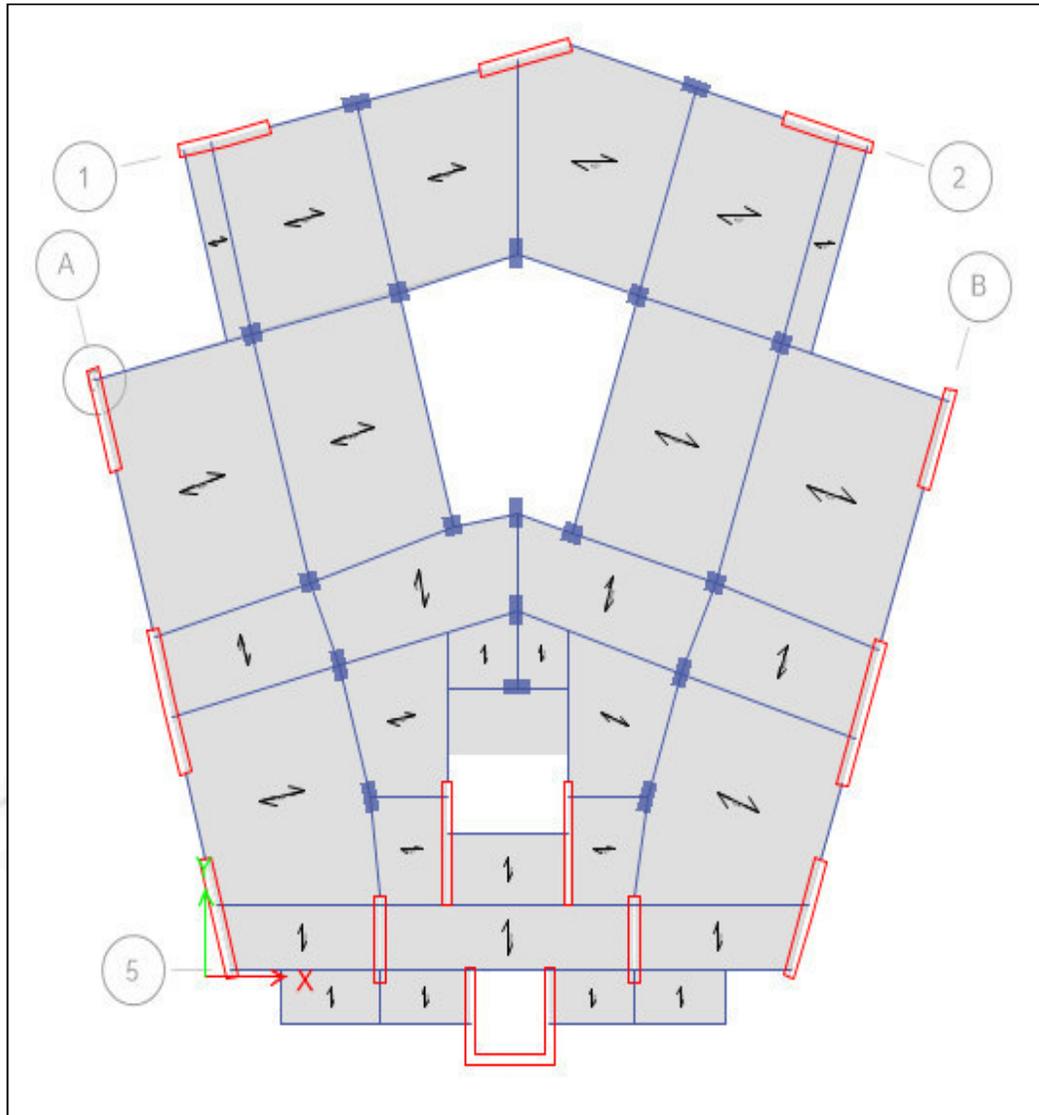


Figura 14 – Planta del modelo estructural realizado en ETBAS 2015

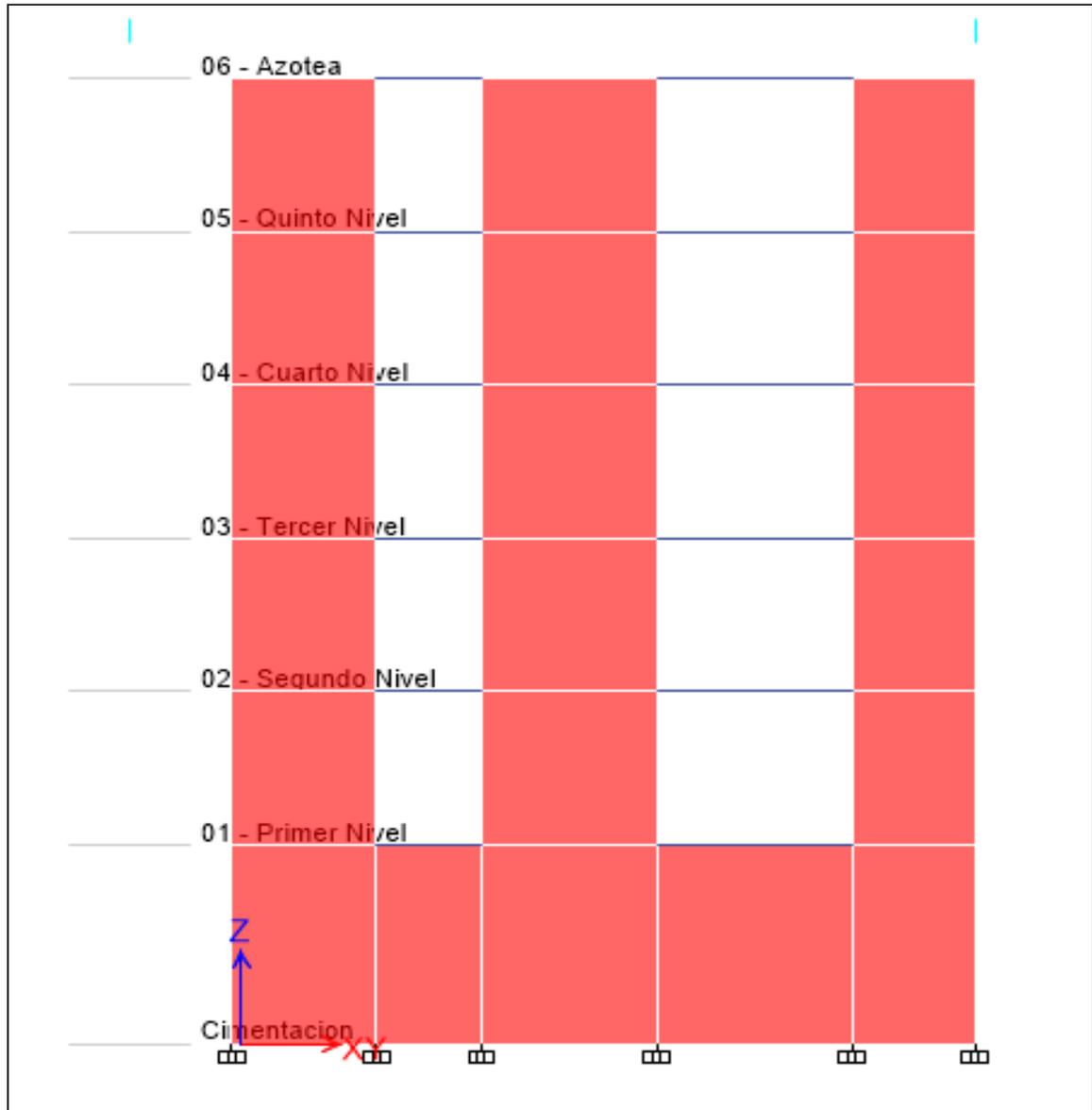


Figura 15 – Sección lateral del modelo estructural realizado en ETABS 2015

### 5.3. PARÁMETROS DE SITIO

En la presente tesis se está trabajando con el proyecto de Norma E030 – 2016 “Diseño Sismoresistente”. A continuación se definen los parámetros de sitio indicados en la norma mencionada.

### 5.3.1. FACTOR DE SITIO (Z)

La siguiente figura se indica las provincias y distritos que corresponden a cada zona.

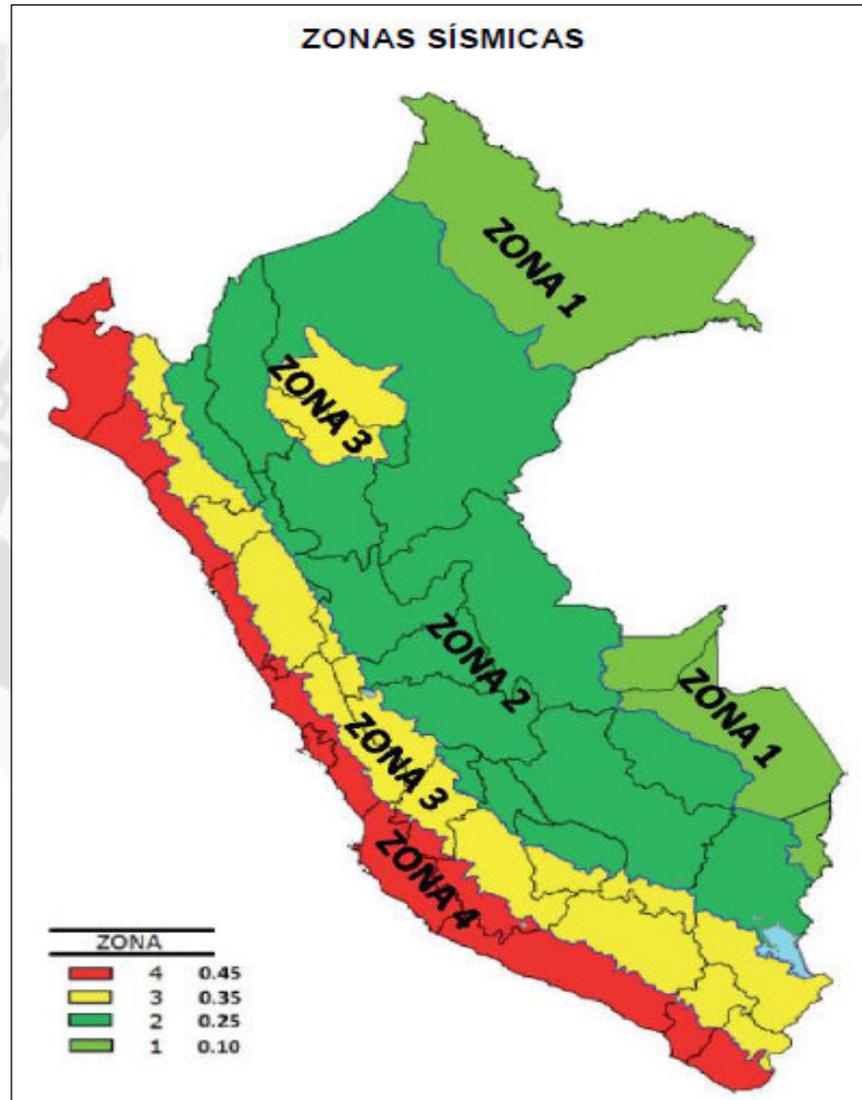


Figura 16 - Mapa de Zonificación del Perú – Fuente: Norma E030 - 2016

El edificio se ubica en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero de la Ciudad de Arequipa.

**ZONA : 3 , Z : 0.35**

### 5.3.2. PARÁMETROS DE SITIO (S), (T<sub>P</sub>), (T<sub>L</sub>)

De acuerdo a la mecánica de suelos, nuestro suelo era suelo tipo S2. El tipo de suelo para la ubicación mencionada y su respectivo periodo es:

$$S : 1.15 , T_p : 0.60 , T_L : 2.00$$

### 5.3.3. FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C)

Efectuando el modelo Sísmico se obtiene:

$$\begin{aligned} 1^\circ \text{ Modo en X:} & \quad T = 0.415 \text{ seg.} \\ 1^\circ \text{ Modo en Y:} & \quad T = 0.316 \text{ seg.} \end{aligned}$$

Aplicando las expresiones, podemos hallar nuestro valor C.

$$\begin{aligned} T < T_p & \quad C = 2.5 \\ T_p < T < T_L & \quad C = 2.5 \cdot \left( \frac{T_p}{T} \right) \\ T > T_L & \quad C = 2.5 \cdot \left( \frac{T_p \cdot T_L}{T} \right) \end{aligned}$$

$$C_x = 2.5$$

$$C_y = 2.5$$

### 5.3.4. CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR DE USO (U)

De acuerdo a la tabla N°5 de la Norma E030, podemos calificar al edificio según su categoría y el factor de Uso (U).

**Categoría : C**

**U : 1.0**

### 5.3.5. COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SÍSMICAS (R)

Se considera inicialmente un sistema en X e Y como de muros estructurales (R=6), para luego ser verificado. En este paso vamos a despreciar los factores de irregularidad, luego en los siguientes ítems daremos a conocer aquellos factores.

### 5.4. ANÁLISIS ESTÁTICO

La cortante Basal es la fuerza total en la base total de diseño V, en este ítem obtendremos la cortante basal estático.

**Periodo según Norma E0. 30:**

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

	X	Y
hn	16.70	16.70
CT	60	60
<b>T</b>	<b>0.278</b>	<b>0.278</b>

Siendo nuestro  $T < T_p$ , podemos concluir que el coeficiente de amplificación sísmica (C) en ambos sentidos X y Y es 2.50

#### **Cortante basal estatico**

Debemos calcular el peso total del edificio, en el inciso 4.3, punto B de la Norma, por ser nuestro edificio Categoría C, debemos tomar el 100% el peso muerto y 25% carga viva

*Peso muerto (DEAD):* 1786.2 Tnf.  
*Carga Viva (LIVE):* 287.44 Tnf.

$$P = 100\% DEAD + 25\% LIVE$$
$$P = 1858.06 Ton.$$

<b>Z</b>	0.35
<b>U</b>	1.00
<b>TX – etabs</b>	0.415
<b>C</b>	2.50
<b>S</b>	1.15
<b>P</b>	1858.06
Rx	5.40
<b>VX - BASAL</b>	<b>346.236</b>

<b>Z</b>	0.35
<b>U</b>	1.00
<b>TY – etabs</b>	0.316
<b>C</b>	2.50
<b>S</b>	1.15
<b>P</b>	1858.06
Ry	5.40
<b>VY - BASAL</b>	<b>346.236</b>

Además el valor de C/R no deberá considerarse menor que 0.125:

$$\frac{C_x}{R_x} = \frac{2.50}{5.40} = 0.463 \geq 0.125 \quad \text{cumple!}$$

$$\frac{C_y}{R_y} = \frac{2.50}{5.40} = 0.463 \geq 0.125 \quad \text{cumple!}$$

## 5.5. ANÁLISIS DINÁMICO.

Para el análisis dinámico del edificio se ha considerado un espectro de pseudoaceleraciones en cada dirección horizontal, el cual está definido en el inciso 4.6.2 de la E.030 – 2016 Diseño Sismo resistente.

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \times g$$

### ESPECTRO DE DISEÑO XX

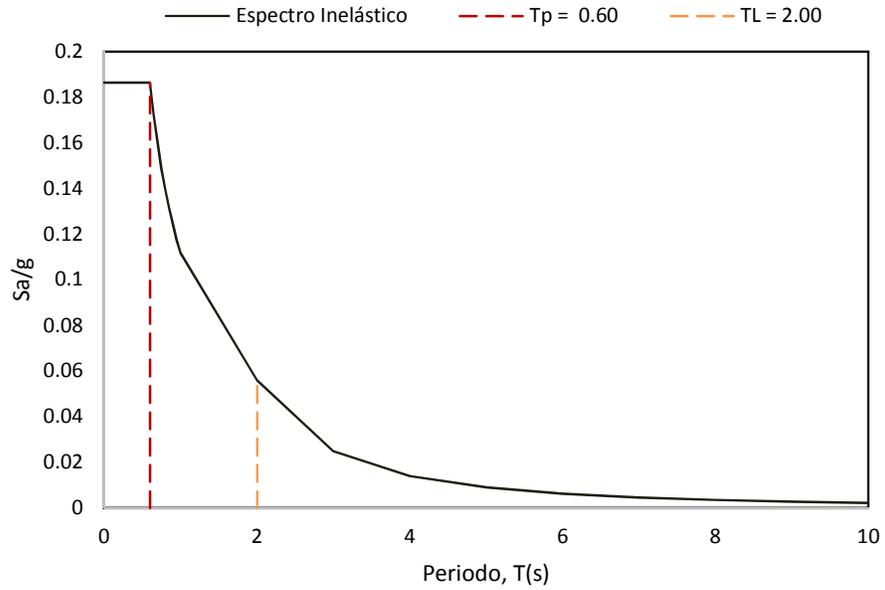


Figura 17 - Espectro de diseño X-X

### ESPECTRO DE DISEÑO YY

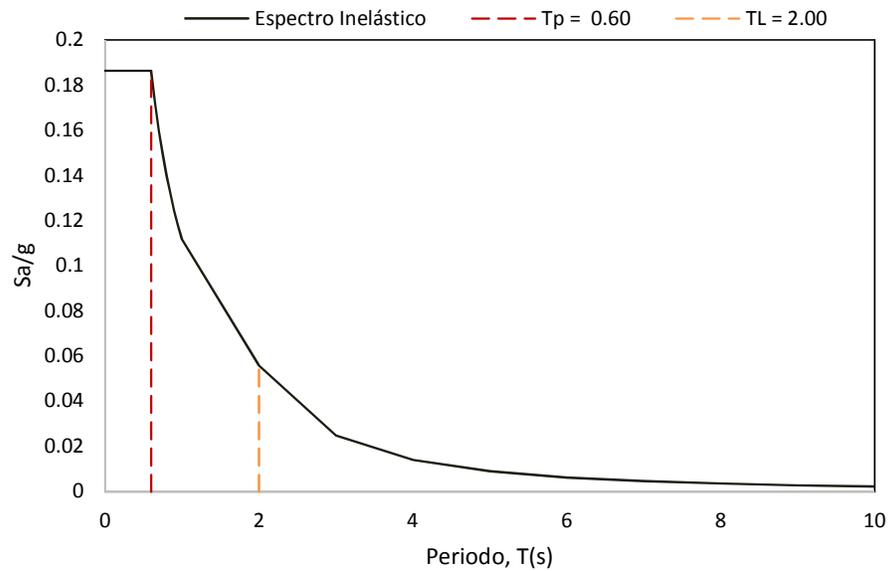


Figura 18 - Espectro de diseño Y-Y

Estos son los espectros que fueron aplicados en el ETABS para incluir el efecto del sismo en la dirección X e Y sobre la edificación.

Según la norma se deberá considerar como fuerza cortante mínima en la base para cada dirección el 80% si la edificación es regular y el 90% si es irregular. De ser necesario se aumentará el valor de la fuerza cortante para cumplir con lo establecido. Como la edificación es irregular se trabajará con 90%. Del análisis dinámico se obtuvo lo siguiente:

**En dirección X:**

<b>V DINAMICO</b>	203.7227 tn
<b>Vx – Basal Amplificado</b>	311.6124 tn
<b>Tipo de Estructura</b>	IRREGULAR
<b>Resultado</b>	UTILIZAR ESCALA
<b>Escala</b>	1.529590959

**En dirección Y:**

<b>V DINAMICO</b>	200.9701 tn
<b>Vy – Basal Amplificado</b>	311.6124 tn
<b>Tipo de Estructura</b>	IRREGULAR
<b>Resultado</b>	UTILIZAR ESCALA
<b>Escala</b>	1.5505411

En el inciso 4.5.6 de la norma nos indica que debemos aplicar La fuerza sísmica vertical se considerará como una fracción del peso igual a 2/3 (Z x Ux S). En nuestro caso los valores son iguales en ambos sentidos:

$$U3 = \frac{2}{3} \times 0.35 \times 1.00 \times 1.15$$

$$U3 = 0.268$$

El resultado anterior es aplicado en load cases para una primera verificación, ahora hallada la escala por el análisis sísmico X y Y, el valor de U3 será cambiada por:

$$U3 x - x = 0.268 \times 1.53 = 0.41$$

$$U3 y - y = 0.268 \times 1.55 = 0.42$$

## 5.6. MODOS Y PERIODOS RESULTANTES

Usando el programa ETABS se efectuó el análisis de modos y periodos utilizando la combinación cuadrática completa (CQC) de los efectos individuales de todos los modos. Se muestran los resultados:

Modo	Periodo (seg)	UX	UY
1	0.415	-0.01029	0.0007
2	0.316	-6.99E-04	-0.01025
3	0.245	-5.80E-05	-0.0012
4	0.103	-0.00555	4.07E-04
5	0.075	4.24E-04	0.00569
6	0.058	0.00069	2.41E-04
7	0.048	0.00388	-2.95E-04
8	0.034	2.78E-04	0.00395
9	0.031	-0.00249	1.93E-04
10	0.026	0.00104	-8.90E-05
11	0.022	0.00153	-2.80E-05
12	0.021	8.60E-05	2.46E-03

Tabla 13 - Tabla de Periodos de la Edificación

**Donde:**

*U es el ratio de participación de masa en X*

*Uy es el ratio de participación de masa en Y*

Dirección	Periodo T (s)
X-X	0.415
Y-Y	0.316

## 5.7. DESPLAZAMIENTOS LATERALES

En el numeral 5.1 de 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. Para el caso de estructuras irregulares deberá emplearse el valor de R.

## Desplazamiento de entrepiso

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el numeral 5.2 de la norma, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso (distorsión) que se indica en la Tabla N° 11 de la norma.

<b>Tabla N° 11</b>	
<b>LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO</b>	
<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i/h_{ei}</math>)</b>
Concreto Armado	0.007
Acero	0.10
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Tabla 14 - Límites para la distorsión del entrepiso – Fuente: Norma E030 - 2016

Tengo que aclarar que los valores  $l_a$ ,  $l_p$  y  $R_o$  que les muestro en la siguiente tabla, se desarrollaran en los próximos ítems.

<b>SISMO XX</b>	
<b>Material =</b>	<i>Concreto Armado</i>
<b>Desplazamiento =</b>	<b>0.007</b>
<b>Estructura =</b>	<i>Irregular</i>
<b>Sistema Estructural =</b>	Concreto Armado, De Muros Estructurales
<b><math>R_o</math> =</b>	6
<b><math>l_a</math> =</b>	1.00
<b><math>l_p</math> =</b>	0.90
<b>R =</b>	<b>5.40</b>
<b>R XX-factorizado =</b>	<b>5.40</b>

SISMO YY	
Material =	Concreto Armado
Desplazamiento =	0.007
Estructura =	Irregular
Sistema Estructural =	Concreto Armado, De Muros Estructurales
Ro=	6
la=	1.00
lp=	0.90
R=	5.40
R YY-factorizado =	5.40

**Nota:**

Rxx-factorizado =  $R_o \times l_a \times l_p \times 1$  (irregular, en ítem 5.10)

Rxx-factorizado =  $6 \times 1 \times 0.9 \times 1 = 5.40$

DESPLAZAMIENTOS DINÁMICOS											
Nivel	Altura de Piso H (m)	DESPLAZAMIENTO		ENTRE PISOS		STORY DRIFTS		RESULTADOS			
		SISMO XX	SISMO YY	SISMO XX	SISMO YY	SISMO XX	SISMO YY	SISMO XX		SISMO YY	
		$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta i - \Delta i-1$ (cm)	$\Delta i - \Delta i-1$ (cm)	$\Delta_{ELASTICA}$ (cm)	$\Delta_{ELASTICA}$ (cm)	$\Delta_{INELATICO}$ (cm)	Cumple E030	$\Delta_{INELATICO}$ (cm)	Cumple E030
AZOTEA	2.650	0.012392	0.00805	0.25	0.17	0.000931	0.0007	0.50%	Pasa	0.38%	Pasa
QUINTO	2.650	0.009926	0.006317	0.27	0.18	0.001014	0.0007	0.55%	Pasa	0.38%	Pasa
CUARTO	2.650	0.007238	0.004494	0.27	0.18	0.001033	0.0007	0.56%	Pasa	0.38%	Pasa
TERCERO	2.650	0.004501	0.002704	0.24	0.15	0.000919	0.0006	0.50%	Pasa	0.32%	Pasa
SEGUNDO	2.650	0.002066	0.00119	0.15	0.09	0.000578	0.0003	0.31%	Pasa	0.16%	Pasa
PRIMER	3.450	0.000534	0.000292	0.05	0.03	0.000155	0.0001	0.08%	Pasa	0.05%	Pasa
BASE	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	-

Tabla 15 - Desplazamientos dinámicos de la Edificación

En la tabla anterior se observa que todos los niveles son menores o iguales al 0.7% permitido por la norma, por lo tanto nuestra estructuración y nuestro análisis está conforme.

## 5.8. JUNTA DE SEPARACIÓN SÍSMICA

Toda estructura debe estar separada de las estructuras vecinas, desde el nivel del terreno natural, una distancia mínima  $s$  para evitar el contacto durante un movimiento sísmico. Esta distancia no será menor que:

$$s = \frac{2}{3} \text{ de la suma de los desplazamientos máximos de los bloques adyacentes}$$

Ni que:

$$s = 0.006h \geq 0.03 \text{ m}$$

Donde  $h$  es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar  $s$ .

El edificio se retirará de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores de  $2/3$  del desplazamiento máximo calculado según el numeral 5.1 ni menores que  $s/2$  si la edificación existente cuenta con una junta sísmica reglamentaria. En caso de que no exista la junta sísmica reglamentaria, el edificio deberá separarse de la edificación existente el valor de  $s/2$  que le corresponde más el valor  $s/2$  de la estructura vecina.

### Calculando junta de separación sísmica

Para el caso del primer punto no contamos con la información de los posibles edificios adyacentes, así que calcularemos los dos últimos casos. Nuestro edificio tiene una altura de  $h=14.80$  con este valor calcular el valor de (**s**).

$$s = 0.006h \geq 0.03 \text{ m}$$

$$s = 0.089 \geq 0.03 \text{ m}$$

$$s = 8.90 \text{ cm} = 9 \text{ cm}$$

El valor de la junta de acuerdo con la norma E.030 será no mayor a los  $\frac{2}{3}$  del desplazamiento real calculado ni menor a  $s/2$ , por lo tanto:

$$\text{Desplazamiento máximo} = 1.06 \text{ cm}$$

$$\frac{2}{3} * D = 0.71 \text{ cm}$$

$$\frac{s}{2} = 4.5 \text{ cm}$$

$$\text{Junta de Separación} = 3.81 \text{ cm o } 1 \frac{1}{2}''$$

### 5.9. DETERMINACIÓN DE VALOR R

Mediante una verificación visual en la estructuración del edificio se asumió los valores de R en ambos sentidos, considerando que los muros estructurales tomarían más del 70% del cortante producido por el sismo. A continuación se muestran los porcentajes absorbidos por los muros estructurales:

#### SISMO X-X

TOTAL DINAMICO X-X	203.7227	tonf
FUERZAS EN PLACAS	161.313	tonf
% PARTICIPACION PLACAS	79.18%	%
SISTEMA ESTRUCTURAL	<b>MUROS ESTRUCTURALES</b>	
R	6	

#### SISMO Y-Y

TOTAL DINAMICO Y-Y	200.9701	tonf
FUERZAS EN PLACAS	163.091	tonf
% PARTICIPACION PLACAS	81.15%	%
SISTEMA ESTRUCTURAL	<b>MUROS ESTRUCTURALES</b>	
R	6	

Con los valores R asumidos son correctos.

## 5.10. DETERMINACIÓN DE LA REGULARIDAD ESTRUCTURAL

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares, para los fines siguientes:

- Respetar las restricciones de la Tabla N° 10.
- Establecer los procedimientos de análisis.
- Determinar el factor R de reducción de fuerzas sísmicas.

Para determinar si la estructura es regular o irregular debemos irnos a las Tablas N° 8 y N° 9 del Norma E030-2016.

### 5.10.1. FACTORES DE IRREGULARIDAD ( $I_a$ , $I_p$ )

El factor  $I_a$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades existentes en altura. El factor  $I_p$  se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades existentes en planta. Los factores de irregularidad serán únicos en ambas direcciones de análisis.

Si la estructura no presenta irregularidades en altura o en planta, el factor  $I_a$  o  $I_p$  será igual a 1.

#### Irregularidad en Altura ( $I_a$ )

- Irregularidad de Rigidez – Piso Blando

En nuestro caso la distorsión (deriva) de entrepiso no es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, ni es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes.

RESULTADOS					
Niveles	PROMEDIO DERIVAS	1.4xP.D	VERIFICACION DE IRREGULARIDAD	1.25xP.D	VERIFICACION DE IRREGULARIDAD
Azotea	0.0004035	0.0005649	NO IRREGULAR		
5 nivel	0.0004755	0.0006657	NO IRREGULAR		
4 nivel	0.000529	0.0007406	NO IRREGULAR	0.00058667	NO IRREGULAR
3 nivel	0.0005135	0.0007189	NO IRREGULAR	0.0006325	NO IRREGULAR
2 nivel	0.000355	0.000497	NO IRREGULAR	0.00058229	NO IRREGULAR
1 nivel	0.000103				

Por lo tanto, no aplica esta irregularidad.

- Irregularidad de Extrema Rigidez

En el mismo caso de la tabla de irregularidad de piso blando los valores 1.4 y 1.25 fueron cambiados por los valores de 1.6 y 1.4 respectivamente, de acuerdo a la irregularidad extrema.

Por lo tanto, la distorsión (deriva) de entrepiso no es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, ni es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes.

RESULTADOS					
Niveles	PROMEDIO DERIVAS	1.6xP.D	VERIFICACION DE IRREGULARIDAD	1.4xP.D	VERIFICACION DE IRREGULARIDAD
Azotea	0.0004035	0.0006456	NO IRREGULARIDAD		
5 nivel	0.0004755	0.0007608	NO IRREGULARIDAD		
4 nivel	0.000529	0.0008464	NO IRREGULARIDAD	0.00065707	NO IRREGULARIDAD
3 nivel	0.0005135	0.0008216	NO IRREGULARIDAD	0.0007084	NO IRREGULARIDAD
2 nivel	0.000355	0.000568	NO IRREGULARIDAD	0.00065217	NO IRREGULARIDAD
1 nivel	0.000103				

Por lo tanto, no aplica esta irregularidad.

- Irregularidad de Masa o Peso

Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Se exceptúan los techos cuyo peso sea inferior al del piso inmediato inferior.

NIVEL	Mass X tonf-s2/m	1.5 (Mass X)	VERIFICACIÓN
01	28.47	42.71	No Irregular
02	26.33	39.50	No Irregular
03	26.33	39.50	No Irregular
04	26.33	39.50	No Irregular
05	26.33	39.50	No Irregular

Por lo tanto, no aplica esta irregularidad.

- Irregularidad Geométrica Vertical

Cuando la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.

NIVEL	Eje X		
	Longitud Y	1.3 Longitud Y	Verificación
01	16.07	20.90	No Irregular
02	16.07	20.90	No Irregular
03	16.07	20.90	No Irregular
04	16.07	20.90	No Irregular
05	16.07	20.90	No Irregular

NIVEL	Eje Y		
	Longitud X	1.3 Longitud X	Verificación
01	12.80	16.64	No Irregular
02	12.80	16.64	No Irregular
03	12.80	16.64	No Irregular
04	12.80	16.64	No Irregular
05	12.80	16.64	No Irregular

Por lo tanto, no aplica esta irregularidad.

### Irregularidad en Planta (Ip)

- Irregularidad Torsional

Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso excede de 50 % del máximo permisible indicado en la Tabla N° 11 de la norma E030 – 2016. En nuestro caso los desplazamientos relativos no exceden del 50%.

Por lo tanto, no aplica esta irregularidad.

- Irregularidad Torsional Extrema

De igual manera que la anterior irregularidad no aplica.

- Esquinas Entrantes

Es irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.

<b>Longitud X</b>	11.65
<b>Longitud Y</b>	15.9353

<b>Aberturas en X</b>	<b>Aberturas en Y</b>	<b>¿EXISTE IRREGULARIDAD?</b>	
3.00	3.76	SI	SI
3.00	4.12	SI	SI

Si aplica la Irregularidad.

- Discontinuidad del Diafragma

Es irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma.

<b>AREA TOTAL</b>	263.0486
-------------------	----------

DIMENSIONES DEL AGUJERO		¿EXISTE IRREGULARIDAD?
A	B	
1	15.2518	NO
1	6.4697	NO

De acuerdo con este análisis tenemos una Irregularidad por *ESQUINAS ENTRANTES*, cuyo factor es 0.90, factor que aplicamos a R para los cálculos.

## CAPÍTULO 6: DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

### 6.1. DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS

El diseño de losas aligeradas se entiende como un modelo de viga de sección “T” y se diseña como una viga simplemente apoyada con sección rectangular, con un ancho inferior de 0.10m, ancho superior de 0.40m y altura total de  $h=0.20m$ .

Para nuestro caso se tomaran cargas de gravedad (Muerta y Viva), por lo tanto se utilizara la siguiente combinación de carga  $U = 1.4CM + 1.7CV$ .

#### 6.1.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El análisis estructural de una losa aligerado se debe hacerse un análisis por cada paño en donde la viga cambie de longitud, carga o condiciones de apoyo.

Mediante la aplicación de las cargas obtenidas del metrado sobre el modelo de la losa aligerado, se halla los momentos máximos así como las fuerzas cortantes.

#### 6.1.2. DISEÑO POR FLEXIÓN

Antes de realizar el diseño se debe tener en cuenta los valores extremos de acero a colocar. Por ejemplo, en el refuerzo mínimo por flexión según la Norma E.060 indica que el momento resistente debe ser mayor en 1.5 veces al momento de agrietamiento para asegurar la falla dúctil, de igual modo y bajo el mismo concepto se fija la cantidad máxima de acero en tracción en función del 75% de la cantidad de acero necesario para producir la falla balanceada.

Estos valores se resumen en la tabla 16 a continuación:

Peralte (h) m	Ig cm <sup>4</sup>	As+ mín. cm <sup>2</sup>	As- mín. cm <sup>2</sup>	As+ máx. cm <sup>2</sup>	As- máx. cm <sup>2</sup>
0.17	7275	0.53	1.17	7.01	2.23
<b>0.20</b>	11800	<b>0.61</b>	<b>1.29</b>	7.50	2.71
0.25	22700	0.74	1.47	8.29	3.50
0.30	38430	0.86	1.63	9.08	4.31

Tabla 16 - Limites para acero colocado en losa

Calculado los límites para el acero colocado, procedemos a hallar la cantidad de acero necesaria en función a los momentos resultantes obtenidos de acuerdo a las cargas aplicadas. Con este valor calculamos el valor de  $K_u$ , mediante la siguiente fórmula:

$$K_u = \frac{M_u}{bd^2}$$

**Donde:**

$M_u$  = Momento Ultimo  
 $b$  = ancho de viga  
 $d$  = peralte efectivo

Con el valor calculado de  $K_u$  hallamos la cuantía ( $\rho$ ) relacionada en la tabla de  $K_u$  en función a la resistencia del concreto. Luego la cantidad de acero necesaria será:

$$A_s = \rho * b * d$$

La cantidad de acero ( $A_s$ ) a usar en el diseño deberá estar en función a los distintos diámetros de acero disponibles en el mercado.

### 6.1.3. DISEÑO POR CORTE

Para el diseño por corte se extrae los resultados del análisis estructural de las fuerzas cortantes últimas ubicadas a una distancia “d” de la cara de la vigueta.

La resistencia del concreto está en función solamente del concreto existente en la sección, sin tomar en cuenta el aporte del acero porque en viguetas no existen refuerzos transversales o estribos que puedan ayudar a la resistencia por corte. Para hallar la resistencia del concreto tenemos la siguiente relación:

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

**Donde:**

$\phi$  = Factor de resistencia al corte.

$f'_c$  = resistencia del concreto.

#### 6.1.4. REFUERZO POR TEMPERATURA

Éste refuerzo será el mínimo y de acuerdo con la norma E.060 para varillas de acero corrugado se usará una cuantía  $\rho=0.0018$ . Las varillas estarán colocadas en mallas en la losa superior de 5cm de espesor.

#### 6.1.5. CORTES DE VARILLA

El corte de varilla adecuado nos permitirá obtener un diseño económico. Este corte debe ser hecho de tal manera que se asegure la adherencia entre el acero y el concreto necesaria para que las varillas de refuerzo trabajen de manera satisfactoria. En la siguiente imagen tenemos una regla práctica para los corte de varilla para momentos positivos y negativos.

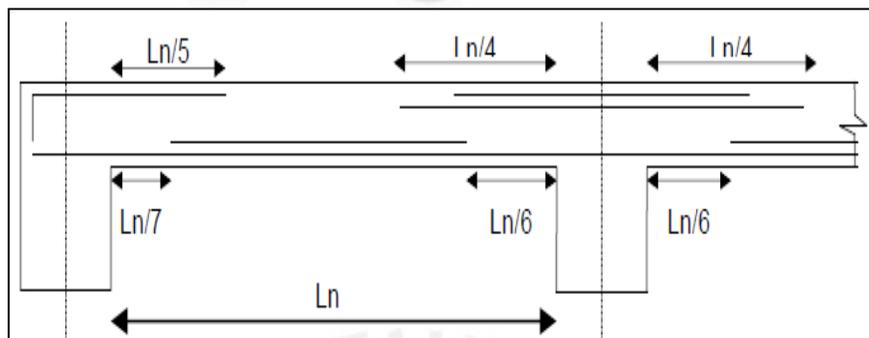


Figura 19 - Detalle de corte de varilla para Losa Aligerada

### 6.1.6. DEFLEXIONES

De acuerdo con la norma E.060, en losas aligeradas continuas con sobrecargas menores a 300 kg/m<sup>2</sup> y luces menores de 7.5 m, no será necesario verificar la deflexión del paño, siempre que se cumpla con la siguiente relación:

$$h \geq \frac{l}{25}$$

### 6.1.7. EJEMPLO DE DISEÑO

Como ejemplo de diseño, realizaremos el análisis y diseño de la vigueta de 2 tramos, que se encuentra en las losas 7 y 8 entre los ejes 2' y 3' y E, G que se encuentran en el primer nivel, como se muestra en la figura:

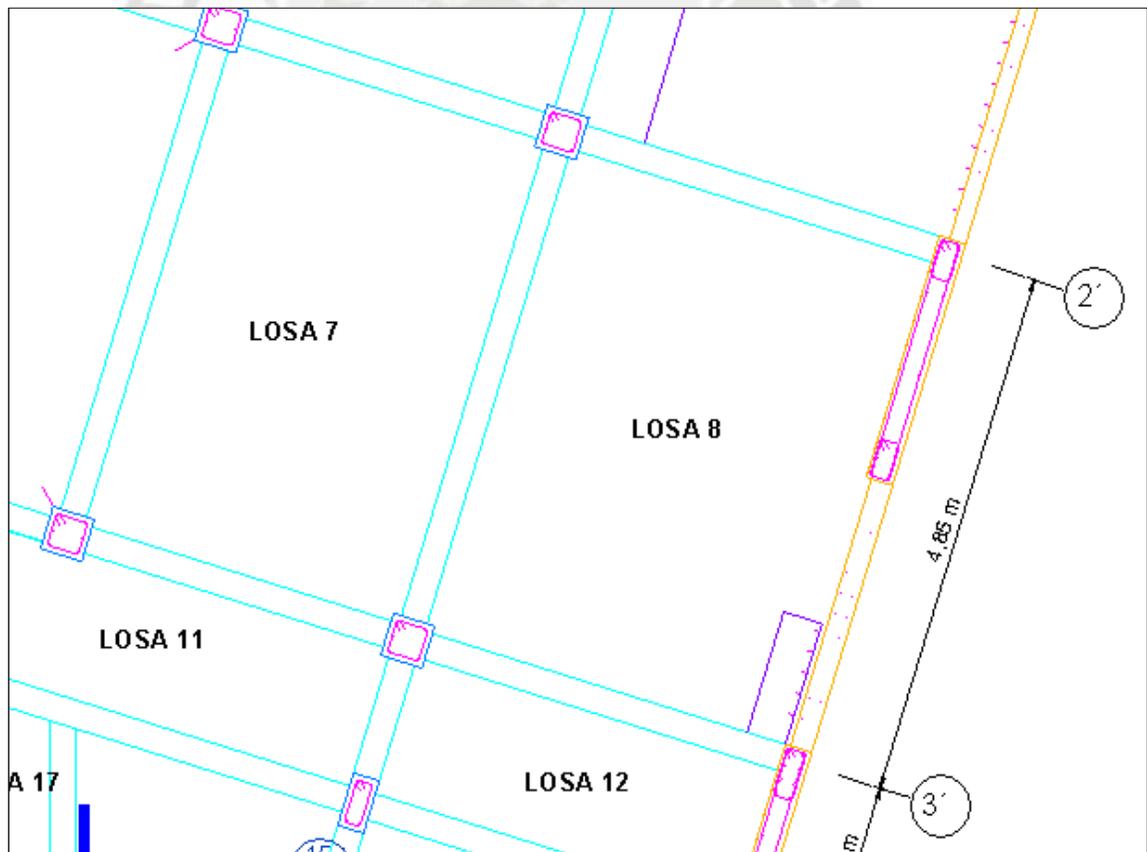


Figura 20 - Sección de losa aligerada a diseñar realizado en Revit Structure

- **ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

Para realizar el cálculo tenemos los siguientes datos:

Ln7	3.05 m
Ln8	3.75 m
h	20 cm
b	10 cm
r	3 cm
d	17 cm
f'c	210 kg/cm <sup>2</sup>
fy	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Φ	0.90

Para dicha vigueta realizamos el siguiente metrado:

Carga Muerta

- Peso de losa aligerada 300 Kgf/m<sup>2</sup>
- Piso terminado 100 Kgf/m<sup>2</sup>

Carga Viva

- Sobrecarga Vivienda 200 Kgf/m<sup>2</sup>

Se tomó un ancho tributario de 0.40 m, como se explicó antes. La carga última se halla mediante la combinación de cargas por gravedad:

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

$$W_u = 360 \text{ Kgf/m}$$

$$W_u = 0.36 \text{ Tnf/m}$$

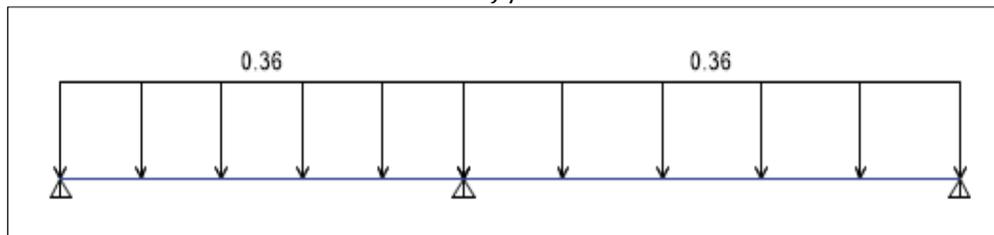


Figura 21 - Modelo estructural de Losa Aligerada

Mediante la ayuda del Programa ETABS 2015, calculamos los momentos últimos, teniendo lo siguiente:

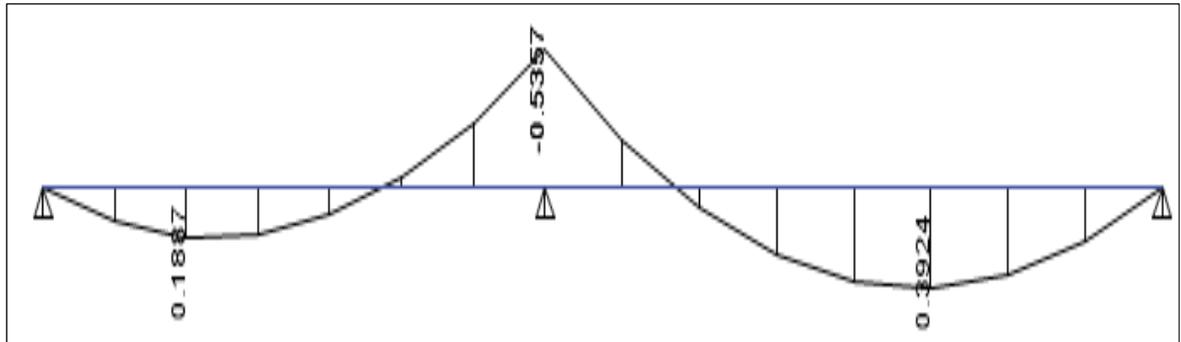


Figura 22 - Diagrama de Momentos de Losa Aligerada

$$Mu^{(-)} = 0.54 \text{ Tnf.m}$$

$$Mu^{(+)} = 0.39 \text{ Tnf.m}$$

- **DISEÑO POR FLEXIÓN**

En la siguiente tabla calculamos el área de acero:

Positivo	Apoyo 1 - 2	Apoyo 2 - 3
Mu (tnf.m)	0.19	0.39
b (cm)	10	10
d (cm)	17	17
Ku	6.57	13.49
$\rho$	0.0018	0.0033
As (cm <sup>2</sup> )	0.41	0.63
As	1 $\Phi$ 3/8	1 $\Phi$ 3/8

Negativo	Apoyo 2
Mu (tnf.m)	0.59
b (cm)	10
H (cm)	20
d (cm)	17
Ku	18.69
$\rho$	0.0053
As (cm <sup>2</sup> )	0.90
As	2 $\Phi$ 3/8

- **DISEÑO POR CORTE**

De acuerdo al análisis, tenemos el siguiente grafico de fuerzas cortantes actuantes sobre la vigueta:

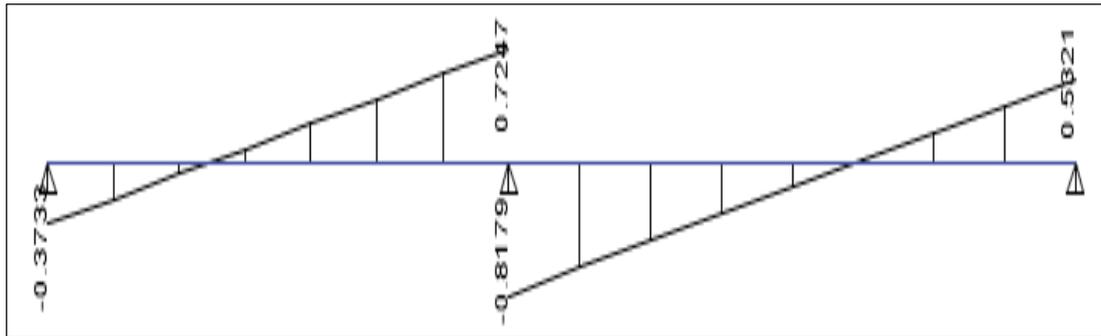


Figura 23 - Diagrama de Fuerzas Cortantes de la Losa Aligerada

Las fuerzas cortantes a  $d = 17$  cm de la cara en cada tramo de la vigueta son:

$$V_u = 0.66 \text{ ton (lado izquierdo)}$$

$$V_u = 0.75 \text{ ton (lado derecho)}$$

La resistencia del concreto de la vigueta es:

$$\phi V_c = 0.85(1.1 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 10 \times 17)$$

$$\phi V_c = 1.22 \text{ Tnf} > V_u$$

Por lo tanto cumple.

- **REFUERZO POR TEMPERATURA**

$$A_{temp} = 0.0018 \times 100 \times 5$$

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

Por lo tanto se ha usado:  $\phi 6\text{mm}@25\text{cm}$  (1.12cm<sup>2</sup>)

- **CORTE DE VARILLA**

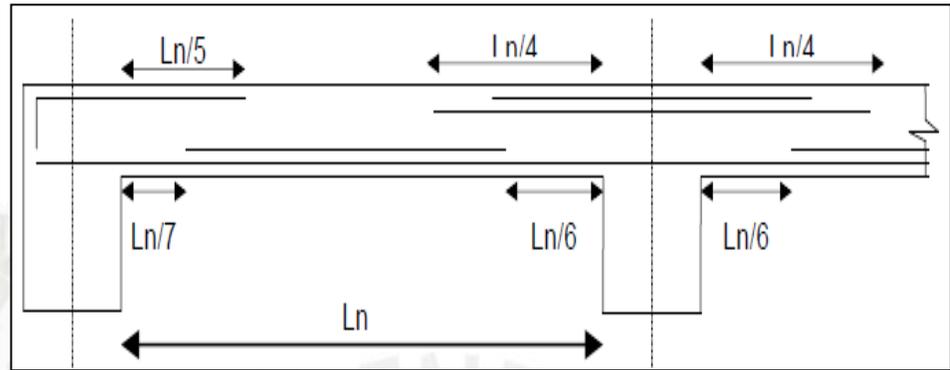


Figura 24 - Corte de varilla en Losa Aligerada

Cumpliendo con nuestro grafico obtenemos en el primer tramo de 3.05 longitudes de:

1er tramo

$$L_n = 3.05 \text{ m}$$

$$1\text{er apoyo} = 3.05/5 = 0.70 \text{ m}$$

$$2\text{do apoyo} = 3.05/4 = 0.80 \text{ m}$$

2do tramo

$$L_n = 3.75 \text{ m}$$

$$2\text{do apoyo} = 3.75/4 = 0.80 \text{ m}$$

$$3\text{er apoyo} = 3.75/5 = 0.70 \text{ m}$$

- **DEFLEXIONES**

Para esta losa aligerada cuya mayor luz es 3.75 m, tenemos:  
 $3.75 / 25 = 0.15 \text{ m} < h$ , por lo tanto no necesitamos verificar la deflexión.

- **GRAFICO DE LOSA ALIGERADA**

El dibujo del diseño final de la vigueta será como el que sigue:

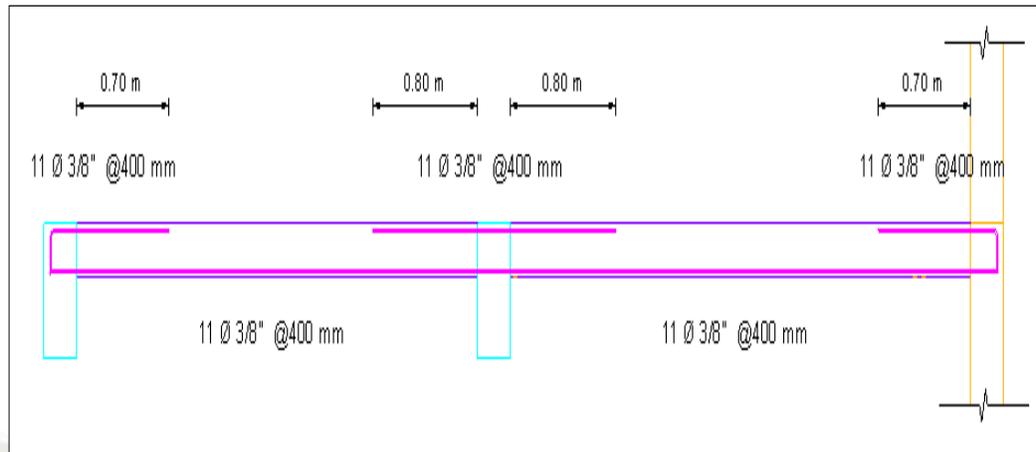


Figura 25 - Diseño: Corte de Losa Aligerada realizado en Revit Structure

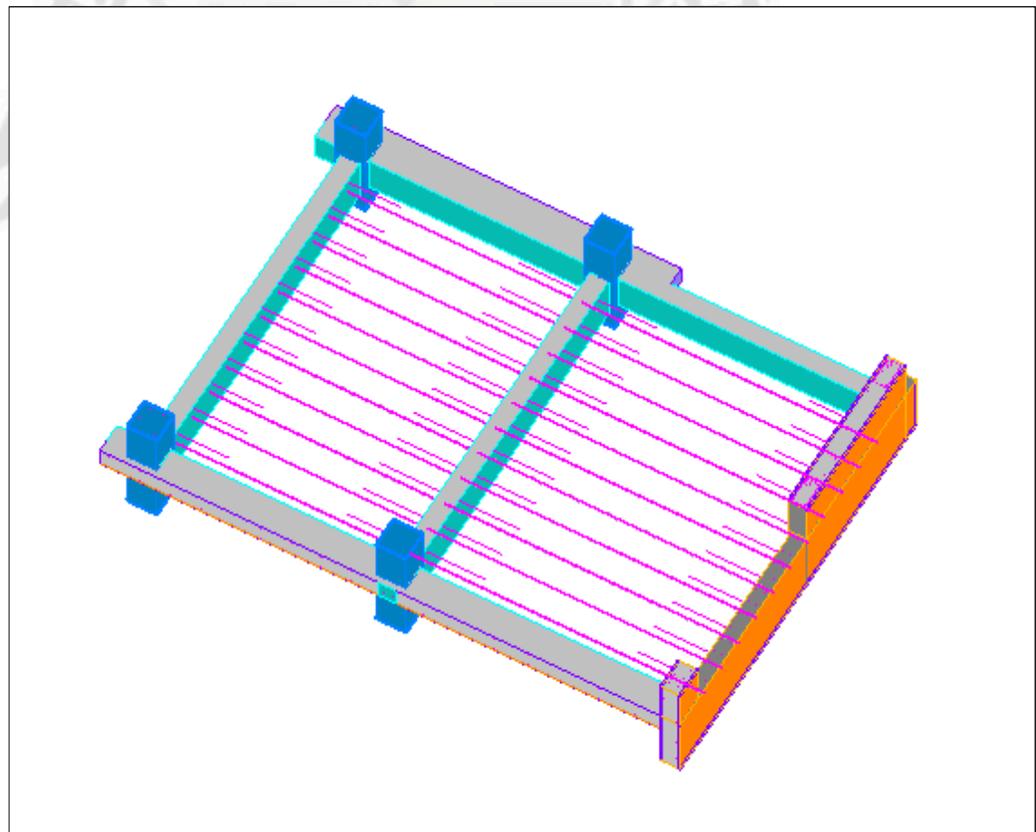


Figura 26 - Diseño: 3D de Losa Aligerada realizado en Revit Structure

## 6.2. DISEÑO DE VIGAS

Las vigas cumplen con dos funciones importantes en la estructura de una edificación, la primera es transmitir las cargas de gravedad de las losas hacia los elementos verticales; el segundo es controlar los desplazamientos al formar pórticos colectivamente con los elementos verticales.

Las vigas deben diseñarse para resistir esfuerzos de flexión y cortante considerando las cargas muertas, vivas y las cargas de sismo que absorban.

### 6.2.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Las vigas se modelan como parte de pórticos, considerando la rigidez de los elementos verticales (columnas y placas). Las vigas al absorber cargas de sismo deben diseñarse considerando las cinco combinaciones de carga propuestas por la Norma E.0.60.

Una vez aplicadas las cinco combinaciones de diseño se genera la curva que represente a todas estas combinaciones, conocida como envolvente, con esta envolvente se realiza el diseño por flexión y corte.

### 6.2.2. DISEÑO POR FLEXIÓN

Para el cálculo del refuerzo por flexión se procede de forma similar al punto 5.1 (losa aligerada), calculando el parámetro  $K_u$  y usando tablas de diseño para obtener la cuantía.

$$K_u = \frac{M_u}{bd^2} \quad K_u \gg \rho \quad A_s = \rho b d$$

**Donde:**

$M_u$  = Momento Ultimo de la Viga

$b$  = ancho de viga

$d$  = peralte efectivo de la viga

Los límites de acero máximo y mínimo son:

$$A_{s_{min}} = \frac{0.70\sqrt{f'c}bd}{f_y} \quad A_{s_{max}} = 0.75\rho_{bal}bd$$

Por lo tanto para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  se tiene:

$$A_{s_{min}} = 0.24\%bd \quad A_{s_{max}} = 1.59\%bd$$

Es recomendable señalar, según Norma E.060, las vigas con responsabilidad sísmica deben cumplir con las siguientes recomendaciones:

- Se deberá correr dos barras de acero tanto en la parte superior como inferior las que deberán de ser por lo menos el acero mínimo de la sección.
- Se recomienda que el área de acero positivo deberá ser mayor o igual a un tercio del acero colocado para resistir momentos negativos.

### 6.2.3. DISEÑO POR CORTE

Para el diseño por corte se empieza por obtener los resultados del análisis estructural de las fuerzas cortantes últimas obtenidas de la envolvente de cortantes a una distancia “d” (peralte efectivo) de la cara de la viga o placa adyacente.

Luego, la resistencia al corte de la viga estará en función de la sección de concreto de la viga y del espaciamiento del acero de refuerzo transversal que se considere en el diseño. Para hallar la resistencia nominal de la viga al corte tenemos las siguientes fórmulas tanto para el acero como para el concreto:

$$\text{Acero:} \quad \phi V_s = \phi \times \left( \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \right)$$

$$\text{Concreto:} \quad \phi V_c = \phi \times (0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d)$$

$$\text{Entonces:} \quad \phi V_n = \phi V_s + \phi V_c$$

**Donde:**

$\phi V_n$  = resistencia nominal al corte.

$\phi V_s$  = resistencia del acero transversal al corte.

$\phi V_c$  = resistencia del concreto al corte.

$A_v$  = area de acero del refuerzo transversal.

$d$  = peralte efectivo de la viga.

$s$  = espaciamiento del refuerzo transversal.

$b$  = ancho de la viga.

En toda sección de la viga debe cumplir lo siguiente:

$$\phi V_n \geq V_u$$

Donde  $V_u$  es la fuerza cortante última de diseño, calculada a una distancia “d” medida desde la cara del apoyo.

En el caso de vigas sismo resistentes como por ejemplo las que se encuentran entre elementos de gran rigidez, el refuerzo por corte debe ser mayor que el asociado al cortante generado en el mecanismo de falla por flexión (rótulas plásticas en los extremos), de manera que se asegure que la viga falle primero por flexión (falla dúctil) que por corte (falla frágil). Para esto tenemos la siguiente expresión:

$$V_{ui} = \frac{M_{ni} + M_{nd}}{L_n} + V_u(\text{isostático})$$

**donde:**

$M_{ni}$  y  $M_{nd}$ : momentos nominales reales a flexión de la viga

$l_n$ : luz libre de la viga.

#### 6.2.4. ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS

El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 10 cm de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento

de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder del menor de:

- $d/4$ , pero no es necesario que el espaciamiento sea menor de 15 cm;
- Diez veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro;
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento;
- 30 cm.
- $s = \frac{Avfyd}{Vs}$

Los estribos deben estar espaciados a no más de 0.5 a lo largo de la longitud del elemento. En todo el elemento la separación de los estribos no deberá ser mayor que la requerida por fuerza cortante.

#### 6.2.5. EMPALMES POR TRASLAPE

Los empalmes por traslape se deben ubicar siempre en las zonas con menores esfuerzos. Por ejemplo, en vigas que no absorben cargas de sismo, las zonas menos esforzadas son el tercio central del tramo para el refuerzo superior, y los tercios laterales para el refuerzo inferior. Para el caso de vigas que soportan esfuerzos por sismo los traslapes se harán fuera de la zona ubicada a “d” de la cara del nudo. Así tenemos:

Valores de m en metros			
Diámetro $\Phi$	Refuerzo Interior	Refuerzo Superior	
	H cualquiera	H<30	H>30
3/8"	0.40	0.40	0.45
1/2"	0.40	0.40	0.50
5/8"	0.50	0.45	0.60
3/4"	0.60	0.55	0.75
1"	1.15	1.00	1.30

Tabla 17 - Valores de Traslapes en Vigas

Representándolo gráficamente los empalmes se harán así:

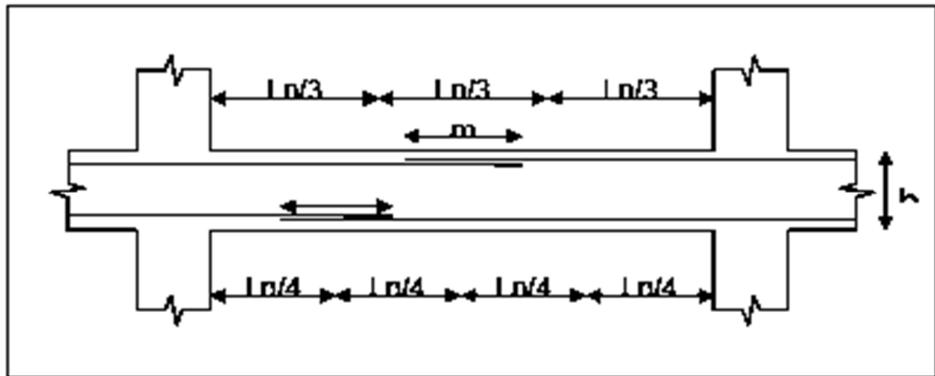


Figura 27 - Empalmes de varilla de Viga

### 6.2.6. CORTES DE BARRA

En cuanto al corte o doblado del refuerzo, la norma E.060 exige ciertas consideraciones, entre éstas se tienen:

- El refuerzo se debe extender, más allá del punto en el que ya no es necesario para resistir flexión, una distancia igual a  $d$  ó  $12db$ , la que sea mayor, excepto en los apoyos de vigas simplemente apoyadas y en el extremo libre de los voladizos.
- Por lo menos  $1/3$  del refuerzo para momento positivo se debe prolongar a lo largo de la misma cara del elemento hasta el apoyo. En las vigas, dicho refuerzo se debe prolongar por lo menos 15 cm dentro del apoyo.
- El refuerzo por momento negativo en un elemento continuo o en voladizo, o en cualquier elemento de un pórtico, deberá anclarse en, los elementos de apoyo por longitudes de anclaje, ganchos o anclajes mecánicos. El refuerzo que llega hasta el extremo del volado terminará en gancho estándar.

El corte del refuerzo longitudinal se hace en base al diagrama de momentos flector, aquí un ejemplo de corte:

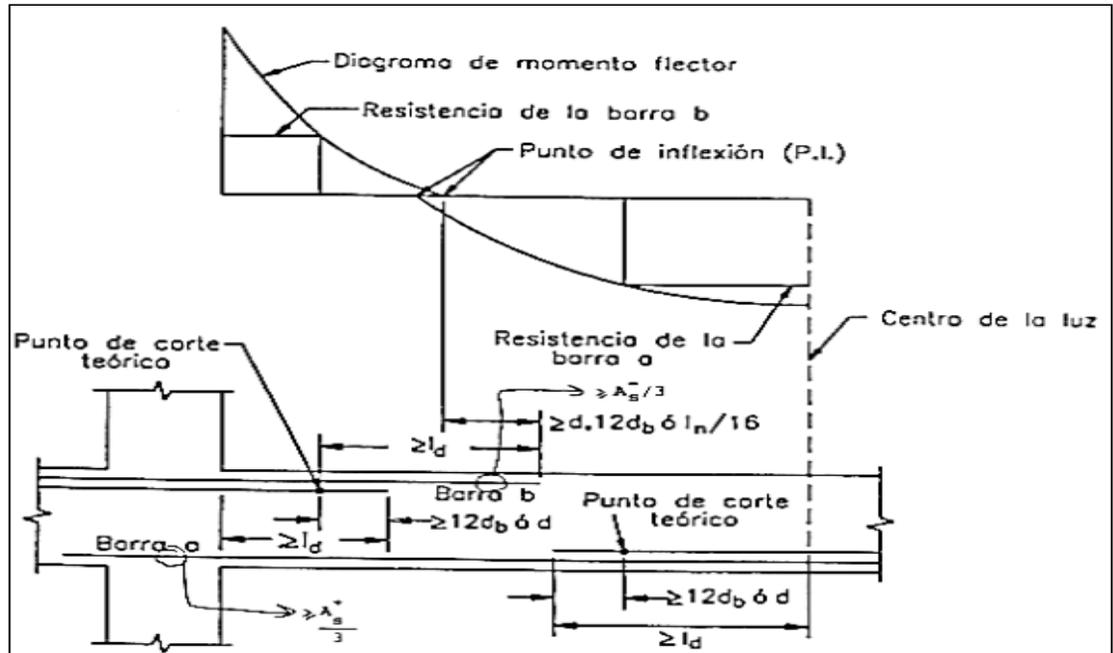


Figura 28 - Corte de varilla de Viga

### 6.2.7. EJEMPLO DE DISEÑO DE VIGA

Como ejemplo diseñaremos la viga VP402 – 0.25x0.40, ubicada en el 4to nivel, la cual posee 2 tramos, está apoyada en sus extremos por una placa y una columna y separados por una columna. Está ubicada sobre el eje 2 y entre los ejes A, B, C como se muestra en la figura:

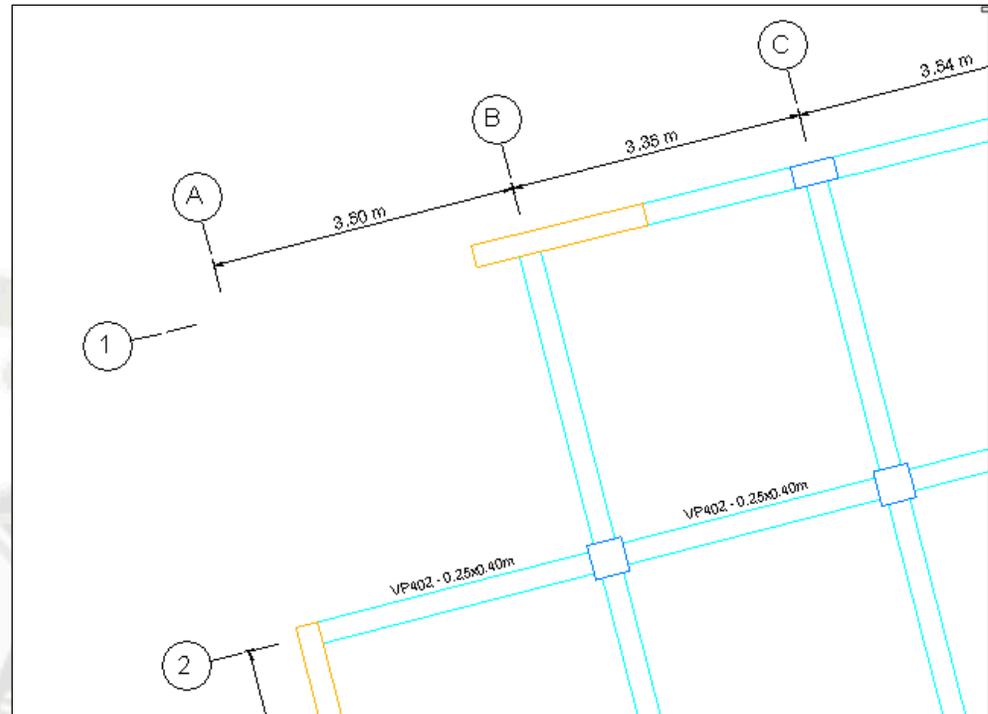


Figura 29 - Sección de Viga a diseñar realizado en Revit Structure

- **ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

A continuación se muestra la envolvente de momentos flectores obtenida, luego de realizar todas las combinaciones de cargas indicadas en la norma E060.

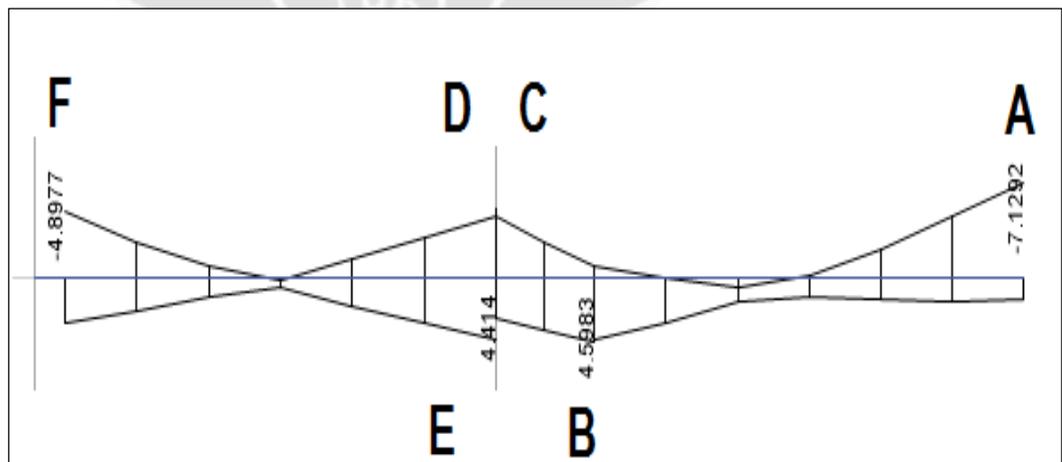


Figura 30 - Diagrama de Momentos en Viga

Analizando para los valores máximos, que corresponden a las secciones A, B, C, D, E, F.

- **DISEÑO POR FLEXIÓN**

	SECCIÓN					
	A	B	C	D	E	F
b (cm)	25	25	25	25	25	25
h (cm)	40	40	40	40	40	40
d (cm)	34	34	34	34	34	34
Mu (Tn.m)	7.13	4.60	4.94	4.59	4.41	4.90
As calculado	6.06	3.78	4.07	3.77	3.61	4.04
As máx.(cm <sup>2</sup> )	9.03	9.03	9.03	9.03	9.03	9.03
As mín. (cm <sup>2</sup> )	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04
Refuerzo Escogido	3 $\Phi$ 5/8"	2 $\Phi$ 5/8"				
As colocado	6.06	4.08	4.08	4.08	4.08	4.08
As coloc. / As cal. (%)	100.00	107.94	100.25	108.22	113.02	100.99

- **DISEÑO POR CORTE**

Para hallar el valor de  $V_u$ , consideraremos el máximo valor de las siguientes expresiones:

- Envolvente de las fuerzas cortantes
- $V_u = V_u \text{ isostático} + (M_{nd} + M_{ni})/L_n$

De acuerdo al análisis, tenemos el siguiente grafico de envolvente de fuerzas cortantes actuantes sobre la viga:

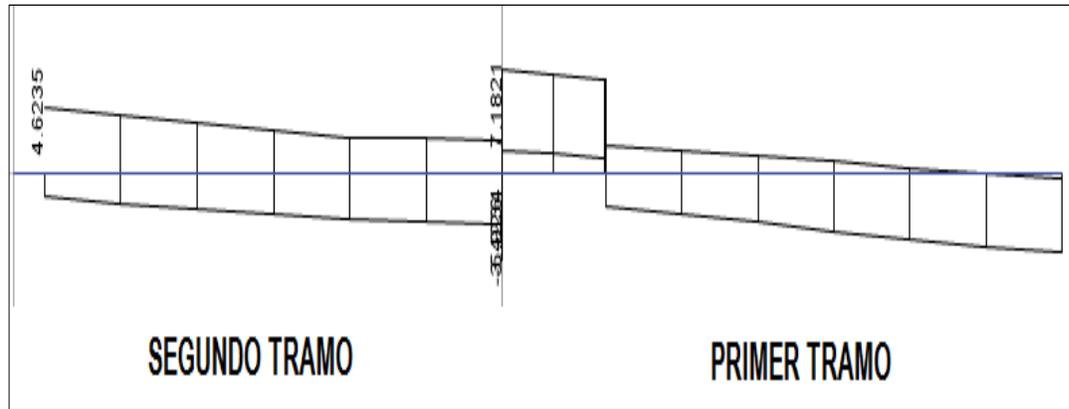


Figura 31 - Diagrama de Fuerzas Cortantes en Viga

La fuerza máxima producida en la envolvente a una distancia igual a "d = 34 cm" de la cara de la viga adyacente es:

*Para el primer tramo  $Vu1 = 6.61 \text{ tnf}$  (para ambos apoyos)*

*Para el segundo tramo  $Vu2 = 4.46 \text{ tnf}$  (para ambos apoyos)*

Al tener la viga cierta responsabilidad sísmica, según la Norma E.060 se debe trabajar con el Vu por capacidad.

### Primer tramo

*Apoyo Derecho (A) Para  $As^+ = 4.08 \text{ cm}^2 \rightarrow Mn^{(+)} = 5.49 \text{ ton.m}$   
Para  $As^- = 6.06 \text{ cm}^2 \rightarrow Mn^{(-)} = 7.92 \text{ ton.m}$*

*Apoyo Izquierdo (C) Para  $As^+ = 4.08 \text{ cm}^2 \rightarrow Mn^{(+)} = 5.49 \text{ ton.m}$   
Para  $As^- = 4.08 \text{ cm}^2 \rightarrow Mn^{(-)} = 5.49 \text{ ton.m}$*

### Segundo tramo

*Apoyo Derecho (D) Para  $As^+ = 4.08 \text{ cm}^2 \rightarrow Mn^{(+)} = 5.49 \text{ ton.m}$   
Para  $As^- = 4.08 \text{ cm}^2 \rightarrow Mn^{(-)} = 5.49 \text{ ton.m}$*

*Apoyo Izquierdo (F) Para  $As^+ = 4.08 \text{ cm}^2 \rightarrow Mn^{(+)} = 5.49 \text{ ton.m}$   
Para  $As^- = 4.08 \text{ cm}^2 \rightarrow Mn^{(-)} = 5.49 \text{ ton.m}$*

Para cada tramo elegimos los momentos nominales ( $M_n$ ) máximos, para nuestro caso los momentos máximos son iguales.

Una vez calculadas las capacidades en los apoyos, se procede a calcular las cortantes:

- Luces libres de los tramos  $L_{n1} = 3.17$  m y  $L_{n2} = 2.95$  m
- Para cálculo de la  $V_u$  isostática, tenemos que calcular mediante la combinación  $W_u = 1.25(CM + CV)$ , en nuestro caso para simplificar utilizaremos la primera combinación de gravedad, teniendo así los siguientes resultados:  $V_u \text{ isost } 1 = 5.79 \text{ tnf}$  y  $V_u \text{ isost } 2 = 2.03 \text{ tnf}$ .

Calculamos los  $V_u$  con la siguiente expresión:

$$V_u = V_u \text{ isostático} + \left( \frac{M_{n1} + M_{n2}}{L_n} \right)$$
$$V_{u1} = 5.79 + \left( \frac{7.92 + 5.49}{3.17} \right) = 10.02 \text{ tnf}$$
$$V_{u2} = 2.03 + \left( \frac{5.49 + 5.49}{2.95} \right) = 5.75 \text{ tnf}$$

Tomaremos el máximo valor calculado de la fuerza cortante de cada tramo para el hallar  $V_u$ , entonces tenemos los siguientes valores:

$$V_{u1} = 10.02 \text{ tnf}$$

$$V_{u2} = 5.75 \text{ tnf}$$

Luego calculamos el aporte del concreto:

$$\phi V_c = \phi \times (0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d)$$
$$\phi V_c = (0.85 \times (0.53 \times \sqrt{210} \times 25 \times 34))$$
$$\phi V_c = 5.55 \text{ tnf}$$

Se puede observar que  $V_u > \Phi V_c$  en ambos tramos; por lo que es necesario refuerzo. Para ello, se calcula la cortante que deben resistir los estribos. Si el caso fuera el contrario, debemos utilizar espaciamiento mínimo, que solicita la norma E060.

Para calcular la cortante que resisten los estribos debemos utilizar la siguiente expresión, reemplazando los valores calculados anteriormente:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

Donde  $\phi = 0.85$

<i>Primer tramo</i>	$V_s = 5.25 \text{ tnf}$
<i>Segundo tramo</i>	$V_s = 0.24 \text{ tnf}$

La Norma indica un valor máximo para la resistencia proporcionada por el acero la cual no debe exceder de  $V_{smax} = 2.1\sqrt{f'c}bd$ , así tenemos lo siguiente:

$$V_{smax} = 2.1\sqrt{210} \times 25 \times 40$$

$$V_{smax} = 25.87 \text{ tnf}$$

Podemos observar que en nuestros dos tramos son menores  $V_s < V_s \text{ máx.}$ , cumplimos con los especificado.

#### • **ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS**

Para el espaciamiento de los estribos debemos tener las consideraciones ya descritas en el punto 5.2 de la tesis:

- Zona de confinamiento mínima =  $2h = 80 \text{ cm}$
- El primer estribo debe estar como máximo a 10 cm del apoyo.

En esta zona de confinamiento, los estribos deben estar separados como máximo el menor de los siguientes valores:

- $d/4 = 34/4 = 8.5 \text{ cm}$
- $10d_b \text{ (longitudinal)} = 10 \times 5/8 \times 2.54 = 15.87 \text{ cm}$
- $24 d_b \text{ (estribo)} = 22.86 \text{ cm}$

- 30 cm.

$$s = \frac{Avfyd}{Vs} = \frac{(2 \times 0.71) \times 4200 \times 34.095}{5.8606} = 34.82 \text{ cm}$$

Tomamos un valor de S máx. = 10 cm.

Fuera de la zona de confinamiento el espaciamiento máximo será:  $d/2 = 34/2 = 17 \text{ cm}$ .

Por lo tanto, se elige: Est.  $\Phi 3/8"$ : 1@5, 8@10, resto @15; en cada extremo de ambos tramos.

- **GRAFICO DE VIGA**

Finalmente, el diseño de la viga VP102 – 0.25 x 0.40 del eje 2 del cuarto piso es el siguiente:

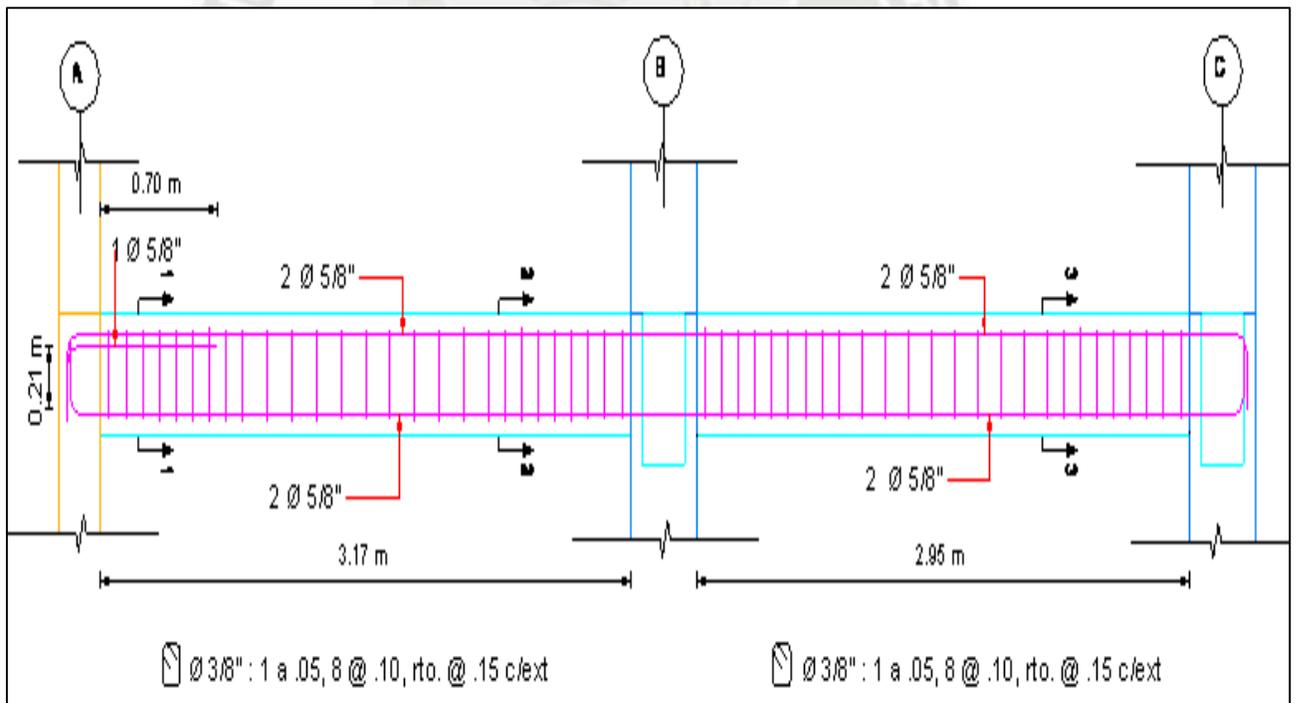


Figura 32 - Diseño: Detalle de Viga diseñada realizada en Revit Structure

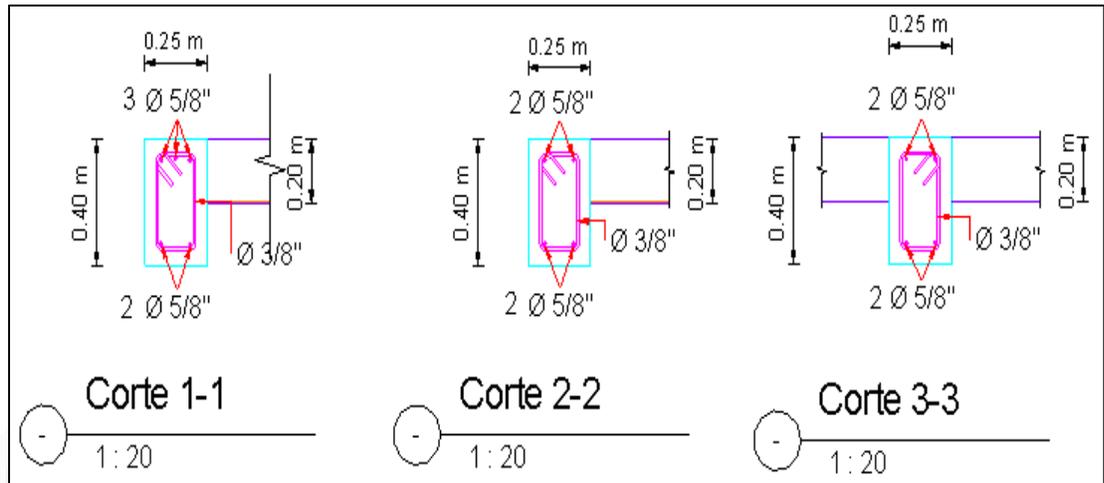


Figura 33 - Diseño: Secciones de Viga diseñada realizada en Revit Structure

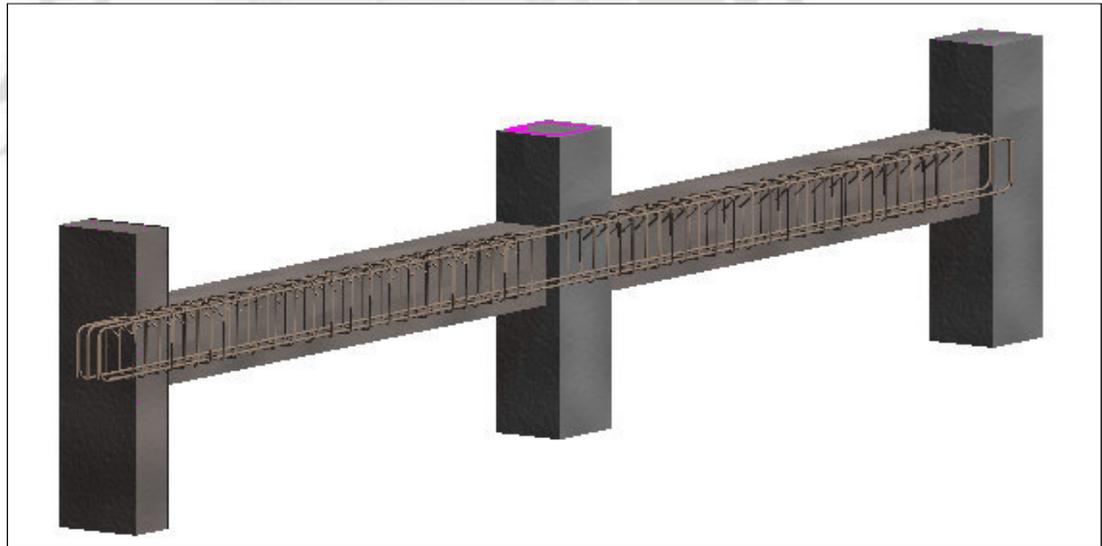


Figura 34 - Diseño: 3D de Viga diseñada realizada en Revit Structure

### 6.3. DISEÑO DE COLUMNAS

Las columnas, apoyado por las placas, transmiten las cargas de las vigas y losas hacia la cimentación, y además controlan los desplazamientos laterales de la estructura.

#### 6.3.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

De igual manera que las vigas, las columnas se modelan como parte de pórticos; y las cargas sísmicas también se obtendrán del modelo estructural usado para el análisis sísmico. Una vez obtenidas las cargas sísmicas y de gravedad, se procede a resolver todas las combinaciones que establece la Norma E.060.

#### 6.3.2. DISEÑO POR FLEJO COMPRESIÓN

Las columnas están sometidas a momentos flectores y cargas axiales (flexocompresión). Si  $P_u < 0.1 \cdot A_g \cdot f'_c$  ( $A_g$ : área bruta de la sección) el elemento deberá diseñarse por flexión, caso contrario se diseñará por flexocompresión.

El diseño se realizará tomando la envolvente y armar tentativamente una sección para graficar su diagrama de interacción, de tal forma que las combinaciones ( $M_u$ ;  $P_u$ ) quede dentro del diagrama de iteración.

La Norma E.060 indica que la cuantía mínima para el acero longitudinal a 1% de la sección bruta de concreto y un máximo de 6 %. Para cuantías mayores al 4% será necesario detallar la colocación del refuerzo en las uniones con vigas.

#### 6.3.3. DISEÑO POR CORTE

La resistencia a corte estará dada por el aporte del concreto y del acero de refuerzo (estribos), por lo que debemos cumplir con lo siguiente:

$$\phi V_c + \phi V_s \geq V_u$$

La fuerza cortante última se calculará siguiendo los criterios de diseño por capacidad:

$$V_u = \frac{M_{n1} + M_{n2}}{h}$$

La Norma considera una fuerza cortante máxima que puede actuar en una sección:

$$V_{umax} = 2.6\phi\sqrt{f'c}b_wd$$

La resistencia a corte se calculará siguiendo la siguiente expresión:

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}b_wd \left( 1 + 0.0071 \frac{N_u}{A_g} \right)$$

**Donde:**

*N<sub>u</sub>*: carga axial última (kg)

*A<sub>g</sub>*: área bruta de la sección (cm<sup>2</sup>)

El aporte a la resistencia del acero de refuerzo (estribo) se calculará:

$$V_s = \left( \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \right)$$

#### 6.3.4. ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS

De acuerdo al artículo 21.4.5 de la Norma E.060, el espaciamiento de los estribos deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- El primer estribo debe ir no más de 5cm de la cara del nudo.
- En ambos extremos del elemento debe proporcionarse estribos cerrados de confinamiento con un espaciamiento por una longitud medida desde la cara del nudo. El espaciamiento (L<sub>o</sub>) no debe exceder al menor entre:

- Ocho veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro.
- La mitad de la menor dimensión de la sección transversal del elemento.
- 10 cm.
- La longitud ( $L_o$ ) no debe ser menor que el mayor entre:
  - Una sexta parte de la luz libre del elemento.
  - La mayor dimensión de la sección transversal del elemento.
  - 50cm.
- Fuera de la longitud, la separación no será mayor que:
  - La requerida por fuerza cortante.
  - La mitad del peralte efectivo
  - 16 veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro.
  - 48 veces el diámetro del estribo.
  - La menor dimensión de la sección transversal del elemento.
  - 30 cm.
- El espaciamiento del refuerzo transversal en el nudo no será mayor que el menor entre 15 cm.

A continuación se muestra un esquema que resume todas estas disposiciones.

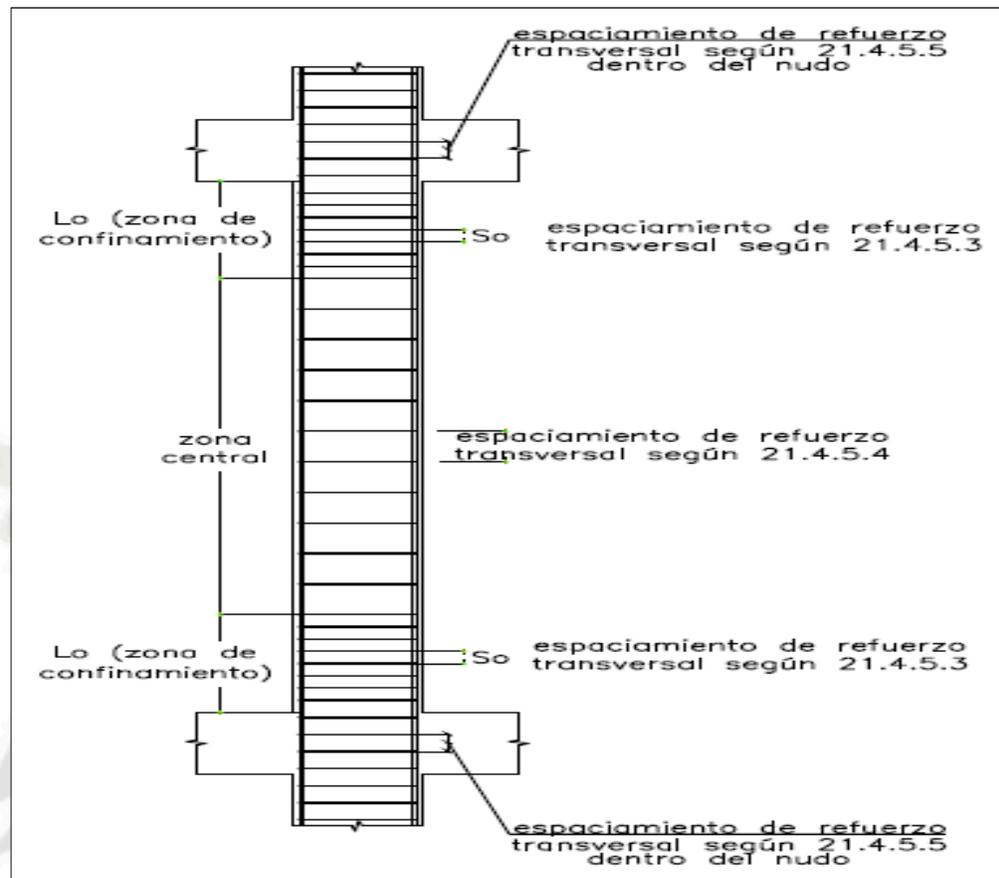


Figura 35 - Espaciamiento de estribos en Columna – Fuente: Norma E060 - 2009

### 6.3.5. EJEMPLO DE DISEÑO DE COLUMNA

Se desarrollara el diseño completo de la columna C2, ubicada en los ejes 2 y B, cuyas dimensiones son 40x40 cm.

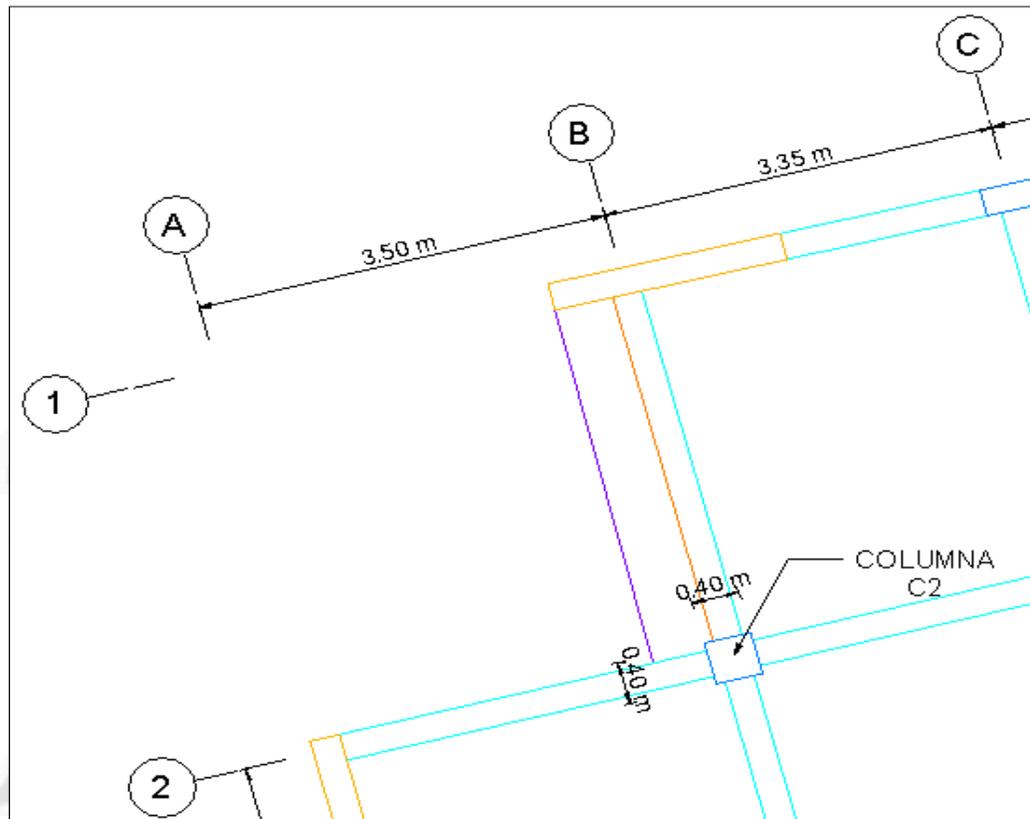


Figura 36 - Sección de Columna a diseñar realizado en Revit Structure

- **DISEÑO POR FLEJO COMPRESIÓN:**

Del análisis estructural tenemos las siguientes cargas para el primer piso.

COMBINACIÓN	P tnf	V2 tnf	V3 tnf	M2 tnf-m	M3 tnf-m
1.4CM+1.7CV	- 135.6158	0.2466	-0.2224	-1.00E-04	-0.2315
1.25(CM+CV)+Sx	- 111.5863	0.2867	-0.1076	0.0208	0.1155
1.25(CM+CV)-Sx	- 122.9998	0.1529	-0.2937	-0.0209	-0.535
1.25(CM+CV)+Sy	- 114.8731	0.279	-0.0489	0.0057	0.2797
1.25(CM+CV)-Sy	- 119.7131	0.1606	-0.3524	-0.0058	-0.6992
0.9CM+Sx	-66.0015	0.2237	-0.0583	0.0208	0.164
0.9CM-Sx	-77.4151	0.0899	-0.2444	-0.0209	-0.4865
0.9CM+Sy	-69.2883	0.216	0.0003	0.0057	0.3282
0.9CM-Sy	-74.1283	0.0976	-0.3031	-0.0057	-0.6507

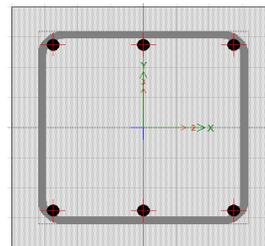
Tabla 18 - Valores de Cargas en Columnas extraídas de ETABS 2015

Se puede ver en la tabla que las solicitaciones sísmicas son mínimas, por lo que se decide colocar cuantía mínima para el refuerzo longitudinal, según indicado en el punto 5.3.2.

$$\begin{aligned} \text{Cuantía mínima} \quad A_s &= \rho \times A_g = 0.01 \times 1600 = 16 \text{ cm}^2 \\ \text{Cuantía máxima} \quad A_s &= \rho \times A_g = 0.06 \times 1600 = 96 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

En la siguiente figura se muestra el armado propuesto para C1 y los diagramas de interacción generado de la sección.

$$\begin{aligned} B &= 40 \text{ cm} \\ H &= 40 \text{ cm} \\ 6\Phi 3/4'' \\ A_s &= 17.1 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



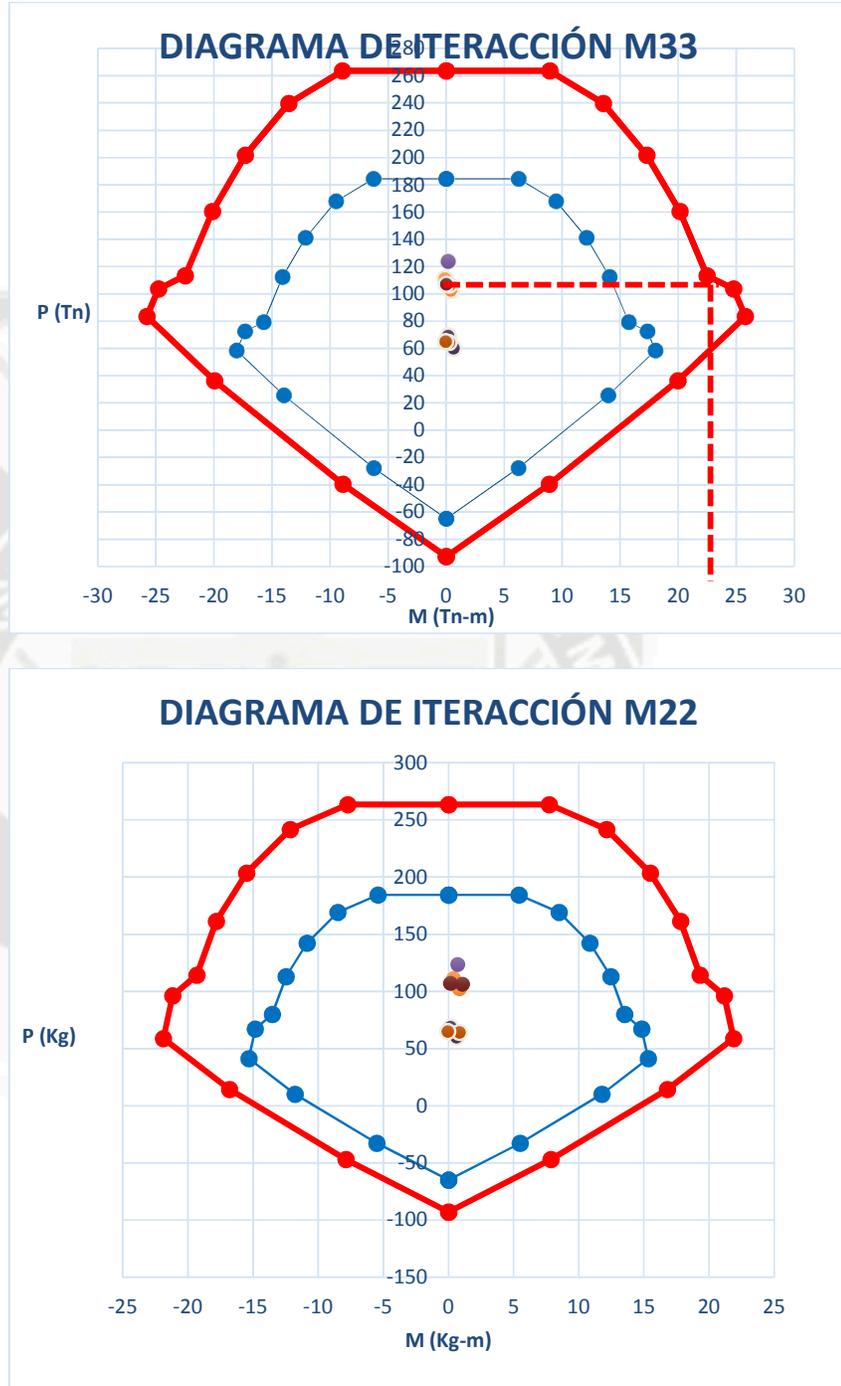


Figura 37 - Diagrama de Interacción de Columna

**Donde:**

—  $\phi M_n$  (tn.m)  
—  $M_n$  (tn.m)

Los Valores de las cargas últimas ( $M_u$ ,  $P_u$ ) están dentro del diagrama de iteración, por lo que se concluye que es un diseño adecuado para la columna C1.

- **DISEÑO POR CORTE**

De la tabla 18 tenemos que el mayor  $P_u$  es de 135.62 tnf con esto ubicamos en el diagrama de iteración (M33) y tenemos un momento nominal de 23 tnf-m; por lo tanto, la fuerza cortante por capacidad es:

$$V_u = \frac{(M_{n_{sup}} + M_{n_{inf}})}{L_n}$$

$$V_u = \frac{(23 + 23)}{2.45} = 18.78 \text{ tnf}$$

Mencionamos en puntos atrás que la Norma considera una fuerza cortante máxima que puede actuar en una sección:

$$V_{u_{max}} = 2.60\phi\sqrt{f'c}b_wd$$

$$V_{u_{max}} = 2.60 \times 0.85 \sqrt{210} \times 40 \times 34.095 = 43.68 \text{ tnf}$$

La cortante  $V_u < V_{u_{max}}$ , cumple con lo permitido.

La fuerza cortante por capacidad del concreto es:

$$V_c = 0.53\sqrt{f'c}b_wd \left( 1 + 0.0071 \frac{N_u}{A_g} \right)$$

$$V_c = 0.53\sqrt{210} \times 40 \times 34.095 \times \left( 1 + 0.0071 \frac{123.79 \times 10^3}{40 \times 40} \right)$$

$$V_c = 16.23 \text{ Tnf}$$

La fuerza cortante por capacidad del acero es:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{18.78}{0.85} - 16.23 = 5.86 \text{ Tnf}$$

- **ESPACIAMIENTO DE ESTRIBOS**

Colocaremos un estribo de 3/8" por lo que el área es:

$$A_v = 2 * 0.71$$

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

El espaciamiento de los estribos es el siguiente:

$$s = \frac{(A_v \times f_y \times d)}{V_s}$$
$$s = \frac{(1.42 \times 4200 \times 34.095)}{5.86}$$
$$s = 34.82 \text{ cm}$$

Por fuerza cortante se requiere 35cm de espaciamiento. Considerando lo dispuesto por la Norma E060, la zona de confinamiento debe ser como mínimo el mayor entre:

- El primer estribo 5cm de la cara del nudo.
- El espaciamiento en zona de confinamiento (so), no debe exceder al menor de:
  - $8db(\text{longitudinal}) = 8 \times 3/4 \times 2.54 = 15.24 \text{ cm}$
  - *Mitad de la menor dimensión:*  $40/2 = 20 \text{ cm}$
  - $10 \text{ cm}$ .

El espaciamiento So es 10 cm.

- La longitud (Lo) no debe ser menor que el mayor entre:
  - $Ln/6 = 2.45/6 = 40.83 \text{ cm}$
  - *Mayor dimensión* =  $40 \text{ cm}$
  - $50 \text{ cm}$ .

La longitud de confinamiento Lo es 50 cm.

- Fuera de la longitud, la separación no será mayor que:
  - *La requerida por Vu* =  $34.82 \text{ cm}$
  - $30 \text{ cm}$ .
  - $d/2 = 17 \text{ cm}$
  - $16 db = 30.48 \text{ cm}$ .

- $48 db (estribo) = 45.72 cm$
- *La menor dimensión = 40 cm.*

La separación fuera de la longitud de confinamiento es 25 cm. El espaciamiento del refuerzo transversal en el nudo es 15 cm.

Por lo tanto, para el espaciamiento de estribos se elige: Est.  $\Phi 3/8"$ : 1@5, 5@10, resto @25; en cada extremo de ambos tramos.

- **GRAFICO DE COLUMNA**

El diseño de la columna C1 del semisótano será:

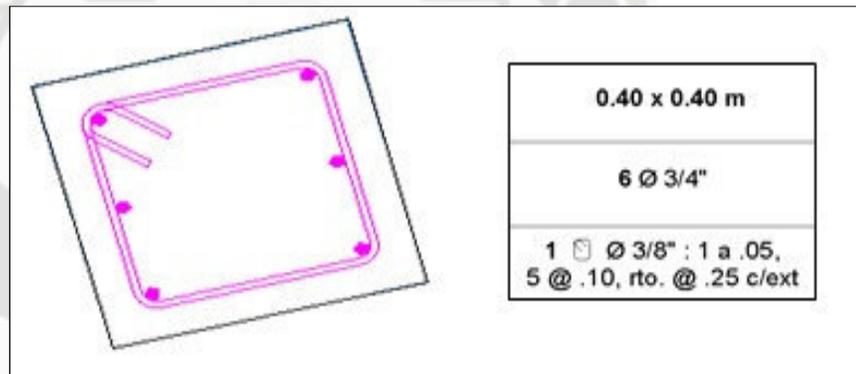


Figura 38 - Diseño: Detalle de Columna diseñada realizado en Revit Structure

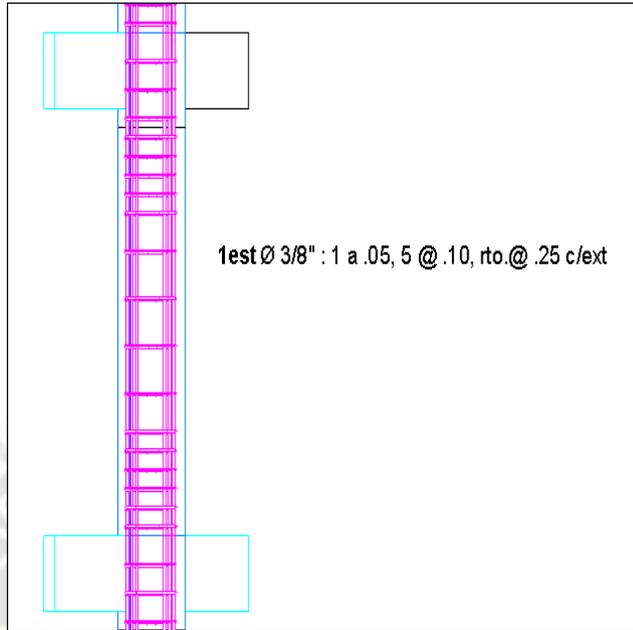


Figura 39 - Diseño: Sección de Columna diseñada realizado en Revit Structure

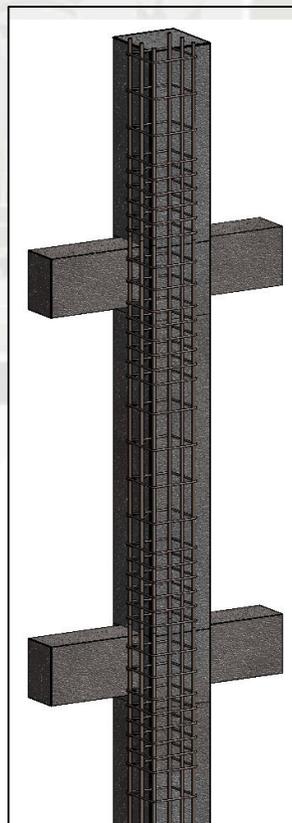


Figura 40 - Diseño: 3D de Columna diseñada realizado en Revit Structure

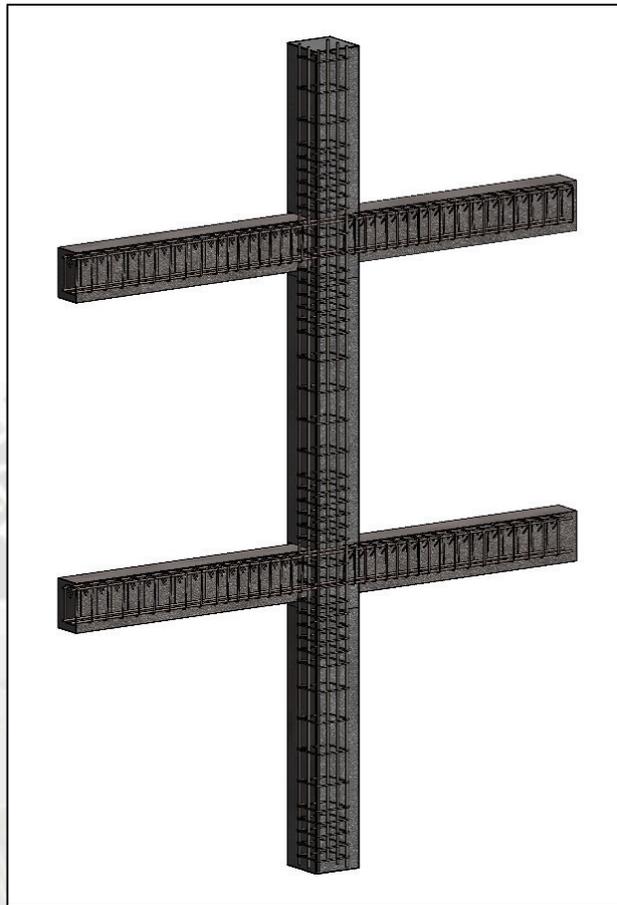


Figura 41 - 3D: Conexión Viga – Columna diseñada realizado en Revit Structure

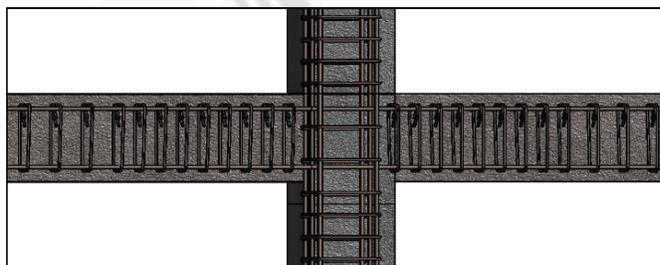


Figura 42 - 3D: Detalle de nudo de Columna diseñada realizado en Revit Structure

## 6.4. DISEÑO DE PLACAS (MUROS DE CORTE)

Las placas o muros de corte son elementos que resisten tanto cargas verticales como cargas laterales debido al sismo; su diseño es similar al diseño de columnas, es decir se diseña por flexo compresión y por cortante.

Estos elementos aportan rigidez a la estructura, ayudando a controlar los desplazamientos laterales producidos por el sismo.

### 6.4.1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para el análisis estructural de las placas asignamos en el programa ETABS un valor de “pier” a cada muro y agrupándolos para proceder con el análisis. A partir de este análisis podremos elaborar los diagramas de interacción de cada muro para su diseño. Y se aplica lo mismo que en columnas (5.3.1)

### 6.4.2. REFUERZO MÍNIMO HORIZONTAL Y VERTICAL

Los muros de corte poseen grandes dimensiones, es por ello que la Norma E.060 especifica cuantías mínimas de refuerzo para evitar la fisuración. Señala las siguientes cuantías mínimas:

$$\rho_h = 0.002 \qquad \rho_v = 0.015$$

El espaciamiento no debe ser mayor a tres veces el espesor del muro, ni 40 cm. Si el espesor es mayor a 20 cm, el refuerzo debe estar repartido en ambas caras del muro. El refuerzo vertical no necesita estar confinado salvo que su cuantía exceda de 0.01.

### 6.4.3. DISEÑO POR FLEXIÓN

De acuerdo a la esbeltez del elemento, su comportamiento por flexión varía notablemente, por lo tanto el diseño del refuerzo vertical por flexión debe distinguirse para estos dos casos:

#### 6.4.3.1. Muros esbeltos ( $H/L \geq 1$ )

En muros esbeltos producen fallas, los que son más probables, son las del tipo dúctil debido a la formación de rótulas plásticas en la base. El diseño se realizará por flexo compresión.

Se coloca el acero principal en los núcleos confinados y el acero repartido en el resto de la sección. Se ubican los núcleos confinados en los extremos donde se presenten vigas o muros perpendiculares al plano.

Realizado todo esto se elaboran los diagramas de interacción para cada dirección y se ubican los puntos ( $M_u, P_u$ ) para comprobar la validez de la iteración.

#### 6.4.3.2. Muros bajos ( $H/L < 1$ )

En estos casos la falla más probable es del tipo frágil por tracción diagonal del elemento, con esto la fuerza cortante gobierna el diseño. El comportamiento no corresponde al elemento sometido a flexocompresión y es semejante al de una viga de gran peralte.

Para calcular el acero de refuerzo del extremo en tracción para secciones rectangulares podrá calcularse con la siguiente expresión (Blanco, 1994).

$$M_u = \phi A_s f_y z$$

$$\text{donde } z = 0.4L \left(1 + \frac{H}{L}\right); \text{ si } 0.5 < \frac{H}{L} < 1 \text{ y } z = 1.2H; \frac{H}{L} \leq 0.5$$

#### 6.4.4. DISEÑO POR CORTE

La Norma E.060 en su artículos 11.10.3 a 11.10.10, indica las consideraciones para el diseño del refuerzo por corte en placas.

El aporte del concreto se puede calcular mediante las siguientes expresiones, considerando la magnitud de la carga axial.

$$V_c = 0.53\sqrt{f'_c} \times t \times d; \quad \text{si } \frac{Pu}{Ag} \geq 0.1f'_c \quad V_c = 0; \quad \text{si } \frac{Pu}{Ag} < 0.1f'_c$$

Donde "t" es el espesor del muro y "d" el peralte efectivo, el cual deberá ser calculado mediante un análisis de compatibilidad de deformaciones, sin embargo la Norma E.060 permite el uso de  $=0.8L$  (Longitud de muro).

Además la Norma E.060 señala algunos límites para las resistencias calculadas.

$$V_c \leq \alpha_c \sqrt{f'_c} \times t \times d;$$

$$\text{donde: } \alpha_c = 0.80; \text{ si } \frac{H}{L} \leq 1.5 \quad \text{y} \quad \alpha_c = 0.53; \text{ si } \frac{H}{L} \geq 2.0$$

Donde el valor de  $\alpha_c$  varía linealmente para valores intermedios de  $\frac{H}{L}$ . Además se especifica un límite para el valor de  $V_n = V_c + V_s$ , según la siguiente expresión.

$$V_c \leq 2.6\sqrt{f'_c} \times t \times d$$

Si  $V_u \leq 0.27\sqrt{f'_c} \times t \times d$ , se requiere refuerzo mínimo indicado en la sección 5.4.2.

Si  $V_u > 0.27\sqrt{f'_c} \times t \times d$  ó  $V_u > \phi V_c$ , se deberá calcular la cuantía del refuerzo horizontal según:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \quad \rho_h = \frac{V_s}{f_y t d}; \quad \rho_{hmin} = 0.025$$

Para la cuantía de refuerzo vertical deberá ser calculada mediante:

$$\rho_v = 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{H}{L} \right) (\rho_h - 0.0025); \rho_{vmin} = 0.0025$$

La Norma E.060 indica que no es necesario considerar la cuantía de refuerzo vertical mayor que la horizontal, salvo que la relación  $\frac{H}{L}$  sea menor a 2, en cuyo caso es sí será necesario considerar que  $\rho_v \geq \rho_h$ . Para los espaciamientos, tanto vertical como horizontal, se debe cumplir que:

$$S_{max} = 3t \quad y \quad S_{max} = 40cm$$

Adicionalmente la Norma E.060 en su artículo 21.9.5.3, referente a las disposiciones para el diseño sísmico de muros estructurales, señala que la fuerza cortante de diseño debe ajustarse a la capacidad en flexión instalada en el muro:

$$V_u \text{ diseño} \geq V_u \left( \frac{M_n}{M_u} \right); \left( \frac{M_n}{M_u} \right) \leq R$$

#### 6.4.5. EJEMPLO DE DISEÑO DE PLACA

Se desarrollará el diseño de la placa PL-04 de sección 2.30x0.25 m.

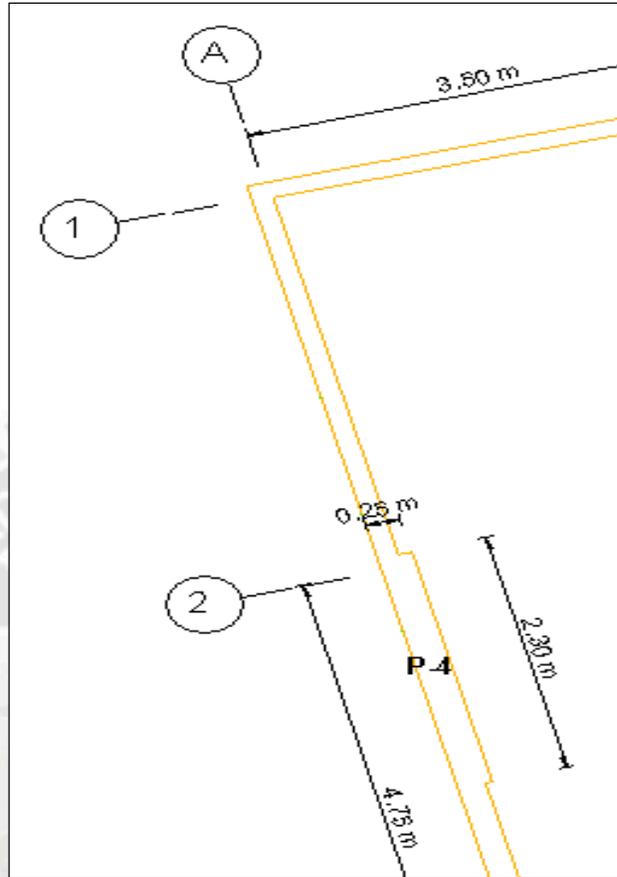


Figura 43 - Sección de Placa a diseñar realizado en Revit Structure

PLACA	Combinación	P (Ton)	V2 (Ton)	V3 (Ton)	M2 (Ton-m)	M3 (Ton-m)
PLACA 4	LIVE	-6.9627	0.4879	-0.0179	-0.0191	0.221
PLACA 4	DEAD	-50.6056	4.1398	-0.2493	-0.2816	3.4678
PLACA 4	DIN-XX Max	75.1535	17.0329	0.2567	0.3187	53.9603
PLACA 4	DIN-YY Max	89.0366	14.5638	0.041	0.1661	56.8015

Tabla 19 - Valores de Cargas en Placa extraídas de ETABS 2015

Tenemos para la placa  $H=16.7\text{m}$ ,  $L = 2.30\text{m}$  y  $t = 25\text{cm}$ . La relación  $H/L = 16.7/2.30 = 7.261$  es mayor a 1, por lo tanto el muro es esbelto y se diseñará por flexo compresión.

• **DISEÑO FLEXOCOMPRESIÓN**

Obtenemos las tablas de combinaciones de carga Pu y Mu del análisis, mostrados en la siguiente tabla:

PLACA	Combinación	P (Ton)	M2 (Ton-m)	M3 (Ton-m)
PLACA 4	Comb1	-83.06	-0.43	5.05
PLACA 4	Comb2 Max	2.00	0.09	58.19
PLACA 4	Comb2 Min	-146.55	-0.67	-49.27
PLACA 4	Comb3 Max	19.15	-0.22	62.66
PLACA 4	Comb3 Min	-163.70	-0.54	-53.75
PLACA 4	Comb4 Max	28.55	0.04	56.76
PLACA 4	Comb4 Min	-119.99	-0.55	-50.70
PLACA 4	Comb5 Max	45.70	-0.09	61.24
PLACA 4	Comb5 Min	-137.14	-0.42	-55.17

Figura 44 - Valores de combinaciones de Carga extraídas de ETABS 2015

Se a realizar una estimación del acero de acuerdo al libro de Blasco, usando el mayor momento Mu x-x = 137.19 ton-m.

$$A_s = \frac{Mu}{\phi f_y (0.9L)} = \frac{62.66 \times 10^5}{0.9 \times 4200 \times (0.9 \times 230)} = 8.008 \text{ cm}^2$$

Para un primer armado se consideran núcleos confinados de 25x40 cm en los extremos, y en cada núcleo 4 barras de 3/4” y 2 barras de 5/8 “; además Adicionalmente en el resto de la sección 2 mallas de 3/8” separadas cada 30 cm. El armado descrito se muestra en la siguiente figura.

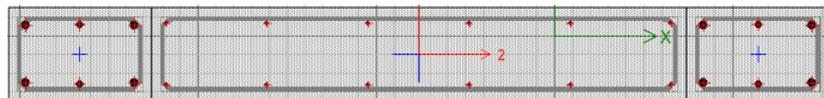


Figura 45 - Modelo de Placa para iteración

Podemos observar que en cada núcleo tenemos 25 cm<sup>2</sup> aproximadamente, cercano a los 17.50 cm<sup>2</sup> estimados con la

ecuación aproximada. Elaborando los diagramas de interacción para cada dirección y ubicando los puntos ( $\mu_u$ ,  $\mu_v$ ), tenemos:

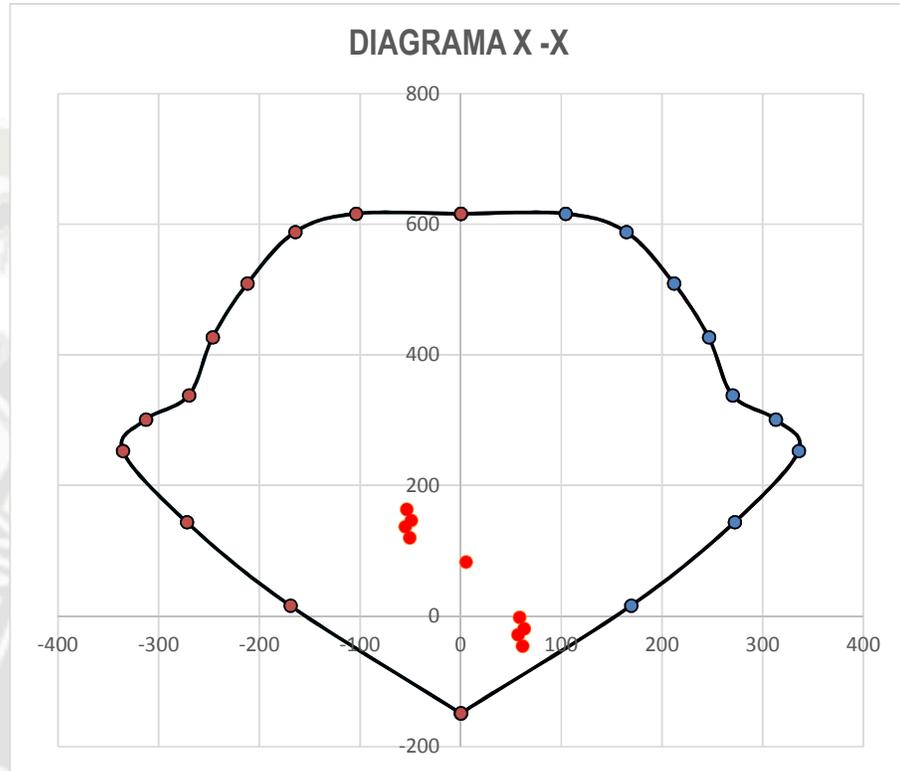


Figura 46 - Diagrama de Iteración X-X de Placa a diseñar

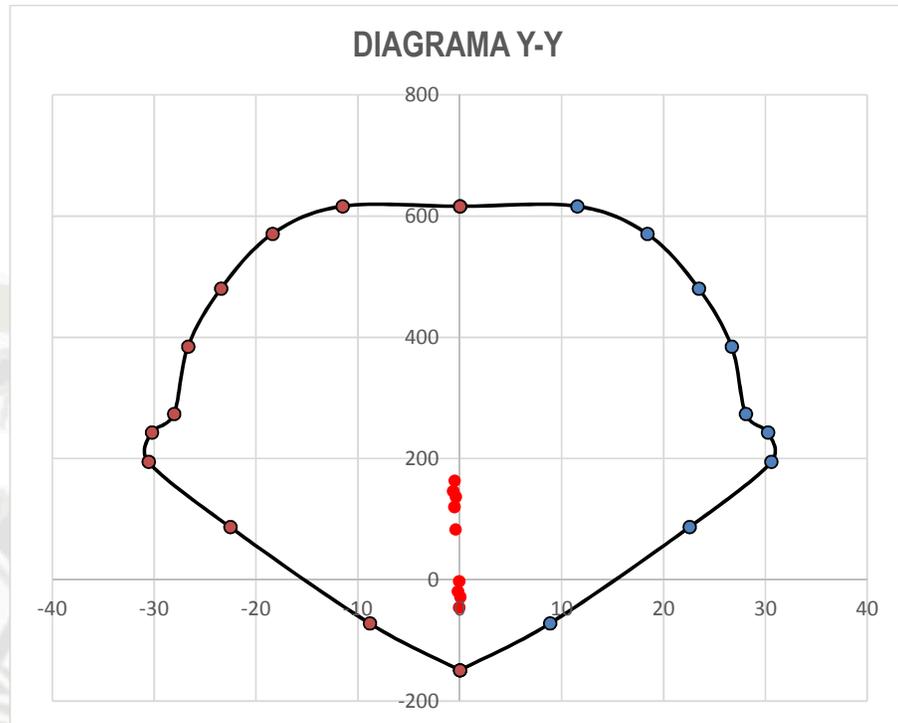


Figura 47 - Diagrama de Iteración Y-Y de Placa a diseñar

Observamos que el refuerzo asumido cumple con los requerimientos para ambas direcciones con un margen aceptable.

- **Diseño por corte**

De la tabla de combinaciones de la placa, podemos observar que  $P_u = 19.15$  tnf (valor extraído por tener el mayor valor de  $M_u$ ),  $P_u/Ag = 19.15/(25 \times 230) = 3.33$  kg/cm<sup>2</sup>, valor menor a  $10\%f'_c$ , con esto podemos concluir que el aporte del concreto a la resistencia es:

$$V_c = 0 \text{ Tnf}$$

De la comb3 Max, de la tabla, tenemos un valor de  $V_u = 22.29$  tnf. Las capacidades asociadas a  $P_u = 19.15$  tnf es  $M_u = 58.19$  Tnf.m y  $M_n = 300.00$  Tnf.m. Hallando la fuerza cortante de diseño tenemos lo siguiente:

$$Vu \text{ diseño} = Vu \left( \frac{Mn}{Mu} \right) = 22.29 \times \frac{300.00}{58.19} = 114.92 \text{ tnf}$$

$$\left( \frac{300.00}{58.19} \right) = 5.156 \leq 5.40 \rightarrow \text{cumple}$$

El esfuerzo cortante debe ser absorbido por el refuerzo horizontal, hallando la resistencia requerida por el acero tenemos:

$$Vs = \frac{Vu}{\phi} - Vc = \frac{114.92}{0.85} - 0 = 135.20 \text{ tnf}$$

Verificando el límite propuesto para  $Vn$ :

$$Vn = Vc + Vs = 0 + 135.20 = 135.20 \text{ tnf}$$

$$Vn \text{ max} = 2.6\sqrt{f'c} t d = 2.6\sqrt{210} \times 25 \times (0.8 \times 230) = 140 \text{ tnf}$$

Cumple con el requerimiento. Calculando la cuantía del refuerzo horizontal:

$$\rho_h = \frac{Vs}{f_y t d} = \frac{135.20 \times 10^3}{4200 \times 25 \times 0.8 \times 230} = 0.70\% ; \rho_{hmin} = 0.25\% \rightarrow \text{cumple!}$$

Obtenemos  $\rho_h = 0.70\%$  . Calculando el área de acero para un metro de altura:

$$As = \rho_b h = 0.70\% \times 25 \times 100 = 17.5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Dado el ancho de la placa, se distribuirá dos refuerzos en ambas caras. Calculando la separación necesaria para barras de 1/2"

$$s = \frac{2 \times 17.5}{17.50} = 15.00 \text{ cm}$$

$$s_{max} = 3t = 3 \times 25 = 75\text{cm} \quad \text{y} \quad s_{max} = 40\text{cm}$$

El espaciamiento calculado cumple con lo establecido, por lo tanto el refuerzo horizontal será 2 hileras de 1/2" separadas a cada 15 cm. Calculando la cuantía del refuerzo vertical, tenemos:

$$\rho_v = 0.0025 + 0.5 \left( 2.5 - \frac{H}{L} \right) (\rho_h - 0.0025)$$

$$\rho_v = 0.0025 + 0.5(2.5 - 7.261)(0.0070 - 0.0025) = 0.0025$$

$$\rho_{vmin} = 0.25\%$$

Para esta cuantía es una separación de 25 cm para barras de 3/8". El diseño final de la placa será:

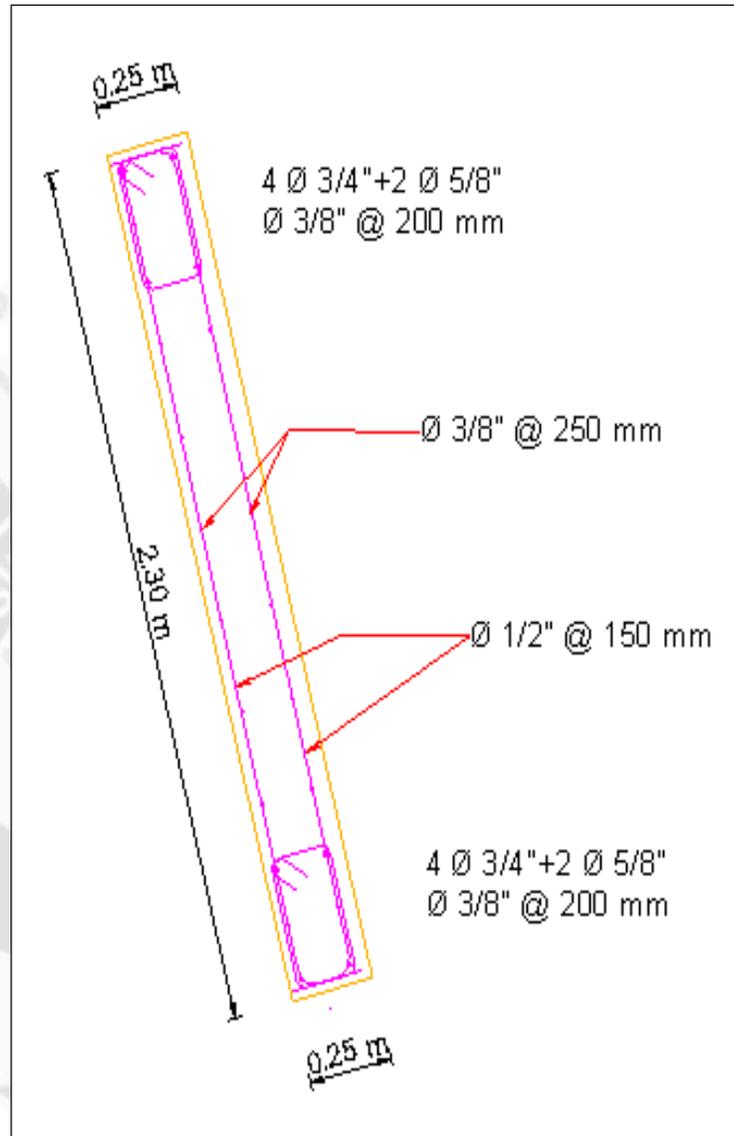


Figura 48 - Diseño: Sección de Placa diseñada realizado en Revit Structure

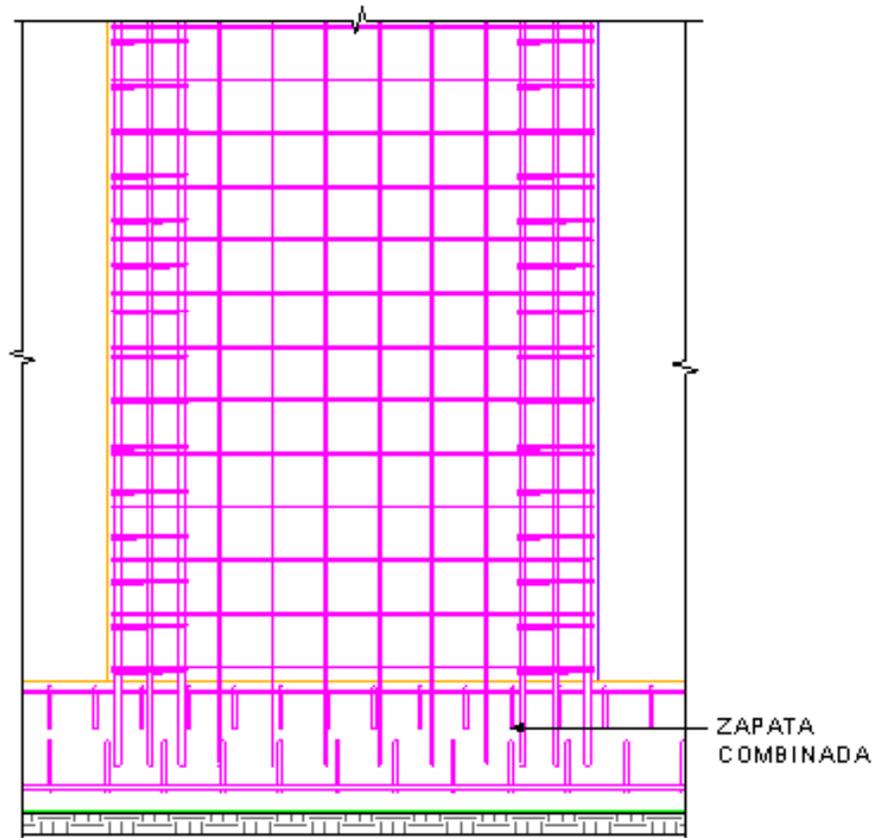


Figura 49 - Diseño: Detalle de Placa diseñada realizada en Revit Structure



Figura 50 - Diseño: 3D de Placa diseñada realizada en Revit Structure

## 6.5. DISEÑO DE CIMENTACIONES

Las cimentaciones absorben las cargas de los elementos verticales y las transmiten al terreno. El diseño debe buscar no sobrepasar los límites de resistencia en el suelo.

Uno de los parámetros más importantes para el diseño de cimentaciones es la presión admisible en el suelo, el cual proviene del estudio de mecánica de suelos EMS. Para el proyecto el EMS (capítulo 3) especifica una presión admisible de 1.928 kg/cm<sup>2</sup> y un peso específico de 1,460 kg/m<sup>3</sup>.

Existen diferentes tipos de cimentaciones, entre las más usadas para edificios convencionales en nuestro país tenemos: zapatas aisladas, zapatas combinadas y zapatas conectadas.

Para el edificio en análisis se consideraron diferentes tipos de cimentaciones como: zapatas aisladas, zapatas conectadas, zapatas combinadas y cimientos de muros de sótano.

### 6.5.1. DISEÑO DE ZAPATA AISLADA

Se toma como ejemplo el diseño de la zapata de la columna C2 (40x40cm), que se encuentra en la intersección de los ejes 2 y B.

A continuación se muestran las cargas aplicadas a la columna.

Cargas	P (tn)	M xx (tn)	M yy (tn)
Muerta	79.68	0.20	0.18
Viva	14.16	0.00	0.01
Sismo X	4.89	0.31	0.28
Sismo Y	2.42	0.16	0.49
Servicio	93.83	0.20	0.19
Servicio + Sismo X	98.73	0.51	0.47
Servicio + Sismo Y	96.25	0.36	0.68

Tabla 20 - Valores de Carga en Zapata Aislada extraídos de ETABS 2015

### 6.5.1.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA

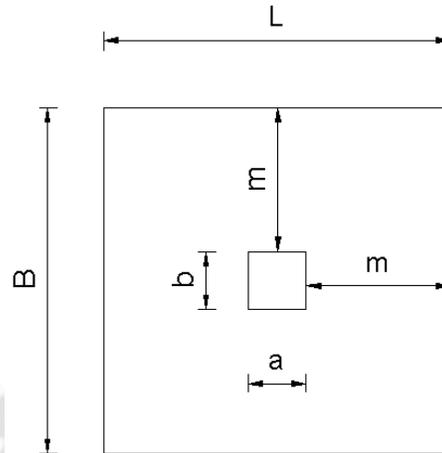
Las zapatas se diseñaran para que transmitan al terreno una presión menor que la admisible. Para el cálculo de la presión ejercida sobre el terreno se trabaja con las cargas de gravedad y las cargas de sismo, ambas en servicio.

El área necesaria para la zapata (A) se obtiene estimando su peso propio como el 10% de las cargas en servicio (CM+CV) entre la capacidad portante del suelo ( $\sigma$ ) por tanto se tiene:

$$A_{necesaria} = \frac{1.10 \times (P_{CM} + P_{CV})}{\sigma}$$

$$A_{necesaria} = \frac{1.10 \times (79.68 + 14.16)}{19.28} = 5.60 \text{ m}^2$$

Con esta área se puede calcular las dimensiones de la zapata, si se asume volados “m” iguales a partir de los lados de la columna, entonces se tendrá una sección, que será:



$$B = 2m + b, \quad \text{donde } b = 0.40 \text{ m}$$

$$L = 2m + a, \quad \text{donde } a = 0.40 \text{ m}$$

Sabiendo que  $B \times L = 5.64 \text{ cm}^2$ , entonces el valor de “m” es 1 m, las dimensiones de nuestra zapata serán:  $B = 2.40 \text{ m}$  y  $L = 2.40 \text{ m}$ , con un área colocada de  $5.76 \text{ cm}^2$ , a continuación se verificarán los esfuerzos:

### Verificación por cargas de gravedad

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{6M_x}{BL^2} + \frac{6M_y}{B^2L} \leq \sigma_{adm} = 19.28 \text{ tn/m}^2$$

Tenemos lo siguiente:

$$\sigma_x = \frac{1.10 \times 93.84}{5.76} + \frac{6 \times 0.20}{2.40 \times 2.40^2} + \frac{6 \times 0}{2.40^2 \times 2.40} = 18 \text{ tn/m}^2 \leq 19.28 \text{ tn/m}^2$$

$$\sigma_y = \frac{1.10 \times 93.84}{5.76} + \frac{6 \times 0}{2.40 \times 2.40^2} + \frac{6 \times 0.19}{2.40^2 \times 2.40} = 18 \text{ tn/m}^2 \leq 19.28 \text{ tn/m}^2$$

### Verificación por cargas de sismo

La norma E.060, permite un incremento del 30% de la presión admisible en caso de verificar presiones incluyendo cargas de sismo, este por ser cargas temporales.

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{6(M_x + M_{sx})}{BL^2} + \frac{6(M_y + M_{sy})}{B^2L} \leq \sigma_{adm} \times 1.30 = 25 \text{ tn/m}^2$$

$$\sigma_x = \frac{1.10 \times 98.73}{5.76} + \frac{6(0.51)}{2.40 \times 2.40^2} + \frac{6(0.36)}{2.40^2 \times 2.40} = 19.23 \text{ tn/m}^2 \leq 25 \text{ tn/m}^2$$

$$\sigma_y = \frac{1.10 \times 96.25}{5.76} + \frac{6(0.47)}{2.40 \times 2.40^2} + \frac{6(0.68)}{2.40^2 \times 2.40} = 18.88 \text{ tn/m}^2 \leq 25 \text{ tn/m}^2$$

#### 6.5.1.2. DETERMINACION DE LA REACCION AMPLIFICADA DEL SUELO

La presión última del suelo se hará utilizando el máximo esfuerzo obtenido de la verificación por cargas de gravedad, amplificándolas por 1.60 y por cargas de sismo, amplificándolas por 1.25.

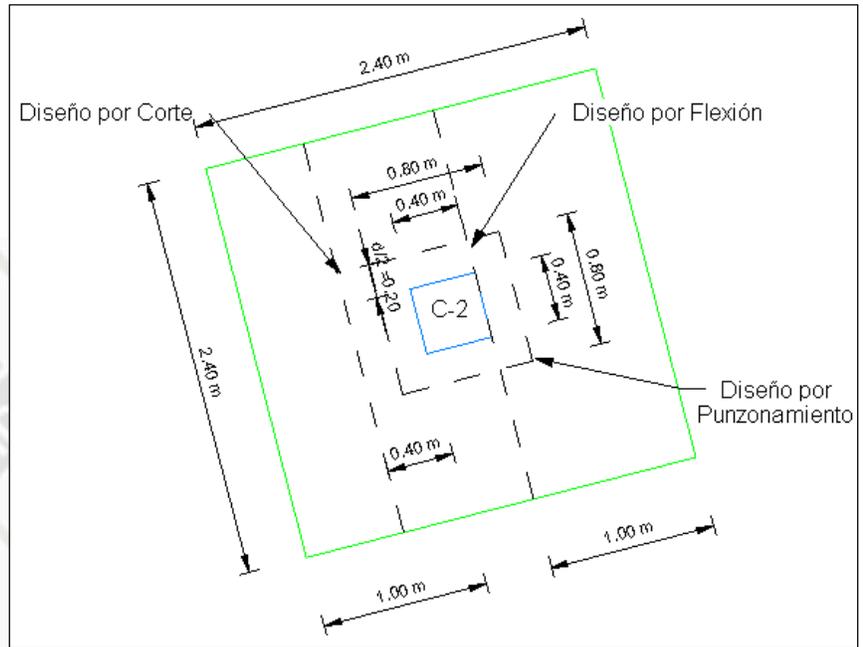
$$\sigma_{max_{gravedad}} = 18.00 \rightarrow \sigma_{u_{gravedad}} = 18.00 \times 1.60 = 28.80 \text{ tn/m}^2$$

$$\sigma_{max_{sismo}} = 19.23 \rightarrow \sigma_{u_{sismo}} = 19.23 \times 1.25 = 24.04 \text{ tn/m}^2$$

El esfuerzo máximo tomaremos el valor de  $\sigma_u = 28.80 \text{ tn/m}^2$ .

El acero que tiene la columna C2 es  $\Phi \frac{3}{4}$ " cuya Ldg sea adecuada, se utilizó la altura de zapata de (h) de 0.60m, es decir se tiene un peralte efectivo (d) de 0.50m; en la siguiente figura se muestra las secciones de diseño para el

análisis por punzonamiento, fuerza cortante y flexión de la zapata.



### 6.5.1.3. DISEÑO POR PUNZONAMIENTO

Se analiza el corte en las dos direcciones a la vez, encontrándose las cortantes en la sección crítica ubicada a  $d/2$  de la cara de la columna. La zapata actúa como una losa en dos direcciones y el diseño se basa en las disposiciones de la norma E.060, donde menciona que la resistencia del concreto  $V_c$  debe ser el menor valor entre las siguientes expresiones:

$$i) V_c = 0.53 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

Donde:

$b_o$  = perímetro de la sección crítica para cortante en losas y zapatas.

$\beta$  = relación del lado largo al lado corto de la sección de la columna.

$$ii) Vc = 0.27 \left( \frac{\alpha_s \times d}{bo} + 2 \right) \sqrt{f'c} \times bo \times d$$

Donde:

$\alpha_s$  = es 40 para columnas interiores, 30 para columnas de borde y 20 para columnas en esquina.

$$iii) Vc = 1.06 \sqrt{f'c} \times bo \times d$$

### Calculo de la cortante última Vu

Tenemos a d/2 de la cara de la columna

$$bo = 2[(a + d) + (b + d)] = 2[(0.40 + 0.50) + (0.40 + 0.50)] = 3.60 \text{ m}$$

$$Ao = [(a + d) \times (b + d)] = [(0.40 + 0.50) \times (0.40 + 0.50)] = 0.81 \text{ m}$$

$$A' = Azap - Ao = 5.76 - 0.81 = 4.95 \text{ m}^2$$

$$Vu = \sigma u (Azap - Ao) = 28.80(4.95) = 142.56 \text{ tn}$$

### Calculo de la resistencia del concreto $\Phi Vc$

$$i) Vc = 0.53 \left( 1 + \frac{2}{0.40/0.40} \right) \sqrt{210} \times 360 \times 50 = 414.74 \text{ Tn}$$

$$ii) Vc = 0.27 \left( \frac{40 \times 50}{360} + 2 \right) \sqrt{210} \times 360 \times 50 = 532.12 \text{ Tn}$$

$$iii) Vc = 1.06 \sqrt{210} \times 360 \times 50 = 276.50 \text{ Tn}$$

La resistencia del concreto Vc debe ser el menor valor de las expresiones anteriores:

$$\phi V_c = 0.85 \times 276.50 = 235.03 \text{ Tn}$$

Por lo tanto se cumple:  $V_u = 142.56 \text{ Tn} < 235.03 \text{ Tn}$

#### 6.5.1.4. DISEÑO POR CORTANTE

Con el peralte hallado anteriormente se verifica las cortantes a  $d$  de la cara de la columna o placa tomándose a la zapata como una viga, calcularemos en un solo sentido porque la zapata es simétrica dándonos los mismos valores, tenemos:

$$V_{u_{x-y}} = \sigma_u \times B(m - d) = 28.80 \times 2.40(1 - 0.50) = 34.56 \text{ Tn}$$

Si

$$\phi V_{c_{x-y}} = \phi \times 0.53\sqrt{f'_c} \times B \times d$$

$$\phi V_{c_{x-y}} = 0.85 \times 0.53\sqrt{210} \times 240 \times 50 = 78.34 \text{ Tn}$$

Por lo tanto se verifica que la cortante última en ambas direcciones no sobrepase la resistencia del concreto:  $V_u < \phi V_c$

#### 6.5.1.5. DISEÑO POR FLEXION

Con el diseño por flexión, hallaremos el área acero de refuerzo que necesita la zapata para soportar el momento de diseño de la sección crítica ubicada en la cara de los elementos verticales, las fórmulas utilizadas son las mismas que para el diseño de vigas.

$$M_{ux} = \sigma_u \frac{m_x^2 \times B}{2}, \quad M_{uy} = \sigma_u \frac{m_y^2 \times L}{2}$$

$$M_{ux} = \sigma_u \frac{m_x^2 \times B}{2} = 28.80 \times \frac{1^2 \times 2.40}{2} = 34.56 \text{ tn.m}$$

$$M_{uy} = \sigma_u \frac{m_y^2 \times B}{2} = 28.80 \times \frac{1^2 \times 2.40}{2} = 34.56 \text{ tn.m}$$

	Dirección X-X	Dirección Y-Y
<b>b (cm)</b>	100	100
<b>h (cm)</b>	60	60
<b>Mu (tn.m)</b>	34.56	34.56
<b>Ku = Mu/bd<sup>2</sup></b>	13.82	13.82
<b><math>\rho</math></b>	0.0038	0.0038
<b>As calculado = <math>\rho b d</math> (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>19.15</b>	<b>19.15</b>
<b>As min = 0.0018bh (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>10.8</b>	<b>10.8</b>

Las zapatas deberán cumplir con una cuantía mínima, en la tabla anterior podemos observar que cumplimos con los mínimos requeridos.

Considerando para ambas direcciones  $\Phi 3/4"$ , tenemos la siguiente separación:

$$s = \frac{2.85}{19.15} = 20 \text{ cm}$$

Por lo tanto se colocara malla inferior de  $\Phi 3/4"$  @ 20 cm.

#### 6.5.1.6. GRAFICO DE ZAPATA AISLADA

En los siguientes gráficos se muestra la distribución final de la zapata aislada en sus diferentes perspectivas.

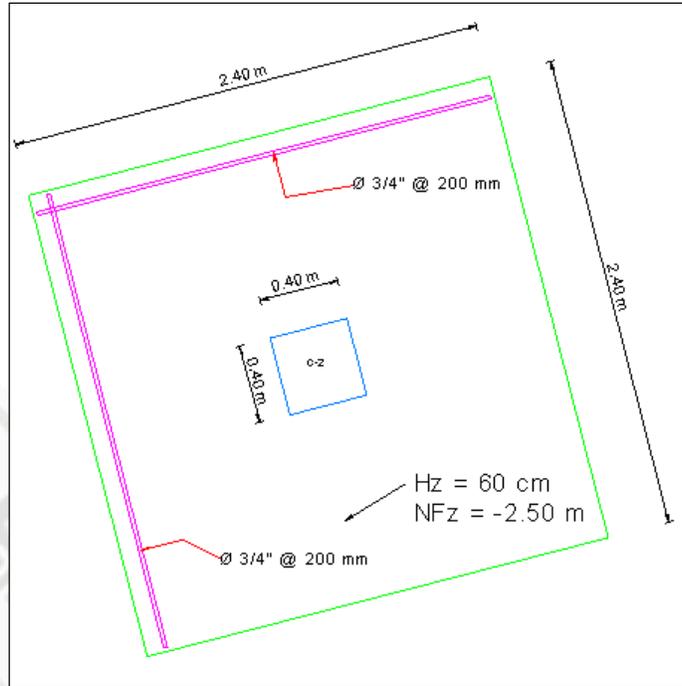


Figura 51 - Diseño: Zapata Aislada realizado en Revit Structure

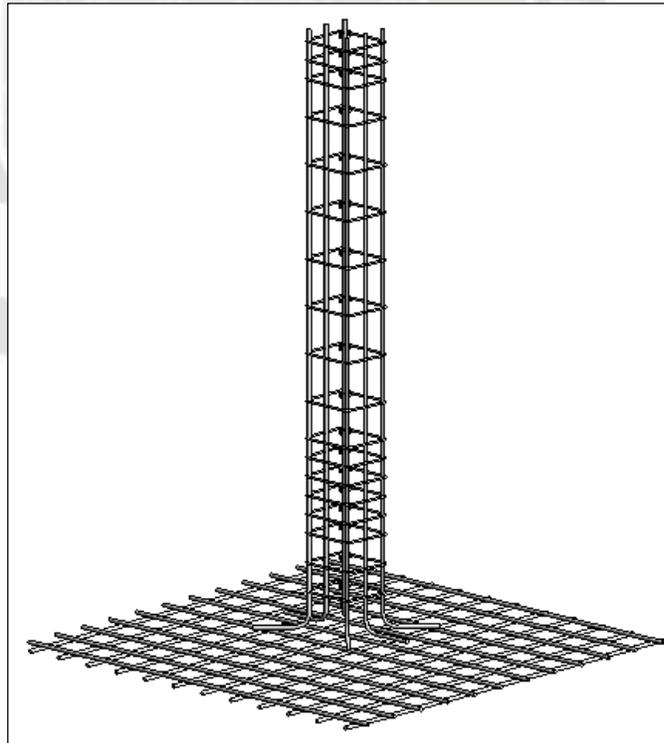


Figura 52 - 3D Zapata Aislada realizado en Revit Structure

## 6.5.2. DISEÑO DE ZAPATA COMBINADA

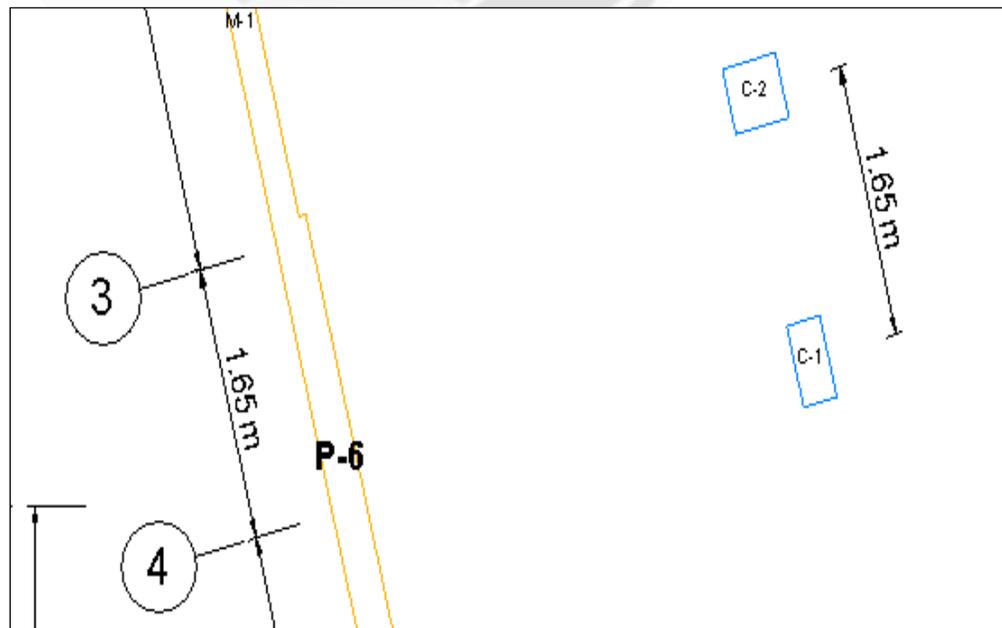
Consiste en 2 o más elementos, ya sean columnas y/o placas que compartan la misma zapata. Generalmente tienen su origen en alguna de las siguientes razones:

- Quando dos columnas se encuentran muy próximas por lo que se superponen sus zapatas.
- Para controlar los momentos en una columna en el límite de propiedad.

A continuación se muestra el diseño de la zapata combinada del eje 3 y eje 3' para lo cual se siguió la metodología de diseño expuesta en el libro Diseño de Estructuras de Concreto Armado del Ing. Teodoro Harmsen.

### 6.5.2.1. DIMENSIONAMIENTO DE ZAPATA COMBINADA

Se toma como ejemplo el diseño zapata combinada de las columnas C1 (25x50cm) y C2 (40x40cm), que se encuentra entre los ejes 3 y 4.



A continuación se muestran las cargas aplicadas a las columnas.

Carga	C2 (40x40)			C1 (25x50)		
	P (ton)	Mx-x (ton.m)	My-y (ton.m)	P (ton)	Mx-x (ton.m)	My-y (ton.m)
CM	59.328	-0.556	-0.232	38.360	0.162	0.168
CV	12.229	-0.093	-0.031	8.361	0.046	0.033
Sismo en X-X	3.288	0.142	0.580	0.452	0.211	0.361
Sismo en Y-Y	0.407	0.440	0.086	4.149	0.395	0.073
Servicio (CM+CV)	71.557	-0.649	-0.263	46.721	0.208	0.201
Servicio +Sismo X	74.845	-0.507	0.317	47.173	0.418	0.562
Servicio +Sismo Y	71.964	-0.209	-0.177	50.871	0.602	0.274

Tabla 21 - Valores de Carga en Zapata Combinada extraídos de ETABS 2015

Como calcularemos zapatas para cada una de las columnas, para comprobar que es necesario utilizar zapata combinada, realizaremos con la misma fórmula de zapatas aisladas.

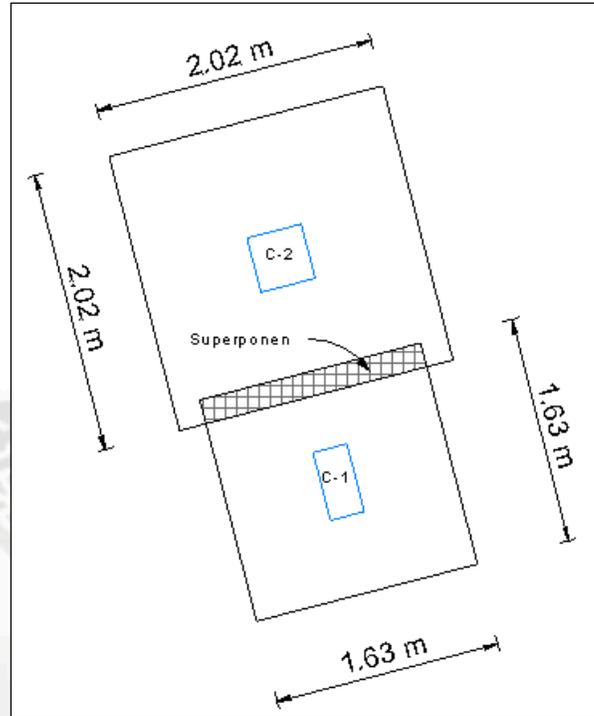
$$A_{necesaria} = \frac{1.10 \times (P_{CM} + P_{CV})}{\sigma}$$

$$AC2_{necesaria} = \frac{1.10 \times (59.33 + 12.23)}{19.28} = 4.08 \text{ m}^2$$

$$AC1_{necesaria} = \frac{1.10 \times (79.68 + 14.16)}{19.28} = 2.67 \text{ m}^2$$

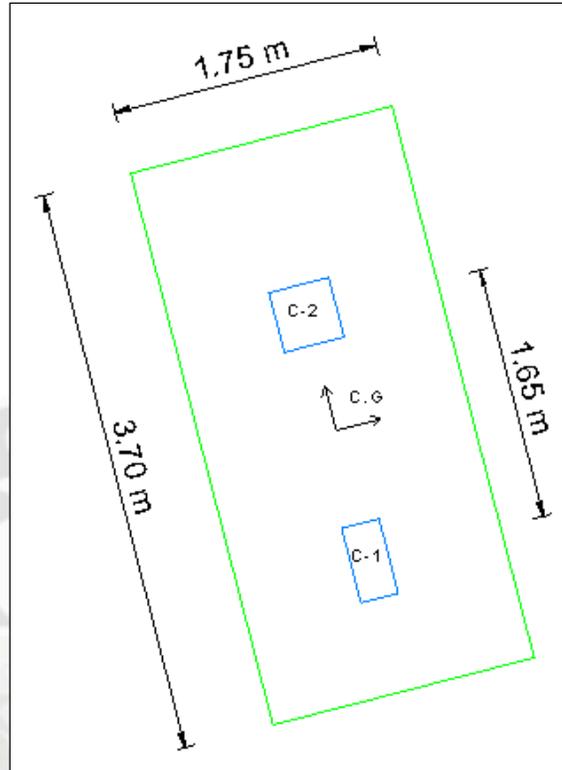
Diseñando zapatas cuadradas tenemos:

	A (m2)	b (m)	h(m)
<b>C2</b>	4.08	2.02	2.02
<b>C1</b>	2.67	1.63	1.63



Por lo tanto se elige una zapata combinada.

Para el diseño de la zapata combinada consideraremos las siguientes dimensiones preliminares,  $h = 60\text{cm}$ .



Tenemos los siguientes datos de la zapata:

- Área de la zapata = 6.48 m<sup>2</sup>.
- Inercia en X-X = 1.65 m<sup>4</sup>
- Inercia en Y-Y = 7.39 m<sup>4</sup>

Primero se trasladará todas las cargas al C.G. de la zapata. Considerando la ubicación del origen de coordenadas como se mostró en la figura anterior, se tienen las siguientes coordenadas para el C.G. de cada elemento.

Elemento	X <sub>cg</sub> (m)	Y <sub>cg</sub> (m)
C2	0	0.675
C1	0	-0.975

A continuación se muestra los momentos de traslación y los momentos totales finales, reducidos al centro de gravedad de la zapata.

Caso	Elemento	P (ton)	Mx-x (ton.m)	My-y (ton.m)	Mx-x trasl. (ton.m)	My-y trasl. (ton.m)	Mx-x total (ton.m)	My-y total (ton.m)
A Cargas de Servicio	C2	71.557	-0.649	-0.263	0.000	48.301	-0.649	48.038
	C1	46.721	0.208	0.201	0.000	-45.553	0.208	-45.352
B Servicio + Sismo X	C2	74.845	-0.507	0.317	0.000	50.520	-0.507	50.837
	C1	47.173	0.418	0.562	0.000	-45.994	0.418	-45.432
C Servicio - Sismo X	C2	68.269	-0.791	-0.843	0.000	46.081	-0.791	45.239
	C1	46.270	-0.003	-0.160	0.000	-45.113	-0.003	-45.273
D Servicio + Sismo Y	C2	71.964	-0.209	-0.177	0.000	48.576	-0.209	48.399
	C1	50.871	0.602	0.274	0.000	-49.599	0.602	-49.325
E Servicio - Sismo Y	C2	71.150	-1.089	-0.349	0.000	48.026	-1.089	47.677
	C1	42.572	-0.187	0.128	0.000	-41.508	-0.187	-41.380

Tabla 22 - Momentos totales reducidos al centro de gravedad de la zapata

Se muestra una tabla resumen que muestra la reacción de suelo R y los momentos totales, para cada caso de carga. Además se calcula el esfuerzo máximo en la esquina con coordenadas (-0.875,1.85), la cual será la más crítica, mediante la siguiente formula:

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M_{X-X}X}{I_{X-X}} \pm \frac{M_{Y-Y}Y}{I_{Y-Y}}$$

Caso	P (ton)	Mx-x (ton.m)	My-y (ton.m)	PIA (ton/m2)	Mx-x X/lx-x (ton/m2)	My-y Y/ly-y (ton/m2)	σmax	σmin	σadm
A	118.278	-0.441	2.686	18.267	0.234	0.672	19.173	17.361	19.28
B	122.018	-0.089	5.405	18.844	0.047	1.353	20.244	17.444	25.06
C	114.539	-0.794	-0.034	17.689	0.420	-0.008	18.101	17.277	25.06
D	122.835	0.393	-0.926	18.971	-0.208	-0.232	18.530	19.411	25.06
E	113.722	-1.276	6.297	17.563	0.676	1.577	19.815	15.311	25.06

Se observa en la tabla anterior que los esfuerzos no exceden la presión admisible, para estimar la reacción amplificada del suelo se tomará el mayor esfuerzo 20.24 ton/m<sup>2</sup>.

$$\sigma_u = 1.25 \times 20.24 = 25.30 \text{ ton/m}^2$$

### 6.5.2.2. DISEÑO POR PUNZONAMIENTO

De igual manera como se realizó la verificación por punzonamiento para zapatas aisladas se aplica para zapatas combinadas. Se considerará las secciones críticas para cada elemento.

#### Calculo de la cortante última $V_u$

Para la columna C2 (40x40) y para la columna C1 (25x50), tenemos una altura de  $h = 60\text{cm}$ , con un peralte de  $d = 50\text{cm}$  y a  $d/2$  de la cara de la columna, tenemos lo siguiente:

Elemento	$b_o$ (m)	$A_o$ (m <sup>2</sup> )
C2	3.60	0.81
C1	3.50	0.75
<b>Total</b>	<b>7.100</b>	<b>1.560</b>

Calculando la resistencia requerida  $V_u$  tenemos:

$$V_u = \sigma_u \times (A_z - A_o) = 25.30 \times (6.48 - 1.56) = 124.38 \text{ tn}$$

#### Calculo de la resistencia del concreto $\Phi V_c$

$$i) V_c = 0.53 \left( 1 + \frac{2}{175 \times 370} \right) \sqrt{210} \times 710 \times 50 = 272.66 \text{ Tn}$$

$$ii) V_c = 0.27 \left( \frac{40 \times 50}{710} + 2 \right) \sqrt{210} \times 710 \times 50 = 669.07 \text{ Tn}$$

$$iii) V_c = 1.06 \sqrt{210} \times 710 \times 50 = 545.31 \text{ Tn}$$

La resistencia del concreto  $V_c$  debe ser el menor valor de las expresiones anteriores:

$$\phi V_c = 0.85 \times 272.66 = 231.76 \text{ Tn}$$

Por lo tanto se cumple:  $V_u = 124.38 \text{ Tn} < 231.76 \text{ Tn}$

### 6.5.2.3. DISEÑO POR CORTANTE

Con el peralte hallado anteriormente se verifica las cortantes a  $d$  de la cara de las columnas a la zapata como una viga.

Para el sentido de la longitud  $L_y = 3.70 \text{ m}$

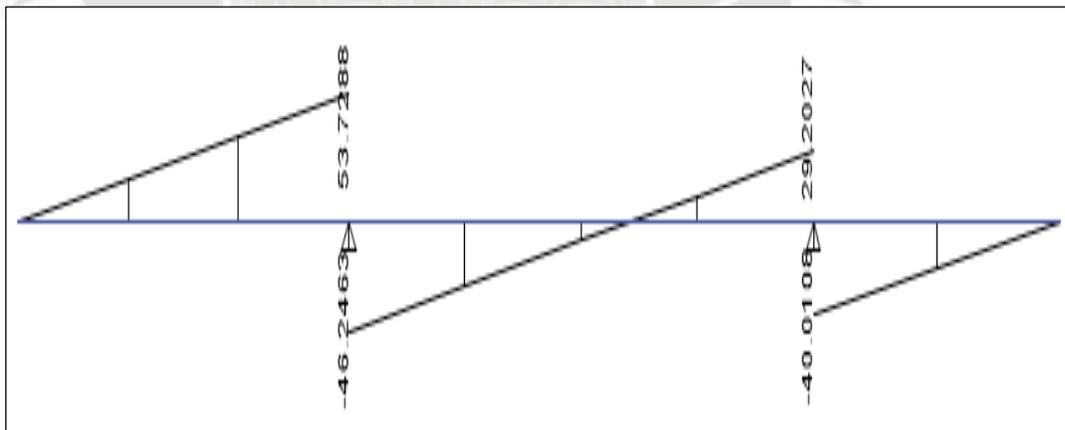


Figura 53 - Diagrama de Cortantes de Zapata Combinada Y-Y

Tenemos:

$$V_{max_{columna\ c2}} = 21.72 \text{ tn}$$

$$V_{max_{columna\ c1}} = 5.71 \text{ tn}$$

Para el sentido de la longitud  $L_x = 1.75 \text{ m}$

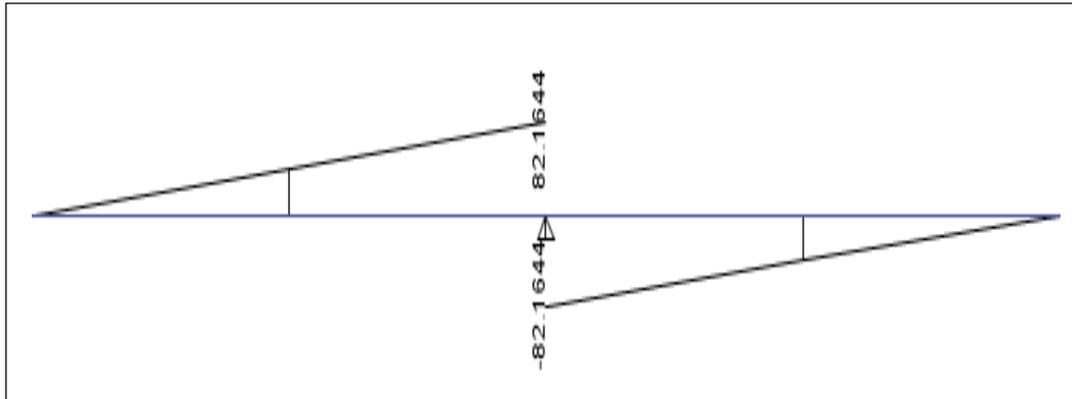


Figura 54 - Diagrama de Cortantes de Zapata Combinada X-X

Tenemos:

$$V_{max_{columna\ c2}} = 16.43 \text{ tn}$$

$$V_{max_{columna\ c1}} = 11.74 \text{ tn}$$

Entonces

$$\phi V_{c2\ y\ c1} = \phi \times 0.53\sqrt{f'c} \times B \times d = 0.85 \times 0.53\sqrt{210} \times 175 \times 50 = 57.12 \text{ tn}$$

$$\phi V_{c2\ y\ c1} = \phi \times 0.53\sqrt{f'c} \times B \times d = 0.85 \times 0.53\sqrt{210} \times 370 \times 50 = 120.77 \text{ tn}$$

Por lo tanto se verifica que la cortante última en ambas direcciones no sobrepase la resistencia del concreto:  $V_u < \phi V_c$

#### 6.5.2.4. DISEÑO POR FLEXION

Con el diseño por flexión, hallaremos el área acero de refuerzo que necesita la zapata para soportar el momento de diseño de la sección crítica ubicada en la cara de los elementos verticales, las fórmulas utilizadas son las mismas que para el diseño de vigas.

Longitud  $L_y = 3.70$  m

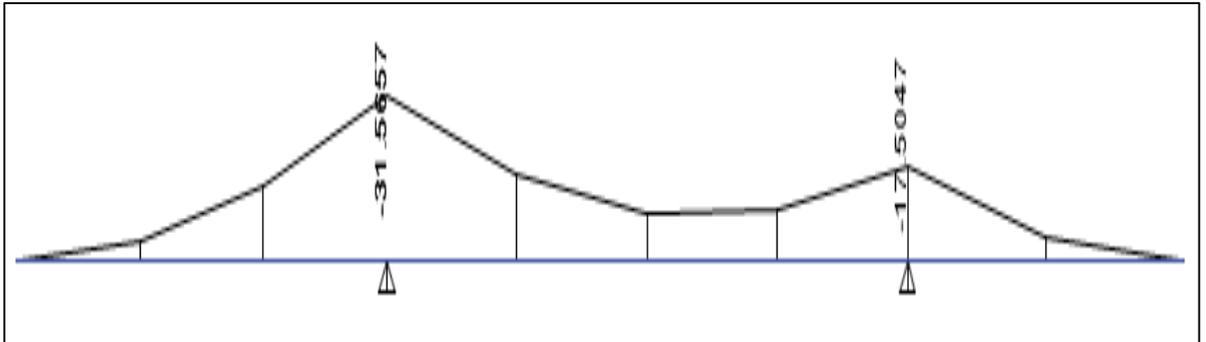


Figura 55 - Diagrama de Momentos de Zapata Combinada Y-Y

De la figura podemos observar que el mayor momento generado es de  $M_u = 31.57$  *tn.m*

Longitud  $L_x = 1.75$  m

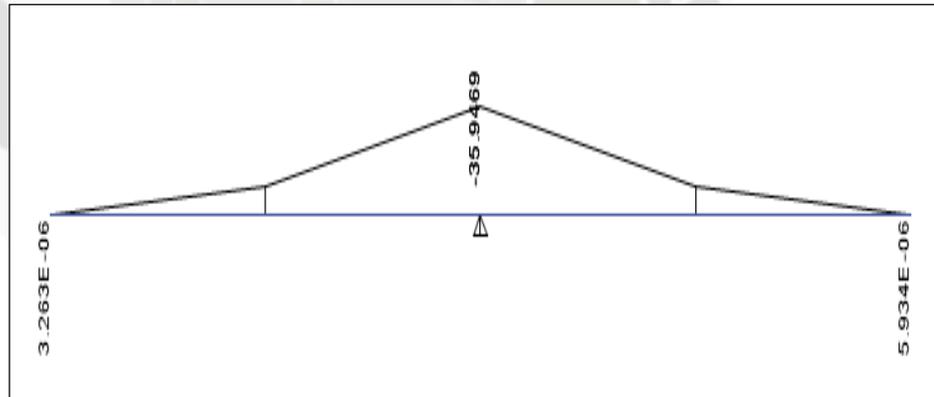


Figura 56 - Diagrama de Momentos de Zapata Combinada X-X

De la figura podemos observar que el mayor momento generado es de  $M_u = 35.95$  *tn.m*

Entonces calculamos el área de acero requerido para estos momentos calculados.

	Lx = 1.75 m	Ly = 3.70 m
<b>b (cm)</b>	100	100
<b>h (cm)</b>	60	60
<b>Mu (tn.m)</b>	35.95	31.57
<b>Ku = Mu/bd<sup>2</sup></b>	14.38	12.63
<b><math>\rho</math></b>	0.0040	0.0035
<b>As calculado = <math>\rho b d</math> (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>19.96</b>	<b>17.42</b>
<b>As min = 0.0018bh (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>10.8</b>	<b>10.8</b>

Tomando el área de acero 19.96 cm<sup>2</sup> para ambas direcciones, consideramos  $\Phi 3/4"$ , tenemos la siguiente separación:

$$s = \frac{2.85}{19.96} = 20 \text{ cm}$$

Por lo tanto se colocara malla inferior de  $\Phi 3/4"$  @ 20 cm para ambos sentidos.

Para la parte superior colocaremos  $A_{smin} = 10.80 \text{ cm}^2$ , considerando malla  $\Phi 1/2"$  con un espaciamiento de 25 cm.

Por lo tanto se colocara malla  $\Phi 3/4"$  @ 20 cm en la parte inferior y malla  $\Phi 1/2"$  @ 25 cm en la parte superior.

#### 6.5.2.5. GRAFICO DE ZAPATA COMBINADA

En los siguientes gráficos se muestra la distribución final de la zapata combinada en sus diferentes perspectivas.

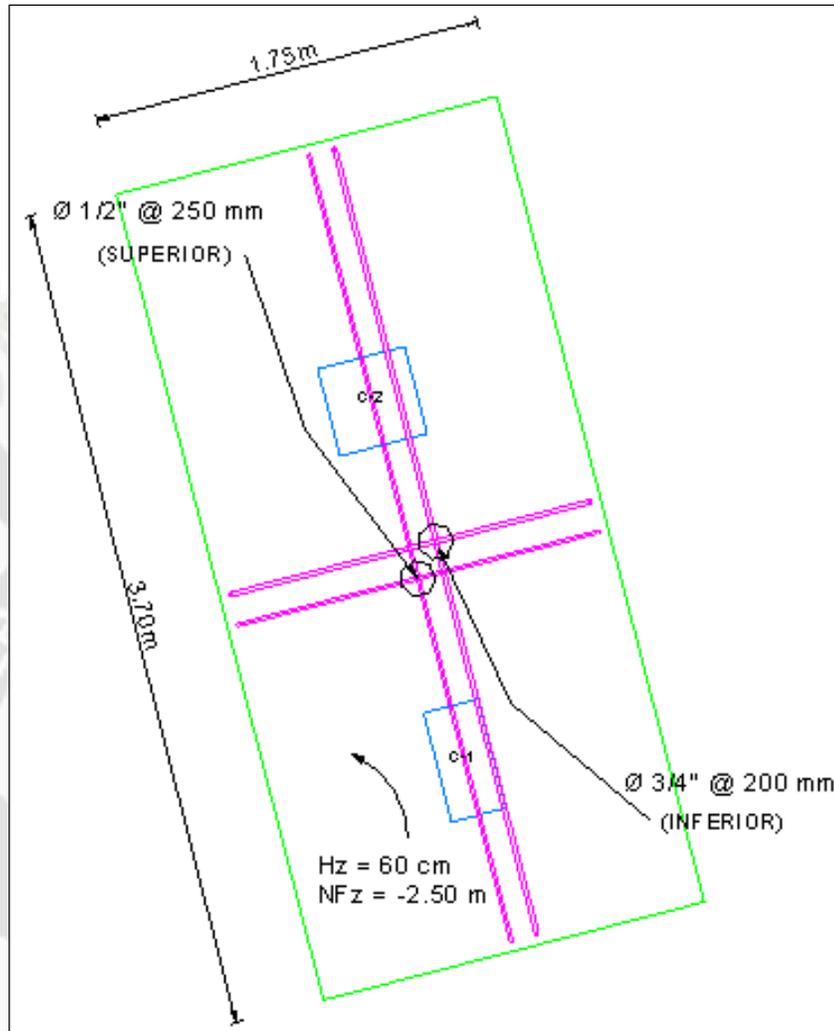


Figura 57 - Diseño: Zapata Combinada realizado en Revit Structure

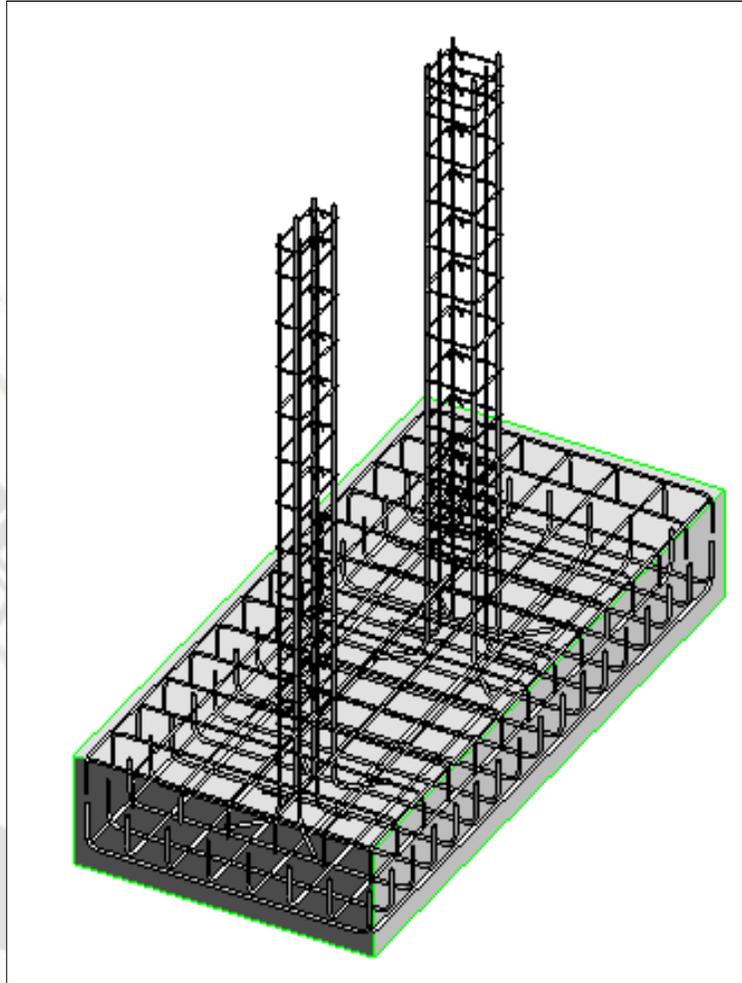


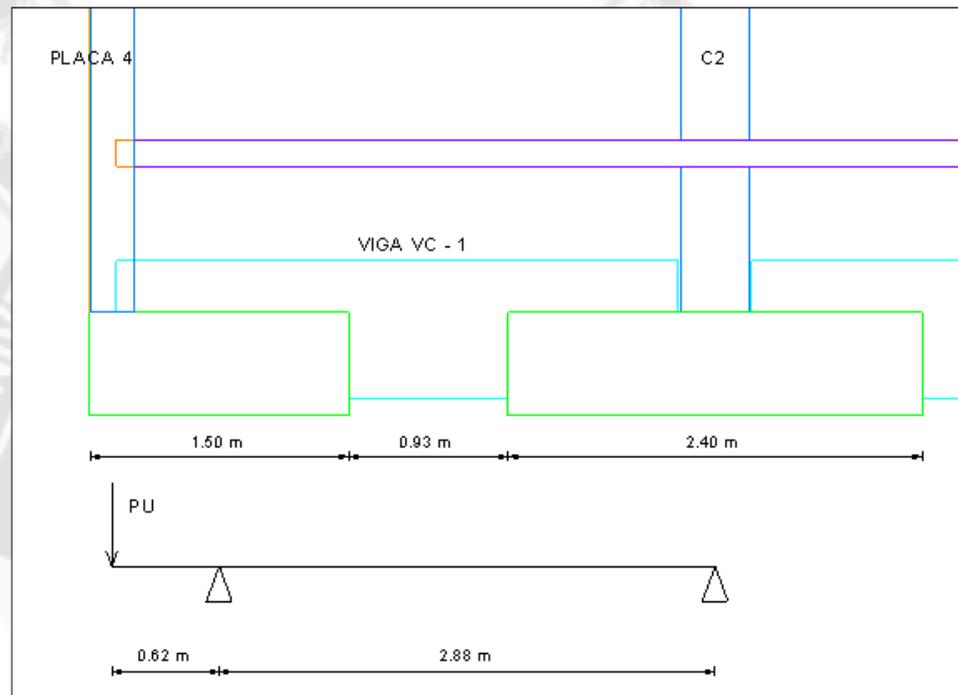
Figura 58 - 3D Zapata Combinada realizado en Revit Structure

### 6.5.3. DISEÑO DE ZAPATA CONECTADA

Este sistema consiste en 2 zapatas aisladas, una de ellas excéntrica que por lo general está en el límite de propiedad, esta excentricidad genera presiones máximas muy elevadas que en la mayoría de los casos, no podrían ser resistidos por el suelo. Para eliminar el efecto de excentricidad, se conecta la zapata exterior con una zapata interior, la cual sirve de contrapeso, por medio de vigas de cimentación. Estas vigas absorberán los momentos generados por la excentricidad.

Como ejemplo se diseñara la viga de cimentación **VC1** que se ubica en el eje 2 y que conecta un extremo de la placa PL-03 y la columna interior C2.

### 6.5.3.1. VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES DE LAS ZAPATAS CONECTADAS



La excentricidad de la carga se calcula tomando el ancho total de la zapata excéntrica en la dirección de la viga dividida entre 2 y se le resta el espesor de la placa.

$$e = \frac{1.50}{2} - \frac{0.25}{2} = 0.63 \text{ m}$$

Tabla de cargas de diseño:

Cargas	Col 2		Placa 4	
	P (tn)	M (tn.m)	P (tn)	M (tn.m)
cm	79.676	0.200	50.606	3.468
cv	14.159	0.003	6.963	0.221
cs	4.892	0.309	75.154	53.960
(cm+cv)	93.834	0.203	57.568	3.689
(cm+cv+cs)	98.726	0.512	132.722	57.649

### Verificación por cargas de gravedad

Tomando momentos en el apoyo de la columna C2, tenemos:

$$R_{placa} \times 2.88 + 0.203 + 3.689 = 57.568 \times (2.88 + 0.63)$$

$$R_{placa} = 68.71 \text{ tn}$$

Aplicando  $\Sigma$  fuerzas verticales, tenemos:

$$R_{placa} + R_{col} = 93.834 + 57.568$$

$$R_{col} = 82.70 \text{ tn}$$

Finalmente:

$$\sigma_{col} = \frac{R_{col}}{A_{col}} = \frac{82.70}{(2.40 \times 2.40)} = 14.36 < \sigma_{adm} = 19.28 \text{ tn/m}^2$$

$$\sigma_{placa} = \frac{R_{placa}}{A_{placa}} = \frac{68.71}{(1.50 \times 4.56)} = 10.05 < \sigma_{adm} = 19.28 \text{ tn/m}^2$$

### Verificación por cargas de sismo

Tomando momentos en el apoyo de la columna C2, tenemos:

$$R_{placa} \times 2.88 + 0.512 + 57.649 = 132.72 \times (2.88 + 0.63)$$

$$R_{placa} = 141.33 \text{ tn}$$

Aplicando  $\Sigma$  fuerzas verticales, tenemos:

$$R_{placa} + R_{col} = 98.726 + 132.722$$

$$R_{col} = 90.12 \text{ tn}$$

Finalmente:

$$\sigma_{col} = \frac{R_{col}}{A_{col}} = \frac{90.12}{(2.40 \times 2.40)} = 15.65 < \sigma_{adm} = 25.06 \text{ tn/m}^2$$

$$\sigma_{placa} = \frac{R_{placa}}{A_{placa}} = \frac{141.33}{(1.50 \times 4.56)} = 20.66 < \sigma_{adm} = 25.06 \text{ tn/m}^2$$

#### 6.5.3.2. DISEÑO DE LA VIGA DE CIMENTACIÓN

A continuación se muestra el diagrama de momento flector y cortante para la combinación última de la carga de la placa.

$$P_u = 1.4c_m + 1.7c_v = 1.4 \times 50.61 + 1.7 \times 6.96 = 82.68 \text{ tn}$$

### DMF

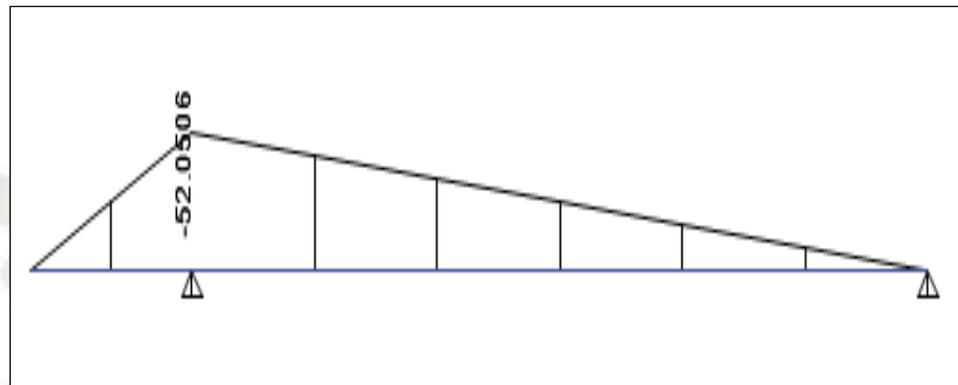


Figura 59 - Diagrama de Momentos de Viga de Cimentación

### DFC

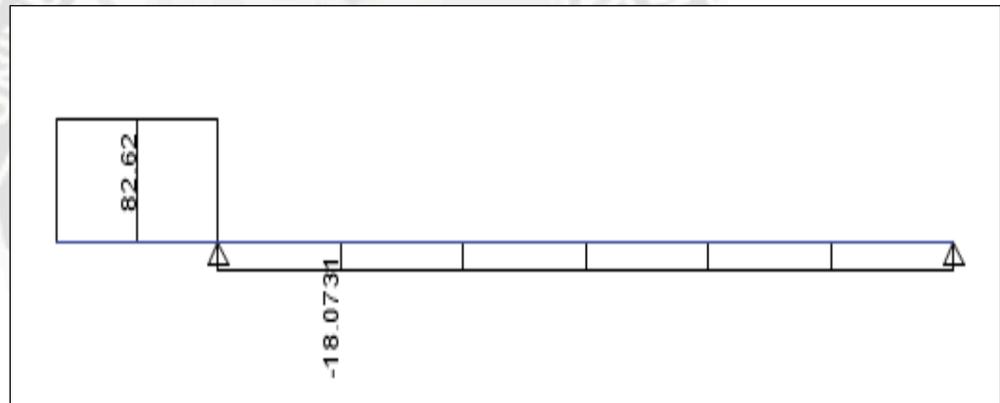


Figura 60 - Diagrama de Cortantes de Viga de Cimentación

### Dimensionamiento de la viga de cimentación

Para el pre dimensionamiento de la viga se asume la siguiente regla práctica, que luego será verificada con el requerimiento de acero:

Tenemos:  $h = L/7$ , donde L es la luz libre entre apoyos de la viga de cimentación.

$$h = \frac{L}{7} = \frac{2.88}{7} = 0.41m$$

$$h = 0.90 m \text{ y } b = 0.30 m$$

### 6.5.3.3. DISEÑO POR FLEXIÓN

	VC01
b (cm)	30
h (cm)	90
Mu (tn.m)	52
As calculado	18.96
Refuerzo Escogido	4Φ3/4"+2Φ1"

Por lo tanto se elige 4Φ3/4" corrido + 2Φ1" bastones y como se trata de una viga con peralte grande colocaremos acero distribuido a lo largo del alma de la viga. Para este caso se colocaron: 2ø3/8" @30cm a lo largo del alma.

### 6.5.3.4. DISEÑO POR CORTANTE

Tenemos  $Vu_{max} = 18 \text{ tn}$  (en el tramo de la viga).

El aporte del concreto  $Vc$ , para elementos sometidos a cortante y flexión, viene dado por:

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

$$Vc = 0.53\sqrt{210} \times 30 \times 80 = 18.43 \text{ tn} > Vu$$

Finalmente se utilizara estribos 3/8" @ 25 cm.

### 6.5.3.5. GRÁFICO DE LA VIGA DE CIMENTACIÓN

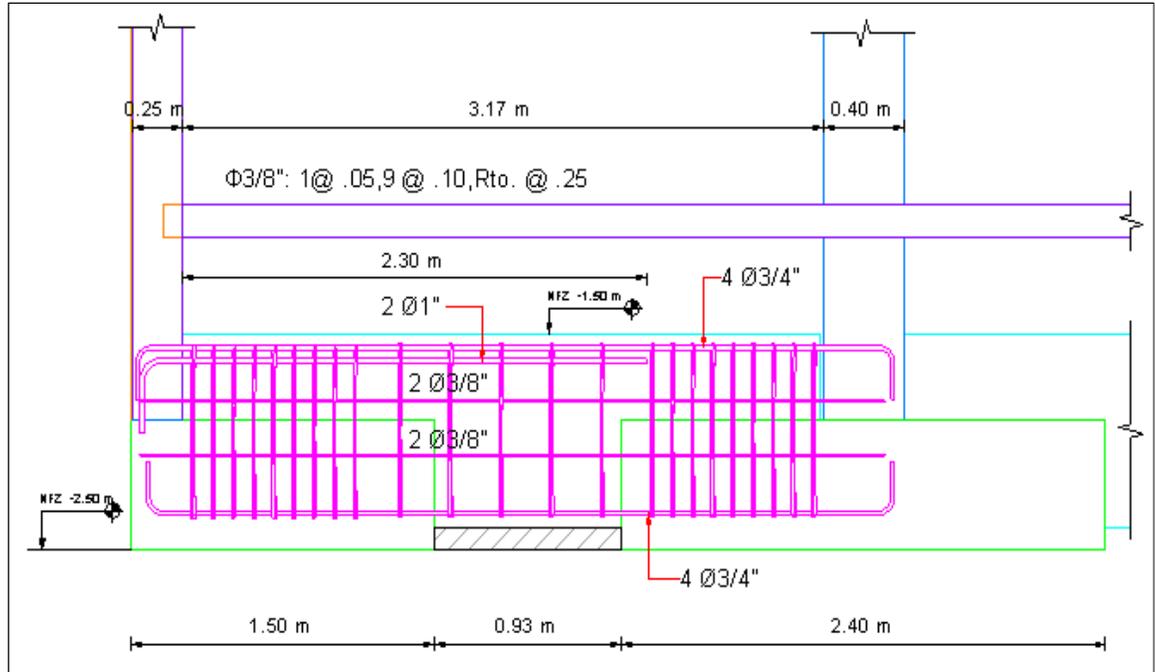


Figura 61 - Diseño: Viga de Cimentación realizado en Revit Structure

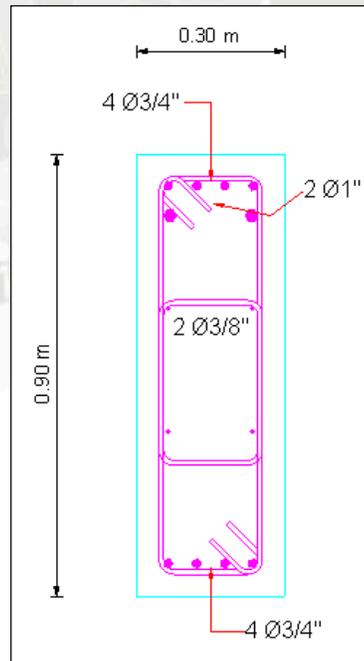


Figura 62 - Sección de Viga de Cimentación realizado en Revit Structure

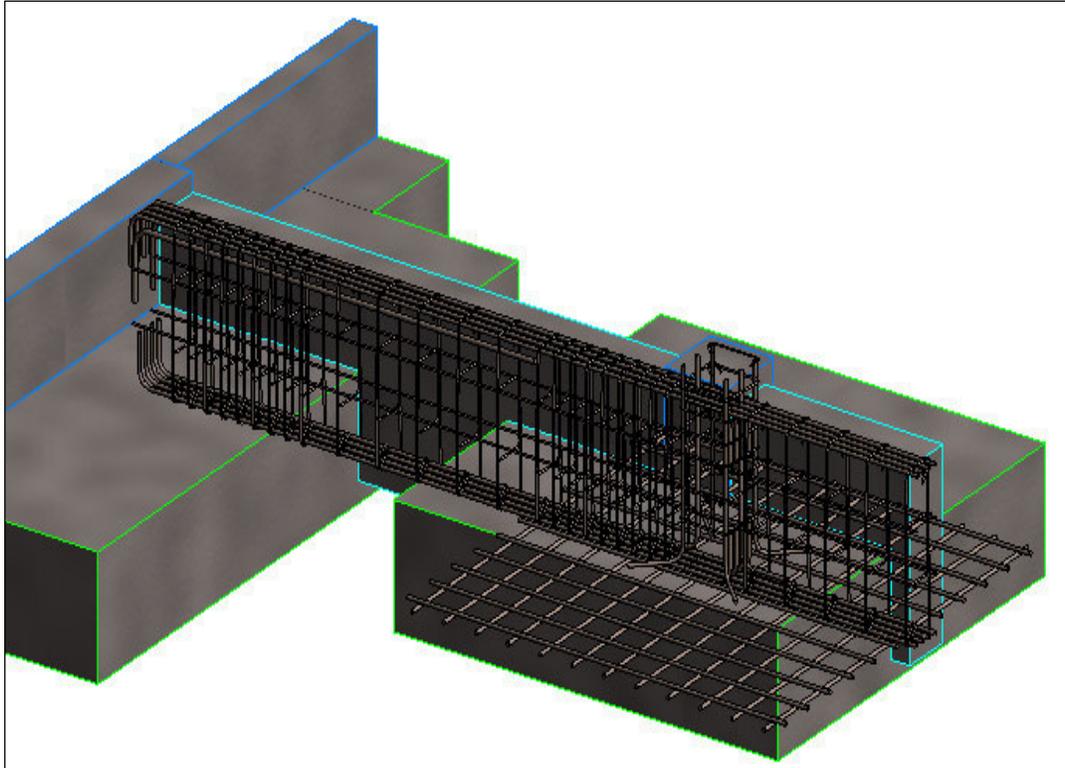


Figura 63 - 3D Viga de Cimentación realizado en Revit Structure

## 6.6. DISEÑO DE OTROS ELEMENTOS

En esta sección desarrollaremos el diseño de elementos estructurales secundarios, pero a la vez son de importancia. Estos elementos a que me refiero son: la escalera principal, los muros de sótano y la cisterna.

### 6.10.1. ESCALERA PRINCIPAL

A manera de ejemplo se diseñará el primer tramo de la escalera Nro. 1, que conecta el sótano con el primer piso.

Tenemos las siguientes características de la escalera:

Paso ( $p$ ) = 25 cm

Contrapaso ( $cp$ ) = 17.5 cm

Garganta ( $t$ ) = 15 cm

• **METRADO DE CARGAS**

Para calcular el peso propio usaremos la fórmula de la sección 3.36 de metrado de cargas.

$$w(pp) = \gamma \left( \frac{cp}{2} \right) + t \sqrt{1 + \left( \frac{cp}{p} \right)^2}$$

$$w(pp) = 2400 \left( \frac{0.175}{2} \right) + 0.15 \sqrt{1 + \left( \frac{0.175}{0.25} \right)^2} = 649 \text{ Kg/m}^2$$

Considerando su ancho de 1.00 m, piso terminado de 100 kg/m<sup>2</sup> y carga viva de 200 kg/m<sup>2</sup>, tenemos lo siguiente:

**Descanso:**  $CM = 0.15 \times 1.00 \times 2400 + 1.00 \times 100 = 460 \text{ kg/m}$   
 $CV = 200 \text{ kg/m}$   
 $Wu = 1.4 \times 460 + 1.7 \times 200 = 984 \text{ kg/m}$

**Inclinado:**  $CM = 649 \times 1.00 + 1.00 \times 100 = 749 \text{ kg/m}$   
 $CV = 200 \text{ kg/m}$   
 $Wu = 1.4 \times 749 + 1.7 \times 200 = 1389 \text{ kg/m}$

Tenemos el siguiente modelo estructural, dando los siguientes resultados.

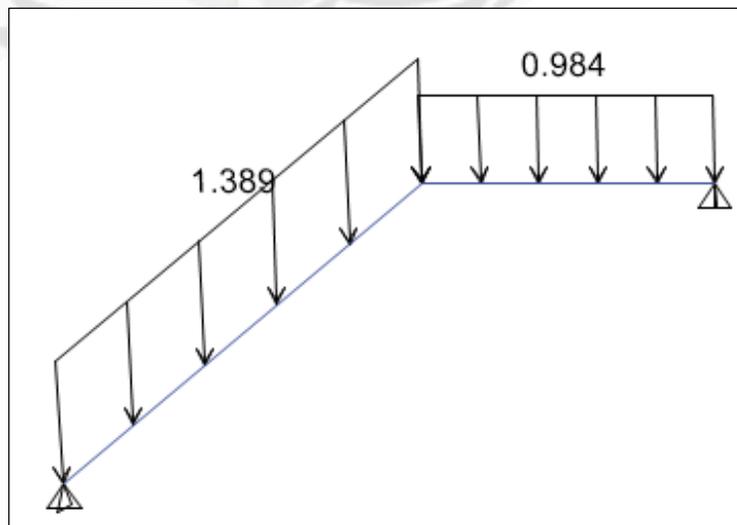


Figura 64 - Modelo Estructural de Escalera Principal

- **DISEÑO POR CORTE**

Realizando la verificación por corte, tenemos para una sección de  $b = 100\text{cm}$  y  $d = 12\text{ cm}$ ;

$$\Phi V_c = \Phi 0.53 \sqrt{f'c} \times b \times d = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 12 = 7834\text{kg}$$

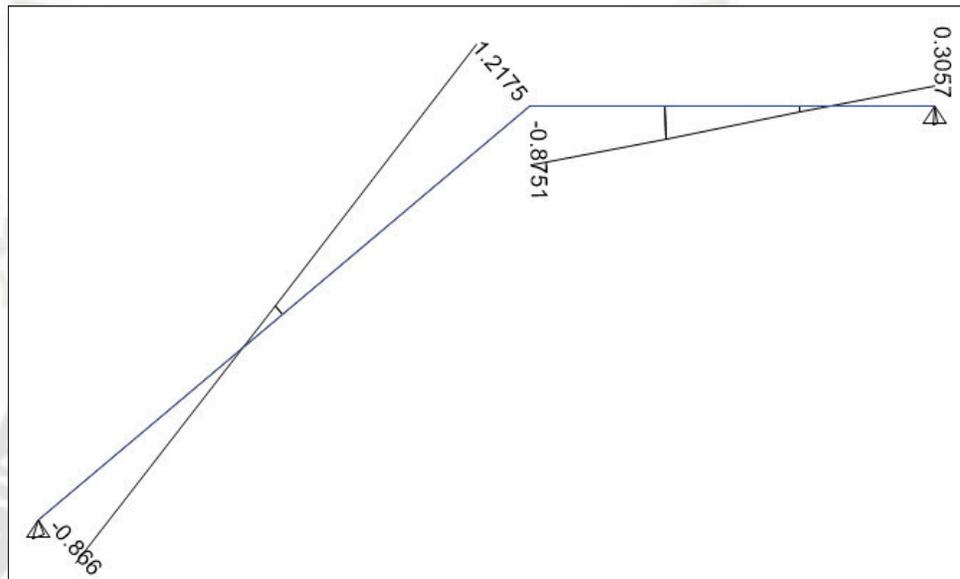


Figura 65 -Diagrama de Fuerzas Cortantes de Escalera Principal

Del DFC obtenemos un valor de  $V_u = 1217.51\text{ kg}$ . Podemos observar que la resistencia de diseño satisface los requerimientos de  $V_u$ .

• DISEÑO POR FLEXIÓN

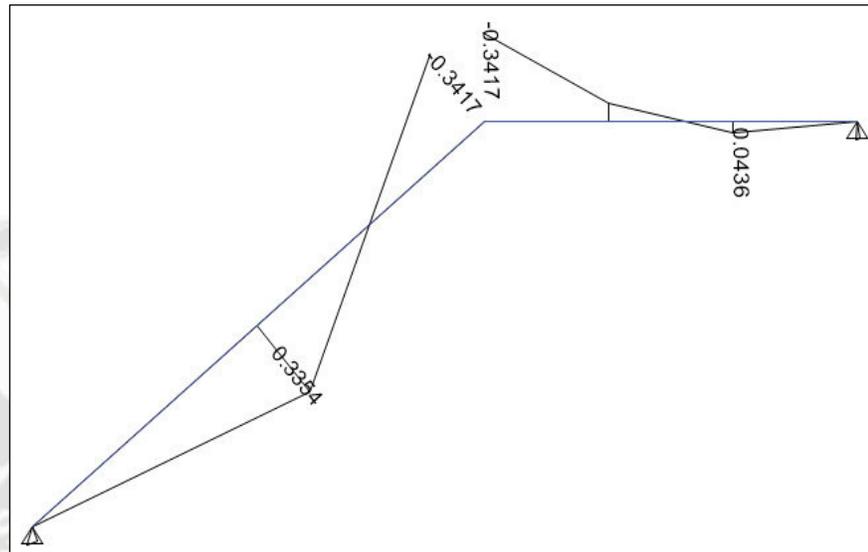


Figura 66 - Diagrama de Momentos de Escalera Principal

Del DMF obtenemos un valor de  $M_u \text{ máx.} = 341.66 \text{ kg-m.}$

Acero por flexión requerido:

$$K_u = \frac{341.66}{1 \times 0.15^2} = 23.726 \text{ } k_u \rightarrow \rho \quad \rho = 0.0068 \quad A_s = 8.20 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

El acero calculado se colocara tanto longitudinal como transversal, teniendo el siguiente espaciamiento

*2 mallas de 1/2" @ 20cm*

El acero mínimo por temperatura

$$A_{smin} = 0.0018bh = 0.0018 \times 100 \times 15 = 2.70 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

El acero calculado se colocara tanto longitudinal como transversal, teniendo el siguiente espaciamiento

*2 mallas de 3/8" @ 25cm*

• **GRAFICO DE ESCALERA**

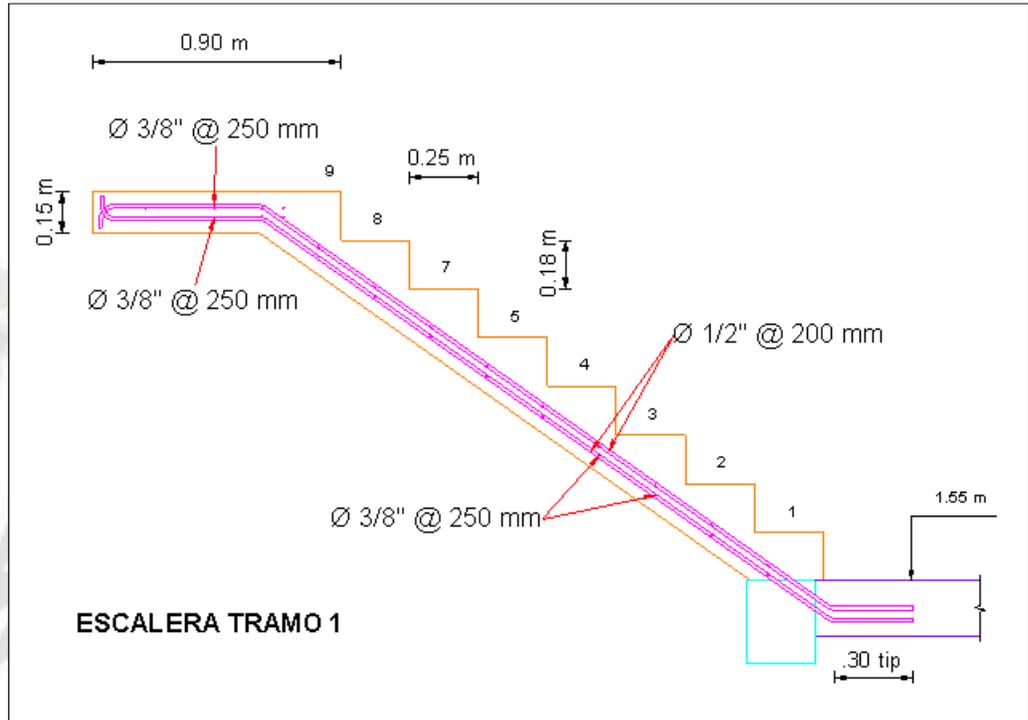


Figura 67 - Diseño: Detalle de Escalera Principal realizado en Revit Structure



Figura 68 - Diseño: 3D de Escalera Principal realizado en Revit Structure

### 6.10.2. MUROS DE SÓTANO

Los muros de sótano o muros de contención tienen la particularidad de recibir cargas perpendiculares a su plano.

Normalmente se encuentran restringidos arriba y abajo por las losas de los sótanos; para el análisis estructural se recomienda modelar como vigas simplemente apoyadas.

El empuje del suelo depende mucho de las características de éste. La teoría de Rankine propone las siguientes expresiones para estimar los empujes que actúan sobre un muro de sótano.

$$K_A = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad E_A = K_A \gamma H \quad E_{S/C} = K_A w_{S/C}$$

Donde:

$K_A$  = Coeficiente de empuje activo del suelo.

$\phi$  = Angulo de fricción interna del suelo.

$\gamma$  = Peso específico del suelo.

$H$  = Altura de suelo que ejerce el empuje activo.

$w_{S/C}$  = Sobrecarga actuante en el terreno.

$E_A$  = Empuje activo del suelo, carga distribuida triangular.

$E_{S/C}$  = Empuje producido por la sobrecarga, carga rectangular.

El diseño por flexión es similar a lo estudiado para losas macizas, pero se debe considerar un recubrimiento de 4 cm para muros en contacto con el suelo.

Desarrollaremos como ejemplo de diseño del muro ubicado en el estacionamiento del semisótano. Tenemos los siguientes datos:

$$\phi = 30.95^\circ$$

$$\gamma = 1460 \text{ kg/m}^3$$

$$H = 1.90 \text{ m}$$

$$w_{S/C} = 250 \text{ kg/m}$$

$$H_{\text{muro}} = 3.45 \text{ m}$$

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

Debemos amplificar por 1.70 para llevar las cargas del empuje del suelo a condiciones últimas de resistencia a las expresiones mencionadas.

$$K_A = \frac{1 - \sin 30.95}{1 + \sin 30.95} = 0.33$$

$$E_{Au} = 1.70 \times 0.33 \times 1460 \times 1.90 = 1556 \text{ kg/m}$$

$$E_{S/Cu} = 1.70 \times 0.33 \times 250 = 140 \text{ kg/m}$$

En la siguiente figura se muestra el modelo estructural, sumados los dos valores  $E_{Au}$  y  $E_{S/Cu}$  y los resultados obtenidos del análisis.

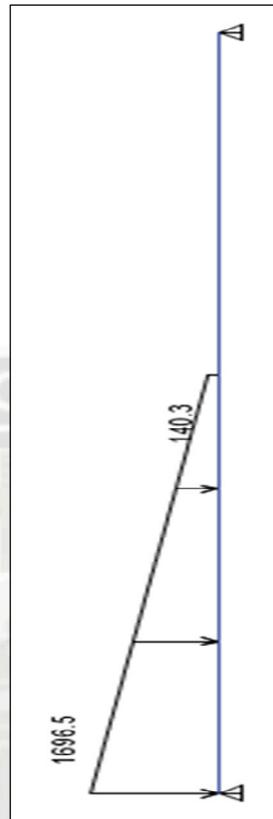


Figura 69 - Modelo Estructural de Muro de Contención

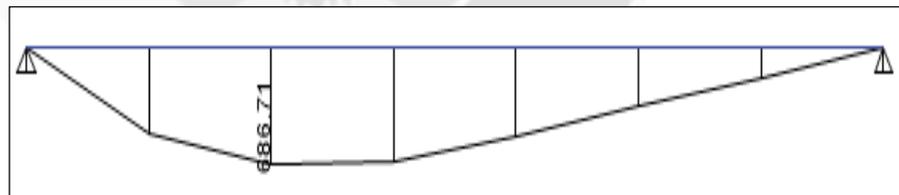


Figura 70 - Diagrama de Momentos de Muro de Contención

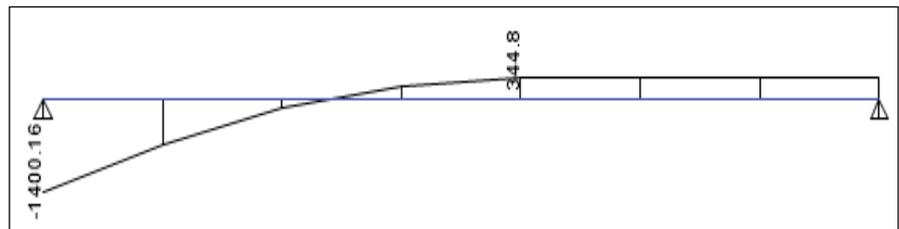


Figura 71 - Diagrama de Cortantes de Muro de Contención

Calculamos la resistencia de diseño  $\Phi V_c$  .

$$\Phi V_c = \Phi 0.53 \sqrt{f'_c} \times b \times d = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 16 = 10,445 \text{ kg}$$

Del DFC observamos que el máximo valor de  $V_u$  es 1,400 kg, cumple con ser menor a la resistencia proporcionada.

Del DMF tenemos el valor de 687 kg-m, calculamos el refuerzo requerido por flexión:

$$K_u = \frac{1400}{1 \times 0.16^2} = 2.68$$

Este valor de  $K_u$  no contamos en las tablas, para calcular el acero que debe llevar nuestro muro perimetral utilizaremos el acero mínimo y está dado por:

$$A_{smin} = 0.0018bh = 0.0018 \times 100 \times 20 = 3.60 \text{ cm}^2/ml$$

$$s = \frac{0.71}{3.60} = 20 \text{ cm}$$

- **GRAFICO DE MURO PERIMETRAL**

Por tener espesor 20 cm, se colocará mallas de 3/8"@20cm en ambas caras del muro. A continuación se muestra un corte donde se aprecia el armado del refuerzo.

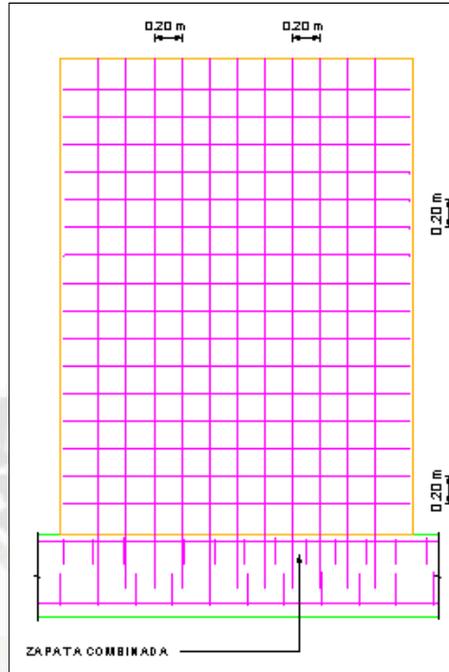


Figura 72 – Diseño: Detalle de Muro de Contención realizado en Revit Structure

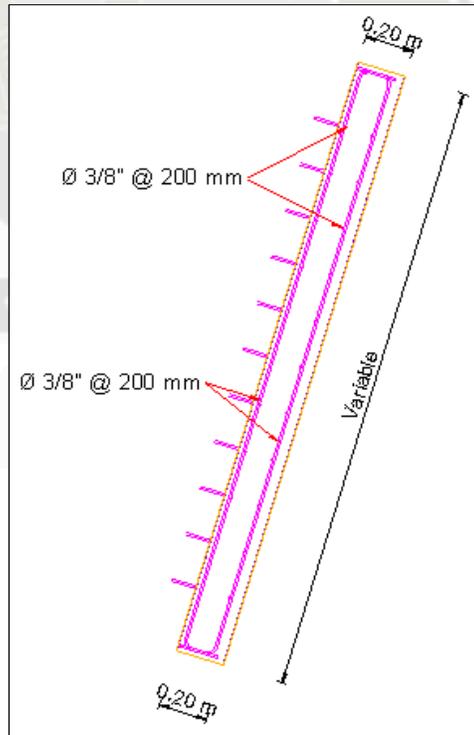


Figura 73 - Diseño: Sección de Muro de Contención realizado en Revit Structure

### 6.10.3. CISTERNA

Las paredes de la cisterna tienen algo en particular, estos tienen procedimientos de diseño similares a los muros de contención con algunas diferencias:

- La Norma E.060, a diferencia que el empuje del suelo, el empuje hidrostático se amplifica por 1.4 para ser llevado a condiciones últimas.
- Se debe considerar los diferentes escenarios de carga a los que serán sometidos los muros, porque la presencia del agua en la cisterna no es constante.
- La cuantía mínima para muros en contacto con el agua es 0.0028 según el ACI, con el objetivo de minimizar lo más posible las fisuras y evitar la corrosión del refuerzo.

Los muros de la cisterna del edificio en estudio, están enterradas en el terreno (CASO A), este es el caso más crítico porque la cisterna vacía recibe las fuerzas del suelo.

#### • DISEÑO DE PAREDES DE CISTERNA

CASO A

$$K_A = 0.33$$

$$\gamma = 1460 \text{ kg/m}^3$$

$$H = 3.15 \text{ m}$$

$$w_{S/C} = 200 \text{ kg/m}$$

$$H_{muro} = 3.15 \text{ m}$$

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

Los empujes últimos son:

$$E_A u = 1.70 \times 0.33 \times 1460 \times 1.95 = 2580 \text{ kg/m}$$

$$E_{S/C} u = 1.70 \times 0.33 \times 200 = 112 \text{ kg/m}$$

A continuación se muestra las cargas asignadas al modelo estructural, los resultados del análisis son los siguientes:

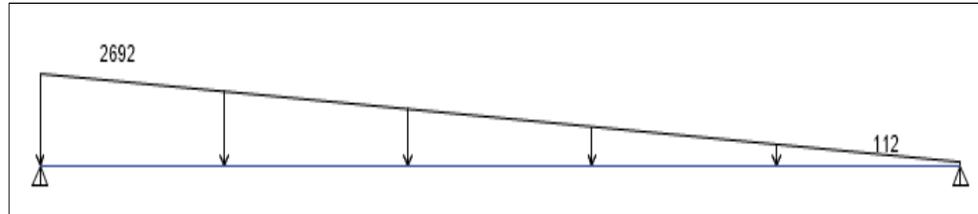


Figura 74 - Modelo Estructural de Paredes de Cisterna

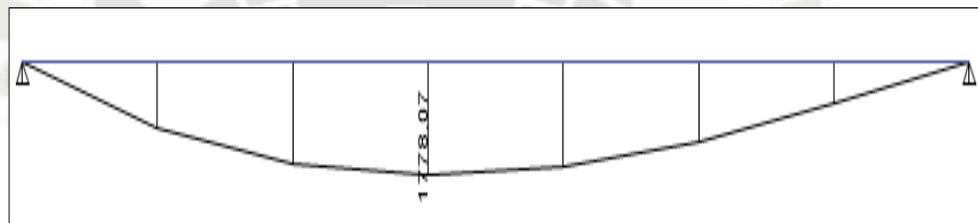


Figura 75 - Diagrama de Momentos de Paredes de Cisterna

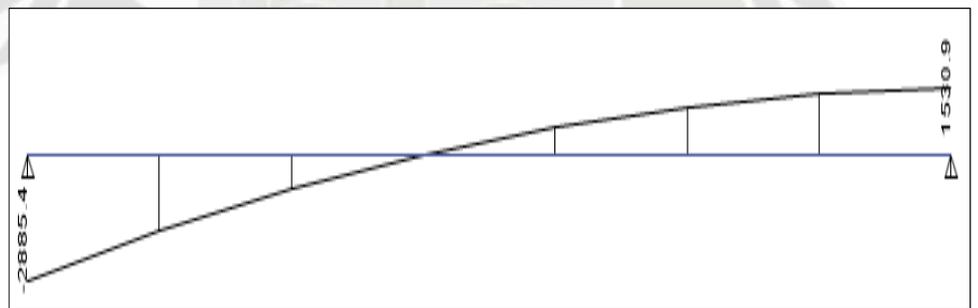


Figura 76 - Diagrama de Cortantes de Paredes de Cisterna

Calculamos la resistencia de diseño  $\Phi V_c$  .

$$\Phi V_c = \Phi 0.53 \sqrt{f'c} \times b \times d = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 16 = 10,445 \text{ kg}$$

Del DFC observamos que el máximo valor de  $V_u$  es 2,885.4 kg, cumple con ser menor a la resistencia proporcionada.

Del DMF tenemos el valor de 1778 kg-m, calculamos el refuerzo requerido por flexión:

$$K_u = \frac{1778}{1 \times 0.16^2} = 6.95 \quad k_u \rightarrow \rho \quad \rho = 0.0019 \quad A_s = 3.01 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Como se explicó en la teoría, tenemos que utilizar una cuantía mínima de 0.0028 para muros en contacto con el agua.

$$A_{smin} = 0.0028bh = 0.0028 \times 100 \times 20 = 5.60 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$s = \frac{1.29}{5.60} = 25 \text{ cm}$$

### • DISEÑO DE LOSA DE CISTERNA

La tapa de la cisterna será una losa maciza de 20 cm de espesor, a continuación el diseño:

Metrado de cargas:

$$\begin{aligned} \text{Losa } CM &= 0.20 \times 1.00 \times 2400 + 1.00 \times 100 = 480 \text{ kg/m} \\ CV &= 200 \text{ kg/m} \\ Wu &= 1.4 \times 480 + 1.7 \times 200 = 2132 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

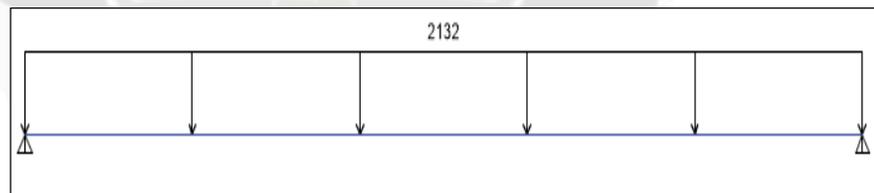


Figura 77 - Modelo Estructural de Losa de Cisterna

Calculamos la resistencia de diseño  $\Phi V_c$ .

$$\Phi V_c = \Phi 0.53 \sqrt{f'c} \times b \times d = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 17 = 11098 \text{ kg}$$

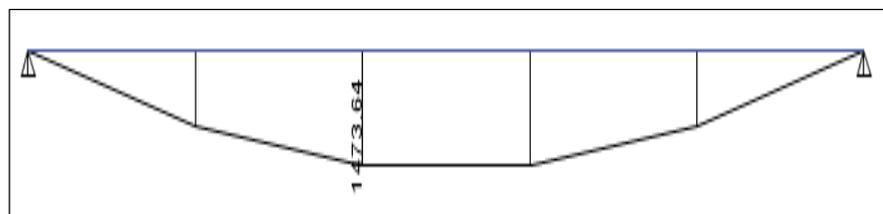


Figura 78 - Diagrama de Momentos de Losa de Cisterna

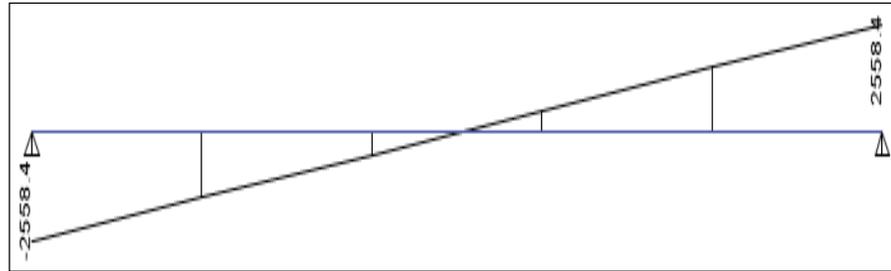


Figura 79 - Diagrama de Cortantes de Losa de Cisterna

Del DFC observamos que el máximo valor de  $V_u$  es 2558 kg, cumple con ser menor a la resistencia proporcionada.

Del DMF tenemos el valor de 1473.6 kg-m, calculamos el refuerzo requerido por flexión:

$$K_u = \frac{1473.6}{1 \times 0.17^2} = 5.10 \quad k_u \rightarrow \rho \quad \rho = 0.0014 \quad A_s = 2.33 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_{smin} = 0.0018bh = 0.0028 \times 100 \times 20 = 3.60 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$s = \frac{0.71}{3.60} = 20 \text{ cm}$$

El refuerzo mínimo es mayor que el requerido por flexión. Se propuso colocar 2 mallas de  $\Phi 3/8'' @ 20\text{cm}$ , en ambas caras de la losa.

Para la cimentación de la losa se colocó 2 mallas de  $\Phi 3/4'' @ 25\text{cm}$ , en ambas caras de la losa.

- **GRAFICO DE CISTERNA**

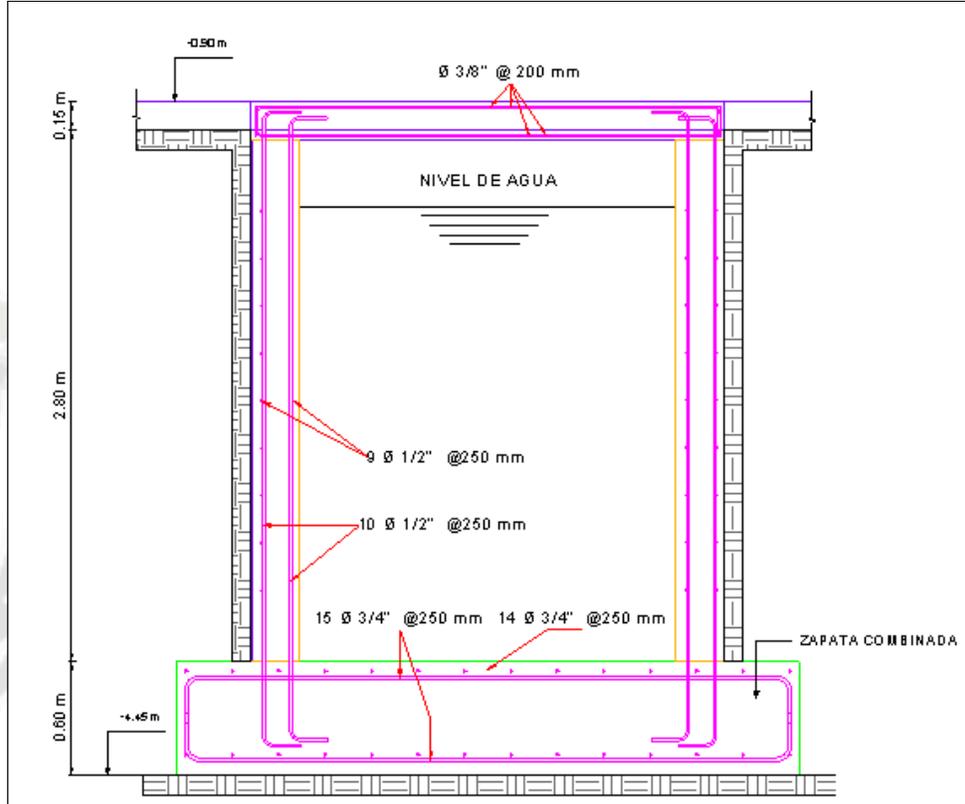


Figura 80 - Diseño: Detalle de Cisterna realizado en Revit Structure

## CAPITULO 7: INSTALACIONES SANITARIAS

### 7.1. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento básico para el desarrollo de la vida del hombre, es una verdad bien conocida. En ella se basa, sin embargo, la necesidad de las instalaciones sanitarias. Para el desarrollo de cualquier edificio, deben unirse varios aspectos como lo son los servicios necesarios y básicos, que, además de ser vitales, proporcionan comodidades y un buen nivel de vida. Uno de estos servicios es el agua potable para el consumo humano, así como su disposición después del uso.

Las principales instalaciones sanitarias que se consideran son:

- Sistema de Abastecimiento de agua potable, que considera el suministro de agua fría y agua caliente, de las características adecuadas al uso que se le va a dar.
- Sistema de evacuación de aguas residuales domesticas o industriales, que considera la recolección, tratamiento y disposición de las aguas residuales.
- Sistema de Ventilación.
- Sistema de recolección y disposición de residuos sólidos.
- Sistema de agua contra incendios.

### 7.2. DATOS TÉCNICOS PARA LA INSTALACIÓN DE AGUA

El proyecto consiste en un edificio de 5 niveles y 1 semisótano, con los siguientes usos de arquitectura:

NIVEL	ALTURA	USO
Semisótano	-0.90 m	Estacionamientos
Primer	1.55 m	2 departamentos de 2 dormitorios
Segundo	4.20 m	2 departamentos de 2 dormitorios
Tercer	6.85 m	2 departamentos de 2 dormitorios
Cuarto	9.50 m	2 departamentos de 2 dormitorios
Quinto	12.15 m	2 departamentos de 2 dormitorios

Tabla 23 - Usos de Ambiente de la Edificación

- **Parámetros de Cálculo**

La presión estática en la matriz no será menor de 10 m.c.a. y no mayor de 50 m.c.a., para la presente tesis la presión de salida en la matriz se consideró de 20 m.c.a.

La presión mínima de salida en el punto de consumo más desfavorable no será menor de 2 m.c.a., teniendo en cuenta que el que corresponde al más alejado horizontalmente y verticalmente desde el tanque hidroneumático.

Para el cálculo del diámetro de las tuberías de distribución, la velocidad mínima será de 0.60 m/s y la velocidad máxima según en la siguiente tabla:

<b>Diámetro de la Tubería</b>	<b>Velocidad Máxima</b>
1/2" (15 mm)	1.90 m/s
3/4" (20 mm)	2.20 m/s
1" (25 mm)	2.48 m/s
1 1/4" (32 mm)	2.85 m/s
1 1/2" (40 mm) >	3.0 m/s

Tabla 24 - Velocidades Máximas en los diámetros de tuberías – Fuente: ítem 2.3f de la norma IS.0.10 del RNE 2006

### 7.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO AGUA FRÍA

El diseño de instalaciones de agua fría, para un edificio requiere de los siguientes objetivos:

- Dar un adecuado sistema de agua en lo referente a calidad y cantidad.
- Protección de la salud de las personas y de la propiedad.

Los sistemas de agua para edificios son variables y dependen de los factores siguientes:

- Presión en la red pública de agua o fuente de abastecimiento
- Tipo de edificio

- Tipos de aparatos sanitarios a ser conectados
- Altura, área de edificio

Para el presente proyecto se utilizará un sistema indirecto suministro con tanque hidroneumático, porque la presión en la red pública no es suficiente para dar servicio a los aparatos sanitarios de los niveles más altos y por estética, para evitar utilizar un tanque elevado.

El Sistema Indirecto que se utilizará para dicho proyecto cuenta con una cisterna al 100%, equipo de bombeo y un tanque hidroneumático.

En el funcionamiento del tanque hidroneumático, el tanque de diafragma precargado Champion, está conformado por dos cámaras:

- La cámara exterior es la que almacena el aire a presión.
- La cámara inferior, formada por el diafragma de butyl y el forro de polyolefin, es la cámara de agua.
- La cámara de aire es precargada en fábrica.
- La cámara de agua retiene el agua entre los ciclos de la bomba.
- Cuando se abre alguna llave del sistema, la presión del aire presiona al diafragma liberando el agua almacenada al sistema a la presión predeterminada.

### **7.3.1. DOTACION DE AGUA**

La dotación de agua es la cantidad de agua que se asigna para una determinada actividad y uso. Se expresa por unidad de producción y por día.

Es importante saber el tipo de dotación de agua que se va a utilizar o con el que se cuenta, porque permite conocer si la fuente de suministro tiene la capacidad necesaria y requerida, además de determinar el volumen de los tanques de almacenamiento de agua (cisterna y/o tanque elevado).

Como en el caso de cualquier sistema de abastecimiento de agua, la dotación de agua para edificios es muy variable y depende de una serie de factores entre los cuales son: uso del edificio, área de edificación, costumbres y hábitos de los ocupantes, uso de medidores, necesidades profesionales.

Las dotaciones diarias mínimas de agua para uso doméstico, comercial, industrial, riego de jardines u otros fines se encuentran en el numeral 2.2 de la norma IS.0.10 – INSTALACIONES SANITARIAS.

Se muestra a continuación el cuadro para los distintos usos que demanda el proyecto:

Las dotaciones diarias mínimas de agua para uso doméstico, en edificios multifamiliares deberán tener una dotación de agua para consumo humano, de acuerdo al número de dormitorios de cada departamento, según la siguiente tabla:

Número de dormitorios por departamento	Dotación por departamento L/d
1	500
2	850
3	1200
4	1350
5	1500

Tabla 25 - Dotaciones de agua de Edificios Multifamiliares – Fuente: ítem 2.2b de la norma IS.0.10 del RNE 2006.

- **Calculo de Dotación de Agua**

Como presentamos en los datos técnicos para el abastecimiento de agua, tenemos 2 departamentos por cada nivel, hacen un total de 10 departamentos en todo el edificio. Asimismo en cada nivel hay 2 dormitorios, con estos datos nos ubicamos en la tabla anterior y tenemos lo siguiente:

Nivel	Departamento por nivel	# dormitorios por departamento	Dotación por departamento (L/día)	Dotación por Nivel (L/día)
1	2	2	850	1700
2	2	2	850	1700
3	2	2	850	1700
4	2	2	850	1700
5	2	2	850	1700
<b>TOTAL</b>				<b>8500</b>

Tabla 26 - Dotación de Agua del Edificio

La dotación diaria mínima de agua para abastecer al edificio es de 8500 Litros diarios, eso hace un equivalente de 8.50 m<sup>3</sup>

Teniendo como datos la presión de agua de la red pública y la dotación mínima diaria, se observa que la presión de agua no es suficiente para dotar de agua al último nivel. Por tanto se plantea un sistema de abastecimiento indirecto de agua, es por tal razón que elegí un sistema con tanque hidroneumático, que consta de cisterna, equipo de bombeo y un tanque hidroneumático.

### 7.3.2. SISTEMA INDIRECTO: SUMINISTRO CON TANQUE HIDRONEUMÁTICO

Es un sistema alternativo al del tanque levado, sustituye la presión proporcionada por este por la generada en un tanque hidroneumático.

- **Principio de Operación**

- En un tanque hidroneumático el aire comprimido por el agua, que se inyecta por bombeo, actúa como un resorte que mantiene una presión constante sobre esta. Presión que se transmite a través de todo sistema.

- Cuando un grifo es abierto, el aire se expande para reemplazar al agua liberada que ha sido forzada a salir por la presión del aire comprimido.
- Al descender la presión del aire en el tanque hasta el límite previsto en el diseño, entran en acción las bombas de agua hasta comprimir el aire a la condición inicial.
- La bomba trabaja permanentemente bajo dos condiciones de presión. La presión necesaria para tener cuanto menos 2 m.c.a. en las salidas más desfavorables del sistema y una presión adicional que varía de 15 a 30 psig. Según los fabricantes.
- La presión mínima en el tanque hidroneumático debe ser tal que garantice la presión mínima en el punto más desfavorable.
- La bomba debe detenerse al alcanzar la presión máxima (presión de parada) y arrancar cuando esta descienda a la presión de diseño (presión de arranque), que ocurre cuando se ha consumido parte del agua contenida en el tanque hidroneumático.
- La capacidad de la bomba debe ser igual a la máxima demanda simultánea del edificio.
- La información sobre tanques hidroneumáticos nos brinda la empresa HIDROSTAL de diafragma Champion.

Se muestra un esquema del sistema indirecto planteado.



Figura 81 - Sistema Indirecto con Tanque Hidroneumático – Fuente: HIDROSTAL.

- **Funcionamiento tanque hidroneumático**

En el funcionamiento del tanque hidroneumático, el tanque de diafragma precargado Champion, está conformado por dos cámaras:

- La cámara exterior es la que almacena el aire a presión.
- La cámara inferior, formada por el diafragma de butyl y el forro de polyolefin, es la cámara de agua.
- La cámara de aire es precargada en fábrica

- La cámara de agua retiene el agua entre los ciclos de la bomba.
- Cuando se abre alguna llave del sistema, la presión del aire presiona al diafragma liberando el agua almacenada al sistema a la presión predeterminada

- **Ventajas y desventajas de un sistema hidroneumático**

Sistema alternativo del tanque elevado al considerar sus desventajas. Requiere de la instalación de una bomba y tanque hidroneumático para mantener la presión en todo el sistema. Se puede hacer este sistema instalándose sobre la cisterna bombas de velocidad variable o velocidad constante, con equipos de control.

#### **Ventajas**

- Presión adecuada en todos los puntos de consumo.
- Fácil instalación.
- Sistema económico en lo referente a tuberías que resultan ser de menores longitudes y diámetros.
- Evitar los tanques elevados.

#### **Desventajas**

- Cuando se interrumpe el flujo eléctrico solo trabaja el hidroneumático poco tiempo, cortándose luego el servicio.

### **7.3.3. DIMENSIONAMIENTO DE CISTERNA**

Se ha considerado 10 departamentos y cada uno con 2 dormitorios, tenemos los siguientes datos calculados en dotaciones de agua.

- Dotación de agua del edificio: 8500 Litros
- Almacenamiento de Cisterna: 8.50 m<sup>3</sup>
- La norma nos indica que debemos tener un factor de seguridad de 1.25%, tenemos lo siguiente:

$$Volumen = 1.25 \times 8.50 = 10.625 \text{ m}^3$$

$$Volumen - asumido = 12.00 \text{ m}^3$$

De la arquitectura tenemos las siguientes dimensiones L=2.40 m y A= 1.98 m, con estos valores establecidos tenemos una altura de cisterna de 2.50 m.

Considerando un determinado tiempo de llenado se calculará el gasto requerido para llenar la cisterna en 6h.

$$Q = \frac{\text{Dotación}}{\text{Tiempo}} = \frac{12000}{6h} \cdot \frac{h}{3600s} = 0.56 \text{ L/s}$$

El diámetro para este gasto esta entre:

$$\phi_{max} = 1" \quad ; \quad \phi_{min} = 3/4"$$

Diámetro de diseño  $\phi = 3/4"$

A continuación mostraremos una tabla de las pérdidas de cargas desde la conexión domiciliaria hasta la cisterna:

PERDIDA DE CARGA EN LINEA  
HOJA DE CALCULO

Tramo	Condiciones	Elementos	Le	hf	Punto	Nivel		Presion (m.c.a.)				
			C = 100			Piezométrico	Fisico					
Conexión Domiciliaria	Longitud U.G.	8.58	8.58 m tub PVC Corporation y curva	4.60		M	20.00	-1.50	21.50			
	Caudal (l/s)	0.56	Medidor volumetrico 3/4"	3.10								
	Caudal (gl/min)	8.89	2 llaves de paso 3/4"	12.60								
	Diametro (plg)	0.75	2 codo 45° de 3/4"	0.90								
	hf-1	4.13	Valvula Flotadora de 3/4"	3.25								
	S (gradiente hidraulico)	0.48	1 codo 90° de 3/4"	0.75								
	<b>Sumatoria Le</b>			28.40	13.63	S				6.37	-0.30	6.67
	<b>SUMA</b>				<b>13.63</b>							

**OBSERVACIONES**

Todos los niveles se refieren al medidor (-0.30)

Altura de Descarga en la cisterna 1.20 m  
 Longitud de Acometida + tubería de alimentación: 8.58 m  
 Promedio de Salida en la red = 20.00 mca  
 Presión de salida antes de la valvula 2.00 mca  
 Perdida de Carga 13.63 mca

**COMPROBACIÓN**

1ra forma: SUM(de perdidas de caraga es menor perdida de carga disponible)

h = PM - H - Ps 16.80 mca (disponible)  
 SUM(hf) 13.63 mca

**VERDADERO**

**7.3.4. EQUIPO DE BOMBEO**

Para determinar la tubería de alimentación se deberá calcular el número de unidades de gasto, luego se procede a calcular la máxima demanda simultánea, con lo cual se calculará el caudal que abastecerá de agua a todo el edificio, luego la elección de la bomba, tanque hidroneumático.

Para calcular las tuberías de distribución que conduzcan solamente agua fría o agua fría más el gasto de agua para calentar, se ubican en el ANEXO 1 del RNE.

- **Calculo de las Unidades de Gasto**

Calcularemos las unidades de gasto de todo el edificio

**Quinto Piso**

Aparato	Cantidad	UH x Aparato	Subtotal	
Lavaderos	4	3	12	
Lavatorios	6	1	6	
Inodoro con tanque	6	3	18	
Lavadora	2	4	8	
Ducha	4	2	8	52

**Cuarto Piso**

Aparato	Cantidad	UH x Aparato	Subtotal	
Lavaderos	4	3	12	
Lavatorios	6	1	6	
Inodoro con tanque	6	3	18	
Lavadora	2	4	8	
Ducha	4	2	8	52

**Tercer Piso**

Aparato	Cantidad	UH x Aparato	Subtotal	
Lavaderos	4	3	12	
Lavatorios	6	1	6	
Inodoro con tanque	6	3	18	
Lavadora	2	4	8	
Ducha	4	2	8	52

**Segundo Piso**

Aparato	Cantidad	UH x Aparato	Subtotal	
Lavaderos	4	3	12	
Lavatorios	6	1	6	
Inodoro con tanque	6	3	18	
Lavadora	2	4	8	
Ducha	4	2	8	52

**Primer Piso**

Aparato	Cantidad	UH x Aparato	Subtotal	
Lavaderos	4	3	12	
Lavatorios	6	1	6	
Inodoro con tanque	6	3	18	
Lavadora	2	4	8	
Ducha	4	2	8	52

De la anterior tabla podemos observar que por cada piso tenemos 52 UH, esto hace un total de 260 UH en todo el edificio.

En el edificio tenemos 2 departamentos por cada piso esto nos da la siguiente tabla:

PISO	UH x PISO	UH x Depa	Acum.
Primer	52	26	26
Segundo	52	26	52
Tercer	52	26	78
Cuarto	52	26	104
Quinto	52	26	130
<b>Total</b>	<b>260</b>	<b>130</b>	

Con esta tabla quiero dar referencia que los departamentos que se encuentran en la parte izquierda y derecha se llevan 130 UH cada uno.

Con estos datos calculamos la tubería de alimentación con diámetro mínimo y máximo.

Descripción	UH	Gasto	Φ máx.	Φ min	Φ asumido
Edificio	260	2.91	3"	2"	2"
Departamento	130	1.91	2 ½"	1 ¼"	2"

Entonces el diámetro de la tubería del alimentador será de 2".

- **Selección de Diámetros**

Para la selección de los diámetros se hizo referencia al número de unidades de gasto que pasa.

Los valores mostrados son repetitivos para cada piso y cada departamento izquierdo y derecho, realizaré todo el cálculo para el departamento izquierdo.

En la siguiente tabla se muestran los diámetros del alimentador que tendrá cada piso.

PISO	UH x Depa	Gasto Probable	Φ max	Φ min	Φ diseño	Acum UH
Primer	26	0.67	1 1/4"	1"	1"	26
Segundo	26	0.67	1 1/4"	1"	1"	52
Tercer	26	0.67	1 1/4"	1"	1"	78
Cuarto	26	0.67	1 1/4"	1"	1"	104
Quinto	26	0.67	1 1/4"	1"	1"	130

En esta tabla se muestran los diámetros en cada punto de derivación para cada ramal de cada piso.

Inicio	Fin	Φ ALIMENTADOR	UH x Ser.	UH
5P	A	1"	26	26
A	B	1"	10	16
B	C	1"	6	10
C	D	1"	4	6
D	-	1"	6	0

En la siguiente tabla se muestran los diámetros de cada ramal.

Punto	# Aparatos	Φ RAMAL
A	3	3/4
B	3	3/4
C	2	3/4

Para la elección de los subramales todos ingresan con un diámetro de 1/2".

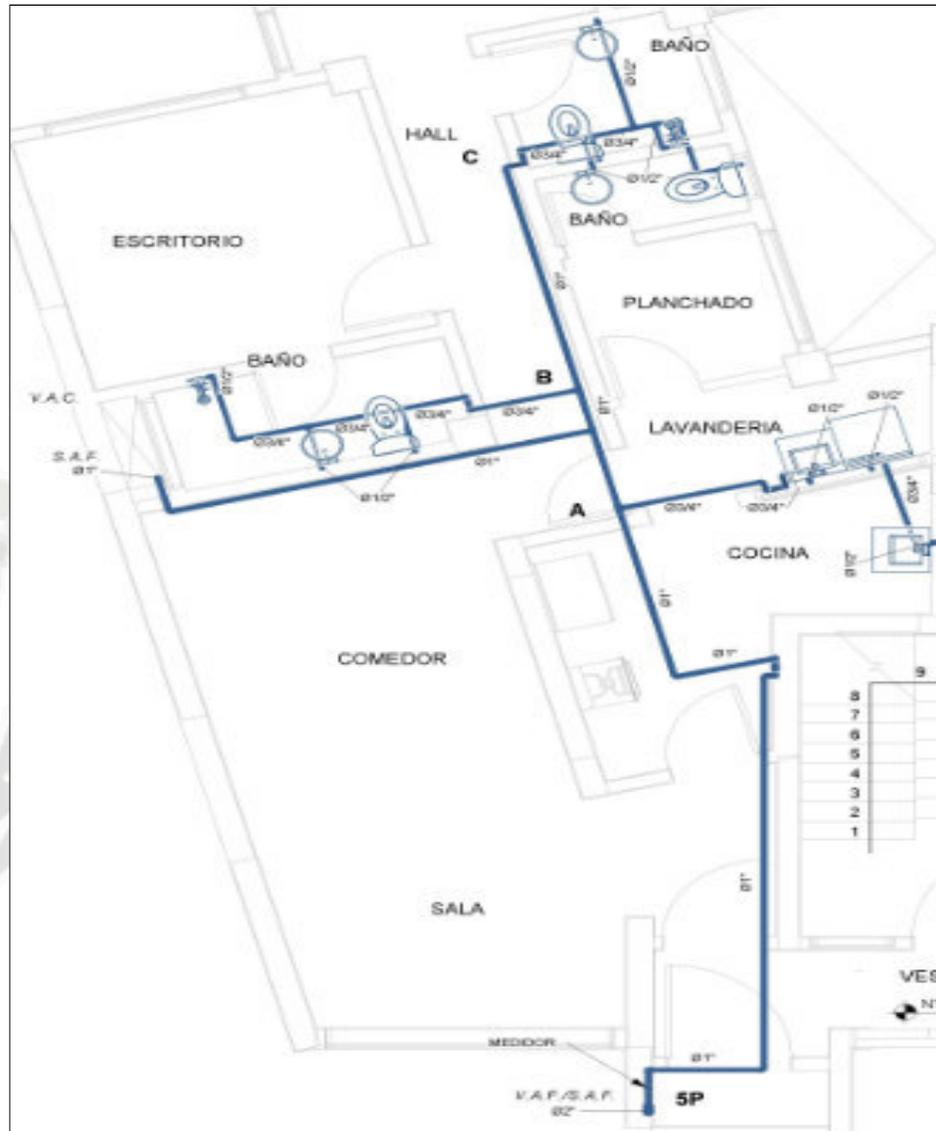


Figura 82 - Trazo del Sistema de Abastecimiento de Agua Fría – Realizado por Revit MEP.

- **Cálculo de presión disponible**

Ya conocidos los diámetros del alimentador, ramales y subramales, procederemos a calcular el cálculo de presiones, hasta el nivel más alejado horizontalmente y vertical.

Según el R.N.E la presión de salida no deberá ser menor que 2 m.c.a. como mínimo.

PERDIDA DE CARGA Y PRESIONES DISPONIBLES												
HOJA DE CALCULO												
Tramo	Condiciones			Elementos		Le		hf	Punto	Nivel		Presion (m.c.a.)
						C =	100			Piezométrico	Fisico	
S-1P	Longitud	12.34	12.34 m tub. De PVC Clase 10	6.61								
	U.G.	130.00	1 válvula de pie de 2"	3.90								
	Caudal (l/s)	1.91	1 válvulas de compuerta de 2"	0.35								
	Caudal (gl/min)	30.32	2 uniones universales de 2"	0.90								
	Diametro (plg)	2.00	1 válvula check horiz. 2"	1.90								
			1 tee derivada de 2"	3.05								
			1 tees derivadas (+ tapon) de 1"	3.05								
			6 codos de 90° de 2"	12.90								
			1 tee salida bilateral 2"	3.50								
			4 tee derivacion 2"	12.2								
			1 ampliación de 1 1/2" a 2"	0.35								
	hf-1	0.48										
	S (gradiente hidraulico)	0.04	Sumatoria Le	48.71			1.91	1P	26.09	2.05	24.04	
1P-2P	Longitud	2.54	2.54 m tub. De PVC Clase 10	1.36								
	U.G.	104.00	1 tee derivada de 2"	3.05								
	Caudal (l/s)	1.70										
	Caudal (gl/min)	26.99										
	Diametro (plg)	2.00										
	hf-1	0.08										
	S (gradiente hidraulico)	0.03	Sumatoria Le	4.41			0.14	2P	25.95	4.70	21.25	
2P-3P	Longitud	2.54	2.54 m tub. De PVC Clase 10	1.36								
	U.G.	78.00	1 tee derivada de 2"	3.05								
	Caudal (l/s)	1.43										
	Caudal (gl/min)	22.70										
	Diametro (plg)	2.00										
	hf-1	0.06										
	S (gradiente hidraulico)	0.02	Sumatoria Le	4.41			0.10	3P	25.84	7.35	18.49	
3P-4P	Longitud	2.54	25.94 m tub. De PVC Clase 10	1.36								
	U.G.	52.00	1 tee derivada de 2"	3.05								
	Caudal (l/s)	1.15										
	Caudal (gl/min)	18.26										
	Diametro (plg)	2.00										
	hf-1	0.04										
	S (gradiente hidraulico)	0.02	Sumatoria Le	4.41			0.07	4P	25.78	10.00	15.78	
4P-5P	Longitud	2.54	2.54 m tub. De PVC Clase 10	1.36								
	U.G.	26.00	1 tee derivada de 2"	3.05								
	Caudal (l/s)	0.67										
	Caudal (gl/min)	10.64										
	Diametro (plg)	2.00										
	hf-1	0.01										
	S (gradiente hidraulico)	0.01	Sumatoria Le	4.41			0.02	5P	25.75	12.65	13.10	
5P-A5	Longitud	2.54	10.27m tub. De PVC Clase 10	1.36								
	U.G.	26.00	1 codo de 90° de 2"	2.15								
	Caudal (l/s)	0.67	1 reduccion de 2" a 1"	5.35								
	Caudal (gl/min)	10.636	1 medidor de 1"	5.35								
	Diametro (plg)	1	9 codos de 90° de 1"	8.10								
			Valvula de Compuerta 1"	0.20								
			2 uniones universales de 1"	0.60								
	hf-1	0.42										
	S (gradiente hidraulico)	0.17	Sumatoria Le	23.11			3.82	A5	20.93	12.15	8.78	
A5-B5	Longitud	1.44	1.44 m tub. De PVC Clase 10	0.77								
	U.G.	16.00	2 tee recta de 1"	0.15								
	Caudal (l/s)	0.46										
	Caudal (gl/min)	7.303										
	Diametro (plg)	1.00										
	hf-1	0.12										
	S (gradiente hidraulico)	0.08	Sumatoria Le	0.92			0.08	B5	20.86	12.15	8.71	
B5-C5	Longitud	2.85	2.85 m tub. De PVC Clase 10	1.53								
	U.G.	2.00	1 tee recta de 1"	0.08								
	Caudal (l/s)	0.43										
	Caudal (gl/min)	6.826										
	Diametro (plg)	1.00										
	hf-1	0.21										
	S (gradiente hidraulico)	0.07	Sumatoria Le	1.60			0.12	C5	20.74	12.15	8.59	
C5-c5	Longitud	1.72	1.72 m tub. De PVC Clase 10	0.92								
	U.G.	5.00	1 codo de 90° de 1"	0.90								
	Caudal (l/s)	0.23	reduccion 1" a 3/4"	0.15								
	Caudal (gl/min)	10.95	4 codos de 90° de 3/4"	3.00								
	Diametro (plg)	0.75	Valvula Compuerta 3/4"	0.15								
			2 uniones universales 3/4"	0.50								
			3 tee recta de 3/4"	0.11								
	hf-1	0.16										
	S (gradiente hidraulico)	0.09	Sumatoria Le	5.72			0.53	c5	20.21	12.15	8.06	
c5-DUCHA	Longitud	2.31	2.31 m tub. De PVC Clase 10	1.24								
	U.G.	2.00	1 tee derivada 3/4"	1.2								
	Caudal (l/s)	0.12	reduccion de 3/4" a 1/2"	0.10								
	Caudal (gl/min)	10.95	3 codos de 90° de 1/2"	1.80								
	Diametro (plg)	0.50	2 uniones universales	0.40								
		0.46	1 valvula de compuerta	0.10								
	hf-1	0.20										
	S (gradiente hidraulico)		Sumatoria Le	4.84			0.97	DUCHA	19.25	14.15	5.10	
				<b>SUMA</b>			<b>7.75</b>					

En la tabla anterior podemos verificar si cumple los requerimientos del R.N.E. indica que la presión mínima de salida sea de 2 m.c.a. en el punto más desfavorable que es “DUCHA”, que pertenece a la ducha del 5to nivel en la parte superior.

Como se observa la presión en el punto “DUCHA” su presión de salida es de 5.1 m.c.a. cumpliendo con lo estipulado.

Entonces teniendo como presión de 5.1 m.c.a. en el punto más desfavorable, observamos que en los puntos de derivación (A, B) la presión está por encima del valor mínimo, por lo que no es necesario hacer el chequeo respectivo para cada aparato.

Se hizo una verificación con diámetros menores a los colocados, y su presión fue menor a lo estipulado, con esto podemos decir que los diámetros son definitivos.

- **Perdida de Carga Total**

De la tabla de presiones disponibles, se encuentra una pérdida de  $h_f = 7.75$  m.

La pérdida de carga total:

$$\begin{aligned}H_t &= H_s + H_i + h_f + 2 + 2 \\H_t &= 2 + 15.9 + 7.75 + 2 + 2 \\H_t &= 29.65 \text{ m. c. a.} = 42.11 \text{ psi}\end{aligned}$$

La presión nos salió 42.11 psi, tomaremos una presión mínima de:

$$P_{min} = 20.00 \text{ psi}$$

La presión máxima y la presión promedio está dado por la siguiente expresión:

$$P_{max} = P_{min} + \Delta P$$

$$P_{prom} = 0.50(P_{max} + P_{min})$$

**Donde:**

$\Delta P$  = varia entre 15 psi @ 30 psi ( presostato)

$P_{prom}$  = es la presión de operación

Calculamos la presión máxima:

$$P_{max} = 20 + 25 = 45 \text{ psi}$$

$$P_{prom} = 0.5(20 + 45) = 32.5 \text{ psi} = 33 \text{ psi}$$

Presión máxima superada por 42.11 psi

- **Calculo de la Bomba**

Escogemos una bomba monofásica HIDROSTAL, capaz de superar la  $P_{max}$  en T.H.

Tenemos los siguientes datos:

<b>Q</b>	<b>2.91</b>	<b>l/s</b>
<b>P máx.</b>	<b>45</b>	<b>psi</b>
<b>P máx.</b>	<b>31.69</b>	<b>m</b>

En las tablas de HIDROSTAL, tenemos las siguientes bombas que superan la  $P$  máx.:

<b>MODELO</b>	<b>CAUDAL (Lt/s)</b>	<b>H máx. (m)</b>	<b>H máx. (psi)</b>	<b>HP</b>	<b>Dia. Succión</b>	<b>Dia. Impulsión</b>
32-125-5	3.00	40	56.8	5	2"	1 1/2"
40-125-6.6	3.00	37	52.54	6.6	2"	1 1/2"
B1.1/2X2-3.4T	2.91	32	45.44	3.4	2"	1 1/2"

Tabla 27 - Elección de Bombas

Los tres modelos mostrados en la tabla superan la  $P$  máx., y elegiremos el tercer modelo que es B1.1/2X2-3.4T.

Con este dato se determina la presión S (tabla de presiones), y a partir de esta se obtienen las demás presiones.

Bomba modelo B1.1/2X2-3.4T

$$P_s = Z_s - P_s = -3.75 + 32 = 28.25 = 28 \text{ m. c. a.}$$

- **Cálculo del Volumen del T.H.**

Para el cálculo de volumen del T.H. debemos irnos a tablas de presión + capacidad de T.H. de HIDROSTAL. Tenemos los siguientes datos presión mínima de 20 psi, una presión promedio de 33 psi y un caudal de 2772 gph (Q=2.91L/s).

De las tablas tenemos lo siguiente:

Q	Vt
2760	220
2772	220.97
3930	315

Con el valor de 220.97 asumimos un valor de 220 galones que debe tener el tanque. El régimen de operación de la bomba prende o arranca a la presión de 20 psi y apaga a la presión de 45 psi.

Con todos estos datos nos vamos a las tablas de HIDROSTAL.

Tenemos el T.H. TMUBCM220 B1.1/2X2-5.7T

TM	UB	CM220	B	1 1/2	X	2	5.7	T
TRES TANQUES	UNA BOMBA	MODELO	TAMAÑO	DESCARGA	SUCCION	HP	TRIFASICO	

Tabla 28 - Elección de Tanque Hidroneumático.

Su modelo CM220

VOLUMEN	119 GAL
P PRECARGA	38 PSI
D	25 PULG
L	62 PULG
DIA DESCARGA	1 1/4 PULG
PESO	166 LB

Tabla 29 - Detalle del Modelo del T.H.

- **Detalles e isométricos de la instalación de agua fría.**

En las siguientes figuras se muestran los detalles de la de la instalación de agua fría y los isométricos de todo el sistema de agua fría.

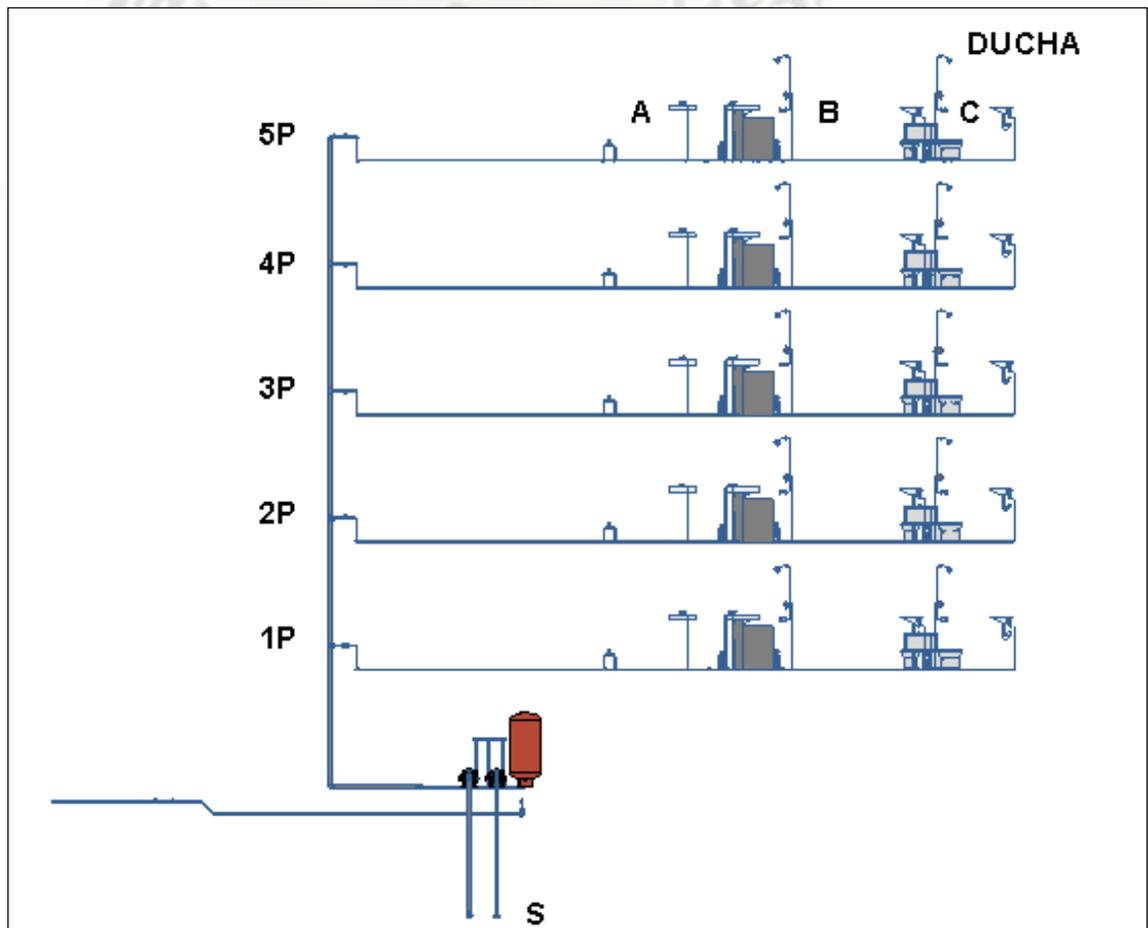


Figura 83 - Detalle para el cálculo de presiones de agua fría realizado por Revit MEP.

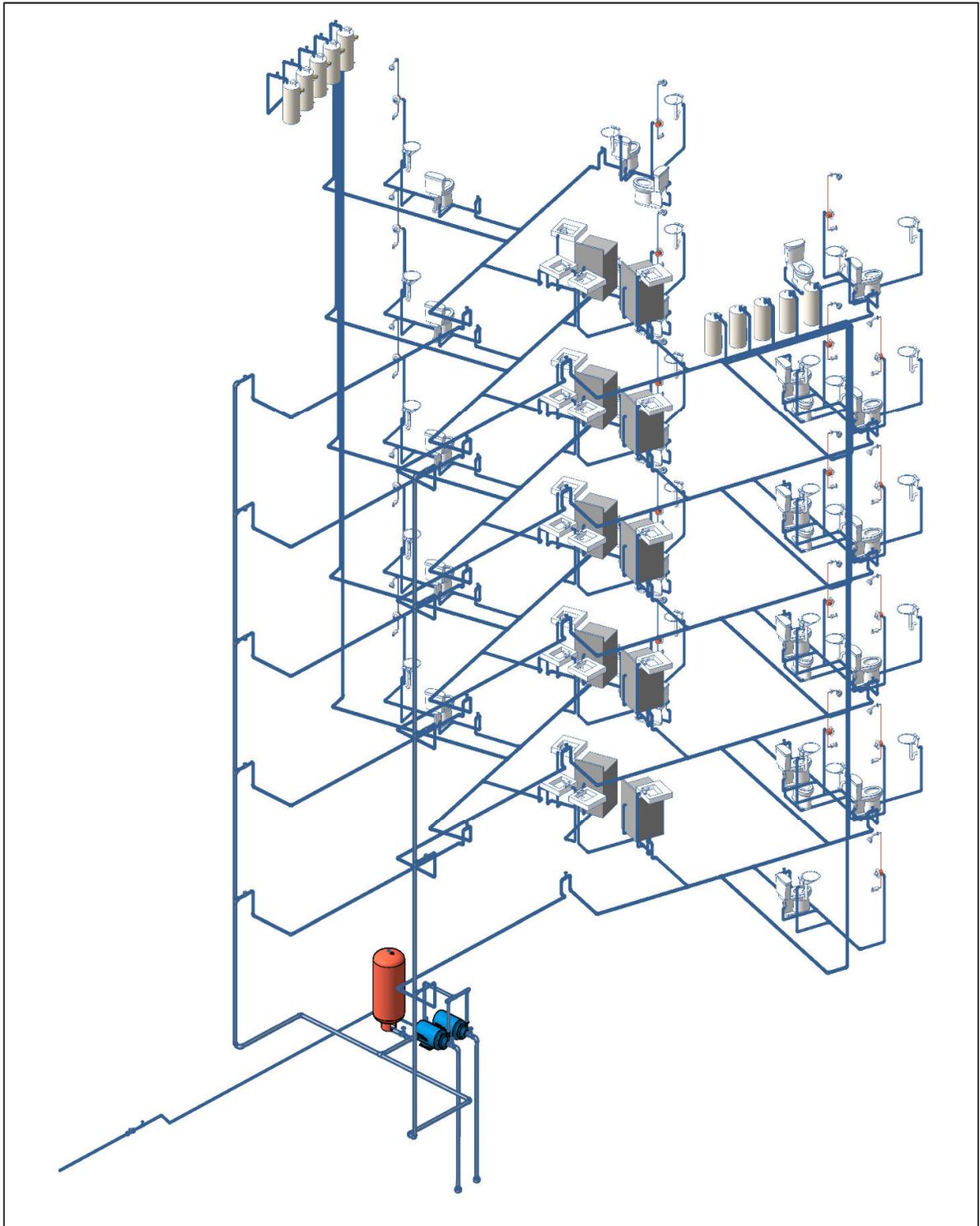


Figura 84 - Isométrico de agua fría realizado por Revit MEP.

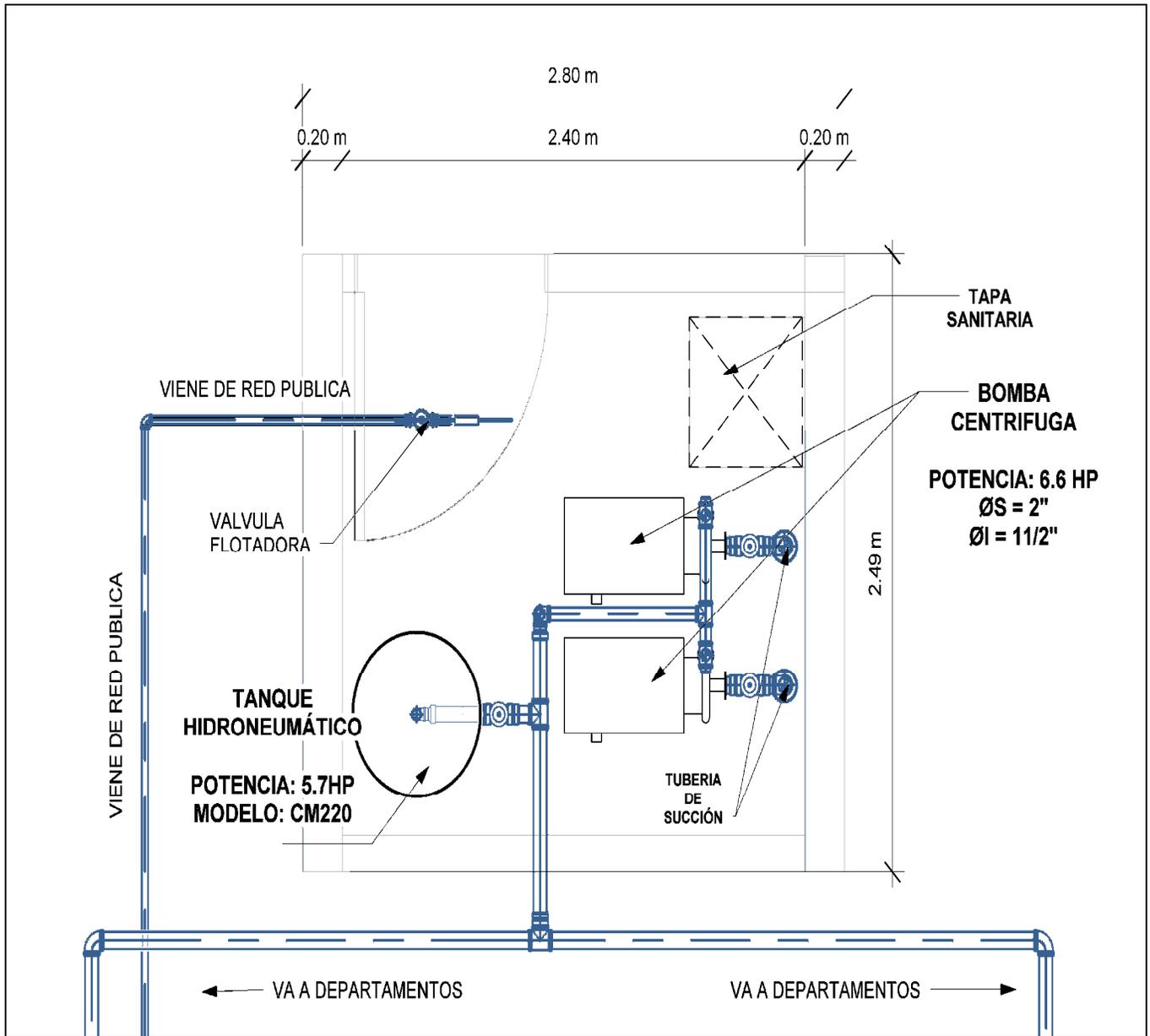


Figura 85 - Detalle de bomba y T.H realizado por Revit MEP

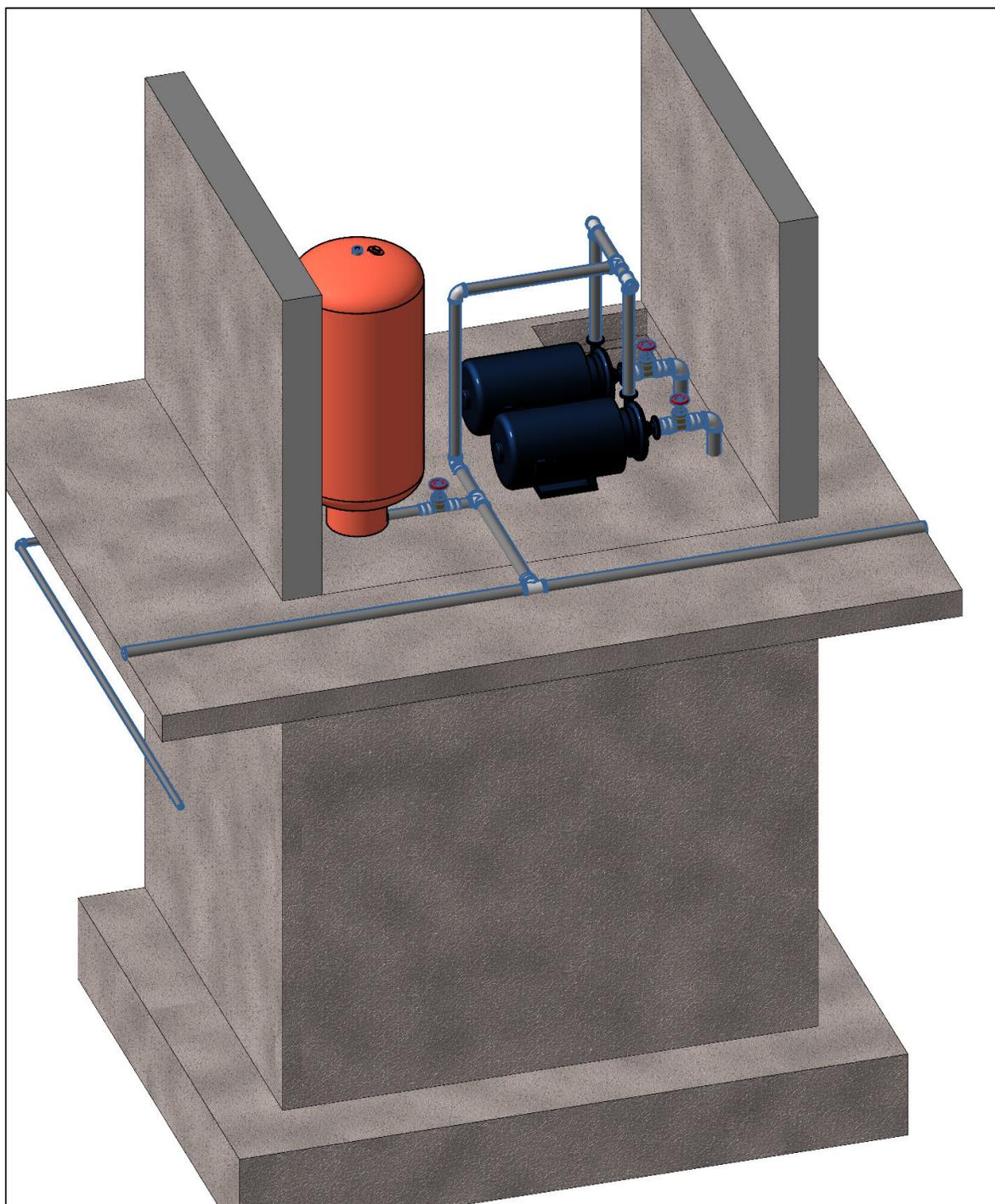


Figura 86 - 3D detalle de bomba y T.H. realizado por Revit MEP

## 7.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CALIENTE

### 7.4.1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la higiene corporal, el lavado de utensilios y otras actividades, requieren de agua a mayor temperatura que la ambiental, por lo que en la mayoría de las edificaciones es necesario considerar un sistema de suministro de agua caliente.

El sistema de abastecimiento de agua caliente en un edificio, consiste en la instalación de las redes y equipo que produce, almacena y conduce dicho agua hasta el aparato en que se descarga en cantidad, presión y temperatura conveniente.

Se debe garantizar las necesidades de consumo, la seguridad y la potabilidad del agua del suministro público.

### 7.4.2. COMPONENTES DEL SISTEMA

El sistema de abastecimiento de agua caliente está constituido por un calentador con o sin tanque acumulador, una tubería que transporte el agua a los diferentes artefactos que la requieren y luego una tubería de retorno de agua caliente que devuelve al calentador al agua no utilizada. Esta tubería de retorno no es requerida en pequeñas instalaciones.

Temperaturas de Calentamiento se regulan por el tipo de uso:

USO	TEMPERATURA
Higiene corporal	45° C – 55° C
Lavador de ropa y utensilios	60° C – 70° C
Para fines medicinales	90° C – 100° C

Tabla 30 - Temperaturas de Calentamiento según el Uso – Fuente: 5ta Unidad de las separatas Instalaciones en Edificaciones por Ing. Alejandro Hidalgo.

Generalmente, las instalaciones de agua caliente se pueden considerar como un subsistema del sistema de abastecimiento de agua de la edificación ya que la presión necesaria para su funcionamiento y el caudal requerido son suministrados por la red de distribución general.

#### **7.4.2.1. Generadores de agua caliente**

Son equipos utilizados para calentar agua y de acuerdo al combustible que se utiliza para producir calor, adoptan los nombres correspondientes:

- Eléctrico
- A gas
- Solar
- A petróleo o a vapor

La característica de un calentador es la producción de agua caliente por un tiempo determinado.

#### **7.4.2.2. Instalaciones**

Los tubos de cobre son los más aconsejables en las instalaciones de agua caliente, aunque los más usados son los de plástico CPVC.

En instalaciones pequeñas se utilizan calentadores eléctricos, a gas, solares. El calentador eléctrico y solar tienen un tanque acumulador, mientras que el calentador a gas calienta directamente.

En grandes instalaciones se utilizan calentadores a gas, a petróleo o a vapor y se debe contar con depósitos acumuladores. En este caso se requiere de ambientes de suficiente espacio y con buena ventilación.

Deberán instalarse dispositivos destinados a controlar el exceso de presión de los sistemas de producción de agua caliente. Dichos dispositivos se ubicarán en los equipos de producción o en las tuberías de agua fría o caliente próximas a él, siempre que no existan válvulas entre los dispositivos y el equipo; y se graduarán de tal modo que puedan operar a una presión mayor que la requerida para el normal funcionamiento del sistema.

### **7.4.3. DOTACIONES**

Las cantidades que se fijan son parte de las dotaciones de agua establecidas en el numeral 3.2 del R.N.E. Ahí indican las dotaciones de agua caliente requeridas para:

- Viviendas Unifamiliares y Multifamiliares
- Hoteles y Pensiones
- Restaurantes, Residenciales Estudiantiles
- Gimnasios
- Hospitales, clínicas, similares.

#### **7.4.3.1. Distribución**

La distribución de agua caliente desde el equipo de producción a los aparatos sanitarios o puntos requeridos, se puede realizar con retorno o sin retorno.

El sistema sin retorno se permite solamente en instalaciones con calentadores individuales.

El sistema con retorno deberá utilizarse en aquellos edificios donde se instalen equipos centrales de producción de agua caliente.

Para el cálculo de la capacidad del equipo de producción de agua caliente, así como para el cálculo de la capacidad

del tanque de almacenamiento, se realizarán en base a la dotación de agua caliente diaria asignada según la tabla en el número 3.4 del R.N.E.

### **Calentamiento directo**

Consiste en instalar un calentador en el lugar apropiado con la suficiente capacidad de producción o almacenamiento para abastecer un determinado número de salidas en los aparatos sanitarios en los que se requiere de agua caliente. El suministro de agua fría al calentador, se hará desde la red de distribución general y a partir del mismo se diseñará una red de distribución de agua caliente con capacidad para producir la máxima demanda simultánea de agua caliente.

#### **7.4.3.2. Sistemas en grandes instalaciones de producción central**

Se usa en estos casos:

- Existe un número importante de servicios sanitarios con requerimiento de agua caliente.
  - Distancias considerables entre el equipo de producción de agua caliente y los servicios.
  - La salida de agua caliente en el aparato sanitario sea muy rápida.
- **Sistema Ascendente con Circulación por Gravedad**

Consiste en una red de distribución que partiendo de la fuente de producción del agua caliente, alimenta de abajo hacia arriba a los diferentes servicios formando

montantes ascendentes. Al final de cada uno de los montantes se instala una tubería de retorno que regresa con agua fría al calentador.

- **Sistema Descendente con Circulación por Gravedad**

Consiste en instalar una sola montante que lleva el agua caliente hasta la parte superior del edificio, desde donde se distribuye en montantes bajantes que vienen alimentando los diferentes servicios de arriba hacia abajo. Los extremos de las bajantes se unen en una para llevar de retorno al agua enfriada al calentador.

#### **7.4.3.3. Sistemas de distribución con retorno a la unidad de calentamiento**

- Las tuberías de alimentación de agua caliente se calcularán de acuerdo con lo establecido en el numeral 2.3. Es decir, de manera análoga al sistema de agua fría.
- El objeto del retorno del agua enfriada a la unidad de calentamiento es permitir que el agua caliente circule permanentemente dentro de la tubería de alimentación, para que los ocupantes del edificio puedan obtenerla en cualquier momento eliminando al mínimo el desperdicio.
- El suministro de agua fría proveniente del tanque elevado o del sistema hidroneumático y va hacia la unidad de calentamiento que llega por un tubo que acomete a una altura de 15 cm del fondo. La tubería

de retorno del agua enfriada puede conectarse a la del suministro, para garantizar que el agua caliente siempre se encuentra en la parte superior del tanque del calentador.

- Las pérdidas de carga en el tanque de almacenamiento pueden ser omitidas en el cálculo.
- Nota: Tanto el proyecto como la instalación del equipo de producción y almacenamiento de agua caliente, no son competencia del ingeniero civil.

#### 7.4.4. DISEÑO DE AGUA CALIENTE

##### Dotaciones

Como se indicó en el numeral 7.4.3 de la presente tesis, para hallar el cálculo de la dotación diaria de agua caliente debemos utilizar la tabla 3.2(a) de la norma IS.0.10.

Número de dormitorios por Vivienda	Dotación diaria en Litros
1	120
2	250
3	390
4	420
5	450

Tabla 31 - Dotación de Agua Caliente para Residencias unifamiliares y multifamiliares - Fuente: ítem 3.2a de la norma IS.0.10 del RNE 2006.

A continuación se muestra la tabla de dotación para todo el edificio:

Nivel	Departamentos por nivel	# Dormitorios por nivel	Dotación por departamento	Dotación por nivel
1	2	2	250	500
2	2	2	250	500
3	2	2	250	500
4	2	2	250	500
5	2	2	250	500
<b>TOTAL</b>				<b>8500</b>

En la tabla anterior nos indica que la dotación diaria total del edificio es 2500 litros. Utilizaremos para cada departamento un tanque independiente, es decir, 10 tanques con capacidad de 250 L.

### Equipos de producción

En la norma IS.0.10, en el ítem 3.4 nos indica que para el cálculo de la capacidad del equipo de producción de agua caliente, así como el cálculo de la capacidad del tanque de almacenamiento, se utilizarán las relaciones que se indican a continuación en base a los cálculos de la dotación de agua caliente diaria asignadas, según la siguiente tabla:

TIPO DE EDIFICACION	CAPACIDAD DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN RELACION CON LA DOTACION DIARIA EN LITROS	CAPACIDAD HORARIA DEL EQUIPO DE PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE, EN RELACIÓN CON LA DOTACIÓN DIARIA
RESIDENCIAS UNI Y MULTIFAMILIARES	1/5	1/7
HOTELES, ALOJAMIENTOS, ALBERGUES	1/7	1/10
RESTAURANTE	1/5	1/10
GIMNASIOS	2/5	1/7
HOSPITALES, CLINICAS	2/5	1/6

Tabla 32 - Capacidad del equipo de producción de agua caliente – Fuente: ítem 3.4 de la Norma IS.0.10 del RNE 2006.

A continuación se detalla la capacidad del tanque de almacenamiento para nuestro edificio.

Tipo de Edificación	Dotación L/día	Relación	Capacidad del Tanque
Edificio	2500	1/5	500
Departamento	250	1/5	50

Como dijimos anteriormente cada departamento tendrá su propio tanque, con la tabla anterior nos dio la capacidad del tanque que es de 50 Litros.

### Distribución

De acuerdo al R.N.E. (3.3c y 3.3d) y a lo especificado en la presente tesis, nuestra distribución será un calentamiento directo y sin retorno.

Para el diseño de las redes de distribución de agua caliente se calculó de forma análoga a la de agua fría, teniendo lo siguiente:

#### Primer Piso

Aparato	Cantidad	UhxAparato	Subtotal
Lavaderos	2	2	4
Lavatorios	3	0.75	2.25
Inodoro con tanque	3	0	0
Lavadora	1	2	2
Ducha	2	1.5	3
			<b>11.25</b>

Como cada departamento tiene un propio tanque de almacenamiento de agua caliente, calculamos en la anterior tabla el UH de un departamento dándonos 11.25 UH, ingresando a tablas en el anexo 3 nos da un valor del caudal  $Q = 0.40 \text{ l/s}$ , dándonos los siguientes diámetros de diseño para los ramales:

$$\varnothing_{max} = 1" \quad , \quad \varnothing_{min} = 3/4"$$

Por lo tanto se considerará para el diámetro de la tubería de los ramales un diámetro de  $\frac{3}{4}$ " y para los subramales (ingreso a los aparatos) un diámetro de  $\frac{1}{2}$ ".

### Gráfico de instalaciones agua caliente

Las siguientes figuras se mostrarán la distribución de la instalación de agua caliente y el isométrico de agua caliente de todo el edificio.

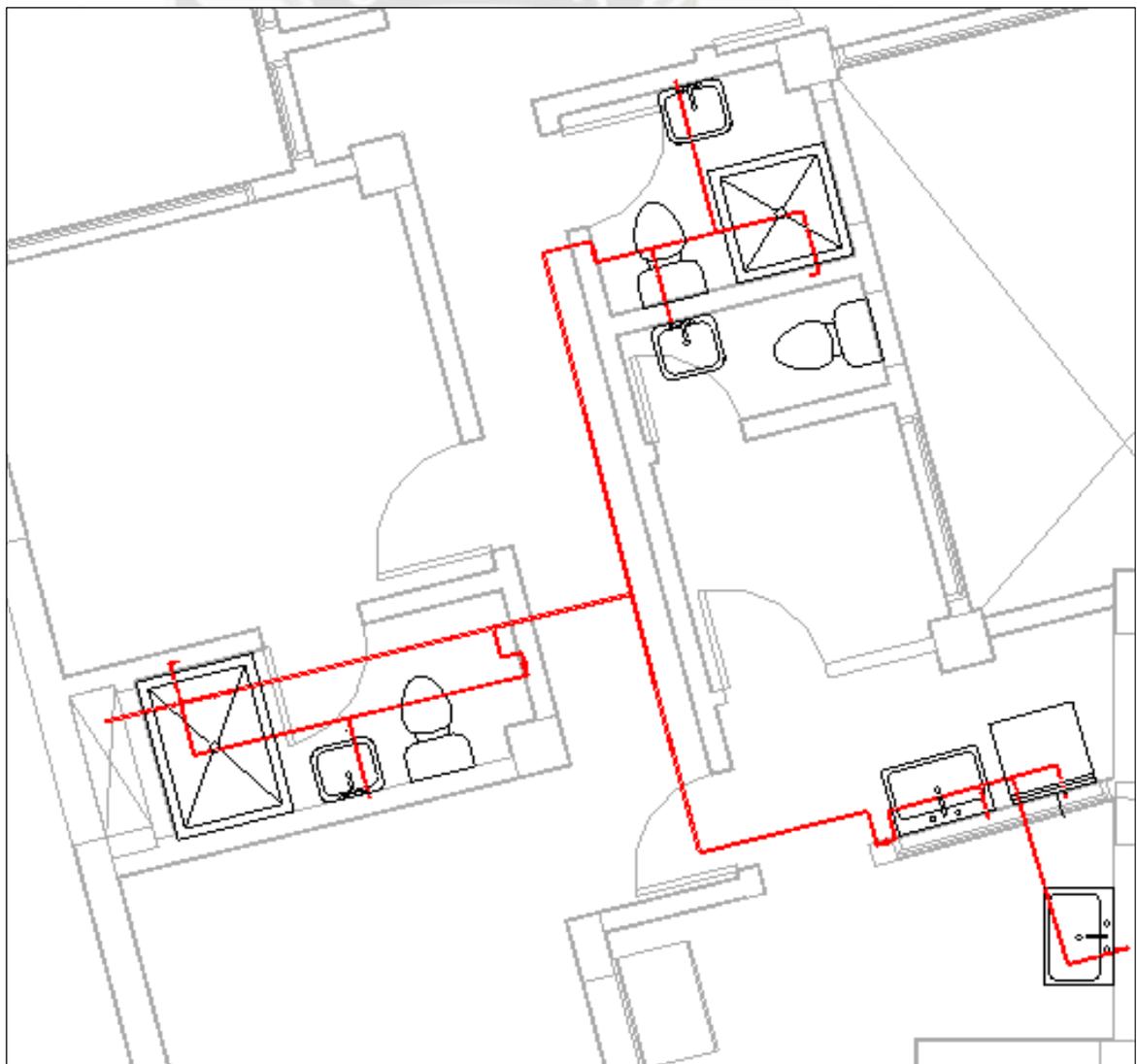


Figura 87 - Trazo del Sistema de Abastecimiento de Agua Caliente – Realizado por Revit MEP.

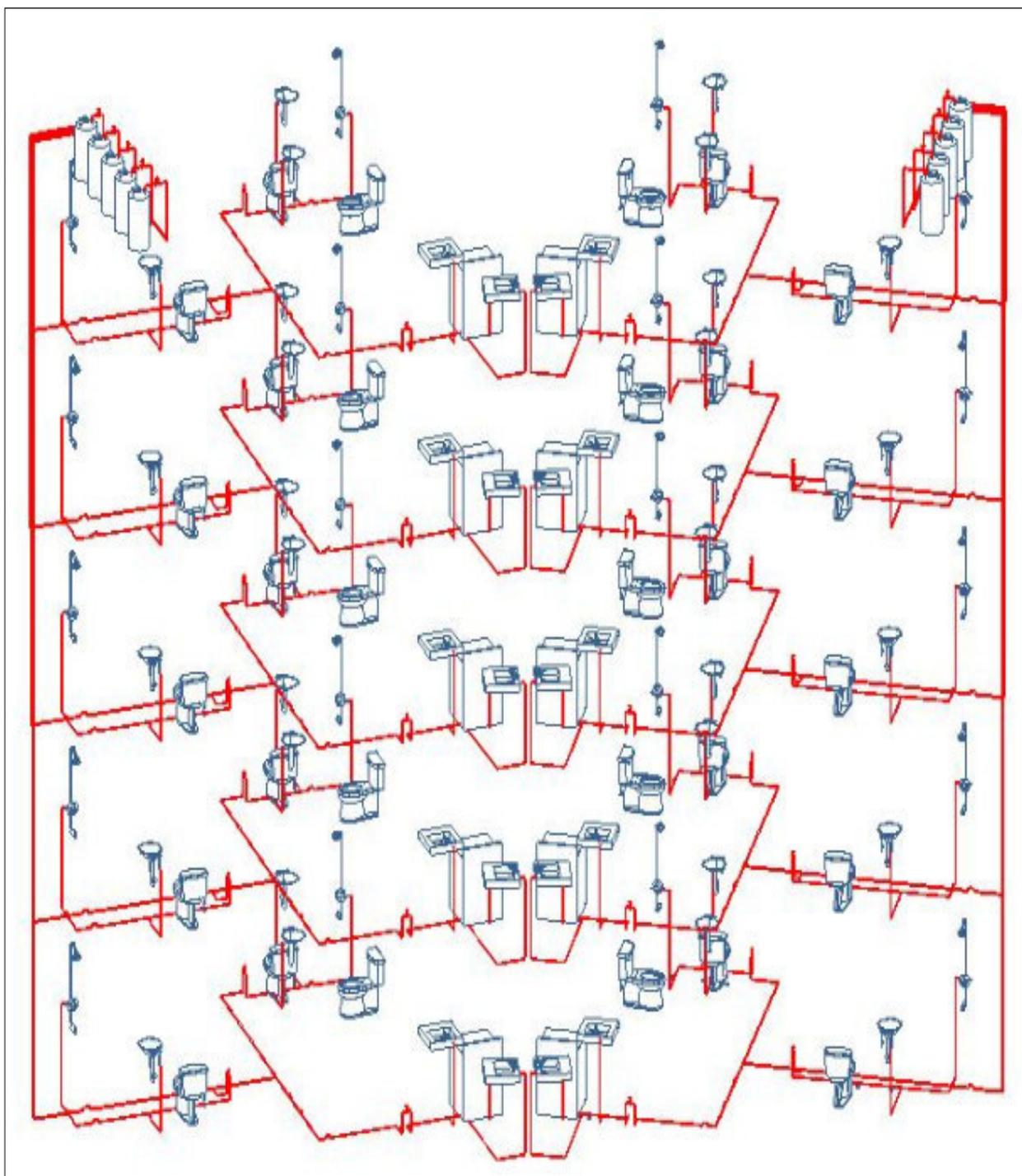


Figura 88 - Isométrico Agua Caliente realizado por Revit MEP

## 7.5. DISEÑO DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Al hablar de incendios se está refiriéndose implícitamente al FUEGO, cuyos componentes principales son:

- **Materiales combustibles:** Los que pueden arder o producir lumbre y que necesitan de una sustancia que produzca la combustión.
- **Material comburente:** Aquel que hace posible la combustión de los materiales pasibles de arder. Ejemplo: el oxígeno.
- **Calor:** Energía que se libera durante la combustión y que además lo retro-alimenta, pues cada material combustible tiene su temperatura de inflamación.

Es evidente la necesidad de protección contra los incendios, pues estaremos preservando las propiedades y el más importante la vida de las personas. La protección contra incendios se enfoca bajo dos aspectos definidos:

**Prevención:** Aspecto que contempla las normas y requisitos arquitectónicos y de ocupación, así como de construcción e instalaciones electromecánicas, estipulados por el RNE y por la legislación existente.

**Combate:** Aspecto relativo a los medios y sistemas para la extinción de los incendios en el interior y exterior de las edificaciones. Corresponde a las instalaciones sanitarias el manejo del agua como uno de los elementos extintores e involucrar conceptos de salud.

### 7.5.1. Sistemas (4.1 DE LA NORMA IS.0.10):

- Alimentadores y gabinetes contra incendio equipados con mangueras para uso de los ocupantes de un edificio.
- Alimentadores y gabinetes contra incendio equipados con mangueras para uso del Cuerpo de Bomberos de la ciudad.

- Alimentadores y mangueras para uso combinado de los ocupantes del edificio y del Cuerpo de Bomberos de la ciudad.
- Rociadores automáticos, que se activan con detectores de humo o de aumento de temperatura.

**7.5.2. Sistema de tubería y dispositivos para ser usados por los ocupantes (4.2 de la norma IS.0.10):**

Será obligatorio el sistema de tuberías y dispositivos para ser usados por los ocupantes del edificio, en todo aquel que sea de más de 15 m de altura, debe cumplir los siguientes requisitos:

- La fuente de agua podrá ser la de abastecimiento público, hidrantes o carros bomba (tanques con motobombas) del Cuerpo de bomberos o fuente propia del edificio, siempre que garantice el almacenamiento previsto en el sistema.
- El almacenamiento de agua en la cisterna o tanque para combatir incendios debe ser por lo menos de 25 m<sup>3</sup>.
- Los alimentadores deben calcularse para obtener el caudal que permita el funcionamiento simultáneo de dos mangueras, con una presión mínima de 45 m. en el punto de conexión más desfavorable. El diámetro mínimo será de 100 mm. En los pisos donde no sea posible obtener la presión mínima, se podrán usar en reemplazo de las mangueras extintores adecuados.
- Los alimentadores deberán ser espaciados en forma tal, que todas las partes de los ambientes del edificio puedan ser alcanzadas por el chorro de las mangueras.
- Antes de cada conexión para manguera se instalará una válvula de globo recta o de ángulo: la conexión para

manguera será de rosca macho con el diámetro correspondiente.

- Los alimentadores deberán conectarse entre sí mediante una tubería cuyo diámetro no sea inferior al del alimentador de mayor diámetro.
- Al pie de cada alimentador, se instalará una llave de purga y una llave de compuerta.
- Las bombas de agua contra incendio, deberán de llevar control de arranque para el funcionamiento automático.
- La alimentación eléctrica a las bombas de agua contra incendio deberá ser independiente y conectada al grupo electrógeno del edificio.

Según el ítem 4.2 de la norma IS.0.10 del RNE 2006, nos dice que: Será obligatorio el sistema de tuberías y dispositivos para ser usado por los ocupantes del edificio, en todo aquel que sea más de 15 metros de altura. Y nuestro edificio a diseñar, cuenta con una altura de 14.80 m desde el NNT.

**Por lo tanto no se diseñará el Sistema Contra Incendios.**

## **7.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUAS PLUVIALES**

Para el diseño del sistema de aguas de lluvia o pluviales se debe tener en consideración lo siguiente:

- Dentro de la edificación no se permite mezclar aguas negras y aguas de lluvia; se deben conducir separadamente hasta los límites de la misma.

- Las tuberías que conducen agua de lluvias pueden fluir llenas, ya que no se requiere mantener las presiones en valores especiales como el sistema sanitario y tampoco hace falta ventilarlas.
- No se deben usar las redes pluviales como montantes o ventilaciones de redes sanitarias.
- La intensidad aceptada para diseño de edificaciones es de 100 mm/hora.
- La red de aguas de lluvias debe estar en capacidad para evacuar el mismo caudal generado por la precipitación instantánea.
- Al área proyectada horizontalmente se debería agregar el efecto de los muros verticales adyacentes que pueden captar un porcentaje de la precipitación de acuerdo a la inclinación que tome por acción del viento, la cual finalmente cae a la superficie horizontal. Se recomienda tomar el 35% o el 50% del área vertical, aunque depende en buena parte del material del muro y su capacidad de retención del agua (alcance de la norma colombiana).

#### **7.6.1. RECOLECCION DE AGUAS PLUVIALES**

##### **Recolección (item 7.1 norma IS0.10)**

- Cuando no exista un sistema de alcantarillado pluvial y la red de aguas residuales no haya sido diseñada para recibir aguas de lluvia, no se permitirá descargar este tipo de aguas residuales. Estas deberán disponerse al sistema de drenaje o áreas verdes existentes.
- Los receptores de aguas de lluvia estarán provistos de rejillas de protección contra el arrastre de hojas, papeles, basura y similares. El área total libre de las rejillas será por lo menos dos veces el área del conducto de elevación.

- Los diámetros de las montantes y los ramales de colectores para aguas de lluvia estarán en función del área servida y de la intensidad de la lluvia.
- Los diámetros de las canaletas semicirculares se calcularán tomando en cuenta el área servida, intensidad de lluvia y pendiente de canaleta.
- A influencia de las canaletas semicirculares se calcularan tomando en cuenta el área servida, intensidad de lluvia y pendiente de la canaleta.
- La capacidad de las bombas de las cámaras de bombeo se calculará teniendo en cuenta la máxima intensidad de lluvia registrada en los últimos años.

#### **Almacenamiento y elevación (item 7.2 norma IS0.10)**

El volumen de almacenamiento estará de acuerdo a la intensidad y frecuencia de lluvias. El sistema de elevación deberá considerar lo señalado en los 2.4 y 2.5 de la norma IS0.10.

#### **7.6.2. DISEÑO DE SISTEMA DE AGUAS PLUVIALES**

- **Intensidad de lluvia (I)**

La intensidad de lluvia es un dato que nos proporciona el SENAMHI. En la ciudad de Arequipa las precipitaciones en los últimos 5 años se han incrementado por diferentes razones. En el mes de Marzo del 2016, se registró una intensidad de lluvia de 110 mm.

- **Área de drenaje**

Se colocaron 6 montantes para aguas pluviales, cada montante con un área horizontal de servicio, siendo las siguientes áreas:

- A1 = 23.52 m<sup>2</sup>
- A2 = 28.46 m<sup>2</sup>
- A3 = 32.15 m<sup>2</sup>
- A4 = 34.21 m<sup>2</sup>
- A5 = 43.90 m<sup>2</sup>
- A6 = 43.56 m<sup>2</sup>
- A7 = 27.52 m<sup>2</sup> (área de techado de Vestibulo)

Para el cálculo de los diámetros de los conductos horizontales para agua de lluvia podemos ingresar a la siguiente tabla donde nos solicita el área servida y la intensidad de lluvias, datos que tenemos. Para elegir el diámetro de conducto elegiremos la mayor área que es 43.90 m<sup>2</sup>.

CONDUCTOS HORIZONTALES PARA AGUA DE LLUVIA										
Diámetro del Conducto	INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/h)									
	50	75	100	125	150	50	75	100	125	150
	PENDIENTE 1%					PENDIENTE 2%				
	Metros cuadrados de área servida									
3"	150	100	75	60	50	215	140	105	85	70
4"	345	230	170	135	115	490	325	245	195	160
5"	620	410	310	245	205	875	580	435	350	290
6"	990	660	495	395	330	1400	395	700	560	465
8"	2100	1425	1065	855	705	3025	2015	1510	1210	1005

Tabla 33 - Conductos Horizontales para agua de lluvia – Fuente: ítem 7.1 de la norma IS.0.10 del RNE 2006.

$$I = 125 \text{ mm}$$

$$A = 43.90 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro de Conducto} = 3''$$

Para calcular el diámetro del montante de aguas de lluvia, debemos utilizar la siguiente tabla, con los mismos datos (intensidad y área servida).

MONTANTES DE AGUAS DE LLUVIA						
Diámetro de la Montante	INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/h)					
	50	75	100	125	150	200
	<b>Metros cuadrados de área servida</b>					
2"	130	85	65	50	40	30
2 1/2"	240	160	120	95	80	60
3"	400	270	200	160	135	100
4"	850	570	425	340	285	210
5"			800	640	535	400
6"					835	625

Tabla 34 - Montantes de agua de lluvia – Fuente: ítem 7.1 de la norma IS.0.10 del RNE 2006.

$$I = 125 \text{ mm}$$

$$A = 43.90 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro de la Montante} = 2''$$

- **Detalles e isométrico de sistema de aguas pluviales**

En las siguientes figuras se mostrarán el plano de la azotea con los conductos horizontales, también los isométricos del sistema de aguas pluviales.

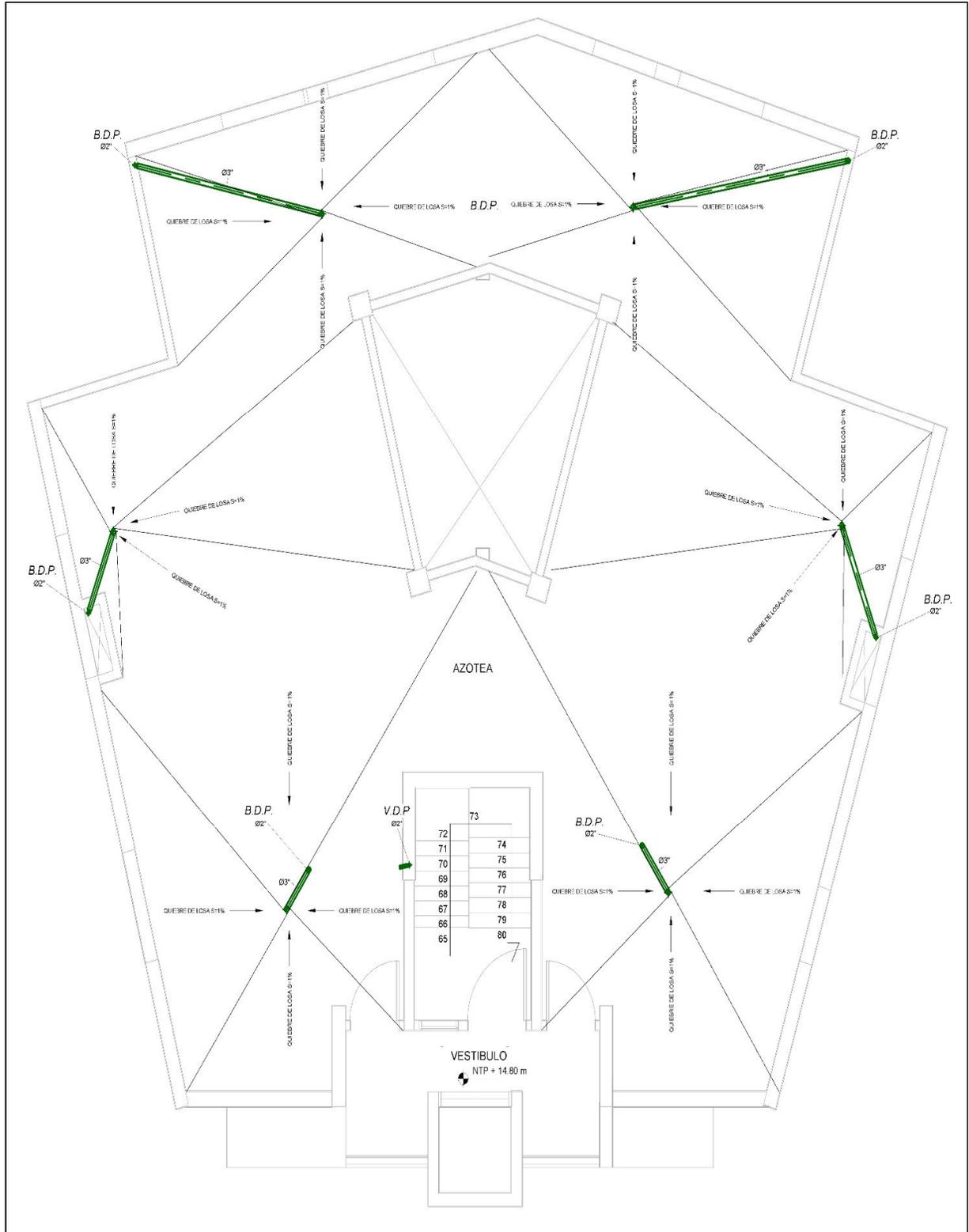


Figura 89 - Sistema de agua pluvial realizado por Revit MEP

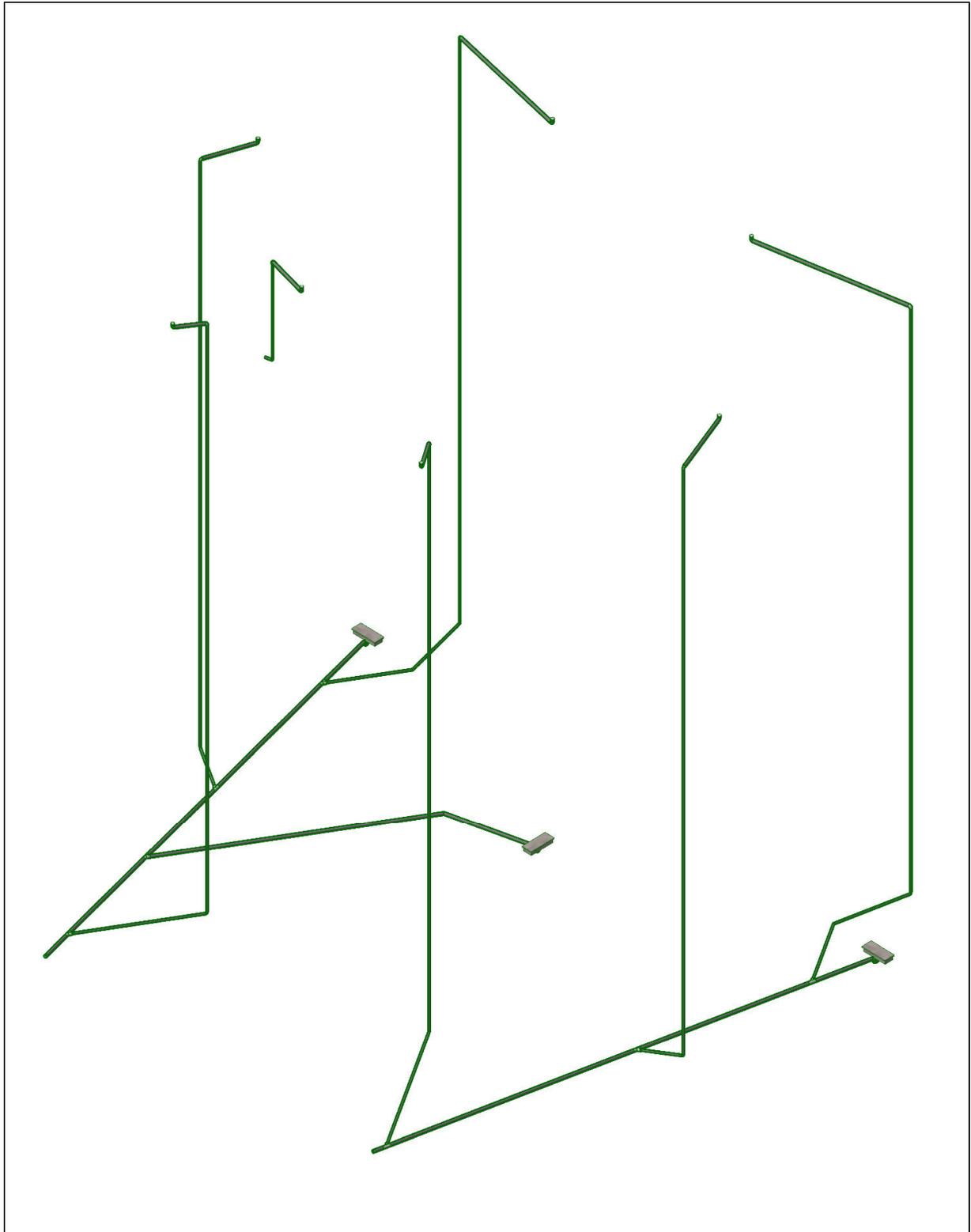


Figura 90 - Isométrico del Sistema Agua Pluvial realizado por Revit MEP.

## 7.7. DISEÑO DEL SISTEMA DE DESAGÜE O AGUAS SERVIDAS

Forman parte del sistema de evacuación de los desagües sanitarios de una edificación, el conjunto de tuberías, cajas de registro y accesorios en general que se requieren para:

- Evacuar rápidamente sin causar molestias, las descargas de los aparatos sanitarios hasta el sistema público de alcantarillado.
- Impedir el paso mediante la ventilación adecuada del aire, olores y organismos patógenos de las tuberías al interior de la vivienda o del edificio.
- Los desagües pluviales cuando sean necesario, deberán ser evacuados por un sistema completamente independiente.
- Todas las edificaciones ubicadas en lugares donde existe un colector público tienen la obligación de conectar su instalación al colector público tan pronto como este sea instalado (6.1c).
- Los materiales de que están hechas las tuberías y accesorios deberán resistir la acción corrosiva del terreno o del medio en que están instalados y de las aguas que transportan.
- Las tuberías y accesorios deben ser instalados de modo que no se provoque alteraciones con el movimiento de los edificios.

### 7.7.1. ELEMENTOS DE DESAGUE SANITARIO Y SU DIMENSIONAMIENTO

#### Ramales o derivaciones de descarga

Los ramales que reciben directamente los efluentes de los aparatos sanitarios y los conducen a un colector horizontal o bajante (montante de bajada), son de dos tipos:

**Simples:** cuando sirven a un solo aparato. El diámetro es igual a la trampa del aparato a que conectan.

**Compuestos:** cuando sirven a varios aparatos. El diámetro depende de la pendiente y el número de aparatos servidos de acuerdo con las unidades de descarga. El diámetro de un conducto horizontal no será menor que el de cualquiera de los orificios de salida de los aparatos que en el descarguen (6.2d).

### **Ramales de desagüe o colectores horizontales**

Son los conductores que reciben los efluentes de las derivaciones, en los pisos o niveles, o de los montantes de bajada, conduciéndolos a las cajas de registro o a la red de alcantarillado.

### **Montantes o columnas de bajada**

Son las tuberías verticales de un sistema de desagües, que reciben las descargas de los ramales de desagüe de los diferentes entrepisos. Se colocan en ductos o espacios especialmente previstos para tal fin y cuyas dimensiones y accesos son tales que permitan su instalación, reparación, inspección y su remoción. El diámetro de una montante no será menor que el de cualquiera de los ramales horizontales que en el descargan (6.2d).

El dimensionamiento de los colectores y de las montantes dependen del número de unidades de descarga y las pendientes de escurrimiento de acuerdo con las tablas de los *anexos 6,7,8 y 9* de la norma IS0.10 6.2c

## 7.7.2. RECOMENDACIONES REFERENTES A LOS COLECTORES Y MONTANTES

- **Colectores**

- Pueden ser embutidos en las losas de los entresijos, colgados en los entresijos o enterrados al suelo.
- En su diseño se tomará en cuenta la estrecha relación entre las pendientes y los niveles de entrega a los montantes o conexiones domiciliarias.
- La pendiente de los colectores exteriores o interiores será uniforme y no será menor de 1% para diámetros mayores o iguales a 100 mm (4") y no será menor de 1.5% para diámetros menores o iguales a 75 mm (3").

- **Montantes**

En los cambios de dirección de los montantes los diámetros de la parte inclinada y de la parte inferior del montante se calcularán de la siguiente manera:

- Si la parte inclinada forma un ángulo igual o mayor a 45° con la horizontal se calcularan como si fuera una montante tomando en cuenta las unidades de descarga (anexo 9).
- Si la parte inclinada forma un ángulo menor de 45° Con la horizontal, se calculara tomando en cuenta el número de unidades de descarga que pasa por el tramo inclinado como si fuera un colector con pendiente de 4% ítem 6.2e.
- Por debajo de la parte inclinada, el montante en ningún caso tendrá un diámetro menor que el del tramo inclinado

- Los cambios de dirección por encima del más alto ramal horizontal de desagüe no requieren aumento de diámetro.

- **Tablas a utilizar en el diseño (anexos de la norma IS0.10)**

**ANEXO N° 6**  
**UNIDADES DE DESCARGA**

Tipos de aparatos	Diámetro mínimo de la trampa(mm)	Unidades de descarga
Inodoro (con tanque).	75 (3")	4
Inodoro (con tanque descarga reducida).	75 (3")	2
Inodoro (con válvula automática y semiautomática).	75 (3")	8
Inodoro (con válvula automática y semiautomática de descarga reducida).	75 (3")	4
Bidé.	40 (1 ½")	3
Lavatorio.	32 - 40 (1 ¼" - 1 ½")	1 - 2
Lavadero de cocina.	50 (2")	2
Lavadero con trituradora de desperdicios.	50 (2")	3
Lavadero de ropa.	40 (1 ½")	2
Ducha privada.	50 (2")	2
Ducha pública.	50 (2")	3
Tina.	40 - 50 (1 1/2" - 2")	2 - 3

Tipos de aparatos	Diámetro mínimo de la trampa(mm)	Unidades de descarga
Urinario de pared.	40 (1 ½")	4
Urinario de válvula automática y semiautomática.	75 (3")	8
Urinario de válvula automática y semiautomática de descarga reducida.	75 (3")	4
Urinario corrido.	75 (3")	4
Bebedero.	25 (1")	1 - 2
Sumidero	50 (2")	2

Tabla 35 - Unidades de descarga – Fuente: Anexo 6 de la norma IS.0.10 del RNE 2006

### ANEXO N° 7

#### UNIDADES DE DESCARGA PARA APARATOS NO ESPECIFICADOS

Diámetro de la tubería de descarga del aparato (mm)	Unidades de descarga correspondientes
32 o menor (1 1/4" o menor)	1
40 (1 1/2")	2
50 (2")	3
65 (2 1/2")	4
75 (3")	5
100 (4")	5

Tabla 36 - Unidades de descarga para aparatos no específicos – Fuente: Anexo 7 de la norma IS.0.10 del RNE 2006

### ANEXO N° 8

#### NÚMERO MÁXIMO DE UNIDADES DE DESCARGA QUE PUEDE SER CONECTADO A LOS CONDUCTOS HORIZONTALES DE DESAGÜE Y A LAS MONTANTES

Diámetro del tubo(mm)	Cualquier horizontal de desagüe (*)	Montantes de 3 pisos de altura	Montantes de más de 3 pisos	
			Total en la montante	Total por Piso
32 (1 1/4")	1	2	2	1
40 (1 1/2")	3	4	8	2
50 (2")	6	10	24	6
65 (2 1/2")	12	20	42	9
75 (3")	20	30	60	16
100 (4")	160	240	500	90
125 (5")	360	540	1100	200
150 (6")	620	960	1900	350
200 (8")	1400	2200	3600	600
250 (10")	2500	3800	5660	1000
300 (12")	3900	6000	8400	1500
375 (15")	7000	-	-	-

(\*) No se incluye los ramales del colector del edificio.

Tabla 37 – Número máximo de unidades de descarga a conductos horizontales – Fuente: Anexo 8 de la norma IS0.10

## ANEXO N° 9

### NÚMERO MÁXIMO DE UNIDADES DE DESCARGA QUE PUEDE SER CONECTADO A LOS COLECTORES DEL EDIFICIO

Diámetro del tubo(mm)	Pendiente		
	1%	2%	4%
50 (2")	-	21	26
65 (2 ½")	-	24	31
75 (3")	20	27	36
100 (4")	180	216	250
125 (5")	390	480	575
150 (6")	700	840	1000
200 (8")	1600	1920	2300
250 (10")	2900	3500	4200
300 (12")	4600	5600	6700
375 (15")	8300	10000	12000

Tabla 38 –Número máximo de unidades de descarga puede ser conectado a los colectores del edificio – Fuente: Anexo 9 de la norma IS.0.10 del RNE 2006.

- **Registros**

En la norma IS0.10 en el ítem 6.2j nos dice que:

Son piezas de hierro fundido, bronce o PVC cuyo objeto es el de eliminar las obstrucciones que pudieran producirse.

Deben estar provistos de tapón roscado con dispositivos que permitan su rápida remoción, se ubicarán en sitios fácilmente accesibles y no deben estar recubiertos con ningún material.

Se colocarán registros en los sitios indicados a continuación:

- Al comienzo de cada ramal horizontal de desagüe y en los colectores suspendidos.
- Cada 15 m. en los conductos horizontales de desagüe.
- Cada dos cambios de dirección en los conductos horizontales de desagüe.

- En la parte superior de cada ramal de las trampas “U”.

Asimismo:

Todo registro será del diámetro de la tubería a la que sirve. En el caso de tuberías de diámetro mayor de 4”, se instalará un registro de 4” como mínimo.

La distancia mínima entre la tangente del tapón de cualquier registro y una pared o techo o cualquier otro elemento que pudiera obstaculizar la limpieza del sistema será de 0.10 m.

- **Caja de Registro**

En el numeral 6.2k de la norma ISO.10 dice lo siguiente:

- Las cajas podrán ser de concreto, albañilería o prefabricadas con su interior pulido. En el fondo llevaran medias cañas del diámetro de las tuberías respectivas.
- El fondo tendrá una pendiente hacia la media caña con el objeto de impedir la sedimentación de los sólidos.
- Las cajas llevan marcos y tapas que pueden ser fácilmente removidas para facilitar la limpieza de los colectores. En ambientes cerrados se permiten las cajas ciegas.
- Las dimensiones de las cajas se determinaran de acuerdo con la tabla 6.2k.
- Usos: cambio de dirección o dependiente del colector, como recolector de varios colectores o ramales.
-

### 7.7.3. DISEÑO DE LA RED DE DESAGUE

Con la ayuda de las tablas de los anexos 6, 7, 8,9, realizamos la siguiente tabla, dándonos los siguientes diámetros de diseño:

PISO	AMBIENTE	APARATO	Φ min	Φ	Cant.	U.D.	SUBTOTAL	TOTAL	Φ	MONTANTE	
			TRAMPA	RAMAL		x aparato	U.D.	U.D.	Colector Hor.	TIPO	Φ
1 @ 5	BAÑO - ESCRITORIO	Ducha privada	2	2	1	2	2		4"	M1	4"
		Inodoro con tanque	4	4	1	4	4				
		lavatorio	1 1/2	2	1	2	2	8			
	BAÑO - DORMITORIO	Ducha privada	2	2	1	2	2		4"	M1	4"
		Inodoro con tanque	4	4	1	4	4				
		lavatorio	1 1/2	2	1	2	2	8			
	BAÑO - PLANCHADO	Inodoro con tanque	4	4	1	4	4		4"	M1	4"
		lavatorio	1 1/2	2	1	2	2	6			
	COCINA	Lavadero de cocina	2	2	1	2	2	2	2"	M2	2"
	LAVANDERIA	Lavadero	2	2	1	2	2		2"	M2	2"
Lavadora		2	2	1	2	2	4				

En la tabla anterior estamos calculando los diámetros de los departamentos del lado izquierdo, ya que los dos del derecho son iguales las cantidades.

DEPARTAMENTO	MONTANTE	U.D. x piso	TOTAL VERTICAL	DIAMETRO
IZQUIERDO	M1	22	110	4"
IZQUIERDO	M2	6	30	2"
DERECHO	M3	22	110	4"
DERECHO	M4	6	30	2"

Nuestro diámetro máximo es de 4", entonces, las dimensiones de la caja de registro se indica en la tabla del ítem 6.2k de la norma.

<b>Dimensiones Interiores de la Caja (m)</b>	<b>Diámetro Máximo</b>	<b>Profundidad Máxima</b>
0.25 x 0.50	4"	0.60 m
0.30 x 0.60	6"	0.80 m
0.45 x 0.60	6"	1.00 m
0.60 x 0.60	8"	1.20 m

Tabla 39 - Dimensiones Interiores de Caja de Registro – Fuente: Ítem 6.2k de la norma IS.0.10 del RNE 2006.

## **7.8. SISTEMA DE VENTILACIÓN**

La ventilación es la parte integral del sistema de desagües sanitarios. Su objetivo es ventilar y mantener la presión atmosférica en todos los colectores con el fin de evitar las pérdidas del sello hidráulico de los aparatos sanitarios, por acción del sifonaje por comprensión, aspiración, evaporación y el mismo autosifonaje.

Por lo tanto es necesario mantener en contacto permanente con la atmosfera, lo que se logra colocando tuberías complementarias que se han denominado de ventilación.

### **7.8.1. VENTILACION DE LOS APARATOS SANITARIOS**

- **Ventilación Unitaria o Individual**

Lo ideal es instalar una derivación de ventilación a cada uno de los sifones o trampas de los aparatos sanitarios y a los terminales de los ramales y conectarlos a una o varias tuberías o columnas de ventilación que salga al exterior. Esto es lo que se llama sistema de ventilación unitaria.

- **Ventilación común**

Cuando se usa un solo sistema de ventilación para dos o más aparatos del sistema sanitario. Este sistema de ventilación es utilizado frecuentemente cuando los aparatos sanitarios se encuentran opuestos.

- **Ventilación húmeda**

Es una tubería que sirve de desagüe para un aparato y a la vez de ventilación para otros, usando esta modalidad, se disminuye la red de ventilación.

- **Ventilación en circuito**

Es cuando un solo ramal de ventilación se encarga de la ventilación de dos o más aparatos sanitarios en un piso. La conexión al drenaje se hace a partir del último aparato, en el cual se hace una columna de ventilación.

Para nuestro proyecto se utilizó un diámetro de 2" con un sistema de ventilación en circuito.

### **7.8.2. ISOMÉTRICO DEL SISTEMA DE DESAGUE**

En la siguiente figura se muestra el isométrico del sistema de desagüe y ventilación.

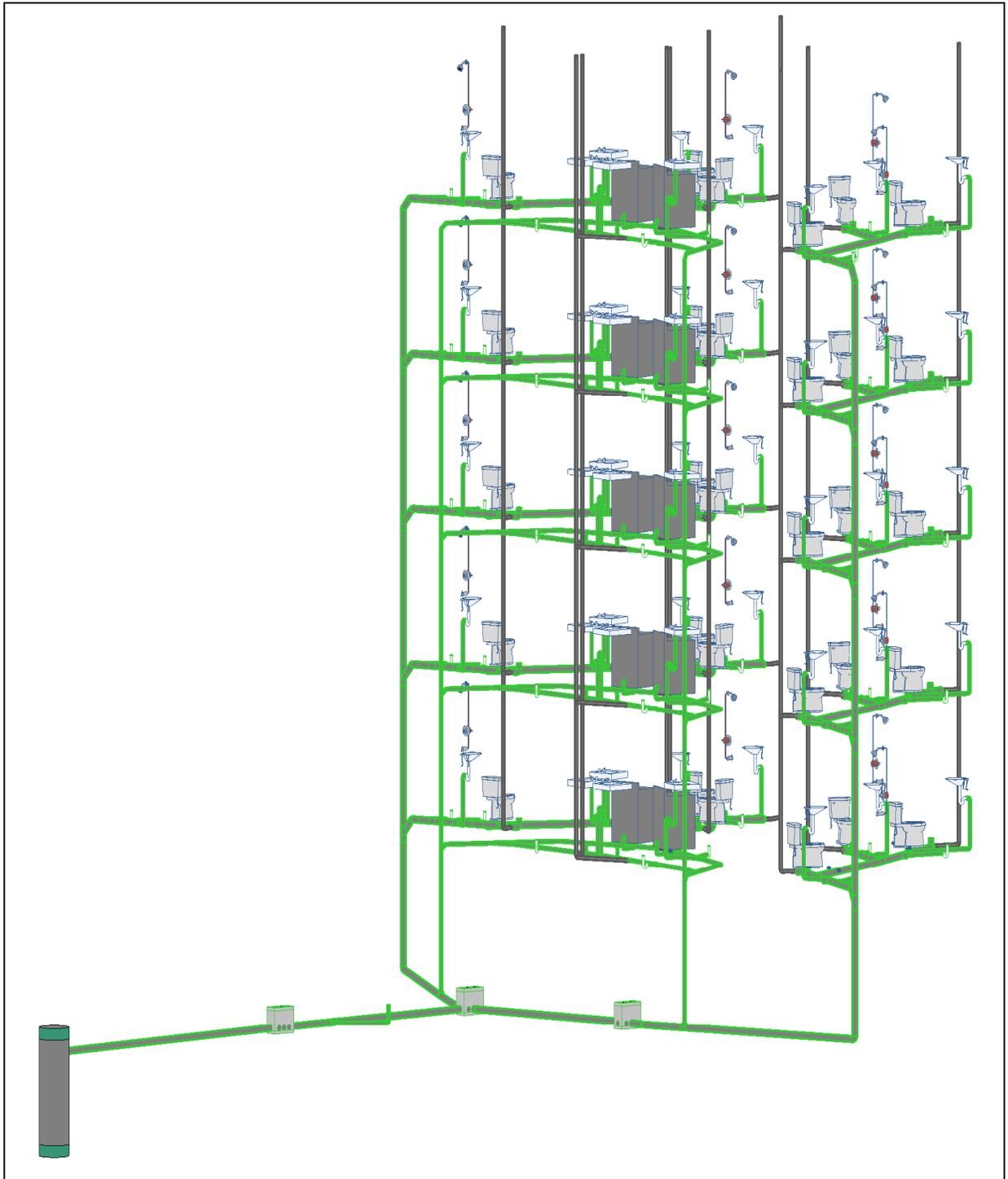


Figura 91 - Isométrico del sistema de desagüe realizado por Revit MEP.

## **CAPITULO 8: APLICACIÓN DE LA PLATAFORMA BIM EN UN EDIFICIO DE AREQUIPA**

### **8.1. AREA DE ESTUDIO**

El BIM es una plataforma cuyo uso recién se está impulsando en el Perú. Pocas empresas entre grandes y pequeñas vienen incorporándolo dentro de sus procesos de diseño y/o construcción.

Como se mencionó en el numeral 2.6 del Capítulo 2 (BIM en el Perú), no existe un diagnóstico acerca de nuestra situación del uso BIM, es por tal razón no tenemos muchos datos estadísticos para contar con casos prácticos de aplicación e implementación de estas tecnologías, uno de los objetivos de esta investigación fue la de estudiar su uso y aplicabilidad en el uso en la etapa de diseño en un proyecto en la ciudad de Arequipa.

Para ello se iniciaron los estudios y evaluaciones pertinentes para la etapa de diseño del edificio “CATALINAS” de 5 pisos y 1 semisótano ubicado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa.

Esta experiencia permitió evaluar el potencial y los beneficios de utilizar la “construcción virtual” como proceso que permita mejorar la calidad de los documentos contractuales de diseño (planos y especificaciones técnicas). Además, de cómo incorporar las herramientas BIM a los procesos tradicionales de construcción explorando otras aplicaciones adicionales.

### **8.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

En el Capítulo 1 de la presente tesis, se realizó la descripción y las características que tiene el edificio, en este mismo edificio incorporaremos las herramientas BIM para nuestra etapa de Diseño.

Nivel	Área Techada (m2)
Sótano	239.14
1°	243.46
2°, 3°, 4°, 5°	973.84
Escaleras	29.61
<b>Total</b>	<b>1486.05</b>

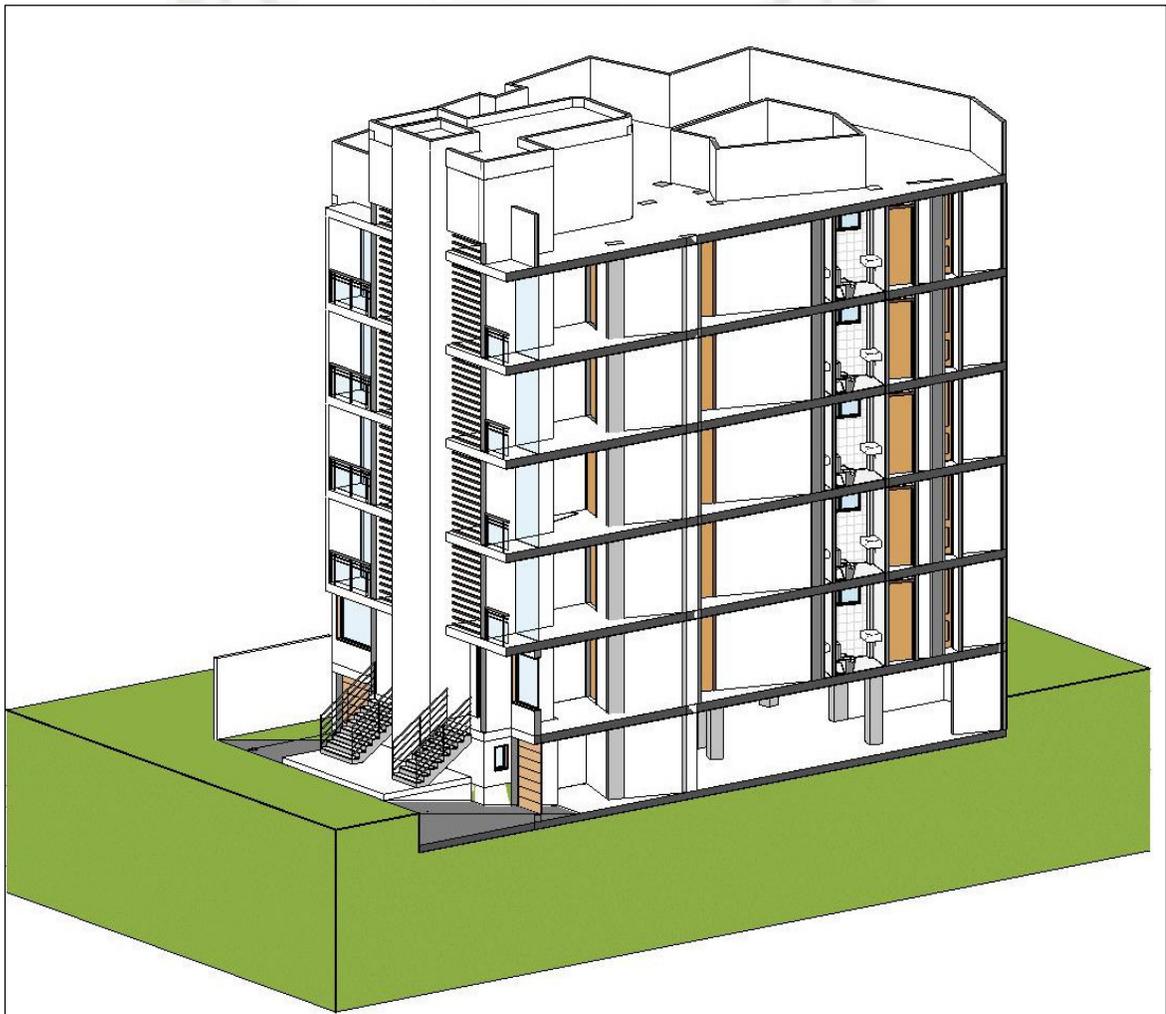


Figura 92 - Modelo BIM-3D Arquitectura realizado por Revit Architecture

Como se puede apreciar en el corte del modelo BIM-3D del proyecto, el edificio cuenta con 5 niveles y un semisótano, de las cuales del 2do al 5to nivel son niveles típicos.

### 8.3. MODELO PARAMETRICO Y ELABORACION DE MODELOS

El modelo fue desarrollado por el software que trabaja sobre tres dimensiones y en tiempo real REVIT®, de la compañía AUTODESK®.

Para iniciar la etapa de diseño, se empezó a desarrollar el modelo de información del edificio, para así tener información la misma que se extrajo de la metodología tradicional, es decir, del diseño de Arquitectura que está en modelo 2D (Autocad).

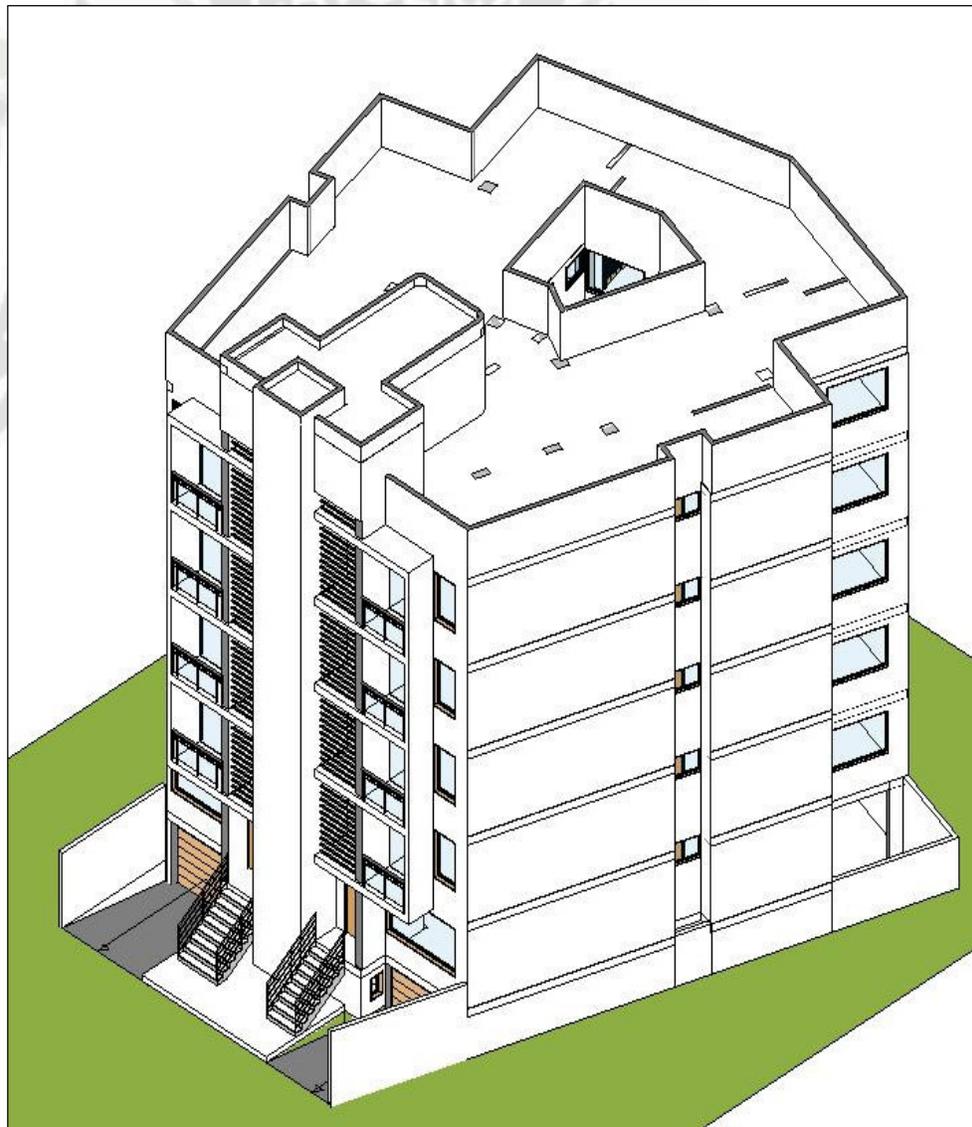


Figura 93 - Isométrico Modelo BIM - 3D realizado en Revit Architecture

### 3.3.1. REVIT STRUCTURE

Para realizar el diseño estructural del edificio, mediante las herramientas BIM, realizamos los siguientes pasos:

- Realizar una inspección detallada del edificio mediante el modelo 3D inicial de Arquitectura, para así tener una mejor visualización para la estructuración y detalles que tendrá el edificio.

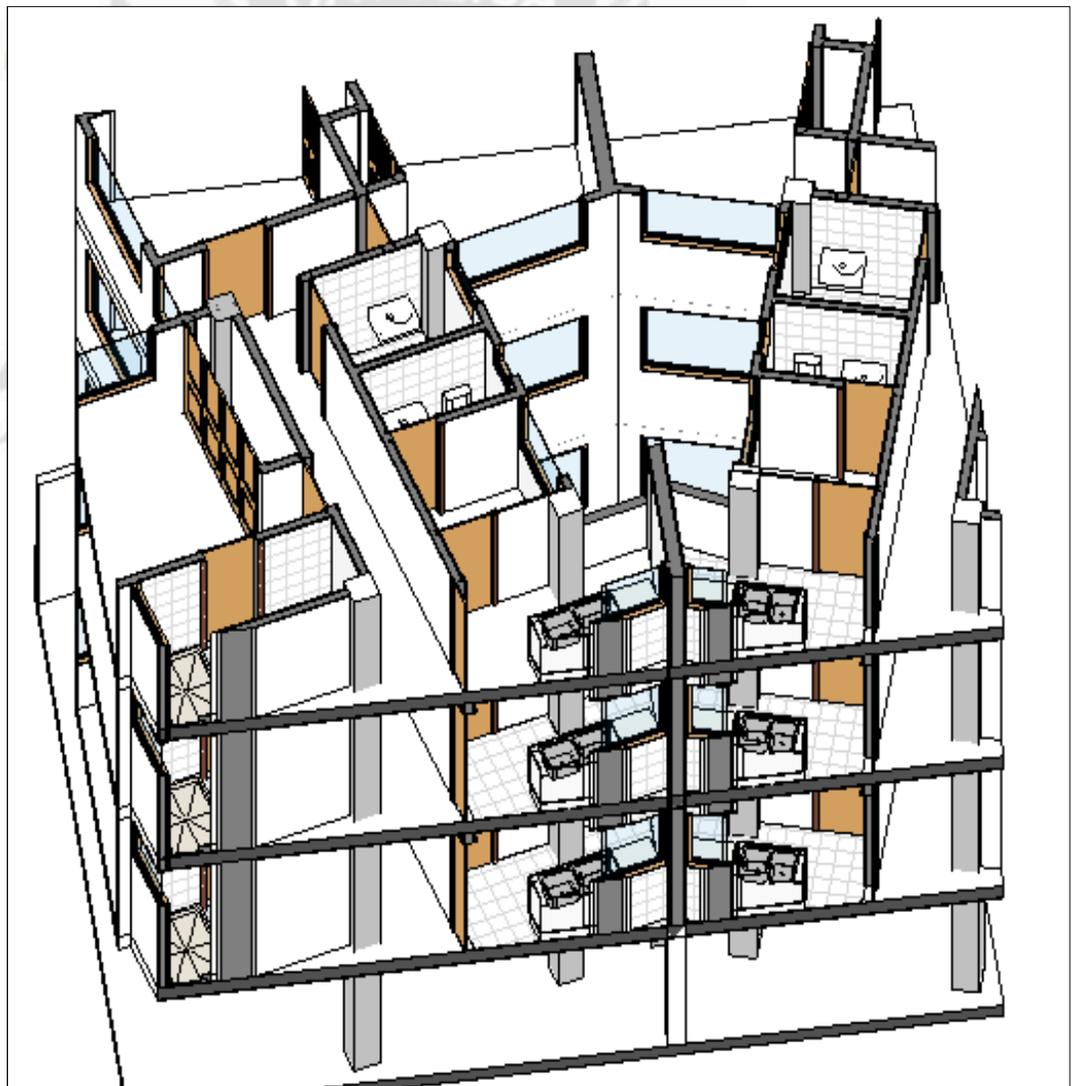


Figura 94 - Modelo corte BIM-3D Arquitectura realizado en Revit Architecture

Como podemos observar en el siguiente corte del modelo 3D de Arquitectura, la propuesta del Arquitecto es tener columnas en sentido diagonal, con gran ancho y altura que es de 40x40 cm.

- Realizar una Vinculación Revit, con el modelo 3D de Arquitectura a una plantilla de estructuras, esto nos ayudará a tener una base y compatibilidad con las dos especialidades Arquitectura – Estructura.
- Teniendo esta vinculación dibujamos los elementos estructurales teniendo en cuenta todo lo especificado en el Capítulo 3 (Estructuración, Pre dimensionamiento y Metrado de Cargas), para llevarlos a analizar en los software de estructuras.

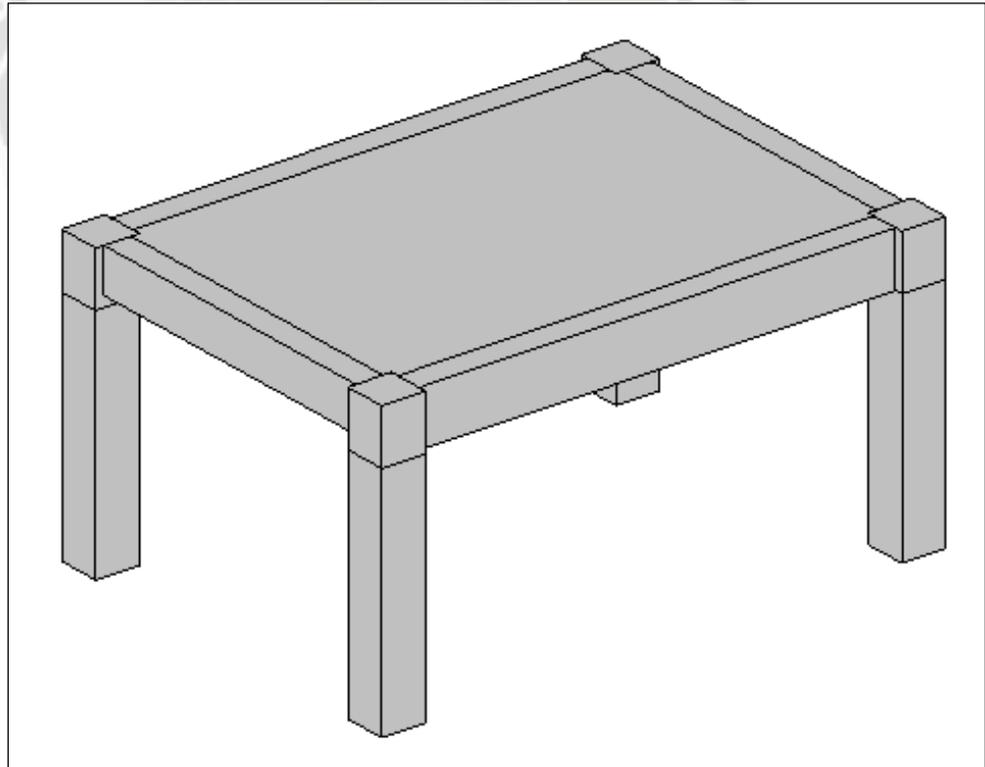


Figura 95 - Modelo de elementos estructurales: Columna, Viga y Losa realizado en Revit Structure

- Con Revit Structure también podemos obtener modelos analíticos, iguales que tenemos en el ETABS o ROBOT.

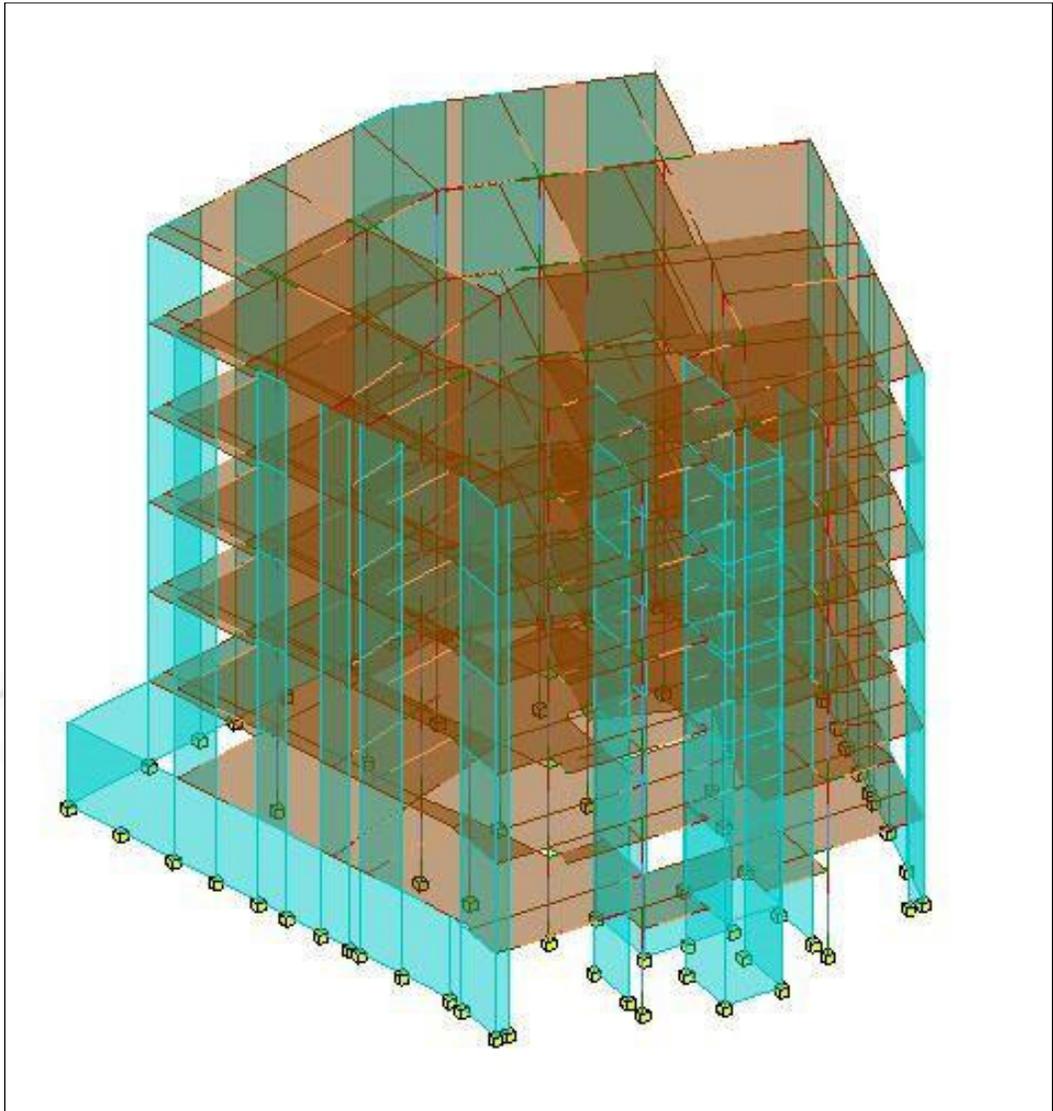


Figura 96 - Modelo analítico BIM de estructuras realizado en Revit Structure

- Teniendo en cuenta los conceptos básicos de lo que es la Interoperabilidad herramienta BIM.

El software Revit de la compañía Autodesk, tiene un enlace directo con su programa de análisis estructural de su propia

compañía que es AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS. Por ser Revit una herramienta BIM, existe un enlace con el programa frecuentemente utilizado por todos los ingenieros estructurales que es ETABS 2015.

En este paso se realizó el enlace “indirecto” de nuestro modelo de Revit a ETABS 2015 para realizar nuestro análisis estructural.

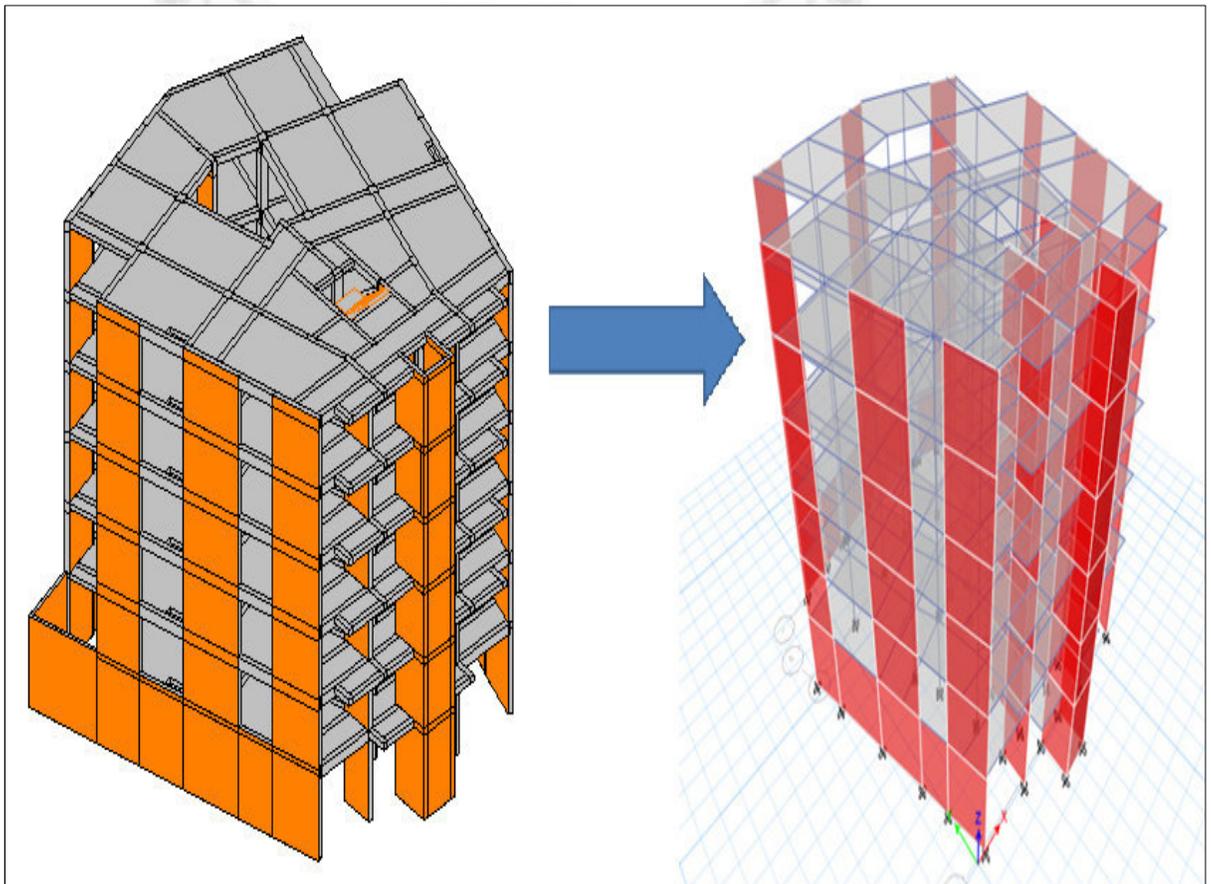


Figura 97 - Interoperabilidad de estructura entre Revit Structure vs ETABS

Debo de aclarar que al exportar el modelo Revit a Etabs, debemos modificar sus propiedades, porque son diferentes con el Etabs.

- Una vez analizado el modelo estructural en el software Etabs 2015, pasamos a realizar el diseño estructural de nuestros elementos estructurales (losas, vigas, columnas, cimentación) tal como se realizó en los Capítulos 4 y 5 de la presente tesis.

Los resultados del diseño de los elementos estructurales se van modificando y/o modelando en el programa Revit.

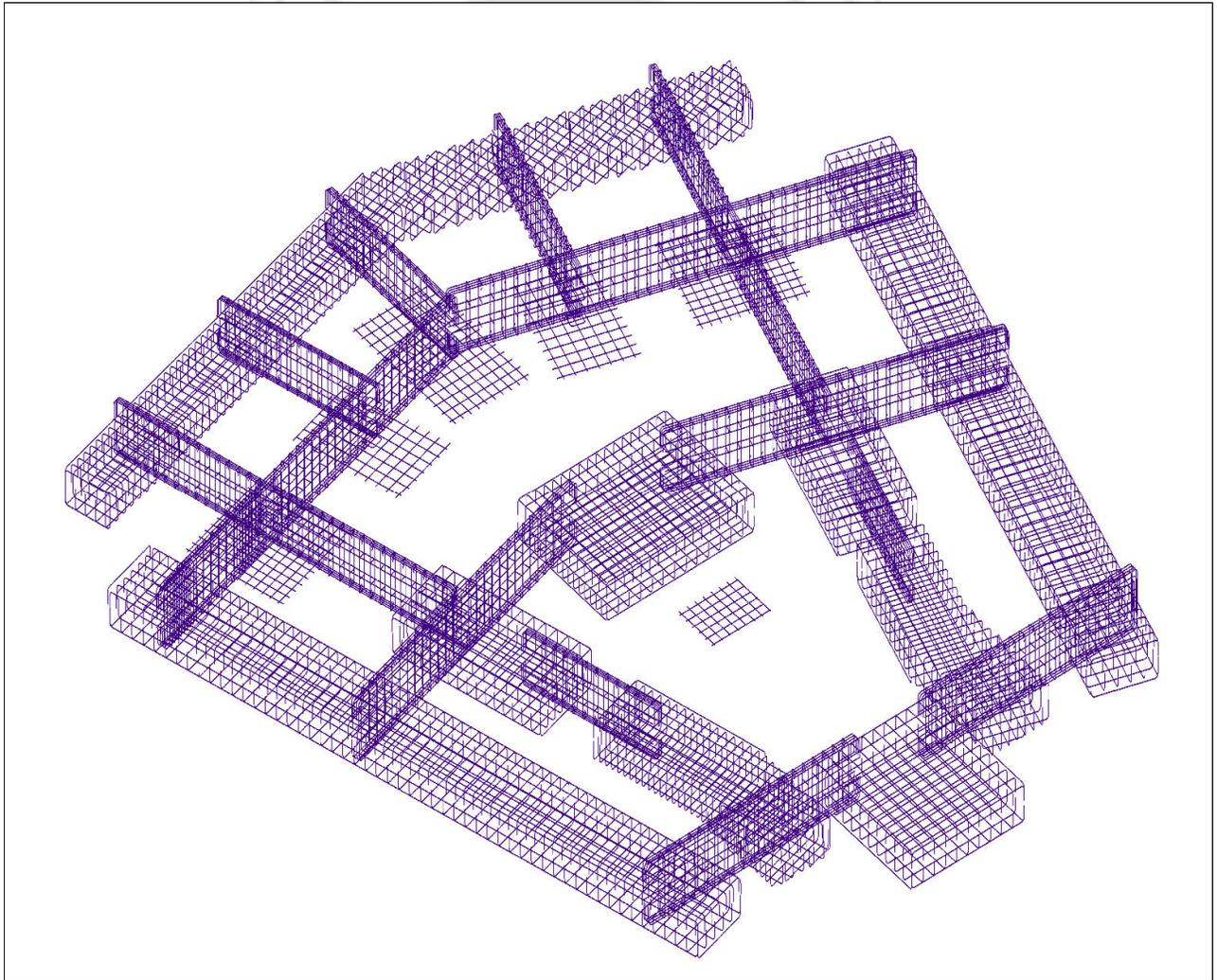


Figura 98 - Modelo de Acero de Cimentación realizado en Revit Structure

### 3.3.2. REVIT ARCHITECTURE

Con el modelo 3D de estructuras ya definido, sobre este modelo empezamos a modelar la arquitectura, mediante un vínculo Revit para poder realizar la coordinación de especialidades. A este modelo se coloca los siguientes elementos:

- Muros de albañilería
- Puertas
- Ventanas
- Aparatos sanitarios
- Incluimos el tarrajeo en el modelo

En las siguientes imágenes podremos observar el modelo 3D de Arquitectura vs Estructuras.



Figura 99 - Coordinación de especialidades Arquitectura vs Estructura realizado en Revit

### 3.3.3. REVIT MEP

Revit MEP, viene de las siglas Mecánica, Eléctrica y Plomería, donde la presente tesis desarrollará el área de Plomería (Instalaciones Sanitarias). El procedimiento para el diseño de las instalaciones en Revit MEP es modelar sobre los modelos 3D de Arquitectura y Estructura, las tuberías donde se extenderá por todo el edificio (trazo), luego modificando los diámetros de las tuberías que se calculó en el Capítulo 6 de la presente tesis.

En las siguientes figuras se muestran las instalaciones sanitarias.

**Leyenda:**

	<b>Agua Fría</b>
	<b>Agua Caliente</b>
	<b>Desagüe</b>
	<b>Ventilación</b>
	<b>Pluvial</b>

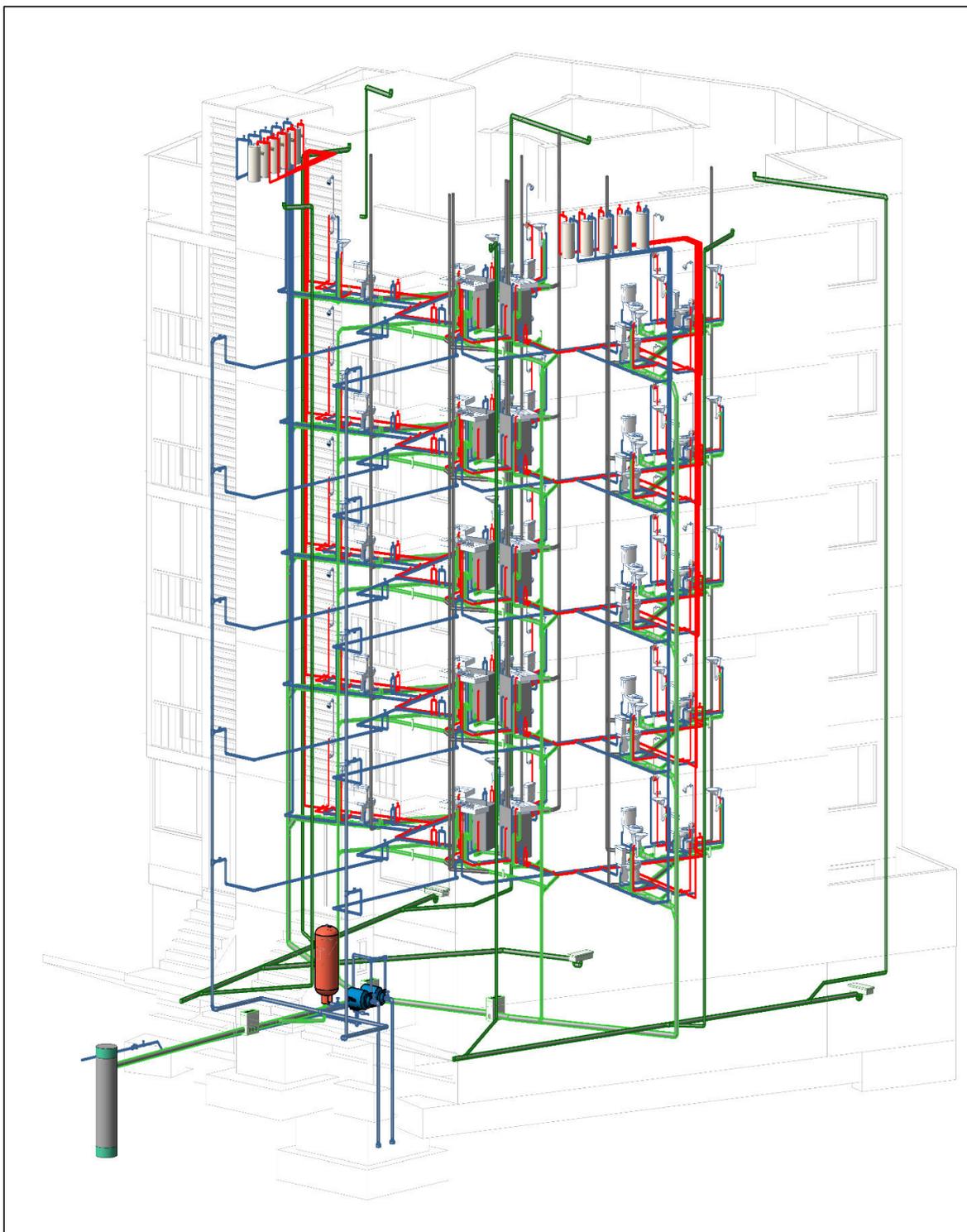


Figura 100 - Coordinación de especialidades IISS. vs Estructura realizado en Revit MEP

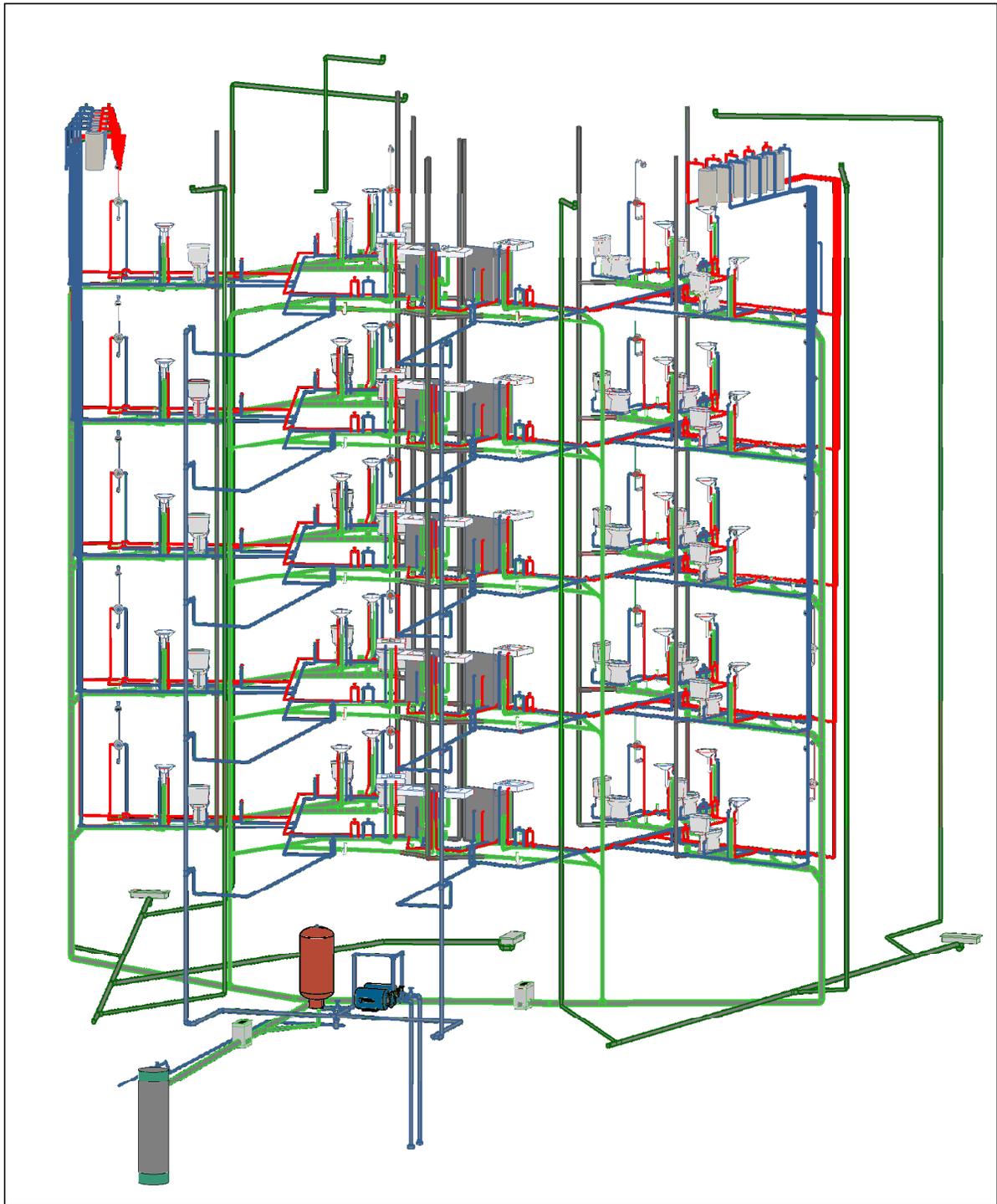


Figura 101 - Modelo BIM 3D Instalaciones Sanitarias realizado en Revit MEP

#### 8.4. BIM COMO HERRAMIENTA DE COMPATIBILIZACIÓN

Los problemas de interferencias, entre los que también incluiremos observaciones que se encuentran en el edificio como la falta de información, detalles que se producen principalmente por un proceso ineficiente de integración de todo el diseño del proyecto entre todas las especialidades, por ausencia de comunicación y liderazgo que busque esta integración en etapas previas a la construcción y por desconocimiento del cliente para organizar adecuadamente el desarrollo del diseño y construcción del proyecto.

En el proyecto en estudio el diseño de la Arquitectura fueron entregados al tesista y la Ingeniería (estructuras e instalaciones sanitarias) fue realizada por el propio tesista, teniendo como resultado que la Arquitectura y la Ingeniería se encuentren definidas desde el inicio, haciendo que no haya problemas de incompatibilidades en los planos e interferencias entre especialidades en el proyecto de estudio.

Cuando todas las especialidades se integran en un solo proyecto en el software, este nos entrega un informe de todas las interferencias que tenemos en el edificio. Estas interferencias podemos clasificarlos de la siguiente manera:

- Interferencia de especialidades; son aquellas que se superponen a otras y que se pueden observar a simple vista, por ejemplo tuberías de agua se cruzan con las tuberías de agua con incendios.

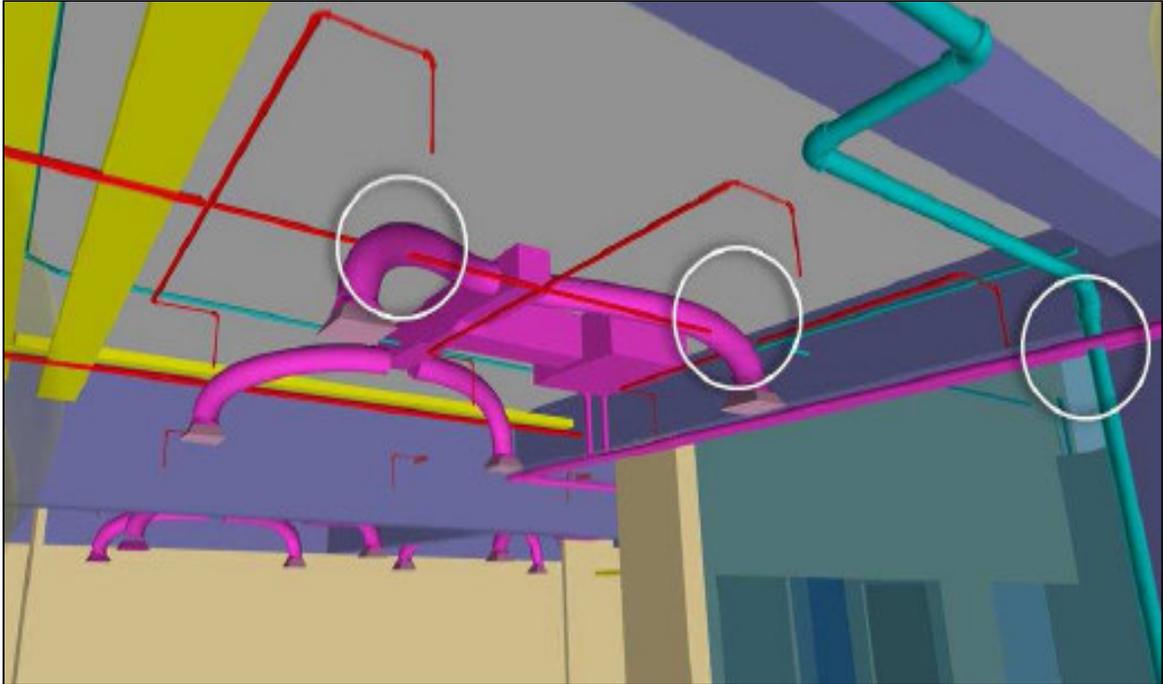


Figura 102 - Ejemplo de Interferencia de Especialidades entre tuberías de Agua vs Agua contraincendios – Fuente: Vladimir Alcántara Rojas, 2013.

- Interferencia constructivas; son aquellas que no se pueden observar a simple vista porque están contenidas en el proyecto y se solucionan de forma manual en la etapa de construcción, por ejemplo: el tendido de tubería en la losa y se superpone con el acero de la losa.

Definimos anteriormente que nuestro diseño de Arquitectura e Ingeniería se encuentra precisada desde el inicio, haciendo que nuestro edificio no contenga algunos problemas de incompatibilidad e interferencias de especialidades.

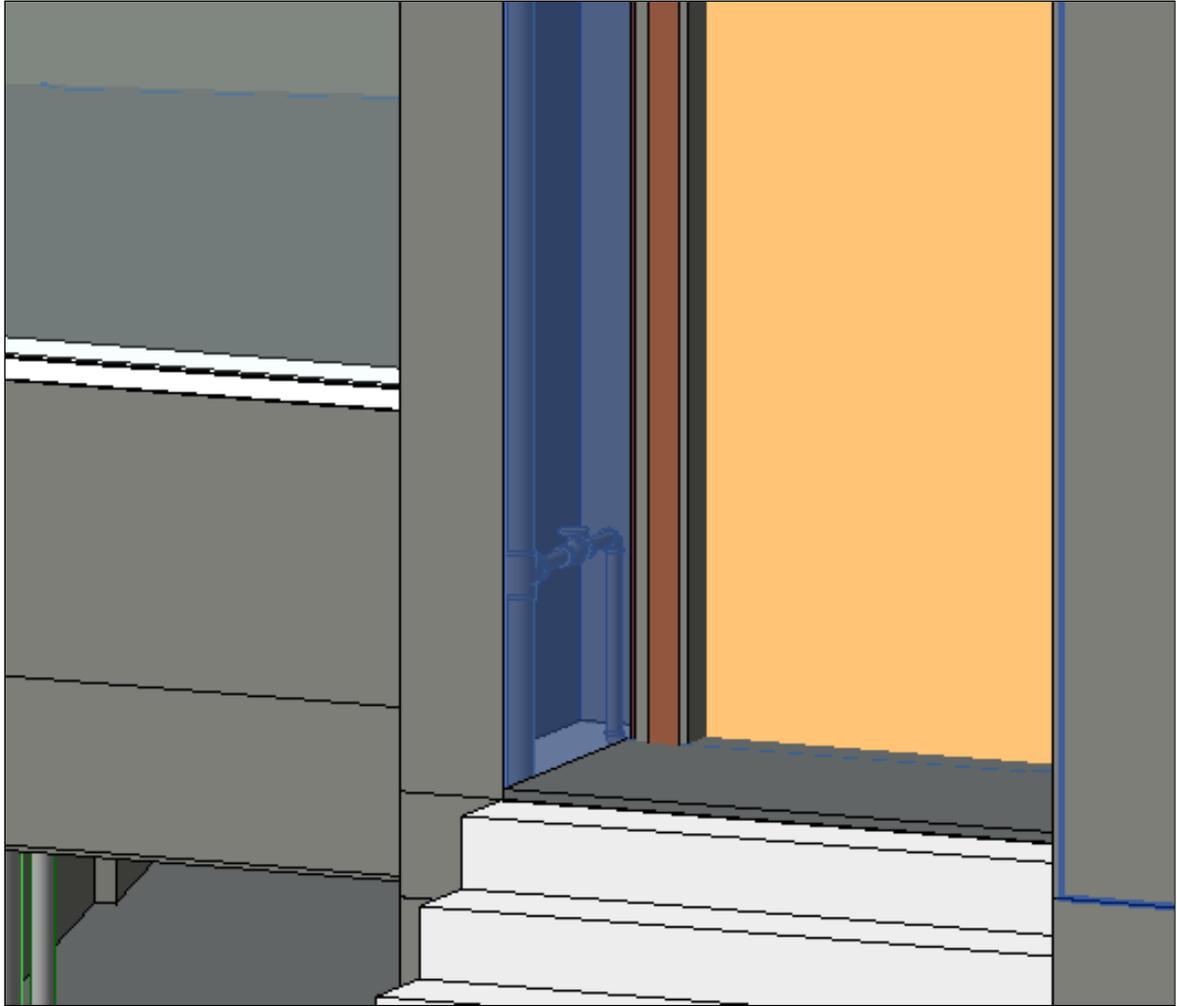


Figura 103 - Interferencia de medidor de agua contenido en un muro de albañilería –  
Fuente: Propia

Como ejemplo en la anterior figura se puede observar que el medidor se encuentra contenido dentro del muro de albañilería, donde no se colocó el nicho donde debe estar, problema de interferencia de especialidad en el momento del modelado de especialidad.

En los anexos se presentará un informe acerca de las interferencias encontradas por el software Navisworks. Y además un informe acerca de las observaciones que se encontraron en el edificio.

## 8.5. ESTIMACION DE LOS METRADOS A PARTIR DEL MODELO PARAMÉTRICO

Una de las aplicaciones directas de modelar la edificación en modelo 3D - BIM es la estimación de la cantidad de materiales, comúnmente conocida como metrados. Los programas de la generación BIM permiten una estimación de los metrados de forma automática. Sin embargo, si queremos que los programas computen los metrados y den resultados confiables que sean resultados reales del proyecto, los componentes de la edificación se deben modelar en 3D siguiendo la secuencia y lógica constructiva.

En el edificio de la presente tesis, se han obtenido las hojas de cómputo de metrados de las diferentes especialidades como:

- **Estructura**
  - Cantidad de acero en la estructura
  - Cantidad de volumen de concreto
  - Cantidad de encofrado
  - Cantidad de ladrillos
  - Sectorización de concreto y acero
  
- **Arquitectura**
  - Cantidad de ventanas y puertas
  - Cantidad de muros de albañilería
  - Cantidad de volumen de tarrajeo
  
- **Instalaciones sanitarias**
  - Cantidad de tuberías por cada sistema
  - Cantidad de accesorios de cada sistema
  - Cantidad de aparatos sanitarios

Se tiene que tomar en cuenta algunas recomendaciones para la obtención de los metrados, se tiene que modelar en base a la lógica constructiva, por ejemplo un muro con varias capas no permitiría simular en 4D su proceso constructivo, ya que el programa lo interpretaría como un solo objeto y no como cinco como es en la práctica real, pues lógicamente primero se construye el muro de albañilería y después de semanas (o meses) se le coloca las capas de acabado interior y exterior.

Como una siguiente recomendación en el caso del modelado BIM-3D del proyecto en estudio se decidió utilizar objetos muro distinto para la albañilería, y otros objetos muro para el acabado. Ésta misma regla rigió para los acabados en pisos.

En conclusión, se podría decir que los programas BIM pueden estimar cómputos de materiales precisos en la medida que el modelado 3D de la edificación tenga el nivel de precisión y exactitud necesario, el cual se logra si el modelo 3D tiene componentes (paramétricos e inteligentes) que corresponden a la forma como en realidad se va a construir.

En los anexos se adjuntaran las plantillas de metrados extraídas del Revit, de los entregables que se mencionó anteriormente.

## **8.6. SIMULACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO BIM – 4D**

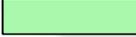
El modelado BIM-4D consiste en agregar la cuarta variable, el tiempo, a un modelo BIM-3D para realizar la simulación del proceso constructivo de la edificación. Ello se logra básicamente asociando cada uno de los objetos 3D del modelo BIM-3D a cada una de las actividades de la programación de la obra.

En el proyecto de tesis se realizó la simulación BIM-4D de la secuencia constructiva de la estructura de concreto armado y de la albañilería de los pisos superiores. Para ello se realizó la evaluación de las actividades, duraciones y sectores del proceso constructivo. Para el caso específico

de la simulación de la estructura de concreto armado, se recurrió a la sectorización en planta establecida como se muestra en la Figura 100, la cual fue elaborada durante la etapa de planificación y cuya sectorización está orientada al vaciado de los elementos de concreto armado como: cimentación, columnas, vigas, losas, escaleras y levantado de muros de albañilería.

Para este caso la construcción de la estructura contemplo la sectorización por niveles divididas en 9 sectores tal como se indica en la figura 104:

#### LEYENDA DE SECTORIZACION POR NIVELES

	<b>SECTOR 1</b>
	<b>SECTOR 2</b>
	<b>SECTOR 3</b>
	<b>SECTOR 4</b>
	<b>SECTOR 5</b>
	<b>SECTOR 6</b>
	<b>SECTOR 7</b>
	<b>SECTOR 8</b>
	<b>SECTOR 9</b>

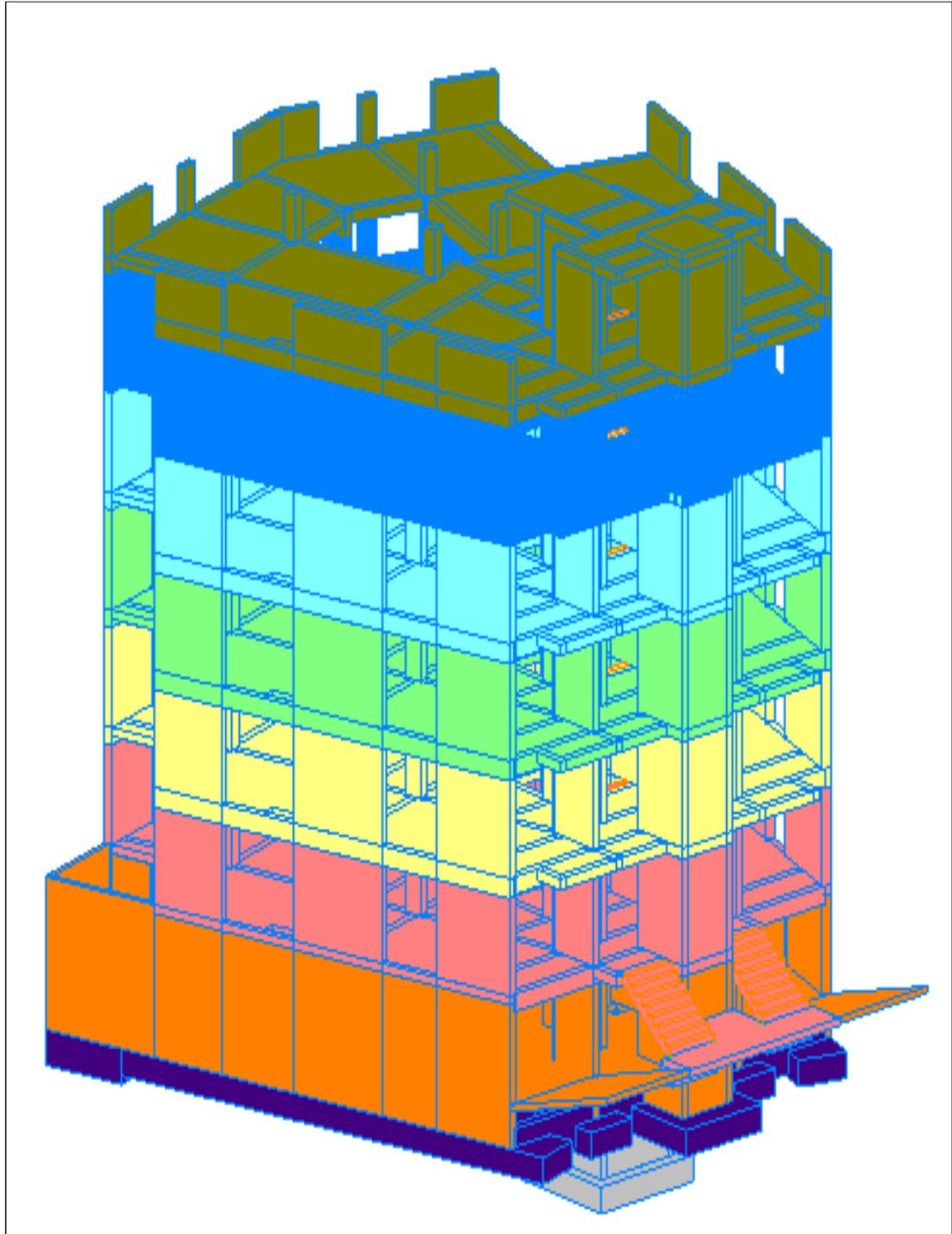


Figura 104 - Sectorización en modelo BIM-3D del Proyecto realizado en Revit Structure

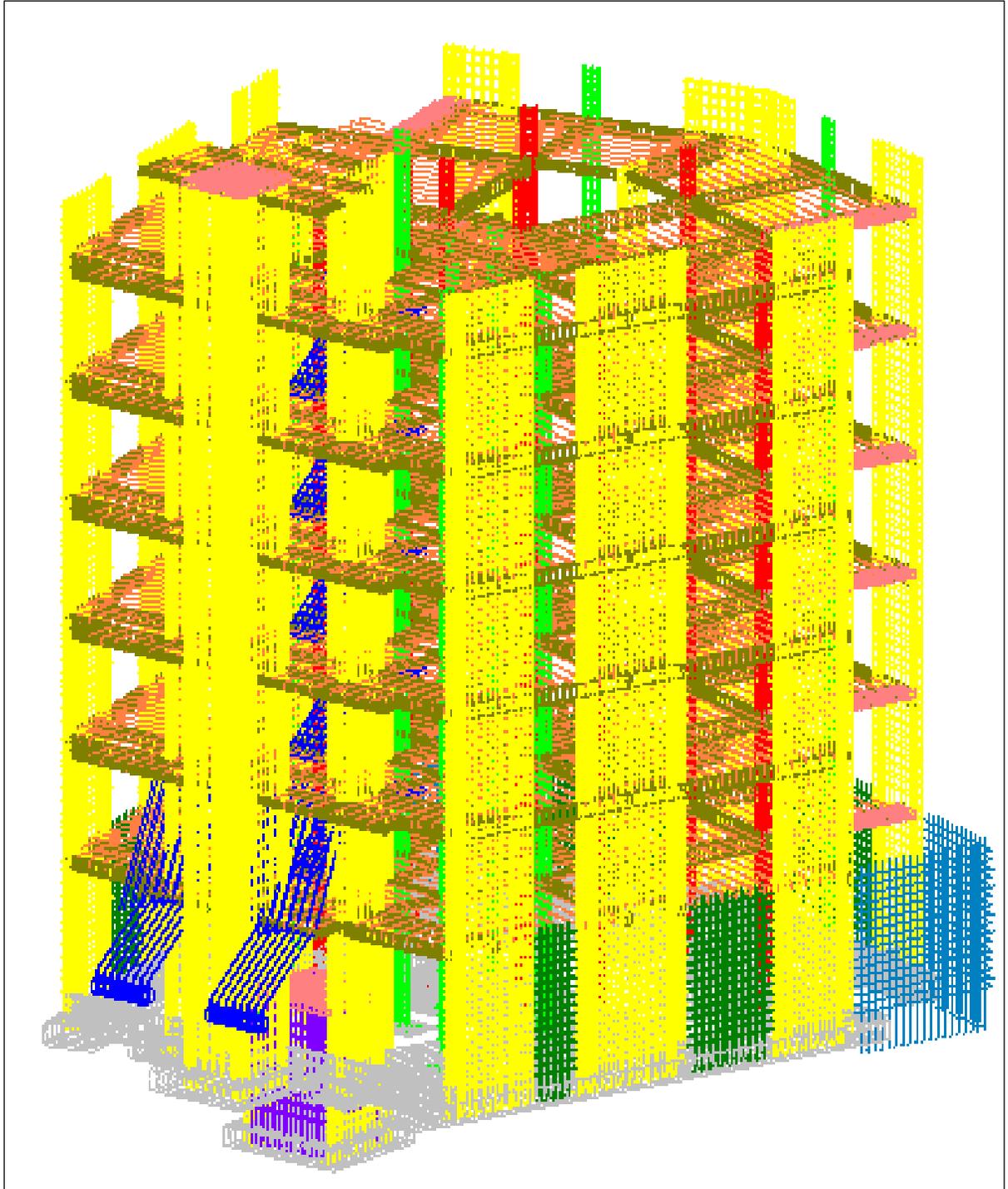


Figura 105 - Sectorización de acero de los elementos estructurales realizado en Revit Structure

En la figura 105 se observa la sectorización del acero de cada elemento estructural, para así poder nosotros identificar inmediatamente la ubicación del acero donde ira en cada elemento en el edificio y además poder realizar un mejor Metrado. A continuación se muestra la leyenda de la sectorización del acero:

### LEYENDA

	<b>CIMENTACION: VIGAS DE CIMENTACION Y ZAPATAS</b>
	<b>COLUMNAS</b>
	<b>MUROS DE CORTE O PLACAS</b>
	<b>VIGAS</b>
	<b>LOSA ALIGERADA</b>
	<b>LOSA MACIZA</b>
	<b>ESCALERAS</b>
	<b>MUROS DE CONTENCION e=20 cm</b>
	<b>MUROS DE CONTENCION e=15 cm</b>
	<b>MURO DE CISTERNA</b>
	<b>LOSA DE CISTERNA</b>

Se elaboró la programación de obra, como se muestra en la Figura 106, en la que cada una de las tareas corresponde a procesos constructivos y, por consiguiente, están asociadas o vinculadas a los objetos o componentes 3D del modelo BIM que le corresponden. Por ejemplo, la tarea **Estructura – Piso 1 – V – S4** concierne al proceso de vaciado de los elementos verticales (columnas y placas) del cuarto sector del primer piso, de la misma manera, la tarea **Estructura – Piso 1 – H – S5** concierne al proceso de vaciado de los elementos horizontales (vigas y losas) del quinto sector del primer piso. Como se aprecia, cada una de las tareas de la programación de obra modificada fue codificada de tal forma que, a primera vista, dé la información de qué proceso será ejecutado, además de dónde y cuándo. Aunque la codificación de las tareas puede

variar dependiendo del proceso a ejecutarse, en el caso de la simulación 4D de la estructura de concreto armado se codificó en base a la sintaxis mostrada en la parte inferior de la Figura 106.

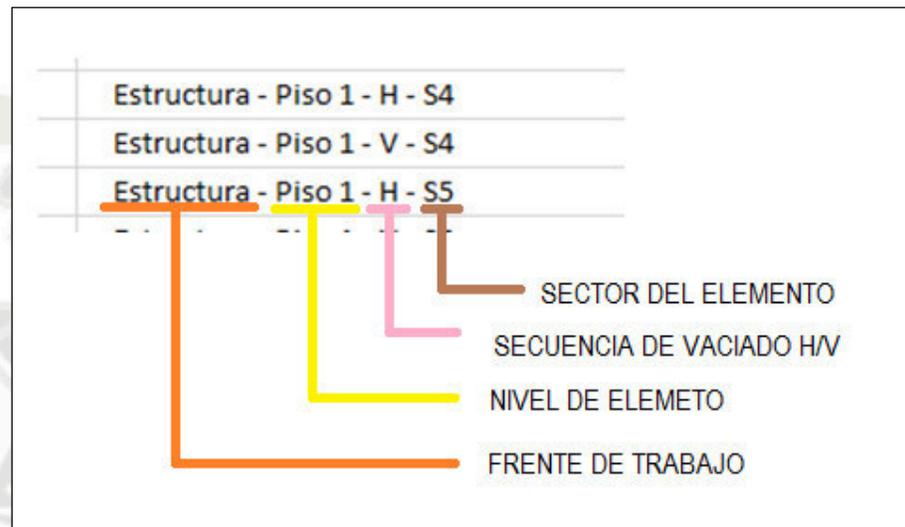


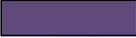
Figura 106 - Sintaxis para simulación BIM-4D realizado en MS Project 2013

En el caso de la simulación del proceso constructivo de la estructura de concreto armado, la duración de cada una de las tareas involucra básicamente los subprocesos de encofrado, colocación de acero y termina en el día del vaciado (sin tomar en cuenta el desencofrado), incluyendo en todos los casos los tiempos requeridos. Estos subprocesos, para efectos de visualización, son diferenciados por los colores de los objetos y transparencia de los mismos. Es decir, la transparencia en los objetos 3D de la simulación indica que la tarea está en pleno proceso, como: Acero (Amarillo), Encofrado (Morado), Albañilería (Rojo).

En los anexos se adjunta la planificación de obra por sectorización para generar la simulación BIM-4D.

Para identificar y entender cada actividad (encofrado, acero, concreto, albañilería, instalaciones sanitarias) que se está realizando en la simulación 4D, en la siguiente leyenda se mostrara los colores que se empleara para identificar cada actividad:

#### LEYENDA

	<b>ENCOFRADO</b>
	<b>ACERO</b>
	<b>CONCRETO (modelo final)</b>
	<b>ALBAÑILERIA</b>
	<b>INSTALACIONES SANITARIAS</b>

En las siguientes figuras se muestra un fotograma que corresponde a la simulación de este proceso constructivo hasta llegar a casco rojo, donde en la parte superior izquierdo se mostrara el nombre del proyecto, los días y meses que corresponde la ejecución cada actividad hasta llegar su culminación.

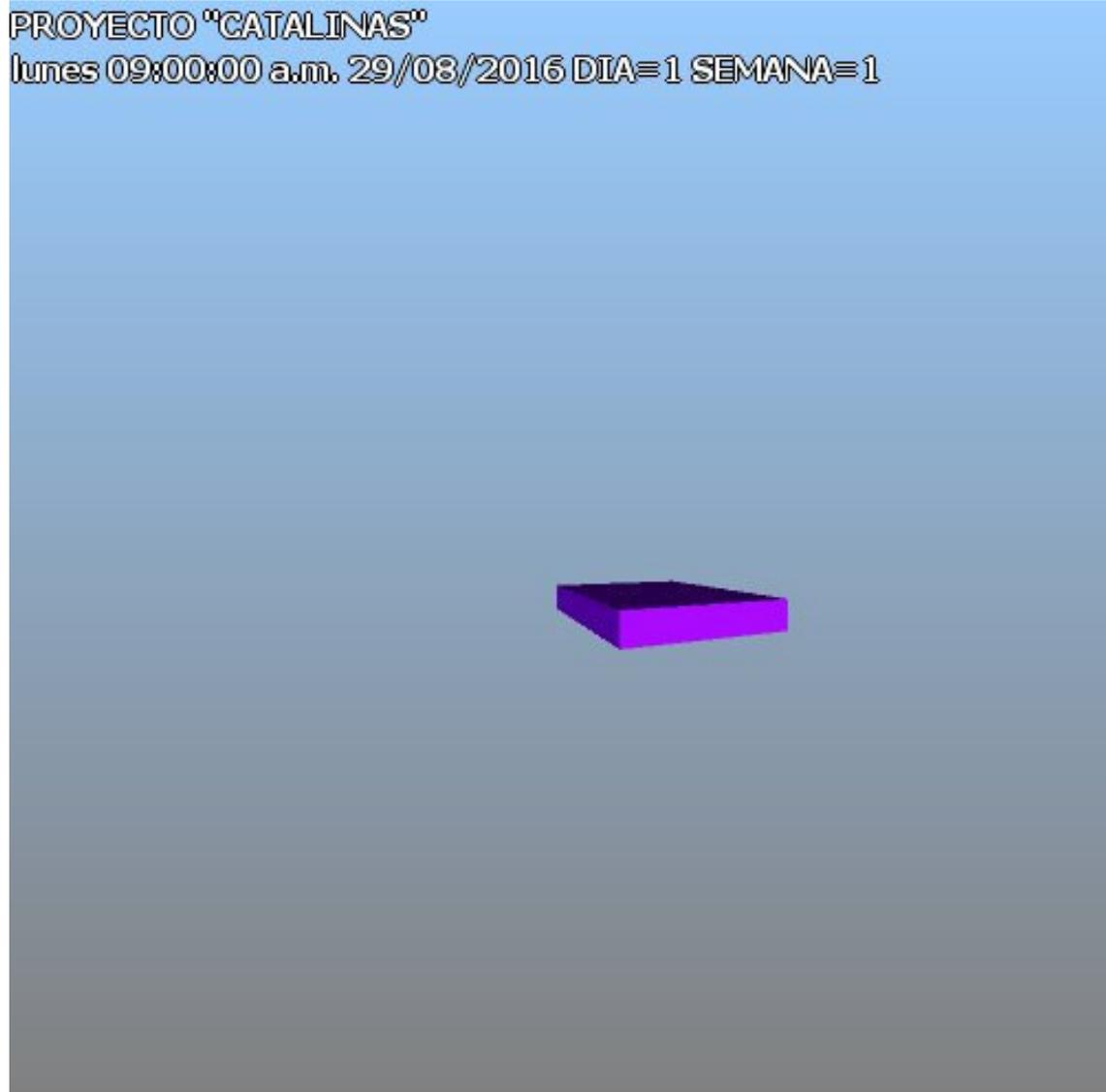


Figura 107 - Encofrado de la cimentación de cisterna simulación realizada en Navisworks 2015

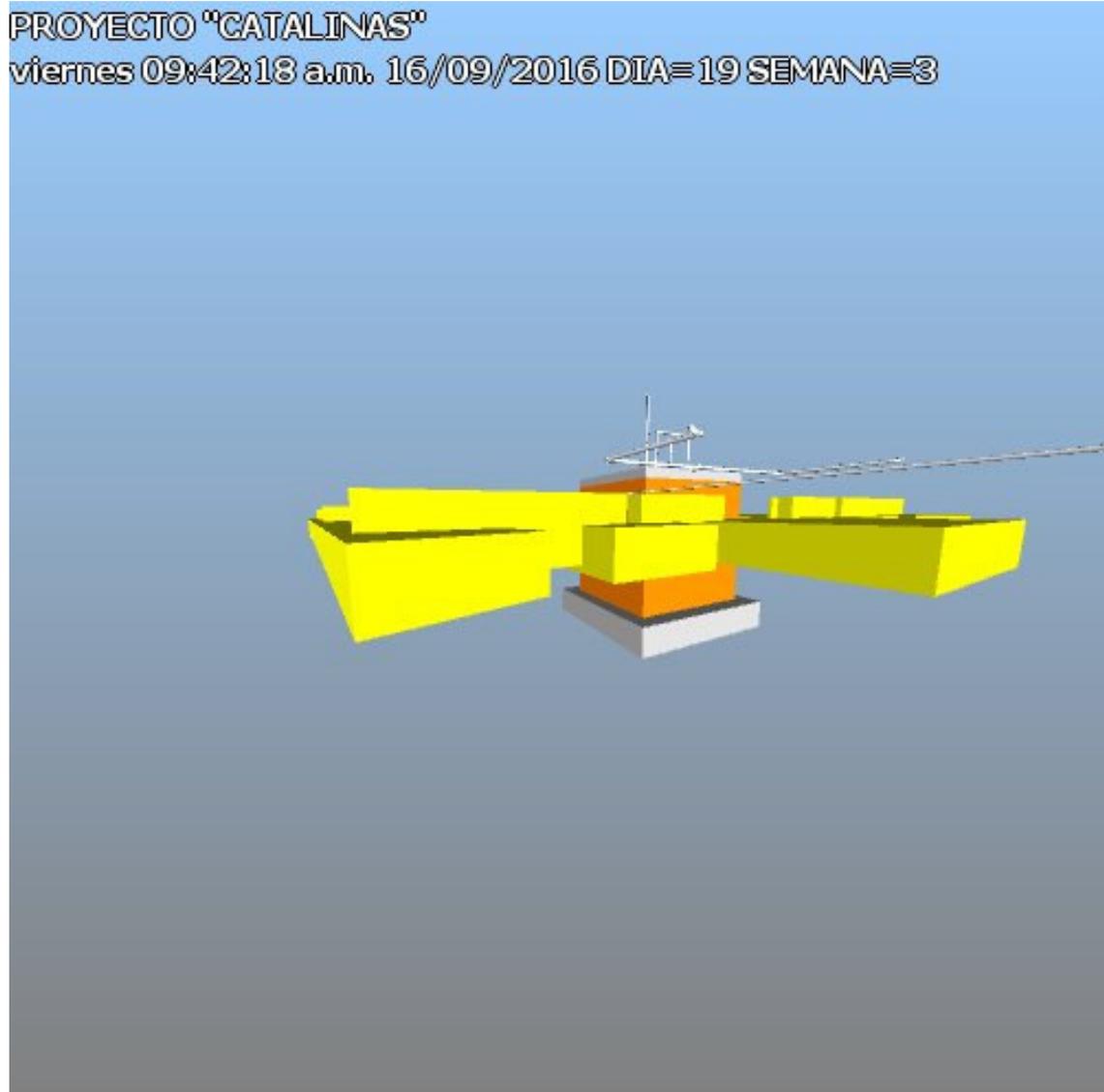


Figura 108 - Colocado de Acero en cimentación -simulación realizada en Navisworks 2015

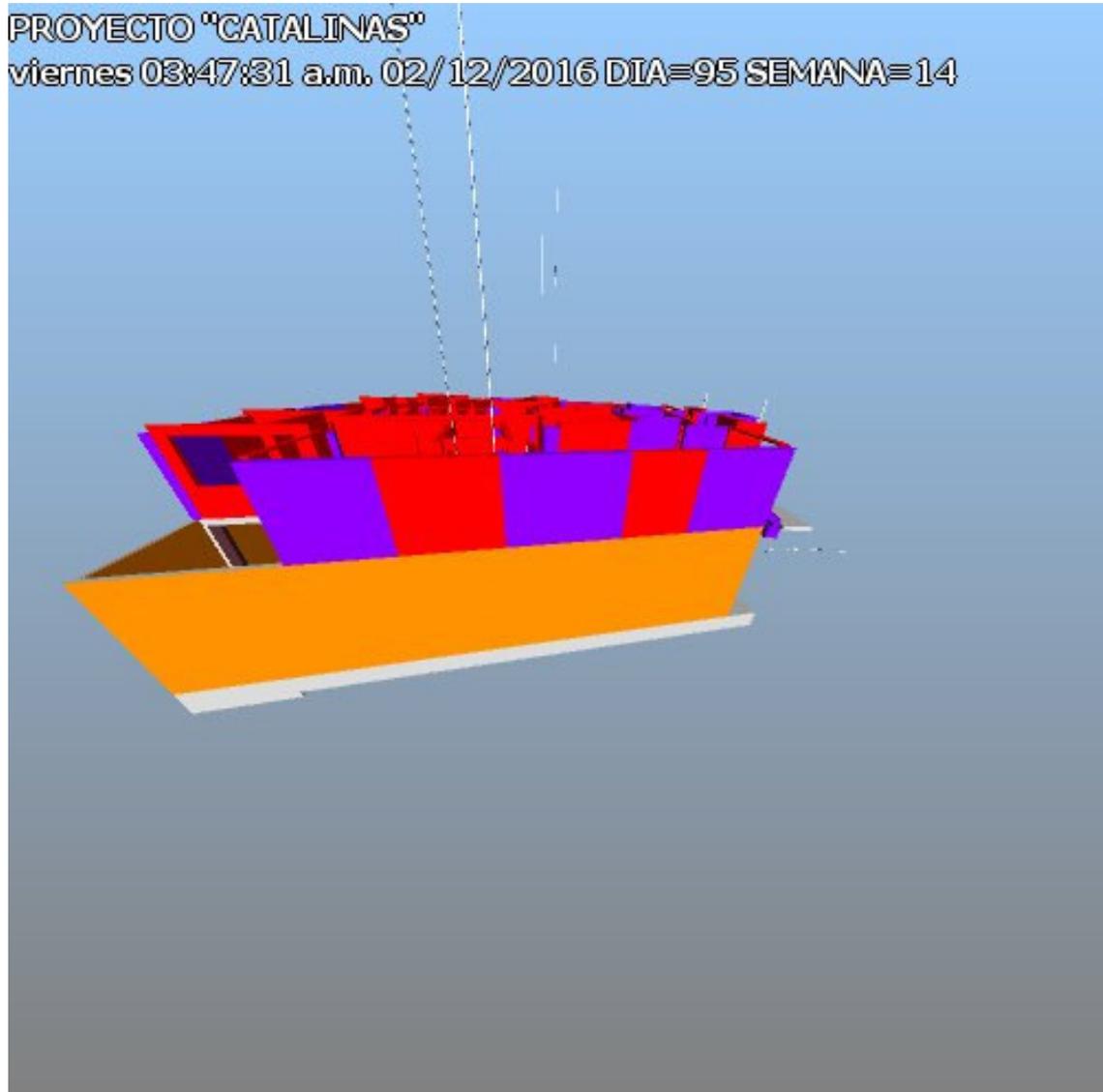


Figura 109 - Levantado de muros de albañilería - simulación realizada de Navisworks 2015

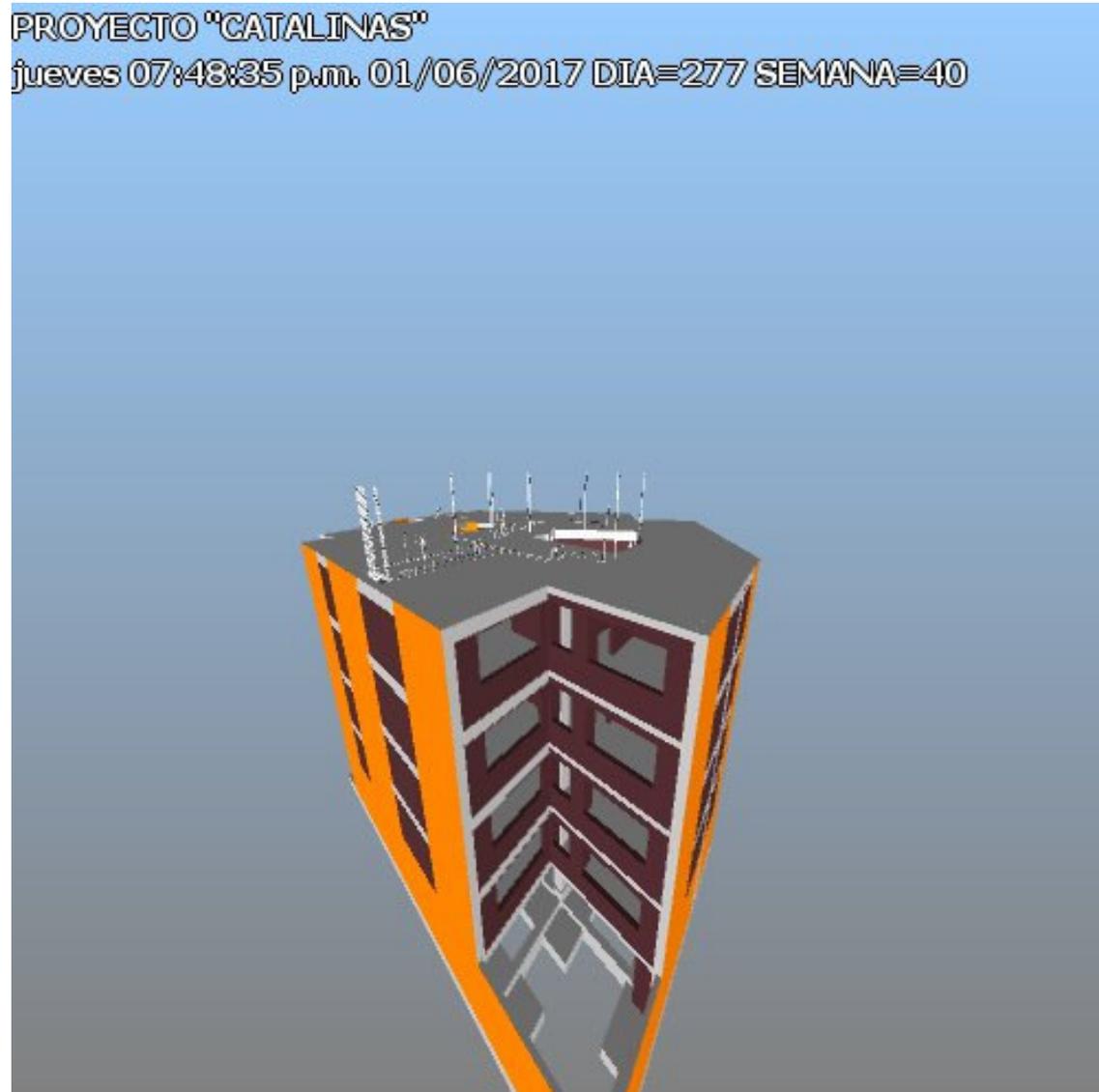


Figura 110 - Vaciado de concreto de losa aligerada - simulación realizada en Navisworks 2015

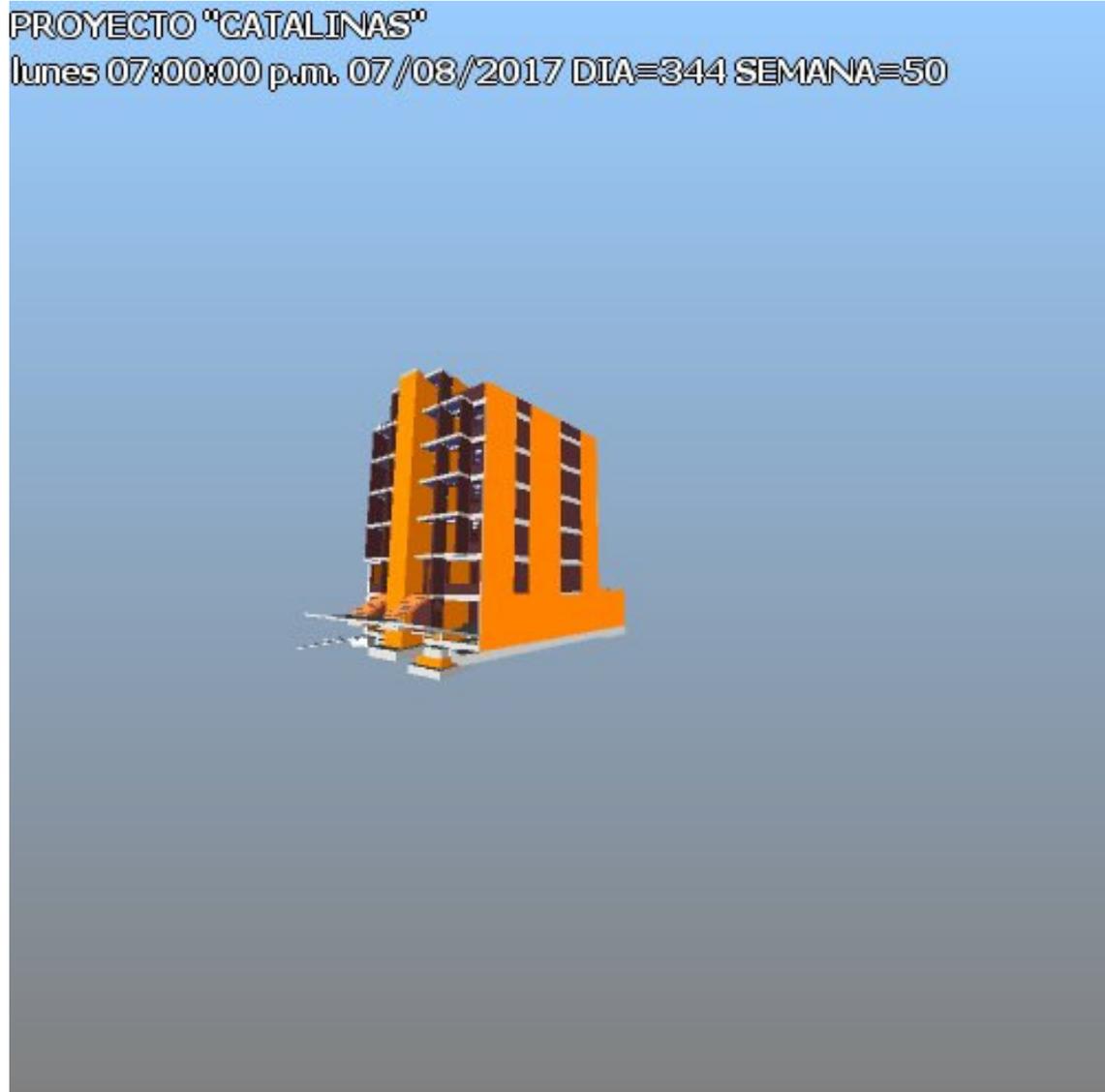


Figura 111 - Finalización del proyecto CATALINAS - simulación realizada en Navisworks 2015

## 8.7. VISUALIZACIÓN DEL PROYECTO

Para el proyecto de tesis se utilizaron herramientas de visualización que se aprovecharon con el soporte de programas que permiten navegar virtualmente en el modelo BIM para tener vistas interiores del modelo 3D de cualquier sector del proyecto. Estas herramientas de visualización son utilizadas para las reuniones con los proyectistas, los ingenieros del proyecto y reuniones donde intervienen los clientes y la supervisión, para realizar coordinaciones para el proyecto.

En las siguientes imágenes obtenidas del programa NAVISWORKS se muestran el recorrido virtual en la etapa del casco rojo del edificio, todo esto hace un soporte para tener un mejor entendimiento de los alcances del proyecto y del modelado en BIM.

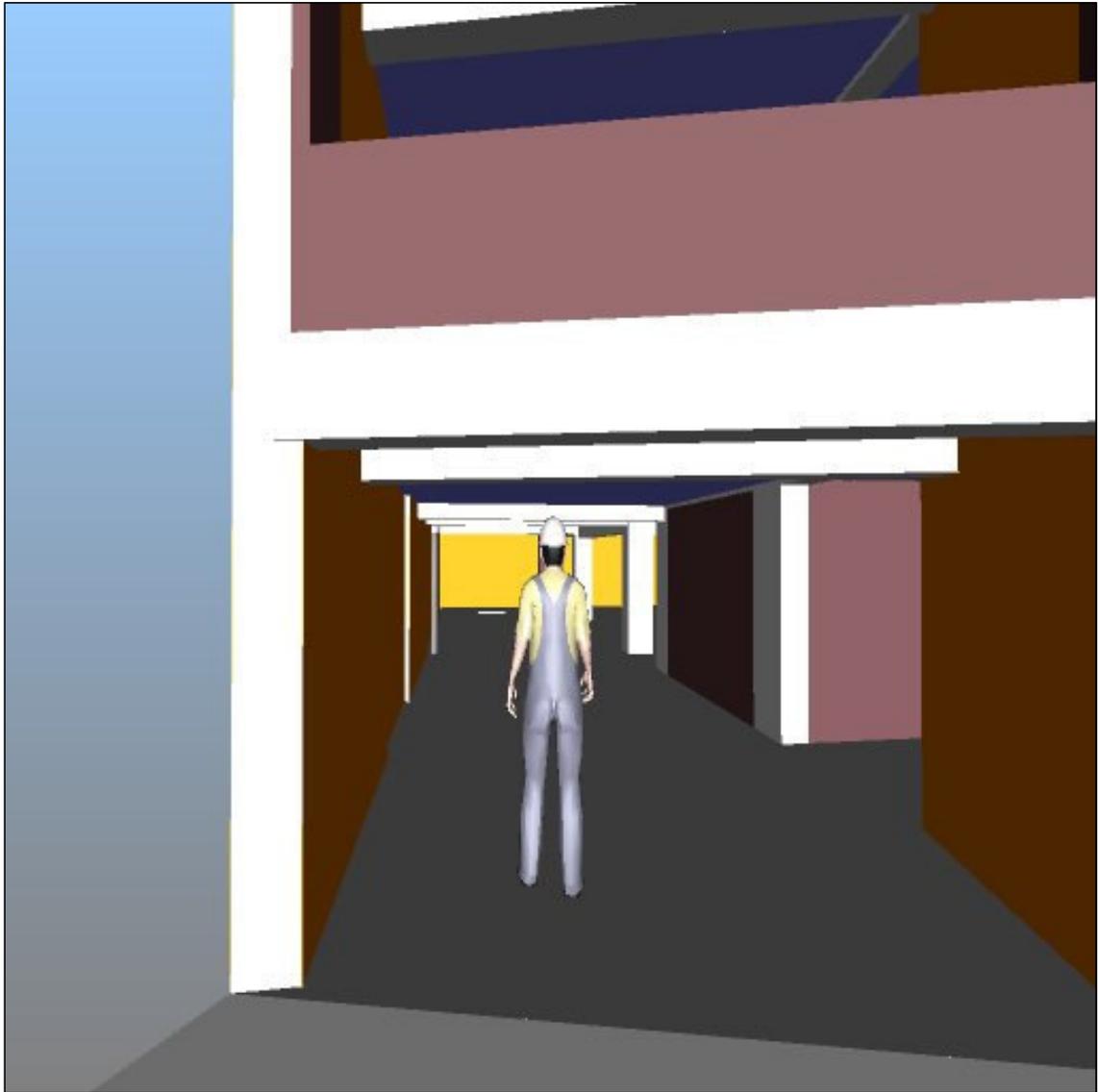


Figura 112 - Ingreso a estacionamientos - realizado en Navisworks 2015

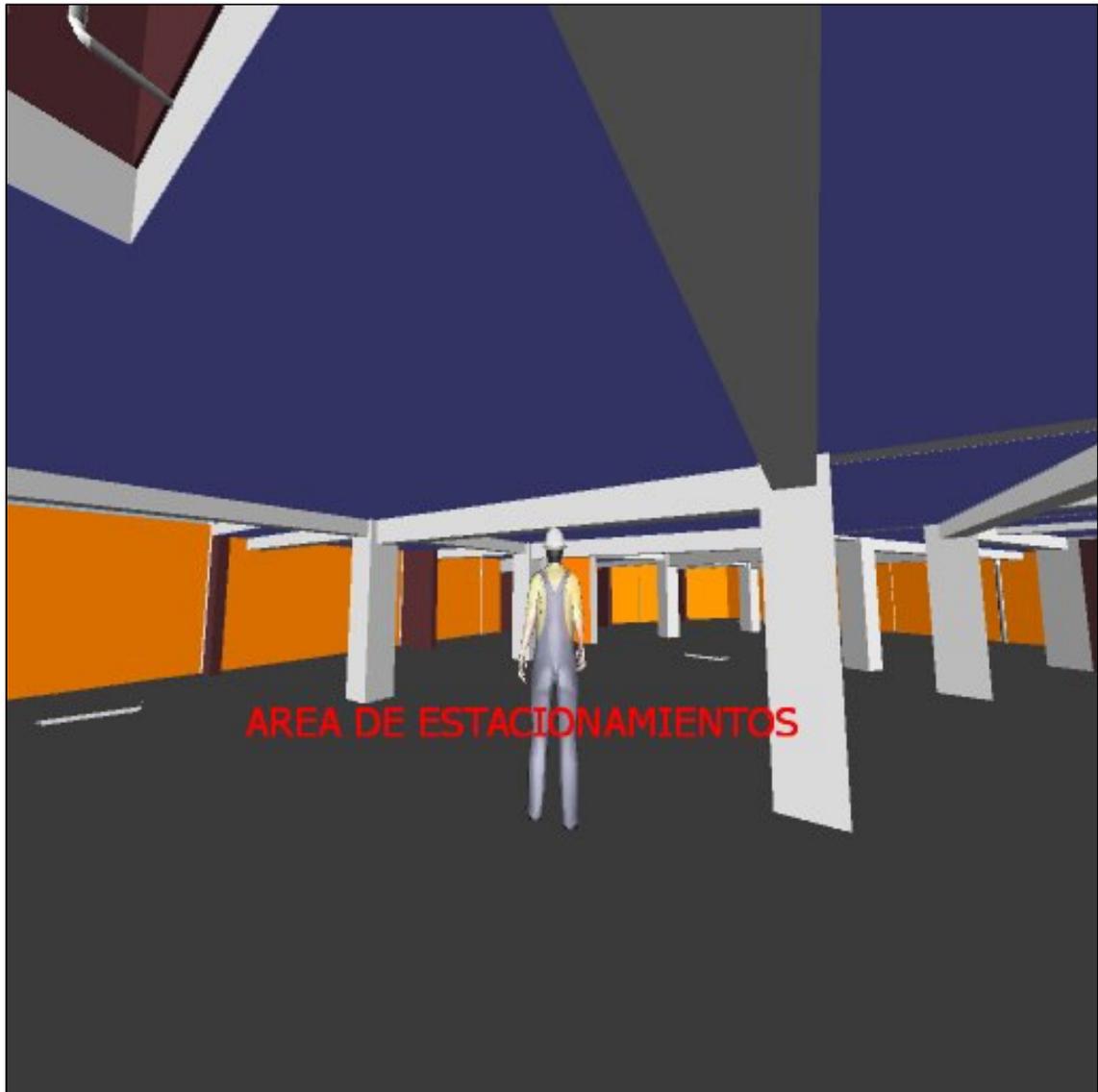


Figura 113 - Área de Estacionamientos del edificio - realizado en Autodesk Navisworks



Figura 114 - Cuarto de máquinas del edificio - realizado en Autodesk Navisworks

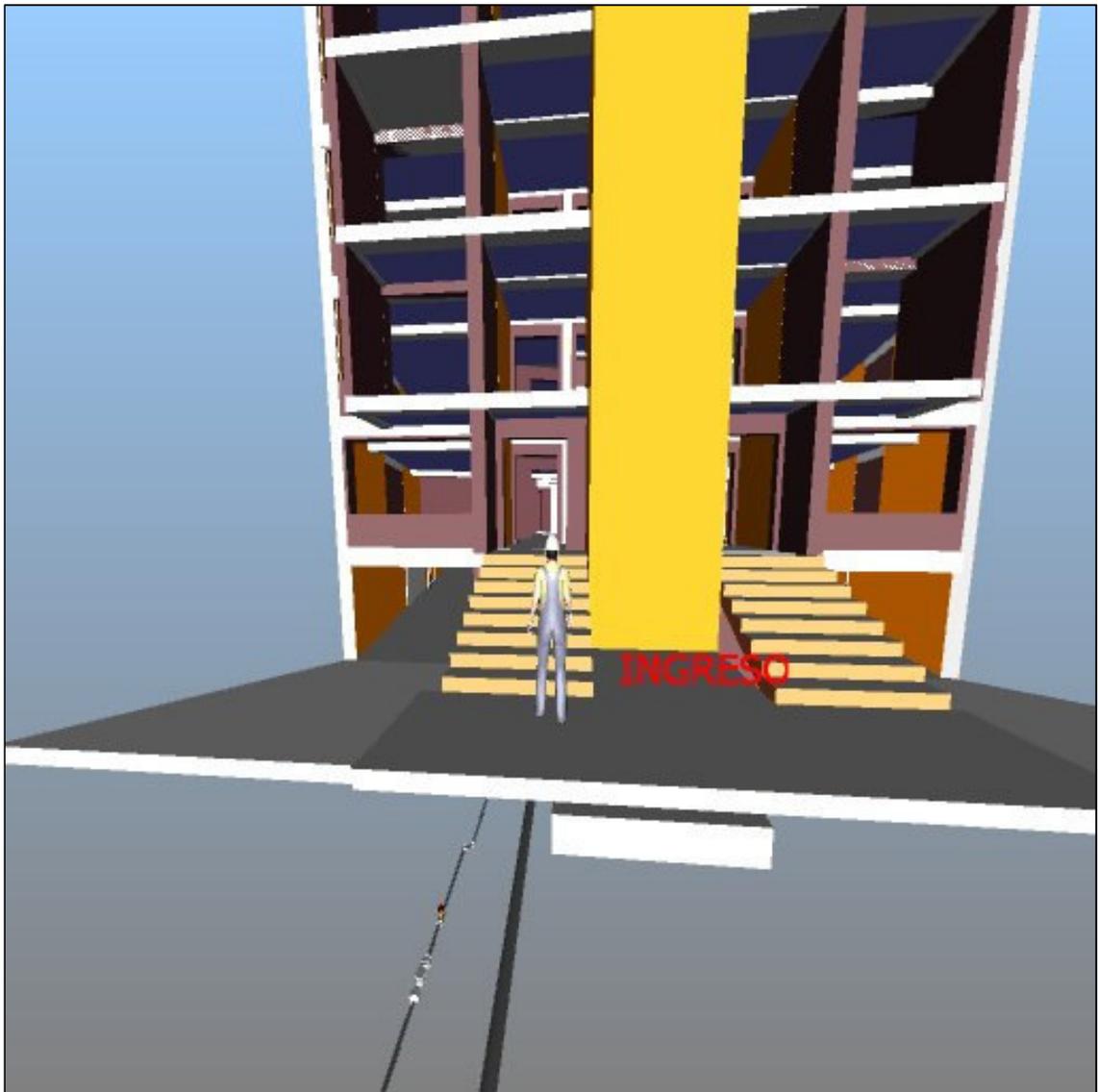


Figura 115 - Ingreso Principal a edificio - realizado en Autodesk Navisworks

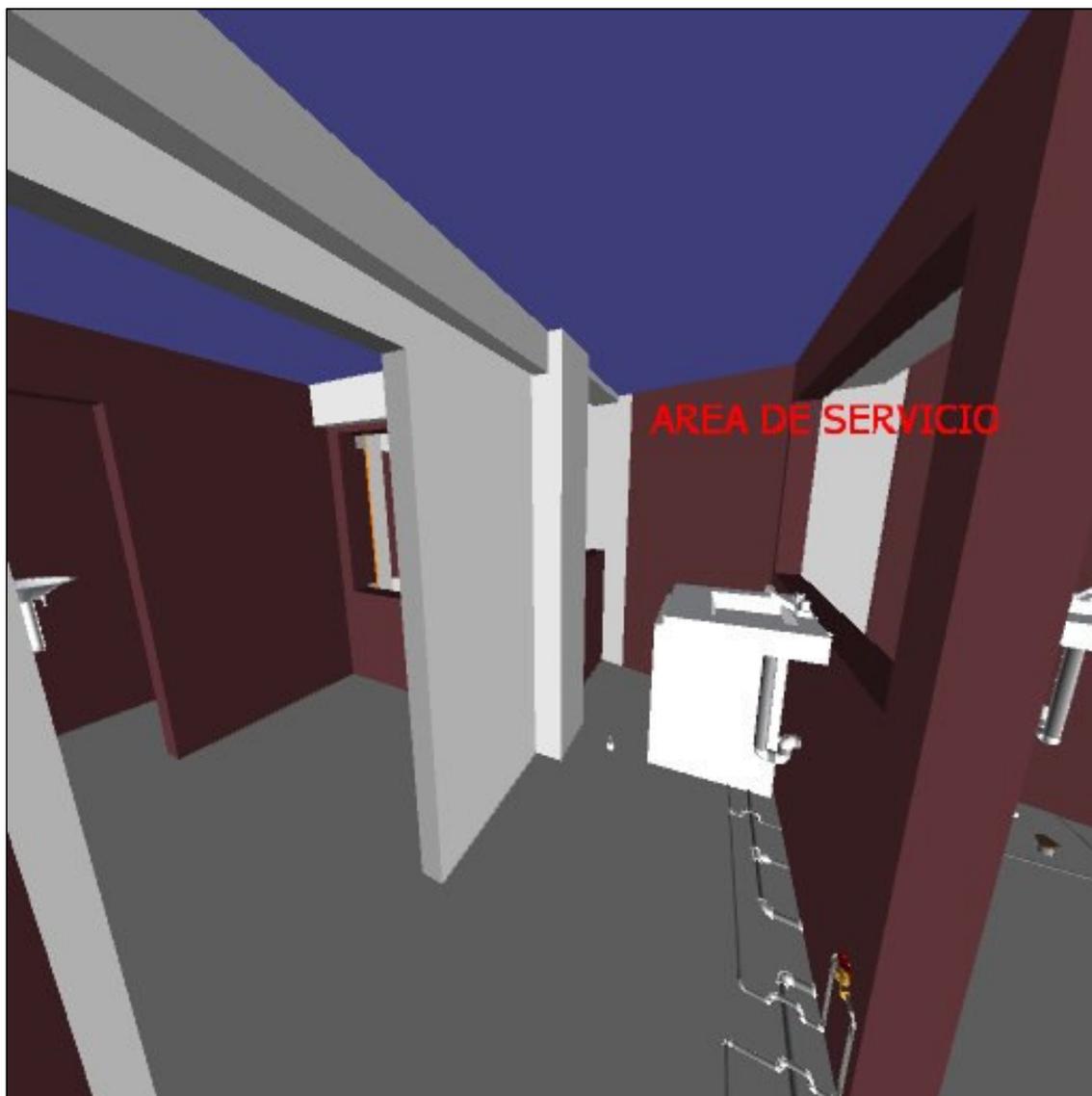


Figura 116 - Área de servicio - realizado en Autodesk Navisworks

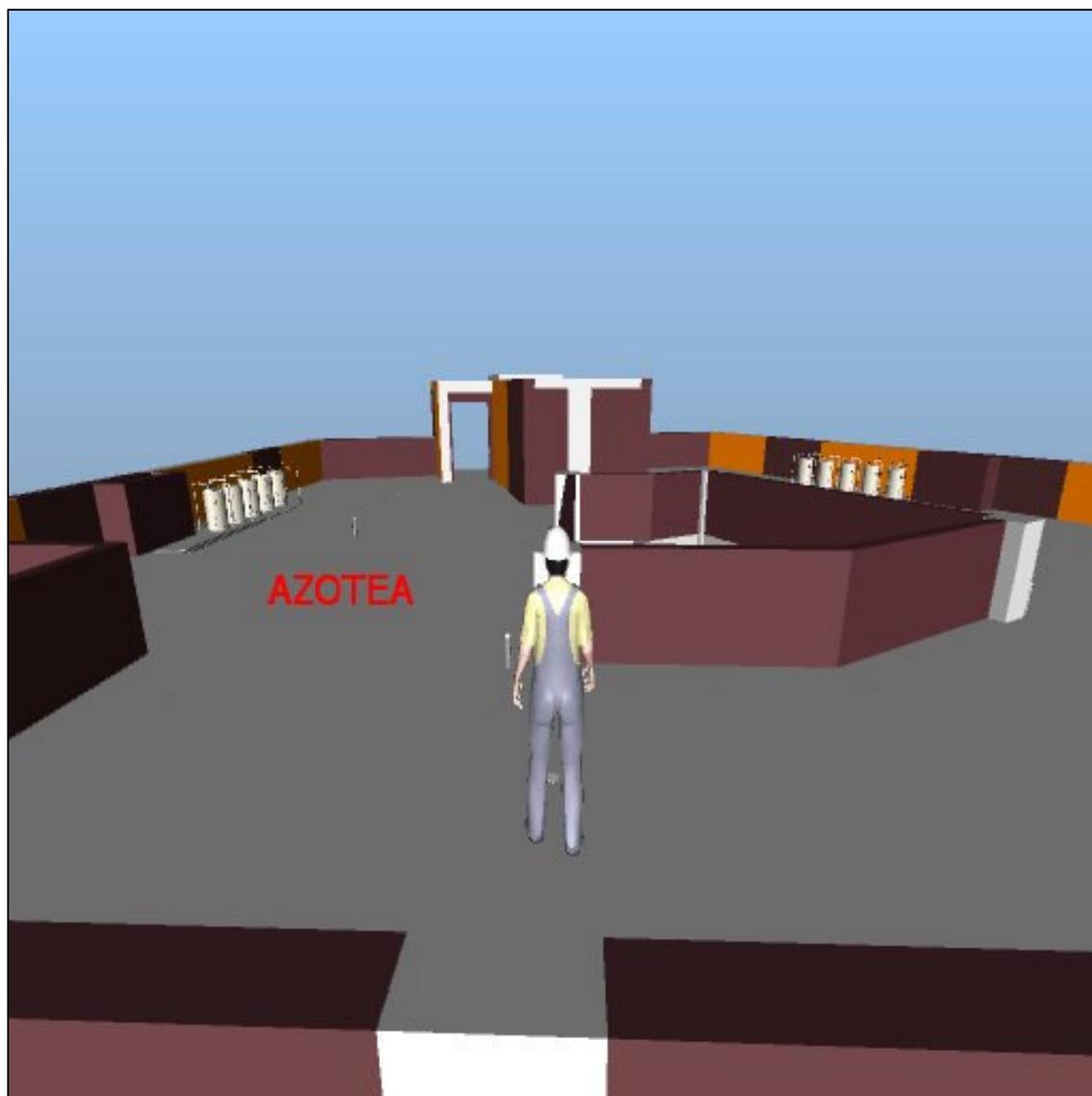


Figura 117 - Área de azotea - realizado en Autodesk Navisworks

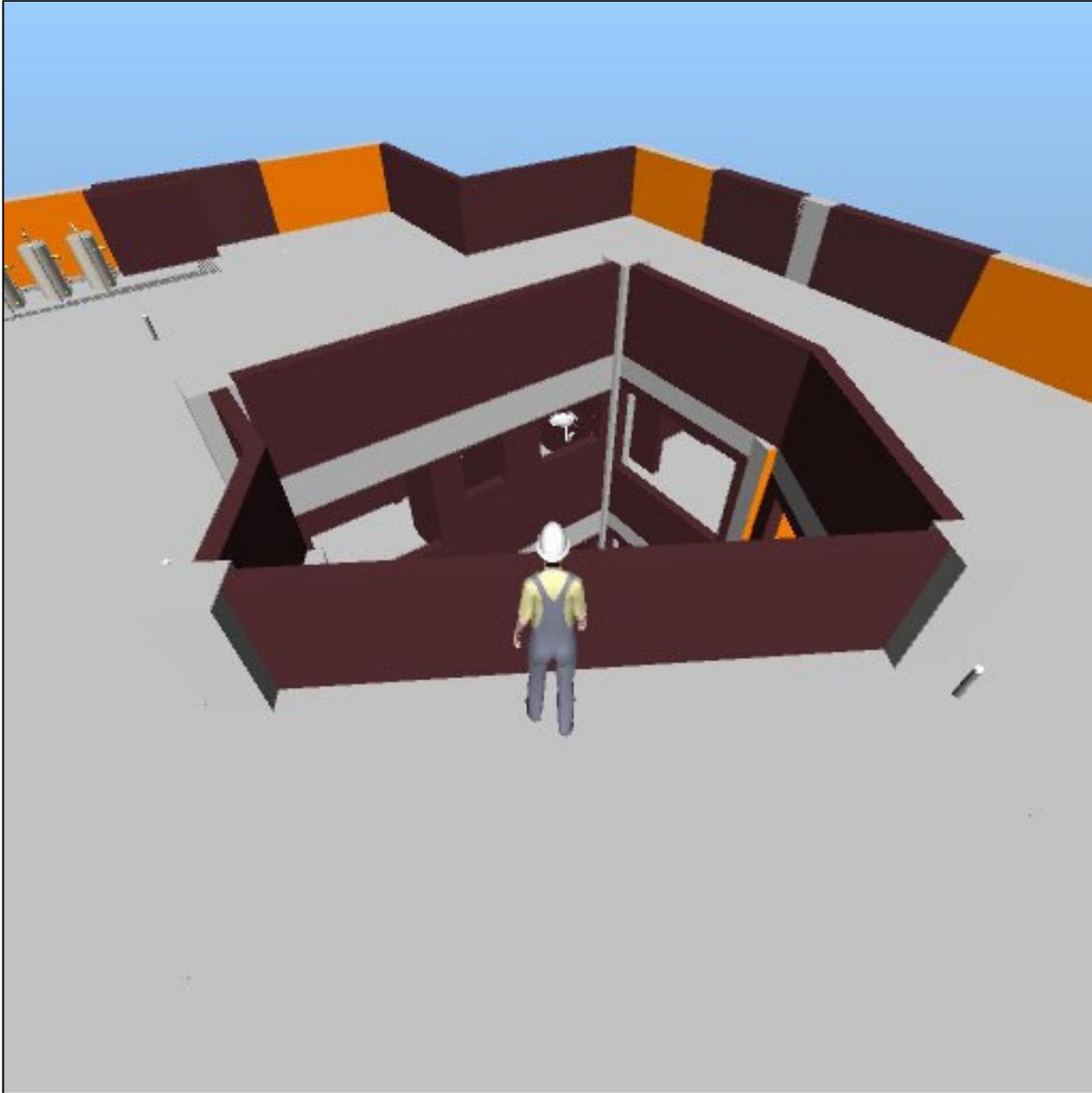


Figura 118 - Pozo de Iluminación - realizado en Autodesk Navisworks

## 8.8. BENEFICIOS Y AVANCES OBTENIDOS

Muchas veces tenemos el mal concepto de BIM como un software de dibujo en 3D limitando sus capacidades en las etapas de diseño y construcción. Sin embargo, el BIM como filosofía va mucho más allá, porque trata de una forma de trabajar y de gestionar la información del proyecto de forma coordinada, siendo el desconocimiento y el temor una

de las más importantes barreras para su aplicación e implementación. A pesar que aún queda mucho por descubrir, el uso de algunas aplicaciones y herramientas del BIM que se usaron en el proyecto de tesis permitió descubrir su potencial y saber hacia qué debemos dirigirnos los profesionales de ingeniería y arquitectura. Esto se logró, ya que se despertó la curiosidad y el interés por seguir experimentando con el uso de estas tecnologías y seguramente quienes hayan tenido la oportunidad de trabajar y escuchar de esto, ver sus ventajas, van a ser los principales interesados en aplicarlo en sus próximos proyectos.

A nivel académico, el presente proyecto de tesis está orientado a difundir las aplicaciones de las herramientas BIM, para promover su implementación a nivel de pre grado en nuestra Universidad Católica de Santa María y para que sea aplicado en proyectos de empresas constructoras.

## CAPITULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1. CONCLUSIONES

#### 9.1.1. ESTRUCTURAS

- El edificio en estudio presenta una forma irregular en planta es por eso que se consideró para la estructuración del edificio, muros de corte de concreto armado (placas) en lugar de muros portantes de albañilería; esto con el fin de obtener más rigidez en el edificio.
- De acuerdo a la Norma E.030 – 2016, el edificio en estudio no cumple con todos los requisitos para ser regular porque presenta irregularidad de esquinas entrantes; por lo tanto, se debe cumplir con que la fuerza cortante obtenida en la base del análisis dinámico, sea por lo menos el 90% de la calculada mediante un análisis estático. Por ello, las cargas sísmicas se amplificaron por 1,53 en la dirección X-X y por 1,55 en la dirección Y-Y.
- El edificio en estudio que cuenta con 6 niveles, aproximadamente se debe obtener un valor del periodo de 0.60 s. Realizando el análisis modal del edificio mediante los software estructurales se obtuvo un valor de 0.416s en X-X y 0.316 s en Y-Y, siendo estos valores menores que los 0.60 s que aproximadamente se debe obtener, con esto podemos comprobar que nuestra estructura en la dirección Y-Y se encuentra muy rígida.
- Se obtiene el periodo de vibración en la dirección Y es menor que el periodo de vibración en la dirección X; esto debido a la presencia de los muros cortantes en la dirección Y

proporcionando mayor rigidez respecto a la dirección X formada por sistema de muros de corte.

- Los valores obtenidos en el análisis sísmico para las derivas de entrepiso fueron 0.56% y 0.38%, para las direcciones X-X e Y-Y respectivamente, considerando que el límite permitido en la Norma E.030 - 2016 para edificios de concreto armado es 0.7%, se observa que las derivas obtenidas en el análisis sísmico cumplen con esta exigencia.

### 9.1.2. INSTALACIONES SANITARIAS

- En nuestro edificio en estudio, los puntos de salida de agua fría de la bomba y del primer nivel, cuentan con una presión de 31.75 m.c.a y 24 m.c.a siendo estos valores menores a los 50 m.c.a, que según indica el ítem 2.3 e de la norma IS.0.10.
- Para la elección del sistema de abastecimiento de agua fría para el edificio en estudio, se escogió un sistema Hidroneumático, porque evita que exista tanques de almacenamiento en los últimos niveles, esto implica una reducción en la concentración de cargas de los niveles superiores, mejorando así el comportamiento sísmico de la edificación.
- En nuestro edificio en estudio, las tuberías del desagüe pluvial, se encuentran tendidas en el terreno para así llevarlas hacia las rejillas pluviales que se encuentran en el ingreso de los estacionamientos, por lo tanto es necesario realizar un pozo de percolación con el objeto de evacuar todo el desagüe pluvial hacia el terreno. Si existiera Nivel Freático en el terreno lo anterior dicho no sería viable, lo cual obligaría al proyecto

instalar las tuberías de desagüe pluvial suspendidas en el techo de estacionamiento y que drenen a nivel de vereda.

- En nuestro edificio en estudio, elegimos utilizar el sistema hidroneumático para llevar una constante presión de agua a todos los puntos de salida de los departamentos. El sistema Hidroneumático consiste en un tanque hidroneumático y bombas, estos aparatos mecánicos trabaja obligatoriamente con energía eléctrica. Por lo tanto es requerimiento poseer para la edificación un generador eléctrico para el buen uso de este sistema hidroneumático.

#### **9.1.3. PLATAFORMA BIM**

- BIM como una herramienta de coordinación es posible detectar interferencias en la etapa de diseño, evitando costos de obras adicionales en la etapa de construcción. Además de esto, con el uso BIM, gracias a su modelo único que contiene información de todas las especialidades involucradas en el proyecto, es posible mejorar la toma de decisiones reduciendo potenciales pérdidas y tiempo de construcción.
- El modelado BIM-3D no sólo se utiliza para encontrar los conflictos que existe entre las disciplinas, sino que se convierte en una herramienta de análisis para evaluar y revisar los criterios de diseño y la adecuada funcionalidad en conjunto con las diferentes especialidades.
- El modelado BIM-3D permite evaluar aspectos constructivos que faciliten un mejor planeamiento y control de las actividades de construcción mejorando la gestión del proyecto.

- El uso BIM, gracias a su modelo único que contiene información de todas las especialidades permite obtener cantidades de obra, es decir, los metrados exactos y poder realizar con el modelo una simulación de cronograma de obra.
- La etapa de diseño con BIM, es la etapa que abarca el mayor tiempo total para el modelo, este tiempo está entre un 50 % a 80% del tiempo total, a esto se debe que se debe realizar el diseño y modelado de los elementos que tendrá el edificio.
- Al desarrollar el modelado del edificio en estudio mediante la plataforma BIM, se calculó un ratio de modelado incluyendo todas las especialidades realizadas, la cual se obtuvo un valor de 0.08 hh/m<sup>2</sup>, este ratio de modelado depende de la experiencia del modelador y la complejidad del proyecto llegando a obtener un ratio óptimo de 0.01 hh/m<sup>2</sup>, este ratio óptimo se obtuvo de las experiencias de modeladores e instituciones que se dedican al asesoramiento de la plataforma BIM.
- En la elaboración planos estructurales con el programa Revit nos proporciona de manera directa detalles, cortes, modelos 3D, de manera automática para la mejor visualización y lectura de los planos.
- Para el diseño estructural utilizando la interoperabilidad con BIM, no se utilizó el enlace directo del Revit 2015 al Autocad Robot Structural Analysis, debido a su complejo y poca difusión del manejo del software estructural. Para la solución

del caso se utilizó la interoperabilidad con el software estructural conocido que es el ETABS 2015.

## 9.2. RECOMENDACIONES

### 9.2.1. ESTRUCTURAS

- En un modelo de estructuras realizado en software estructural ya sea ETABS, ROBOT, etc. no se debe modelar las escaleras, cisterna ni muros perimetrales que son ajenos a la estructura, ni el tanque elevado; porque al realizar el análisis bajo cargas de gravedad no se producirán desplazamientos significativos debido a que la estructura se encuentra muy rígidos, pero si debemos considerar como una carga contenida en la edificación.
- El uso de programas para analizar edificios debe ir acompañado de un buen criterio para elaborar el modelo y una adecuada interpretación de los resultados. No es conveniente confiar totalmente en los resultados que arrojan dichos programas, sino que estos deben ser sometidos a una verificación constante por parte del diseñador, para tener una veracidad de los resultados y no realizar diseños deficientes.
- Es importante especificar todos los detalles que se crea conveniente en los planos de estructuras, ya que el constructor deberá basarse en ellos y una omisión podría llevar a un error constructivo. Además el proyectista debe considerar que el diseño que realiza debe ser “construible”, y evitar por ejemplo, especificar más de tres diámetros diferentes de barras en un solo elemento o especificar elementos con gran congestión de refuerzo.

### 9.2.2. INSTALACIONES SANITARIAS

- No es recomendable utilizar las alturas máximas que nos indica en el ítem 6.2 k de la norma IS.0.10, principalmente por motivos de proceso constructivo, porque realizar la actividad de media caña en la caja de registro se hace un proceso muy dificultoso para el obrero.
- Es recomendable incorporar pases de PVC en los elementos estructurales por donde cruzan las instalaciones, para no realizar demoliciones posteriores y evitar la debilitación de estos elementos estructurales vaciados monolíticamente.
- Al realizar el trazo del sistema de desagüe en los techos, es recomendable cuando exista cruces transversales de vigas y viguetas con tuberías de desagüe de 3" o 4", colocarlas a 1/3 de la luz de estos.

### 9.2.3. PLATAFORMA BIM

- Para realizar una coordinación con BIM, los especialistas y modeladores (Arquitectura e Ingenieros), deben tener el mismo lenguaje, es decir, deben tener el mismo software BIM, para que no haya un mal intercambio de información.
- Para poder implementar la plataforma BIM en la etapa de diseño y planeación de proyectos es importante tener en cuenta que los especialistas tengan un conocimiento básico de la utilización y de los beneficios que nos ofrece la plataforma tecnológica con el fin de no cometer errores que finalmente se traduzcan en sobre costos para el proyecto.
- Al inicio del modelado de cada especialidad, el equipo de modeladores debe elaborar una plantilla central de inicio, con

información básica y de uso frecuente para evitar que se realicen re trabajos durante el proceso del modelado.

- Se recomienda a los modeladores BIM, que deben de tener conocimientos avanzadas de procedimientos constructivos, para que el modelo BIM tenga los mejores detalles constructivos y nos entreguen los metrados más exactos.
- Al momento de realizar una simulación 4D, se debe visualizar en la simulación los entregables más importantes que sean visibles para el cliente y especialistas, como los elementos estructurales (losas, vigas, columnas, cimentación), porque simular elementos que están contenidos dentro del proyecto como acero, tuberías, accesorios, sería un proceso muy trabajoso y no se apreciaría muy bien en la simulación.
- BIM y la nueva tecnología que vienen apareciendo de manera acelerada, requieren de un proceso de maduración para el aprendizaje; motivo por el cual, esta plataforma (metodología) será necesaria incorporarla en el plan curricular universitaria con la finalidad de ilustrar a los alumnos de la carrera, los conceptos, beneficios, usos, limitaciones y software a nivel de pre grado. En ese sentido, una de las recomendaciones a la que se puede arribar en la presente tesis, es que se incluya en la planificación curricular de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica Santa María el curso denominado “Metodología BIM” el que deberá impartirse a partir del 4to año de educación universitaria y con una duración de 4 semestres académicos, nivel formativo en el que el alumno cuenta con los conocimientos sólidos de la carrera como procedimientos constructivos, concreto armado, entre otros, los que serán complementados con los cursos de

instalaciones en edificaciones, programación de obra, costos y presupuestos, etc.

- Se debe hacer una necesidad a los proyectistas el uso de BIM para que sus procesos sean más eficientes y agreguen valor a sus clientes a través de productos bien desarrollados y con información completa.



## BIBLIOGRAFIA

### ESTRUCTURAS

- **Teodoro E. Harmsen**, “Diseño de Estructuras de Concreto Armado”, Pontificia Universidad Católica del Perú 3ra Edición, 2002.
- **BLANCO BLASCO, ANTONIO**. “Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado” Libro 2 de la colección del ingeniero civil - Colegio de ingenieros del Perú, 1997
- **Ing. Oscar Chávez**, “Apuntes del Curso Concreto Armado 1”, Universidad Católica del Santa María, año 2011.
- **Ing. Oscar Chávez**, “Apuntes del Curso Concreto Armado 2”, Universidad Católica del Santa María, año 2011.
- **Edmundo David Pajares Cabrera**, “Diseño de un Edificio de Concreto Armado de 6 niveles”, Perú, 2010.
- **Aníbal Tafur Gutiérrez**, “Diseño Estructural de un Edificio de vivienda, con un sótano y seis pisos, ubicada en Magdalena”, Lima, 2012
- **Reglamento Nacional de Edificaciones**, “Norma Técnica de Edificación E.020 - Cargas”, año 2006.
- **Reglamento Nacional de Edificaciones**, “Norma Técnica de Edificación E.030 - Diseño Sismoresistente”, año 2016.
- **Reglamento Nacional de Edificaciones**, “Norma Técnica de Edificación E.050 - Suelos y Cimentaciones”, año 2006.
- **Reglamento Nacional de Edificaciones**, “Norma Técnica de Edificación E.060 - Concreto Armado”, año 2009.
- **Aceros Arequipa**, “Manual de construcción para maestros de Obra”

### INSTALACIONES SANITARIAS

- **Granados Robayo, Jorge**, “Redes Hidráulicas y Sanitarias en Edificios”, Editorial Unibiblos, Colombia, 2002
- **Reglamento Nacional de Edificaciones**, “Norma Técnica de Edificación IS.010 – Instalaciones Sanitarias”, año 2006.

- **Ing. Alejandro Hidalgo V-**, “Separatas de Instalaciones en Edificaciones”, Universidad Católica del Santa María, año 2013.
- **Folletos HIDROSTAL.**

## PLATAFORMA BIM

- **Arq. Jorge Quiroz,**” BIM para Proyectos pequeños, medianos y grandes”, I Congreso Internacional BIM, 2015.
- **AUTODESK® (ed.) Autodesk and FM: Systems®.** AUTODESK. BIM for the Building Lifecycle, 2012.
- **Eastman, Chuck,** “BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors”, 2011.
- **Aliaga Melo, G. D,**” Implementación y metodología para la elaboración de modelos BIM para su aplicación en proyectos industriales multidisciplinarios”, Chile,2012
- **Naisir Duarte Hinojosa & Jose Joaquín Pinilla Arenas,**” Razón de costo-efectividad de la implementación de la metodología BIM y la metodología tradicional en la planeación y control de un proyecto de construcción de vivienda en Colombia”, Colombia, 2014.
- **Alejandro Benjamín Eliash Méndez,** “Entendiendo el uso del BIM en los procesos de diseño y coordinación de especialidades en Chile”, Chile, 2015
- **Gleyser Goyzueta** , “Implementación de la metodología BIM y el sistema Last Planner 4D para la mejora de gestión de la obra Residencial Montesol-Dolores”, Arequipa, 2016
- **Departament d’Expressió Gràfica Arquitectònica I,** “Introducción a la tecnología BIM”, España, 2008.

# ANEXO 01

# ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS



**INFORME N° 089-JL-AREQUIPA**

**A** : INMOVILIARIA TOLEDO GROUP S.R.L.  
**DEL** : JEFE DE LABORATORIO.  
**ASUNTO** : ESTUDIO DE SUELOS  
 SECTOR: URB. SANTA CATALINA MZA. "O" LOTE N° 8  
 JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO  
**FECHA** : AREQUIPA, 08 DE JUNIO EL 2012.

**1. INTRODUCCION.-**

A solicitud de la Empresa de Proyectos Inmobiliaria Toledo Group S.R.L. hacemos llegar el presente informe técnico, que está relacionado con el Estudio de Mecánica de Suelos, para la Construcción de Vivienda Multifamiliar.

**2. ALCANCES.-**

Situada en la margen Izquierda del río Chili (Aguas Abajo). Según su topografía es ondulada a plana y está dentro de la zona urbana.

**3. OBJETO DEL ESTUDIO.-**

El objeto de dicho estudio es de clasificar y determinar la calidad y capacidad de carga de los suelos existentes en la zona donde se ubicara los trabajos para la Construcción Vivienda Multifamiliar.

**4. RESEÑA GEOLOGICA LOCAL.-**

- **Volcánico Sencca.-** Aflora entre los distritos de Yanahuara, Cayma y Cerro Colorado, formando por el material volcánico tipo tufo violítico, pómez y auderitas, de colores blanco rosado salmón.
- **Flujo de lodo.-** Sobre yace al sencca, es de color oscuro, fragmentos sub-redondeado, auderitas y basaltos en matriz arenosa.
- **Aluvial del Chili.-** Forma la terraza de inundación, de color gris oscuro, cantos dorados.
- **Pluvial Reciente.-** Capa superficial de meteorización, arena limosa, hasta de 1m. De grosor.
- **Relleno.-** En capas de 2.5m. de grosor, sobre la terraza de inundación, arena gris, fragmentos variables. Su topografía es plana y uniforme y se desarrolló en capas de diferentes texturas (suelo Vegetal), y compuesto por limos, arena fina, pequeños lentes de arcilla en estructuras masivas, secas y compactas, se disgrega en terrones e intercalación con arenas gravas, guijarros sub. redondeados.
- En cuanto a la humedad, esta por debajo del porcentaje de 6.7 %.



*[Firma]*  
 Urlish del Lozada Paz  
 Ingeniero Civil  
 N°: 47103



El suelo descrito en esta serie es favorable para el asentamiento de construcciones ya que la humedad es de bajo porcentaje y la compactación observable permite un suelo resistente a los sismos estadísticamente a un 20%

### 5. METODOLOGIA.-

Estrategia de trabajo, ha constituido en una inspección y evaluación de la zona dando importancia al aspecto geotécnico donde se realizara la Construcción Vivienda Multifamiliar. Una vez realizada esta operación se procedió a ejecutar 02 calicatas de 2.20 m. de profundidad, se muestreo, se describió y se observaron las características del sub-suelo que mostraba las calicatas. Con el material obtenido en el campo se procedió a realizar las pruebas en el laboratorio para luego en el gabinete se interprete y describa la información obtenida.

### 6. TRABAJOS DE CAMPO.-

Se efectuaron los trabajos de exploración, lo que nos permitió visualizar la estratigrafía y describir los suelos, se tomaron las muestras disturbadas y representativas para ensayos en el laboratorio, a fin de clasificar y determinar sus características físicas, mecánicas y su valor soporte.

### 7. OBSERVACIONES.-

#### APLICACIÓN DE LA NORMA TECNICA PARA EDIFICACIONES E - 50

De acuerdo a los ensayos obtenidos en el laboratorio indica que la formación de los estratos esta dispuesta en dos estratos.

- **Primer Estrato.-** (Prof. 0.00 a 1.70). Arena, limo no plástico, suelo semicompacto, Densidad baja. Color beige.
- **Segundo Estrato.-** (Prof. 1.70 a 2.20.). Grava, arena, limo no plástico, suelo semicompacto, Densidad alta. Color beige.

#### CALICATA N° 01

Muestra	01	02
Clasificación de Suelos	SM	SP-SM
Humedad Natural	3.6 %	5.4 %
Porcentaje Malla #200	19.5 %	11.6 %
Máxima Densidad	1.76 gr/cc	2.03 gr/cc.
Humedad Optima	11.34 %	9.74 %
Gravedad Especifica	2.30 gr/cc	2.64 gr/cc.
Limite Líquido	13.5 %	14.0 %



*Urlich José Lozano*  
Ingeniero Civil  
CIP: 47453

**CALICATA N° 02**

Muestra	01	02
Clasificación de Suelos	SM	SP-SM
Humedad Natural	5.3 %	6.7 %
Porcentaje Malla #200	17.7 %	9.8 %
Máxima Densidad	1.70 gr/cc	2.01 gr/cc.
Humedad Optima	10.71 %	9.06 %
Gravedad Específica	2.24 gr/cc	2.61 gr/cc.
Limite Líquido	13.9 %	14.3 %

**8. ASPECTOS SISMICOS.****8.1 FACTORES SISMICOS.**

El área de estudio se ubica en el Distrito de José Luis Bustamante y Rivero, donde se realizara la Construcción Vivienda Multifamiliar. Se encuentra en una zona de Alta Sismicidad, clasificándose según el Reglamento Nacional de Construcciones como zona 3, mencionando que la zonificación considerada se basa en la distribución espacial de la Sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica.

A cada zona se le asigna un factor, este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 10 años.

Conforme a la clasificación como zona 3 puede darse la probabilidad de ocurrencia de sismos de considerable magnitud.

**8.2. PARÁMETRO SISMICOS CONSIDERADOS.**

- ♦ Zona 3.
- ♦ Factor de la Zona (z): 0.40
- ♦ Perfil del suelo : S2
- ♦ Factor del suelo (S) : 1.2
- ♦ Periodo de vibración (Ts) 0.60

**9. CAPACIDAD PORTANTE.****9.1 CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO A NIVEL DE CIMENTACION.****9.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECANICAS**

- ♦ Peso Unitario 1.46 kg/cm<sup>3</sup>.
- ♦ Densidad Máxima 1.51 kg/cm<sup>3</sup>
- ♦ Densidad Mínima 1.34 kg/cm<sup>3</sup>.
- ♦ Densidad Relativa 73.01 %.
- ♦ Angulo de rozamiento ( $\phi$ ) 30.95°
- ♦ Nq 11.5
- ♦ Ny 8.9
- ♦ Nc



Univ. José Lozada Paz  
Ingeniero Civil  
CIP: 47463

**Capacidad Portante según Terzaghi:**

Factor de Seguridad (FS) = 2.5

$$q_{ult} = \frac{1}{2}cN_c + YDfN_q + 0.4BYN_y$$

Profundidad de desplante 2.50 m.

Zapata cuadrada

Ancho de Zapata B = 1.20

$$q_{ult} = 48.21 \text{ Tn/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.928 \text{ kg/cm}^2$$

Para cimentación corrida B = 0.80 m.

$$q_{ult} = 44.95 \text{ Tn/m}^2$$

$$q_{adm} = 1.798 \text{ kg/cm}^2$$

**10. CONCLUSIONES.**

- Suelos semicompactos, materiales no plásticos
- La uniformidad del terreno no considera la posibilidad de un asentamiento diferencial
- El porcentaje de humedad no representa peligro de empuje y/o colapso.
- No se encontró el nivel freático.
- Los materiales encontrados no tienen sulfatos, carbonatos, caliche u otras sales solubles.
- La uniformidad del terreno no considera la posibilidad de un asentamiento diferencial

**11. RECOMENDACIONES**

- Considerar como capacidad portante admisible en este suelo 1.928 kg/cm<sup>2</sup>.
- Considerar como capacidad portante admisible en este suelo 1.706 kg/cm<sup>2</sup> para cimiento corrido.
- Utilizar cimentación superficial recomendando una profundidad DF= 2.50 m para zapatas (nivel de desplante), y cimientos corridos DF= 1.20 m.
- Buscar que los asentamientos que puedan presentarse sean menores a los admisibles y tratar que sean uniformes y no diferenciales.

Aprovecho la oportunidad para hacerle llegar los sentimientos de mi mayor consideración.

Atentamente.



Unish del Lagoa r.o.  
Ingeniero Civil  
CIP: 47463

# ANEXO 02

## RFIS





# REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN

Ver. 01

Fecha: Agosto.2016

Pag. 1 de 5

A.- Zona a llenar por quien EMITE la SOLICITUD

## A.1.- IDENTIFICACIÓN TEMA

Proyecto: **EDIFICIO "CATALINAS"**  
Área: PROYECTOS  
Disciplina: Arquitectura  
Plano de Referencia INSTALACIONES\_3D.RVT  
Tema: **MONTANTES DE DESAGUE**

RFI N°: 1

## A.2 IDENTIFICACIÓN EMISOR DE RFI

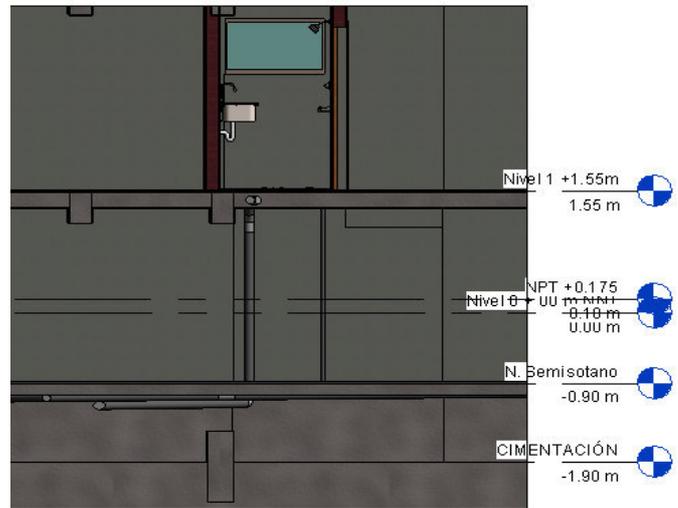
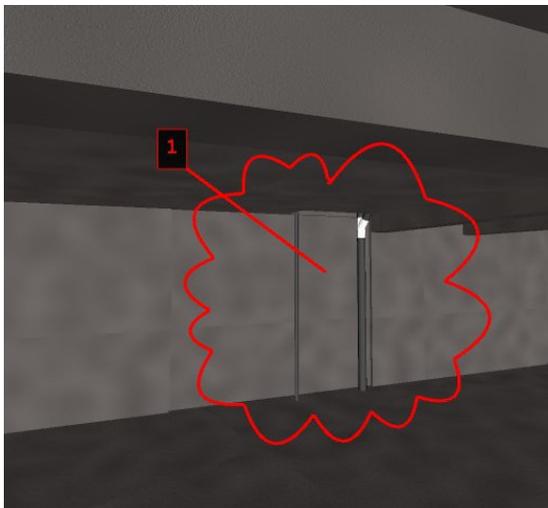
Nombre CARLOS CHAMBILLA  
Area: Compatibilización  
Fecha emisión AGOSTO

Firma

## A.3 PRIORIDAD

Urgente

Las tuberías de desague, estan expuestas a la vista y contacto en el semisótano, ocasionando que estos sean manipulados por los habitantes.



## A.5 LOCALIZACION

Se encontro la siguiente observación en el semisotano, en el eje A y eje G.

## A.6 SOLICITUD Y/O PROPUESTA DE MEJORA

Se solicita al Arquitecto dar una solución para este caso.



# REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN

Ver. 02

Fecha: Agosto.2016

Pag. 2 de 5

A.- Zona a llenar por quien EMITE la SOLICITUD

## A.1.- IDENTIFICACIÓN TEMA

Proyecto: **EDIFICIO "CATALINAS"**  
Área: **PROYECTOS**  
Disciplina: **Arquitectura**  
Plano de Referencia **ARQUITECTURA\_3D.RVT**  
Tema: **AREA DE LAVANDERIA**

**RFI N°: 2**

## A.2 IDENTIFICACIÓN EMISOR DE RFI

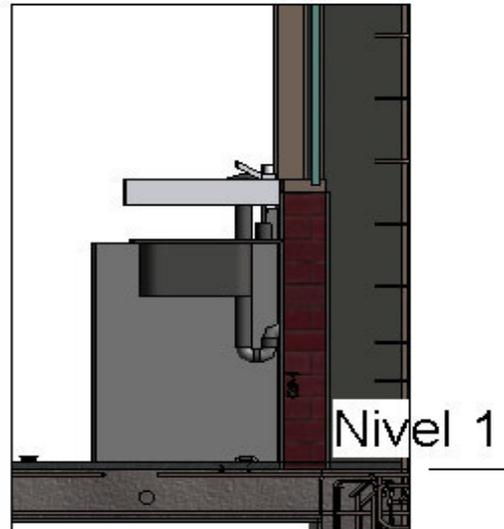
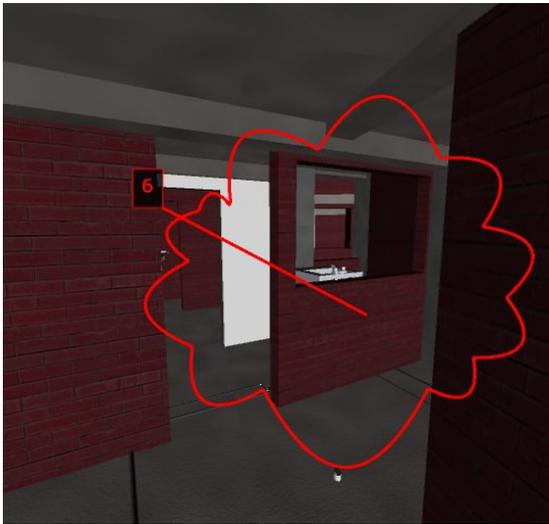
Nombre **CARLOS CHAMBILLA**  
Area: **Compatibilización**  
Fecha emisión **AGOSTO**

Firma

## A.3 PRIORIDAD

Urgente

Las tuberías del aparato sanitario se encuentran expuestas y el muro es muy bajo.



## A.5 LOCALIZACION

La localización del problema se encuentra en la lavandería de de los departamentos

## A.6 SOLICITUD Y/O PROPUESTA DE MEJORA

Se solicita al Arquitecto, aumentar la altura del muro.



# REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN

Ver. 03

Fecha: Agosto.2016

Pag. 3 de 5

A.- Zona a llenar por quien EMITE la SOLICITUD

## A.1.- IDENTIFICACIÓN TEMA

Proyecto: **EDIFICIO "CATALINAS"**  
Área: **PROYECTOS**  
Disciplina: **Arquitectura**  
Plano de Referencia: **ARQUITECTURA\_3D.RVT**  
Tema: **BAÑO DE LAVANDERIA**

**RFI N°: 3**

## A.2 IDENTIFICACIÓN EMISOR DE RFI

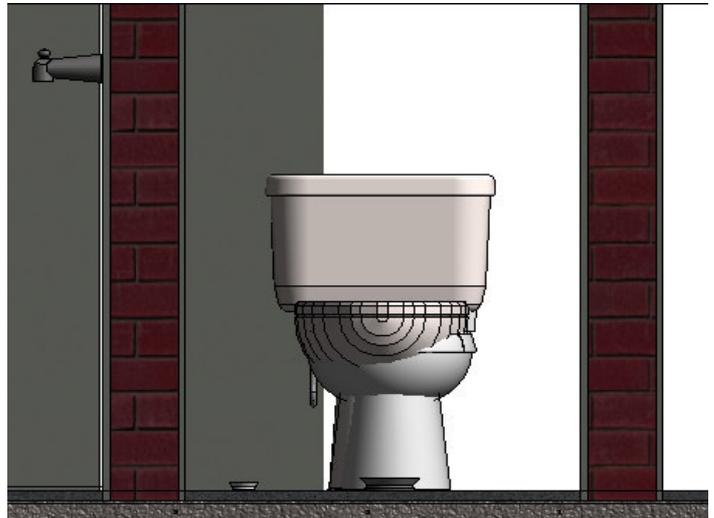
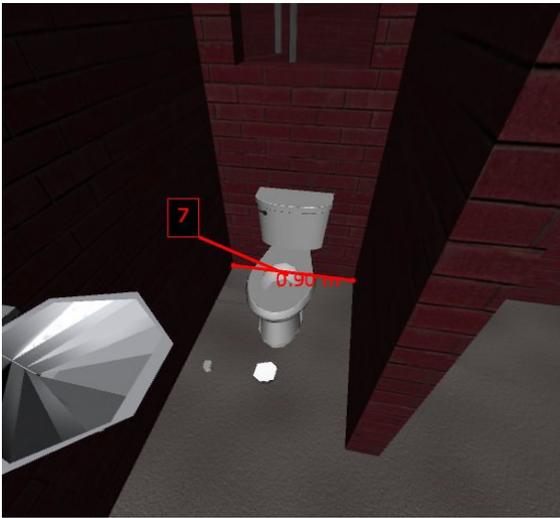
Nombre: **CARLOS CHAMBILLA**  
Area: **Compatibilización**  
Fecha emisión: **AGOSTO**

Firma

## A.3 PRIORIDAD

Urgente

Ancho mínimo recomendable para un baño es 1.20 m, en la propuesta Arquitectónica proponen el ancho de baño 0.90 m.



## A.5 LOCALIZACION

La localización del problema esta en el baño de la lavandería.

## A.6 SOLICITUD Y/O PROPUESTA DE MEJORA

Se solicita al Arquitecto confirmar este ancho de baño para realizar las coordinaciones con el Ingeniero Estructural y Sanitario.



# REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN

Ver. 04

Fecha: Agosto.2016

Pag. 4 de 5

A.- Zona a llenar por quien EMITE la SOLICITUD

## A.1.- IDENTIFICACIÓN TEMA

Proyecto: **EDIFICIO "CATALINAS"**  
Área: **PROYECTOS**  
Disciplina: **Arquitectura**  
Plano de Referencia: **ARQUITECTURA\_3D.RVT**  
Tema: **NICHOS DE LLAVES DE COMPUERTA**

**RFI N°: 4**

## A.2 IDENTIFICACIÓN EMISOR DE RFI

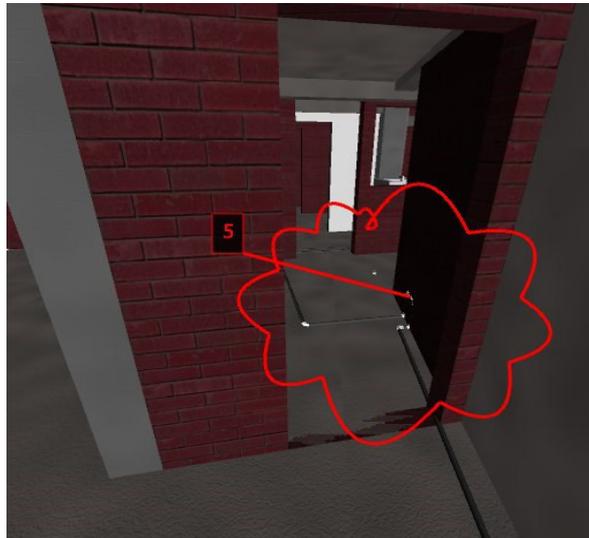
Nombre: **CARLOS CHAMBILLA**  
Area: **Compatibilización**  
Fecha emisión: **AGOSTO**

Firma

## A.3 PRIORIDAD

Urgente

No está modelado el nicho donde estara las llaves de compuerta.



## A.5 LOCALIZACION

Se encuentra en los ambientes donde se colocaron las llaves de compuerta.

## A.6 SOLICITUD Y/O PROPUESTA DE MEJORA

Se solicita al Modelador BIM de la especialidad de Arquitectura, realizar el modelado de nicho donde ira las llaves de compuerta de todos los departamentos.



# REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN

Ver. 04

Fecha: Agosto.2016

Pag. 5 de 5

## A.- Zona a llenar por quien EMITE la SOLICITUD

### A.1.- IDENTIFICACIÓN TEMA

Proyecto: **EDIFICIO "CATALINAS"**  
Área: **PROYECTOS**  
Disciplina: **Arquitectura**  
Plano de Referencia: **ARQUITECTURA\_CATALINAS.DWG**  
Tema: **MUROS Y COLUMNAS DESFASADOS DE SUS EJES**

RFI N°: **5**

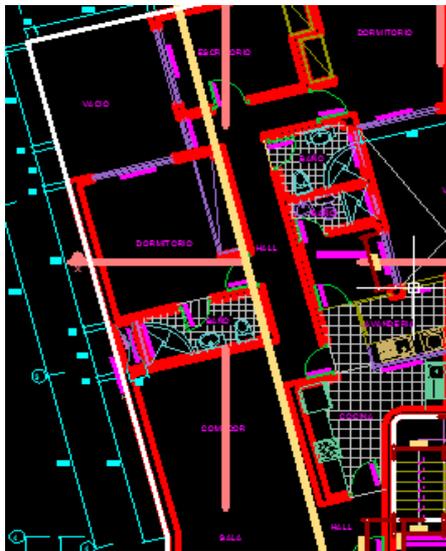
### A.2 IDENTIFICACIÓN EMISOR DE RFI

Nombre: **CARLOS CHAMBILLA**  
Area: **Compatibilización**  
Fecha emisión: **AGOSTO**

Firma

### A.3 PRIORIDAD

Urgente



### A.5 LOCALIZACION

El problema se encuentra en especial en los ejes verticales como el B,C E y G

### A.6 SOLICITUD Y/O PROPUESTA DE MEJORA

Se solicita al Dibujante Cad de Arquitectura que coloque los elementos propuestos (muros, columnas) en la dirección de los ejes, para no tener problemas en la estructuración

# ANEXO 03

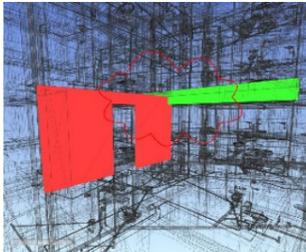
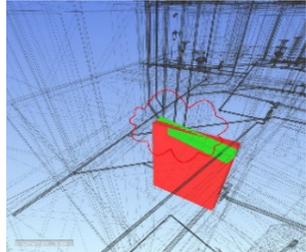
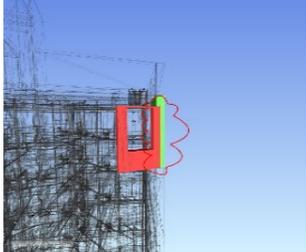
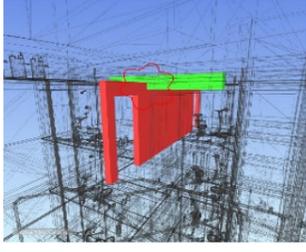
## REPORTE DE INTERFERENCIAS



## REPORTE DE INTERFERENCIAS



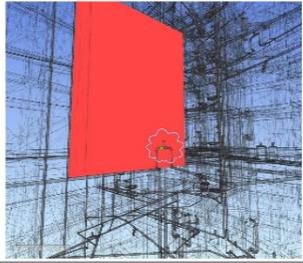
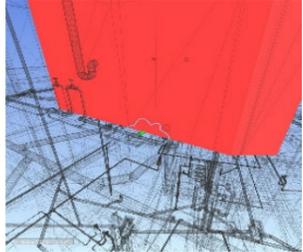
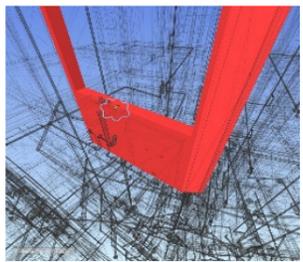
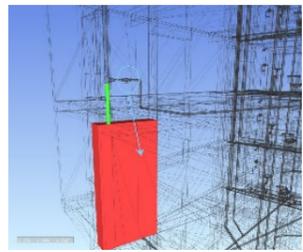
### 1. ARQUITECTURA vs ESTRUCTURA

Image	Clash Name	Status	Date Found	Approved by	ELEMENTO 1			ELEMENTO 2			Comments
					Layer	Item Name	Item Type	Layer	Item Name	Item Type	
	1.1	Resolved	16:55.5	CARLOS CHAMBILLA	Nivel 2	Ladrillo KK Soga 15cm	Solid	Nivel 3 +6.85m	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	Solid	Cchambilla - 2016 Problema: Interferencia entre muro de albañilería y viga. Solución: Este problema es una interferencia constructiva, el Ingeniero y Contratista deben realizar la inspección en el levantamiento de muros, para corregir este problema.
	1.2	Resolved	16:55.5	CARLOS CHAMBILLA	N. Semisotano	Ladrillo KK Soga 15cm	Solid	Nivel 1 +1.55m	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	Solid	Cchambilla - 2016 Problema: Interferencia entre el muro de albañilería y viga. Solución: Se recomienda al Ingeniero y Contratista estar en constante inspección durante en el levantamiento de muros.
	1.3	Resolved	16:55.5	CARLOS CHAMBILLA	Nivel 5	Ladrillo KK Cabeza 25cm	Solid	Nivel 5 +12.15m	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	Solid	Cchambilla - 2016 Problema: Interferencia constructiva entre el muro de albañilería y placa, por encontrarse en una esquina. Solución: Al momentos del levantado de muros los encargados deben inspeccionar como ira la union entre la placa y muro de albañilería.
	1.4	Resolved	16:55.5	CARLOS CHAMBILLA	Nivel 5	Ladrillo KK Soga 15cm	Solid	Nivel 6 +14.80m	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	Solid	Cchambilla - 2016 Problema: Interferencia constructiva entre muro de albañilería y viga. Solución: En el levantado de muro, los encargados deben realizar la inspección del caso.

## REPORTE DE INTERFERENCIAS



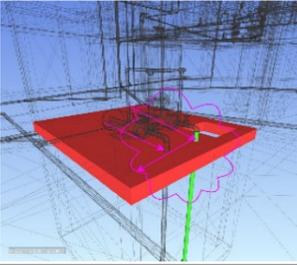
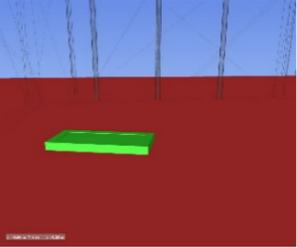
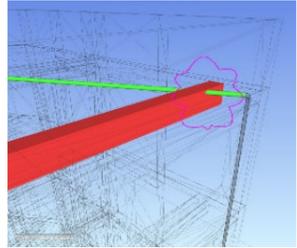
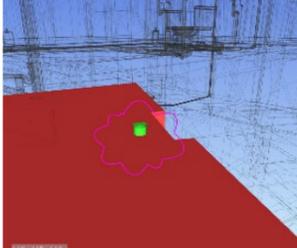
### 2. ARQUITECTURA vs INSTALACIONES

Image	Clash Name	Status	Date Found	Approved by	ELEMENTO 1			ELEMENTO 2			Comments
					Layer	Item Name	Item Type	Layer	Item Name	Item Type	
	2.1	Approved	16:56.3	CARLOS CHAMBILLA	Nivel 2	Ladrillo KK Cabeza 25cm	Solid	Nivel 2	PVC Clase 10	Solid	01 - Cchambilla - 2016 Problema: Modelado BIM-3D Arquitectura, no esta modelado el nicho donde se encuentra ira la llave de compuerta. Solución: Se solicita al modelador de la especialidad realizar la corrección del modelo para resolver la interferencia y observación.
	2.2	Resolved	16:56.3	CARLOS CHAMBILLA	Nivel 2	Ladrillo KK Soga 15cm	Solid	Nivel 2	PVC	Solid	Cchambilla - 2016 Problema: Interferencia constructiva entre tubería y muro de albañilería. Solución: Se debe picar el muro de albañilería para que la tubería ingrese.
	2.3	Reviewed	16:56.3	CARLOS CHAMBILLA	Nivel 4	Ladrillo KK Soga 15cm	Solid	Nivel 4	PVC	Solid	Cchambilla - 2016 Problema: La tubería que conecta al aparato sanitario esta expuesta a la vista, por motivos que que el muro es muy bajo. Solución: Se recomienda al Arquitecto a aumentar la altura del muro y realizar la coordinación.
	2.4	Reviewed	16:56.3	CARLOS CHAMBILLA	Nivel 2	Ladrillo KK Cabeza 25cm	Solid	N. Semisotano	PVC	Solid	Cchambilla - 2016 Problema: Modelador BIM Arquitectura, no se realizo el nicho donde ira colocado el nicho del medidor de agua para los 10 departamentos. Solución: Realizar el modelado del nicho y coordinar con el BIM manager

## REPORTE DE INTERFERENCIAS



### 3. ESTRUCTURA vs INSTALACIONES

Image	Clash Name	Status	Date Found	Approved by	ELEMENTO 1			ELEMENTO 2			Comments
					Layer	Item Name	Item Type	Layer	Item Name	Item Type	
	3.1	Resolved	16:56.5	CARLOS CHAMBILLA	N. Semisotano	Rendel - Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	Solid	N. Semisotano	PVC	Solid	Cchambilla - 2016 Problema: Interferencia constructiva entre losa de cisterna y tubería de succión de la bomba. Solución: Los encargados en la construcción deben coordinar antes del vaciado de la losa de la cisterna para colocar las tuberías de succión de la bomba para no estar picando.
	3.2	Resolved	16:56.5	CARLOS CHAMBILLA	N. Semisotano	Rendel - Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	Solid	N. Semisotano	0.30x0.60	Composite Part	Cchambilla - 2016 Registro sanitario colocado en el piso del Semisótano.
	3.3	Resolved	16:56.5	CARLOS CHAMBILLA	Nivel 6 +14.80m	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	Solid	Nivel 6	PVC	Solid	Cchambilla - 2016 - Problema: Interferencia constructiva entre tubería para aguas pluviales y viga, con posible choque con el acero de viga. Solución: En el vaciado de la losa debemos tener en consideración que las tuberías y el acero de la viga no choquen.
	3.4	Resolved	16:56.5	CARLOS CHAMBILLA	Nivel 1 +1.55m	Rendel - Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	Solid	<No level>	Tubería PVC	Solid	Cchambilla - 2016 En el proceso de construcción se debe tener en consideración los puntos donde irán los registros, sumideros para cada ambiente.

# ANEXO 04

## METRADOS BIM



## HOJA DE METRADOS



TESIS:

\*ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO\*.

ELABORADO POR:

BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA

FECHA:

Agosto, 2016

### METRADO MUROS ALBAÑILERIA

MATERIAL	AREA	NIVEL	CANTIDAD DE LADRILLOS (und)
Ladrillo KK Cabeza 25cm	28.58	SOTANO	1600.3
Ladrillo KK Cabeza 25cm	42.43	PISO 6	2376.06
Ladrillo KK Cabeza 25cm	79.17	PISO 5	4433.48
Ladrillo KK Cabeza 25cm	79.15	PISO 4	4432.5
Ladrillo KK Cabeza 25cm	79.84	PISO 3	4470.83
Ladrillo KK Cabeza 25cm	79.15	PISO 2	4432.5
Ladrillo KK Cabeza 25cm	81	PISO 1	4536.19
Ladrillo KK Soga 15cm	23.98	SOTANO	815.19
Ladrillo KK Soga 15cm	40.52	PISO 6	1377.78
Ladrillo KK Soga 15cm	199.5	PISO 5	6782.98
Ladrillo KK Soga 15cm	199.5	PISO 4	6782.98
Ladrillo KK Soga 15cm	201.95	PISO 3	6866.3
Ladrillo KK Soga 15cm	200.18	PISO 2	6806.14
Ladrillo KK Soga 15cm	197.79	PISO 1	6724.83
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>1532.74</b>		<b>62438.07</b>

### TABLA DE METRADO LADRILLOS DE LOSA

ELEMENTOS	MATERIAL	AREA(m2)	LADRILLOS (und)
Aligerada en 1 Sentido	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	1162.35	9880.00
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>9880.00</b>

### METRADO PISO, TARRAJEO Y REJILLAS

FRENTE	TIPO	MATERIAL	AREA (m2)
ARQUITECTURA	Contrapiso	Contrapiso	1665.48
			1665.48
ARQUITECTURA	Tarrajeo Losa Aligerada	Solaqueo Elem Estruct.	1085.41
ARQUITECTURA	Tarrajeo Viga - Base	Solaqueo Elem Estruct.	200.27
ARQUITECTURA	Tarrajeo Viga - Lados	Solaqueo Elem Estruct.	373.39
ARQUITECTURA	Tarrajero Muros	Solaqueo Elem Estruct.	4308.45
ARQUITECTURA	Tarrajero Columnas	Solaqueo Elem Estruct.	309.12
			6276.64
ARQUITECTURA	Rejilla 20 cm	Metalico	39.64
			39.64

### METRADO DRYWALL

MATERIAL	AREA	CANTIDAD	NIVEL
Panel de Yeso ST - 10mm	8.75	2	PISO 1
Panel de Yeso ST - 10mm	8.75	2	PISO 2
Panel de Yeso ST - 10mm	8.75	2	PISO 3
Panel de Yeso ST - 10mm	8.75	2	PISO 4
Panel de Yeso ST - 10mm	8.75	2	PISO 5
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>43.75</b>	<b>10</b>	

HOJA DE METRADOS



TESIS: "ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO".

ELABORADO POR: BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA  
FECHA: Agosto, 2016

CUADRO DE DERRAMES DE PUERTAS

MARCA	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	DERRAMES (m)
1	0.70	2.10	20	98
2	0.80	2.10	40	200
3	0.90	2.10	30	153
4	1.00	2.10	13	67.6
5	1.20	2.10	8	43.2
6	1.50	2.50	6	39
7	2.00	2.55	4	28.4
8	1.90	2.55	4	28

TOTAL GENERAL

657.2

CUADRO DE DERRAMES DE VENTANAS

MARCA TIPO	CANTIDAD	ANCHO	ALTO	ALFEIZER	DERRAMES (m)
50	30	2	1.3	0.9	198.00
51	10	0.8	1.3	0.9	42.00
52	10	1.2	0.7	1.5	38.00
53	10	1	0.7	1.4	34.00
54	10	0.6	0.7	1.4	26.00
55	10	1.5	1.3	0.8	56.00
56	5	1.7	1.1	1.1	28.00
58	6	0.8	1.2	0.9	24.00
59	5	1.6	1.1	1.1	27.00
60	2	2.8	1.5	0.7	17.20
61	2	0.5	0.7	1.3	4.80
62	9	0.8	1.5	0.7	41.40

TOTAL GENERAL

536.4

HOJA DE METRADOS



**TESIS:** "ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO".

**ELABORADO POR:** BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA

**FECHA:** Agosto, 2016

(Sectorización) Encofrado por Sectores					
Frete	NIVEL	Vaciado (H/V)	SECTOR	MATERIAL	AREA
<b>CIMENTACION</b>					
ENCOFRADO	CIMENTACION	H	S2	Rendel - Encofrado de Cimentacion	114.75
ENCOFRADO	CIMENTACION	H	S2	Rendel - Encofrado de Columnas	0.2
ENCOFRADO	CIMENTACION	H	S2	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	1.84
<b>CIMENTACION: 45</b>					<b>116.79</b>
<b>CISTERNA</b>					
ENCOFRADO	CISTERNA	V	S1	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	6.61
ENCOFRADO	CISTERNA	V	S1	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	106.82
ENCOFRADO	CISTERNA	H	S1	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	6.61
<b>CISTERNA: 14</b>					<b>120.04</b>
<b>PISO 1</b>					
ENCOFRADO	PISO 1	V	S4	Rendel - Encofrado de Columnas	69.69
ENCOFRADO	PISO 1	V	S4	Rendel - Encofrado de Escaleras	25.83
ENCOFRADO	PISO 1	V	S4	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	0.01
ENCOFRADO	PISO 1	V	S4	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	369.9
ENCOFRADO	PISO 1	H	S4	Rendel - Encofrado de Columnas	4.42
ENCOFRADO	PISO 1	H	S4	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	133.1
ENCOFRADO	PISO 1	H	S4	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	396.56
ENCOFRADO	PISO 1	H	S4	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	26.93
<b>PISO 1: 297</b>					<b>1026.43</b>
<b>PISO 2</b>					
ENCOFRADO	PISO 2	V	S5	Rendel - Encofrado de Columnas	69.69
ENCOFRADO	PISO 2	V	S5	Rendel - Encofrado de Escaleras	12.07
ENCOFRADO	PISO 2	V	S5	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	0.01
ENCOFRADO	PISO 2	V	S5	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	369.9
ENCOFRADO	PISO 2	H	S5	Rendel - Encofrado de Columnas	4.69
ENCOFRADO	PISO 2	H	S5	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	155.21
ENCOFRADO	PISO 2	H	S5	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	389.72
ENCOFRADO	PISO 2	H	S5	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	33.2
<b>PISO 2: 297</b>					<b>1034.49</b>
<b>PISO 3</b>					
ENCOFRADO	PISO 3	V	S6	Rendel - Encofrado de Columnas	69.69
ENCOFRADO	PISO 3	V	S6	Rendel - Encofrado de Escaleras	12.07
ENCOFRADO	PISO 3	V	S6	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	0.01
ENCOFRADO	PISO 3	V	S6	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	369.9
ENCOFRADO	PISO 3	H	S6	Rendel - Encofrado de Columnas	4.69
ENCOFRADO	PISO 3	H	S6	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	155.69
ENCOFRADO	PISO 3	H	S6	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	389.24
ENCOFRADO	PISO 3	H	S6	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	33.32
<b>PISO 3: 298</b>					<b>1034.62</b>
<b>PISO 4</b>					
ENCOFRADO	PISO 4	V	S7	Rendel - Encofrado de Columnas	69.69
ENCOFRADO	PISO 4	V	S7	Rendel - Encofrado de Escaleras	12.07
ENCOFRADO	PISO 4	V	S7	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	0.01
ENCOFRADO	PISO 4	V	S7	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	365.83
ENCOFRADO	PISO 4	H	S7	Rendel - Encofrado de Columnas	4.69
ENCOFRADO	PISO 4	H	S7	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	155.69
ENCOFRADO	PISO 4	H	S7	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	389.24
ENCOFRADO	PISO 4	H	S7	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	33.45
<b>PISO 4: 298</b>					<b>1030.67</b>
<b>PISO 5</b>					
ENCOFRADO	PISO 5	V	S8	Rendel - Encofrado de Columnas	69.69
ENCOFRADO	PISO 5	V	S8	Rendel - Encofrado de Escaleras	12.07
ENCOFRADO	PISO 5	V	S8	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	0.01
ENCOFRADO	PISO 5	V	S8	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	369.9
ENCOFRADO	PISO 5	H	S8	Rendel - Encofrado de Columnas	4.69
ENCOFRADO	PISO 5	H	S8	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	155.69
ENCOFRADO	PISO 5	H	S8	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	389.24
ENCOFRADO	PISO 5	H	S8	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	32.16
<b>PISO 5: 293</b>					<b>1033.45</b>
<b>PISO 6</b>					
ENCOFRADO	PISO 6	V	S9	Rendel - Encofrado de Columnas	14.01
ENCOFRADO	PISO 6	V	S9	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	0.13
ENCOFRADO	PISO 6	V	S9	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	239.03
ENCOFRADO	PISO 6	H	S9	Rendel - Encofrado de Columnas	4.69
ENCOFRADO	PISO 6	H	S9	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	169.48
ENCOFRADO	PISO 6	H	S9	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	430.76
ENCOFRADO	PISO 6	H	S9	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	41.140
<b>PISO 6: 331</b>					<b>899.24</b>
<b>SOTANO</b>					
ENCOFRADO	SOTANO	V	S3	Rendel - Encofrado de Columnas	87.23
ENCOFRADO	SOTANO	V	S3	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	0.01
ENCOFRADO	SOTANO	V	S3	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	876.38
<b>SOTANO: 108</b>					<b>963.62</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>7259.35</b>

HOJA DE METRADOS



TESIS:

"ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO".

ELABORADO POR:

BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA

FECHA:

Agosto, 2016

(Sectorización) Encofrado por Niveles

Frete	NIVEL	MATERIAL	AREA
-------	-------	----------	------

**CIMENTACION**

ESTRUCTURA	CIMENTACION	Rendel - Encofrado de Cimentacion	114.75
ESTRUCTURA	CIMENTACION	Rendel - Encofrado de Columnas	0.2
ESTRUCTURA	CIMENTACION	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	1.84

CIMENTACION: 45

116.79

**CISTERNA**

ESTRUCTURA	CISTERNA	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	13.21
ESTRUCTURA	CISTERNA	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	106.82

CISTERNA: 14

120.04

**PISO 1**

ESTRUCTURA	PISO 1	Rendel - Encofrado de Columnas	74.1
ESTRUCTURA	PISO 1	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	133.1
ESTRUCTURA	PISO 1	Rendel - Encofrado de Escaleras	25.83
ESTRUCTURA	PISO 1	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	396.57
ESTRUCTURA	PISO 1	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	396.83

PISO 1: 297

1026.43

**PISO 2**

ESTRUCTURA	PISO 2	Rendel - Encofrado de Columnas	74.38
ESTRUCTURA	PISO 2	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	155.21
ESTRUCTURA	PISO 2	Rendel - Encofrado de Escaleras	12.07
ESTRUCTURA	PISO 2	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	389.73
ESTRUCTURA	PISO 2	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	403.1

PISO 2: 297

1034.49

**PISO 3**

ESTRUCTURA	PISO 3	Rendel - Encofrado de Columnas	74.38
ESTRUCTURA	PISO 3	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	155.69
ESTRUCTURA	PISO 3	Rendel - Encofrado de Escaleras	12.07
ESTRUCTURA	PISO 3	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	389.25
ESTRUCTURA	PISO 3	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	403.22

PISO 3: 298

1034.62

**PISO 4**

ESTRUCTURA	PISO 4	Rendel - Encofrado de Columnas	74.38
ESTRUCTURA	PISO 4	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	155.69
ESTRUCTURA	PISO 4	Rendel - Encofrado de Escaleras	12.07
ESTRUCTURA	PISO 4	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	389.25
ESTRUCTURA	PISO 4	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	399.27

PISO 4: 298

1030.67

**PISO 5**

ESTRUCTURA	PISO 5	Rendel - Encofrado de Columnas	74.38
ESTRUCTURA	PISO 5	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	155.69
ESTRUCTURA	PISO 5	Rendel - Encofrado de Escaleras	12.07
ESTRUCTURA	PISO 5	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	389.25
ESTRUCTURA	PISO 5	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	402.06

PISO 5: 293

1033.45

**PISO 6**

ESTRUCTURA	PISO 6	Rendel - Encofrado de Columnas	18.71
ESTRUCTURA	PISO 6	Rendel - Encofrado de Costados de Vigas	169.48
ESTRUCTURA	PISO 6	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	430.89
ESTRUCTURA	PISO 6	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	280.18

PISO 6: 331

899.24

**SOTANO**

ESTRUCTURA	SOTANO	Rendel - Encofrado de Columnas	87.23
ESTRUCTURA	SOTANO	Rendel - Encofrado de Fondos/Costados de Losas	0.01
ESTRUCTURA	SOTANO	Rendel - Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	876.38

SOTANO: 108

963.62

**TOTAL GENERAL**

**7259.35**

HOJA DE METRADOS



TESIS:

"ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO".

ELABORADO POR:

BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA

FECHA:

Agosto, 2016

(Sectorización) Acero por Niveles						
Nivel del Elemento	Tipo	Diámetro de barra	Longitud total de barra (m)	Peso Nominal	Peso (kg)	N° Varillas
<b>1"</b>						
CIMENTACION	1"	25 mm	33.48	3.973	133.01	4.00
PISO 1	1"	25 mm	7.99	3.973	31.73	1.00
PISO 2	1"	25 mm	156.98	3.973	623.67	18.00
PISO 3	1"	25 mm	156.98	3.973	623.67	18.00
PISO 4	1"	25 mm	156.98	3.973	623.67	18.00
PISO 5	1"	25 mm	156.98	3.973	623.67	18.00
PISO 6	1"	25 mm	156.78	3.973	622.87	18.00
			<b>826.15</b>		<b>3282.29</b>	<b>95.00</b>
<b>1/2"</b>						
CIMENTACION	1/2"	13 mm	399.50	0.994	397.1	45.00
CISTERNA	1/2"	13 mm	317.12	0.994	315.21	36.00
PISO 1	1/2"	13 mm	1484.21	0.994	1475.3	165.00
PISO 2	1/2"	13 mm	1352.59	0.994	1344.47	151.00
PISO 3	1/2"	13 mm	1333.24	0.994	1325.24	149.00
PISO 4	1/2"	13 mm	1351.29	0.994	1343.18	151.00
PISO 5	1/2"	13 mm	1346.07	0.994	1338	150.00
PISO 6	1/2"	13 mm	959.89	0.994	954.13	107.00
SOTANO	1/2"	13 mm	1031.71	0.994	1025.52	115.00
			<b>9575.62</b>		<b>9518.15</b>	<b>1069.00</b>
<b>3/4"</b>						
CIMENTACION	3/4"	19 mm	1521.98	2.235	3401.61	170.00
CISTERNA	3/4"	19 mm	107.53	2.235	240.33	12.00
PISO 1	3/4"	19 mm	405.03	2.235	905.23	46.00
PISO 2	3/4"	19 mm	402.34	2.235	899.23	45.00
PISO 3	3/4"	19 mm	414.27	2.235	925.88	47.00
PISO 4	3/4"	19 mm	405.63	2.235	906.57	46.00
PISO 5	3/4"	19 mm	405.63	2.235	906.57	46.00
PISO 6	3/4"	19 mm	125.29	2.235	280.02	14.00
SOTANO	3/4"	19 mm	608.92	2.235	1360.94	68.00
			<b>4396.60</b>		<b>9826.38</b>	<b>494.00</b>
<b>3/8"</b>						
CIMENTACION	3/8"	10 mm	1296.01	0.56	725.76	145.00
CISTERNA	3/8"	10 mm	441.20	0.56	247.07	50.00
PISO 1	3/8"	10 mm	4082.66	0.56	2286.29	454.00
PISO 2	3/8"	10 mm	4270.65	0.56	2391.56	475.00
PISO 3	3/8"	10 mm	4222.71	0.56	2364.72	470.00
PISO 4	3/8"	10 mm	4192.47	0.56	2347.78	466.00
PISO 5	3/8"	10 mm	4213.39	0.56	2359.5	469.00
PISO 6	3/8"	10 mm	3695.65	0.56	2069.56	411.00
SOTANO	3/8"	10 mm	4036.43	0.56	2260.4	449.00
			<b>30451.16</b>		<b>17052.64</b>	<b>3389.00</b>
<b>5/8"</b>						
CIMENTACION	5/8"	16 mm	1249.72	1.552	1939.56	139.00
CISTERNA	5/8"	16 mm	133.87	1.552	207.77	15.00
PISO 1	5/8"	16 mm	730.86	1.552	1134.29	82.00
PISO 2	5/8"	16 mm	724.76	1.552	1124.82	81.00
PISO 3	5/8"	16 mm	771.47	1.552	1197.32	86.00
PISO 4	5/8"	16 mm	769.46	1.552	1194.21	86.00
PISO 5	5/8"	16 mm	769.46	1.552	1194.2	86.00
PISO 6	5/8"	16 mm	634.88	1.552	985.33	71.00
SOTANO	5/8"	16 mm	376.15	1.552	583.78	42.00
			<b>6160.62</b>		<b>9561.28</b>	<b>688.00</b>
<b>6 mm</b>						
PISO 1	6 mm	6 mm	1163.34	0.222	258.26	130.00
PISO 2	6 mm	6 mm	1141.98	0.222	253.52	127.00
PISO 3	6 mm	6 mm	1141.98	0.222	253.52	127.00
PISO 4	6 mm	6 mm	1141.98	0.222	253.52	127.00
PISO 5	6 mm	6 mm	1141.98	0.222	253.52	127.00
PISO 6	6 mm	6 mm	1243.32	0.222	276.02	139.00
			<b>6974.58</b>		<b>1548.36</b>	<b>777.00</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>58384.72</b>		<b>50789.1</b>	<b>6489.00</b>

HOJA DE METRADOS



TESIS:

"ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO".

ELABORADO POR:

BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA

FECHA:

Agosto, 2016

(Sectorización) Acero por Construcción								
Nivel del Elemento	Vaciado (H/V)	Sector	Tipo	Longitud total de barra (m)	Peso Nominal	Peso (kg)	N° Varillas	
<b>CIMENTACION</b>								
CIMENTACION	H	S2	1"	33.48	3.973	133.01	4.00	
CIMENTACION	H	S2	1/2"	399.499	0.994	397.1	45.00	
CIMENTACION	H	S2	3/4"	1521.975	2.235	3401.61	170.00	
CIMENTACION	H	S2	3/8"	1296.005	0.56	725.76	145.00	
CIMENTACION	H	S2	5/8"	1249.716	1.552	1939.56	139.00	
<b>CIMENTACION: 392</b>				<b>4500.675</b>		<b>6597.04</b>	<b>503.00</b>	
<b>CISTERNA</b>								
CISTERNA	H	S1	3/4"	107.528	2.235	240.33	12.00	
CISTERNA	H	S1	3/8"	141.838	0.56	79.43	16.00	
CISTERNA	H	S1	5/8"	133.871	1.552	207.77	15.00	
				<b>383.237</b>		<b>527.53</b>	<b>43.00</b>	
CISTERNA	V	S1	1/2"	317.117	0.994	315.21	36.00	
CISTERNA	V	S1	3/8"	299.361	0.560	167.64	34.00	
				<b>616.478</b>		<b>482.85</b>	<b>70.00</b>	
<b>CISTERNA: 56</b>				<b>999.72</b>		<b>1010.38</b>	<b>113.00</b>	
<b>PISO 1</b>								
PISO 1	H	S4	1"	7.987	3.973	31.73	1.00	
PISO 1	H	S4	1/2"	531.762	0.994	528.57	60.00	
PISO 1	H	S4	3/4"	7.707	2.235	17.22	1.00	
PISO 1	H	S4	3/8"	2041.207	0.56	1143.08	227.00	
PISO 1	H	S4	5/8"	487.056	1.552	755.91	55.00	
PISO 1	H	S4	6 mm	1163.34	0.222	258.26	130.00	
				<b>4239.059</b>		<b>2734.77</b>	<b>474.00</b>	
PISO 1	V	S4	1/2"	952.447	0.994	946.73	106.00	
PISO 1	V	S4	3/4"	397.32	2.235	888.01	45.00	
PISO 1	V	S4	3/8"	2041.45	0.56	1143.21	227.00	
PISO 1	V	S4	5/8"	243.8	1.552	378.38	28.00	
				<b>3635.017</b>		<b>3356.33</b>	<b>406.00</b>	
<b>PISO 1: 969</b>				<b>7874.076</b>		<b>6091.10</b>	<b>880.00</b>	
<b>PISO 2</b>								
PISO 2	H	S5	1"	156.976	3.973	623.67	18.00	
PISO 2	H	S5	1/2"	510.771	0.994	507.71	57.00	
PISO 2	H	S5	3/4"	10.14	2.235	22.66	2.00	
PISO 2	H	S5	3/8"	2269.998	0.56	1271.2	253.00	
PISO 2	H	S5	5/8"	480.957	1.552	746.44	54.00	
PISO 2	H	S5	6 mm	1141.98	0.222	253.52	127.00	
				<b>4570.822</b>		<b>3425.20</b>	<b>511.00</b>	
PISO 2	V	S5	1/2"	841.814	0.994	836.76	94.00	
PISO 2	V	S5	3/4"	392.2	2.235	876.57	44.00	
PISO 2	V	S5	3/8"	2000.654	0.56	1120.37	223.00	
PISO 2	V	S5	5/8"	243.8	1.552	378.38	28.00	
				<b>3478.468</b>		<b>3212.08</b>	<b>389.00</b>	
<b>PISO 2: 1029</b>				<b>8049.29</b>		<b>6637.28</b>	<b>900.00</b>	
<b>PISO 3</b>								
PISO 3	H	S6	1"	156.976	3.973	623.67	18.00	
PISO 3	H	S6	1/2"	490.54	0.994	487.6	55.00	
PISO 3	H	S6	3/4"	11.466	2.235	25.63	2.00	
PISO 3	H	S6	3/8"	2239.019	0.56	1253.85	249.00	
PISO 3	H	S6	5/8"	522.369	1.552	810.72	59.00	
PISO 3	H	S6	6 mm	1141.98	0.222	253.52	127.00	
				<b>4562.35</b>		<b>3454.99</b>	<b>510.00</b>	
PISO 3	V	S6	1/2"	842.704	0.994	837.65	94.00	
PISO 3	V	S6	3/4"	402.8	2.235	900.260	45.00	
PISO 3	V	S6	3/8"	1983.689	0.560	1110.870	221.00	
PISO 3	V	S6	5/8"	249.1	1.552	386.600	28.00	
				<b>3478.293</b>		<b>3235.38</b>	<b>388.00</b>	
<b>PISO 3: 1042</b>				<b>8040.643</b>		<b>6690.37</b>	<b>898.00</b>	

PISO 4								
PISO 4	H	S7	1"	156.976	3.973	623.67	18.00	
PISO 4	H	S7	1/2"	492.687	0.994	489.730	55.00	
PISO 4	H	S7	3/4"	13.426	2.235	30.01	2.00	
PISO 4	H	S7	3/8"	2236.515	0.56	1252.45	249.00	
PISO 4	H	S7	5/8"	525.664	1.552	815.83	59.00	
PISO 4	H	S7	6 mm	1141.98	0.222	253.52	127.00	
				<b>4567.248</b>		<b>3465.210</b>	<b>510.00</b>	
PISO 4	V	S7	1/2"	858.604	0.994	853.45	96.00	
PISO 4	V	S7	3/4"	392.2	2.235	876.57	44.00	
PISO 4	V	S7	3/8"	1955.951	0.56	1095.33	218.00	
PISO 4	V	S7	5/8"	243.8	1.552	378.38	28.00	
				<b>3450.555</b>		<b>3203.73</b>	<b>386.00</b>	
<b>PISO 4: 1040</b>				<b>8017.803</b>		<b>6668.93956</b>	<b>896.00</b>	
PISO 5								
PISO 5	H	S8	1"	156.976	3.973	623.67	18.00	
PISO 5	H	S8	1/2"	487.47	0.994	484.55	55.00	
PISO 5	H	S8	3/4"	13.426	2.235	30.01	2.00	
PISO 5	H	S8	3/8"	2236.471	0.56	1252.42	249.00	
PISO 5	H	S8	5/8"	525.661	1.552	815.83	59.00	
PISO 5	H	S8	6 mm	1141.98	0.222	253.52	127.00	
				<b>4561.984</b>		<b>3460.00</b>	<b>510.00</b>	
PISO 5	V	S8	1/2"	858.604	0.994	853.45	96.00	
PISO 5	V	S8	3/4"	392.2	2.235	876.57	44.00	
PISO 5	V	S8	3/8"	1976.919	0.56	1107.07	220.00	
PISO 5	V	S8	5/8"	243.8	1.552	378.38	28.00	
				<b>3471.523</b>		<b>3215.47</b>	<b>388.00</b>	
<b>PISO 5: 1042</b>				<b>8033.507</b>		<b>6675.47</b>	<b>898.00</b>	
PISO 6								
PISO 6	H	S9	1"	156.776	3.973	622.87	18.00	
PISO 6	H	S9	1/2"	622.543	0.994	618.81	70.00	
PISO 6	H	S9	3/4"	9.567	2.235	21.38	2.00	
PISO 6	H	S9	3/8"	2545.527	0.56	1425.49	283.00	
PISO 6	H	S9	5/8"	490.599	1.552	761.41	55.00	
PISO 6	H	S9	6 mm	1243.32	0.222	276.02	139.00	
				<b>5068.332</b>		<b>3725.98</b>	<b>567.00</b>	
PISO 6	V	S9	1/2"	337.347	0.994	335.32	38.00	
PISO 6	V	S9	3/4"	115.72	2.235	258.63	13.00	
PISO 6	V	S9	3/8"	1150.12	0.56	644.07	128.00	
PISO 6	V	S9	5/8"	144.28	1.552	223.92	17.00	
				<b>1747.467</b>		<b>1461.94</b>	<b>196.00</b>	
<b>PISO 6: 961</b>				<b>6815.799</b>		<b>5187.92</b>	<b>763.00</b>	
SOTANO								
SOTANO	V	S3	1/2"	1031.707	0.994	1025.52	115.00	
SOTANO	V	S3	3/4"	608.924	2.235	1360.94	68.00	
SOTANO	V	S3	3/8"	4036.432	0.560	2260.4	449.00	
SOTANO	V	S3	5/8"	376.149	1.552	583.78	42.00	
<b>SOTANO: 490</b>				<b>6053.212</b>		<b>5230.64</b>	<b>674.00</b>	
<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>58384.72</b>		<b>50789.1</b>	<b>6489.00</b>	

HOJA DE METRADOS



**TESIS:** "ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO".

**ELABORADO POR:** BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA

**FECHA:** Agosto, 2016

ACERO DE ELEMENTOS									
Frete	Comentarios	Codigo del Elemento	Tipo		Diámetro de barra (m)	Longitud total de barra	Peso Nominal	Peso (kg)	N° Varillas
ACERO	CIMENTACION	Cimentacion	5/8"		16 mm	1383.59	1.552	2147.33	154.00
ACERO	CIMENTACION	Cimentacion	3/8"		10 mm	1296.01	0.560	725.76	145.00
ACERO	CIMENTACION	Cimentacion	3/4"		19 mm	1629.50	2.235	3641.94	182.00
ACERO	CIMENTACION	Cimentacion	1/2"		13 mm	399.50	0.994	397.10	45.00
ACERO	CIMENTACION	Cimentacion	1"		25 mm	33.48	3.973	133.01	4.00
<b>CIMENTACION: 396</b>						<b>4742.07</b>		<b>7045.15</b>	<b>530.00</b>
ACERO	COLUMNAS	C1	3/8"		10 mm	882.11	0.560	493.98	99.00
ACERO	COLUMNAS	C1	3/4"		19 mm	649.88	2.235	1452.49	73.00
ACERO	COLUMNAS	C1	1/2"		13 mm	382.63	0.994	380.33	43.00
ACERO	COLUMNAS	C2	3/8"		10 mm	1142.28	0.560	639.68	127.00
ACERO	COLUMNAS	C2	3/4"		19 mm	860.27	2.235	1922.69	96.00
<b>COLUMNAS: 972</b>						<b>3917.16</b>		<b>4889.17</b>	<b>438.00</b>
ACERO	ESCALERAS	Escalera Ingreso	3/8"		10 mm	57.97	0.560	32.46	7.00
ACERO	ESCALERAS	Escalera Ingreso	1/2"		13 mm	149.94	0.994	149.04	17.00
ACERO	ESCALERAS	Escalera Principal	3/8"		10 mm	261.56	0.560	146.47	30.00
ACERO	ESCALERAS	Escalera Principal	1/2"		13 mm	417.40	0.994	414.89	47.00
<b>ESCALERAS: 84</b>						<b>886.87</b>		<b>742.87</b>	<b>101.00</b>
ACERO	LOSAS	Losa Aligerada	3/8"		10 mm	5161.26	0.560	2890.31	574.00
ACERO	LOSAS	Losa Aligerada	1/2"		13 mm	589.12	0.994	585.58	66.00
ACERO	LOSAS	Losa Aligerada	6 mm		6 mm	6974.58	0.222	1548.36	775.00
ACERO	LOSAS	Losa Cisterna	3/8"		10 mm	141.84	0.560	79.43	16.00
ACERO	LOSAS	Losa Maciza	1/2"		13 mm	869.31	0.994	864.09	97.00
<b>LOSAS: 499</b>						<b>13736.10</b>		<b>5967.77</b>	<b>1528.00</b>
ACERO	MUROS	M15	3/8"		10 mm	482.07	0.560	269.96	54.00
ACERO	MUROS	M20	3/8"		10 mm	1051.35	0.560	588.75	117.00
ACERO	MUROS	MCIS	1/2"		13 mm	231.02	0.994	229.63	26.00
<b>MUROS: 48</b>						<b>1764.43</b>		<b>1088.34</b>	<b>197.00</b>
ACERO	PLACAS	P1	5/8"		16 mm	73.62	1.552	114.26	9.00
ACERO	PLACAS	P1	3/8"		10 mm	702.48	0.560	393.39	79.00
ACERO	PLACAS	P1	3/4"		19 mm	147.58	2.235	329.83	17.00
ACERO	PLACAS	P2	5/8"		16 mm	294.49	1.552	457.04	33.00
ACERO	PLACAS	P2	3/8"		10 mm	1287.12	0.560	720.79	144.00
ACERO	PLACAS	P3	5/8"		16 mm	73.62	1.552	114.26	9.00
ACERO	PLACAS	P3	3/8"		10 mm	702.77	0.560	393.55	79.00
ACERO	PLACAS	P3	3/4"		19 mm	147.58	2.235	329.83	17.00
ACERO	PLACAS	P4	5/8"		16 mm	73.62	1.552	114.26	9.00
ACERO	PLACAS	P4	3/8"		10 mm	442.66	0.560	247.89	50.00
ACERO	PLACAS	P4	3/4"		19 mm	147.58	2.235	329.83	17.00
ACERO	PLACAS	P4	1/2"		13 mm	554.86	0.994	551.53	62.00
ACERO	PLACAS	P5	5/8"		16 mm	73.62	1.552	114.26	9.00
ACERO	PLACAS	P5	3/8"		10 mm	443.37	0.560	248.29	50.00
ACERO	PLACAS	P5	3/4"		19 mm	147.58	2.235	329.83	17.00
ACERO	PLACAS	P5	1/2"		13 mm	560.91	0.994	557.55	63.00
ACERO	PLACAS	P6	5/8"		16 mm	294.49	1.552	457.04	33.00
ACERO	PLACAS	P6	3/8"		10 mm	551.48	0.560	308.83	62.00
ACERO	PLACAS	P6	1/2"		13 mm	704.66	0.994	700.43	79.00
ACERO	PLACAS	P7	5/8"		16 mm	294.49	1.552	457.04	33.00
ACERO	PLACAS	P7	3/8"		10 mm	588.02	0.560	329.29	66.00
ACERO	PLACAS	P7	1/2"		13 mm	755.31	0.994	750.78	84.00
ACERO	PLACAS	P8	5/8"		16 mm	5.30	1.552	8.23	1.00
ACERO	PLACAS	P8	3/8"		10 mm	1067.87	0.560	598.01	119.00
ACERO	PLACAS	P8	3/4"		19 mm	10.60	2.235	23.69	2.00
ACERO	PLACAS	P8	1/2"		13 mm	247.35	0.994	245.86	28.00
ACERO	PLACAS	P9	3/8"		10 mm	1090.51	0.560	610.69	122.00
ACERO	PLACAS	P9	1/2"		13 mm	263.25	0.994	261.67	30.00
ACERO	PLACAS	P10	3/8"		10 mm	478.19	0.560	267.79	54.00
ACERO	PLACAS	P10	3/4"		19 mm	295.15	2.235	659.67	33.00
ACERO	PLACAS	P10	1/2"		13 mm	603.89	0.994	600.27	68.00
ACERO	PLACAS	P11	3/8"		10 mm	675.45	0.560	378.25	76.00
ACERO	PLACAS	P11	1/2"		13 mm	239.01	0.994	237.57	27.00
ACERO	PLACAS	P12	3/8"		10 mm	675.45	0.560	378.25	76.00
ACERO	PLACAS	P12	1/2"		13 mm	239.01	0.994	237.57	27.00
ACERO	PLACAS	P13	3/8"		10 mm	478.19	0.560	267.78	54.00
ACERO	PLACAS	P13	3/4"		19 mm	295.15	2.235	659.67	33.00
ACERO	PLACAS	P13	1/2"		13 mm	603.88	0.994	600.06	68.00
ACERO	PLACAS	P14	5/8"		16 mm	561.49	1.552	871.43	63.00
ACERO	PLACAS	P14	3/8"		10 mm	1888.04	0.560	1057.30	210.00
ACERO	PLACAS	P15	3/8"		10 mm	495.64	0.560	277.56	56.00
ACERO	PLACAS	P15	1/2"		13 mm	138.14	0.994	137.31	16.00
<b>PLACAS: 1924</b>						<b>19413.27</b>		<b>16728.43</b>	<b>2184.00</b>
ACERO	VIGAS	Vigas	5/8"		16 mm	3032.31	1.552	4706.14	337.00
ACERO	VIGAS	Vigas	3/8"		10 mm	8407.47	0.560	4708.18	935.00
ACERO	VIGAS	Vigas	3/4"		19 mm	65.73	2.235	146.91	8.00
ACERO	VIGAS	Vigas	1/2"		13 mm	1626.64	0.994	1616.88	181.00
ACERO	VIGAS	Vigas	1"		25 mm	792.67	3.973	3149.27	89.00
<b>VIGAS: 2934</b>						<b>13924.82</b>		<b>14327.38</b>	<b>1550.00</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>						<b>58384.72</b>		<b>50789.1</b>	<b>6489.00</b>

HOJA DE METRADOS



TESIS:

"ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSE LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO".

ELABORADO POR:

BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA

FECHA:

Agosto, 2016

TABLA DE METRADO GENERAL ACERO

Tipo	Diámetro de barra	Longitud total de barra (m)	Peso Nominal	Peso (kg)	N° Varillas
1"	25 mm	826.15	3.973	3282.29	92.00
1/2"	13 mm	9575.62	0.994	9518.16	1064.00
3/4"	19 mm	4396.60	2.235	9826.40	489.00
5/8"	16 mm	6160.62	1.552	9561.29	685.00
3/8"	10 mm	30451.15	0.560	17052.65	3384.00
6 mm	6 mm	6974.58	0.222	1548.36	775.00

TOTAL GENERAL

58384.72

50789.1

6489.00



## HOJA DE METRADOS



TESIS:

\*ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO\*.

ELABORADO POR:

BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA

FECHA:

Agosto, 2016

(Sectorización) Concreto por Niveles			
Frente	NIVEL	MATERIAL	VOLUMEN (m3)
CONCRETO	CIMENTACION	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	99.5
CONCRETO	CISTERNA	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	14.23
CONCRETO	PISO 1	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	64.93
CONCRETO	PISO 2	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	63.38
CONCRETO	PISO 3	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	63.38
CONCRETO	PISO 4	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	63.38
CONCRETO	PISO 5	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	63.38
CONCRETO	PISO 6	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	55.35
CONCRETO	SOTANO	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	97.36

TOTAL GENERAL

584.89

Concreto por Elemento			
Frente	ELEMENTOS	MATERIAL	VOLUMEN (m3)
CONCRETO	Aligerada en 1 Sentido	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	101.71
CONCRETO	Cimiento Corrido	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	4.1
CONCRETO	Columna de Concreto	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	41.13
CONCRETO	Falso Piso	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	47.37
CONCRETO	Maciza	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	7.07
CONCRETO	Muro de Concreto	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	17.62
CONCRETO	Placa de Concreto	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	168.27
CONCRETO	Viga	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	85.8
CONCRETO	Viga de Cimentación	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	10.97
CONCRETO	Zapata	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	91.31
CONCRETO	Zapatillas Escaleras	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	0.83
CONCRETO	Escaleras	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	8.71

TOTAL GENERAL

584.89

HOJA DE METRADOS



TESIS:

"ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO".

ELABORADO POR:

BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA

FECHA:

Agosto, 2016

(Sectorización) Concreto por Construcción					
Frete	NIVEL	VACIADO (H/V)	SECTOR	MATERIAL	VOLUMEN (m3)
<b>CISTERNA</b>					
CONCRETO	CISTERNA	V	S1	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	6.03
CONCRETO	CISTERNA	H	S1	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	8.2
CISTERNA: 6					14.23
<b>CIMENTACION</b>					
CONCRETO	CIMENTACION	H	S2	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	99.5
CIMENTACION: 40					99.5
<b>SOTANO</b>					
CONCRETO	SOTANO	V	S3	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	51.6
CONCRETO	SOTANO	H	S3	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	45.77
SOTANO: 65					97.37
<b>PISO 1</b>					
CONCRETO	PISO 1	V	S4	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	29.34
CONCRETO	PISO 1	H	S4	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	35.59
PISO 1: 170					64.93
<b>PISO 2</b>					
CONCRETO	PISO 2	V	S5	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	26.72
CONCRETO	PISO 2	H	S5	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	36.66
PISO 2: 169					63.38
<b>PISO 3</b>					
CONCRETO	PISO 3	V	S6	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	26.72
CONCRETO	PISO 3	H	S6	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	36.66
PISO 3: 169					63.38
<b>PISO 4</b>					
CONCRETO	PISO 4	V	S7	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	26.72
CONCRETO	PISO 4	H	S7	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	36.66
PISO 4: 169					63.38
<b>PISO 5</b>					
CONCRETO	PISO 5	V	S8	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	26.72
CONCRETO	PISO 5	H	S8	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	36.66
PISO 5: 169					63.38
<b>PISO 6</b>					
CONCRETO	PISO 6	V	S9	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	14.55
CONCRETO	PISO 6	H	S9	Concreto 210Kg/cm <sup>2</sup>	40.80
PISO 6: 181					55.35
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>584.90</b>

## HOJA DE METRADOS



**TESIS:**

“ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO”.

**ELABORADO POR:**

BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA

**FECHA:**

Agosto, 2016

### (BIM) Metrado de Conectores de Tuberías

SISTEMA	ACCESORIO	TIPO	DIAMETRO	CANTIDAD
---------	-----------	------	----------	----------

#### IS - Agua Caliente

IS - Agua Caliente	Codo Embone	CPVC	1/2"Ø-1/2"Ø	755
IS - Agua Caliente	Codo Embone	CPVC	3/4"Ø-3/4"Ø	190
<b>TOTAL</b>				<b>945</b>

IS - Agua Caliente	Reductor Embone	CPVC	1/2"Ø-1/2"Ø	60
IS - Agua Caliente	Reductor Embone	CPVC	3/4"Ø-1/2"Ø	30
IS - Agua Caliente	Reductor Embone	CPVC	3/4"Ø-3/4"Ø	20
<b>TOTAL</b>				<b>110</b>

IS - Agua Caliente	Tee Embone	CPVC	1/2"Ø-1/2"Ø-1/2"Ø	50
IS - Agua Caliente	Tee Embone	CPVC	3/4"Ø-3/4"Ø-3/4"Ø	20
<b>TOTAL</b>				<b>70</b>

#### IS - Agua Potable

IS - Agua Potable	Codo Roscado	PVC Clase 10	1 1/2"Ø-1 1/2"Ø	1
IS - Agua Potable	Codo Roscado	PVC Clase 10	1 1/4"Ø-1 1/4"Ø	1
IS - Agua Potable	Codo Roscado	PVC Clase 10	1"Ø-1"Ø	134
IS - Agua Potable	Codo Roscado	PVC Clase 10	1/2"Ø-1/2"Ø	230
IS - Agua Potable	Codo Roscado	PVC Clase 10	2"Ø-2"Ø	10
IS - Agua Potable	Codo Roscado	PVC Clase 10	3/4"Ø-3/4"Ø	209
<b>TOTAL</b>				<b>585</b>

IS - Agua Potable	Reductor Roscado	PVC Clase 10	1"Ø-1"Ø	20
IS - Agua Potable	Reductor Roscado	PVC Clase 10	1"Ø-3/4"Ø	42
IS - Agua Potable	Reductor Roscado	PVC Clase 10	2 1/4"Ø-2"Ø	6
IS - Agua Potable	Reductor Roscado	PVC Clase 10	2"Ø-1 1/2"Ø	1
IS - Agua Potable	Reductor Roscado	PVC Clase 10	2"Ø-1 1/4"Ø	1
IS - Agua Potable	Reductor Roscado	PVC Clase 10	2"Ø-1"Ø	10
IS - Agua Potable	Reductor Roscado	PVC Clase 10	2"Ø-2"Ø	1
IS - Agua Potable	Reductor Roscado	PVC Clase 10	2"Ø-3/4"Ø	2
IS - Agua Potable	Reductor Roscado	PVC Clase 10	3/4"Ø-1/2"Ø	109
IS - Agua Potable	Reductor Roscado	PVC Clase 10	3/4"Ø-3/4"Ø	80
IS - Agua Potable	Reductor Roscado	PVC Clase 10	4"Ø-2"Ø	2
<b>TOTAL</b>				<b>274</b>

IS - Agua Potable	Tapa Embone	PVC Clase 10	1 1/2"Ø	2
IS - Agua Potable	Tapa Embone	PVC Clase 10	3/4"Ø	2
<b>TOTAL</b>				<b>4</b>

IS - Agua Potable	Tee Roscado	PVC Clase 10	1 1/2"Ø-1 1/2"Ø-1 1/2"Ø	3
IS - Agua Potable	Tee Roscado	PVC Clase 10	1"Ø-1"Ø-1"Ø	30
IS - Agua Potable	Tee Roscado	PVC Clase 10	1/2"Ø-1/2"Ø-1/2"Ø	8
IS - Agua Potable	Tee Roscado	PVC Clase 10	2"Ø-2"Ø-2"Ø	10
IS - Agua Potable	Tee Roscado	PVC Clase 10	3/4"Ø-3/4"Ø-3/4"Ø	80
<b>TOTAL</b>				<b>131</b>

**IS - Desague Agua Pluvial**

IS - Desague Agua Pluvial	Codo Embone	PVC SAP	2"Ø-2"Ø	14
IS - Desague Agua Pluvial	Codo Embone	PVC SAP	3"Ø-3"Ø	23
<b>TOTAL</b>				<b>37</b>

IS - Desague Agua Pluvial	Reductor Embone	PVC SAP	3"Ø-2"Ø	15
<b>TOTAL</b>				<b>15</b>

IS - Desague Agua Pluvial	Tapa Embone	PVC SAP	3"Ø	2
<b>TOTAL</b>				<b>2</b>

IS - Desague Agua Pluvial	Tee Embone	PVC SAP	2"Ø-2"Ø-2"Ø	1
IS - Desague Agua Pluvial	Tee Embone	PVC SAP	3"Ø-3"Ø-3"Ø	7
<b>TOTAL</b>				<b>8</b>

**IS - Desague Aguas Negras**

IS - Desague Aguas Negras	Codo Embone	PVC SAP	2"Ø-2"Ø	234
IS - Desague Aguas Negras	Codo Embone	PVC SAP	4"Ø-4"Ø	42
<b>TOTAL</b>				<b>276</b>

IS - Desague Aguas Negras	Reductor Embone	PVC SAP	2"Ø-2"Ø	44
IS - Desague Aguas Negras	Reductor Embone	PVC SAP	4"Ø-2"Ø	112
IS - Desague Aguas Negras	Reductor Embone	PVC SAP	4"Ø-4"Ø	14
<b>TOTAL</b>				<b>170</b>

IS - Desague Aguas Negras	Tapa Embone	PVC SAP	4"Ø	1
<b>TOTAL</b>				<b>1</b>

IS - Desague Aguas Negras	Tee Embone	PVC SAP	2"Ø-2"Ø-2"Ø	95
IS - Desague Aguas Negras	Tee Embone	PVC SAP	4"Ø-4"Ø-4"Ø	164
<b>TOTAL</b>				<b>259</b>

**IS - Ventilacion**

IS - Ventilacion	Codo Embone	PVC SAP	2"Ø-2"Ø	26
<b>TOTAL</b>				<b>26</b>

IS - Ventilacion	Reductor Embone	PVC SAP	4"Ø-2"Ø	8
<b>TOTAL</b>				<b>8</b>

IS - Ventilacion	Tapa Embone	PVC SAP	2"Ø	10
<b>TOTAL</b>				<b>10</b>

IS - Ventilacion	Tee Embone	PVC SAP	2"Ø-2"Ø-2"Ø	40
<b>TOTAL</b>				<b>40</b>

## HOJA DE METRADOS



**TESIS:**

"ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO".

**ELABORADO POR:**

BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA

**FECHA:**

Agosto, 2016

(BIM) Metrado de Tuberías			
Sistema	Tipo de Tuberia	Diámetro	Longitud (m)
<b>IS - Agua Caliente</b>			
IS - Agua Caliente	Tuberia-CPVC-Embone	1/2"Ø	232.09
IS - Agua Caliente	Tuberia-CPVC-Embone	3/4"Ø	211.02
<b>TOTAL</b>			<b>443.11</b>
<b>IS - Agua Potable</b>			
IS - Agua Potable	Tuberia-PVC Clase 10	1 1/2"Ø	3.11
IS - Agua Potable	Tuberia-PVC Clase 10	1 1/4"Ø	1.54
IS - Agua Potable	Tuberia-PVC Clase 10	1"Ø	288.84
IS - Agua Potable	Tuberia-PVC Clase 10	1/2"Ø	143.50
IS - Agua Potable	Tuberia-PVC Clase 10	2"Ø	41.45
IS - Agua Potable	Tuberia-PVC Clase 10	3/4"Ø	115.90
<b>TOTAL</b>			<b>594.34</b>
<b>IS - Desague Aguas Pluviales</b>			
IS - Desague Aguas Pluviales	Tuberia-PVC SAP-Embone	2"Ø	132.58
IS - Desague Aguas Pluviales	Tuberia-PVC SAP-Embone	3"Ø	54.86
<b>TOTAL</b>			<b>187.44</b>
<b>IS - Desague Aguas Negras</b>			
IS - Desague Aguas Negras	Tuberia-PVC SAP-Embone	2"Ø	201.69
IS - Desague Aguas Negras	Tuberia-PVC SAP-Embone	4"Ø	121.98
<b>TOTAL</b>			<b>323.68</b>
<b>IS - Ventilacion</b>			
IS - Ventilacion	Tuberia-PVC SAP-Embone	2"Ø	158.19
<b>TOTAL</b>			<b>158.19</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>			<b>1706.75</b>

## HOJA DE METRADOS



**TESIS:** “ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO”.

**ELABORADO POR:** BACH. CARLOS PAUL CHAMBILLA ZAMATA  
**FECHA:** Agosto, 2016

### (BIM) Metrado de Accesorios de Tuberías

Accesorio	Tipo	Cantidad
Accesorio-Medidor de Agua-Generico	1"	10
Accesorio-Medidor de Agua-Generico	2"	1
Valvula de Compuerta	1"	10
Valvula de Compuerta	1/2"	30
Valvula de Compuerta	2"	3
Valvula de Compuerta	3/4"	50
Valvula Flotadora	15 mm	1

### (BIM) Metrado de Aparatos Sanitarios

Accesorio	Cantidad
Lavadero Rectangular	20
Lavadora de Ropa	10
Sanitario-Buzon de Drenaje Circular	1
Sanitario-Caja de Registro	3
Sanitario-Cajuela Drenage	3
Sanitario-Calentador Solar de Agua	10
Sanitario-Ducha	20
Sanitario-Inodoro Tanque	30
Sanitario-Lavatorio Circular	30
Sanitario-Registro	50
Sanitario-Sumidero	8
Sanitario-Sumidero-Generico-No Comercial	70

### (BIM) Metrado de Equipos Mecánicos

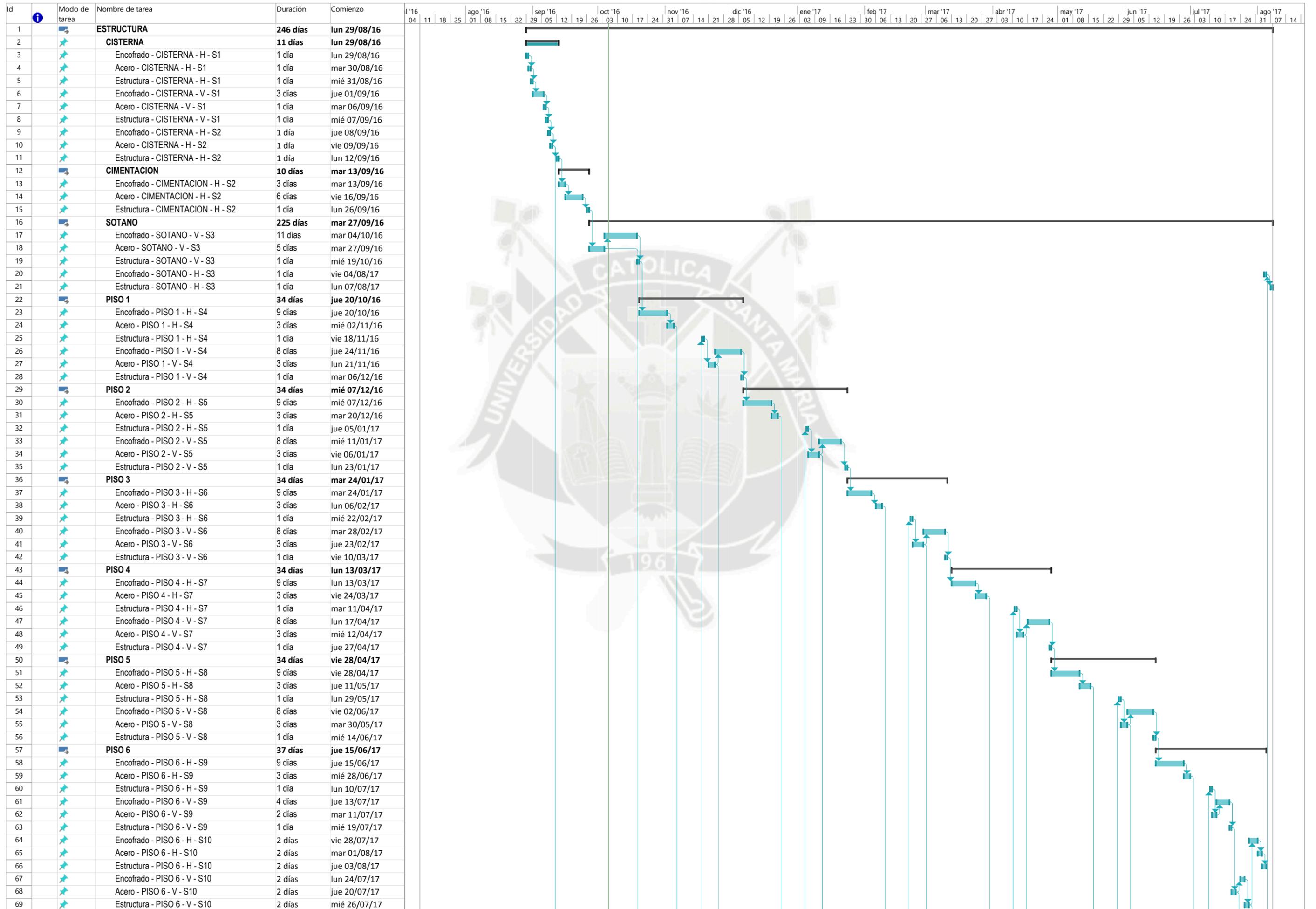
Equipos Mecánicos	Cantidad
T.H. MODELO CM220 - VERTICALI	1
BOMBA CENTRIFUGA B1.1/2X2-3.4T	1
BOMBA CENTRIFUGA B1.1/2X2-3.4T	1

# ANEXO 05

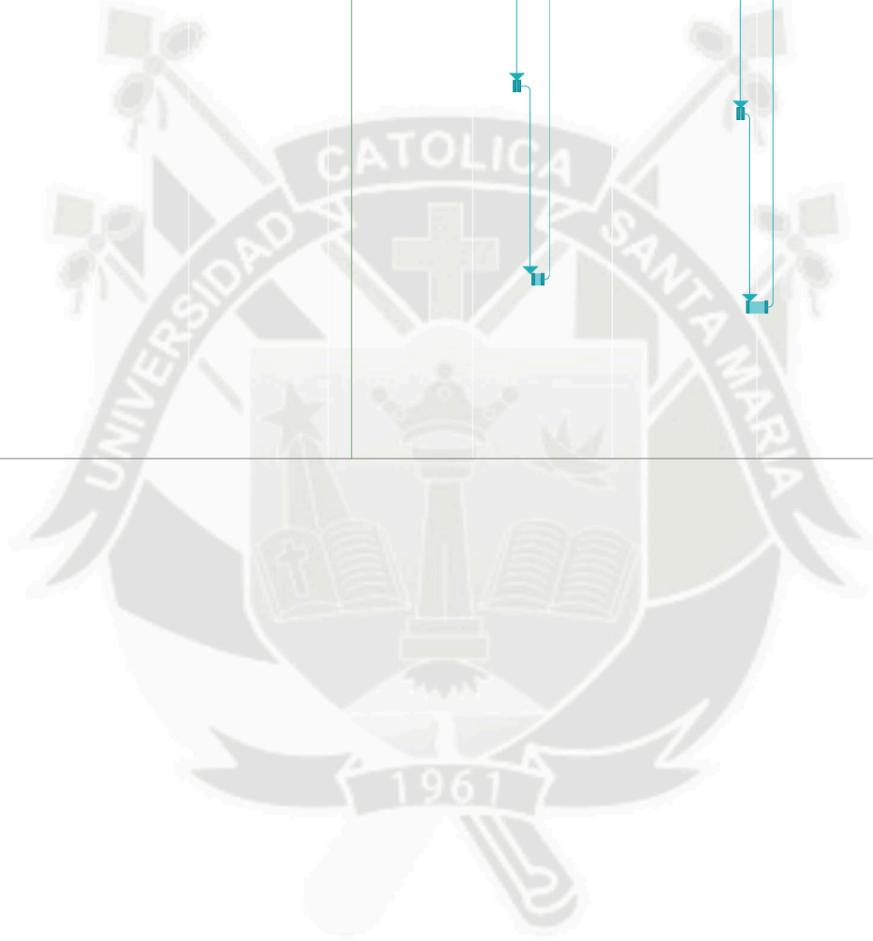
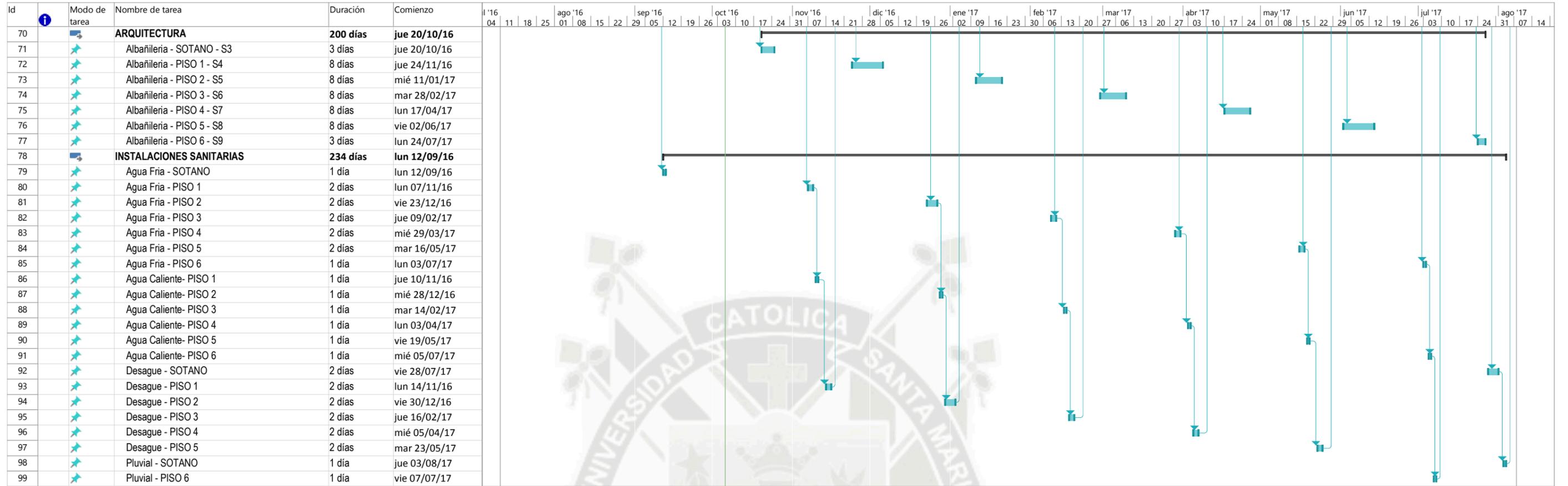
# PLANEAMIENTO DE OBRA BIM



PLANEAMIENTO DE OBRA DE EDIFICIO "CATALINAS"



PLANEAMIENTO DE OBRA DE EDIFICIO "CATALINAS"



# **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**

FACULTAD DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA CIVIL Y DEL AMBIENTE

## **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO”.**

**TOMO II**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

**CARLOS PAÚL CHAMBILLA ZAMATA**

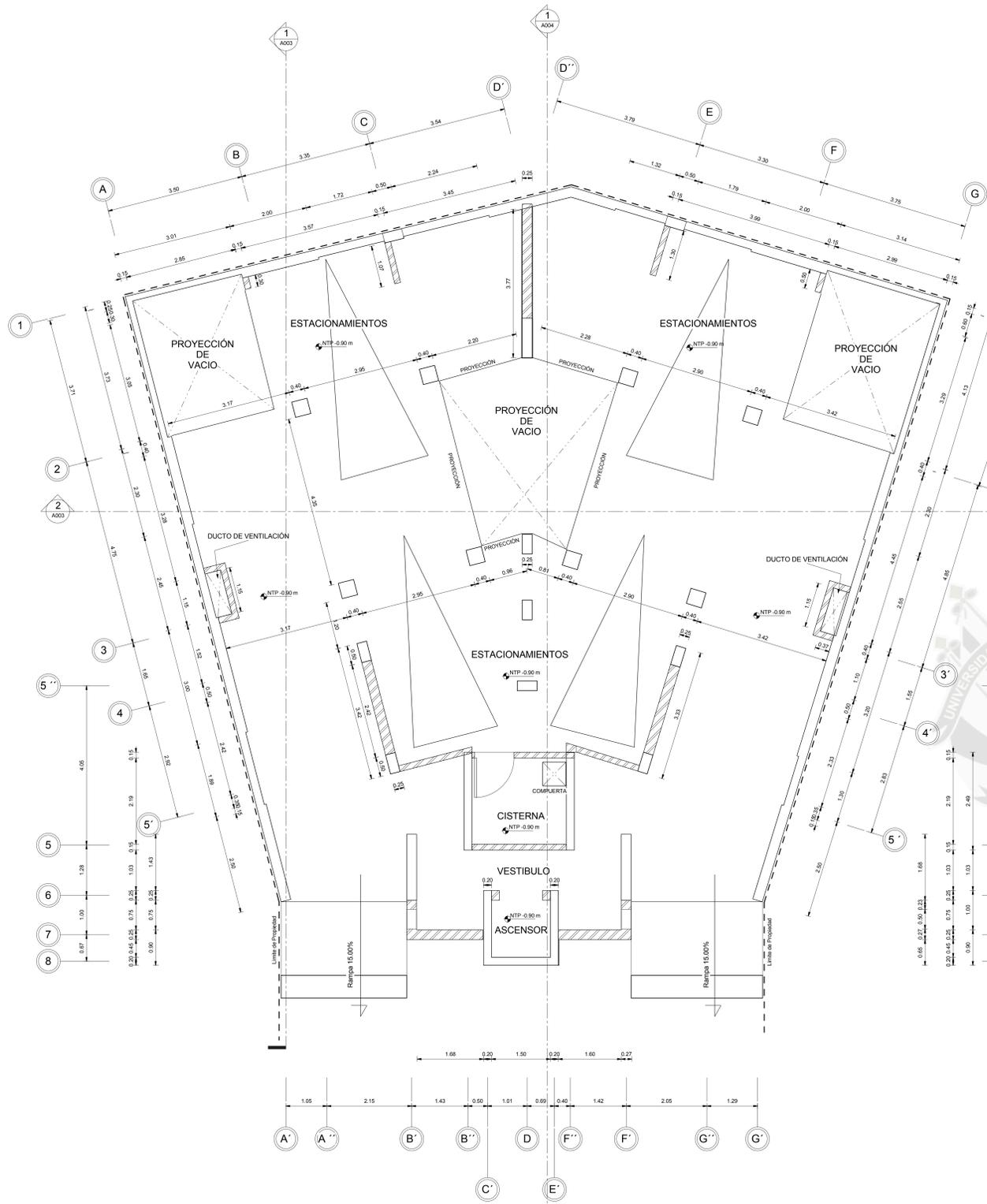
**AREQUIPA – PERÚ**

**2016**

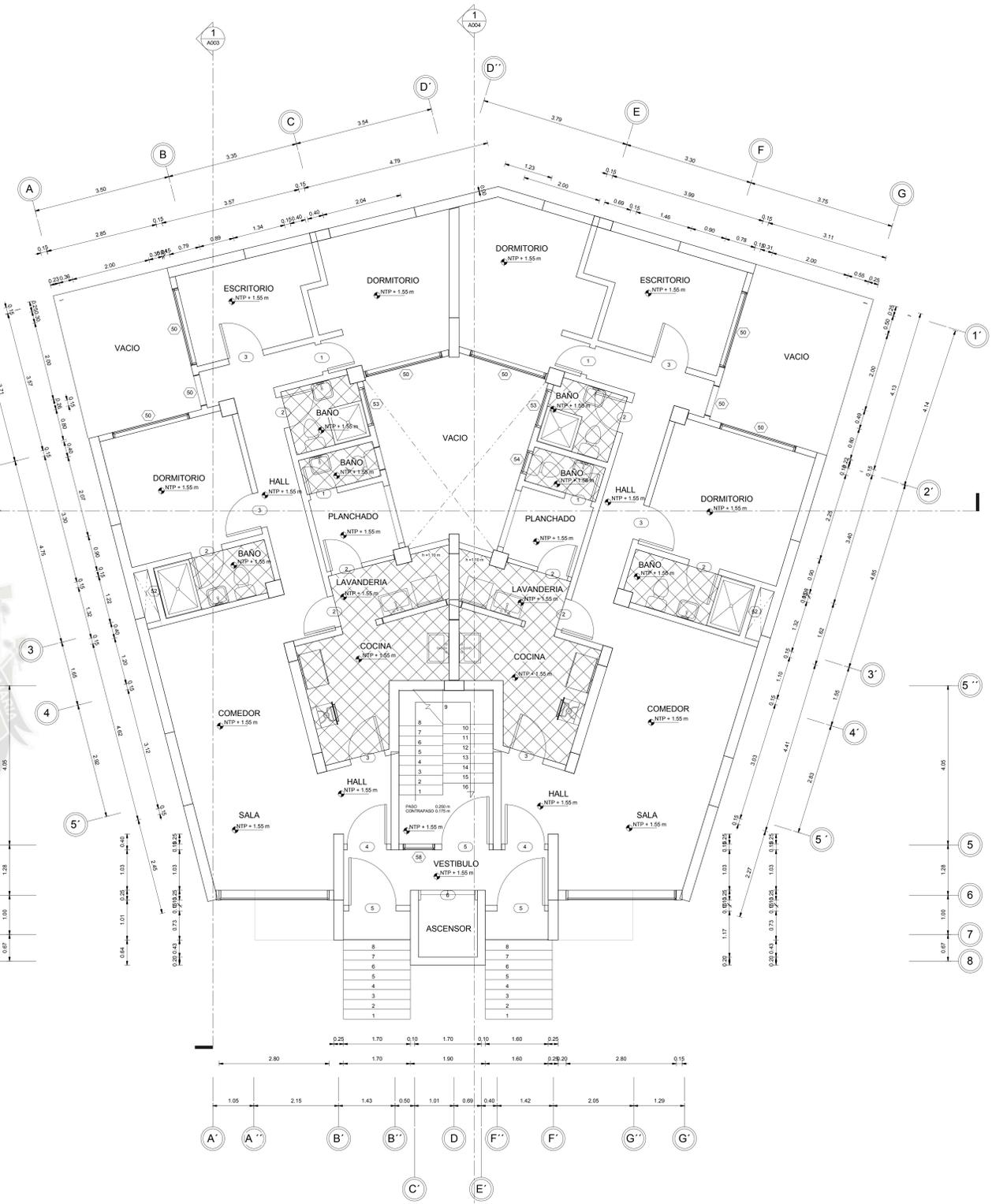
# ANEXO 06

## PLANOS





1 NIVEL SEMISOTANO + 0.90 m  
1:50

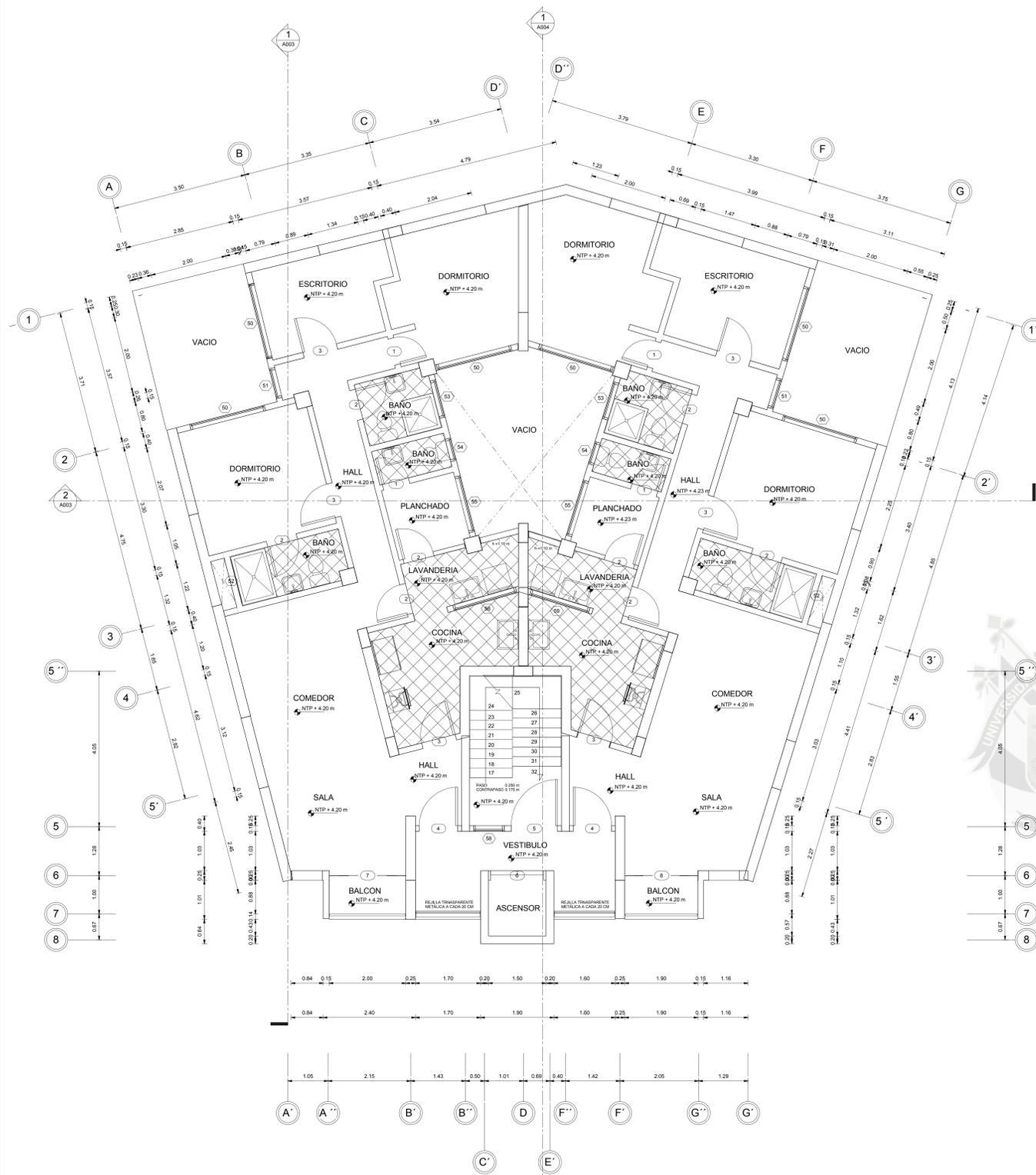


2 1º NIVEL + 1.55 m  
1:50

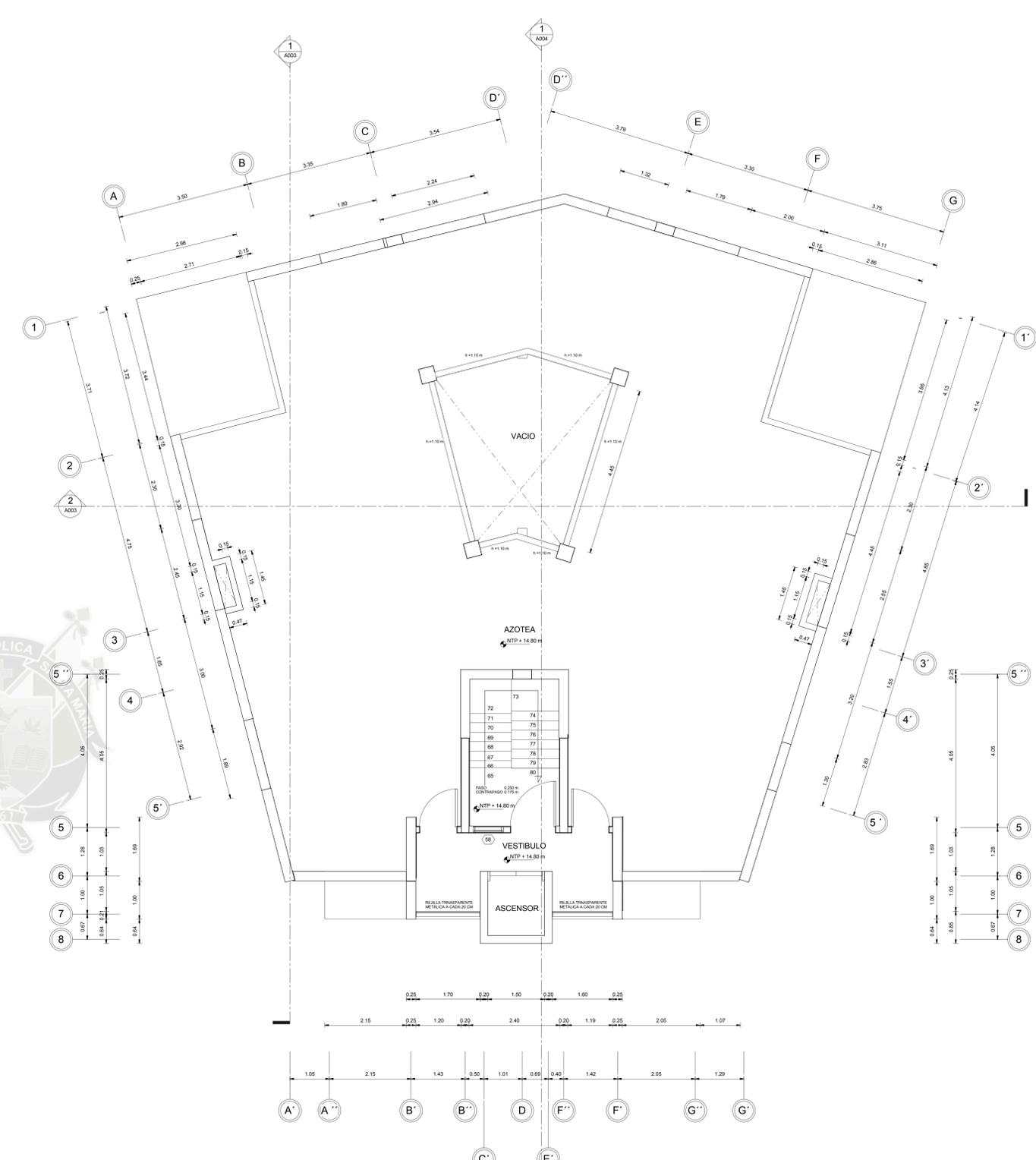


**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	<b>SEMISOTANO Y 1ER NIVEL</b>	Fecha ABRIL-2016
Diseño Arquitectónico :	<b>Arq. Jorge Mendoza Gamarra C.A.P. 8642</b>	Escala 1:50
		<b>A001</b>

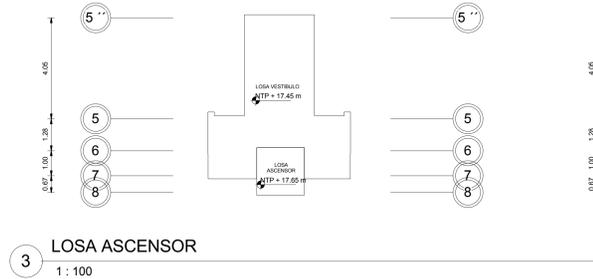


1 2°, 3°, 4°, 5° NIVEL  
1: 50



2 AZOTEA  
1: 50

CUADRO DE VANOS - PUERTAS				CUADRO DE VANOS - VENTANAS			
MARCA	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	MARCA	CANTIDAD	ANCHO	ALTO
1	0.70	2.10	20	50	30	2.00	1.30
2	0.80	2.10	40	51	10	0.80	1.30
3	0.90	2.10	30	52	10	1.20	0.70
4	1.00	2.10	13	53	10	1.00	0.70
5	1.20	2.10	8	54	10	0.60	0.70
6	1.50	2.50	6	55	10	1.50	1.30
7	2.00	2.55	4	56	5	1.70	1.10
8	1.90	2.55	4	58	6	0.80	1.20
				59	5	1.60	1.10
				60	2	2.80	1.50
				61	2	0.50	0.70
				62	9	0.80	1.50
Grand total:	125		125				



3 LOSA ASCENSOR  
1: 100

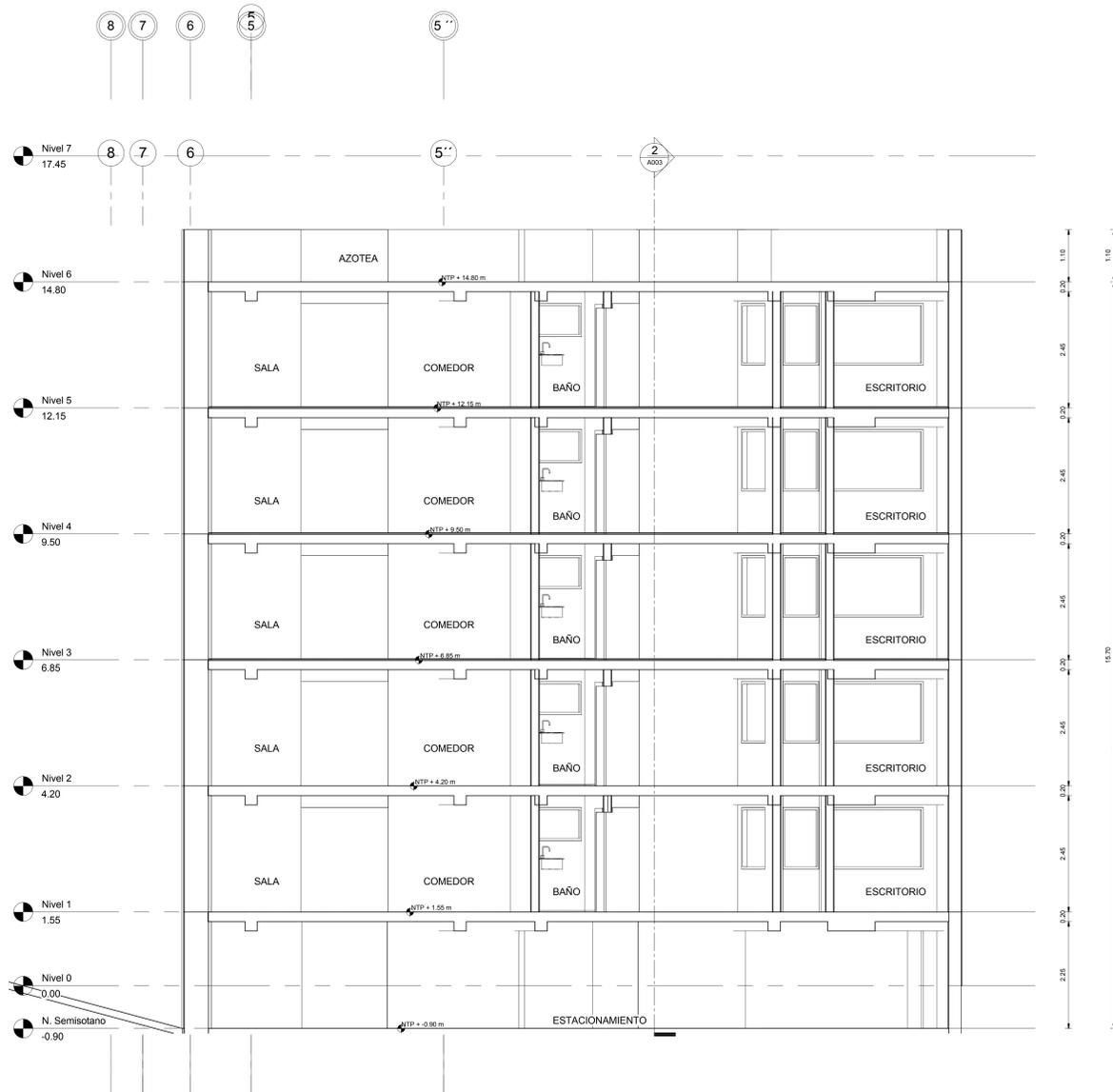


**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

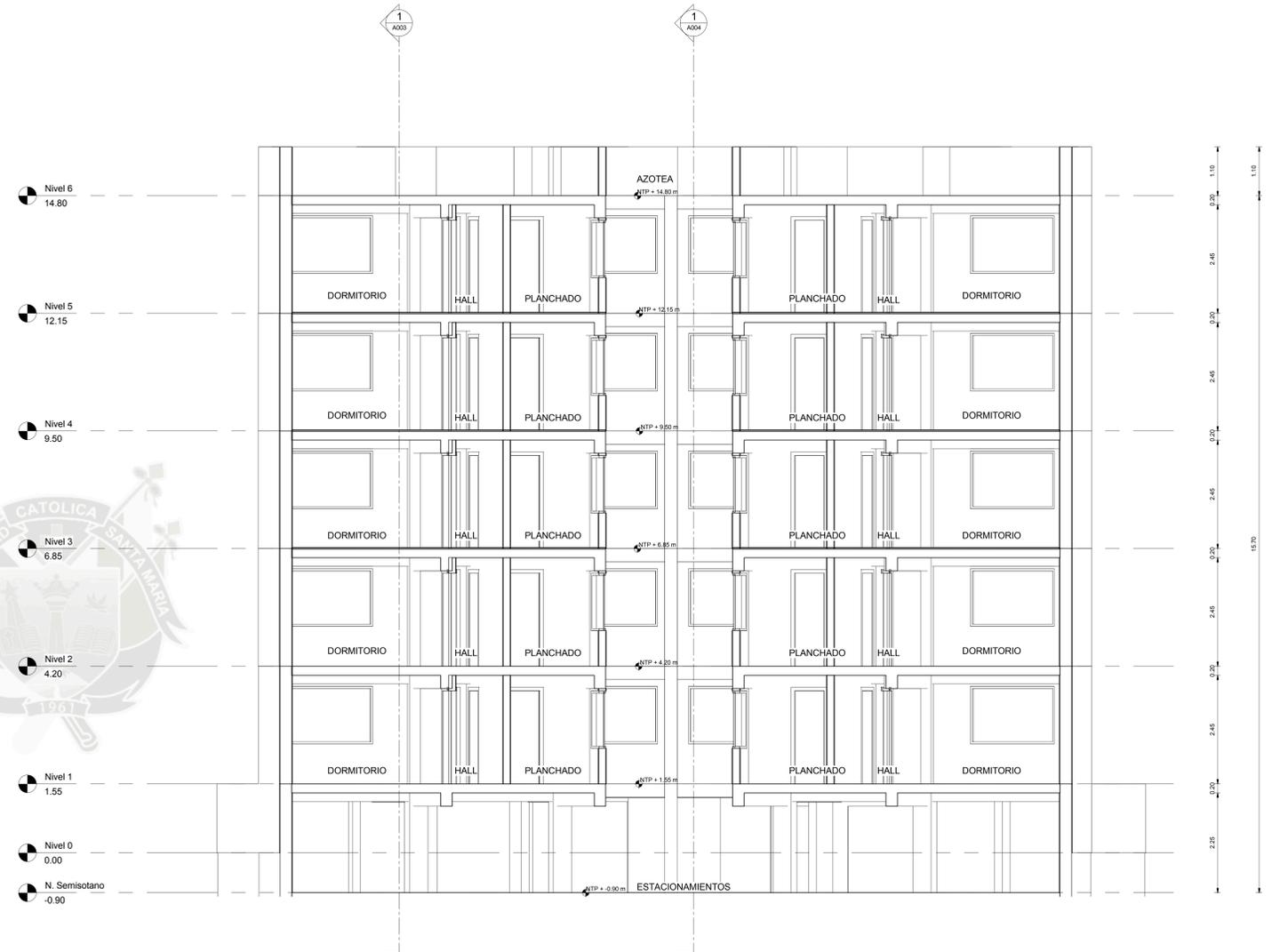
ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM

Plano : **2°, 3°, 4°, 5°, AZOTEA NIVEL**  
Fecha : ABRIL - 2016  
Diseño Arquitectónico : **Arq. Jorge Mendoza Gamarra**  
Escala : Como se indica  
**C.A.P. 8642**

**A002**



1 Sección X  
1 : 50



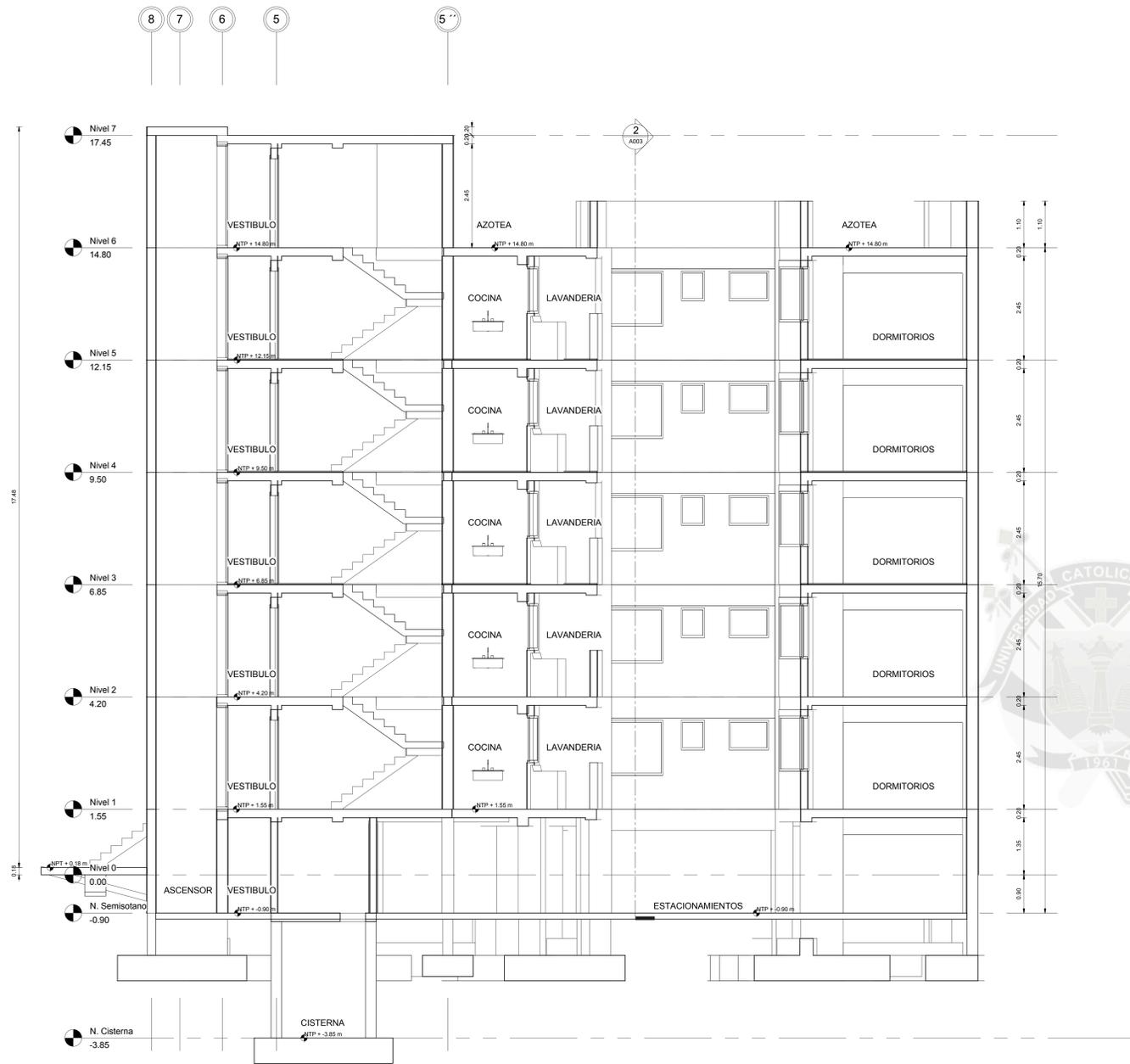
2 Sección Y  
1 : 50



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM

Plano :	<b>CORTES</b>	Fecha ABRIL - 2016	<b>A003</b>
Diseño Arquitectónico :	<b>Arq. Jorge Mendoza Gamarra C.A.P. 8642</b>	Escala 1 : 50	



1 Sección Z  
1 : 50



2 ELEVACION FRONTAL



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM

Plano : **CORTES Y ELEVACIONES**  
 Diseño Arquitectónico : **Arq. Jorge Mendoza Gamarra C.A.P. 8642**

Fecha 05/16/16  
 Escala 1 : 50

**A004**

## ESPECIFICACIONES GENERALES

### CONCRETO

1. LA RESISTENCIA MÍNIMA A COMPRESIÓN  $F'c$  DEL CONCRETO SEÁ A LOS 28 DÍAS SERÁ:

a. ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO

CIMENTACIONES Y BASES	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
ESTRUCTURAS SANITARIAS ENTERRADAS COMO CAMRAS Y CISTERNAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
LOSA SOBRE TERRENO	$F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$
ESTRUCTURAS: COLUMNAS VIGAS Y LOSAS	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
BUZONES, CAJAS DE REGISTRO, CUNETAS, SARDINELES	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
DUCTOS SANITARIOS Y ELÉCTRICOS ENTERRADOS	$F'c = 140 \text{ kg/cm}^2$
MUROS DE CONTENCIÓN	$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

a. ELEMENTOS DE CONCRETO SIMPLE

CONCRETO CICLOPEO	$F'c = 100 \text{ kg/cm}^2 + 30\% \text{ PIEDRA GRANDE (MAX } 6\text{'')}$
SOBRECIMENTOS	$F'c = 100 \text{ kg/cm}^2 + 25\% \text{ PIEDRA GRANDE (MAX } 3\text{'')}$
SOLIDOS	$F'c = 100 \text{ kg/cm}^2$
CIMENTOS CORRIDOS	$F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$
VEREDAS	$F'c = 140 \text{ kg/cm}^2$

2. SE USARÁ CEMENTO PORTLAND TIPO IP

3. EN CASO DE USAR ADITIVOS ESTOS DEBEN CUMPLIR CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### ACERO

1. EL ACERO DE REFUERZO DEBE CUMPLIR CON LA NORMA ASTM A615, Y TENDRÁ RESISTENCIA A LA FLUENCIA MÍNIMA DE  $4200 \text{ kg/cm}^2$  (GRADO 60).

2. EL ACERO DE REFUERZO SERÁ DOBLADO EN FRÍO NO SE PERMITIRÁ EL REDOBLADO DE LOS GANCHOS.

3. NO SE PERMITIRÁ EL CORTE DE REFUERZO CON SOPLETE.

### TABIQUERIA

1. LAS UNIDADES CUMPLIRÁN CON LA NORMA E-070.

2. LAS UNIDADES SERÁN PANDERETAS DE DIMENSIONES  $23 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}$ .

3. MORTERO : CEMENTO : ARENA :: 1 : 5.

4. ESPESOR DE JUNTA  $e = 1.5 \text{ cm}$ .

### SUELO

1. TIPO DE SUELO	GRAVA BIEN GRADUADA
2. CAPACIDAD PORTANTE CIMENTACION	$\sigma = 1.928 \text{ kg/cm}^2$
3. PROFUNDIDAD DE DESPLANTE	$Df = 1.50 \text{ m}$

### RECUBRIMIENTOS

1. FONDO DE CIMENTACIÓN Y CARAS LATERALES CONTRA TERRENO	7.5 cm
2. FONDO DE CIMENTACIÓN CON SOLADO Y CARAS LATERALES ENCOFRADAS	5.0 cm
3. MUROS DE CONTENCIÓN, ESTRUCTURAS SANITARIAS ENTERRADAS COMO CISTERNAS	5.0 cm
4. LOSAS MACIZAS Y LOSAS ALIGERADAS PARA TECHO, VIGAS CHATAS, MUROS	2.0 cm
5. COLUMNAS Y VIGAS PERALTADAS	4.0 cm
6. LOSAS PISO:	
- CARA INFERIOR	5.0 cm
- CARA SUPERIOR	2.5 cm

### NORMA Y REGLAMENTOS USADOS

1. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACION - RNE

2. NORMAS TÉCNICAS DE EDIFICACIONES E-020 (CARGAS), E-030(2016 - SISMORESISTENCIA) E-050(SUELOS Y CIMENTACIONES), E-060(CONCRETO ARMADO), E-070(ALBAÑILERIA ESTRUCTURAL).

### NOTAS GENERALES : CONCRETO

1. TODAS LAS DIMENSIONES INDICADAS EN LOS PLANOS ESTÁN EXPRESADAS EN METROS Y LOS NIVELES EN METROS.

2. LOS DETALLES ESTANDARES SE APLICAN A TODOS LOS PLANOS DE DISEÑO, SI EXISTE DISCREPANCIA EL ORDEN DE PRIORIDAD SERÁ:

PRIMERO: PLANOS DE DISEÑO.  
SEGUNDO: PLANOS ESTANDARES.  
TERCERO: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

3. LOS DETALLES ESTANDARES QUE SE MUESTRAN EN LOS PLANOS DEBERÁN EMPLEARSE DONDE CORRESPONDA.

4. LOS REQUERIMIENTOS DE EXCAVACIÓN Y RELLENO PARA CIMENTACIONES DE ESTRUCTURAS DEBEN CUMPLIR LA ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.

5. EL REFUERZO DEBERÁ UBICARSE, SOSTENERSE Y FIJARSE APROPIADAMENTE PARA ASEGURAR QUE SE MANTENGA EN SU POSICIÓN.

6. LA DIFERENCIA ENTRE EL NIVEL DE ESTRATO FIRME Y EL FONDO DE LA CIMENTACIÓN SERÁ RELLENADO CON CONCRETO SIMPLE DE  $F'c = 100 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$  DE PIEDRAS GRANDES.

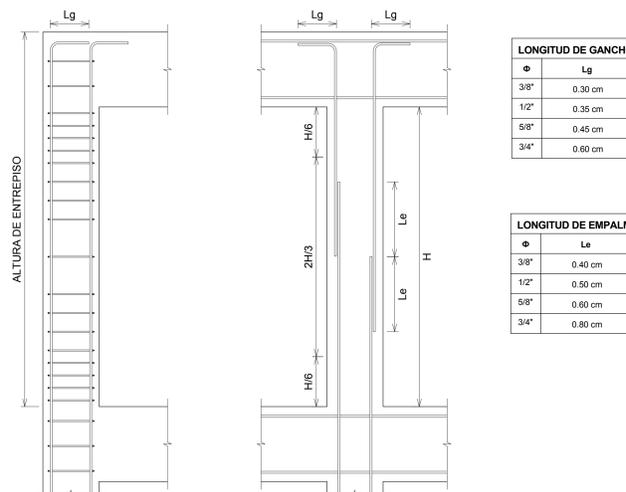
7. EL SOLADO ESPESOR MÍNIMO 5 cm DEBE SER COLOCADO COMO BASE EN TODAS LAS CIMENTACIONES ARMADAS Y CIMENTOS NO ARMADOS COMO CONCRETO DE NIVELACIÓN.

### CONSIDERACIONES SISMORESISTENTES

• NIVELES	6 NIVELES
• SISTEMA ESTRUCTURAL	DIRECCIÓN X-X : DUAL DIRECCIÓN Y-Y : MUROS ESTRUCTURALES
• PARÁMETROS	$Z = 0.35$ $U = 1.00$ $S = 1.15$ $Tp = 0.60 \text{ seg.}$ $Rx = 7.00(\text{laxip})$ $Ry = 6.00(\text{laxip})$
• IRREGULARIDADES	$Ip = 0.90$ $Ia = 1.00$
• PERIODO DE LA ESTRUCTURA	$XX = 0.416 \text{ seg.}$ $YY = 0.316 \text{ seg.}$
• MÁXIMO DESPLAZAMIENTO	$XX = 1.05 \text{ cm}$ $YY = 0.79 \text{ cm}$
• DESPLAZAMIENTO ENTREPISO	$XX = 0.0055$ $YY = 0.0038$

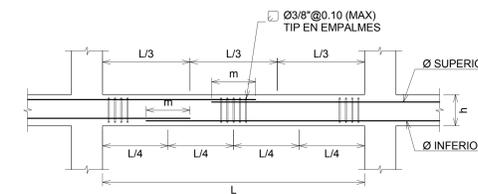
### RELACIÓN DE PLANOS

Nº PLANO	NOMBRE DEL PLANO
S000	ESPECIFICACIONES Y DETALLES
S001	CIMENTACIÓN
S002	VIGAS DE CIMENTACIÓN 01
S003	VIGAS DE CIMENTACIÓN 02
S004	COLUMNAS Y PLACAS
S005	ALIGERADO 1º NIVEL
S006	ALIGERADOS 2º 3º 4º y 5º NIVEL
S007	VIGAS 1º y 2º NIVEL
S008	VIGAS 3º y 4º NIVEL
S009	VIGAS 5º y 6º NIVEL
S010	ELEVACIONES VIGAS 01
S011	ELEVACIONES VIGAS 02
S012	ELEVACIONES VIGAS 03
S013	N.TECHO, ESCALERAS, MUROS, CISTERNA



Ø	Lg
3/8"	0.30 cm
1/2"	0.35 cm
5/8"	0.45 cm
3/4"	0.60 cm

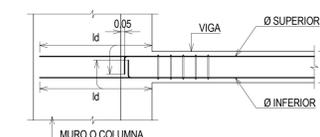
Ø	Le
3/8"	0.40 cm
1/2"	0.50 cm
5/8"	0.60 cm
3/4"	0.80 cm



Ø	VALORES DE M	
	REFUERZO INTERIOR	REFUERZO SUPERIOR
	H CUALQUIERA	H < 0.30 m H > 0.30 m
3/8"	0.40 cm	0.40 cm 0.45 cm
1/2"	0.40 cm	0.40 cm 0.50 cm
5/8"	0.50 cm	0.45 cm 0.60 cm
3/4"	0.60 cm	0.55 cm 0.75 cm
1"	1.15 cm	1.00 cm 1.30 cm

- NO EMPALMAR MÁS DEL 60% DEL ÁREA TOTAL DE ACERO EN UNA MISMA SECCIÓN DE ACERO.
- EN CASO DE NO EMPALMAR EN LAS ZONAS INDICADAS, AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 70%.
- PARA ALIGERADOS Y VIGAS CHATAS EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APÓSTOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME 25 cm PARA FIERRO DE 3/8" Y 35 cm PARA FIERRO DE 1/2" Y 5/8".

### EMPALME EN VIGAS



### DESARROLLO RECTO Y A 90º

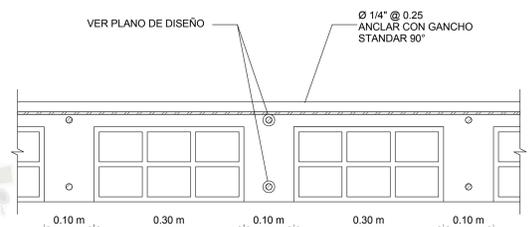
#	Ø	Valores de ld (cm)	
		Refuerzo Interior	Refuerzo Superior
		h cualquiera (cm)	h < 30 (cm) h > 30 (cm)
3	3/8"	45	45 60
4	1/2"	60	60 75
5	5/8"	70	70 90
6	3/4"	85	85 110
8	1"	140	140 180

- UTILIZARLO SOLO CUANDO EL ANCHO DE LA COLUMNA O MURO NO SEA SUFICIENTE PARA DESARROLLAR EL ANCLAJE CON GANCHO ESTÁNDAR 90º, O CUANDO SE ANCLIE EN DESARROLLO RECTO.

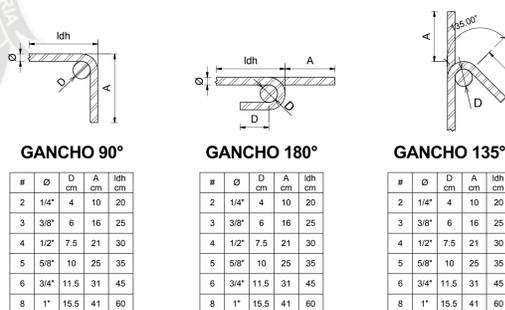
### LONGITUD DE ANCLAJE

DESIGNACIÓN	PESO	AREA		
#	Ø	mm	kg/m	m2
2	1/4"	6.35	0.25	0.32
3	3/8"	9.35	0.58	0.71
4	1/2"	12.70	1.02	1.29
5	5/8"	15.87	1.55	1.99
6	3/4"	19.05	2.26	2.85
8	1"	25.40	4.04	5.10

### EMPALME EN COLUMNAS Y MUROS



### SECCIÓN TÍPICA DE ALIGERADO



#### GANCHO 90º

#	Ø	D	A	ldh
2	1/4"	4	10	20
3	3/8"	6	16	25
4	1/2"	7.5	21	30
5	5/8"	10	25	35
6	3/4"	11.5	31	45
8	1"	15.5	41	60

#### GANCHO 180º

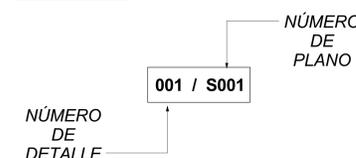
#	Ø	D	A	ldh
2	1/4"	4	10	20
3	3/8"	6	16	25
4	1/2"	7.5	21	30
5	5/8"	10	25	35
6	3/4"	11.5	31	45
8	1"	15.5	41	60

#### GANCHO 135º

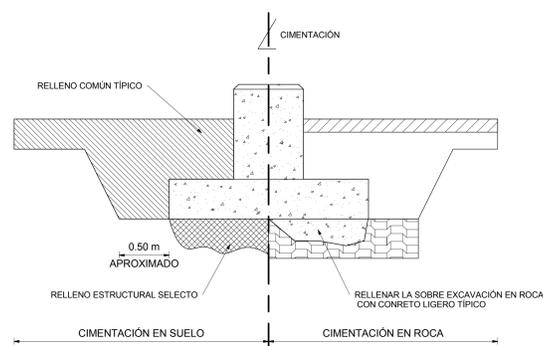
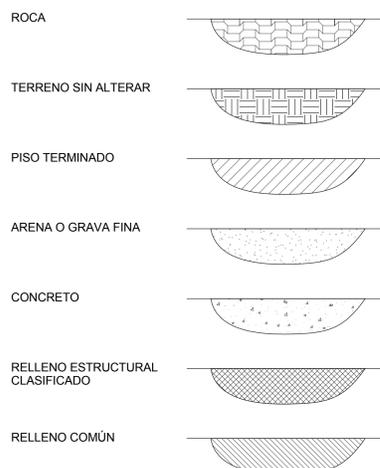
#	Ø	D	A	ldh
2	1/4"	4	10	20
3	3/8"	6	16	25
4	1/2"	7.5	21	30
5	5/8"	10	25	35
6	3/4"	11.5	31	45
8	1"	15.5	41	60

### DETALLE DE DOBLADO DE REFUERZO

### LEYENDA



### LEYENDA DE ACHURAMIENTO



DETALLE TÍPICO DE EXCAVACIÓN Y RELLENO DE CIMENTACIÓN



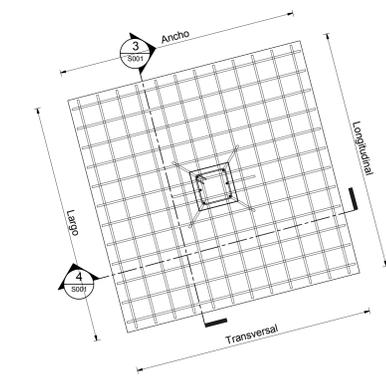
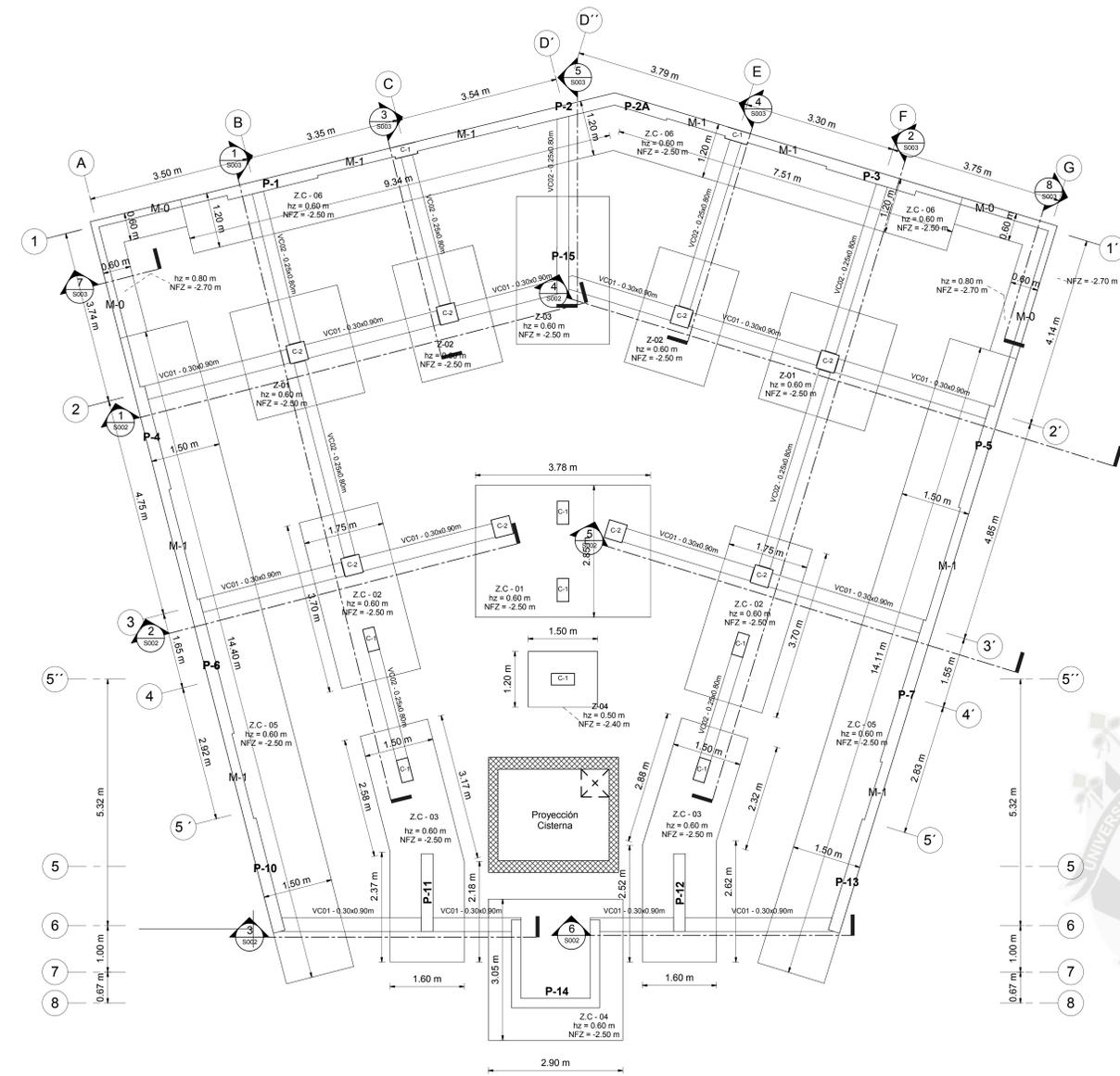
### UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

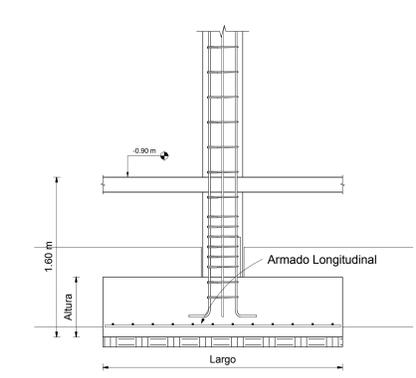
ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM

Plano :	<b>ESPECIFICACIONES Y DETALLES</b>	Fecha	ABRIL - 2016	<b>S000</b>
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala	Como se indica	

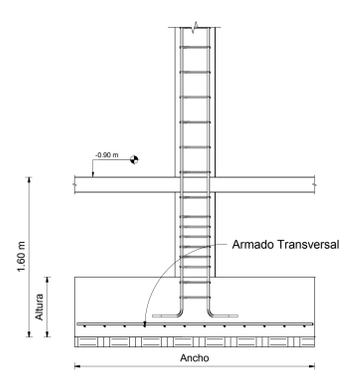


2 Planta Zapata Aislada  
1:25

ZAPATA TIPO	DIMENSIONES			ARMADO	
	LARGO	ANCHO	ALTURA	TRANSVERSAL	LONGITUDINAL
Z-01	2.40m	2.40m	0.60m	Ø 3/4" @ 20cm	Ø 3/4" @ 20cm
Z-02	2.60m	1.80m	0.60m	Ø 5/8" @ 25cm	Ø 5/8" @ 25cm
Z-03	3.20m	2.00m	0.60m	Ø 5/8" @ 20cm	Ø 5/8" @ 25cm
Z-04	1.20m	1.50m	0.50m	Ø 1/2" @ 20cm	Ø 1/2" @ 20cm

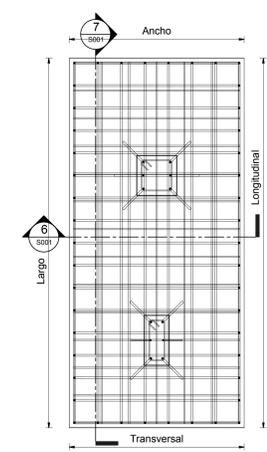


3 Longitudinal Zapata Aislada  
1:25

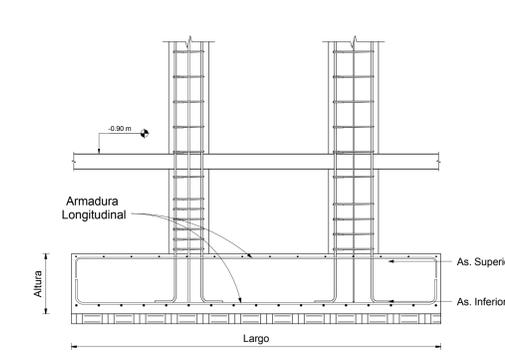


4 Transversal Zapata Aislada  
1:25

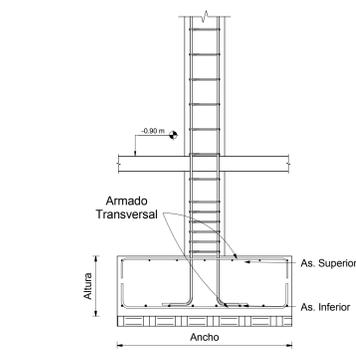
ZAPATA TIPO	DIMENSIONES			ARMADO TRANSVERSAL		ARMADO LONGITUDINAL	
	LARGO	ANCHO	ALTURA	INFERIOR	SUPERIOR	INFERIOR	SUPERIOR
Z.C-01	2.85m	3.78m	0.60m	Ø 5/8" @ 15cm	Ø 1/2" @ 20cm	Ø 5/8" @ 25cm	Ø 1/2" @ 20cm
Z.C-02	3.70m	1.75m	0.60m	Ø 3/4" @ 20cm	Ø 1/2" @ 25cm	Ø 3/4" @ 20cm	Ø 1/2" @ 25cm
Z.C-03	COMO INDICA EN EL PLANO			Ø 5/8" @ 15cm	Ø 1/2" @ 20cm	Ø 5/8" @ 25cm	Ø 1/2" @ 20cm
Z.C-04	14.40m	1.50m	0.60m	Ø 5/8" @ 25cm	Ø 5/8" @ 25cm	Ø 5/8" @ 25cm	Ø 5/8" @ 25cm
Z.C-05	14.40m	1.50m	0.60m	Ø 3/4" @ 25cm	Ø 5/8" @ 20cm	Ø 3/4" @ 25cm	Ø 5/8" @ 20cm
Z.C-06	COMO INDICA EN EL PLANO			Ø 3/4" @ 25cm	Ø 5/8" @ 20cm	Ø 3/4" @ 25cm	Ø 5/8" @ 20cm
Z.C-07	3.28m	3.50m	0.60m	Ø 3/4" @ 25cm	Ø 5/8" @ 20cm	Ø 3/4" @ 25cm	Ø 5/8" @ 20cm



5 Detalle de Zapata C  
1:25

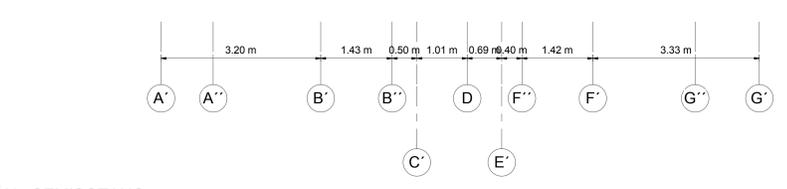


7 Alzado Zapara Comb L  
1:25

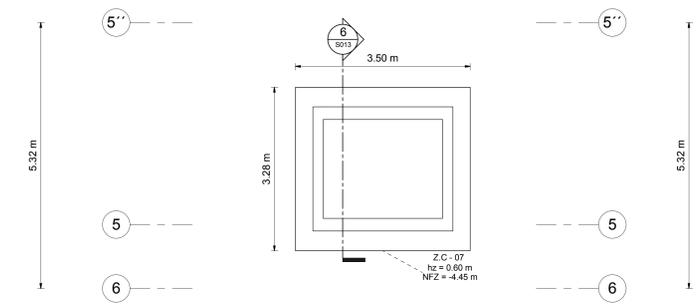


6 Transversal Zapata Combinada  
1:25

1 CIMENTACIÓN - SEMISOTANO  
1:50

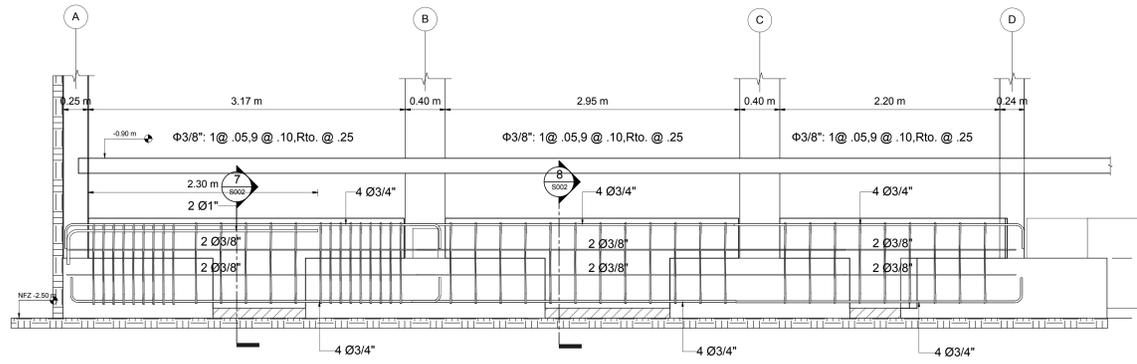


8 CIMENTACIÓN - CISTERNA  
1:50

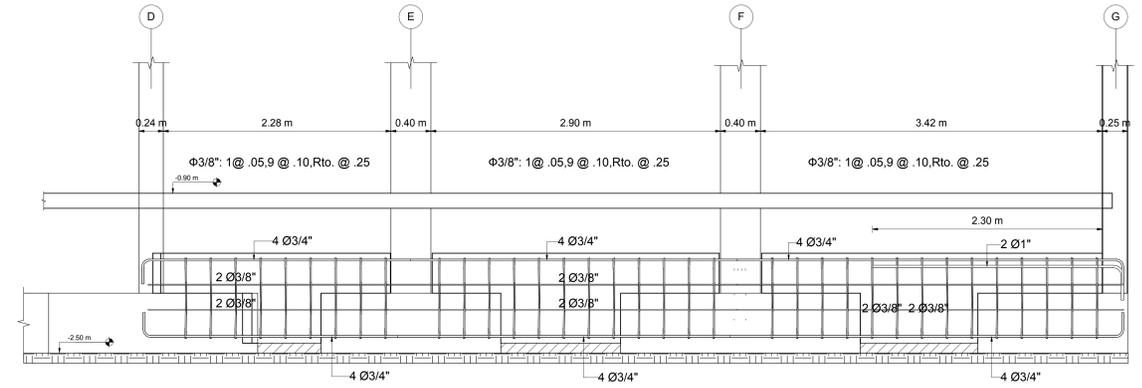


**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

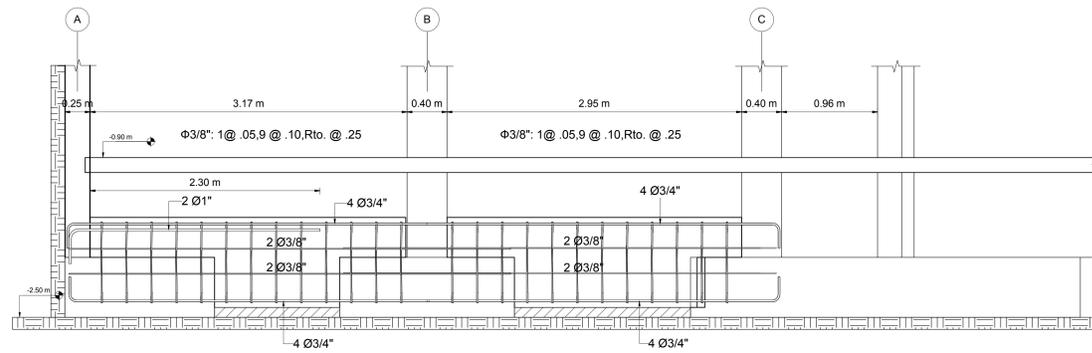
ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	<b>CIMENTACIÓN</b>	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala Como se indica
		<b>S001</b>



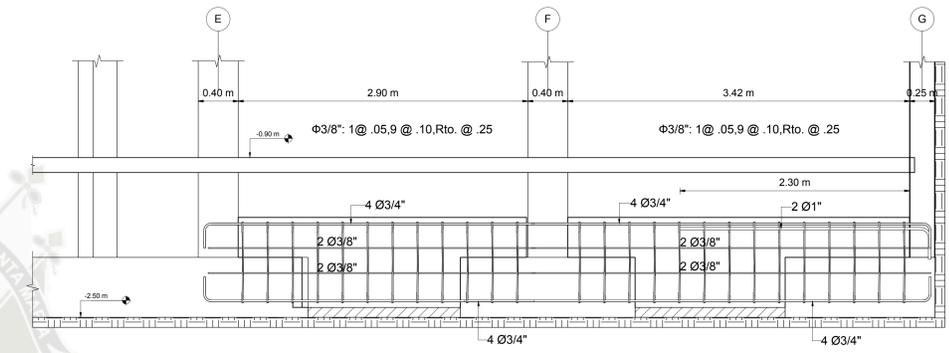
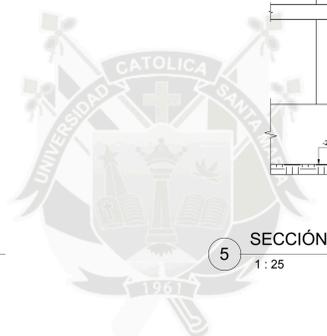
1 SECCIÓN EJE 2  
1 : 25



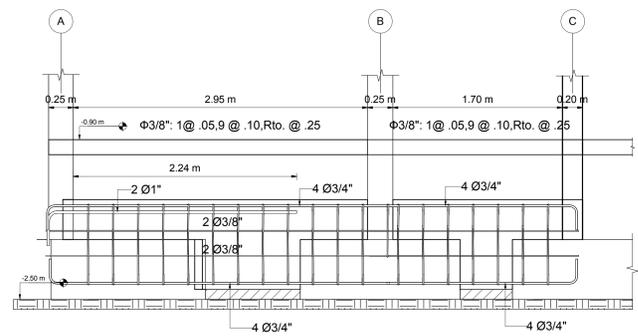
4 SECCIÓN 2'  
1 : 25



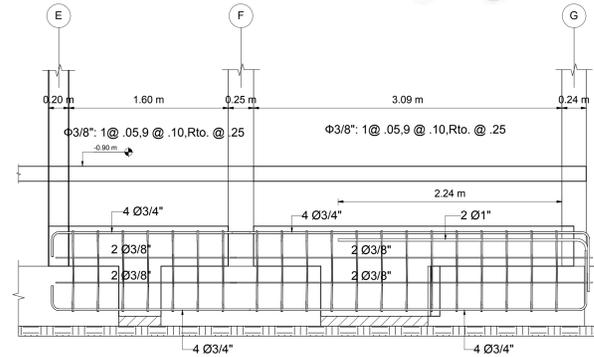
2 SECCIÓN EJE 3  
1 : 25



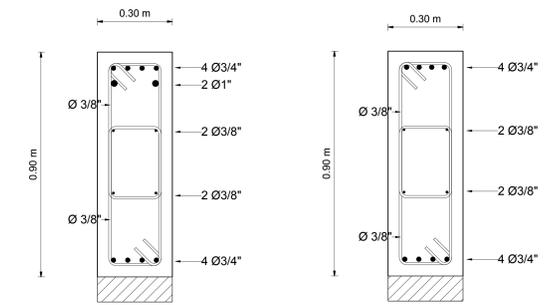
5 SECCIÓN EJE 3'  
1 : 25



3 SECCIÓN EJE 5  
1 : 25



6 SECCIÓN EJE 5'  
1 : 25

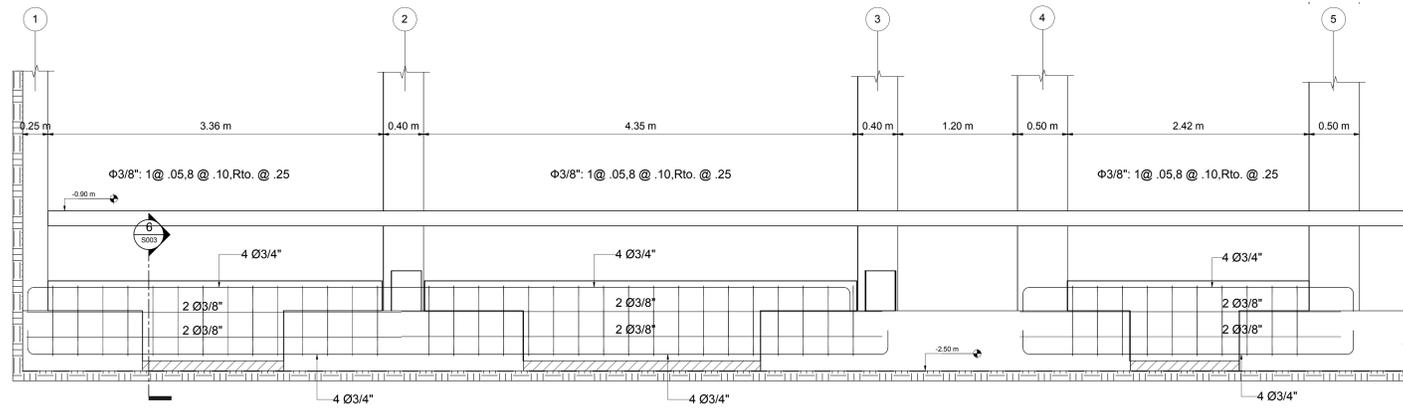


7 ARMADURA DE VIGA DE CIMENTACIÓN  
1 : 10

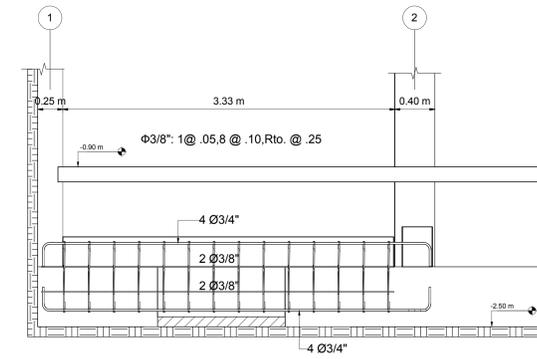


**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

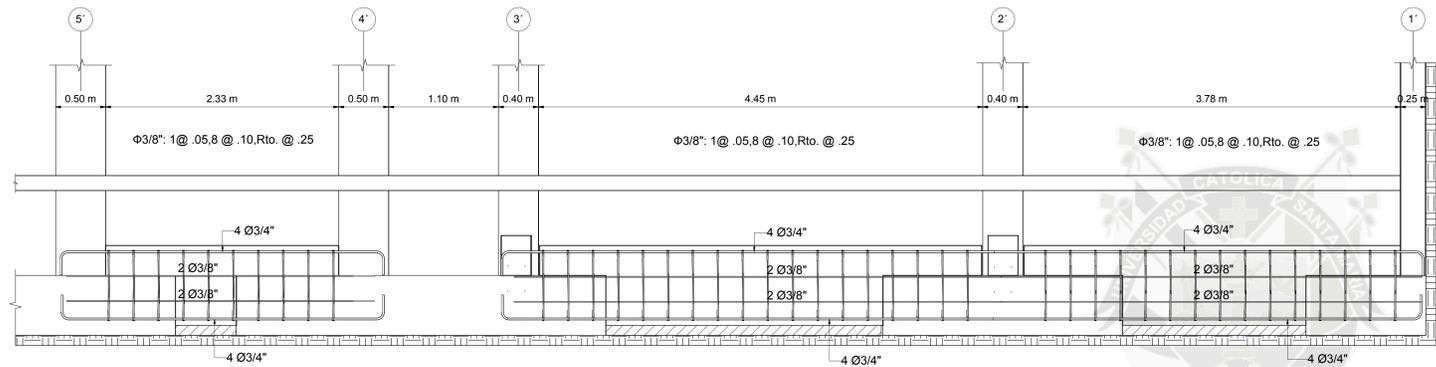
ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	<b>VIGAS DE CIMENTACIÓN 01</b>	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala Como se indica
		<b>S002</b>



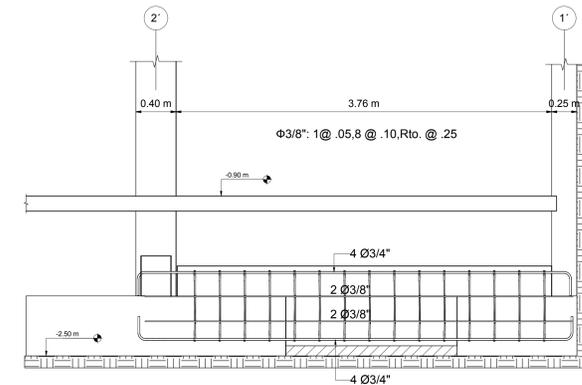
1 SECCIÓN EJE B  
1 : 25



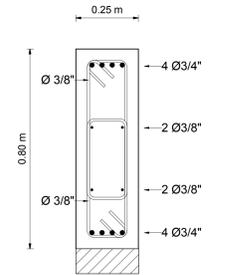
3 SECCIÓN C  
1 : 25



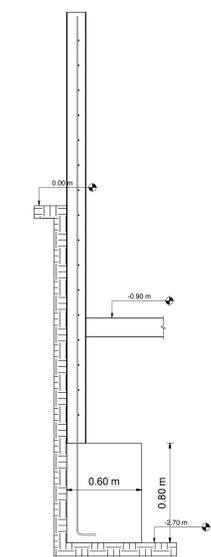
2 SECCIÓN EJE F  
1 : 25



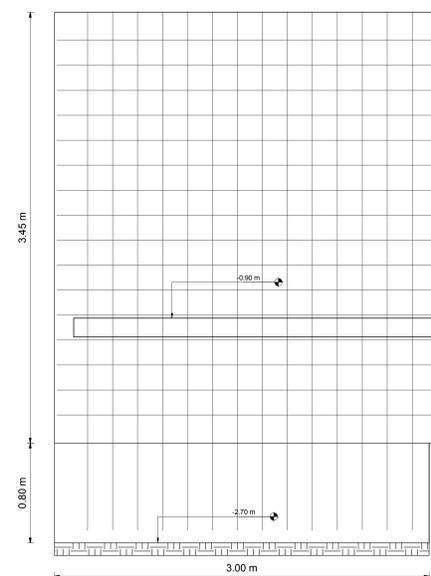
4 SECCIÓN EJE E  
1 : 25



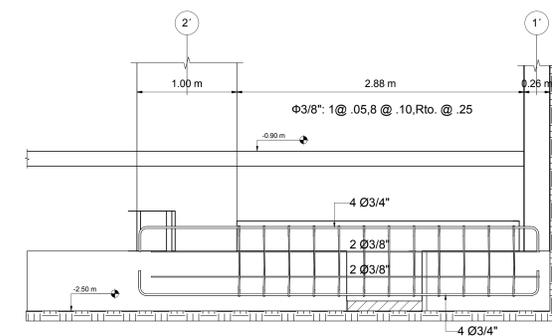
6 ARMADURA DE VIGA DE CIMENTACIÓN  
1 : 10



7 SECCION MURO PERIMETRAL  
1 : 20



8 SECCIÓN DE MURO  
1 : 20



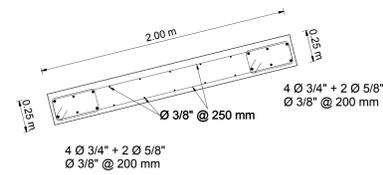
5 SECCIÓN EJE D  
1 : 25



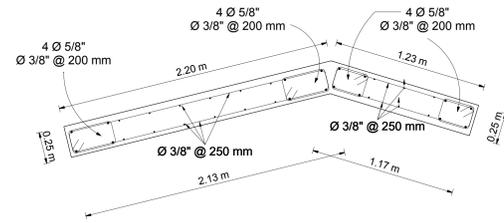
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM

Plano :	<b>VIGAS DE CIMENTACIÓN 02</b>	Fecha	ABRIL - 2016	<b>S003</b>
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala	Como se indica	



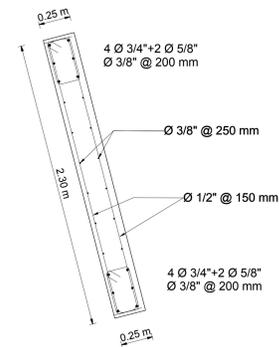
1 P - 1 , P - 3  
1 : 20



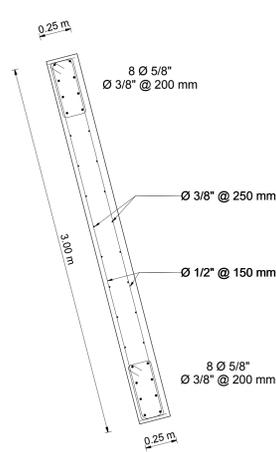
2 P - 2 , P - 2A  
1 : 20

CUADRO DE COLUMNAS		
NIVELES	C - 1	C - 2
SEMISOTANO -0.90 m  AL  NIVEL 6 + 14.80		
	0.25 x 0.50 m	0.40 x 0.40 m
	4 Ø 3/4" + 2 Ø 1/2"	6 Ø 3/4"
	1 Ø 3/8" : 1 a .05, 3 @ .15, rto. @ .25 c/ext	1 Ø 3/8" : 1 a .05, 5 @ .10, rto. @ .25 c/ext

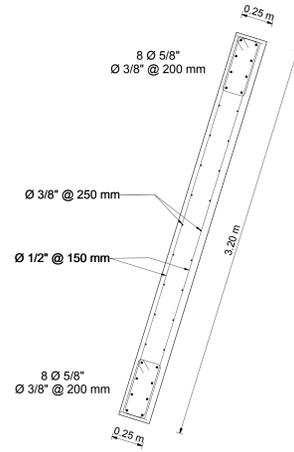
CUADRO DE PLACAS		
PLACA	NIVEL	
		SEMISOTANO -0.90 m / NIVEL 6 + 14.80 m
P - 1 , P - 3	Dimensiones	0.25 x 2.00 m
	Refuerzo	8 Ø 3/4" + 4 Ø 5/8" + Ø 3/8" @ 0.25
	Estribo / Acero Hor.	1 Ø 3/8" @ .20 / Ø 3/8" @ .25
P - 2	Dimensiones	0.25 x 2.20 m
	Refuerzo	8 Ø 5/8" + Ø 3/8" @ 0.25
	Estribo / Acero Hor.	1 Ø 3/8" @ .20 / Ø 3/8" @ .25
P - 2A	Dimensiones	0.25 x 1.23 m
	Refuerzo	8 Ø 5/8" + Ø 3/8" @ 0.25
	Estribo / Acero Hor.	1 Ø 3/8" @ .20 / Ø 3/8" @ .25
P - 4 , P - 5	Dimensiones	0.25 x 2.30 m
	Refuerzo	8 Ø 3/4" + 4 Ø 5/8" + Ø 3/8" @ 0.25
	Estribo / Acero Hor.	1 Ø 3/8" @ .20 / Ø 1/2" @ .15
P - 6	Dimensiones	0.25 x 3.00 m
	Refuerzo	16 Ø 5/8" + Ø 3/8" @ 0.25
	Estribo / Acero Hor.	1 Ø 3/8" @ .20 / Ø 1/2" @ .15
P - 7	Dimensiones	0.25 x 3.20 m
	Refuerzo	16 Ø 5/8" + Ø 3/8" @ 0.25
	Estribo / Acero Hor.	1 Ø 3/8" @ .20 / Ø 1/2" @ .15
P - 8 , P - 9	Dimensiones	0.20 x 2.49 m
	Refuerzo	12 Ø 1/2" + Ø 3/8" @ 0.30
	Estribo / Acero Hor.	1 Ø 3/8" @ .15 / Ø 3/8" @ .20
P - 10 , P - 13	Dimensiones	0.25 x 2.50 m
	Refuerzo	16 Ø 3/4" + Ø 3/8" @ 0.25
	Estribo / Acero Hor.	1 Ø 3/8" @ .20 / Ø 1/2" @ .15
P - 11 , P - 12	Dimensiones	0.25 x 1.68 m
	Refuerzo	12 Ø 1/2" + Ø 3/8" @ 0.25
	Estribo / Acero Hor.	1 Ø 3/8" @ .15 / Ø 3/8" @ .25
P - 14	Dimensiones	0.20 x VARIOS
	Refuerzo	28 Ø 5/8" + Ø 3/8" @ 0.30
	Estribo / Acero Hor.	1 Ø 3/8" @ .20 / Ø 3/8" @ .30
P - 15	Dimensiones	0.20 x 1.00 m
	Refuerzo	8 Ø 5/8" + Ø 3/8" @ 0.25
	Estribo / Acero Hor.	1 Ø 3/8" @ .15 / Ø 3/8" @ .20



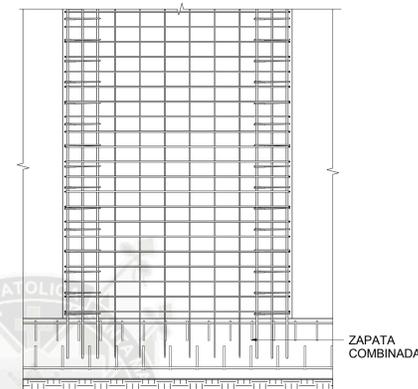
3 P - 4 , P - 5  
1 : 20



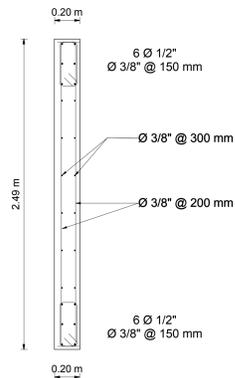
4 P - 6  
1 : 20



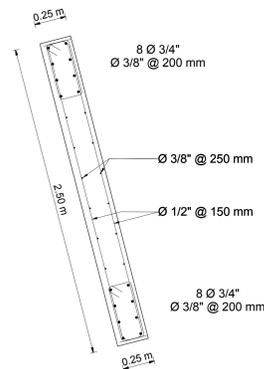
5 P - 7  
1 : 20



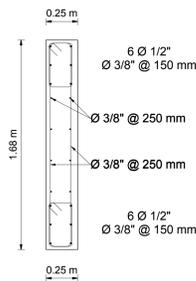
11 REFUERZO EN PLACAS  
1 : 25



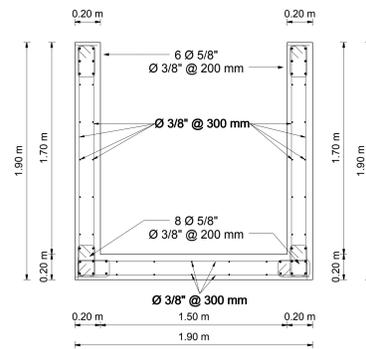
6 P - 8 , P - 9  
1 : 20



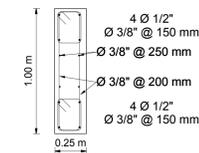
7 P - 10 , P - 13  
1 : 20



8 P - 11 , P - 12  
1 : 20



9 P - 14  
1 : 20



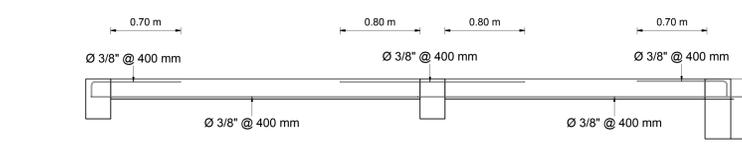
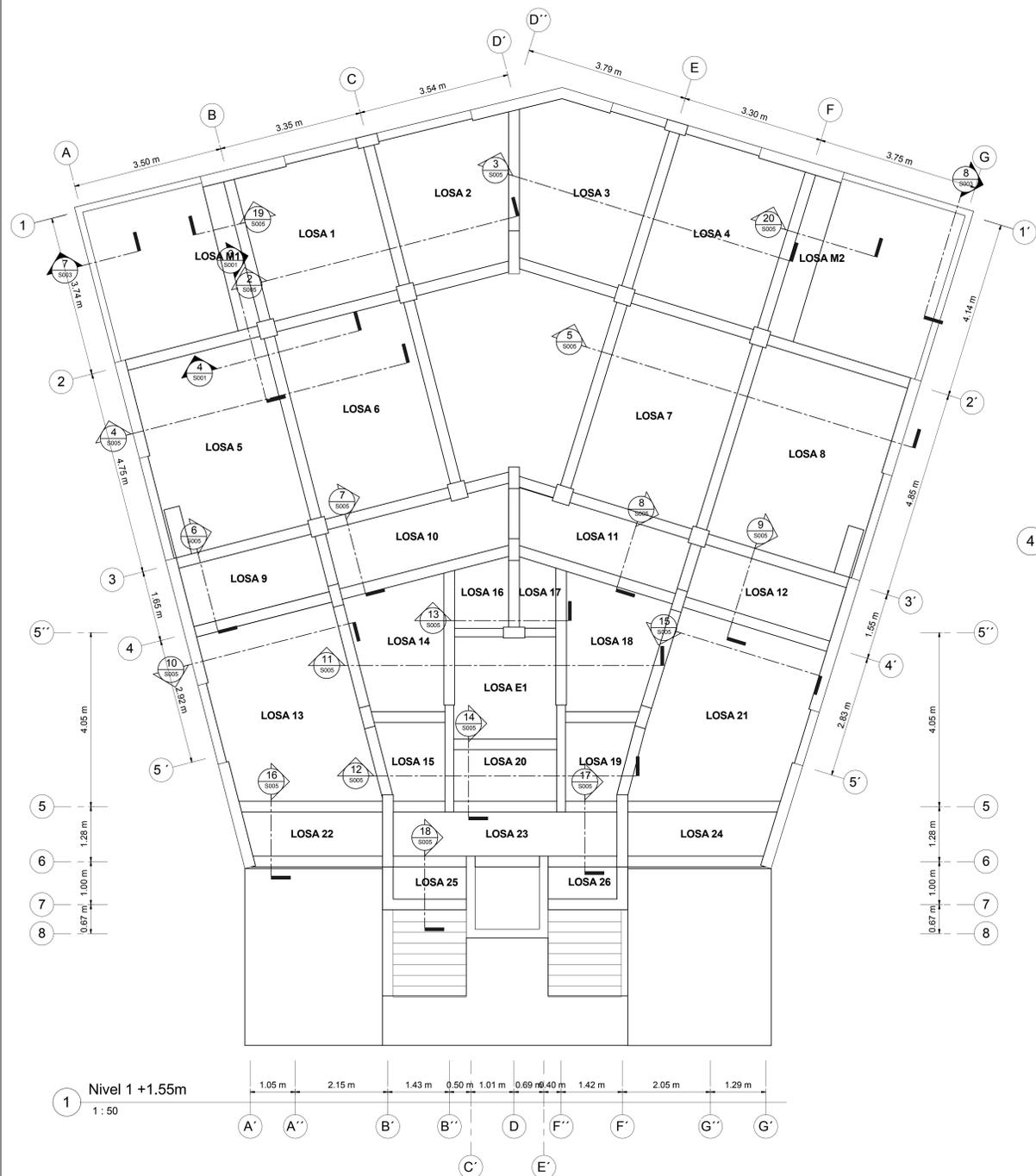
10 P - 15  
1 : 20



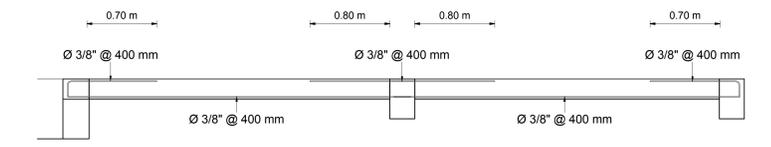
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM

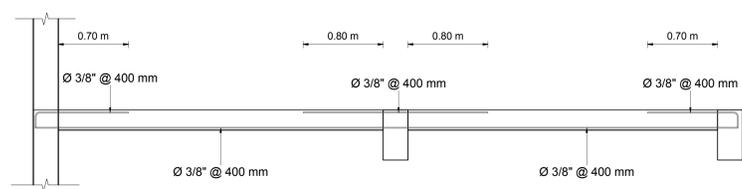
Plano :	<b>COLUMNAS Y PLACAS</b>	Fecha	ABRIL - 2016	<b>S004</b>
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala	Como se indica	



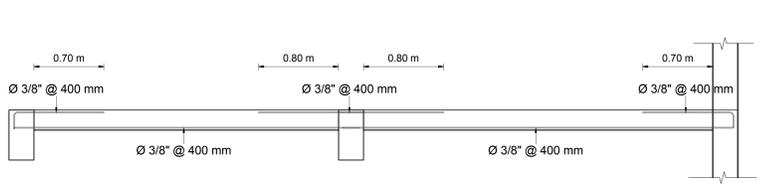
2 LOSA 1 - LOSA 2 NIVEL 1  
1:25



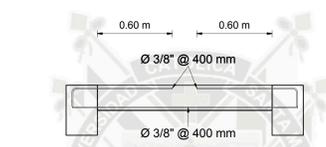
3 LOSA 3 - LOSA 4 NIVEL 1  
1:25



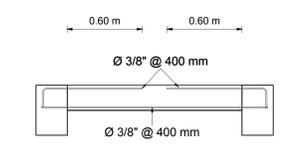
4 LOSA 5 - LOSA 6 NIVEL 1  
1:25



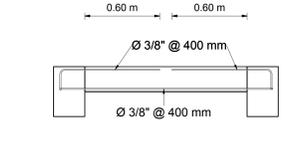
5 LOSA 7 - LOSA 8 NIVEL 1  
1:25



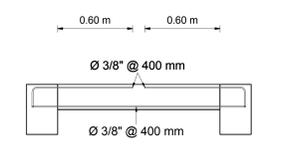
6 LOSA 9 NIVEL 1  
1:20



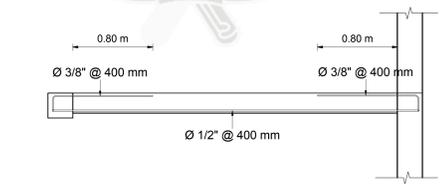
7 LOSA 10 NIVEL 1  
1:20



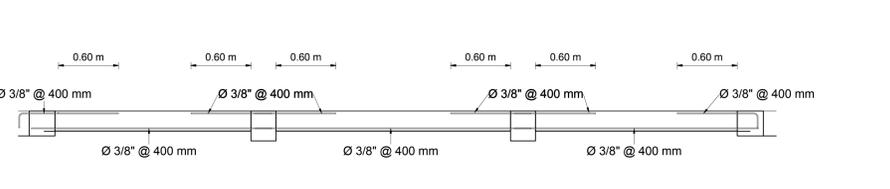
8 LOSA 11 NIVEL 1  
1:20



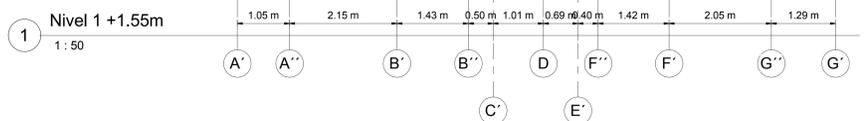
9 LOSA 12 NIVEL 1  
1:20



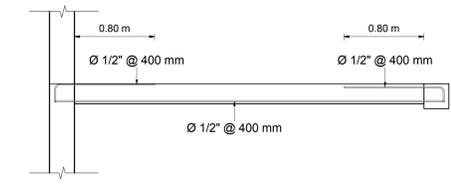
10 LOSA 13 NIVEL 1  
1:25



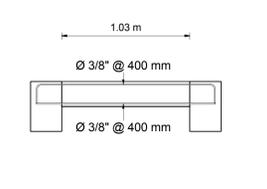
11 LOSAS 14, E1, 18 NIVEL 1  
1:25



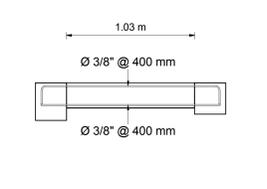
1 Nivel 1 +1.55m  
1:50



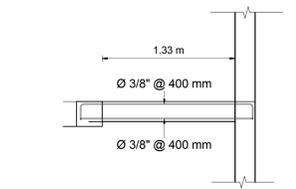
15 LOSA 21 NIVEL 1  
1:25



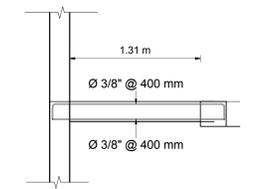
16 LOSA 22 - LOSA 24 NIVEL 1  
1:20



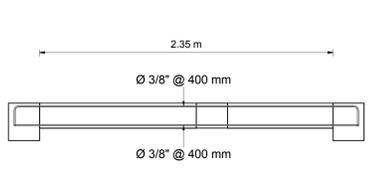
17 LOSA 23 NIVEL 1  
1:20



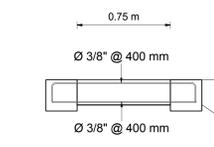
12 LOSA 15 - LOSA 19 NIVEL 1  
1:25



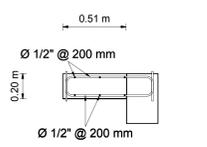
13 LOSA 16 - LOSA 17 NIVEL 1  
1:20



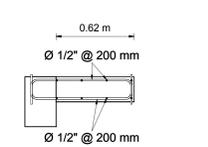
14 LOSA 20 NIVEL 1  
1:20



18 LOSA 25 - LOSA 26 NIVEL 1  
1:20



19 LOSA M1 - MACIZA NIVEL 1  
1:20

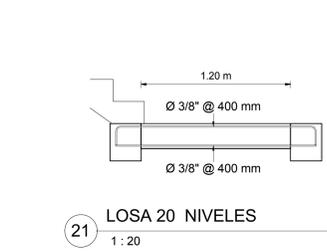
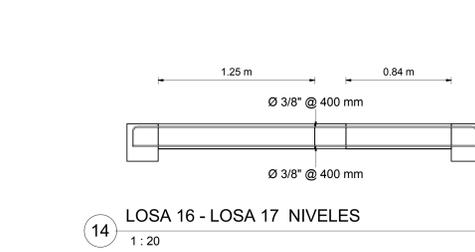
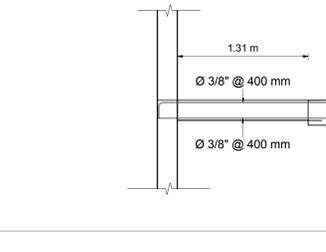
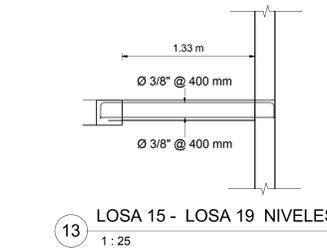
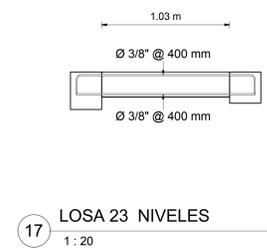
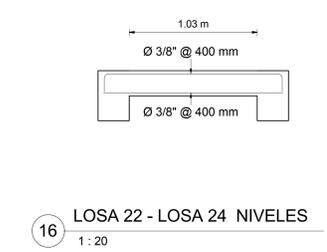
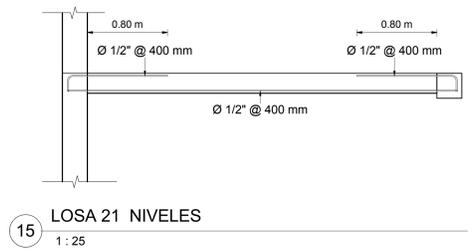
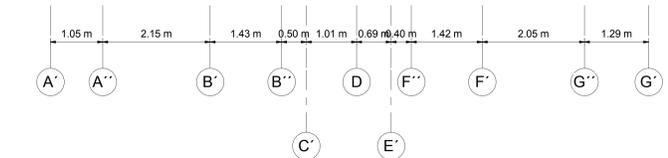
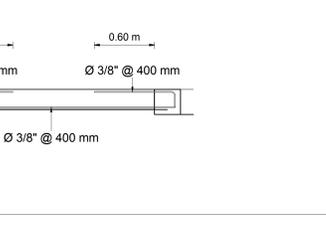
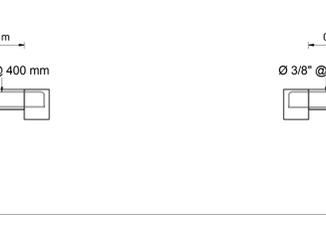
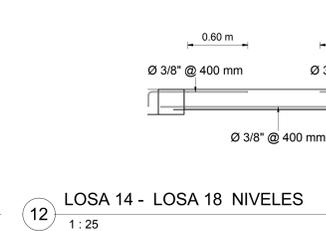
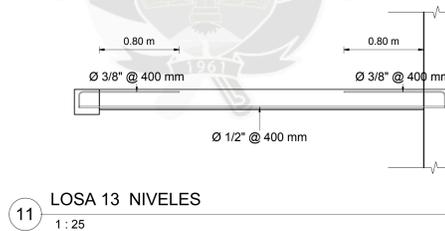
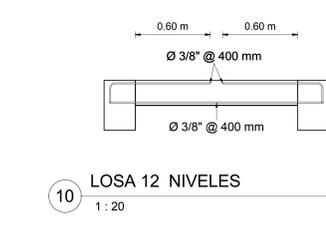
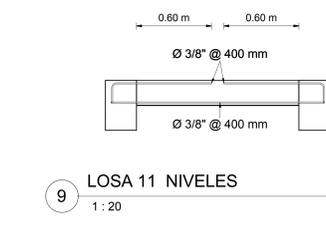
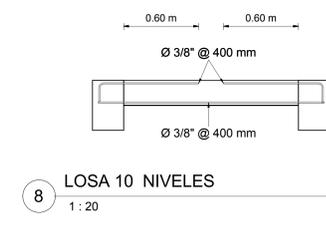
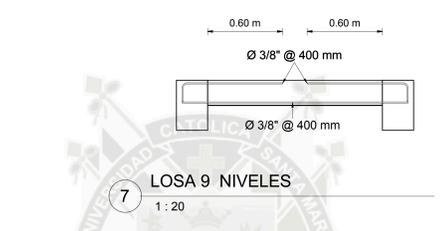
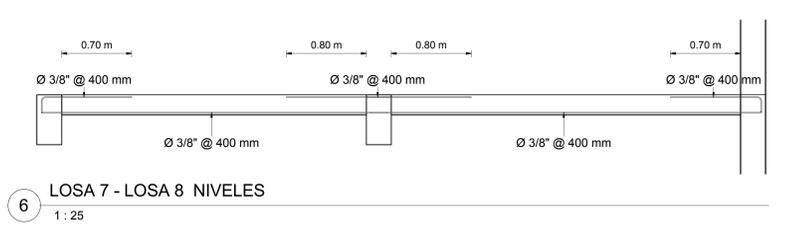
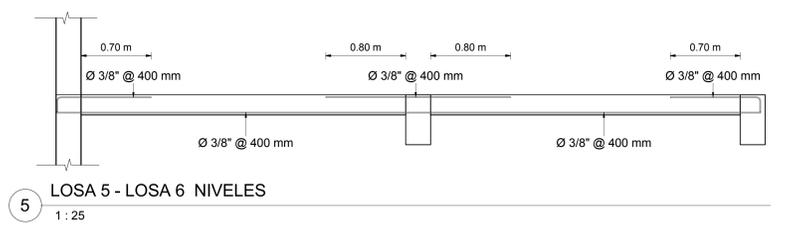
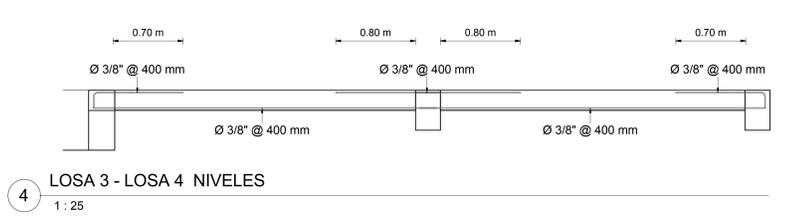
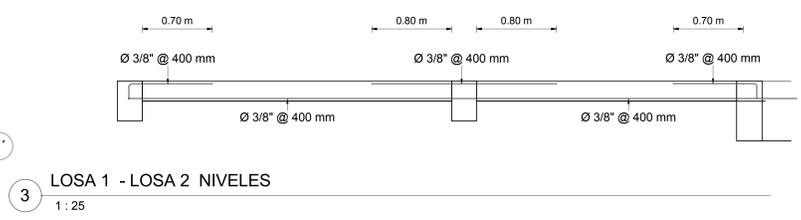
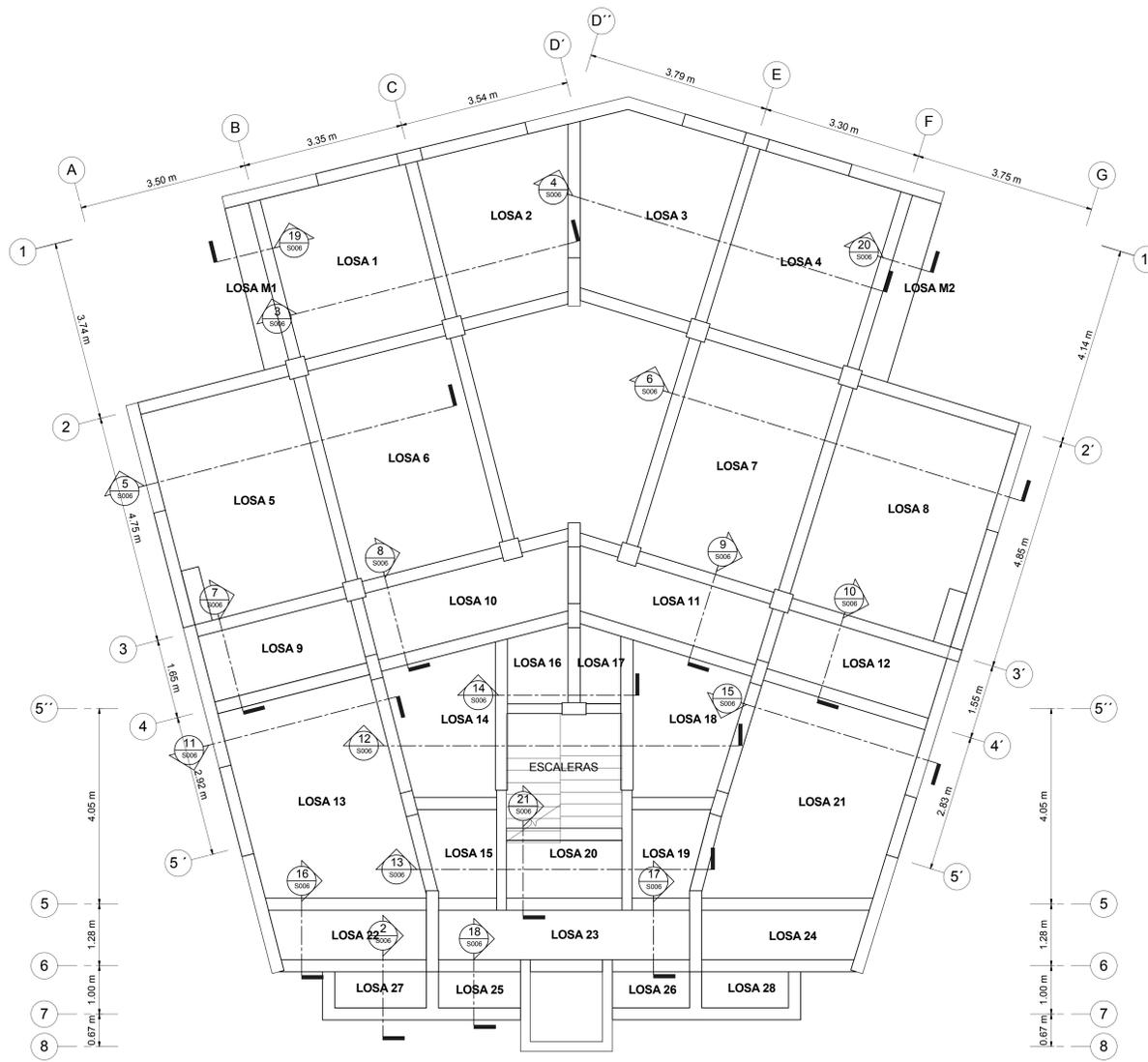


20 LOSA M2 - MACIZA NIVEL 1  
1:20



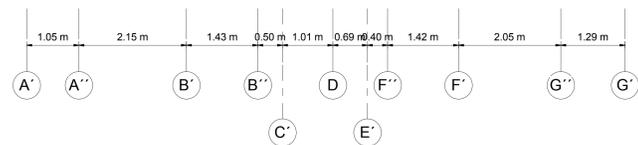
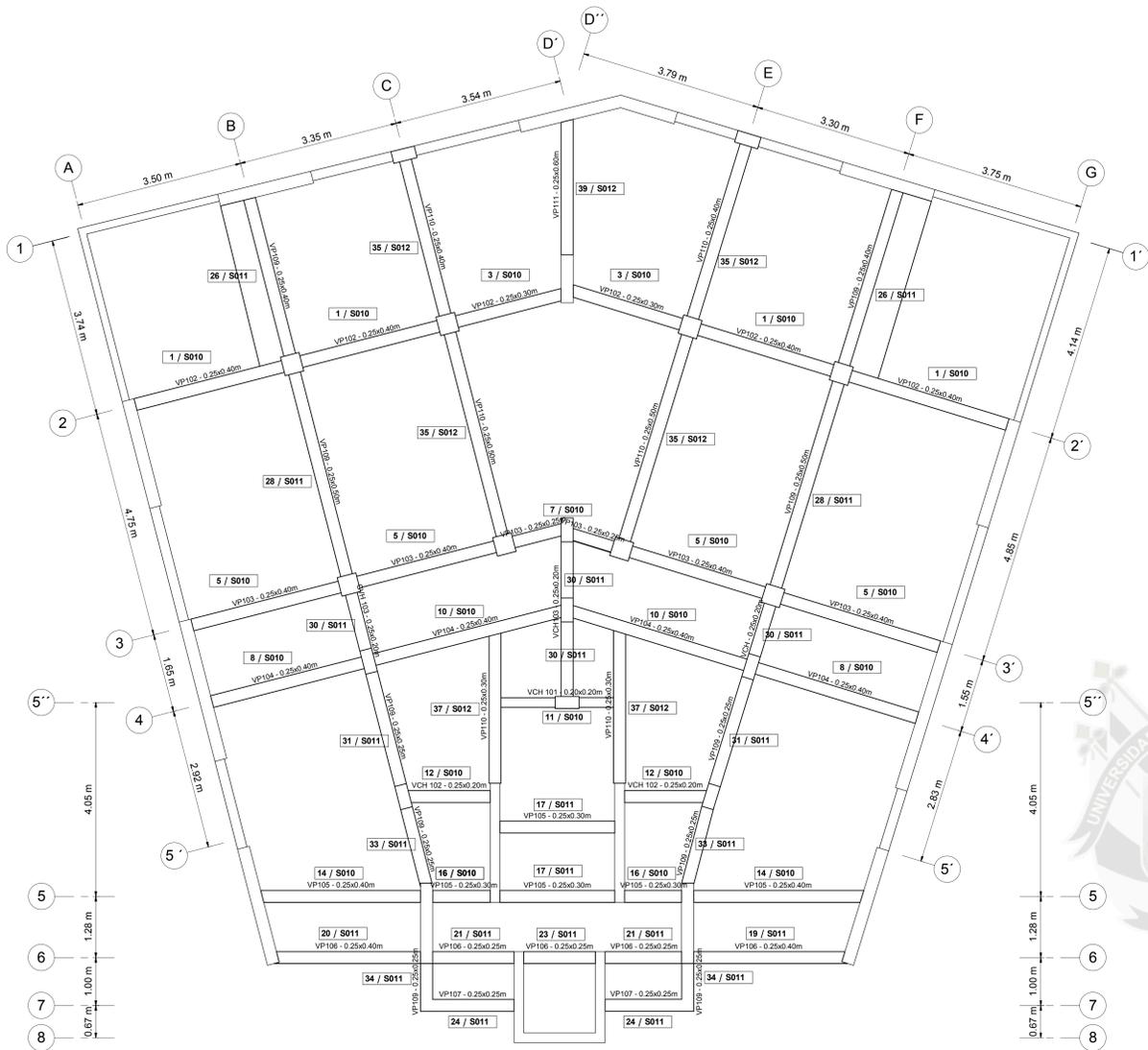
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	<b>ALIGERADO 1° NIVEL</b>	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala Como se indica
		<b>S005</b>

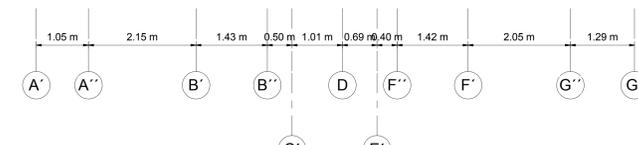
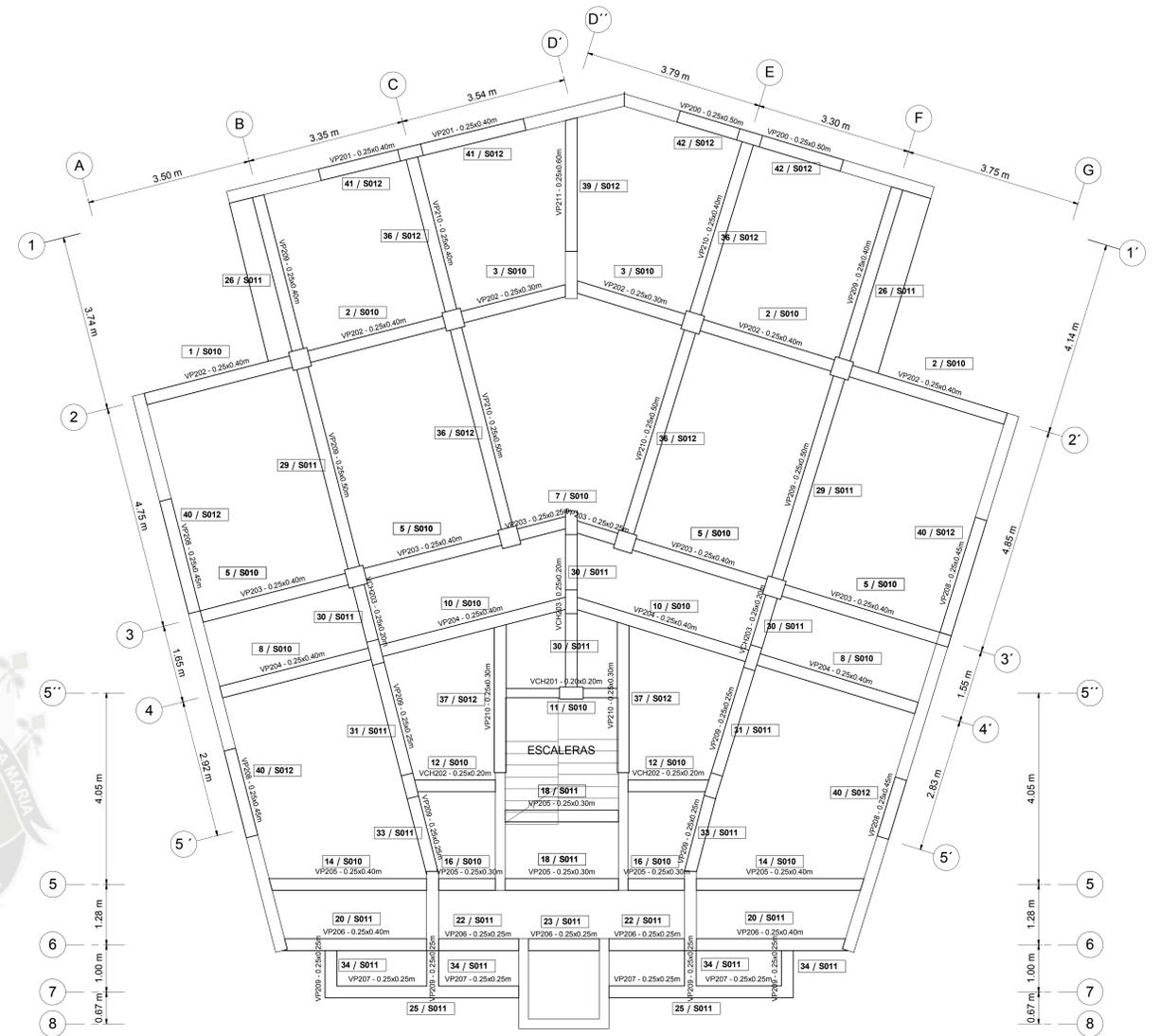


**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

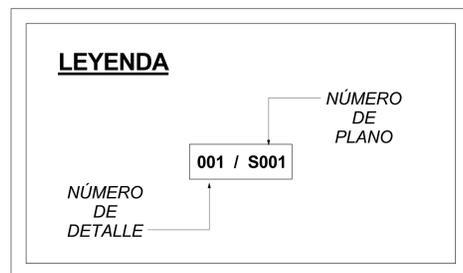
ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	<b>ALIGERADOS 2° 3° 4° y 5° NIVEL</b>	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala Como se indica
		<b>S006</b>



1 1er NIVEL  
1:50

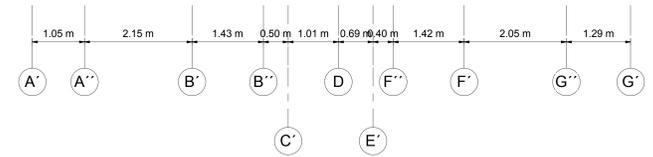
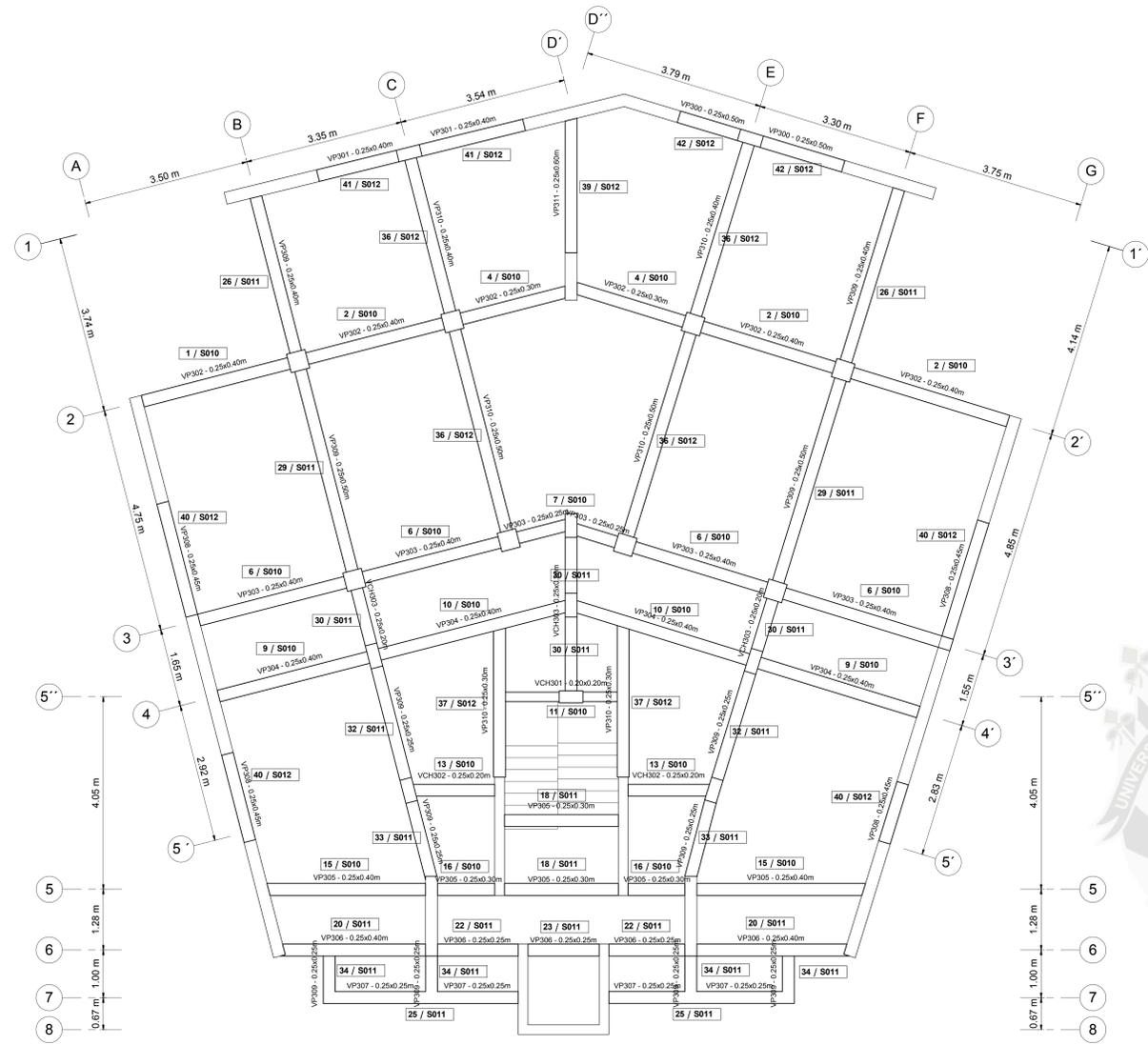


2 2do NIVEL  
1:50

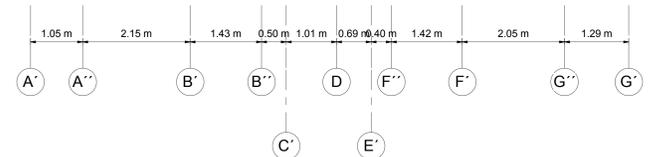
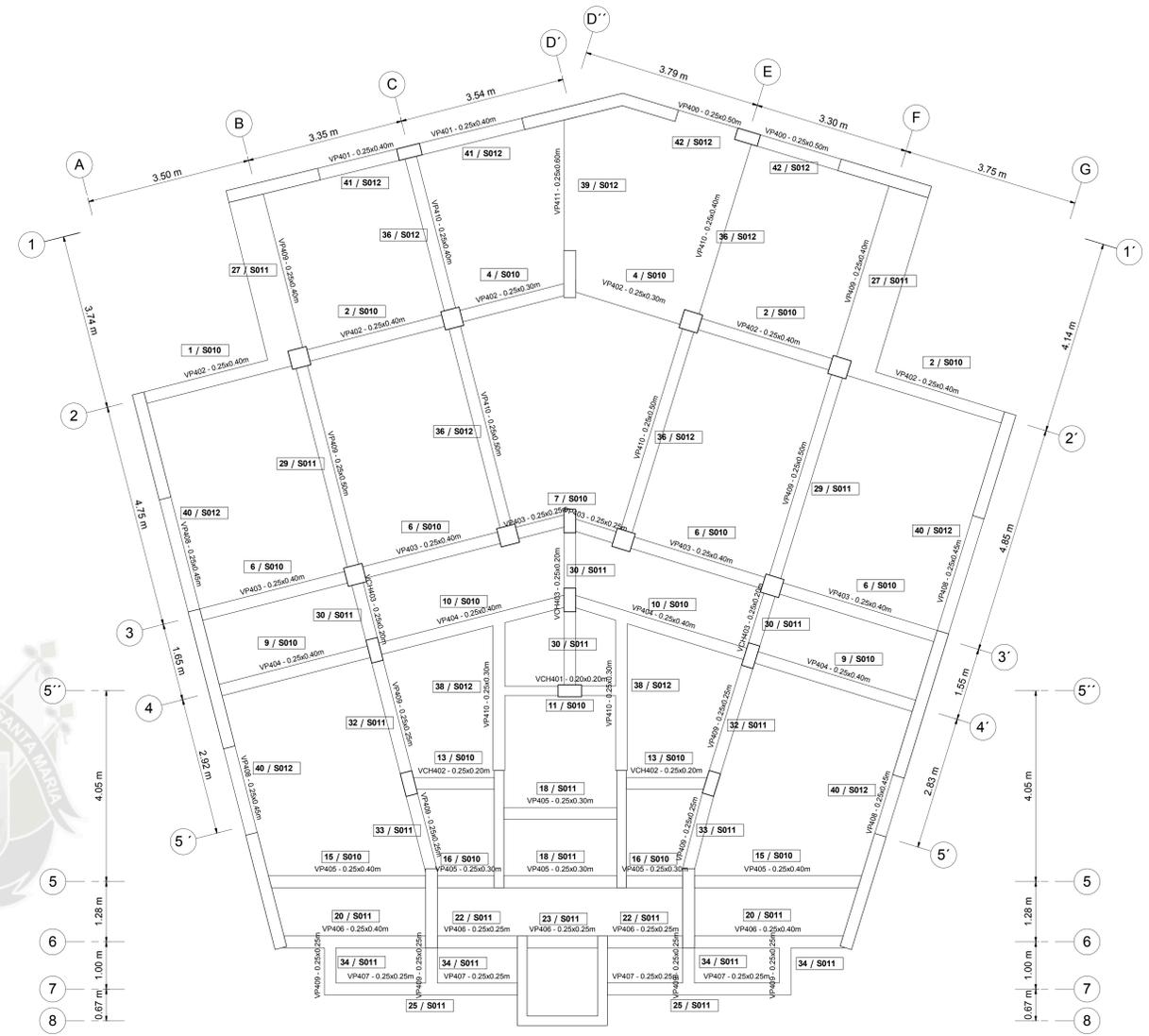


**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

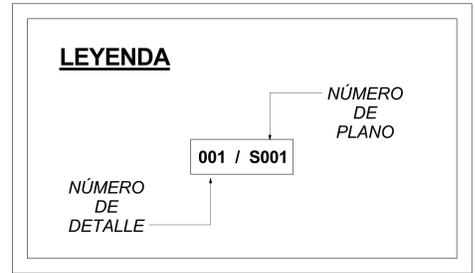
ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	<b>VIGAS 1° y 2° NIVEL</b>	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala Como se indica
		<b>S007</b>



1 3er NIVEL  
1 : 50

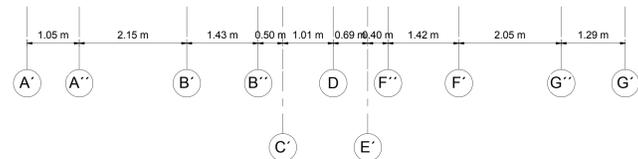
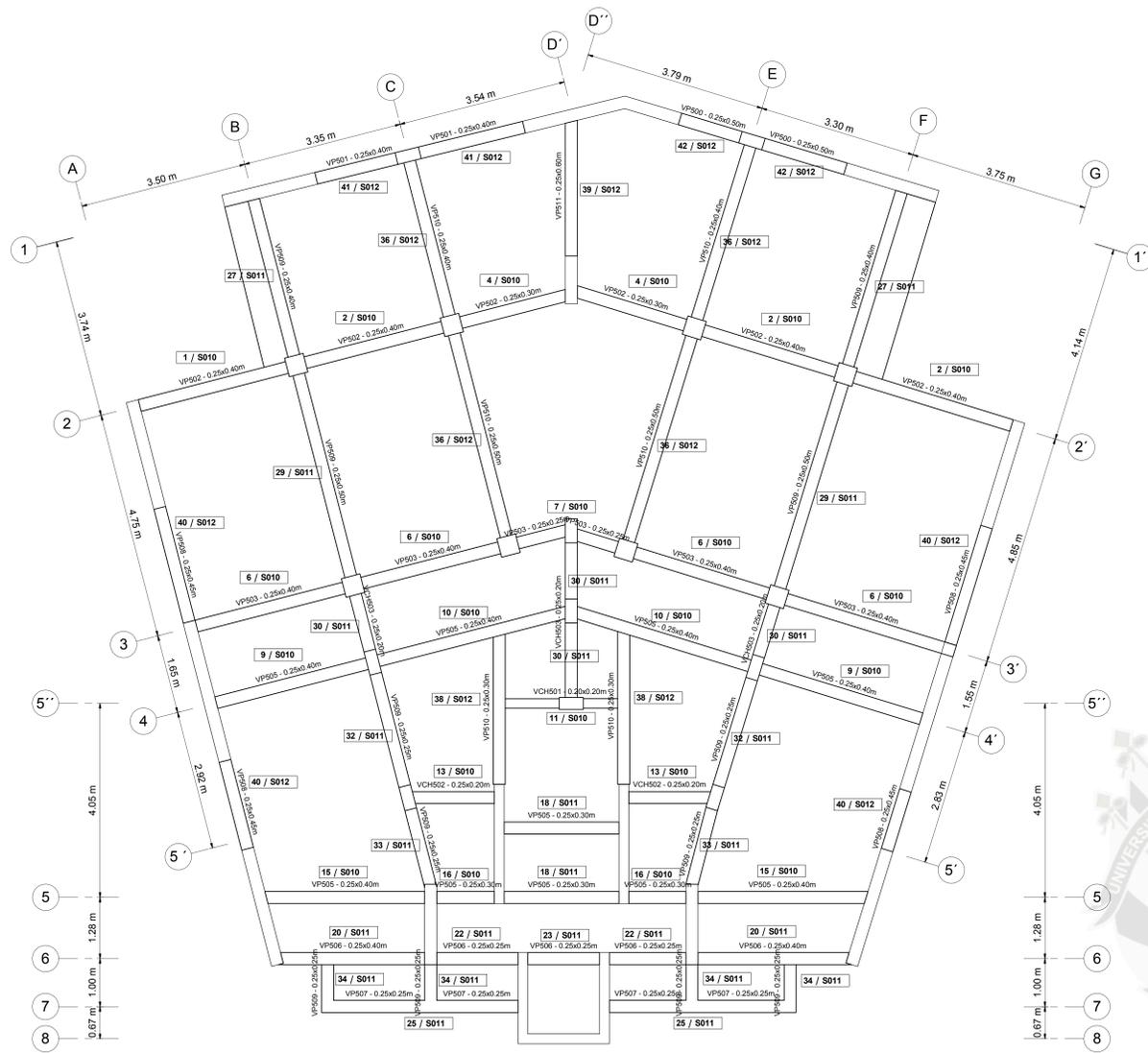


2 4to NIVEL  
1 : 50

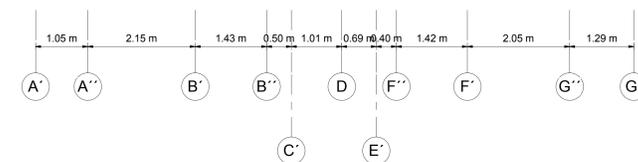
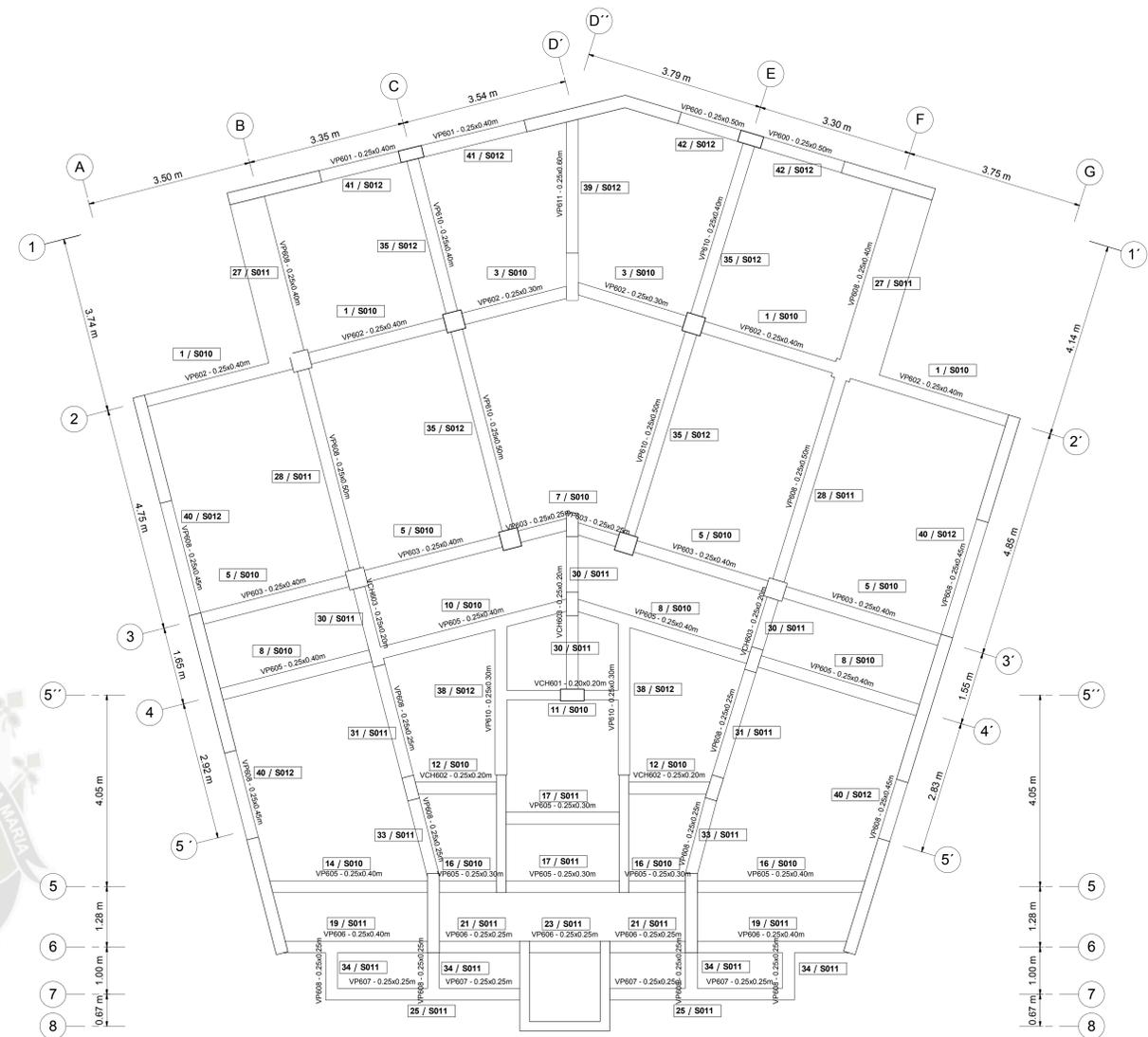


**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

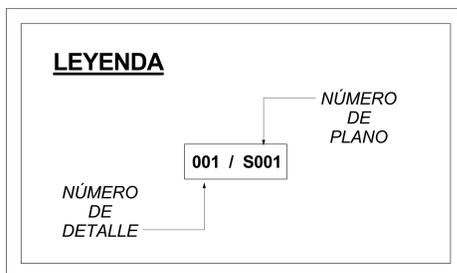
ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	<b>VIGAS 3° y 4° NIVEL</b>	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala Como se indica
		<b>S008</b>



1 5to NIVEL  
1:50

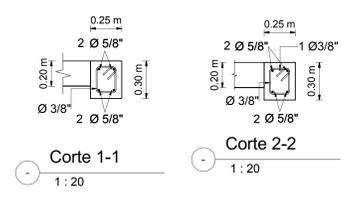
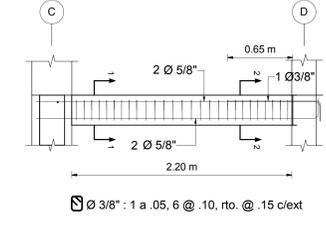
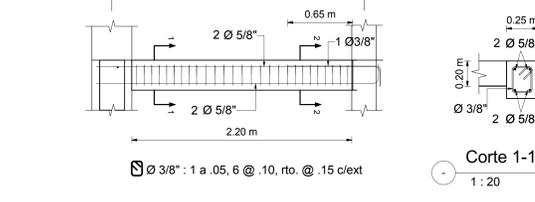
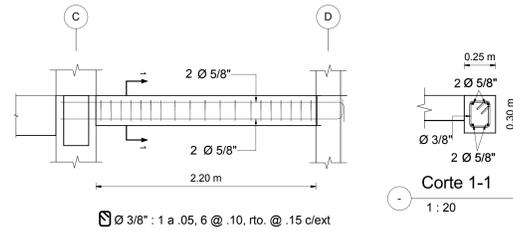
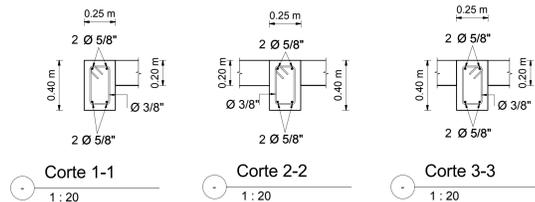
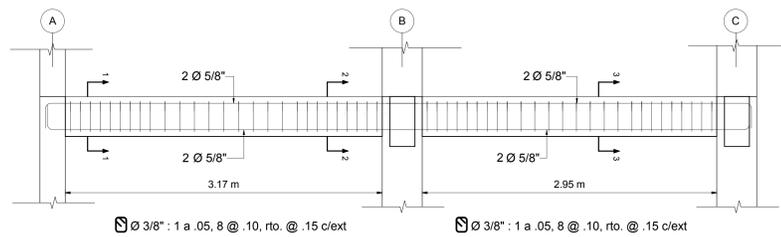


2 6to NIVEL  
1:50



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

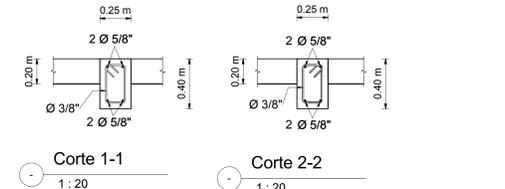
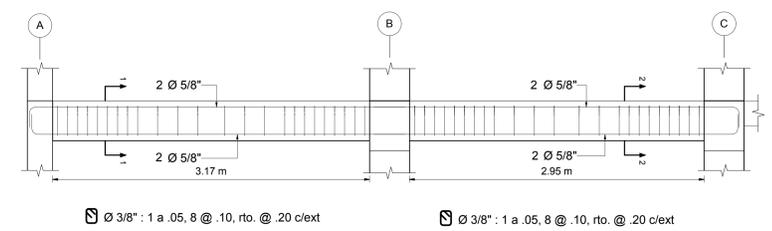
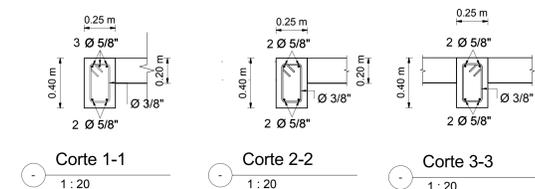
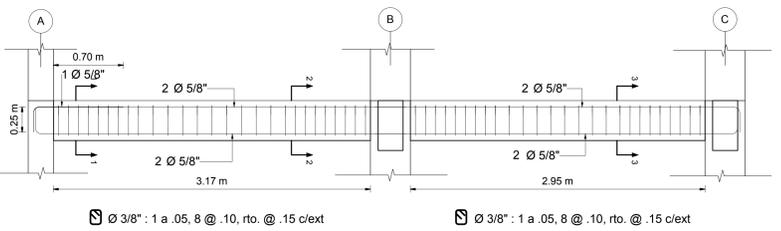
ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	<b>VIGAS 5° y 6° NIVEL</b>	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala Como se indica
		<b>S009</b>



1 EJE 2 VP 102/602 - (.25 x .40)  
1:25

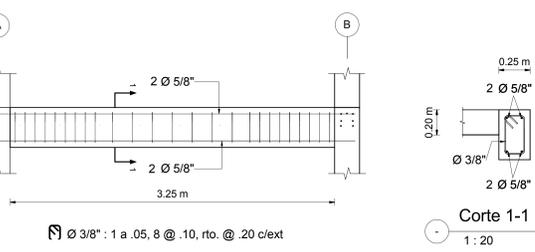
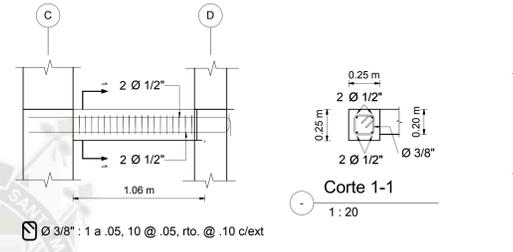
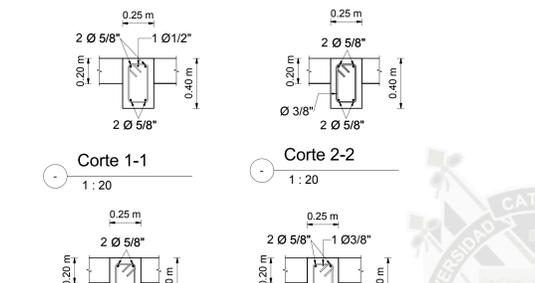
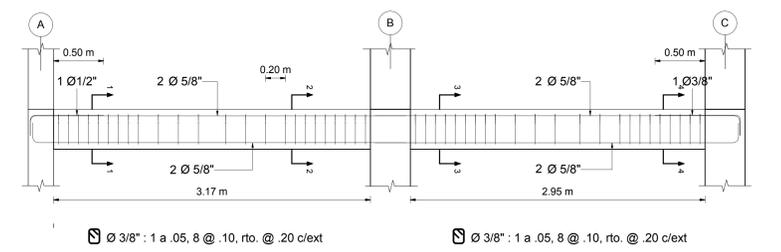
3 EJE 2 VP 102/202/602 - (.25 x .30)  
1:25

4 EJE 2 VP 302/402/502 - (.25 x .30)  
1:25



2 EJE 2 VP 202/302/402/502 - (.0.25 x .40)  
1:25

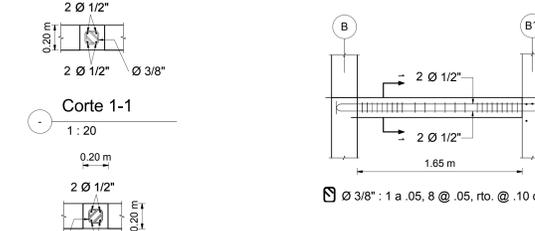
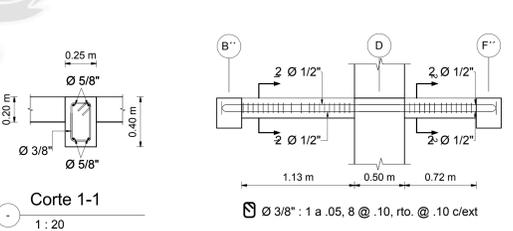
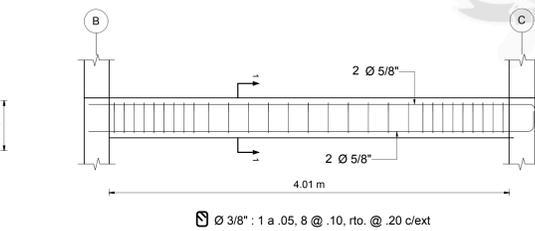
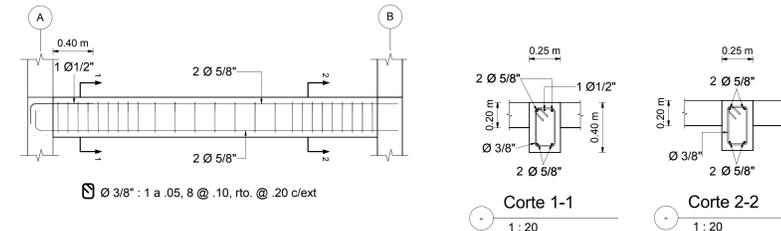
5 EJE 3 VP 103/203/603 - (.25x.40)  
1:25



6 EJE 3 VP 303/403/503 - (.25x.40)  
1:25

7 EJE 3 VP 103/203/303/403/503/603 - (.25x.25)  
1:20

8 EJE 4 VP 104/204/604 - (.25x.40)  
1:25

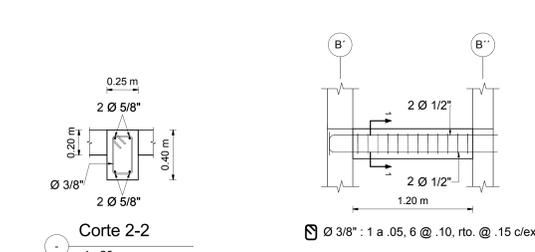
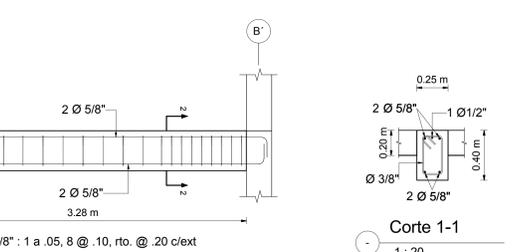
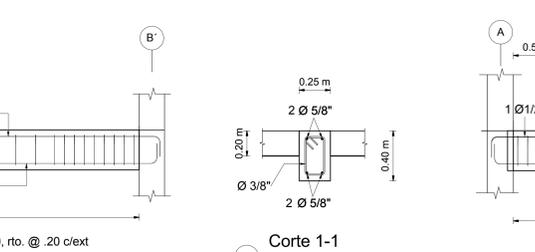
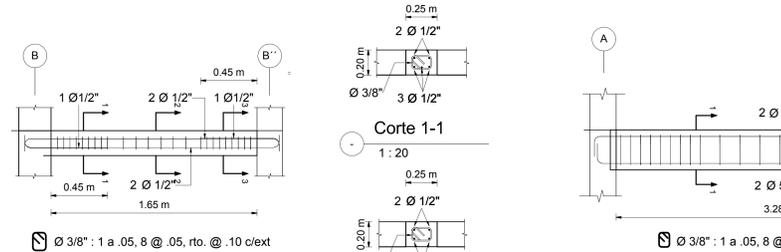


9 EJE 4 VP 304/404/504 - (.25x.40)  
1:25

10 EJE 4 VP 104/204/304/404/504/604 - (.25x.40)  
1:25

11 VCH 101/201/301/401/501/601 - (.20x.20)  
1:25

12 VCH 102-202-602 - (.25x.20)  
1:25



13 VCH 302-402-502 - (.25x.20)  
1:20

14 EJE 5 VP 105/205/605 - (.25x.40)  
1:25

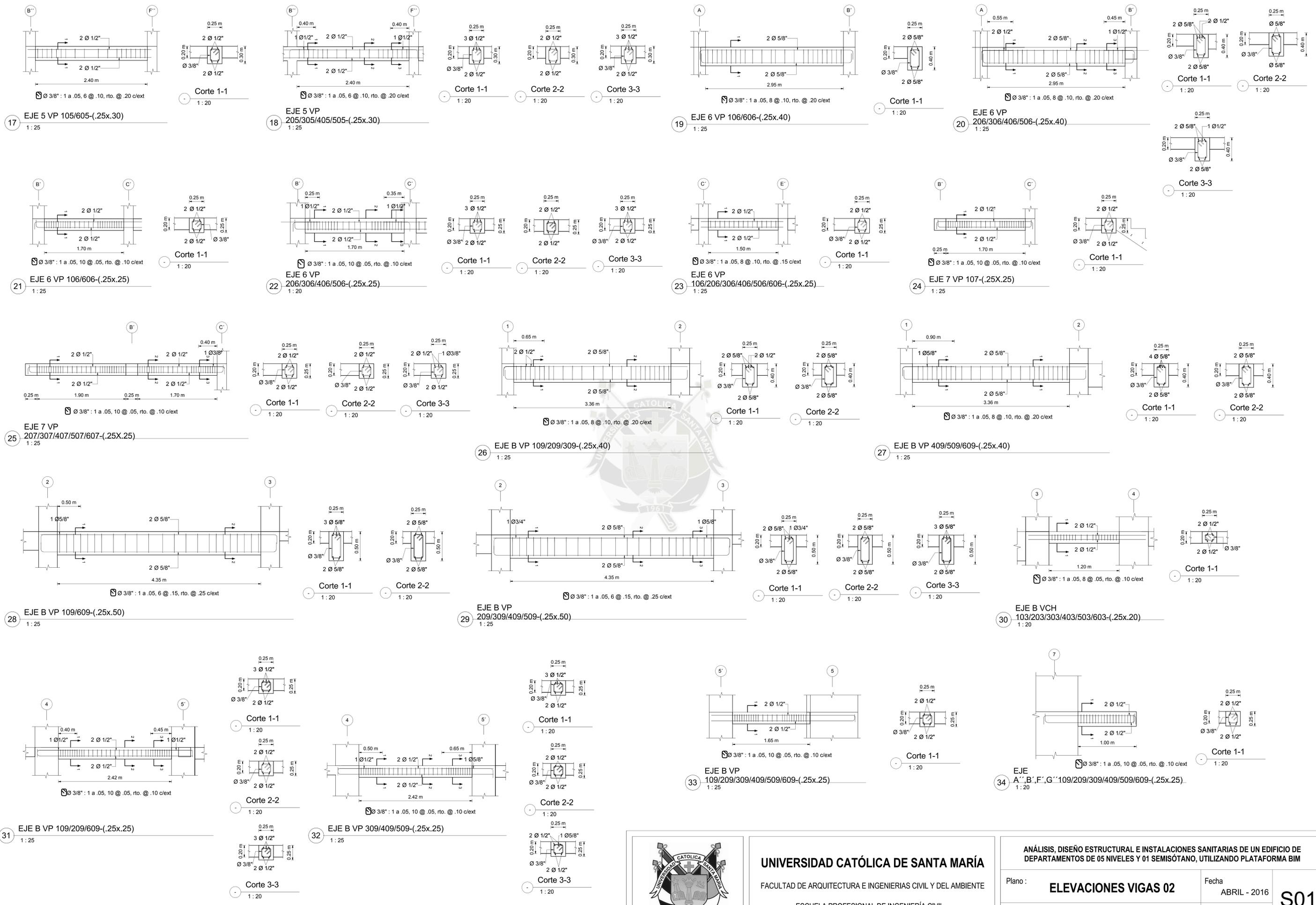
15 EJE 5 VP 305/405/505 - (.25x.40)  
1:25

16 EJE 5 VP 105/205/305/405/505/605 - (.25x.30)  
1:25



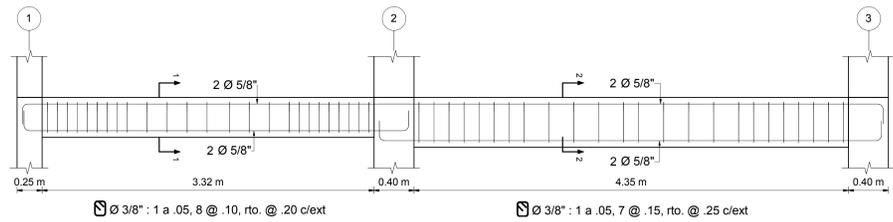
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	<b>ELEVACIONES VIGAS 01</b>	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala Como se indica
		<b>S010</b>



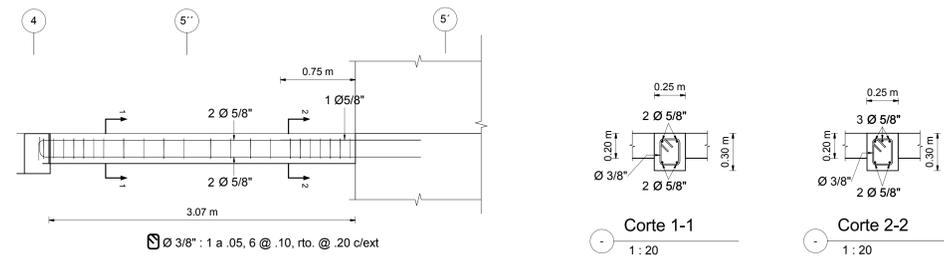
**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	<b>ELEVACIONES VIGAS 02</b>	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	<b>CARLOS CHAMBILLA ZAMATA</b>	Escala Como se indica
		<b>S011</b>



Corte 1-1  
1:20

Corte 2-2  
1:20

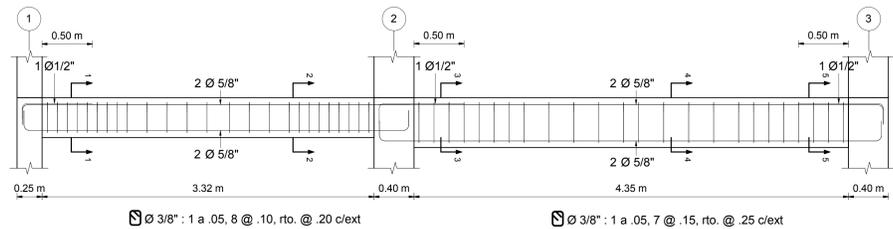


Corte 1-1  
1:20

Corte 2-2  
1:20

35 EJE C VP 110/610-(.25x40-.25x50)  
1:25

37 EJE C VP 110/210/310-(.25x.30)  
1:25



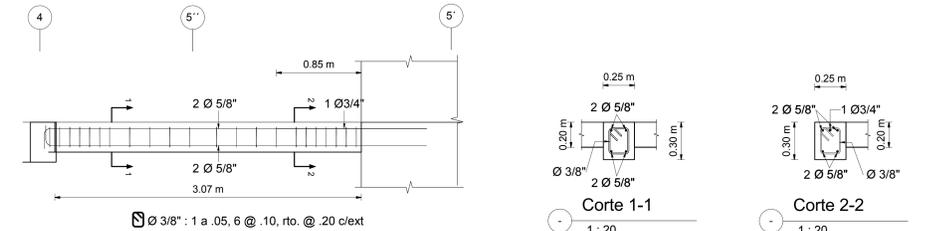
Corte 1-1  
1:20

Corte 2-2  
1:20

Corte 3-3  
1:20

Corte 4-4  
1:20

Corte 5-5  
1:20

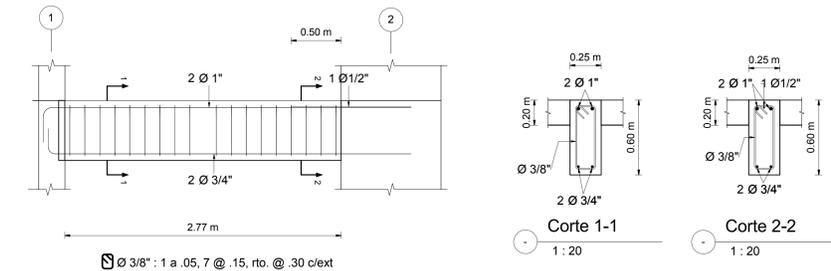


Corte 1-1  
1:20

Corte 2-2  
1:20

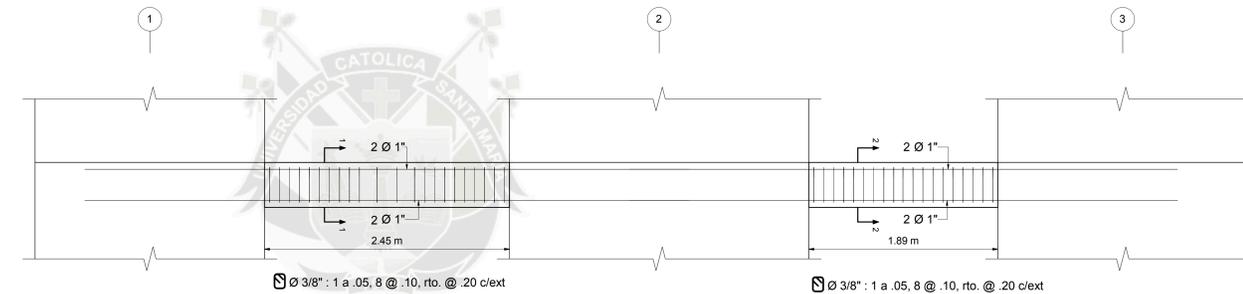
36 EJE C VP 210/310/410/510-(.25x40-.25x50)  
1:25

38 EJE C VP 410/510/610-(.25x.30)  
1:25



Corte 1-1  
1:20

Corte 2-2  
1:20

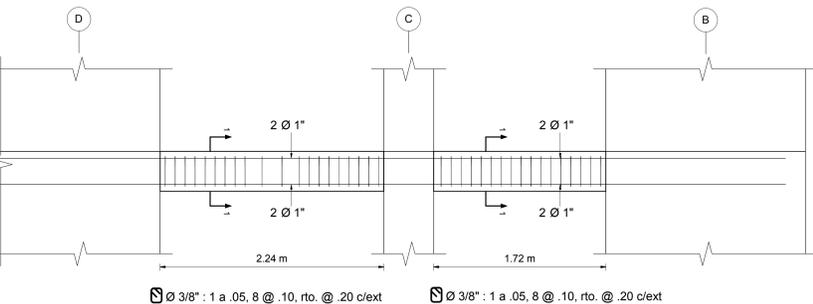


Corte 1-1  
1:20

Corte 2-2  
1:20

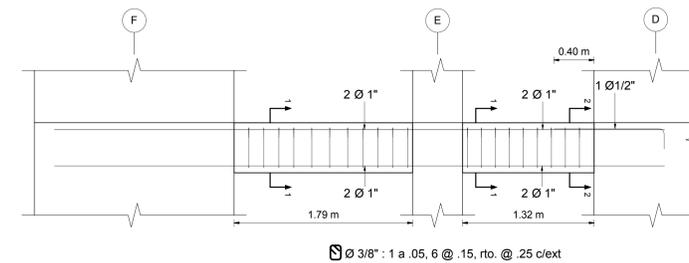
40 EJE A, EJE G VP 208/308/408/508/608-(.25x.45)  
1:25

39 EJE D VP 111/211/311/411/511/611-(.25x.60)  
1:25



Corte 1-1  
1:20

Corte 2-2  
1:20



Corte 1-1  
1:20

Corte 2-2  
1:20

Corte 3-3  
1:20

41 EJE 1 VP 201/301/401/501/601-(.25x.40)  
1:25

42 EJE 1' VP 200/300/400/500/600-(.25x.50)  
1:25



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM

Plano : **ELEVACIONES VIGAS 03**

Fecha  
ABRIL - 2016

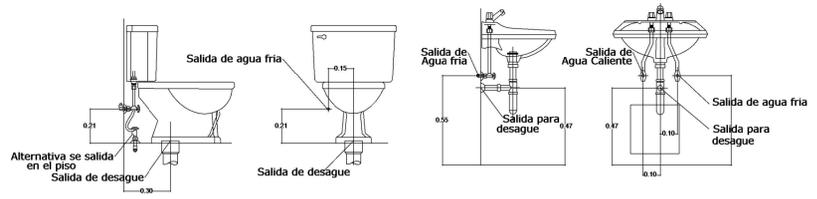
S012

Tesista : **CARLOS CHAMBILLA ZAMATA**

Escala  
Como se indica

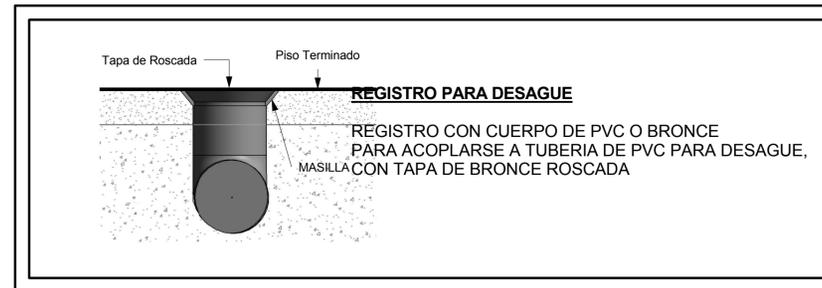


LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERIA PARA AGUA FRIA PVC.
	TUBERIA PARA AGUA CALIENTE CPVC.
	TUBERIA PARA DESAGUE SAL
	TEE
	REDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA
	MEDIDOR DE AGUA
	CAJA DE REGISTRO
	TRAMPA "P"
V.D./B.D.	VIENE Y/O BAJA DESAGUE
V.V./S.V.	VIENE Y/O SUBE VENTILACIÓN
V.A.F./B.A.F./S.A.F.	VIENE Y/O BAJA Y/O SUBE AGUA FRIA
V.A.C./B.A.C	VIENE Y/O BAJA AGUA CALIENTE
V.D.P./B.D.P.	VIENE Y/O BAJA DESAGUE PLUVIAL



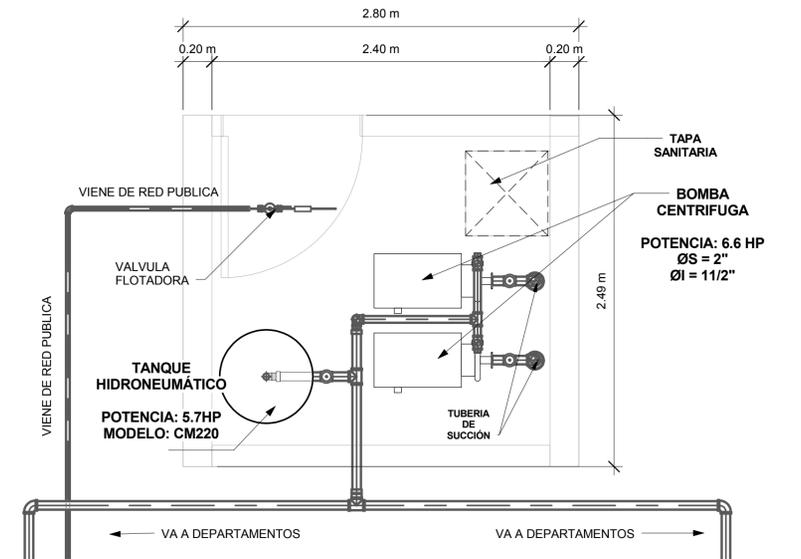
### SALIDA DE AGUA Y DESAGUE

1 : 20



### DETALLE DE REGISTRO

1 : 20



### DETALLE DE CISTERNA

1 : 25

a) La válvula de compuerta deberá instalarse en los lugares donde se indique el proyecto, en muros no se permitirá la instalación en pisos.

b) Antes de instalar la válvula, deberá verificarse su hermetismo.

c) La válvula estará ubicada entre dos uniones universales de asiento plano o sistema equivalente, para permitir su reparación y/o mantenimiento extrayendo la válvula sin cortar la tubería.

d) El nicho diseñado para que albergue la válvula y la uniones universales, de las dimensiones indicadas irá en el muro. Llevará marco y puerta de madera, con fijador o tirador y sistema de fijación a presión. (ver detalle de caja de válvula)

e) Deberá tenerse cuidado de colocar la válvula y las uniones de modo de no dificultar su operación.

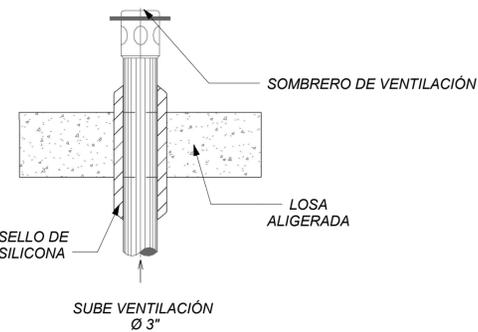
Ø	A	B	C
1/2"	0.20	0.15	0.07
3/4"	0.25	0.15	0.07
1"	0.25	0.20	0.10

Ø	A	B	C
1/2"	0.20	0.20	0.07
3/4"	0.20	0.20	0.07
1"	0.25	0.25	0.10

**NOTA -**  
EL DIAMETRO DE LAS VALVULAS DE COMPUERTA SERA EL MISMO QUE EL DE LA TUBERIA CORRESPONDIENTE.  
LAS VALVULAS SE INSTALARAN EN CAJUELAS O NICHOS SEGUN EL CUADRO SUPERIOR.

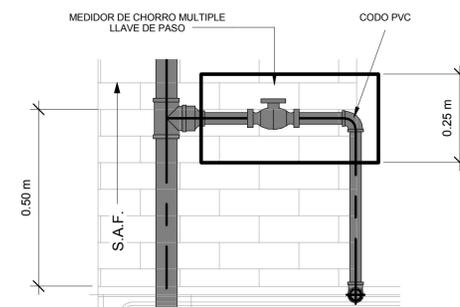
### DETALLE DE VALVULA DE COMPUERTA

1 : 20



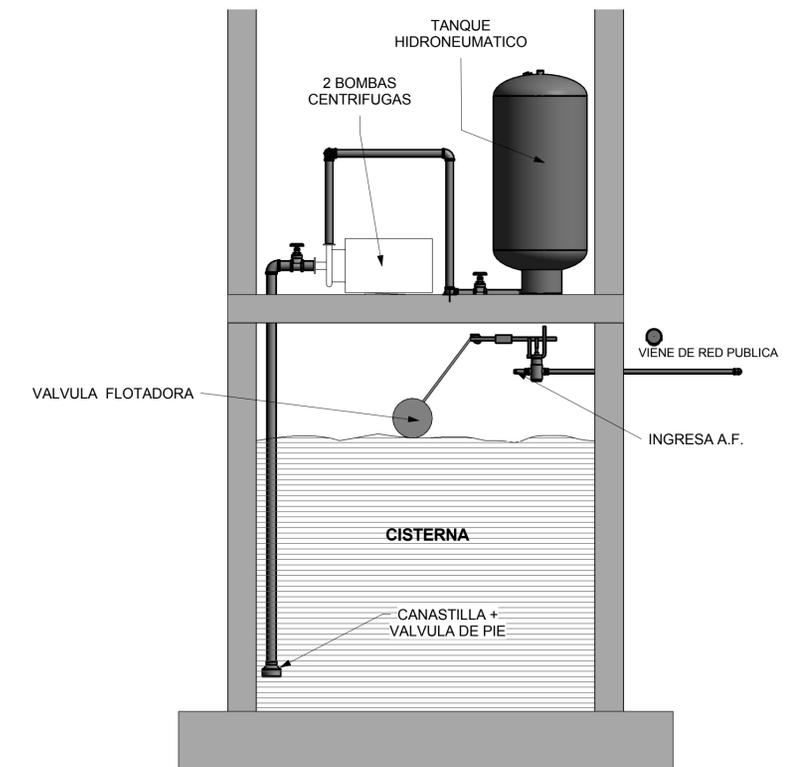
### DETALLE DE VENTILACIÓN

1 : 20



### MEDIDOR DE AGUA

1 : 10



### CORTE DE CISTERNA

1 : 25

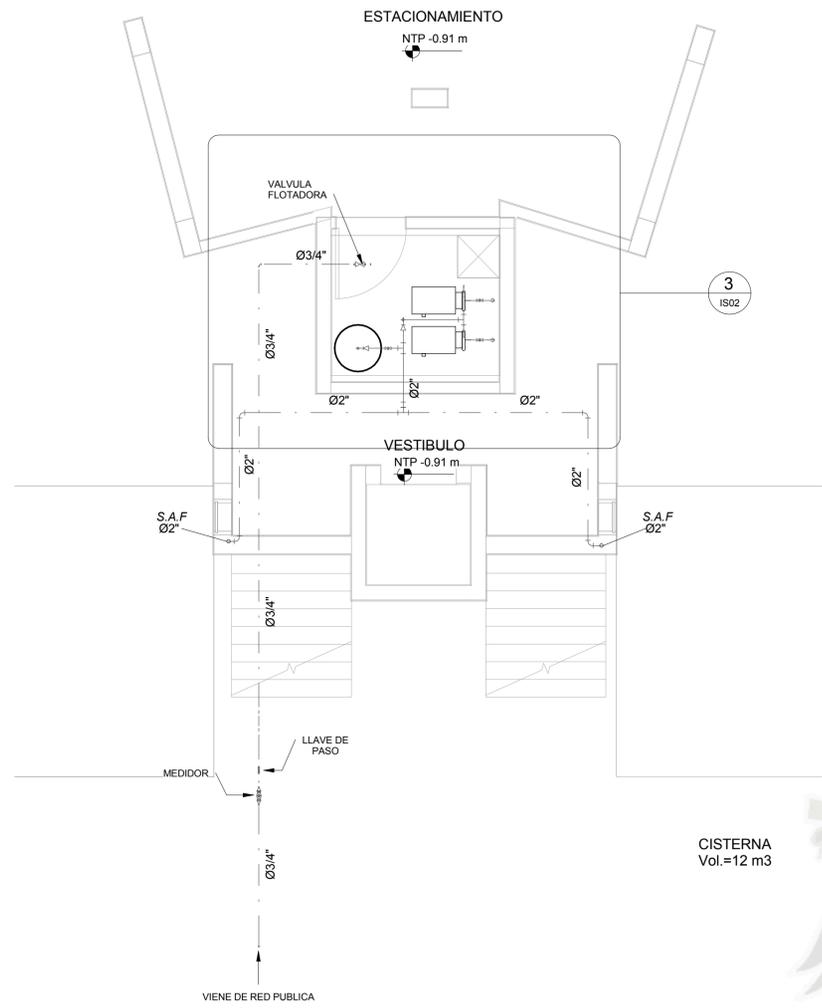


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

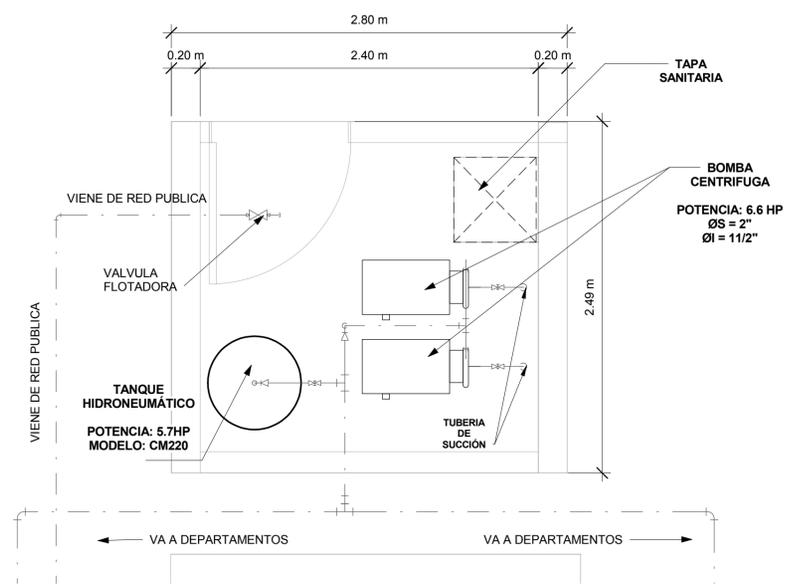
ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISOTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM

Plano : DETALLES Y ESPECIFICACIONES  
Fecha : ABRIL - 2016  
Escala : Como se indica

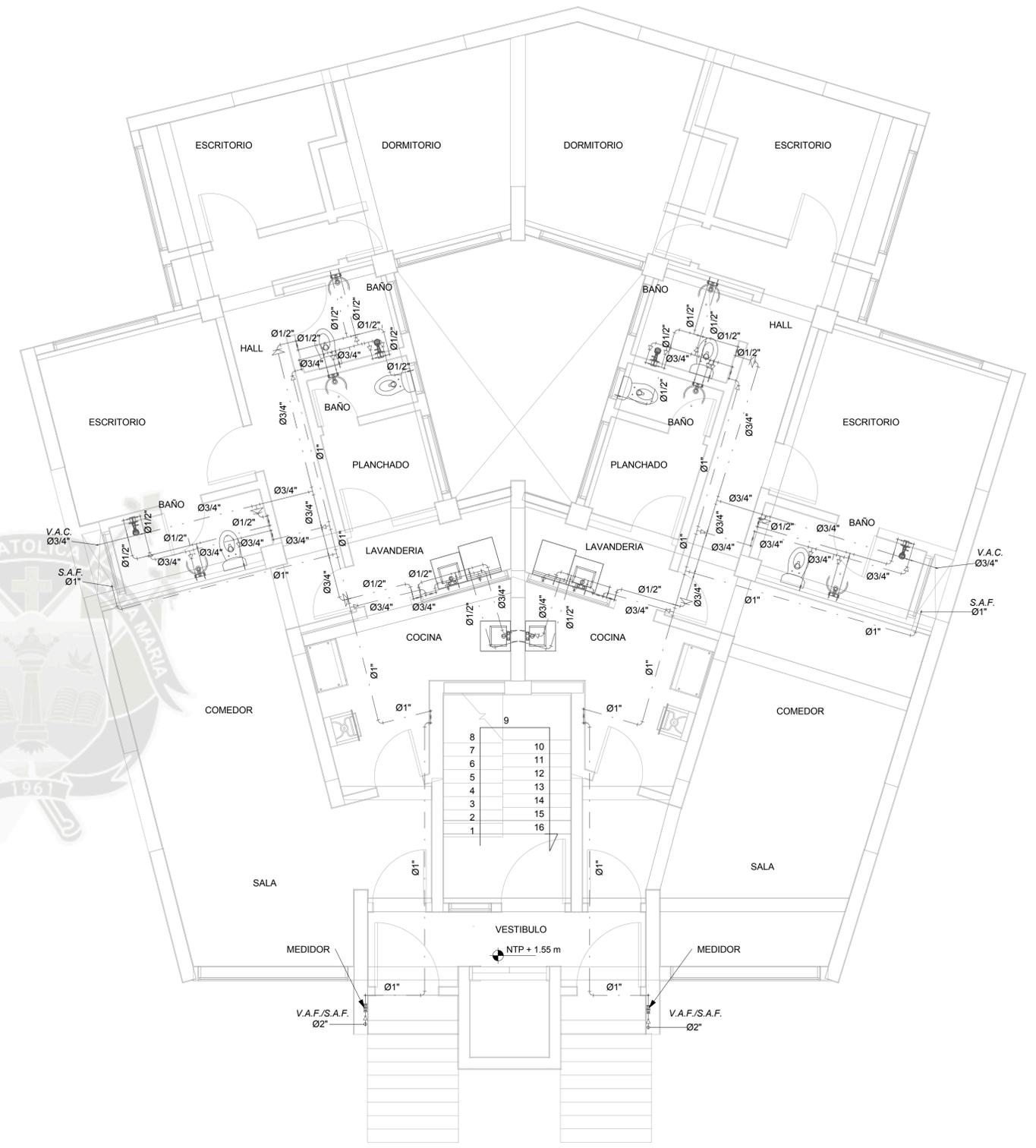
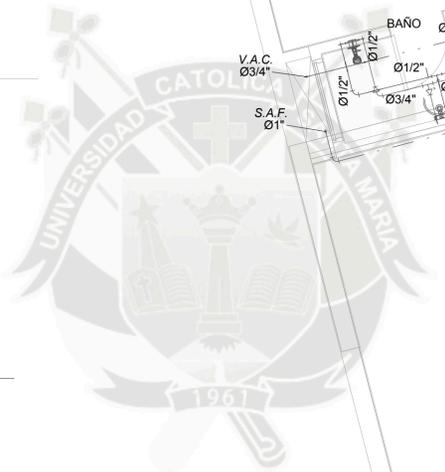
IS01



1 SEMISOTANO  
1 : 50



3 CISTERNA  
1 : 25



2 1er NIVEL  
1 : 50

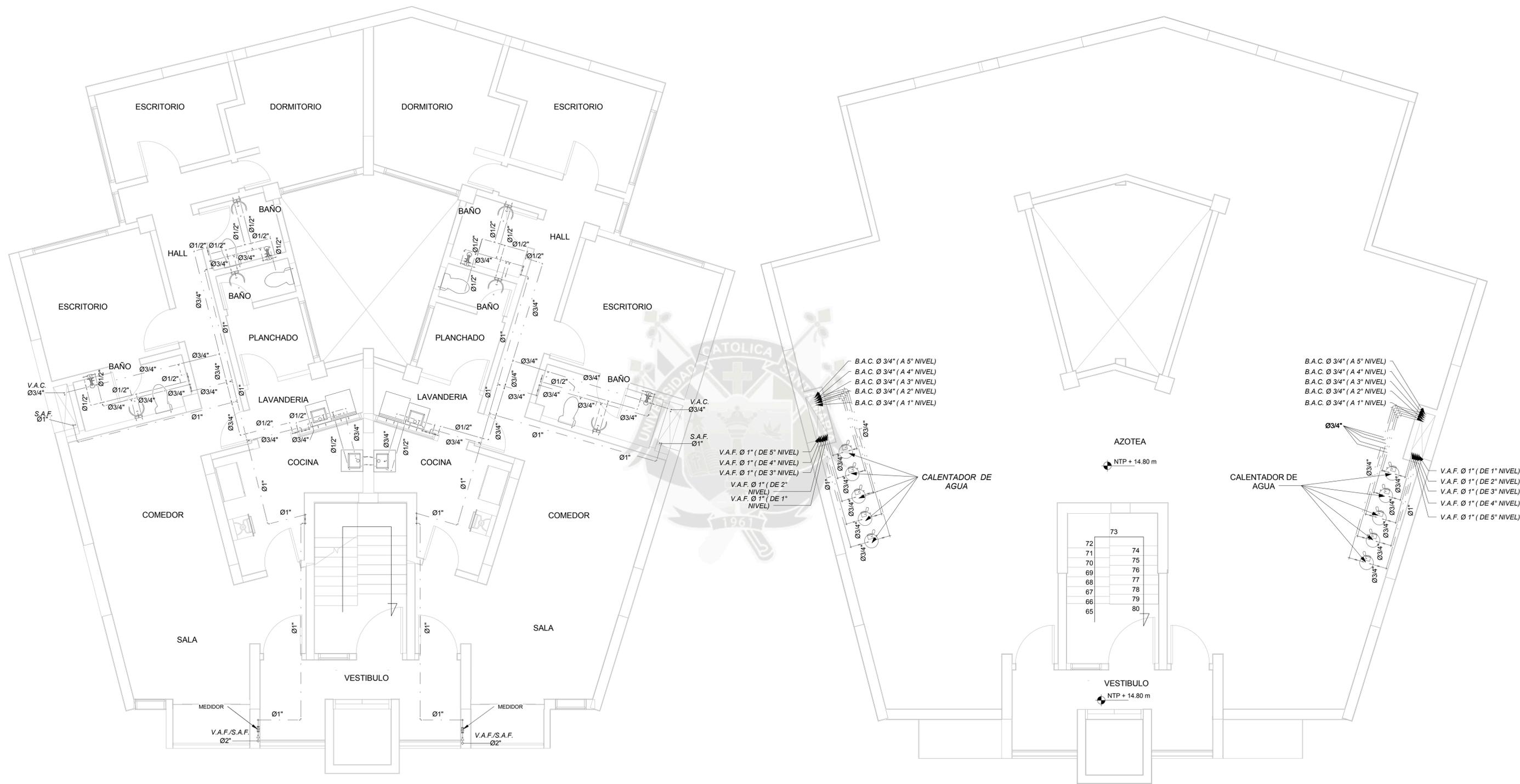


UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISOTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM

Plano :	AGUA FRIA Y CALIENTE	Fecha :	ABRIL - 2016
Tesista :	CARLOS CHAMBILLA ZAMATA	Escala :	Como se indica

IS02



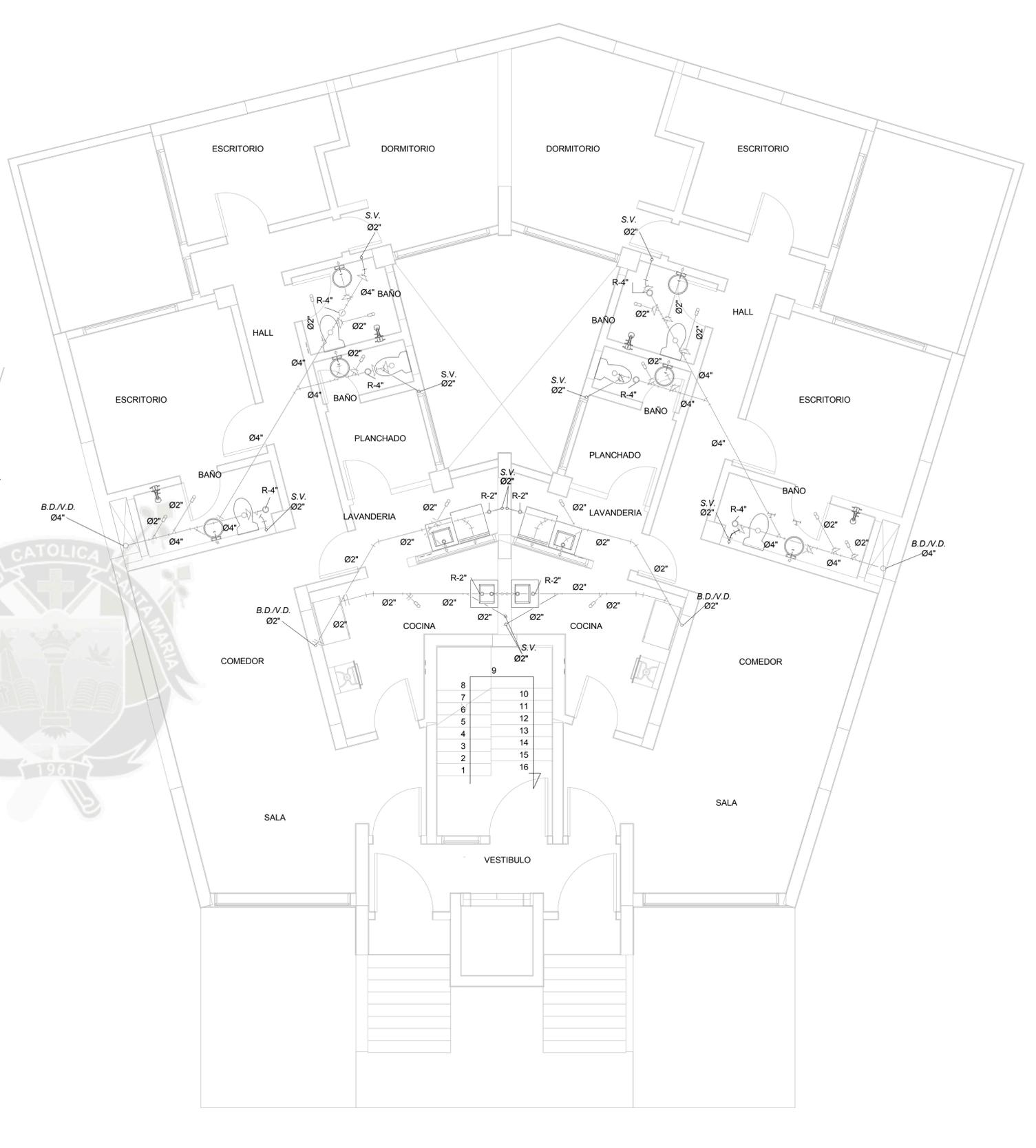
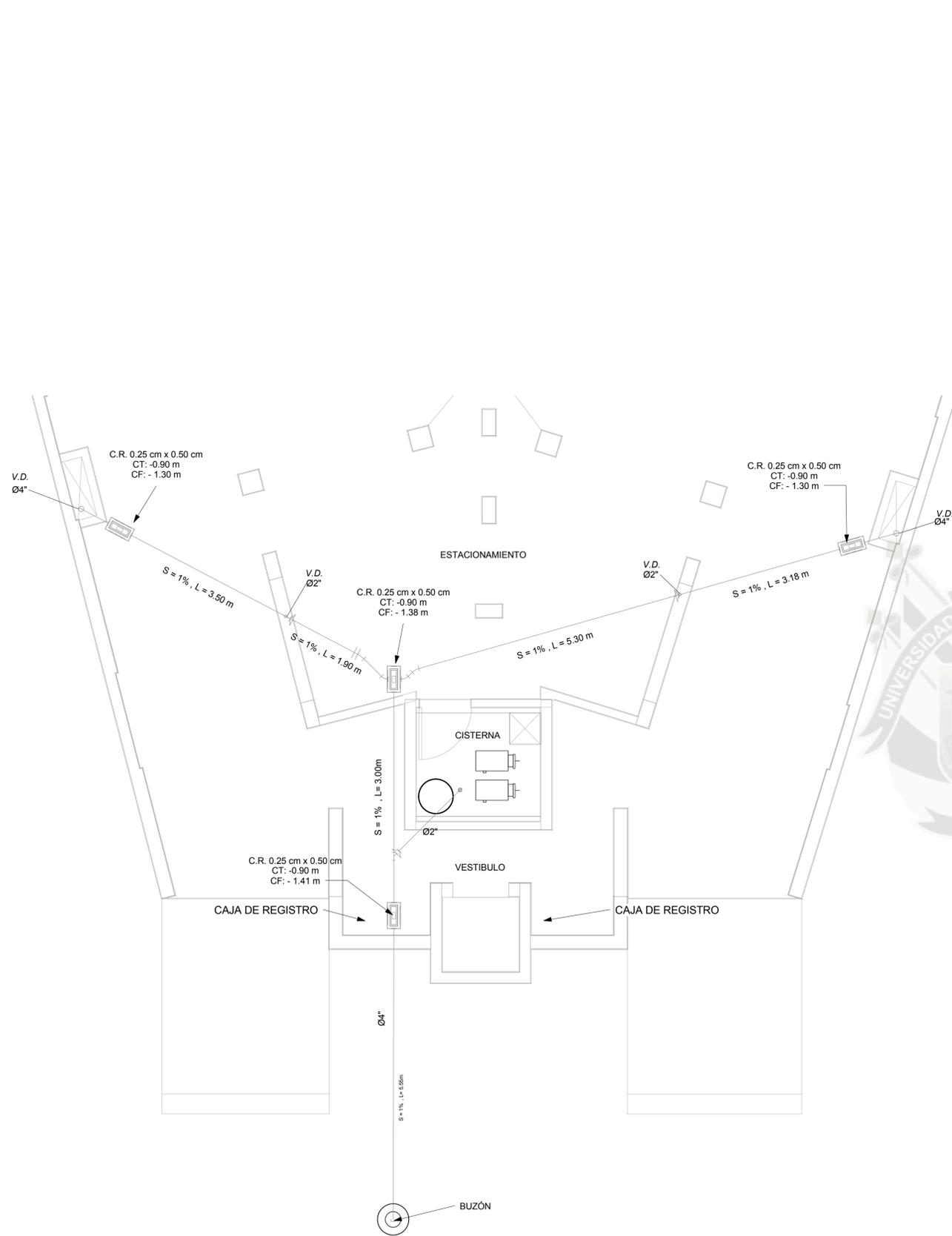
1 2do, 3er, 4to, 5to NIVEL  
1 : 50

2 AZOTEA  
1 : 50



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISOTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM			
Plano :	AGUA FRÍA Y CALIENTE	Fecha	05/17/16
Tesista :		Escala	1 : 50
	Diseñador		IS03



1 SEMISOTANO  
1 : 50

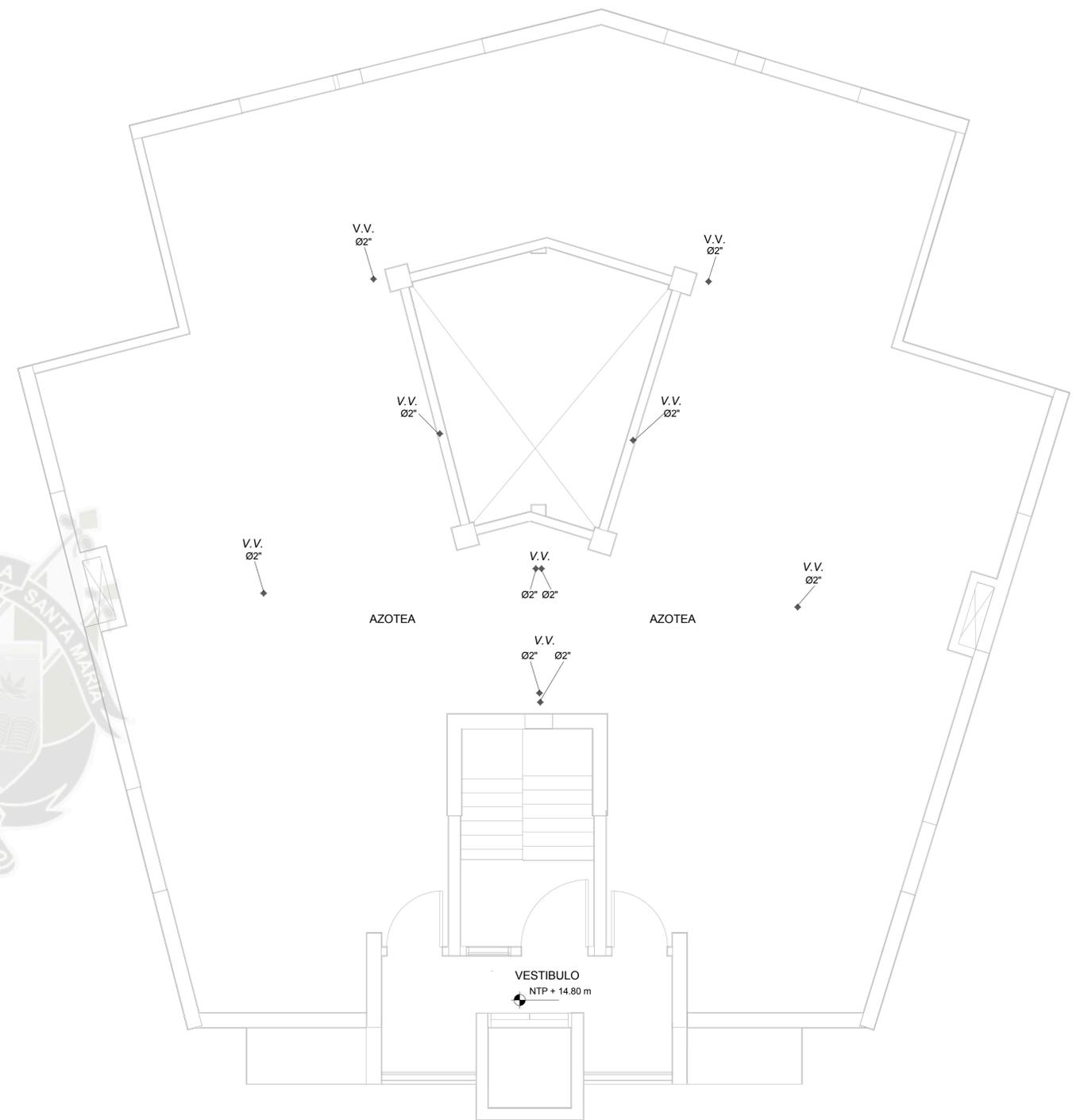
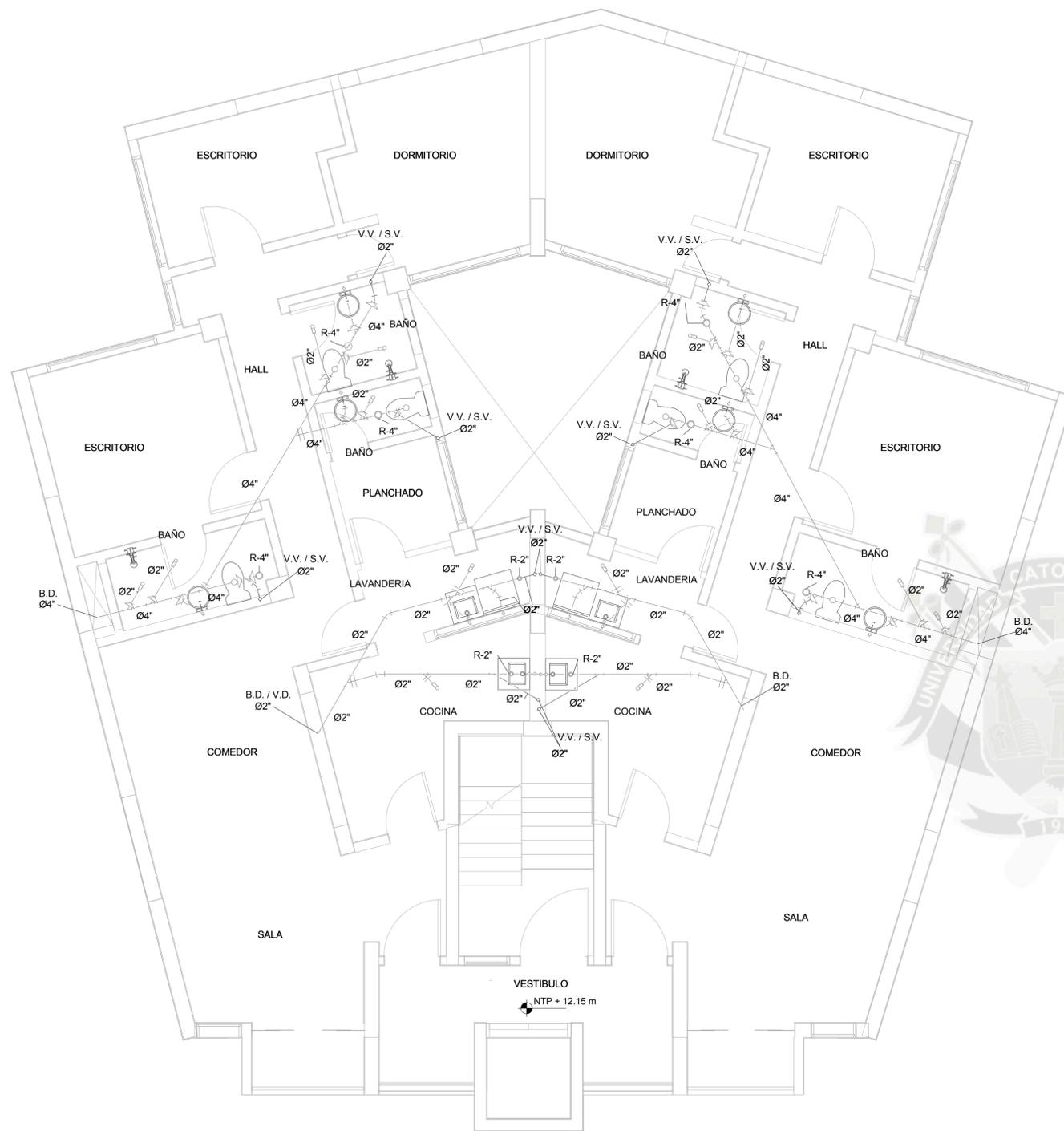
2 1er NIVEL  
1 : 50



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISOTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	DESAGUE Y VENTILACIÓN	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	CARLOS CHAMBILLA ZAMATA	Escala 1 : 50

IS04



1 2do, 3er, 4to, 5to NIVEL  
1 : 50

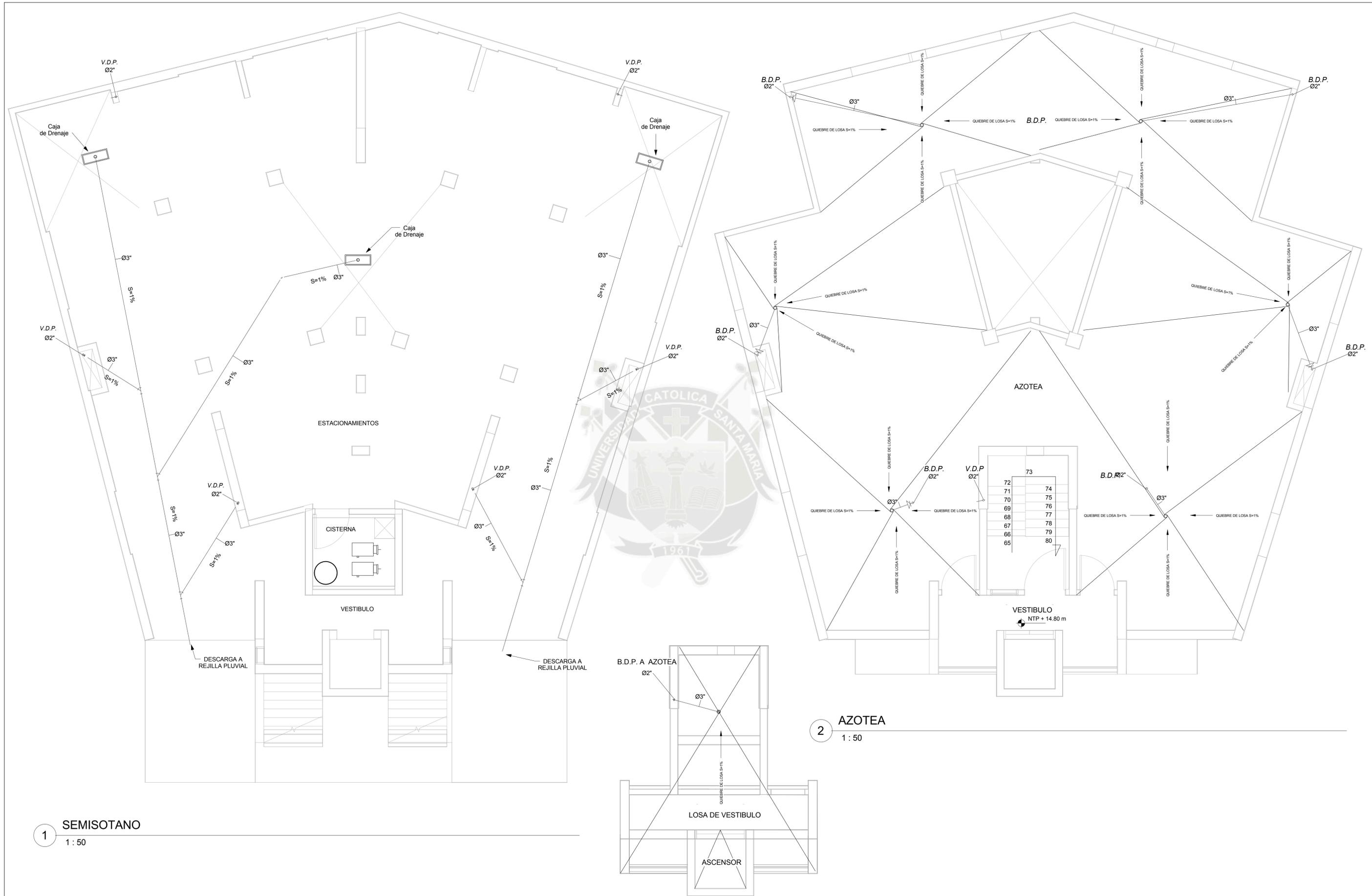
2 AZOTEA  
1 : 50



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	DESAGUE Y VENTILACIÓN	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	CARLOS CHAMBILLA ZAMATA	Escala 1 : 50

IS05



**1** SEMISOTANO  
1 : 50

**2** AZOTEA  
1 : 50

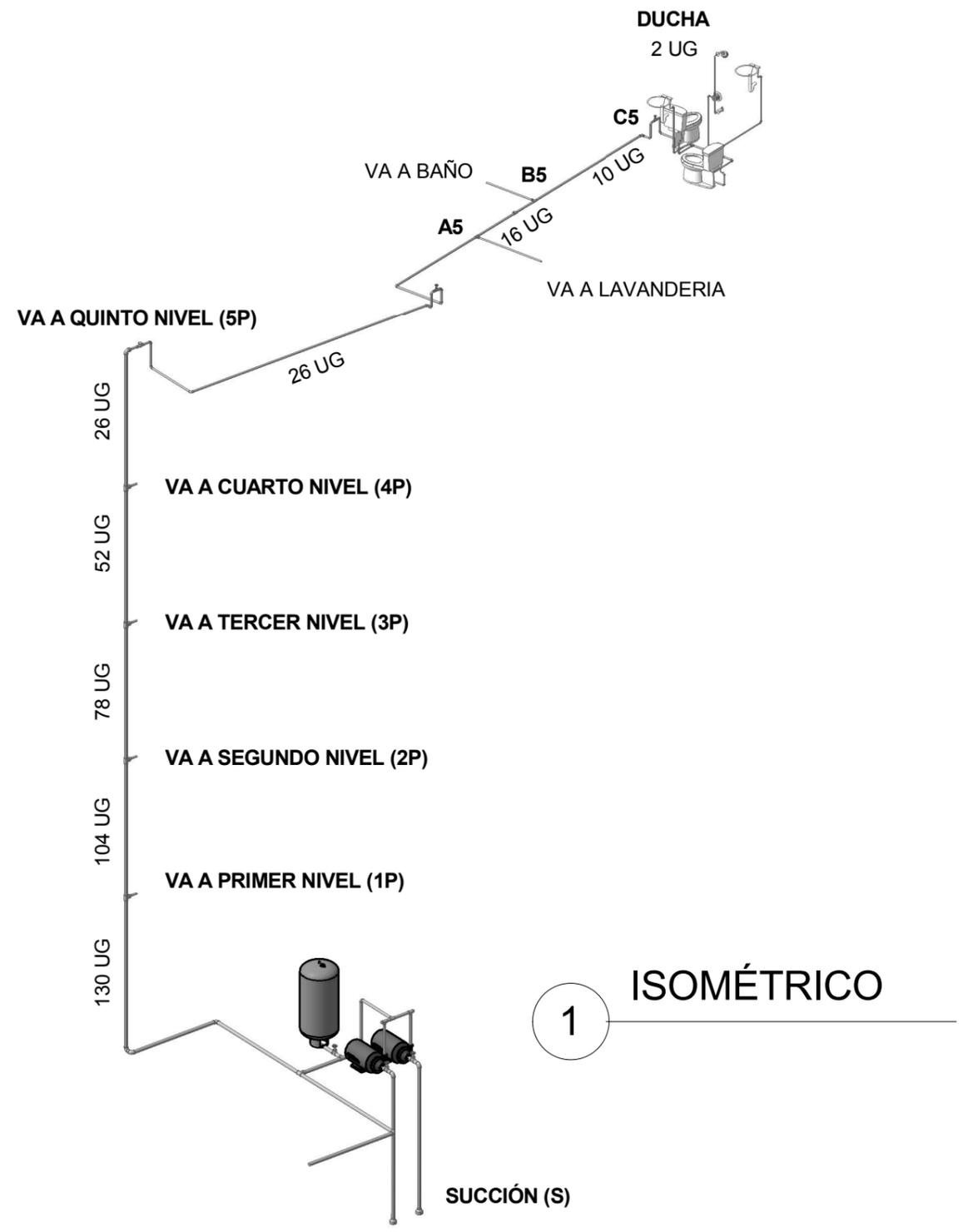
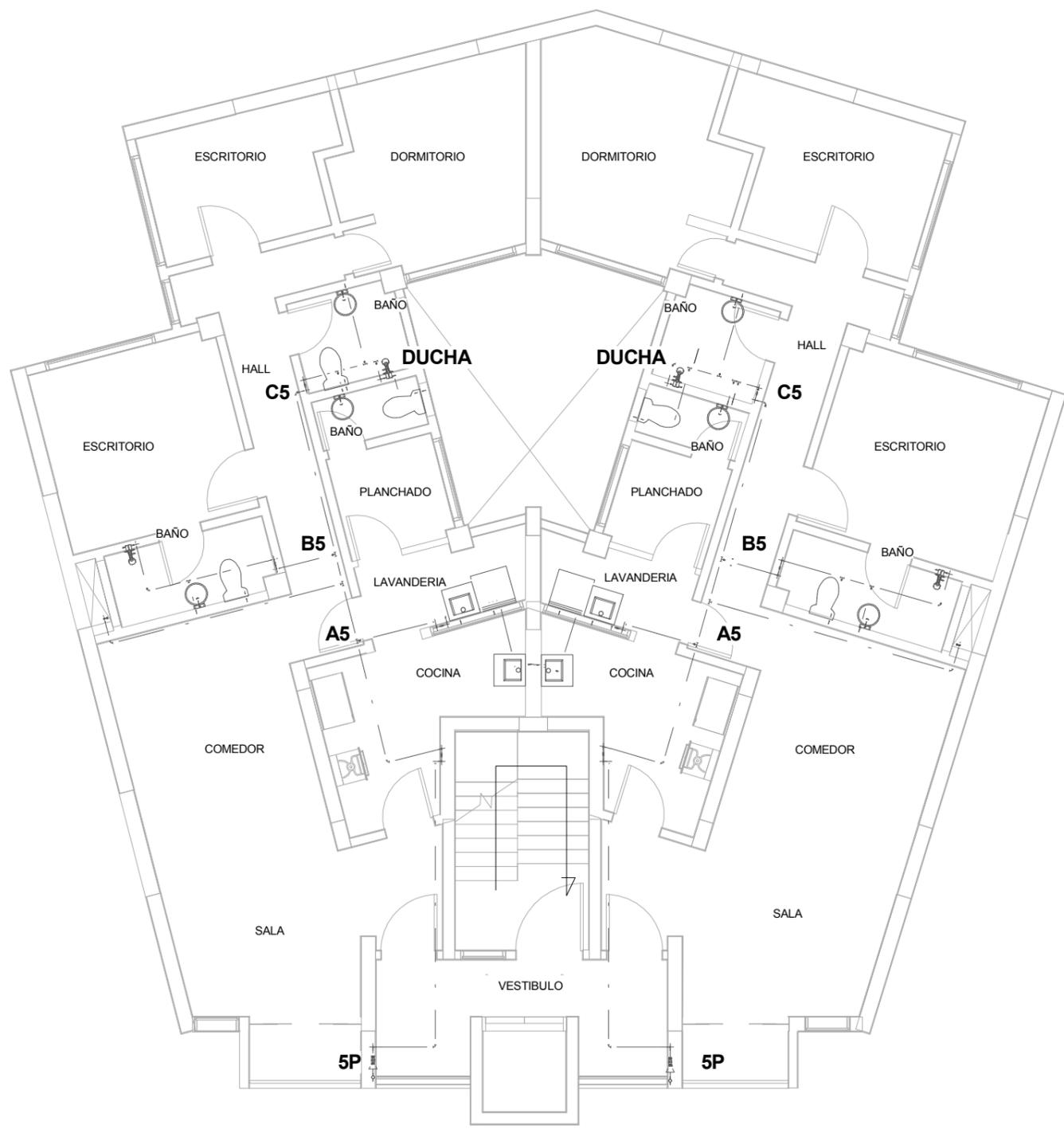
**3** LOSA DE VESTIBULO  
1 : 50



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISOTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	DESAGUE PLUVIAL	Fecha ABRIL - 2016
Tesista :	CARLOS CHAMBILLA ZAMATA	Escala 1 : 50

**IS06**



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS CIVIL Y DEL AMBIENTE  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS, DISEÑO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES SANITARIAS DE UN EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS DE 05 NIVELES Y 01 SEMISÓTANO, UTILIZANDO PLATAFORMA BIM		
Plano :	ISOMÉTRICO ALIMENTADOR	Fecha 10/26/16
Tesista :	CARLOS CHAMBILLA ZAMATA	Escala 1 : 100

1 ISOMÉTRICO

IS07