



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DISEÑO Y PROYECCIÓN DE UNA CASA UNIFAMILIAR AUTOSUSTENTABLE,  
IMPLEMENTANDO UN BIODIGESTOR SÉPTICO Y PANELES SOLARES EN UNA  
QUINTA UBICADA EN EL BARRIO “LOS LIMOS”, PARROQUIA EL TAMBO,  
CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero Civil

**AUTOR:** Sergio Israel Aguirre Ramírez  
**TUTORA:** Rocio Nathaly Bermeo Hidalgo

Quito - Ecuador  
2024

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Sergio Israel Aguirre Ramírez con documento de identificación N° 1726640707 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 13 de agosto del 2024

Atentamente,



---

Sergio Israel Aguirre Ramírez

1726640707

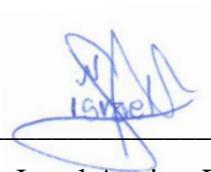
## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Sergio Israel Aguirre Ramírez con documento de identificación N° 1726640707, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: "Diseño y proyección de una casa unifamiliar autosustentable, implementando un biodigestor séptico y paneles solares en una quinta ubicada en el barrio "Los Limos", parroquia El Tambo, Cantón Catamayo, provincia de Loja.", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil , en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 13 de agosto del 2024

Atentamente,



---

Sergio Israel Aguirre Ramírez

1726640707

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Rocio Nathaly Bermeo Hidalgo con documento de identificación N° 2101129977, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y PROYECCIÓN DE UNA CASA UNIFAMILIAR AUTOSUSTENTABLE, IMPLEMENTANDO UN BIODIGESTOR SÉPTICO Y PANELES SOLARES EN UNA QUINTA UBICADA EN EL BARRIO “LOS LIMOS”, PARROQUIA EL TAMBO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA, realizado por Sergio Israel Aguirre Ramírez, con documento de identificación N°1726640707, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 13 de agosto del 2024

Atentamente,



---

Ing. Rocio Nathaly Bermeo Hidalgo, MSc.

2101129977

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente proyecto principalmente a mi familia, y a las metas que quiero cumplir  
a futuro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le doy las gracias a mis padres y hermana, que con su sustento, motivación y aliento he logrado llegar a este punto de mi carrera, también agradezco a mi novia por todo su apoyo y cariño durante la realización del presente proyecto. Finalmente me doy las gracias, por no rendirme, seguir firme en la carrera y en la búsqueda de cumplir mis metas.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES Y GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	1
1.2 Problema de Estudio.....	2
1.2.1 Antecedentes .....	2
1.2.2 Importancia y Alcance: .....	3
1.2.3 Delimitación .....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos .....	5
1.4.1 Objetivo General .....	5
1.4.2 Objetivos Específicos .....	5
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>7</b>
<b>FUNDAMENTOS TEORICOS.....</b>	<b>7</b>
2.1 Casa Unifamiliar Autosustentable.....	7
2.1.1 Sostenibilidad en la Construcción.....	7
2.1.2 Biodigestor Séptico .....	7
2.1.3 Paneles Solares.....	8
2.1.4 Diseño y Proyección de una Vivienda .....	8
2.1.4.1 Diseño (Estructural) .....	8
2.1.4.2 Proyección.....	8
2.2 Estudios Topográficos.....	9
2.2.1 Levantamiento Topográfico .....	9
2.2.2 Equipo Utilizado .....	9

2.2.3	Metodología del Estudio Topográfico.....	9
2.2.4	Análisis del Estudio Topográfico.....	10
2.2.4.1	Caracterización Topográfica.....	10
2.2.4.2	Obtención de Pendientes Mediante Perfiles Longitudinales.....	11
2.2.5	Implantación del Proyecto en el Terreno.....	11
2.3	Estudio Geológico Geotécnico - Estudio de Suelos.....	12
2.3.1	Métodos Permitidos para la Exploración de Campo.....	12
2.3.2	Ensayo de Refracción Sísmica.....	12
2.3.3	Equipo Utilizado.....	13
2.3.4	Metodología del Ensayo de Refracción Sísmica.....	13
2.3.4.1	Informe Geofísico- Geotécnico.....	13
2.3.5	Análisis del Estudio Geológico Geotécnico – Estudio de Suelos.....	14
2.3.5.1	Caracterización de La Capacidad Portante del Suelo.....	14
2.4	Estudio Arquitectónico.....	15
2.4.1	Planos Arquitectónicos.....	15
2.4.2	Equipo Utilizado.....	15
2.4.3	Metodología Utilizada.....	15
2.4.4	Análisis del Estudio Arquitectónico.....	16
2.4.4.1	Configuración Estructural.....	16
2.5	Diseño Estructural.....	17
2.5.1	Equipo Utilizado.....	17
2.5.2	Metodología.....	17
2.5.3	Acero Estructural.....	17
2.5.3.1	Propiedades del Acero de Tipo Estructural.....	18

2.5.3.2	Tipología del Acero Estructural .....	18
2.5.3.3	Tipos de Perfiles Estructurales De Acero.....	18
2.5.3.4	Tipos de Construcciones Metálicas.....	18
2.5.3.5	Clasificación de Marcos con Transmisión de Momento.....	19
2.5.3.6	Conexiones Precalificadas en Pórticos de Momento Intermedios (IMF) .....	20
2.5.4	Hormigón Estructural.....	20
2.5.4.1	Propiedades del Hormigón Estructural.....	21
2.5.4.2	Tipología del Hormigón Estructural.....	21
2.5.5	Normas y Códigos que Guían el Diseño .....	21
2.5.6	Metodología de Diseño .....	22
2.5.6.1	Diseño por Ultima Resistencia LRFD.....	22
2.5.7	Análisis de Cargas de Diseño Y Combinaciones de Carga.....	22
2.5.8	Cargas Correspondientes a un Proyecto de Vivienda .....	22
2.5.9	Cargas Variables .....	23
2.5.9.1	Carga Viva (Cv) .....	23
2.5.9.2	Carga de Granizo (S).....	23
2.5.10	Cargas Permanentes .....	23
2.5.10.1	Carga Muerta (Cm) .....	23
2.5.11	Cargas Accidentales .....	24
2.5.12	Cargas de Sismo .....	24
2.5.12.1	Espectro de Diseño.....	25
2.5.12.2	Periodo de Vibración (T).....	26
2.5.13	Cortante Basal de Diseño (V).....	27
2.5.13.1	Coeficiente Relacionado con el Periodo de Vibración de la Estructura.....	27

2.5.14	Derivas de Piso.....	27
2.5.14.1	Deriva Inelástica.....	28
2.5.14.2	Deriva Elástica .....	28
2.5.15	Ajuste del Corte Basal .....	28
2.5.16	Diseño de Elementos Estructurales .....	29
2.5.16.1	Perfiles Utilizados En Elementos de Edificaciones .....	29
2.5.17	Desarrollo de Fórmulas para El Diseño de Columnas (Estructura Metálica) ....	29
2.5.17.1	Geometría de Una Columna Cuadrada.....	29
2.5.17.2	Propiedades Mecánicas de una Columna Cuadrada.....	29
2.5.17.3	Compacidad de La Sección .....	30
2.5.18	Desarrollo de Fórmulas para El Diseño de Vigas (Estructura Metálica) .....	31
2.5.18.1	Geometría de una Viga Secundaria Tipo I.....	31
2.5.18.2	Propiedades Mecánicas de la Sección.....	31
2.5.18.3	Compacidad de la Sección .....	31
2.5.19	Diseño de Losa Colaborante (Sección Compuesta) .....	32
2.5.20	Desarrollo de Fórmulas para el Diseño de Losa Colaborante .....	33
2.5.21	Diseño de Cimentaciones .....	33
2.5.21.1	Desarrollo de Fórmulas para el Diseño de Cimentaciones (Plinto Aislado).....	33
2.5.22	Modelación en Software de Diseño Estructural (ETABS, SAFE, SAP2000) ...	33
2.5.23	Diseño de Conexiones Precalificadas.....	34
2.5.24	Diseño de Placas Base.....	34
2.5.25	Diseño de Conexiones Viga Principal – Viga Secundaria .....	34
2.5.26	Diseño de Conexiones Columna – Viga .....	35
2.6	Sistema de Instalaciones Hidrosanitarias (Biodigestor Séptico).....	35

2.6.1	Plano de Instalaciones Hidrosanitarias con Salida al Biodigestor Séptico .....	36
2.6.2	Equipo Utilizado .....	36
2.6.3	Metodología Utilizada.....	36
2.6.4	Red de Distribución de Agua Potable .....	36
2.6.5	Red de Drenaje .....	37
2.6.5.1	Funcionamiento del Sistema de Tratamiento (Biodigestor Séptico).....	37
2.6.6	Análisis Previo a la Implementación de Biodigestor Séptico .....	38
2.6.7	Implementación de Biodigestor Séptico.....	39
2.6.8	Instalación del Biodigestor Séptico.....	39
2.6.9	Instalación del Campo de Infiltración .....	39
2.6.10	Mantenimiento de Biodigestor Séptico .....	40
2.7	Sistema de Instalaciones Eléctricas (Paneles Solares) .....	40
2.7.1	Plano de Instalaciones Eléctricas Alimentadas por Paneles Solares.....	40
2.7.2	Equipo Utilizado .....	40
2.7.3	Metodología Utilizada.....	41
2.7.4	Esquemas de Instalaciones Eléctricas .....	41
2.7.5	Circuitos Eléctricos Básicos de una Vivienda.....	41
2.7.6	Análisis Previo a la Implementación de Paneles Solares.....	42
2.7.7	Desarrollo de Fórmulas para el Diseño de un Sistema Fotovoltaico .....	42
2.7.7.1	Modelo del Sistema Fotovoltaico.....	42
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>43</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>		<b>43</b>
3.1	Tipo de Investigación .....	43
3.2	Método .....	43

3.3	Técnica de Recolección de Información .....	44
3.4	Proceso Técnico de Ingeniería Civil .....	44
3.5	Pasos para la Ejecución del Proyecto .....	46
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>47</b>
<b>ESTUDIO TOPOGRAFICO .....</b>		<b>47</b>
4.1	Análisis del Estudio Topográfico.....	47
4.1.1	Datos Generales.....	47
4.1.2	Características del Terreno.....	48
4.1.3	Infraestructuras Existentes .....	51
4.2	Plano Topográfico .....	52
4.3	Implantación del Área de Vivienda.....	52
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>54</b>
<b>ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO (SÍSMICA DE REFRACCIÓN).....</b>		<b>54</b>
4.4	Análisis del Estudio Geológico Geotécnico.....	54
4.4.1	Datos Generales.....	54
4.4.2	Resultados .....	55
4.5	Análisis del Comportamiento del Suelo.....	57
4.5.1	Composición del Suelo.....	57
4.5.2	Movimiento de Masa y Fallamientos .....	57
4.5.3	Muestreo y Granulometría del Lugar .....	57
4.5.4	Análisis de Granulometría del Lugar .....	58
4.6	Características Mecánicas y Capacidad Portante del Suelo .....	59
4.6.1	Análisis del Material de Mejoramiento.....	59
4.6.2	Caracterización de la Capacidad Portante del Suelo.....	60

4.7	Análisis del Sistema de Cimentación Propuesto .....	61
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>62</b>
<b>ESTUDIO ARQUITECTÓNICO .....</b>		<b>62</b>
4.8	Análisis del Estudio Arquitectónico.....	62
4.8.1	Datos Generales.....	62
4.8.2	Distribución.....	63
4.9	Implementación del Estudio Arquitectónico de la Vivienda.....	64
4.9.1	Revisión de Materiales y Detalles Constructivos.....	64
4.9.2	Configuración Estructural .....	65
4.9.2.1	Regularidad en Planta.....	65
4.9.2.2	Regularidad en Elevación.....	66
4.9.2.3	Simetría .....	66
4.9.2.4	Voladizo .....	67
4.10	Definición del Sistema Estructural.....	67
<b>CAPÍTULO VIII .....</b>		<b>69</b>
<b>ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL.....</b>		<b>69</b>
5.1	Geometría del Proyecto.....	69
5.2	Chequeo de Estabilidad Estructural .....	71
5.3	Materiales .....	72
5.4	Análisis de Cargas Correspondientes a la Vivienda.....	72
5.4.1	Carga Muerta – Sobrecarga ( <b>CM</b> <i>Sobrecarga</i> ).....	72
5.4.1.1	Muros de Mampostería ( <b>CM</b> <i>Sobrecarga</i> ) .....	72
5.4.1.2	Juntas de Mortero entre Ladrillos ( <b>CM</b> <i>Sobrecarga</i> ) .....	74
5.4.1.3	Instalaciones ( <b>CM</b> <i>Sobrecarga</i> ).....	74

5.4.1.1	Acabados de Piso ( <b>CM</b> <i>Sobrecarga</i> ) .....	75
5.4.2	Carga Muerta – Peso Propio de Elementos ( <b>CMPP</b> ) .....	75
5.4.2.1	Cubierta ( <b>CMPP</b> ) .....	76
5.4.2.2	Malla Electrosoldada ( <b>CMPP</b> ) .....	76
5.4.2.3	Hormigón sobre la Cresta ( <b>CMPP</b> ) .....	77
5.4.2.4	Vigas Principales ( <b>CMPP</b> ) .....	77
5.4.2.5	Vigas Secundarias ( <b>CMPP</b> ).....	78
5.4.2.6	Columnas ( <b>CMPP</b> ) .....	78
5.4.3	Cargas Variables .....	78
5.4.3.1	Carga Viva Correspondiente a Vivienda ( <b>CV</b> <i>Vivienda</i> ) .....	78
5.4.3.1	Carga Viva Correspondiente a Cubierta ( <b>CV</b> <i>Cubierta</i> ).....	78
5.4.3.1	Carga de Granizo ( <b>S</b> ) .....	79
5.4.4	Cargas Sísmicas.....	79
5.4.4.1	Factores de Diseño Sismorresistente Considerados para la Estructura.....	80
5.4.4.2	Periodo de Vibración.....	80
5.4.4.3	Cálculo del Espectro de Diseño.....	81
5.4.4.4	Porcentaje de Cortante Basal.....	82
5.5	Prediseño de Elementos para la Estructura Considerada .....	83
5.6	Prediseño de Columnas .....	83
5.6.1	Geometría de la Columna.....	83
5.6.2	Chequeo de Esbeltez Local de la Columna.....	84
5.6.3	Propiedades Mecánicas de la Sección.....	85
5.6.4	Valor de Longitud Efectiva, K .....	85
5.6.5	Datos Arquitectónicos y Área Tributaria de la Columna.....	85

5.6.6	Análisis de Cargas.....	86
5.6.7	Combinaciones de Carga.....	87
5.6.8	Cálculo de Carga Uniforme (Pu).....	87
5.6.9	Cálculo de la Resistencia de Compresión Nominal (Pn) .....	87
5.6.10	Porcentaje de Demanda Vs Capacidad.....	89
5.7	Prediseño de Vigas Secundarias.....	89
5.7.1	Geometría de la Vigüeta.....	89
5.7.2	Chequeo de Compacidad de la Viga Secundaria.....	90
5.7.3	Propiedades Mecánicas de la Sección.....	91
5.7.4	Datos Arquitectónicos .....	91
5.7.5	Análisis de Cargas.....	92
5.7.6	Combinaciones de Carga.....	93
5.7.7	Cálculo de Carga Uniforme (Pu).....	93
5.7.8	Cálculo de Carga Repartida.....	93
5.7.9	Cálculo de Momento Último de una Viga.....	93
5.7.10	Definición de Número de Apoyos.....	93
5.7.11	Longitud entre Puntos contra Desplazamientos Laterales .....	93
5.7.12	Longitud no Arriostrada para el Estado Límite de Pandeo Lateral .....	94
5.7.13	Longitud no Arriostrada para el Estado Límite de Fluencia .....	94
5.7.14	Radio de Giro del Ala en Compresión .....	94
5.7.15	Constante Torsional.....	94
5.7.16	Momento Elástico de la Vigüeta .....	94
5.7.17	Momento Plástico de la Vigüeta .....	94
5.7.18	Factor de Modificación por Pandeo Lateral .....	95

5.7.19	Tensión Crítica .....	95
5.7.20	Resistencia Nominal en Flexión.....	95
5.7.21	Demanda Vs Capacidad .....	95
5.8	Prediseño de Losa Colaborante .....	96
5.8.1	Geometría de la Sección Compuesta.....	96
5.8.2	Momento Resistente de la Sección Compuesta.....	96
5.8.3	Cambio de Material en la Sección.....	96
5.8.4	Base Equivalente de la Sección.....	96
5.8.5	Centro de Gravedad en Eje Y .....	97
5.8.6	Momento Resistente de la Sección Compuesta 2.....	97
5.8.7	Momento Resistente Final.....	97
5.8.8	Demanda Vs Capacidad de la Sección Compuesta.....	97
5.9	Prediseño de Pernos de Corte.....	98
5.9.1	Geometría de la Sección Compuesta.....	98
5.9.2	Fuerza de Tensión (Pernos De Corte) .....	98
5.9.3	Resistencia del Perno de Corte.....	98
5.9.4	Número de Pernos de Corte .....	98
5.9.4.1	Separación Teórica entre Pernos de Corte .....	98
5.9.5	Condicionantes de Diseño.....	99
5.10	Prediseño de Vigas Principales .....	99
5.10.1	Geometría de la Viga.....	99
5.10.2	Chequeo de Compacidad de la Viga Secundaria.....	100
5.10.5	Carga Puntual de la Viga.....	102
5.10.6	Momento Ultimo por Empotramiento (Unión Columna – Viga Principal) .....	102

5.10.7	Cálculo de Momento Último de una Viga.....	102
5.10.8	Momento Plástico de la Viga .....	102
5.10.9	Longitud no Arriostrada para el Estado Límite de Fluencia .....	102
5.10.10	Demanda Vs Capacidad .....	103
5.11	Resumen de Elementos Estructurales.....	104
5.12	Prediseño de Cimentaciones.....	105
5.12.1	Geometría y Materiales del Plinto Aislado .....	106
5.12.2	Dimensionamiento del Plinto Aislado.....	107
5.12.3	Resumen de Cargas Y Momentos .....	107
5.12.4	Área de Cimentación.....	107
5.12.5	Distancia D (Altura Útil).....	108
5.12.6	Esfuerzos en el Pedestal .....	108
5.12.7	Chequeo N1.....	108
5.12.8	Chequeo N2.....	108
5.12.9	Altura Total .....	109
5.12.10	Diseño por Cortante .....	109
5.12.10.1	Longitud de Volado.....	109
5.12.11	Esfuerzos .....	109
5.12.12	Esfuerzo Cortante .....	109
5.12.13	Chequeo por Cortante.....	110
5.12.14	Diseño por Punzonamiento .....	110
5.12.15	Coeficiente <b><i>alpha</i></b> .....	110
5.12.16	Chequeo por Punzonamiento .....	110
5.12.17	Diseño por Aplastamiento.....	111

5.12.18	Chequeo por Aplastamiento .....	111
5.12.19	Diseño por Flexión .....	111
5.12.20	Momento Producido en Sentido Hp .....	111
5.12.21	Momento Producido en Sentido Bp.....	111
5.12.22	Chequeo por Flexión .....	112
5.12.23	Cálculo del Acero de la Zapata .....	112
5.12.24	Cálculo del Acero del Pedestal.....	113
5.13	Prediseño de Vigas de Enlace (Cadenas) .....	113
5.13.1	Geometría de la Viga de Enlace Propuesta: .....	113
5.13.2	División de Tramos (Método Elástico): .....	114
5.13.3	Determinación de Asentamientos por Medio de Sap 2000 (M. Elástico).....	114
5.13.4	Cálculo del Esfuerzo Producido por la Viga de Cimentación en el Suelo.....	115
5.14	Resumen de Aceros de Refuerzo.....	116
5.15	Modelamiento de la Estructura en ETABS .....	116
5.15.1	Creación del Modelo .....	116
5.15.2	Definición de Materiales .....	116
5.15.3	Ingreso de Secciones .....	118
5.15.4	Creación de Columnas .....	118
5.15.5	Creación de Vigas .....	119
5.15.6	Creación de Losas .....	119
5.15.7	Definición de Diafragma.....	121
5.15.8	Definición de Patrones de Carga.....	121
5.15.9	Aplicación de Cargas.....	122
5.15.10	Modificación de Cargas Sísmicas .....	124

5.15.11	Definición del Espectro de Diseño Etabs.....	125
5.15.12	Definición de Masa .....	125
5.15.13	Creación de Cargas Dinámicas.....	126
5.15.14	Combinaciones de Carga.....	127
5.15.15	Verificación Preliminar del Modelo.....	128
5.15.16	Análisis Estructural .....	128
5.16	Diseño de Elementos.....	131
5.16.1	Diseño de Columnas.....	131
5.16.2	Diseño de Vigas Principales.....	133
5.16.3	Diseño de Vigas Secundarias .....	134
5.16.4	Corte de Piso .....	135
5.16.5	Cargas Laterales .....	136
5.16.6	Grafica de Momentos .....	137
5.16.7	Reacciones en la Base .....	137
5.17	Chequeos que Avalan la Estructura.....	138
5.17.1	Chequeo de Torsión .....	138
5.17.2	Chequeo del Periodo de Vibración.....	139
5.17.3	Chequeo de Derivas .....	139
5.17.4	Factor de Corrección .....	140
5.18	Modelamiento de las Cimentaciones SAFE.....	141
5.18.1	Definición de Materiales .....	141
5.18.2	Ingreso de Secciones .....	142
5.18.3	Definición del Suelo de Cimentación.....	143
5.18.4	Creación del Modelo .....	143

5.19	Verificación del Modelo SAFE.....	144
5.19.1	Diseño del Acero.....	144
5.20	Diseño de Placas Base.....	145
5.20.1	Geometría y Materiales de la Placa Base .....	145
5.20.2	Materiales del Pedestal de Hormigón.....	145
5.20.3	Carga Uniforme de la Estructura (Etabs) .....	146
5.20.4	Cortante en la Base de la Placa .....	146
5.20.5	Momentos Producidos en la Columna .....	146
5.20.6	Esfuerzos Q1 y Q2 Producidos en la Columna debido a Cargas Aplicadas ....	146
5.20.7	Volado de Placa Base (Distancia M).....	147
5.20.8	Esfuerzo Q3.....	147
5.20.9	Momento en la Placa Producido por los Esfuerzos.....	148
5.20.9.1	Rigidizadores de la Base (Atiesadores).....	148
5.20.10	Momento en la Placa que Incluye Rigidizadores .....	148
5.20.11	Espesor de la Placa Base .....	149
5.20.12	Anclajes de la Placa Base.....	149
5.20.12.1	Área de Arrancamiento del Anclaje .....	150
5.20.12.2	Resistencia del Perno .....	150
5.20.13	Resistencia del Acero a Tensión .....	151
5.20.14	Chequeos de Placa Base.....	151
5.21	Diseño de Conexiones Viga Principal – Viga Secundaria .....	152
5.21.1	Geometría de Conexión por Soldadura .....	152
5.21.2	Carga Puntual Dividida (Unión Viga Principal – Viga Secundaria).....	153
5.21.3	Resistencia de la Soldadura CJP (Soldadura De Penetración Completa) .....	153

5.21.4	Espesor de Soldadura .....	153
5.21.5	Longitud de Soldadura .....	153
5.21.6	Chequeos de Soldadura .....	154
5.22	Diseño de Conexiones Columna – Viga .....	155
5.22.1	Geometría de una Columna Cuadrada.....	155
5.22.2	Condiciones y Chequeos de la Geometría de la Viga. <b>¡ERROR! MARCADOR</b>	
<b>NO DEFINIDO.</b>		
5.22.3	Momento Probable Máximo.....	155
5.22.4	Cortante Probable Máximo .....	155
5.22.5	Cortante Probable que Resiste la Conexión .....	156
5.22.6	Chequeo del Control de Cortante .....	156
5.22.7	Chequeo de la Soldadura.....	157
5.22.8	Chequeo de Espesor de Placa.....	158
5.22.9	Altura de la Placa y Espesor de Soldadura.....	158
5.22.10	Conexión de la Placa con Respecto a el Alma de la Viga.....	158
5.22.11	Conexión de la Placa con Respecto a la Columna .....	158
<b>CAPÍTULO VII.....</b>		<b>160</b>
<b>DISEÑO DE INSTALACIONES HIDROSANITARIAS .....</b>		<b>160</b>
6.1	Análisis del Estudio Hidrosanitario.....	160
6.1.1	Datos Generales.....	160
6.1.2	Recopilación de Información .....	160
6.2	Caudal o Gasto de Agua de Descarga Producido por la Vivienda.....	162
6.3	Implementación del Biodigestor Séptico .....	162
6.3.1	Sistema Sanitario Propuesto para Cubrir la Descarga Requerida .....	162
6.3.2	Modelo del Sistema Sanitario “Biodigestor Séptico” .....	164

6.4	Instalación del Biodigestor Séptico.....	164
6.5	Instalación del Campo de Infiltración .....	167
	<b>CAPÍTULO VIII .....</b>	<b>169</b>
	<b>DISEÑO DE INSTALACIONES ELECTRICAS .....</b>	<b>169</b>
7.1	Análisis del Estudio Eléctrico .....	169
7.1.1	Datos Generales.....	169
7.1.2	Recopilación de Información .....	169
7.2	Demanda Energética.....	171
7.3	Implementación del Sistema Fotovoltaico .....	171
7.3.1	Cálculo de Potencia Fotovoltaica Requerida .....	172
7.3.1.1	Orientación de Paneles Solares dentro de la Localidad .....	172
7.3.1.2	Horas Solares Pico .....	172
7.3.2	Potencia Fotovoltaica Propuesta para Cubrir la Demanda Eléctrica.....	172
7.3.3	Potencia Fotovoltaica Requerida Vs Potencia Fotovoltaica Propuesta.....	173
7.3.4	Modelo del Sistema Fotovoltaico a Instalar .....	173
7.4	Montaje del Sistema Fotovoltaico.....	174
7.5	Funcionamiento Del Sistema Fotovoltaico .....	175
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tipos de Relieve Topográfico .....	11
<b>Tabla 2.</b> Caracterización de la carga última ( $q_u$ ).....	14
<b>Tabla 3.</b> Configuración Estructural Recomendable.....	16
<b>Tabla 4.</b> Tipos de Aceros Comúnmente Utilizados en el Ecuador.....	18
<b>Tabla 5.</b> Tipología de Pórtico .....	19
<b>Tabla 6.</b> Tipología de Hormigón Estructural.....	21
<b>Tabla 7.</b> Carga Viva.....	23
<b>Tabla 8.</b> Pesos Específicos de los Materiales .....	24
<b>Tabla 9.</b> Cargas Sísmicas.....	25
<b>Tabla 10.</b> Determinación de $K$ .....	27
<b>Tabla 11.</b> Valores de $\Delta M$ Máximos.....	28
<b>Tabla 12.</b> Valores de Longitud Efectiva ( $K$ ) .....	30
<b>Tabla 13.</b> Relaciones Límite de Ancho a Espesor para Elementos en Compresión .....	31
<b>Tabla 14.</b> Relaciones Límite de Ancho a Espesor para Elementos en Flexión .....	32
<b>Tabla 15.</b> Distancia con Cuerpos de Agua .....	38
<b>Tabla 16.</b> Plantilla de Capacidades.....	39
<b>Tabla 17.</b> Esquema Fotovoltaico .....	42
<b>Tabla 18.</b> Ubicación de la Línea Sísmica .....	54
<b>Tabla 19.</b> Estratos Identificados .....	55
<b>Tabla 20.</b> Propiedades del Suelo Muestreado.....	57
<b>Tabla 21.</b> Propiedades Mecánicas del Suelo .....	59
<b>Tabla 22.</b> Mejoramiento del Suelo .....	60
<b>Tabla 23.</b> Parámetros Geotécnicos .....	60

<b>Tabla 24.</b> Revisión de Materiales que Constituyen la Vivienda.....	64
<b>Tabla 25.</b> Características Arquitectónicas del Proyecto .....	69
<b>Tabla 26.</b> Chequeo de Derivas.....	72
<b>Tabla 27.</b> Materiales que Constituyen el Proyecto .....	72
<b>Tabla 28.</b> Características de Ladrillo Visto .....	73
<b>Tabla 29.</b> Propiedades del Panel Steel Deck .....	76
<b>Tabla 30.</b> Características Malla Electrosoldada.....	76
<b>Tabla 31.</b> Hormigón sobre la Cresta – Características .....	77
<b>Tabla 32.</b> Resumen de Cargas .....	79
<b>Tabla 33.</b> Factores de Diseño Sismorresistente para la Estructura Considerada.....	80
<b>Tabla 34.</b> Cálculo del Espectro de Diseño Elástico e Inelástico .....	81
<b>Tabla 35.</b> Geometría de Columnas .....	83
<b>Tabla 36.</b> Valores de Factores de Fluencia y Tensión Probables .....	84
<b>Tabla 37.</b> Propiedades Mecánicas de la Columna .....	85
<b>Tabla 38.</b> Área Tributaria de la Columna Central más Crítica.....	86
<b>Tabla 39.</b> Resumen de Cargas que Considera la Columna.....	86
<b>Tabla 40.</b> Geometría de Vigas Secundarias Propuestas.....	89
<b>Tabla 41.</b> Propiedades Mecánicas de una Sección Tipo I .....	91
<b>Tabla 42.</b> Ancho Tributario para Vigas Secundarias.....	92
<b>Tabla 43.</b> Resumen de Cargas que Consideran las Vigas Secundarias .....	92
<b>Tabla 44.</b> Geometría de Losa Colaborante .....	96
<b>Tabla 45.</b> Geometría de Pernos de Corte.....	98
<b>Tabla 46.</b> Geometría de Vigas Principales .....	100
<b>Tabla 47.</b> Propiedades Mecánicas de una Sección Tipo I .....	101

<b>Tabla 48.</b> Área tributaria de la Viga Principal Considerada.....	101
<b>Tabla 49.</b> Elementos Correspondientes a la Estructura .....	105
<b>Tabla 50.</b> Geometría y Materiales del Plinto Aislado.....	106
<b>Tabla 51.</b> Dosificación de Acero en Zapata Central.....	112
<b>Tabla 52.</b> Dosificación de Acero en Pedestal .....	113
<b>Tabla 53.</b> Geometría de la Viga de Enlace .....	113
<b>Tabla 54.</b> Método Elástico Viga de Cimentación.....	114
<b>Tabla 55.</b> Dosificación de Acero en Vigas de Enlace .....	115
<b>Tabla 56.</b> Tabla de Aceros .....	116
<b>Tabla 57.</b> Cálculo del Coeficiente C y Coeficiente k (ETABS).....	124
<b>Tabla 58.</b> Ingreso y Edición de Combinaciones de Carga (ETABS) .....	127
<b>Tabla 59.</b> Tabla de Participación Modal de Masa (ETABS) .....	138
<b>Tabla 60.</b> Verificación de Torsión (ETABS).....	138
<b>Tabla 61.</b> Tabla de Comprobación de Periodos de Vibración de la Estructura .....	139
<b>Tabla 62.</b> Chequeo de Derivas.....	139
<b>Tabla 63.</b> Tabla de Reacciones en la Base de la Estructura.....	140
<b>Tabla 64.</b> Comprobación Relación entre el Corte Estático y Corte Dinámico.....	141
<b>Tabla 65.</b> Geometría de Placa Base .....	145
<b>Tabla 66.</b> Geometría de Unión Viga Principal - Secundaria por Soldadura.....	153
<b>Tabla 67.</b> Conexión WUF-W.....	155
<b>Tabla 68.</b> Ubicación de Instalaciones Hidrosanitarias.....	161
<b>Tabla 69.</b> Biodigestor Séptico Medidas y Componentes.....	163
<b>Tabla 70.</b> Modelo del Sistema Hidrosanitario Propuesto .....	164
<b>Tabla 71.</b> Geometría de Cámara de Extracción de Lodos .....	166

<b>Tabla 73.</b> Ubicación de Dispositivos Eléctricos.....	170
<b>Tabla 74.</b> Aproximación de Artefactos Eléctricos a Utilizar.....	171
<b>Tabla 75.</b> Esquema Fotovoltaico .....	174

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación del Proyecto .....	4
<b>Figura 2.</b> Levantamiento Topográfico.....	10
<b>Figura 3.</b> Ensayo Geológico – Geotécnico .....	14
<b>Figura 4.</b> Espectro Elástico de Aceleraciones .....	26
<b>Figura 5.</b> Esquema del Uso de un Biodigestor Séptico .....	38
<b>Figura 6.</b> Proceso de Técnico de Diseño .....	46
<b>Figura 7.</b> Equipo Topográfico .....	47
<b>Figura 8.</b> Identificación de Pendientes .....	49
<b>Figura 9.</b> Quebrada “El Chiro” .....	50
<b>Figura 10.</b> Quebrada “La Capilla” .....	50
<b>Figura 11.</b> Vía de Acceso .....	51
<b>Figura 12.</b> Estructuras existentes.....	51
<b>Figura 13.</b> Proyección de Implantación de Terreno .....	52
<b>Figura 14.</b> Proyección del Perfil Longitudinal del Terreno de Implantación.....	53
<b>Figura 15.</b> Ensayo de Sísmica de Refracción .....	55
<b>Figura 16.</b> Estratos Identificados.....	56
<b>Figura 17.</b> Cimentación Propuesta .....	61
<b>Figura 18.</b> Fachada Frontal.....	62
<b>Figura 19.</b> Distribución Espacial .....	63
<b>Figura 20.</b> Vista en Planta "Cubierta" .....	65
<b>Figura 21.</b> Relación Largo/Ancho de la Vivienda.....	66
<b>Figura 22.</b> Simetría y Asimetría de la Vivienda.....	66
<b>Figura 23.</b> Pórtico resistente a momentos .....	68

<b>Figura 24.</b> Vista Isométrica (ETABS).....	70
<b>Figura 25.</b> Vistas en Elevación.....	70
<b>Figura 26.</b> Vistas en Planta.....	71
<b>Figura 27.</b> Configuración de Juntas.....	74
<b>Figura 28.</b> Características Técnicas de una Losa Colaborante .....	75
<b>Figura 29.</b> Resumen de Elementos Estructurales .....	104
<b>Figura 30.</b> Eje de Análisis (Más Crítico).....	114
<b>Figura 31.</b> Asentamientos SAP2000 .....	114
<b>Figura 32.</b> Propiedades del Acero como Material (ETABS).....	117
<b>Figura 33.</b> Propiedades del Concreto como Material (ETABS).....	117
<b>Figura 34.</b> Definición de Secciones (ETABS) .....	118
<b>Figura 35.</b> Definición de Columnas (ETABS) .....	118
<b>Figura 36.</b> Definición de Vigas (ETABS).....	119
<b>Figura 37.</b> Definición de Propiedades de la Losa Colaborante (ETABS).....	120
<b>Figura 38.</b> Detalle del Diafragma (ETABS).....	121
<b>Figura 39.</b> Definición de Patrones de Carga.....	121
<b>Figura 40.</b> Aplicación de Cargas en la Primera Planta (ETABS) .....	122
<b>Figura 41.</b> Aplicación de Cargas en la Segunda Planta (ETABS) .....	123
<b>Figura 42.</b> Modificación de Cargas Sísmicas eje X y Y(ETABS) .....	124
<b>Figura 43.</b> Ingreso del Espectro (ETABS) .....	125
<b>Figura 44.</b> Definición de Masa (ETABS).....	126
<b>Figura 45.</b> Modificación de Cargas Dinámicas Sentido X (ETABS).....	126
<b>Figura 46.</b> Modificación de Cargas Dinámicas Sentido Y (ETABS).....	127
<b>Figura 47.</b> Verificación de Modelado (ETABS) .....	129

<b>Figura 48.</b> Verificación de Modelado (ETABS) .....	130
<b>Figura 49.</b> Diseño de Columnas (ETABS) .....	131
<b>Figura 50.</b> Diseño de Vigas Principales (ETABS) .....	133
<b>Figura 51.</b> Diseño de Vigas Secundarias.....	135
<b>Figura 52.</b> Cortes de Piso .....	136
<b>Figura 53.</b> Cargas Laterales (ETABS) .....	136
<b>Figura 54.</b> Gráfica de Momentos (ETABS) .....	137
<b>Figura 55.</b> Reacciones en la Base (ETABS).....	137
<b>Figura 56.</b> Deriva en Sentido X y Y(ETABS).....	140
<b>Figura 57.</b> Propiedades del Concreto y Acero de Refuerzo como Material (SAFE) .....	141
<b>Figura 58.</b> Ingreso de Zapatas y Pedestales.....	142
<b>Figura 59.</b> Ingreso de Cadenas .....	142
<b>Figura 60.</b> Creación del Suelo de Cimentación.....	143
<b>Figura 61.</b> Creación del Modelo SAFE .....	143
<b>Figura 62.</b> Verificación de la Cimentación .....	144
<b>Figura 63.</b> Diseño del Acero de Cimentación .....	144
<b>Figura 64.</b> Anclajes de la Placa Base .....	150
<b>Figura 65.</b> Unión por Soldadura .....	154
<b>Figura 66.</b> Replanteo del Biodigestor Séptico.....	165
<b>Figura 67.</b> Montaje del Biodigestor Séptico.....	166
<b>Figura 68.</b> Vista en Planta "Campo de Infiltración" .....	168
<b>Figura 69.</b> Montaje del Campo de Infiltración .....	168
<b>Figura 70.</b> Modulo Fotovoltaico Propuesto.....	173
<b>Figura 71.</b> Diagrama Simplificado de la Conexión.....	175

## RESUMEN

El proyecto técnico que se presenta surge de la imperante necesidad de abordar la sostenibilidad y la eficiencia energética en la construcción de viviendas, y representa un profundo compromiso con la innovación en la aplicación de tecnologías sostenibles en el diseño y en la construcción Civil. La atención del proyecto se centra en una quinta ubicada en el barrio "Los Limos", parte de la parroquia El Tambo, en el cantón Catamayo de la provincia de Loja.

El diseño y proyección detallada de esta casa unifamiliar de carácter autosustentable es un desafío técnico que requiere soluciones creativas y una comprensión profunda de la interconexión entre sistemas estructurales, hidráulicos y eléctricos. La aproximación a este reto se realiza mediante el empleo de herramientas avanzadas de diseño arquitectónico y estudios preliminares que posibilitan la creación de un diseño estructural óptimo mediante el uso de estructuras metálicas.

La implementación de un biodigestor séptico y paneles solares es la piedra angular de esta propuesta. El biodigestor séptico no solo ofrece una solución innovadora para la gestión sostenible de desechos, sino que también contribuye a la generación de abonos, proporcionando así una fuente de energía renovable. Por otro lado, la instalación de paneles solares se concibe estratégicamente para garantizar la captación eficiente de energía solar, asegurando la autonomía energética de la vivienda y reduciendo su dependencia de fuentes no renovables.

La finalidad de implementar estas tecnologías en la casa unifamiliar va más allá de la demostración de su viabilidad técnica. Se busca establecer un modelo replicable de construcción sostenible que pueda ser adoptado en áreas rurales similares, fomentando así prácticas responsables con el medio ambiente y contribuyendo al desarrollo de comunidades más ecológicas.

Palabras claves: Diseño, proyección, casa unifamiliar autosustentable, biodigestor séptico, paneles solares.

## **ABSTRACT**

The technical project presented arises from the urgent need to address sustainability and energy efficiency in housing construction, representing a deep commitment to innovation in the application of sustainable technologies in civil design and construction. The project focuses on a property located in the "Los Limos" neighborhood, part of the El Tambo parish, in the Catamayo canton of Loja province.

The detailed design and projection of this self-sustainable single-family home pose a technical challenge that requires creative solutions and a profound understanding of the interconnection between structural, hydraulic, and electrical systems. This challenge is approached through the use of advanced architectural design tools and preliminary studies that enable the creation of an optimal structural design using metal structures.

The implementation of a septic biodigester and solar panels is the cornerstone of this proposal. The septic biodigester not only provides an innovative solution for sustainable waste management but also contributes to biogas generation, thereby providing a renewable energy source. Furthermore, the strategic installation of solar panels is conceived to ensure efficient capture of solar energy, ensuring the energy autonomy of the dwelling and reducing dependence on non-renewable sources.

The purpose of implementing these technologies in the single-family home goes beyond demonstrating their technical and economic feasibility. The goal is to establish a replicable model of sustainable construction that can be adopted in similar rural areas, promoting responsible environmental practices and contributing to the development of more ecological communities.

**Keywords:** Design, planning, self-sustaining single-family house, septic biodigester, solar panels.

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES Y GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

El diseño de viviendas de carácter autosustentable se ha convertido en una necesidad en el contexto rural, donde la sostenibilidad y la eficiencia energética son pilares fundamentales para el desarrollo urbano. En este marco, la implementación de tecnologías ecológicas y autosuficientes, como los biodigestores sépticos y los paneles solares, se presentan como una solución viable para las localidades que carecen de servicios básicos y que buscan reducir el impacto ambiental y promover el uso racional de los recursos naturales. En el presente estudio, se plantea un enfoque integral que abarca un proceso técnico para el diseño y proyección de una vivienda autosustentable, el cual comienza con un estudio topográfico detallado del terreno cuya finalidad es comprender la configuración del sitio y el relieve natural, permitiendo identificar la mejor posición para la ubicación de la vivienda. A continuación, se realiza un estudio geológico-geotécnico para determinar la capacidad portante del suelo y sus características mecánicas fundamentales para diseñar una cimentación adecuada y asegurar la estabilidad estructural de la vivienda. Paralelamente, un estudio arquitectónico proporciona datos importantes para definir un sistema estructural de vivienda eficiente. El diseño estructural, desarrollado en acero y apoyado por software de modelado avanzado, se ajusta a las normativas vigentes y permite cálculos precisos, asegurando que la estructura pueda resistir diversas cargas y condiciones adversas. Además, se implementa un sistema de energía renovable mediante paneles solares, que aprovechan la energía solar para satisfacer las necesidades eléctricas de la vivienda. Finalmente, el diseño de instalaciones hidrosanitarias incluye la gestión eficiente de aguas residuales mediante un biodigestor séptico, garantizando un tratamiento adecuado de los desechos orgánicos y minimizando el impacto ambiental.

## **1.2 Problema de estudio**

### ***1.2.1 Antecedentes***

El barrio "Los Limos" de la parroquia El Tambo, se destaca por ser un asentamiento poblacional disperso, situado en un sector de carácter rural, el cual ostenta un clima atractivo y una rica diversidad de flora y fauna. Esta localidad, como cualquier otra localidad de carácter rural, se encuentra distante de la cabecera parroquial, y por lo tanto desprovista del común acceso a las redes que proveen servicios básicos; de manera que enfrenta desafíos significativos en cuanto a la disponibilidad de servicios esenciales como electricidad y alcantarillado, cruciales para mantener condiciones de vida óptimas. La lejanía de estas redes no solo limita considerablemente la viabilidad de adaptar estos servicios, sino que también incide en su costo, siendo el suministro de agua potable la única fuente de servicios regulares en dicho sector.

Este fenómeno rural también evidencia la falta de comprensión y aplicación de normativas de construcción que garantizan la estabilidad estructural de las edificaciones. Este vacío de conocimiento impulsa a ciertos habitantes de este sector a construir viviendas de manera empírica y a implementar sistemas improvisados para abastecerse de dichos servicios básicos que comúnmente no dispone el sector, comprometiendo así su integridad, salud y el equilibrio medioambiental.

Conscientes de esta problemática, los propietarios de una quinta en el barrio "Los Limos" buscan la construcción de una residencia autosustentable que prescinda de los servicios básicos ausentes en la localidad.

### **1.2.2 Importancia y alcance:**

Ante el desafío planteado anteriormente, es imperativo brindar a los propietarios de la quinta situada en el barrio "Los Limos", un diseño estructural que asegure su integridad estructural y durabilidad a lo largo del tiempo, al igual que también contemple la implementación de sistemas autosustentables y ecológicos capaces de proporcionar eficazmente los servicios básicos; como electricidad y alcantarillado, que actualmente se encuentran fuera del alcance de aquella localidad.

Entre las soluciones propuestas, se destaca la instalación de un biodigestor séptico y paneles solares, los cuales se caracterizan por ser tecnologías modernas que brindan beneficios rentables y amigables con el medio ambiente.

El alcance que ofrece un diseño estructural sísmo resistente en la edificación de una vivienda radica en asegurar que sus elementos no presenten fallas, generando estabilidad en la estructura por medio de un buen uso de materiales y un adecuado diseño que perdure durante todo el periodo de vida útil de la vivienda.

Este proyecto es factible, ya que los titulares del terreno cuentan con la motivación y los recursos para costear los estudios necesarios para desarrollar un diseño estructural adecuado que implemente también los sistemas de carácter autosustentable como lo son el biodigestor séptico y los paneles solares.

Para completar este proyecto se dispone de los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil, para desarrollar un diseño estructural eficiente que, en conjunto con la disposición de catálogos comerciales, se pueda implementar dichos sistemas autosustentables, salvaguardando la seguridad de los titulares ante cualquier evento sísmico y cubriendo la dotación de servicios básicos que carece el sector, de manera que puedan habitar en el sector en condiciones óptimas.

### 1.2.3 Delimitación

La delimitación espacial de este proyecto se ubica en la provincia de Loja específicamente en el barrio “Los Limos”, situado en el sur de la parroquia El Tambo, perteneciente al Cantón Catamayo. Teniendo como referencia las coordenadas geográficas del sistema UTM WGS84 X = 686710,00; Y = 9547560,00.

**Figura 1**  
*Ubicación del Proyecto*



*Nota.* La línea roja muestra el perímetro (0.56 km) y dentro se muestra el área (1.4 HA) del terreno ubicado en “Los Limos” Elaborado por: El autor.

### 1.3 Justificación

Se propone abordar la problemática antes expuesta a través de un diseño estructural fundamentado en estudios complementarios, como el análisis topográfico, geológico, arquitectónico y de instalaciones, con la finalidad de garantizar la seguridad y funcionalidad de la vivienda. También, se pretende complementar este enfoque con la implementación de sistemas autosustentables, mediante la utilización de catálogos, para garantizar el suministro de servicios básicos que actualmente no están disponibles en el barrio "Los Limos".

La decisión de emplear acero estructural en la vivienda responde a su versatilidad, eficiencia y beneficios significativos en términos de resistencia, durabilidad, flexibilidad, sostenibilidad y seguridad, atributos que superan a materiales convencionales como el hormigón y la madera.

Los beneficiarios de este proyecto son los titulares, futuros ocupantes y dueños de una quinta ubicada en el barrio “Los Limos”; los cuales tienen proyectado que se construya una casa unifamiliar de carácter autosustentable.

A futuro, este proyecto tiene un gran alcance, ya que, los sistemas autosustentables tienen una vida útil de aproximadamente 25 a 30 años, los cuales contribuirán con la economía de los titulares; además de su uso ecológico ya que representará un menor impacto ambiental.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo General***

Diseñar y proyectar una vivienda unifamiliar autosustentable, implementando un biodigestor séptico y paneles solares, mediante el uso de Software Comercial de diseño; con el fin de lograr un diseño apropiado que garantice seguridad estructural y sustente los servicios básicos que no están al alcance.

### ***1.4.2 Objetivos Específicos***

Analizar y valorar un estudio topográfico detallado del terreno, determinando la configuración del sitio y las características del relieve natural, con el objetivo de extraer información que permita ubicar un diseño apropiado para el proyecto.

Examinar y evaluar ensayos de suelos tipo “Geológico - Geotécnico” efectuados en el terreno, estableciendo características mecánicas y la capacidad portante del suelo, en distintos puntos, con el fin de valorar la estabilidad del terreno, lo que permitirá diseñar una cimentación adecuada y segura para la vivienda.

Emplear un estudio arquitectónico de la vivienda unifamiliar, mediante el uso de un diseño adecuado, que proporcione información fundamental de la vivienda (geometría de la estructura, dimensiones de elementos, identificación de cargas, definición de materiales y acabados, instalaciones, etc.) para definir un sistema estructural de vivienda eficiente y seguro.

Realizar un diseño estructural integral correspondiente a la vivienda unifamiliar, utilizando de base la estructura metálica como elemento constructivo principal, mediante software de carácter comercial para el modelado, análisis y diseño de la estructura, con el fin de optimizar el proceso de diseño.

Emplear un diseño eficiente del sistema hidrosanitario (aguas blancas y aguas negras) con salida al biodigestor, mediante herramientas de cálculo, dibujo y planificación, que permitan el correcto drenaje y tratamiento de aguas residuales generadas por la vivienda.

Aplicar un diseño óptimo del sistema eléctrico con conexión a los paneles solares, por medio de herramientas de cálculo, dibujo y planificación, que aseguren el suministro eléctrico en todas las áreas de la vivienda, considerando las necesidades de los usuarios.

Analizar los distintos catálogos comerciales con el fin de encontrar el biodigestor séptico y paneles solares óptimos para el uso de la vivienda, con el fin de que cumplan con especificaciones técnicas referentes al proyecto y los requerimientos del titular de la vivienda.

Elaborar la memoria de cálculo que incluya, planos estructurales, hojas de cálculo correspondientes a todos los detalles y especificaciones técnicas del proyecto mediante herramientas de cálculo, dibujo y planificación con el objetivo de reflejar de forma precisa, la información referente a todas las etapas del presente proyecto

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

La creciente conciencia ambiental y la búsqueda de soluciones sostenibles han llevado a una evolución significativa en la forma en que concebimos y construimos nuestras viviendas. En este contexto, el diseño de viviendas autosustentables se ha convertido en un campo de estudio esencial para abordar los desafíos ambientales y mejorar la eficiencia de los recursos. A continuación, se proporcionará una visión integral del diseño de viviendas autosustentables desde la perspectiva de ingeniería civil. Para aquello, este apartado busca establecer las definiciones y conceptos básicos que subyacen en la creación de una casa autosustentable.

#### **2.1 Casa unifamiliar autosustentable**

Describe una residencia que puede ser habitada por una sola familia, la cual está diseñada de tal manera que puede satisfacer las necesidades de sus habitantes, sin depender de recursos externos. Para ello estas viviendas suelen utilizar tecnologías sostenibles y renovables.

##### ***2.1.1 Sostenibilidad en la construcción***

El concepto de sostenibilidad en la construcción se ha vuelto fundamental en el diseño de viviendas, enfocándose en la utilización eficiente de recursos, la minimización de residuos y la reducción del impacto ambiental. La búsqueda de soluciones autosustentables, como la implementación de biodigestores sépticos y paneles solares, se alinea con esta perspectiva, promoviendo la generación de energía limpia y la gestión eficiente de residuos orgánicos.

##### ***2.1.2 Biodigestor séptico***

Es un sistema de tratamiento de aguas residuales que utiliza procesos biológicos para descomponer los componentes orgánicos de los desechos humanos. Este sistema se compone generalmente de un tanque hermético donde se depositan las aguas negras provenientes de baños y otros desechos orgánicos.

En este entorno anaeróbico, bacterias y microorganismos descomponen la materia orgánica presente en los desechos, transformándola en gases, principalmente metano y dióxido de carbono, así como en lodos.

### **2.1.3 Paneles Solares**

Los paneles solares, también conocidos como módulos fotovoltaicos, son dispositivos diseñados para capturar la energía solar y convertirla en electricidad utilizable. Están compuestos principalmente por celdas fotovoltaicas, que son dispositivos semiconductores capaces de generar corriente eléctrica cuando son expuestas a la luz solar. Estas celdas están hechas típicamente de silicio u otros materiales semiconductores.

### **2.1.4 Diseño y proyección de una vivienda**

El diseño y proyección de una vivienda se refiere al proceso integral de concebir, planificar y visualizar la creación de un espacio habitable, teniendo en cuenta tanto aspectos estéticos como funcionales y estructurales.

#### **2.1.4.1 Diseño (Estructural)**

El diseño de una vivienda abarca la aplicación de principios estructurales para determinar la disposición, la forma y las dimensiones de los elementos estructurales. Esto incluye la selección de materiales, el análisis de cargas y fuerzas que actuarán sobre la estructura, así como la consideración de factores sísmicos y geotécnicos.

#### **2.1.4.2 Proyección**

La proyección de una vivienda se refiere al desarrollo de planos y representaciones tridimensionales que traducen el diseño conceptual en documentos técnicos detallados.

## **2.2 Estudios topográficos**

Los estudios topográficos son un conjunto de actividades y análisis realizados en un terreno específico, cuyo propósito es obtener información detallada sobre superficie y configuración de dicho terreno. Estos estudios se llevan a cabo mediante técnicas y métodos de topografía. Emplear un estudio topográfico previo a la proyección de una vivienda es importante por varias razones fundamentales: permite un diseño y planificación adecuada, facilita estudios hidrológicos precisos, complementa la estabilidad del suelo y contribuye a una gestión eficaz del territorio.

### **2.2.1 Levantamiento topográfico**

Es el proceso de recopilación, registro y representación precisa de las características físicas y geográficas del terreno en tres dimensiones. El plano correspondiente al levantamiento topográfico utiliza curvas de nivel, símbolos y líneas para describir la configuración del terreno e incluye datos sobre cuadro de linderos, su área global, simbología y ubicación.

### **2.2.2 Equipo utilizado**

Los levantamientos topográficos se realizan utilizando diversos equipos especializados diseñados para medir y registrar con precisión las características del terreno. Las principales herramientas utilizadas incluyen estaciones totales, niveles automáticos, receptores GPS de alta precisión y software topográfico.

### **2.2.3 Metodología del estudio topográfico**

La metodología sigue un proceso sistemático para obtener datos detallados sobre la superficie de la tierra, tal como se muestra en los siguientes pasos:

1. Planificación del levantamiento
2. Recolección de datos en tiempo real.
3. Enlace con el IGM.
4. Descarga y procesamiento de datos.
5. Generación del plano topográfico.

**Figura 2**  
*Levantamiento Topográfico*



*Nota.* La imagen muestra al Ingeniero Especialista realizando el levantamiento topográfico en el barrio “Los Limos”. Elaborado por: El autor.

#### ***2.2.4 Análisis del estudio topográfico***

Este proceso se inicia a partir del plano del levantamiento topográfico que sirve como representación gráfica de las características físicas del terreno. Este análisis incluye la revisión de datos generales, tal como la ubicación exacta del estudio, fecha del levantamiento, el equipo topográfico utilizado, al igual que incluye la identificación de puntos de referencia, límites de la propiedad, vías de acceso, estructuras existentes, elevaciones destacadas y características topográficas significativas en el plano; evaluando curvas de nivel con la finalidad de comprender las variaciones de relieve del terreno e identificar la mejor ubicación para el proyecto.

##### ***2.2.4.1 Caracterización topográfica***

La caracterización del relieve topográfico según su pendiente clasifica el terreno en diferentes categorías basadas en el grado de inclinación del suelo, como muestra la siguiente tabla:

**Tabla 1**

*Tipos de Relieve Topográfico*

<b>Tipo de Relieve</b>	<b>Caracterización según la pendiente del terreno</b>
Relieve montañoso:	Caracterizado por elevaciones significativas y pendientes pronunciadas, que pueden superar el 30% en áreas rocosas.
Relieve colinoso:	Incluye colinas y pequeñas montañas con pendientes que varían generalmente entre el 5% y el 30%.
Relieve llano:	Terrenos planos o casi planos con pendientes menores al 5%, ideales para la construcción de infraestructuras como carreteras y edificaciones.
Relieve ondulado:	Presenta una alternancia de pequeñas elevaciones y depresiones, con pendientes que generalmente oscilan entre el 2% y el 10%.

*Nota.* La tabla muestra los distintos tipos de relieve topográfico. Fuente: Bassols, N. B. & Palma Ruiz, A. (2012).

**2.2.4.2 Obtención de pendientes mediante perfiles longitudinales**

Su obtención implica determinar la inclinación o la pendiente de un terreno en relación con una línea de referencia, generalmente a lo largo de un eje longitudinal. La obtención de pendientes se realiza calculando las diferencias de elevación entre puntos de referencia a lo largo de este perfil.

**2.2.4.2.1 Perfil longitudinal**

El perfil longitudinal permite visualizar cómo se comporta el terreno a lo largo de una ruta determinada, lo que ayuda a tomar decisiones informadas durante el diseño y la construcción de proyectos de infraestructura. El perfil longitudinal a partir de una franja topográfica se construye siguiendo los siguientes pasos:

1. Identificación del eje de interés.
2. Selección de puntos de referencia.
3. Interpolación entre curvas de nivel: La ecuación básica para la interpolación lineal entre curvas de nivel es:

$$z = z1 + \left(\frac{x}{d}\right) * (z2 - z1)$$

( 1)

4. Obtención de elevaciones
5. Creación del perfil longitudinal.

**2.2.5 Implantación del proyecto en el terreno**

La implantación del proyecto describe un proceso de ubicación y disposición de elementos constructivos, estructuras o edificaciones en un área específica de terreno, considerando aspectos como la topografía, accesibilidad y diseño arquitectónico.

### **2.3 Estudio geológico geotécnico - estudio de suelos**

Según norma NEC-SE-GC (2015), los estudios geotécnicos son actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de las estructuras para edificaciones, puentes, torres y demás obras; que preserven la vida humana, así como también eviten la afectación o daño a construcciones vecinas. (p. 10). Se destacan varias razones clave que subrayan la importancia de realizar un estudio geológico-geotécnico, incluyendo el diseño de cimentaciones, la prevención de asentamientos, el análisis sísmico, la estabilidad de taludes, el drenaje y comportamiento hídrico.

#### **2.3.1 Métodos permitidos para la exploración de campo**

Los métodos permitidos para la exploración de campo se refieren a las técnicas y procedimientos autorizados y aceptados para investigar y obtener información sobre las características geotécnicas, geológicas y ambientales de un sitio específico. Según la normativa NEC-SE-GC (2015), tenemos:

- Exploración directa
- Exploración indirecta

#### **2.3.2 Ensayo de refracción sísmica**

La guía ASTM D5777 (2000), plantea al ensayo de refracción sísmica como una técnica geofísica utilizada para investigar las capas y estructuras del subsuelo, la cual consiste en enviar una onda sísmica a través del suelo desde una fuente de energía controlada, como un martillo golpeando un geófono, y registrar los tiempos de llegada de la onda reflejada en varios receptores

(geófonos o acelerómetros) colocados a lo largo de una línea de medición. Esta prueba proporciona información valiosa sobre la estructura geológica y las capas del suelo.

### **2.3.3 Equipo utilizado**

El ensayo de refracción sísmica utiliza equipos especializados para generar y registrar ondas sísmicas, que incluyen geófonos (unidades de adquisición), una unidad MoM (256 canales - 24 bits), una unidad de disparo (trigger), un martillo, una placa y cables de conexión y extensión.

### **2.3.4 Metodología del ensayo de refracción sísmica**

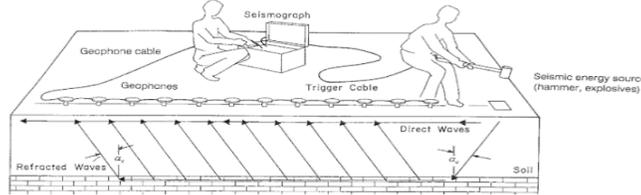
La norma ASTM D5777 (2000), también establece una guía estandarizada para la realización del ensayo de refracción sísmica en investigaciones del subsuelo. A continuación, se acota lo más importante de la metodología de esta norma:

1. Preparación del sitio.
2. Disposición de equipos.
3. Adquisición de datos.
4. Procesamiento de datos.
5. Interpretación de resultados.

#### **2.3.4.1 Informe Geofísico- Geotécnico**

Es un documento técnico que presenta los resultados y análisis derivados de un estudio de sísmica de refracción realizado en un área específica. Este tipo de informe es generado por empresas especializadas en geofísica y exploración del subsuelo, y proporciona información detallada sobre las características geotécnicas y geológicas del terreno. Estos datos permiten estimar el esfuerzo portante del suelo (capacidad máxima de soporte) y calcular el módulo de balasto (rigidez del suelo bajo una cimentación), fundamentales para asegurar la estabilidad y adecuada transferencia de cargas de la estructura al terreno.

**Figura 3**  
*Ensayo Geológico – Geotécnico*



*Nota.* La imagen muestra el diseño de un sismógrafo correspondiente a un ensayo de refracción sísmica. Fuente ASTM D5777 (2000)

### 2.3.5 *Análisis del estudio geológico geotécnico – estudio de suelos*

Trata de la exploración detallada de las propiedades geológicas y geotécnicas del suelo en una ubicación específica. La información recopilada guía la selección de cimentaciones apropiadas, considerando la carga que el suelo puede soportar. Varios de los aspectos fundamentales que se debe evaluar y analizar en el estudio geotécnico, previo al diseño de un proyecto de edificación, se concentran a continuación:

- Análisis del comportamiento del suelo.
- Análisis de cargas sísmicas.
- Análisis de parámetros geotécnicos.
- Análisis del material de mejoramiento.
- Análisis del sistema de cimentación
- Análisis de clasificación de suelos.

#### 2.3.5.1 *Caracterización de la capacidad portante del suelo*

La caracterización de la carga última del suelo según su valor permite clasificar la capacidad portante del suelo en diferentes categorías, como muestra la siguiente tabla:

**Tabla 2**  
*Caracterización de la carga última ( $q_u$ )*

<b>Carga Última <math>q_u</math></b>	<b>Caracterización</b>
0-10 (T/m <sup>2</sup> )	Suelo muy Malo
11-12 (T/m <sup>2</sup> )	Suelo Malo
13-16 (T/m <sup>2</sup> )	Suelo Regular
17-20 (T/m <sup>2</sup> )	Suelo Bueno
20 (T/m <sup>2</sup> ) - adelante	Suelo muy bueno

*Nota.* La tabla muestra la caracterización del tipo de suelo en base su carga ultima. Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones - Braja M. Das (2012).

## **2.4 Estudio arquitectónico**

Un estudio arquitectónico contiene información detallada sobre la disposición y ubicación de habitaciones, la distribución de elementos y proporciona detalles acerca de los materiales y acabados previstos en la construcción.

Se define también como herramientas útiles para: comprender las necesidades del titular, optimizar el proyecto, cumplir con las normativas, obtener permisos, adaptarse al entorno y visualizar el diseño.

### **2.4.1 Planos Arquitectónicos**

Un plano arquitectónico es un dibujo técnico que representa de manera detallada y precisa las características y elementos de un proyecto de construcción. Está diseñado para comunicar visualmente la distribución de espacios, dimensiones, estructuras, materiales y detalles constructivos de un edificio o estructura. Un plano arquitectónico generalmente contiene ubicación, cuadro de áreas, especificaciones técnicas, plantas arquitectónicas, elevaciones, cortes, etc.

### **2.4.2 Equipo utilizado**

El equipo utilizado en la realización de un estudio arquitectónico abarca una variedad de herramientas y tecnologías que se emplean para llevar a cabo el proceso de diseño, planificación y visualización de un proyecto arquitectónico. Este equipo puede incluir instrumentos de dibujo tradicionales, computadoras y software de diseño.

### **2.4.3 Metodología utilizada**

La metodología de un estudio arquitectónico que consiste en un plano arquitectónico de una vivienda unifamiliar implica seguir una sistemática específica para asegurar que todos los aspectos necesarios se consideren y se integren de manera coherente, como se describe a continuación:

- 1. Recopilación de información.**
- 2. Desarrollo del diseño.**

3. Documentación.

4. Revisión técnica.

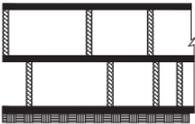
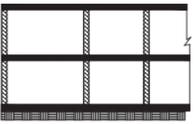
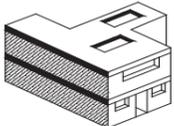
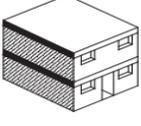
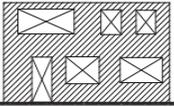
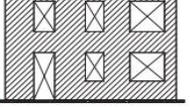
#### 2.4.4 Análisis del estudio arquitectónico

El análisis del estudio arquitectónico radica en verificar la configuración estructural de la vivienda. Adicionalmente, el análisis implica evaluar las especificaciones de los materiales, la disposición de las cargas, la evaluación de la ubicación de elementos como paredes portantes, losas y columnas; evaluando cómo estos transferirán cargas a la estructura.

##### 2.4.4.1 Configuración estructural

La eficacia de las conexiones en los diafragmas y la sinergia entre los sistemas estructurales son determinadas por la continuidad vertical y la regularidad tanto en la disposición en planta como en elevación de la estructura. Por lo tanto, es esencial tener en consideración lo que recomienda la normativa NEC-SE-VIVIENDA (2015) acerca de la configuración estructural de viviendas, como se aprecia en la siguiente tabla:

**Tabla 3**  
*Configuración Estructural Recomendable*

Configuración Estructural Según NEC-SE-VIVIENDA (2015)	
No Recomendable	Recomendable
<i>Continuidad desde la cimentación</i>	
	
<i>Regularidad de edificación</i>	
	
<i>Simetría de aberturas</i>	
	

*Nota.* La tabla muestra la configuración recomendada para viviendas. Datos tomados de NEC-SE-VIVIENDA (2015)

## **2.5 Diseño estructural**

El diseño estructural es una disciplina de la ingeniería dedicada a planificar y diseñar la infraestructura física de una construcción, asegurando que soporte las cargas y fuerzas durante su vida útil. Según R.C. Hibbeler (2011), al diseñar una estructura para un uso específico, es destacable considerar su seguridad, aspecto visual y facilidad de mantenimiento, asimismo las limitantes económicas y ambientales. Este proceso, que es iterativo y técnico, requiere un conocimiento profundo de las propiedades de los materiales y las leyes de la mecánica que rigen su comportamiento. Los aspectos clave incluyen seguridad, eficiencia, cumplimiento normativo e innovación.

### **2.5.1 Equipo utilizado**

En el ámbito del diseño estructural, el equipo utilizado se centra en herramientas y tecnologías especializadas que permiten la planificación y análisis detallado de la resistencia y estabilidad de la estructura. Este equipo puede incluir software de análisis estructural, instrumentos de dibujo tradicionales, herramientas de cálculo, planificación, normativas locales e internacionales y catálogos comerciales.

### **2.5.2 Metodología**

La metodología del diseño estructural sigue un enfoque sistemático para garantizar la solidez y seguridad de una construcción, basándose en el Manual para la regulación de Procesos Constructivos “Enfoque en Construcciones Sismorresistentes” (2019), del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

### **2.5.3 Acero estructural**

El acero estructural se define como un material compuesto principalmente de hierro y carbono, el cual desempeña un papel fundamental en la evolución de la ingeniería y la arquitectura modernas, convirtiéndose en la columna vertebral de numerosas construcciones icónicas en todo

el mundo. Su resistencia, versatilidad, eficiencia y sostenibilidad lo convierten en un aliado indispensable para aquellos que buscan crear estructuras duraderas y visualmente impactantes.

### **2.5.3.1 Propiedades del acero de tipo estructural**

Las propiedades del acero estructural determinan su comportamiento y rendimiento en la construcción y diseño estructural. Entre las propiedades fundamentales se encuentran:

- a) Resistencia mecánica.
- b) Elasticidad.
- c) Maleabilidad y ductilidad.
- d) Tenacidad.

### **2.5.3.2 Tipología del acero estructural**

Según la guía para estructuras de acero (guía práctica de diseño de conformidad con la NEC15), en el Ecuador existen básicamente tres tipos de aceros estructurales utilizados en la construcción, según se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*Tipos de Aceros Comúnmente Utilizados en el Ecuador*

<b>Tipo de Acero</b>	<b>Fy (MPa)</b>	<b>Fu (MPa)</b>
ASTM A36	250	400-550
ASTM A572 Gr. 50	345	450
ASTM A588	345	450

*Nota.* La tabla muestra los tipos de acero utilizados en la región. Fuente: Guía para viviendas de hasta 2 pisos (2015).

### **2.5.3.3 Tipos de perfiles estructurales de acero**

Los perfiles de acero estructural se clasifican en diversas formas y tamaños, cada uno diseñado para satisfacer necesidades específicas en la construcción. La elección entre perfiles estos tipos de perfiles es realmente significativa, ya que cada tipo ofrece características únicas que se adaptan a diferentes aplicaciones y requisitos de diseño. Se detallan los tipos de perfil según su tipo de fabricación:

- Perfiles laminados en caliente.
- Perfiles conformados en frío.

### **2.5.3.4 Tipos de construcciones metálicas**

Las construcciones metálicas abarcan una amplia variedad de tipos y estilos, cada uno adaptado a necesidades específicas y aplicaciones particulares. A continuación, se detallan algunos tipos comunes de construcciones metálicas:

- Estructura con miembros de alma llena
- Estructura con vigas y columnas en celosía
- Estructura con vigas y columnas de alma llena armadas

### 2.5.3.5 Clasificación de marcos con transmisión de momento

La clasificación de marcos con transmisión de momento es esencial en el diseño estructural, ya que determina cómo una estructura resistirá las cargas y los momentos inducidos. La normativa AISC 360-16 establece tres tipos de marcos de momento de acero. Estos marcos se detallan en la tabla a continuación junto con sus coeficientes de modificación de respuesta (R), factor de sobre-resistencia ( $\Omega_0$ ) y factor de amplificación de deflexión (Cd) según normativa ASCE 7.

**Tabla 5**  
*Tipología de Pórtico*

Tipos de Pórtico	R	( $\Omega_0$ )	(Cd)
Ordinary Moment Frame	3.5	3	3
Intermediate Moment Frame	4.5	3	4
Special Moment Frame	8	3	5.5

*Nota.* La tabla muestra las tipologías de pórticos resistentes a momentos. Fuente: AISC 360-16.

#### 2.5.3.5.1 Pórticos ordinarios a momento (OMF)

Los pórticos ordinarios a momento, frecuentemente presentes en edificaciones convencionales, se distinguen por sus conexiones articuladas que permiten cierta rotación y flexibilidad.

Estos pórticos están diseñados para soportar deformaciones inelásticas limitadas y no requieren el uso de conexiones pre-calificadas según la AISC, ni la realización de pruebas. Se utilizan principalmente en regiones no sísmicas o con baja actividad sísmica.

#### 2.5.3.5.2 Pórticos especiales de momentos (SMF)

A diferencia de los pórticos ordinarios, los pórticos especiales de momento están diseñados para soportar mayores cargas y momentos, contando con conexiones más rígidas y fuertes que limitan la rotación en las articulaciones. Esta rigidez adicional les permite resistir desplazamientos laterales significativos. Requieren el uso de conexiones pre-calificadas según la AISC o verificadas mediante pruebas, que deben soportar un ángulo de deriva entre pisos de al menos 0.04 radianes. Se utilizan comúnmente en regiones con actividad sísmica de media a alta.

#### **2.5.3.5.3 Pórticos intermedios de momentos (IMF)**

Los pórticos intermedios de momento combinan características de los pórticos ordinarios y los especiales de momento. Sus conexiones semi-rígidas proporcionan cierta flexibilidad y una mayor resistencia a desplazamientos laterales en comparación con los pórticos ordinarios. Están diseñados para soportar deformaciones inelásticas moderadas y requieren el uso de conexiones pre-calificadas según la AISC, además de soportar un ángulo de deriva entre pisos de al menos 0.02 radianes. Estos pórticos se utilizan típicamente en regiones con baja, media a alta actividad sísmica.

#### **2.5.3.6 Conexiones Precalificadas en Pórticos de Momento Intermedios (IMF)**

Las conexiones precalificadas en pórticos de momento intermedios (IMF) se basan en las directrices de la norma "Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications" de la (AISC). Estas conexiones han sido diseñadas y probadas para garantizar un rendimiento adecuado bajo condiciones sísmicas sin la necesidad de pruebas adicionales. Entre las conexiones más destacadas se encuentran las conexiones de sección reducida de viga (RBS), las placas base, y las soldaduras completas de penetración conjunta (CJP).

#### **2.5.4 Hormigón estructural**

El hormigón es un material compuesto de cemento, agua, arena y grava, es utilizado como elemento estructural por su alta resistencia a la compresión, durabilidad y capacidad para moldearse en diversas formas y tamaños. El hormigón, utilizado como material estructural en deck y

cimentaciones, complementa eficazmente las estructuras metálicas al ofrecer resistencia y estabilidad.

#### 2.5.4.1 *Propiedades del hormigón estructural*

El hormigón estructural posee varias propiedades fundamentales que lo hacen adecuado para su uso en combinación con estructuras metálicas, la normativa NEC-SE-HM para estructuras de hormigón armado, describe principalmente las siguientes propiedades:

- a) Resistencia a la Compresión
- b) Módulo de Elasticidad

#### 2.5.4.2 *Tipología del hormigón estructural*

Según la guía para viviendas de hasta 2 pisos (guía práctica de diseño de conformidad con la NEC15), en el Ecuador se utilizan diferentes tipos de hormigón en base a su resistencia a la compresión.

### Tabla 6

#### *Tipología de Hormigón Estructural*

Valores de resistencia especificada a la compresión	
Valor mínimo para el hormigón normal:	$f'c = 21 \text{ Mpa} = 214.07 \text{ kg/cm}^2$
Valor máximo para elementos de hormigón liviano:	$f'c = 35 \text{ Mpa} = 356.78 \text{ kg/cm}^2$

*Nota.* La tabla muestra los tipos de hormigón más utilizados en la región. Fuente: Guía para viviendas de hasta 2 pisos (2015).

#### 2.5.5 *Normas y códigos que guían el diseño*

En Ecuador, el diseño estructural se rige por la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015), que establece lineamientos esenciales para la seguridad, estabilidad y funcionalidad de las edificaciones. La NEC se basa en gran medida en normas internacionales, lo que permite incorporar criterios avanzados y reconocidos globalmente en ingeniería estructural.

Para proyectos con requerimientos específicos, es de gran importancia complementar la NEC con normativas internacionales como las del American Institute of Steel Construction (AISC) y el American Concrete Institute (ACI), que ofrecen directrices detalladas y actualizadas para el diseño y construcción de estructuras de acero y concreto.

## **2.5.6 Metodología de Diseño**

### **2.5.6.1 Diseño por última resistencia LRFD**

El Diseño por Última Resistencia (LRFD) es una metodología que se basa en principios probabilísticos y estadísticos para asegurar la seguridad y funcionalidad de las estructuras bajo cargas máximas previstas. El LRFD utiliza factores de carga y resistencia para considerar las variabilidades e incertidumbres. Los factores de carga incrementan las cargas nominales para reflejar condiciones extremas, mientras que los factores de resistencia reducen las capacidades nominales para considerar las posibles deficiencias en los materiales y en la construcción.

### **2.5.7 Análisis de cargas de diseño y combinaciones de carga**

Las cargas y las combinaciones de carga que se aplicarán para el diseño de estructuras dentro de nuestra región se determinarán de acuerdo con lo establecido en la normativa NEC-SE-CG (2015), de acuerdo con las siguientes combinaciones:

- (1) 
$$\text{Combinacion1} = 1.4 * D$$
- (2) 
$$\text{Combinacion2} = 1.2 * D + 1.6 * L + 0.5 * \max(Lr, S, R)$$
- (3) 
$$\text{Combinacion3} = 1.2 * D + 1.6 * \max(Lr, S, R) + \max(L, 0.5 * W)$$
- (4) 
$$\text{Combinacion4} = 1.2 * D + 1.0 * W + L + 0.5 * \max(Lr, S, R)$$
- (5) 
$$\text{Combinacion5} = 1.2 * D + 1.0 * E_s + L + 0.2 * S$$
- (6) 
$$\text{Combinacion6} = 0.9 * D + 1.0 * W$$
- (7) 
$$\text{Combinacion7} = 0.9 * D + 1.0 * E_s$$
- (8)

### **2.5.8 Cargas correspondientes a un proyecto de vivienda**

Las cargas han sido establecidas conforme a las especificaciones de la NEC-SE-CG. A continuación, se presenta el apartado teórico de las cargas que va a considerar la vivienda de estudio:

### 2.5.9 Cargas variables

La guía para viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros (guía práctica de diseño de conformidad con la NEC - 15) acota que, dentro de las cargas variables se encuentran aquellas generadas por el viento, el granizo y las cargas vivas.

#### 2.5.9.1 Carga viva (CV)

La carga viva, está determinada por la ocupación o uso previsto para la estructura y se incorporará en el proceso de diseño. Esto abarca cualquier accesorio móvil o temporal, muebles, equipos, el peso de las personas, entre otros elementos. En la siguiente tabla se desglosan los valores habituales de carga viva para viviendas dentro de nuestra región:

**Tabla 7**  
*Carga Viva*

Valores de Carga Viva - NEC-SE-CG.	
Ocupación	Carga uniforme (kg/m <sup>2</sup> )
Vivienda	203.943
Cubierta inaccesible	71.38

*Nota.* La tabla muestra los valores de carga muerta consideradas para una vivienda de 2 pisos. Fuente: NEC-SE-CG (2015).

#### 2.5.9.2 Carga de granizo (S)

La carga de granizo es la fuerza ejercida por la acumulación de granizo sobre las superficies horizontales de una estructura, como techos y cubiertas. La normativa NEC-SE-CG de cargas no sísmicas (2015) exige que en cubiertas cuyas pendientes sean menores del 5%, se debe considerar una carga de granizo de 1.0 kN/m<sup>2</sup>.

### 2.5.10 Cargas permanentes

Las cargas permanentes son aquellas que actúan de manera constante y permanente sobre una edificación.

#### 2.5.10.1 Carga muerta (CM)

Las cargas muertas representan las fuerzas que actúan sobre una estructura en base al peso propio de la estructura, como el de las vigas, columnas, losas y paredes, así como otros elementos fijos e inamovibles como muros, paredes, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, y todo aparato integrado permanentemente a la estructura. La norma NEC-SE-CG (2015) detalla un listado de los materiales más utilizados en la construcción, junto con su peso específico.

**Tabla 8**  
*Pesos Específicos de los Materiales*

<b>Pesos Unitarios de los Materiales - NEC-SE-CG.</b>	
<b>Material</b>	<b>Peso Unitario (kN/m<sup>3</sup>)</b>
Acero	78.5
Hormigón	24
Ladrillo Cerámico Hueco (40% a 50% huecos)	10
Cemento Compuesto de Arena 1:3 a 1:5	20
Hormigón Simple	22
Baldosa Cerámica	18

*Nota.* La tabla muestra los valores de peso específico considerada para una vivienda de 2 pisos. Fuente: NEC-SE-CG (2015).

### **2.5.11 Cargas accidentales**

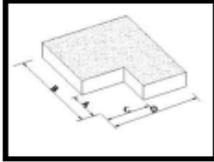
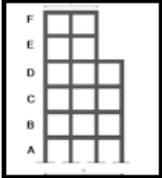
Las cargas accidentales son aquellas que actúan de manera no constante ni permanente sobre una estructura o edificación, sino que son eventos o situaciones inesperadas que generan una carga adicional. Estas cargas pueden incluir fenómenos como sismos, vientos fuertes, impactos por vehículos, sobrecargas temporales por eventos especiales, entre otros. En nuestra región, el diseño sísmico se refiere según la normativa NEC-SE-DS (2015).

### **2.5.12 Cargas de sismo**

Son las fuerzas producidas por la actividad sísmica o terremotos que actúan sobre las estructuras. Estas cargas pueden variar en magnitud, dirección y duración.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS proporciona lineamientos específicos para determinar estas cargas, como muestra a continuación la siguiente tabla resumen:

**Tabla 9**  
*Cargas Sísmicas*

<b>Cargas Sísmicas según NEC-SE-DS</b>		
<b>Valores Del Factor Z En Función De La Zona Sísmica Adoptada</b>		
Zona Sísmica		II
Valor Factor Z		0.25
Caracterización del Peligro Sísmico		Alta
<b>Clasificación De Los Perfiles De Suelo</b>		
<b>TIPO DE PERFIL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
<b>Coefficientes De Perfil De Suelo Para El Área De Estudio</b>		
Tipo de perfil del subsuelo D	Zona sísmica y factor Z (II – 0.25)	
	Fa=1.4	
	Fd=1.45	
	Fs=1.06	
<b>Valores de la relación de amplificación espectral, <math>\eta</math></b>		
$\eta = 2.48$	Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos	
<b>Factor usado en el espectro de diseño elástico, r</b>		
$r = 1$	Para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E	
<b>Factor De Importancia Que Considera La Estructura</b>		
Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1
<b>Coefficientes De Irregularidad En Planta</b>		
<b>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas <math>\phi P_i = 0.9</math></b>		
$A > 0.15B$ y $C > 0.15D$		
La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.		
		
<b>Irregularidad en elevación</b>		
<b>Tipo 3 - Irregularidad geométrica</b>		
$\phi E_i = 0.9$ a $> 1.3 b$		
La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.		
		

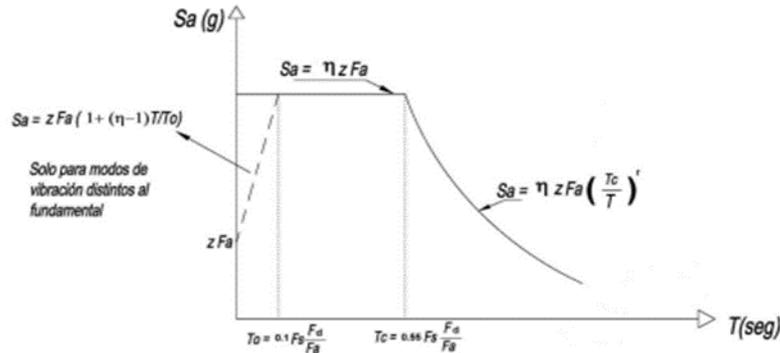
Nota. La tabla muestra los valores de cargas sísmicas consideradas. Fuente: NEC-SE-DS (2015)

### 2.5.12.1 Espectro de diseño

El espectro de diseño representa la respuesta máxima esperada de una estructura a diferentes frecuencias de vibración.

Es una herramienta esencial que guía el diseño estructural al proporcionar información detallada sobre cómo la estructura responderá a cargas sísmicas, permitiendo anticipar y gestionar eficazmente el comportamiento de la edificación.

**Figura 4**  
*Espectro Elástico de Aceleraciones*



*Nota.* La figura muestra la función que describe el espectro de diseño. Fuente: NEC-SE-DS (2015).

Para generar el gráfico del espectro elástico de diseño la norma NEC-SE-DS (2015) emplea las siguientes expresiones:

$$S_a = \eta * Z * F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c \quad (9)$$

$$S_a = \eta * Z * F_a * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_c \quad (10)$$

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a} \quad (11)$$

$$T_L = 2.4 * F_d \quad (12)$$

$$S_a = Z * F_a * (1 + (n - 1) * \frac{T}{T_o}) \quad \text{para } T \leq T_c \quad (13)$$

$$T_o = 0.1 * F_s * \frac{F_d}{F_a} \quad (14)$$

### 2.5.12.2 Periodo de vibración (t)

Es el tiempo requerido para que una estructura complete un ciclo de vibración durante un sismo. Está relacionado con la rigidez y masa de la estructura, influyendo en su respuesta sísmica.

### 2.5.12.2.1 Método 1

$$T_1 = Ct \cdot hn^\alpha$$

( 15)

El coeficiente en función del tipo de la estructura, Ct y la potencia  $\alpha$ , puede ser tomado de la presente tabla en base al código NEC-SE-DS (2015)

### 2.5.12.2.2 Método 2

La normativa NEC-SE-DS (2015) destaca que el valor de Ta calculado según el método 2 no debe ser mayor en un 30% al valor de Ta calculado con el Método 1.

$$T_2 = 1.3 * T_1$$

( 16)

### 2.5.13 Cortante basal de diseño (V)

Representa la fuerza lateral total que una estructura debe resistir durante un terremoto.

$$V = \frac{I * Sa * (Ta)}{R * \phi P * \phi E} * W$$

( 17)

#### 2.5.13.1 Coeficiente relacionado con el periodo de vibración de la estructura

**Tabla 10**

*Determinación de K*

Valores de T	Valor de K
$\leq 0.5$	K = 1
$0.5 < T \leq 2.5$	K = 0.75 + 0.5 * T
$> 2.5$	K = 2

Nota: La tabla muestra los valores de K en base del periodo de la estructura. Fuente: NEC-SE-DS (2015)

### 2.5.14 Derivas de piso

Se refiere al desplazamiento horizontal relativo entre dos niveles consecutivos de un edificio o estructura. Esta medida es esencial para evaluar la respuesta sísmica de un edificio, ya que indica cuánto se inclina o se desliza lateralmente un piso con respecto al nivel inferior durante un evento sísmico. La normativa NEC-SE-DS (2015) define que, la máxima inclinación permitida

para asegurar que la estructura pueda resistir las fuerzas sísmicas sin sufrir daños significativos o colapsar.

**Tabla 11**  
*Valores de  $\Delta M$  Máximos*

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

Nota: La tabla muestra los valores máximos de  $\Delta M$  Fuente: NEC-SE-DS (2015).

#### **2.5.14.1 Deriva inelástica**

La deriva inelástica se refiere a la deformación lateral permanente de una estructura cuando se somete a fuerzas sísmicas que exceden su capacidad elástica. La deriva máxima inelástica  $\Delta M$  de cada piso debe calcularse mediante la siguiente expresión:

$$\Delta M = 0.75 * R * \Delta E$$

( 18)

#### **2.5.14.2 Deriva elástica**

La "deriva elástica" en el software ETABS identifica la deformación que experimenta una estructura a causa de cargas sísmicas o de otro tipo, considerando únicamente el comportamiento elástico del material. Es decir, la deriva elástica es la deformación que ocurre sin que la estructura llegue a su punto de falla o de plastificación de los materiales.

#### **2.5.15 Ajuste del corte basal de los resultados obtenidos por el análisis dinámico**

Es el proceso de modificación de los resultados del análisis para tener en cuenta el efecto de la distribución de la carga sísmica en la base de la estructura. Este ajuste suele aplicarse para garantizar que los resultados del análisis dinámico reflejen adecuadamente la respuesta real de la estructura ante cargas sísmicas. La normativa NEC-SE-DS (2015) define el valor del cortante dinámico total en el base obtenido por cualquier método de análisis dinámico, no debe ser:

- a) < 80% del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras regulares)
- b) < 85% del cortante basal V obtenido por el método estático (estructuras irregulares)

### **2.5.16 Diseño de elementos estructurales**

El diseño de elementos estructurales implica el proceso de planificar y calcular las dimensiones, materiales y detalles de los componentes de una estructura con el fin de garantizar su seguridad, resistencia y funcionalidad bajo las cargas y condiciones de carga esperadas durante su vida útil. Esto implica determinar las secciones transversales, longitudes, disposición de refuerzos, conexiones, detalles constructivos y otros aspectos necesarios para que los elementos cumplan con los requisitos de diseño, normativas y estándares de construcción aplicables.

#### **2.5.16.1 Perfiles utilizados en elementos de edificaciones**

Existen diversos tipos de perfiles utilizados en pórticos resistentes a momentos, cada uno con características específicas que los hacen adecuados para distintas aplicaciones. Entre los perfiles más comúnmente empleados se encuentran:

- Secciones tipo I, H o W
- Secciones Tubulares
- Secciones tipo Canal
- Secciones de Acero Compuesta

### **2.5.17 Desarrollo de fórmulas para el diseño de columnas (estructura metálica)**

Para el diseño estructural de elementos sometidos axialmente a compresión (columnas), se utilizarán ecuaciones basadas en la normativa AISC 360-16 (página 84).

#### **2.5.17.1 Geometría de una columna cuadrada**

. En el caso de un perfil tubular cuadrado, estas características abarcan su sección transversal, que es cuadrada con cuatro lados iguales y ángulos rectos, junto con sus dimensiones como ancho, espesor de las paredes y longitud total.

#### **2.5.17.2 Propiedades mecánicas de una columna cuadrada**

Las propiedades mecánicas de un perfil tubular cuadrado incluyen características que describen su comportamiento bajo cargas y fuerzas. Estas propiedades incluyen el área de la columna (hueca), la inercia en sentido X o Y, el módulo elástico en sentido X o Y, el módulo

plástico en sentido X o Y, y el radio de giro en sentido X. Adicionalmente, se considera la magnitud del factor de longitud efectiva (parámetro que caracteriza la longitud efectiva de un miembro estructural en relación con su capacidad para resistir cargas axiales).

**Tabla 12**  
Valores de Longitud Efectiva ( $K$ )

	Factor de longitud efectiva $K$					
<i>La forma pandeada de la columna se muestra con línea de rayas</i>	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
<i>Valor teórico de <math>K</math></i>	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
<i>Valor recomendado para <math>K</math> cuando está cerca de las condiciones ideales</i>	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0

*Nota.* La figura muestra el valor del valor de longitud efectiva  $K$ . Fuente: Mc McCormac (p.156)

### 2.5.17.3 Compacidad de la sección

En miembros sometidos a compresión, las secciones se clasifican como no esbeltas o esbeltas. Para las secciones no esbeltas, la relación entre el ancho y el espesor de los elementos comprimidos no debe exceder los valores de la tabla que se muestra a continuación.

Si esta relación supera el valor en cualquier elemento en compresión, entonces la sección se considera esbelta. La tabla correspondiente solo se aplica a elementos atiesados, es decir, aquellos reforzados con tirantes, diagonales o refuerzos transversales para evitar la desviación lateral o el pandeo, como en las columnas de sección cuadrada.

**Tabla 13***Relaciones Límite de Ancho a Espesor para Elementos en Compresión*

<i>Longitud Efectiva (K)</i>				
	<i>Descripción del Elemento</i>	<i>Razón Ancho - Espesor</i>	<i>Miembros de Alta ductilidad</i>	<i>Miembros de Moderada ductilidad</i>
<i>Elementos Atiesados</i>	Se utilizan en vigas o columnas como alas en compresión uniforme por fuerzas axiales, de flexión o combinadas: paredes de HSS rectangulares, alas y placas laterales de secciones en I con caja, y almas y alas de formas de caja fabricadas.	$\frac{bc}{ec}$	$0.65 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}}$	$1.18 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}}$
		$\frac{hc}{ec}$		

*Nota.* La figura muestra el valor de Relaciones Límite de Ancho a Espesor para Elementos en Compresión para Miembros Moderadamente Dúctiles y Altamente Dúctiles. Fuente: AISC 341 – 16 (p.63).

### **2.5.18 Desarrollo de fórmulas para el diseño de vigas (estructura metálica)**

El desarrollo de fórmulas para el diseño de vigas en estructuras metálicas es un proceso que involucra la formulación matemática de ecuaciones y algoritmos. Para calcular las dimensiones, propiedades y capacidad de carga de estas piezas, se usarán formulas basadas en la normativa AISC 360-16 (pg 95).

#### **2.5.18.1 Geometría de una viga secundaria tipo I**

La geometría de una vigueta tipo I se caracteriza por su forma de "I" en sección transversal, compuesta por un ala superior y un ala inferior separadas por una altura. Las dimensiones clave incluyen el ancho y espesor del ala superior, el ancho y espesor del alma (área entre las alas), y el perfil que puede ser I, H, o W

#### **2.5.18.2 Propiedades mecánicas de la sección**

Las propiedades mecánicas de una sección tipo I describen su comportamiento estructural, resistencia, estabilidad, capacidad de deformación y desempeño bajo diversas cargas. Estas propiedades incluyen el área de la viga secundaria, la inercia en sentido X e Y, el módulo elástico en sentido X e Y, el módulo plástico en sentido X e Y, y el radio de giro en sentido X e Y.

#### **2.5.18.3 Compacidad de la sección**

La siguiente tabla se basa en la normativa AISC 341-16, que evalúa la compacidad en elementos sometidos a flexión (vigas). En este apartado tenemos interés en elementos que conforman los patines de la sección y los elementos que conforman el alma. Para las secciones del patín, la relación entre la base del patín y 2 veces su espesor, no debe exceder los valores de alta y moderada ductilidad. De la misma manera para las secciones del alma, la relación entre la altura y el espesor del alma no excederán los límites de ductilidad como la siguiente tabla muestra a continuación.

**Tabla 14**  
*Relaciones Límite de Ancho a Espesor para Elementos en Flexión*

<i>Relaciones límite de ancho a espesor para elementos en compresión para miembros moderadamente dúctiles y altamente dúctiles.</i>			
<i>Descripción del Elemento</i>	<i>Razón Ancho - Espesor</i>	<i>Miembros de Alta ductilidad</i>	<i>Miembros de Moderada ductilidad</i>
<p><i>Patín</i></p> <p>Alas de secciones en forma de I laminadas o fabricadas, canales y tees; patas de ángulos simples o miembros de doble ángulo con separadores; patas sobresalientes de pares de ángulos en contacto continuo.</p>	$\frac{bf}{2tf}$	$0.32 * \sqrt{\frac{E}{fy * Ry}}$	$0.40 * \sqrt{\frac{E}{fy * Ry}}$
<p><i>Alma</i></p> <p>Cuando se utilizan en vigas, columnas o vínculos, como almas en flexión, o en combinación de fuerzas axiales y de flexión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Almas de secciones en forma de I laminadas o fabricadas, o canales</li> <li>- Placas laterales de secciones en forma de I con caja</li> <li>- Almas de secciones fabricadas</li> </ul>	$\frac{hw}{tw}$	$2.57 * \sqrt{\frac{E}{fy * Ry}} (1 - 1.04 * C_a)$ $C_a = 0.114$	$3.96 * \sqrt{\frac{E}{fy * Ry}} (1 - 1.04 * C_a)$ $C_a = 0.114$

*Nota.* La figura muestra el valor de Relaciones Límite de Ancho a Espesor para Elementos en Compresión para Miembros Moderadamente Dúctiles y Altamente Dúctiles. Fuente: AISC 341 – 16 (p.62 y p.63).

### 2.5.19 Diseño de losa colaborante (sección compuesta)

Las vigas de acero y la losa de concreto trabajan juntas como un sistema integrado, aprovechando las fortalezas de cada material para mejorar la capacidad de carga y la rigidez de la estructura. Las vigas de acero proporcionan resistencia a la flexión y soportan las cargas principales, mientras que la losa de concreto aporta masa, resistencia al fuego y estabilidad lateral.

### ***2.5.20 Desarrollo de fórmulas para el diseño de losa colaborante (sección compuesta)***

El proceso de formular ecuaciones y algoritmos específicos para calcular las propiedades y dimensiones del diseño de losa colaborante tiene en cuenta la interacción entre la viga de acero y la losa de concreto, en base a la normativa ACI 318-19 que especifica los requisitos de reglamento para concreto estructural.

### ***2.5.21 Diseño de cimentaciones***

El diseño de cimentaciones es el proceso de planificación y construcción de la base de una estructura, que tiene como objetivo soportar y distribuir las cargas de la edificación al terreno de manera segura y eficiente. Los tipos de cimentaciones se dividen en superficiales y profundas. Las superficiales, como zapatas aisladas, zapatas corridas y losas de cimentación, se usan cuando el suelo superficial tiene suficiente capacidad de carga. Las profundas, incluyen pilotes, pilas y cajones y se emplean cuando las capas superficiales no son adecuadas, transfiriendo las cargas a estratos más resistentes y profundos.

#### ***2.5.21.1 Desarrollo de fórmulas para el diseño de cimentaciones (plinto aislado)***

El desarrollo de fórmulas para el diseño de cimentaciones de un plinto aislado implica derivar expresiones matemáticas para calcular las dimensiones y características estructurales necesarias para soportar las cargas aplicadas por la superestructura, basándose en la obra "Fundamentos de ingeniería de cimentaciones" de Braja M. Das (2012).

### ***2.5.22 Modelación en Software de Diseño Estructural (ETABS V16, SAFE, SAP2000)***

La modelación de estructuras metálicas en software especializado simplifica la representación tridimensional de la estructura y facilita el análisis y diseño, proporcionando resultados precisos y eficientes. El proceso comienza con la definición clara de la estructura, estableciendo dimensiones, materiales y configuraciones generales, adicionalmente catalogar las cargas gravitatorias y sísmicas.

Luego, se crea el modelo en el software, generando nodos, elementos y restricciones para una representación digital precisa. Se asignan propiedades a los elementos estructurales y se aplican las cargas y restricciones necesarias. El análisis estructural, realizado por el software, incluye cálculos complejos considerando la geometría, propiedades del material y cargas aplicadas, produciendo resultados como desplazamientos, esfuerzos y reacciones en los nodos.

Con estos resultados, se realiza el diseño estructural, verificando los requisitos de resistencia y optimizando la eficiencia y economía del uso de materiales. Finalmente, se generan informes y documentos que resumen los resultados del análisis y diseño para la revisión y aprobación por parte de ingenieros y autoridades reguladoras.

#### ***2.5.23 Diseño de conexiones precalificadas.***

Las conexiones precalificadas en pórticos de momento intermedios (IMF) se basan en las directrices de la norma "Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications" de la American Institute of Steel Construction (AISC).

#### ***2.5.24 Diseño de placas base***

El desarrollo de fórmulas para el diseño de placas base se basa en la normativa ACI 318-19, en su capítulo 17 (Anclaje al concreto) y tiene como función establecer ecuaciones que consideren las cargas aplicadas, la distribución de esfuerzos, y las propiedades de los materiales (acero de la placa y concreto de la cimentación), con el objetivo de dimensionar la placa y sus anclajes.

#### ***2.5.25 Diseño de conexiones viga principal – viga secundaria***

El diseño de conexiones entre viga principal y viga secundaria es el procedimiento que describe el cálculo y planificación de las uniones estructurales que vinculan una viga principal de carga con una viga secundaria en una estructura de acero. Estas conexiones deben ser diseñadas para transferir eficazmente las cargas aplicadas desde la viga secundaria a la viga principal,

generando la estabilidad requerida en la estructura. Los tipos de conexión entre viga principal y viga secundaria son diversos y se eligen según las necesidades estructurales, las cargas que deben transferir, y las condiciones de construcción.

a) Conexiones atornilladas.

b) Conexiones soldadas.

### ***2.5.26 Diseño de conexiones columna – viga***

La conexión WUF-W (Welded Unreinforced Flange-Welded Web) es una de las conexiones precalificadas para pórticos de momento especiales e intermedios según la normativa ANSI/AISC 358-16. Esta normativa define los requisitos y procedimientos para el diseño, fabricación y construcción de estas conexiones, asegurando su desempeño sísmico adecuado. La conexión WUF-W se distingue por la soldadura de las almas y alas de las vigas a las columnas sin refuerzos adicionales en las alas, lo que simplifica la construcción, reduce costos y mantiene la integridad estructural y la capacidad de disipar energía durante un sismo.

## **2.6 Sistema de instalaciones hidrosanitarias (biodigestor séptico)**

Las instalaciones hidrosanitarias en una vivienda incluyen sistemas diseñados para gestionar el suministro de agua potable y la eficiente eliminación de aguas residuales. Un sistema que utiliza un biodigestor séptico integra elementos para la recolección, conducción y tratamiento de aguas residuales y desechos sólidos, donde el biodigestor séptico es clave para la degradación biológica de los residuos. Este sistema es esencial en una vivienda autosustentable dado que: su impacto en la eficiencia y durabilidad de los componentes, el tratamiento efectivo de aguas residuales, la sostenibilidad ambiental, la mejora de la salud pública y la reducción de costos operativos y de mantenimiento.

### **2.6.1 Plano de Instalaciones hidrosanitarias con salida al Biodigestor Séptico**

Un plano de instalaciones hidrosanitarias detalla gráficamente el sistema basado en la distribución y conexión de tuberías para el suministro de agua potable y la evacuación de aguas residuales mediante un biodigestor séptico en una edificación. Este sistema incluye tuberías y conexiones para el transporte de agua potable desde la fuente hasta los puntos de uso, así como redes de desagüe que permiten la evacuación segura de las aguas usadas.

### **2.6.2 Equipo utilizado**

El diseño de un sistema de instalaciones hidrosanitarias para una vivienda implica la colaboración y el uso de diversas herramientas y equipos. Algunos de los equipos comunes involucrados en este proceso son, herramientas de diseño asistido por computadora (CAD), herramientas de planificación y cálculo, catálogos comerciales, normativas locales e internacionales.

### **2.6.3 Metodología utilizada**

La implementación de un biodigestor séptico en un sistema hidrosanitario sigue una metodología estructurada que garantiza el tratamiento de aguas residuales. A continuación, se describen los pasos clave:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Análisis de necesidades específicas            | 2. Revisión de catálogos comerciales                      |
| 3. Selección del biodigestor adecuado             | 4. Planificación de la instalación                        |
| 5. Conexión con las instalaciones hidrosanitarias | 6. Implementación eficiente y desarrollo de documentación |

### **2.6.4 Red de distribución de agua potable**

Las instalaciones de agua caliente y fría identifican al sistema de tuberías, válvulas y accesorios diseñados para proporcionar tanto agua fría como caliente dentro de un edificio.

Estos sistemas están destinados a suministrar agua potable a los diferentes puntos de uso, como grifos, regaderas y electrodomésticos, garantizando tanto el confort en actividades cotidianas como el cumplimiento de necesidades específicas, como calefacción o suministro de agua caliente para fines domésticos.

### **2.6.5 Red de drenaje**

Las instalaciones de drenaje de alcantarillado constituyen el sistema diseñado para la evacuación segura y eficiente de aguas residuales y pluviales desde una edificación hacia la red de alcantarillado municipal o sistemas alternativos, como fosas sépticas. Este sistema incluye tuberías, trampas, sifones, y otros dispositivos destinados a transportar las aguas usadas desde los puntos de uso, como lavabos e inodoros, hacia el sistema de alcantarillado

#### **2.6.5.1 Funcionamiento del sistema de tratamiento (biodigestor séptico)**

El Manual de Instalación del Biodigestor Séptico Rotoplas (2014) plantea que el sistema de tratamiento de aguas residuales mediante biodigestores sépticos se desarrolla en un proceso de tres fases consecutivas para asegurar una limpieza efectiva de aguas residuales domésticas:

- a) **Primera etapa (biodigestor séptico):** El biodigestor se encarga de capturar y descomponer la materia orgánica y los sólidos en las aguas residuales. Este proceso se realiza cuando el agua residual ingresa al biodigestor desde la vivienda y, a medida que se llena, se desborda una cantidad equivalente tratada por el otro extremo.
- b) **Segunda etapa (campo de infiltración):** El agua residual tratada debe dispersarse en un área de terreno previamente preparada, mediante un sistema de infiltración basado en zanjas microperforadas, lo que facilita su purificación antes de entrar en contacto con el suelo.
- c) **Tercera etapa (suelo como filtro biológico):** El suelo actúa como un filtro natural que retiene y elimina partículas finas y contaminantes presentes en el agua residual.

La flora bacteriana presente en el suelo se alimenta de los nutrientes y la materia orgánica, contribuyendo a la purificación del agua. El suelo también retiene patógenos y contaminantes, eliminándolos o neutralizándolos a medida que el agua se filtra.

**Figura 5**  
*Esquema del Uso de un Biodigestor Séptico*



*Nota.* La imagen muestra un esquema del modelo de funcionamiento del biodigestor séptico. Fuente: Manual de instalación Biodigestor Rotoplas (2014).

### 2.6.6 Análisis previo a la implementación de biodigestor séptico

El análisis previo a la implementación de un biodigestor séptico detalla un proceso que evalúa la viabilidad técnica, ambiental de su instalación. Para ubicar estos sistemas en el terreno de manera adecuada, se deben seguir las siguientes pautas esenciales:

- Selección del Sitio
- Distancia de Cuerpos de Agua
- Futuras construcciones
- Integración del Espacio

La siguiente tabla detalla la distancia que debe tener el sistema hidrosanitario con cuerpos de agua:

**Tabla 15**  
*Distancia con Cuerpos de Agua*

Parámetro	Biodigestor	Cámaras de Infiltración
Cuerpos de Agua Superficial	15m	15m
Pozo de agua potable privado	15m	30m
Líneas de agua	3m	8m
Límites del terreno	1.5m	1.5m
Edificaciones	4.5m	9m

*Nota.* La tabla muestra la distancia que debe tener el biodigestor séptico con cuerpos de agua. Fuente: Manual de instalación Biodigestor Rotoplas (2014).

En resumen, antes de instalar un biodigestor séptico es esencial elegir una zona elevada para evitar inundaciones, mantener distancia de cuerpos de agua superficiales, prever futuras construcciones y recordar que no se pueden realizar obras ni transitar con vehículos sobre estos sistemas.

Sin embargo, el área puede integrarse para actividades ligeras como caminar o cultivar un jardín.

### **2.6.7 Implementación de biodigestor séptico**

Para implementar el biodigestor séptico, se inicia por la elección del tamaño del biodigestor. El Manual de Instalación del Biodigestor Séptico Rotoplas (2014), detalla su catálogo según la capacidad como se muestra a continuación.

**Tabla 16**  
*Plantilla de Capacidades*

<i>Capacidades</i>	<i>600 litros</i>	<i>1300 litros</i>	<i>3000 litros</i>
<i>Solo aguas negras</i>	<i>5 personas</i>	<i>10 personas</i>	<i>25 personas</i>
<i>Aguas negras y jabonosas</i>	<i>2 personas</i>	<i>5 personas</i>	<i>12 personas</i>
<i>Oficinas</i>	<i>20 personas</i>	<i>50 personas</i>	<i>100 personas</i>
<i>Industria</i>	<i>6 personas</i>	<i>13 personas</i>	<i>30 personas</i>

*Nota.* La tabla muestra la plantilla de capacidades del biodigestor séptico. Fuente: Manual de instalación Biodigestor Rotoplas (2014).

El catálogo también designa los componentes que incluyen tuberías, filtros, válvulas y uniones según la capacidad del equipo.

### **2.6.8 Instalación del biodigestor séptico**

Para instalar un biodigestor séptico, se deben seguir varias pautas como:

- Replanteo.
- Excavación y montaje
- Cámara de extracción de Lodos.

### **2.6.9 Instalación del campo de infiltración**

Para realizar la instalación del campo de infiltración, se toma en cuenta el siguiente proceso.

- Replanteo
- Excavación y Montaje

#### ***2.6.10 Mantenimiento de biodigestor séptico***

El manual de instalación Biodigestor Rotoplas (2014), determina que, para garantizar la eficiencia del biodigestor séptico, es fundamental realizar un mantenimiento anual, comenzando a los 12 meses de uso. Esto incluye la extracción de lodos mediante la apertura de la válvula correspondiente y la limpieza periódica del filtro anaeróbico, todo en paralelo mientras las costras que se forman se desprenden de manera natural. Este mantenimiento regular asegura el buen funcionamiento del biodigestor, previniendo obstrucciones y reduciendo malos olores. Es de gran importancia comprender que el lodo extraído, una vez seco, puede ser utilizado como fertilizante

### **2.7 Sistema de instalaciones eléctricas (paneles solares)**

El diseño de instalaciones eléctricas mediante el uso de paneles solares es una disciplina técnica que se centra en la creación de un sistema eléctrico que cubra las demandas energéticas del hogar, garantizando seguridad y eficiencia. La instalación de paneles solares en una vivienda ofrece numerosos beneficios que incluyen promover la sostenibilidad, la conciencia ambiental, reducir los costos de energía y proporcionar independencia energética.

#### ***2.7.1 Plano de Instalaciones eléctricas alimentadas por Paneles Solares***

Un plano de instalaciones eléctricas alimentadas por paneles solares muestra gráficamente el sistema de distribución de energía eléctrica que garantiza su correcto funcionamiento en todas las áreas de la vivienda e involucra la disposición de circuitos, paneles, reguladores, baterías, inversores, y el diseño detallado de los esquemas de cableado para asegurar que todos los componentes trabajen de manera segura.

#### ***2.7.2 Equipo utilizado***

El diseño de instalaciones eléctricas implica la aplicación de ciertos conocimientos técnicos y de la utilización de diversos equipos y herramientas para planificar, dibujar y especificar los detalles de un sistema eléctrico.

Se mencionan algunos de los equipos y herramientas comunes utilizados en este proceso como: software de diseño, herramientas de planificación y cálculo, bibliografía, instrumentos de dibujo tradicionales.

### ***2.7.3 Metodología utilizada***

La metodología del diseño de instalaciones eléctricas alimentadas por el uso de paneles solares se detalla a continuación:

1. Revisión de planos arquitectónicos.
2. Diseño de distribución de circuitos.
3. Identificación de cargas eléctricas.
4. Diseño del modelo de energía solar
5. Implementación del Modelo
6. Documentación final.

### ***2.7.4 Esquemas de instalaciones eléctricas***

Los esquemas de instalaciones eléctricas son representaciones gráficas que muestran de manera detallada la disposición y conexión de todos los elementos que componen un sistema eléctrico en un edificio o estructura.

Estos esquemas incluyen información sobre la distribución de circuitos, ubicación de puntos de luz, interruptores, tomas de corriente, cables, dispositivos de protección, entre otros componentes.

### ***2.7.5 Circuitos eléctricos básicos de una vivienda***

En el diseño eléctrico de una vivienda, la implementación de circuitos eléctricos juega un papel fundamental para proporcionar energía de manera segura y eficiente a diferentes dispositivos y electrodomésticos.

Los circuitos eléctricos básicos en una vivienda se estructuran para cubrir diversas necesidades y brindar comodidad a los ocupantes, entre los cuales tenemos:

- Circuito de iluminación:
- Circuito de tomacorrientes
- Circuito de interruptores:
- Circuitos Independientes:

### 2.7.6 *Análisis previo a la implementación de paneles solares*

Al examinar el comportamiento de consumo, se pueden dimensionar adecuadamente el número de paneles solares y diseñar un sistema que maximice la eficiencia y optimice la generación de energía solar para satisfacer la demanda diaria de electricidad de la vivienda.

### 2.7.7 *Desarrollo de fórmulas para el diseño de un sistema fotovoltaico*

Renovaenergía S.A Ecuador (2023) hace uso de ecuaciones y métodos de cálculo que permiten dimensionar adecuadamente para el diseño de un sistema fotovoltaico, las cuales se utilizarán para desarrollar el presente proyecto.

#### 2.7.7.1 *Modelo del sistema fotovoltaico*

Un modelo del sistema fotovoltaico incluye representaciones de los principales componentes del sistema, como muestra la tabla a continuación:

**Tabla 17**  
*Esquema Fotovoltaico*

<i>Sistema Fotovoltaico</i>	
<b>Módulo Fotovoltaico</b>	También conocido como panel solar o panel fotovoltaico, es un dispositivo compuesto por celdas solares interconectadas que capturan la energía de la luz solar y la convierten directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico.
<b>Regulador de Carga</b>	Un regulador de carga, o controlador de carga, es un dispositivo electrónico utilizado en sistemas de energía solar para controlar y regular la carga de las baterías. Su función principal es evitar que las baterías se sobrecarguen o descarguen en exceso, optimizando así su vida útil y rendimiento.
<b>Batería</b>	Una batería es un dispositivo de almacenamiento de energía. En sistemas solares, las baterías almacenan la electricidad generada por los paneles solares durante las horas solares pico para su uso posterior cuando no hay luz solar disponible.
<b>Inversor</b>	Un inversor es un dispositivo que convierte la corriente continua (CC) generada por los paneles solares o almacenada en las baterías en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad utilizada comúnmente en hogares y negocios.

*Nota.* La tabla describe las partes que incluye el sistema fotovoltaico propuesto. Fuente: Renovaenergía S.A Ecuador (2023).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo de investigación**

Para ejecutar el presente proyecto se emplean diversos métodos de investigación y análisis para asegurar el funcionamiento del proyecto. En el contexto de un proyecto de ingeniería civil para diseñar y proyectar una vivienda autosustentable con la implementación de un biodigestor séptico y paneles solares; se emplea una investigación aplicada, la misma que integra varios tipos de investigación y métodos. Manuel Borja S. (2012) acota que la investigación aplicada es una investigación científica que busca aplicar los conocimientos teóricos a la solución de problemas prácticos en la vida real, en este caso, esta investigación se centra en resolver problemas concretos relacionados con la seguridad estructural, eficiencia energética y gestión de residuos.

#### **3.2 Método**

En el presente proyecto se van a emplear de manera íntegra, distintos métodos de investigación en diferentes fases del proyecto.

El método analítico se centra en descomponer el problema en partes más pequeñas y analiza cada componente por separado para comprender su funcionamiento y optimizar el diseño.

El método deductivo parte de principios generales para llegar a conclusiones específicas, aplicando leyes y normativas existentes en el diseño de la vivienda. Mientras que el método bibliográfico revisa la literatura científica y técnica para obtener información sobre tecnologías, normativas y mejores prácticas en viviendas autosustentables. En proyectos de ingeniería civil también se considera el método empírico, ya que se basa en la observación directa y la experimentación para validar el rendimiento de los sistemas implementados y ajustar el diseño según resultados concretos.

### **3.3 Técnica de recolección de información**

Entre las herramientas que se utilizan para la recolección de datos para el presente proyecto, tenemos:

La observación directa, basada en visitas al sitio de construcción para observar el entorno, las condiciones del terreno y otros factores que puedan afectar el diseño y la implementación de la vivienda autosustentable. La técnica de recolección de información basada en el análisis de documentación implica la revisión de documentos técnicos, normativas locales, nacionales, estudios de impacto ambiental, informes de viabilidad, y otros documentos relevantes para comprender el contexto del proyecto. Además, la técnica de recolección de datos se basa en pruebas de laboratorio y campo, las cuales tienen como finalidad estudiar la configuración del lugar donde se ubicará el proyecto, al igual que ayudan a evaluar la resistencia del suelo determinando sus características.

Finalmente se utiliza la técnica de recolección de información basada en simulaciones computacionales, las cuales utilizan software de simulación para modelar el comportamiento estructural de la vivienda ante diferentes cargas y escenarios.

### **3.4 Proceso técnico de ingeniería civil**

El proceso técnico de ingeniería civil para el diseño y construcción de una vivienda autosustentable se inicia con un estudio topográfico detallado del terreno, que implica un levantamiento topográfico para comprender la configuración del sitio y el relieve natural. Este análisis permite identificar la mejor posición dentro del terreno para la ubicación de la vivienda, considerando aspectos como la orientación solar óptima y la accesibilidad. Posteriormente, se lleva a cabo un estudio geológico-geotécnico exhaustivo para determinar la capacidad portante del suelo y sus características mecánicas.

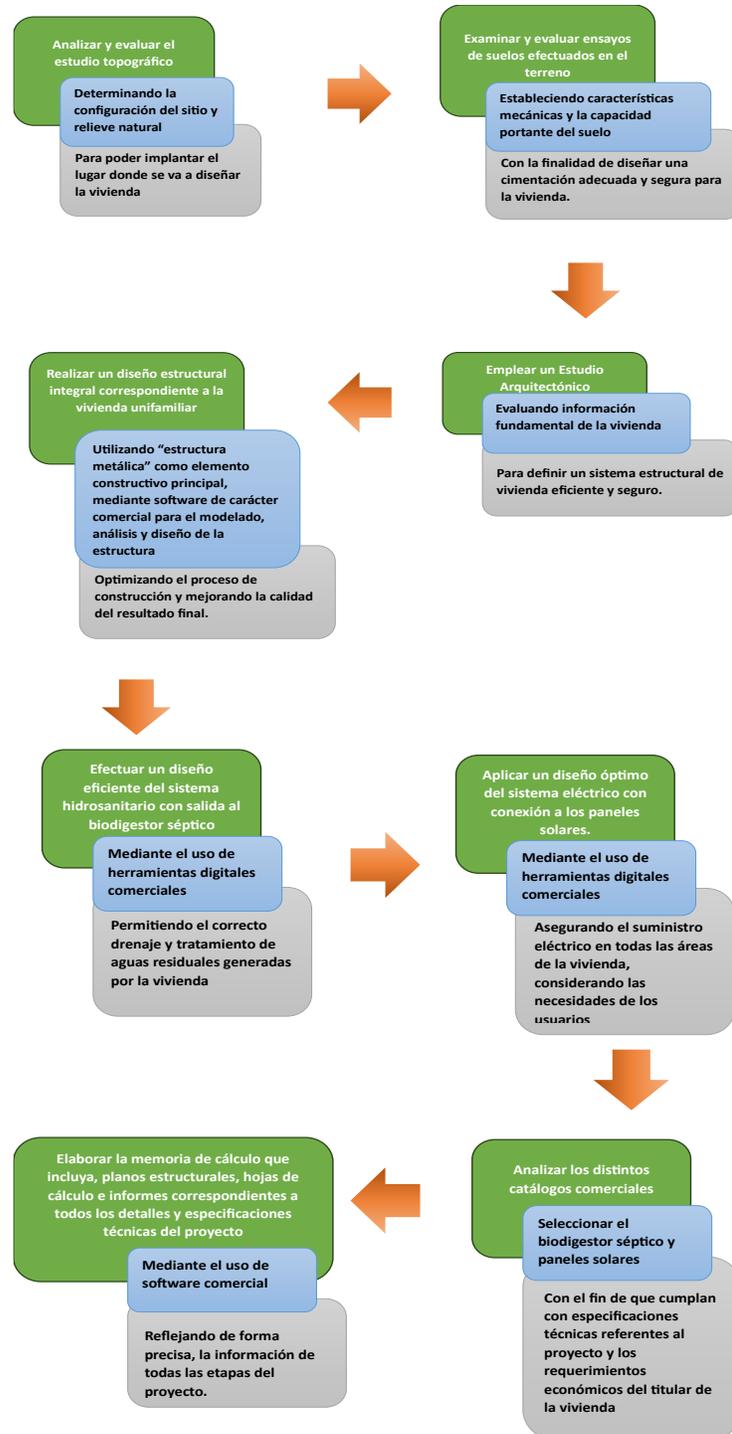
Este estudio es fundamental para realizar un diseño estructural óptimo de la vivienda, ya que proporciona información fundamental sobre la resistencia del suelo ante cargas estructurales y permite planificar cimentaciones adecuadas. En paralelo, se emplea un estudio arquitectónico minucioso que evalúa información esencial para el diseño estructural de la vivienda. Este estudio considera aspectos estéticos, funcionales, integrando los resultados obtenidos del estudio topográfico y geotécnico para una mejor planificación y distribución espacial.

El diseño estructural de la vivienda se convierte en el paso más importante de este proceso, ya que se desarrolla en acero y se lleva a cabo con la ayuda de software de modelamiento avanzado en base a las normativas correspondientes. Este enfoque permite realizar cálculos precisos y simular el comportamiento estructural de la vivienda ante diferentes cargas y condiciones, asegurando una estructura sólida y resistente.

Adicionalmente, se integra el sistema de energía renovable mediante paneles solares en el diseño de instalaciones eléctricas, aprovechando la energía solar para alimentar las necesidades eléctricas de la vivienda y reduciendo así el consumo de energía convencional. Para finalizar, se implementa un sistema de instalaciones hidrosanitarias que incluye la gestión de aguas residuales mediante un biodigestor séptico, garantizando un tratamiento eficiente de los desechos orgánicos generados en la vivienda, minimizando el impacto ambiental y contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto en su conjunto.

### 3.5 Pasos para la ejecución del proyecto

**Figura 6**  
*Proceso de Técnico de Diseño*



*Nota.* Se presenta un esquema que resume el proceso que ha llevado el autor para cumplir los objetivos del presente proyecto, Elaborado por: El autor

## CAPÍTULO V

### ESTUDIO TOPOGRÁFICO

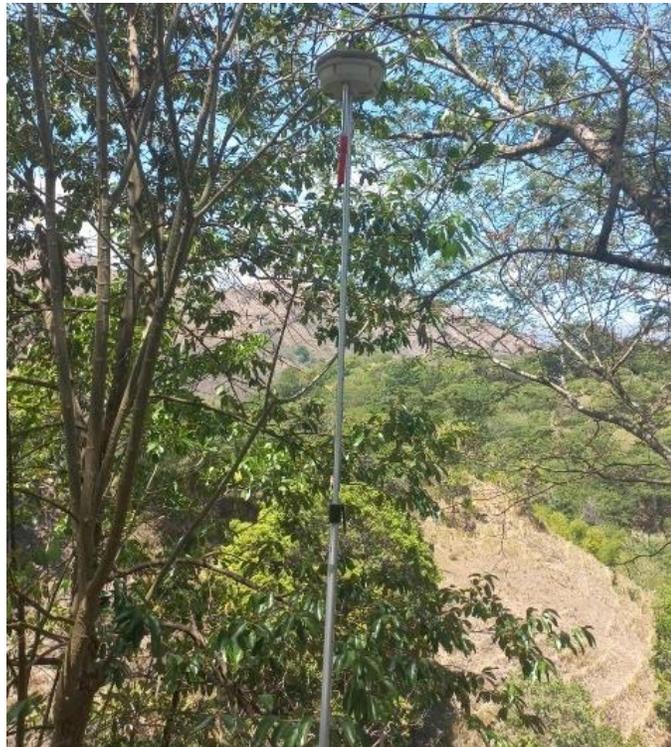
El presente apartado tiene como objetivo proporcionar un análisis detallado del estudio topográfico realizado previamente en la quinta ubicada en "Los Limos". Este análisis incluye la evaluación del plano topográfico e identificación de elementos geográficos relevantes, tales como elevaciones, pendientes y cuerpos de agua, con el fin de facilitar el diseño y la planificación de futuros proyectos en la propiedad.

#### 4.1 Análisis del estudio topográfico

##### 4.1.1 Datos generales

- **Fecha del levantamiento:** 07-Oct-2023
- **Equipo Topográfico:** GPS diferencial con precisión de 1cm

**Figura 7**  
*Equipo Topográfico*



*Nota.* La imagen muestra el GPS diferencial con precisión de 1cm. Elaborado por: El autor

#### **4.1.2 Características del terreno**

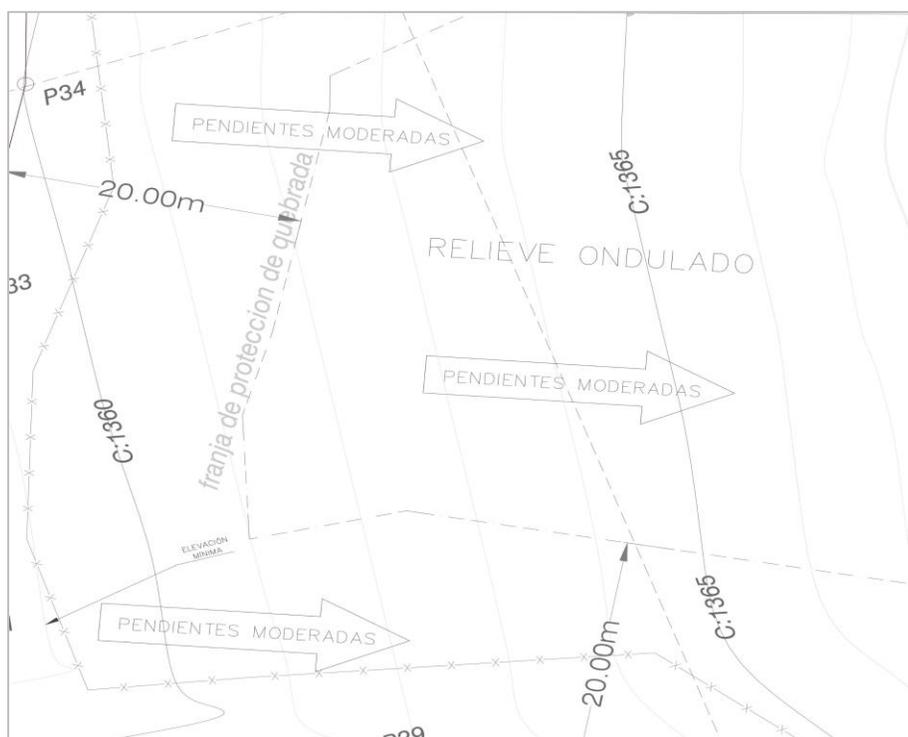
- **Elevaciones:** La quinta presenta variaciones en la elevación, con puntos altos y bajos claramente identificados. La elevación máxima se encuentra en (coordenadas: X= 686812.32; Y= 9547558.58) con una altitud de (1414 metros), mientras que la elevación mínima se registra en (coordenadas: X= 686657.96; Y= 9547564.27) con una altitud de (1359 metros).
- **Pendientes:** Se observan pendientes pronunciadas en las áreas (norte – oeste de la quinta), mientras que las pendientes moderadas se distribuyen en (sur – oeste de la quinta).

Las pendientes pronunciadas que se han identificado pueden caracterizarse como un relieve montañoso, a raíz de que posee elevaciones significativas y pendientes pronunciadas que superan el 30% en áreas rocosas. De manera similar se caracterizan las pendientes moderadas como relieve ondulado, debido a que presenta alternancia de pequeñas elevaciones y depresiones con pendientes que oscilan entre el 2% y el 30%. Se realizará un análisis más detallado de la pendiente en la zona donde se va a implantar la vivienda para adicionalmente evaluar la estabilidad del suelo mediante ensayos geotécnicos, geológicos en esa precisa ubicación,

**Figura 8**  
**Identificación de Pendientes**



UBICACIÓN: NOROESTE DE LA QUINTA	
PENDIENTE	>30%
CARACTERIZACIÓN	RELIEVE MONTAÑOSO
ELEVACIÓN MÁXIMA	1414 m



UBICACIÓN: SUROESTE DE LA QUINTA	
PENDIENTE	2% < PENDIENTE < 30%
CARACTERIZACIÓN	RELIEVE ONDULADO
ELEVACIÓN MÍNIMA	1351 m

**Nota.** La imagen muestra la ubicación de pendientes moderadas y pronunciadas dentro de la zona de estudio. Elaborado por: El autor.

- **Cuerpos de Agua:** Se identificaron 2 de cuerpos de agua, los cuales se tratan de quebradas; la quebrada “El Chiro” (al oeste de la quinta) y la quebrada “La Capilla” (al sur de la quinta). La delimitación de las zonas de drenaje natural debe ser protegida y debe considerarse en futuros proyectos para evitar posibles problemas de inundación en los cuerpos de agua antes mencionados.

**Figura 9**  
*Quebrada “El Chiro”*



*Nota.* La imagen muestra el cauce de la quebrada El Chiro. Elaborado por: El autor

**Figura 10**  
*Quebrada “La Capilla”*



*Nota.* La imagen muestra el cauce de la quebrada La Capilla. Elaborado por: El autor

#### 4.1.3 Infraestructuras existentes

- **Vías de Acceso:** La vía principal de acceso a la quinta, se trata de una vía de tercer orden que se identifica en el plano; facilitando la planificación de futuros accesos y carreteras internas.

**Figura 11**  
*Vía de Acceso*



*Nota.* La imagen muestra la vía de acceso a la quinta. Elaborado por: El autor

- **Edificaciones:** La quinta cuenta únicamente con una pequeña cabaña improvisada de madera en estado añejo.

**Figura 12**  
*Estructuras existentes*



*Nota.* La imagen muestra la única estructura existente en el lugar. Elaborado por: El autor

## 4.2 Plano topográfico

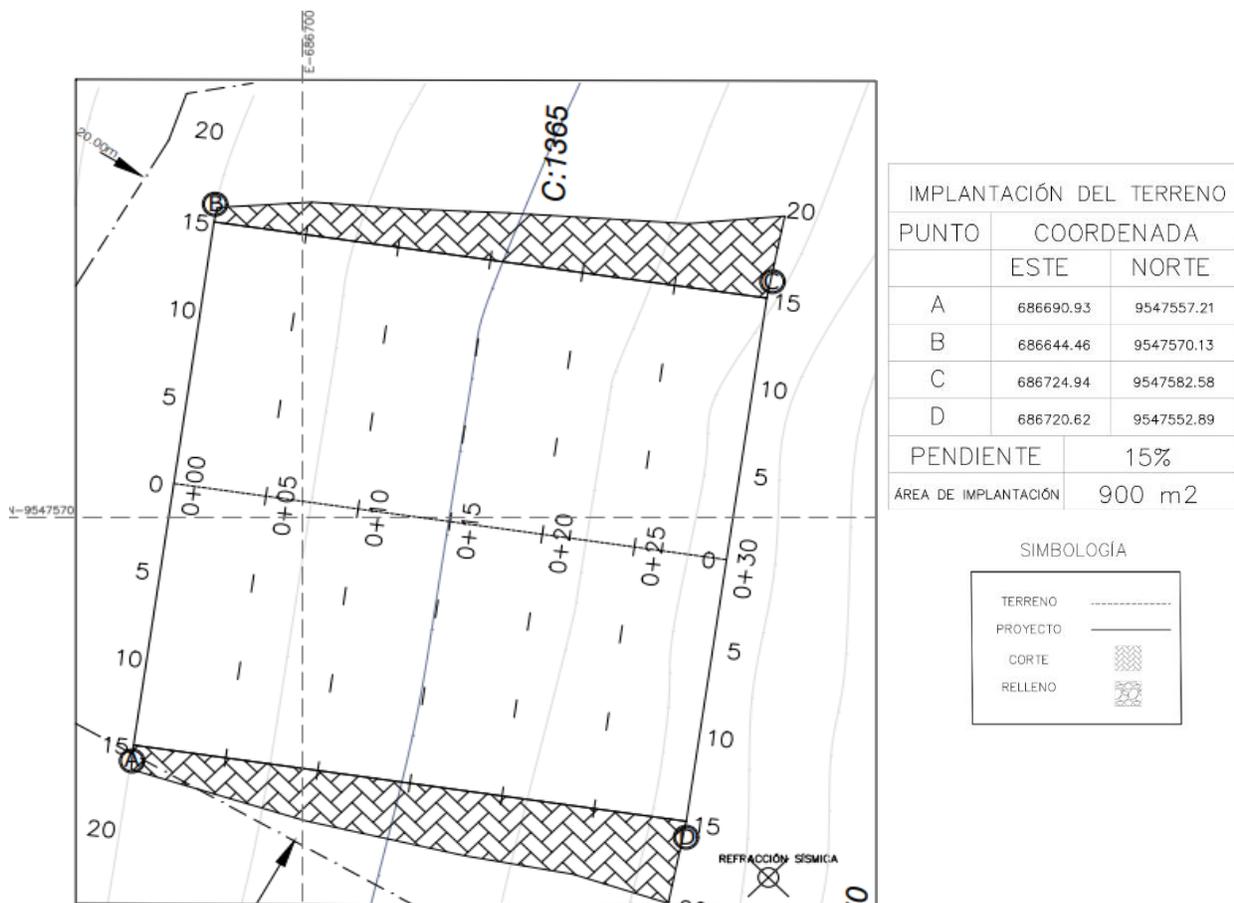
Los resultados del levantamiento topográfico se ven reflejados en el plano entregado al titular del terreno, por parte del ingeniero especialista encargado del levantamiento, el cual se muestra en el apartado de los anexos y que incluye información como: planimetría, cuadro de linderos, área global, simbología y ubicación.

## 4.3 Implantación del área de vivienda

Se recomienda realizar la implantación del terreno, en un área con pendientes moderadas, aproximadamente al (sur – oeste de la quinta); por lo tanto, se ha implantado el terreno de construcción de la siguiente manera:

**Figura 13**

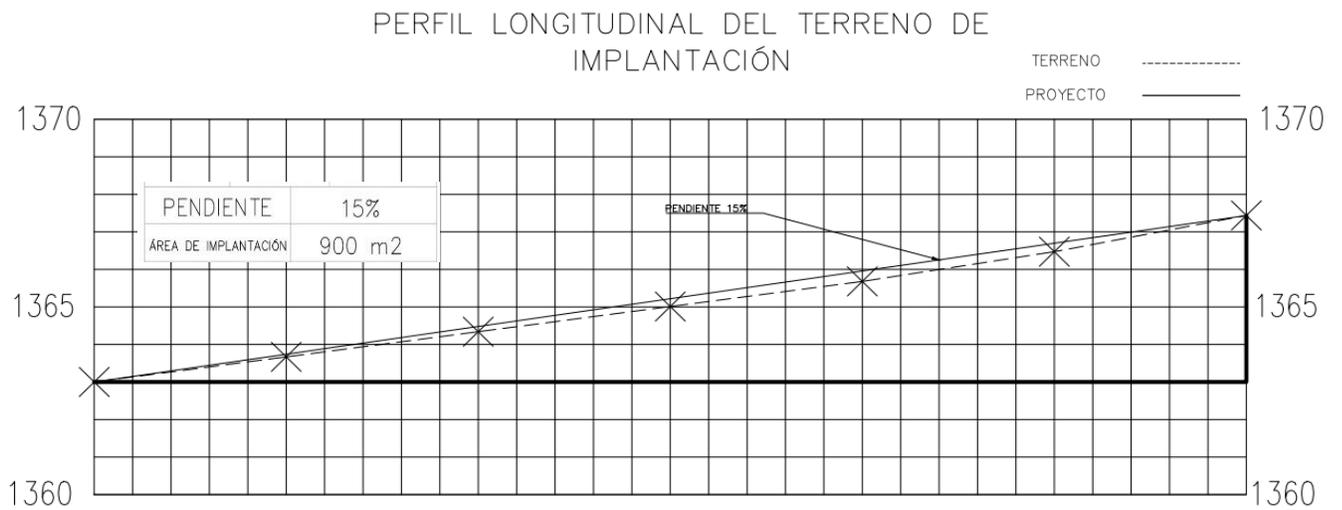
*Proyección de Implantación de Terreno*



*Nota.* La imagen muestra la proyección de la implantación del área de la vivienda dentro de la quinta. Elaborado por: El autor.

Es importante acotar que la topografía de la superficie terrestre a menudo presenta irregularidades y variaciones en la elevación. Incluso con equipos de medición de alta precisión, es difícil capturar todos los detalles del relieve, lo que lleva a cierta aproximación en la representación.

**Figura 14**  
*Proyección del Perfil Longitudinal del Terreno de Implantación*



COTAS	ABSCISA	0+00	0+05	0+10	0+15	0+20	0+25	0+30
	TERRENO		1363	1363.67	1364.34	1365.01	1365.68	1366.47
PROYECTO		1363	1363	1363	1363	1363	1363	1363

*Nota.* La imagen muestra el perfil longitudinal correspondiente al área que ocupa la vivienda.  
 Elaborado por: El autor.

## CAPÍTULO V

### ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO (SÍSMICA DE REFRACCIÓN)

Este apartado presenta los resultados de un ensayo de refracción sísmica llevado a cabo en la quinta ubicada en “los limos”, con el objetivo de evaluar las propiedades geotécnicas del subsuelo. El estudio se realizó utilizando la metodología del apartado 2.3.2 y tiene el objetivo de respaldar el diseño estructural de un proyecto específico. Se utilizaron técnicas avanzadas de refracción sísmica para obtener información detallada sobre las capas geológicas y las propiedades del suelo.

#### 4.4 Análisis del estudio geológico geotécnico

##### 4.4.1 Datos generales

- **Fecha del ensayo:** 07-Oct-2023
- **Tipo de ensayo:** Ensayo de refracción sísmica
- **Ubicación de línea sísmica:** El esquema muestra la ubicación de la línea sísmica con la disposición y coordenadas de los geófonos en el área de estudio.

**Tabla 18**

*Ubicación de la Línea Sísmica*

	<i>NORTE</i>	<i>ESTE</i>	<i>COTA (msnm)</i>
<i>Línea Sísmica (00,00 m)</i>	<i>9547575,00</i>	<i>686697,00</i>	<i>1363</i>
<i>Línea Sísmica (40,00 m)</i>	<i>9547545,36</i>	<i>686723,86</i>	<i>1369</i>

*Nota.* La tabla describe la ubicación de la línea sísmica. Fuente: Informe Geofísico “Sísmica de Refracción” correspondiente al proyecto (2023). Elaborado por: El autor.

- **Equipo:** Sismógrafo inalámbrico W2Z compuesto por geófonos, unidad MOM, unidad de disparo, martillo, placa y cables de conexión y extensión

**Figura 15**  
*Ensayo de Sísmica de Refracción*



*Nota.* La imagen muestra el desarrollo del ensayo de sísmica de refracción. Elaborado por: El autor.

#### **4.4.2 Resultados**

Con base a las ondas sísmicas captadas en este ensayo, se registraron sismogramas los cuales evalúan cómo varía el movimiento del suelo con el tiempo durante un evento sísmico, para generar dromocrona en base en la construcción de curvas que relacionan el tiempo de llegada de las ondas sísmicas y la distancia desde el epicentro de dicho evento sísmico.

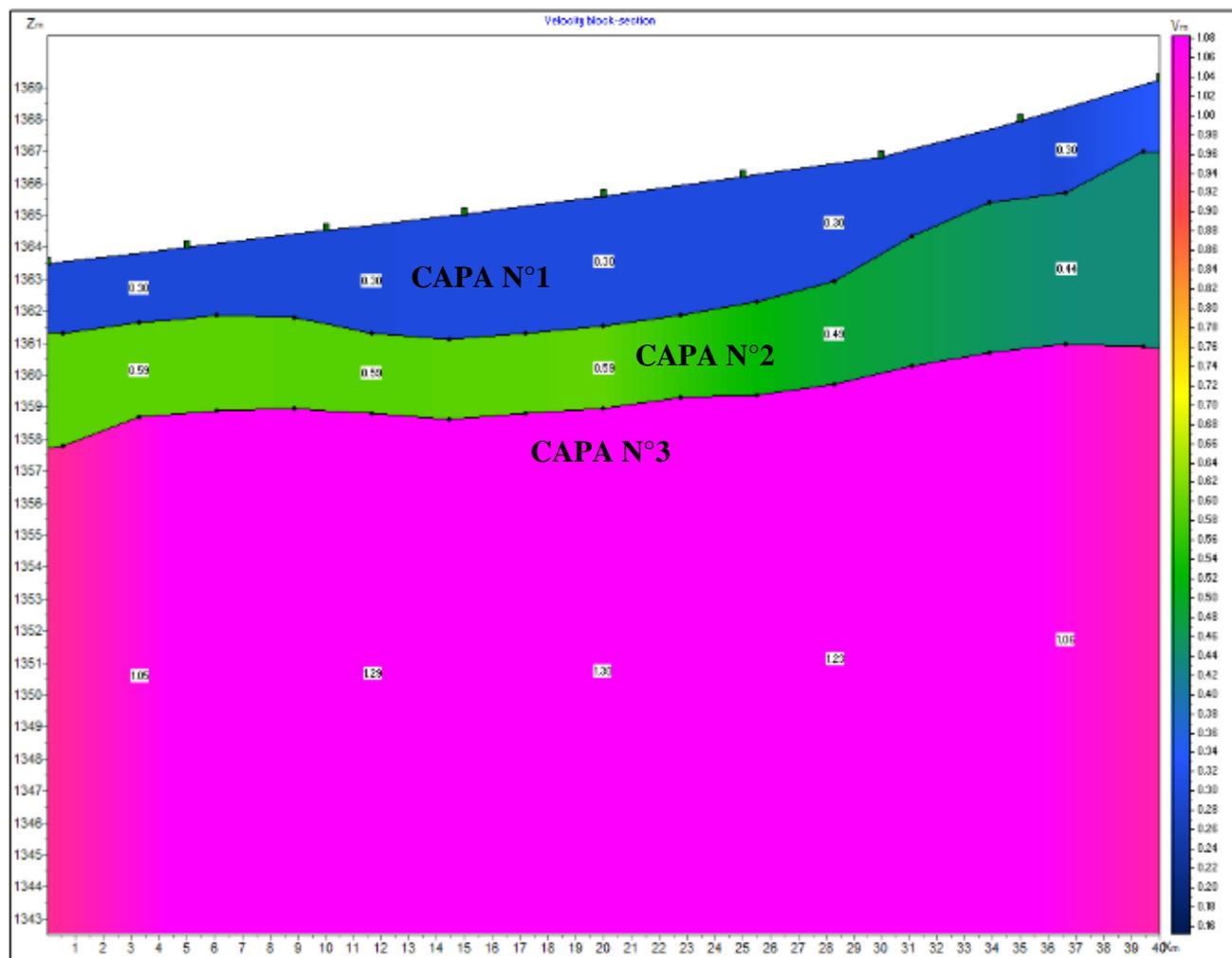
Este proceso es llevado a cabo para generar un perfil estratigráfico de la línea sísmica, caracterizando las velocidades de los estratos, el espesor y la correlación litológica de estos de acuerdo con la geología local como se muestra a continuación:

**Tabla 19**  
*Estratos Identificados*

<i>Estrato</i>	<i>VELOCIDAD SÍSMICA Ondas P(m/s)</i>	<i>ESPEORES (m)</i>	<i>TIPO DE MATERIAL ESTIMADO</i>
<i>1</i>	<i>300</i>	<i>0,00 – 4,00</i>	<i>Limo con arena y grava</i>
<i>2</i>	<i>540</i>	<i>4,00 – 6,70</i>	<i>Limo con arena y grava</i>
<i>3</i>	<i>1186</i>	<i>&gt; 6,70</i>	<i>Grava con arena</i>

*Nota.* La tabla muestra los estratos identificados en el ensayo. Fuente: Informe Geofísico “Sísmica de Refracción” correspondiente al proyecto (2023). Elaborado por: El autor.

**Figura 16**  
Estratos Identificados



*Nota.* La imagen muestra los estratos en base a su elevación topográfica. Fuente: Informe Geofísico “Sísmica de Refracción” correspondiente al proyecto (2023)

En el perfil geofísico del presente proyecto se identifican tres capas:

La primera capa, que se extiende desde 0,00 metros hasta 4,00 metros de profundidad, tiene una velocidad promedio de  $V_p = 300$  m/s y está compuesta por limo con arena y grava de baja consolidación. La segunda capa tiene una longitud desde los 4,00 metros hasta 6,70 metros de profundidad y presenta una velocidad promedio de  $V_p = 540$  m/s con contenido de limo con arena y grava de mediana consolidación como suelo de constitución.

Y por último se identifica una capa N°3, a partir de 6,70 metros de profundidad que tiene una velocidad promedio de  $V_p = 1186$  m/s y se infiere la presencia de grava con arena.

## 4.5 Análisis del comportamiento del suelo

### 4.5.1 Composición del suelo

El ensayo geológico – geotécnico identifica la variabilidad en la consolidación de los materiales que constituyen el lugar de estudio, desde baja hasta mediana. Lo cual sugiere la necesidad de un diseño óptimo de cimentación para garantizar la estabilidad de la estructura.

### 4.5.2 Movimiento de masa y fallamientos

La ausencia de movimientos de masa o fallamientos activos que fue identificada en el lugar de estudio es alentadora para la estabilidad estructural, pero es necesario monitorear continuamente la zona durante y después de la construcción para identificar posibles cambios en el comportamiento del suelo.

### 4.5.3 Muestreo y granulometría del lugar

Adicionalmente el ensayo geológico – geotécnico requiere un análisis granulométrico del suelo de estudio. Para efectuar el ensayo granulométrico de suelos se obtuvieron 2 muestras representativas de suelos, las cuales fueron tratadas en laboratorio con la finalidad de obtener sus propiedades mecánicas como se muestra a continuación:

**Tabla 20**  
*Propiedades del Suelo Muestreado*

<i>Propiedad mecánica</i>		<i>MUESTRA N1</i>	<i>MUESTRA N2</i>
<i>Humedad natural</i>	<i>H (%)</i>	<i>12.10</i>	<i>15.28</i>
<i>Limite líquido:</i>	<i>LL</i>	<i>44.50</i>	<i>42.00</i>
<i>Limite plástico:</i>	<i>LP</i>	<i>30.61</i>	<i>28.48</i>
<i>Índice de plasticidad</i>	<i>IP</i>	<i>13.89</i>	<i>13.52</i>
<i>Clasificación SUCS:</i>	<i>GRUPO</i>	<i>ML</i>	<i>ML</i>
<i>Color</i>	<i>COLOR</i>	<i>Café</i>	<i>Café</i>

*Zona de estudio*



*Nota.* La tabla muestra las propiedades del suelo. Fuente: Informe Geofísico “Sísmica de Refracción” correspondiente al proyecto (2023). Elaborado por: El autor.

#### **4.5.4 Análisis de granulometría del lugar**

El ensayo de sísmica de refracción previo a la construcción de una vivienda revela la presencia de suelos clasificados como "Limos Orgánicos con Ligera Plasticidad Con Arena y Gravas (ML)" en ambas muestras representativas. Este hallazgo plantea desafíos significativos desde el punto de vista del diseño estructural. Los suelos ML presentan comportamiento mecánico variable, lo que implica consideraciones especiales para adaptarse a posibles cambios en la consistencia y resistencia del suelo en consecuencia de factores ambientales. Asimismo, la naturaleza de limos orgánicos con ligera plasticidad con arena y gravas sugiere potencial de contracción y expansión, lo cual puede dar lugar a asentamientos diferenciales y movimientos en la estructura.

Se debe prever la posibilidad de problemas de estabilidad, especialmente en eventos sísmicos, y abordarlos mediante medidas estructurales y geotécnicas adecuadas. El manejo eficaz del agua se convierte en una prioridad, ya que los suelos ML pueden retener agua, afectando la capacidad de carga del suelo. La implementación de sistemas de drenaje efectivos es esencial para prevenir la saturación del suelo y garantizar la estabilidad a largo plazo.

## 4.6 Características mecánicas y capacidad portante del suelo

La caracterización mecánica y la capacidad portante del suelo mediante un ensayo de exploración indirecta, como la sísmica de refracción, se logra interpretando las velocidades de onda y la densidad del material, así como correlacionando parámetros de elasticidad como el módulo de Poisson. Este análisis considera cuerpos homogéneos e isotrópicos y utiliza coeficientes de elasticidad (Módulo de Young), rigidez (Módulo de Cizallamiento) y volumétrico (Módulo de Incompresibilidad). Todos estos datos se emplean para correlacionar el número de golpes (SPT) con la velocidad de propagación de las ondas sísmicas, determinando así la capacidad admisible del suelo en estudio.

A continuación, se muestra una tabla con los parámetros mecánicos y la capacidad portante del suelo identificados en las capas de suelo que se mencionaron previamente:

**Tabla 21**  
*Propiedades Mecánicas del Suelo*

<i>Caracterización Mecánica</i>	<i>CAPA N°1</i>	<i>CAPA N°2</i>	<i>CAPA N°3</i>
<i>Coefficiente de Poisson (<math>\mu</math>)</i>	0,23	0,28	0,38
<i>Densidad (<math>\delta</math>)</i>	1,860 T/m <sup>3</sup>	1,949 T/m <sup>3</sup>	2,119 T/m <sup>3</sup>
<i>Ángulo de fricción (<math>\phi</math>)</i>	21,0°	28,0°	38,0°
<i>Coefficiente de elasticidad (E)</i>	14700,09 kg/cm <sup>2</sup>	45278,74 kg/cm <sup>2</sup>	162715,89 kg/cm <sup>2</sup>
<i>Coefficiente de rigidez (G)</i>	5972,31 kg/cm <sup>2</sup>	17681,26 kg/cm <sup>2</sup>	58972,84 kg/cm <sup>2</sup>
<i>Coefficiente volumétrico (K)</i>	23753,55 kg/cm <sup>2</sup>	59654,88 kg/cm <sup>2</sup>	117562,25 kg/cm <sup>2</sup>
<i>N 30</i>	8	15	33
<i>Carga admisible</i>	0,83 kg/cm <sup>2</sup>	1,51 kg/cm <sup>2</sup>	3,35 kg/cm <sup>2</sup>
<i>Carga última</i>	2,49 kg/cm <sup>2</sup>	4,54 kg/cm <sup>2</sup>	10,04 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota.* La tabla muestra las propiedades del suelo en base de cada estrato identificado.  
Fuente: Informe Geofísico “Sísmica de Refracción” correspondiente al proyecto (2023)

### 4.6.1 Análisis del Material de mejoramiento

El informe del ensayo de refracción sísmica, conforme a las “Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes MOP-001-F 2002”, evalúa que el terreno del estudio, compuesto por limo con arena y grava de baja consolidación presenta alta compresibilidad y asentamientos.

Por lo tanto, es necesario reemplazar el suelo natural bajo las estructuras de cimentación con material de mejoramiento, con un espesor mínimo de 0,50 metros (50,0 centímetros).

El suelo de mejoramiento recomendado debe tener las siguientes características:

**Tabla 22**  
*Mejoramiento del Suelo*

<i>Suelo de Mejoramiento</i>	<i>Características</i>
<i>Tipo de Material</i>	- Suelo granular, material rocoso o combinaciones de ambos. - El suelo debe ser libre de material orgánico y escombros.
<i>Granulometría</i>	- La granulometría debe permitir que todas las partículas pasen por un tamiz de cuatro pulgadas (100 mm) y que no más del 20% pase el tamiz N°200 (0,075 mm). - La fracción que pase el tamiz N°40 (0,425 mm) debe tener un índice de plasticidad no mayor de 9 (IP = 9)
<i>Procedimiento de Colocación</i>	- El material se dispondrá en capas. - Se compactará hasta alcanzar como mínimo el 95% de su densidad máxima de laboratorio.

*Nota.* La tabla muestra los detalles que influyen en el mejoramiento del suelo. Fuente: Informe Geofísico “Sísmica de Refracción” correspondiente al proyecto (2023)

Con el aporte mecánico del material de mejoramiento, se considerará una carga admisible corregida para el análisis y diseño estructural del sistema de cimentación recomendada. Los valores de los parámetros geotécnicos son los siguientes:

**Tabla 23**  
*Parámetros Geotécnicos*

<i>Carga admisible (<math>q</math> admisible)</i>	<i>Carga última (<math>q</math> último)</i>	<i>Densidad (<math>\delta</math>)</i>	<i>Ángulo de fricción</i>
1,140 kg/cm <sup>2</sup>	3,420 kg/cm <sup>2</sup>	2,170 T/m <sup>3</sup>	36,0°
<i>Módulo de Balasto (<math>K</math> Balasto)</i>			
2162.87 T/m <sup>3</sup>			

*Nota.* La tabla muestra los parámetros geotécnicos considerados en el diseño de cimentaciones. Fuente: Informe Geofísico “Sísmica de Refracción” (2023).

#### 4.6.2 Caracterización de la capacidad portante del suelo

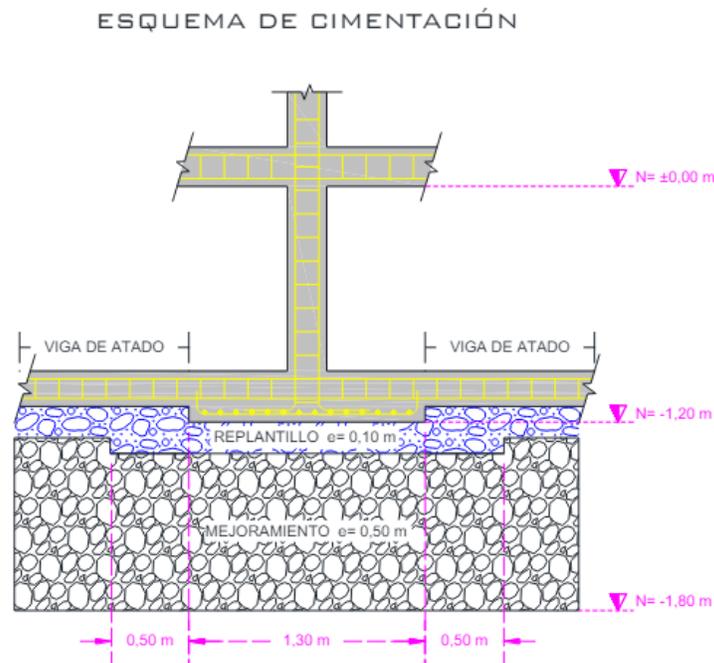
Un suelo caracterizado como "Limos Orgánicos con Ligera Plasticidad con Arena y Gravas (ML)" el cual en estado natural (sin mejoramiento) tiene una carga admisible de 0,83 kg/cm<sup>2</sup>, es clasificado como un suelo "muy malo" debido a su baja capacidad de carga, a su alta compresibilidad y retención de agua, por lo que disminuye su capacidad para soportar estructuras

sin intervenciones significativas. Mientras que, con el mejoramiento respectivo, la carga admisible aumenta a  $1,14 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual lo clasifica como un suelo "malo", de manera que, aunque se mejore su capacidad de carga, sigue siendo baja en comparación con suelos de mejor calidad, de manera que requiere un análisis estructural exhaustivo en las cimentaciones para garantizar la estabilidad.

#### 4.7 Análisis del sistema de cimentación propuesto

Con lo analizado en los anteriores apartados, el informe geológico – geotécnico propone la utilización de una cimentación con tipología de plintos aislados, con una sección de 1,30 metros, con vigas de atado; cuya profundidad de apoyo de las estructuras de cimentación será mayor o igual a 1,20 metros, medidos desde el nivel actual del terreno natural. Cabe resaltar, que la cimentación recomendada, representa únicamente un criterio orientativo sin fundamento mecánico y normativo por lo que el análisis y diseño del sistema de cimentación, se define en los siguientes apartados.

**Figura 17**  
*Cimentación Propuesta*



*Nota.* La imagen muestra el sistema de cimentación propuesto. Fuente: Informe Geofísico “Sísmica de Refracción” correspondiente al proyecto (2023)

## CAPÍTULO VI

### ESTUDIO ARQUITECTÓNICO

A continuación, se exponen los resultados del estudio arquitectónico correspondiente a la vivienda a edificar en el presente proyecto; el cual incluye un plano arquitectónico y un render. En este análisis exhaustivo, se exploran minuciosamente las características específicas de la vivienda, las cuales se fundamentan en las solicitudes y necesidades expresadas por el titular del proyecto, priorizando sus requerimientos para la planificación y diseño estructural de la residencia. Se puede contemplar el plano arquitectónico junto con su render en el apartado de anexos.

#### 4.8 Análisis del estudio arquitectónico

##### 4.8.1 Datos generales

- **Ubicación:** Este apartado presenta el diseño arquitectónico de una futura vivienda de dos plantas ubicada en una quinta perteneciente a el Barrio "Los Limos", Parroquia El Tambo, Cantón Catamayo, Provincia de Loja.
- **Propuesta:** La propuesta busca integrar estructuras metálicas, ladrillo visto y grandes ventanales en un estilo minimalista.
- **Contenido:** Plano arquitectónico renderizado

#### **Figura 18**

##### *Fachada Frontal*



*Nota.* La imagen muestra la fachada frontal en 3D. Elaborado por: El autor.

#### 4.8.2 Distribución

Es de gran importancia realizar un análisis de la distribución arquitectónica de una vivienda, ya que permite planificar de manera integrada y coordinada el diseño estructural y el diseño de instalaciones (eléctricas e hidrosanitarias), de manera que se pueda adaptar un modelo estructural que se ajuste a la vivienda, al igual que se pueda optimizar un correcto recorrido de tuberías y conductos al ubicar estratégicamente puntos de uso, reduciendo costos y pérdidas, y facilitando el mantenimiento de instalaciones. En definitiva, una correcta distribución arquitectónica garantiza adaptabilidad a un modelo estructural y asegura que las instalaciones sean eficientes, seguras y funcionales, mejorando la calidad de vida de los ocupantes.

**Figura 19**  
*Distribución Espacial*



VISTA EN PLANTA

*Nota.* La imagen muestra las vistas en planta en 3D. Elaborado por: El autor.

## 4.9 Implementación del estudio arquitectónico de la vivienda

Se presenta un análisis detallado de los elementos y sistemas estructurales de la presente edificación. Esta evaluación tiene como objetivo principal definir un sistema estructural eficiente, seguro y funcional.

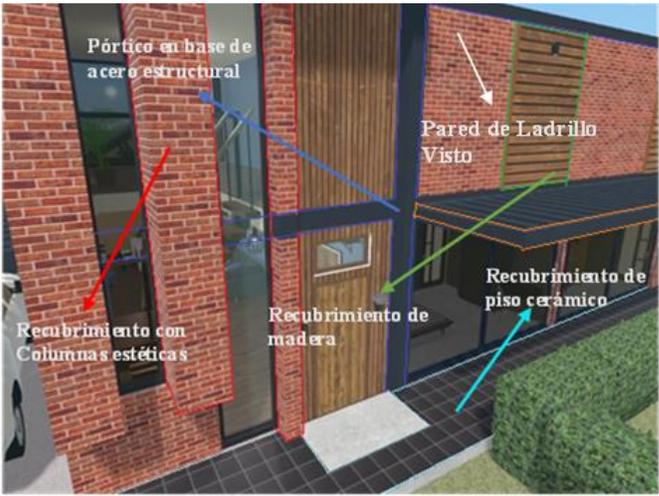
### 4.9.1 Revisión de materiales y detalles constructivos

En conjunto, la combinación de estructuras metálicas, ladrillo visto, grandes ventanales en un estilo minimalista demuestra una cuidadosa consideración de aspectos estéticos, funcionales y de sostenibilidad en el diseño y construcción de la vivienda. La revisión detallada de materiales y detalles constructivos en un estudio arquitectónico es determinante para calcular con precisión las cargas muertas en el apartado de diseño estructural.

A continuación, se muestra una tabla resumen de los materiales que constituyen la vivienda:

**Tabla 24**

*Revisión de Materiales que Constituyen la Vivienda*

Material	Descripción
Acero estructural	
Ladrillo visto	
Grandes ventanales	
Recubrimientos	

*Nota.* La imagen muestra los materiales utilizados en la vivienda. Elaborado por: El autor.

## 4.9.2 Configuración estructural

Este análisis se realiza con el objetivo de comprender y optimizar la respuesta de la estructura ante cargas y condiciones específicas, asegurando la estabilidad, resistencia y funcionalidad del conjunto de la vivienda.

### 4.9.2.1 Regularidad en planta

La vivienda exhibe una irregularidad en planta, como indica el apartado 2.4.7, rompiendo con la tradicional geometría rectangular. La disposición no convencional de bloques puede crear una distribución más dinámica y personalizada de los espacios interiores, permitiendo una adaptación única al terreno y a las preferencias del propietario.

#### Figura 20

*Vista en Planta "Cubierta"*



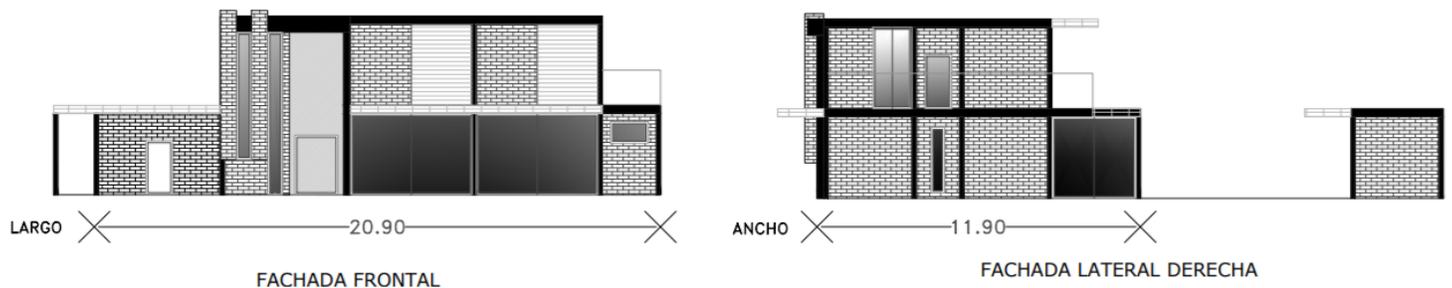
*Nota.* La imagen muestra la vista en planta de la cubierta en 3D. Elaborado por: El autor.

Aunque la irregularidad puede ser parte del diseño minimalista, se sugiere realizar un análisis estructural detallado en la torsión de la edificación para garantizar que esta disposición no comprometa la estabilidad. La introducción de elementos estructurales estratégicos, diagonales adicionales, puede ayudar a mantener la estabilidad en áreas críticas.

#### 4.9.2.2 Regularidad en elevación

La relación constante entre el largo y el ancho de la vivienda, en la cual el largo de la vivienda debe ser menos de 4 veces el ancho de la misma, contribuye a una regularidad en la elevación.

**Figura 21**  
*Relación Largo/Ancho de la Vivienda*



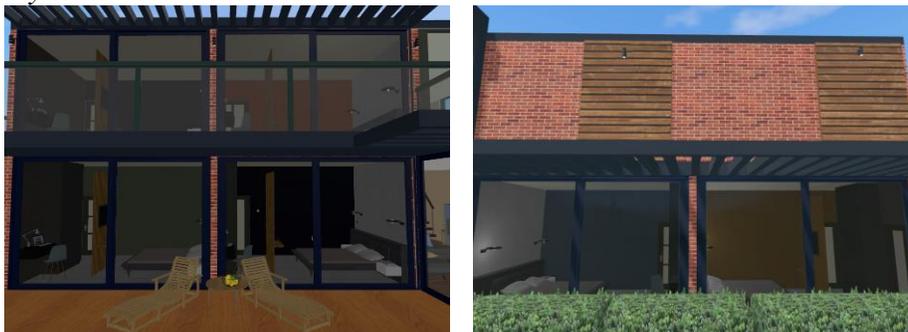
*Nota.* La imagen muestra la relación largo/ancho de la vivienda. Elaborado por: El autor.

Aprovechar esta regularidad puede simplificar la distribución de cargas y mejorar la estabilidad estructural. Se aconseja mantener una cuidadosa planificación en la disposición de las cargas y asegurar que los elementos estructurales se distribuyan de manera equitativa.

#### 4.9.2.3 Simetría

La vivienda minimalista rompe con la simetría convencional en las fachadas. Las puertas y ventanas no siempre tienen las mismas dimensiones ni se distribuyen de manera simétrica en ambos pisos. Esta asimetría puede agregar interés visual y expresar la individualidad del diseño.

**Figura 22**  
*Simetría y Asimetría de la Vivienda*



*Nota.* La imagen muestra la vista de simetría y asimetría en 3D. Elaborado por: El autor.

En el apartado de diseño estructural se asegurará que la asimetría no comprometa la integridad estructural. Se puede incorporar elementos estructurales adicionales, como refuerzos locales o columnas estratégicas, para compensar desequilibrios y garantizar la resistencia de la estructura.

#### **4.9.2.4 Voladizo**

Para solucionar un voladizo en una estructura aporticada de acero, se realiza un análisis exhaustivo de las cargas actuantes, diseñando una viga de voladizo adecuada para soportar dichas cargas con la finalidad de que garantice su funcionalidad en la estabilidad y en la resistencia estructural.

### **4.10 Definición del sistema estructural**

Los pórticos intermedios a momento son esenciales en la construcción por su capacidad para resistir momentos flexionantes, distribuir eficientemente las cargas, adaptarse a un diseño arquitectónico minimalista y a geometrías no convencionales, ya que permiten una construcción rápida, durable bajo mantenimiento, y ser compatibles con sistemas de techos y pisos.

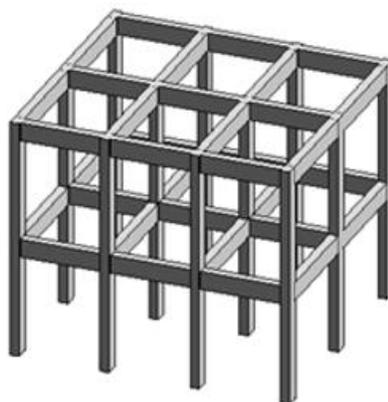
Esta versatilidad y resistencia los convierte en una opción ideal para estructuras que requieren estabilidad, eficiencia y adaptabilidad arquitectónica.

Adicionalmente, en la construcción de viviendas, en las cuales el tipo de suelo se clasifica como “malo”, se justifica la elección de un pórtico tipo IMF (Moment Frame Intermedio) principalmente por su capacidad para resistir cargas sísmicas y proporcionar un nivel adecuado de flexibilidad y rigidez. Mientras que los pórticos OMF (Moment Frame Ordinario) son apropiados para edificios de baja altura con cargas sísmicas moderadas, y los SMF (Moment Frame Simple) se reservan para estructuras más grandes que requieren alta resistencia sísmica y rigidez.

Por lo tanto, el pórtico intermedio a momento propuesto aportará con la configuración vertical, manteniendo continuidad desde la cimentación hasta el elemento que se encuentre inmediatamente arriba.

**Figura 23**

*Pórtico resistente a momentos*



**Porticos**

*Nota.* La imagen muestra la representación de un pórtico. Elaborado por: El autor

## CAPÍTULO VIII

### ANÁLISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

El objetivo primordial de este apartado es presentar una visión integral del diseño estructural propuesto mediante el diseño por última resistencia (LRFD), abordando aspectos clave como la distribución de cargas, pre-dimensionamiento, modelación de estructura, diseño de elementos, cimentación, conexiones y la estabilidad global del edificio. Asimismo, se destacará la importancia de cumplir con las normativas locales y los estándares de construcción, asegurando así la seguridad y legalidad del proyecto.

#### 5.1 Geometría del proyecto

El presente proyecto diseñará una edificación en base de estructura metálica destinada a vivienda de dos pisos, la última losa se propone para cubierta inaccesible. La edificación consta de una altura de entrepiso de 3 metros, estas alturas dan el espacio suficiente para colocar instalaciones eléctricas, sanitarias, de aire acondicionado, entre otras. La altura total de la estructura, medida desde el nivel de la placa de anclaje es de 6 metros, la figura 35 muestra la estructura en vista isometría, y las figuras 36 y 37 incluyen la vista de elevación y de planta de un piso típico.

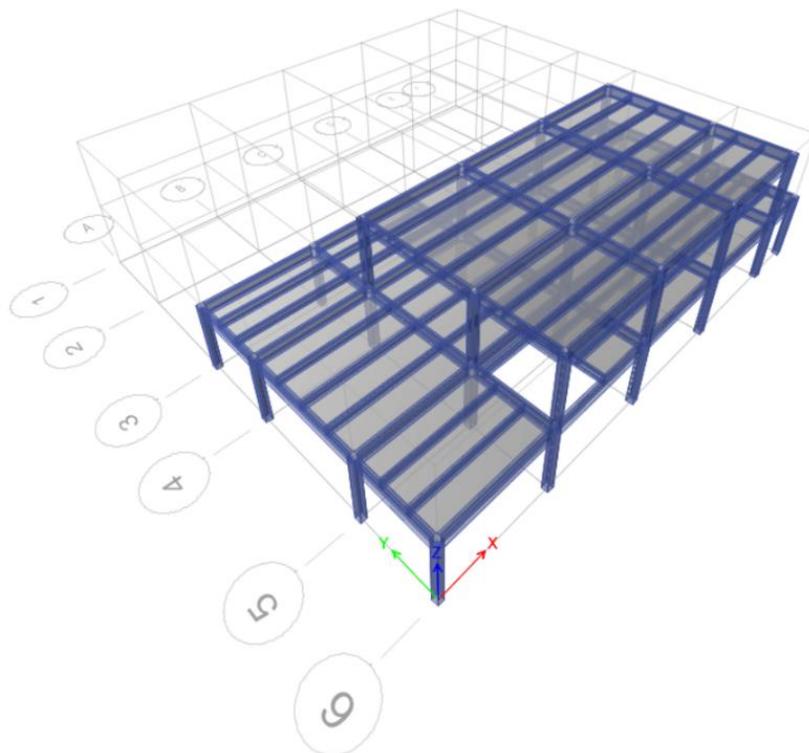
**Tabla 25**

*Características Arquitectónicas del Proyecto*

<b>Descripción del Proyecto</b>	
Uso del proyecto	Residencial
Número de plantas	2
Altura de entrepiso	3m
Altura total	6m

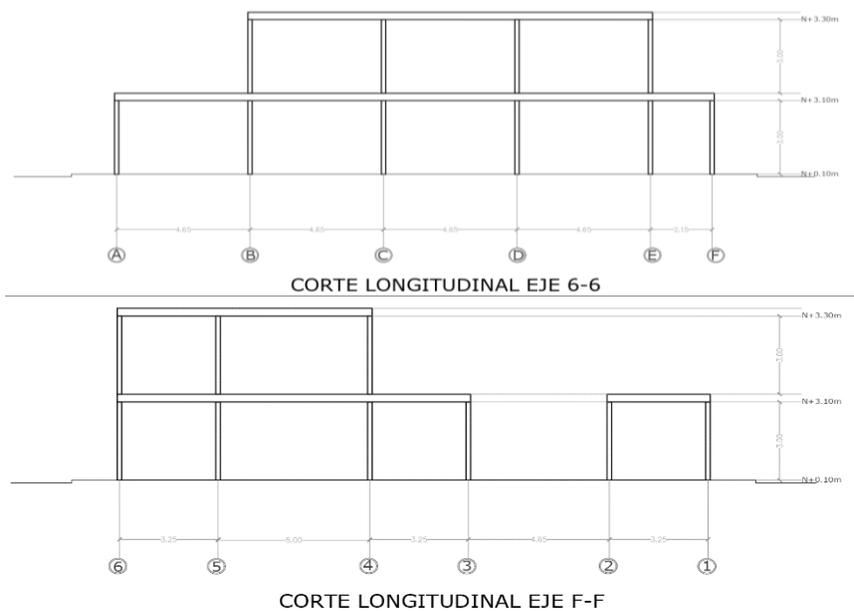
*Nota.* La tabla muestra las características arquitectónicas del proyecto. Elaborado por: El autor

**Figura 24**  
*Vista Isométrica (ETABS)*



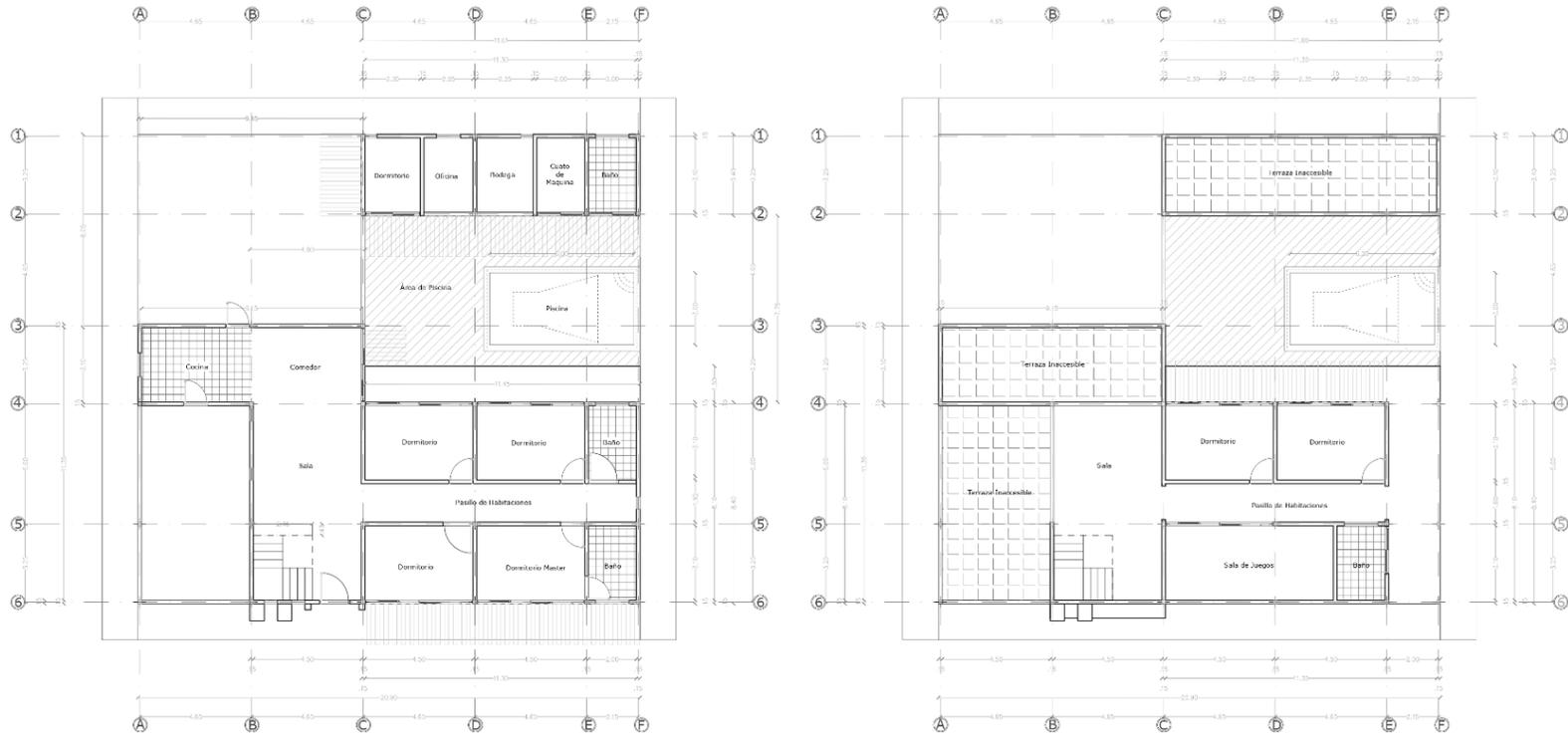
Elaborado por: El autor.

**Figura 25**  
*Vistas en Elevación*



Elaborado por: El autor.

**Figura 26**  
**Vistas en Planta**



VISTA EN PLANTA "PLANTA BAJA"  
Elaborado por: El autor.

VISTA EN PLANTA "PLANTA ALTA"

## 5.2 Chequeo de estabilidad estructural

Se realiza un chequeo de derivas en el modelo para evaluar las deformaciones laterales de la estructura. Se analizan las derivas en las diferentes plantas y se verifica que los valores estén dentro de los límites permitidos por la normativa NEC-SE-DS, según el apartado **2.5.17 (Derivas de piso)**; con la presente ecuación que define la deriva inelástica, teniendo en cuenta que la máxima inclinación permitida para cada piso no superará el valor de 2% que identifica al límite de inclinación inelástica especificada.

$$\Delta M = 0.75 * R * \Delta E$$

**Tabla 26**  
*Chequeo de Derivas*

TABLE: Story Drifts						
Piso	Output Case	Deriva Elástica	Deriva Inelástica			$\Delta in < 2\%$
		ETABS	$\Delta M = 0.75 * R * \Delta E$	%	Condición	
N+6.10 m	SEX	0.001601	0.005403	0.54%	0.54% < 2%	<b>CUMPLE</b>
N+6.10 m	SEY	0.001879	0.006342	0.63%	0.63% < 2%	<b>CUMPLE</b>
N+3.10 m	SEX	0.001404	0.004739	0.47%	0.47% < 2%	<b>CUMPLE</b>
N+3.10 m	SEY	0.001739	0.005869	0.59%	0.59% < 2%	<b>CUMPLE</b>

Elaborado por: El autor.

### 5.3 Materiales

Las propiedades de los materiales que se emplearán en la estructura se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 27**  
*Materiales que Constituyen el Proyecto*

Materiales – Acero Estructural ASTM A36	
Esfuerzo de fluencia del acero estructural (fy)	$f_y = 36 \text{ksi} = 2531.05 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
Módulo de elasticidad del acero estructural (E)	$E = 29000 \text{ksi} = 2038901.781 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
Materiales – Hormigón	
Resistencia a la compresión del hormigón (f'c)	$f'_c = 21 \text{MPa} = 214.07 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$
Módulo de elasticidad para el hormigón (Ec)	$E_c = 4.7 * \sqrt{f'_c} = 219627.56 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Elaborado por: El autor

### 5.4 Análisis de cargas correspondientes a la vivienda

Conforme a las especificaciones de la NEC-SE-CG se realiza el presente análisis de cargas.

#### 5.4.1 Carga muerta – sobrecarga ( $CM_{\text{Sobrecarga}}$ )

##### 5.4.1.1 Muros de mampostería ( $CM_{\text{Sobrecarga}}$ )

Para obtener el valor de carga muerta correspondiente a muros de mampostería en unidades de carga por metro cuadrado, se debe multiplicar el peso específico del ladrillo (ladrillo visto) utilizado, por el espesor (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) que tiene el ladrillo en un metro de pared.

Por lo tanto, la normativa NEC-SE-CG (2015) detalla el peso unitario de los materiales.

$$\gamma_{Ladrillo} = 10 \frac{kN}{m^3} = 1019.716 \frac{kg}{m^3}$$

Los distintos catálogos comerciales, nos proporciona detalles (cant./m<sup>2</sup>, medidas, peso/lbs) sobre el ladrillo “visto”; elegido por el titular del proyecto, el cual se presenta a continuación. La configuración de los muros de mampostería es tipo sogá

**Tabla 28**  
*Características de Ladrillo Visto*

Ladrillo Visto (Catálogo)			
			
Bloque Visto	Aparejo tipo sogá (apartado 2.5.6.8.1)		
Detalle	Bloque 3 huecos		
Cant./ m <sup>2</sup>	30	Ladrillos/m <sup>2</sup>	
Peso	4.082	kg	
Dimensiones:	Junta		
Longitud:	0.3	m	
Altura:	0.09	m	0.015 m
Espesor:	0.15	m	

*Nota.* La figura muestra detalles correspondientes a ladrillo visto, cerámico hueco. Fuente: KUBIEC (2023).

El volumen de los ladrillos se obtiene multiplicando el largo, ancho, espesor y el número de ladrillos que encajan en un m<sup>2</sup>. También se obtiene el espesor de ladrillos dividiendo el volumen de los ladrillos entre un m<sup>2</sup>; para finalmente obtener el valor de carga muerta en unidades de  $\frac{kg}{m^2}$ .

$$Volumen_{Ladrillos} = (0.3m * 0.09m * 0.15m)(30) = 0.122m^3$$

$$Espesor_{Ladrillos} = \frac{Volumen_{Ladrillos}}{1m^2} = 0.122 \text{ m}$$

$$CM_{Ladrillos} = \gamma_{Ladrillo} * Espesor_{Ladrillos} = 123.896 \frac{kg}{m^2}$$

#### 5.4.1.2 Juntas de mortero entre ladrillos ( $CM_{Sobrecarga}$ )

Tal y como se aprecia en la figura 38, la configuración de las juntas se calcula con la misma metodología vista anteriormente, teniendo en cuenta que el espesor del muro es equivalente al espesor del ladrillo utilizado. Cabe recalcar que la dosificación habitual del mortero que se usa para la configuración de muros de mampostería con ladrillo visto es de 1 parte de cemento por 3 partes de arena.

#### Figura 27

Configuración de Juntas



Nota. La figura muestra la configuración de juntas de los muros de la estructura. Elaborado por: El autor

$$\gamma_{JuntasMortero} = 20 \frac{kN}{m^3} = 2039.432 \frac{kg}{m^3}$$

$$Volumen_{Muros} = (1m * 1m * 0.15m) = 0.15m^3$$

$$Volumen_{JuntasMortero} = Volumen_{Muros} - Volumen_{Ladrillos} = 0.029m^3$$

$$Espesor_{JuntasMortero} = \frac{Volumen_{JuntasMortero}}{1m^2} = 0.029 \text{ m}$$

$$CM_{JuntasMortero} = \gamma_{JuntasMortero} * Espesor_{JuntasMortero} = 58.124 \frac{kg}{m^2}$$

Con la sumatoria de las cargas muertas obtenidas anteriormente podemos determinar la carga muerta del muro de mampostería.

$$CM_{Paredes} = CM_{Ladrillos} + CM_{JuntasMortero} = 182.019 \frac{kg}{m^2}$$

#### 5.4.1.3 Instalaciones ( $CM_{Sobrecarga}$ )

La normativa específica que el diseñador obtendrá la información por medio del distribuidor de las instalaciones.

Aun así, a causa de la dificultad de cuantificar la carga muerta de instalaciones, R.C. Hibbeler, en su libro de análisis estructural sugiere un listado del peso de los componentes de construcción más comunes, en el que se describe un valor característico de viviendas para la carga de instalaciones “generales”, por lo tanto:

$$CM_{Instalaciones} = 20 \frac{kg}{m^2}$$

#### 5.4.1.1 Acabados de piso ( $CM_{Sobrecarga}$ )

Utilizando el peso específico de la baldosa cerámico especificado en la norma y junto con el espesor de dicha baldosa cerámica, se obtiene su respectiva carga.

$$\gamma_{BaldosaCerámica} = 18 \frac{kN}{m^3} = 1835.489 \frac{kg}{m^3}$$

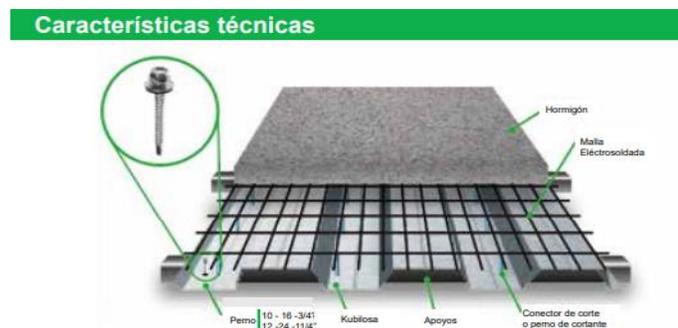
$$Espesor_{BaldosaCerámica} = 3.268 \text{ cm} = 0.03268 \text{ m}$$

$$CM_{AcabadosPiso} = \gamma_{BaldosaCerámica} * Espesor_{BaldosaCerámica} = 60 \frac{kg}{m^2}$$

#### 5.4.2 Carga muerta – peso propio de elementos ( $CM_{PP}$ )

Utilizando los datos suministrados en los catálogos del fabricante, se lleva a cabo una determinación preliminar del dimensionamiento de la placa colaborante o steel deck. La sección transversal de la placa colaborante comercial se muestra en la siguiente figura.

**Figura 28**  
Características Técnicas de una Losa Colaborante



*Nota.* La figura muestra la constitución del panel “kubilosa”. Fuente: KUBIEC (2023).

En el presente análisis, se tomarán en cuenta los siguientes componentes: una placa colaborante de acero, comúnmente conocida como "deck" metálico, con un espesor de 0,76 [mm];

una losa de hormigón de 12 cm de espesor (espesor generalmente utilizado en viviendas), medidos sobre la cresta del "deck", cuya resistencia de diseño a la compresión es de 210 kg/cm<sup>2</sup>; revestimiento cerámico como acabado del piso y, finalmente, las instalaciones correspondientes.

#### 5.4.2.1 Cubierta ( $CM_{PP}$ )

Los catálogos comerciales nos especifican el peso del steel deck utilizada como cubierta y cubierta de entrepiso en unidades de carga (kg/m<sup>2</sup>) como se muestra en la siguiente tabla.:

**Tabla 29**  
*Propiedades del Panel Steel Deck*

<b>ESPEJOR</b>	<b>PESO</b>	<b>Is (+)</b>	<b>Is (-)</b>	<b>Ss (+)</b>	<b>Ss (-)</b>
(mm)	(kg/m <sup>2</sup> )	(cm <sup>4</sup> /m)	(cm <sup>4</sup> /m)	(cm <sup>3</sup> /m)	(cm <sup>3</sup> /m)
0.65	6.37	29.30	28.86	9.61	14.54
0.70	6.85	32.29	31.83	10.72	15.71
0.76	7.44	35.97	35.47	12.10	17.13

*Nota.* La figura muestra las propiedades del panel "kubilosa" el valor de carga por m<sup>2</sup>. Fuente: KUBIEC (2023).

$$CM_{panel} = 7.44 \frac{kg}{m^2}$$

#### 5.4.2.2 Malla electrosoldada ( $CM_{PP}$ )

Los catálogos de comerciales son muy completos y detallan la manera de seleccionar el tipo de malla para las características del presente proyecto. A continuación, se presenta la carga por metro cuadrado correspondiente a la malla electrosoldada de características U-71 (Refuerzo de temperatura en capa de compresión en Steel deck).

**Tabla 30**  
*Características Malla Electrosoldada*

<b>Malla</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Separación</b>	<b>Sección Acero</b>	<b>Peso</b>
Tipo de Malla	(mm)	(cm)	(mm/m)	Kg/Plancha (kg/m <sup>2</sup> )
U-71	4.25	20	71	16.91 1.13

*Nota.* La figura muestra cómo seleccionar el tipo de malla electrosoldada. Fuente: KUBIEC (2023).

$$CM_{Melectrosoldada} = 1.13 \frac{kg}{m^2}$$

### 5.4.2.3 Hormigón sobre la cresta ( $CM_{PP}$ )

Igual que con la malla electrosoldada, los catálogos de comerciales detallan el espesor del hormigón en relación del espesor del hormigón sobre la losa; por lo tanto, para obtener la carga por metro cuadrado, se debe multiplicar el peso específico del hormigón utilizado por dicho valor de espesor en unidades métricas.

$$\gamma_{Hormigón} = 24 \frac{kN}{m^3} = 2447.319 \frac{kg}{m^3}$$

**Tabla 31**

*Hormigón sobre la Cresta – Características*

	<i>Volumen de Hormigón / m2</i>	
	<i>Espesor de Losa (cm)</i>	<i>Hormigón (m3/m2)</i>
<i>Hormigón sobre la cresta.</i>	12	0.13954

*Nota.* La figura muestra el valor del hormigón en unidades métricas. Fuente: KUBIEC (2023).

De la misma manera que se calculó la carga correspondiente a muros de mampostería, se procede a determinar la carga muerta del hormigón sobre la cresta.

$$Espesor_{HormigónCresta} = 0.13954m$$

$$CM_{HormigonCresta} = \gamma_{Hormigón} * Espesor_{HormigónCresta} = 341.499 \frac{kg}{m^2}$$

$$CM_{Deck} = CM_{Panel} + CM_{Melectrosoldada} + CM_{HormigonCresta} = 350.069 \frac{kg}{m^2}$$

De manera similar a los procesos de obtención de cargas analizados anteriormente se obtiene la carga de los elementos estructurales:

### 5.4.2.4 Vigas principales ( $CM_{PP}$ )

A continuación, se muestra la manera de obtener la carga de vigas principales en unidades kg/m2.

$$CM_{VigaPrincipal} = \frac{PesoNeto_{VigaPrincipal}}{AreaTributaria_{VigaPrincipal}}$$

$$CM_{VigaPrincipal} = \frac{Peso_{VigaPrincipal}(\frac{kg}{m}) * Longitud_{VigaPrincipal}(m)}{AnchoTributario_{VigaPrincipal}(m) * Longitud_{VigaPrincipal}(m)} = \frac{kg}{m^2}$$

$$CM_{VigaPrincipal} = 11.327 \frac{kg}{m^2}$$

#### 5.4.2.5 Vigas secundarias ( $CM_{PP}$ )

Al igual que en las vigas principales, para obtener la carga de vigas secundarias en unidades kg/m<sup>2</sup>, se sigue el siguiente proceso:

$$CM_{VigaSecundaria} = \frac{PesoNeto_{VigaSecundaria}}{AreaTributaria_{VigaSecundaria}}$$

$$CM_{VigaPrincipal} = \frac{Peso_{VigaSecundaria} \left(\frac{kg}{m}\right) * Longitud_{VigaSecundaria}(m)}{AnchoTributario_{VigaSecundaria}(m) * Longitud_{VigaSecundaria}(m)} = \frac{kg}{m^2}$$

$$CM_{VigaSecundaria} = 5.213 \frac{kg}{m^2}$$

#### 5.4.2.6 Columnas ( $CM_{PP}$ )

En el proceso de obtención de la carga de columnas en unidades kg/m<sup>2</sup>, se sigue el mismo procedimiento.

$$CM_{Columna} = \frac{PesoNeto_{Columna}}{AreaTributaria_{Columna}}$$

$$CM_{Columna} = \frac{Peso_{Columna} \left(\frac{kg}{m}\right) * Longitud_{Columna}(m)}{AnchoTributario_{Columna}(m) * Longitud_{Columna}(m)} = \frac{kg}{m^2}$$

$$CM_{Columna} = 16.105 \frac{kg}{m^2}$$

### 5.4.3 Cargas variables

Para el apartado de análisis de cargas variables, de la misma manera nos referiremos a la normativa NEC-SE-CG.

#### 5.4.3.1 Carga viva correspondiente a vivienda ( $CV_{vivienda}$ )

$$CV_{vivienda} = 2 \frac{kN}{m^2} = 203.94 \frac{kg}{m^2}$$

#### 5.4.3.1 Carga viva correspondiente a cubierta ( $CV_{cubierta}$ )

En la consideración de cubiertas con pendientes menores al 5%, se ha tomado la carga viva correspondiente a cubierta como indica la normativa NEC-SE-CG.

$$CV_{\text{Cubierta}} = 0.7 \frac{kN}{m^2} = 71.38 \frac{kg}{m^2}$$

#### 5.4.3.1 Carga de granizo (S)

En ciertas regiones de nuestro país, es conservador tomar en cuenta la carga de granizo (snow), basándose en la norma NEC-SE-CG, la que describe que para cubiertas con pendientes menores del 5%, se debe considerar una carga de granizo de:

$$S = 1 \frac{kN}{m^2} = 101.972 \frac{kg}{m^2}$$

Se presenta una tabla resumen correspondiente al análisis de cargas de la estructura.

**Tabla 32**  
*Resumen de Cargas*

Cargas que considera la estructura		
Valores de carga muerta		
Tipo de carga	Ocupación	Carga uniforme
Carga muerta – sobrecarga ( $CM_{\text{Sobrecarga}}$ )	Muros de Mampostería ( $CM_{\text{Paredes}}$ )	$182.019 \frac{kg}{m^2}$
	Instalaciones ( $CM_{\text{Instalaciones}}$ )	$20 \frac{kg}{m^2}$
	Acabados ( $CM_{\text{Acabados}}$ )	$60 \frac{kg}{m^2}$
Carga muerta – peso propio de elementos ( $CM_{\text{PP}}$ )	Losa Colaborante ( $CM_{\text{Deck}}$ )	$350.069 \frac{kg}{m^2}$
	Viga Principal ( $CM_{\text{VigaPrincipal}}$ )	$11.327 \frac{kg}{m^2}$
	Viga Secundaria ( $CM_{\text{VigaSecundaria}}$ )	$5.213 \frac{kg}{m^2}$
	Columna ( $CM_{\text{Columna}}$ )	$16.105 \frac{kg}{m^2}$
Valores de cargas variables		
Carga viva ( $CV_{\text{Vivienda}}$ )	Vivienda	$203.94 \frac{kg}{m^2}$
Carga de granizo (S)	Cubiertas planas	$101.972 \frac{kg}{m^2}$

Elaborado por: El autor

#### 5.4.4 Cargas sísmicas

Las cargas sísmicas consideradas en la presente edificación, contempla los criterios de diseño sismorresistente, de acuerdo con la normativa NEC-SE-DS.

#### 5.4.4.1 Factores de diseño sismorresistente considerados para la estructura

Se definen los factores del diseño sismorresistente, detallando la ubicación, la zonificación sísmica, tipo de perfil del suelo, coeficientes del perfil del suelo factor de importancia y factor de reducción de resistencia sísmica. También, se presentan parámetros de la configuración estructural como los coeficientes de irregularidad en planta y elevación.

**Tabla 33**

*Factores de Diseño Sismorresistente para la Estructura Considerada*

Factores de diseño sismorresistente para la estructura considerada						
Ubicación	Loja	Fa	1.4	r	1	
Tipo de Suelo	D	Fd	1.45	I	1	
Zona Sísmica	II	Fs	1.06	R	4.5	
z	0.25	n	2.48	$\Phi_e$	0.9	
				$\Phi_p$	0.9	

*Nota.* La tabla muestra los valores de cargas sísmicas consideradas. Fuente: NEC-SE-DS (2015) AISC 360-16.

#### 5.4.4.2 Periodo de vibración

Se calcula el periodo de vibración y el coeficiente en función del tipo de la estructura,  $C_t$  y la potencia  $\alpha$ , puede ser tomado en base al código NEC-SE-DS (2015):

##### a) Método A

$$T_1 = C_t \cdot hn^\alpha$$

$$T_1 = 0.072 \cdot (6)^{0.8} = 0.302 \text{ seg}$$

##### b) Método B

La normativa NEC-SE-CG (2015) destaca que el valor de  $T_a$  calculado según el método 2 no debe ser mayor en un 30% al valor de  $T_a$  calculado con el Método 1.

$$T_2 = 1.3 * T_1$$

$$T_2 = 1.3 * (0.302 \text{ seg}) = 0.392 \text{ seg}$$

### 5.4.4.3 Cálculo del espectro de diseño

Se calcula el espectro elástico e inelástico en base a los factores de diseño sismorresistente antes considerados, evaluados en un periodo de 0 a 4 segundos, determinando el espectro de respuesta elástico e inelástico de aceleraciones ( $S_a$ ), en base a los periodos límites de vibración ( $T_o$ ) y ( $T_c$ ) acorde con lo descrito en la norma NEC-SE-DS (2015).

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.55 * 1.06 * \frac{1.45}{1.4}$$

$$T_c = 0.604 \text{ seg}$$

$$T_o = 0.1 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_o = 0.1 * 1.06 * \frac{1.45}{1.4}$$

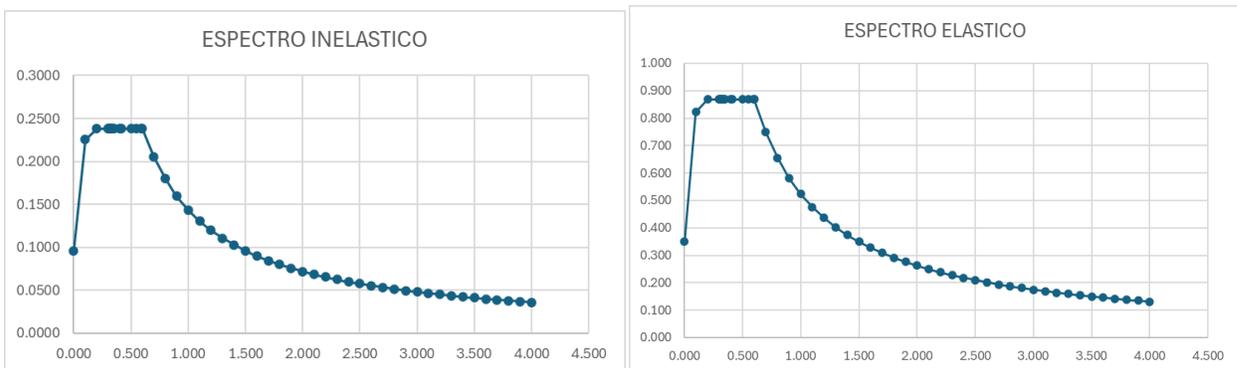
$$T_o = 0.110 \text{ seg}$$

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

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

$$S_a = Z * F_a(1 + (n - 1) * \frac{T}{T_o}) \quad \text{para } T \leq T_c$$

**Tabla 34**  
Cálculo del Espectro de Diseño Elástico e Inelástico



MÉTODO DINÁMICO				
T (seg)	ESPECTRO ELÁSTICO		ESPECTRO INELÁSTICO	
	Sa (g) a/g	Sa m/s <sup>2</sup>	Sa (g) (a/g)/(R*Φe*Φp)	Sa m/s <sup>2</sup>
0.000	0.350	3.434	0.0960	0.942
0.100	0.822	8.062	0.2255	2.212
0.200	0.868	8.515	0.2381	2.336
0.300	0.868	8.515	0.2381	2.336
0.400	0.868	8.515	0.2381	2.336
0.500	0.868	8.515	0.2381	2.336
0.600	0.868	8.515	0.2381	2.336
0.700	0.749	7.345	0.2054	2.015
0.800	0.655	6.427	0.1797	1.763
0.900	0.582	5.713	0.1598	1.567
1.000	0.524	5.142	0.1438	1.411
1.100	0.476	4.674	0.1307	1.282
1.200	0.437	4.285	0.1198	1.175
1.300	0.403	3.955	0.1106	1.085
1.400	0.374	3.673	0.1027	1.008
1.500	0.349	3.428	0.0959	0.940
1.600	0.328	3.213	0.0899	0.882
1.700	0.308	3.024	0.0846	0.830
1.800	0.291	2.856	0.0799	0.784
1.900	0.276	2.706	0.0757	0.742
2.000	0.262	2.571	0.0719	0.705
2.100	0.250	2.448	0.0685	0.672
2.200	0.238	2.337	0.0654	0.641
2.300	0.228	2.235	0.0625	0.613
2.400	0.218	2.142	0.0599	0.588
2.500	0.210	2.057	0.0575	0.564
2.600	0.202	1.978	0.0553	0.543
2.700	0.194	1.904	0.0533	0.522
2.800	0.187	1.836	0.0514	0.504
2.900	0.181	1.773	0.0496	0.486
3.000	0.175	1.714	0.0479	0.470
3.100	0.169	1.659	0.0464	0.455
3.200	0.164	1.607	0.0449	0.441
3.300	0.159	1.558	0.0436	0.427
3.400	0.154	1.512	0.0423	0.415
3.500	0.150	1.469	0.0411	0.403
3.600	0.146	1.428	0.0399	0.392
3.700	0.142	1.390	0.0389	0.381
3.800	0.138	1.353	0.0378	0.371
3.900	0.134	1.318	0.0369	0.362
4.000	0.131	1.285	0.0359	0.353

*Nota.* La tabla muestra la resolución del espectro de diseño elástico e inelástico considerado.  
Elaborado por: El autor.

#### 5.4.4.4 Porcentaje de cortante basal

Se determina el porcentaje de cortante basal como determina el código NEC-SE-DS (2015).

$$\% = \frac{I * Sa}{R * \phi_e * \phi_p} W = \frac{1 * 0.868}{4.5 * 0.9 * 0.9} = 0.238W$$

## 5.5 Prediseño de elementos para la estructura considerada

El prediseño de elementos estructurales metálicos es una etapa primordial que antecede el modelado detallado en programas de análisis estructural como ETABS. En esta fase preliminar, se realizan cálculos aproximados para dimensionar los componentes principales de la estructura como columnas, vigas principales y secundarias, asegurando que cumplan con los requisitos de resistencia, rigidez y estabilidad. A continuación, se ilustrará el prediseño de un pórtico IMF basado en la y construido con acero estructural ASTM A36.

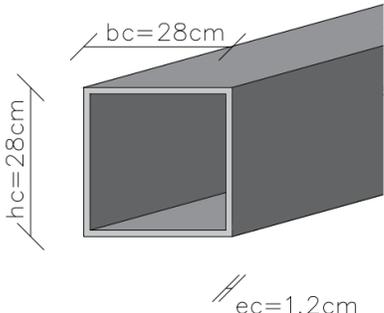
## 5.6 Prediseño de columnas

En este apartado se evalúa si la columna de la estructura considerada puede soportar las cargas aplicadas. Cabe recalcar que en este punto se abarca el prediseño de una columna central crítica (mayor área tributaria), el mismo procedimiento se debe realizar para las columnas esquineras y perimetrales.

### 5.6.1 Geometría de la Columna

En la siguiente sección, se presenta las dimensiones propuestas de una columna cuadrada de acero laminado o armado.

**Tabla 35**  
*Geometría de Columnas*

Geometría de la sección propuesta	
	Base de la columna $bc = 28 \text{ cm}$
	Altura de la columna $hc = 28 \text{ cm}$
	Espesor de la columna $ec = 1.2 \text{ cm}$
	Las dimensiones de la columna tubular “cuadrada” propuesta (laminada o armada) son de 28cm de base de columna por 28 cm de altura de columna con 1.2 cm de espesor de columna.
<b>(Columna<sub>central</sub>: 280x280x12mm)</b>	

Elaborado por: El autor

### 5.6.2 Chequeo de esbeltez local de la columna

Se determina la compacidad de la sección, evaluando la base y la altura de la columna cuadrada propuesta. La tabla D1.1 de la normativa AISC 341-16 describe la razón Ancho – Espesor en elementos en compresión (columnas). Cabe recalcar que solo tenemos interés en elementos atiesados a consecuencia de la geometría de las columnas propuestas.

Previamente se debe determinar los valores de factores de fluencia y tensión probables para las planchas de los aceros las cuales recomienda la normativa NEC-SE-AC de estructuras metálicas.

**Tabla 36**  
*Valores de Factores de Fluencia y Tensión Probables*

<i>Especificación ASTM</i>	<i>Factor de Fluencia Probable (Ry)</i>	<i>Factor de Tensión Probable (Rt)</i>
<i>ASTM A36</i>	<i>1.3</i>	<i>1.15</i>
<i>ASTM A572 Gr. 50</i>	<i>1.1</i>	<i>1.25</i>
<i>ASTM A588 Gr. 50</i>	<i>1.15</i>	<i>1.15</i>

*Nota.* La tabla muestra los valores de fluencia y tensión probables. Fuente: NEC-SE-AC (2015).

Para el acero utilizado en el proyecto (ASTM A36), se extrae el siguiente valor correspondiente al factor de fluencia probable

$$R_y = 1.3$$

Es necesario que los elementos que constituyen la columna sean compactos en términos sísmicos. Esto significa que las relaciones entre el ancho y el espesor de los elementos, tanto rigidizados como no rigidizados, no deben exceder los límites máximos especificados; entre ductilidad alta y ductilidad moderada.

#### a) **Relación entre la base y el espesor de la columna**

$$0.65 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}} \leq \frac{bc}{ec} \leq 1.18 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}}$$

$$16.18 \leq 23.33 \leq 29.37 = CUMPLE$$

b) **Relación entre la altura y el espesor de la columna**

$$0.65 * \sqrt{\frac{E}{fy * Ry}} \leq \frac{hc}{ec} \leq 1.18 * \sqrt{\frac{E}{fy * Ry}}$$

$$16.18 \leq 23.33 \leq 29.37 = CUMPLE$$

Una vez realizados los chequeos de esbeltez adecuados para el funcionamiento estructural de la columna, se procede a continuar con el proceso de diseño.

### 5.6.3 Propiedades mecánicas de la sección

Las propiedades mecánicas de la sección propuesta se calculan como se muestra a continuación:

**Tabla 37**

*Propiedades Mecánicas de la Columna*

<b>Propiedades mecánicas de una columna de sección cuadrada (280x280x12mm)</b>	
Esfuerzo de fluencia del acero de la columna (fy)	fy = 2531.05 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del acero de la columna (E)	E = 2038901.78 kg/cm <sup>2</sup>
Área de la Columna (hueca)	Ac = 128.64 cm <sup>2</sup>
Inercia en sentido X de la Columna	Ixc = 15429.939 cm <sup>4</sup>
Inercia en Sentido Y de la Columna	Iyc = 15429.939 cm <sup>4</sup>
Modulo elástico en sentido X de la Columna	Sx = 1102.139 cm <sup>3</sup>
Modulo elástico en sentido Y de la Columna	Sy = 1102.139 cm <sup>3</sup>
Modulo plástico en sentido X de la Columna	Zx = 1293.696 cm <sup>3</sup>
Modulo plástico en sentido Y de la Columna	Zy = 1293.696 cm <sup>3</sup>
Radio de giro en sentido X de la Columna	Rx = 10.952 cm
Radio de giro en sentido Y de la Columna	Ry = 10.952 cm

Elaborado por: El autor

### 5.6.4 Valor de longitud efectiva, K

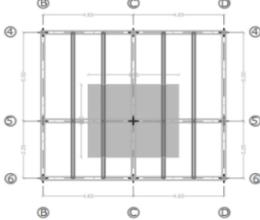
McCormac en su libro de diseño estructural nos ofrece una tabla la misma que describe los valores aproximados de longitud efectiva; por lo cual tomamos el valor recomendado de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas, correspondientes al literal “C”.

$$k = 1.2$$

### 5.6.5 Datos arquitectónicos y área tributaria de la columna

En el presente apartado, se describen los datos arquitectónicos de la columna que se está analizando:

**Tabla 38**  
*Área Tributaria de la Columna Central más Crítica*

<b>Columna Central Crítica</b>		
	Longitud de tramo 1	$L1 = 4.65m$
	Longitud de tramo 2	$L2 = 4.65m$
	Longitud de tramo 3	$L3 = 5m$
	Longitud de tramo 4	$L4 = 3.25m$
	Número de Pisos	$Número_{Pisos} = 2$
	Altura de Entrepiso	$Altura_{Entrepiso} = 3m$
<b>Área tributaria de la columna</b>		
$AreaTributaria_{Columna} = \left(\frac{L1}{2} + \frac{L2}{2}\right) * \left(\frac{L3}{2} + \frac{L4}{2}\right) = 19.181m^2$		

Elaborado por: El autor.

### 5.6.6 Análisis de cargas

Se realiza el respectivo análisis de carga para la columna y se presenta en la tabla a continuación:

**Tabla 39**  
*Resumen de Cargas que Considera la Columna*

<b>Cargas que considera la Columna</b>		
<b>Valores de carga muerta</b>		
<b>Tipo de carga</b>	<b>Ocupación</b>	<b>Carga uniforme</b>
Carga muerta – sobrecarga ( $CM_{Sobrecarga}$ )	Muros de Mampostería ( $CM_{Paredes}$ )	$182.019 \frac{kg}{m^2}$
	Instalaciones ( $CM_{Instalaciones}$ )	$20 \frac{kg}{m^2}$
	Acabados ( $CM_{Acabados}$ )	$60 \frac{kg}{m^2}$
Carga muerta – peso propio de elementos ( $CM_{PP}$ )	Losa Colaborante ( $CM_{Deck}$ )	$350.069 \frac{kg}{m^2}$
	Columna ( $CM_{Columna}$ )	$16.105 \frac{kg}{m^2}$
	Viga Principal ( $CM_{VigaPrincipal}$ )	$11.327 \frac{kg}{m^2}$
	Viga Secundaria ( $CM_{VigaSecundaria}$ )	$5.213 \frac{kg}{m^2}$
Carga muerta que considera la columna ( $CM_{Columnas}$ )	$CM_{Columnas}$	$644.733 \frac{kg}{m^2}$
<b>Valores de cargas variables</b>		

Carga viva ( $CV_{vivienda}$ )	Vivienda	$203.94 \frac{kg}{m^2}$
Carga de granizo ( $S$ )	Cubiertas planas	$101.972 \frac{kg}{m^2}$

Elaborado por: El autor

### 5.6.7 Combinaciones de Carga

A continuación, se realizan las diversas combinaciones de carga.

### 5.6.8 Cálculo de carga uniforme ( $P_u$ )

La combinación de carga crítica que afecta la resistencia de la columna central de la estructura es la Combinacion2 y caracteriza a la carga unitaria última de la columna ( $W_u$ ).

$$W_{U_{Columna}} = 1.2 * D + 1.6 * L + (0.5) * Lr = 1150.975 \frac{kg}{m^2}$$

El cálculo de carga uniforme se lo realiza tomando en cuenta el producto del valor obtenido anteriormente, el número de pisos de la estructura y el ancho tributario en relación con el factor de reducción de 0.85.

$$P_{U_{Columna}} = \frac{W_{U_{Columna}} * AreaTributaria_{Columna} * Número_{Pisos}}{0.85} = 51946.209 \text{ kg}$$

La carga  $P_{U_{Columna}}$  es la carga última que debe soportar nuestra columna propuesta.

### 5.6.9 Cálculo de la resistencia de compresión nominal ( $P_n$ )

Para determinar la carga admisible de la columna, debemos obtener valores previos como el valor de tensión de pandeo por flexión ( $F_{CR}$ ) y la tensión por pandeo elástico ( $F_e$ ) según la normativa AISC 360 – 16.

#### a) Tensión de pandeo por flexión ( $F_{CR}$ )

Cabe recalcar que la longitud de la columna debe coincidir con la altura de entrepiso y que el radio de giro es caracterizado por el eje que dispone de mayor masa, en el caso de una columna cuadrada, ambos ejes son simétricos. La tensión de pandeo por flexión se determina mediante las siguientes condicionantes, mediante el uso del valor de longitud efectiva, k:

$$a) \text{ Cuando } \frac{K*L}{r} \leq 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ entonces } F_{CR} = 0.658 \frac{F_y}{F_e} * F_y$$

Se exige determinar previamente el valor tensión por pandeo elástico ( $F_e$ ).

b) **Tensión por pandeo elástico ( $F_e$ )**

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{K * L}{r}\right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * 2100000 \frac{kg}{cm^2}}{(32.871)^2} = 18624.269 \frac{kg}{cm^2}$$

Respecto a la tensión de pandeo por flexión ( $F_{CR}$ ), se cumple la primera condición, como se muestra a continuación:

$$32.871 \leq 135.669 \text{ entonces } F_{CR} = 0.658 \frac{F_y}{F_e} * F_y$$

Se calcula la tensión de pandeo por flexión, como indica la resistencia de compresión nominal que describe la normativa AISC 360 – 16, en la que se destaca lo siguiente:

$$F_{CR} = (0.658 \frac{F_y}{F_e}) * (F_y)$$

$$F_{CR} = (0.658 \frac{2531.05 \frac{kg}{cm^2}}{19182.368 \frac{kg}{cm^2}}) * (2531.05 \frac{kg}{cm^2}) = 23910991.579 \frac{kg}{m^2}$$

La resistencia la resistencia de compresión nominal  $P_n$  debe ser determinada con la siguiente expresión:

$$P_n = 0.9 * F_{CR} * A_c$$

$$P_n = 0.9 * 23950595.259 \frac{kg}{m^2} * 0.013m^2 = 276831.896kg$$

Una vez obtenida la capacidad de la columna o la resistencia de compresión nominal  $P_n$  junto con la carga  $P_{U\text{Columna}}$ , la cual representa la capacidad que debe soportar la columna propuesta, se determina el porcentaje de Demanda vs Capacidad, el cual nos informa la capacidad de trabajo que tiene la columna en la estructura diseñada.

### 5.6.10 Porcentaje de demanda vs capacidad

Para un diseño conservador se establece un límite del 85% de capacidad, el cual no debe exceder la columna, para evitar que la estructura falle en sus elementos expuestos a compresión.

$$\frac{\text{Demanda}}{\text{Capacidad}} = \frac{P_{U\text{columna}}}{P_n} = 0.19 = 19 \%$$

La columna propuesta trabaja a un 19% de su capacidad, bajo la exposición de cargas consideradas, lo cual se encuentra por debajo del 85% de capacidad que hemos impuesto, por lo que la columna propuesta cumple con la capacidad de carga requerida.

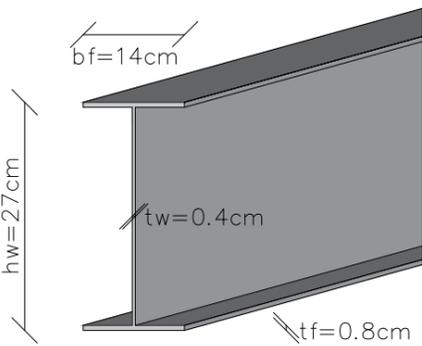
## 5.7 Prediseño de vigas secundarias

En este apartado se evalúa si la viga secundaria de la estructura considerada puede soportar las cargas aplicadas. La viga secundaria corresponde al panel arquitectónico más crítico; el mismo procedimiento se realizará para los demás paneles arquitectónicos.

### 5.7.1 Geometría de la vigueta

A continuación, se presenta las dimensiones propuestas de una viga secundaria tipo “I” laminada o armada que considera la estructura:

**Tabla 40**  
*Geometría de Vigas Secundarias Propuestas*

Geometría de la sección propuesta	
	Base del patín $bf = 14 \text{ cm}$
	Espesor del patín $tf = 0.8 \text{ cm}$
	Altura del alma $hw = 27 \text{ cm}$
	Espesor del alma $tw = 0.4 \text{ cm}$
Las dimensiones de las vigas secundarias propuestas (laminadas o armadas) son de 27cm de altura de alma, 14cm de base de patín, 0.8cm de espesor del patín y 0.4cm de espesor de alma.	
<b>(Vigas<sub>Secundarias</sub>: 140x8x270x4mm)</b>	

Elaborado por: El autor

### 5.7.2 *Chequeo de compacidad de la viga secundaria*

La tabla B4.1b de la normativa AISC 341-16 describe la razón Ancho – Espesor en elementos en flexión (vigas). Para miembros sometidos a flexión, las secciones se clasifican en tres categorías: compactas, no compactas y esbeltas. Cabe recalcar que tenemos interés por separado en elementos no atiesados debido a los patines de la viga tipo I; al igual que tenemos interés en los elementos atiesados por la unión de almas y patines.

Previamente se debe determinar los valores de factores de fluencia y tensión probables para las planchas de los aceros las cuales recomienda la normativa NEC-SE-AC de estructuras metálicas. Para el acero utilizado en el proyecto (ASTM A36), se extrae el siguiente valor correspondiente al factor de fluencia probable

$$R_y = 1.3$$

Para el análisis del patín, se obtiene la relación de la mitad de la base del patín y el espesor del patín que se calcula a continuación: También se calcula la relación entre la altura y el espesor de la sección tipo I, para el análisis del alma. Donde se requiere el valor del coeficiente  $C_a$  el mismo que se define como:

$$C_a = 0.114$$

#### a) **Patín**

Se calcula el valor correspondiente a ductilidad alta, de la misma manera también se calcula el valor correspondiente a ductilidad moderado. Una sección se considera compacta si las relaciones de los patines no superen los límites de ductilidad.

$$0.32 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}} \leq \frac{bf}{\frac{2}{tf}} \leq 0.40 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}}$$

$$7.966 \leq 8.75 \leq 10 = \text{CUMPLE}$$

#### b) **Alma**

Igual que en el análisis de los patines, una sección se considera compacta si sus patines están continuamente conectados al alma, en caso de que no supere la relación ancho-espesor especificada (esbeltas o dúctiles).

$$2.57 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}} (1 - 1.04 * C_a) \leq \frac{hw}{tw} \leq 3.96 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}} (1 - 1.04 * C_a)$$

$$56.39 \leq 67.5 \leq 86.889 = CUMPLE$$

Una vez realizados los chequeos de compacidad adecuados para el funcionamiento estructural de la columna, se procede a continuar con el proceso de diseño.

### 5.7.3 Propiedades mecánicas de la sección

Se calcula las propiedades mecánicas de la sección como se muestra a continuación:

**Tabla 41**

*Propiedades Mecánicas de una Sección Tipo I*

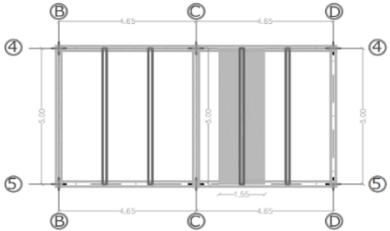
<b>Propiedades mecánicas de una sección tipo I (140x8x270x4mm)</b>	
Esfuerzo de fluencia del acero de la viga secundaria (fy)	fy = 2531.05 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del acero de la viga secundaria (E)	E = 2100000 kg/cm <sup>2</sup>
Área de la viga secundaria (hueca)	Av = 32.56 cm <sup>2</sup>
Inercia en sentido X de la viga secundaria	Ixv = 4391.494 cm <sup>4</sup>
Inercia en Sentido Y de la viga secundaria	Iyv = 366.002 cm <sup>4</sup>
Modulo elástico en sentido X de la viga secundaria	Sx = 325.296 cm <sup>3</sup>
Modulo elástico en sentido Y de la viga secundaria	Sy = 52.286 cm <sup>3</sup>
Modulo plástico en sentido X de la viga secundaria	Zx = 357.956 cm <sup>3</sup>
Modulo plástico en sentido Y de la viga secundaria	Zy = 79.416 cm <sup>3</sup>
Radio de giro en sentido X de la viga secundaria	Rx = 11.614 cm
Radio de giro en sentido Y de la viga secundaria	Ry = 3.353 cm

Elaborado por: El autor

### 5.7.4 Datos Arquitectónicos

A continuación, se describen los datos arquitectónicos de las vigas secundarias que se están analizando:

**Tabla 42**  
Ancho Tributario para Vigas Secundarias

<b>Vigas Secundarias</b>	
	<p>Longitud de viga secundaria <math>Longitud_{vigueta} = 4.65m</math></p> <p>Longitud de viga principal <math>Longitud_{vigaPrincipal} = 5m</math></p> <p>Número de viguetas <math>Numero_{viguetas} = 3</math></p> $Ancho_{Tributario} = \frac{Ancho_{Tributario}}{Numero_{viguetas} + 1} = 1.25m$
<b>Condición</b>	
$1.20m \leq Ancho_{Tributario} \leq 1.60m$	
$Ancho_{Tributario} > 1.60m$	Posible vibración
$Ancho_{Tributario} < 1.20m$	Antieconómico

Elaborado por: El autor.

### 5.7.5 Análisis de cargas

Se realiza el respectivo análisis de carga para las vigas secundarias y se presenta en la tabla a continuación:

**Tabla 43**  
Resumen de Cargas que Consideran las Vigas Secundarias

<b>Cargas que Consideran las Vigas Secundarias</b>		
<b>Valores de carga muerta</b>		
Tipo de carga	Ocupación	Carga uniforme
Carga muerta – sobrecarga ( $CM_{Sobrecarga}$ )	Muros de Mampostería ( $CM_{paredes}$ )	$182.019 \frac{kg}{m^2}$
	Instalaciones ( $CM_{Instalaciones}$ )	$20 \frac{kg}{m^2}$
	Acabados ( $CM_{Acabados}$ )	$60 \frac{kg}{m^2}$
Carga muerta – peso propio de elementos ( $CM_{PP}$ )	Losa Colaborante ( $CM_{Deck}$ )	$350.069 \frac{kg}{m^2}$
	Viga Secundaria ( $CM_{VigaSecundaria}$ )	$5.213 \frac{kg}{m^2}$
Carga muerta que considera las vigas secundarias ( $CM_{VigasSecundarias}$ )	$CM_{VigasSecundarias}$	$617.301 \frac{kg}{m^2}$
<b>Valores de cargas variables</b>		
Carga viva ( $CV_{Vivienda}$ )	Vivienda	$203.94 \frac{kg}{m^2}$
Carga de granizo (S)	Cubiertas planas	$101.972 \frac{kg}{m^2}$

Elaborado por: El autor

### 5.7.6 Combinaciones de Carga

A continuación, se realizan las diversas combinaciones de carga. La combinación de carga crítica que afecta la resistencia de las vigas secundarias de la estructura considerada es la Combinación de Carga 2 y caracteriza a la carga unitaria última de la columna ( $W_u$ ).

### 5.7.7 Cálculo de carga uniforme ( $P_u$ )

$W_u$ , representa la combinación de carga crítica que afecta la resistencia axial de la viga secundaria más crítica.

$$W_{U\text{Vigueta}} = 1.2 * D + 1.6 * L + 0.5 * \max(L_r, S, R) = 1118.056 \frac{kg}{m^2}$$

El cálculo de carga uniforme se lo realiza tomando en cuenta el producto del valor obtenido anteriormente, la longitud de la viga secundarias y el ancho tributario.

$$P_{U\text{Vigueta}} = (W_{U\text{Vigueta}} * Longitud_{\text{Vigueta}} * Ancho_{\text{Tributario}}) = 6498.7kg$$

### 5.7.8 Cálculo de carga repartida

Para el cálculo de la resistencia de las vigas secundarias, es necesario obtener el valor de carga uniforme en unidades kg/m, por lo tanto, se utiliza la siguiente relación.

$$P_{u\text{Vigueta(repartida)}} = \frac{P_{U\text{Vigueta}}}{Longitud_{\text{Vigueta}}} = 1397.57 \frac{kg}{m}$$

### 5.7.9 Cálculo de momento último de una viga

Se presenta el cálculo para momento último de una viga, considerando los apoyos “simplemente apoyados”, como se muestra a continuación:

$$M_{u\text{Viga}} = \frac{P_{u\text{Vigueta(repartida)}} * Longitud_{\text{Viga}}^2}{8} = 3777.369kg * m$$

### 5.7.10 Definición de número de apoyos

Se define el número de apoyos, los cuales se consideran como pernos de unión.

$$Numero_{\text{Apoyos}} = 3 \text{ Pernos de Corte}$$

### 5.7.11 Longitud entre puntos contra desplazamientos laterales

$$L_b = \frac{\text{Longitud}_{\text{vigüeta}}}{\text{Numero}_{\text{Apoyos}} + 1} = 1.163 \text{ m}$$

Adicionalmente se calcula la distancia entre los centroides de las alas de la sección tipo I.

$$h_0 = hw - tf = 26.2 \text{ cm}$$

En la siguiente sección se determinan las longitudes para el estado límite de la viga secundaria a diseñar.

#### **5.7.12 Longitud no arriostrada para el estado límite de pandeo lateral torsional inelástico**

$$L_r = 1.95 * r_{ts} * \frac{E}{0.7 * F_y} * \sqrt{\frac{J_c}{S_x * h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x * h_0}\right)^2 + 6.76 * \left(\frac{0.7 * F_y}{E}\right)^2}} = 469.776 \text{ cm}$$

#### **5.7.13 Longitud no arriostrada para el estado límite de fluencia**

$$L_p = 1.76 * R_y * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.675 \text{ m}$$

#### **5.7.14 Radio de giro del ala en compresión**

La norma AISC 360-16 describe la siguiente expresión para el cálculo del radio de giro del alma en compresión:

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_{yv} * h_0}{2 * S_x}} = 3.839 \text{ cm}$$

#### **5.7.15 Constante torsional**

$$J_c = \frac{2 * bf * tf^3 + hw * tw^3}{3} = 5.355 \text{ cm}$$

La vida secundaria en diseño desarrolla momento elástico y plástico y se calculan en el siguiente apartado:

#### **5.7.16 Momento elástico de la vigüeta**

$$M_e = S_x * F_y * 0.9 = 7410.062 \text{ kg} * \text{m}$$

#### **5.7.17 Momento plástico de la vigüeta**

$$M_p = Z_x * F_y * 0.9 = 8154.042 \text{ kg} * \text{m}$$

### 5.7.18 Factor de modificación por pandeo lateral

Este valor es caracterizado para elementos con simetría doble (vigas tipo I) y sin cargas transversales entre puntos de arriostramientos.

$$C_b = 1.0$$

### 5.7.19 Tensión crítica

$$F_{cr} = \frac{C_b * \pi^2 * E}{\left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2} * \sqrt{1 + 0.078 * \frac{Jc}{S_x * h_0} * \left(\frac{Lb}{r_{ts}}\right)^2} = 224352306.063 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

### 5.7.20 Resistencia nominal en flexión

Para determinar la resistencia nominal en flexión, se deben verificar 3 condiciones:

a) Condición 1

$$\text{Si } Lb \leq Lp$$

$$1.163 \text{ m} \leq 1.675 \text{ m}$$

Se cumple la condición 1 donde  $Lb \leq Lp$ , por lo tanto:

$$M_n = M_p = 8154.042 \text{ kg} * \text{m}$$

### 5.7.21 Demanda vs Capacidad

Como se detalló en el apartado de columnas, la capacidad de la viga secundaria no debe exceder el 85%, para evitar que la estructura falle en sus elementos expuestos a compresión.

$$\frac{M_u}{M_n} = 0.4633$$

La viga secundaria propuesta trabaja a un 47% de su capacidad, bajo la exposición de cargas consideradas, lo cual se encuentra por debajo del 85% de capacidad que hemos impuesto.

## 5.8 Prediseño de losa colaborante

Las vigas de acero y la losa de concreto trabajan juntas como un sistema integrado, aprovechando las fortalezas de cada material para mejorar la capacidad de carga y la rigidez de la estructura.

### 5.8.1 Geometría de la sección compuesta

A continuación, se proponen dimensiones de la sección compuesta por el perfil de acero tipo I y la losa tipo deck de concreto.

**Tabla 44**  
*Geometría de Losa Colaborante*

<b>Geometría de Losa Colaborante</b>	
Espesor de losa colaborante (Tp)	$tp = 12\text{cm}$
Base superior de la sección compuesta (b)	$b = \min\left(\frac{\text{Longitud}_{\text{vigüeta}}}{8}, \frac{\text{Ancho}_{\text{Tributario}}}{2}\right) = 58.125\text{cm}$
Sección de la carpeta de hormigón que trabaja a compresión	$a = \frac{Av * Fy}{0.85 * F'c * b} = 7.358\text{ cm}$

Elaborado por: El autor

### 5.8.2 Momento resistente de la sección compuesta

$$Mr1 = Av * Fy * \left(\frac{hw}{2} + tp - \frac{a}{2}\right) = 17805.14\text{kgf} * m$$

### 5.8.3 Cambio de material en la sección

Se realiza el cambio de material en la sección compuesta

$$n = \frac{E}{Ec} = 9.193$$

### 5.8.4 Base equivalente de la sección

La base equivalente de la loseta de hormigón a base completamente en acero se calcula a continuación:

$$bs = \frac{b}{n} = 6.261 \text{ cm}$$

### 5.8.5 Centro de gravedad en eje Y

El centro de gravedad de la sección compuesta gira en torno al eje Y, y se calcula a continuación:

$$Y_g = \frac{Av * \frac{hw}{2} + bs * tp * (hw + \frac{tp}{2})}{Av + bs * tp} = 27.104 \text{ cm}$$

Como consecuencia, también se genera una nueva inercia total:

$$I_{tot} = I_{xv} + Av * \left(\frac{hw}{2} - Y_g\right)^2 + \frac{(bs * hw^3)}{12} + bs * hw * \left(hw + \frac{tp}{2} - Y_g\right)^2 = 18576.768 \text{ cm}^4$$

### 5.8.6 Momento resistente de la sección compuesta 2

La sección compuesta desarrolla momentos resistentes y el segundo se calcula a continuación:

$$Mr_2 = \frac{I_{tot} * F_y}{Y_g} = 17347.278 \text{ kg} * m$$

### 5.8.7 Momento resistente final

El momento resistente final esta caracterizado por el momento resistente final mínimo entre los 2 calculados anteriormente:

$$Mr_{Final} = \min(Mr_1, Mr_2) = 17347.278 \text{ kgf} * m$$

### 5.8.8 Demanda vs Capacidad de la Sección Compuesta

$$\frac{Mu}{Mr_{Final}} = 0.218$$

La viga secundaria propuesta trabaja a un 47% de su capacidad, pero trabajando en conjunto como sección compuesta su capacidad de trabajo se reduce a un 22%.

## 5.9 Prediseño de pernos de corte

En el siguiente apartado, se realiza el diseño de los pernos de corte, que representan una barra corta de acero con una cabeza redonda, para proporcionar anclaje entre la losa y la viga metálica donde la losa se asienta.

### 5.9.1 Geometría de la sección compuesta

A continuación, se proponen las dimensiones del perno de corte de anclaje.

**Tabla 45**

*Geometría de Pernos de Corte*

Geometría de pernos de corte	
Diámetro del perno de corte	$\emptyset_{PernoDeCorte} = \frac{3}{4} in$
Altura mínima del perno de corte	$h_{min_{PernoDeCorte}} = 4 * \emptyset_{PernoDeCorte} = 8 cm$

Elaborado por: El autor

### 5.9.2 Fuerza de tensión (pernos de corte)

$$Fuerza_{Tensión} = Av * Fy = 82411.004 kg$$

### 5.9.3 Resistencia del perno de corte

Se calcula la resistencia del perno, cuidando las unidades:

$$Resistencia_{perno} = 0.284 * ((F'c) * (F'c)^{0.5})^{0.5} * (\emptyset_{PernoDeCorte})^2 = 8812.626 kg$$

### 5.9.4 Número de pernos de corte

El número de pernos de corte se define con la siguiente ecuación:

$$Numero_{pernos} = \left( \frac{Fuerza_{Tensión}}{Resistencia_{perno}} \right) = 9$$

#### 5.9.4.1 Separación teórica entre pernos de corte

Esta distancia teórica se determina en condiciones mínimas y máximas como se muestra a continuación:

$$Separacion_{MinimaTeorica} = \frac{Longitud_{vigueta}}{Numero_{Pernos} + 1} = 44.921 \text{ cm}$$

$$Separacion_{MaximaTeorica} = \min(Lp, (8 * tp)) = 96 \text{ cm}$$

### 5.9.5 Condicionantes de diseño

a) Condición 1

$$\begin{aligned} Si \text{ la } Separacion_{MinimaTeorica} < Separacion_{MaximaTeorica} \\ 48.126 \text{ cm} < 96 \text{ cm} \end{aligned}$$

b) Condición 2

$$\begin{aligned} Si \text{ } tp > hmin_{PernoDeCorte} + 1.5\text{cm} \\ 12\text{cm} > 9.12\text{cm} \end{aligned}$$

Entonces

### **La sección CUMPLE**

Como recomendación se debe colocar los pernos de corte en cada surco del deck metálico para asegurarnos que realmente están trabajando en toda su capacidad

## 5.10 Prediseño de vigas principales

En este apartado se evalúa si la viga de la estructura considerada puede soportar las cargas aplicadas.

### 5.10.1 Geometría de la viga

A continuación, se presenta las dimensiones propuestas de una viga secundaria tipo “I” laminada o armada que considera la estructura

**Tabla 46**  
*Geometría de Vigas Principales*

<b>Geometría de la sección propuesta</b>	
	Base del patín $bf = 20 \text{ cm}$
	Espesor del patín $tf = 1 \text{ cm}$
	Altura del alma $hw = 45 \text{ cm}$
	Espesor del alma $tw = 0.6 \text{ cm}$
	Las dimensiones de las vigas principales propuestas (laminadas o armadas) son de 45cm de altura de alma, 20cm de base de patín, 1cm de espesor del patín y 0.6cm de espesor de alma.
<b>(Vigas Principales: 200x10x450x6mm)</b>	

Elaborado por: El autor

### 5.10.2 Chequeo de compacidad de la viga secundaria

Previamente se debe determinar los valores de factores de fluencia y tensión probables para las planchas de los aceros las cuales recomienda la normativa NEC-SE-AC de estructuras metálicas.

Para el acero utilizado en el proyecto (ASTM A36), se extrae el siguiente valor correspondiente al factor de fluencia probable

$$R_y = 1.3$$

Para el análisis del patín, se obtiene la relación de la mitad de la base del patín y el espesor del patín que se calcula a continuación, también se calcula la relación entre la altura y el espesor de la sección tipo I, para el análisis del alma. Donde se requiere el valor del coeficiente  $C_a$  el mismo que se define como:

$$C_a = 0.114$$

a) **Patín**

$$0.32 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}} \leq \frac{bf}{2} \leq 0.40 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}}$$

$$7.966 \leq 10 \leq 10 = \text{CUMPLE}$$

b) **Alma**

$$2.57 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}} (1 - 1.04 * C_a) \leq \frac{hw}{tw} \leq 3.96 * \sqrt{\frac{E}{f_y * R_y}} (1 - 1.04 * C_a)$$

$$56.39 \leq 75 \leq 86.889 = CUMPLE$$

Una vez realizados los chequeos de compacidad adecuados para el funcionamiento estructural de las vigas principales, se procede a continuar con el proceso de diseño.

### 5.10.3 Propiedades mecánicas de la sección

Se calcula las propiedades mecánicas de la sección como se muestra a continuación:

**Tabla 47**

*Propiedades Mecánicas de una Sección Tipo I*

<b>Propiedades mecánicas de una sección tipo I (200x10x450x6mm)</b>	
Esfuerzo de fluencia del acero de la viga secundaria (fy)	fy = 2531.05 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del acero de la viga secundaria (E)	E = 2100000 kg/cm <sup>2</sup>
Área de la viga secundaria (hueca)	Av = 65.8 cm <sup>2</sup>
Inercia en sentido X de la viga secundaria	Ixv = 23338.683 cm <sup>4</sup>
Inercia en Sentido Y de la viga secundaria	Iyv = 1334.107 cm <sup>4</sup>
Modulo elástico en sentido X de la viga secundaria	Sx = 1037.275 cm <sup>3</sup>
Modulo elástico en sentido X de la viga secundaria	Sy = 133.411 cm <sup>3</sup>
Modulo plástico en sentido Y de la viga secundaria	Zx = 1157.35 cm <sup>3</sup>
Modulo plástico en sentido Y de la viga secundaria	Zy = 203.87 cm <sup>3</sup>
Radio de giro en sentido X de la viga secundaria	Rx = 18.833 cm
Radio de giro en sentido Y de la viga secundaria	Ry = 4.503 cm

Elaborado por: El autor

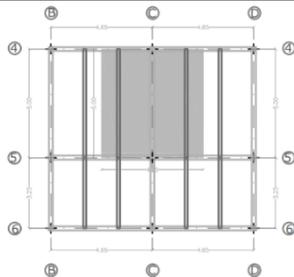
### 5.10.4 Datos Arquitectónicos

A continuación, se describen los datos arquitectónicos de la vigueta que se está analizando:

**Tabla 48**

*Área tributaria de la Viga Principal Considerada*

<b>Viga Principal más Crítica</b>	
Longitud de viga principal	Longitud <sub>vigaPrincipal</sub> = 5m
Longitud de vigas secundarias (1)	Longitud <sub>viguetas</sub> = 4.65m
Longitud de vigas secundarias (2)	L2 = Longitud <sub>viguetas</sub> = 4.65m
Número de viguetas	Numero <sub>cargas</sub> = Numero <sub>viguetas</sub> = 3
	$P.P_{viga} = Av * \gamma_{acero} = 51.2305 \frac{kgf}{m}$



Elaborado por: El autor.

### 5.10.5 Carga puntual de la viga

Para abreviar el procedimiento, se ha determinado la siguiente ecuación para determinar la carga puntual de cada viga:

$$P_i = \frac{P_{u_{vigueta}}}{2} * \left( 1 + \frac{L_2}{Longitud_{vigueta}} \right) * 2 = 12997.399 \text{ kg}$$

### 5.10.6 Momento ultimo por empotramiento (unión columna – viga principal)

Para abreviar el procedimiento, se ha determinado la siguiente ecuación para determinar la carga puntual de cada viga:

$$M_{emp} = \frac{P_i * Longitud_{VigaPrincipal} * ((Numero_{Cargas} + 1)^2 - 1)}{12 * (Numero_{Cargas} + 1)} = 20308.436 \text{ kg} * m$$

### 5.10.7 Cálculo de momento último de una viga

Se presenta el cálculo para momento último de una viga, considerando los apoyos “simplemente apoyados”.

Previamente se debe calcular el peso propio de la viga para añadir su función estructural en el cálculo de momento último:

$$M_{uemp} = M_{emp} + \frac{(P \cdot P_{viga} * Longitud_{vigaPrincipal}^2)}{8} = 20473.034 \text{ kg} * m$$

De igual manera que en el apartado de vigas secundarias, se realiza el cálculo del momento plástico de la viga y la longitud arriostrada para el estado límite de fluencia.

### 5.10.8 Momento plástico de la viga

El momento plástico de nuestra viga, determinará la capacidad que tiene la viga que se encuentra diseñando.

$$M_p = Z_x * F_y * 0.9 = 26363.802 \text{ kg} * m$$

### 5.10.9 Longitud no arriostrada para el estado límite de fluencia

$$L_p = 1.76 * R_y * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.675 \text{ m}$$

Si  $L_p > \text{Ancho Colaborante}$  entre las vigas secundarias, cumple. Caso contrario incrementar la base del patín

$$L_p > \text{Ancho}_{\text{Tributario}}$$
$$1.675 \text{ m} > 1.25 \text{ m} = \text{CUMPLE}$$

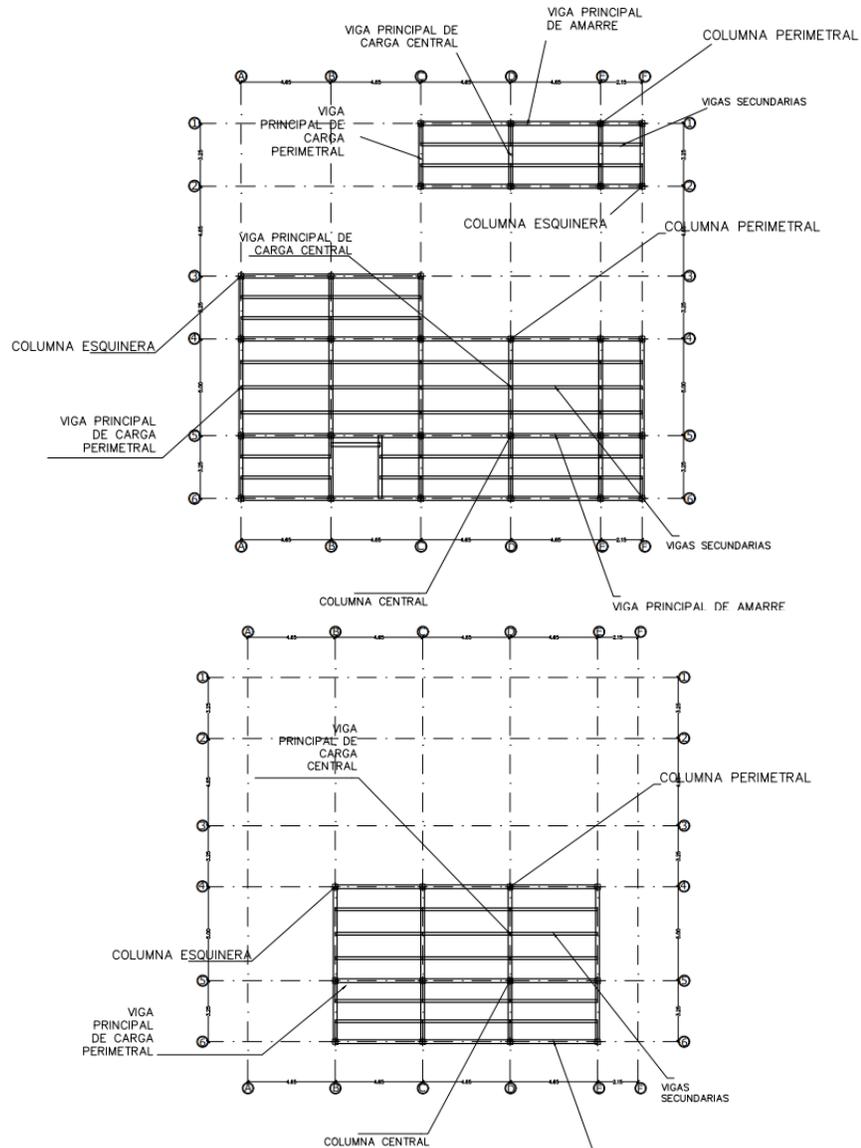
#### **5.10.10 Demanda vs Capacidad**

$$\frac{M_{uemp}}{M_p} = 0.777$$
$$\frac{19854.294 \text{ kg} * \text{m}}{26363.802 \text{ kg} * \text{m}} = 0.777$$

La viga de carga propuesta trabaja a un 78% de su capacidad, bajo la exposición de cargas consideradas, lo cual se encuentra por debajo del 85% de capacidad que hemos impuesto. Es necesario tener en cuenta que el mismo procedimiento se debe llevar para el cálculo de la viga de carga perimetral y viga de amarre, lo que incluye el diseño de vigas secundarias, sección compuesta y pernos de corte por cada panel.

## 5.11 Resumen de elementos estructurales

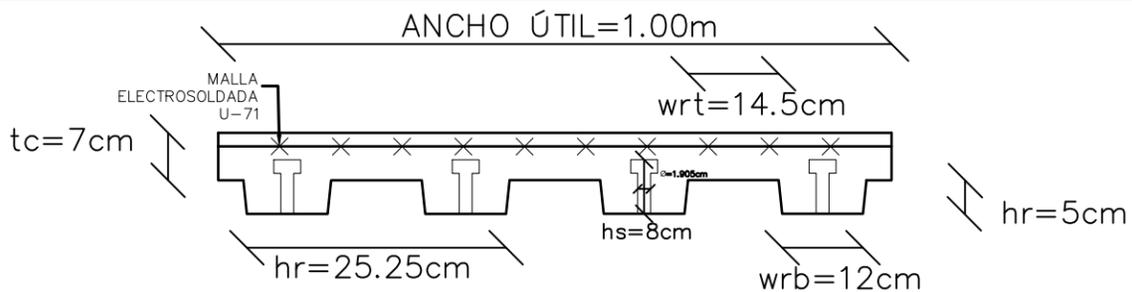
**Figura 29**  
*Resumen de Elementos Estructurales*



*Nota.* La imagen muestra los elementos estructurales considerados. Elaborado por: El autor.

**Tabla 49***Elementos Correspondientes a la Estructura*

<i>Elementos correspondientes a la estructura</i>	
<i>Elemento</i>	<i>Sección</i>
<i>Columna Central</i>	<i>Cc_Tub(280x280x12mm)</i>
<i>Columna Esquinera</i>	<i>Ce_Tub(280x280x12mm)</i>
<i>Columna Perimetral</i>	<i>Cp_Tub(280x280x12mm)</i>
<i>Viga Principal de Carga Central</i>	<i>VPCc_IPE(200x10x450x6mm)</i>
<i>Viga Principal de Carga Perimetral</i>	<i>VPCp_IPE(200x10x450x6mm)</i>
<i>Viga Principal de Amarre</i>	<i>VPa_IPE(200x10x450x6mm)</i>
<i>Vigas Secundarias</i>	<i>C1(140x8x270x4mm)</i>

***Losa Colaborante******Características Deck***

<i>Características Deck</i>	<i>Valor</i>
<i>Espesor del hormigón (tc)</i>	<i>7 cm</i>
<i>Distancia otorgada por fabricante (hr)</i>	<i>5 cm</i>
<i>Distancia otorgada por fabricante (wrt)</i>	<i>14.5 cm</i>
<i>Distancia otorgada por fabricante (wrb)</i>	<i>12 cm</i>
<i>Distancia otorgada por fabricante (Sr)</i>	<i>25.25 cm</i>
<i>Espesor del Steel Deck</i>	<i>0.076 cm</i>
<i>Diámetro del perno</i>	<i>1.905cm</i>
<i>Altura del perno</i>	<i>8 cm</i>
<i>Fu</i>	<i>4078.86 kg/cm2</i>

Elaborado por: El autor

**5.12 Prediseño de cimentaciones**

En el diseño de cimentaciones para viviendas, la elección del sistema adecuado influye en gran escala en la seguridad estructural y la eficiencia constructiva.

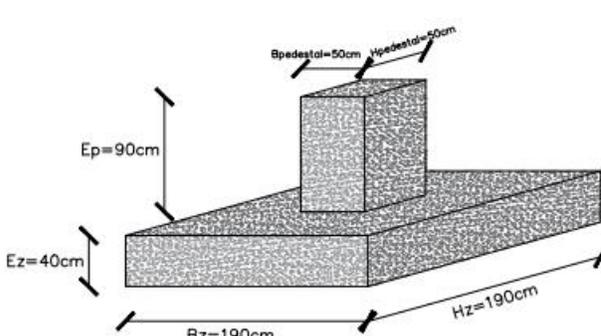
En este contexto, se ha optado por utilizar un modelo de cimentaciones basado en plintos aislados unidos por vigas de enlace, comúnmente conocidas como cadenas. Este enfoque se distingue significativamente del modelo convencional, carente de fundamentos normativos claros en el contexto local.

El sistema de plintos aislados y cadenas es ideal para viviendas por su eficacia en la distribución de cargas al suelo mediante vigas de enlace que refuerzan la capacidad de carga y estabilidad del conjunto. En contraste, no se ha considerado utilizar el modelo de plintos aislados con vigas de atado recomendado por el estudio geológico geotécnico, ya que las vigas de atado son más apropiadas para estructuras de mayor tamaño y complejidad que requieren soportar cargas más pesadas o cumplir con estándares estructurales más exigentes. Para viviendas, donde la carga por unidad de área es menor y la simplicidad constructiva es deseable, el modelo de cadenas con plintos aislados se presenta como la solución más eficiente y económica.

### 5.12.1 Geometría y Materiales del Plinto Aislado

**Tabla 50**

*Geometría y Materiales del Plinto Aislado*

Geometría y Materiales del Plinto Aislado			
	<b>Esfuerzo a la Compresión del Hormigón</b>	$f'c = 214.14 \frac{kg}{cm^2}$	
	<b>Fluencia del acero de refuerzo</b>	$fy = 4200 \frac{kg}{cm^2}$	
	<b>Borde exterior pedestal</b>	$xh = 2cm$	
	<b>Base del pedestal</b>	$B_{pedestal} = 50 cm$	
	<b>Altura del pedestal</b>	$H_{pedestal} = 50 cm$	
	<b>Espesor del pedestal</b>	$E_{pedestal} = 1.2 cm$	
	<b>Base de la zapata</b>	$Bz = 190 cm$	
	<b>Altura de la zapata</b>	$H_z = 190 cm$	
	<b>Espesor de la zapata</b>	$Ez = 40 cm$	
	<b>Profundidad de la Cimentación</b>	$Df = 1.30 cm$	
<b>Coefficiente de Balasto</b>	$k = 2.163 kg/cm^3$	<b>Carga Admisible del Suelo</b>	$q_a = 1.140 kg/cm^2$

Elaborado por: El autor.

### 5.12.2 Dimensionamiento del plinto aislado

Se realiza el dimensionamiento del pedestal utilizando datos como la distancia que existe entre el borde exterior de la placa y el borde exterior de del pedestal de hormigón ( $xh$ ), la base y la altura de placa base.

$$H_{pedestal} = Hp + xh = (48cm + 2cm) = 0.5m$$

$$B_{pedestal} = Bp + xh = (48cm + 2cm) = 0.5m$$

### 5.12.3 Resumen de Cargas y Momentos

Se presenta un resumen detallado de todas las cargas que actúan sobre la cimentación, incluyendo tanto cargas permanentes como variables, en comparativa con las cargas que nos ofrece ETABS.

$$CargaServicio_{Definitivo} = 32252.39 \text{ kg}$$

$$MomentoServicio_{Definitivo}(hp) = 686.79 \text{ kg} * m$$

$$MomentoServicio_{Definitivo}(bp) = 209.12 \text{ kg} * m$$

### 5.12.4 Área de cimentación

El área de la zapata se determina con la relación entre la carga de servicio definitivo y la capacidad portante del suelo. A continuación, se determina las dimensiones de la base y altura recomendadas para la zapata

$$AreaCimentación_{calculada} = \frac{CargaServicio_{Definitivo}}{q_a} = 2.829 \text{ m}^2$$

$$AreaCimentación_{calculada} = (H_{pedestal} + 2 * x) * (B_{pedestal} + 2 * x)$$

$$2.829 \text{ m}^2 = (0.45 \text{ m} + (2 * x) \text{ m}) * (0.45 \text{ m} + (2 * x) \text{ m})$$

$$x = 0.59098 \text{ m}$$

$$Hz = (h_{pedestal} + 2 * x) = 1.682 \text{ m}$$

$$Bz = (b_{pedestal} + 2 * x) = 1.682 \text{ m}$$

Sin embargo, se deben ingresar dimensiones para que la distribución de cargas de la zapata no se exceda la capacidad portante del suelo, por lo tanto:

$$H_z = 1.9 \text{ m} = \text{Lado}A_{FInal}$$

$$B_z = 1.9 \text{ m} = \text{Lado}B_{FInal}$$

### 5.12.5 Distancia $d$ (Altura útil)

La altura útil,  $d$ , es la distancia desde la cara superior de la cimentación hasta el centroide del refuerzo en tensión. Se sugiere una altura útil de 0.35m para poder obtener una zapata rígida al ser el suelo de constitución un suelo flexible, evitando así asentamientos diferenciales y proporcionando una base estable para la estructura.

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

### 5.12.6 Esfuerzos en el pedestal

Se realizan chequeos de los esfuerzos actuantes en el pedestal, incluyendo la revisión de los esfuerzos normales y cortantes, para asegurar que estos estén dentro de los límites admisibles.

$$q1h_{pedestal} = \frac{\text{CargaServicio}_{Definitivo}}{(\text{Lado}A_{FInal} * \text{Lado}B_{FInal})} + \left( \frac{6 * \text{MomentoServicio}_{Definitivo}(hp)}{\text{Lado}B_{FInal} * (\text{Lado}A_{FInal})^2} \right)$$

$$= 9534.959 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$q2_{hp} = \frac{Pu}{(\text{Lado}A_{FInal} * \text{Lado}B_{FInal})} - \frac{(6 * Mu_{\text{CargaServicio}hp})}{(\text{Lado}B_{FInal} * (\text{Lado}A_{FInal})^2)} = 8333.402 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$q1b_{pedestal} = \frac{\text{CargaServicio}_{Definitivo}}{(\text{Lado}A_{FInal} * \text{Lado}B_{FInal})} + \left( \frac{6 * \text{MomentoServicio}_{Definitivo}(bp)}{\text{Lado}B_{FInal} * (\text{Lado}A_{FInal})^2} \right)$$

$$= 8333.402 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$q2_{bp} = \frac{Pu}{(\text{Lado}A_{FInal} * \text{Lado}B_{FInal})} - \frac{(6 * Mu_{\text{CargaServicio}bp})}{(\text{Lado}B_{FInal} * (\text{Lado}A_{FInal})^2)} = 8751.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

### 5.12.7 Chequeo N1

Si  $q1h_{pedestal} < q_a$ , la sección de la zapata, CUMPLE

$$9534.959 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} < 11400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = \text{CUMPLE}$$

### 5.12.8 Chequeo N2

Si  $q_1 h_{pedestal} < q_a$ , la sección de la zapata, CUMPLE

$$8333.402 \frac{kg}{m^2} < 11400 \frac{kg}{m^2} = CUMPLE$$

### 5.12.9 Altura total

La altura total de la zapata incluye la suma de la altura útil más el recubrimiento de concreto y cualquier otra capa adicional requerida.

$$Ez = d_{sugerido} + recubrimiento = 0.40 m$$

### 5.12.10 Diseño por Cortante

Se calcula la resistencia al cortante de la zapata, verificando que sea capaz de soportar las fuerzas cortantes aplicadas sin experimentar fallas.

#### 5.12.10.1 Longitud de Volado

$$Lv = \frac{(LadoA_{Final} - h_{pedestal})}{2} = 0.7 m$$

### 5.12.11 Esfuerzos

Se evalúan los esfuerzos cortantes en el concreto

$$q_{3_{hp}} = \frac{(q_{1_{hp}} - q_{2_{hp}}) * (Lv + h_{pedestal} + d_{sugerido})}{LadoA_{Final}} + q_{2_{hp}} = 9313.619 \frac{kg}{m^2}$$

$$q_{3_{bp}} = \frac{(q_{1_{bp}} - q_{2_{bp}}) * (Lv + b_{pedestal} + d_{sugerido})}{LadoA_{Final}} + q_{2_{bp}} = 9049.715 \frac{kg}{m^2}$$

### 5.12.12 Esfuerzo cortante

Se determina el esfuerzo cortante actuante en la zapata y se compara con la resistencia al cortante del material.

$$EsfuerzoV_{hp} = \frac{(q_{1_{hp}} + q_{3_{hp}}) * (Lv - d_{sugerido})}{2 d_{sugerido}} = 9424.289 \frac{kg}{m^2}$$

$$EsfuerzoV_{bp} = \frac{(q_{1_{bp}} + q_{3_{bp}}) * (Lv - d_{sugerido})}{2 d_{sugerido}} = 9083.413 \frac{kg}{m^2}$$

$$EsfuerzoV_{maximo} = \max(EsfuerzoV_{hp}, EsfuerzoV_{bp}) = 9424.289 \frac{kg}{m^2}$$

$$EsfuerzoAdmisible_{hormigón} = (3.98 * \sqrt{f'c}) = 57675.679 \frac{kg}{m^2}$$

### 5.12.13 Chequeo por cortante

Se realiza un chequeo para asegurar que la zapata tiene la capacidad adecuada para resistir los esfuerzos cortantes aplicados.

$$Si EsfuerzoV_{maximo} < EsfuerzoAdmisible_{hormigón} = CUMPLE$$

$$9424.289 \frac{kg}{m^2} < 57675.679 \frac{kg}{m^2} = CUMPLE$$

### 5.12.14 Diseño por Punzonamiento

Se diseña la zapata para resistir los esfuerzos de punzonamiento, que son los esfuerzos concentrados alrededor de la columna o pedestal.

$$b_0 = 2 * (h_{pedestal} + d_{sugerido}) + 2(b_{pedestal} + d_{sugerido}) = 3.4 m$$

$$EsfuerzoP$$

$$= \frac{(q1_{hp} + q3_{hp}) * (LadoA_{Final} * LadoB_{Final} - (h_{pedestal} + d_{sugerido}) * (b_{pedestal} + d_{sugerido}))}{2 *}$$

$$= 21678.525 \frac{kg}{m^2}$$

$$EsfuerzoAdmisible1 = 1.95 * \left( 2 + 4 * \frac{h_{pedestal}}{b_{pedestal}} \right) * \sqrt{f'c} = 169549.108 \frac{kg}{m^2}$$

### 5.12.15 Coeficiente alpha

Se utiliza un coeficiente alpha para ajustar los cálculos de punzonamiento según las normativas vigentes.

$$\alpha = 40 = \text{cimentación interna}$$

$$EsfuerzoAdmisible2 = 1.95 * \left( \left( \alpha * \frac{d_{sugerido}}{b_0} \right) + 2 \right) * \sqrt{f'c} = 172873.6 \frac{kg}{m^2}$$

$$EsfuerzoAdmisibleFinal = \max(EsfuerzoAdmisible1, EsfuerzoAdmisible2) = 172873.6 \frac{kg}{m^2}$$

### 5.12.16 Chequeo por punzonamiento

Se verifica que la zapata puede resistir los esfuerzos de punzonamiento sin fallar, asegurando que la superficie de contacto entre la zapata y la columna es suficiente.

$$Si \text{ Esfuerzo } P < \text{ Esfuerzo }_{\text{AdmisibleFinal}} = \text{ CUMPLE}$$

$$21678.525 \frac{kg}{m^2} < 172873.6 \frac{kg}{m^2} = \text{ CUMPLE}$$

#### 5.12.17 Diseño por Aplastamiento

Se diseña la zapata para resistir los esfuerzos de aplastamiento bajo las cargas aplicadas.

$$\text{Esfuerzo}_{\text{Aplastamiento}} = \frac{Pu}{(\text{Lado } A_{\text{Final}} * \text{Lado } B_{\text{Final}})} = 8934.18 \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{Esfuerzo}_{\text{Admisible}}_{\text{hormigónAplastamiento}} = \phi * 0.85 * f'c = 1160250 \frac{kg}{m^2}$$

#### 5.12.18 Chequeo por aplastamiento

Se realiza un chequeo para asegurar que los esfuerzos de aplastamiento en la zapata estén dentro de los límites permisibles.

$$Si \text{ Esfuerzo}_{\text{Aplastamiento}} < \text{Esfuerzo}_{\text{Admisible}}_{\text{hormigónAplastamiento}} = \text{ CUMPLE}$$

$$Si 8934.18 \frac{kg}{m^2} < 1160250 \frac{kg}{m^2} \text{ CUMPLE}$$

#### 5.12.19 Diseño por Flexión

Se diseña la zapata para resistir los momentos flectores generados por las cargas aplicadas.

$$q_{4_{hp}} = \frac{(q_{1_{hp}} - q_{2_{hp}}) * (\text{Lado } A_{\text{Final}} - Lv)}{\text{Lado } A_{\text{Final}}} + q_{2_{hp}} = 9092.28 \frac{kg}{m^2}$$

$$q_{4_{bp}} = \frac{(q_{1_{bp}} - q_{2_{bp}}) * (\text{Lado } A_{\text{Final}} - Lv)}{\text{Lado } B_{\text{Final}}} + q_{2_{bp}} = 8982.32 \frac{kg}{m^2}$$

#### 5.12.20 Momento producido en sentido hp

Se calcula el momento flector en el sentido longitudinal del pedestal.

$$M_{hp} = \left( Lv^2 * \frac{q_{4_{hp}} + 2 * q_{1_{hp}}}{6} \right) = 2299.913 \text{ kg} * m$$

#### 5.12.21 Momento producido en sentido bp

Se determina el momento flector en el sentido transversal del pedestal.

$$M_{bp} = \left( Lv^2 * \frac{q_{4bp} + 2 * q_{1bp}}{6} \right) = 2222.684 \text{ kg} * m$$

$$Mu_{max} = \max(M_{hp}, M_{bp}) = 2299.913 \text{ kg} * m$$

$$d_{min} = \left( 0.831 * \sqrt{\frac{Mu_{max}}{f'c}} \right) = 0.087 \text{ m}$$

### 5.12.22 Chequeo por flexión

Se verifica que la zapata tiene la capacidad adecuada para resistir los momentos flectores aplicados sin experimentar fallas.

$$Si d_{min} < d_{sugerido} = CUMPLE$$

$$Si 0.087 \text{ m} < 0.35 \text{ m} = CUMPLE$$

### 5.12.23 Cálculo del acero de la zapata

Se calcula la dosificación de refuerzo necesario para resistir los momentos flectores, asegurando que el diseño cumple con las normativas estructurales y de seguridad.

#### Tabla 51

#### Dosificación de Acero en Zapata Central

##### Cálculo del Acero de Refuerzo para Zapata

$$As_{min} = 0.0018 * LadoA_{Final} * Espesor_{zapata} = 11.97 \text{ cm}^2$$

$$As_{calculado} = \frac{Mu}{\phi * fy * \left(d - \frac{a}{2}\right)} = 1.744 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{As_{calculado} * fy}{0.85 * f'c * LadoA_{Final}} = 0.216 \text{ cm}$$

$$As_{def} = \max(As_{min}, As_{calculado}) = 11.97 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{varilla} = 14 \text{ mm} = 1.2 \text{ cm}$$

$$Numero_{varillas} = \frac{As_{def}}{Area_{varilla}} = 7 \text{ u}$$

$$Area_{varilla} = \frac{(\pi * (\phi_{varilla})^2)}{4} = 1.54 \text{ cm}^2$$

$$Separacion_{varillas} = \frac{(LadoA_{Final})}{Numero_{varillas}} = 27.1 \text{ cm}$$

$$Separacion_{Constructiva} = 25 \text{ cm}$$

$$Dobles_{varillas} = Espesor_{zapata} - (2 * recubrimiento) = 30 \text{ cm}$$

Para la sección longitudinal y transversal

$$USAR \phi 14 \text{ mm} @ 25 \text{ cm}$$

Elaborado por: El autor.

### 5.12.24 Cálculo del acero del pedestal

**Tabla 52**

*Dosificación de Acero en Pedestal*

*Cálculo del Acero de Refuerzo para Zapata*

$$d = H_{pedestal} - rec(5cm) = 45cm$$

$$As_{min} = 0.0018 * H_{pedestal} * d = 22.5 cm^2$$

$$As_{calculado} = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})} = 1.362 cm^2$$

$$a = \frac{As_{calculado} * fy}{0.85 * f'c * H_{pedestal}} = 0.641 cm$$

$$As_{def} = \max(As_{min}, As_{calculado}) = 22.5 cm^2$$

$$\phi_{varilla} = 18mm = 1.8cm$$

$$Numero_{varillas} = \frac{As_{def}}{Area_{varilla}} = 8 u$$

$$Area_{varilla} = \frac{(\pi * (\phi_{varilla})^2)}{4} = 2.55 cm^2$$

$$Separacion_{varillas} = 20 cm$$

Para la sección longitudinal

USARØ18mm@20cm

Para la sección transversal

ZONA DE SEGURIDAD = USARESTRIBOSØ10mm@5cm

USARESTRIBOSØ10mm@10cm

Elaborado por: El autor.

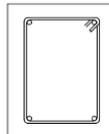
### 5.13 Prediseño de vigas de enlace (cadenas)

#### 5.13.1 Geometría de la viga de enlace propuesta:

**Tabla 53**

*Geometría de la Viga de Enlace*

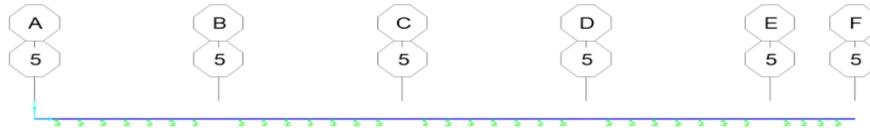
<b>Geometría de la viga de enlace propuesta</b>			
Base del Alma de la Viga de Cimentación			$ba_{vc} = 30cm$
Altura del alma de la Viga de Cimentación			$ha_{vc} = ba_{vc} + 10cm = 40cm$
Fluencia del acero	$fy = 4200 \frac{kg}{cm^2}$	Esf. Compresión H.	$f'c = 214.14 \frac{kg}{cm^2}$
Coefficiente de Balasto	$k = 2.163 kg/cm^3$	Carga Admisible del Suelo	$qa = 1.140 kg/cm^2$



Elaborado por: El autor.

### 5.13.2 División de tramos (método elástico):

**Figura 30**  
Eje de Análisis (Más Crítico)



Elaborado por: El autor.

**Tabla 54**  
Método Elástico Viga de Enlace

TRAMO	LONG. TRAMO (cm)	# TRAMOS	Área de Influencia (cm <sup>2</sup> )	Rigidez
		$\frac{Longitud_{Tramo1}}{Longitud\ adecuado}$	$b_{zvc} * \left(\frac{Longitud_{Tramo1}}{\#Tramos}\right)$	$k_{inf} = Area_{Influencia} * k$
1	465	8.00	1740	3763.394
2	465	8.00	1740	3763.394
3	465	8.00	1740	3763.394
4	465	8.00	1740	3763.394
5	215	5.00	1290	2790.102

Elaborado por: El autor.

### 5.13.3 Determinación de asentamientos por medio de SAP 2000 (método elástico)

**Figura 31**  
Asentamientos SAP2000

	Joint Text	OutputCase	CaseType Text	U1 cm	U2 cm	U3 cm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
▶	1	DEAD	LinStatic	0	0	-0.240253	0.000146	0	0
	2	DEAD	LinStatic	0	0	-0.244096	-9.8E-05	0	0
	3	DEAD	LinStatic	0	0	-0.299382	-6.9E-05	0	0
	4	DEAD	LinStatic	0	0	-0.30145	4.6E-05	0	0
	5	DEAD	LinStatic	0	0	-0.289646	-8.6E-05	0	0
	6	DEAD	LinStatic	0	0	-0.307463	-0.000101	0	0
	7	DEAD	LinStatic	0	0	-0.231101	0.000132	0	0
	8	DEAD	LinStatic	0	0	-0.223898	9.2E-05	0	0
	9	DEAD	LinStatic	0	0	-0.219766	3.8E-05	0	0
	10	DEAD	LinStatic	0	0	-0.219242	-2E-05	0	0
	11	DEAD	LinStatic	0	0	-0.222298	-7.3E-05	0	0
	12	DEAD	LinStatic	0	0	-0.22834	-0.00011	0	0
	13	DEAD	LinStatic	0	0	-0.236197	-0.000122	0	0
	14	DEAD	LinStatic	0	0	-0.247738	-7.2E-05	0	0
	15	DEAD	LinStatic	0	0	-0.251153	-7.6E-05	0	0
	16	DEAD	LinStatic	0	0	-0.255801	-0.0001	0	0

Elaborado por: El autor.

$$U3_{max} = -0.307463\text{cm}$$

### 5.13.4 Cálculo del Esfuerzo producido por la viga de cimentación en el suelo.

$$EsfuerzoSuelo_{VC} = -k * U3_{max} = 0.665 \frac{kg}{cm^2}$$

Condicionante

Se debe cumplir la condicionante en la que el esfuerzo producido por la viga de cimentación en el suelo no debe exceder el esfuerzo admisible del suelo:

$$q_a \geq EsfuerzoSuelo_{VC}$$

$$1.140 \frac{kg}{cm^2} \geq 0.665 \frac{kg}{cm^2} = CUMPLE$$

#### Tabla 55

*Dosificación de Acero en Vigas de Enlace*

*Cálculo del Acero de Refuerzo para Zapata*

$$d = H_{pedestal} - rec(5cm) = 45cm$$

$$As_{min} = 0.0018 * H_{pedestal} * d = 22.5 cm^2$$

$$As_{calculado} = \frac{Mu}{\phi * fy * (d - \frac{a}{2})} = 1.362 cm^2$$

$$a = \frac{As_{calculado} * fy}{0.85 * f'c * H_{pedestal}} = 0.641 cm$$

$$As_{def} = \max(As_{min}, As_{calculado}) = 22.5 cm^2$$

$$\phi_{varilla} = 18mm = 1.8cm$$

$$Numero_{varillas} = \frac{As_{def}}{Area_{varilla}} = 8 u$$

$$Area_{varilla} = \frac{(\pi * (\phi_{varilla})^2)}{4} = 2.55 cm^2$$

$$Separacion_{varillas} = 20 cm$$

Para la sección longitudinal y transversal

USARØ18mm@20cm

Elaborado por: El autor.

## 5.14 Resumen de Aceros de Refuerzo

**Tabla 56**  
*Tabla de Aceros*

Tabla de Aceros						
Elemento	Dimensiones	Rec	Tipo de Acero	Diámetro (mm)	Separación (cm)	Cantidad de Acero
Zapata 1	1.90m x 1.90m	5cm	Longitudinal	14mm	25cm	Ø14mm@25cm EN AMBOS SENTIDOS
	ESPESOR: 0.40m		Transversal	14mm	25cm	
Zapata 2	1.60m x 1.60m	5cm	Longitudinal	12mm	20cm	Ø12mm@20cm EN AMBOS SENTIDOS
	ESPESOR: 0.40m		Transversal	12mm	20cm	
Zapata 3	1.30m x 1.30m	5cm	Longitudinal	12mm	15cm	Ø12mm@15cm EN AMBOS SENTIDOS
	ESPESOR: 0.40m		Transversal	12mm	15cm	
Pedestal	0.50m x 0.50m	3cm	Longitudinal	18mm	-	8 VARILLAS LONGITUDINALES Ø18mm
	ESPESOR: 0.90m		Estribos	10mm	5cm / 10cm	ESTRIBOS Ø10mm@5cm/10cm
Cadenas	0.30m x 0.40m	5cm	Longitudinal	18mm	-	6 VARILLAS LONGITUDINALES Ø18mm
			Estribos	10mm	5cm / 10cm	ESTRIBOS Ø10mm@5cm/10cm

Elaborado por: El autor.

## 5.15 Modelamiento de la estructura en ETABS

Modelar una estructura metálica propuesta en ETABS implica seguir una serie de pasos para garantizar una representación precisa y efectiva del sistema. En este apartado se profundizará los pasos que se realizó en el modelamiento de la estructura.

### 5.15.1 Creación del Modelo

Se inicia el programa ETABS y se crea un nuevo proyecto. Se seleccionan las unidades de medida adecuadas y se configura el entorno de trabajo para un proyecto de estructura metálica. Se define las historias y la grilla del modelo. Una vez definida la grilla arquitectónica se procede a definir los materiales que incluye la estructura que se busca diseñar.

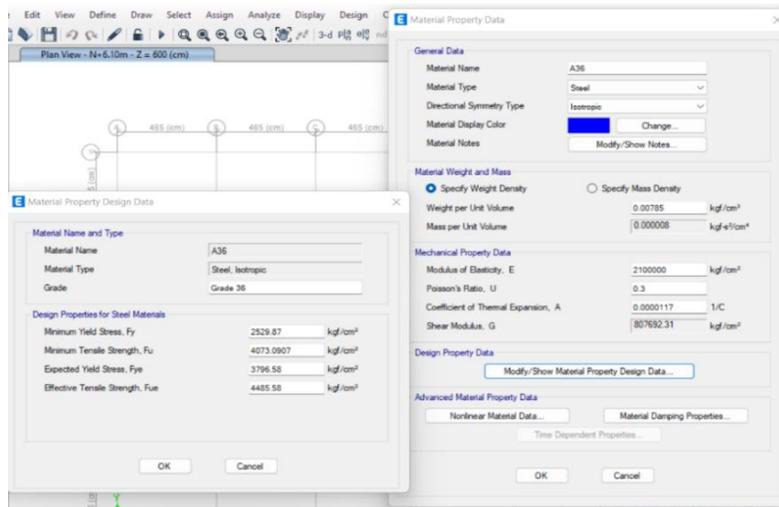
### 5.15.2 Definición de materiales

Se definen los materiales que se utilizarán en la estructura. Se crea nuevos materiales para el acero y el concreto.

Se deben ingresar las propiedades mecánicas adecuadas para cada material, como el módulo de elasticidad, la densidad, el coeficiente de Poisson, y los valores de resistencia específicos.

a) **Acero**

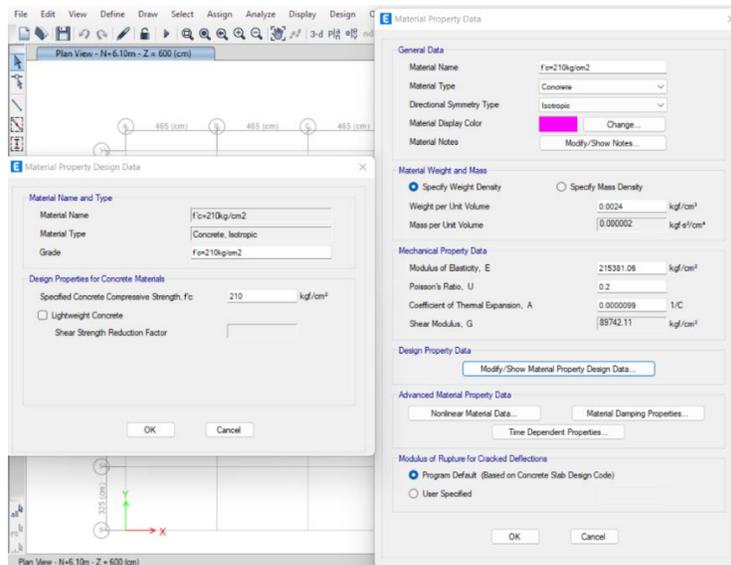
**Figura 32**  
*Propiedades del Acero como Material (ETABS)*



*Nota.* La imagen muestra el ingreso de las propiedades del acero en ETABS. Elaborado por: El autor.

b) **Concreto**

**Figura 33**  
*Propiedades del Concreto como Material (ETABS)*

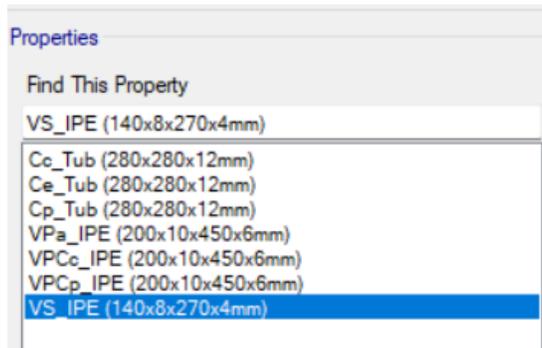


*Nota.* La imagen muestra el ingreso de las propiedades del concreto en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.15.3 Ingreso de Secciones

Se definen las secciones transversales de los elementos estructurales. Se crean secciones para columnas y vigas. Se ingresan las dimensiones específicas de cada sección y se asocian las propiedades del material definido anteriormente. Las secciones que se definieron en capítulos de diseño anteriores se muestran a continuación:

**Figura 34**  
*Definición de Secciones (ETABS)*

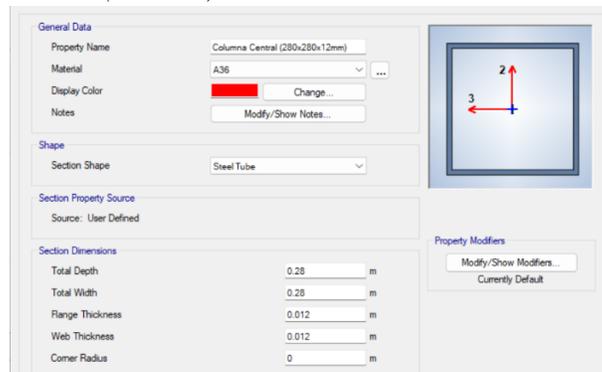


*Nota.* La imagen muestra el ingreso de las secciones en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.15.4 Creación de Columnas

Para crear las columnas cuadradas, se selecciona la herramienta de creación de columnas en el menú principal. Se colocan las columnas en las intersecciones de la grilla, asignando la sección transversal y el material adecuados definidos previamente.

**Figura 35**  
*Definición de Columnas (ETABS)*

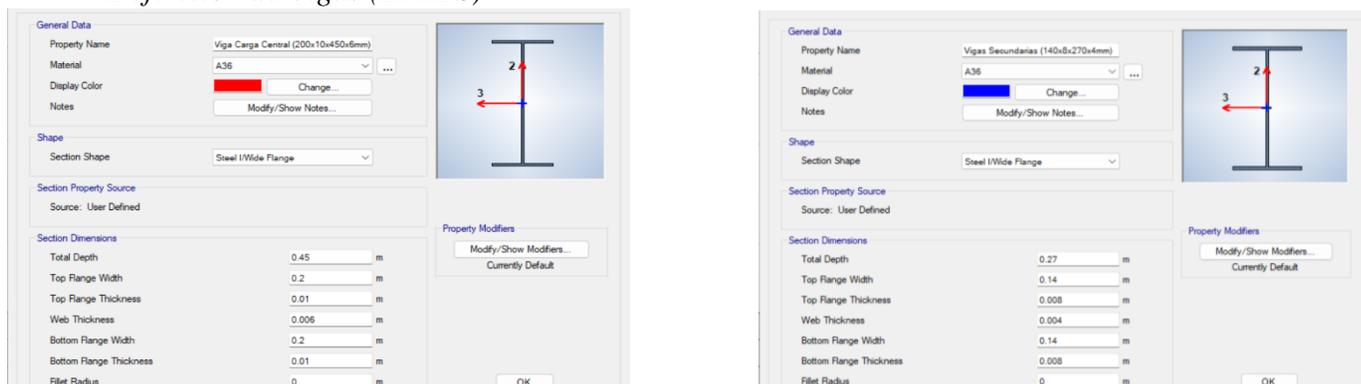


*Nota.* La imagen muestra el ingreso de las propiedades de columnas en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.15.5 Creación de Vigas

Se crean las vigas utilizando la sección tipo I definida anteriormente. Se selecciona la herramienta de creación de vigas y se dibujan las vigas principales y secundarias entre las columnas. Se asigna la sección transversal adecuada y se conectan las vigas de manera correcta a las columnas para garantizar la integridad estructural del modelo.

**Figura 36**  
*Definición de Vigas (ETABS)*

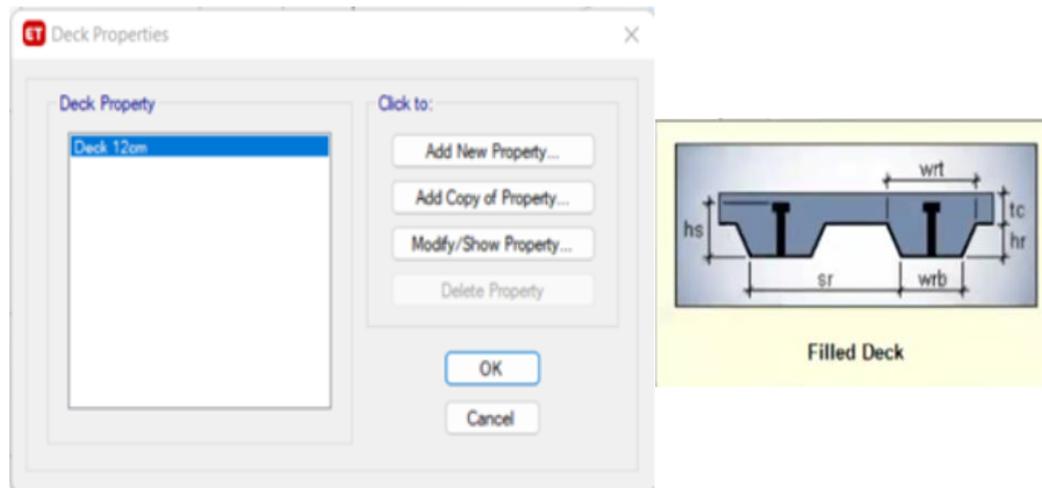


*Nota.* La imagen muestra el ingreso de las propiedades de vigas principales y secundarias en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.15.6 Creación de Losas

Para las losas, se selecciona la herramienta de creación de losas en el menú principal. Se definen las losas como steel deck y se asignan las propiedades de material y sección previamente creada.

**Figura 37**  
*Definición de Propiedades de la Losa Colaborante (ETABS)*



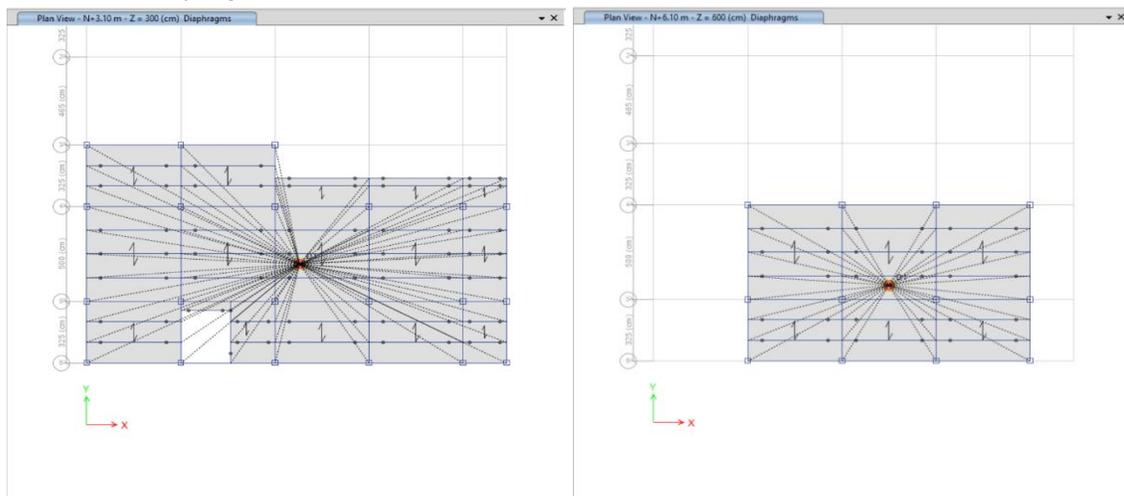
General Data	
Property Name	Deck12
Type	Filled
Slab Material	f'c=210kg/cm2
Deck Material	A36
Modeling Type	Membrane
Modifiers (Currently Default)	Modify/Show...
Display Color	Change...
Property Notes	Modify/Show...
Property Data	
Slab Depth, tc	7 cm
Rib Depth, hr	5 cm
Rib Width Top, wrt	14.5 cm
Rib Width Bottom, wrb	12 cm
Rib Spacing, sr	25.25 cm
Deck Shear Thickness	0.076 cm
Deck Unit Weight	0.035 kgf/cm <sup>2</sup>
Shear Stud Diameter	1.905 cm
Shear Stud Height, hs	8 cm
Shear Stud Tensile Strength, Fu	4078.86 kgf/cm <sup>2</sup>

*Nota.* La imagen muestra el ingreso de las propiedades de la losa tipo deck en ETABS.  
 Elaborado por: El autor.

### 5.15.7 Definición de diafragma

Se definen los diafragmas en el modelo para asegurar una distribución adecuada de las cargas laterales. En el menú 'Define', se selecciona 'Diaphragms' y se crean diafragmas rígidos o flexibles según corresponda. Se asocian los diafragmas a las plantas de la estructura para garantizar una transferencia efectiva de las cargas laterales a los elementos verticales.

**Figura 38**  
*Detalle del Diafragma (ETABS)*



*Nota.* La imagen muestra el detalle de diafragmas luego de su ingreso en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.15.8 Definición de patrones de carga

Se definen los patrones de carga que se aplicarán a la estructura. Se crean patrones para carga muerta, carga viva, acabados, viva cubierta y granizo. Se asignan valores específicos de carga para cada patrón según las normativas y especificaciones del proyecto.

**Figura 39**  
*Definición de Patrones de Carga*

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
Dead	Dead	1	
Dead	Dead	1	
Live	Live	0	
Over Load	Dead	0	
Roof Live	Roof Live	0	
Snow	Snow	0	
SEX	Seismic	0	User Coefficient
SEY	Seismic	0	User Coefficient
SDX	Seismic	0	None
SDY	Seismic	0	None

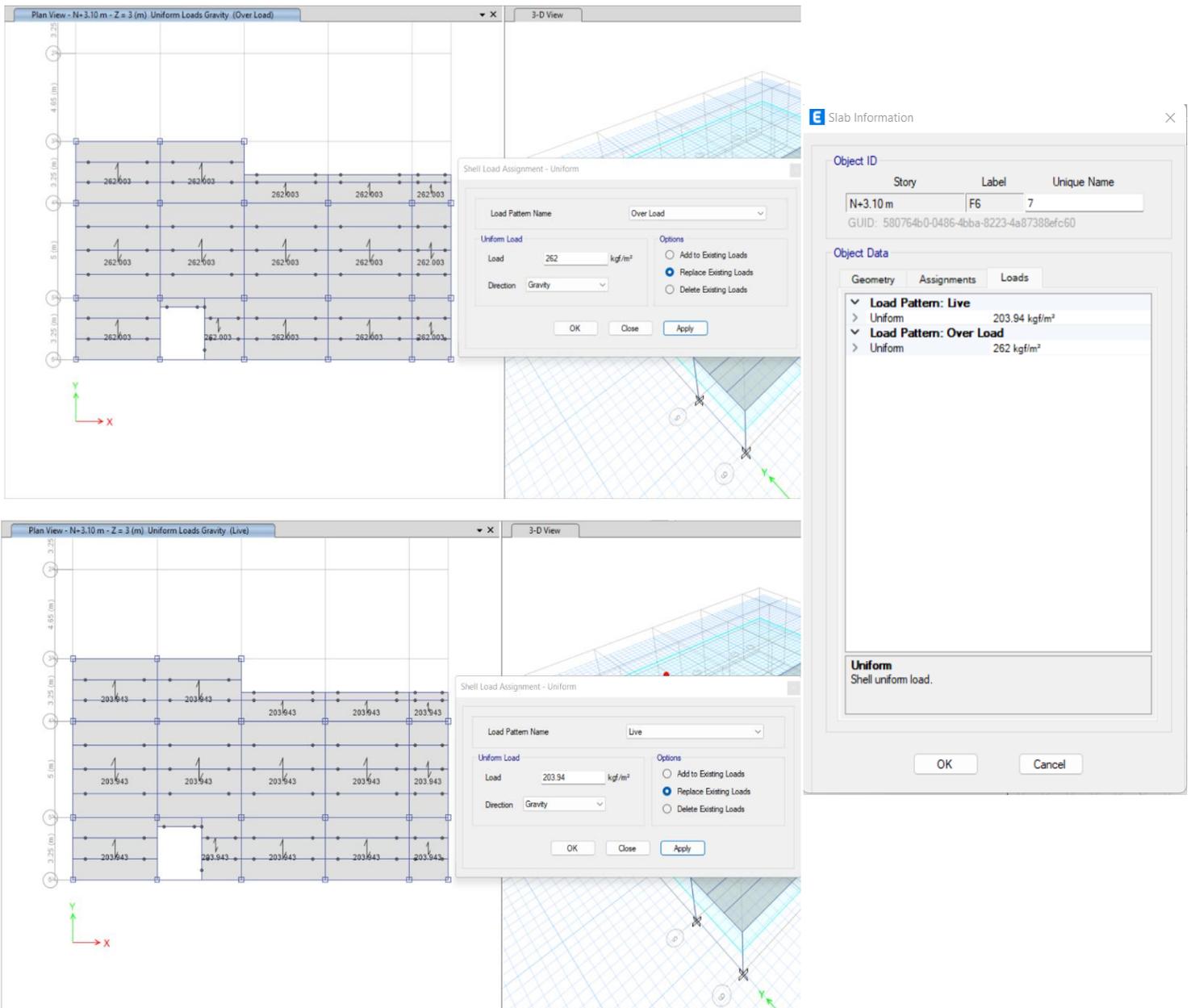
*Nota.* La imagen muestra el ingreso de patrones de carga en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.15.9 Aplicación de Cargas

Se seleccionan las losas y se asignan los valores de carga de acuerdo con los patrones definidos anteriormente.

#### a) Primer Piso

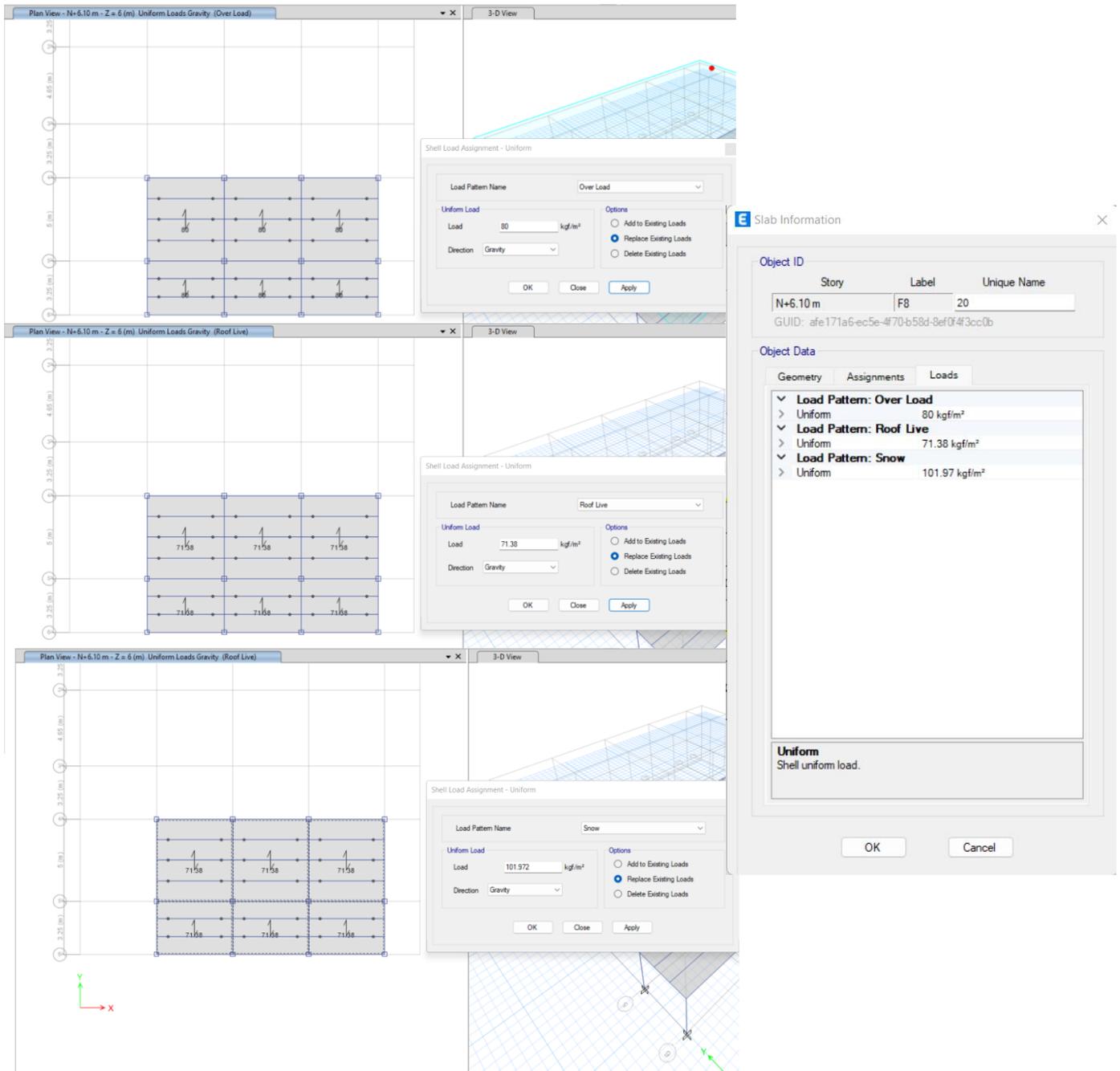
**Figura 40**  
*Aplicación de Cargas en la Primera Planta (ETABS)*



*Nota.* La imagen muestra la aplicación de cargas a la primera planta en ETABS. Elaborado por: El autor.

## b) Segundo Piso

**Figura 41**  
*Aplicación de Cargas en la Segunda Planta (ETABS)*



*Nota.* La imagen muestra la aplicación de cargas a la segunda planta en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.15.10 Modificación de cargas sísmicas

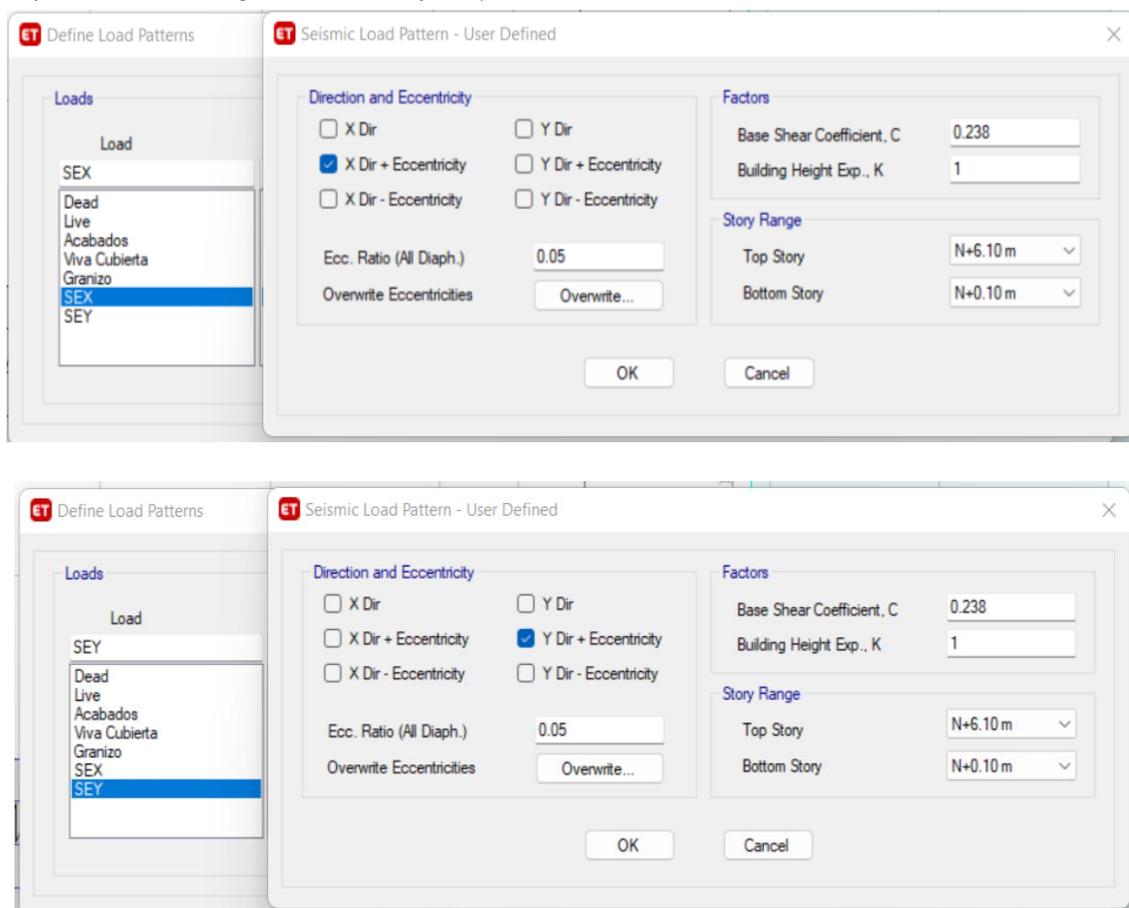
Se modifican las cargas sísmicas en base al espectro de diseño definido. Se ajustan los parámetros de carga sísmica en el caso de carga correspondiente para reflejar los valores del espectro de diseño. Se debe asegurar que se ingrese el coeficiente C y coeficiente k dentro de las cargas sísmicas

**Tabla 57**  
*Cálculo del Coeficiente C y Coeficiente k (ETABS)*

Cortante Basal	Coeficiente C	Cortante Basal	Coeficiente C
$\% = \frac{I * Sa}{R * \phi_e * \phi_p}$	0.238	$\% = \frac{I * Sa}{R * \phi_e * \phi_p}$	0.238
k	1.00	k	1.00

Elaborado por: El autor.

**Figura 42**  
*Modificación de Cargas Sísmicas eje X y Y(ETABS)*

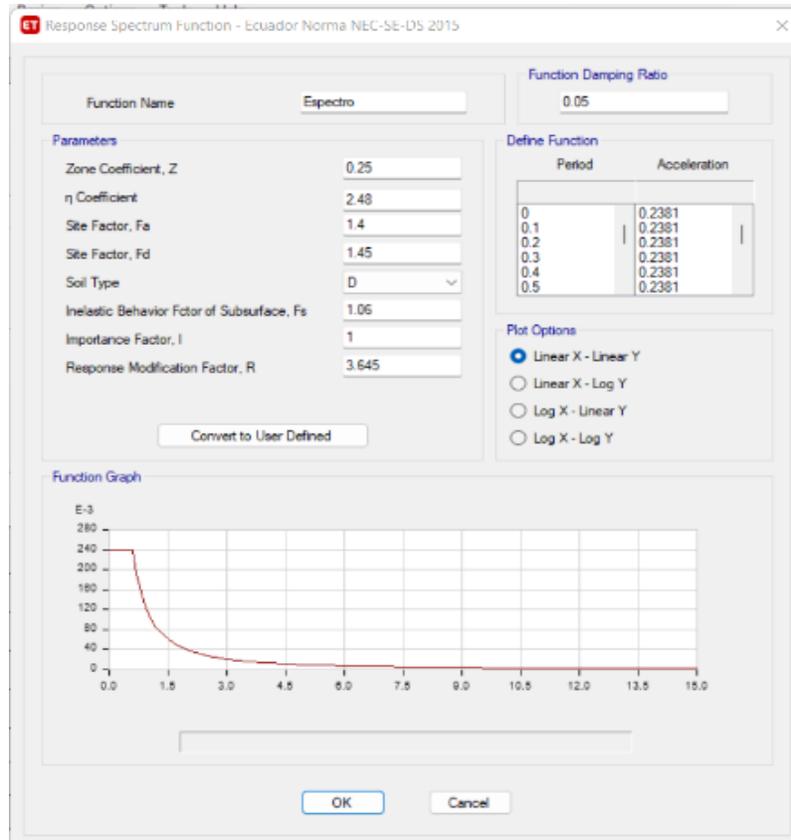


*Nota.* La imagen muestra la modificación de cargas sísmicas en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.15.11 Definición del espectro de diseño ETABS

Se define el espectro de diseño sísmico para el análisis. Se crea una función de espectro de respuesta. Se ingresan los parámetros del espectro según la normativa NEC-SE-DS que se asocia el espectro de diseño al caso de carga sísmica para el análisis dinámico.

**Figura 43**  
*Ingreso del Espectro (ETABS)*

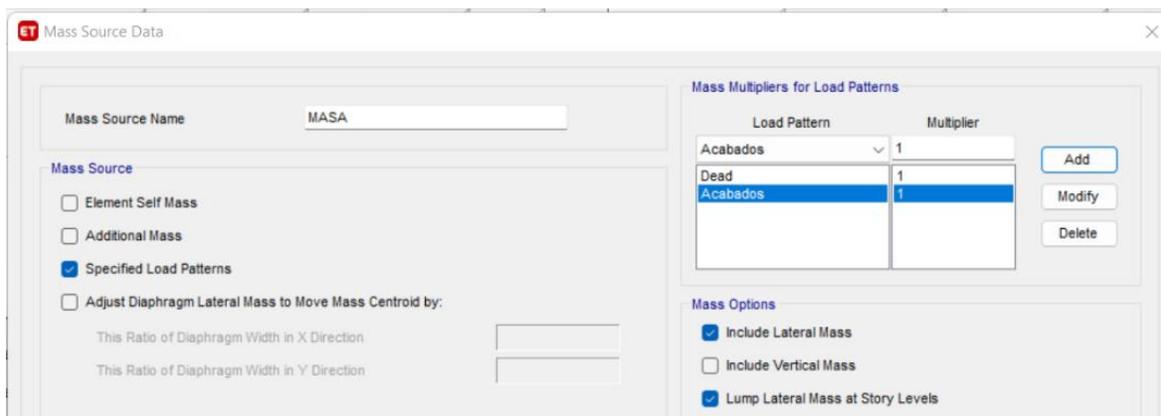


*Nota.* La imagen muestra el ingreso del espectro de diseño en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.15.12 Definición de masa

Se define la masa de la estructura para el análisis dinámico. En el menú 'Define', se selecciona 'Mass Source' y se especifican las fuentes de masa, incluyendo las cargas permanentes y variables. Se debe asegurar que la distribución de la masa sea adecuada para el análisis sísmico y dinámico.

**Figura 44**  
*Definición de Masa (ETABS)*

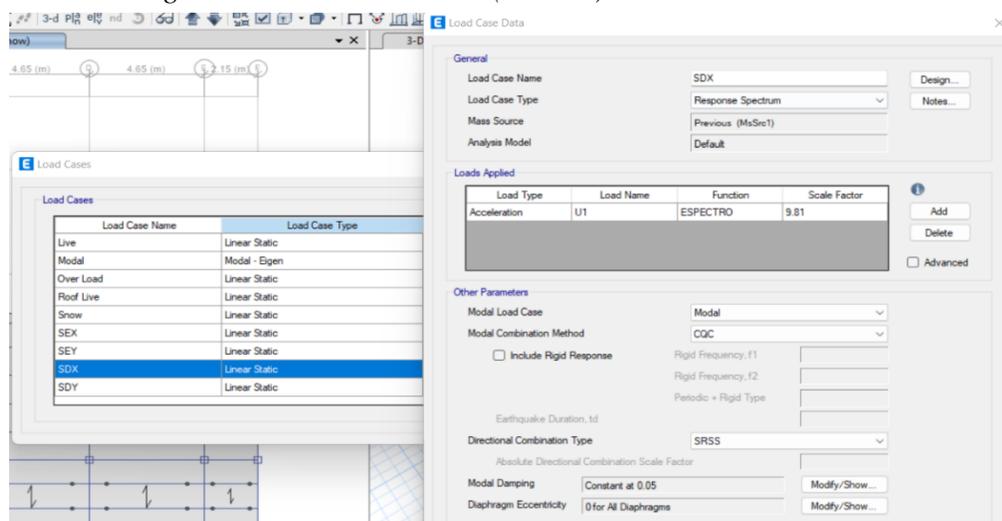


*Nota.* La imagen muestra la definición de masa en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.15.13 Creación de cargas dinámicas

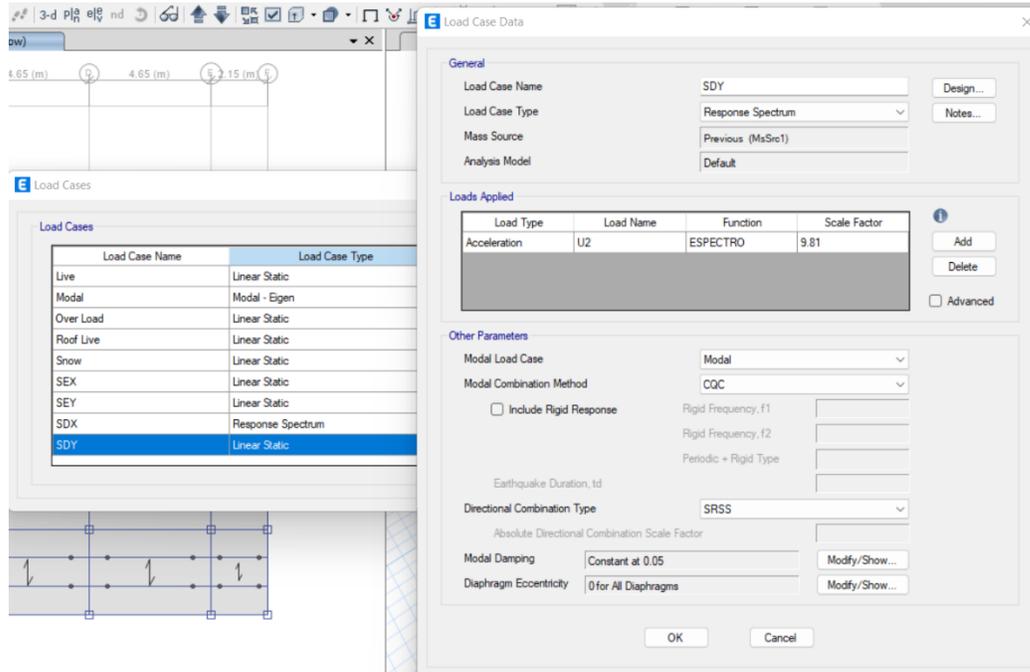
Se crean cargas dinámicas para el análisis de la estructura. Se especifican los parámetros de carga dinámica, incluyendo la función de espectro de respuesta y otros parámetros relevantes para el análisis dinámico de la estructura. Es importante modificar las cargas de aceleración dinámicas en base al espectro de diseño en sentido X, con el valor de la gravedad más 30% de la carga en sentido Y, y viceversa como se muestra a continuación:

**Figura 45**  
*Modificación de Cargas Dinámicas Sentido X (ETABS)*



*Nota.* La imagen muestra la modificación de cargas dinámicas en ETABS. Elaborado por: El autor.

**Figura 46**  
*Modificación de Cargas Dinámicas Sentido Y (ETABS)*



Nota. La imagen muestra la modificación de cargas dinámicas en ETABS. Elaborado por: El autor.

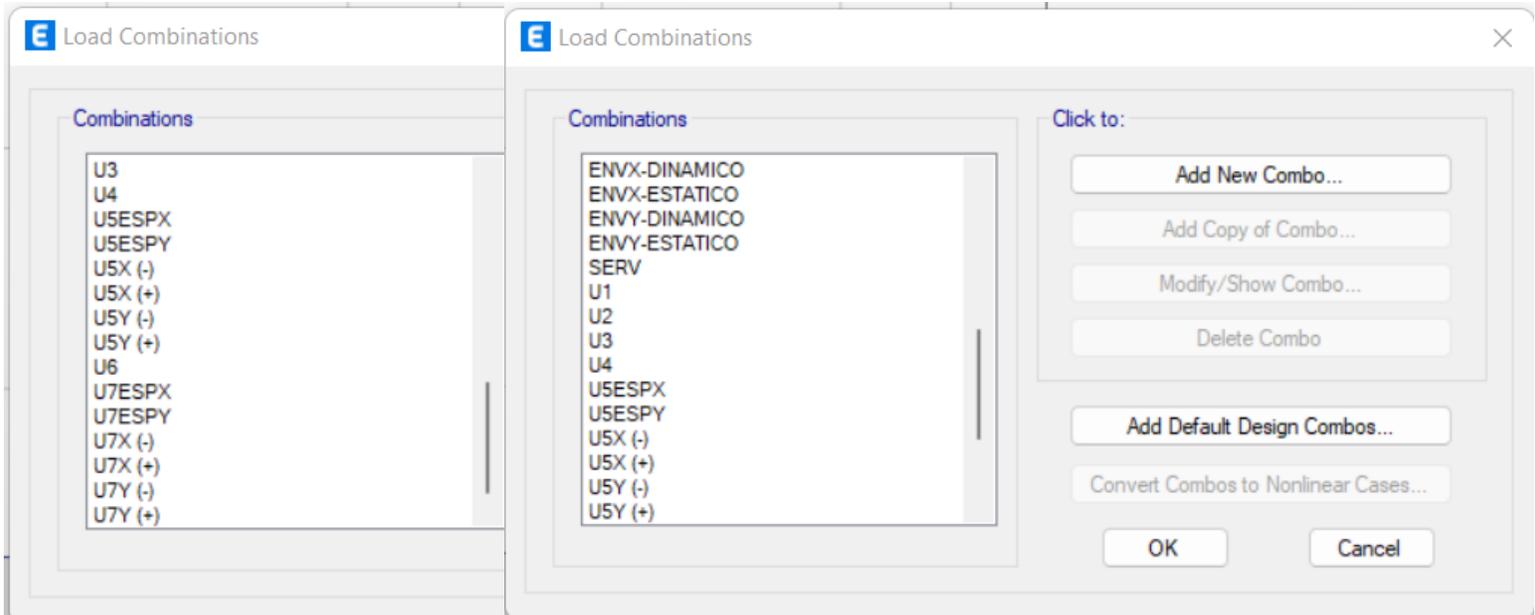
#### 5.15.14 Combinaciones de carga

Se crean las combinaciones de carga necesarias para el análisis estructural. Se definen las combinaciones según la normativa NEC-SE-CG.

**Tabla 58**  
*Ingreso y Edición de Combinaciones de Carga (ETABS)*

<i>Combinaciones de carga</i>		
<i>Combinación</i>	<i>Nombre</i>	<i>Descripción</i>
Combinación 1	U1	1.4D + 1.4OL
Combinación 2	U2	1.2D + 1.2OL + 1.6L + 0.5S
Combinación 3	U3	1.2D + 2.2OL + 1.6S + 1.0L
Combinación 4	U4	1.2D + 2.2OL + 1.0L + 0.5S
Combinación 5	U5X (+)	1.2D + 1.2OL + 1.0L + 0.2S + 1.0EX
Combinación 6	U5X (-)	1.2D + 1.2OL + 1.0L + 0.2S - 1.0EX
Combinación 7	U5Y (+)	1.2D + 1.2OL + 1.0L + 0.2S + 1.0EY
Combinación 8	U5Y (-)	1.2D + 1.2OL + 1.0L + 0.2S - 1.0EY
Combinación 9	U5ESPX	1.2D + 1.2OL + 1.0L + 0.2S + 1.0ESPX
Combinación 10	U5ESPY	1.2D + 1.2OL + 1.0L + 0.2S + 1.0ESPY
Combinación 11	U6	0.9D + 0.9OL
Combinación 12	U7X (+)	0.9D + 0.9OL + 1.0EX
Combinación 13	U7X (-)	0.9D + 0.9OL - 1.0EX
Combinación 14	U7Y (+)	0.9D + 0.9OL + 1.0EY

Combinación 15	U7Y (-)	$0.9D + 0.9OL - 1.0EY$
Combinación 16	U7ESPX	$0.9D + 0.9OL + 1.0ESPX$
Combinación 17	U7ESPY	$0.9D + 0.9OL + 1.0ESPY$
Combinación 18	SERVICIO	$1.0D + 1.0OL + 1.0L + 1.0S$
Combinación 19	ENVX-ESTATICO	$U1+U2+U3+U5X(+)+U5X(-)+U6+U7X(+)+U7X(-)$
Combinación 20	ENVY-ESTATICO	$U1+U2+U3+U5Y(+)+U5Y(-)+U6+U7Y(+)+U7Y(-)$
Combinación 21	ENVX-DINAMICO	$U1+U2+U3+U5ESPX+U6+ U7ESPX$
Combinación 22	ENVY- DINAMICO	$U1+U2+U3+U5ESPY+U6+ U7ESPY$



Nota. La imagen muestra las combinaciones de cargas definidas para el presente proyecto en ETABS. Elaborado por: El autor.

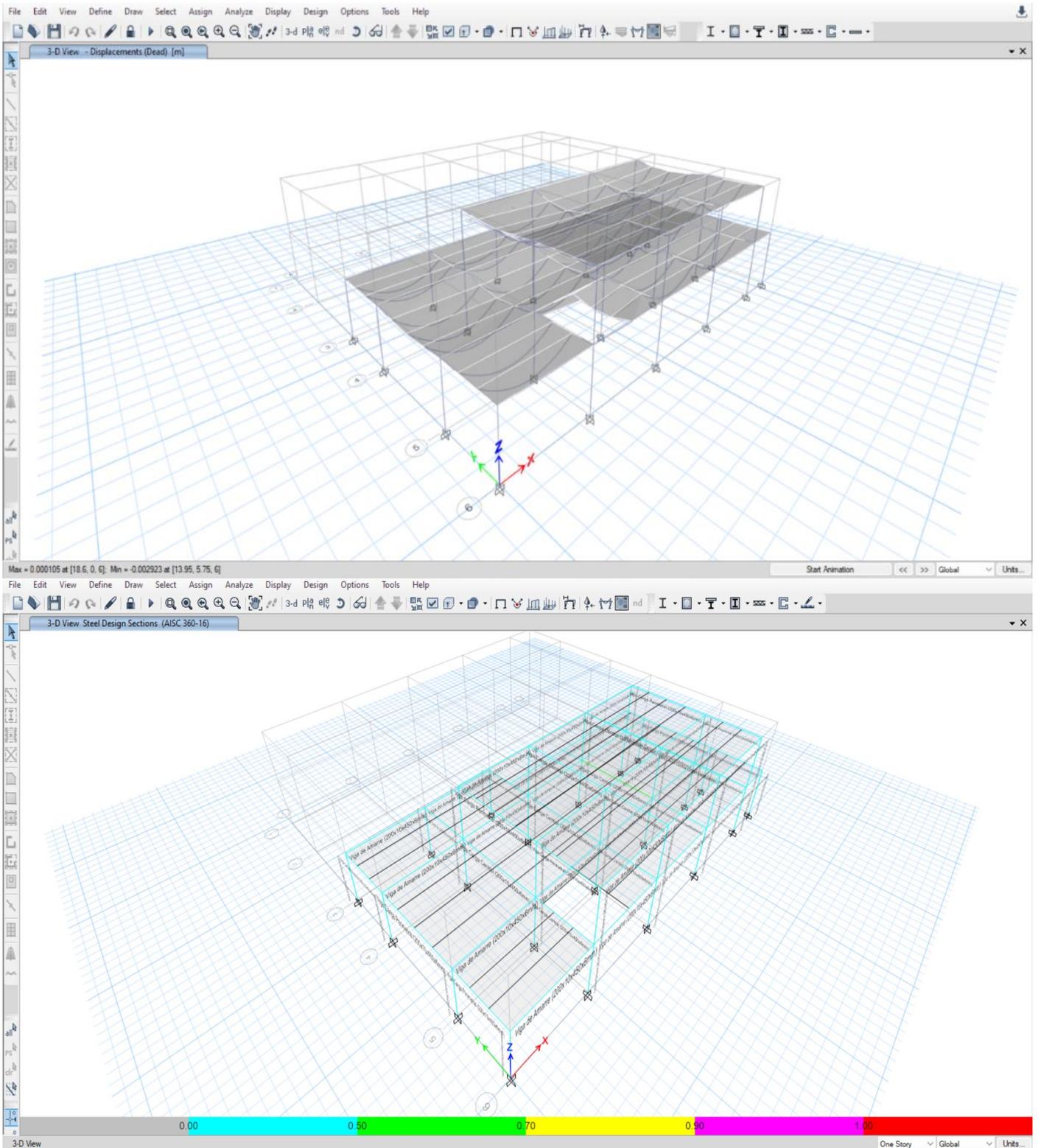
#### 5.15.15 Verificación preliminar del modelo

Se realiza una verificación preliminar del modelo para identificar posibles errores o inconsistencias.

#### 5.15.16 Análisis estructural

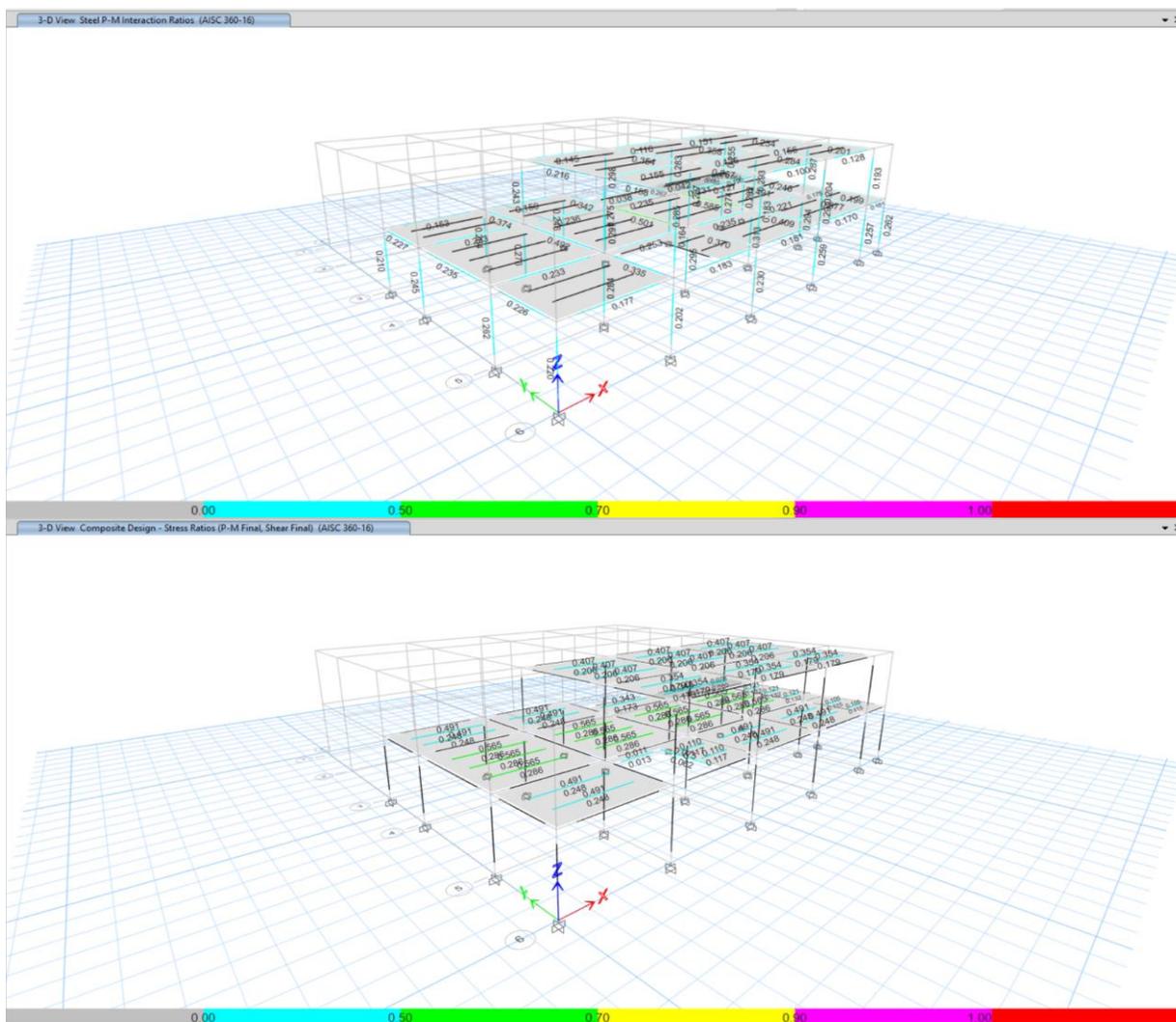
Una vez completado el modelado de la estructura en ETABS, para el diseño de elementos de acero, "Steel Frame Design", el cual ejecuta el diseño automático de los elementos estructurales, evaluando cada uno según las combinaciones de carga definidas.

**Figura 47**  
*Verificación de Modelado (ETABS)*



*Nota.* La imagen muestra la evaluación de elementos de la estructura en ETABS. Elaborado por: El autor.

**Figura 48**  
*Verificación de Modelado (ETABS)*



Nota. La imagen muestra la evaluación con valores en base a la demanda/capacidad de los elementos estructurales en ETABS. Elaborado por: El autor.

Elaborado por: El autor.

Es sustancial acotar que las estructuras con pórtico tipo IMF (Intermed Moment Frame) requieren elementos de dimensiones y espesores considerables por motivo de garantizar una mayor rigidez y resistencia para soportar cargas sísmicas y otros efectos dinámicos. Los códigos y normas de diseño estructural imponen requisitos estrictos para asegurar que los pórticos IMF puedan deformarse de manera controlada sin sufrir fallos estructurales.

Esto resulta en el uso de elementos sobredimensionados para proporcionar un margen de seguridad adicional. Como resultado de estas exigencias, algunos elementos estructurales pueden trabajar a menos del 50% de su capacidad.

## 5.16 Diseño de elementos

Una vez completado el modelado de la estructura en ETABS, para el diseño de elementos de acero, "Steel Frame Design", el cual ejecuta el diseño automático de los elementos estructurales, evaluando cada uno según las combinaciones de carga definidas.

### 5.16.1 Diseño de Columnas

**Figura 49**  
*Diseño de Columnas (ETABS)*

<b>ETABS Steel Frame Design</b>									
<b>AISC 360-16 Steel Section Check (Strength Summary)</b>									
<b>Element Details (Part 1 of 2)</b>									
Level	Element	Unique Name	Location (m)	Combo	Element Type				
N+3.10 m	C4	4	0	DStIS9	Intermediate Moment Frame				
<b>Element Details (Part 2 of 2)</b>									
Section					Classification				
Columna Central (280x280x12mm)					Compact				
<b>LLRF and Demand/Capacity Ratio</b>									
L (m)	LLRF	Stress Ratio Limit							
3.00000	0.607	0.95							
<b>Analysis and Design Parameters</b>									
Provision	Analysis	2nd Order			Reduction				
LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order			Tau-b Fixed				
<b>Stiffness Reduction Factors</b>									
$\alpha P_r / P_y$	$\alpha P_r / P_e$	$\tau_b$	EA factor		EI factor				
0.137	0.009	1	0.8		0.8				
<b>Seismic Parameters</b>									
Ignore Seismic Code?	Ignore Special EQ Load?	Plug Welded?	SDC	I	Rho	S <sub>DS</sub>	R	$\Omega_0$	C <sub>d</sub>
No	No	Yes	D	1	1	0.5	4.5	3	4
<b>Design Code Parameters</b>									
$\phi_b$	$\phi_c$	$\phi_{TY}$	$\phi_{TF}$	$\phi_v$	$\phi_{V-RI}$	$\phi_{VT}$			
0.9	0.9	0.9	0.75	0.9	1	1			

**Section Properties**

A (m <sup>2</sup> )	J (m <sup>4</sup> )	I <sub>33</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>22</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>v3</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>v2</sub> (m <sup>2</sup> )
0.0129	0.000231	0.000154	0.000154	0.0061	0.0061

**Design Properties**

S <sub>33</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>22</sub> (m <sup>3</sup> )	Z <sub>33</sub> (m <sup>3</sup> )	Z <sub>22</sub> (m <sup>3</sup> )	r <sub>33</sub> (m)	r <sub>22</sub> (m)	C <sub>w</sub> (m <sup>6</sup> )
0.001102	0.001102	0.001294	0.001294	0.10952	0.10952	Not required

**Section Properties --- Unsymmetric Sections**

I <sub>xy</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>max</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>min</sub> (m <sup>4</sup> )	S <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>min</sub> (m <sup>3</sup> )	r <sub>max</sub> (m)	r <sub>min</sub> (m)	α (deg)
0	0.000154	0.000154	0.001102	0.001102	0.10952	0.10952	90

**Material Properties**

E (kgf/m <sup>2</sup> )	f <sub>y</sub> (kgf/m <sup>2</sup> )	R <sub>y</sub>	C <sub>pr</sub>	α
21000000000	25298700	1.501	1.4	90

**HSS Section Parameters**

HSS Welding	Reduce HSS Thickness?
ERW	No

**Stress Check forces and Moments**

Location (m)	P <sub>u</sub> (kgf)	M <sub>u33</sub> (kgf-m)	M <sub>u22</sub> (kgf-m)	V <sub>u2</sub> (kgf)	V <sub>u3</sub> (kgf)	T <sub>u</sub> (kgf-m)
0	-44662.08	-168.95	-6751.79	0	0	-54.35

**Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1b)**

	L Factor	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>m</sub>
Major Bending	0.85	1	1	1	1	0.394
Minor Bending	0.85	1	1	1	1	0.347

**Parameters for Lateral Torsion Buckling**

L <sub>ltb</sub>	K <sub>ltb</sub>	C <sub>b</sub>
0.85	1	2.177

**Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1b)**

D/C Ratio =	(P <sub>r</sub> / 2P <sub>c</sub> ) + (M <sub>r33</sub> / M <sub>c33</sub> ) + (M <sub>r22</sub> / M <sub>c22</sub> )
0.313 =	0.078 + 0.006 + 0.229

**Axial Force and Capacities**

P <sub>u</sub> Force (kgf)	φP <sub>nc</sub> Capacity (kgf)	φP <sub>nt</sub> Capacity (kgf)
44662.08	284897.39	292898.23

**Moments and Capacities**

	M <sub>u</sub> Moment (kgf-m)	φM <sub>n</sub> (kgf-m)	φM <sub>n</sub> No LTB (kgf-m)	φM <sub>n</sub> C <sub>b</sub> =1 (kgf-m)
Major Bending	168.95	29455.94	29455.94	29455.94
Minor Bending	6751.79	29455.94		

**Torsion Moment and Capacities**

T <sub>u</sub> Moment (kgf-m)	T <sub>n</sub> Capacity (kgf-m)	φT <sub>n</sub> Capacity (kgf-m)
-54.35	26064.25	23457.83

**Shear Design**

	V <sub>u</sub> Force (kgf)	φV <sub>n</sub> Capacity (kgf)	Stress Ratio
Major Shear	0	83935.01	0.001
Minor Shear	0	83935.01	0.052

*Nota.* La imagen muestra un informe del diseño de columnas en ETABS. Elaborado por: El autor.

## 5.16.2 Diseño de Vigas Principales

**Figura 50**  
Diseño de Vigas Principales (ETABS)

### ETABS Steel Frame Design

#### AISC 360-16 Steel Section Check (Strength Summary)

##### Element Details (Part 1 of 2)

Level	Element	Unique Name	Location (m)	Combo	Element Type
N+6.10 m	B30	83	0.14	DSIS7	Intermediate Moment Frame

##### Element Details (Part 2 of 2)

Section	Classification
Viga de Amarre (200x10x450x6mm)	Compact

##### LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (m)	LLRF	Stress Ratio Limit
4.65000	1	0.95

##### Analysis and Design Parameters

Provision	Analysis	2nd Order	Reduction
LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order	Tau-b Fixed

##### Stiffness Reduction Factors

$\alpha P_r / P_y$	$\alpha P_r / P_e$	$\tau_b$	EA factor	EI factor
0	0	1	0.8	0.8

##### Seismic Parameters

Ignore Seismic Code?	Ignore Special EQ Load?	Plug Welded?	SDC	I	Rho	S <sub>DS</sub>	R	$\Omega_0$	C <sub>d</sub>
No	No	Yes	D	1	1	0.5	4.5	3	4

##### Design Code Parameters

$\phi_b$	$\phi_c$	$\phi_{TY}$	$\phi_{TF}$	$\phi_V$	$\phi_{V-RI}$	$\phi_{VT}$
0.9	0.9	0.9	0.75	0.9	1	1

##### Section Properties

A (m <sup>2</sup> )	J (m <sup>4</sup> )	I <sub>33</sub> (m <sup>4</sup> )	I <sub>22</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>v3</sub> (m <sup>2</sup> )	A <sub>v2</sub> (m <sup>2</sup> )
0.0066	1.65E-07	0.000233	0.000013	0.004	0.0027

##### Design Properties

S <sub>33</sub> (m <sup>3</sup> )	S <sub>22</sub> (m <sup>3</sup> )	Z <sub>33</sub> (m <sup>3</sup> )	Z <sub>22</sub> (m <sup>3</sup> )	r <sub>33</sub> (m)	r <sub>22</sub> (m)	C <sub>w</sub> (m <sup>6</sup> )
0.001037	0.000133	0.001157	0.000204	0.18833	0.04503	0.000001

##### Material Properties

E (kgf/m <sup>2</sup> )	f <sub>y</sub> (kgf/m <sup>2</sup> )	R <sub>y</sub>	C <sub>pr</sub>	$\alpha$
21000000000	25298700	1.501	1.4	NA

##### Stress Check forces and Moments

Location (m)	P <sub>u</sub> (kgf)	M <sub>u33</sub> (kgf-m)	M <sub>u22</sub> (kgf-m)	V <sub>u2</sub> (kgf)	V <sub>u3</sub> (kgf)	T <sub>u</sub> (kgf-m)
0.14	0	-2628.75	0	-2008.36	0	-4.839E-03

##### Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1b)

	L Factor	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>m</sub>
Major Bending	0.94	1	1	1	1	1
Minor Bending	0.94	1	1	1	1	1

**Parameters for Lateral Torsion Buckling**

L <sub>ltb</sub>	K <sub>ltb</sub>	C <sub>b</sub>
0.94	1	2.393

**Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1b)**

D/C Ratio =	(P <sub>r</sub> / 2P <sub>c</sub> ) + (M <sub>r33</sub> / M <sub>c33</sub> ) + (M <sub>r22</sub> / M <sub>c22</sub> )
0.1 =	0 + 0.1 + 0

**Axial Force and Capacities**

P <sub>u</sub> Force (kgf)	φP <sub>nc</sub> Capacity (kgf)	φP <sub>nt</sub> Capacity (kgf)
0	92594.35	149818.9

**Moments and Capacities**

	M <sub>u</sub> Moment (kgf-m)	φM <sub>n</sub> (kgf-m)	φM <sub>n</sub> No LTB (kgf-m)	φM <sub>n</sub> C <sub>b</sub> =1 (kgf-m)
Major Bending	2628.75	26351.51	26351.51	21187.83
Minor Bending	0	4641.88		

**Shear Design**

	V <sub>u</sub> Force (kgf)	φV <sub>n</sub> Capacity (kgf)	Stress Ratio
Major Shear	2008.36	36885.5	0.054
Minor Shear	0	54645.19	0

**End Reaction Major Shear Forces**

Left End Reaction (kgf)	Load Combo	Right End Reaction (kgf)	Load Combo
-3577.64	DStIS17	3533.86	DStIS17

	L Factor	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>m</sub>
Major Bending	0.94	1	1	1	1	1
Minor Bending	0.94	1	1	1	1	1

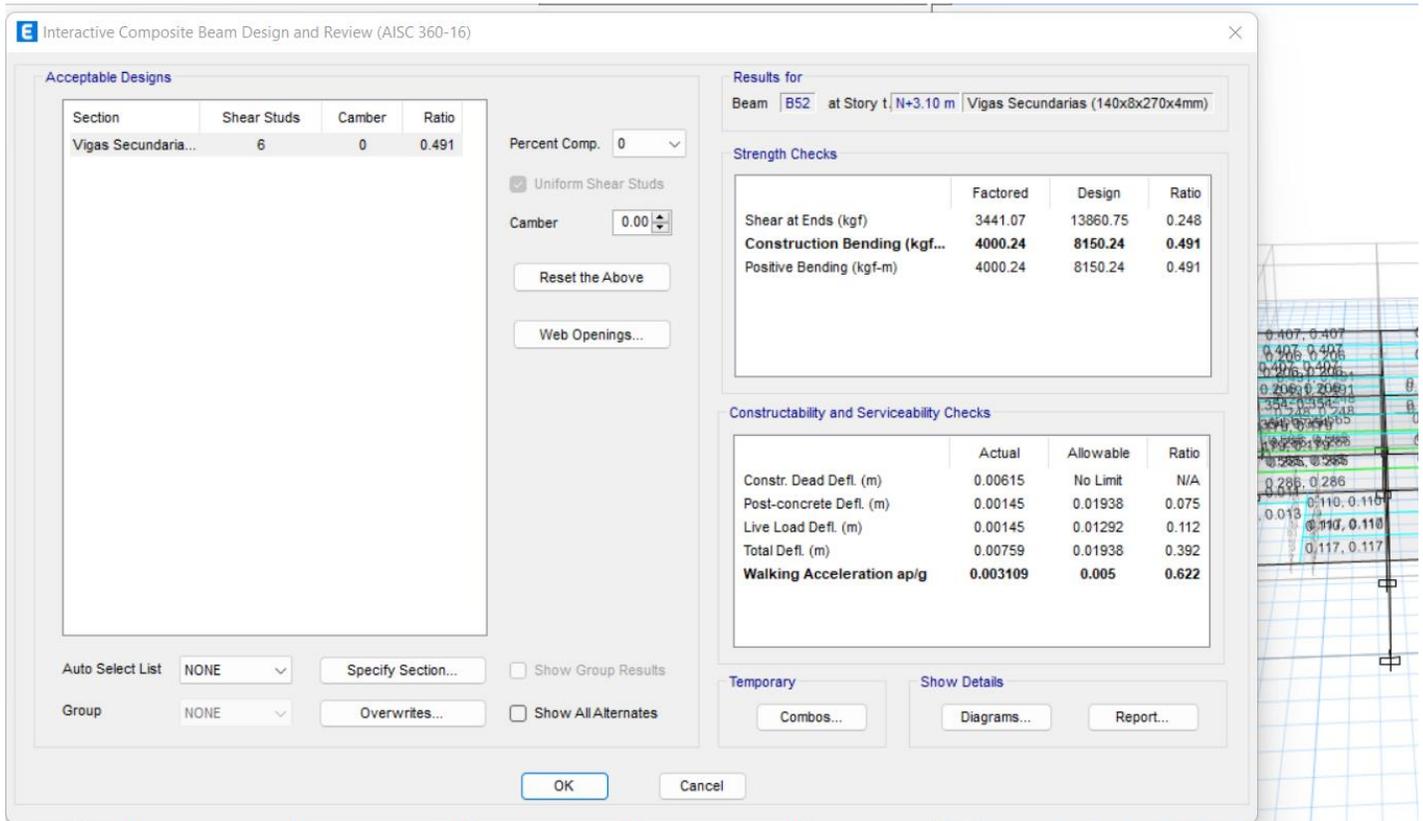
**Parameters for Lateral Torsion Buckling**

L <sub>ltb</sub>	K <sub>ltb</sub>	C <sub>b</sub>
0.94	1	2.393

*Nota.* La imagen muestra un informe del diseño de vigas principales en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.16.3 Diseño de Vigas Secundarias

**Figura 51**  
*Diseño de Vigas Secundarias*

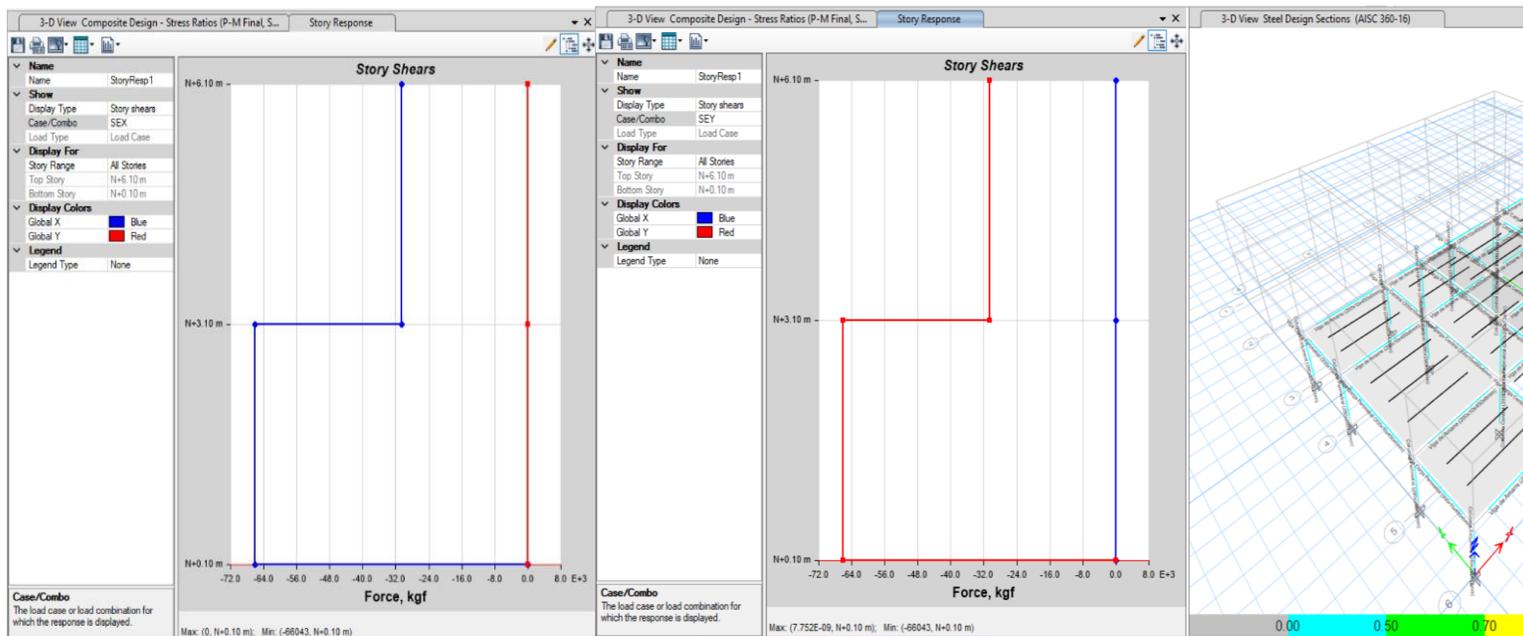


*Nota.* La imagen muestra un informe del diseño de vigas secundarias en ETABS. Elaborado por: El autor.

#### 5.16.4 Corte de Piso

Para obtener los cortes de piso en ETABS para sismos en las direcciones X y Y, se accede a la opción "Analysis Results" / "Story Forces" y se eligen las combinaciones de carga correspondientes a los sismos en las direcciones X y Y. Se utiliza la misma metodología para obtener las cargas laterales.

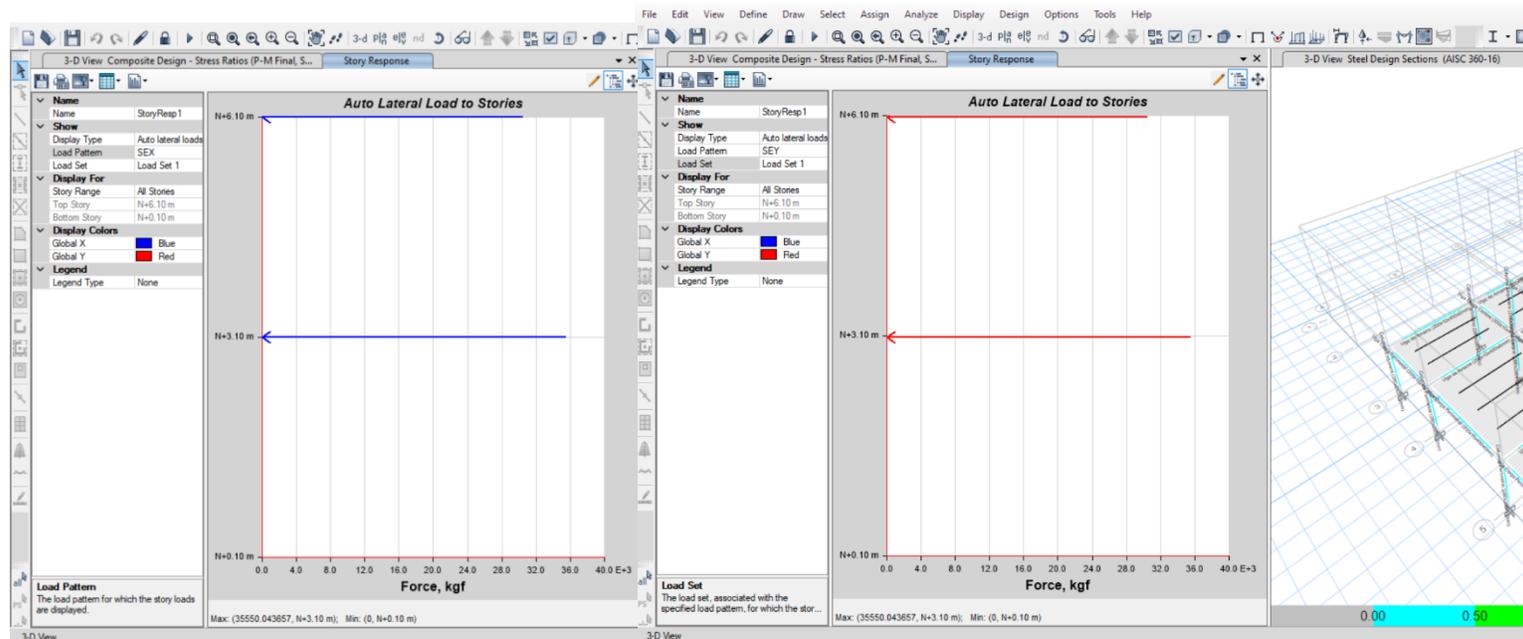
**Figura 52**  
Cortes de Piso



*Nota.* La imagen muestra un detalle de cortes de piso en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.16.5 Cargas laterales

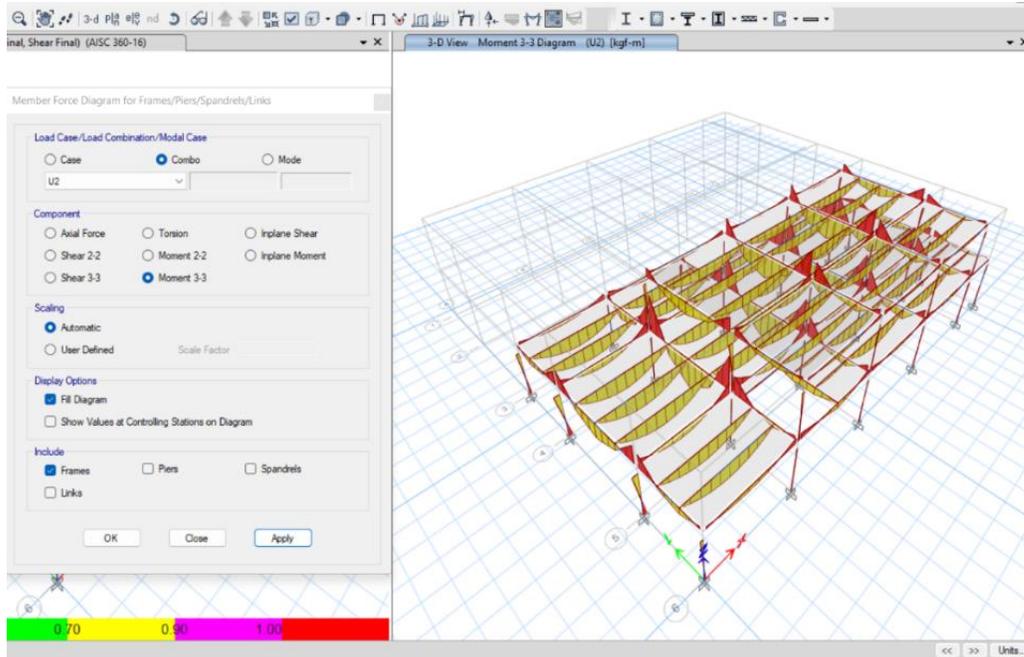
**Figura 53**  
Cargas Laterales (ETABS)



*Nota.* La imagen muestra un detalle de cargas laterales ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.16.6 Grafica de momentos

**Figura 54**  
*Gráfica de Momentos (ETABS)*



*Nota.* La imagen muestra un detalle momentos en ETABS. Elaborado por: El autor.

### 5.16.7 Reacciones en la base

**Figura 55**  
*Reacciones en la Base (ETABS)*



*Nota.* La imagen muestra un detalle de reacciones en la base en ETABS. Elaborado por: El autor.

## 5.17 Chequeos que avalan la estructura

### 5.17.1 Chequeo de torsión

Se realiza un chequeo de torsión en el modelo para evaluar la respuesta torsional de la estructura. Se analizan las torsiones en las diferentes plantas y se verifica que los valores estén dentro de los límites aceptables según las normativas de diseño. Se ajusta el modelo si es necesario para corregir cualquier problema torsional.

**Tabla 59**

*Tabla de Participación Modal de Masa (ETABS)*

TABLE: Modal Participating Mass Ratios							
Mode	Period	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
	sec						
1	0.314	0.00002896	0.837	0	0.1704	0.0002	0.0256
2	0.304	0.8674	0.0001	0	0.00001044	0.1547	0.0009
3	0.232	0.0007	0.0242	0	0.0022	0.0073	0.8041
4	0.145	0.0798	0.0306	0	0.1664	0.4812	0.0358
5	0.14	0.0369	0.1002	0	0.5966	0.24	0.0003
6	0.123	0.0151	0.0078	0	0.0644	0.1166	0.1333

Elaborado por: El autor.

Se debe verificar que la columna RZ sea siempre menor que 0.1, por lo tanto, la torsión en la edificación cumple.

**Tabla 60**

*Verificación de Torsión (ETABS)*

Mode	RZ	Comparativa	COMPROBACIÓN
1	0.0256	0.1 > 0.0256	<b>CUMPLE</b>
2	0.0009	0.1 > 0.0009	<b>CUMPLE</b>
3	0.8041	0.1 > 0.8041	<b>CUMPLE</b>

Elaborado por: El autor.

### 5.17.2 Chequeo del periodo de vibración

Se calcula el periodo de vibración. El coeficiente en función del tipo de la estructura, Ct y la potencia  $\alpha$ , puede ser tomado en base al código NEC-SE-DS (2015):

$$T_1 = 0.302 \text{ seg}$$

$$T_2 = 0.392 \text{ seg}$$

Se realiza la correspondiente comparativa, utilizando la tabla presente de participación modal de masa, donde el periodo calculado debe ser mayor que el periodo obtenido en los 3 primeros modos.

$$T_2 > (T_{\text{Modo1}}, T_{\text{Modo2}}, T_{\text{Modo3}})$$

**Tabla 61**

*Tabla de Comprobación de Periodos de Vibración de la Estructura*

PERIODOS MODELO ETABS			
MODO	T (seg)	Comparativa	COMPROBACIÓN
1	0.314	0.392 seg > 0.314 seg	<b>CUMPLE</b>
2	0.304	0.392 seg > 0.304 seg	<b>CUMPLE</b>
3	0.232	0.392 seg > 0.232 seg	<b>CUMPLE</b>

Elaborado por: El autor.

### 5.17.3 Chequeo de Derivas

Se generan los gráficos correspondientes a las derivas otorgadas por el programa ETABS en base al sismo estático en sentido x y al sismo estático en sentido y.

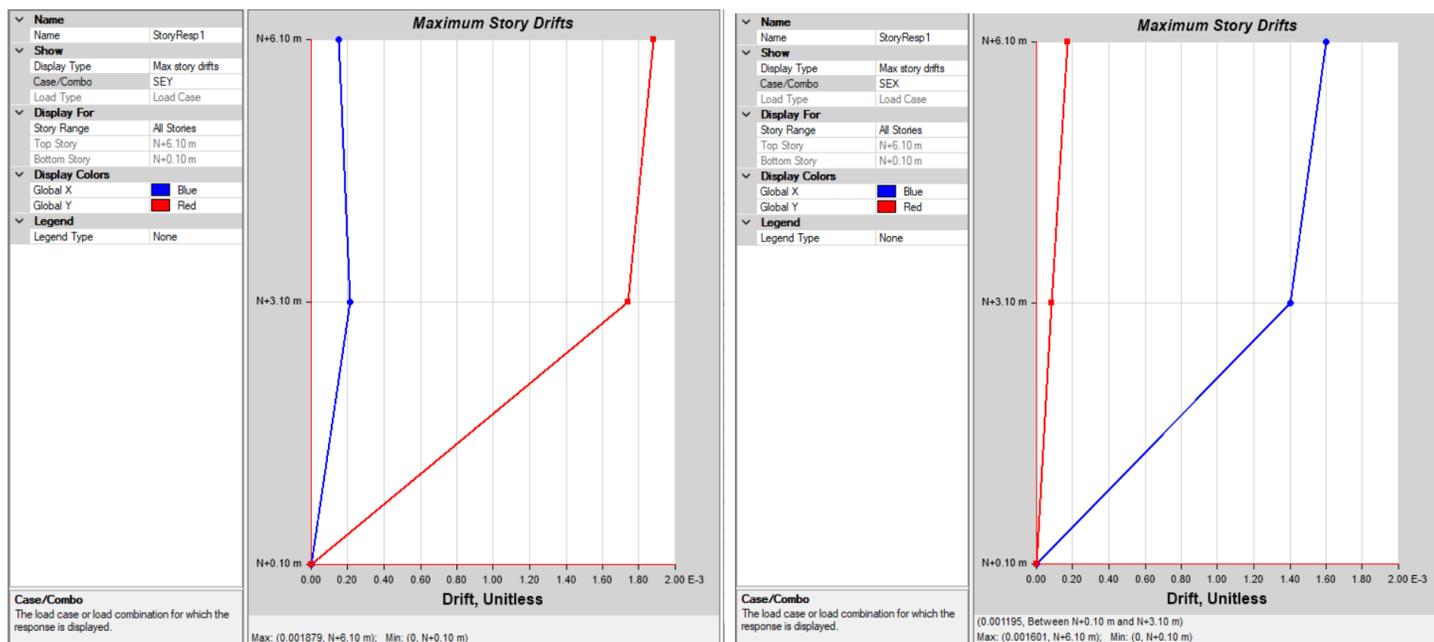
**Tabla 62**

*Chequeo de Derivas*

TABLE: Story Drifts						
Piso	Output Case	Deriva Elástica ETABS	Deriva Inelástica		Condición	$\Delta in < 2\%$
			$\Delta M = 0.75 * R * \Delta E$	%		
N+6.10 m	SEX	0.001601	0.005403	0.54%	0.54% < 2%	<b>CUMPLE</b>
N+6.10 m	SEY	0.001879	0.006342	0.63%	0.63% < 2%	<b>CUMPLE</b>
N+3.10 m	SEX	0.001404	0.004739	0.47%	0.47% < 2%	<b>CUMPLE</b>
N+3.10 m	SEY	0.001739	0.005869	0.59%	0.59% < 2%	<b>CUMPLE</b>

Elaborado por: El autor.

**Figura 56**  
Deriva en Sentido X y Y(ETABS)



Elaborado por: El autor.

#### 5.17.4 Factor de corrección

Se revisan los resultados obtenidos y se ajustan los factores de corrección en base a las especificaciones del proyecto y las normativas de diseño. Se debe asegurar que la relación obtenida en ETABS, entre el cortante estático en la base de la estructura (VE) y el cortante dinámico en la base de la estructura (VD), sean mayores que la relación del 85% que impone la normativa NEC-SE-DS.

**Tabla 63**  
Tabla de Reacciones en la Base de la Estructura.

TABLE: Base Reactions										
Output Case	Case Type	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	X	Y	Z
		kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m	m	m	m
SEX	LinStatic	-65916.24	0	0	0	-289076.73	349890.86	0	0	0
SEY	LinStatic	0	-65916.24	0	289076.73	0	-770607.86	0	0	0
SDX	LinRespSpec	57904.29	1767.42	0	1748.97	254044.64	286155.5	0	0	0
SDY	LinRespSpec	1767.42	56203.37	0	247956.98	1241.45	652060.57	0	0	0

Elaborado por: El autor.

**Tabla 64**

*Comprobación Relación entre el Corte Estático y Corte Dinámico*

DIRECCION X			DIRECCION Y		
VE	65916.24	kg	VE	65916.24	kg
VD	57904.29	kg	VD	56203.37	kg
VD/VE	0.88	s.u.	VD/VE	0.85	s.u.
VD/VE (NEC)	0.85	s.u.	VD/VE (NEC)	0.85	s.u.
<b>CUMPLE</b>			<b>CUMPLE</b>		

Elaborado por: El autor.

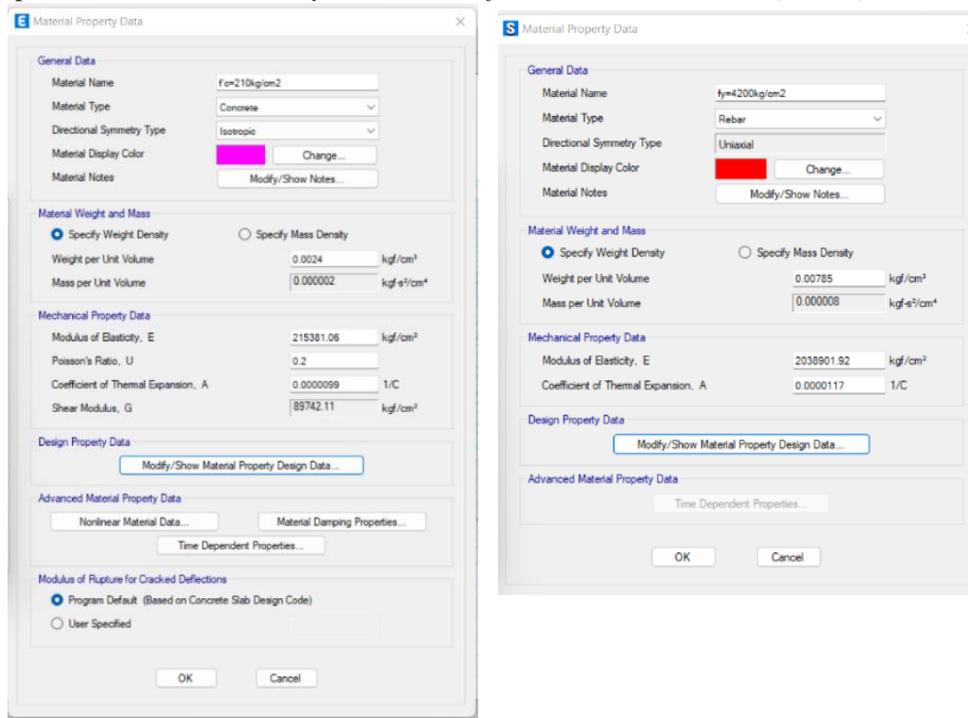
## 5.18 Modelamiento de las cimentaciones SAFE

### 5.18.1 Definición de materiales

Se definen los materiales que se utilizarán en la estructura. Se crea nuevos materiales para el acero y el concreto.

**Figura 57**

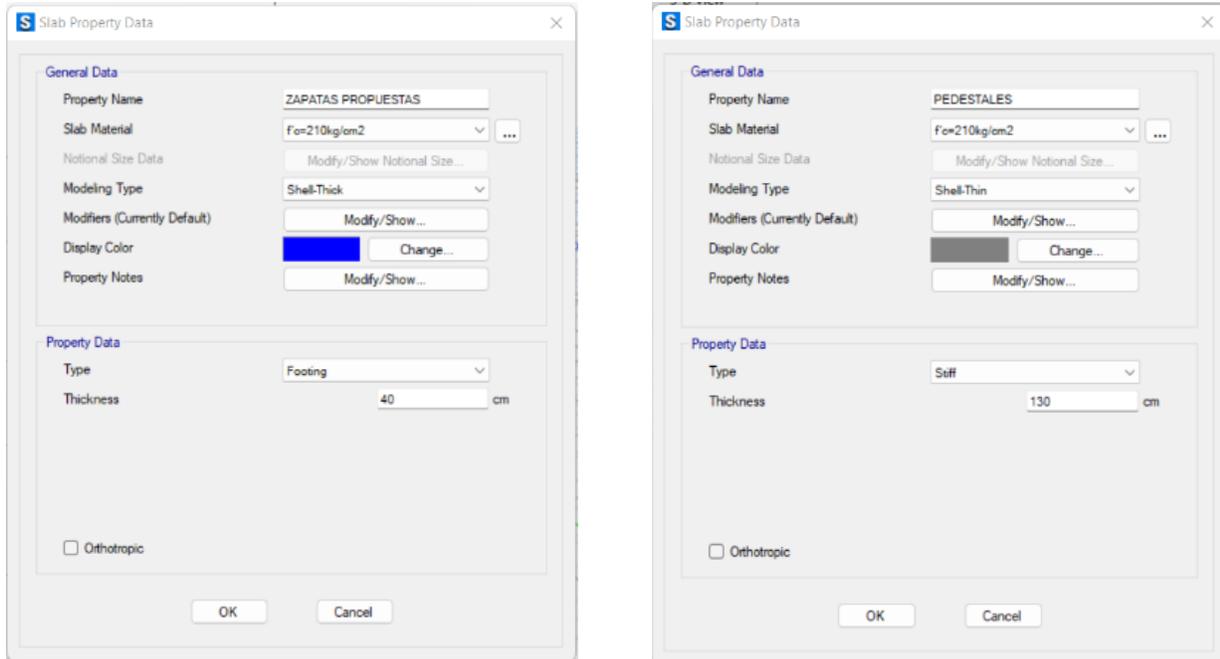
*Propiedades del Concreto y Acero de Refuerzo como Material (SAFE)*



*Nota.* La imagen muestra el ingreso de las propiedades del hormigón y acero en SAFE.  
Elaborado por: El autor.

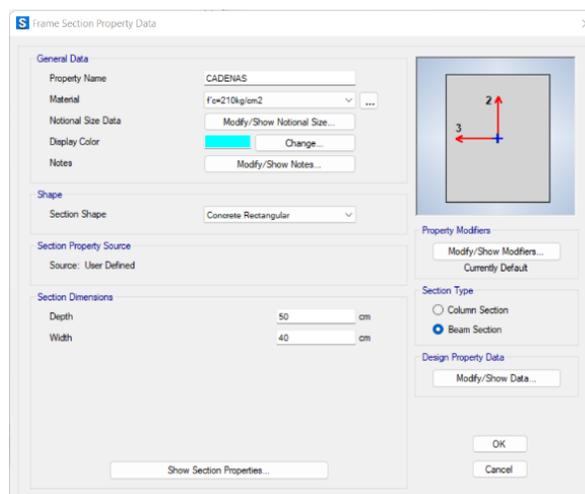
## 5.18.2 Ingreso de Secciones

**Figura 58**  
*Ingreso de Zapatas y Pedestales*



*Nota.* La imagen muestra el ingreso de las secciones que corresponden a zapatas y pedestales en SAFE. Elaborado por: El autor.

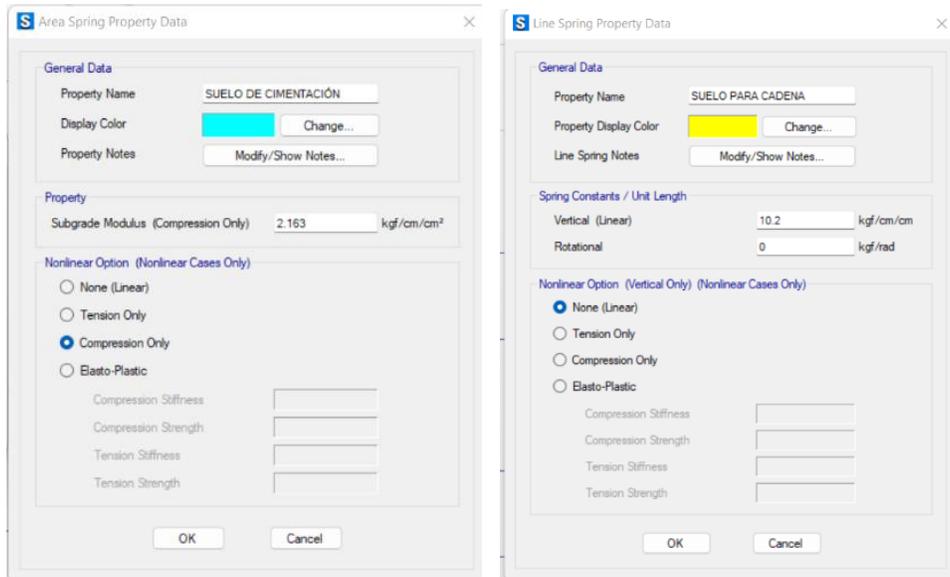
**Figura 59**  
*Ingreso de Cadenas*



*Nota.* La imagen muestra el ingreso de las secciones que corresponden a las vigas de enlace o cadenas en SAFE. Elaborado por: El autor.

### 5.18.3 Definición del suelo de cimentación

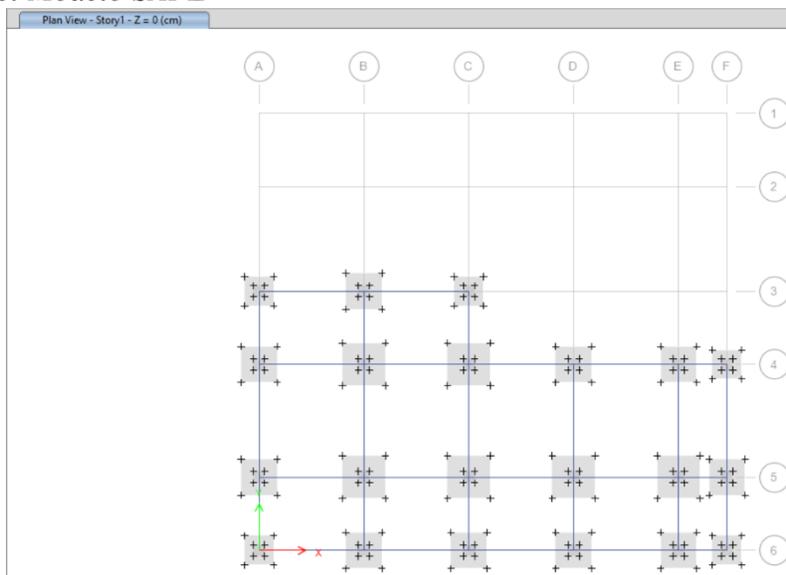
**Figura 60**  
*Creación del Suelo de Cimentación*



*Nota.* La imagen muestra el ingreso del coeficiente de balasto y definición del suelo de cimentación en SAFE. Elaborado por: El autor.

### 5.18.4 Creación del Modelo

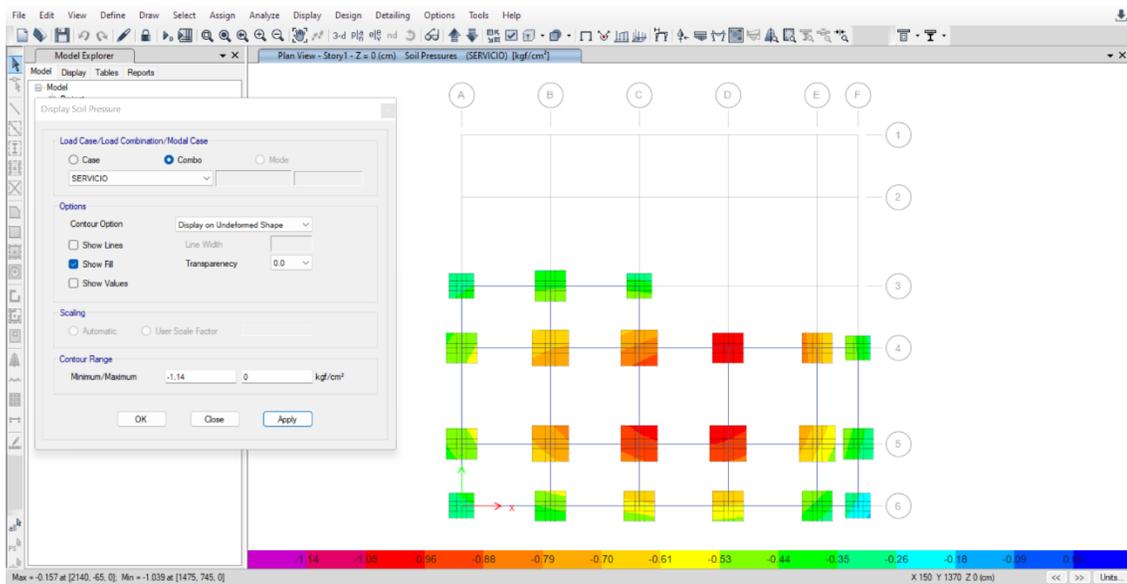
**Figura 61**  
*Creación del Modelo SAFE*



*Nota.* La imagen muestra el modelo de cimentaciones de la estructural en SAFE. Elaborado por: El autor.

## 5.19 Verificación del modelo SAFE

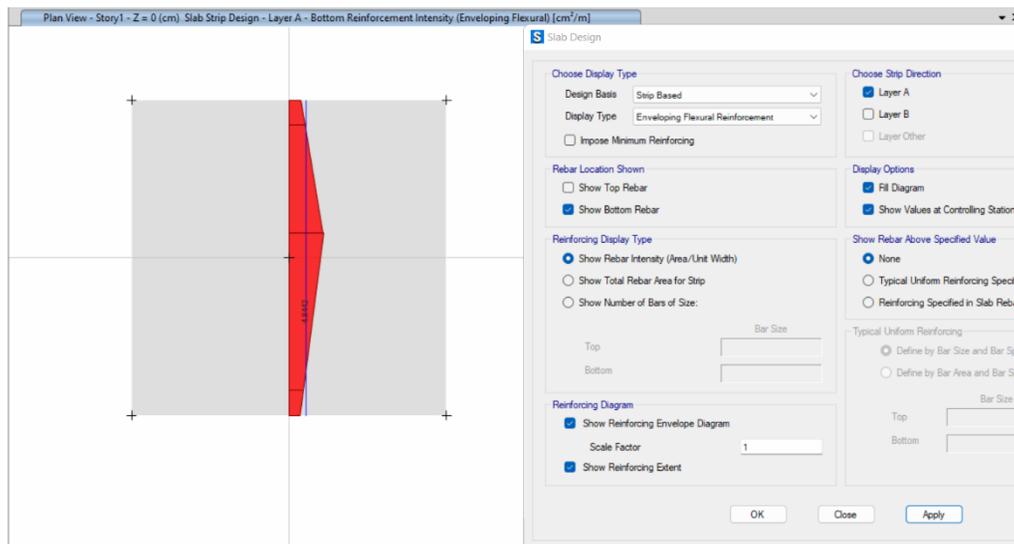
**Figura 62**  
*Verificación de la Cimentación*



*Nota.* La imagen muestra la evaluación de elementos de la estructura en SAFE. Elaborado por: El autor.

### 5.19.1 Diseño del Acero

**Figura 63**  
*Diseño del Acero de Cimentación*



*Nota.* La imagen muestra el diseño de acero de las cimentaciones en SAFE. Elaborado por: El autor.

## 5.20 Diseño de placas base

El diseño de placas base para columnas metálicas en cimentaciones implica dimensionar y detallar una placa de acero ubicada en la base de la columna, que distribuye las cargas aplicadas desde la columna hacia la cimentación de concreto.

### 5.20.1 Geometría y materiales de la placa base

**Tabla 65**  
*Geometría de Placa Base*

Geometría de la placa base		
	Fluencia de la Placa	$f_y = 2531.05 \frac{kg}{cm^2}$
	Fluencia de los Anclajes	$f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$
	Compresión del Pedestal	$f'c = 214.14 \frac{kg}{cm^2}$
	Base de la columna	$bc = 28 \text{ cm}$
	Altura de la columna	$hc = 28 \text{ cm}$
	Espesor de la columna	$ec = 1.2 \text{ cm}$
	Borde exterior de placa	$x = 10 \text{ cm}$
	Altura de la placa	$H_p = bc + 2 * x = 48 \text{ cm}$
	Base de la placa	$B_p = bc + 2 * x = 48 \text{ cm}$
	Borde exterior pedestal	$xh = 2 \text{ cm}$
	Separación del perno	$c = 5 \text{ cm}$
	Espesor de la placa	$EspesorPlaca = 1.2 \text{ cm}$
	Longitud del anclaje	$LongitudE_{Anclaje} = 70 \text{ cm}$
	Número de pernos	8 unidades
	Diámetro del Anclaje	$\emptyset_{Anclaje} = 16 \text{ mm}$
Dimensión de Patina	$DimensiónPlatina_{mf} = 5 \text{ cm}$	

Elaborado por: El autor

### 5.20.2 Materiales del pedestal de hormigón

Similar al material del hormigón sobre la cresta correspondiente al diseño de losa colaborante, se utiliza una resistencia a la compresión del hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Se calcula una resistencia a la compresión modificada, utilizando los valores correspondientes a las dimensiones de la placa base:

$$f'c_{Modificado} = 0.6 * 0.85 * f'c * \sqrt{(B_p + 2 * xh) * \frac{H_p + 2 * xh}{B_p * H_p}} = 118.313 \frac{kg}{cm^2}$$

### 5.20.3 Carga uniforme de la estructura (ETABS)

Para el diseño de placas base, es esencial contar con el valor de carga uniforme de la columna, como se muestra a continuación:

$$P_{U_{Columna}} = 51946.209 \text{ kg}$$

De igual manera es relevante obtener la carga uniforme que se obtiene de ETABS, para la combinación de carga más crítica.

$$P_{U_{ETABS}} = 47192.99 \text{ kg}$$

Se diseña para la carga uniforme más crítica, por lo tanto:

$$P_{U_{Final}} = \max(P_{U_{Columna}}, P_{U_{ETABS}}) = 51946.209 \text{ kg}$$

### 5.20.4 Cortante en la base de la placa

Se obtiene el cortante en la base de la placa usando la función "Reactions" de ETABS.

$$Vu = 842.90 \text{ kg}$$

### 5.20.5 Momentos producidos en la columna

Se obtienen los momentos producidos en la columna en sentido de la base y de su altura, posteriormente se compara con los momentos que abastece la aplicación ETBAS, para poder diseñar con el más crítico como se muestra a continuación:

#### a) Momentos producidos en la columna en sentido de la base de la columna

$$Momento_{Prediseño(bc)} = P_{U_{Columna}} * 0.10 * bc = 145449.386 \text{ kgf} * cm$$

$$Momento_{ETABS(bc)} = 119463.24 \text{ kgf} * cm$$

$$Momento_{Final(bc)} = \max(Momento_{Prediseño(bc)}, Momento_{ETABS(bc)}) = 145449.386 \text{ kg}$$

#### a) Momentos producidos en la columna en sentido de la altura de la columna

$$Momento_{Prediseño(hc)} = P_{U_{Columna}} * 0.10 * hc = 145449.386 \text{ kgf} * cm$$

$$Momento_{ETABS(hc)} = 82518.55 \text{ kgf} * cm$$

$$Momento_{Final(hc)} = \max(Momento_{Prediseño(hc)}, Momento_{ETABS(hc)}) = 145449.386 \text{ kg}$$

### 5.20.6 Esfuerzos q1 y q2 producidos en la columna debido a cargas aplicadas

También se determinan los esfuerzos q1 y q2 producidos en la base de la columna en sentido de la base y de su altura:

a) **Esfuerzo q1 y q2 en sentido de la base de la columna**

$$q1_{(bc)} = \frac{P_{U_{Final}}}{Bp * Hp} + \frac{6 * Momento_{Final(bc)}}{Hp * (Bp)^2} = 30.437 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q2_{(bc)} = \frac{P_{U_{Final}}}{Bp * Hp} - \frac{6 * Momento_{Final(bc)}}{Hp * (Bp)^2} = 14.655 \frac{kg}{cm^2}$$

a) **Esfuerzo q1 y q2 en sentido de la altura de la columna**

$$q1_{(hc)} = \frac{P_{U_{Final}}}{Bp * Hp} + \frac{6 * Momento_{Final(hc)}}{Hp * (Bp)^2} = 30.437 \frac{kg}{cm^2}$$

$$q2_{(hc)} = \frac{P_{U_{Final}}}{Bp * Hp} - \frac{6 * Momento_{Final(hc)}}{Hp * (Bp)^2} = 14.655 \frac{kg}{cm^2}$$

**5.20.7 Volado de placa base (distancia m)**

Se obtiene la distancia de volado específica utilizada para asegurar que la placa tenga un tamaño adecuado para distribuir las cargas.

a) **Distancia m sentido de la base de la columna**

$$m_{(bc)} = x + 0.05 * bc = 11.4 \text{ cm}$$

a) **Distancia m sentido de la altura de la columna**

$$m_{(hc)} = x + 0.05 * hc = 11.4 \text{ cm}$$

**5.20.8 Esfuerzo q3**

Con el resultado del volado de la placa base y los esfuerzos q1 y q2, procedemos a determinar el esfuerzo q3 producidos en la base de la columna en sentido de la base y de su altura:

a) **Esfuerzo q3 sentido de la base de la columna**

$$q3_{(bc)} = \frac{(q1_{(bc)} - q2_{(bc)}) * (Bp - m_{(bc)})}{Bp} + q2_{(bc)} = 26.689 \frac{kg}{cm^2}$$

a) **Esfuerzo q3 sentido de la altura de la columna**

$$q3_{(hc)} = \frac{(q1_{(hc)} - q2_{(hc)}) * (Hp - m_{(hc)})}{Hp} + q2_{(hc)} = 26.689 \frac{kg}{cm^2}$$

### 5.20.9 Momento en la placa producido por los esfuerzos

Se procede con el cálculo del momento generado por los esfuerzos, en base del volado de placa base, producidos en la base de la columna en sentido de la base y de su altura:

#### a) Momento en la placa sentido de la base de la columna

$$MomentoPlaca_{(bc)} = \frac{(m_{(bc)}^2) * (q3_{(bc)} + 2 * q1_{(bc)})}{6} * Hp = 91037.923 \text{ kg} * \text{cm}$$

#### b) Momento en la placa sentido de la base de la columna

$$MomentoPlaca_{(hc)} = \frac{(m_{(hc)}^2) * (q3_{(hc)} + 2 * q1_{(hc)})}{6} * Bp = 91037.923 \text{ kg} * \text{cm}$$

#### 5.20.9.1 Rigidizadores de la base (atiesadores)

Con el propósito de aumentar la rigidez y capacidad de la placa base, se procede a hacer uso de rigidizadores en la base, también conocidos como atiesadores.

Se define el número de atiesadores de ser mayor a 2 por cada cara de la columna

$$\#_{(Rigidizadores)} \geq 2$$

$$\#_{(Rigidizadores)} = 2$$

### 5.20.10 Momento en la placa que incluye rigidizadores

Al igual que el momento resultante producido por los esfuerzos, junto a los rigidizadores producen un momento flector en la placa base, que se determina a continuación:

#### a) Momento en la placa sentido de la base de la columna

$$MomentoPlacaFinal_{(bc)} = \max\left(\frac{q1_{(bc)} * x^3}{2}\right), \left(\frac{q1_{(bc)}}{10} * \left(\frac{bc}{\#_{(Rigidizadores)} - 1}\right)^2 * x\right)$$

$$= 23862.79 \text{ kg} * \text{cm}$$

#### a) Momento en la placa sentido de la altura de la columna

$$MomentoPlacaFinal_{(hc)} = \max\left(\frac{q1_{(hc)} * x^3}{2}\right), \left(\frac{q1_{(hc)}}{10} * \left(\frac{bc}{\#(Rigidizadores) - 1}\right)^2 * x\right)$$

$$= 23862.79 \text{ kg} * \text{cm}$$

### 5.20.11 Espesor de la placa base

Se puede aproximar el espesor de placa en sentido de la base y de su altura base con la siguiente expresión:

$$EspesorPlaca = \max\left(\sqrt{\frac{6 * MomentoPlacaFinal_{(bc)}}{fy * Hp}}\right), \left(\sqrt{\frac{6 * MomentoPlacaFinal_{(hc)}}{fy * Bp}}\right) = 11 \text{ mm}$$

Se debe seleccionar un espesor comercial, manteniendo la condición de que el valor del espesor de la placa calculado no debe ser menor del espesor de la columna considera, por lo tanto:

$$EspesorPlaca \geq 12 \text{ mm}$$

$$EspesorPlaca = 12 \text{ mm}$$

### 5.20.12 Anclajes de la placa base

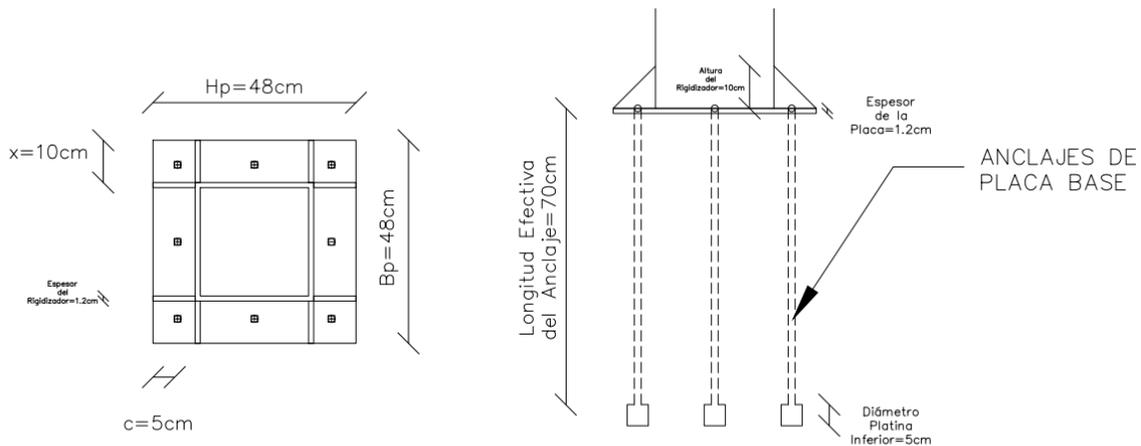
Para el apartado del diseño de los anclajes de la placa base, los cuales tiene la función de conectar la placa base de una columna metálica a la cimentación de concreto; se comienza proponiendo una longitud y un número de anclajes por cada eje de la placa, los cuales van a ser sometidos a diferentes chequeos para determinar su capacidad.

$$LongitudEfectiva_{Anclaje} = 70 \text{ cm}$$

Es de gran importancia tener en cuenta la separación recomendada del centroide de la varilla al borde exterior de la placa base:

$$c = 5 \text{ cm}$$

**Figura 64**  
Anclajes de la Placa Base



Elaborado por: El autor.

$$\#_{AnclajesX} = 3 \text{ unidades}$$

$$\#_{AnclajesY} = 3 \text{ unidades}$$

$$\Phi_{Anclaje} = 16\text{mm}$$

Para determinar el número de anclajes que ocuparan el área de la placa base, se utiliza la siguiente expresión:

$$\#_{Anclajes} = (\#_{AnclajesX} * caras_{placa}) + (\#_{AnclajesY} * caras_{placa}) * caras_{placa} = 8 \text{ unidades}$$

#### 5.20.12.1 Área de arrancamiento del anclaje

Se calcula el área de arrancamiento del anclaje

$$An = \frac{LongitudEfectiva_{Anclaje}^2}{2} + c * LongitudEfectiva_{Anclaje} - \frac{c^2}{2} = 2787.5 \text{ cm}^2$$

- **Área inicial de arrancamiento del anclaje**

$$An_0 = 9 * LongitudEfectiva_{Anclaje}^2 = 44100 \text{ cm}^2$$

#### 5.20.12.2 Resistencia del perno

La resistencia del perno se calcula considerando la resistencia a la compresión del pedestal, y la longitud efectiva del perno. Utilizando la fórmula correspondiente:

$$Nb = 24 * \sqrt{f'c_{Pedestal}} * LongitudEfectiva_{Anclaje}^2 = 205687.363\text{kg}$$

### 5.20.13 Resistencia del acero a tensión

De manera similar, se calcula la resistencia del perno considerando la resistencia a la compresión de la placa de acero, el número de anclajes y su correspondiente diámetro; como se muestra a continuación:

$$R_t = 0.6 * \phi_{Anclaje}^2 * f_y * \#_{Anclajes} = 51609.6 \text{ kg}$$

### 5.20.14 Chequeos de placa base

Los chequeos de placa base son evaluaciones determinantes para asegurar que una placa base y sus componentes cumplan con los requisitos de diseño y pueden soportar las cargas aplicadas de manera segura.

#### a) Resistencia del acero a tensión

Se verificar que la resistencia del acero a tensión sea mayor o igual a la carga aplicada:

$$R_t \geq P_{UETABS} = CUMPLE$$
$$51609.6 \text{ kg} \geq 47192.99 \text{ kg} = CUMPLE$$

#### a) Desprendimiento del hormigón del pedestal

El desprendimiento del hormigón del pedestal desprendimiento se calcula considerando la capacidad del hormigón para resistir la carga aplicada. Utilizando las fórmulas correspondientes para la capacidad del hormigón:

$$\lambda_2 = 0.7 + 0.3 * \frac{c}{1.5 * LongitudEfectiva_{Anclaje}} = 0.714$$
$$R_{dh} = \left( 0.7 * \frac{A_n}{A_{n_0}} * \lambda_2 * N_b * \#_{Anclajes} \right) = 52004.855 \text{ kg}$$

- **Condición:**

$$R_{dh} \geq P_{UETABS} = CUMPLE$$
$$52004.855 \text{ kg} \geq 47192.99 \text{ kg} = CUMPLE$$

#### b) Arrancamiento del anclaje

El arrancamiento del anclaje se calcula considerando la resistencia del anclaje a la carga aplicada. Utilizando las fórmulas correspondientes para la resistencia del anclaje:

$$A_{Anclaje} = 0.063 * f'c_{Pedestal} * DimensiónPlatina_{Inferior} * \phi_{Anclaje} * An =$$

- **Condición:**

$$A_{Anclaje} \geq P_{U_{ETABS}} = CUMPLE$$

$$41795.976 \text{ kg} \geq 47192.99 \text{ kg} = CUMPLE$$

c) **Resistencia del acero a corte**

Se verifica que el acero de los anclajes y la placa base puedan resistir las fuerzas de corte aplicadas sin fallar, considerando el esfuerzo cortante.

$$Rv = 0.31 * \#_{Anclajes} * (\phi_{Anclaje})^2 * fy = 26664.96 \text{ kg}$$

- **Condición:**

$$Rv \geq V_{U_{ETABS}} = CUMPLE$$

$$41795.976 \text{ kg} \geq 842.9 \text{ kg} = CUMPLE$$

## 5.21 Diseño de conexiones viga principal – viga secundaria

El presente apartado presenta el procedimiento que describe el cálculo y planificación de las uniones estructurales que vinculan una viga principal de carga con una viga secundaria en una estructura de acero, mediante soldadura.

### 5.21.1 Geometría de conexión por soldadura (unión viga principal – viga secundaria)

Se propone una soldadura de penetración completa (CJP, por sus siglas en inglés) la cual es una unión soldada que penetra completamente a través de la sección de las piezas que se están uniendo. Esto garantiza que la capacidad de la soldadura es igual o mayor a la capacidad del material base.

**Tabla 66**

*Geometría de Unión Viga Principal - Secundaria por Soldadura*

<i>Geometría de Unión Viga Principal - Secundaria por Soldadura</i>				
	Vigas Secundarias (Ubicadas al Extremo 1)	Vigas Principales	Vigas Secundarias (Ubicadas al Extremo 2)	
	Base del patín	$bf = 14\text{ cm}$	$bf = 20\text{ cm}$	$bf = 14\text{ cm}$
	Espesor del patín	$tf = 0.8\text{ cm}$	$tf = 1\text{ cm}$	$tf = 0.8\text{ cm}$
	Altura del alma	$hw = 27\text{ cm}$	$hw = 45\text{ cm}$	$hw = 27\text{ cm}$
	Espesor del alma	$tw = 0.4\text{ cm}$	$tw = 0.6\text{ cm}$	$tw = 0.4\text{ cm}$
	Tipo de Soldadura	CJP		
	Resistencia de Soldadura	$Electrodo = E7018 = 70\text{ ksi}$		
	Longitud de Soldadura	$Espesor_{soldadura} = 0.4\text{ cm}$		
	Espesor de Soldadura	$Longitud_{soldadura} = 16\text{ cm}$		

Elaborado por: El autor

### 5.21.2 Carga puntual dividida (unión viga principal – viga secundaria)

Para el diseño de la conexión, es necesario determinar la carga puntual que cada viga secundaria transfiere a la viga principal. La carga puntual dividida se calcula de la siguiente manera:

$$W_{Dividida} = \frac{P_{UVigueta}}{2} = \frac{6300.703\text{ kg}}{2} = 3249.35\text{ kg}$$

### 5.21.3 Resistencia de la soldadura CJP (soldadura de penetración completa)

Se propone un electrodo E7018, el cual es comúnmente utilizado en soldaduras estructurales gracias a su alta resistencia y buenas propiedades mecánicas. La resistencia a la tensión del E7018 es de 70 ksi (kilolibras por pulgada cuadrada).

$$Electrodo = E7018 = 70\text{ ksi}$$

### 5.21.4 Espesor de soldadura

Para dimensionar el espesor de la soldadura, se toma en cuenta que el espesor de la soldadura debe ser igual al espesor del alma de la viga menos crítica (viga secundaria o vigueta).

$$Espesor_{soldadura} = tw_{Vigueta} = 0.4\text{ cm}$$

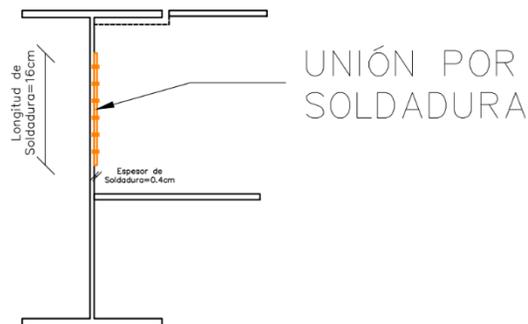
### 5.21.5 Longitud de soldadura

La longitud de la soldadura se calcula para asegurar que la soldadura puede resistir la carga aplicada. Se debe comprobar que la longitud de soldadura sea menor que el alma de la viga secundaria considerada.

$$Longitud_{soldadura} < hw$$

$$16 \text{ cm} < 27 \text{ cm} = \text{Cumple}$$

**Figura 65**  
*Unión por Soldadura*



Elaborado por: El autor.

### 5.21.6 Chequeos de soldadura

Los chequeos por soldadura para el diseño de la unión entre una viga principal y una viga secundaria son evaluaciones y verificaciones que se realizan para asegurar la calidad, integridad y capacidad de carga de la soldadura en la unión, estos chequeos consideran la geometría de las vigas secundarias propuestas y la capacidad de la soldadura.

a) **Chequeo N1**

$$Si \text{ Longitud}_{soldadura} > \max \left( \left( \frac{hw}{2} \right), \left( 26.7 \left( \frac{W_{Dividida}}{\text{Electrodo}} * \frac{1}{\text{Espesor}_{Soldadura}} \right) \right) \right)$$

$$16 \text{ cm} > 13.5 \text{ cm} = \text{CUMPLE}$$

a) **Chequeo N2**

$$Si \text{ Longitud}_{soldadura} < \frac{2}{3} * hw$$

$$16 \text{ cm} < 18 \text{ cm} = \text{CUMPLE}$$

## 5.22 Diseño de conexiones columna – viga

### 5.22.1 Geometría de una columna cuadrada

**Tabla 67**  
Conexión WUF-W

<b>Conexión WUF-W</b>	
	<p style="text-align: center;">Columna Principal</p> <p>Base de la columna <math>bc = 28 \text{ cm}</math></p> <p>Altura de la columna <math>hc = 28 \text{ cm}</math></p> <p>Espesor de la columna <math>ec = 1.2 \text{ cm}</math></p> <p style="text-align: center;">Vigas Principales de Carga y Amarre</p> <p>Base del patín <math>bf = 20 \text{ cm}</math></p> <p>Espesor del patín <math>tf = 1 \text{ cm}</math></p> <p>Altura del alma <math>hw = 45 \text{ cm}</math></p> <p>Espesor del alma <math>tw = 0.6 \text{ cm}</math></p>

Elaborado por: El autor.

Se proponen las dimensiones que integran la constitución de la placa, las cuales se ponen a prueba con los distintos chequeos. Se debe revisar previamente las limitaciones que las columnas y vigas tienen para el diseño de una conexión WUF-W

### 5.22.2 Momento probable máximo

Se deben determinar los factores de fluencia y tensión probables según la normativa NEC-SE-AC. Para el acero ASTM A36 del proyecto, se obtiene el valor del factor de fluencia probable:

$$R_y = 1.3$$

El momento probable máximo se calcula utilizando el módulo plástico de la viga reducida y el esfuerzo de fluencia del material de la viga, como se muestra:

$$M_{pr} = 1.2 * R_y * f_y * Z_x = 45697.256 \text{ kg} * \text{m}$$

### 5.22.3 Cortante probable máximo

El cortante probable máximo se determina considerando la distribución de cargas y el momento probable máximo. Utilizando la longitud de la viga y la fórmula correspondiente:

$$V_h = \frac{M_{pr}}{\text{Longitud}_{\text{viga}} - bc} = 9681.622 \text{ kg}$$

#### 5.22.4 Cortante probable que resiste la conexión

El cortante probable máximo que resiste la conexión RBS diseñada, se determina considerando la siguiente expresión:

$$V_n = 0.6 * f_y * (h_w - 2 * t_f) * t_w * C_v = 36470.015 \text{ kg}$$

Chequeo de Cortante:

$$\text{Si } V_n \geq V_{RBS}$$

$$36470.015 \text{ kg} \geq 9681.622 \text{ kg} = \text{CUMPLE}$$

#### 5.22.5 Chequeo del control de cortante

Los chequeos de control de cortante se realizan para asegurar que la viga puede resistir las fuerzas cortantes inducidas.

Esto implica verificar el cortante probable máximo contra la capacidad cortante de la sección, para ello se ponen a prueba 2 controles de cortante y se realizan los correspondientes chequeos, para determinar el control de cortante definitivo:

##### a) Control de cortante $C_{v1}$

$$C_{v1} = 1.1 * \left(5 * \frac{E}{f_y}\right)^{0.5} = 70.85$$

##### a) Control de cortante $C_{v2}$

$$C_{v2} = 1.37 * \left(5 * \frac{E}{f_y}\right)^{0.5} = 88.24$$

##### b) Chequeo 1

$$\text{Si } \frac{h_w}{t_w} < C_{v1} \text{ Entonces } C_v = 1$$

$$\text{Si } 75 < 70.85 = \text{NO CUMPLE}$$

##### c) Chequeo 2

$$\text{Si } \frac{hw}{tw} < C_{v2} \text{ Entonces } C_v = \frac{C_{v1}}{\left(\frac{hw}{tw}\right)}$$

$$\text{Si } 75 < 88.24 = \text{CUMPLE}$$

$$C_v = \frac{C_{v1}}{\left(\frac{hw}{tw}\right)} = 0.945$$

### 5.22.6 Chequeo de la soldadura

Se determina la resistencia de la soldadura correspondiente al electrodo de soldadura como se muestra a continuación:

$$\text{Electrodo}_{RBS} = 90 \text{ ksi}$$

$$\text{Resistencia}_{\text{Soldadura}} = \text{Electrodo}_{RBS} * bf * tf = 126552.524 \text{ kg}$$

El tamaño del hoyo de soldadura se dimensiona para asegurar que la soldadura puede transferir las cargas adecuadamente. Esto se determina considerando la condicionante en la cual el hoyo puede superar el valor de 1.2 cm, ni ser inferior al alma de la viga:

$$h_{\text{HoyoSoldadura}} = 1.2 \text{ cm}$$

Para determinar la fuerza de tensión en la soldadura, se utiliza la siguiente fórmula basada en el momento probable máximo en la cara de la columna y la diferencia de la altura del alma de la viga y el espesor de su patín.

$$\text{Fuerza}_{\text{Tensión}} = \frac{M_f}{hw - tf} = 103857.4 \text{ kg}$$

#### a) Chequeo

La resistencia de la soldadura ser mayor o igual a la fuerza de tensión calculada:

$$\text{Si } \text{Resistencia}_{\text{Soldadura}} \geq \text{Fuerza}_{\text{Tensión}}$$

$$\text{Si } 126552.524 \text{ kg} \geq 103857.4 \text{ kg} = \text{CUMPLE}$$

#### b) Chequeo del hoyo de soldadura

La altura del hoyo de soldadura debe mantenerse en la siguiente condicionante:

$$h_{\text{HoyoSoldadura}} = 1.2 \text{ cm}$$

$$1.2 \text{ cm} \geq h_{\text{HoyoSoldadura}} \geq tw$$

$$1.2 \text{ cm} \geq 1.2 \text{ cm} \leq 0.6 \text{ cm} = \text{CUMPLE}$$

### 5.22.7 Chequeo de espesor de placa

El espesor de la placa se determina considerando la condicionante en la cual el espesor de la placa no puede superar el espesor del alma de la viga, por lo tanto, se propone el espesor máximo o el espesor del alma de la viga:

$$tp = tw = 0.6 \text{ cm}$$

#### a) Chequeo

$$tp \leq tw$$

$$0.6 \text{ cm} \leq 0.6 \text{ cm} = \text{CUMPLE}$$

### 5.22.8 Altura de la placa y espesor de soldadura

La altura de la placa se calcula considerando la geometría de la viga y la altura del hoyo de soldadura. La fórmula para determinar la altura de la placa es:

$$Altura_{\text{Placa}} = hw - 2 * tf - 2 * h_{\text{HoyoSoldadura}} = 40.6 \text{ cm}$$

$$Espesor_{\text{Soldadura}} = 0.4 \text{ cm}$$

### 5.22.9 Conexión de la placa con respecto a el alma de la viga

La resistencia de la conexión de la placa se calcula utilizando la geometría de la conexión y el electrodo seleccionado para la soldadura:

$$R_{\text{Conexion1}} = 0.32 * Electrodo_{\text{RBS}} * Espesor_{\text{Soldadura}} * Altura_{\text{Placa}} = 32397.446 \text{ kg}$$

#### a) Chequeo

$$Si R_{\text{Conexion1}} \geq V_h = \text{CUMPLE}$$

$$32397.446 \text{ kg} \geq 9681.622 \text{ kg} = \text{CUMPLE}$$

### 5.22.10 Conexión de la placa con respecto a la columna

La resistencia de la conexión de la placa se calcula de manera similar a la conexión con el alma de la viga, considerando la siguiente expresión:

$$R_{\text{Conexion2}} = Electrodo_{\text{RBS}} * Altura_{\text{Placa}} * tp = 154140.975 \text{ kg}$$

a) **Chequeo**

$$Si R_{Conexion2} \geq V_{RBS} = CUMPLE$$

$$195650.203 \text{ kg} \geq 9681.622 \text{ kg} = CUMPLE$$

## CAPÍTULO VII

### DISEÑO DE INSTALACIONES HIDROSANTARIAS

La implementación de un biodigestor séptico representa una solución sostenible y eficiente para el manejo de residuos orgánicos y aguas residuales en viviendas. En este capítulo, se detallarán los pasos necesarios para la instalación de un biodigestor séptico, abarcando desde la evaluación inicial del sitio, hasta la puesta en marcha y el mantenimiento del sistema. Además, se refleja la importancia de una coordinación adecuada con los diseños arquitectónicos, estructurales, y de servicios hidrosanitarios. Esta interrelación entre disciplinas es esencial para garantizar un diseño integral y funcional, que maximice los beneficios ambientales y económicos del biodigestor séptico en la vivienda.

#### 6.1 Análisis del estudio hidrosanitario

##### 6.1.1 Datos generales

- **Contenido:** Plano de instalaciones hidrosanitarias
- **Redes consideradas:** Red de alcantarillado, red de agua potable
- **Número de habitantes de la vivienda:** 7 personas

##### 6.1.2 Recopilación de Información

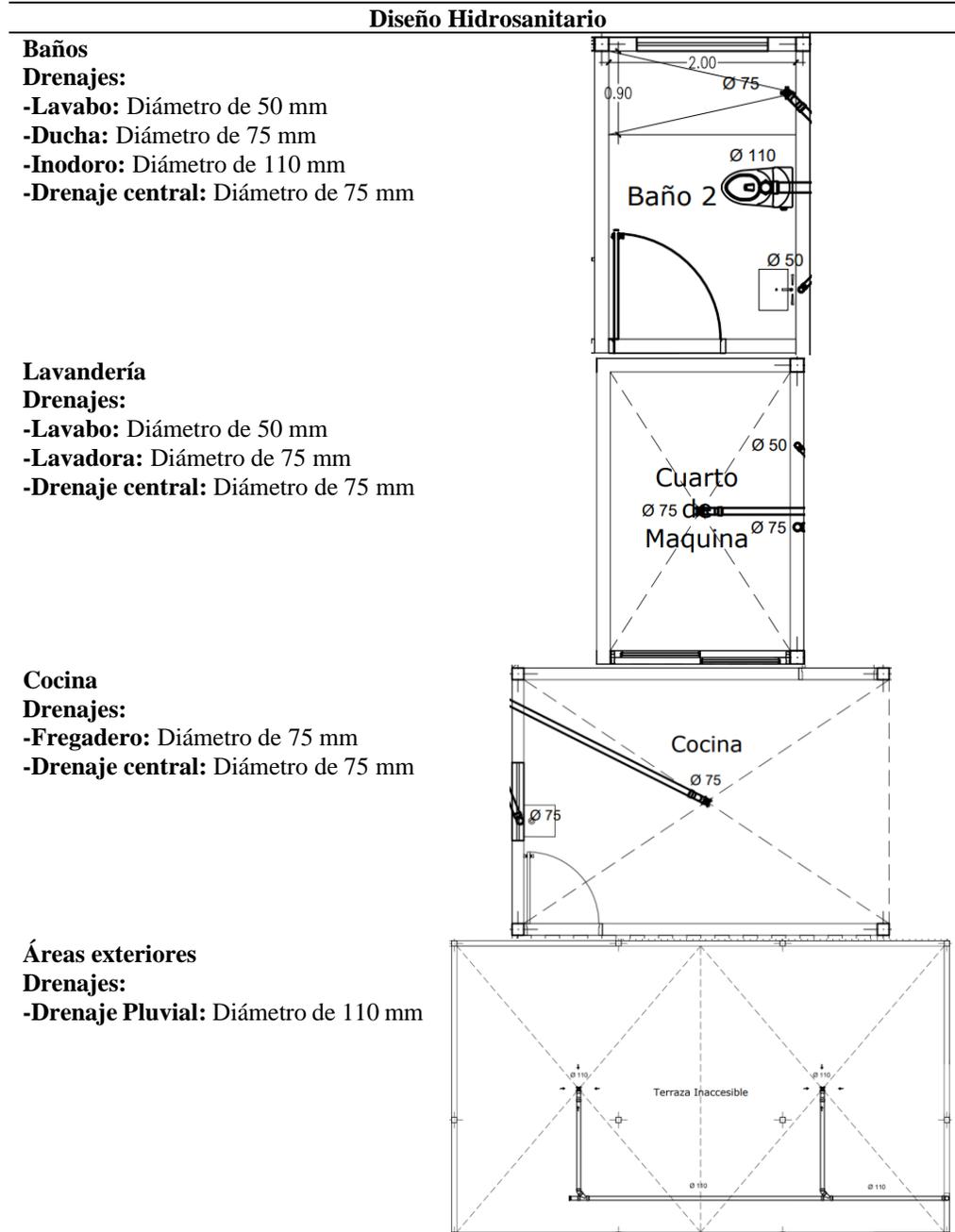
Antes de iniciar la implementación del biodigestor séptico, es fundamental recopilar información clave, como los planos hidrosanitarios de la vivienda, los requisitos del cliente, las normativas locales y otras informaciones pertinentes.

También se debe determinar las necesidades hidrosanitarias de cada área de la vivienda.

Se cuenta con planos y renders arquitectónicos que describen todos los aspectos de la vivienda, facilitando la identificación precisa de la distribución hidrosanitaria en el proceso de diseño de las instalaciones.

Con la información recopilada, se identifican las especificaciones de las redes de agua potable y alcantarillado.

**Tabla 68**  
*Ubicación de Instalaciones Hidrosanitarias*



*Nota.* La imagen muestra la fachada frontal en 3D. Elaborado por: El autor.

## 6.2 Caudal o gasto de agua de descarga producido por la vivienda

Para calcular el caudal o gasto de agua de descarga producido por una vivienda en Loja, Catamayo, Los Limos, se debe considerar el consumo diario promedio de agua por persona, que incluye usos como el lavabo, ducha, inodoro, cocina, lavadora, etc.

Este consumo se multiplica por el número de habitantes de la vivienda y, generalmente, se estima que entre el 80% y 90% de este consumo se convierte en descarga.

Esta estimación proporciona una base para determinar el caudal de descarga, esencial para el diseño de las instalaciones hidrosanitarias según la normativa ecuatoriana.

$$Q_{DescargaPersonal} = 200 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

$$\#_{Habitantes} = 7$$

$$Q_{DescargaTotal} = 0.90(Q_{DescargaPersonal} * \#_{Habitantes}) = 1260 \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

Una vivienda con 7 habitantes producirá 1200 litros/día.

## 6.3 Implementación del biodigestor séptico

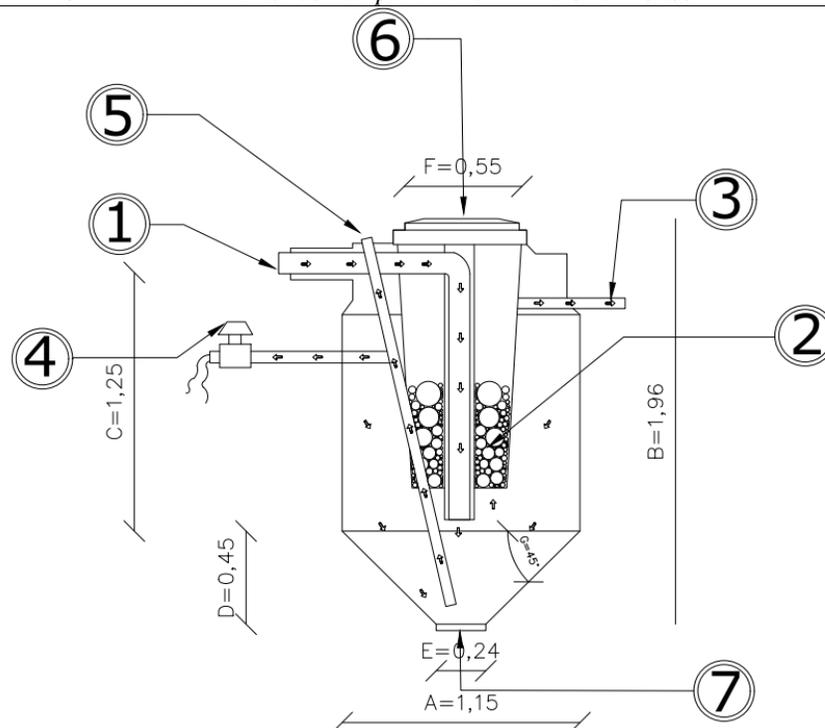
### 6.3.1 Sistema sanitario propuesto para cubrir la descarga requerida

En este apartado, nos centraremos en la implementación del biodigestor séptico para la vivienda, comenzando con la selección del biodigestor séptico, la cual se basa en su capacidad determinada por el número de habitantes, el cual se describe en el apartado **2.7.10 (Implementación de biodigestor séptico)**.

Por lo tanto, se define un biodigestor séptico de una capacidad de 1300 litros, recomendado para la descarga de desechos sanitarios correspondientes a 10 personas, cuyas medidas se muestran a continuación:

**Tabla 69**  
*Biodigestor Séptico Medidas y Componentes*

Medidas	Modelo 1300L	Componentes del Biodigestor Séptico
A	1.15m	1 Tubo de PVC de 4 pulgadas para la entrada de agua.
B	1.96m	2 Filtro biológico utilizando aros de plástico (PET).
C	1.25m	3 Tubo de PVC de 2 pulgadas para la salida de agua tratada hacia el campo de infiltración o pozo de absorción.
D	0.45m	4 Tubo de PVC de 2 pulgadas para acceso y limpieza y/o desobstrucción.
E	0.24m	5 Válvula de bola para la extracción de lodos.
F	0.55m	6 Tapa de clic de 18 pulgadas para un cierre hermético.
G	45°	7 Base cónica para la acumulación de lodos.



## BIODIGESTOR SÉPTICO

Elaborado por: El autor

### 6.3.2 Modelo del sistema sanitario “Biodigestor Séptico”

**Tabla 70**

*Modelo del Sistema Hidrosanitario Propuesto*

<i>Sistema que constituye un Biodigestor Séptico</i>	
Biodigestor séptico	<b>Función:</b> Biodigestor Rotoplas, retiene y digiere el material orgánico, los sólidos <b>Capacidad:</b> 1300L <b>Cantidad:</b> 1 unidad
Cámara de extracción de lodos	<b>Función:</b> Almacenar los lodos estabilizados arrojados por la valvula del Biodigestor Séptico. <b>Tipo:</b> Cámara de extracción de lodos construida en mampostería tradicional. <b>Capacidad:</b> Volumen de 0.216m <sup>3</sup> o 216 litros.
Sistema de infiltración	<b>Función:</b> Transporta el agua tratada por el biodigestor por medio de zanjas de infiltración hacia el terreno aledaño. <b>Tipo:</b> Zanjas de infiltración (Tubería de $\phi$ 2'' perforada con caños de $\phi$ 15mm de PVC a ambos lados a una separación de 0.30m)

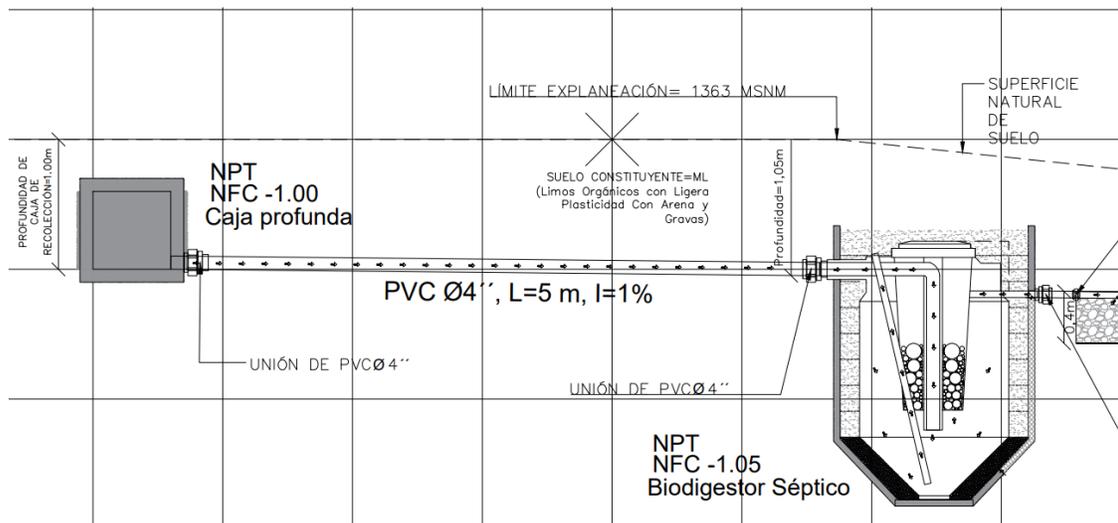
Elaborado por: El autor

### 6.4 Instalación del biodigestor séptico

Para instalar un biodigestor séptico, se deben seguir varias pautas importantes.

- **Replanteo:** Para ubicar el sistema sanitario, previamente se ha tomado en cuenta la mayor distancia posible desde el sistema que constituye el biodigestor séptico (biodigestor y campo de infiltración), a cuerpos de agua superficiales como lagunas o arroyos. Esta distancia es mayor a 20 m y describe la protección de la quebrada que se ubica en el perímetro de la quinta donde se va a edificar la vivienda. Según la normativa ecuatoriana, el biodigestor séptico debe instalarse a una distancia mínima de 5 metros de la caja de registro que corresponde a la vivienda.
- **Excavación:** El catálogo comercial expresa que la profundidad de excavación es determinada por la altura del equipo (1.96m) y por la profundidad de la tubería proveniente de la caja de registro (1.00 m), de manera que para que cumpla con el 1% de pendiente el biodigestor debe instalarse a 1.05 m de profundidad, cuidando que la excavación tenga forma cónica similar al equipo.

**Figura 66**  
**Replanteo del Biodigestor Séptico**

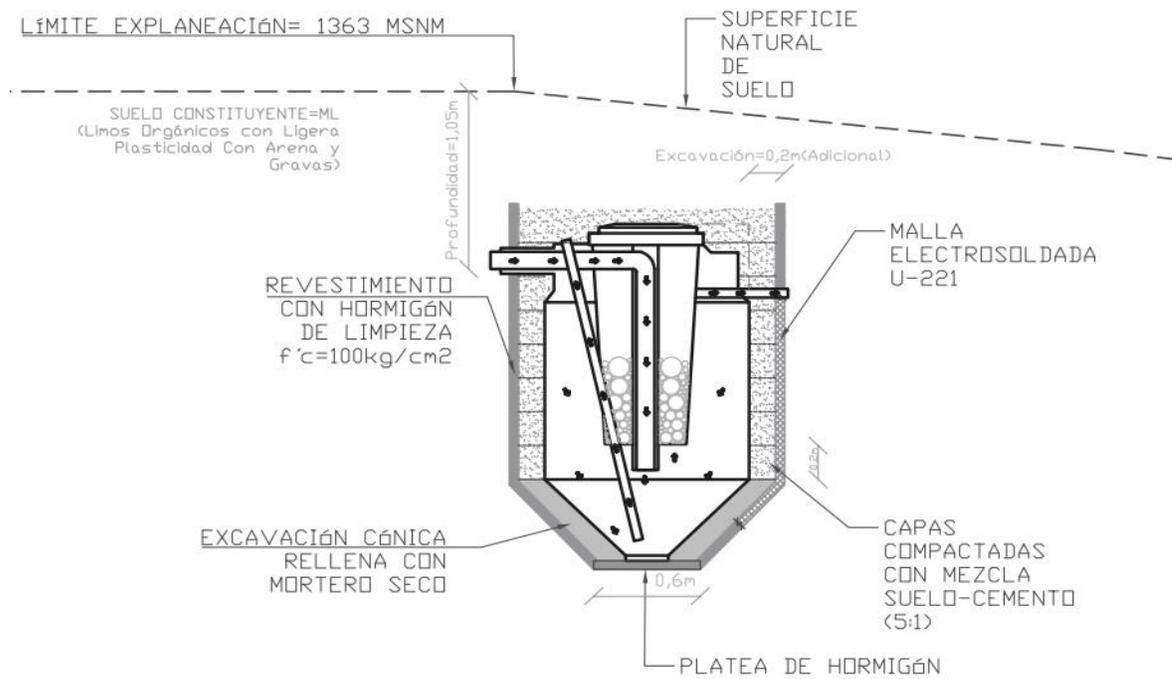


Elaborado por: El autor

Conjuntamente, la excavación debe tener un diámetro mayor que el equipo, con 20 cm adicionales. Su recubrimiento se realiza con una malla electrosoldada cubierta con un espesor de hormigón de baja resistencia que incluye una platea de hormigón en la base de 60cm.

- **Montaje:** El equipo debe encajar cuidadosamente. asegurando apoyo en la platea. Rellenando la parte cónica de la excavación con una mezcla 1:1 de mortero seco (mezcla entre arena y cemento seco), para a continuación compactar con dosificación 5:1 de mezcla entre suelo (libre de piedras y escombros) y cemento en capas de 20cm hasta llegar a la superficie

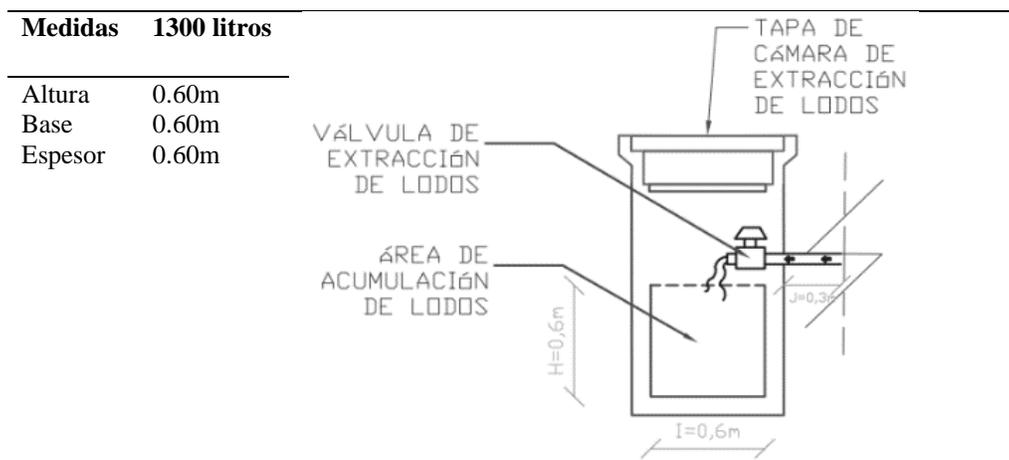
**Figura 67**  
**Montaje del Biodigestor Séptico**



Elaborado por: El autor

- **Cámara de extracción de Lodos:** La posición de la cámara de extracción de lodos se determina según la válvula de extracción, excavando el volumen necesario (0.60m\*0.60m\*0.60m), mediante el uso de mampostería tradicional.

**Tabla 71**  
**Geometría de Cámara de Extracción de Lodos**



Elaborado por: El auto

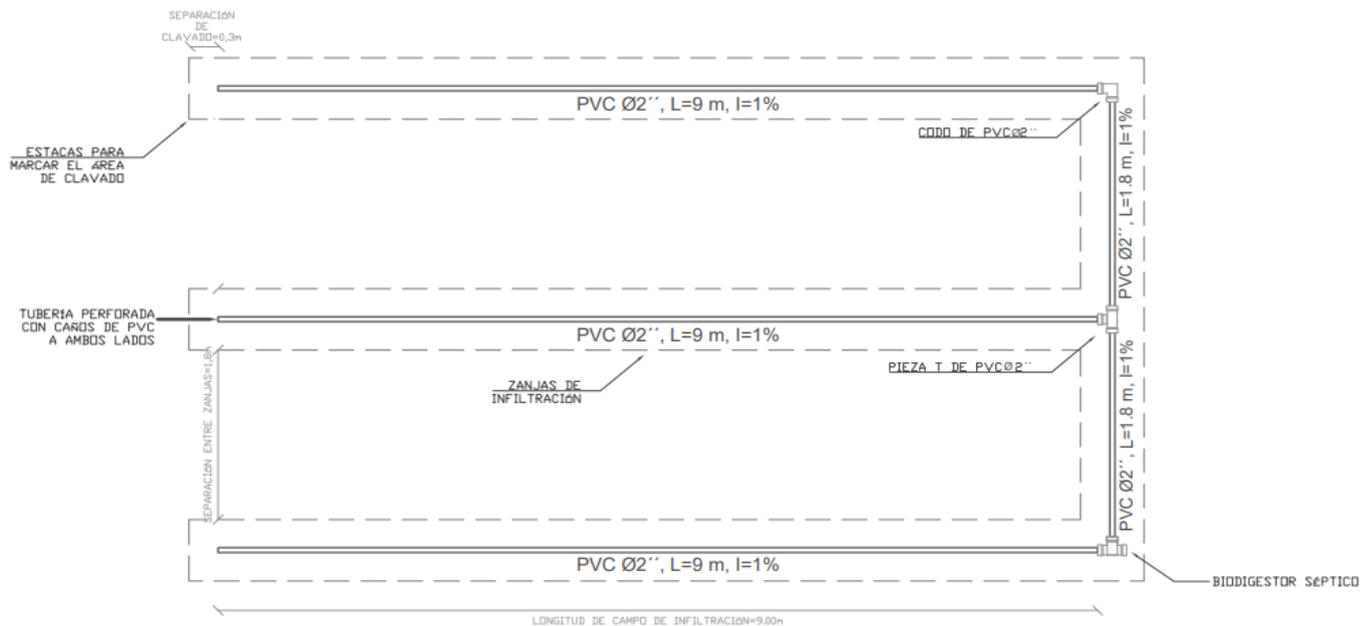
## 6.5 Instalación del campo de infiltración

Se lleva a cabo la instalación en base al cálculo de la longitud del sistema de infiltración basada en la tasa y velocidad de infiltración que ofrece un ensayo de percolación del suelo.

En caso de carecer del ensayo de percolación (como es el caso), el Manual de Instalación del Biodigestor Séptico Rotoplas (2014), en concordancia con la normativa IS.020 de Tanques Sépticos plantea el siguiente proceso de instalación:

- **Replanteo:** Se determina una longitud máxima de 27m de longitud correspondiente al sistema de infiltración, la cual se puede configurar en 3 longitudes de 9m con una separación de zanjas de 1.8m, para un tanque de capacidad de 1300L con un tiempo de infiltración de 24 minutos como máximo.
- **Excavación y Montaje:** Se realiza la excavación de las zanjas, con una base de 60cm y una profundidad que permita una pendiente de un 1% mínimo con la tubería que representa la salida del equipo, teniendo en cuenta la colocación de una capa de grava de 40cm entre la tubería ranurada, cubierta por una malla geotextil. Todo aquello considerando un tapado mínimo de tierra de 30cm, como muestran las siguientes figuras:

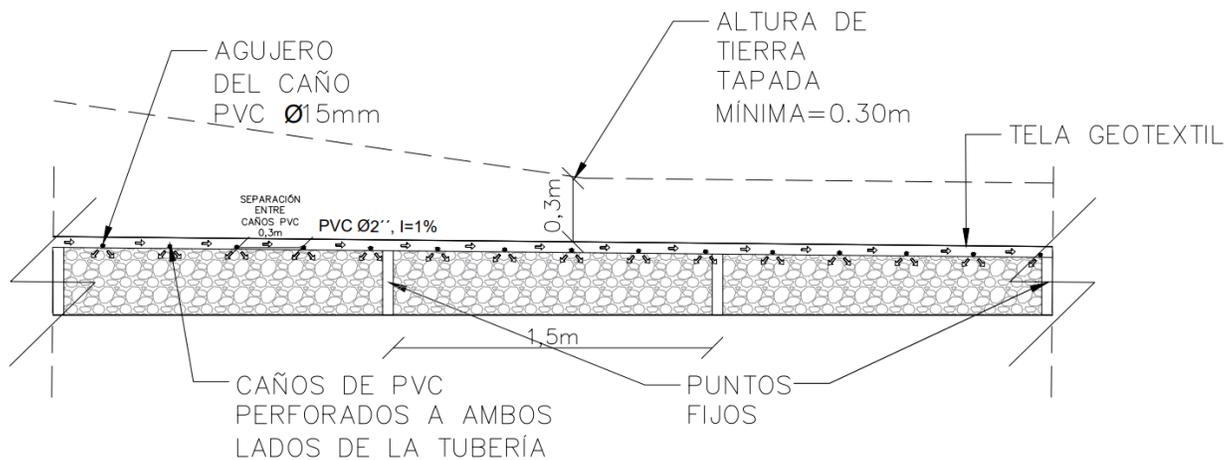
**Figura 68**  
Vista en Planta "Campo de Infiltración"



VISTA EN PLANTA "CAMPO DE INFILTRACIÓN"

Elaborado por: El auto

**Figura 69**  
Montaje del Campo de Infiltración



Elaborado por: El autor

## CAPÍTULO VIII

### DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En este capítulo se abordará la implementación de paneles solares en el contexto del diseño de instalaciones eléctricas para una vivienda. La instalación de sistemas fotovoltaicos tiene como objetivo primordial proporcionar energía eléctrica de manera segura y eficiente para satisfacer las necesidades de iluminación, electrodomésticos, dispositivos electrónicos y otros equipos eléctricos utilizados en el hogar. La coordinación y compatibilidad efectivas entre los diseños arquitectónico, estructural, hidrosanitario y eléctrico son fundamentales para asegurar un diseño integral y funcional de la infraestructura.

#### 7.1 Análisis del estudio eléctrico

##### 7.1.1 Datos generales

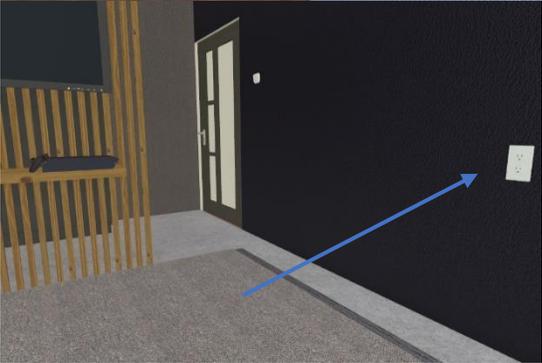
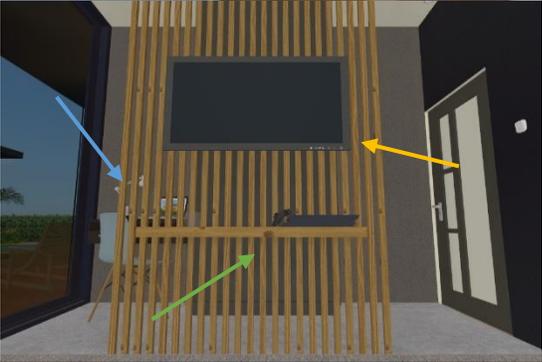
- **Ubicación:** Quinta ubicada en “Los Limos”, parroquia el tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja
- **Contenido:** Plano de instalaciones eléctricas
- **Circuitos considerados:** Interruptores, iluminarias, tomacorrientes.

##### 7.1.2 Recopilación de Información

Antes de iniciar la implementación de paneles solares, es necesario compilar información clave, como planos eléctricos de la vivienda, los requisitos eléctricos del cliente, las normativas locales y otras informaciones pertinentes. Asimismo, se deben determinar las necesidades eléctricas de la vivienda.

Con la información recopilada, se identifican las ubicaciones de los puntos de salida, interruptores, tomas de corriente, luminarias y otros dispositivos eléctricos.

**Tabla 72**  
*Ubicación de Dispositivos Eléctricos*

<b>Diseño Eléctrico Preliminar</b>	
<p style="text-align: center;"><b>Requisitos Técnicos</b></p> <p><b>Interruptores</b>                      Altura: entre 1.20 y 1.30 metros desde el nivel del piso terminado, asegurando que sean fácilmente accesibles y visibles desde las entradas de las habitaciones.</p>	
<p><b>Tomacorrientes</b>                      Altura mínima: de 0.30 metros desde el nivel del piso terminado.</p>	
<p><b>Luminarias</b>                      La altura: luminarias varía según el tipo y su ubicación, pero generalmente se colocan en techos con una altura mínima de 2.40 metros.</p>	
<p><b>Dispositivos eléctricos</b>                      Se deben aproximar y cuantificar los dispositivos que utilizan electricidad</p>	

*Nota.* La imagen muestra la fachada frontal en 3D. Elaborado por: El autor.

## 7.2 Demanda energética

Para una correcta implementación de paneles solares en una vivienda, es esencial calcular la demanda energética en términos de consumo diario. El proceso comienza con la identificación y cuantificación del consumo de energía de los diferentes dispositivos y equipos eléctricos utilizados en la vivienda. Este cálculo permitirá dimensionar adecuadamente el sistema fotovoltaico. A continuación, se analizará la distribución del consumo a lo largo del día para optimizar el rendimiento del sistema solar.

**Tabla 73**  
*Aproximación de Artefactos Eléctricos a Utilizar*

Equipo	Cantidad	Vatios/Unidad	Total Vatios	Número de Horas Utilizadas	Consumo Diario de la Residencia
	u	w	w	h	w/h
Lampara LED	14	10	140	6	840
Televisión LED	6	115	690	5	3450
Computadora portátil	4	20	80	4	320
Refrigerador	1	800	800	24	19200
Lavadora	1	500	500	4	2000
Secadora	1	1400	1400	4	5600
Cargador de teléfono	7	10	70	4	280
				TOTAL	31690

Elaborado por: El autor

$$\text{ConsumoDiario}_{\text{vatios} \cdot \text{hora}} = 31690 \text{ w} \cdot \text{hora}$$

## 7.3 Implementación del sistema fotovoltaico

En este apartado, nos centraremos en la implementación del sistema fotovoltaico para la vivienda, comenzando con la determinación del número de paneles solares necesarios. Este cálculo se basará en la relación entre la demanda energética del hogar y la capacidad de potencia fotovoltaica propuesta.

Este análisis permitirá proponer un modelo de sistema fotovoltaico preciso, que asegure que la instalación cumpla con los requisitos energéticos del hogar de manera eficiente y sostenible.

### **7.3.1 Cálculo de potencia fotovoltaica requerida para cubrir la demanda eléctrica**

Se evalúan factores como la orientación óptima, las horas solares pico y la eficiencia del sistema.

#### **7.3.1.1 Orientación de Paneles Solares dentro de la Localidad**

Renovaenergía S.A Ecuador (2023) acota que, dado que Loja, Catamayo, tiene una incidencia solar más directa a lo largo del año. En estas áreas, a menudo se considera que una inclinación cercana a 0 grados es óptima para maximizar la exposición solar durante todas las estaciones.

$$\beta_{opt} = 0^{\circ}$$

#### **7.3.1.2 Horas Solares Pico**

Es de gran importancia acotar que la cantidad de horas solares pico en Catamayo, Provincia de Loja, puede variar a lo largo del año y dependerá de diversos factores como la estación, y las condiciones climáticas. Sin embargo, de manera general, se puede proporcionar una estimación promedio de horas solares pico. Renovaenergía S.A Ecuador (2023) señala que Catamayo experimenta una cantidad relativamente constante de horas solares pico durante todo el año por motivo de su proximidad a la línea ecuatorial, proporcionando en promedio aproximadamente 4.5 horas diarias de sol pico.

$$HSP_{LosLimos} = 4.5 \text{ horas}$$

A partir de estos datos, determinaremos la cantidad de potencia fotovoltaica requerida para cubrir la demanda energética.

$$PFV = \frac{\text{ConsumoDiario}_{\text{vatios/hora}}}{HSP}$$
$$PFV = \frac{31690 \text{ w} * \text{hora}}{4.5} = 7042.222 \text{ w}$$

### **7.3.2 Potencia fotovoltaica propuesta para cubrir la demanda eléctrica**

Se propone un módulo fotovoltaico de alta eficiencia de 700W, como muestra la imagen a continuación:

**Figura 70**  
*Modulo Fotovoltaico Propuesto*

**700W**



Elaborado por: El autor

### **7.3.3 Potencia fotovoltaica requerida vs Potencia fotovoltaica propuesta**

Se procede con el cálculo del número de paneles solares necesarios para el abastecimiento energético de la vivienda en base a la relación entre la potencia fotovoltaica requerida y la potencia fotovoltaica propuesta, de la siguiente manera:

$$\text{CantidadModulos}_{\text{Fotovoltaicos}} = \frac{\text{PFV}}{\text{PFV}_{\text{Propuesta}}}$$
$$\text{CantidadModulos}_{\text{Fotovoltaicos}} = \frac{7042.222 \text{ w}}{700 \text{ w}} = 10.06$$

Se concluye que para abastecer una potencia fotovoltaica de 7042.22 w que necesita la futura residencia, se necesitan aproximadamente 10 paneles solares con una potencia fotovoltaica de 700 w. Los distribuidores comerciales se encargan de abastecer el regulador de carga, la batería y el inversor adecuados para el modelo de sistema fotovoltaico a instalar.

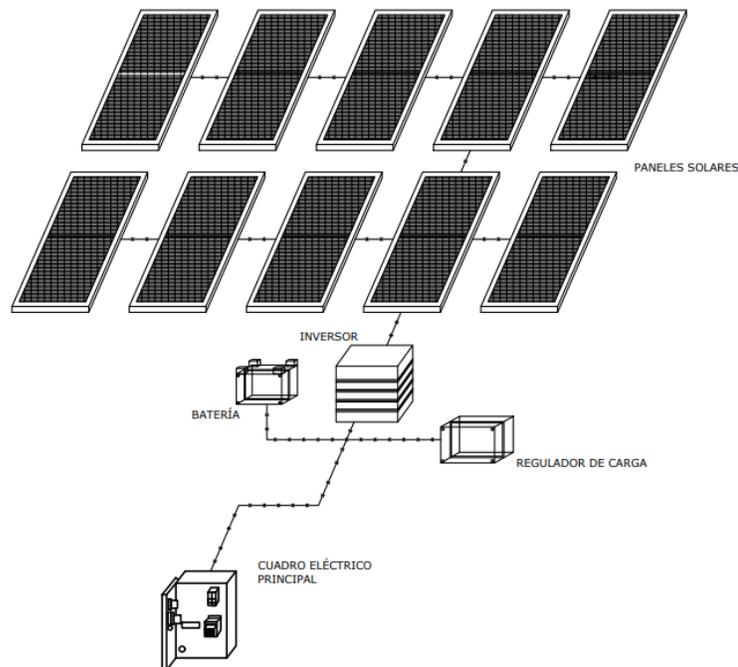
### **7.3.4 Modelo del sistema fotovoltaico a instalar**

Un modelo del sistema fotovoltaico incluye representaciones de los principales componentes del sistema, como los paneles solares (módulos fotovoltaicos), inversores, baterías (si es un sistema de almacenamiento), controladores de carga, y otros dispositivos eléctricos.

**Tabla 74**  
*Esquema Fotovoltaico*

<i>Sistema Fotovoltaico</i>	
<b>Paneles Fotovoltaicos</b>	<b>Capacidad:</b> 700W por panel <b>Cantidad:</b> Determinada por la potencia fotovoltaica requerida vs. la potencia fotovoltaica propuesta: 10 unidades
<b>Reguladores de Carga</b>	<b>Función:</b> Proteger las baterías contra sobrecargas y sobredescargas. <b>Tipo:</b> MPPT (Maximum Power Point Tracking) para maximizar la eficiencia del sistema. <b>Capacidad:</b> Dimensionado para manejar la corriente máxima generada por los paneles solares.
<b>Baterías</b>	<b>Tipo:</b> Baterías de ciclo profundo (preferiblemente de ion-litio o AGM para mayor durabilidad y eficiencia). <b>Capacidad:</b> En función de la demanda energética diaria: 1320.417 w*día
<b>Inversor</b>	<b>Función:</b> Convertir la corriente continua almacenada en las baterías en corriente alterna utilizada por la mayoría de los electrodomésticos y sistemas de la vivienda. <b>Tipo:</b> Inversor de onda sinusoidal pura para asegurar la compatibilidad con todos los dispositivos eléctricos. <b>Capacidad:</b> Debe manejar la potencia fotovoltaica esperada de la vivienda: 5826.439 w
<b>Sistema de Montaje y Estructuras</b>	<b>Cableado y Conectores:</b> Conectar todos los componentes del sistema fotovoltaico. <b>Dispositivos de Protección:</b> Proteger el sistema contra sobrecargas, cortocircuitos y otros fallos eléctricos. (Fusibles, disyuntores y sistemas de puesta a tierra.)

MODELO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO A INSTALAR



Elaborado por: El autor

## 7.4 Montaje del sistema fotovoltaico

A continuación, se presenta una serie de pasos para realizar el correcto montaje de un sistema eléctrico alimentado por paneles solares:

**1. Conexión del Inversor al Cuadro Eléctrico Principal:** La salida del inversor se conecta a un disyuntor en el cuadro eléctrico principal. Este disyuntor permite desconectar el sistema fotovoltaico del cuadro principal si es necesario.

**2. Conexión de los Paneles Solares al Regulador de Carga:** Los paneles solares se conectan al regulador de carga, que gestiona la carga de las baterías y protege contra sobrecargas.

**3. Conexión de las Baterías al Inversor:** Las baterías se conectan al inversor, proporcionando una fuente de energía continua que puede ser utilizada cuando los paneles solares no están generando suficiente energía.

**4. Interconexión de los Circuitos de la Vivienda con el Sistema Fotovoltaico:** Una vez que la energía se ha convertido en corriente alterna utilizada por la mayoría de los electrodomésticos por medio del inversor, se distribuye a través del cuadro eléctrico principal a los diferentes circuitos de iluminación, interruptores y tomacorrientes de la vivienda.

## 7.5 Funcionamiento del sistema fotovoltaico

El funcionamiento del sistema fotovoltaico consiste en que los paneles solares generen electricidad en corriente continua, que es gestionada por el regulador de carga para cargar las baterías. Estas baterías almacenan la energía generada, la cual es convertida por el inversor, en corriente alterna utilizada por los electrodomésticos. Finalmente, la corriente se distribuye a través del cuadro eléctrico principal a los circuitos de iluminación, interruptores y tomacorrientes de la vivienda. Esto garantiza que toda la vivienda pueda ser alimentada por la energía generada por el sistema fotovoltaico.

**Figura 71**  
*Diagrama Simplificado de la Conexión*



Elaborado por: El auto

## CONCLUSIONES

El levantamiento topográfico permitió obtener información precisa para ubicar adecuadamente el diseño del proyecto. La vivienda se implantó en la zona más adecuada, con una pendiente del 15%, caracterizada como un relieve colinoso, lo que requiere un recorte de suelo para nivelar el terreno. Adicionalmente se identificaron, límites de la propiedad, vías de acceso, estructuras existentes, elevaciones destacadas y características topográficas significativas en el plano, destacando los cuerpos de agua.

Dentro del análisis de un estudio geológico geotécnico realizado en la zona de estudio, se establecieron las características mecánicas y la capacidad portante del suelo, identificando tres capas, en las que prevalece suelo con contenido coluvial, denominado como "Limos Orgánicos con Ligera Plasticidad Con Arena y Gravas (ML)". La evaluación determinó a este tipo de suelo, como un suelo flexible, con una baja capacidad portante, calificándolo como "muy malo". Por ello, el ensayo determinó la necesidad de reemplazar el suelo natural bajo la cimentación con material de mejoramiento granular, según la normativa MOP-001-F (2002). Este material garantizará una carga admisible de diseño ( $q_a$ ) de  $1.140 \text{ kg/cm}^2$  y un módulo de balasto de  $2.163 \text{ kg/cm}^2$  para el diseño de cimentación, asegurando así una base sólida y estable para la vivienda. Además, para certificar la estabilidad de la edificación, el ensayo estableció que la profundidad mínima de apoyo de las estructuras de cimentación debe ser de al menos 1,20 metros, medidos desde el nivel de la rasante del terreno. Finalmente, el ensayo no identifica movimientos de masas de suelo o fallamientos activos dentro del área de estudio, lo cual es estructuralmente alentador.

El diseño arquitectónico proporcionó información fundamental sobre la vivienda en base a la geometría de la estructura, dimensiones de elementos, identificación de cargas, definición de materiales y acabados, etc. Lo cual permitió definir un sistema estructural eficiente y seguro basado en un pórtico (IMF).

En resumen, se logró adaptar la propuesta arquitectónica, enfrentando desafíos estructurales referentes a la asimetría de ciertos elementos y a la configuración irregular en planta y en elevación, mediante un diseño estructural óptimo en todas las fases de diseño.

Utilizando estructura metálica como elemento constructivo principal y software especializado para el modelado, análisis y diseño, se logró el objetivo de optimizar el proceso de diseño estructural, adoptando el método de diseño por última resistencia (LRFD) en el análisis y diseño de un pórtico (IMF), el mismo que se consiguió implementar junto con la normativa de nuestra localidad (NEC-15), mediante la incorporación de criterios avanzados estipulados en normativas internacionales mundialmente reconocidas del American Institute of Steel Construction (AISC). Conjuntamente, el sistema propuesto contempló a cabalidad el diseño de conexiones pre-calificadas según dictamina la normativa AISC, al igual que resistir un ángulo de deriva entre pisos de al menos 0.02 radianes. Definiendo así elementos de dimensiones y espesores considerables, típicas de un pórtico tipo IMF, las cuales aseguran rigidez y resistencia. Al igual que se definió un sistema de cimentaciones de características “Rígidas” (al tener un suelo de cimentaciones de características “flexibles”) basadas en plintos aislados con zapatas de espesor de 0.40m conectados mediante vigas de enlace o cadenas de dimensiones de 0.30x0.40m. En conclusión, el proceso integral de diseño y verificación mediante software como SAP, ETABS y SAFE garantizó que todos los aspectos del diseño; desde la torsión, los periodos de vibración, las derivas estructurales, hasta el chequeo de punzonamiento de los cimientos fueran considerados y optimizados.

Para el apartado de la implementación del biodigestor séptico en el sistema hidrosanitario, se cumplió con la finalidad de implementar un sistema eficiente para el manejo de aguas blancas y negras, basado en la utilización de un biodigestor séptico. Mediante el uso de herramientas de cálculo, dibujo y planificación, se diseñó un sistema de drenaje y tratamiento de las aguas residuales generadas por la vivienda.

Adicionalmente, el catálogo de biodigestores Rotoplas sirvió de guía para implementar un biodigestor con capacidad adecuada para el caudal de descarga de la vivienda, que corresponde a 1200 litros diarios, seleccionándose un modelo con capacidad de 1300 litros para asegurar su eficiencia. La correcta ubicación de estos sistemas en el terreno se logró siguiendo pautas esenciales como la selección del sitio, la distancia a cuerpos de agua, las futuras construcciones y la integración del espacio, manteniendo una distancia adecuada respecto a los cuerpos de agua existentes en el área de estudio. Se cumplió con las recomendaciones de montaje e instalación del biodigestor y su campo de infiltración mediante zanjas de infiltración. En conclusión, durante todas las fases de diseño e implementación, se consideraron las pendientes y velocidades estipuladas en las normativas, garantizando así el funcionamiento de un sistema hidrosanitario que cumple con los requisitos de drenaje y tratamiento de aguas residuales, contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia del proyecto.

En el apartado de la implementación de paneles solares en el sistema de instalaciones eléctricas, se logró a cabalidad la aplicación de un diseño óptimo del sistema eléctrico con conexión a los paneles solares. Utilizando herramientas de cálculo, dibujo y planificación, se determinó la demanda energética diaria de la vivienda que corresponde a 31,690 vatios-hora (Wh), por lo tanto, para satisfacer esta demanda, se diseñó un modelo del sistema fotovoltaico, en el que se contempló la determinación de la orientación óptima de los paneles y la cantidad horas solares pico disponibles en la localidad.

De manera que se concluye que con la implementación de 10 módulos fotovoltaicos de 700W en un total de 4.5 horas solares pico aproximadas, se puede abastecer la demanda energética de la vivienda. Este modelo se obtiene por medio de catálogos comerciales e incluye componentes esenciales como reguladores de carga, baterías, un inversor y un sistema de montaje con cableado, conectores y dispositivos de protección, los cuales se conectan con el cuadro eléctrico principal,

que distribuye energía eléctrica para todos los circuitos eléctricos considerados en la vivienda abasteciendo de energía eléctrica a todas las áreas de la vivienda.

El proyecto ha sido documentado de manera exhaustiva y coherente, abarcando todos los aspectos técnicos y normativos necesarios para garantizar el éxito y la sostenibilidad de la vivienda unifamiliar autosustentable en el barrio "Los Limos". La memoria de cálculo se desarrolló mediante herramientas de cálculo, dibujo y planificación que incluye, planos estructurales, hojas de cálculo correspondientes a todos los detalles y especificaciones técnicas del proyecto mediante con el objetivo de reflejar de forma precisa, la información referente a todas las etapas del presente proyecto. La memoria de cálculo se incluye en el apartado de anexos.

## **RECOMENDACIONES**

Dado que la vivienda se implantará en un área que requiere de un desalajo de suelo para nivelar el terreno, se determina la presencia de un talud resultante, el cual tiene una altura aproximada de 4.44 metros. Por lo tanto, se recomienda que dicho talud debe ser protegido por un muro de contención diseñado para evitar la erosión, cuya finalidad es proteger la integridad de la futura edificación y de sus ocupantes.

Se recomienda que los cuerpos de agua identificados en el terreno sean protegidos durante todas las fases de construcción y post construcción. Además, se encomienda establecer zonas de protección alrededor de estos cuerpos de agua, adoptando medidas para prevenir la contaminación y alteración de sus cursos naturales, como contenciones y sistemas de control de sedimentos, al igual que la implementación de cunetas de coronación en lugares con elevaciones mayores a la elevación de implantación de la vivienda, con la finalidad de evitar infiltraciones pluviales hacia el área donde se edificará la vivienda. Es fundamental comprobar si existen filtraciones o cualquier tipo de aporte hídrico en los estratos del área de estudio (nivel freático); de ser así, será necesario diseñar un sistema de drenaje adecuado.

Con base en la necesidad de obtener la aprobación municipal para los planos de diseño y proyección de la vivienda unifamiliar contemplada en este proyecto, es indispensable considerar que, como todo proyecto de ingeniería civil, los diseños “podrían” requerir modificaciones para cumplir con los requisitos legales establecidos en las normativas de la localidad en donde se va a edificar la vivienda. En la fase de construcción, es decisivo que los elementos de acero cumplan estrictamente con las características mecánicas definidas en el presente proyecto. Es recomendable que dichos elementos sean manipulados por profesionales experimentados y certificados en el manejo de estructuras metálicas laminados o armados, incluyendo técnicas como soldadura, corte, y montaje.

De igual manera, se enfatiza la importancia de contar con un equipo de trabajo capacitado y especializado en la construcción que abarque desde el montaje y construcción de cimentaciones, hasta el colado de concreto el Deck, asegurando así la correcta ejecución de las tareas relacionadas con la edificación, conforme a los estándares establecidos en el presente proyecto.

Es fundamental realizar un mantenimiento adecuado en los sistemas autosustentables como es el caso del biodigestor séptico, siguiendo los parámetros descritos en anteriores apartados del presente proyecto. Esto incluye la extracción periódica de lodos para asegurar su funcionamiento óptimo. Para garantizar el correcto uso del biodigestor séptico, es crucial evitar el vertido de objetos de dimensiones considerables por los drenajes y abstenerse de desechar productos químicos que puedan comprometer la integridad del sistema y sus componentes. Se recomienda seguir a cabalidad estas prácticas, puesto que ayudarán a prolongar la vida útil del biodigestor y mantendrán su eficiencia operativa a lo largo del tiempo.

Es esencial realizar un mantenimiento regular en el sistema fotovoltaico para garantizar su eficiencia y durabilidad. Se recomienda inspeccionar periódicamente los paneles solares para asegurar que estén limpios y libres de cualquier obstrucción que pueda reducir su capacidad de captación solar. Asimismo, los reguladores de carga deben ser revisados para verificar su correcto funcionamiento y ajustar los parámetros según sea necesario. Las baterías deben ser monitoreadas para mantener sus niveles de carga adecuados, especialmente en ambientes con variaciones climáticas. El inversor, como componente clave, debe ser inspeccionado regularmente por técnicos avalados, para verificar su rendimiento y asegurar que esté transformando la energía de manera eficiente. También es importante revisar el sistema de montaje de los paneles, para asegurar que esté robusto y estable, soportando adecuadamente los paneles solares frente a condiciones climáticas adversas.

Finalmente, seguir las recomendaciones del catálogo del fabricante y consultar con profesionales capacitados para cualquier mantenimiento o ajuste técnico requerido, asegurando así el óptimo rendimiento y la vida útil prolongada del sistema fotovoltaico en la vivienda.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aceros Arequipa (2023). *Consejos para el constructor. ¿Qué significa diseñar una vivienda?*

<https://www.construyendoseguro.com/que-significa-disenar-una-vivienda/>

ACI (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. American Concrete Institute

AISC (2016). *Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for*

*Seismic Applications, including Supplement No. 1*. American Institute of Steel Construction

AISC (2016). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. American Institute of Steel

Construction

AISC (2016). *Specification for Structural Steel Buildings*. American Institute of Steel Construction

Albán, C. (2022). *Viviendas Sostenibles: ¿Qué son y por qué preferirlas?* Constructora Barraqueta.

<https://www.barraqueta.com/post/viviendas->

[sostenibles#:~:text=Se%20trata%20de%20la%20construcci%C3%B3n,calidad%20de%20](https://www.barraqueta.com/post/viviendas-sostenibles#:~:text=Se%20trata%20de%20la%20construcci%C3%B3n,calidad%20de%20)

[vida%20de%20las](https://www.barraqueta.com/post/viviendas-sostenibles#:~:text=Se%20trata%20de%20la%20construcci%C3%B3n,calidad%20de%20vida%20de%20las)

ASTM D2487. (2018). *Practica Estándar para la clasificación de Suelos para Propósitos de*

*Ingeniería (Sistema de Clasificación Unificada de Suelos)*. American Society for Testing

and Materials.

ASTM D420. (2018). *Guía para la investigación y muestreo de suelos y rocas*. American Society

for Testing and Materials.

ASTM D5777. (2000). *Guía normalizada para el uso del método de sísmica de refracción para*

*investigación del subsuelo*. American Society for Testing and Materials.

Bordino, J. (2022). *Tipos de relieves y sus características*. Ecología Verde.

<https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-relieve-y-sus-caracteristicas-3258.html>

Braja M. Das (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7ma Ed.). Sello editorial

CENGAGE LEARNING

Cormac, Mc. (2007). *Diseño de estructuras de Acero*. Sello editorial ALFAOMEGA

Cormac, Mc. (2007). *Topografía*. Sello editorial LIMUSA WILEY

ENER CITY (2022). *Guía. Todo sobre Paneles Solares en Ecuador*. <https://energitysa.com/guia-panelessolares/#:~:text=En%20resumen%2C%20los%20paneles%20solares,de%20energ%C3%ADa%20limpia%20y%20renovable.>

Hibbeler, R.C. (2011). *Análisis Estructural* (8va ed.). Sello editorial PEARSON

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2009). *Norma IS.020 TANQUES SÉPTICOS*.

NEC (2015). *Guía práctica para el diseño de estructuras de acero de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

NEC (2015). *Manual para la Regulación de Procesos Constructivos de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015*. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

NEC (2011). *NEC-11 CAPÍTULO 16 NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA NEC 2011*. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011.

NEC (2015). *NEC-SE-AC-Estructuras-de-Acero*. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

NEC (2015). *NEC-SE-DS-Peligro-Sismico*. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

NEC. (2015). *NEC-SE-GC. Geotecnia y Cimentaciones*. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

NEC. (2015). *NEC-SE-VIVIENDA. Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m*. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.

<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>

Rotoplas. (2014). *Ficha Técnica*. Biodigestor Autolimpiable Rotoplas.

<https://rotoplas.com.ec/wp-content/uploads/2021/06/Ficha-tecnica-Biodigestor-Autolimpiable-Rotoplas.pdf>

Sainz, J. (2005). *El dibujo de arquitectura*. Sello editorial: REVERTÉ

STRONG-TIE (2024). *Guía. Tipos de Marcos de Momento de Acero*.

<https://www.strongtie.com/products/lateral-systems/strong-frame-moment-frames/steel-moment/types>