



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS
DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**

**TEMA: VIABILIDAD ECONÓMICA Y OPERATIVA DEL SISTEMA
CONSTRUCTIVO DE PAREDES AUTOPORTANTES CON
HORMIGÓN ARMADO Y, ESTRUCTURA TRADICIONAL CON
PAREDES DE BLOQUE, APLICADO AL DISEÑO DE VIVIENDAS DE
INTERÉS SOCIAL EN EL ECUADOR.**

AUTOR: VINUEZA HIDALGO, CATHERINE ESTEFANÍA

DIRECTOR: ING. DURÁN CARRILLO, JOSÉ RICARDO

SANGOLQUÍ

2018



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “VIABILIDAD ECONÓMICA Y OPERATIVA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE PAREDES AUTOPORTANTES CON HORMIGÓN ARMADO Y, ESTRUCTURA TRADICIONAL CON PAREDES DE BLOQUE, APLICANDO AL DISEÑO DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN EL ECUADOR” fue realizado por la señorita VINUEZA HIDALGO, CATHERINE ESTEFANÍA el mismo ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 14 de noviembre del 2018

.....
Ing. José Ricardo Durán Carrillo
C.C. 170635119-2
.....



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **VINUEZA HIDALGO, CATHERINE ESTEFANÍA**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Viabilidad económica y operativa del sistema constructivo de paredes autoportantes con hormigón armado y, estructura tradicional con paredes de bloque, aplicando al diseño de viviendas de interés social en el Ecuador** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 14 de noviembre del 2018

Catherine Estefanía Vinuesa Hidalgo

CC: 171669433-4



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **VINUEZA HIDALGO, CATHERINE ESTEFANÍA** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Viabilidad económica y operativa del sistema constructivo de paredes autoportantes con hormigón armado y, estructura tradicional con paredes de bloque, aplicando al diseño de viviendas de interés social en el Ecuador en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.**

Sangolquí, 14 de noviembre del 2018

Catherine Estefanía Vinueza Hidalgo

CC: 171669433-4

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de titulación a mis queridos padres Martha Yolanda Hidalgo Aldaz y Pedro David Vinueza Cevallos, quienes siempre estuvieron a mi lado, brindándome su apoyo incondicional cada año que cursaba mis estudios universitarios, me apoyaron en el ámbito moral y económico, para culminar con éxito la carrera de Ingeniería Civil.

A mis hermanos y amigos, por sus palabras de aliento y confianza, lo cual fue algo fundamental en el transcurso de mis estudios.

Catherine Estefanía Vinueza Hidalgo

AGRADECIMIENTO

Al culminar mi trabajo de titulación agradezco a todas las personas que formaron parte de mi vida estudiantil, mis docentes, amigos, compañeros, mi familia, a todos aquellos que compartieron momentos de alegría y tristeza a mi lado, brindándome siempre su apoyo para alcanzar cada uno de los objetivos planteados en mi vida.

Gracias a Dios por darme salud y permitirme compartir este logro con cada uno de mis padres y hermanos.

Gracias a mi enamorado Fernando, por la paciencia y ayuda en la elaboración de mi tesis.

Agradezco a mis amigos por la camaradería brindada en las aulas de clase, la cual permitió que este tiempo de estudios sea más llevadero.

Catherine Estefanía Vinueza Hidalgo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE TABLAS	xv
INDICE DE FIGURAS	xx
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xxv
CAPÍTULO 1	
ESTUDIOS PRELIMINARES	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
1.5. Viviendas de Interés social en el Ecuador	5
1.5.1. Especificaciones Técnicas Mínimas.....	6
1.6. Sistema Tradicional de Construcción en el Ecuador	7
1.7. Sistema Paredes Portantes de Hormigón Armado.....	8

1.8.	Definición arquitectónica del proyecto	8
1.8.1.	Normas Mínimas Urbanísticos y Arquitectónicos de la Ciudad de Guayaquil	8
1.8.2.	Normas de arquitectura y urbanismo para la Ciudad de Quito. Ordenanza 3457	9
1.8.3.	Dimensiones Adoptadas Vivienda	11
1.8.4.	Diseño Arquitectónico.....	12

CAPÍTULO 2

DISEÑO ESTRUCTURA TRADICIONAL CON PAREDES DE BLOQUE

2.1.	Descripción.....	15
2.2.	Cargas y Combinaciones de Carga.....	15
2.2.1.	Análisis de Cargas.....	16
2.2.2.	Combinaciones de Carga.....	16
2.3.	Pre-diseño Elementos.....	17
2.3.1.	Losa.....	17
2.3.2.	Vigas y Columnas	19
2.4.	Diseño Sismoresistente	20
2.4.1.	Factor de zonificación sísmica Z.....	20
2.4.2.	Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd, Fs.	21
2.4.3.	Espectro elástico de diseño en aceleraciones (Sa).....	22
2.4.4.	Factor r	23
2.4.5.	Relación de amplificación espectral η	24
2.4.6.	Coeficiente de importancia (I).....	24
2.4.7.	Factor de reducción de resistencia sísmica (R)	25
2.4.8.	Período de Vibración (T).....	25
2.4.9.	Coeficientes de configuración estructural en planta (ϕ_P) y elevación (ϕ_E).....	27
2.4.10.	Cortante Basal	27

2.4.11. Coeficiente relacionado con el período de vibración	28
2.4.12. Distribución de las fuerzas horizontales.....	28
2.4.13. Espectro elástico de diseño.....	29
2.5. Modelación Estructural	30
2.5.1. Análisis Sísmico Estático	32
2.5.2. Análisis Sísmico Dinámico	33
2.5.3. Derivas de piso	35
2.6. Diseño Elementos Estructurales.....	36
2.6.1. Losa Entrepiso y Cubierta.....	38
2.6.2. Elementos a flexión (Vigas).....	41
2.6.2.1. Acero mínimo de refuerzo.....	41
2.6.2.2. Acero máximo de refuerzo.....	42
2.6.2.3. Diseño a flexión	43
2.6.2.4. Diseño a corte.....	44
2.6.3. Elementos a flexo-compresión (columnas)	48
2.6.3.1. Armadura mínima	49
2.6.3.2. Carga y momentos actuantes.....	49
2.6.3.3. Verificación Esbeltez	49
2.6.3.4. Método amplificación momentos.....	51
2.6.3.5. Diagrama iteración	53
2.6.3.6. Espaciamiento refuerzo transversal.....	54
2.6.3.7. Diseño por confinamiento	55
2.7. Análisis Conexión Viga-Columna.....	57
2.7.1. Diseño del nudo interior	58

2.7.1.1. Control de deterioro de adherencia	58
2.7.1.2. Resistencia al cortante horizontal.....	58
2.7.1.3. Resistencia al cortante vertical.....	60
2.7.1.4. Refuerzo de confinamiento, Ash	61
2.7.2. Diseño del nudo exterior	62
2.7.2.1. Control de deterioro de adherencia	62
2.7.2.2. Resistencia al cortante horizontal.....	62
2.7.2.3. Resistencia al cortante vertical.....	64
2.7.2.4. Refuerzo de confinamiento, Ash	64
2.7.2.5. Longitud de anclaje	64
2.7.2.6. Control de deterioro de adherencia	65
2.7.2.7. Resistencia al cortante horizontal.....	65
2.7.2.8. Resistencia al cortante vertical.....	67
2.7.2.9. Refuerzo de confinamiento, Ash	67
2.7.2.10. Longitud de anclaje	67
2.7.3. Diseño del nudo esquinero	68
2.7.3.1. Control de deterioro de adherencia	68
2.7.3.2. Resistencia al cortante horizontal.....	68
2.7.3.3. Resistencia al cortante vertical.....	69
2.7.3.4. Refuerzo de confinamiento, Ash	70
2.7.3.5. Longitud de anclaje	70
2.8. Diseño Escalera	71
2.8.1. Altura mínima	71
2.8.2. Análisis de cargas.....	71

2.8.3.	Diseño a Flexión.....	72
2.8.4.	Diseño a Corte.....	72
2.8.5.	Armadura Temperatura	73
2.9.	Diseño Cimentación	74
2.9.1.	Coeficiente de Balasto.....	75
2.9.2.	Diseño Viga cimentación Eje 2.....	75
2.9.2.1.	Área de fundación	77
2.9.2.2.	Presión del suelo.....	77
2.9.2.3.	Altura Viga.....	78
2.9.2.4.	Chequeo a corte.....	80
2.9.2.5.	Chequeo por punzonamiento.....	81
2.9.2.6.	Programa Computacional VIGCIM	81
2.9.2.7.	Diseño Final	85
2.9.3.	Diseño Viga cimentación Eje B	87
2.9.3.1.	Área de fundación	88
2.9.3.2.	Presión del suelo.....	88
2.9.3.3.	Altura Viga.....	89
2.9.3.4.	Chequeo a corte.....	90
2.9.3.5.	Chequeo por punzonamiento.....	92
2.9.3.6.	Programa Computacional VIGCIM	93
2.9.3.7.	Diseño Final	96
2.9.4.	Diseño Contrapiso.....	98
2.10.	Planos Estructurales	98

CAPÍTULO 3

DISEÑO ESTRUCTURA CON PAREDES AUTOPORTANTES DE HORMIGÓN ARMADO 99

3.1.	Descripción.....	99
3.2.	Cargas y Combinaciones de carga.....	99
3.3.	Prediseño Elementos	100
3.3.1.	Losa	100
3.3.1.1.	Relación Luces	100
3.3.1.2.	Altura Mínima	101
3.3.2.	Paredes Autoportantes.....	102
3.3.2.1.	Espesor (t)	102
3.4.	Distribución de muros	102
3.5.	Diseño Sismoresistente	106
3.5.1.	Parámetros iniciales.....	106
3.5.2.	Cortante Basal	107
3.5.3.	Distribución de las fuerzas horizontales.....	107
3.5.4.	Espectro elástico de diseño.....	108
3.6.	Modelación Estructural	109
3.7.	Diseño Elementos Estructurales.....	112
3.7.1.	Losa Entrepiso y Cubierta.....	112
3.7.1.1.	Carga Nervio	112
3.7.2.	Paredes Autoportantes.....	115
3.7.2.1.	Elementos de borde	117
3.7.2.2.	Diseño por corte	118
3.7.2.3.	Diseño final	120
3.7.2.4.	Diseño por flexo compresión	122
3.7.2.5.	Diseño muros.....	123

3.7.3. Machones de Muro.....	125
3.7.3.1. Refuerzo Longitudinal.....	125
3.7.3.2. Refuerzo Transversal.....	125
3.7.3.3. Separación refuerzo transversal.....	126
3.7.3.4. Diseño machones muro	126
3.7.4. Vigas de acople	126
3.7.4.1. Armadura diagonal.....	127
3.7.4.2. Comprobación armadura diagonal	128
3.7.4.3. Longitud de desarrollo	129
3.7.4.4. Espaciamiento refuerzo transversal.....	129
3.7.4.5. Refuerzo transversal	130
3.7.4.6. Refuerzo longitudinal.....	131
3.8. Diseño Cimentación	132
3.8.1. Cimentación muro eje 4	132
3.8.1.1. Geometría de la zapata	133
3.8.1.2. Presión neta del suelo.....	134
3.8.1.3. Diseño a Flexión Transversal	134
3.8.1.4. Diseño a Flexión Longitudinal.....	135
3.8.1.5. Diseño a Corte.....	136
3.8.1.6. Distribución Armadura.....	138
3.8.2. Cimentación muro eje A	138
3.8.2.1. Geometría de la zapata	139
3.8.2.2. Presión neta del suelo.....	139
3.8.2.3. Diseño a Flexión Transversal	139

3.8.2.4. Diseño a Flexión Longitudinal.....	140
3.8.2.5. Diseño a Corte.....	141
3.8.2.6. Distribución Armadura.....	142
3.9. Planos Estructurales	142
CAPÍTULO 4	
DISEÑO HIDROSANITARIO Y ELÉCTRICO.....	143
4.1. Descripción.....	143
4.2. Diseño Hidrosanitario	143
4.2.1. Tubería de agua fría y caliente	144
4.2.2. Columna de Agua Fría y Caliente	147
4.2.3. Drenaje Sanitario.....	151
4.2.4. Tubería de derivaciones sanitarias	152
4.2.5. Tubería de recolección de derivaciones	153
4.2.6. Columna de aguas servidas	154
4.2.7. Colector de aguas servidas	155
4.3. Diseño Sistema Eléctrico	156
4.3.1. Instalación de puesta a tierra	156
4.3.2. Puntos de luz y tomas de corriente.....	157
4.3.3. Circuitos	157
4.3.4. Tablero de distribución.....	161
CAPÍTULO 5	
ESTUDIO ECONÓMICO Y OPERATIVO.....	162
5.1. Introducción	162
5.2. Costos de obra.....	162
5.2.1. Costos Indirectos.....	162

5.2.1.1. Costos de administración central.....	163
5.2.1.2. Costos de administración en campo	163
5.2.2. Costos Directos	163
5.2.2.1. Cantidades de obra	164
5.2.2.2. Análisis de Precios Unitarios	168
5.3. Presupuesto final	168
5.4. Programación de obra.....	181
5.4.1. Cronograma de ejecución de actividades	181
5.4.2. Cronograma Valorado.....	181
5.4.3. Curvas de inversión.....	186
CAPÍTULO 6	
ANÁLISIS COMPARATIVO	188
6.1. Introducción	188
6.2. Fases de construcción.....	188
6.2.1. Cimentación	188
6.2.2. Estructura	189
6.2.3. Albañilería.....	190
6.3. Cantidades de obra	190
6.4. Costos de construcción.....	192
6.5. Tiempos de construcción.....	194
6.6. Curvas de inversión.....	195
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	201
ANEXOS	204

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Dimensiones mínimas</i>	9
Tabla 2 <i>Áreas útiles vivienda</i>	12
Tabla 3 <i>Dimensiones vivienda</i>	12
Tabla 4 <i>Cargas entrepiso</i>	16
Tabla 5 <i>Cargas cubierta</i>	16
Tabla 6 <i>Combinaciones de carga</i>	17
Tabla 7 <i>Dimensiones de vigas y columnas</i>	19
Tabla 8 <i>Factores de sitio</i>	21
Tabla 9 <i>Factores de sitio aplicados</i>	22
Tabla 10 <i>Valores de amplificación espectral</i>	24
Tabla 11 <i>Categoría de la estructura y coeficiente de importancia</i>	24
Tabla 12 <i>Factor R</i>	25
Tabla 13 <i>Valores de C_t y α</i>	26
Tabla 14 <i>Coeficiente k</i>	28
Tabla 15 <i>Carga Reactiva W</i>	28
Tabla 16 <i>Fuerzas Horizontales</i>	28
Tabla 17 <i>Valores Espectro de diseño</i>	29
Tabla 18 <i>Materiales y Secciones</i>	31
Tabla 19 <i>Modos de Vibrar</i>	35
Tabla 20 <i>Participación Modal</i>	35
Tabla 21 <i>Valores de ΔM máximos, expresados como fracción de la altura de piso</i>	36

Tabla 22 <i>Derivas de piso calculadas</i>	36
Tabla 23 <i>Análisis de cargas losa entrepiso</i>	38
Tabla 24 <i>Armadura losa sentido x</i>	39
Tabla 25 <i>Armadura losa sentido y</i>	40
Tabla 26 <i>Armadura viga eje B</i>	44
Tabla 27 <i>Cortante último viga eje B</i>	45
Tabla 28 <i>Momentos últimos columna</i>	49
Tabla 29 <i>Cargas últimas</i>	52
Tabla 30 <i>Armadura columnas</i>	56
Tabla 31 <i>Dimensiones elementos</i>	57
Tabla 32 <i>Análisis de cargas / ml</i>	71
Tabla 33 <i>Armadura escalera</i>	72
Tabla 34 <i>Valores Ru</i>	79
Tabla 35 <i>Cargas entrepiso</i>	99
Tabla 36 <i>Combinaciones de carga</i>	100
Tabla 37 <i>Distribución Muros</i>	103
Tabla 38 <i>Parámetros iniciales</i>	106
Tabla 39 <i>Carga reactiva W</i>	107
Tabla 40 <i>Fuerzas horizontales</i>	107
Tabla 41 <i>Valores espectro de diseño</i>	108
Tabla 42 <i>Propiedades Materiales</i>	110
Tabla 43 <i>Modos de vibrar</i>	110
Tabla 44 <i>Participación modal</i>	111

Tabla 45 Área de acero sentido X	113
Tabla 46 Área de acero sentido Y.....	113
Tabla 47 Requisitos que dominan en el diseño de segmentos verticales de muro.....	116
Tabla 48 Diseño para segmentos verticales de muro.....	116
Tabla 49 Elementos de borde	117
Tabla 50 Diseño muros fachada frontal dirección x	123
Tabla 51 Diseño muros eje C dirección y.....	124
Tabla 52 Tipo de machones de muro.....	125
Tabla 53 Machones de muro	126
Tabla 54 Refuerzo en base a la relación de aspecto	126
Tabla 55 Refuerzo Vigas.....	127
Tabla 56 Cargas y momentos muro eje 4	132
Tabla 57 Cargas y momentos muro eje A.....	138
Tabla 58 Dotaciones recomendadas	143
Tabla 59 Unidades de suministro	144
Tabla 60 Unidades mueble vivienda.....	145
Tabla 61 Longitud tubería	145
Tabla 62 Diámetro en función de la longitud y unidades mueble	145
Tabla 63 Demandas de caudales y presiones en aparatos de consumo	148
Tabla 64 Caudal instantáneo agua fría.....	148
Tabla 65 Caudal instantáneo agua caliente.....	148
Tabla 66 Coeficiente de pérdidas de fricción.....	149
Tabla 67 Coeficiente de perdida k.....	150

Tabla 68 Verificación diámetro columna de agua potable	150
Tabla 69 Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones y sifones	151
Tabla 70 Unidades de descarga por planta.....	153
Tabla 71 Diámetro de derivaciones	153
Tabla 72 Diámetro de derivaciones del colector.....	154
Tabla 73 Diámetro columnas aguas servidas.....	155
Tabla 74 Diámetro colector aguas servidas.....	155
Tabla 75 Circuitos de iluminación	158
Tabla 76 Circuito de fuerza.....	159
Tabla 77 Circuito especial.....	159
Tabla 78 Cantidades de obra vivienda con paredes de bloque	165
Tabla 79 Cantidades de obra vivienda con paredes de hormigón armado	166
Tabla 80 Cantidades de obra rubros preliminares e instalaciones hidrosanitarias	166
Tabla 81 Cantidades de obra rubro instalaciones y acabados	167
Tabla 82 Precios unitarios vivienda aporticada con paredes de bloque	169
Tabla 83 Precios unitarios vivienda con paredes portantes de hormigón armado.....	172
Tabla 84 Presupuesto final vivienda con paredes de bloque	175
Tabla 85 Presupuesto final vivienda con paredes de hormigón armado	178
Tabla 86 Cronograma de actividades estructura aporticada.....	182
Tabla 87 Cronograma de actividades estructura paredes portantes	183
Tabla 88 Cronograma valorado estructura aporticada	184
Tabla 89 Cronograma valorado estructura paredes portantes.....	185
Tabla 90 Actividades fase: Estructura.....	189

Tabla 91 <i>Actividades fase: Albañilería</i>	190
Tabla 92 <i>Cantidades de obra rubro: Acero y Hormigón</i>	191
Tabla 93 <i>Presupuesto viviendas</i>	192
Tabla 94 <i>Tiempo total de construcción</i>	194
Tabla 95 <i>Tiempo de construcción por etapas</i>	194

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Distribución en planta baja.....	13
<i>Figura 2</i> Distribución en planta alta.....	14
<i>Figura 3</i> Geometría losa	18
<i>Figura 4</i> Mapa zonificación sísmica.....	20
<i>Figura 5</i> Espectro de diseño en aceleraciones	22
<i>Figura 6</i> Espectro de diseño.....	29
<i>Figura 7</i> Modelación de la estructura	30
<i>Figura 8</i> Vista en planta N+2.70m.....	31
<i>Figura 9</i> Análisis estático sentido x	32
<i>Figura 10</i> Análisis estático sentido y	32
<i>Figura 11</i> Espectro de diseño.....	33
<i>Figura 12</i> Análisis dinámico sentido x	34
<i>Figura 13</i> Análisis dinámico sentido y	34
<i>Figura 14</i> Dimensiones elementos pórtico y.....	37
<i>Figura 15</i> Dimensiones elementos pórtico x.....	37
<i>Figura 16</i> Ubicación nervio continuo	39
<i>Figura 17</i> Vigas de diseño	41
<i>Figura 18</i> Requisitos refuerzo longitudinal	43
<i>Figura 19</i> Separación de estribos	46
<i>Figura 20</i> Columna de diseño	48
<i>Figura 21</i> Diagrama de iteración columna 30x30.....	53

<i>Figura 22</i> Espaciamiento estribos	54
<i>Figura 23</i> Vista en corte columna	56
<i>Figura 24</i> Nudos Análisis	57
<i>Figura 25</i> Armadura columna 30x30.....	60
<i>Figura 26</i> Condiciones confinamiento nudo.....	61
<i>Figura 27</i> Dimensiones escalera	71
<i>Figura 28</i> Valores de carga y momento	74
<i>Figura 29</i> Carga y momento viga eje 2.....	75
<i>Figura 30</i> Corte Viga Eje 2.....	76
<i>Figura 31</i> Viga eje 2	76
<i>Figura 32</i> Ingreso de datos.....	82
<i>Figura 33</i> Resultados viga tramo 1-2.....	83
<i>Figura 34</i> Resultados viga tramo 3-4.....	83
<i>Figura 35</i> Resultados viga tramo 5-6.....	84
<i>Figura 36</i> Vista en corte viga eje B.....	86
<i>Figura 37</i> Carga y momento viga eje B	87
<i>Figura 38</i> Viga eje B.....	88
<i>Figura 39</i> Ingreso de datos.....	94
<i>Figura 40</i> Viga eje B tramo 1-2	94
<i>Figura 41</i> Viga eje B tramo 3-4	95
<i>Figura 42</i> Vista en corte viga eje 2	97
<i>Figura 43</i> Geometría losa.....	101
<i>Figura 44</i> Espesor muros	102

<i>Figura 45</i> Distribución muros en planta N+2.50 m	104
<i>Figura 46</i> Distribución muros en planta N+5.10 m	104
<i>Figura 47</i> Disposición de aberturas	105
<i>Figura 48</i> Espectro de diseño.....	108
<i>Figura 49</i> Modelo estructura.....	109
<i>Figura 50</i> Distribución paneles.....	112
<i>Figura 51</i> Distribución de muros fachado frontal.....	115
<i>Figura 52</i> Diagrama interacción muro M1	122
<i>Figura 53</i> Distribución muros eje c	124
<i>Figura 54</i> Modelo viga de acople	127
<i>Figura 55</i> Viga de acople tipo.....	131
<i>Figura 56</i> Modelo zapata	133
<i>Figura 57</i> Cimentación muro eje 4	138
<i>Figura 58</i> Cimentación muro eje A	142
<i>Figura 59</i> Tubería planta baja.....	146
<i>Figura 60</i> Tubería planta alta.....	147
<i>Figura 61</i> Circuito de iluminación planta baja.....	158
<i>Figura 62</i> Circuito de iluminación planta alta	159
<i>Figura 63</i> Circuito de fuerza y especial planta baja.....	160
<i>Figura 64</i> Circuito de fuerza planta alta	161
<i>Figura 65</i> Curva inversión estructura aporticada.....	187
<i>Figura 66</i> Curva inversión estructura paredes portantes.....	187
<i>Figura 67</i> Volumen de hormigón en viviendas.....	191

<i>Figura 68</i> Cantidad de acero en viviendas	192
<i>Figura 69</i> Costos viviendas.....	193
<i>Figura 70</i> Presupuesto viviendas	193
<i>Figura 71</i> Comparación curvas de inversión	195
<i>Figura 72</i> Inversión diaria estructura aportada	196
<i>Figura 73</i> Inversión diaria estructura paredes portantes	196

RESUMEN

El trabajo de titulación realizado, consiste en la comparación económica y operativa de dos sistemas estructurales, aplicados en el diseño de viviendas de interés social. El primer diseño se realizó aplicando la metodología tradicional, donde la estructura está conformada con pórticos de hormigón armado, paredes de bloque y losa alivianada. El segundo diseño esta basado en una estructura con paredes de hormigón armado y losa maciza. Durante el desarrollo de la investigación, se realizará el diseño arquitectónico y estructural utilizando la normativa vigente en el país, para inmediatamente aplicar un análisis presupuestal en el que constan cantidades de obra y precios unitarios actualizados para cada uno de los materiales especificados en el estudio, se realizará la programación de obra aplicando el diagrama de Gantt, luego de analizar los datos obtenidos se realizará una comparación para determinar el sistema constructivo más económico y rentable en el cual constructores y compradores pueda acceder a una vivienda digna con una buena calidad de materiales constructivos. Como anexos de la investigación se presentará los planos arquitectónicos, estructurales, hidrosanitarios y eléctricos de las viviendas tipo.

PALABRAS CLAVES:

- **PAREDES PORTANTES**
- **HORMIGÓN ARMADO**
- **CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL**

ABSTRACT

The work of qualification carried out, consists in the Economic and operative comparison of two structural systems, applied in the design of houses of social interest. The first design was carried out using the traditional methodology, where the structure is made up of reinforced concrete porches, block walls and lightened slab. The second design is based on a structure with reinforced concrete walls and solid slab. During the development of the research, the architectural and structural design will be carried out using the regulations in force in the country, to immediately apply a budget analysis in which there are quantities of work and updated unit prices for Each of the materials specified in the study, will be carried out the programming of work by applying the Gantt chart, after analyzing the obtained data will be made a comparison to determine the most economical and profitable constructive system in which Builders and buyers can access a decent housing with a good quality of constructive materials. As annexes of the research will be presented the architectural, structural, plumbing and electrical plans of the type dwellings.

KEY WORDS:

- **WALL**
- **REINFORCED CONCRETE**
- **TRADITIONAL CONSTRUCTION**

CAPÍTULO 1

ESTUDIOS PRELIMINARES

1.1. Antecedentes

Según él (Parlamento Andino, 2014) la vivienda social es “solución habitacional destinada a cubrir el problema de déficit presente en las áreas más deprimidas socialmente cuyas familias permanecen en condiciones económicas apremiantes”.

El acceso a una vivienda digna y saludable es un derecho reconocido por la Constitución Nacional, a pesar de ello un número importante de ecuatorianos enfrenta problemas habitacionales y del hábitat. Aproximadamente el 70% de las viviendas se producen por el sector informal a través de la autoconstrucción, sin respetarse normas constructivas y/o de urbanismo. Como consecuencia, Ecuador tiene un stock de viviendas precarias, con carencias de servicios básicos, con posesión irregular de la propiedad (ausencia de títulos), y, en algunos casos, ubicadas en zonas de riesgo. (Ministerio Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI], 2010).

Según la Cámara de la Industria de la Construcción 2016, el 60% de las viviendas ofertadas tienen precios que oscilan entre \$35.000 a \$75.000 USD; mientras que, las viviendas con precios inferiores a los \$35.000 USD alcanzan el 6%, demostrando que los proyectos de vivienda de interés social no son muy atractivos para los constructores.

El gobierno ha desarrollado proyectos de construcción y planes de financiamiento para poder generar viviendas de interés social mediante subsidios, a pesar de ello el déficit habitacional sigue creciendo, algunas instituciones privadas han contribuido a solucionar el problema, pero son muy pocas, debido a que la mayoría financia y construye viviendas, orientadas a la clase alta y media alta, por ser inversiones de bajo riesgo y rápida recuperación. (Barrera & Jimenez, 2015)

1.2. Planteamiento del problema

El desempeño sísmico de viviendas de baja altura ha sido notoriamente deficiente durante los últimos sismos ocurridos en países latinoamericanos. La revisión de la literatura reveló que algunas técnicas de construcción tradicionales no contribuyen a la construcción de viviendas sostenibles. En la última década, la construcción de viviendas con muros de concreto se ha convertido en una opción preferida debido a la velocidad de construcción y la disponibilidad de materiales en la mayoría de los países latinoamericanos.

Con el propósito de mejorar los métodos de diseño sísmico para este tipo de construcción, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) desarrollo un programa de investigación, experimental y analítico, el cual incluyó ensayos en mesa vibradora de 47 muros con diferentes relaciones altura-longitud y muros con aberturas. Las variables estudiadas fueron el tipo de concreto, la cuantía de acero de refuerzo en el alma y el tipo de acero de refuerzo para proveer dicha cuantía. El artículo presenta y analiza los resultados principales del programa de investigación y evalúa la factibilidad técnica y ambiental para utilizar muros de concreto en viviendas sostenibles y sismorresistentes.

El desempeño de la vivienda con muros de concreto se evalúa en términos de los principales requerimientos ambientales y de resistencia sísmica. Se encontró que la vivienda a base de muros de concreto no sólo es segura ante sismos y fácilmente adaptable a diferentes ambientes, sino que incentiva la conservación del medio ambiente y promueve la reducción de los costos de construcción, operación y mantenimiento. (Carrillo & Alcocer, 2012)

El colapso parcial o total de un número significativo de viviendas durante los sismos ocurridos en Colombia, Haití, México, Ecuador y Perú, ha evidenciado la ausencia de recomendaciones y reglamentos de diseño eficientes para la construcción de viviendas de baja altura. Desafortunadamente, la población con recursos económicos limitados resulta ser la más afectada tras la ocurrencia de desastres naturales. Una de las opciones más eficientes para la

construcción de viviendas de interés social es el desarrollo de conjuntos habitacionales con viviendas de concreto en su totalidad (cimentación, muros, losas de entrepiso y techos).

A partir de un diseño sísmico basado en el desempeño, es posible proporcionar a la vivienda las características necesarias de acuerdo con el tipo de materiales empleados, la geometría de la estructura y la demanda sísmica sobre los elementos, por ejemplo, considerando la resistencia inherente de estructuras con muros de concreto en viviendas de baja altura, se pueden utilizar muros con resistencia de concreto baja y espesor reducido.

Según (Ministerio Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI], 2010) el déficit de vivienda en Ecuador afecta a más de 1,7 millones de hogares. La causa principal es la accesibilidad de esta. Es decir, estos hogares carecen de la capacidad económica para obtener una unidad de vivienda adecuada o a créditos hipotecarios. Esto se explica por la diferencia entre ingresos de los hogares y los costos de la vivienda.

Según Censo 2010 el 45% de los 3,8 millones de hogares ecuatorianos habitan en viviendas inadecuadas. Este número contabiliza al 36% de hogares que sufren déficit cualitativo, y al 9% de los hogares que sufren déficits cuantitativos. Los 1,37 millones de hogares con déficit cualitativo residen en viviendas cuya tenencia es insegura, construidas con materiales inadecuados, con carencia de servicios sanitarios básicos, o con problemas de hacinamiento. Los 342.000 hogares con déficit cuantitativo comparten su vivienda con uno o más hogares, o viven en unidades de vivienda improvisadas.

El proyecto de investigación busca generar una solución para disminuir el costo de la construcción de viviendas de interés social, una alternativa es la aplicación de paredes autoportantes que ayuden a disminuir el tiempo de edificación y mano de obra, el cual se ve reflejado en el costo final para el comprador, poder conocer el precio de este tipo de viviendas ayuda a generar alternativas al sistema tradicional de construcción conformado por vigas y columnas.

1.3. Justificación

Según lo establecido en la Constitución del Ecuador, en su Título Séptimo, Capítulo Primero, Sección Cuarta, Art 375, numeral 5 indica que el estado ecuatoriano garantizará el derecho al hábitat y vivienda digna para lo cual “Desarrollará planes y programas de financiamiento para vivienda de interés social, a través de la banca pública y de las instituciones de finanzas populares, con énfasis para las personas de escasos recursos económicos y mujeres jefas de hogar” (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008)

El crecimiento poblacional y los fenómenos naturales como el terremoto ocurrido el 16 de Abril de 2016, las erupciones volcánicas y las inundaciones provocadas por el invierno de 2017 en donde la zona costera del país se vio muy afectada, son algunos de los factores que provocan un aumento en la demanda de viviendas, principalmente de interés social y a precios accesibles, que cumplan con una buena calidad de construcción para que las familias afectadas puedan conseguir una vivienda ya que las que construyeron muchas veces sin supervisión de un profesional se han visto destruidas por estos desastres.

En los últimos años el gobierno ecuatoriano con el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), han desarrollado planes para intentar controlar el déficit de vivienda que existe actualmente en el país.

Los proyectos de vivienda casa para todos fomentado por el gobierno nacional incentiva a constructores a la creación de este tipo de estructuras, por este motivo, es necesario generar proyectos donde se trabaje específicamente en viviendas de interés social, aplicando una metodología de reducción de costos y tiempos de ejecución como es las paredes autoportantes para que las personas puedan obtener una vivienda digna y resistente a los fenómenos naturales, y las instituciones públicas y privadas pueden contar con una base para proporcionar una correcta oferta de vivienda, que sea accesible y digna para familias de bajos ingresos económicos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar la viabilidad económica y operativa de viviendas de interés social con paredes autoportantes de hormigón armado y estructura tradicional con paredes de bloques.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diseño arquitectónico y estructural de la vivienda con paredes autoportantes en hormigón armado y vivienda con estructura tradicional con paredes de bloque.
- Hacer un análisis comparativo de costos y tiempos de ejecución entre los sistemas constructivos propuestos.
- Plantear la mejor opción entre los sistemas constructivos analizados para la edificación de viviendas de interés social en el Ecuador.

1.5. Viviendas de Interés social en el Ecuador

Según (Ley Orgánica de ordenamiento territorial, uso y gestión del suelo, 2016) explica que la vivienda de interés social (VIS) es aquella destinada a la población de bajos ingresos y grupos de atención prioritaria. Los programas de vivienda de interés social se implementarán en suelo urbano dotado de infraestructura y servicios necesarios para el correcto funcionamiento de la edificación, con acceso a transporte público, y que promueva la integración socio-espacial de la población mediante su localización preferentemente en áreas consolidadas de las ciudades.

Según las Naciones Unidas, es un espacio plenamente equipado, en vecindarios dotados de servicios urbanos accesibles, con relaciones que permitan la comunicación vecinal, donde es posible el desarrollo familiar y personal a todos los niveles que la sociedad avanzada demanda. Además, debe ser fija y habitable, que cumple requisitos básicos de funcionalidad, seguridad, habitabilidad y accesibilidad, establecidos por las normas de cada país.

En el Ecuador, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) establece las especificaciones técnicas y arquitectónicas para este tipo de viviendas, también expone que la vivienda de interés social (VIS), está dirigida a la población menos favorecida del país y su costo límite es de 40.000,00 USD, puede ser financiada con créditos hipotecarios de instituciones públicas y cooperativas.

Este tipo de viviendas son entregadas como viviendas habitables, sin considerar acabados porque si se invierte en este tipo de rubros el costo de estas se elevaría y no podrían ser consideradas como viviendas de interés social (VIS).

1.5.1. Especificaciones Técnicas Mínimas

- Estructura: La estructura debe cumplir con los requisitos de diseño sismo resistente establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción; se debe entregar las especificaciones técnicas y los detalles del sistema constructivo.
- Paredes: Las paredes deben tener un período de duración de 15 años. Si son elaboradas en mampostería estructural aplicar la Norma Ecuatoriana de la Construcción, su acabado mínimo es el paleteado o enlucido.
- Pisos: La edificación tendrá un contrapiso de hormigón de 10cm con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, construido de forma monolítica, que no tenga deformidades cuando se esté compactando, en el relleno previo al contrapiso se ubicarán las instalaciones de agua potable e instalaciones eléctricas. Los acabados mínimos según su uso son: sala, comedor, cocina, dormitorios deben ser de hormigón, el baño debe tener cerámica antideslizante.
- Cubiertas y Cielos Falsos: Los entrepisos de viviendas de dos pisos serán de hormigón armado según las especificaciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, deberán tener acabados de paleteados finos.
- Puertas y Ventanas: Las puertas serán de madera y con cerraduras, el vidrio será de 4mm de espesor con marcos de aluminio.

- Instalaciones y Piezas Sanitarias: Toda vivienda debe contar con instalaciones sanitarias y de agua potable, según las especificaciones de las normas INEN, los requerimientos mínimos son los siguientes:
 - Tubería PVC, debe estar empotrada para aguas negras, y el diámetro depende del diseño.
 - Tubería PVC, debe ser roscable para agua fría y caliente
 - El inodoro debe ser de losa vitrificada con tanque bajo
 - El lavamanos será de losa vitrificada, grifo cromado, llave de ½”, desagüe de 1 ¼” con registro de 2”.
 - Ducha de 1/2”, con rejilla en el piso y el muro de la tinera de acuerdo con los planos
- Instalaciones Eléctricas: Las instalaciones eléctricas serán colocadas de acuerdo con las especificaciones del diseño del proyecto, los tomacorrientes serán de 220 voltios, para cocinas de inducción, la manguera empotrada con alambres conductores para energía eléctrica interna, tableros para breakers y conexión de teléfono
- Obras Exteriores: Las obras exteriores deben cumplir con los siguientes requisitos
 - Aceras y camineras con hormigón de 180 kg/cm², escobilladas
 - Bordillos con hormigón de 180 kg/cm² de 10x35
 - Vías interiores de acceso adoquinadas
 - Áreas verdes y jardines con césped

1.6. Sistema Tradicional de Construcción en el Ecuador

El sistema tradicional de construcción usado en el Ecuador son los Pórticos de Hormigón Armado y mampostería de bloque. Una estructura aporricada está conformada por losas, columnas y vigas, las cuales pueden ser descolgadas o perdidas en la losa, el sistema de pórticos se caracteriza porque sus elementos trabajan a flexión, debido a que la sección longitudinal es mayor a la transversal.

1.7. Sistema Paredes Portantes de Hormigón Armado

“El sistema estructural con paredes autoportantes de hormigón armado tiene gran rigidez y resistencia, soporta el sismo de diseño sin necesidad de disipar energía, no requiere ductilidad. Son muy seguros porque neutralizan los problemas de columnas cortas, pisos blandos, pisos a desnivel y puede llegar a ser más económico que otros sistemas constructivos.” (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA], 2015)

1.8. Definición arquitectónica del proyecto

El diseño arquitectónico se encuentra definido en base a las Ordenanzas de Arquitectura y Urbanismo emitidas por la Municipalidad de Guayaquil y Quito, principales ciudades del Ecuador. La normativa especifica las dimensiones mínimas que debe tener un proyecto de construcción residencial para otorgar seguridad y confort a los usuarios.

1.8.1. Normas Mínimas para los Diseños Urbanísticos y Arquitectónicos de la Ciudad de Guayaquil

Capítulo IV, artículo 23. Para la construcción de las viviendas, se establecen las normas siguientes:

- f.- La Altura mínima de las habitaciones será de 2.50 m. libres, medidos de piso terminado a cara inferior del tumbado.
- g.- El antepecho de ventanas no podrá estar a menos de 1.20 Mtrs. medidos desde el piso terminado;
- h. Las dimensiones de ventanas se sujetarán a las normas del INEN.
- i.- El ancho mínimo de las escaleras en viviendas individuales unifamiliares será de 0.90 Mtrs. y de 1.20 M. en escaleras colectivas.
- j.- El ancho mínimo de los corredores en viviendas unifamiliares y bifamiliares será de 0.90 metros.

k.- La puerta de entrada a las unidades de vivienda será de 2 metros por 0.90 metros. Las puertas de dormitorios y cocinas serán de 2 metros por 0.80 metros. Las puertas de baños: 2 metros por 0.70 mts. (M.I. Consejo Cantonal de Guayaquil, 1986)

1.8.2. Normas de arquitectura y urbanismo para la Ciudad de Quito. Ordenanza 3457

La ordenanza 3457 Capítulo IV, Artículo 146. Edificaciones de Vivienda; detalla los tipos de locales y las dimensiones mínimas que puede tener una estructura destinada a vivienda sea esta de uno, dos o tres dormitorios. Las medidas de cada área deben ofrecer confort y seguridad a los habitantes.

Tabla 1
Dimensiones mínimas

ÁREAS ÚTILES MÍNIMAS DE LOCALES (m²)

LOCALES	LADO MÍNIMO (m)	Viviendas de 1 Dormitorio	Viviendas de 2 Dormitorios	Viviendas de 3 o más Dormitorios
Sala-Comedor	2.70	13.00	13.00	16.00
Cocina	1.50	4.00	5.50	6.50
Dormitorio Padres	2.50	9.00	9.00	9.00
Dormitorio 2	2.20	-	8.00	8.00
Dormitorio 3	2.20	-	-	7.00
Baños	1.20	2.50	2.50	2.50
Subtotal Área Útil Mínima		28.50	38.00	49.00
Lavado Secado	1.30	3.00	3.00	3.00
Dormitorio de Servicio	2.00	6.00	6.00	6.00

Fuente (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2003)

A continuación, se presenta las especificaciones que expone la ordenanza 3457 elaboradas por el (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2003) para cada área de la vivienda.

Art.148 ALTURA LIBRE INTERIOR

La altura mínima interior de cualquier local de la vivienda no será inferior a 2.30 m., medida desde el piso terminado hasta la cara inferior del elemento constructivo más bajo del techo del local

Art.149 LOCAL DE COCINA

Toda cocina deberá disponer de mesa(s) de trabajo, de ancho útil no menor a 0.60 m. con fregadero de vajilla incorporado. Se preverá sitio para ubicar un artefacto de cocina y un refrigerador, como equipamiento mínimo.

Las dimensiones mínimas del área de circulación serán:

Cocinas de un solo mesón: 0.90 m.

Cocinas de un solo mesón enfrentada a estantería de 30cm: 0.90 m.

Cocinas de mesones enfrentados: 1.10m.

Art.150 BAÑOS

Toda vivienda dispondrá como mínimo de un cuarto de baño que cuente con inodoro, lavabo y ducha.

La ducha deberá tener una superficie mínima de 0.56 m² con un lado de dimensión mínima libre de 0.70 m., y será independiente de las demás piezas sanitarias. El lavabo puede ubicarse de manera anexa o contigua al cuarto de inodoro y ducha.

Art.153 PUERTAS

Los vanos de las puertas de la vivienda se rigen por las siguientes dimensiones mínimas:

Vano mínimo de puerta de ingreso a la vivienda: 0.96 x 2.03 m.

Vano mínimo de puertas interiores: 0.86 x 2.03 m.

Vano mínimo de puertas de baño: 0.76 x 2.03 m.

Art.154 ANTEPECHOS

Toda abertura, vano o entrepiso que dé al vacío, dispondrá de un elemento estable y seguro tipo antepecho, balaustrada, barandilla, cortina de cristal o similares, a una altura no menor a 0.90 m. medida desde el piso terminado.

Art.157 MUROS DIVISORIOS ENTRE VIVIENDAS

Sin perjuicio de las disposiciones de aislamiento acústico y de seguridad constructiva establecidas en la normativa del país, los muros divisorios se podrán construir con los siguientes espesores y materiales:

Muros divisorios de bloque o ladrillo hueco: 0.15 m.

Muros divisorios de ladrillo o bloque macizos o rellenos: 0.12 m.

Muros de hormigón armado: 0.10 m.

En el caso de tecnologías que reduzcan los espesores, el INEN calificará el sistema constructivo.

Art.160 CORREDORES O PASILLOS

Los corredores y pasillos en el interior de las viviendas deben tener un ancho mínimo de 0.90 m. En edificaciones de vivienda multifamiliar, la circulación comunal, tendrá un ancho mínimo de 1.20 m. de pasillo. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2003)

1.8.3. Dimensiones Adoptadas Vivienda

El presente trabajo de titulación considera el diseño de una estructura tipo dúplex, donde se ubican dos viviendas de interés social, con un área útil de 42.25 m², distribuidos en sala, cocina, un baño completo, ½ baño y dos dormitorios. La dimensión de cada ambiente se especifica a continuación.

Tabla 2
Áreas útiles vivienda

AMBIENTE	Lado Mínimo Adoptado (m)	Área Útil Adoptada (m ²)
Sala-Comedor	2.70	13.27
Cocina	2.45	7.14
Dormitorio Padres	2.60	9.30
Dormitorio 2	2.35	8.00
Baño 1	1.20	1.80
Baño 2	1.35	2.74
Subtotal Área Útil Mínima		42.25

Tabla 3
Dimensiones vivienda

Dimensiones Adoptadas (m)	Norma Guayaquil (m)	Norma Quito (m)	
Altura libre interior	2.50	2.30	
Puertas Dormitorios y Cocinas	2.00x0.90	2.00x0.80	0.86x2.03
Puertas Baños	2.00x0.80	2.00x0.70	0.76x2.03
Puerta Principal	2.00x1.00	2.00x0.90	0.96x2.03
Antepecho	1.20	1.20	0.90
Corredores	0.90	0.90	0.90

1.8.4. Diseño Arquitectónico

El diseño arquitectónico debe satisfacer las dimensiones mínimas de espacios habitables para el ser humano, brindando confort y seguridad. Se escogió el diseño tipo dúplex, porque las viviendas de interés social son de construcción masiva y se debe aprovechar al máximo el terreno.

Las viviendas tipo dúplex están conformadas por una sola estructura donde se ubican dos casas que comparten la misma losa y se dividen por una pared intermedia, cada vivienda cuenta con dos niveles conectados por una escalera, en la planta baja se encuentra sala, cocina, comedor, baño social y en la planta alta se distribuyen dos dormitorios y un baño completo, el área útil es de 42.35 m².

El Anexo N°1 detalla el plano arquitectónico, conformado por vista en planta, fachadas y detalles de la estructura. A continuación, se presenta la vista en planta de cada nivel de la edificación.

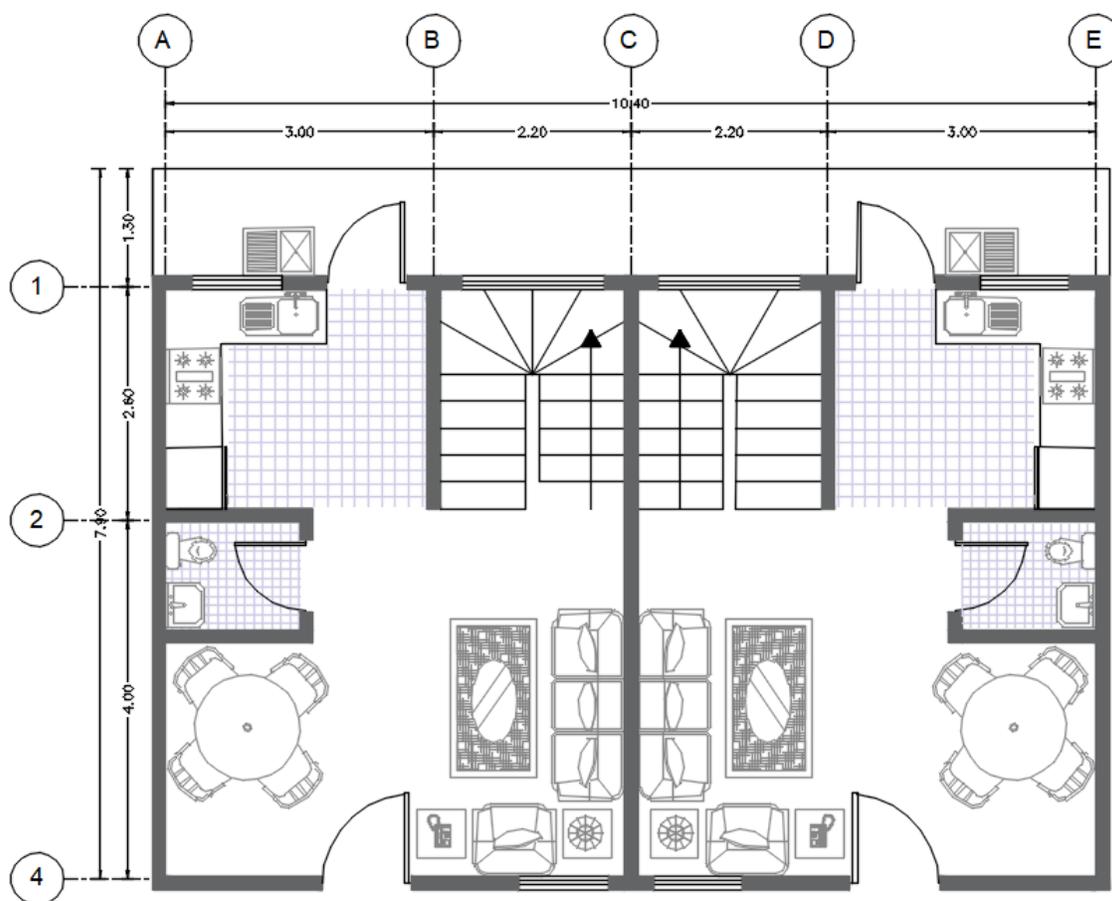


Figura 1 Distribución en planta baja

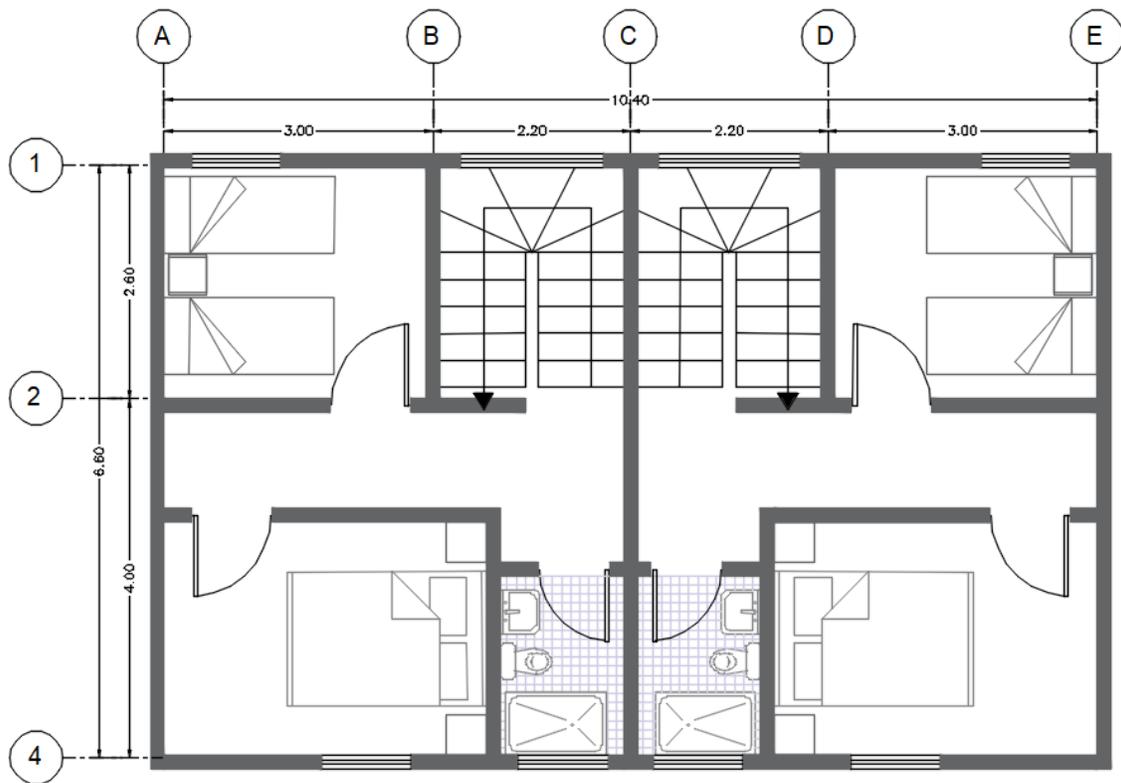


Figura 2 Distribución en planta alta

CAPÍTULO 2

DISEÑO ESTRUCTURA TRADICIONAL CON PAREDES DE BLOQUE

2.1. Descripción

El capítulo número 2 presenta el diseño estructural de dos viviendas tipo dúplex que comparten la misma losa y se encuentran divididas por una pared. La estructura en sentido “x” cuenta con 4 vanos y una longitud de 10.40 m, en sentido “y” tiene dos vanos y una longitud de 6.60 m, la luz máxima entre ejes es de 4.00 m.

El sistema estructural está conformado por pórticos de hormigón armado, mampostería de bloque y losa alivianada. Los planos detallados se encuentran en la sección anexos al final del documento. El procedimiento para el diseño de la estructura se encuentra distribuido de la siguiente manera:

- Análisis de Cargas
- Prediseño Elementos
- Diseño Sismoresistente
- Análisis Software Computacional
- Diseño Final Elementos
- Diseño Escalera

2.2. Cargas y Combinaciones de Carga

El análisis de cargas permite conocer el peso que debe soportar la estructura. Existe tres tipos de cargas: permanentes (muerta), variables (viva) y accidentales (sísmica).

La (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-CG], 2015) determina el valor de carga viva de acuerdo con el uso destinado para la edificación. En este apartado se especifica el peso por metro cuadrado de las cargas verticales (ver tabla 4 y 5).

2.2.1. Análisis de Cargas

Tabla 4

Cargas entrepiso

DESCRIPCIÓN	PESO (Kg/m ²)
Nervios	129.60
Carpeta Compresión	120.00
Alivianamientos bloque h:15cm	96.00
Peso Propio Losa	345.60
Peso Paredes Bloque	150.00
Peso Acabados	120.00
Peso Vigas	69.00
Peso Columnas	100.00
Carga Muerta	784.60
Carga Viva NEC-SE-CG	200.00
Peso Total	984.60

Tabla 5

Cargas cubierta

DESCRIPCIÓN	PESO (Kg/m ²)
Nervios	129.60
Carpeta Compresión	120.00
Alivianamientos bloque h:15cm	96.00
Peso Propio Losa	345.6
Peso Acabados	120.00
Carga Muerta	465.60
Carga Viva NEC-SE-CG	70.00
Peso Total	535.60

2.2.2. Combinaciones de Carga

La (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-CG], 2015) expone que toda estructura debe ser diseñada de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas, de acuerdo con las siguientes combinaciones (ver tabla 6).

Tabla 6*Combinaciones de carga*

Combinación 1	1.4D
Combinación 2	1.2D+1.6L+0.5max(Lr;S;R)
Combinación 3	1.2D+1.6max(Lr;S;R)+max(L;0.5W)
Combinación 4	1.2D+1.0W+L+0.5max(Lr;S;R)
Combinación 5	1.2D+1.0E+L+0.2S
Combinación 6	0.9D+1.0W
Combinación 7	0.9D+1.0E

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-CG], 2015)

2.3. Pre-diseño Elementos**2.3.1. Losa**

El diseño de la losa determina el tipo y espesor del elemento estructural a emplear en el proyecto. A continuación, se detalla el proceso de cálculo para una losa alivianada, que cumpla las especificaciones del (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014).

- Relación Luces

$$\beta = \frac{\text{Longitud mayor}}{\text{Longitud menor}}$$

Si $\beta \leq 2.0 \rightarrow$ Losa Bidireccional

Si $\beta \geq 2.0 \rightarrow$ Losa Unidireccional

$$\beta = \frac{4,00 \text{ m}}{3,00 \text{ m}} = 1,33 \text{ m} \rightarrow \text{Losa Bidireccional}$$

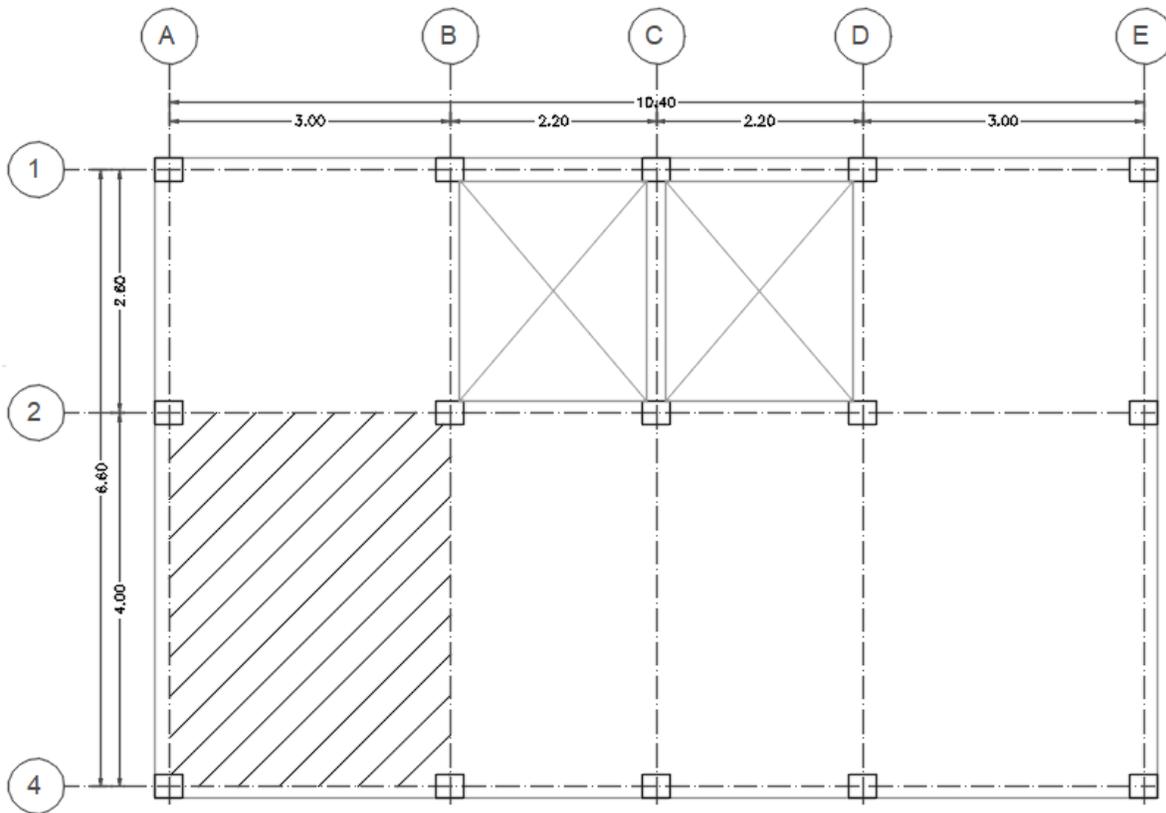


Figura 3 Geometría losa

- Altura Mínima

$$h_{\min} = \frac{L_{\text{mayor}}}{33} = \frac{3.75}{33} = 0.11 \text{ m losa maciza} \approx 20 \text{ cm losa alivianada}$$

La altura mínima, se calcula primero como una losa maciza aplicando las ecuaciones que expone el código ACI, luego se realiza la equivalencia para losa alivianada, donde se considera una altura de 20 cm para una losa maciza con espesor menor a 14 cm.

2.3.2. Vigas y Columnas

El predimensionamiento de vigas y columnas está basado en la (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA], 2015), la cual especifica las dimensiones mínimas en estructuras de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros con pórticos de hormigón armado y losas. La dimensión se refiere a vigas banda.

Tabla 7
Dimensiones de vigas y columnas

Nº pisos vivienda	Elemento	Luz máxima (m)	Altura Entrepiso (m)	Sección Mínima base x altura (cm x cm)	Cuantía Longitudinal Mínima	Refuerzo de acero (estribos)
1	columnas	4.00	2.50	20 x 20	1%	Diámetro 8mm @10 cm
	vigas			15 x 20	14/fy sup 14/ fy inf	Diámetro 8mm @5 cm en L/4 (extremos) y 10 cm (centro)
2	columnas	4.00	2.50	piso 1: 25 x 25 piso 2: 20x20	1%	Diámetro 8mm @ 10 cm
	vigas			20 x20	14/fy sup 14/ fy inf	Diámetro 8 mm @ 5cm en L/4 (extremos) y 10 cm(centro)

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA], 2015)

La tabla indicada señala las secciones mínimas admitidas para pórticos de hormigón según el elemento viga o columna y el número de pisos. En cualquier caso, se debe asegurar la continuidad vertical de las columnas.

La cuantía del refuerzo debe ser calculada mediante un análisis estructural considerando las acciones gravitacionales y las acciones sísmicas. (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA], 2015). El valor inicial de vigas es 20x20 y columnas de 25x25.

2.4. Diseño Sismoresistente

2.4.1. Factor de zonificación sísmica Z

El factor de zonificación sísmica Z , representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad. (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015)

Ecuador cuenta con seis zonas sísmicas, el valor del factor de zona Z está determinado por el lugar donde se ejecutará la construcción de la estructura. La zona VI abarca toda el área costera del país, es considerada con peligro sísmico muy alto y un valor de factor $Z \geq 0.50$ g.

El proyecto de viviendas de interés social se encuentra proyectado para la construcción en cualquier lugar del Ecuador, por este motivo se tomó el valor de factor Z más alto localizado en la zona VI de la siguiente figura.

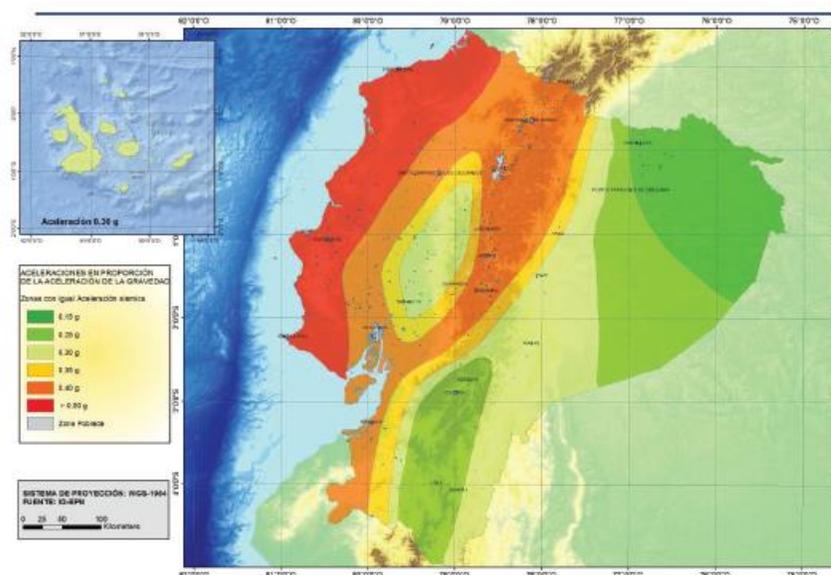


Figura 4 Mapa zonificación sísmica

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015)

2.4.2. Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd, Fs.

Los coeficientes de perfil de suelo están establecidos de acuerdo con el tipo de suelo y la zona sísmica. Para determinar el tipo de suelo en la zona costera, se aceptó como referencia los estudios realizados por (Aguiar & Mieles, Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016, 2016) donde menciona que el suelo es tipo D, según lo que especifica la (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015).

Tabla 8
Factores de sitio

Factores de sitio Fa	Tipo perfil	Zona sísmica y factor Z					
		I	II	III	IV	V	VI
	subsuelo	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
B	1	1	1	1	1	1	
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18	
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12	
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1	0.85	
Factores de sitio Fd	Tipo perfil	Zona sísmica y factor Z					
		I	II	III	IV	V	VI
	subsuelo	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
B	1	1	1	1	1	1	
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06	
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11	
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5	
Factores de sitio Fs	Tipo perfil	Zona sísmica y factor Z					
		I	II	III	IV	V	VI
	subsuelo	0.15	0.25	0.3	0.35	0.4	≥ 0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23	
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.4	
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2	

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015)

A continuación, se presenta los factores de sitio, aplicados en el desarrollo de la investigación.

Tabla 9

Factores de sitio aplicados

Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto	$F_a = 1.12$
Coefficiente de amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca	$F_d = 1.11$
Coefficiente de comportamiento no lineal de los suelos	$F_s = 1.40$

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015)

2.4.3. Espectro elástico de diseño en aceleraciones (S_a)

El espectro de diseño en aceleraciones (S_a), depende del factor de zona sísmica Z , el tipo de suelo, los coeficientes de perfil de suelo y se expresa como fracción de la aceleración de la gravedad.

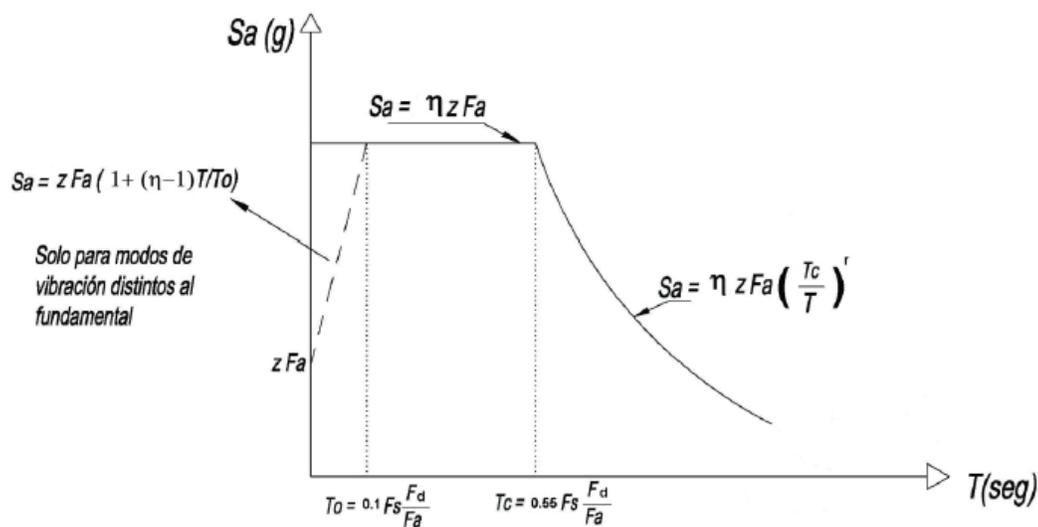


Figura 5 Espectro de diseño en aceleraciones

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015)

El espectro de diseño se obtiene aplicando las siguientes ecuaciones de acuerdo con el período de vibración estructural T .

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \quad \text{para } T > T_c \quad ; \quad T_c = 0.77 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Dónde:

η : Relación de amplificación espectral

Z : Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño

T : Período fundamental de vibración de la estructura

T_c : Período límite de vibración en el espectro de aceleraciones

r : Factor usado en el espectro de diseño elástico

S_a : Espectro de respuesta elástico de aceleraciones

2.4.4. Factor r

El factor r depende de la ubicación geográfica del proyecto.

$r = 1$ para suelo tipo A, B, C, D.

$r = 1.5$ para suelo tipo E.

2.4.5. Relación de amplificación espectral (η)

La relación de amplificación espectral se define como $\eta = Sa/Z$, los valores varían de acuerdo con cada región del Ecuador.

Tabla 10

Valores de amplificación espectral

$\eta = 1.80$	Provincias de la Costa menos Esmeraldas
$\eta = 2.48$	Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
$\eta = 2.60$	Provincias del Oriente

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015)

2.4.6. Coeficiente de importancia (I)

El coeficiente de importancia I, está definido de acuerdo con la categoría de la edificación, en la que se especifica las estructuras que permiten daños menores y las que deben permanecer operativas durante y después de la acción de un sismo.

Tabla 11

Categoría de la estructura y coeficiente de importancia

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

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015)

La estructura del proyecto es destinada para uso residencial, el coeficiente de importancia I es igual a 1.0

Tabla 12
Factor R

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA], 2015)

2.4.7. Factor de reducción de resistencia sísmica (R)

La (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015) presenta una tabla con los valores de R, de acuerdo con el tipo de sistema estructural y su ductilidad. La estructura analizada está conformada por pórticos de hormigón armado con vigas banda, el factor R es igual a 5.

2.4.8. Período de Vibración (T)

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Donde:

C_t : Coeficiente que depende del tipo de edificio

h_n : Altura máxima de la edificación medida desde la base (m)

T : Período de Vibración de la estructura

Tabla 13
Valores de C_t y α

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

Fuente: (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015)

Remplazando los valores de c_t y α en la fórmula principal, se obtiene:

$$T = 0.055 \times 5.40^{0.9} = 0.2509 \text{ seg}$$

$$T_c = 0.55 \times F_s \times \frac{F_d}{F_a} = 0.55 \times 1.4 \times \frac{1.11}{1.12} = 0.763$$

$$T_o = 0.10 \times F_s \times \frac{F_d}{F_a} = 0.10 \times 1.4 \times \frac{1.11}{1.12} = 0.139$$

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = 1.80 \times 0.5 \times 1.12 = 1.008$$

2.4.9. Coeficientes de configuración estructural en planta (ϕ_P) y elevación (ϕ_E)

Los coeficientes de configuración estructural incrementan el valor del cortante de diseño, con la intención de proveer de mayor resistencia a la estructura, pero no evita el posible comportamiento sísmico deficiente de la edificación por tal motivo se recomienda evitar las irregularidades. (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015)

Los valores de los coeficientes para el proyecto sobre vivienda de interés social son los siguientes: $\phi_P = 1.0$; $\phi_E = 1.0$

2.4.10. Cortante Basal

La carga sísmica W representa la carga reactiva por sismo. $W = D$, considerando D igual a la carga muerta de la estructura.

$$V = \frac{I \times S_a}{R \times \phi_P \times \phi_E} \times W$$

$$V = \frac{1.0 \times 1.008}{5.0 \times 1.0 \times 1.0} \times W$$

$$V = 0.202 \times W$$

$$V = 0.202 \times 76.84 = 15.52 \text{ T}$$

2.4.11. Coeficiente relacionado con el período de vibración

Tabla 14

Coeficiente k

Valores de T (s)	k
≤ 0.5	1
$0.5 < T \leq 2.5$	$0.75 + 0.5 T$
> 2.5	2

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015)

Se escoge el valor $k=1$ porque el período de vibración es igual a 0.304 seg.

2.4.12. Distribución de las fuerzas horizontales

Las fuerzas sísmicas de diseño son fuerzas laterales que se obtienen de la distribución del cortante basal en los pórticos de la estructura.

Tabla 15

Carga Reactiva W

Nivel (m)	Área Losa (m ²)	Carga Muerta (T/m ²)	$W_n = CM * A_{losa}$ (T)
N+5.40	68.64	0.47	32.26
N+2.70	57.20	0.78	44.62
W			76.88

Tabla 16

Fuerzas Horizontales

Nivel (m)	W_i (T)	h_i (m)	$W_i * h_i$ (T-m)	V (T)	F_x (T)
N+5.40	32.26	5.40	174.21	15.52	9.18
N+2.70	44.62	2.70	120.46	15.52	6.34
Total			293.75	Total	15.52

2.4.13. Espectro elástico de diseño

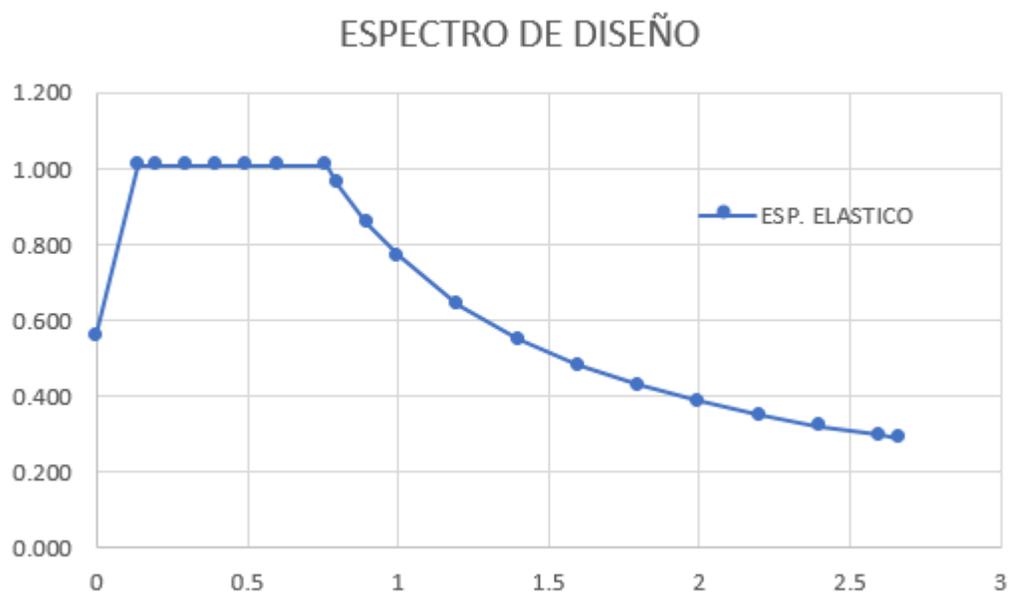


Figura 6 Espectro de diseño

Tabla 17

Valores Espectro de diseño

ESPECTRO ELASTICO DE DISEÑO			
	T (s)	Sa (g)	Sa (m/s ²)
	0	0.560	5.494
To	0.139	1.008	9.888
	0.200	1.008	9.888
	0.300	1.008	9.888
	0.400	1.008	9.888
	0.500	1.008	9.888
	0.600	1.008	9.888
Tc	0.763	1.008	9.888
	0.800	0.962	9.433
	0.900	0.855	8.385
	1.000	0.769	7.546
	1.200	0.641	6.288
	1.400	0.549	5.390

CONTINÚA

	1.600	0.481	4.716
	1.800	0.427	4.192
	2.000	0.385	3.773
	2.200	0.350	3.430
	2.400	0.321	3.144
	2.600	0.296	2.902
TL	2.664	0.289	2.833

2.5. Modelación Estructural

El software computacional empleado para el modelamiento de la estructura es Etabs 16.2.1. El análisis fue realizado mediante método estático con el cortante basal y método dinámico con el espectro de diseño. Las dimensiones finales de los elementos y propiedades de los materiales se especifican en la tabla 18.

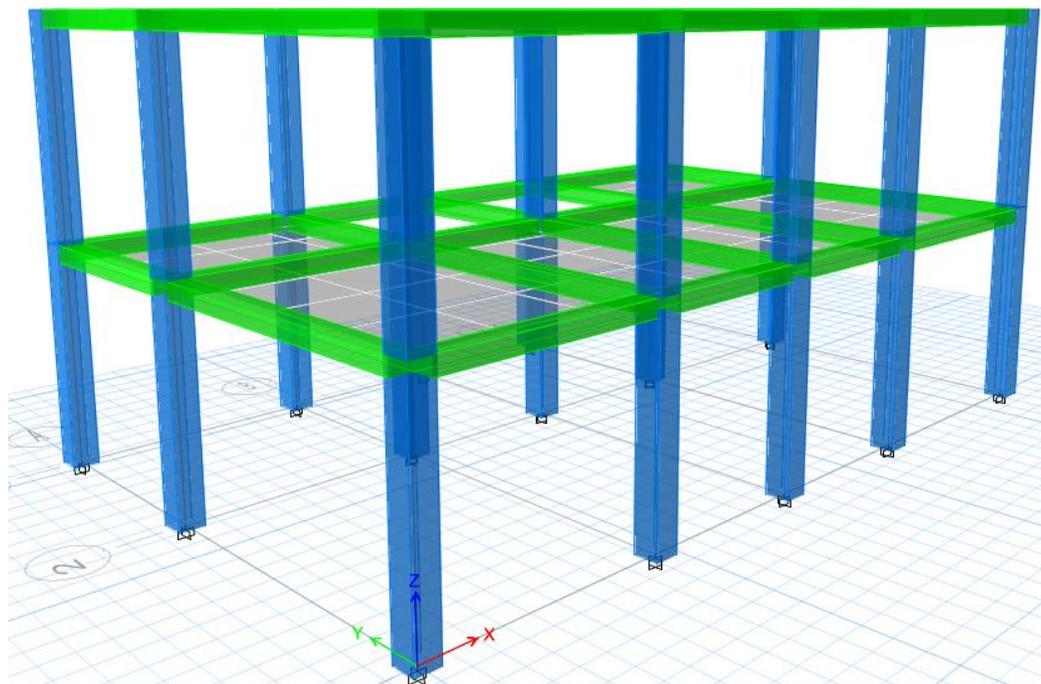


Figura 7 Modelación de la estructura

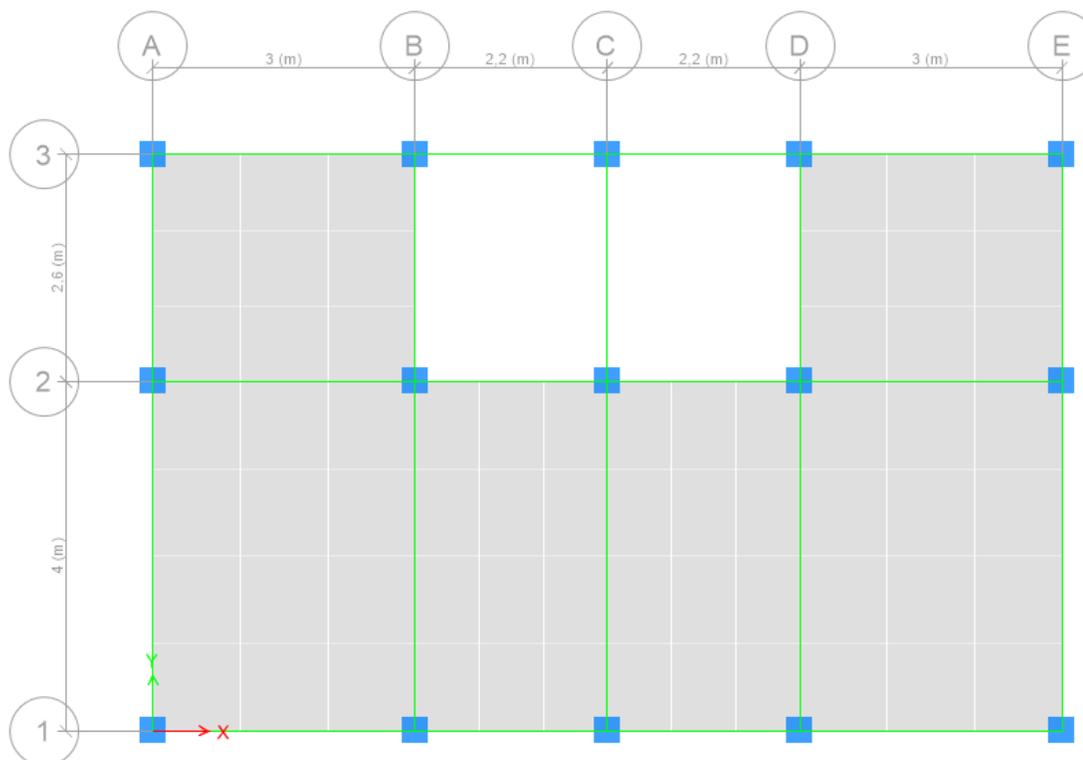


Figura 8 Vista en planta N+2.70m

Tabla 18
Materiales y Secciones

PROPIEDADES MATERIALES		
Hormigón		
Peso Especifico	$\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$	
Esfuerzo hormigón	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	
Modulo Elasticidad	$E_c = 215381 \text{ kg/cm}^2$	
Acero		
Esfuerzo de fluencia	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	
Modulo Elasticidad	$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$	
PROPIEDADES SECCIONES		
Losa alivianada	$h = 20 \text{ cm}$	
Vigas Banda	$b = 25 \text{ cm}$	$h = 20 \text{ cm}$
Columnas	$b = 30 \text{ cm}$	$h = 30 \text{ cm}$

En el software computacional, primero se modelo los elementos estructurales con las dimensiones obtenidas en el predimensionamiento, la losa fue modelada como losa maciza equivalente con espesor de 14.00 cm, en el análisis se observó que no cumple con el criterio de columna fuerte – viga débil y no existe una adecuada conexión viga – columna, porque la normativa sugiere acero de refuerzo de 8 mm; por este motivo se aumentan las dimensiones y se cumple con los criterios establecidos por la normativa ACI 318-14 para obtener un correcto desempeño de la estructura.

2.5.1. Análisis Sísmico Estático

El Análisis sísmico estático de la estructura se realizó con el cálculo de la distribución de fuerzas laterales según la (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015); en el software para el modelamiento se debe indicar el valor del cortante basal en cada sentido de análisis. A continuación, se presenta la información ingresada en el programa.

The screenshot shows the 'Seismic Load Pattern - User Defined' dialog box. Under 'Direction and Eccentricity', the 'X Dir - Eccentricity' checkbox is checked. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0.05. Under 'Factors', 'Base Shear Coefficient, C' is 0.202 and 'Building Height Exp., K' is 1. Under 'Story Range', 'Top Story' is 'Cubierta' and 'Bottom Story' is 'Base'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura 9 Análisis estático sentido x

The screenshot shows the 'Seismic Load Pattern - User Defined' dialog box. Under 'Direction and Eccentricity', the 'Y Dir - Eccentricity' checkbox is checked. The 'Ecc. Ratio (All Diaph.)' is set to 0.05. Under 'Factors', 'Base Shear Coefficient, C' is 0.202 and 'Building Height Exp., K' is 1. Under 'Story Range', 'Top Story' is 'Cubierta' and 'Bottom Story' is 'Base'. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom.

Figura 10 Análisis estático sentido y

2.5.2. Análisis Sísmico Dinámico

El análisis sísmico por el método dinámico se refiere al diseño mediante el espectro de diseño. En el software se ingresa los valores del tiempo (s) vs aceleración (m/seg²) (ver tabla 17).

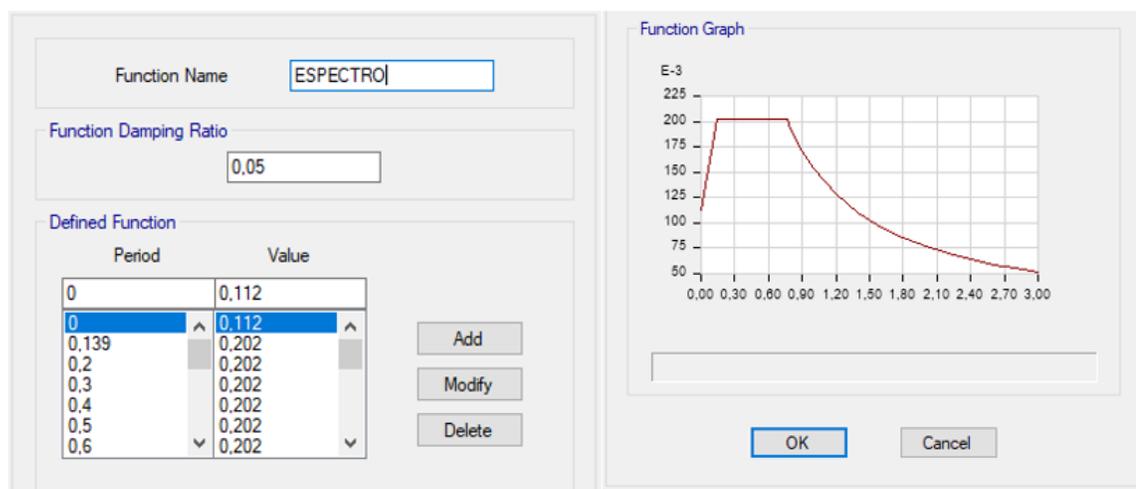


Figura 11 Espectro de diseño

El espectro de diseño se debe aplicar en sentido x (U1) y en sentido y (U2), el software realiza el análisis modal aplicando el método de combinación de carga CQC (ver figura 12 y 13).

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MASA)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	ESPECTROR5	9,3578

Add
Delete
 Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0,05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Figura 12 Análisis dinámico sentido x

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Response Spectrum Notes...

Exclude Objects in this Group: Not Applicable

Mass Source: Previous (MASA)

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	ESPECTROR5	9,3205

Add
Delete
 Advanced

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Modal Combination Method: CQC

Include Rigid Response

Rigid Frequency, f1:

Rigid Frequency, f2:

Periodic + Rigid Type:

Earthquake Duration, td:

Directional Combination Type: SRSS

Absolute Directional Combination Scale Factor:

Modal Damping: Constant at 0,05 Modify/Show...

Diaphragm Eccentricity: 0 for All Diaphragms Modify/Show...

OK Cancel

Figura 13 Análisis dinámico sentido y

Tabla 19
Modos de Vibrar

Período	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
sec						
0.363	0.000	0.872	0.000	0.872	0.000	0.000
0.344	0.868	0.000	0.868	0.872	0.012	0.012
0.310	0.011	0.000	0.879	0.872	0.860	0.872
0.108	0.000	0.129	0.879	1.000	0.000	0.872
0.107	0.109	0.000	0.989	1.000	0.013	0.884
0.095	0.011	0.000	1.000	1.000	0.116	1.000

Tabla 20
Participación Modal

PPM		
X	Y	RZ
%	%	%
0.00	100.00	0.00
98.73	0.00	1.18
1.27	0.00	85.97

Los porcentajes recomendados de participación modal de la masa en la (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015) en la sección 6.2 menciona que la PPM en la dirección UX, UY debe ser mayor o igual al 90% respectivamente, además la participación del giro (Rz) debe ser menor al 10% en los dos primeros modos de vibración y mayor o igual al 50% en el tercer modo de vibración para evitar efectos torsionales, además se debe presentar los modos de vibración hasta que la suma acumulada sea mayor al 90% en Ux y Uy.

2.5.3. Derivas de piso

La deriva de piso es el desplazamiento lateral relativo de un piso con respecto al siguiente, por acción de una fuerza horizontal. La (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015) establece los valores máximos para derivas en estructuras de hormigón armado.

Tabla 21

Valores de ΔM máximos, expresados como fracción de la altura de piso

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

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015)

La deriva máxima en cada piso no puede exceder del 2% y se calcula con la siguiente expresión, donde se relaciona el factor de reducción de respuesta sísmica R.

$$\Delta_M = 0.75 \times R \times \Delta_E \quad \text{NEC-SE-DS 6.3.9}$$

Tabla 22

Derivas de piso calculadas

NIVEL	Sentido X		Sentido y	
	ΔE	ΔM	ΔE	ΔM
N+5.40	0.0009	0.004	0.0012	0.004
N+2.70	0.0008	0.003	0.0010	0.004

En la tabla 22 se observa que la deriva de piso calculada para cada sentido, no supera los valores máximos que indica la normativa, por lo tanto, la estructura cumple el requerimiento.

2.6. Diseño Elementos Estructurales

Con el modelo estructural obtenido del software computacional utilizado para verificar que el diseño resiste cargas verticales y sísmicas, se realiza el cálculo del acero de refuerzo para cada elemento. En la figura 14 y 15 se presenta las dimensiones finales de vigas y columnas



Figura 14 Dimensiones elementos pórtico y



Figura 15 Dimensiones elementos pórtico x

2.6.1. Losa Entrepiso y Cubierta

La altura de losa es 20cm, alivianamientos de 40x20x15, carpeta de compresión con espesor de 5cm y nervios de 10cm. Cada una de las losas se diseñaron aplicando el método del nervio continuo.

Tabla 23

Análisis de cargas losa entrepiso

Elementos	Dimensiones (m)	Peso específico (T/m ³)	Carga (T/m ²)
Nervios	3.6 x 0.10 x 0.15	2.40	0.129
Carpeta Compresión	1.00 x 1.00 x 0.05	2.40	0.12
Alivianamientos	8 x 0.20 x 0,4 x 0.15	1.00	0.096
Peso Propio Losa			0.345
Paredes Bloque	asumido	asumido	0.150
Enlucido y masillado	1.00 x 1.00 x 0.04	2.20	0.088
Recubrimiento piso	1.00 x 1.00 x 0.02	2.20	0.044
CARGA MUERTA			0.627
CARGA VIVA			0.200
CARGA TOTAL			0.827

La losa de cubierta es inaccesible, tiene una carga total de 0.503 T/m², donde la carga viva es 0.07 T/m² y la carga muerta 0.433 T/m²

2.6.1.1. Carga Nervio

$W/\text{nervio} = Q_T \times \text{Ancho cooperante}$

$W/\text{nervio} = 0.827 \text{ T/m}^2 \times 0.50 \text{ m}^2 = 0.41 \text{ T/ml}$

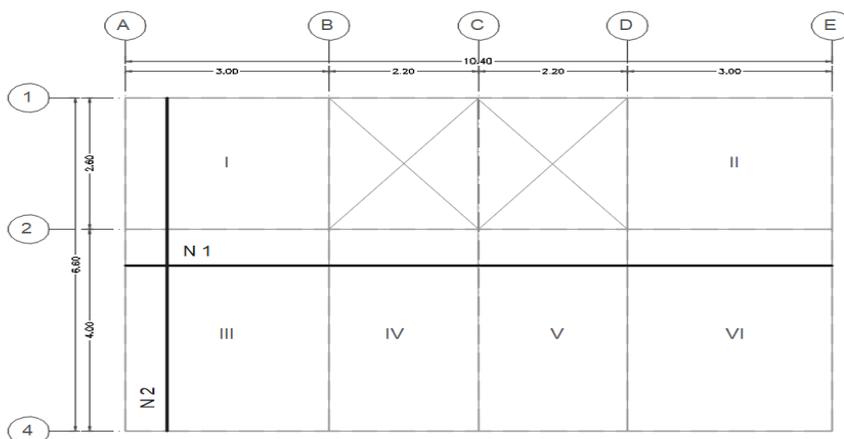


Figura 16 Ubicación nervio continuo

2.6.1.2. Acero Mínimo

$$\rho_{\text{mín}} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = \rho \times b \times d = 0.0033 \times 10\text{cm} \times 17\text{cm} = 0.56 \text{ cm}^2$$

Tabla 24

Armadura losa sentido x

NERVIO N1					
Longitud	Vano 1	Vano 2	Vano 3	Vano 4	
	3.00	2.20	2.20	3.00	
Carga	0.41 x 0.76	0.41 x 0.92	0.41 x 0.92	0.41 x 0.76	
	0.31	0.38	0.38	0.31	
Mu (-)	0.153	0.333	0.217	0.333	0.153
Mu (+)	0.263	0.170	0.170	0.263	
As requerido	0.24	0.54	0.35	0.54	0.24
	0.42	0.27	0.27	0.42	
As colocado	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
	0.56	0.56	0.56	0.56	
varillas comerciales	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10
	1Ø10	1Ø10	1Ø10	1Ø10	

Tabla 25
Armadura losa sentido y

Longitud	NERVIO N2		
	Vano 1	Vano 2	
	2.60	4.00	
Carga	0.41 X 0.64	0.41 X 0.24	
	0.26	0.10	
Mu (-)	0.097	0.416	0.086
Mu (+)		0.166	0.148
As requerido	0.15	0.68	0.14
		0.26	0.23
As colocado	0.56	0.68	0.56
		0.56	0.56
varillas comerciales	1Ø10	1Ø10	1Ø10
		1Ø10	1Ø10

2.6.1.3. Verificación de Cortante

$$V_u = 0.70 \text{ T}$$

$$v_c = \frac{V_u}{\phi \times b \times d}$$

$$v_c = \frac{0.70 * 1000}{0.75 \times 10 \times 17} = 5.49 \frac{kg}{cm^2}$$

$$v_p = 0.53 \sqrt{f'c}$$

$$v_p = 0.53 \sqrt{210} = 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_p > v_c \text{ (cumple)}$$

El valor del cortante admisible es mayor al calculado, por lo tanto, se concluye que no existe problema de cortante.

2.6.2. Elementos a flexión (Vigas)

Las dimensiones de las vigas de la estructura, luego de ser analizadas y verificar que cumplan con los requisitos de la normativa, se escogió una viga banda de 25 x 20 cm para cada dirección. Se realiza el diseño para la viga de entrepiso del pórtico B porque recibe la mayor cantidad de carga. El pórtico tiene dos vanos, las vigas se diseñan en conjunto para que se genere un elemento monolítico entre las vigas banda y las columnas.

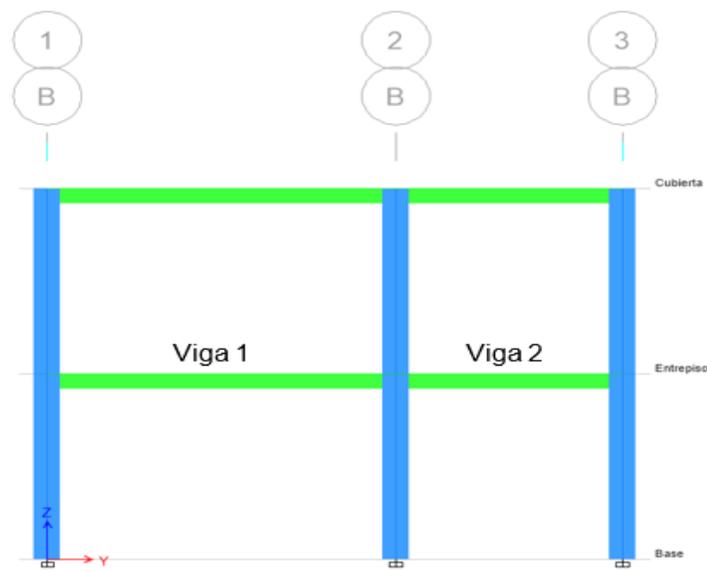


Figura 17 Vigas de diseño

2.6.2.1. Acero mínimo de refuerzo

La (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM], 2015) establece que se debe aplicar las siguientes expresiones para determinar el acero mínimo de refuerzo.

$$A_s \geq \max \left[\frac{1.4}{f_y} b_w d; \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d \right]$$

Dónde:

A_s = Área de refuerzo de flexión

b_w = Ancho del alma

d = Distancia desde la fibra extrema en compresión hasta el centroide del refuerzo longitudinal en tracción

f_y = Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo

f'_c = Resistencia especificada a la compresión del Hormigón

$$A_s \geq \max \left[\frac{14}{4200} \times 25 \times 16; \frac{\sqrt{210}}{4 \times 4200} \times 25 \times 16 \right]$$

$$A_s \geq \max[1.33 ; 0.35]$$

$$A_{s \text{ mín}} = 1.07 \text{ cm}^2$$

2.6.2.2. Acero máximo de refuerzo

- Cuantía máxima

$$\rho_{\max} = 0.5 \times \rho \text{ balanceado}$$

$$\rho \text{ balanceado} = 0.85 \times \beta_1 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{0.003}{\frac{F_y}{E_s} + 0.003}$$

$$\rho \text{ balanceado} = 0.0214$$

$$\rho_{\max} = 0.5 \times 0.0214 = 0.0107$$

Si la cuantía máxima es superada, se deberá aumentar las dimensiones de las vigas.

$$A_{s \max} = \rho \times b \times d$$

$$A_{s \max} = 0.0107 \times 25 \times 16$$

$$A_{s \max} = 4.28 \text{ cm}^2$$

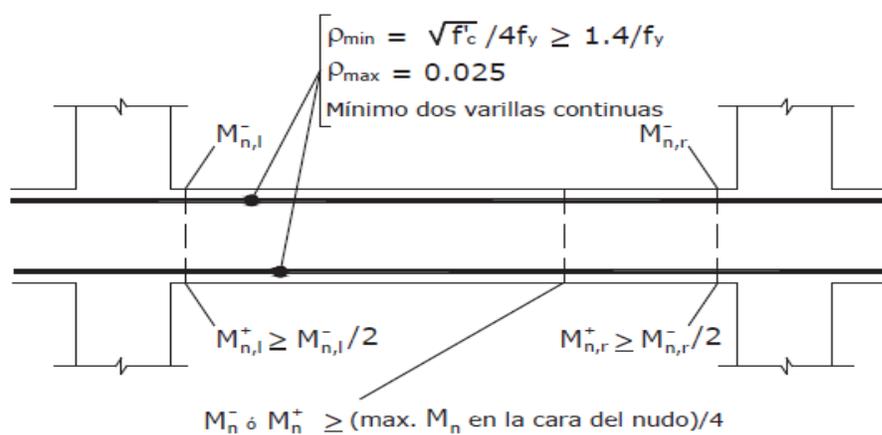


Figura 18 Requisitos refuerzo longitudinal

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM], 2015)

2.6.2.3. Diseño a flexión

El valor de momento último se obtiene con la envolvente de momentos, realizada en el programa computacional, luego se calcula el valor de la cuantía y el área de acero, respetando los valores mínimos y máximos que especifica la normativa. Se colocó a lo largo de la viga dos varillas de 12 mm en la parte superior e inferior como armadura mínima.

Tabla 26
Armadura viga eje B

		VIGA EJE B					
Longitud	(m)	Vano 1			Vano 2		
		L = 4.00 m			L = 2.60 m		
Mu (-)	(T-m)	1.12	0.28	1.09	0.78	0.20	0.80
Mu (+)		0.56	0.45	0.55	0.41	0.22	0.56
As requerido	(cm2)	1.97	0.47	1.91	1.34	0.33	1.38
		0.95	0.76	0.94	0.69	0.37	0.95
As colocado	(cm2)	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26
		2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26
varillas comerciales	diam	2Ø12	2Ø12	2Ø12	2Ø12	2Ø12	2Ø12
	(mm)	2Ø12	2Ø12	2Ø12	2Ø12	2Ø12	2Ø12

2.6.2.4. Diseño a corte

Se diseña con el momento de máxima capacidad, aplicando los criterios de la (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM], 2015)

- Momentos en los extremos de las vigas

$$M_u = A_s \times \alpha \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) ; \alpha = 1.25$$

$$M_p = 1.25 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{A_s \times \alpha \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b}$$

- Corte hiperestático

“Es importante realizar el diseño de los estribos por capacidad ya que se debe considerar que, al diseñar la viga con el acero de refuerzo longitudinal, se generan momentos en los extremos de la viga que producen doble curvatura, y que provocan fuerzas de corte hiperestáticas. Este corte se obtiene de la siguiente manera.” (Norma Ecuatoriana de la Construcción [Guía de diseño 1], 2016)

$$V_p = \left(\frac{M_{i(-)} + M_{j(+)}}{L}; \frac{M_{i(+)} + M_{j(-)}}{L} \right)$$

- Cortante último

$$V_u = V_a + V_p$$

$$\text{Si } V_p \geq 0.50 V_u \rightarrow V_c = 0$$

V_a = cortante por fuerzas gravitacionales

Tabla 27
Cortante último viga eje B

VIGA EJE B					
Longitud	(m)	Vano 1		Vano 2	
		L = 4.00 m		L = 2.60 m	
As	(cm ²)	2.26	2.26	2.26	2.26
		2.26	2.26	2.26	2.26
a	(cm)	2.66	2.66	2.66	2.66
		2.66	2.66	2.66	2.66
Mp	(T-m)	1.74	1.74	1.74	1.74
		1.74	1.74	1.74	1.74
Ln	(m)	3.70		2.30	
Vp	(T)	0.94	0.94	1.51	1.51
Vp max	(T)	0.94		1.51	
Va	(T)	0.84		0.84	
Vu= Va+Vp	(T)	1.78		2.35	
Vp ≥ 0.5 Vu	(T)	Vc = 0		Vc = 0	

Para el cortante último se escoge el mayor valor de los dos tramos de la viga; por lo tanto,

$$V_u = 2.35 T$$

- Acero Requerido

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

$$A_v = \frac{V_u}{f_y \times d}$$

$$A_v = \frac{2350}{0.75} - 0$$

$$A_v = \frac{2350}{4200 \times 16}$$

$$\frac{A_v}{s} = 4.66 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Espaciamiento (s) de los estribos

La (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM], 2015) sección 4.2.8, expone que para todo tipo de estructuras se debe colocar estribos por confinamiento (ver figura 18).

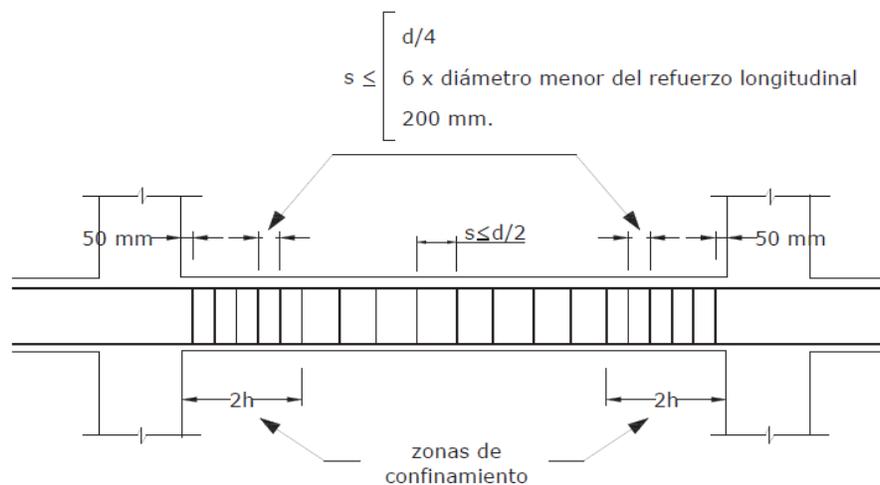


Figura 19 Separación de estribos

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM], 2015)

En zonas de confinamiento el espaciamiento será el menor valor de las siguientes expresiones:

$$d/4 = 16/4 = 4.00 \text{ cm}$$

$$6 \times \text{diámetro menor del refuerzo longitudinal} = 6 \times 1.2 = 7.20 \text{ cm}$$

$$200 \text{ mm} = 20.00 \text{ cm}$$

El valor escogido debería ser $s = 4.00 \text{ cm}$, pero la (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA], 2015) expone “para viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5.00 m, el refuerzo de acero será una varilla con diámetro 8 mm @ 5cm en L/4 (extremos) y 10 cm(centro)”

- Acero Mínimo

$$A_{v_{\text{mín}}} = 0.0625 \times \sqrt{f'_c} \times \frac{b \times s}{f_y} \geq 0.35 \times \frac{b \times s}{f_y}$$

$$A_{v_{\text{mín}}} = 0.0625 \times \sqrt{210} \times \frac{20 \times 5}{4200} \geq 0.35 \times \frac{20 \times 5}{4200}$$

$$A_{v_{\text{mín}}} = 0.0216 \geq 0.0083$$

$$0.0466 \geq 0.0216 \text{ (cumple!)}$$

El espaciamiento máximo de los estribos utilizados para soportar al corte no debe exceder de 1.5 h o 1.2 metros, la que sea menor. (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014) sección 9.6.3.1.

2.6.3. Elementos a flexo-compresión (columnas)

Se diseñará la columna del pórtico B sobre el eje 2 (ver figura 21). La (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA], 2015) expone que para estructuras de hasta dos pisos con luces de hasta 5.00 m, las dimensiones mínimas en columnas son de 25x25, dimensiones menores a las que especifica la norma ecuatoriana para estructuras de hormigón armado.

Una vez realizado el modelo en un software estructural se observó que con dichas dimensiones no se cumplía la conexión viga – columna, por lo tanto, se escogió dimensiones de 30 x30 para todas las columnas.

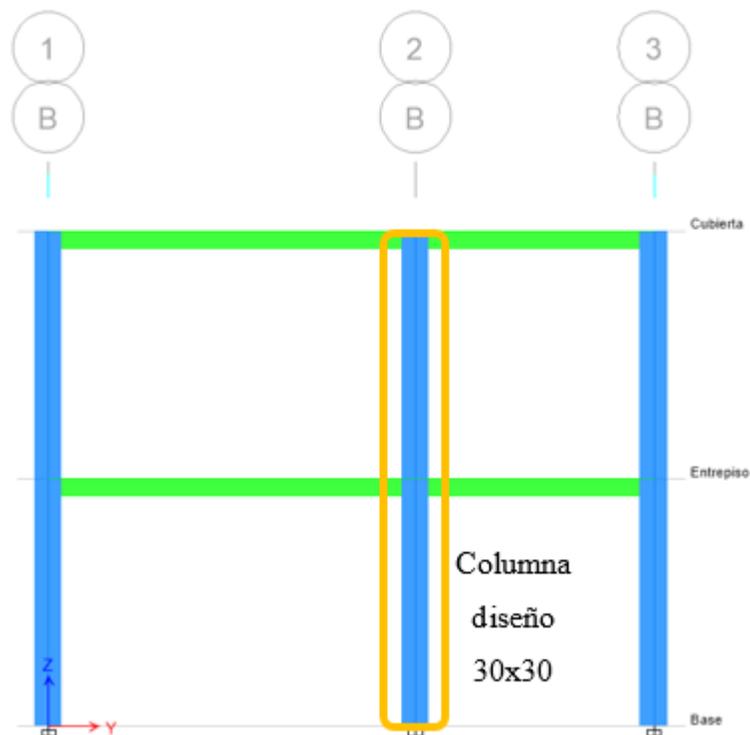


Figura 20 Columna de diseño

2.6.3.1. Armadura mínima

Para la armadura mínima se asume una cuantía del 1%

$$A_s = 0.01 \times b \times d$$

$$A_s = 0.01 \times 30 \times 30$$

$$A_s = 9.00 \text{ cm}^2 \rightarrow 8 \text{ } \emptyset \text{ 12mm}$$

La armadura de refuerzo seleccionada debe cumplir con la siguiente expresión:

$$0.01 \leq \frac{A_s}{b \times h} \leq 0.03 ; \quad \text{NEC} - \text{SE} - \text{HM 4.3.3}$$

$$0.01 \leq \frac{9.05}{30 \times 30} \leq 0.03$$

$$0.01 \leq 0.01 \leq 0.03 ; \quad (\text{cumple!})$$

2.6.3.2. Carga y momentos actuantes

Los valores son obtenidos del software computacional utilizado para el diseño.

Tabla 28

Momentos últimos columna

	Mxx (T-m)	Myy (T-m)	Pu (T)
Cabeza	-1.56	-1.78	17.70
Pie	2.70	3.12	18.35

2.6.3.3. Verificación Esbeltez

En el diseño de toda columna se debe verificar la esbeltez, para pórticos no arriostrados se aplica la siguiente expresión:

$$\frac{k \times Lu}{r} < 22 \quad ; \quad r = 0.3h$$

- Inercia elementos

$$I_{g_{viga}} = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{25 \times 20^3}{12} = 16666.67 \text{ cm}^4$$

$$I_{g_{col}} = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{30 \times 30^3}{12} = 67500.00 \text{ cm}^4$$

- Rigidez

$$k_{col} = \frac{I_{g_{col}}}{L_{col}} = \frac{67500}{250} = 270 \text{ cm}^3$$

$$k_{viga} = \frac{I_{g_{viga}}}{L_{viga}} = \frac{16666.67}{400} = 41.67 \text{ cm}^3$$

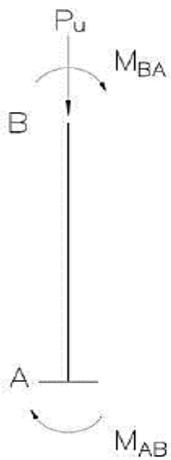
$$\Psi_B = \frac{\sum k_{col}}{\sum k_{viga}} = \frac{0.7(270 + 270)}{0.35(41.67 + 41.67)} = 12.96$$

- Inercia agrietada

La (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015) sección 6.1.6b; expone que para determinar el valor de la inercia agrietada para vigas y columnas se debe aplicar los siguientes factores:

0.5 I_g (Vigas)

0.8 I_g (Columnas)



$\Psi_A = 1.00$; apoyo semiempotrado; porque se asume que la columna puede admitir pequeños giros

$$\Psi_B = 12.96 \times \frac{0.8}{0.5} = 20.74$$

$k = 1.8 \rightarrow$ nomograma

- Esbeltez

$$\frac{1.8 \times 250}{0.3 \times 30} = 50 > 22 ; \text{ existe efectos de esbeltez}$$

A continuación, se aplica el método de amplificación de momentos, porque en el diseño se debe considerar los efectos de esbeltez.

2.6.3.4. Método amplificación momentos

- Carga crítica de pandeo col 30x30

$$EI = \frac{0.4 \times E_c \times I_g \text{ col}}{1 + \beta_d} = \frac{0.4 \times 215381.058 \times 67500}{1 + 0.6} = 3634555354 \text{ kg} \times \text{cm}^2$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times EI}{(k \times L_u)^2} = \frac{\pi^2 \times 3634555354}{(1.8 \times 250)^2} = 177143.82 \text{ kg}$$

$$\sum P_{cr} = (15 \text{ col} \times 177143.82) = 2657157.30 \text{ kg}$$

- Cargas últimas para columnas de todo el piso (T)

Tabla 29
Cargas últimas

EJES	A	B	C	D	E
1	5.21	9.21	7.44	9.21	5.21
2	8.95	18.35	11.49	18.35	8.95
3	2.57	3.54	2.04	3.54	2.57

$$\sum P_u = 116.63 \text{ T} = 116630 \text{ kg}$$

- Factor amplificación momento

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \times P_{cr}}} \geq 1 = \frac{1}{1 - \frac{18350}{0.75 \times 177143.82}} = 1.16 > 1$$

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \times \sum P_{cr}}} \geq 1 = \frac{1}{1 - \frac{116630}{0.75 \times 2657157.30}} = 1.06 > 1$$

$$M_c = \delta_b M_{2b} + \delta_s M_{2s} = 1.16 \times 0.40 + 1.06 \times 2.72 = 3.35 \text{ Tm}$$

Donde:

M_{2b} : Momento flector último producido por cargas verticales

M_{2s} : Momento provocado por las cargas que producen desplazamientos transversales apreciables (sismo-viento)

2.6.3.5. Diagrama iteración

La armadura escogida es $8\phi 12\text{mm}$ para la columna de 30×30 ; se ubica en el diagrama de iteración carga-momento (ver figura 20) y se verifica que se encuentre dentro de los límites establecidos.

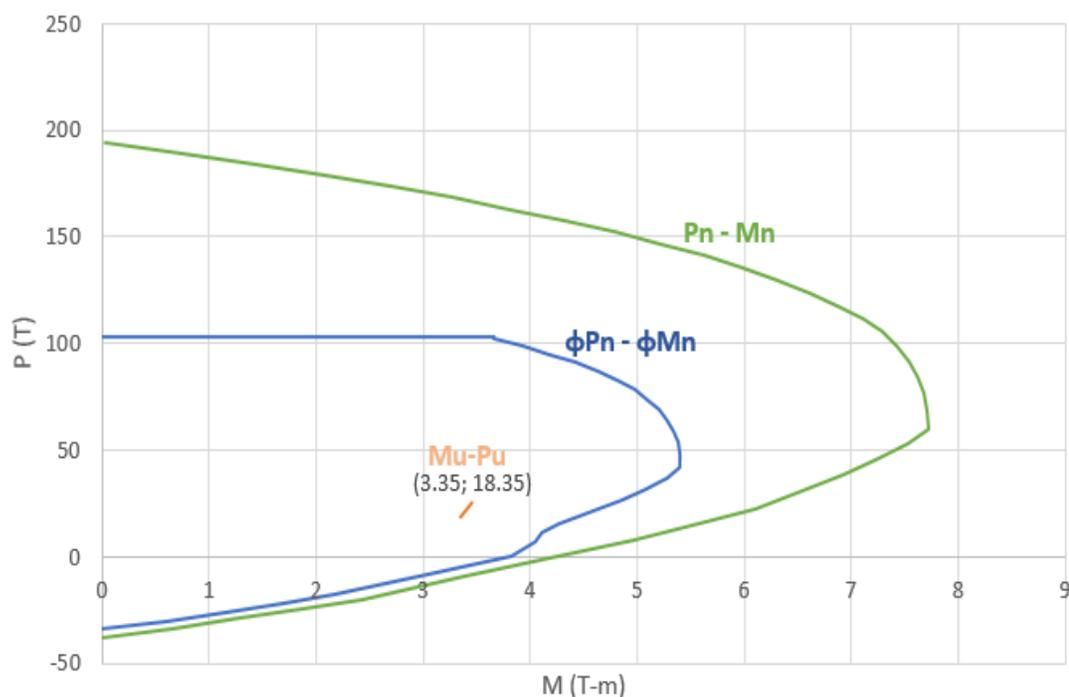


Figura 21 Diagrama de iteración columna 30×30

La carga y momento último $P_u = 18.35$ T y $M_u = 3.35$ T con armadura $8 \phi 12\text{mm}$ para la columna de 30×30 , se encuentra dentro del gráfico $\phi P_n - \phi M_n$, el cual indica la capacidad de la columna, con este diagrama se demuestra que la armadura y sección propuesta es suficiente para soportar las cargas solicitadas. El diagrama $P_n - M_n$ representa la capacidad nominal de la columna.

2.6.3.6. Espaciamiento refuerzo transversal

La distribución de estribos se realizó de acuerdo con lo que especifica (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM], 2015). En la figura 21 se presenta el espaciamiento de la normativa de diseño.

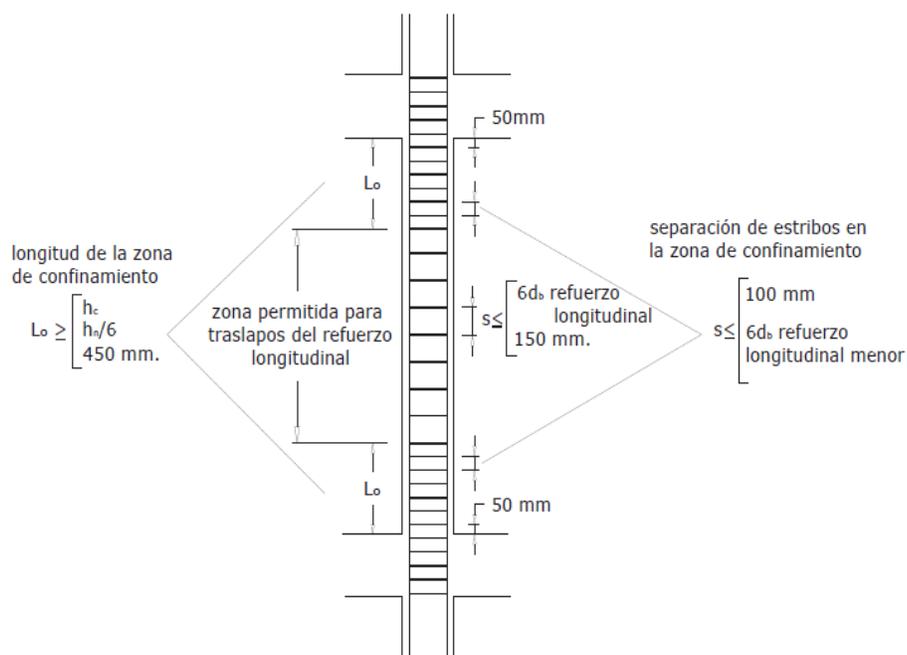


Figura 22 Espaciamiento estribos

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM], 2015)

- Longitud de confinamiento:
 $L_o \geq (30\text{cm}; 250/6 = 41.67 \text{ cm}; 45\text{cm})$
 $L_o = 45 \text{ cm}$
- Separación estribos zona de refuerzo longitudinal:
 $s \leq (6 \times 1.2 = 7.2 \text{ cm}; 15 \text{ cm})$
 $s = 7.20 \text{ cm}$
- Separación estribos zona de confinamiento:
 $s \leq (10 \text{ cm}; 6 \times 1.2 = 7.2 \text{ cm})$
 $s = 7.20 \text{ cm}$

2.6.3.7. Diseño por confinamiento

La (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM], 2015) sección 4.3.4(c) expone las siguientes ecuaciones para el diseño por confinamiento en columnas de hormigón armado.

$$A_{sh} = 0.3 \times \frac{s \times b_c \times f'_c}{f_{yt}} \times \left[\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0.09 \times \frac{s \times b_c \times f'_c}{f_{yt}}$$

Donde:

s: espaciamiento entre estribos

b_c: dimensión medida entre los bordes externos del refuerzo transversal

f'_c: resistencia del hormigón a compresión (kg/cm²)

A_g: área bruta de hormigón

A_{ch}: área interior confinada

A_{sh}: área total del refuerzo transversal

Se calcula el acero transversal con las dos ecuaciones propuestas y se escoge como resultado el de mayor valor.

$$A_{sh_1} = 0.3 \times \frac{7.2 \times 21 \times 210}{4200} \times \left[\frac{900}{441} - 1 \right] = 2.36 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh_2} = 0.09 \times \frac{7.2 \times 21 \times 210}{4200} = 0.68 \text{ cm}^2$$

Se requiere 3 ramales para cada sentido de la columna, por lo tanto, se escoge colocar dos estribos de 10 mm de diámetro cada 7.2 cm.

Tabla 30

Armadura columnas

b	cm	30.00
h	cm	30.00
Ag	cm ²	900.00
As	cm ²	9.00
Varillas	mm	8 ϕ 12 mm
Ash1	cm ²	2.36
Ash2	cm ²	0.68
As	cm ²	2.36
ϕ varilla	mm	10.00
S	cm	7.20
# ramales	#	3

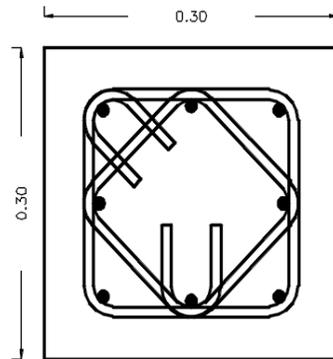


Figura 23 Vista en corte columna

2.7. Análisis Conexión Viga-Columna

Para el análisis de la conexión viga-columna se considera tres tipos de nudos, interior, exterior y esquinero. La normativa aplicada es la ACI 318-14, se realiza controles por deterioro de adherencia, cortante y confinamiento. Los nudos analizados forman parte del entrepiso de la estructura.

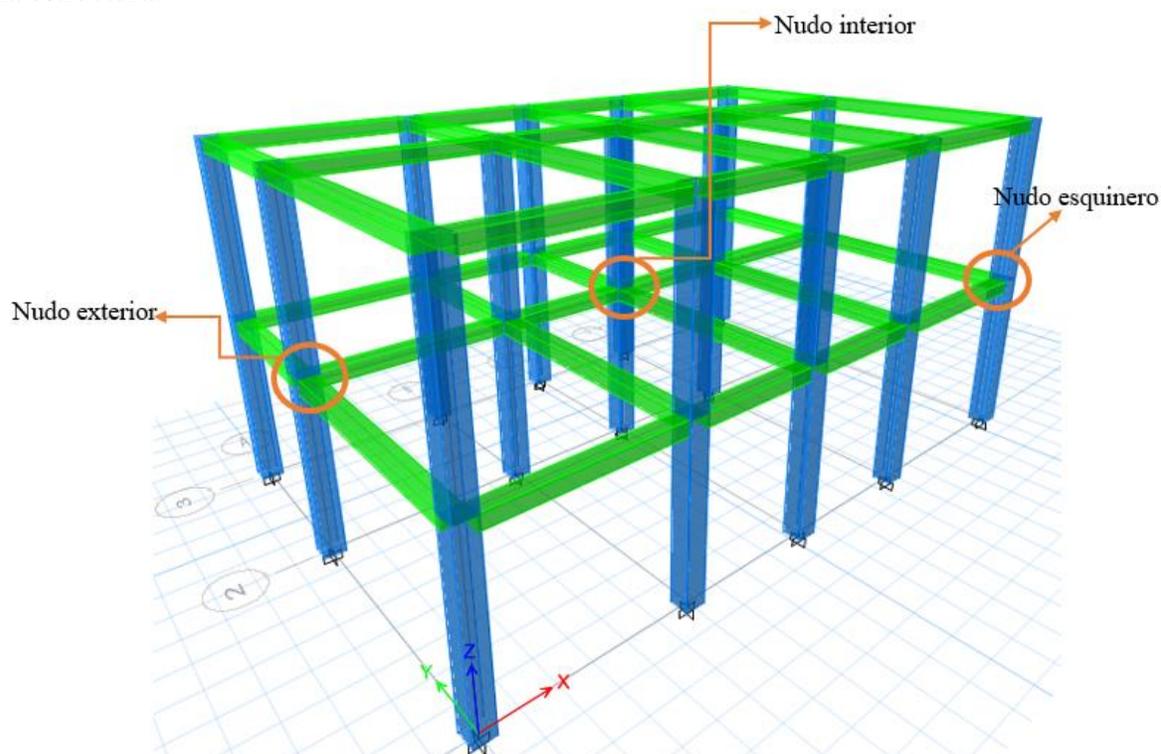


Figura 24 Nudos Análisis

Tabla 31

Dimensiones elementos

ELEMENTO	ANCHO "b"	PERALTE "h"	Armadura superior As1	Armadura inferior As2
Vigas	25 cm	20 cm	2 \emptyset 12 mm	2 \emptyset 12 mm
Columnas	30 cm	30 cm	8 \emptyset 12 mm	

2.7.1. Diseño del nudo interior

2.7.1.1. Control de deterioro de adherencia

Si el refuerzo longitudinal de una viga atraviesa un nudo viga-columna, la dimensión de la columna paralela al refuerzo de la viga no debe ser menor que 20 veces el diámetro de la barra longitudinal de mayor diámetro. (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

$$h_c \geq 20 \phi_v; \quad 300 \text{ mm} \geq 20 (12); \quad 300 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm}$$

$$h_v \geq 20 \phi_c; \quad 200 \text{ mm} \geq 20 (12); \quad 200 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$$

La condición para peralte de la viga no cumple, como solución se puede aumentar la sección a 25cm, se aceptará este valor si se genera problema de cortante.

2.7.1.2. Resistencia al cortante horizontal

- Cortante aplicado al nudo, V_j

$$A_{s1} = 2.26 \text{ cm}^2; \quad A_{s2} = 2.26 \text{ cm}^2$$

$$M_1 = A_{s1} \times F_y \left(d - A_{s1} \times \frac{F_y}{1.7 f'c b_v} \right)$$

$$M_2 = A_{s2} \times F_y \left(d - A_{s2} \times \frac{F_y}{1.7 f'c b_v} \right)$$

$$M_1 = M_2 = 2.26 \times 1.25 \times 4200 \times \left(16 - 2.26 \times 1.25 \times \frac{4200}{1.7 \times 210 \times 25} \right)$$

$$M_1 = M_2 = 1.74 \text{ Tm}$$

$$V_{\text{col}} = \frac{M_1 + M_2}{H} = \frac{1.74 + 1.74}{2.70} = 1.29 \text{ T}$$

$$T_1 = A_{s1} \alpha F_y = 2.26 \times 1.25 \times 4200 = 11.87 \text{ T}$$

$$C_2 = A_{s2} \alpha F_y = 2.26 \times 1.25 \times 4200 = 11.87 \text{ T}$$

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{\text{col}} = 11.87 + 11.87 - 1.29 = 22.45 \text{ T}$$

- Cortante resistido por el nudo, V_n

Para nudos confinados en las cuatro caras $V_n = 5.3 \lambda \sqrt{f'c} A_j$. (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

$$A_j = b_j \times h_j = b_v \times h_c$$

La viga llega a una columna más ancha que la base de la viga, por lo tanto, b_j debe cumplir las siguientes condiciones.

$$b_j = \text{mín}[b_v + h_j ; b_v + 2x]$$

$$b_j = \text{mín}[25 + 30 ; 25 + 2 \times 2.5]$$

$$b_j = 30 \text{ cm}$$

$$A_j = b_j \times h_j = b_v \times h_c = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$$

$$V_n = 5.3 \lambda \sqrt{f'c} A_j = 5.3 \times 1.0 \times \sqrt{210} \times 900 = 69.12 \text{ T}$$

$$\phi V_n \geq V_j$$

$$0.85 \times 69.12 \geq 22.45$$

$$58.75 \text{ T} \geq 22.45 \text{ T} ; (\text{¡Si Cumple!})$$

2.7.1.3. Resistencia al cortante vertical

- Cortante aplicado al nudo, V_{j_v}

Para que no exista problema de cortante vertical, se debe verificar que el peralte de la viga sea menor al peralte de la columna.

$$h_v < h_c ; \quad 20 \text{ cm} < 30 \text{ cm}; \quad (\text{si cumple!})$$

$$V_{j_v} = V_j \times \left(\frac{h_v}{h_c} \right) = 22.45 \times \left(\frac{20}{30} \right) = 14.96 \text{ T}$$

$$V_{j_v} \leq V_j ; \quad 14.96 \text{ T} < 22.45 \text{ T}; \quad (\text{cumple!})$$

- Cortante vertical resistido por el nudo, V_{n_v}

Para el cortante vertical resistido por el nudo, se verifica que la columna tenga por lo menos un hierro en la parte central en cada una de las caras.

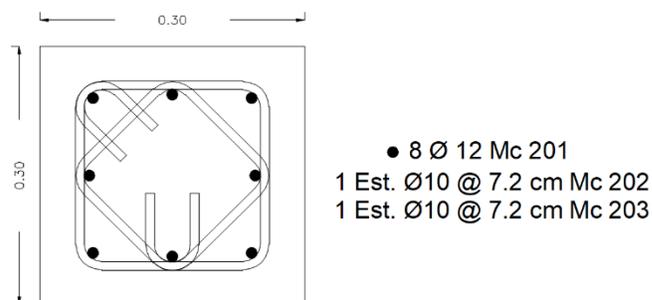


Figura 25 Armadura columna 30x30

En el nudo analizado no existe problema de corte vertical

2.7.1.4. Refuerzo de confinamiento, A_{sh}

Se considera que un elemento proporciona confinamiento al nudo si al menos las tres cuartas partes de la cara del nudo están cubiertas por el elemento que llega al nudo. (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

$$b_v > 0.75 b_c \quad ; \quad 25 > 0.75 \times 30 \quad ; \quad 25 > 22.50$$

$$b_v > 0.75 h_c \quad ; \quad 25 > 0.75 \times 30 \quad ; \quad 25 > 22.50$$

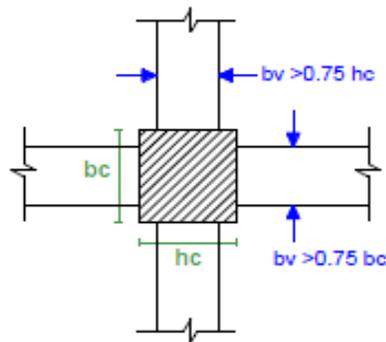


Figura 26 Condiciones confinamiento nudo

Fuente (Aguilar, 2014)

Espaciamiento mínimo

$$s_h = \text{mín} \left[\frac{b_c}{4}; \frac{h_c}{4}; 6 \phi_{\text{col}}; 15\text{cm} \right]$$

$$s_h = \text{mín} \left[\frac{30}{4}; \frac{30}{4}; 6 \times 1.2; 15\text{cm} \right]$$

$$s_h = \text{mín} [7.50; 7.50; 7.20; 15\text{cm}]$$

$$s_h = 7.20 \text{ cm}$$

El nudo analizado si cumple con el requerimiento para confinamiento. La armadura es

$$A_{sh} = 2.36 \text{ cm}^2 @ 7.20 \text{ cm}$$

2.7.2. Diseño del nudo exterior

Dirección de análisis en sentido X, perpendicular al borde

2.7.2.1. Control de deterioro de adherencia

$$h_c \geq 20 \phi_v; \quad 300 \text{ mm} \geq 20 (12); \quad 300 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm}$$

$$h_v \geq 20 \phi_c; \quad 200 \text{ mm} \geq 20 (12); \quad 200 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$$

Se acepta el valor del peralte de la viga, si se cumple el chequeo a cortante presentado a continuación.

2.7.2.2. Resistencia al cortante horizontal

- Cortante aplicado al nudo, V_j

$$M_1 = A_{s1} \times F_y \left(d - A_{s1} \times \frac{F_y}{1.7 f'c b_v} \right)$$

$$M_1 = 2.26 \times 1.25 \times 4200 \times \left(16 - 2.26 \times 1.25 \times \frac{4200}{1.7 \times 210 \times 25} \right)$$

$$M_1 = 1.74 \text{ Tm}$$

$$V_{col} = \frac{M_1}{H} = \frac{1.74}{2.70} = 0.64 \text{ T}$$

$$T_1 = A_{s1} \alpha F_y = 2.26 \times 1.25 \times 4200 = 11.87 \text{ T}$$

$$V_j = T_1 - V_{col} = 11.87 - 0.64 = 11.23 \text{ T}$$

- Cortante resistido por el nudo, V_n

Para nudos confinados en las cuatro caras $V_n = 4.0 \lambda \sqrt{f'_c} A_j$ (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

$$A_j = b_j \times h_j = b_v \times h_c$$

La viga llega a una columna más ancha que la base de la viga, por lo tanto, b_j debe cumplir las siguientes condiciones.

$$b_j = \text{mín}[b_v + h_j ; b_v + 2x]$$

$$b_j = \text{mín}[25 + 30 ; 25 + 2 \times 2.5] = 30 \text{ cm}$$

$$A_j = b_j \times h_j = b_v \times h_c = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$$

$$V_n = 4.0 \lambda \sqrt{f'_c} A_j = 4.0 \times 1.0 \times \sqrt{210} \times 900 = 52.17 \text{ T}$$

$$\phi V_n \geq V_j$$

$$0.85 \times 52.17 \geq 11.23$$

$$44.34 \text{ T} \geq 11.23 \text{ T} ; (\text{¡Si Cumple!})$$

2.7.2.3. Resistencia al cortante vertical

- Cortante aplicado al nudo, V_{j_v}

$$h_v < h_c; \quad 20 \text{ cm} < 30 \text{ cm}; \quad (\text{si cumple!})$$

$$V_{j_v} = V_j \times \left(\frac{h_v}{h_c} \right) = 11.23 \times \left(\frac{20}{30} \right) = 7.49 \text{ T}$$

$$V_{j_v} \leq V_j; \quad 7.49 \text{ T} < 11.23 \text{ T}; \quad (\text{si cumple!})$$

2.7.2.4. Refuerzo de confinamiento, A_{sh}

$$A_{sh} = 2.36 \text{ cm}^2 @ 7.20 \text{ cm}$$

2.7.2.5. Longitud de anclaje

$$ld_{h_{req}} = \frac{f_y \phi_v}{17.2 \sqrt{f'_c}}$$

$$ld_{h_{req}} = \frac{4200 \times 1.2}{17.2 \sqrt{210}} = 20.22 \text{ cm}$$

$$ld_{h_{dis}} = h_c - (2 \text{ recubrimientos} + 1)$$

$$ld_{h_{dis}} = 30 - (2 \times 4 + 1) = 21 \text{ cm}$$

$$ld_{h_{req}} < ld_{h_{disp}}$$

$$20.22 < 21 \text{ (cumple!)}$$

Dirección de análisis en sentido Y, paralela al borde

2.7.2.6. Control de deterioro de adherencia

$$h_c \geq 20 \phi_v; \quad 300 \text{ mm} \geq 20 (12); \quad 300 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm}$$

$$h_v \geq 20 \phi_c; \quad 200 \text{ mm} \geq 20 (12); \quad 200 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm}$$

2.7.2.7. Resistencia al cortante horizontal

- Cortante aplicado al nudo, V_j

$$A_{s1} = 2.26 \text{ cm}^2; \quad A_{s2} = 2.26 \text{ cm}^2$$

$$M_1 = A_{s1} \times F_y \left(d - A_{s1} \times \frac{F_y}{1.7 f'c b_v} \right)$$

$$M_2 = A_{s2} \times F_y \left(d - A_{s2} \times \frac{F_y}{1.7 f'c b_v} \right)$$

$$M_1 = M_2 = 2.26 \times 1.25 \times 4200 \times \left(16 - 2.26 \times 1.25 \times \frac{4200}{1.7 \times 210 \times 25} \right)$$

$$M_1 = M_2 = 1.74 \text{ Tm}$$

$$V_{\text{col}} = \frac{M_1 + M_2}{H} = \frac{1.74 + 1.74}{2.70} = 1.29 \text{ T}$$

$$T_1 = A_{s1} \times F_y = 2.26 \times 1.25 \times 4200 = 11.87 \text{ T}$$

$$C_2 = A_{s2} \times F_y = 2.26 \times 1.25 \times 4200 = 11.87 \text{ T}$$

$$V_j = T_1 + C_2 - V_{col} = 11.87 + 11.87 - 1.29 = 22.45 \text{ T}$$

- Cortante resistido por el nudo, V_n

Para nudos confinados en las cuatro caras $V_n = 4.0 \lambda \sqrt{f'_c} A_j$

$$A_j = b_j \times h_j = b_v \times h_c$$

La viga llega a una columna más ancha que la base de la viga, por lo tanto, b_j debe cumplir las siguientes condiciones.

$$b_j = \text{mín}[b_v + h_j ; b_v + 2x]$$

$$b_j = \text{mín}[25 + 30 ; 25 + 2 \times 2.5]$$

$$b_j = 30 \text{ cm}$$

$$A_j = b_j \times h_j = b_v \times h_c = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$$

$$V_n = 4.0 \lambda \sqrt{f'_c} A_j = 4.0 \times 1.0 \times \sqrt{210} \times 900 = 52.17 \text{ T}$$

$$\phi V_n \geq V_j$$

$$0.85 \times 52.17 \geq 22.45$$

$$44.34 \text{ T} \geq 22.45 \text{ T} ; (\text{¡Si Cumple!})$$

2.7.2.8. Resistencia al cortante vertical

- Cortante aplicado al nudo, V_{j_v}

$$h_v < h_c; \quad 20 \text{ cm} < 30 \text{ cm}; \quad (\text{si cumple!})$$

$$V_{j_v} = V_j \times \left(\frac{h_v}{h_c} \right) = 22.45 \times \left(\frac{20}{30} \right) = 14.97 \text{ T}$$

$$V_{j_v} \leq V_j; \quad 14.97 \text{ T} < 22.45 \text{ T}; \quad (\text{si cumple!})$$

2.7.2.9. Refuerzo de confinamiento, A_{sh}

$$A_{sh} = 2.36 \text{ cm}^2 @ 7.20 \text{ cm}$$

2.7.2.10. Longitud de anclaje

$$ld_{h_{req}} = \frac{f_y \phi_v}{17.2 \sqrt{f'_c}}$$

$$ld_{h_{req}} = \frac{4200 \times 1.2}{17.2 \sqrt{210}} = 20.22 \text{ cm}$$

$$ld_{h_{dis}} = h_c - (2 \text{ recubrimientos} + 1)$$

$$ld_{h_{dis}} = 30 - (2 \times 4 + 1) = 21 \text{ cm}$$

$$ld_{h_{req}} < ld_{h_{disp}}$$

$$20.22 < 21 \text{ (cumple!)}$$

2.7.3. Diseño del nudo esquinero

2.7.3.1. Control de deterioro de adherencia

$$h_c \geq 20 \phi_v; \quad 300 \text{ mm} \geq 20 (12); \quad 300 \text{ mm} \geq 240 \text{ mm}$$

$$h_v \geq 20 \phi_c; \quad 200 \text{ mm} \geq 20 (12); \quad 200 \text{ mm} \leq 240 \text{ mm}$$

Se acepta el valor del peralte de la viga, si se cumple el chequeo a cortante presentado a continuación.

2.7.3.2. Resistencia al cortante horizontal

- Cortante aplicado al nudo, V_j

$$M_1 = A_{s1} \propto F_y \left(d - A_{s1} \propto \frac{F_y}{1.7 f'c b_v} \right)$$

$$M_1 = 2.26 \times 1.25 \times 4200 \times \left(16 - 2.26 \times 1.25 \times \frac{4200}{1.7 \times 210 \times 25} \right)$$

$$M_1 = 1.74 \text{ Tm}$$

$$V_{col} = \frac{M_1}{H} = \frac{1.74}{2.70} = 0.64 \text{ T}$$

$$T_1 = A_{s1} \propto F_y = 2.26 \times 1.25 \times 4200 = 11.87 \text{ T}$$

$$V_j = T_1 - V_{col} = 11.87 - 0.64 = 11.23 \text{ T}$$

- Cortante resistido por el nudo, V_n

$$\text{Para nudos confinados en las cuatro caras } V_n = 3.2 \lambda \sqrt{f'c} A_j$$

$$A_j = b_j \times h_j = b_v \times h_c$$

La viga llega a una columna más ancha que la base de la viga, por lo tanto, b_j debe cumplir las siguientes condiciones.

$$b_j = \text{mín}[b_v + h_j ; b_v + 2x]$$

$$b_j = \text{mín}[25 + 30 ; 25 + 2 \times 2.5]$$

$$b_j = 30 \text{ cm}$$

$$A_j = b_j \times h_j = b_v \times h_c = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$$

$$V_n = 3.2 \lambda \sqrt{f'c} A_j = 3.2 \times 1.0 \times \sqrt{210} \times 900 = 41.74 \text{ T}$$

$$\phi V_n \geq V_j$$

$$0.85 \times 41.74 \geq 11.23$$

$$35.48 \text{ T} \geq 11.23 \text{ T} ; (\text{¡Si Cumple!})$$

2.7.3.3. Resistencia al cortante vertical

- Cortante aplicado al nudo, V_{j_v}

$$h_v < h_c ; 20 \text{ cm} < 30 \text{ cm}; \quad (\text{si cumple!})$$

$$V_{j_v} = V_j \times \left(\frac{h_v}{h_c}\right) = 11.23 \times \left(\frac{20}{30}\right) = 7.49 \text{ T}$$

$$V_{j_v} \leq V_j ; 7.49 \text{ T} < 11.23 \text{ T}; \quad (\text{si cumple!})$$

2.7.3.4. Refuerzo de confinamiento, A_{sh}

$$A_{sh} = 2.36 \text{ cm}^2 @ 7.20 \text{ cm}$$

2.7.3.5. Longitud de anclaje

$$ldh_{req} = \frac{f_y \phi_v}{17.2 \sqrt{f'c}}$$

$$ldh_{req} = \frac{4200 \times 1.2}{17.2 \sqrt{210}} = 20.22 \text{ cm}$$

$$ldh_{dis} = h_c - (2 \text{ recubrimientos} + 1)$$

$$ldh_{dis} = 30 - (2 \times 4 + 1) = 21 \text{ cm}$$

$$ldh_{req} < ldh_{disp}$$

$$20.22 < 21 \text{ (cumple!)}$$

Cada uno de los nudos analizados, cumple con los requerimientos de adherencia, cortante y confinamiento para una columna de 30x30 con 8 varillas longitudinales de 12mm y 2 estribos de 10mm con un espaciamiento de 7.20cm, se descartó la columna de 25x25 porque su armadura longitudinal no cumple con la condición de colocar al menos una varilla en el centro de cada cara.

2.8. Diseño Escalera

La escalera es tipo losa, los escalones se ubican sobre una losa maciza inclinada, en la figura 22 se presenta la geometría y el número de escalones. La huella y contrahuella son de 18 y 30 cm respectivamente.

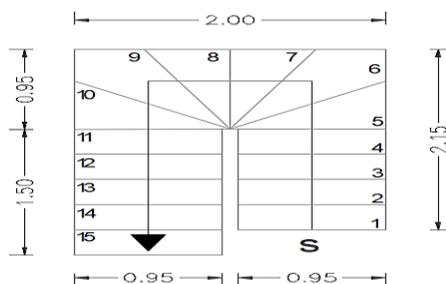


Figura 27 Dimensiones escalera

2.8.1. Altura mínima

$$h_{\text{mín}} = \frac{L}{24} = \frac{2.45}{24} = 0.10 \text{ m}$$

2.8.2. Análisis de cargas

Tabla 32

Análisis de cargas / ml

Elementos	Dimensiones	Peso específico	Carga
	(m)	(T/m ³)	(T/ml)
Peso Propio Losa	0.95 x 1.00 x 0.10	2.40	0.23
Relleno (escalones)	0.95 x 0.18 x 0.30 x 0.5 x 3.33	2.20	0.19
Masillado y enlucido	0.95 x 1.00 x 0.04	2.20	0.08
Acabados de piso	0.95 x 1.00 x 0.02	2.20	0.04
Pasamano	asumido		0.05
CARGA MUERTA			0.59
CARGA VIVA	0.5 T/m² x 0.95 m		0.48
CARGA TOTAL			1.07

2.8.3. Diseño a Flexión

El diseño a flexión requiere el cálculo de momentos, se realizó el diagrama de momentos y el modelo escogido para la escalera es apoyado – empotrado. A continuación, se presenta el valor de los momentos flectores y el cálculo de la armadura positiva y negativa.

Tabla 33

Armadura escalera

Descripción	Unidad	Armadura Negativa	Armadura Positiva
Carga total	T/m	1.07	1.07
Longitud	m	2.45	2.45
Momento	T-m	$\frac{q l^2}{8} = 0.80$	$\frac{9 q l^2}{128} = 0.45$
M. último	T-m	$1.5 \times 0.8 = 1.20$	$1.5 \times 0.45 = 0.68$
b	cm	95.00	95.00
d	cm	8.00	8.00
ρ mín	s/u	0.0033	0.0033
ρ calculado	s/u	0.0075	0.0033
As	cm ²	4.25	2.53
varillas comerciales	diam (mm)	4 Ø12	4 Ø10

2.8.4. Diseño a Corte

$$V_{izq} = \frac{3ql}{8} = \frac{3 \times 1.07 \times 2.45}{8} = 0.98 \text{ T}$$

$$V_{der} = \left(\frac{5ql}{8}\right) \cos\alpha = \left(\frac{5 \times 1.07 \times 2.45}{8}\right) \cos(31) = 1.40 \text{ T}$$

$$V_u = 1.5 \times 1.40 = 2.10 \text{ T}$$

$$v_c = \frac{V_u}{\phi \times b \times d} = \frac{2100}{0.75 \times 95 \times 8} = 3.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_p = 0.53 \sqrt{f_c}$$

$$v_p = 0.53 \sqrt{210} = 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_p = 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_p > v_c \text{ (cumple!)}$$

2.8.5. Armadura Temperatura

$$A_{sd} = 0.0018 \times b \times t$$

$$A_{sd} = 0.0018 \times 100 \times 10 = 1.80 \text{ cm}^2$$

$$A_{sd} = 1 \text{ } \emptyset 10 \text{ mm @ } 40 \text{ cm}$$

2.9. Diseño Cimentación

El tipo cimentación escogida para el desarrollo del proyecto son vigas de cimentación, debido a que es la mejor solución para una capacidad portante baja, se asume un esfuerzo de suelo $\sigma_s = 10T/m^2$. La edificación diseñada se considera para ser construida en cualquier región del Ecuador y con este tipo de cimentación se asegura un correcto desempeño de la estructura.

Las vigas de cimentación se utilizan cuando los momentos y las cargas son grandes o cuando la capacidad admisible es mediana o baja, la sección transversal puede ser rectangular o en forma de T invertida, este tipo de elemento estructural es económico con respecto al hormigón y acero, pero aumenta el coste de encofrados y mano de obra. (Guerra, 2013)

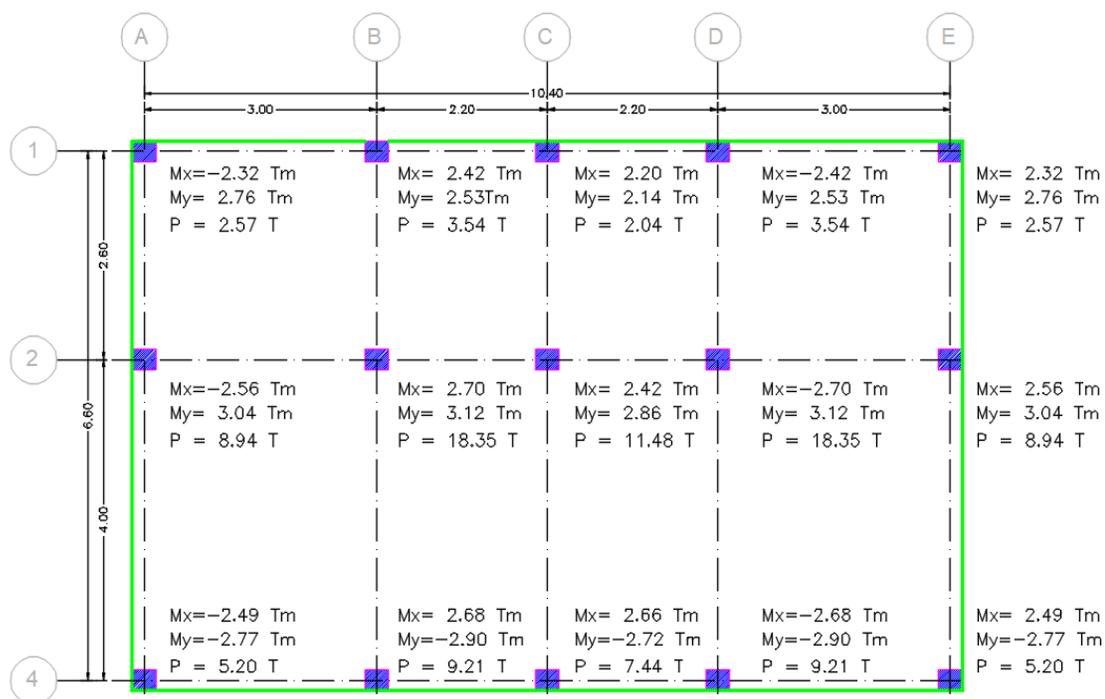


Figura 28 Valores de carga y momento

En la figura 28 se presenta los valores de carga y momento provenientes de la estructura luego de aplicar cargas verticales y sísmicas generando una envolvente, los resultados fueron obtenidos con el software computacional Etabs.

2.9.1. Coeficiente de Balasto

Para el cálculo del coeficiente de Balasto se aplica el método de Boiler, donde el coeficiente se calcula con respecto al esfuerzo del suelo.

$$\beta_s = 120 \times \sigma_s$$

$$\beta_s = 120 \times 10 = 1200 \text{ T/m}^3$$

2.9.2. Diseño Viga cimentación Eje 2

Para el diseño de la viga de cimentación se escoge la viga donde se concentren los mayores momentos y cargas, se diseñará la viga del eje 2 en sentido y, el hormigón tiene una resistencia de 210 kg/cm^2 , acero de fluencia con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

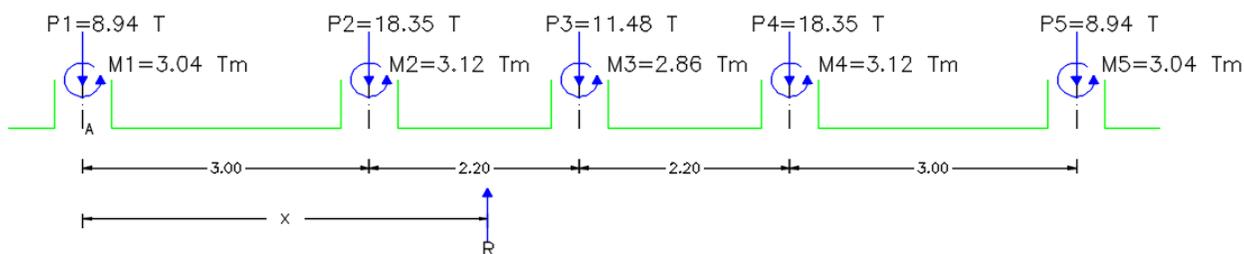


Figura 29 Carga y momento viga eje 2

Para el predimensionamiento de la viga de cimentación se debe considerar que el cuerpo de la viga (bo) debe tener al menos 10cm más a cada lado de la columna.

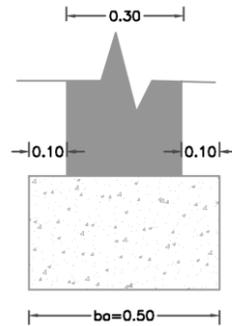


Figura 30 Corte Viga Eje 2

Carga total aplicada sobre la viga

$$\sum P = R = 8.94 + 18.35 + 11.48 + 18.35 + 8.94 = 66.06 T$$

$$\sum M_A = 0$$

$$3.04 + 3.12 + 2.86 + 3.12 + 3.04 - 18.35x3$$

$$-11.48x5.20 - 18.35x7.4 - 8.94x10.40 + R(x) = 0$$

$$R(x) = 328.34$$

$$x = \frac{328.34}{66.06} = 4.97 m$$

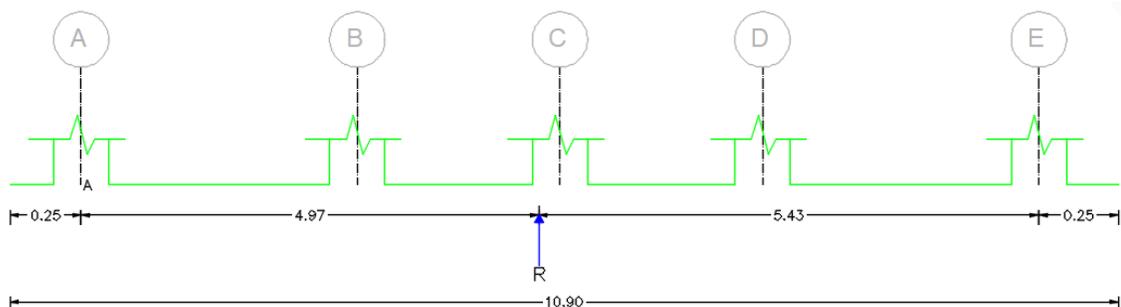


Figura 31 Viga eje 2

2.9.2.1. Área de fundación

El área de fundación (A^F) se calcula mediante la carga que proviene de la estructura dividida para la capacidad portante del suelo, % P se refiere a la mayoración de carga debido al peso propio del cimiento y del relleno, se recomienda manejar un rango del 1.10-1.15, la mayoración se realiza en el pre dimensionamiento.

$$A^F = \frac{P + \%P}{\sigma_s}$$

$$A^F = \frac{66.06 \text{ T} \times 1.15}{10 \text{ T/m}^2} = 7.60 \text{ m}^2$$

A continuación, se determina las dimensiones de acuerdo con el área de fundación y se comprueba si los valores del predimensionamiento se mantienen, en este caso el ancho bo elegido es 70 cm.

$$A^F = b_o \times L$$

$$7.60 \text{ m}^2 = b_o \times 10.90$$

$$b_o = 0.697 \text{ m} \approx 0.70 \text{ m}$$

2.9.2.2. Presión del suelo

$$q_s = \frac{P}{b_o \times L} \pm \frac{6 \sum M}{b_o \times L^2}$$

$$q_s = \frac{66.06}{0.70 \times 10.90} \pm \frac{6x(3.04 + 3.12 + 2.86 + 3.12 + 3.04)}{0.70 \times 10.90^2}$$

$$q_s = \begin{cases} 9.75 \text{ T/m}^2 \\ 7.56 \text{ T/m}^2 \end{cases}$$

Para evitar trabajar con esfuerzos tipo trapecoidal, se transforma a una carga distribuida.

$$q_s = \frac{q_{s1} + q_{s2}}{2} = \frac{9.75 + 7.56}{2} = 8.65 \text{ T/m}^2$$

$$8.65 \text{ T/m}^2 < \sigma_s = 10 \text{ T/m}^2 \text{ (¡Cumple!)}$$

2.9.2.3. Altura Viga

Diseño a flexión

$$M_u = W_x \frac{L_{\text{mayor}}^2}{10}$$

Donde:

W: carga repartida

L mayor: longitud mayor medida de vano a vano

Carga Repartida

$$\frac{W}{ml} = q_{s\text{max}} \times \text{ancho de viga}$$

$$\frac{W}{ml} = 8.65 \times 0.70 = 6.05 \text{ T/m}$$

Momento último

$$M_u = 6.05 \times \frac{3.00^2}{10} = 5.45 \text{ Tm}$$

Momento resistente

$$M_R = R_u \times b \times d^2$$

Donde:

M_R : momento resistente

b: ancho de viga

d: distancia efectiva

Tabla 34
Valores R_u

$f'c$ (kg/cm ²)	R_u (kg/cm ²)
210	39.7
240	45.4
280	52.9
300	56.7
350	66.2

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [Guía de diseño 2], 2016)

$$M_R = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5.45}{0.90} = 6.06 \text{ T m}$$

$$M_R = R_u \times b \times d^2$$

$$606000 \text{ kg cm} = 39.7 \times 70 \times d^2$$

$$d = 14.77 \text{ cm}$$

Se debe verificar si el valor de la distancia efectiva (d) cumple la siguiente condición.

$$d \geq \frac{b_0}{2}$$

$$d = \frac{70}{2} = 35 \text{ cm}$$

$$h = d + \text{recubrimiento} = 42 \text{ cm}$$

Para el diseño de la viga de cimentación se escoge una altura $h = 45$ cm, recubrimiento $r = 7.00$ cm y una distancia efectiva $d = 38.00$ cm.

2.9.2.4. Chequeo a corte

El análisis a corte se lo realiza a una distancia $d/2$ desde la cara de la columna

$$\sigma_c = \frac{V_u}{\phi \times b \times d}$$

Donde:

V_u : carga por cortante último [kg]

ϕ : factor de reducción [0.75]

d : distancia efectiva [cm]

b : base viga [cm]

Esfuerzo admisible

$$\sigma_p = 0.53\sqrt{f'_c} = 0.53\sqrt{210} = 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

Cortante último

$$V_u = \left(5.45 \times \frac{3.00}{2}\right) - 5.45 \times (0.10 + 0.38) = 5.56 \text{ T}$$

$$\sigma_c = \frac{5.56 \times 1000}{0.75 \times 70 \times 38} = 2.79 \text{ kg}$$

$$\sigma_c < \sigma_p ; 2.79 < 7.68 \text{ (¡Cumple!)}$$

2.9.2.5. Chequeo por punzonamiento

$$A_{\text{punzonamiento}} = (70 + 70 + 70) \times 38 = 7980 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{P_c}{\phi \times A_{\text{punz}}} = \frac{18.35 \times 1000}{0.75 \times 7980} = 3.07 \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

P_c : carga axial proveniente de la columna (modelo Etabs)

ϕ : Factor de reducción

Esfuerzo Admisible

$$\sigma_p = \sqrt{210} = 14.49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_u < \sigma_p \text{ (¡cumple!)}$$

La cimentación no sufre problemas de punzonamiento

2.9.2.6. Programa Computacional VIGCIM

Para el diseño de la viga de cimentación se aplicó el programa VIGCIM, diseñado por el Ing. Jorge Zuñiga, docente de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, el software permite verificar los esfuerzos de la viga en cada tramo. A continuación, se presenta imágenes de los resultados obtenidos en el programa computacional.

- Ingreso de datos

NT: Número de tramos

Ec: Módulo de elasticidad del hormigón

I: Inercia de la viga

BA: Ancho de la viga

β_s : Coeficiente de Balasto

- Inercia Viga

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0.70 \times 0.45^3}{12} = 0.0053156 \text{ m}^4$$

Input

PROYECTO:

NT: E:

	INERCIA (m)	BA (m)	LU (m)	KS (T/m3)
1	0,00532	0,7000	0,3500	1200,0000
2	0,00532	0,7000	3,0000	1200,0000
3	0,00532	0,7000	2,2000	1200,0000
4	0,00532	0,7000	2,2000	1200,0000
5	0,00532	0,7000	3,0000	1200,0000
6	0,00532	0,7000	0,3500	1200,0000

	MO (T-m)	P (T)
1	0,0000	0,0000
2	3,0400	8,9400
3	3,1200	18,3500
4	2,8600	11,4800
5	3,1200	18,3500
6	3,0400	8,9400
7	0,0000	0,0000

Figura 32 Ingreso de datos

- Procesamiento de datos

Output

OUTPUT VIGA EJE 2

RESULTADOS EN TRAMO 1
LUZ DEL TRAMO: 0,35

	SECCION (m)	ESFUERZO (T/m2)	DEFLEXION (m)	GIRO (RAD)	MOMENTO (T-m)	CORTE (Ton)
1	0,0000	7,2372	0,0060	0,0002	0,0000	0,0000
2	0,0875	7,2617	0,0061	0,0002	0,0194	0,4440
3	0,1750	7,2863	0,0061	0,0002	0,0777	0,8896
4	0,2625	7,3108	0,0061	0,0002	0,1751	1,3366
5	0,3500	7,3353	0,0061	0,0002	0,3117	1,7851

RESULTADOS EN TRAMO 2
LUZ DEL TRAMO: 3

	SECCION (m)	ESFUERZO (T/m2)	DEFLEXION (m)	GIRO (RAD)	MOMENTO (T-m)	CORTE (Ton)
1	0,0000	7,3353	0,0061	0,0002	3,3517	-7,1549
2	0,7500	7,5397	0,0063	0,0002	-0,5568	-3,2499
3	1,5000	7,7459	0,0065	0,0002	-1,4964	0,7622
4	2,2500	7,9599	0,0066	0,0002	0,6142	4,8848
5	3,0000	8,1685	0,0068	0,0002	5,8589	9,1193

Figura 33 Resultados viga tramo 1-2

Output

OUTPUT VIGA EJE 2

RESULTADOS EN TRAMO 3
LUZ DEL TRAMO: 2,2

	SECCION (m)	ESFUERZO (T/m2)	DEFLEXION (m)	GIRO (RAD)	MOMENTO (T-m)	CORTE (Ton)
1	0,0000	8,1685	0,0068	0,0002	8,9789	-9,2307
2	0,5500	8,3003	0,0069	0,0002	4,7717	-6,0597
3	1,1000	8,4156	0,0070	0,0002	2,3218	-2,8415
4	1,6500	8,5227	0,0071	0,0002	1,6538	0,4193
5	2,2000	8,6238	0,0072	0,0001	2,7904	3,7202

RESULTADOS EN TRAMO 4
LUZ DEL TRAMO: 2,2

	SECCION (m)	ESFUERZO (T/m2)	DEFLEXION (m)	GIRO (RAD)	MOMENTO (T-m)	CORTE (Ton)
1	0,0000	8,6238	0,0072	0,0001	5,6504	-7,7598
2	0,5500	8,7138	0,0073	0,0001	2,2989	-4,4219
3	1,1000	8,7956	0,0073	0,0001	0,7924	-1,0512
4	1,6500	8,8743	0,0074	0,0001	1,1483	2,3504
5	2,2000	8,9485	0,0075	0,0001	3,3832	5,7815

Figura 34 Resultados viga tramo 3-4

Output

OUTPUT VIGA EJE 2

RESULTADOS EN TRAMO 5
LUZ DEL TRAMO: 3

	SECCION (m)	ESFUERZO (T/m ²)	DEFLEXION (m)	GIRO (RAD)	MOMENTO (T-m)	CORTE (Ton)
1	0,0000	8,9485	0,0075	0,0001	6,5032	-12,5685
2	0,7500	9,0328	0,0075	0,0001	-1,1556	-7,8478
3	1,5000	9,1225	0,0076	0,0001	-5,2576	-3,0830
4	2,2500	9,2429	0,0077	0,0002	-5,7665	1,7364
5	3,0000	9,3972	0,0078	0,0002	-2,6349	6,6282

RESULTADOS EN TRAMO 6
LUZ DEL TRAMO: 0,35

	SECCION (m)	ESFUERZO (T/m ²)	DEFLEXION (m)	GIRO (RAD)	MOMENTO (T-m)	CORTE (Ton)
1	0,0000	9,3972	0,0078	0,0002	0,4051	-2,3118
2	0,0875	9,4167	0,0078	0,0002	0,2280	-1,7357
3	0,1750	9,4361	0,0079	0,0002	0,1014	-1,1583
4	0,2625	9,4555	0,0079	0,0002	0,0254	-0,5797
5	0,3500	9,4749	0,0079	0,0002	0,0000	0,0000

Figura 35 Resultados viga tramo 5-6

Luego de obtener los resultados en el programa, se verifica que los esfuerzos aplicados en la viga no sobrepasen el esfuerzo del suelo, una vez comprobado este parámetro se escoge el momento y cortante máximo.

- Momento y Cortante máximo

$$M_{u_{\max}} = 8.9789 \text{ T m}$$

$$V_{u_{\max}} = 12.5685 \text{ T m}$$

2.9.2.7. Diseño Final

- Armadura

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$\rho = \phi \times \frac{f'_c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2M_u}{\phi \times 0.9 \times f'_c \times b \times d^2} \right)} \right]$$

$$\rho = 0.0024$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = 0.0033$$

$$A_s = 0.0033 \times 70 \times 38 = 8.78 \text{ cm}^2 = 4\phi 16\text{mm}$$

- Estribos

$$\sigma_c = \frac{V_u}{\phi \times b \times d} = \frac{12.5685 \times 1000}{0.85 \times 70 \times 38} = 5.56 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_p = 0.53\sqrt{f'_c} = 0.53\sqrt{210} = 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_c < \sigma_p$$

$$5.56 \text{ kg/cm}^2 < 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo calculado es menor al admisible, por lo tanto, no necesita acero transversal, pero se coloca el refuerzo mínimo.

- Espaciamiento

$$s \leq (d/4 ; 6db; 20\text{cm})$$

$$s \leq (38/4 ; 6 \times 1.6; 20\text{cm})$$

$$s \leq (9.50 \text{ cm} ; 9.60 \text{ cm}; 20 \text{ cm})$$

$$s = 9.50 \text{ cm}$$

- Refuerzo transversal mínimo

$$A_{vs} = \frac{3.72 \times b \times s}{f_y} = \frac{3.72 \times 70 \times 9.50}{4200} = 0.589 \text{ cm}^2$$

El refuerzo mínimo para la viga de cimentación será 1Ø10mm @ 9.50 cm

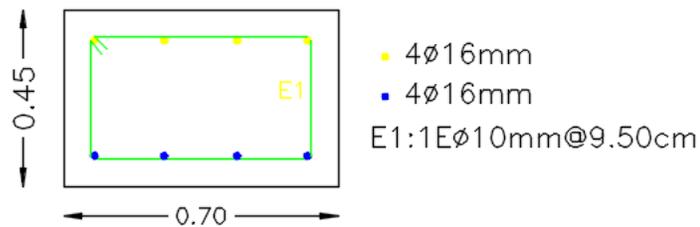


Figura 36 Vista en corte viga eje B

2.9.3. Diseño Viga cimentación Eje B

Los momentos máximos de la viga son en sentido y, se trabaja con un hormigón de 210 kg/cm^2 , acero de fluencia con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

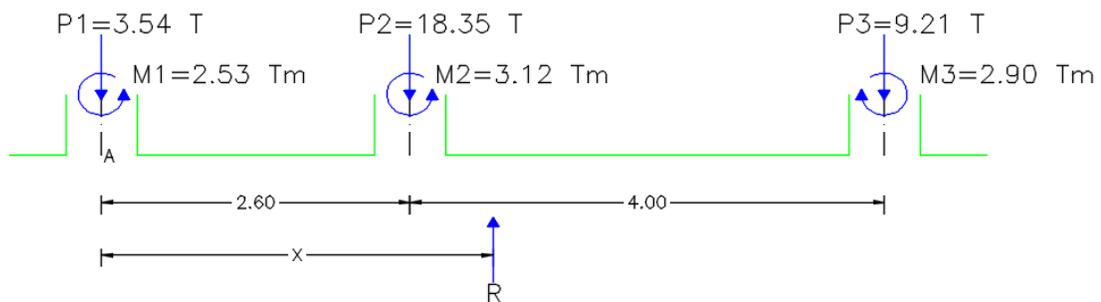


Figura 37 Carga y momento viga eje B

Carga total aplicada sobre la viga

$$\sum P = R = 3.54 + 18.35 + 9.21 = 31.10 T$$

$$\sum M_A = 0$$

$$2.35 + 3.12 - 2.90 - 9.21 \times 6.60 - 18.35 \times 2.60 + R(x) = 0$$

$$R(x) = 105.75$$

$$x = \frac{105.75}{31.10} = 3.40 m$$

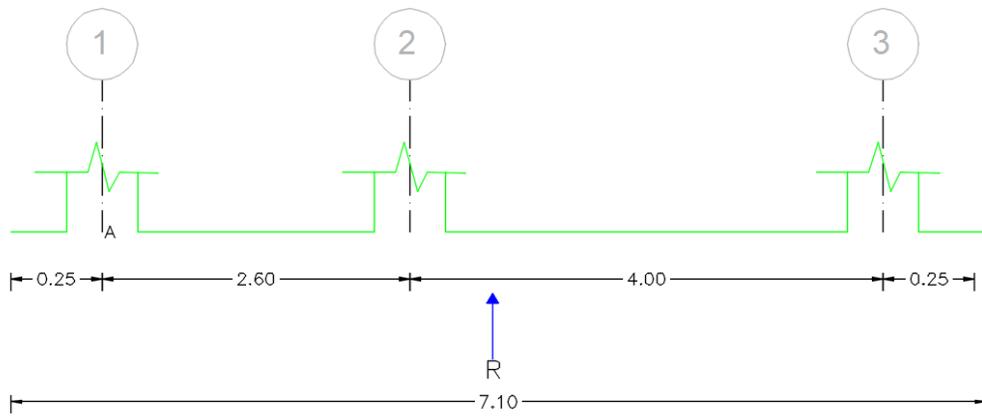


Figura 38 Viga eje B

2.9.3.1. Área de fundación

$$A^F = \frac{P + \%P}{\sigma_s}$$

$$A^F = \frac{31.10 \text{ T} \times 1.15}{10 \text{ T/m}^2} = 3.58 \text{ m}^2$$

$$A^F = bo \times L$$

$$3.58 \text{ m}^2 = bo \times 7.10$$

$$bo = 0.504 \text{ m} \approx 0.50 \text{ m}$$

2.9.3.2. Presión del suelo

$$q_s = \frac{P}{bo \times L} \pm \frac{6 \sum M}{bo \times L^2}$$

$$q_s = \frac{31.10}{0.50 \times 7.10} \pm \frac{6x(2.53 + 3.12 - 2.90)}{0.50 \times 7.10^2}$$

$$q_s = \begin{cases} 9.42 \text{ T/m}^2 \\ 8.11 \text{ T/m}^2 \end{cases}$$

Para evitar trabajar con esfuerzos tipo trapezoidal, se transforma a una carga distribuida.

$$q_s = \frac{q_{s1} + q_{s2}}{2} = \frac{9.42 + 8.11}{2} = 8.77 \text{ T/m}^2$$

$$8.77 \text{ T/m}^2 < \sigma_s = 10 \text{ T/m}^2 \text{ (Cumple!)}$$

2.9.3.3. Altura Viga

Diseño a flexión

$$M_u = W_x \frac{L_{\text{mayor}}^2}{10}$$

Carga Repartida

$$\frac{W}{ml} = q_{s\text{max}} \times \text{ancho de viga}$$

$$\frac{W}{ml} = 8.77 \times 0.50 = 4.39 \text{ T/m}$$

Momento último

$$M_u = 4.38 \times \frac{4.00^2}{10} = 7.02 \text{ Tm}$$

Momento resistente

$$M_R = R_u \times b \times d^2$$

$$M_R = \frac{M_u}{\phi} = \frac{7.02}{0.90} = 7.80 \text{ T m}$$

Distancia efectiva

$$M_R = R_u \times b \times d^2$$

$$780000 \text{ kg cm} = 39.7 \times 50 \times d^2$$

$$d = 19.82 \text{ cm}$$

Se debe verificar si el valor de la distancia efectiva (d) cumple la siguiente condición.

$$d \geq \frac{b_0}{2}$$

$$d = \frac{50}{2} = 25\text{cm}$$

$$h = d + \text{recubrimiento} = 32\text{cm}$$

2.9.3.4. Chequeo a corte

El análisis a corte se lo realiza a una distancia d/2 desde la cara de la columna

Esfuerzo admisible

$$\sigma_p = 0.53\sqrt{f'_c} = 0.53\sqrt{210} = 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

Cortante último

$$V_u = \left(7.02 \times \frac{4.00}{2}\right) - 7.02 \times (0.05 + 0.25) = 11.93 \text{ T}$$

$$\sigma_c = \frac{V_u}{\phi \times b \times d} = \frac{11.93 \times 1000}{0.75 \times 50 \times 25} = 12.73 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_c = 12.73 \text{ kg/cm}^2 > \sigma_p = 7.68 \text{ kg/cm}^2 \text{ (No cumple!)}$$

Con las dimensiones propuestas de $b_0=50\text{cm}$, no se cumple el chequeo a corte, como solución se aumenta la medida de la base de la viga, $b_0=70\text{cm}$ y se verifica cada uno de los chequeos antes mencionados.

Presión del suelo

$$q_s = \frac{P}{bo \times L} \pm \frac{6 \sum M}{bo \times L^2}$$

$$q_s = \frac{31.10}{0.70 \times 7.10} \pm \frac{6x(2.53 + 3.12 - 2.90)}{0.70 \times 7.10^2}$$

$$q_s = \begin{cases} 6.73 \text{ T/m}^2 \\ 5.79 \text{ T/m}^2 \end{cases}$$

$$q_s = \frac{q_{s1} + q_{s2}}{2} = \frac{6.73 + 5.79}{2} = 6.26 \text{ T/m}^2$$

$$6.26 \text{ T/m}^2 < \sigma_s = 10 \text{ T/m}^2 \text{ (Cumple!)}$$

Carga Repartida

$$\frac{W}{ml} = q_{s\max} \times \text{ancho de viga}$$

$$\frac{W}{ml} = 6.26 \times 0.70 = 4.38 \text{ T/m}$$

Momento último

$$M_u = 4.38 \times \frac{4.00^2}{10} = 7.00 \text{ Tm}$$

Momento resistente

$$M_R = \frac{M_u}{\phi} = \frac{7.00}{0.90} = 7.78 \text{ T m}$$

$$M_R = R_u \times b \times d^2$$

$$778000 \text{ kg cm} = 39.7 \times 70 \times d^2$$

$$d = 16.73 \text{ cm}$$

Se debe verificar si el valor de la distancia efectiva (d) cumple la siguiente condición.

$$d \geq \frac{b_o}{2}$$

$$d = \frac{70}{2} = 35\text{cm}$$

$$h = d + \text{recubrimiento} = 42\text{cm}$$

Se elige una altura $h = 45$ cm, recubrimiento de 7.00 cm y distancia efectiva $d = 38$ cm.

Esfuerzo admisible

$$\sigma_p = 0.53\sqrt{f'_c} = 0.53\sqrt{210} = 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

Cortante último

$$V_u = \left(7.00 \times \frac{4.00}{2}\right) - 7.00 \times (0.10 + 0.38) = 10.64 \text{ T}$$

$$\sigma_c = \frac{10.64 \times 1000}{0.75 \times 70 \times 38} = 5.33 \text{ kg}$$

$$\sigma_c < \sigma_p$$

$$5.33 < 7.68 \text{ (Cumple!)}$$

2.9.3.5. Chequeo por punzonamiento

$$A_{\text{punzonamiento}} = (70 + 70 + 70) \times 38 = 7980 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_u = \frac{P_c}{\phi \times A_{\text{punz}}} = \frac{18.35 \times 1000}{0.75 \times 7980} = 3.07 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo Admisible

$$\sigma_p = \sqrt{210} = 14.49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_u < \sigma_p \text{ (cumple!)}$$

La cimentación no sufre problemas de punzonamiento

2.9.3.6. Programa Computacional VIGCIM

- Ingreso de datos

NT: Número de tramos

Ec: Módulo de elasticidad del hormigón

I: Inercia de la viga

BA: Ancho de la viga

β_s : Coeficiente de Balasto

Inercia Viga

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0.70 \times 0.45^3}{12} = 0.0053156 \text{ m}^4$$

Input

PROYECTO:

NT: E: 2)

	INERCIA (m ⁴)	BA (m)	LU (m)	KS (T/m ³)
1	0,00532	0,7000	0,3500	1200,0000
2	0,00532	0,7000	2,6000	1200,0000
3	0,00532	0,7000	4,0000	1200,0000
4	0,00532	0,7000	2,3500	1200,0000

	MO (T-m)	P (T)
1	0,0000	0,0000
2	2,5300	3,5400
3	3,1200	18,3500
4	-2,9000	9,2100
5	0,0000	0,0000

Figura 39 Ingreso de datos

- Procesamiento

Output

OUTPUT VIGA EJE B

RESULTADOS EN TRAMO 1
LUZ DEL TRAMO: 0,35

	SECCION (m)	ESFUERZO (T/m ²)	DEFLEXION (m)	GIRO (RAD)	MOMENTO (T-m)	CORTE (Ton)
1	0,0000	6,4687	0,0054	-0,0002	0,0000	0,0000
2	0,0875	6,4527	0,0054	-0,0002	0,0173	0,3957
3	0,1750	6,4366	0,0054	-0,0002	0,0692	0,7904
4	0,2625	6,4205	0,0054	-0,0002	0,1556	1,1842
5	0,3500	6,4045	0,0053	-0,0002	0,2764	1,5770

RESULTADOS EN TRAMO 2
LUZ DEL TRAMO: 2,6

	SECCION (m)	ESFUERZO (T/m ²)	DEFLEXION (m)	GIRO (RAD)	MOMENTO (T-m)	CORTE (Ton)
1	0,0000	6,4045	0,0053	-0,0002	2,8064	-1,9630
2	0,6500	6,2791	0,0052	-0,0002	2,4715	0,9229
3	1,3000	6,1414	0,0051	-0,0002	3,9933	3,7491
4	1,9500	5,9845	0,0050	-0,0002	7,3309	6,5087
5	2,6000	5,7926	0,0048	-0,0003	12,4377	9,1897

Figura 40 Viga eje B tramo 1-2

Output

OUTPUT VIGA EJE B

RESULTADOS EN TRAMO 3
LUZ DEL TRAMO: 4

	SECCION (m)	ESFUERZO (T/m ²)	DEFLEXION (m)	GIRO (RAD)	MOMENTO (T-m)	CORTE (Ton)
1	0,0000	5,7926	0,0048	-0,0003	15,5577	-9,1603
2	1,0000	5,3886	0,0045	-0,0004	8,3815	-5,2394
3	2,0000	4,8886	0,0041	-0,0004	4,9718	-1,6383
4	3,0000	4,3306	0,0036	-0,0005	4,9810	1,5914
5	4,0000	3,7148	0,0031	-0,0005	8,0182	4,4113

RESULTADOS EN TRAMO 4
LUZ DEL TRAMO: 2,35

	SECCION (m)	ESFUERZO (T/m ²)	DEFLEXION (m)	GIRO (RAD)	MOMENTO (T-m)	CORTE (Ton)
1	0,0000	3,7148	0,0031	-0,0005	5,1182	-4,7987
2	0,5875	3,3229	0,0028	-0,0006	2,7321	-3,3511
3	1,1750	2,9204	0,0024	-0,0006	1,1487	-2,0670
4	1,7625	2,5133	0,0021	-0,0006	0,2707	-0,9496
5	2,3500	2,1050	0,0018	-0,0006	0,0000	0,0000

Figura 41 Viga eje B tramo 3-4

Luego de obtener los resultados en el programa, se verifica que los esfuerzos aplicados en la viga no sobrepasen el esfuerzo del suelo, una vez comprobado este parámetro se escoge el momento y cortante máximo.

- Momento y Cortante máximo

$$M_{u_{\max}} = 15.5577 \text{ T m}$$

$$V_{u_{\max}} = 9.1897 \text{ T}$$

2.9.3.7. Diseño Final

- Armadura

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$\rho = \phi \times \frac{f'_c}{f_y} \times \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2M_u}{\phi \times 0.9 \times f'_c \times b \times d^2} \right)} \right]$$

$$\rho = 0.0043$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = 0.0033$$

$$A_s = 0.0043 \times 70 \times 38 = 11.44 \text{ cm}^2 = 6\phi 16\text{mm}$$

- Estribos

$$\sigma_c = \frac{V_u}{\phi \times b \times d} = \frac{9.1897 \times 1000}{0.85 \times 70 \times 38} = 4.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_p = 0.53\sqrt{f'_c} = 0.53\sqrt{210} = 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_c < \sigma_p$$

$$4.06 \text{ kg/cm}^2 < 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo calculado es menor al admisible, por lo tanto, no necesita acero transversal, pero se coloca el refuerzo mínimo.

- Espaciamiento

$$s \leq (d/4 ; 6db; 20\text{cm})$$

$$s \leq (38/4 ; 6 \times 1.6; 20\text{cm})$$

$$s \leq (9.50 \text{ cm} ; 9.60 \text{ cm}; 20 \text{ cm})$$

$$s = 9.50 \text{ cm}$$

- Refuerzo transversal mínimo

$$A_{vs} = \frac{3.72 \times b \times s}{f_y} = \frac{3.72 \times 70 \times 9.50}{4200} = 0.589 \text{ cm}^2$$

El refuerzo mínimo para la viga de cimentación será 1Ø10mm @ 9.50 cm

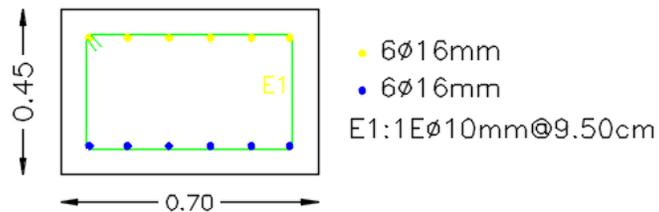


Figura 42 Vista en corte viga eje 2

2.9.4. Diseño Contrapiso

El contrapiso está compuesto por una loseta con armadura de temperatura porque todas las cargas son absorbidas por las vigas de cimentación. La armadura fue calculada por metro y con espesor de 10 cm como lo especifica la Norma Ecuatoriana de la construcción.

$$A_s = 0.0018 \times b \times h$$

$$A_s = 0.0018 \times 100 \times 10$$

$$A_s = 1.8 \text{ cm}^2 = 1 \text{ } \emptyset \text{ 8 mm @ 20 cm}$$

2.10. Planos Estructurales

Los planos correspondientes al diseño de la vivienda con el sistema tradicional de paredes de bloque y pórticos de hormigón armado, se detalla en la sección Anexos, al final del documento.

CAPÍTULO 3

DISEÑO ESTRUCTURA CON PAREDES AUTOPORTANTES DE

HORMIGÓN ARMADO

3.1. Descripción

El capítulo número 3 presenta el cálculo estructural con paredes autoportantes del proyecto definido en el capítulo 1. La estructura está conformada por una losa maciza y paredes de hormigón armado, cuenta con un área de 35 m² para cada vivienda y altura de entrepiso igual a 2.50 m. El procedimiento para el diseño de la estructura está definido de la siguiente manera:

- Análisis de Cargas
- Prediseño Elementos
- Distribución de muros
- Diseño Sismoresistente
- Modelación en Software Computacional
- Diseño Final Elementos

3.2. Cargas y Combinaciones de carga

Tabla 35
Cargas entrepiso

DESCRIPCIÓN	PESO (T/m ²)
Losa maciza	0.24
Paredes	0.80
Acabados/instalaciones	0.07
Carga Muerta	1.11
Carga Viva NEC-SE-CG	0.20
Peso Total	1.31

Para la losa de cubierta la carga total es de 0.31 T/m², considerando una carga viva de 0.07 T/m².

Tabla 36*Combinaciones de carga*

Combinación 1	1.4D
Combinación 2	1.2D+1.6L+0.5max(Lr;S;R)
Combinación 3	1.2D+1.6max(Lr;S;R)+max(L;0.5W)
Combinación 4	1.2D+1.0W+L+0.5max(Lr;S;R)
Combinación 5	1.2D+1.0E+L+0.2S
Combinación 6	0.9D+1.0W
Combinación 7	0.9D+1.0E

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-CG], 2015)

Donde D = carga por peso propio, L = carga viva, Lr = sobrecarga cubierta (carga viva), S = carga de granizo, W = carga de viento, E = carga de sismo.

3.3. Prediseño Elementos

3.3.1. Losa

Para la estructura se dispuso de una losa maciza de hormigón armado. A continuación, se calcula la altura mínima.

3.3.1.1. Relación Luces

$$\beta = \frac{\text{Longitud mayor}}{\text{Longitud menor}}$$

Si $\beta \leq 2.0$ → Losa Bidireccional

Si $\beta \geq 2.0$ → Losa Unidireccional

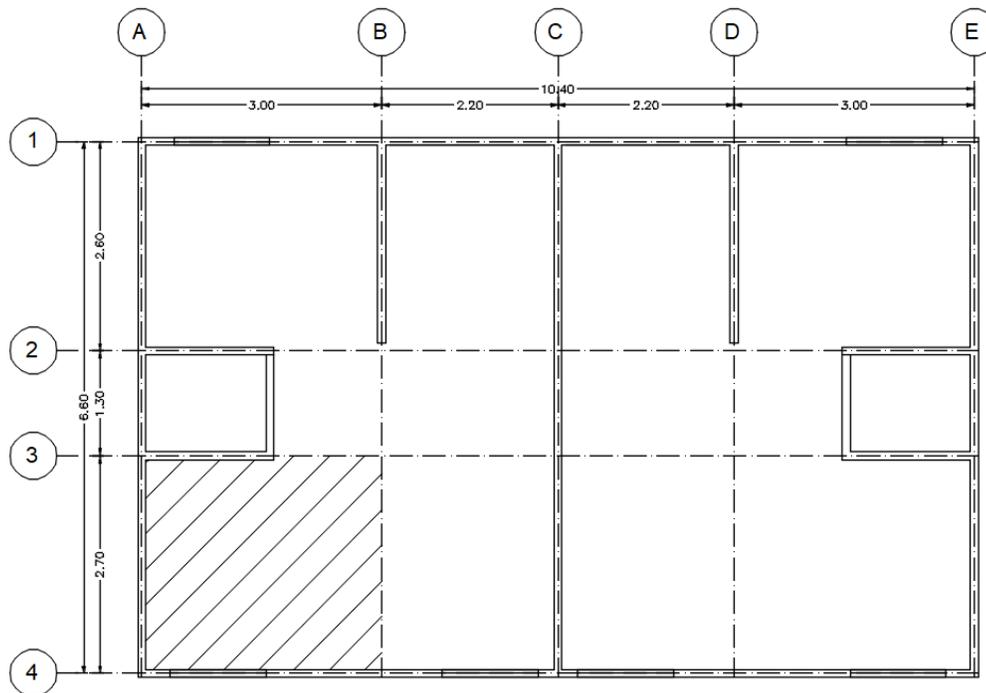


Figura 43 Geometría losa

$$\beta = \frac{3,00 \text{ m}}{2,70 \text{ m}} = 1,11 \text{ m} \rightarrow \text{Losa Bidireccional}$$

3.3.1.2. Altura Mínima

$$h_{\min} = \frac{L}{33} = \frac{300}{33} = 9.09 \approx 10 \text{ cm}$$

La losa será diseñada como losa bidireccional maciza con altura de 10.00 cm.

3.3.2. Paredes Autoportantes

3.3.2.1. Espesor (t)

La normativa (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014) expone las dimensiones mínimas para el espesor de muros, considerando si requiere o no elementos de borde.

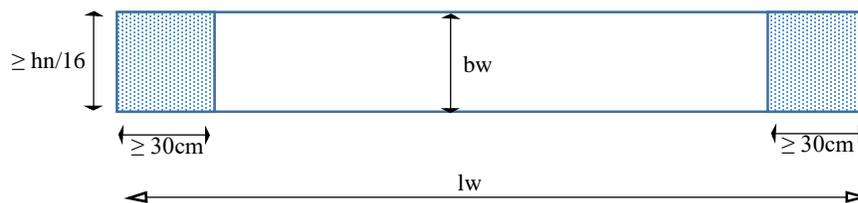


Figura 44 Espesor muros

$$b_w \geq [15.00 \text{ cm}; h_w/20; l_w/25]$$

Las dimensiones para determinar el espesor del muro pertenecen al muro M1 con una longitud de 1.75m, altura 2.50m, localizado en la fachada frontal (ver figura 29).

$$b_w \geq [15.00 \text{ cm}; 250/20 ; 175/25]$$

$$b_w \geq [15.00 \text{ cm}; 12.50 \text{ cm} ; 7.00 \text{ cm}]$$

$$b_w = 15.00 \text{ cm}$$

3.4. Distribución de muros

La densidad de muros o cuantía mínima es la cantidad de muros que tiene la estructura, según (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA], 2015), esta densidad debe ser mayor que el 1.5% del área total de muros en cada dirección. Para determinar la densidad se debe calcular el área total de muros y el área total de la planta.

$$d\% = \frac{A_w}{A_p} > 1.5\%$$

Donde:

A_w : área total de muros (longitud x espesor)

A_p : área total de la planta

Tabla 37
Distribución Muros

Sentido X			
Nivel	A_p	L	A_w
(m)	(m ²)	(m)	(m ²)
N+2.60	57.20	24.00	3.60
N+5.20	68.64	32.10	4.82
Total	125.84	56.10	8.42
Sentido Y			
Nivel	A_p	L	A_w
(m)	(m ²)	(m)	(m ²)
N+2.60	57.20	25.20	3.78
N+5.20	68.64	29.70	4.46
Total	125.84	54.90	8.24

Densidad muros sentido X

$$d\% = \frac{8.42}{125.84} = 6.69 > 1.5\% \text{ (Cumple!)}$$

Densidad muros sentido Y

$$d\% = \frac{8.24}{125.84} = 6.54 > 1.5\% \text{ (Cumple!)}$$

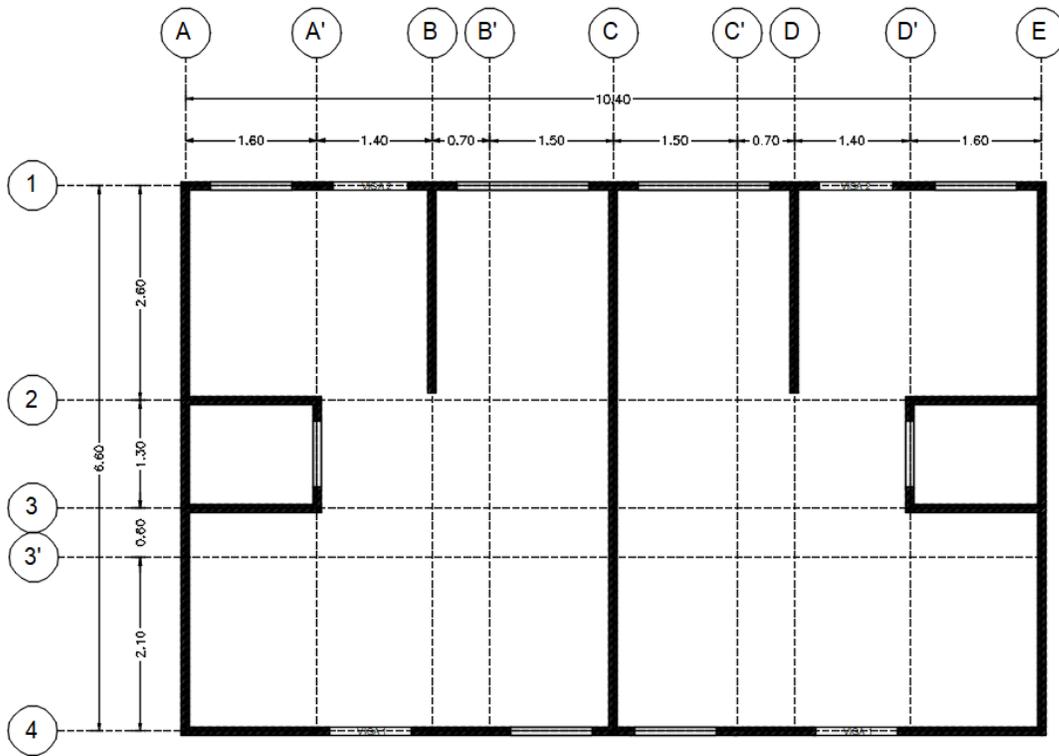


Figura 45 Distribución muros en planta N+2.50 m

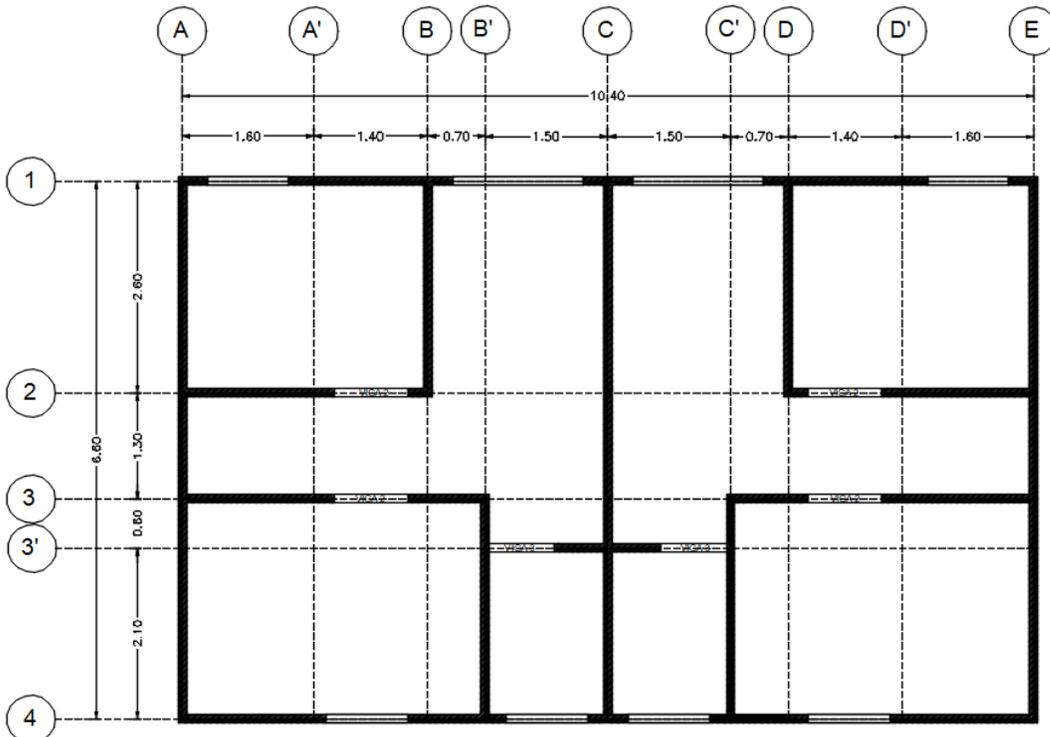


Figura 45 Distribución muros en planta N+5.10 m

“El sistema estructural de muros autoportantes permite realizar aberturas siempre y cuando el área total de las aberturas sea menor al 35% del área total del muro, se debe mantener una distancia entre dos aberturas de al menos 40cm o el 50% de la menor dimensión de la abertura, la distancia mínima entre la abertura y el borde del muro de 20cm”. (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA], 2015)

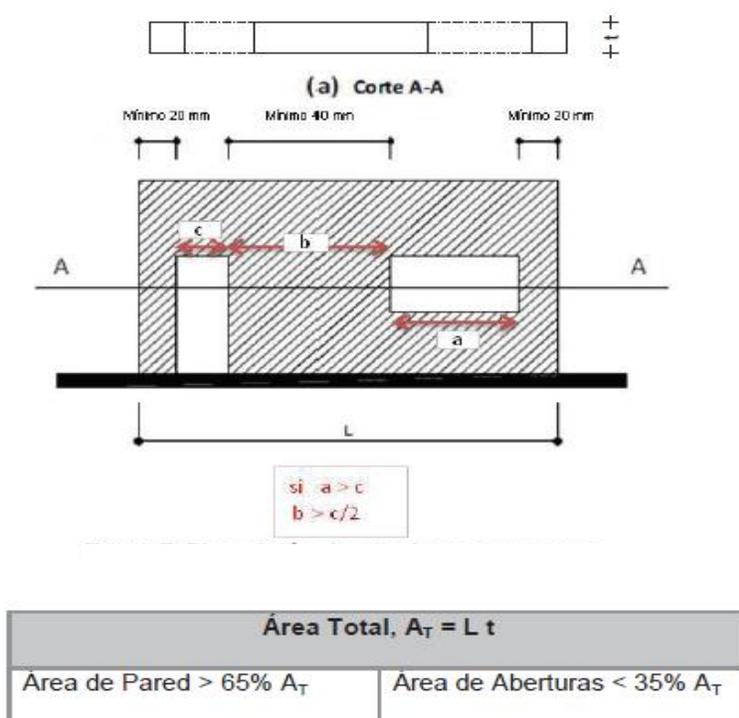


Figura 46 Disposición de aberturas

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA], 2015)

3.5. Diseño Sismoresistente

3.5.1. Parámetros iniciales

En la tabla 37, se presenta los parámetros necesarios para calcular el cortante basal y el espectro de diseño. Las definiciones de cada término se encuentran en el capítulo 2, diseño de estructura tradicional con paredes de bloque.

Tabla 38
Parámetros iniciales

Parámetro	Variable	Valor	Unidades
Factor de zonificación sísmica Z	Z	0.5	s.u
Región del Ecuador		Costa	
Zona sísmica		VI	
Peligro sísmico		Muy Alto	
Tipo de suelo		D	
Factor de sitio Fa	Fa	1.12	s.u
Factor de sitio Fd	Fd	1.11	s.u
Factor de sitio Fs	Fs	1.40	s.u
Factor r	r	1.00	s.u
Relación de amplificación espectral	n	1.80	s.u
Coficiente de importancia	I	1.00	s.u
Factor de reducción de resistencia sísmica	R	3.00	s.u
Coficiente depende del tipo de edificio	Ct	0.06	s.u
Altura máxima de la edificación desde la base	hn	5.20	m
Coficiente para el cálculo del período	α	0.75	s.u
Período de vibración de la estructura	T	0.19	seg
Período límite de vibración	Tc	0.76	seg
Período límite en T=To	To	0.14	seg
Espectro de respuesta elástico de aceleraciones	Sa	1.01	g
Coficiente de configuración en planta	\emptyset_p	1.00	s.u
Coficiente de configuración en elevación	\emptyset_e	1.00	s.u
Coficiente relacionado con el período de vibración	k	1.00	s.u

3.5.2. Cortante Basal

La carga sísmica W representa la carga reactiva por sismo. $W = D$, considerando D igual a la carga muerta de la estructura.

$$V = \frac{I \times S_a}{R \times \phi_P \times \phi_E} \times W$$

$$V = \frac{1.0 \times 1.008}{3.0 \times 1.0 \times 1.0} \times W$$

$$V = 0.336 \times 28.48$$

$$V = 84.77 \text{ T}$$

3.5.3. Distribución de las fuerzas horizontales

Tabla 39

Carga reactiva W

Nivel	Área Losa	Carga Muerta	$W_n = CM \cdot A_{losa}$
(m)	(m ²)	(T/m ²)	(T)
N+5.20	68.64	0.31	21.28
N+2.60	57.2	1.11	63.49
		W	84.77

Tabla 40

Fuerzas horizontales

Nivel	W_i	h_i	$W_i \cdot h_i$	V	F_x
(m)	(T)	(m)	(T-m)	(T)	(T)
N+5.20	21.28	5.20	110.65	28.48	11.43
N+2.60	63.49	2.60	165.08	28.48	17.05
		Total	275.73	Total	28.48

3.5.4. Espectro elástico de diseño

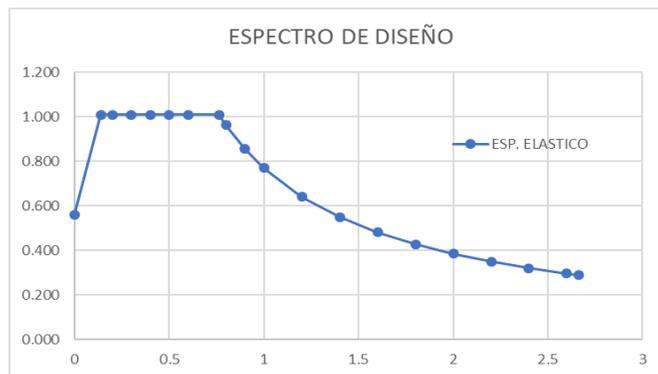


Figura 47 Espectro de diseño

Tabla 41

Valores espectro de diseño

ESP. ELASTICO		
T (s)	Sa (g)	Sa (m/s ²)
0	0.560	5.494
To 0.139	1.008	9.888
0.200	1.008	9.888
0.300	1.008	9.888
0.400	1.008	9.888
0.500	1.008	9.888
0.600	1.008	9.888
Tc 0.763	1.008	9.888
0.800	0.962	9.433
0.900	0.855	8.385
1.000	0.769	7.546
1.200	0.641	6.288
1.400	0.549	5.390
1.600	0.481	4.716
1.800	0.427	4.192
2.000	0.385	3.773
2.200	0.350	3.430
2.400	0.321	3.144
2.600	0.296	2.902
TL 2.664	0.289	2.833

3.6. Modelación Estructural

La estructura destinada a residencias se diseñó con el método de paredes autoportantes de hormigón armado, con un espesor de 15cm. Los muros en las fachadas posterior y exterior cuentan con aberturas para puertas y ventanas, la altura de entrepiso es de 2.50 m. En la figura 28 se observa el modelo en 3d. La losa de entrepiso y cubierta es maciza, con espesor de 10 cm el cual requiere armadura mínima.

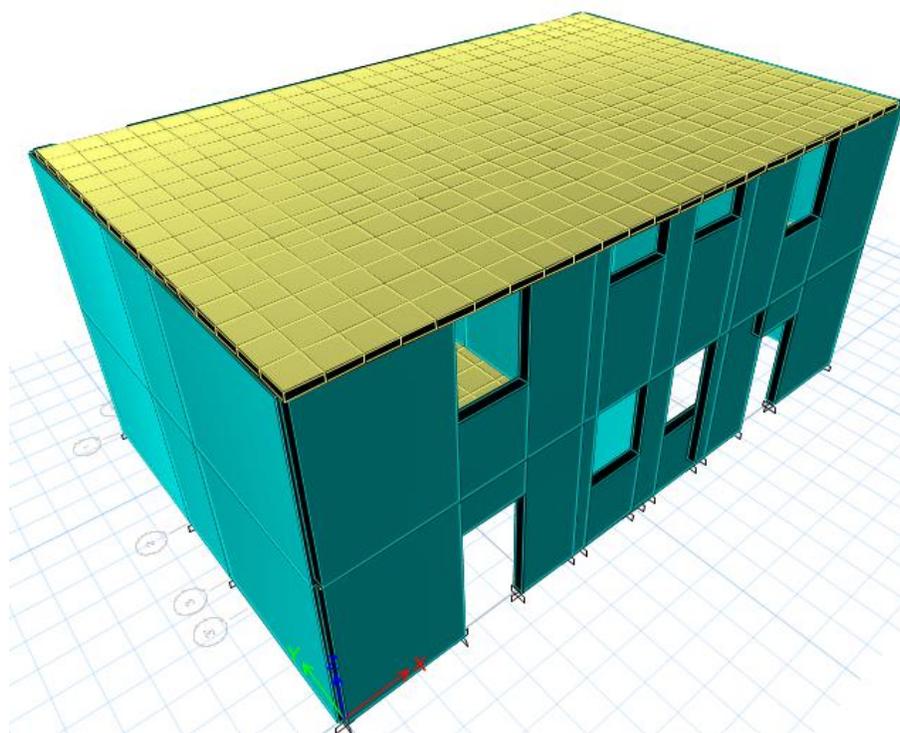


Figura 48 Modelo estructura

La tabla 19.2.1.1 Límites para f'_c , especifica que la resistencia a la compresión del hormigón para pórticos especiales resistentes a momentos y muros estructurales especiales, para un concreto de peso normal, el valor de f'_c mínimo es igual a 210 kg/cm². (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

Tabla 42
Propiedades Materiales

PROPIEDADES MATERIALES	
Hormigón	
Peso Especifico	$\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$
Esfuerzo hormigón	$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
Modulo Elasticidad	$E_c = 204328.41 \text{ kg/cm}^2$
Acero	
Esfuerzo de fluencia	$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
Modulo Elasticidad	$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$
PROPIEDADES SECCIONES	
Losa maciza	$h = 10 \text{ cm}$
Paredes	$t_w = 15 \text{ cm}$

Tabla 43
Modos de vibrar

Periodo sec	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
0.026	0.925	0.000	0.925	0.000	0.003	0.003
0.025	0.000	0.892	0.925	0.892	0.000	0.003
0.019	0.002	0.000	0.927	0.892	0.922	0.925
0.012	0.001	0.000	0.928	0.892	0.008	0.932
0.012	0.000	0.020	0.928	0.911	0.000	0.932
0.011	0.000	0.014	0.928	0.926	0.000	0.932
0.010	0.052	0.000	0.979	0.926	0.003	0.935
0.010	0.000	0.049	0.980	0.975	0.012	0.935
0.010	0.008	0.000	0.987	0.975	0.028	0.963
0.009	0.006	0.000	0.994	0.975	0.001	0.964
0.008	0.000	0.000	0.994	0.975	0.000	0.964
0.008	0.000	0.001	0.994	0.976	0.000	0.964

Tabla 44
Participación modal

PPM		
X	Y	RZ
%	%	%
99.83	0.00	0.27
0.00	100.00	0.00
0.18	0.00	92.18

La (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS], 2015) en la sección 6.2 expone que el porcentaje de participación modal en la dirección UX, UY debe ser mayor o igual al 90%, el giro Rz debe ser menor al 10% en los dos primeros modos de vibración y mayor o igual al 50% en el tercer modo de vibración para evitar efectos torsionales. Los modos de vibrar se deben presentar hasta que la suma acumulada sea mayor al 90% en la dirección Ux y Uy.

Para el análisis de la estructura en el software Etabs, primero se dibujó los ejes, luego se especificó las propiedades de los materiales y el espesor de la losa maciza y los muros, después se realizó las aberturas de puertas y ventanas de esta manera cada pared esta formada por un grupo de muros.

Una vez asignada toda la geometría de la estructura se procede a especificar el valor de las cargas verticales establecidas en la sección 3.2, posteriormente se carga al programa el espectro elástico de diseño para el análisis dinámico y el cortante basal para el análisis estático. Finalmente se procede a ejecutar el software para que mediante las combinaciones de carga evalué si la estructura soporta un sismo con la geometría planteada.

Mediante el análisis realizado en el software computacional con todas las especificaciones para la estructura con paredes autoportantes de hormigón armado, se observa que cumple adecuadamente lo mencionado en la normativa respecto a los modos de vibración. (ver tabla 42 y 43).

3.7. Diseño Elementos Estructurales

3.7.1. Losa Entrepiso y Cubierta

El diseño de la losa bidireccional maciza se realizó con el método del nervio continuo, considerando un ancho cooperante de 1.00 m para cada franja. El análisis de cargas para cada una de las losas se especifica en la tabla 33 en la sección cargas y combinaciones.

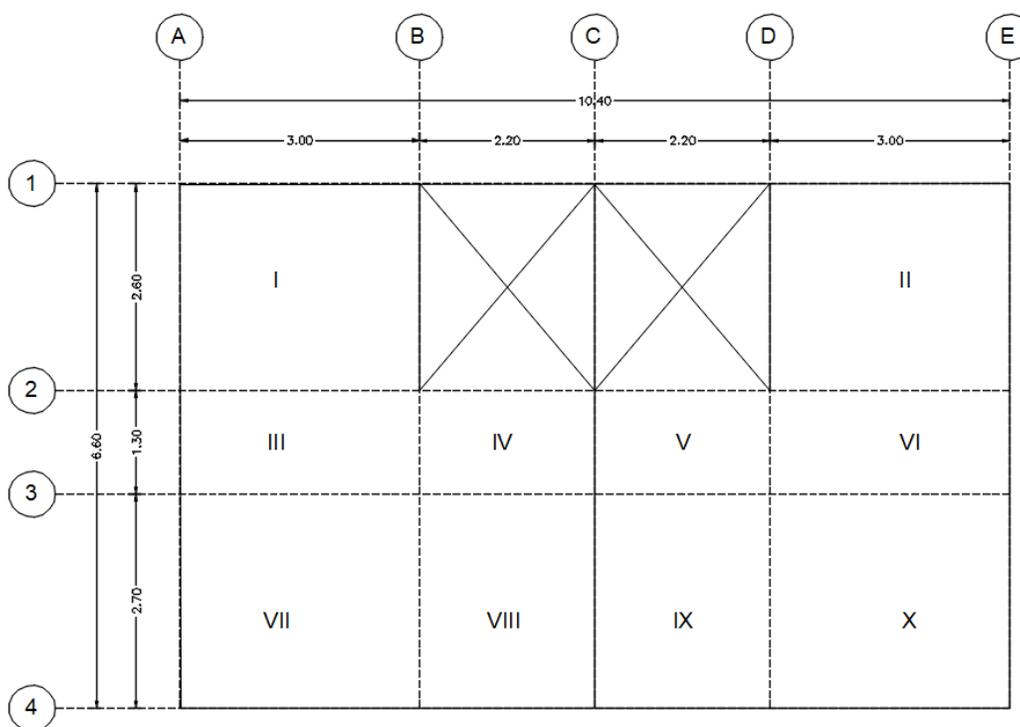


Figura 49 Distribución paneles

3.7.1.1. Carga Nervio

$$W/\text{franja} = Q_T \times \text{Ancho cooperante}$$

$$W/\text{franja} = 1.31 \text{ T/m}^2 \times 1.00 \text{ m} = 1.31 \text{ T/ml}$$

3.7.1.2. Acero Mínimo

$$\rho_{\text{mín}} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = \rho \times b \times d = 0.0033 \times 100\text{cm} \times 7\text{cm} = 2.31 \text{ cm}^2$$

Tabla 45

Área de acero sentido X

Franja 1= Franja 2= Franja 3					
Longitud	Vano 1	Vano 2	Vano 3	Vano 4	
	3.00	2.20	2.20	3.00	
Carga	1.31 x 0.76	1.31 x 0.92	1.31 x 0.92	1.31 x 0.76	
	1.00	1.20	1.20	1.00	
Mu (-)	0.485	1.055	0.687	1.055	0.485
Mu (+)	0.832	0.539	0.539	0.832	
Cuantía	0.0033	0.0061	0.0039	0.0061	0.0033
	0.0048	0.0033	0.0033	0.0048	
As	2.31	4.3	2.72	4.3	2.31
	3.33	2.31	2.31	3.33	

Tabla 46

Área de acero sentido Y

Franja A=Franja E			
Longitud	Vano 1	Vano 2	
	2.60	4.00	
Carga	1.31 X 0.64	1.31 X 0.24	
	0.84	0.31	
Mu (-)	0.307	1.317	0.273
Mu (+)	0.526	0.468	
Cuantía	0.0033	0.0078	0.0033
	0.0033	0.0033	
As	2.33	5.48	2.33
	2.33	2.33	

Con el área de acero calculada para cada sentido y un espaciamiento de 20cm, se colocará una armadura de 1 ϕ 10 mm @ 20cm en la losa de entrepiso y cubierta.

3.7.1.3. Verificación de Cortante

$$V_u = 3.90 \text{ T}$$

$$v_c = \frac{V_u}{\phi \times b \times d}$$

$$v_c = \frac{3.90 * 1000}{0.75 \times 100 \times 7} = 7.43 \frac{kg}{cm^2}$$

$$v_p = 0.53 \sqrt{f'c}$$

$$v_p = 0.53 \sqrt{210} = 7.68 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_p > v_c \text{ (cumple)}$$

El valor del cortante admisible es mayor al calculado, por lo tanto, se concluye que no existe problema de cortante.

Para la losa de cubierta se mantiene la misma armadura que la losa de entrepiso, porque luego del análisis se obtuvo como resultado un acero mínimo para cada sentido.

3.7.2. Paredes Autoportantes

El diseño de las paredes de carga está basado en la normativa (American Concrete Institute [ACI 318-14]), capítulo 18 muros estructurales especiales. Para el análisis detallado se escogió la pared de la fachada frontal, conformada por seis tipos de muros y una viga de acople. La longitud total medida de eje a eje es 10.40 m, altura de 2.50 m y espesor de 15.00 cm.

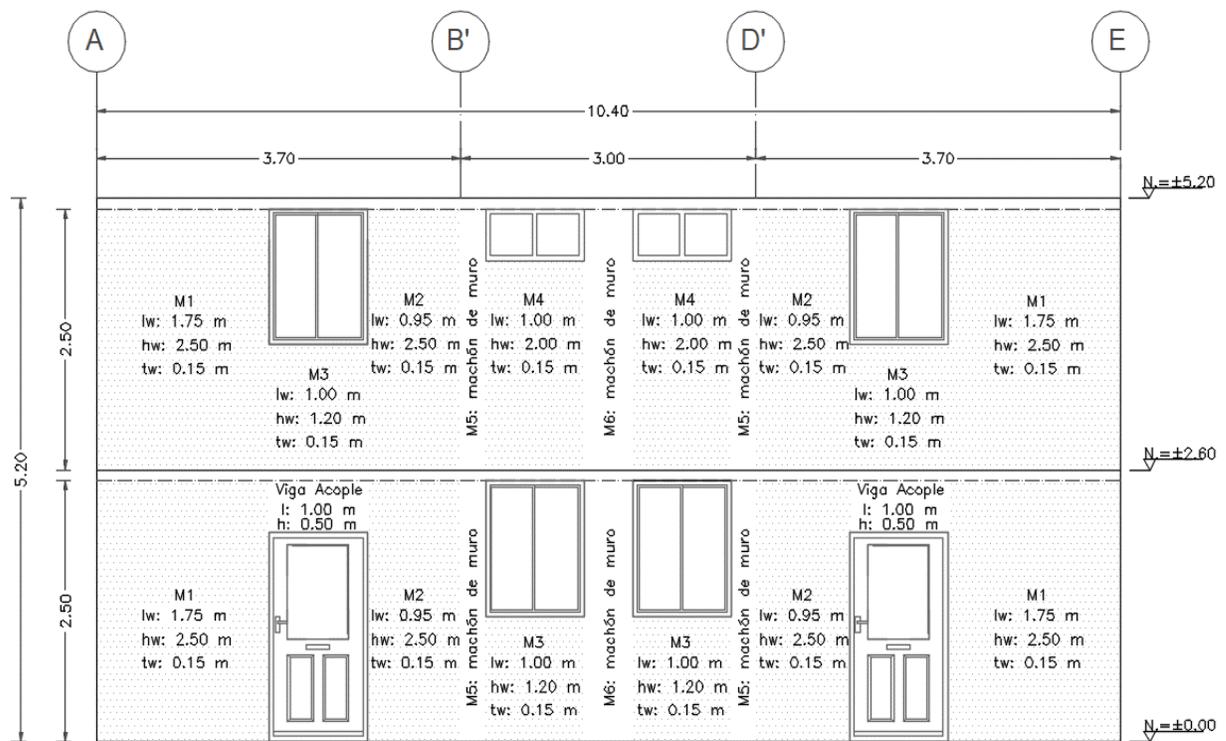


Figura 50 Distribución de muros fachado frontal

La fachada frontal está formada por algunas secciones, las cuales se debe especificar como se diseñan, las mismas pueden ser muros o machones de muro, se aplica la tabla 18.10.1 perteneciente a la normativa ACI 318-14. Los segmentos de muro que se encuentran sobre las aberturas de puertas y ventanas se diseñan como vigas de acople.

Tabla 47*Requisitos que dominan en el diseño de segmentos verticales de muro*

(hw / lw)	(lw / bw)		
	lw / bw ≤ 2.5	2.5 < lw / bw ≤ 6	lw / bw > 6
hw / lw < 2	muro	muro	muro

hw / lw ≥ 2	machón de muro. requisitos de diseño de columnas 18.10.8.1	machón de muro. requisitos de diseño de columnas 18.10.8.1	muro
-------------	--	---	------

Fuente (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

Tabla 48*Diseño para segmentos verticales de muro*

Elemento	hw	lw	bw	hw/lw	lw/bw	Condición
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
M1	2.50	1.75	0.15	1.43	11.67	MURO
M2	2.50	0.95	0.15	2.63	6.33	MURO
M3	1.20	1.00	0.15	1.20	6.67	MURO
M4	2.00	1.00	0.15	2.00	6.67	MURO
M5	2.50	0.25	0.15	10.00	1.67	Machón de muro
M6	2.50	0.50	0.15	5.00	3.33	Machón de muro

A continuación, se presenta el procedimiento de cálculo para el muro M1. Los valores de cortante. Momento y carga última fueron obtenidos mediante el software de análisis.

$$P_u = 10.00 \text{ T}; \quad M_u = 3.87 \text{ T-m}; \quad V_u = 4.405 \text{ T}$$

3.7.2.1. Elementos de borde

En el diseño de muros especiales de hormigón armado primero se debe verificar si se necesita elementos de borde, la normativa [ACI 318-14] sección 18.10.6.3, especifica las condiciones necesarias para colocar elementos de borde basado en el método de esfuerzos.

“Se debe colocar elementos de borde en los bordes y alrededor de las aberturas cuando el máximo esfuerzo en la fibra extrema, producido por las fuerzas sísmicas mayoradas que incluyan efectos sísmicos exceda $0.20 f'c$, a menos que el muro se encuentre confinado como columna. Los elementos de borde pueden descontinuarse en la altura cuando el esfuerzo de compresión calculado en la fibra extrema sea menor que $0.15 f'c$. donde se toma el valor del esfuerzo respecto al eje neutro.” (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

Tabla 49

Elementos de borde

$f_c > 0.20 f'c$	Requiere elementos de borde
$f_c < 0.15 f'c$	No requiere elementos de borde

Fuente (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

$$f_c = \frac{P_u}{A_{cv}} + \frac{M_u \times l_w}{I \times 2}$$

$$A_{cv} = 1.75 \times 0.15 = 0.262 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{b_w \times l_w^3}{12} = \frac{0.15 \times 1.75^3}{12} = 0.06699 \text{ m}^4$$

$$f_c = \frac{10.00}{0.262} + \frac{3.87 \times 0.875}{0.06699} = 88.71 \frac{T}{m^2} = 8.87 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$f_c < 0.15 f'c ; 8.87 < 0.15 (210) ; 8.87 < 31.50 \frac{kg}{cm^2} ; \text{No requiere elementos de borde}$$

3.7.2.2. Diseño por corte

- Capas de refuerzo

La sección 18.10.2.2 de la normativa (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014) presenta las siguientes ecuaciones para colocar dos capas de refuerzo. El valor de cortante se obtiene del análisis de carga lateral aplicando las combinaciones de carga de diseño mediante el software de diseño Etabs.

$$V_u > 0.53 A_{cv} \sqrt{f'_c} ; \frac{hw}{lw} \geq 2.0$$

$$V_u = 4.405 \text{ T}$$

$$4.405 < 0.53 \times 2625 \times \sqrt{210}$$

$$4.405 < 20.16 \text{ T OK!}$$

$$\frac{hw}{lw} = \frac{2.50}{1.75} = 1.428 < 2.0$$

Se requiere solo una capa de refuerzo para la pared de 15cm de espesor.

- Cuantía de refuerzo

“Las cuantías distribuidas en el alma ρ_l refuerzo longitudinal y ρ_t refuerzo horizontal, no pueden ser menores que 0.0025, excepto si V_u no excede $0.27 A_{cv} \sqrt{f'_c} \left[\frac{kg}{cm^2} \right]$, se puede reducir los esfuerzos a los valores especificados en la sección 11.6.” (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

$$V_u < 0.27 A_{cv} \sqrt{f'_c}$$

$$4.405 \text{ T} < 0.27 \times 2625 \sqrt{210}$$

$$4.405 \text{ T} < 10.27 \text{ T OK!}$$

Se puede colocar una cuantía menor a 0.0025 aplicando la tabla 11.6.1 Refuerzo mínimo para muros, si $V_u \leq 0.5 \phi V_c$ en el plano del muro.

El valor de cortante último es menor al especificado en la normativa, para varillas con diámetro menor a 16 mm y esfuerzo de fluencia $f_y \geq 4200 \text{ kg/cm}^2$, la cuantía para refuerzo longitudinal $\rho_l = 0.0012$ y refuerzo horizontal $\rho_t = 0.0020$.

$$V_u \leq 0.5 \phi V_c$$

$$4.405 \leq 0.5 \times 20.671$$

$$4.405 \leq 10.335 \quad \text{OK!}$$

La sección 18.10.4.3, menciona que los muros deben tener refuerzo a cortante distribuidos en dos direcciones ortogonales en el plano del muro si $hw/lw \leq 2$; la cuantía de refuerzo ρ_l debe ser al menos la cuantía ρ_t . (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

La relación $hw/lw = 1.428 \text{ m} < 2$, la cuantía escogida para el muro M1 es 0.0025 para el refuerzo longitudinal y horizontal.

- Resistencia nominal a cortante

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) \quad \text{ACI 18.10.4.1}$$

$$\alpha_c = 0.80 \quad \text{para } \frac{hw}{lw} \leq 1.5$$

$$\alpha_c = 0.53 \quad \text{para } \frac{hw}{lw} \geq 2.0$$

$$V_n = 2625 (0.80 \times \sqrt{210} + 0.0025 \times 4200)$$

$$V_n = 57994.39 \text{ Kg} = 57.99 \text{ T}$$

- Cortante máximo

$$V_n \leq 2.65 A_{cv} \sqrt{f'_c} = 2.65 \times 2625 \times \sqrt{210} = 100.805 \text{ T}$$

$$57.99 \text{ T} < 100.805 \text{ T} \quad \text{OK!}$$

$$V_u < \phi V_n$$

$$4.405 < 0.60 \times 57.99$$

$$4.405 < 34.79 \quad \text{OK!}$$

$$\phi = 0.60 \quad \text{sección 21.2.4 ACI 318-14}$$

3.7.2.3. Diseño final

- Recubrimiento

La sección 20.6.1. especifica que para Un concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo, el recubrimiento en muros especiales de hormigón armado será 20mm. (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

- Espaciamiento de refuerzo longitudinal y transversal

$$s \leq [3h ; 45 \text{ cm}]$$

$$s \leq [3 \times 15 ; 45 \text{ cm}]$$

$$s \leq [45 \text{ cm} ; 45 \text{ cm}]$$

$$s < 45 \text{ cm}$$

El espaciamiento del refuerzo debe ser menor a 45 cm, se escoge un $s = 20 \text{ cm}$.

- Refuerzo aberturas

La sección 11.7.5 expone que se debe colocar al menos una varilla de N° 16 en los muros que tengan una capa de refuerzo, se colocará alrededor de los vanos de puertas, ventanas y aberturas, las varillas deben anclarse para desarrollar f_y en tracción en las esquinas de las aberturas. (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

- Refuerzo longitudinal y transversal

$$A_s = \rho \times l \times b$$

$$A_s = 0.0025 \times 100 \times 15$$

$$A_s = 3.75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

El refuerzo longitudinal será igual al refuerzo horizontal, en el muro M1 se coloca

$$1 \text{ } \emptyset \text{ 10 mm @ 20 cm.}$$

3.7.2.4. Diseño por flexo compresión

La armadura escogida para la pared M1 con una altura de 2.50m, longitud 1.75m y espesor de 15.00 cm se ubica en el diagrama de iteración carga-momento (ver figura 20) y se verifica que se encuentre dentro de los límites establecidos.

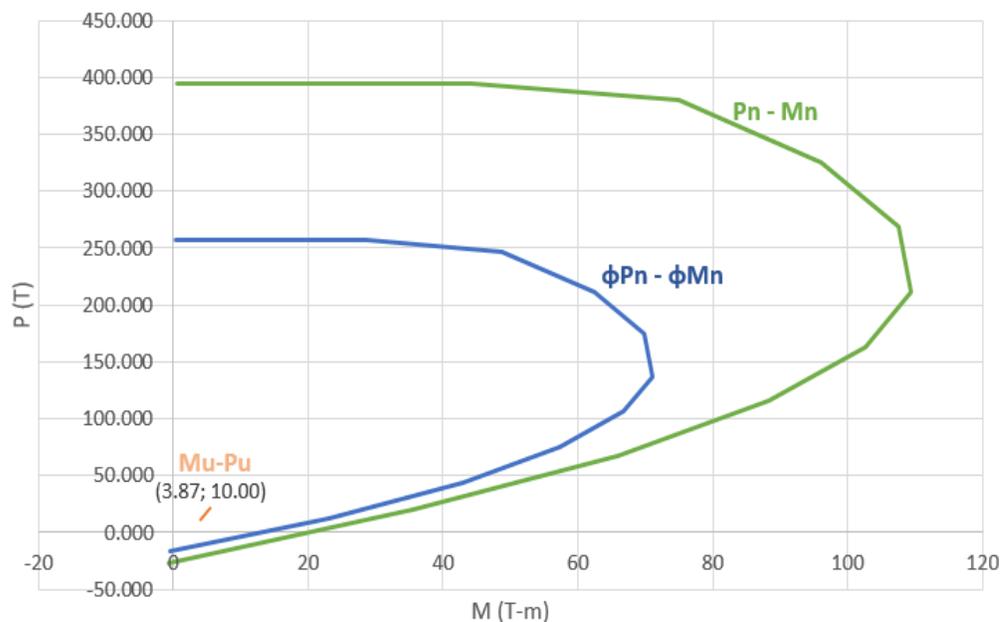


Figura 51 Diagrama interacción muro M1

La carga y momento último $P_u = 10.00$ T y $M_u = 3.87$ T con armadura $8 \text{ } \varnothing 10\text{mm}$ para el muro M1, se encuentra dentro del gráfico $\varnothing P_n - \varnothing M_n$, el cual indica la capacidad del muro, con este diagrama se demuestra que la armadura y sección propuesta es suficiente para soportar las cargas solicitadas. El diagrama $P_n - M_n$ representa la capacidad nominal del muro.

3.7.2.5. Diseño muros

Tabla 50

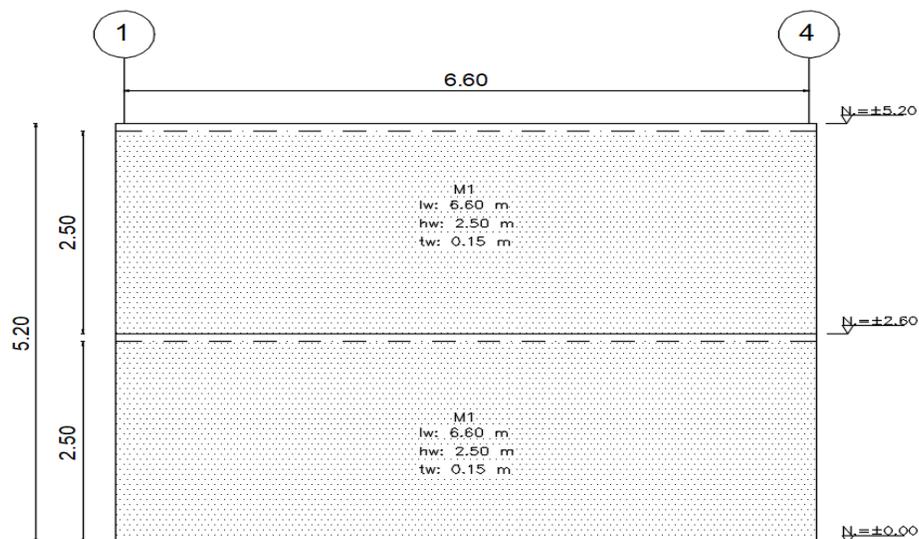
Diseño muros fachada frontal dirección x

Muro		M1	M2	M3	M4
hw	[m]	2.50	2.50	1.20	2.00
lw	[m]	1.75	0.95	1.00	1.00
tw	[m]	0.15	0.15	0.15	0.15
Acv	[m ²]	0.26	0.14	0.15	0.15
I	[m ⁴]	0.07	0.01	0.01	0.01
Pu	[T]	10.00	6.92	4.01	1.77
Mu	[T-m]	3.87	2.37	0.02	0.84
Vu	[T]	4.41	2.54	0.56	1.57
fc	[kg/cm ²]	8.86	15.37	2.76	4.56
Elementos de borde		no	no	no	no
Capa de refuerzo		una capa	una capa	una capa	una capa
cuantía	[s/u]	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025
hw/lw	[m]	1.43	2.63	1.20	2.00
ac		0.80	0.53	0.80	0.53
Vn	[T]	57.99	25.91	33.14	27.27
S	[cm]	20.00	20.00	20.00	20.00
As	[cm ² /m]	3.75	3.75	3.75	3.75
Armadura		1φ10mm@20cm			

Cada uno de los muros que forman la fachada frontal, localizada en el eje 4, contarán con un acero de refuerzo para cada sentido de 1φ10mm@20cm, alrededor de las aberturas se colocará una varilla de 12 mm.

Tabla 51*Diseño muros eje C dirección y*

Muro		M1	M2
hw	[m]	2.50	2.50
lw	[m]	6.60	6.60
tw	[m]	0.15	0.15
Acv	[m ²]	0.99	0.99
I	[m ⁴]	3.59	3.59
Pu	[T]	29.27	12.60
Mu	[T-m]	36.01	16.98
Vu	[T]	13.17	10.18
fc	[kg/cm ²]	6.26	2.83
Elementos de borde		no	no
Capa de refuerzo		una capa	una capa
cuantía	[s/u]	0.0025	0.0025
hw/lw	[m]	0.38	0.38
αc		0.80	0.80
Vn	[T]	218.72	218.72
S	[cm]	20.00	20.00
As	[cm ² /m]	3.75	3.75
Armadura		1 ϕ 10mm@20cm	

**Figura 52** Distribución muros eje c

3.7.3. Machones de Muro

Los machones de muro son segmentos verticales de muro angostos localizados cerca de las aberturas de puertas y ventanas. La normativa (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014, pág. 319. sección 18.10.8.1) expone los requisitos que se debe cumplir para el diseño.

Tabla 52

Tipo de machones de muro

Machones de muro	lw (m)	bw (m)	lw/bw	Sección ACI
M1	0.35	0.15	2.33	18.7.4 / 18.7.5/18.7.6
M2	0.50	0.15	3.33	18.10.8.1
M3	0.25	0.15	1.66	18.7.4 / 18.7.5/18.7.6
M4	0.60	0.15	4.00	18.10.8.1

Los machones de muro deben ser diseñados como columnas, el área de refuerzo longitudinal A_{st} debe ser al menos $0.01 A_g$ y no exceder $0.06 A_g$, el refuerzo transversal consiste en estribos cerrados de confinamiento.

3.7.3.1. Refuerzo Longitudinal

$$0.01 A_g \leq A_{st} < 0.06 A_g$$

Donde:

A_{st} : área total de refuerzo longitudinal

A_g : área de la sección de concreto

3.7.3.2. Refuerzo Transversal

$$A_s > \left[0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f_c}{f_{yt}} ; 0.09 \times \frac{f_c}{f_{yt}} \right]$$

3.7.3.3. Separación refuerzo transversal

$$S < \begin{cases} 1/3 \text{ de la menor dimensión del elemento de borde} \\ 6 \text{ veces el diámetro menor de la barra de refuerzo longitudinal} \\ 10 \text{ cm} \end{cases}$$

3.7.3.4. Diseño machones muro

En la tabla 51 se indica el tipo de armadura asignada para cada tipo de machón, los estribos cerrados deben tener un diámetro mínimo de 10mm

Tabla 53

Machones de muro

Machones	Ast (cm ²)	Armadura longitudinal	S (cm)	Armadura transversal
M1	5.25	4 Ø 12 mm	5.00	1 Ø 10 mm @ 5 cm
M2	7.50	8 Ø 12 mm	5.00	1 Ø 10 mm @ 5 cm
M3	3.75	4 Ø 12 mm	5.00	1 Ø 10 mm @ 5 cm
M4	9.00	8 Ø 12 mm	5.00	1 Ø 10 mm @ 5 cm

3.7.4. Vigas de acople

Las vigas de acople son secciones de hormigón armado que unen dos muros, en el proyecto se ubican sobre las aberturas de puertas, con una altura de 50.00 cm; de acuerdo a la relación de aspecto su refuerzo puede ser diagonal o longitudinal.

Tabla 54

Refuerzo en base a la relación de aspecto

Relación de aspecto	$\left(\frac{l_n}{h} < 2\right)$	Intermedio	$\left(\frac{l_n}{h} \geq 4\right)$
Tipo de refuerzo	Diagonal (ACI 318-14, sección 18.10.7.4)	A elección	Longitudinal (ACI 318-14, sección 18.6)

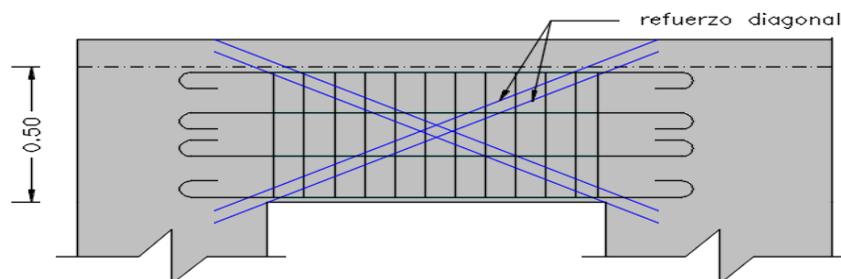


Figura 53 Modelo viga de acople

Tabla 55
Refuerzo Vigas

Viga	Longitud (l_n)	Altura (h)	$\frac{l_n}{h}$	Tipo refuerzo
Viga I	1.00 m	0.50 m	2.00	Diagonal
Viga II	0.90 m	0.50 m	1.80	Diagonal
Viga III	0.80 m	0.50 m	1.60	Diagonal

Las vigas con refuerzo diagonal están formadas por dos grupos de barras colocadas diagonalmente que se intersecan de forma simétrica respecto al centro de la luz, cada grupo de barras consiste en 4 barras colocadas en dos o más capas. Las barras diagonales deben estar embebidas en el muro no menos de 1.25 veces la longitud de desarrollo. (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014).

A continuación, se presenta el diseño detallado de la viga tipo II.

3.7.4.1. Armadura diagonal

$$V_n = 2 * A_{vd} * f_y * \sin \alpha \leq 2.65 * \sqrt{f'_c} * A_{cw} \quad [\text{kg/cm}^2]$$

Donde:

A_{vd} : Área total de refuerzo en cada grupo de barras diagonales de una viga de acople

A_{cw} : Área de la sección de concreto

α : Ángulo entre las barras diagonales y el eje longitudinal de la viga de acople

$$A_{vd} = \frac{2.65 * \sqrt{f'c} * A_{cw}}{2 * f_y * \sin \alpha}$$

$$A_{vd} = \frac{2.65 * \sqrt{210} * (15 * 45)}{2 * 4200 * \sin(29^\circ)} = 6.51 \text{ cm}^2$$

$$A_{vd} = 6.51 \text{ cm}^2$$

Opción 1: 4 Ø 14 mm

Opción 2: 6 Ø 12 mm

3.7.4.2. Comprobación armadura diagonal

Opción 1: 4 Ø 14 mm

$$2 * A_{vd} * f_y * \sin \alpha \leq 2.65 * \sqrt{f'c} * A_{cw}$$

$$2 (6 * 1.2)(4200) * \sin(29^\circ) \leq 2.65 * \sqrt{210} * (15 * 46)$$

$$29.32 \text{ T} \geq 26.49 \text{ T} \text{ (No cumple!)}$$

Opción 2: 6 Ø 12 mm

$$2 * A_{vd} * f_y * \sin \alpha \leq 2.65 * \sqrt{f'c} * A_{cw}$$

$$2 (4 * 1.4)(4200) * \sin(29^\circ) \leq 2.65 * \sqrt{210} * (15 * 46)$$

$$22.81 \text{ T} \leq 26.49 \text{ T} \text{ (Cumple!)}$$

3.7.4.3. Longitud de desarrollo

La normativa (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014, pág. 440 tabla 25.4.2.2) presenta la siguiente expresión para determinar la longitud de desarrollo en barras N°19 ó menores.

$$L_d = 1.25 \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{6.6 \lambda \sqrt{210}} \right) db \quad [\text{kg/cm}^2]$$

Donde

Ψ_e : Factor de modificación para la longitud de desarrollo con base en el recubrimiento de refuerzo.

Ψ_t : Factor utilizado para modificar la longitud de desarrollo en tracción debido a la localización de vaciado del concreto.

Los factores utilizados para calcular la longitud de desarrollo fueron obtenidos de la tabla 25.4.2.4 Factores de modificación para el desarrollo de las barras corrugadas y alambres en tracción de la normativa (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014)

$$L_d = 1.25 \left(\frac{4200 \times 1.3 \times 1.0}{6.6 \times 1.0 \times \sqrt{210}} \right) db = 71.36 \text{ db}$$

3.7.4.4. Espaciamiento refuerzo transversal

El espaciamiento longitudinal no debe exceder el menor de 15cm y 6db de la barra diagonal más pequeña.

$$S < [15.00 \text{ cm ; } (6 \times 1.4) \text{ cm }]$$

$$S < [15.00 \text{ cm ; } 8.4 \text{ cm }]; S = 8.00 \text{ cm}$$

3.7.4.5. Refuerzo transversal

La normativa (American Concrete Institute [ACI 318-14], 2014, pág. 317 sección 18.10.7.4) especifica que el área de refuerzo transversal (Ash) no debe ser menor que el mayor de (i) e (ii):

$$i) 0.09 * s_{bc} * \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

$$ii) 0.3 * s_{bc} * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \frac{f'_c}{f_{yt}}$$

Refuerzo transversal en dirección corta

$$i) 0.09 \times (8 \times 11) \times \frac{210}{4200} = 0.396 \text{ cm}^2$$

$$ii) 0.3 \times (8 \times 11) \times \left(\frac{15 \times 50}{11 \times 46} - 1 \right) \times \frac{210}{4200} = 0.636 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ash} > 0.636 \text{ cm}^2$$

2 ramas ϕ 10 mm @ 8.00 cm

Refuerzo transversal en dirección larga

$$i) 0.09 \times (8 \times 46) \times \frac{210}{4200} = 1.656 \text{ cm}^2$$

$$ii) 0.3 \times (8 \times 46) \times \left(\frac{15 \times 50}{11 \times 46} - 1 \right) \times \frac{210}{4200} = 2.662 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ash} > 2.66 \text{ cm}^2$$

4 ramas ϕ 10 mm @ 8.00 cm

3.7.4.6. Refuerzo longitudinal

El refuerzo longitudinal mínimo que debe tener cada viga de acople se determina con la siguiente ecuación.

$$A_s = 0.002 * b_w * s$$

Se colocará 8Ø10mm, a lo largo de la viga de acople

Los tres tipos de viga de acople tienen el mismo espesor y altura, por tal motivo se mantiene la misma armadura diagonal, transversal y longitudinal para cada viga.

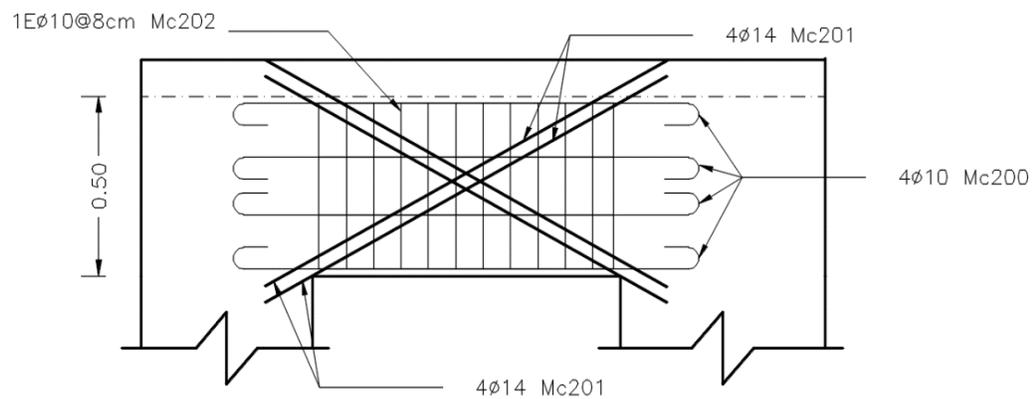


Figura 54 Viga de acople tipo

3.8. Diseño Cimentación

El sistema de paredes autoportantes de hormigón armado, se construye sobre zapatas corridas, las cuales resultan más económicas respecto a una losa de cimentación. En el diseño se debe verificar que los esfuerzos máximos no sean mayores que el esfuerzo admisible del suelo $\sigma_s = 10T/m^2$, para cumplir esta condición el área de la zapata se calcula en función del esfuerzo del suelo y las cargas a las que está sometida la estructura.

Las solicitaciones se obtienen del programa Etabs en la base de los muros del primer piso, en la dirección larga del muro las zapatas funcionan como vigas de cimentación donde la rigidez y su conexión monolítica con las otras vigas generan el apoyo para el correcto funcionamiento del sistema.

3.8.1. Cimentación muro eje 4

El muro del eje 4 en sentido x, esta formado por diferentes secciones de muro, debido a la existencia de aberturas para puertas y ventanas; mediante el programa computacional de diseño Etabs, se obtiene los valores de carga y momento, para el diseño se escoge el muro con mayores valores. (Ver tabla 54).

Tabla 56

Cargas y momentos muro eje 4

Muro	P (T)	Pu (T)	M (T-m)
P19	7.54	9.98	3.87
P21	5.28	6.92	2.37
P24	0.82	0.96	-0.80
P26	2.69	4.01	0.02
P28	0.97	1.43	0.007
P30	2.69	4.01	-0.02
P32	0.82	0.96	0.8
P34	5.28	6.92	-2.37
P36	7.53	9.98	-3.86

3.8.1.1. Geometría de la zapata

La presión neta del suelo debe ser menor al esfuerzo admisible, con el área de fundación se obtiene el valor de la base de la cimentación, se realiza el diseño para un metro de profundidad como se presenta a continuación.

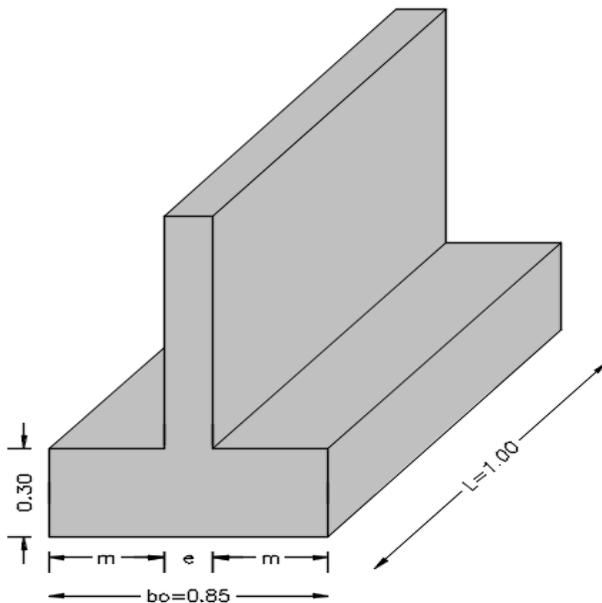
$$A^F = \frac{P + \%P}{\sigma_s} = \frac{7.54 \times 1.15}{10} = 0.867 \text{ m}^2$$

$$A^F = b_o \times L$$

$$0.867 = b_o \times 1.00$$

$$b_o = 0.867 \text{ m}$$

Las dimensiones adoptadas para el diseño de la viga son $b_o = 0.85\text{m}$, $L = 1.00 \text{ m}$



$$2m + e = 0.85$$

$$2m + 0.15 = 0.85$$

$$2m = 0.70 \text{ m}$$

$$m = 0.35 \text{ m}$$

Figura 55 Modelo zapata

3.8.1.2. Presión neta del suelo

$$q_n = \frac{P}{A} = \frac{7.54}{(0.85 \times 1.00)} = 0.87 \text{ T/m}^2$$

$$0.87 \text{ T/m}^2 < 10 \text{ T/m}^2 \text{ (cumple!)}$$

3.8.1.3. Diseño a Flexión Transversal

Momento último en la base de la cara del mundo en la cimentación por metro de ancho.

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times (b - a)^2$$

Donde

b: base de la viga

a: espesor del muro

qu: esfuerzo en la base de la zapata

$$q_u = \frac{9.98}{0.85 \times 1.00} = 11.74 \text{ T/m}^2$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times 11.74 \times (0.85 - 0.15)^2$$

$$M_u = 0.72 \text{ T - m}$$

Momento Resistente

$$M_R = R_u \times b \times d^2$$

$$M_R = \frac{M_u}{\phi} = \frac{0.72}{0.90} = 0.8 \text{ T m}$$

$$M_R = R_u \times b \times d^2$$

$$80000 \text{ kg cm} = 39.7 \times 100 \times d^2$$

$$d = 4.486 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

$$h = d + \text{recubrimiento} = 17 \text{ cm}$$

La (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA], 2015) en la tabla N°4. Dimensiones y refuerzos mínimos de la cimentación corrida, expone que la altura mínima de la viga debe ser 30cm. En base a este criterio se escoge una altura efectiva $d = 23 \text{ cm}$, recubrimiento de 7.00 cm y altura de viga $h = 30.00 \text{ cm}$

Refuerzo Transversal

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} = \frac{14}{4200} = 0.0033$$

$$\rho_{\text{cal}} = 0.00042$$

$$A_s = 0.0033 \times 100 \times 23 = 7.59 \text{ cm}^2$$

$$5 \text{ } \emptyset 14 \text{ mm @ } 20 \text{ cm}$$

3.8.1.4. Diseño a Flexión Longitudinal

En el diseño longitudinal se analiza como una viga normal, se calcula el acero de refuerzo para distribuir en un ancho $b = 0.85 \text{ m}$.

Acero de refuerzo

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 0.0033 \times 0.85 \times 23 = 6.45 \text{ cm}^2 ; 6 \text{ } \emptyset 12 \text{ mm @ } 15 \text{ cm}$$

3.8.1.5. Diseño a Corte

Corte en el patín de la viga de cimentación a una distancia d

$$V_u = q_u \times \left(\frac{b - a}{2} - d \right)$$

Donde

V_u : corte en sección crítica

q_u : esfuerzo en la base de la viga

b: base de la viga

d: altura efectiva

a: espesor del muro

$$V_u = 11.74 \times \left(\frac{0.85 - 0.15}{2} - 0.23 \right) = 1.41 \text{ T}$$

Capacidad de corte del hormigón

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

V_c : capacidad de corte del hormigón

f'_c : esfuerzo del hormigón

b : base de la viga

d : altura efectiva

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{210} \times 85 \times 23 = 15.02 \text{ T}$$

Cortante Nominal

$$V_n = \frac{Vu}{0.85} = \frac{1.41}{0.85} = 1.66 \text{ T}$$

Condición

$$V_n < V_c$$

$$1.66 \text{ T} < 15.02 \text{ T} \text{ (Cumple!)}$$

3.8.1.6. Distribución Armadura

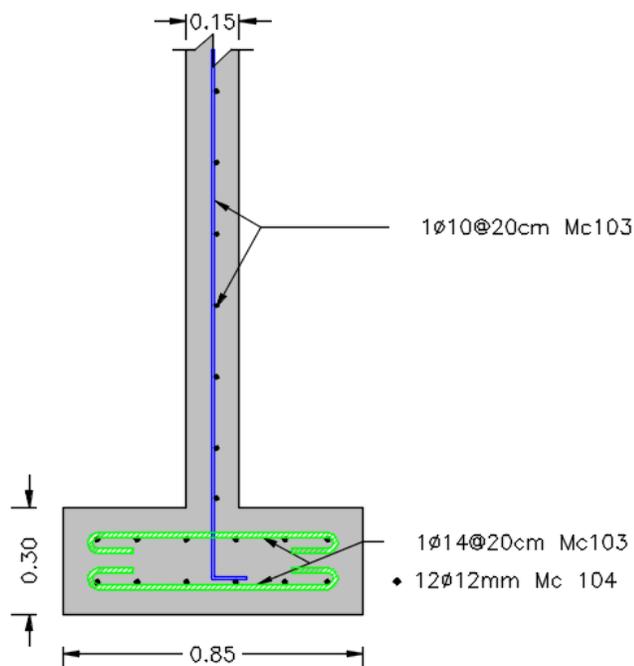


Figura 56 Cimentación muro eje 4

3.8.2. Cimentación muro eje A

El muro del eje A se localiza en sentido y, los valores de carga y momento se obtienen del programa Etabs, para el diseño se escoge la sección con mayores valores.

Tabla 57

Cargas y momentos muro eje A

Muro	P (T)	Pu (T)	M (T-m)
P1	11.46	12.85	5.96
P2	5.34	6.02	-0.02
P3	10.7	12.00	5.45

3.8.2.1. Geometría de la zapata

$$A^F = \frac{P + \%P}{\sigma_s} = \frac{11.46 \times 1.15}{10} = 1.30 \text{ m}^2$$

$$A^F = b_o \times L$$

$$b_o = 1.30 \text{ m}$$

Se adoptó un valor para $b_o = 1.20 \text{ m}$ para la base de la viga porque con esa dimensión cumple adecuadamente todos los chequeos presentados a continuación.

3.8.2.2. Presión neta del suelo

$$q_n = \frac{P}{A} = \frac{12.85}{(1.20 \times 1.00)} = 9.55 \text{ T/m}^2$$

$$9.55 \text{ T/m}^2 < 10 \text{ T/m}^2 \text{ (cumple!)}$$

La presión neta del suelo debe ser menor al esfuerzo admisible, cumple la condición y se acepta el valor de $b_o = 1.20 \text{ m}$ como base de la zapata.

3.8.2.3. Diseño a Flexión Transversal

Momento último

$$M_u = \frac{1}{8} \times q_u \times (b - a)^2$$

$$M_u = \frac{1}{8} \times \frac{12.85}{1.20 \times 1.00} \times (1.20 - 0.15)^2 = 1.47 \text{ T - m}$$

Momento Resistente

$$M_R = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1.47}{0.90} = 1.63 \text{ T m}$$

$$M_R = R_u \times b \times d^2$$

$$163000 \text{ kg cm} = 39.7 \times 100 \times d^2$$

$$d = 6.43 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = 30 \text{ cm}$$

La altura escogida para la viga es $h=30\text{cm}$, recubrimiento $\text{rec} = 7.00\text{cm}$ y altura efectiva $d=23\text{cm}$.

Refuerzo Transversal

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 0.0033 \times 100 \times 23 = 7.59 \text{ cm}^2$$

$$5 \text{ } \phi \text{ } 14 \text{ mm @ } 20 \text{ cm}$$

3.8.2.4. Diseño a Flexión Longitudinal

En el diseño longitudinal se analiza como una viga normal, se calcula el acero de refuerzo para distribuir en un ancho $b = 1.20 \text{ m}$.

Acero de refuerzo

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$A_s = 0.0033 \times 1.20 \times 23 = 9.11 \text{ cm}^2$$

$$8 \text{ } \phi \text{ } 12 \text{ mm @ } 15 \text{ cm}$$

3.8.2.5. Diseño a Corte

Corte en el patín de la viga de cimentación a una distancia d

$$V_u = q_u \times \left(\frac{b - a}{2} - d \right)$$

$$V_u = 10.71 \times \left(\frac{1.20 - 0.15}{2} - 0.23 \right) = 3.16 \text{ T}$$

Capacidad de corte del hormigón

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

$$V_c = 0.53 \times \sqrt{210} \times 120 \times 23 = 21.20 \text{ T}$$

Cortante Nominal

$$V_n = \frac{V_u}{0.85} = \frac{3.16}{0.85} = 3.72 \text{ T}$$

Condición

$$V_n < V_c \quad ; \quad 3.72 \text{ T} < 21.20 \text{ T} \text{ (Cumple!)}$$

3.8.2.6. Distribución Armadura

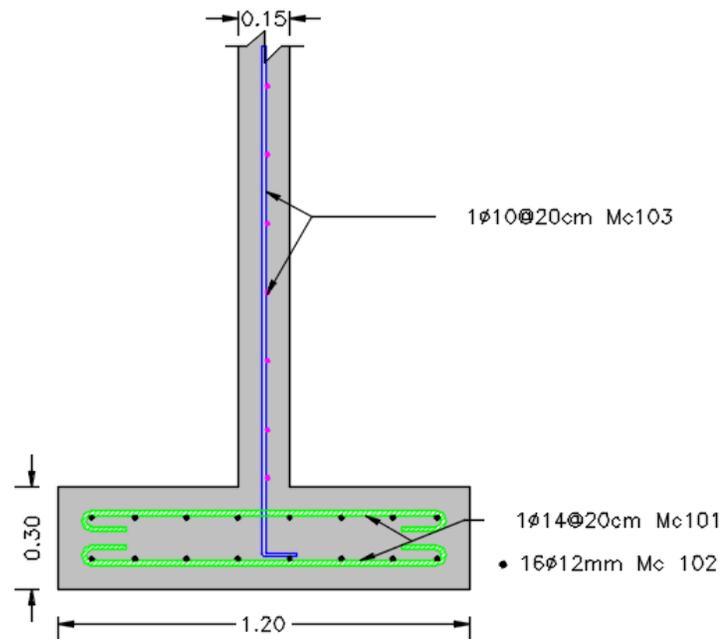


Figura 57 Cimentación muro eje A

3.9. Planos Estructurales

Los planos correspondientes al diseño de la vivienda con el sistema de paredes autoportantes de hormigón armado, se detalla en la sección Anexos, al final del documento.

CAPÍTULO 4

DISEÑO HIDROSANITARIO Y ELÉCTRICO

4.1. Descripción

El capítulo número 4 presenta los diseños complementarios que requiere una vivienda para cubrir las necesidades básicas de cada persona, estos son el diseño hidrosanitario y eléctrico, los cuales deben cumplir con las características expuestas en la normativa de cada país y garantizar funcionalidad, durabilidad y habitabilidad en toda la vivienda.

4.2. Diseño Hidrosanitario

Tabla 58

Dotaciones recomendadas

Tipo de edificación	Dotación	
Edificación tipo popular	150	1 / hab x día
Edificaciones de interés social	200	1 / hab x día
Residencias y departamentos	250-500	1 / hab x día
Oficinas. (en función de los empleados)	70	1 / empleado x día
Oficinas	10	1x m ² de área rentable
Oficinas	7*	1x m ² de área rentable
Hoteles de primera categoría	300-500	1 / hab x día
Hoteles de segunda categoría	200	1 / hab x día
Hoteles de tercera categoría	150	1 / hab x día
Cines	2	1 / espectador x función
Fábricas (sin consumo industrial)	70**	1 / obrero x día
Baños públicos	500	1 / bañista x día
Restaurantes	15-30	1 / comensal x día
Lavanderías de ropa	40***	1 / kg de ropa seca
Hospitales	500-1000	1 / cama x día
Escuelas	50	1 / alumno x día
Cuarteles	300	1 / persona x día
Prisiones	50	1 / hab x día
Riego de jardines	5	1 / m ² de superficie de césped
Riego de patios	2	1 / m ²

Fuente (Carrera Falcón & Carrera Villacrés)

Para el diseño de las tuberías de agua potable se debe escoger la dotación en base al tipo de edificación; la estructura diseñada en el proyecto es una vivienda de interés social, por lo tanto, la dotación es igual a 200 lt/hab x día.

Las tuberías de agua fría y caliente deben conectar a cada uno de los aparatos que tiene la vivienda, el diámetro se determina a partir de las unidades mueble, es una metodología que se aplica en viviendas de hasta 3 pisos. Para el cálculo de las unidades de suministro se utilizó el libro “Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones” del autor Rafael Pérez Carmona, 2010.

Tabla 59
Unidades de suministro

Aparatos	Público			Privado		
	Fría	Caliente	Total	Fría	Caliente	Total
Ducha o Tina	2.00	2.00	4.00	1.50	1.50	2.00
Bidé o Lavamanos				1.00	1.00	1.00
Lavaplatos				1.50	1.50	2.00
Lavaplatos Eléctrico	3.00	3.00	6.00	2.00	2.00	3.00
Lavadora	2.00	2.00	4.00	2.00	1.00	3.00
Inodoro con Fluxómetro	10.00		10.00	6.00		6.00
Inodoro de Tanque	5.00		5.00	3.00		3.00
Orinal de Fluxómetro	10.00		10.00			
Orinal de Llave	2.00		2.00			
Lavamanos de Llave	4.00		4.00			
Fregadero uso hotel	4.00		4.00	1.00		1.00
Lavadero				2.00		2.00

Fuente (Pérez Carmona, 2010)

4.2.1. Tubería de agua fría y caliente

En la table 59 se detalla el tipo de mueble que tiene cada vivienda, el número de aparatos y se asigna la unidad mueble, luego se determina el total de unidades muebles para asignar el diámetro de la tubería de agua.

Tabla 60*Unidades mueble vivienda*

Tipo de mueble	N° Aparatos	UM Aparato	UM Total
Lavabo	2	1	2
Inodoro de tanque	2	3	6
Ducha	1	2	2
Fregadero cocina	1	2	2
Lavadero	1	2	2
Σ (Sumatoria)	7		14

Tabla 61*Longitud tubería*

Nivel	Longitud tubería agua fría(m)	Longitud tubería agua caliente (m)
Planta Baja N+0.00	6.70	6.15
Segunda Planta N+2.7	4.40	4.45
Σ (sumatoria)	11.10	10.60

Luego de obtener la longitud de la tubería y el número total de unidades mueble de cada vivienda se escoge el diámetro para cada tubería (ver tabla 61)

Tabla 62*Diámetro en función de la longitud y unidades mueble*

Diámetro de conexión domiciliaria (mm)	Diámetro alimentación general (mm)	Longitud Tubería (m)	Unidad es Mueble
19	19	15	15
19	19	30	16
19	19	45	15
19	25	15	40
19	25	30	33
19	25	45	28
25	25	15	50
25	25	30	40
25	25	45	30
25	32	15	96

CONTINÚA 

25	32	30	65
25	32	45	55
32	32	15	150
32	32	30	100
32	32	45	65
32	38	15	250
32	38	30	160
32	38	45	130

Fuente (Carrera Falcón & Carrera Villacrés)

La longitud de tubería y cantidad de unidades mueble necesarias en la vivienda son menores a las especificadas en la tabla 61 por tal motivo se elige una tubería de 1/2plg para la conexión de agua caliente y agua fría.

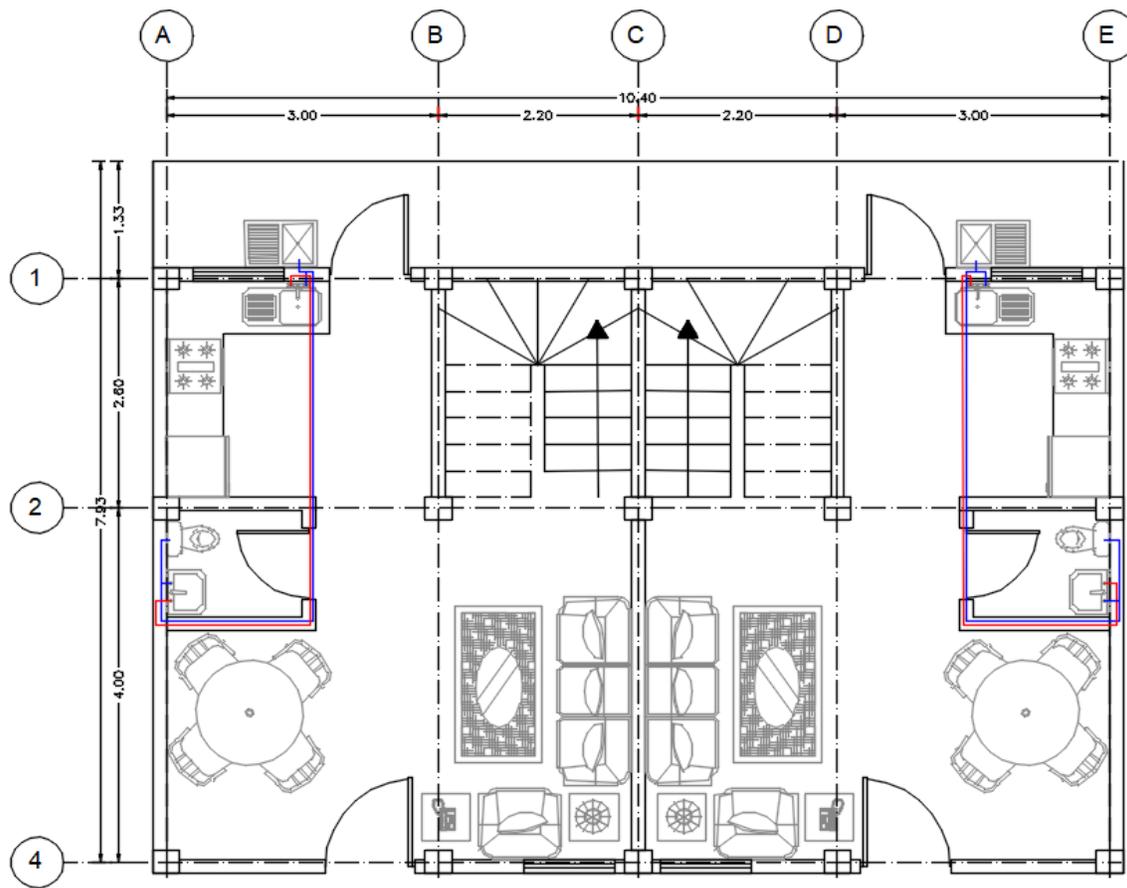


Figura 58 Tubería planta baja

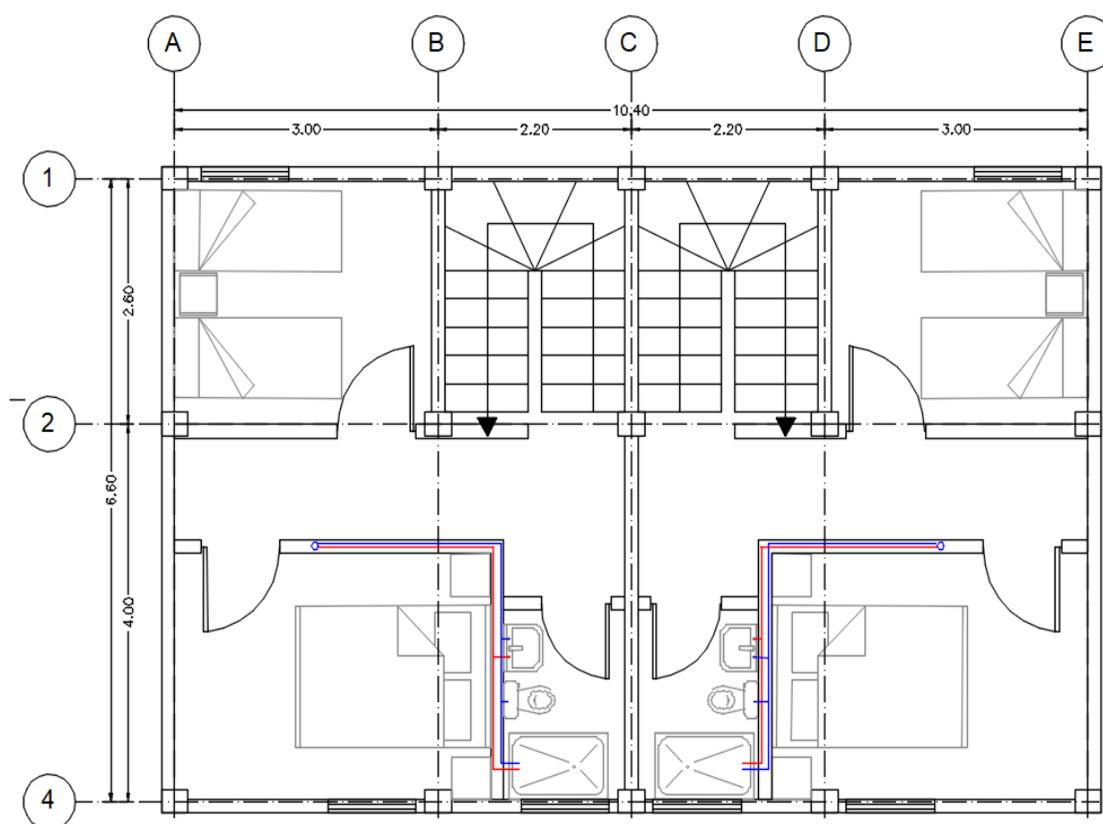


Figura 59 Tubería planta alta

4.2.2. Columna de Agua Fría y Caliente

Las columnas de agua son tuberías verticales que van desde el distribuidor hasta las derivaciones en cada planta de la vivienda, el distribuidor es una tubería horizontal que va desde el medidor hasta la parte inferior de las columnas.

La norma hidrosanitaria NHE Agua, la cual forma parte de la Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-11], presenta los caudales para cada tipo de aparato sanitario los mismos permitirán escoger el diámetro de la tubería sanitaria.

Tabla 63*Demandas de caudales y presiones en aparatos de consumo*

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/s)	Presión recomendada (m.c.a)	Presión mínima (m.c.a)
Bañera / tina	0.30	7.0	3.0
Bidet	0.10	7.0	3.0
Calentadores / calderas	0.30	15.0	10.0
Ducha	0.20	10.0	3.0
Fregadero cocina	0.20	5.0	2.0
Fuentes para beber	0.10	3.0	2.0
Grifo para manguera	0.20	7.0	3.0
Inodoro con depósito	0.10	7.0	3.0
Inodoro con fluxor	1.25	15.0	10.0
Lavabo	0.10	5.0	2.0
Máquina de lavar ropa	0.20	7.0	3.0
Máquina lava vajilla	0.20	7.0	3.0
Urinario con fluxor	0.50	15.0	10.0
Urinario con llave	0.15	7.0	3.0
Sauna, turco, ó hidromasajes domésticos	1.00	15.0	10.0

Fuente (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-11], 2011, pág. 15)

Tabla 64*Caudal instantáneo agua fría*

Nivel	Aparato Sanitario	Caudal instantáneo (l/s)	Número de aparatos	Total Caudal (l/s)	Total por Planta (l/s)
	Lavabo	0.10	1	0.10	
Planta Baja	Inodoro de tanque	0.10	1	0.10	0.60
N+0.00 m	Fregadero de cocina	0.20	1	0.20	
	Lavadero	0.20	1	0.20	
	Lavabo	0.10	1	0.10	
Planta Alta	Inodoro de tanque	0.10	1	0.10	0.40
N+2.70 m	Ducha	0.20	1	0.20	

Tabla 65*Caudal instantáneo agua caliente*

Nivel	Aparato Sanitario	Caudal instantáneo (l/s)	Número de aparatos	Total Caudal (l/s)	Total por Planta (l/s)
Planta Baja	Lavabo	0.10	1	0.10	0.30
N+0.00 m	Fregadero de cocina	0.20	1	0.20	
Planta Alta	Lavabo	0.10	1	0.10	0.30
N+2.70 m	Ducha	0.20	1	0.20	

La velocidad del agua en las tuberías debe ser controlada adecuadamente, con velocidad menor a 0.60 m/s se puede producir sedimentos de partículas, con velocidad mayor a 0.60 m/s se obtiene el arrastre de sedimentos, para velocidades mayores a 2.0 m/s se puede producir desgaste en la tubería; por lo tanto se recomienda aplicar una velocidad entre 0.60 m/s y 2.0 m/s para tuberías con diámetro hasta 2 ½” y una velocidad de 2.5 m/s para tuberías con diámetro mayor a 2 ½”. En las columnas de agua potable se debe verificar las pérdidas producidas por la distribución de agua en cada nivel de la vivienda.

Tabla 66

Coefficiente de pérdidas de fricción

Coefficiente de fricción	C
Según catálogo	80
Según catálogo	90
Hierro galvanizado y acerado	100
Hierro fundido	120
Asbesto cemento	130
Cobre y fibra de vidrio	140
PVC	150

Fuente (Pérez Carmona, 2010, pág. 48)

Fórmula de Flamant para pérdidas de carga

$$J = 6.1 \times \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Donde:

J: Pérdida de carga en m/m

C: Coeficiente de fricción

V: Velocidad media en m/s

D: Diámetro en m

Q: Caudal en m³/s

Pérdidas de forma

$$\lambda = k \times \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

V: velocidad ; k: coeficiente de perdida por accesorios

Tabla 67

Coeficiente de perdida k

Accesorio	Coeficiente k
Codo 90°	0.5
Te	1.5
k total	2.0

El coeficiente de perdida por accesorios k, es el valor emitido por la fábrica de tubos rival, empresa que ofrece sus productos en el mercado ecuatoriano.

Tabla 68

Verificación diámetro columna de agua potable

Parámetros Columna Agua	Unidad	Agua Fría	Agua Caliente
Caudal	l/s	0.40	0.30
% de simultaneidad	%	1.00	1.00
Caudal de diseño	l/s	0.4	0.3
Diámetro ϕ	plg	½	½
Velocidad	m/s	1.40	1.06
Longitud de tramo	M	2.70	2.70
Coeficiente de fricción (C) pvc	s/u	150	150
Perdidas de forma (λ)	m	0.201	0.113
Perdidas de longitud (J)	m/m	0.0072	0.0044
JL	mca	0.019	0.012
Pérdida total ($\sum \lambda + \sum JL$)	m	0.220	0.125

Luego de calcular el caudal total en cada planta en base al caudal instantáneo que establece la normativa se verifica las pérdidas para cada tipo de tubería y si se encuentra la velocidad en el rango antes mencionado, se acepta el diámetro escogido; en este caso para la columna de agua fría y agua caliente se colocará un diámetro de ½ plg.

4.2.3. Drenaje Sanitario

El drenaje sanitario comprende al conjunto de tuberías verticales y horizontales que permiten transportar las aguas residuales de los niveles superiores hasta el sistema colector de la edificación.

La metodología aplicada en el diseño de la vivienda es el método de unidad de descarga. Se define la unidad de descarga como la cantidad de agua que desaloja una pieza sanitaria en uso intermitente normal, en un minuto equivale a 28 lt/min para un desagüe de 32 mm de diámetro. (Infraestructura educativa [INIFED], 2015)

En la tabla 69 se presenta, las unidades de descarga correspondientes a los diferentes diámetros de salida de las piezas sanitarias propuestas por Carrera Falcón & Carrera Villacrés.

Tabla 69

Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones y sifones

Clase de aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y la derivación		
	Clase			(mm)		
	1	2	3	1	2	3
Lavabo	1	2	2	50	50	50
Inodoro	4	5	6	110	110	110
Baño	3	4	4	50	50	50
Bidé	2	2	2	50	50	50
Cuarto de Baño completo	3	4	4	50	50	50
Ducha	2	3	3	50	50	50
Urinario suspendido	2	2	2	50	50	50
Urinario vertical	2	4	4	50	50	50
Fregadero de cocina en viviendas	3			50		
Fregadero en restaurante (vajillas)		8	8		75	75
Fregadero en restaurante (alimentos)		6	6		50	50
Lavadero (ropa)	3	3		50	50	
Lavadero (laboratorio)	2			50		
Lavapiés	2	2		50	50	

CONTINÚA 

Sumidero corriente	3	3	3	50	50	50
<hr/>						
Desagüe pluvial	<hr/>					
Recogida de agua pluvial	<hr/>					
a) Caída máxima 10cm/h cada 17m ² de área	1			50	50	50
b) Caída máxima 20cm/h cada 8,5m ² de área	1			50	50	50

Fuente (Carrera Falcón & Carrera Villacrés)

Dónde

“Clase 1, se denomina a edificios cuyo uso es limitado para las personas, es decir a edificaciones de tipo particular como son viviendas, gabinetes privados de hoteles en los cuales los aparatos sirven para una sola familia o a un solo individuo”. (Carrera Falcón & Carrera Villacrés)

“Clase 2, comprende edificios de uso semi-público, por ejemplo, oficinas, talleres en donde los aparatos son utilizados por un número limitado de personas”. (Carrera Falcón & Carrera Villacrés)

“Clase 3, denominación asignada para edificaciones públicas de uso ilimitado de personas, por ejemplo, baños públicos, colegios, etc”. (Carrera Falcón & Carrera Villacrés)

4.2.4. Tubería de derivaciones sanitarias

El proyecto donde se diseña el sistema sanitario es destinado para uso residencial, por tal motivo pertenece a la clase 1 de la clasificación antes mencionada. Las unidades de descarga y el diámetro de las derivaciones de la vivienda de interés social se presentan en la tabla 69 y 70.

Tabla 70
Unidades de descarga por planta

Nivel	Aparato Sanitario	Unidades de descarga	Número de aparatos	Total Unidades de descarga	Total por Planta
	Lavabo	1	1	1	
Planta Baja	Inodoro de tanque	4	1	4	11
N+0.00 m	Fregadero de cocina	3	1	3	
	Lavadero	3	1	3	
	Lavabo	1	1	1	
Planta Alta	Inodoro de tanque	4	1	4	7
N+2.70 m	Ducha	2	1	2	

Tabla 71
Diámetro de derivaciones

Nivel	Aparato Sanitario	Diámetro de la derivación (mm)
	Lavabo	50
Planta Baja	Inodoro de tanque	110
N+0.00 m	Fregadero de cocina	50
	Lavadero	50
	Lavabo	50
Planta Alta	Inodoro de tanque	110
N+2.70 m	Ducha	50

4.2.5. Tubería de recolección de derivaciones

La pendiente mínima en las tuberías sanitarias es de 1%, para el desarrollo del proyecto se utilizará el 2% para conseguir una correcta evacuación de los desechos sanitarios. El diámetro de la tubería de recolección de derivaciones se escoge en base al número de unidades de descarga, la pendiente y el diámetro de las derivaciones.

Tabla 72
Diámetro de derivaciones del colector

Diámetro de la derivación (mm)	Máximo número de unidades de descarga		
	1%	2%	4%
50	1	1	1
50	2	2	2
50	5	6	8
75 (sin retrete)	12	15	18
75 (sin retrete)	24	27	36
110	84	96	114
125	180	234	280
160	330	440	580
200	870	1150	1680
250	1740	2500	3600
300	3000	4200	6500
350	6000	8500	13500

Fuente (Carrera Falcón & Carrera Villacrés)

Una pendiente del 2% y una derivación de 110 mm, soporta 96 unidades de descarga, para el colector se escoge una tubería de 110 mm porque la misma no puede ser menor a la máxima dimensión de la derivación, así el colector soporte mayor número de unidades de descarga respecto a lo necesario para la vivienda.

4.2.6. Columna de aguas servidas

Las columnas de aguas servidas son las encargadas de captar el agua de cada una de las plantas de la edificación y conducirla a las cajas de revisión. El diámetro de esta tubería se determina en base al número de aparatos por planta y la longitud de la columna (ver tabla 72).

Se recomienda que el diámetro de la columna de agua servida sea igual al diámetro del colector para no producir reducciones en la descarga y generar un mal funcionamiento del sistema, por tal motivo se escogió el diámetro de 110mm para la columna de aguas servidas.

Tabla 73*Diámetro columnas aguas servidas*

Diámetro columna (mm)	máximo número de unidades		Max longitud de columna
	Cada planta	Toda la columna	
50	3	8	18
50	8	18	27
75	20	36	31
75	45	72	64
110	190	384	91
125	350	1020	119
160	540	2070	153
200	1200	5400	115

Fuente (Carrera Falcón & Carrera Villacrés)

4.2.7. Colector de aguas servidas

Para asegurar un correcto desempeño del sistema sanitario se diseña el colector con una pendiente del 2%. En la tabla 72 se puede observar el diámetro para los colectores propuesto por Carrera Falcón & Carrera Villacrés.

Tabla 74*Diámetro colector aguas servidas*

Diámetro del colector (mm)	Máximo número de unidades de descarga		
	1%	2%	4%
50	1	1	1
50	2	2	3
50	7	9	12
75	17	21	27
75	27	36	48
110	114	150	210
125	270	370	540
160	510	720	1050
200	1290	1860	2640

Fuente (Carrera Falcón & Carrera Villacrés)

El diámetro para el colector se elige de 110 mm para mantener un sistema unificado entre la columna y el colector de esta manera se evita problemas de reducción de sección que podrían generar golpes de ariete y fisuras en la tubería por el cambio de velocidades.

4.3. Diseño Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico de una vivienda comprende la instalación y distribución de toma corrientes, interruptores y puntos de luz. Toda instalación debe ser eficiente, segura, de fácil mantenimiento y con flexibilidad para permitir modificaciones o ampliaciones con facilidad.

Las instalaciones eléctricas que se realizan en el país deben ser diseñadas en base a los requerimientos establecidos en la norma ecuatoriana de la construcción, instalaciones electromecánicas, capítulo 15.

Los cables son de cobre y deben estar siempre aislados para evitar corto circuitos, la distribución del cableado es 3% para iluminación y 5% para tomacorrientes.

Los elementos estructurales donde se puede realizar las instalaciones eléctricas son paredes de mampostería, vigas banda o descolgadas, losas y muros, nunca se puede realizar la instalación en columnas, porque puede generar inestabilidad estructural.

4.3.1. Instalación de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra consiste en una varilla de acero de 1.80 m de alto, 15.9 mm de diámetro y recubrimiento de cobre de 254 micras, alta camada (copperweld), clavada en el suelo, conectados con conductor aislado o desnudo calibre N° 8 AWG (8.37 mm²). (Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC], 2013)

4.3.2. Puntos de luz y tomas de corriente

La normativa para instalaciones electromecánicas menciona que las luminarias deben ser colocadas mínimo una en cada ambiente de la vivienda. Los tomacorrientes uno por cada 6 metros de perímetro en cada habitación.

Los puntos de iluminación en baños deben estar integrados a un circuito de tomacorrientes y estar protegidos con un protector diferencial. Todos los circuitos de iluminación, interruptores y tomacorrientes deben ser cableados con un conductor independiente de tierra.

4.3.3. Circuitos

Los circuitos permiten dotar de energía eléctrica a cada estancia de la vivienda, cada uno es independiente y se separan en el cuadro de distribución. Los circuitos básicos que debe tener una vivienda son los siguientes:

CI: circuito de iluminación, destinado a alimentar los puntos de luz.

CF: circuito de fuerza, destinado a alimentar las tomas corrientes (enchufes).

CE: circuitos especiales, destinando a alimentar los electrodomésticos.

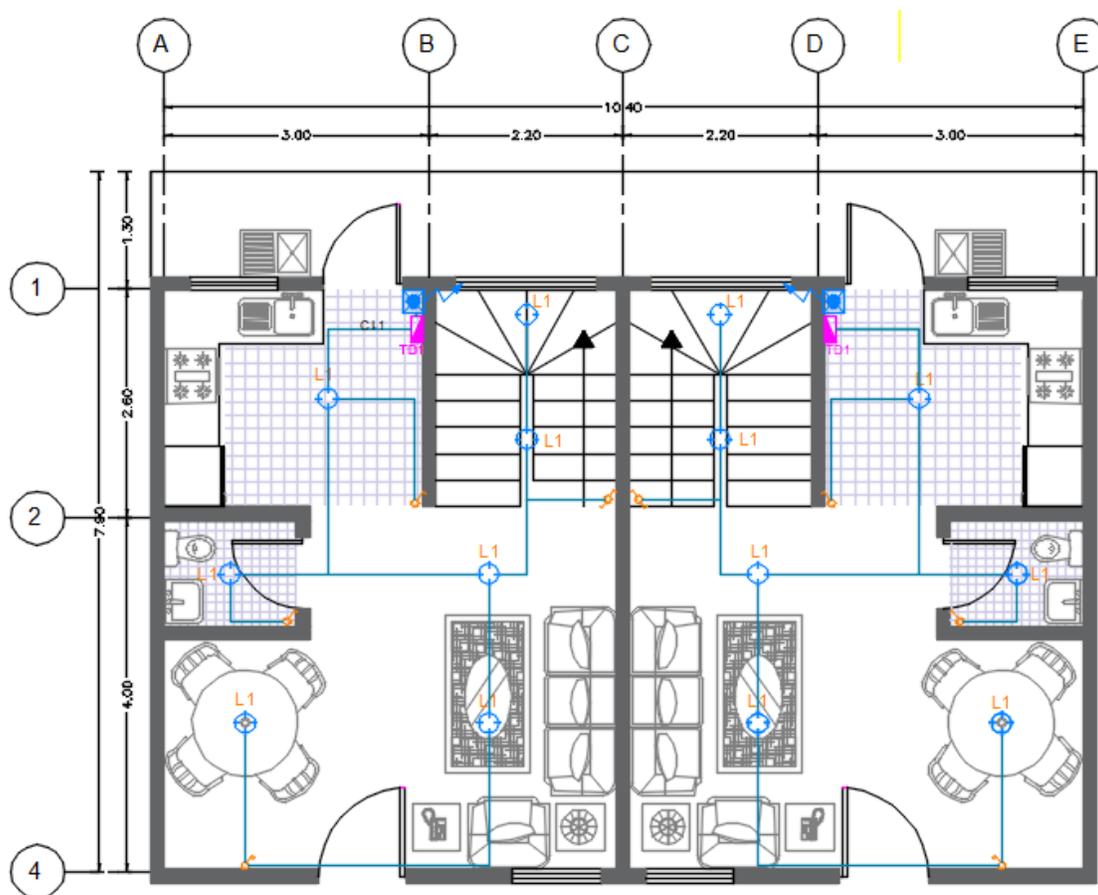
La sección mínima para circuitos eléctricos interiores de iluminación será de 14 AWG (2.08 mm²), en circuitos de tomacorrientes o fuerza será de 12 AWG (3.31 mm²).

En el proyecto existen dos circuitos especiales, uno para el refrigerador con una toma de 110 V y un cable calibre de 10 AWG, el otro circuito destinado para la cocina con una toma de 220 V y un cable de 14 AWG.

Tabla 75*Circuitos de iluminación*

Circuito	Salida	Toma (V)	Cable	Tablero
CI-1	5	110	14 AWG	TPD1
CI-2	7	110	14 AWG	TPD1

El circuito de iluminación CI-1 comprende toda la planta baja de la vivienda, y el circuito CI-2 la planta alta.

**Figura 60** Circuito de iluminación planta baja

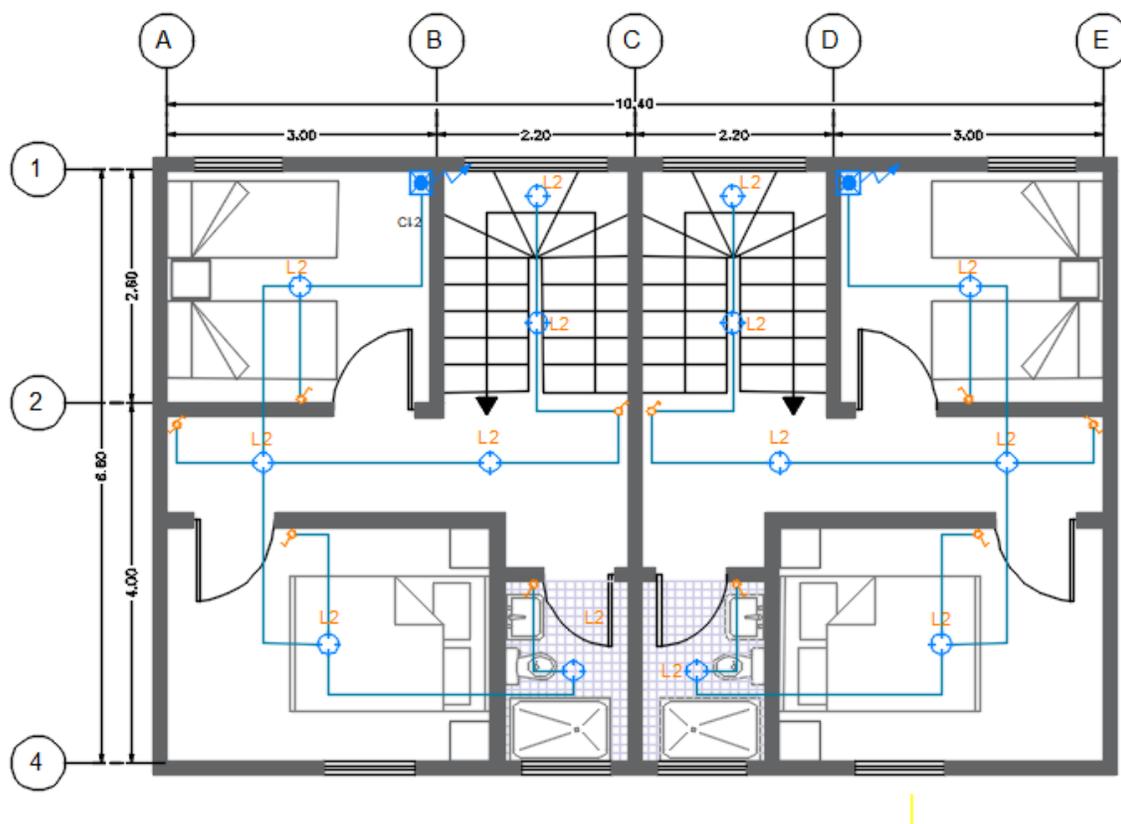


Figura 61 Circuito de iluminación planta alta

Tabla 76

Circuito de fuerza

Circuito	Salida	Toma (V)	Cable	Tablero
CF-1	8	110	12 AWG	TPD1
CF-2	8	110	12 AWG	TPD1

El circuito de fuerza CF-1 conecta los toma corrientes de la planta baja y el circuito CF-2 las tomas de la planta alta.

Tabla 77

Circuito especial

Circuito	Salida	Toma (V)	Cable	Tablero
CE-1	refrigerador	110	10 AWG	TPD1
CE-2	cocina	220	14 AWG	TPD1

El circuito CE-1 y CE-2 son las salidas para conectar los electrodomésticos que se encuentran en la cocina.

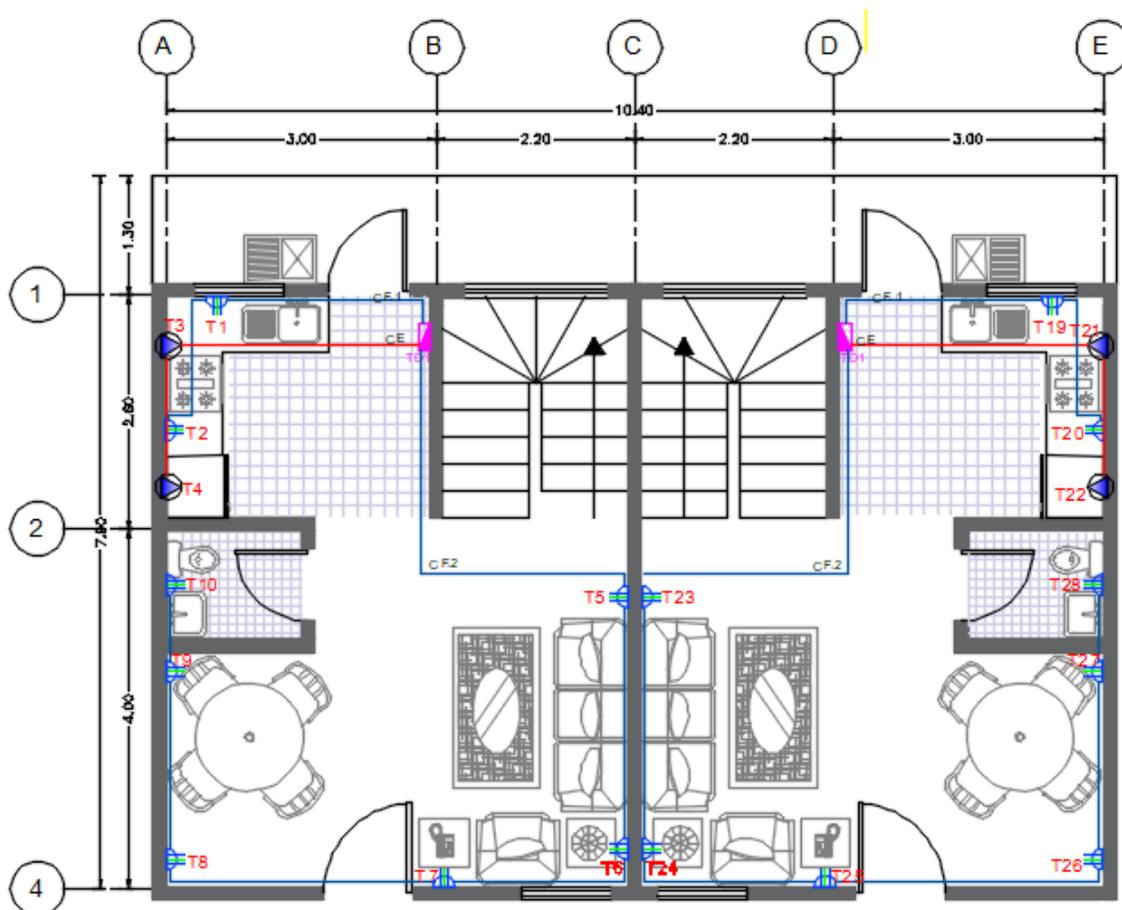


Figura 62 Circuito de fuerza y especial planta baja

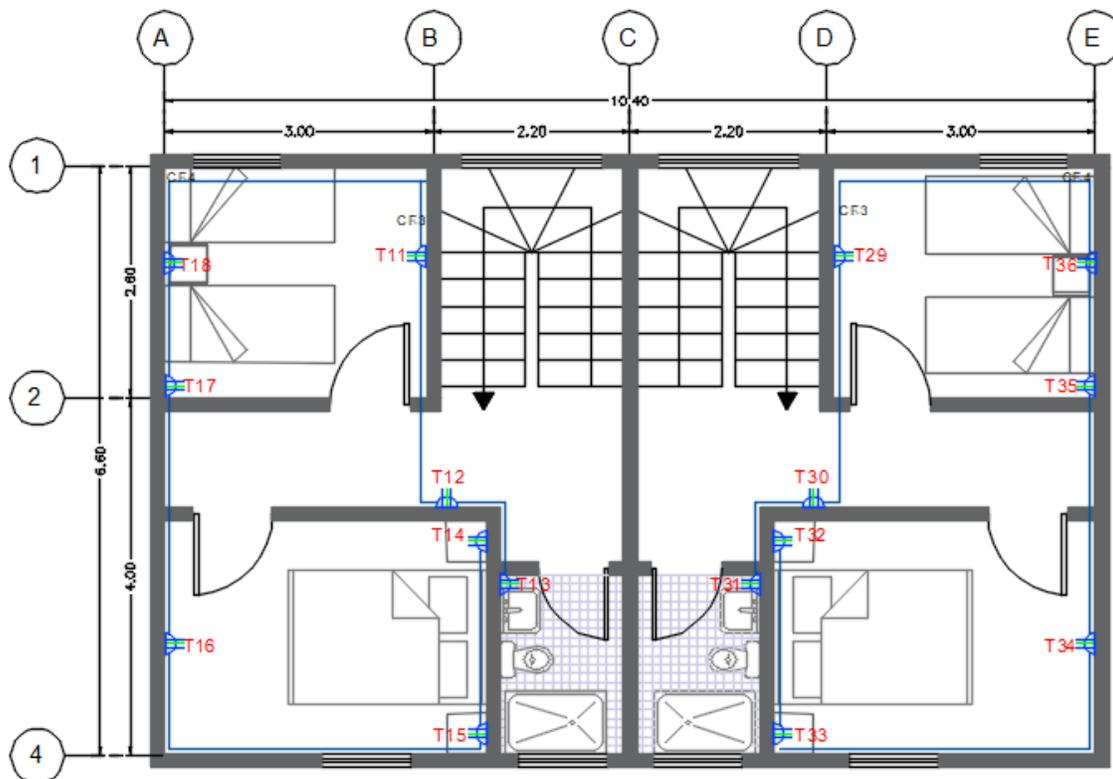


Figura 63 Circuito de fuerza planta alta

4.3.4. Tablero de distribución

El tablero de distribución contiene los dispositivos de protección y maniobra que permiten proteger y operar directamente los circuitos que tiene la instalación.

Para la vivienda se propone colocar un tablero tipo panel TPD de 8 espacios, en el cual se puede colocar los breakers necesarios para el funcionamiento de los circuitos, el cable destinado a conectar el tablero con la acometida será de calibre 8 AWG.

CAPÍTULO 5

ESTUDIO ECONÓMICO Y OPERATIVO

5.1. Introducción

En el capítulo 5 se presenta el presupuesto final para la construcción de viviendas de interés social con paredes de bloque y paredes de hormigón armado. El modelo de vivienda presentado es tipo dúplex, el presupuesto se calcula para las dos viviendas debido a que es una construcción monolítica. Primero se obtiene las cantidades de obra de toda la construcción y luego se estima el costo final. El valor de materiales, equipo y mano de obra está basado en los precios referenciales que emite la Cámara de la Construcción de Quito [CAMICON] para el año 2018.

5.2. Costos de obra

En la industria de la construcción los costos se dividen en dos grupos, costos directos y costos indirectos.

5.2.1. Costos Indirectos

Los costos indirectos representan todos los gastos necesarios para el funcionamiento de la empresa constructora, se clasifican en gastos de administración central y de obra, estos pueden ser: gastos técnicos y administrativos, alquileres, seguros, materiales de consumo, capacitación, promoción, vigilancia, prestaciones sociales correspondientes al personal técnico, directivo y administrativo.

Los costos indirectos se expresan como un porcentaje del costo directo de cada concepto de trabajo, el porcentaje se calcula sumando todos los valores de los gastos generales que resulten aplicables y dividiendo esta suma entre el costo directo total de la obra a ejecutarse. (Serrano). Para el proyecto se estima que los costos indirectos representan un 20% del costo total.

5.2.1.1. Costos de administración central

Son gastos correspondientes a logística y administración para la oficina principal en donde se controla los proyectos de la empresa. Un desglose de los costos de administración central puede ser el siguiente.

- Personal técnico y administrativo
- Alquiler y/o depreciaciones
- Pago de servicios
- Obligaciones y seguros
- Materiales de consumo
- Capacitación y promoción

5.2.1.2. Costos de administración en campo

Son los gastos necesarios durante la ejecución de las obras en el lugar donde se realiza cada proyecto. Una clasificación de este tipo de gasto puede ser la siguiente.

- Personal de obra
- Comunicaciones y fletes
- Pago de servicios
- Construcciones provisionales
- Materiales de consumo
- Obligaciones contractuales
- Imprevistos

5.2.2. Costos Directos

El costo directo está compuesto por la suma de los costos de materiales, mano de obra y equipo necesario para la ejecución de un proyecto. Para un correcto cálculo de este tipo de costo

se debe contar con los planos, especificaciones y cantidades de obra detalladas de cada proyecto, en base a estos elementos se determina el personal, materiales y equipo necesario para la ejecución de cada rubro.

5.2.2.1. Cantidades de obra

Las cantidades de obra de un proyecto de construcción se establecen en base a los planos estructurales, eléctricos e hidrosanitarios. Para calcular el volumen de material que requiere cada una de las estructuras en estudio, se dividió los rubros en los siguientes capítulos:

- Obras Preliminares
- Movimiento de tierras
- Estructura
- Albañilería
- Instalaciones hidrosanitarias
- Instalaciones eléctricas
- Acabados

La cuantificación de materiales para los rubros de movimiento de tierras, estructura y albañilería, difieren en cada proyecto debido al proceso constructivo utilizado, la tabla 78 presenta las cantidades de obra para la construcción de viviendas con paredes de bloque y la tabla 79 para viviendas con paredes de hormigón armado.

Los rubros de obras preliminares, instalaciones eléctricas e hidrosanitarias y acabados son similares en los dos proyectos por tal motivo se presenta una sola tabla resumen (ver tabla 80 y 81).

Tabla 78
Cantidades de obra vivienda con paredes de bloque

Descripción	Unidad	Cantidad
Movimiento de tierras		
Replanteo y nivelación con equipo topográfico.	m ²	73.30
Excavación vigas de cimentación	m ³	60.19
Desalojo de material volqueta cargado manual	m ³	60.19
Mejoramiento de suelo	m ³	41.51
Estructura		
Replanteo H.S. $f'c = 180\text{kg/cm}^2$	m ³	2.91
Acero de refuerzo en barras $f_y = 4200\text{ kg/cm}^2$	kg	5,787.92
Malla electrosoldada 8-20	m ²	73.20
Malla electrosoldada 4-15	m ²	105.47
Hormigón simple en cimentación $f'c=210\text{ kg/cm}^2$.	m ³	18.68
Contrapiso H.S. 180 kg/cm^2 , $e=10\text{cm}$	m ²	73.20
Hormigón en vigas $f'c=210\text{kg/cm}^2$	m ³	5.76
Hormigón en columnas 210 kg/cm^2	m ³	7.29
Hormigón premezclado losas $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ incluye bomba y transporte	m ³	10.97
Hormigón simple en escalera de $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ incluye encofrado	m ³	1.70
Bloque alivianado losa $40\times 20\times 15\text{ cm}$ (provisión/timbrado)	u	658.00
Encofrado/desencofrado metálico para losa	m ²	5.96
Encofrado/desencofrado metálico para columna $30\times 30\text{cm}$	m ²	97.20
Albañilería		
Bordillo de tina de baño $h=20\text{cm}$.	m	2.76
Enlucido horizontal incluye andamios	m ²	105.48
Enlucido vertical exterior	m ²	113.12
Enlucido vertical interior.	m ²	356.12
Lavandería prefabricada (incluye instalación)	u	2.00
Mampostería de bloque $40\times 20\times 15$ mortero 1:6, $e=2.5\text{cm}$	m ²	234.62
Masillado losa + impermeabilización losa cubierta	m ²	57.32
Masillado losa entrepiso y contrapiso	m ²	105.48
Mesón de hormigón armado	m	4.60

Tabla 79*Cantidades de obra vivienda con paredes de hormigón armado*

Descripción	Unidad	Cantidad
Movimiento de tierras		
Replanteo y nivelación con equipo topográfico.	m ²	73.30
Excavación vigas de cimentación	m ³	82.86
Desalojo de material volqueta cargado manual	m ³	82.86
Mejoramiento de suelo	m ³	63.74
Estructura		
Replanteo H.S. f'c = 180 kg/cm ²	m ³	4.46
Acero de refuerzo en barras fy = 4200 kg/cm ²	kg	5,538.23
Malla electrosoldada 8-20	m ²	73.20
Malla electrosoldada 10-20	m ²	136.36
Hormigón simple en cimentación f'c=210 kg/cm ² .	m ³	19.12
Contrapiso H.S. 180 kg/cm ² , e=10cm	m ²	73.20
Hormigón simple en escalera de f'c= 210kg/cm ² incluye encofrado	m ³	1.70
Hormigón losa de cubierta f'c = 210kg/cm ²	m ³	7.32
Hormigón losa de entrepiso 210 kg/cm ²	m ³	6.32
Encofrado/desencofrado metálico alquilado para muros-dos caras	m ²	256.55
Encofrado y desencofrado metálico para losas	m ²	73.20
Hormigón premezclado muros f'c=210 kg/cm ² incluye bomba y transporte	m ³	40.13
Albañilería		
Bordillo de tina de baño h=20cm.	m	2.76
Resane de paredes y tumbados	m ²	60.00
Lavandería prefabricada (incluye instalación)	u	2.00
Mesón de hormigón armado	m	4.60

Tabla 80*Cantidades de obra rubros preliminares e instalaciones hidrosanitarias*

Descripción	Unidad	Cantidad
Preliminares		
Cerramiento provisional de yute	m	37.55
Limpieza manual del terreno	m ²	86.40
Instalaciones hidrosanitarias		
Bajante PVC 110 mm	m	5.00
Caja de revisión 60x60 ladrillo mambrón con tapa.	u	2.00

CONTINÚA 

Punto de desagüe PVC 110 mm	pto	4.00
Punto de desagüe PVC 50 mm	pto	8.00
Grifería lavadero tipo fv 1 ll articulada empotrable	u	2.00
Ducha sencilla completa - incl. mezcladora y grifería	u	2.00
Grifería lavamanos 1ll tipo fv	u	4.00
Inodoro tipo estándar blanco fv (línea económica)	u	4.00
Lavadero 1 pozo 1 escurridera inc. accesorios	u	2.00
Lavamanos tipo estándar blanco fv (línea económica)	u	4.00
Mezcladora para fregadero	u	2.00
Mezcladora para lavabo	u	4.00
Calefón a gas 13lt (provisión y montaje)	u	2.00
Llave de manguera 1/2''(provisión e instalación)	u	2.00
Llave de paso 1/2'' (provisión e instalación)	u	2.00
Punto de agua fría 1/2''	pto	8.00
Punto de agua caliente	pto	8.00
Rejilla cromada 110 mm	u	8.00
Válvula check 1/2'' (mat/trans/inst)	u	2.00

Tabla 81*Cantidades de obra rubro instalaciones y acabados*

Descripción	Unidad	Cantidad
Instalaciones eléctricas		
Iluminación (tub.emt 1/2 + cond. Cu + interruptor simple)	pto	10.00
Iluminación (tub. emt 1/2 + cond. Cu + interruptor doble)	pto	4.00
Iluminación (tub.emt 1/2 + cond.cu + conmutador simple)	u	4.00
Tablero distribución 8 puntos	u	2.00
Tomacorriente doble	pto	32.00
Conexión a tierra (varrilla coperwell)	u	2.00
Tomacorrientes 220 v	u	2.00
Tomacorriente 110 v	pto	2.00
Acabados		
Pintura de caucho exterior 2 manos, látex vinyl acrílico	m ²	113.12
Pintura de caucho interior 2 manos, látex vinyl acrílico	m ²	339.22
Cerámica pared 20x20. baños	m ²	16.90
Cerámica para pisos 30x30, baños	m ²	9.10
Puerta baño 0.80 m + cerradura	u	4.00

CONTINÚA 

Puerta dormitorio 0.90 m + cerradura	u	4.00
Puerta de cocina metálica con cerradura	u	2.00
Puerta principal incl. cerradura	u	2.00
Ventana de aluminio fija y vidrio 4mm	m ²	17.96

5.2.2.2. Análisis de Precios Unitarios

El precio unitario es la suma de todos los costos directos correspondientes por concepto de trabajo por cada unidad de recurso, por ejemplo, horas/hombres, \$/m², m³/día, etc. Los costos unitarios totales dependerán, del costo y rendimiento de los materiales, eficiencia de mano de obra, presupuesto de gastos, y de que tan eficientes se realicen las actividades de ejecución de obra en los procesos productivos.

En la tabla 82 y 83 se presenta los precios unitarios para la estructura aporticada y con paredes portantes respectivamente.

5.3. Presupuesto final

Una vez obtenidas las cantidades de obra para cada proyecto se estable el presupuesto final basado en el análisis de precios unitarios de cada rubro, para facilitar el cálculo se utilizó el programa ARES de la empresa tetra sistemas, el cual trabaja con precios y rendimientos emitidos por la cámara de la construcción.

El presupuesto final para el proyecto N°1 y N°2, viviendas de interés social diseñadas con paredes de bloque y paredes de hormigón armado respectivamente, se presentan en la tabla 83 y 84

Tabla 82*Precios unitarios vivienda aporricada con paredes de bloque*

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total	Mano de obra	Equipo	Material
Preliminares							
Cerramiento provisional de yute	m	37.55	4.54	170.48	63.08	3.16	104.09
Limpieza manual del terreno	m2	86.40	1.19	102.82	97.46	5.18	0.00
				273.30	160.54	8.34	104.09
Movimiento de tierras							
Replanteo y nivelación con equipo topográfico.	m2	73.30	1.97	144.40	100.27	32.42	10.56
Mejoramiento de suelos en vigas	m3	41.51	24.65	1,023.22	351.67	38.35	633.11
Excavación vigas de cimentación	m3	60.19	10.85	653.06	621.89	31.06	0.00
Desalojo de material volqueta cargado manual	m3	60.19	4.08	245.58	100.39	145.18	0.00
				2,066.26	1,174.22	248.01	643.67
Estructura							
Replanteo h.s. $f'c=180\text{kg/cm}^2$	m3	2.91	121.00	352.11	118.10	17.64	216.36
Acero de refuerzo en barras $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$	kg	5,787.92	2.03	11,749.48	1,875.29	69.46	9,793.16
Malla electrosoldada 8-20	m2	73.20	5.81	425.29	123.85	6.14	295.14
Malla electrosoldada 4-15	m2	105.47	4.54	478.83	178.45	8.86	291.10
Hormigón simple en cimentación $f'c=210\text{ kg/cm}^2$.	m3	18.68	115.28	2,153.43	519.38	106.03	1,528.10
Contrapiso h.s. 180 kg/cm^2 , $e=10\text{cm}$	m2	73.20	12.04	881.33	297.78	19.32	563.93
Hormigón en vigas $f'c=210\text{kg/cm}^2$	m3	5.76	135.58	780.94	259.55	70.15	451.21
Hormigón en columnas 210 kg/cm^2	m3	7.29	135.58	988.38	328.49	88.79	571.07
Hormigón premezclado losas $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ incluye bomba y transporte	m3	10.97	171.25	1,878.61	795.11	298.96	784.57
Hormigón simple escalera $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incl encofrado	m3	1.70	226.19	384.52	106.32	41.29	236.90
Bloque alivianado losa $40\times 20\times 15\text{ cm}$ (provisión/timbrado)	u	658.00	0.73	480.34	276.36	15.79	189.50
Encofrado/desencofrado metálico para losa	m2	73.20	9.90	724.68	576.23	137.90	10.54
Encofrado/desencofrado metálico para columna $30\times 30\text{cm}$	m2	97.20	8.14	791.21	702.17	34.99	53.65
				22,069.15	6,157.08	915.32	14,985.23

CONTINÚA 

Albañilería

Bordillo de tina de baño h=20cm.	m	2.76	15.29	42.20	14.54	0.73	26.93
Enlucido horizontal incluye andamios	m2	105.48	9.46	997.84	712.62	53.16	231.64
Enlucido vertical exterior	m2	113.12	11.14	1,260.16	848.40	90.95	320.35
Enlucido vertical interior.	m2	356.12	8.99	3,201.52	2,405.95	188.03	606.83
Lavandería prefabricada (incluye instalación)	u	2.00	54.12	108.24	22.58	1.13	84.53
Mampostería de bloque 40x20x15 mortero 1:6, e=2.5cm	m2	234.62	11.78	2,763.82	1,219.08	70.39	1,475.29
Masillado losa + impermeabilización losa cubierta	m2	57.32	6.00	343.92	155.45	7.57	180.90
Masillado losa entrapiso y contrapiso	m2	105.48	4.22	445.13	286.06	13.92	145.56
Mesón de hormigón armado	m	4.60	20.64	94.94	38.98	13.52	42.44
Picado y corchado de pared para instalaciones	m	35.00	1.90	66.50	59.22	2.94	4.20
				9,384.27	5,762.88	442.34	3,118.67

Instalaciones hidrosanitarias

Bajante PVC 110mm	m	5.00	5.80	29.00	5.64	0.30	23.04
Caja de revisión 60x60 ladrillo mambrón con tapa.	u	2.00	50.08	100.16	65.16	3.79	31.20
Punto de desagüe PVC 110 mm	pto	4.00	30.86	123.44	24.62	1.25	97.58
Punto de desagüe PVC 50 mm	pto	8.00	21.28	170.24	36.10	1.82	132.29
Grifería lavadero tipo fv 1ll articulada empotrable	u	2.00	42.67	85.34	5.42	0.26	79.66
Ducha sencilla completa - incl. mezcladora y grifería	u	2.00	47.66	95.32	11.30	0.58	83.45
Grifería lavamanos 1ll tipo fv	u	4.00	17.05	68.20	10.85	0.53	56.83
Inodoro tipo estándar blanco fv (línea económica)	u	4.00	92.38	369.52	67.78	3.41	298.32
Lavadero 1 pozo 1 escurridera inc. accesorios	u	2.00	65.89	131.78	33.89	1.70	96.19
Lavamanos tipo estándar blanco fv (línea económica)	u	4.00	66.36	265.44	67.78	3.41	194.26
Mezcladora para fregadero	u	2.00	41.94	83.88	11.30	0.58	72.00
Mezcladora para lavabo	u	4.00	35.94	143.76	22.61	1.15	120.00
Calefón a gas 13lt (provisión y montaje)	u	2.00	239.80	479.60	33.89	1.70	444.00
Llave de manguera 1/2''(provisión e instalación)	u	2.00	7.78	15.56	5.09	0.26	10.20
Llave de paso 1/2'' (provisión e instalación)	u	2.00	6.90	13.80	5.09	0.26	8.45
Punto de agua fría 1/2''	pto	8.00	8.99	71.92	45.22	2.30	24.38
Punto de agua caliente	pto	8.00	13.60	108.80	45.22	2.30	61.25
Rejilla cromada 110 mm	u	8.00	9.53	76.24	36.10	1.82	38.30

CONTINÚA 

Válvula check 1/2'' (mat/trans/inst)	u	2.00	7.19	14.38	5.88	0.29	8.21
				2,446.38	538.94	27.71	1,879.61
Instalaciones eléctricas							
Iluminación (tub.Emt 1/2 + cond. Cu + interruptor simple)	pto	10.00	21.88	218.80	96.84	4.80	117.12
Iluminación (tub. Emt 1/2 + cond. Cu + interruptor doble)	pto	4.00	25.61	102.44	38.74	1.92	61.78
iluminación (tub.Emt 1/2 + cond.Cu + conmutador simple)	u	4.00	22.18	88.72	38.74	1.92	48.05
Tablero distribución 8 puntos	u	2.00	54.18	108.36	23.78	1.20	83.38
Tomacorriente doble	pto	32.00	22.72	727.04	309.12	15.36	402.43
Conexión a tierra (varrilla coperwell)	u	2.00	18.24	36.48	17.83	0.89	17.76
Tomacorrientes 220 v	u	2.00	26.33	52.66	19.37	0.96	32.33
Tomacorriente 110 v	pto	2.00	27.46	54.92	19.37	0.96	34.58
				1,389.42	563.79	28.01	797.43
Acabados							
Pintura de caucho exterior 2 manos, látex vinyl acrílico	m2	113.12	3.23	365.38	218.54	13.57	133.03
Pintura de caucho interior 2 manos, látex vinyl acrílico	m2	339.22	2.98	1,004.09	573.96	32.57	398.93
Cerámica pared 20x20. baños	m2	16.90	19.38	327.52	143.17	7.10	177.25
Cerámica para pisos 30x30, baños	m2	9.10	19.48	177.27	57.55	2.84	116.84
Puerta baño 0.80 m + cerradura	u	4.00	127.79	511.16	67.78	3.41	439.97
Puerta dormitorio 0.90 m + cerradura	u	4.00	156.50	626.00	67.78	3.41	554.83
Puerta de cocina metálica con cerradura	u	2.00	158.12	316.24	89.16	4.46	222.62
Puerta principal incl. cerradura	u	2.00	274.39	548.78	53.62	2.69	492.48
Ventana de aluminio fija y vidrio 4mm	m2	17.96	67.51	1,212.48	64.22	3.23	1,145.05
				5,088.92	1,335.78	73.28	3,681.00
				42,657.70	15,693.23	1,743.01	25,209.70

Tabla 83*Precios unitarios vivienda con paredes portantes de hormigón armado*

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total	Mano de obra	Equipo	Material
Preliminares							
Cerramiento provisional de yute	m	37.55	4.54	170.48	63.08	3.16	104.09
Limpieza manual del terreno	m2	86.40	1.19	102.82	97.46	5.18	0.00
				273.30	160.54	8.34	104.09
Movimiento de tierras							
Replanteo y nivelación con equipo topográfico.	m2	73.30	1.97	144.40	100.27	33.42	10.56
Mejoramiento de suelos en vigas	m3	63.74	24.35	1,552.07	539.24	42.83	969.86
Excavación vigas de cimentación	m3	82.86	10.78	893.23	850.14	42.76	0.00
Desalojo de material volqueta cargado manual	m3	82.86	4.08	338.07	138.22	199.86	0.00
				2,927.77	1,627.87	318.87	980.42
Estructura							
Replanteo h.s. f'c=180kg/cm2	m3	4.46	121.00	539.66	181.01	27.02	331.61
Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm2	kg	5,538.23	2.03	11,242.61	1,794.38	66.46	9,370.68
Malla electrosoldada 8-20	m2	73.20	5.81	425.29	123.85	6.14	295.14
Malla electrosoldada 10-20	m2	136.36	8.02	1,093.61	230.72	11.46	850.88
Hormigón simple en cimentación f'c=210 kg/cm2.	m3	19.12	115.28	2,204.15	531.61	108.53	1,564.09
Contrapiso h.s. 180 kg/cm2, e=10cm	m2	73.20	12.04	881.33	297.78	19.32	563.93
Hormigón simple escalera f'c= 210kg/cm2 incl encofrado	m3	1.70	226.19	384.52	106.32	41.29	236.90
Hormigón losa de cubierta f'c=210kg/cm2	m3	7.32	171.25	1,253.55	530.56	199.49	523.52
Hormigón losa de entrepiso 210 kg/cm2	m3	6.32	171.25	1,082.30	458.08	172.24	452.00
Encofrado/dsencofrado metálico para muros-dos caras	m2	256.55	6.54	1,677.84	1,299.17	187.80	190.87
Encofrado y dsencofrado metálico para losas	m2	73.20	10.66	780.31	575.35	28.99	175.68
Hormigón premezclado muros f'c=210 kg/cm2	m3	40.13	114.11	4,579.23	1,326.70	382.36	2,870.10
				26,144.40	7,455.53	1,251.10	17,425.40
Albañilería							
Bordillo de tina de baño h=20cm.	m	2.76	15.29	42.20	14.54	0.73	26.93
Resane de paredes y tumbados	m2	60.00	7.30	438.00	304.56	22.32	110.88

CONTINÚA 

Lavandería prefabricada (incluye instalación)	u	2.00	54.12	108.24	22.58	1.13	84.53
Mesón de hormigón armado	m	4.60	20.64	94.94	38.98	13.52	42.44
				683.38	380.66	37.70	264.78
Instalaciones hidrosanitarias							
Bajante PVC 110mm	m	5.00	5.80	29.00	5.64	0.30	23.04
Caja de revisión 60x60 ladrillo mambrón con tapa.	u	2.00	50.08	100.16	65.16	3.79	31.20
Punto de desagüe PVC 110 mm	pto	4.00	30.86	123.44	24.62	1.25	97.58
Punto de desagüe PVC 50 mm	pto	8.00	21.28	170.24	36.10	1.82	132.29
Grifería lavadero tipo fv 1ll articulada empotrable	u	2.00	42.67	85.34	5.42	0.26	79.66
Ducha sencilla completa - incl. mezcladora y grifería	u	2.00	47.66	95.32	11.30	0.58	83.45
Grifería lavamanos 1ll tipo fv	u	4.00	17.05	68.20	10.85	0.53	56.83
Inodoro tipo estándar blanco fv (línea económica)	u	4.00	92.38	369.52	67.78	3.41	298.32
Lavadero 1 pozo 1 escurridera inc. accesorios	u	2.00	65.89	131.78	33.89	1.70	96.19
Lavamanos tipo estándar blanco fv (línea económica)	u	4.00	66.36	265.44	67.78	3.41	194.26
Mezcladora para fregadero	u	2.00	41.94	83.88	11.30	0.58	72.00
Mezcladora para lavabo	u	4.00	35.94	143.76	22.61	1.15	120.00
Calefón a gas 13lt (provisión y montaje)	u	2.00	239.80	479.60	33.89	1.70	444.00
Llave de manguera 1/2''(provisión e instalación)	u	2.00	7.78	15.56	5.09	0.26	10.20
Llave de paso 1/2'' (provisión e instalación)	u	2.00	6.90	13.80	5.09	0.26	8.45
Punto de agua fría 1/2''	pto	8.00	8.99	71.92	45.22	2.30	24.38
Punto de agua caliente	pto	8.00	13.60	108.80	45.22	2.30	61.25
Rejilla cromada 110 mm	u	8.00	9.53	76.24	36.10	1.82	38.30
Válvula check 1/2'' (mat/trans/inst)	u	2.00	7.19	14.38	5.88	0.29	8.21
				2,446.38	538.94	27.71	1,879.61
Instalaciones eléctricas							
Iluminación (tub.Emt 1/2 + cond. Cu + interruptor simple)	pto	10.00	21.88	218.80	96.84	4.80	117.12
Iluminación (tub. Emt 1/2 + cond. Cu + interruptor doble)	pto	4.00	25.61	102.44	38.74	1.92	61.78
Iluminación (tub.Emt 1/2 + cond.Cu + conmutador simple)	u	4.00	22.18	88.72	38.74	1.92	48.05
Tablero distribución 8 puntos	u	2.00	54.18	108.36	23.78	1.20	83.38
Tomacorriente doble	pto	32.00	22.72	727.04	309.12	15.36	402.43

CONTINÚA 

Conexión a tierra (varrilla coperwell)	u	2.00	18.24	36.48	17.83	0.89	17.76
Tomacorrientes 220 v	u	2.00	26.33	52.66	19.37	0.96	32.33
Tomacorriente 110 v	pto	2.00	27.46	54.92	19.37	0.96	34.58
				1,389.42	563.79	28.01	797.43
Acabados							
Pintura de caucho exterior 2 manos, látex vinyl acrílico	m2	113.12	3.23	365.38	218.54	13.57	133.03
Pintura de caucho interior 2 manos, látex vinyl acrílico	m2	339.22	2.98	1,004.09	573.96	32.57	398.93
Cerámica pared 20x20. baños	m2	16.90	19.38	327.52	143.17	7.10	177.25
Cerámica para pisos 30x30, baños	m2	9.10	19.48	177.27	57.55	2.84	116.84
Puerta baño 0.80 m + cerradura	u	4.00	127.79	511.16	67.78	3.41	439.97
Puerta dormitorio 0.90 m + cerradura	u	4.00	156.50	626.00	67.78	3.41	554.83
Puerta de cocina metálica con cerradura	u	2.00	158.12	316.24	89.16	4.46	222.62
Puerta principal incl. cerradura	u	2.00	274.39	548.78	53.62	2.69	492.48
Ventana de aluminio fija y vidrio 4mm	m2	17.96	67.51	1,212.48	64.22	3.23	1,145.05
				5,088.92	1,335.78	73.28	3,681.00
				38,953.57	12,063.11	1,745.01	25,132.73

Tabla 84*Presupuesto final vivienda con paredes de bloque*

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Preliminares					
1	Cerramiento provisional de yute	m	37.55	4.54	170.48
2	Limpieza manual del terreno	m ²	86.40	1.19	102.82
					273.30
Movimiento de tierras					
3	Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m ²	73.30	1.97	144.40
4	Excavación vigas de cimentación	m ³	60.19	10.85	653.06
5	Desalojo de material volqueta cargado manual	m ³	60.19	4.08	245.58
6	Mejoramiento de suelo en vigas	m ³	41.51	24.65	1,023.22
					2,066.26
Estructura					
7	Replanteo H.S. f'c=180kg/cm ²	m ³	2.91	121.00	352.11
8	Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm ²	kg	5,787.92	2.03	11,749.48
9	Malla electrosoldada 8-20	m ²	73.20	5.81	425.29
10	Malla electrosoldada 4-15	m ²	105.47	4.54	478.83
11	Hormigón simple en cimentación f'c=210 kg/cm ² .	m ³	18.68	115.28	2,153.43
12	Contrapiso H.S. 180 kg/cm ² , e=10cm	m ²	73.20	12.04	881.33
13	Hormigón en vigas f'c=210kg/cm ²	m ³	5.76	135.58	780.94
14	Hormigón en columnas 210 kg/cm ²	m ³	7.29	135.58	988.38
15	Hormigón premezclado losas f'c=210 kg/cm ² incluye bomba y transporte	m ³	10.97	171.25	1,878.61
16	Hormigón simple en escalera de f'c= 210kg/cm ² incl. encofrado	m ³	1.70	226.19	384.52
17	Bloque alivianado losa 40x20x15 cm (provisión/timbrado)	u	658.00	0.73	480.34
19	Encofrado/dsencofrado metálico para losa	m ²	73.20	9.90	724.68
20	Encofrado/dsencofrado metálico para columna 30x30cm	m ²	97.20	8.14	791.21
					22,069.15

CONTINÚA 

Albañilería					
21	Bordillo de tina de baño h=20cm.	m	2.76	15.29	42.20
22	Enlucido horizontal incluye andamios	m2	105.48	9.46	997.84
23	Enlucido vertical exterior	m2	113.12	11.14	1,260.16
24	Enlucido vertical interior.	m2	356.12	8.99	3,201.52
25	Lavandería prefabricada (incluye instalación)	u	2.00	54.12	108.24
26	Mampostería de bloque 40x20x15 mortero 1:6, e=2.5cm	m2	234.62	11.78	2,763.82
27	Masillado losa + impermeabilización losa cubierta	m2	57.32	6.00	343.92
28	Masillado losa entrepiso y contrapiso	m2	105.48	4.22	445.13
29	Mesón de hormigón armado	m	4.60	20.64	94.94
30	Picado y corchado de pared para instalaciones	m	35.00	1.90	66.50
					9,324.27
Instalaciones hidrosanitarias					
31	Bajante PVC 110mm	m	5.00	5.80	29.00
32	Caja de revisión 60x60 ladrillo mambrón con tapa.	u	2.00	50.08	100.16
33	Punto de desagüe PVC 110 mm	pto	4.00	30.86	123.44
34	Punto de desagüe PVC 50 mm	pto	8.00	21.28	170.24
35	Grifería lavadero tipo fv 1 ll articulada empotrable	u	2.00	42.67	85.34
36	Ducha sencilla completa - incl. mezcladora y grifería	u	2.00	47.66	95.32
37	Grifería lavamanos 1ll tipo fv	u	4.00	17.05	68.20
38	Inodoro tipo estándar blanco fv (línea económica)	u	4.00	92.38	369.52
39	Lavadero 1 pozo 1 escurridera inc. Accesorios	u	2.00	65.89	131.78
40	Lavamanos tipo estándar blanco fv (línea económica)	u	4.00	66.36	265.44
41	Mezcladora para fregadero	u	2.00	41.94	83.88
42	Mezcladora para lavabo	u	4.00	35.94	143.76
43	Calefón a gas 13lt (provisión y montaje)	u	2.00	239.80	479.60
44	Llave de manguera 1/2''(provisión e instalación)	u	2.00	7.78	15.56
45	Llave de paso 1/2'' (provisión e instalación)	u	2.00	6.90	13.80
46	Punto de agua fría 1/2''	pto	8.00	8.99	71.92
47	Punto de agua caliente	pto	8.00	13.60	108.80
48	Rejilla cromada 110 mm	u	8.00	9.53	76.24

CONTINÚA 

49	Válvula check 1/2'' (mat/trans/inst)	u	2.00	7.19	14.38
					2,446.38
Instalaciones eléctricas					
50	Iluminación (tub.emt 1/2 + cond. Cu + interruptor simple)	pto	10.00	21.88	218.80
51	Iluminación (tub. emt 1/2 + cond. Cu + interruptor doble)	pto	4.00	25.61	102.44
52	Iluminación (tub.emt 1/2 + cond.Cu + conmutador simple)	u	4.00	22.18	88.72
53	Tablero distribución 8 puntos	u	2.00	54.18	108.36
54	Tomacorriente doble	pto	32.00	22.74	727.04
55	Conexión a tierra (varrilla coperwell)	u	2.00	18.24	36.48
56	Tomacorrientes 220 v	u	2.00	26.33	52.66
	Tomacorriente 110 v	pto	2.00	27.46	54.92
					1,389.42
57	Acabados				
58	Pintura de caucho exterior 2 manos, látex vinyl acrílico	m2	113.12	3.23	365.38
59	Pintura de caucho interior 2 manos, látex vinyl acrílico	m2	339.22	2.96	1,004.09
60	Cerámica pared 20x20. baños	m2	16.90	19.38	327.52
61	Cerámica para pisos30x30, baños	m2	9.10	19.48	177.27
62	Puerta baño 0.80 m + cerradura	u	4.00	127.79	511.16
63	Puerta dormitorio 0.90 m + cerradura	u	4.00	156.50	626.00
64	Puerta de cocina metálica con cerradura	u	2.00	158.12	316.24
65	Puerta principal incl. cerradura	u	2.00	274.39	548.78
66	Ventana de aluminio fija y vidrio 4mm	m2	17.96	67.51	1,212.48
					5,088.92
PRESUPUESTO FINAL					42,657.70

El presupuesto final para la construcción de dos viviendas con paredes de bloque es de CUARENTA Y DOS MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y SIETE DÓLARES CON SETENTA CENTAVOS.

Tabla 85*Presupuesto final vivienda con paredes de hormigón armado*

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Preliminares					
1	Cerramiento provisional de yute	m	37.55	4.54	170.48
2	Limpieza manual del terreno	m2	86.40	1.19	102.82
					273.30
Movimiento de tierras					
3	Replanteo y nivelación con equipo topográfico.	m2	73.30	1.97	144.40
4	Excavación vigas cimentación	m3	82.86	10.78	893.23
5	Desalojo de material volqueta cargado manual	m3	82.86	4.08	338.07
6	Mejoramiento de suelo en vigas	m3	63.74	24.35	1,552.07
					2,927.77
Estructura					
7	Replanteo H.S. $f'c=180\text{kg/cm}^2$	m3	4.46	121.00	539.66
8	Acero de refuerzo en barras $f_y=4200\text{ kg/cm}^2$	kg	5,538.23	2.03	11,242.61
9	Malla electrosoldada 8-20	m2	73.20	5.81	425.29
10	Malla electrosoldada 10-20	m2	136.36	8.02	1,093.61
11	Hormigón simple en cimentación $f'c=210\text{ kg/cm}^2$.	m3	19.12	115.28	2,204.15
12	Contrapiso H.S. 180 kg/cm^2 , $e=10\text{cm}$	m2	73.20	12.04	881.33
13	Hormigón simple en escalera de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ incl. encofrado	m3	1.70	226.19	384.52
14	Hormigón losa de cubierta $f'c=210\text{kg/cm}^2$	m3	7.32	171.25	1,253.55
15	Hormigón losa de entrepiso 210 kg/cm^2	m3	6.32	171.25	1,082.30
16	Encofrado/desencofrado metálico alquilado para muros-dos caras	m2	256.55	6.54	1,677.84
17	Encofrado y desencofrado metálico para losas	m2	73.20	10.66	780.31
18	Hormigón premezclado muros $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ incluye bomba y transporte	m3	40.13	114.11	4,579.23
					26,144.40
Albañilería					
19	Bordillo de tina baño $h=20\text{cm}$.	m	2.76	15.29	42.20
20	Resane de paredes y tumbados	m2	60.00	7.30	438.00

CONTINÚA 

21	Lavandería prefabricada (incluye instalación)	u	2.00	54.12	108.24
22	Mesón de hormigón armado	m	4.60	20.64	94.94
					683.38
Instalaciones hidrosanitarias					
23	Bajante PVC 110mm	m	5.00	5.80	29.00
24	Caja de revisión 60x60 ladrillo mamborrón con tapa.	u	2.00	50.08	100.16
25	Punto de desagüe PVC 110 mm	pto	4.00	30.86	123.44
26	Punto de desagüe PVC 50 mm	pto	8.00	21.28	170.24
27	Grifería lavadero tipo fv 1 ll articulada empotrable	u	2.00	42.67	85.34
28	Ducha sencilla completa - incl. mezcladora y grifería	u	2.00	47.66	95.32
29	Grifería lavamanos 1ll tipo fv	u	4.00	17.05	68.20
30	Inodoro tipo estándar blanco fv (línea económica)	u	4.00	92.38	369.52
31	Lavadero 1 pozo 1 escurridera inc. accesorios	u	2.00	65.89	131.78
32	Lavamanos tipo estándar blanco fv (línea económica)	u	4.00	66.36	265.44
33	Mezcladora para fregadero	u	2.00	41.94	83.88
34	Mezcladora para lavabo	u	4.00	35.94	143.76
35	Calefón a gas 13lt (provisión y montaje)	u	2.00	239.80	479.60
36	Llave de manguera 1/2'' (provisión e instalación)	u	2.00	7.78	15.56
37	Llave de paso 1/2'' (provisión e instalación)	u	2.00	6.90	13.80
38	Punto de agua fría 1/2''	pto	8.00	8.99	71.92
39	Punto de agua caliente	pto	8.00	13.60	108.80
40	Rejilla cromada 110 mm	u	8.00	9.53	76.24
41	Válvula check 1/2'' (mat/trans/inst)	u	2.00	7.19	14.38
					2,446.38
Instalaciones eléctricas					
42	Iluminación (tub.emt 1/2 + cond. Cu + interruptor simple)	pto	10.00	21.88	218.80
43	Iluminación (tub. emt 1/2 + cond. Cu + interruptor doble)	pto	4.00	25.61	102.44
44	Iluminación (tub.emt 1/2 + cond. Cu + conmutador simple)	u	4.00	22.18	88.72
45	Tablero distribución 8 puntos	u	2.00	54.18	108.36
46	Tomacorriente doble	pto	32.00	22.74	727.68
47	Conexión a tierra (varilla coperwell)	u	2.00	14.82	36.48

CONTINÚA 

48	Tomacorrientes 220 v	u	2.00	26.33	52.66
49	Tomacorriente 110 v	pto	2.00	27.46	54.92
					1,389.42
Acabados					
50	Pintura de caucho exterior 2 manos, látex vinyl acrílico	m2	113.12	3.23	365.38
51	Pintura de caucho interior 2 manos, látex vinyl acrílico	m2	339.22	2.96	1,004.09
52	Cerámica pared 20x20. baños	m2	16.90	19.38	327.52
53	Cerámica pisos 30x30, baños	m2	9.10	19.48	177.27
54	Puerta baño 0.80 m + cerradura	u	4.00	127.79	511.16
55	Puerta dormitorio 0.90 m + cerradura	u	4.00	156.50	626.00
56	Puerta de cocina metálica con cerradura	u	2.00	158.12	316.24
57	Puerta principal incl. cerradura	u	2.00	274.39	548.78
58	Ventana de aluminio fija y vidrio 4mm	m2	17.96	67.51	1,212.48
					5,088.92
PRESUPUESTO FINAL					38,953.57

El presupuesto final para la construcción de dos viviendas con paredes de hormigón armado es de TREINTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y TRES DÓLARES CON CINCUENTA Y SIETE CENTAVOS.

5.4. Programación de obra

5.4.1. Cronograma de ejecución de actividades

El cronograma de actividades denominado diagrama de Gantt, permite conocer el tiempo de ejecución de cada actividad, el mismo se establece de acuerdo a los rendimientos que se presenta en el análisis de precios unitarios.

Es importante mencionar que algunas de las actividades que se debe tomar en cuenta al momento de realizar el cronograma para el sistema de paredes portantes es la colocación de los ductos eléctricos y tuberías hidrosanitarias, las cuales deben ser colocadas antes de la fundición de las paredes, porque no se permite el picado de las mismas ya que afectaría el desempeño de la estructura.

En el sistema de construcción con pórticos de hormigón armado y mampostería de bloque la instalación de los ductos eléctricos y tuberías hidrosanitarias, se realiza luego del picado de la mampostería para posteriormente enlucir las paredes.

En la tabla 85 se presenta el diagrama de Gantt para la estructura aporticada con una duración de 86 días, y en la tabla 86 el cronograma para la estructura con paredes portantes con una duración de 66 días.

5.4.2. Cronograma Valorado

Con los valores obtenidos del presupuesto y el cronograma de actividades se realiza el cronograma valorado, el cual permite conocer la inversión parcial y acumulada para la ejecución de cada obra, el mismo se puede presentar en días, semanas, meses o semestres. Para una mejor apreciación del cronograma valorado de cada proyecto, se utilizó la duración en semanas. En la tabla 86 y 87 se puede apreciar el cronograma para la estructura aporticada y de paredes portantes respectivamente.

Tabla 86
Cronograma de actividades estructura aporticada

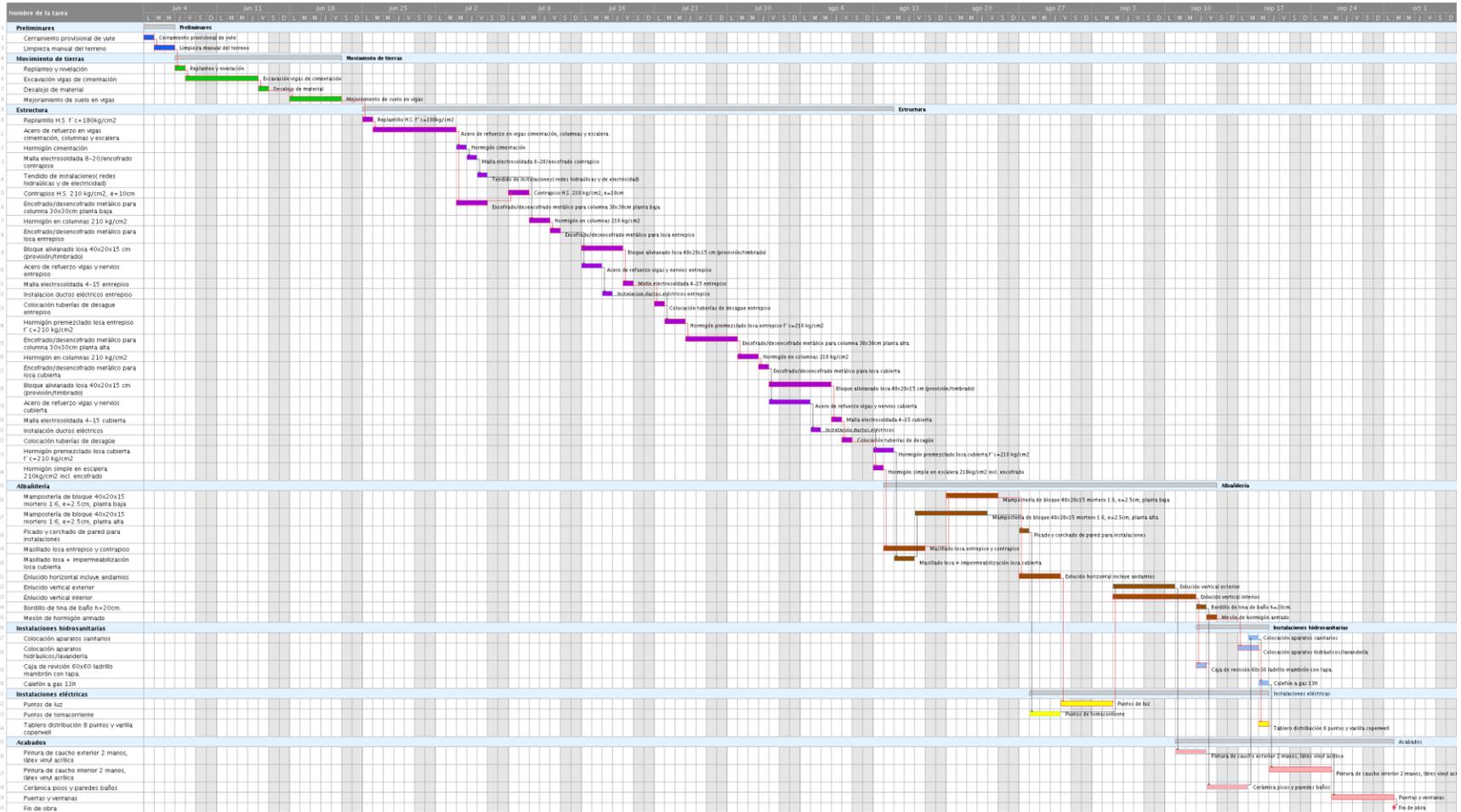


Tabla 87
Cronograma de actividades estructura paredes portantes

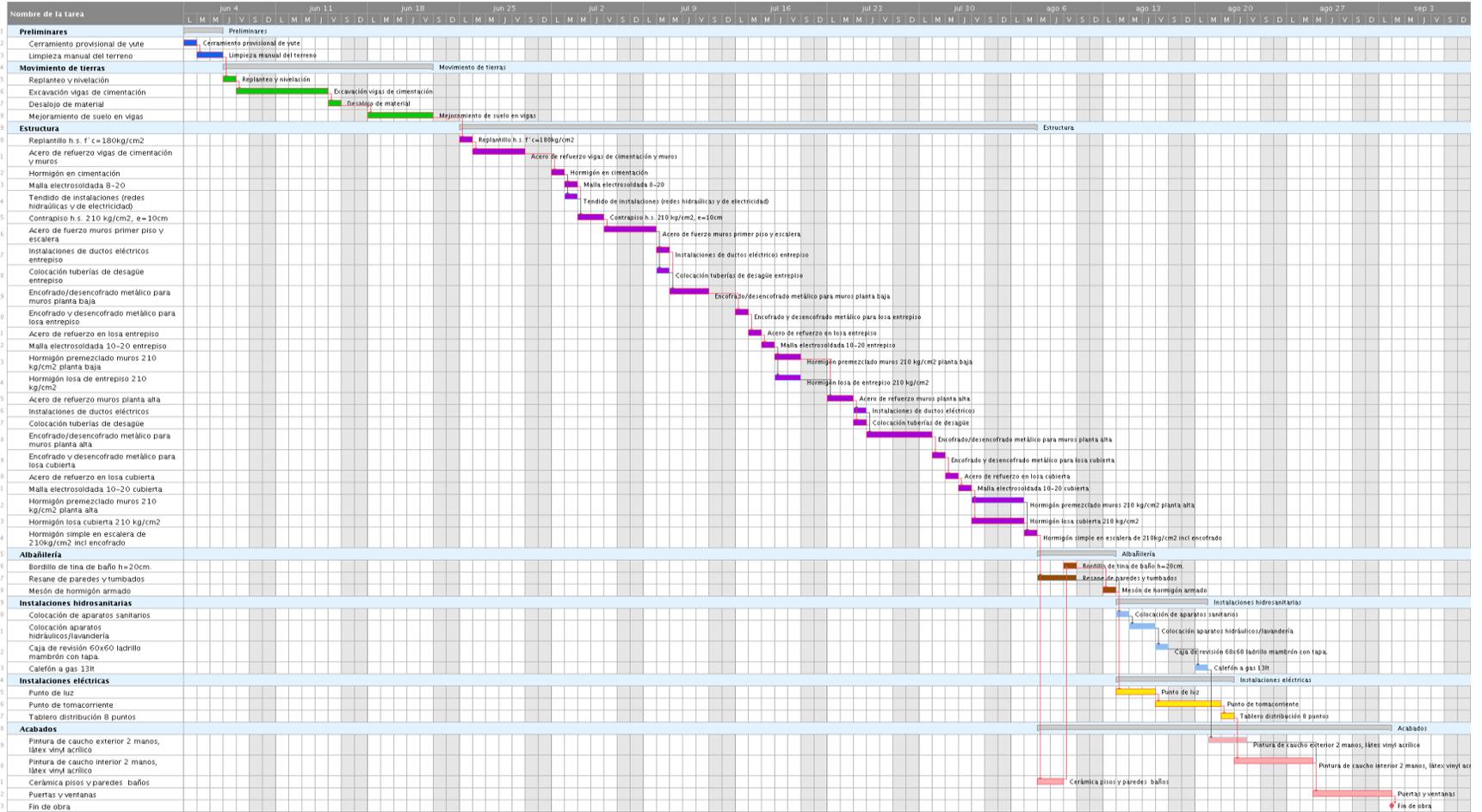


Tabla 88
Cronograma valorado estructura aporiticada

CRONOGRAMA VALORADO ESTRUCTURA APORITICADA (US DÓLARES)																				
N°	RUBROS	Precio Total	TIEMPO DE EJECUCIÓN EN SEMANAS																	
			S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
Preliminares																				
1	Cerramiento provisional de yute	\$ 170.48	\$ 170.48																	
2	Limpieza manual del terreno	\$ 102.82	\$ 102.82																	
Movimiento de tierras																				
3	Replanteo y nivelación	\$ 144.40	\$ 144.40																	
4	Excavación vigas de cimentación	\$ 653.06	\$ 130.61	\$ 522.45																
5	Desalajo de material	\$ 245.58	\$ 245.58																	
6	Mejoramiento de suelo en vigas	\$ 1,023.22			\$ 1,023.22															
Estructura																				
7	Replanteo H.S. f'c=180kg/cm2	\$ 352.11			\$ 352.11															
8	Acero de refuerzo en vigas cimentación, columnas y escalera	\$ 7,809.84			\$ 5,206.56	\$ 2,603.28														
9	Hormigón cimentación	\$ 2,153.43			\$ 2,153.43															
10	Malla electrosoldada 8-20/encofrado contrapiso	\$ 425.29			\$ 425.29															
11	Tendido de instalaciones (redes hidráulicas y de electricidad)	\$ 247.80			\$ 247.80															
12	Contrapiso H.S. 210 kg/cm2, e=10cm	\$ 881.33			\$ 881.33															
13	Encofrado/desencofrado metálico para columna 30x30cm planta baja	\$ 395.61			\$ 395.61															
14	Hormigón en columnas 210 kg/cm2	\$ 494.19			\$ 494.19															
15	Encofrado/desencofrado metálico para losa entrepiso	\$ 362.34			\$ 362.34															
16	Bloque alivianado losa 40x20x15 cm (provisión/timbrado)	\$ 240.17			\$ 240.17															
17	Acero de refuerzo vigas y nervios entrepiso	\$ 1,969.82			\$ 1,969.82															
18	Malla electrosoldada 4-15 entrepiso	\$ 239.42			\$ 239.42															
19	Instalación ductos eléctricos entrepiso	\$ 40.00			\$ 40.00															
20	Colocación tuberías de desagüe entrepiso	\$ 217.80			\$ 217.80															
21	Hormigón premezclado losa entrepiso f'c=210 kg/cm2	\$ 1,248.43			\$ 1,248.43															
22	Encofrado/desencofrado metálico para columna 30x30cm planta alta	\$ 395.61			\$ 395.61															
23	Hormigón en columnas 210 kg/cm2	\$ 494.19			\$ 494.19															
24	Encofrado/desencofrado metálico para losa cubierta	\$ 362.34			\$ 362.34															
25	Bloque alivianado losa 40x20x15 cm (provisión/timbrado)	\$ 240.17			\$ 240.17															
26	Acero de refuerzo vigas y nervios cubierta	\$ 1,969.82			\$ 1,969.82															
27	Malla electrosoldada 4-15 cubierta	\$ 239.42			\$ 239.42															
28	Instalación ductos eléctricos	\$ 30.00			\$ 30.00															
29	Colocación tuberías de desagüe	\$ 217.80			\$ 217.80															
30	Hormigón premezclado losa cubierta f'c=210 kg/cm2	\$ 1,411.12			\$ 1,411.12															
31	Hormigón simple en escalera de f'c=210kg/cm2 incl. encofrado	\$ 384.52			\$ 384.52															
Albanilería																				
32	Mampostería de bloque 40x20x15 mortero 1:6, e=2.5cm planta baja	\$ 1,216.05			\$ 1,216.05															
33	Mampostería de bloque 40x20x15 mortero 1:6, e=2.5cm planta alta	\$ 1,547.77			\$ 1,547.77															
34	Picado y cochado de pared para instalaciones	\$ 66.50			\$ 66.50															
35	Masillado losa entrepiso y contrapiso	\$ 445.13			\$ 445.13															
36	Masillado losa + impermeabilización losa cubierta	\$ 343.92			\$ 343.92															
37	Enlucido horizontal incluye andamios	\$ 997.84			\$ 997.84															
38	Enlucido vertical exterior	\$ 1,260.16			\$ 1,260.16															
39	Enlucido vertical interior	\$ 3,201.52			\$ 3,201.52															
40	Bordillo de tina de baño h=20cm	\$ 42.20			\$ 42.20															
41	Mesón de hormigón armado	\$ 94.94			\$ 94.94															
Instalaciones hidrosanitarias																				
42	Colocación aparatos sanitarios	\$ 369.52			\$ 369.52															
43	Colocación aparatos hidráulicos lavandería	\$ 951.94			\$ 951.94															
44	Caja de revisión 60x60 ladrillo mambón con tapa	\$ 100.16			\$ 100.16															
45	Calefón a gas 13l	\$ 479.60			\$ 479.60															
Instalaciones eléctricas																				
46	Puntos de luz	\$ 309.96			\$ 309.96															
47	Puntos de tomacorriente	\$ 834.62			\$ 834.62															
48	Tablero distribución 8 puntos y varilla cooperwell	\$ 144.84			\$ 144.84															
Acabados																				
49	Pintura de caucho exterior 2 manos, litex vinyl acrílico	\$ 365.38			\$ 365.38															
50	Pintura de caucho interior 2 manos, litex vinyl acrílico	\$ 1,004.09			\$ 1,004.09															
51	Cerámica pisos y paredes baños	\$ 504.79			\$ 504.79															
52	Puertas y ventanas	\$ 42,657.70			\$ 42,657.70															
TOTAL COSTO DE CONSTRUCCIÓN																				
	Inversión diaria	\$ 548.31	\$ 768.03	\$ 1,023.22	\$ 5,558.67	\$ 5,825.41	\$ 1,737.86	\$ 2,489.41	\$ 1,729.97	\$ 2,033.35	\$ 1,652.25	\$ 2,894.24	\$ 2,454.27	\$ 2,002.28	\$ 2,752.52	\$ 2,770.88	\$ 2,700.34	\$ 2,913.04	\$ 803.67	
	Avance parcial en %	1%	2%	2%	13%	14%	4%	6%	4%	5%	4%	7%	6%	5%	6%	6%	6%	7%	2%	
	Inversión acumulada	\$ 548.31	\$ 1,316.34	\$ 2,339.56	\$ 7,898.23	\$ 13,723.64	\$ 15,461.50	\$ 17,950.90	\$ 19,680.87	\$ 21,714.22	\$ 23,366.47	\$ 26,260.72	\$ 28,714.98	\$ 30,717.26	\$ 33,469.78	\$ 36,240.66	\$ 38,941.00	\$ 41,854.04	\$ 42,657.70	
	Avance acumulado en %	1%	3%	5%	19%	32%	36%	42%	46%	51%	55%	62%	67%	72%	78%	85%	91%	98%	100%	

5.4.3. Curvas de inversión

La curva de inversión en obras civiles, es una representación gráfica del costo acumulado y el tiempo planificado para la ejecución de las actividades de un proyecto de construcción, se la realiza a partir del cronograma valorado. El modelo de vivienda planteado para cada sistema es una estructura tipo dúplex, donde se edificarán dos viviendas separadas por una pared divisoria, el presupuesto se consideró para la construcción de las dos viviendas.

En la figura 65, se presenta la curva de inversión para la estructura con pórticos de hormigón armado, el tiempo para la construcción de dos viviendas con el sistema antes mencionado es de 86 días, agrupados en 18 semanas, con una duración de 5 días laborables cada una. La inversión necesaria para la construcción con este sistema es de \$ 42,657.70 dólares.

La curva de inversión para la construcción de dos viviendas con el sistema de paredes portantes de hormigón armado se expone en la figura 66, donde se puede observar que se necesitan 14 semanas para la ejecución total de la obra. La inversión necesaria para la construcción con el sistema mencionado es de \$ 38,953.57 dólares.

La inversión en las etapas de cimentación, estructura y albañilería es distinta en cada sistema, debido a que se realizan diferentes actividades hasta llegar a ejecutar la obra gris de cada proyecto, la inversión para la cimentación se realiza en las primeras semanas y varía porque en la estructura con paredes portantes las dimensiones de las vigas de cimentación son mayores. En las fases de construcción de instalaciones eléctricas, hidrosanitarias, acabados y obras preliminares la inversión es igual entre los dos sistemas, debido a que se utiliza la misma cantidad de materiales y recursos.

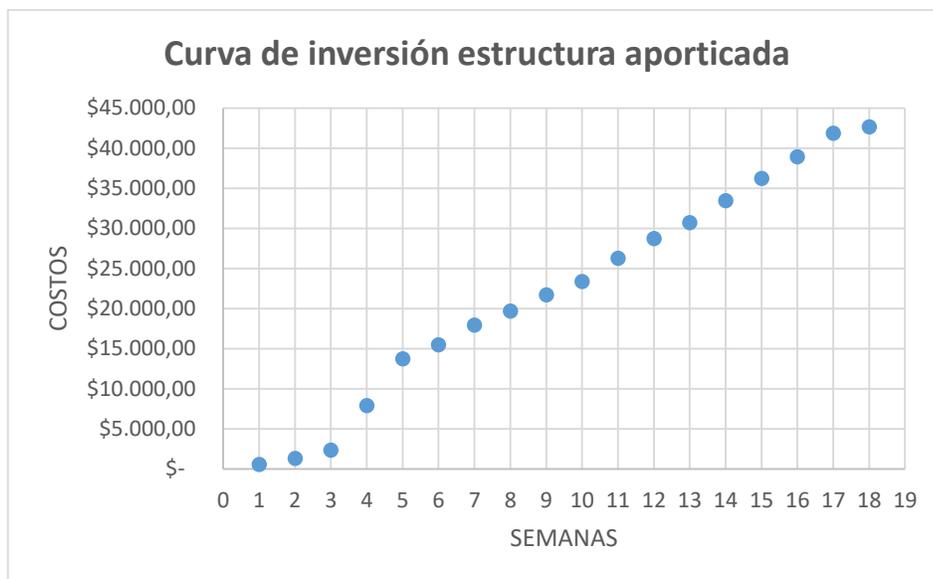


Figura 64 Curva inversión estructura aporticada

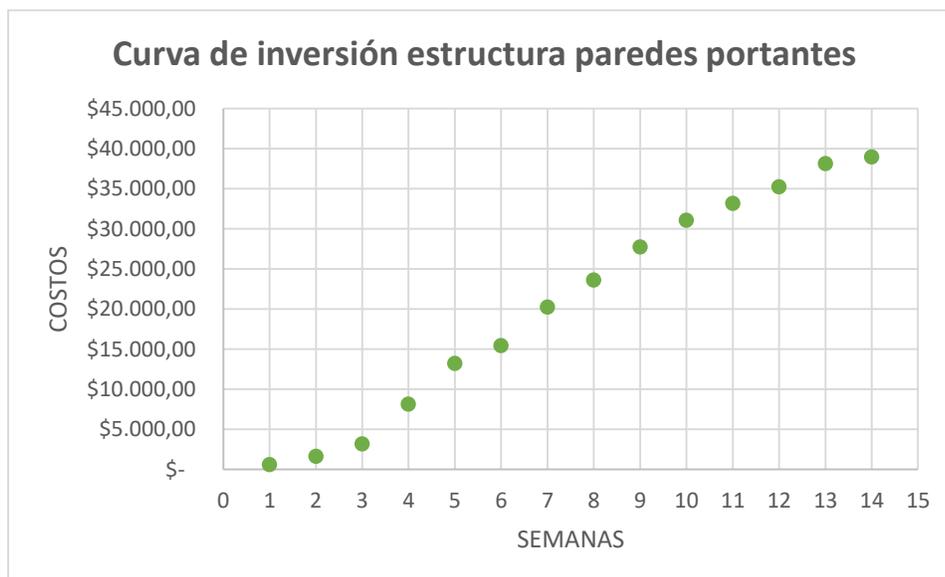


Figura 65 Curva inversión estructura paredes portantes

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS COMPARATIVO

6.1. Introducción

El capítulo número 6 presenta, un análisis comparativo sobre la construcción de viviendas con el sistema tradicional, referente a pórticos de hormigón armado y mampostería de bloque, versus el sistema de paredes autoportantes de hormigón armado. Uno de los objetivos de la investigación es conocer el costo de materiales, los recursos y el tiempo de ejecución de cada proyecto.

Primero se expone un análisis comparativo de las fases de construcción, seguido del volumen de obra de los principales materiales utilizados, posteriormente se indica los costos y tiempos de cada una de las etapas, y se obtiene como resultado el proyecto más económico entre las dos alternativas propuestas. Para una mejor comprensión de los resultados se presenta los valores en gráficas estadísticas.

El análisis se realizó con los rubros y actividades de las etapas correspondientes a cimentación, movimiento de tierras, estructura y albañilería, debido a que, en las etapas de instalaciones hidrosanitarias, eléctricas y acabados, se utilizan los mismos materiales y recursos en cada vivienda sin importar el sistema de construcción aplicado.

6.2. Fases de construcción

6.2.1. Cimentación

La cimentación diseñada para cada sistema estructural se realizó con un esfuerzo admisible de suelo igual a $10T/m^2$. El diseño de las vigas de cimentación está establecido por el peso de la estructura, ya que el esfuerzo del suelo es constante para cada proyecto; por tal motivo las secciones más grandes corresponden al proyecto con paredes de hormigón armado.

Las actividades para la construcción de la cimentación son iguales en los dos sistemas, constan de limpieza, replanteo, excavación, mejoramiento de suelo, armadura y fundición.

Para el mejoramiento de suelo se utilizó una subbase clase 3 formada por agregados gruesos, obtenidos mediante trituración o cribado de gravas o yacimientos cuyas partículas estén fragmentadas naturalmente, mezclados con arena natural o material finamente triturado para alcanzar la granulometría especificada. (Mondenese, 2015)

6.2.2. Estructura

En la tabla 89, se expone las actividades para la construcción de las viviendas en el sistema aporticado y de paredes portantes, se puede observar que la segunda alternativa es la que involucra menos actividades, lo cual está relacionado directamente con un menor tiempo de ejecución y costo, en la etapa de construcción de la estructura de cada vivienda.

Tabla 90

Actividades fase: Estructura

ESTRUCTURA APORTICADA	ESTRUCTURA PAREDES PORTANTES
Acero de refuerzo en columnas	Trazado y timbrado de paredes
Encofrado columnas	Acero de refuerzo para paredes
Hormigón en columnas	Colocación de tuberías y ductos
Desencofrado columnas	Encofrado de paredes
Encofrado en losa de	Encofrado losa
Acero de refuerzo en vigas	Acero de refuerzo losa
Acero de refuerzo nervios losa	Malla de temperatura losa
Bloque alivianado	Tendido de instalaciones
Malla de temperatura en losa	Hormigón en paredes y losa
Tendido de instalaciones	Desencofrado de paredes y losa
Hormigón en vigas y losa	
Desencofrado losa	

6.2.3. Albañilería

En la etapa de albañilería, el sistema de paredes portantes de hormigón armado, presenta menos actividades (ver tabla 90), debido a que en la etapa de fundición de la estructura las paredes quedan terminadas, evitando realizar el enlucido de las mismas, solo es necesario colocar el resane en las juntas producidas por el encofrado, luego de esto las paredes pueden recibir el acabado final.

Tabla 91

Actividades fase: Albañilería

ESTRUCTURA APORTICADA	ESTRUCTURA PAREDES PORTANTES
Mampostería de bloque	Pasteado de paredes
Picado y corchado de paredes	Pasteado de filos y fajas
Colocación de tuberías y ductos para instalaciones.	Pasteado de tumbados
Enlucido vertical interior	
Enlucido vertical exterior	
Enlucido de filos y fajas	
Masillado de losas	
Enlucido horizontal	

6.3. Cantidades de obra

Los materiales de obra más representativos en cada proyecto, son los correspondientes al rubro de hormigón y acero de refuerzo. En la tabla 91 se presenta un cuadro comparativo, en el cual se puede observar las cantidades de obra para cada una de las etapas de construcción.

El sistema aporticado con paredes de bloque presenta la mayor cantidad de acero de refuerzo en comparación con la estructura de paredes autoportantes que necesita más hormigón que el otro método (ver figura 67 y 68).

Tabla 92
Cantidades de obra rubro: Acero y Hormigón

Rubro		Unidad	Estructura aportada	Estructura paredes portantes	Diferencia
Cimentación	Hormigón	m ³	18.68	19.12	2.36%
	Acero	kg	1,815.04	2,164.19	19.24%
Columnas	Hormigón	m ³	7.29	-	
	Acero	kg	1,882.17	-	
Vigas	Hormigón	m ³	5.76	-	
	Acero	kg	1,309.32	-	
Losas	Hormigón	m ³	10.97	13.64	24.34%
	Acero	kg	631.39	877.18	38.93%
Paredes	Hormigón	m ³	-	40.13	
	Acero	kg	-	2,396.86	
TOTAL	Hormigón	m ³	42.70	72.89	70.70%
	Acero	kg	5,637.92	5,438.23	3.54%

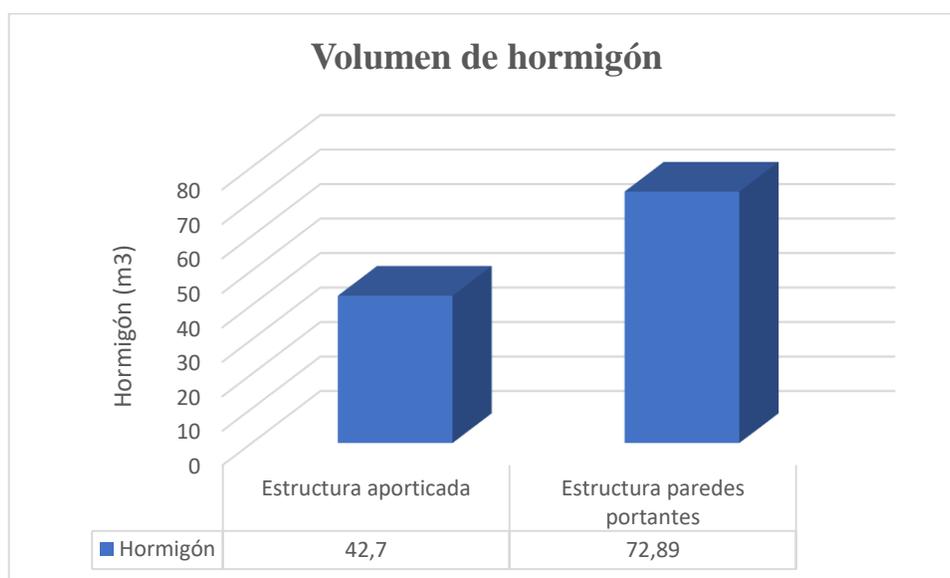


Figura 66 Volumen de hormigón en viviendas

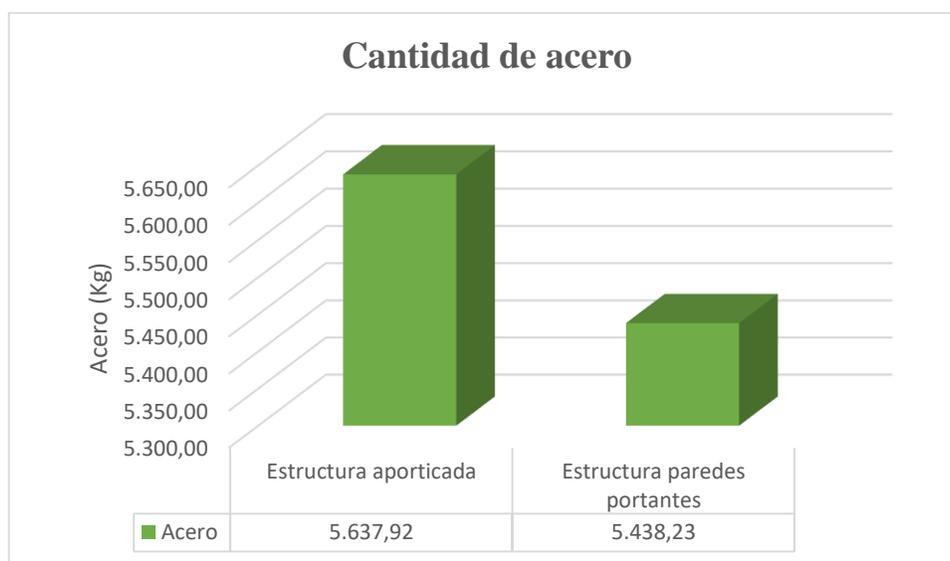


Figura 67 Cantidad de acero en viviendas

6.4. Costos de construcción

En la tabla 92 se presenta el presupuesto para los dos proyectos, los rubros se encuentran clasificados por capítulos, en los cuales se puede identificar el costo de cada uno y el capítulo que tiene mayor influencia en el presupuesto final de los proyectos.

Tabla 93

Presupuesto viviendas

Descripción	Estructura aporticada	Estructura paredes hormigón	Diferencia
Obras preliminares	\$ 273.30	\$ 273.30	0.00 %
Movimiento de tierras	\$ 2,066.26	\$ 2,927.77	41.69 %
Estructura	\$ 22,069.15	\$ 26,144.40	18.46 %
Albañilería	\$ 9,324.27	\$ 683.38	92.67 %
Inst. hidrosanitarias	\$ 2,446.38	\$ 2,446.38	0.00 %
Inst. eléctrica	\$ 1,389.42	\$ 1,389.42	0.00 %
Acabados	\$ 5,088.92	\$ 5,088.92	0.00 %
TOTAL	\$ 42,657.70	\$ 38,953.57	8.68 %

En la figura 69 se puede observar que el capítulo denominado estructura es el que tiene mayor incidencia en cada proyecto, seguido de la categoría albañilería y acabados.

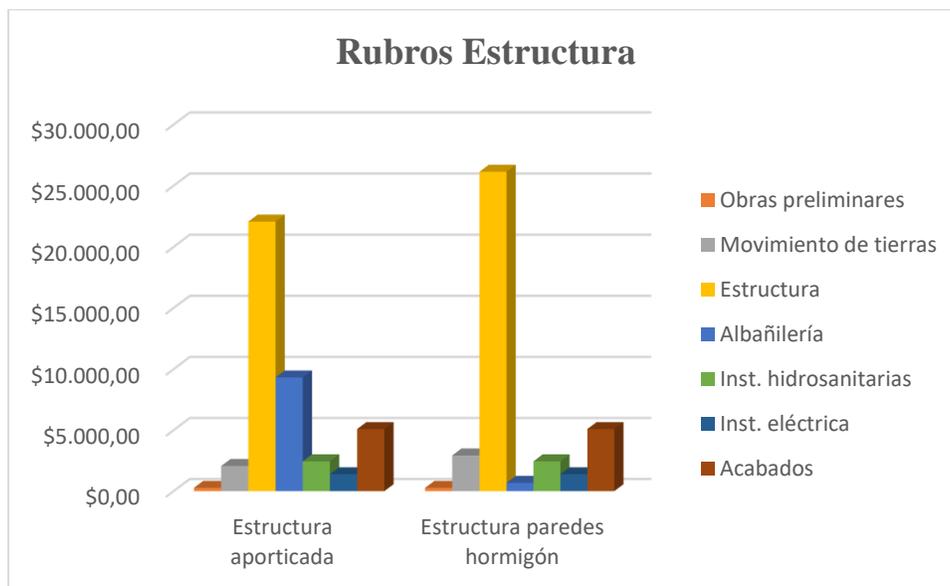


Figura 68 Costos viviendas

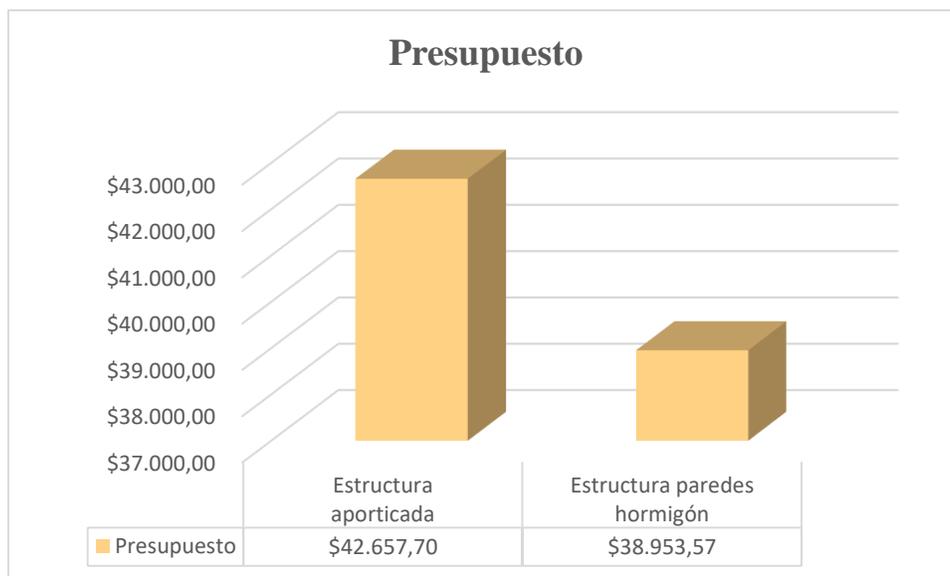


Figura 69 Presupuesto viviendas

El presupuesto para la construcción de viviendas con pórticos de hormigón armado y mampostería de bloque es más elevado respecto a la estructura construida con paredes portantes.

6.5. Tiempos de construcción

Las viviendas construidas con el sistema de paredes portantes, indican un menor costo de inversión y tiempo para su ejecución, en comparación con las viviendas construidas mediante el sistema de pórticos de hormigón armado y mampostería de bloque; esta diferencia se produce porque existe un incremento de actividades para cumplir con la fase de estructura y albañilería.

En el sistema de pórticos se debe colocar mampostería y enlucir para formar la estructura de la vivienda, lo contrario del sistema de paredes portantes que luego de su fundición la estructura está terminada, la misma no necesita de enlucidos solo del resane de juntas para posteriormente realizar los acabados.

Tabla 94

Tiempo total de construcción

Costo Total	Estructura aporticada	\$42,657.70	8.68%
	Estructura paredes portantes	\$38,953.57	
Duración Total	Estructura aporticada	86 días	23.26%
	Estructura paredes portantes	66 días	

Tabla 95

Tiempo de construcción por etapas

Descripción	Estructura aporticada	Estructura paredes hormigón	Diferencia
Cimentación	8 días	6 días	25.00%
Estructura	37 días	32 días	13.51%
Albañilería	24 días	4 días	83.33%

6.6. Curvas de inversión

Los valores de inversión más altos en los dos proyectos se efectúan en la etapa de cimentación de las estructuras. El sistema con paredes portantes tiene sus valores de inversión más elevados en las etapas de armadura y fundición de las paredes y losas como se puede observar en la figura 71.

En la figura 72 y 73, se puede observar la inversión diaria necesaria para la ejecución de cada proyecto.

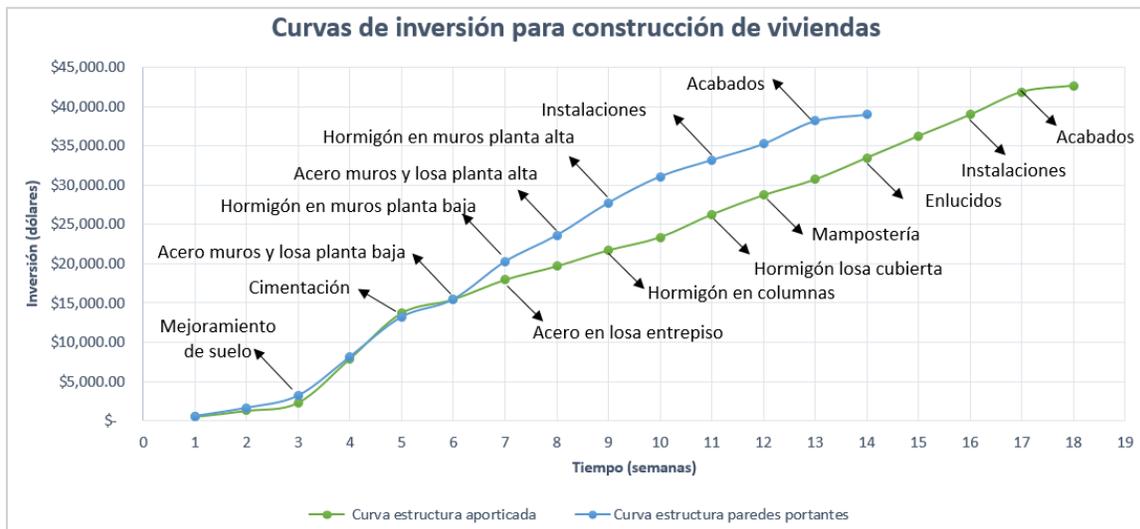


Figura 70 Comparación curvas de inversión

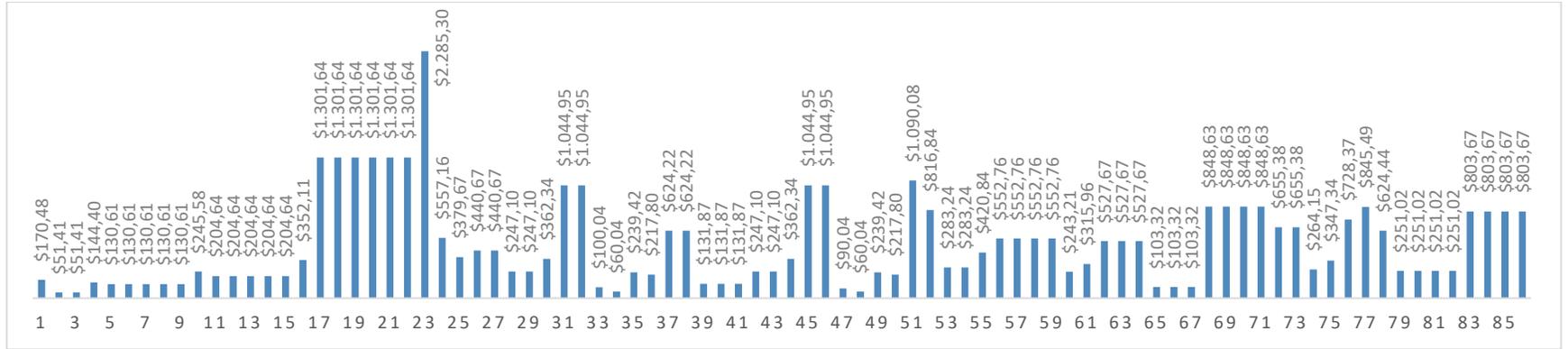


Figura 71 Inversión diaria estructura aporticada

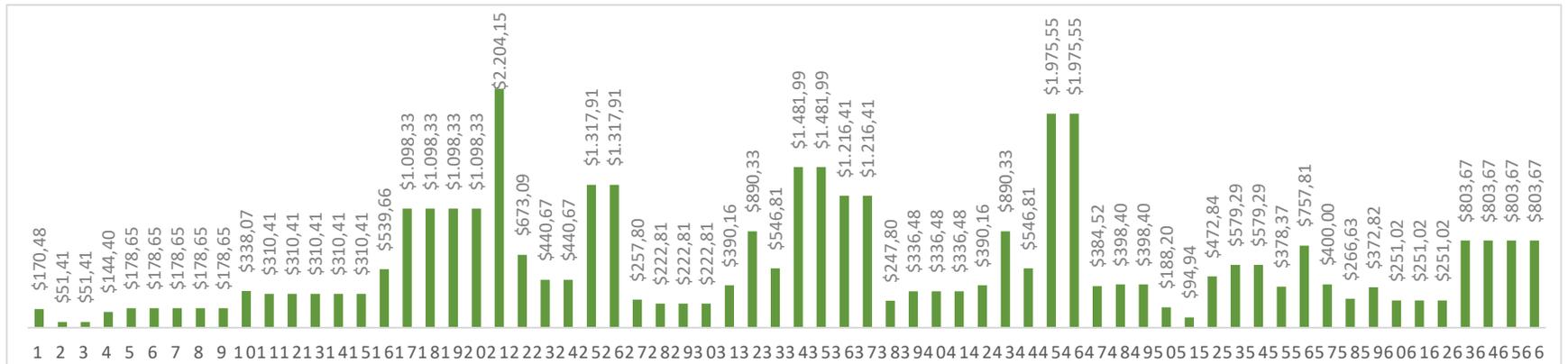


Figura 72 Inversión diaria estructura paredes portantes

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Las conclusiones obtenidas del desarrollo del presente trabajo de titulación son las siguientes:

- El tipo de vivienda planteada en la investigación es tipo dúplex, donde se ubican dos viviendas separadas por una pared divisoria, cada una cuenta con dos plantas, en las cuales se distribuye los espacios en: sala-comedor, cocina, baños y dos dormitorios, con un área útil de 42.00 m²; se propuso ese modelo porque la vivienda de interés social es de construcción masiva y es necesario aprovechar al máximo el espacio físico destinado para su edificación.
- El diseño de la estructura con pórticos de hormigón armado, se basó en la normativa ACI 318-14 y en la norma ecuatoriana de la construcción, la cual expone las dimensiones mínimas que debe tener una edificación para su correcto desempeño ante fuerzas sísmicas.
- El diseño de la estructura con paredes portantes de hormigón armado, se diseñó con las recomendaciones de la normativa ACI 318-14, debido a que en la norma ecuatoriana no se detalla mucha información para el diseño de este tipo de estructuras.
- El sistema más utilizado en el país para la construcción de viviendas es el conformado por pórticos de hormigón armado y mampostería de bloque, debido a que es de fácil construcción y del cual se tiene mayor conocimiento para su ejecución por parte de los constructores y su personal, mediante el trabajo de investigación se determinara el sistema más económico y con menor tiempo de construcción.
- El cortante basal se calcula con la carga muerta de la estructura, para el sistema aporticado tiene un valor de 15.52 T, y para el de paredes portantes es igual a 84.77 T, indicando que el segundo sistema tiene más peso.
- El sistema aporticado funciona adecuadamente para resistir las cargas laterales mencionadas en la norma ecuatoriana; el sistema de paredes portantes posee mayor

rigidez y resistencia, ayudando a proteger a los elementos no estructurales de cada vivienda.

- El sistema aporticado es diseñado para que sus elementos fallen si la estructura es afectada por un sismo fuerte, todo lo contrario del diseño con paredes portantes el cual al ser más rígido puede resistir las fuerzas sísmicas de mejor manera, teniendo en cuenta las consideraciones establecidas en la normativa como son, colocar refuerzos en las aberturas de puertas y ventanas, y las secciones pequeñas de muro denominadas manchones se debe reforzar como una columna.
- En la cimentación de las estructuras se diseñaron vigas, para el sistema de paredes portantes se obtuvieron unas dimensiones mayores, debido al peso de la estructura, lo contrario del sistema aporticado que presenta dimensiones menores; en los dos sistemas se consideró colocar un mejoramiento de suelo basado en una sub base clase 3, porque se trabajó con una capacidad portante del suelo igual a 10T/m².
- La mayor diferencia económica entre los dos sistemas, se produce en las fases de estructura y albañilería, en las viviendas construidas con el sistema aporticado se debe colocar mampostería de bloque y posteriormente enlucir para que se pueda formar la vivienda, lo contrario sucede con el sistema de paredes portantes que una vez armadas y fundidas las paredes la vivienda se encuentra terminada, necesitando solo un resane de las juntas producidas por el encofrado.
- El costo de construcción de una vivienda con el sistema aporticado es de \$21,328.85 dólares y para el sistema de paredes portantes es de \$19,476.78 dólares; esta diferencia se presenta porque el segundo sistema tiene menos actividades con respecto al primero.
- Los materiales más representativos en los dos sistemas son el hormigón y acero de refuerzo, el sistema de paredes portantes requiere más hormigón porque toda su estructura se encuentra formada por este material, en el sistema aporticado se requiere menos cantidad porque las paredes son de bloque.
- Los rubros difieren entre los dos sistemas, debido a que en el sistema aporticado es necesario rubros de construcción como mampostería y enlucidos, los cuales en el sistema de paredes portantes no se requiere, por lo tanto se reduce el tiempo de

ejecución, necesitando 86 días para la construcción de dos viviendas en el sistema tradicional y 66 días en el sistema de paredes portantes, considerando que en ese tiempo ya se incluyen la colocación de instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y acabados.

Recomendaciones

- Para el diseño del sistema aporticado la norma ecuatoriana de la construcción para estructuras de hormigón armado, expone los criterios adecuados que permiten diseñar una estructura con un correcto desempeño ante eventos sísmicos, no se recomienda aplicar la normativa para la construcción de viviendas hasta dos pisos, ya que esta presenta recomendaciones con respecto a las dimensiones de vigas y columnas con menores valores, los mismos que luego de evaluar en las estructuras antes expuestas, producen grandes fallas ante un evento sísmico.
- El diseño de viviendas basado en el sistema aporticado debe cumplir con los siguientes requerimientos: las derivas no deben ser mayores a la máxima permitida por la normativa, tener un comportamiento traslacional predominante y tener la capacidad de disipar energía en el rango inelástico.
- El sistema de paredes portantes debe cumplir que las derivas no sean mayores a la permitida, no requiere tener un comportamiento inelástico y no necesita un comportamiento traslacional predominante.
- Para la construcción de todo tipo de proyecto, se debe realizar un cronograma valorado que permita conocer el tiempo y la inversión necesaria para la ejecución de las obras, esto permite tener una mejor visualización de los materiales y recursos que necesita cada proyecto, para organizar el tiempo de una mejor manera, también se debe realizar el diagrama de red que permite conocer las actividades que podrían retrasar el proyecto si por algún motivo no se llegan a cumplir a tiempo, estas herramientas son muy útiles para llevar un control de la obra y evitar el desperdicio de materiales y recursos.

- La mano de obra utilizada en los diferentes sistemas constructivos presentados en este trabajo de investigación debe ser calificada y estar bajo un control profesional, para que se puedan cumplir adecuadamente las actividades.
- El sistema de paredes portantes se recomienda aplicar en la construcción de viviendas en serie, ya que es necesario realizar una inversión para la adquisición de encofrados para paredes y losas, actualmente en el mercado existen empresas que alquilan este tipo de encofrados, pero los mismos pueden variar de acuerdo a las dimensiones de cada vivienda.
- Actualmente en el país se realizan proyectos para la construcción de viviendas de interés social, este tipo de viviendas es de construcción masiva, y una manera de reducir costos es con un menor tiempo de ejecución de las actividades, esta es una de las características del sistema autoportante ya que no requiere inversión de tiempo en colocación de mampostería y enlucidos, y la estructura se puede desmoldar al siguiente día y utilizar los encofrados para una nueva vivienda.
- El sistema aporticada es de uso muy común en el país para la construcción de viviendas debido a que las actividades para su construcción son de fácil ejecución, pero se recomienda utilizar diferentes sistemas que generen menos daños en las estructuras ante un evento sísmico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, R. (2014). Conexión viga columna.

Aguiar, R., & Mieles, Y. (Septiembre de 2016). Análisis de los edificios que colapsaron en Portoviejo durante el terremoto del 16 de abril de 2016. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 257-282.

American Concrete Institute [ACI 318-08]. (Enero de 2008). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-08).

American Concrete Institute [ACI 318-14]. (2014). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario. USA: American Concrete Institute.

Asamblea Nacional del Ecuador. (24 de Julio de 2008). Constitución de la República del Ecuador. Ecuador.

Barrera, L., & Jiménez, M. (27 de Febrero de 2015). *Esquema de financiamiento para impulsar un proyecto de vivienda social en la ciudad de Manta*. Sangolquí, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9870/1/T-ESPE-048696.pdf>

Beltrán, Á. (2011). *Costos y Presupuestos*.

Carrera Falcón, J. L., & Carrera Villacrés, D. V. (s.f.). Instalaciones Hidrosanitarias. Quito, Pichincha, Ecuador.

Carrillo, J., & Alcocer, S. (Marzo de 2012). *SciELO Analytics*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432012000400011&script=sci_arttext&tlng=pt

Guerra, M. (2013). *Cimentaciones sismo resistentes utilizando SAFE* (primera ed.). Quito, Ecuador.

Infraestructura educativa [INIFED]. (2015). Instalaciones de Servicio. *Instalaciones Hidrosanitarias*, 5, 25. Mexico: Secretaría de educación pública. Obtenido de http://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/normateca/INIFED/03_Normatividad_T%C3%A9cnica/02_Normas_y_Especificaciones_para_Estudios/05_Volumen_5_Instalaciones_de_Servicio/Volumen_5_Tomo_II.pdf

Ley Orgánica de ordenamiento territorial, uso y gestión del suelo. (30 de Junio de 2016). *asamblea nacional.gob.ec*. Obtenido de <http://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/private/asambleanacional/filesasambleanac>

ionalnameuid-29/Leyes%202013-2017/110-territorial/RO-ley-ord-territ-ro-790-sup-05-07-2016.pdf

M.I. Consejo Cantonal de Guayaquil. (Julio de 1986). *Normas Mínimas para los Diseños Urbanísticos y Arquitectónicos*. Guayaquil, Guayas, Ecuador.

Mariscal, J. (Noviembre de 2001). Análisis de placas planas de fibrocemento en sección mixta con perfiles de acero. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Martinez, S. (Septiembre de 2015). Bambú como material estructural: generalidades, aplicaciones y modelización de una estructura tipo. Valencia, España: Universidad Politecnica de Valencia.

Ministerio Desarrollo Urbano y Vivienda [MIDUVI]. (2010). *Programa Nacional de Vivienda Social*. Obtenido de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/PROYECTO-PROGRAMA-NACIONAL-DE-VIVIENDA-SOCIAL-9nov-1.pdf>

Mondenese, P. (20 de Agosto de 2015). Manual de obra. *primera edición*. Quito, Pichincha, Ecuador: Don Bosco. Obtenido de <https://www.manualdeobra.com/blog/2015/10/20/clases-de-sub-bases-granulares>

Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (Agosto de 2003). *Normas de Arquitectura y Urbanismo*. Quito, Pichincha, Ecuador.

NEC . (2011). Norma Ecuatoriana de la Construcción . Ecuador.

Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-HM]. (2015). Estructuras de Hormigón Armado . Quito, Pichincha, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, Miduvi.

Norma Ecuatoriana de la Construcción [Guía de diseño 1]. (Septiembre de 2016). Guía práctica de diseño de viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros. Quito, Pichincha, Ecuador.

Norma Ecuatoriana de la Construcción [Guía de diseño 2]. (Septiembre de 2016). Guía práctica de diseño de estructuras de hormigón armado. Quito, Pichincha, Ecuador.

Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC]. (Enero de 2013). Instalaciones Electromecánicas. *Capítulo 15*. Quito, Pichincha, Ecuador: Cámara de la construcción Quito.

Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-11]. (06 de Abril de 2011). Norma Hidrosanitaria NHE Agua. Quito, Pichincha, Ecuador: Ministerio de desarrollo urbano y vivienda.

- Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-CG]. (Diciembre de 2015). Cargas no Sísmicas. Quito, Pichincha, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-DS]. (Diciembre de 2015). Peligro Sísmico Diseño Sismoresistente. Quito, Pichincha, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción [NEC-SE-VIVIENDA]. (Diciembre de 2015). Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m. Quito, Pichincha, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Parlamento Andino. (2014).
- Pérez Carmona, R. (2010). *Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones* (6.0 ed.). Colombia: Ecoe Ediciones.
- Rojas, T. E. (s.f.). *AprenderLyX*. Obtenido de <http://aprenderlyx.com/tipos-de-metodologia-de-investigacion/>
- Romo, M. (Octubre de 2008). Hormigón Armado. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Serrano, C. A. (s.f.). El abc del analista de precios unitarios. México: Editorial Ciencia y Cultura S.A.
- Sierra, C. (2011). Calidad del Agua Evaluación y Diagnóstico. *Primera*. Medellín, Colombia: Ediciones de la Universidad.
- Subsecretaría de hábitat y asentamientos humanos - SHAH. (Diciembre de 2015). *Informe Nacional del Ecuador. Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible Habitat III*. Quito.
- Wilde, S., & Forenza, L. (s.f.). Programación de Obras. Catedra de Economía de la Construcción. Tucuman, Argentina.

ANEXOS

ANEXO 1: Plano arquitectónico

ANEXO 2: Plano estructural proyecto vivienda con paredes de bloque

ANEXO 3: Plano cimentación proyecto vivienda con paredes de bloque

ANEXO 4: Plano estructural proyecto vivienda con paredes de hormigón armado

ANEXO 5: Plano cimentación proyecto vivienda con paredes de hormigón armado

ANEXO 6: Plano hidrosanitario

ANEXO 7: Plano eléctrico

ANEXO 8: Análisis de precios unitarios vivienda con paredes de bloque (archivo digital)

ANEXO 9: Análisis de precios unitarios vivienda con paredes de hormigón armado (archivo digital)