

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Diseño estructural empleando el Software Cypecad para la  
gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis -  
Huánuco - 2022”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
CIVIL**

**AUTORA: Livia Cotrina, Patricia**

**ASESOR: Lambruschini Espinoza Reyder Alexander**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2023**



# U

# D

# H

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Estructuras

**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería estructural y municipal

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título  
Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72812509

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 45250659  
Grado/Título Título oficial de máster universitario en  
ingeniería hidráulica y medio ambiente:

Código ORCID: 0000-0003-0701-2621

### DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Martínez Fabián, Efraín Raúl	Maestro en gestión pública	22486921	0000-0002-5177-380X
3	Taboada Trujillo, William Paolo	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	40847625	0000-0002-4594-1491



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 11:10 horas del día jueves 27 del mes de abril del año 2023, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:


MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS	(PRESIDENTE)
MG. EFRAIN RAUL MARTINEZ FABIAN	(SECRETARIO)
MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO	(VOCAL)

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 795-2023-D-FI-UDH, para evaluar la **Tesis** intitulada: “**DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO EL SOFTWARE CYPECAD PARA LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DE PROYECTOS ESTRUCTURALES, AMARILIS - HUÁNUCO -2022**”, presentado por el (la) Bach. Patricia LIVIA COTRINA, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) **A.P.R.O.B.A.D.A...** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **1.5**...y cualitativo de **B.U.E.N.O.....** (Art. 47)

Siendo las **12:20** horas del día **27**... del mes de **abril**..... del año **2023**., los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
\_\_\_\_\_  
MG. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS  
ORCID: 0000-0001-7920-1304  
PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
MG. EFRAIN RAUL MARTINEZ FABIAN  
ORCID: 0000-0002-5177-380X  
SECRETARIO

  
\_\_\_\_\_  
MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO  
ORCID:0000-0002-4594-1491  
VOCAL



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **M.Sc. Ing. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza**, asesor del PA Ingeniería Civil y designado mediante **RESOLUCIÓN N° 1239-2022-D-FI-UDH** del estudiante Bach., **LIVIA COTRINA, PATRICIA**, de la investigación titulada, **“DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO EL SOFTWARE CYPECAD PARA LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DE PROYECTOS ESTRUCTURALES, AMARILIS - HUÁNUCO -2022”**.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 22 % verificable en el reporte final de análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Adjunto captura del Turnitin con fecha actualizada.

Huánuco, 19 de Mayo del 2023

M. Sc. Ing. Reyder Alexander Lambruschini Espinoza

DNI N° 45250659

Código ORCID N° 0000-0003-0701-2621



# TESIS LIVIA COTRINA - POST SUSTENTACIÓN

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>22%</b>	<b>22%</b>	<b>9%</b>	<b>6%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>6%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>4</b>	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>distancia.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>ria.utn.edu.ar</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad de Las Palmas de Gran Canaria</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>dspace.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.upeu.edu.pe</b> Fuente de Internet	



**APELLIDOS Y NOMBRES:** LAMBRUSCHINI  
ESPINOZA REYDER ALEXANDER  
**DNI N°** 45250659  
**CÓDIGO ORCID N°** 0000-0003-0701-2621

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada con todo mi amor y cariño a mi mamita Lina y a mi papito Yony, quienes desde que tengo uso de razón me inculcaron a tener buenos principios y valores, y sobre todo nunca olvidarme del Divino Creador en mi vida diaria.

Enseñándome así el ejemplo de superación, sencillez y humildad para poder obtener este logro anhelado, y sobre todo por depositar su confianza en mi persona. Así mismo se lo dedico a mi hermano Alexander por sus muestras de cariño y ayuda incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta donde estoy, por tener una familia maravillosa que día a día me demuestra su amor y apoyo primordial e incomparable.

Agradecer a mi alma máter, mi querida Universidad de Huánuco, por ser parte de mi formación durante 5 años en el ámbito profesional, moral y ético; así también a mis docentes involucrados durante el desarrollo de mi tesis, gracias por sus conocimientos y experiencias impartidas.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
INTRODUCCIÓN .....	XV
CAPÍTULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2.1 PROBLEMA GENERAL .....	17
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	18
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	18
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.4.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	18
1.4.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	19
1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA .....	19
1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO .....	20
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....	20
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES .....	22
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES.....	24
2.2 BASES TEÓRICAS.....	24
2.2.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	24

2.2.2	METRADO DE CARGAS .....	27
2.2.3	CONFIGURACIÓN DEL ENTORNO DE TRABAJO.....	28
2.2.4	PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES ..	28
2.2.5	SECCIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES .....	29
2.2.6	ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA CARGAS DE GRAVEDAD	32
2.2.7	CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO.....	34
2.2.8	PARÁMETROS PARA EL ESPECTRO DE DISEÑO .....	35
2.2.9	ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL COMPUTARIZADO.....	44
2.2.10	COSTOS Y PRESUPUESTOS .....	47
2.3	DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	50
2.4	HIPÓTESIS.....	51
2.4.1	HIPÓTESIS GENERAL .....	51
2.5	VARIABLES .....	52
2.5.1	VARIABLE DEPENDIENTE .....	52
2.5.2	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	52
2.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	53
CAPÍTULO III.....		54
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....		54
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	54
3.1.1	ENFOQUE.....	54
3.1.2	ALCANCE O NIVEL .....	54
3.1.3	DISEÑO .....	54
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	54
3.2.1	POBLACIÓN .....	54
3.2.2	MUESTRA.....	54
3.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	55
3.3.1	TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	55
3.3.2	INSTRUMENTOS PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS ....	56
3.3.3	PARA LA INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS..	57
CAPÍTULO IV.....		59
RESULTADOS.....		59
4.1	PROCESAMIENTO DE DATOS .....	59

4.1.1	MODELAMIENTO EN CYPECAD .....	59
4.1.2	ANÁLISIS SISMORRESISTENTE EN CYPECAD .....	68
4.2	DISEÑO EN CYPECAD.....	76
4.3	CIMENTACIONES EN CYPECAD.....	121
4.4	ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE CYPECAD ....	128
4.4.1	ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN CYPECAD.....	128
4.4.2	DISEÑO ESTRUCTURAL EN CYPECAD .....	129
4.5	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	134
CAPÍTULO V.....		136
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		136
5.1	PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA TESIS .....	136
CONCLUSIONES .....		138
RECOMENDACIONES.....		139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		140
ANEXOS .....		144



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cargas vivas mínimas según uso .....	32
Tabla 2 Conceptos estructurales .....	35
Tabla 3 Planos para presentación de proyecto.....	35
Tabla 4 Factor de suelo .....	37
Tabla 5 Periodo TP y TL .....	37
Tabla 6 Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas (Ro).....	38
Tabla 7 Factor de irregularidad estructural en altura. ....	39
Tabla 8 Factor de Irregularidad estructural en plant .....	41
Tabla 9 Categoría y regularidad de las edificaciones .....	42
Tabla 10 Estimación del peso .....	43
Tabla 11 Valores máximos de la distorsión del entrepiso .....	45
Tabla 12 Sistema de variables-dimensiones e indicadores. ....	53
Tabla 13 Ensayos de laboratorio .....	55
Tabla 14 Predimensionamiento de columnas .....	59
Tabla 15 Predimensionamiento de vigas curvas.....	59
Tabla 16 Redimensionamiento de columnas .....	66
Tabla 17 Predimensionamiento de vigas .....	67
Tabla 18 Predimensionamiento de correas.....	67
Tabla 19 Modos de la vibración .....	71
Tabla 20 Hipótesis modal para el eje X .....	72
Tabla 21 Hipótesis modal para el eje Y .....	72
Tabla 22 Comprobación de deriva De acuerdo con la norma E030.....	72
Tabla 23 Resumen de comprobaciones de la columna A-1.....	76

Tabla 24	Resume de comparaciones de la columna C-5 .....	82
Tabla 25	Resumen de comprobaciones de la columna C-8.....	89
Tabla 26	Resumen de comprobaciones de correas entre el eje 1-1 y 2-2..	95
Tabla 27	Resumen de comprobaciones de correa entre el eje 4-4 y 5-5..	102
Tabla 28	Resumen de comprobaciones de la viga del eje 2-2.....	108
Tabla 29	Resumen de comprobaciones de la viga del eje 5-5.....	115
Tabla 30	Comprobaciones de resistencia para zapatas .....	122
Tabla 31	Comprobaciones de resistencia de la viga de cimentación.....	125
Tabla 32	Gestión de proyecto - sin CYPECAD vs con CYPECAD .....	133

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Predimensionamiento de losa aligerada .....	24
Figura 2	Predimensionamiento de viga peraltada .....	25
Figura 3	Diafragma rígido y flexible de una estructura.....	30
Figura 4	Análisis de elemento Muro y Pier.....	31
Figura 5	Zonificación sísmica.....	36
Figura 6	Valor ganado, Valor planificado y Costos reales .....	49
Figura 7	Para la presentación de datos .....	57
Figura 8	Datos generales CYPECAD .....	60
Figura 9	Normativas para el diseño sismorresistente .....	61
Figura 10	Espectro de cálculo E030 .....	61
Figura 11	Rejillas para el modelo en CYPECAD .....	62
Figura 12	Perfiles cuadrados para el modelado.....	62
Figura 13	Perfil de 8"x8" .....	63
Figura 14	Estructura 3D predimensionamiento.....	63
Figura 15	Vinculación exterior.....	64
Figura 16	Vinculación interior - apoyo articulado .....	64
Figura 17	Unión de soldadura CYPECAD.....	65
Figura 18	Paños para añadir cargas vivas y muertas .....	65
Figura 19	Cargas aplicadas al polideportivo .....	66
Figura 20	Sistema estructural .....	68
Figura 21	Espectro elástico con las aceleraciones .....	68
Figura 22	Parámetros necesarios .....	69
Figura 23	Espectro de diseño según X .....	70
Figura 24	Espectro de diseño según Y .....	70

Figura 25 Deformación según la carga muerta .....	73
Figura 26 Deformación según la carga viva.....	74
Figura 27 Deformación según sismo X .....	74
Figura 28 Deformación según sismo Y .....	75
Figura 29 Vista 3D de la edificación.....	75
Figura 30 Datos generales para cimentaciones.....	121
Figura 31 Vista 3D de zapatas.....	124
Figura 32 Detalles de zapata aislada .....	124
Figura 33 Vista 3D de la viga de cimentación .....	127
Figura 34 Tiempo de análisis estructural - sin CYPECAD vs con CYPECAD .....	128
Figura 35 Tiempo de diseño estructural - sin CYPECAD vs con CYPECAD .....	129
Figura 36 Tiempo de elaboración de planos - sin CYPECAD vs con CYPECAD .....	130
Figura 37 Tiempo de elaboración de memoria de cálculo - sin CYPECAD vs con CYPECAD .....	131
Figura 38 Costo de elaboración de planos - sin CYPECAD vs con CYPECAD .....	132
Figura 39 Costo de elaboración de memoria de cálculo - sin CYPECAD vs con CYPECAD .....	133
Figura 40 Plano de ubicación para el Proyecto 1.....	147
Figura 41 Plano de ubicación para el Proyecto 2.....	148
Figura 42 Plano de ubicación para el Proyecto 3.....	149
Figura 43 Plano de ubicación para el Proyecto 4.....	150
Figura 44 Plano arquitectónico 1 .....	152
Figura 45 Plano arquitectónico 2 .....	153

Figura 46 Plano arquitectónico 3 .....	154
Figura 47 Plano arquitectónico 4 .....	155
Figura 48 Plano arquitectónico 5 .....	156
Figura 49 Plano arquitectónico 6 .....	157
Figura 50 Plano Estructural 1.....	158
Figura 51 Plano Estructural 2.....	159
Figura 52 Plano Estructural 3.....	160
Figura 53 Plano Estructural 4.....	161
Figura 54 Plano Estructural 5.....	162
Figura 55 Plano Estructural 6.....	163
Figura 56 Plano Estructural 7.....	164
Figura 57 Plano Estructural 8.....	165
Figura 58 Plano Estructural 9.....	166
Figura 59 Plano estructural N°01 .....	167
Figura 60 Plano estructural N°02.....	168
Figura 61 Plano estructural N°03.....	169
Figura 62 Plano estructural N°04.....	170
Figura 63 Plano estructural N°05.....	171
Figura 64 Plano estructural N°06.....	172
Figura 65 Plano estructural N°07.....	173
Figura 66 Plano estructural vista 3D .....	174
Figura 67 Plano estructural detalles de Viga 1.....	175
Figura 68 Plano estructural detalles de Viga 2.....	176
Figura 69 Plano estructural detalles de Viga 3.....	177
Figura 70 Plano estructural detalles de Viga 4.....	178
Figura 71 Plano estructural detalles de Viga 5.....	179

Figura 72 Plano estructural Columna 40X60 cm2.....	180
Figura 73 Plano estructural Columna 40X60 cm2.....	181
Figura 74 Plano estructural Columna 40X60 cm2.....	182
Figura 75 Cuadro de detalles de la columna 40X60 cm2 .....	183
Figura 76 Plano estructural de las cimentaciones.....	184
Figura 77 Plano de estructural de la cubierta.....	185
Figura 78 Plano de estructural del eje B-B.....	186
Figura 79 Plano de estructural del eje A-A.....	187
Figura 80 Plano de estructural de las uniones .....	188
Figura 81 Detalles de las zapatas aisladas.....	189
Figura 82 Detalle de las vigas de cimentación.....	190
Figura 83 Detalles del pórtico C-C .....	191
Figura 84 Descripción de las propiedades de las soldaduras .....	192
Figura 85 Detalles de las uniones soldadas 1.....	193
Figura 86 Detalles de las uniones soldadas 2.....	194
Figura 87 Detalles de las uniones soldadas 3.....	195
Figura 88 Detalles de las uniones soldadas 4.....	196
Figura 89 Ficha de análisis granulométrico del suelo .....	197
Figura 90 Ficha de Contenido de Humedad .....	198
Figura 91 Ficha de Limite Liquido .....	199
Figura 92 Ficha de Limite Plástico .....	200
Figura 93 Ficha de Peso especifico .....	201



## RESUMEN

Esta tesis tuvo como propósito llevar a cabo el diseño estructural empleando el software CYPECAD optimiza el tiempo, disminuye el costo y mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica de proyectos estructurales, donde se empleó distintos proyectos de la empresa constructora NOVA PERÚ, se tomó como muestra 4 de estos proyectos para poder analizarlos.

En primer lugar, se analizó un proyecto de inicio a fin, partiendo desde el modelamiento en el software CYPECAD, posteriormente para introducir los parámetros sismorresistentes al software, y su diseño estructural de acuerdo con la norma E060. Otro software no le permite identificar cada pieza estructural y su detalle como lo hace este, por lo que es una gran ventaja. Posteriormente, se exportaron los planos relacionados y la memoria de cálculo.

Como último paso se hizo el análisis del tiempo empleado en los 4 proyectos tomados como muestra, para ello se analizó los tiempos del análisis sismorresistente, elaboración de los planos, diseño estructural y memoria de cálculo, dando como resultado que el software CYPECAD reduce considerablemente los tiempos de todos estos procesos haciendo posible emplear este tiempo en otros procesos estructurales.

Se obtuvo como conclusiones que emplear el software CYPECAD reduce el tiempo de análisis sismorresistente en 23.25%, el diseño sismorresistente en 77.58%, en la elaboración de los planos en un 67.69%, en la elaboración de la memoria de cálculo en un 76.97%, el costo de desarrollar un plano disminuyó en un 51.08% y el costo de desarrollar la memoria de cálculo disminuyó en un 66.68%.

**Palabras clave:** CYPECAD, análisis sismorresistente, diseño estructural, planos, memoria de cálculo, costo y tiempo.

## ABSTRACT

The purpose of this thesis was to minimize time and cost while increasing the quality of structural analysis in the strategic management of structural projects via the use of the CYPECAD software for structural design, where different projects of the construction company NOVA PERÚ were used. as a sample 4 of these projects to be able to analyze them.

First, a project was analyzed from start to finish, starting from the modeling in the CYPECAD software, later to introduce the seismic-resistant parameters to the software, and its structural design according to the E060 standard. Other software doesn't allow you to identify each structural part and its detail like this one does, so that's a huge advantage. Subsequently, the related plans and the calculation memory were exported.

As a last step, Time use was analyzed across 4 representative projects, for which the times of the seismic analysis, preparation of plans, structural design and calculation memory were analyzed, resulting in the CYPECAD software considerably reducing the times of all these processes making it possible to use this time in other structural processes.

It was obtained as conclusions that using the CYPECAD software reduces the seismic analysis time by 23.25%, the seismic design by 77.58%, in the formation of 67.69% of the plans, in the formation of 76.97% of the calculation memory, the cost of developing a plan decreased by 51.08% and the cost of developing computational memory decreased by 66.68%.

**Keywords:** CYPECAD, seismic-resistant analysis, structural design, drawings, design report, cost and time.

# INTRODUCCIÓN

Actualmente existen softwares los cuales facilitan y mejoran el proceso de gestión empresarial que se vienen realizando en las constructoras, a partir de esta inquietud se planteó en la tesis usar el software CYPECAD para realizar el diseño estructural empleando con el fin de optimizar el tiempo, gestión estratégica de proyectos estructurales que pueden ahorrar costos de análisis estructural sin sacrificar la calidad, el objetivo era utilizar este programa para mejorar cada faceta de la gestión de proyectos, para ello se tomó como muestra 4 proyectos de la empresa NOVA PERU con el cual se hizo el análisis comparativo de los aspectos ya mencionados con y sin el empleo de este software y se determinó que el software CYPECAD mejora la gestión estratégica de proyectos estructurales.

Debido a ello se dividió en cinco capítulos:

- El Primer Capítulo: Se abordan la identificación del problema, el propósito general, así como los específicos, las razones, las limitaciones y la viabilidad de éxito del estudio.
- El Segundo Capítulo: Discute los antecedentes global, nacional y local, así como los fundamentos teóricos, conceptos, hipótesis, variables y una tabla de operacionalización que detalla cómo se utilizará cada variable.
- El Tercer Capítulo: Se discuten la estrategia del estudio, la profundidad y el diseño, la población, la muestra y el método de recopilación de datos.
- El Cuarto Capítulo: Se describe la información resultante del procesamiento y análisis de datos para una comparación del software CYPECAD con el enfoque convencional.
- El Quinto Capítulo: Se trata de comparar los hallazgos, hacer inferencias y hacer sugerencias.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la ingeniería civil, durante la realización y ejecución de los proyectos ocurren algunos contratiempos los cuales significan un aumento al presupuesto final para el Proyecto y también modificándose la programación, previamente ya establecidos, esto debido a la falta de un criterio profesional o algún imprevisto en la etapa de elaboración para el Proyecto, lo cual causará en el futuro problemas en la programación para el Proyecto. (Villavicencio, 2020)

Actualmente en el Perú, tanto las empresas constructoras e inmobiliarias requieren una gestión de estrategias especial de los proyectos de construcción para gestionar los peligros y preocupaciones que afectan su trabajo; sin embargo, estas empresas en su gestión muestran incompatibilidad en la planificación, falta de capacidad de construcción, peligros para los objetivos de cada proyecto debido a la falta de seguridad en el sitio y a una coordinación y comunicación ineficaces. (El Comercio Perú, 2022)

En términos de tiempo (duración), por lo general, lleva bastante tiempo volverse bueno en el trabajo de campo relacionado con la construcción de proyectos estructurales, y estos proyectos se desarrollan utilizando una variedad de paquetes de software, incluidos SAP2000 y ETABS, y AUTOCAD se usa para redactar los dibujos, por lo que se necesita un gran equipo de diseñadores para garantizar que el proyecto se pueda completar a tiempo. Aunque es práctica habitual en este tipo de proyectos generar informes técnicos de forma manual en Word y Excel, lo que genera retrasos en el diseño; estas situaciones requieren una reevaluación de sus impactos, para eventualmente integrar las modificaciones propuestas en los modelos computacionales generados. (Constructivo, 2021)

También existe la incompatibilidad en planos, Esto surge ya sea por un malentendido o un malentendido en la representación visual, induciendo

retrasos en la construcción, fricciones entre el cliente y el diseñador y pérdidas financieras debido a la incertidumbre. (Constructivo, 2021)

Como la mayoría de las empresas constructoras con sede en Huánuco claramente utilizan este tipo de programas, esto ocurre todos los días en toda la ciudad, lo cual elevan el tiempo de análisis y diseño, elaboración de planos y memoria para el cálculo. Lo que causa una pérdida de tiempo en la gestión de los proyectos, por ello se planteó esta tesis, la cual busca implementar el software CYPECAD para poder mejorar el tiempo y costo empleado en la realización de estos proyectos sin dejar de lado la seguridad que implica el análisis sismorresistente de la norma E030 y la norma E060.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL**

¿Cómo realizar el diseño estructural empleando el software CYPECAD optimiza el tiempo, disminuye el costo y mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco - 2022?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cómo identificar el tiempo en el diseño estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco -2022?
- ¿Cómo identificar los costos para la realización de los planos en el diseño estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco - 2022?
- ¿Cómo identificar la calidad para la realización de la memoria de cálculo en el diseño estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco - 2022?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el diseño estructural empleando el software CYPECAD optimiza el tiempo, disminuye el costo y mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco - 2022.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar el tiempo en el diseño estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco - 2022.
- Identificar los costos para la realización de los planos en el diseño estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco - 2022.
- Identificar la calidad para la realización de la memoria de cálculo en el diseño estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco - 2022.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

El objetivo general de la tesis fue abordar y brindar soluciones a los muchos problemas que ahora afectan a los proyectos de construcción, ya que el empleo de este software llamado CYPECAD no solo ayudó a mejorar la calidad en el diseño y análisis estructural para el proyecto, sino que también ayudó a reducir el tiempo y el costo en la realización de los planos y memoria de cálculo, todo ello sin dejar de lado la calidad y seguridad que requiere este tipo de edificaciones para ser sostenible en el tiempo de útil determinado.



#### **1.4.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

La tesis se basó en los conocimientos ya planteados por la norma E030 y E060, donde se empleó los métodos teóricos y matemáticos basados en estas normativas, la investigación aportó el conocimiento de actividades prácticas en obra (en el campo) para llevar a cabo el diseño de edificios utilizando el software CYPECAD, contribuyendo al campo de la ingeniería, la gestión y ciencia.

#### **1.4.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Esta tesis consolidó lo aprendido en las clases, con el objetivo de diseñar edificios utilizando el software CYPECAD, que incluye la gestión estratégica de proyectos de construcción, lo que ahorra tiempo, asegura calidad y reduce costos.

#### **1.5 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

El coronavirus fue una de las principales limitantes en la investigación ya que debido a ello no se pudo recurrir a bibliotecas de la universidad de modo que se tuvo que comprar libros electrónicos.

Otra dificultad fue el factor económico, ya que adquirir el software CYPECAD en su versión oficial resultó costoso así que se optó por emplear una versión estudiantil.

#### **1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta tesis aportó de manera positiva a la gestión estratégica en proyectos civiles, ya que el empleo de este software CYPECAD, no solo nos brinda un análisis y diseño de calidad con las normas E030 y norma E060 actualizada, sino que también nos reduce el tiempo en la elaboración de planos y las memorias de cálculo. Lo que al momento de ejecutar el proyecto el tiempo es un recurso muy importante que se debe tener en cuenta.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Ethel (2018) en el estudio que se tituló: “Impacto para la economía y medio ambiental del diseño de las estructuras en estructuras de hormigón armado”; presentada a la Universidad Central del Ecuador; tuvo como propósito, realizar los cálculos, costos y presupuestos de una superestructura de dos edificios para evaluar; a partir de estos valores hallados se realizaría una comprobación de calidad del hormigón armado, área de acero, uso y otros más respecto como impactara a los costos y al impacto ambiental. Las siguientes son algunas de las conclusiones principales de este trabajo: Se concluye que al contemplar los méritos técnicos de una estructura dada, es importante considerar todas las opciones viables para su diseño y análisis, económicos y medioambientales empleando el software CYPECAD permite optimizar los diseños considerando los aspectos antes mencionados atendiendo la factibilidad técnica, la economía y fundamentalmente la sostenibilidad de nuestros proyectos. Por otro lado, el desarrollo posibilitó incursionar en el uso del software profesional y adquirir experiencia en el planteo de modelos estructurales.

Román (2018) en su tesis que se tituló: “Comparación de los programas SAP2000 y CYPE en el diseño sísmico de unidades de losas prefabricadas con vigas peraltadas para una estructura de hormigón armado”; presentada para la Universidad Central del Ecuador; tuvo como propósito, desarrollar planes para un dormitorio que pueda convertirse en el corazón de una ciudadela universitaria en la zona de Urcuqui de Imbabura. El edificio tiene un techo inclinado y 32 columnas en una terraza donde antiguamente había un pino. Se utilizarán dos herramientas de cálculo estructural diferentes para producir modelos

digitales del edificio utilizando la misma información inicial, características geométricas y restricciones de diseño. El diseño sísmico se realizará de acuerdo con las normas de construcción ecuatoriana NECSEDS (riesgo sísmico), NECSECG (carga no sísmica), NECSEHM (concreto reforzado) junto con el código ACI 31808 para hormigón estructural en edificios. Los resultados del análisis de la primera parte muestran que la carga reactiva total estructural, estimada en 1100T, se verifica tanto en cálculos manuales como en programas, arrojando valores de cortante base estático de 200T y cortante base dinámico de 175 T con ligeras variaciones; los resultados obtenidos en los dos programas son consistentes. La participación masiva de ambos programas es más del 99% de la tercera vibración en ambas direcciones, aunque las duraciones subyacentes son distintas. Para operar con el estándar NECSEDS se requiere establecer los factores de corrección y aplicarlos al espectro de reacción registrado en CYPE para que la discrepancia sea efectivamente corregida. Esto se debe a que la aplicación de CYPE solo tiene NEC11 en su base de datos.

Cachipiendo (2018) en su tesis: "Diseño sismorresistente del edificio de oficinas en hormigón armado"; presentada a la Universidad Politécnica Salesiana; tuvo como propósito, ejecutar el diseño sísmico seguro de una estructura de oficinas de hormigón armado de 5 pisos, Magdalena, Distrito Metropolitano de Quito, Quito, Ecuador es el sitio de este proyecto. Como parte de este estudio, se utilizó la carga de gravedad para determinar el área transversal necesaria para los componentes estructurales del edificio, los marcos de los edificios se desarrollaron luego en CYPECAD para cumplir tanto con el NEC ecuatoriano como con el código ACI mundial. Los resultados de este trabajo son los siguientes: El análisis y diseño sísmico se inició introduciendo las dimensiones predimensionadas en el software CYPECAD, lo que fue posible gracias al cálculo estructural de la sección transversal de los componentes mediante carga gravitacional, sin embargo, fue necesario modificar algunas dimensiones de algunos elementos estructurales para poder cumplir con la norma NEC y ACI. A

partir d estos datos y del software CYPECAD se observó que todas las modificaciones cumplieron con esta normativa.

### **2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES**

Saavedra (2018) en el estudio que se tituló: “*Diseño con CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos para las edificaciones*”; presentada a la Universidad Cesar Vallejo; el objetivo fue, ayudar en la dirección estratégica de los proyectos en el Edificio de Cinco Niveles mediante el diseño con el software CYPECAD de la empresa INMOBILIARIA CAPELLI S.A.C. - Chiclayo; el dinero, el tiempo y la calidad invertidos en la planificación, los informes de cálculo y el análisis del diseño estructural se han reconocido como fuentes de falta de fiabilidad en los proyectos de ingeniería. De acuerdo con la naturaleza de los estudios aplicados, en la aplicación se utilizaron estimaciones descriptivas y descriptivas. La información relevante se recopila a través de herramientas de campo para demostrar y resaltar el impacto. Se concluye que las preparaciones de edificios de cinco plantas se benefician del uso del software CYPECAD en cuanto a análisis y diseño estructural, memoria de cálculo, planificación, fiabilidad de resultados, ahorro de tiempo y reducción de costes. Por lo tanto, garantizamos calidad, en la planificación y ejecución - supervisión y estancia de obra en la edificación; Empresa CAPELLI S.A.C. El software CYPECAD redujo la gestión del tiempo en 80,67 horas, redujo los costos en 1.583,33 horas, mejoró la interacción estructura-suelo. Se garantiza que los hallazgos sean precisos al diseñar un rascacielos de 5 pisos.

Ingunza (2018) en el estudio que se tituló: “*Gestión de proyectos para la construcción más segura de complejos de apartamentos*”; presentada a la Universidad de San Martín de Porres; el propósito fue, realizar la gestión de un proyecto para reducir los riesgos en la planeación del edificio Velasco Astete San Borja, basado en los Lineamientos del PMBOK. Cuando se trata de gestión, administración y liderazgo de proyectos, las Directrices del PMBOK (2012) sirven como una herramienta útil de evaluación comparativa. El conjunto de procesos de planificación de la gestión de riesgos ha hecho uso de este

instrumento. Los siguientes son los hallazgos de este trabajo: Durante el análisis de riesgos se determinó que el 50% de los riesgos son significativos, el 30% moderados y el 20% aceptables. Se espera que a lo largo del proceso de desarrollo de respuestas a los riesgos potenciales, el 45 % de esos riesgos se evitará, el 39 % se mitigará y el 20 % se aceptará. En consecuencia, la planificación de la trayectoria para el Proyecto, la creación de una carta para el Proyecto y la compilación de un registro de partes interesadas son partes vitales de la gestión de riesgos lo que permite ayudar a reducir la probabilidad de eventos adversos. Además, se determinó que el 44% del proceso se aplicó al proyecto.

Mandujano (2021) en el estudio que se tituló: “*Gestión estratégica para conseguir ventaja competitiva. Caso área inmobiliaria*”; presentada a la Universidad Nacional de Educación; el propósito fue fortalecer la posición de la empresa en su mercado objetivo para que pueda continuar prosperando allí. Las empresas necesitan utilizar herramientas que permitan un crecimiento óptimo. Entre los muchos enfoques sugeridos para esta función están las trayectorias estratégicas que incorporan un mundo más humano para estudiar, comprender y mejorar las operaciones asignadas a la empresa. Se llegó a los siguientes hallazgos en el curso de esta investigación: Ahora que hemos terminado de profundizar en el estudio de caso, teniendo en cuenta las posibles falencias, se solicitó a otros investigadores que estudiaran la aplicación de estrategias de gestión estratégica para crear ventaja competitiva en realidades organizacionales, posibilitando la identificación de herramientas para diagnosticar los problemas que presentan las organizaciones. Por lo tanto, se recomienda que las personas se animen a seguir desarrollando sus habilidades a lo largo del tiempo. Es esencial que los recursos humanos puedan localizar y atraer a los estudiantes más talentosos y recién graduados de las mejores instituciones. El éxito del plan se basa en su capacidad para atraer, capacitar y retener empleados dedicados a los objetivos de la empresa; también estimulará la innovación continua para reducir los tiempos y costos de construcción.

### 2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Actualmente los centros universitarios locales en la región Huánuco tanto como la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (Unheval) y la Universidad de Huánuco (UDH).

## 2.2 BASES TEÓRICAS

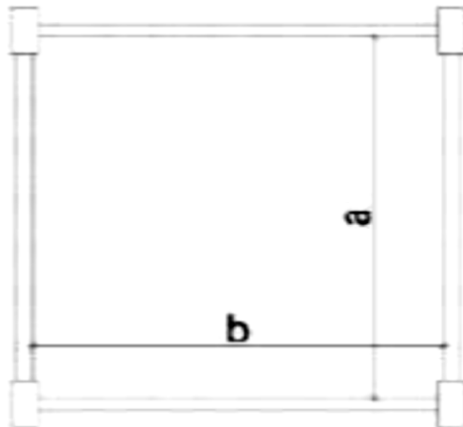
### 2.2.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

#### ➤ Losas

En la composición se propone utilizar paneles de iluminación bidireccional, gracias a la diferente luz que presentan los paneles. El diseño es expuesto, a base de ladrillos de barro cocido industrializados de 30 centímetros de ancho. Debido a los estacionamientos subterráneos, se limitó la distancia entre apoyos y se presentaron losas de grandes luces, no pudiendo utilizarse losas unidireccionales. Por esta razón, se propuso usar paneles bidireccionales con una profundidad de  $h = 20$  cm.

$$h \geq \frac{\text{perímetro}}{180}$$

**Figura 1**  
*Predimensionamiento de losa aligerada*



Fuente: adaptado de RNE (2019).

## ➤ Vigas

Con el fin de optimizar y maximizar la funcionalidad de la viga, se propone realizar un predimensionado de acuerdo con el tipo de esfuerzo que experimentará la viga. Esto se debe a que cada uno sugiere diferentes interacciones.

### Figura 2

*Predimensionamiento de viga peraltada*



*Fuente: adaptado de RNE (2019).*

## ➤ Viga sin carga sísmica

Dado que el sótano está semienterrado en el suelo y se comporta como un revestimiento de suelo, no recibe cargas sísmicas. Estas vigas se cargan únicamente por gravedad desde los paneles y tabiques. Por lo tanto, el tamaño de la viga de este piso sigue la fórmula:

$$h \geq Ln/13$$

## ➤ Viga con carga sísmica

Estos soportes deben estar peraltados debido a que los pisos superficiales están sujetos a cargas sísmicas y gravitatorias. Por tanto, con este criterio, la magnitud del rayo se ve afectada por las siguientes interacciones:

$$h \geq Ln/11$$

## ➤ Viga en voladizo

El borde de la cara tiene una viga en voladizo, que es menos rígida en este estado. Por lo tanto, necesitamos un voladizo aún mayor que en

el caso anterior para controlar la deflexión y la resistencia. Por tanto, con este criterio, la magnitud del rayo se ve afectada por las siguientes interacciones:

$$h \geq Ln/8$$

➤ **Columnas**

A menudo se utilizan interacciones previas al diseño basadas en la carga de servicio axiales así como la resistencia en la compresión del hormigón. Esto puede lograrse determinando la fuerza ejercida sobre ellos por la gravedad. Hay dos criterios sugeridos para determinar el tamaño de las columnas por adelantado, similar a las vigas:

➤ **Columnas exteriores**

Debido a su proximidad a la periferia de la composición, las columnas de esta categoría normalmente soportan menos carga axial que las más cercanas al núcleo de la composición, no obstante, tienen que tolerar monumentales instantes hechos por el terremoto. Por consiguiente, las magnitudes de esta clase de columnas obedecerán a la siguiente interacción:

$$A_{col - e} = \frac{P_{Servicio}}{0.35f'c}$$

➤ **Columnas internas**

Esta clase de pilares tiene un área mayor que los pilares exteriores. H. Debe ser capaz de soportar cargas axiales mayores. En el interior, el brazo de fuerza sísmica es más pequeño en relación con el centro de rigidez, lo que da como resultado que se permita un momento sísmico menor que para las columnas exteriores. El tamaño de las columnas de esta clase se ve afectado por las siguientes interacciones:

$$A_{col - i} = \frac{P_{Servicio}}{0.45f'c}$$



### ➤ **Muros de corte**

El cortante sísmico es absorbido por los muros de cortante, que son recursos estructurales por su gran rigidez. En la situación de construcción bajo consideración, los paneles de pared están separados por espacios definidos arquitectónicamente. Sin embargo, para saber que la pared es lo suficientemente densa, la fórmula de la densidad puede derivarse de la expresión de la resistencia al corte.

$$0.85 * 0.53\sqrt{f'c} \geq \frac{V}{t * l}$$

- l: longitud de muros
- t: espesor del muro
- V: Fuerza de corte sísmica

### **2.2.2 METRADO DE CARGAS**

Es importante hacerse una idea de la carga que podrá soportar la composición antes de pasar a la fase de investigación estructural. Después de eso, las tarifas aplicables según la regulación E020 se establecen en su totalidad.

#### ➤ **Carga muerta**

La carga muerta de una estructura es básicamente el peso de las cosas que tiene que soportar, así como las cosas con las que está construida. Se pueden encontrar tabiques y pisos resistentes cuando se pueden encontrar elementos estructurales como vigas y losas.

#### ➤ **Carga viva**

Cuando las personas, los elementos móviles o las unidades organizativas se integran en el lugar de trabajo de una manera que provoca un cambio en el entorno físico, esto se conoce como carga viva. Son efectivos principalmente por períodos breves a lo largo de la vida útil de la composición. También tienen en cuenta el impacto.

### ➤ **Modelo estructural computarizado**

Ahora hay constantes desarrollos tecnológicos en cada campo de la ciencia, y en el contexto de la construcción de edificios no hay distinción, ya que existen varios softwares que facilitan los cálculos estáticos.

## **2.2.3 CONFIGURACIÓN DEL ENTORNO DE TRABAJO**

### ➤ **Sistema de unidades**

De forma predeterminada, el programa utiliza el sistema de unidades de EE. UU. Para hacer esto, en la sección de la esquina inferior derecha del programa, encontrará la opción de alterar el sistema de unidades predeterminado del sistema y modificar las unidades del sistema previamente establecidas.

### ➤ **Sistema de ejes**

Los planos estructurales creados quedan basados en un sistema de coordenadas que permite la localización de los recursos estructurales.

## **2.2.4 PROPIEDADES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

### **2.2.4.1 MATERIALES**

#### **a) Concreto**

El software puede estimar la rigidez de los recursos estructurales después de que se hayan ingresado los parámetros materiales de la composición. La composición se proyecta totalmente en refuerzo particular para el escenario inmobiliario analizado, con los siguientes criterios definidos:

- Módulo de elasticidad  $E_c = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$
- Propiedad de simetría Isotrópico
- Resistencia de la compresión  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico  $Y'_c = 2400 \text{ kgf/m}^3$

➤ Módulo de Poisson  $\nu = 0.2$

### **b) Acero de refuerzo**

Para el refuerzo se utilizó acero tipo A615 nivel 60 ( $f_y = 4200$  kgf/cm<sup>2</sup>). Además de ser el tipo más usado, este acero servirá como estándar de la industria para fabricar refuerzos de hormigón. Estos valores se conservan en el modelo porque el programa tiene por defecto los valores especificados en la regla ASTM A615 para barras de refuerzo.

## **2.2.5 SECCIONES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

Los recursos de la composición se pueden pensar de dos maneras para el análisis estructural: recursos lineales (marco) y recursos Shell.

### **a) Elementos frame**

Un recurso lineal o similar a un marco es un recurso calculado por el programa basado en el método de rigidez comúnmente usado en estudios manuales. Este modelo es perfecto para vigas y soportes.

### **b) Elementos shell**

El software clasifica los recursos de cubierta en tres categorías: losa, cubierta y muro. En general, los muros de corte son del tipo muro, mientras que las losas macizas que componen la totalidad de la cubierta son del tipo losa.

#### **➤ Losas (slab)**

Debido a su propósito de distribuir la carga aplicadas a sus bases (vigas y/o columnas), una losa puede ser razonablemente dura en el plano pero flexible a la carga verticales. Película unida a la placa de tal manera que solo distribuye la fuerza y no proporciona rigidez. Porque su rigidez uniforme se absorbe en una película dura o rígida.

## ➤ Muro (wall)

Los muros del sótano y los muros de corte se modelarán utilizando esta clase de componente. Además, se colocaron paredes de diferentes espesores para dar rigidez torsional y cumplir con los criterios del reglamento.

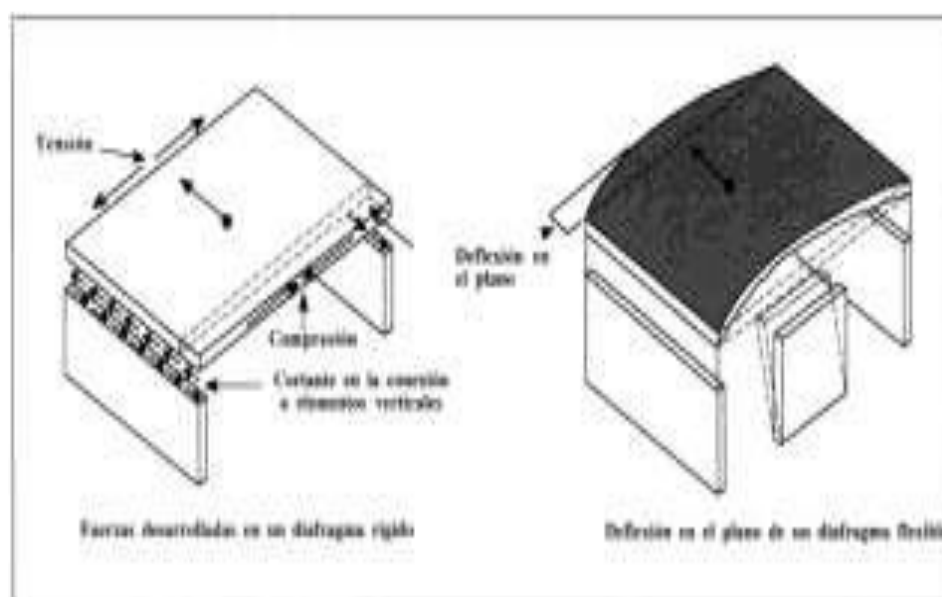
### 2.2.5.1 PROPIEDADES ESTRUCTURALES DEL MODELO

#### a) Diafragma

Se le llama diafragma al cuerpo rígido que este compuesto por la losa de entrepiso la cual no presenta deformación.

**Figura 3**

*Diafragma rígido y flexible de una estructura*



Fuente: adaptado de RNE (2019).

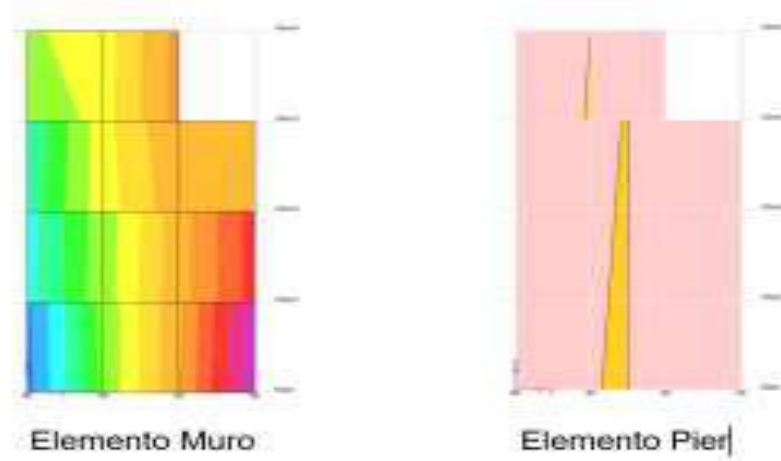
Se debería comprender puesto que, porque las losas funcionan como recursos que unen los recursos estructurales, compatibilizando sus desplazamientos laterales, por lo que son preferibles en proyectos con diafragma rígido y constante.

#### b) Elementos pier

Los resultados de los estudios estructurales de los recursos de caparazón se muestran como gráficos de tensión. Esto complica

el recurso del muro ya que se diseña utilizando valores de fuerzas axiales, cortantes y de flexión que actúan sobre los miembros. El recurso Pier tiene la capacidad de integrar diferentes recursos de pared o marco para actuar como un grupo como un solo elemento de estructura. Y que el esfuerzo de trabajar para cualquiera también está incluido en el poder. (NORMA E.020, 2019)

**Figura 4**  
*Análisis de elemento Muro y Pier*



*Fuente: adaptado de RNE (2019).*

#### ➤ **Sistema de apoyos**

En cuanto a la situación del predio levantado, no se consideraron los inconvenientes ocasionados por hundimientos o movimientos del terreno de cimentación. Así, las bases de las columnas y los muros del entramado se representan en la maqueta como pavimento.

#### ➤ **Análisis estructural**

Este es el método usado para aprender cómo reaccionará un material bajo circunstancias y cargas controladas. Esta respuesta se cuantifica en un diagrama de fuerza-deformación composicional. El estudio de composición de edificios de la investigación se desglosa por tipo de carga. La estática de cargas pesadas y la estática de cargas sísmicas.

## 2.2.6 ANÁLISIS ESTRUCTURAL PARA CARGAS DE GRAVEDAD

### ➤ Cargas

Los patrones de carga apropiados para el tipo de investigación deben imaginarse antes de que la carga pueda usarse en el modelo computarizado. (NORMA E.020, 2019)

**Tabla 1**  
*Cargas vivas mínimas según uso*

<b>OCUPACIÓN O USO</b>	<b>CARGAS REPARTIDAS kPa (Kgf/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Almacenaje</b>	5,0 (500)
<b>Baños</b>	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
<b>Salas de lectura</b>	3,0 (300)
<b>Salas de Almacenaje con estantes fijos (no apilables)</b>	7,5 (750)
<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Centros de Educación</b>	
<b>Aulas</b>	2,5 (250)
<b>Talleres</b>	3,5 (350) Ver 6.4
<b>Auditorios, Gimnasios, etc.</b>	De acuerdo a lugares de asambleas
<b>Laboratorios</b>	3,0 (300) Ver 6.4
<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Garajes</b>	
<b>Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros , con altura de entrada menor que 2,40 m</b>	2,5 (250)
<b>Para otros vehículos</b>	Ver 9.3
<b>Hospitales</b>	
<b>Salas de operación , laboratorios ,y áreas de servicio</b>	3,0 (300)
<b>Cuartos</b>	2,0 (200)
<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Hoteles</b>	
<b>Cuartos</b>	2,0 (200)
<b>Salas Públicas</b>	De acuerdo a lugares de asambleas
<b>Almacenaje y servicios</b>	5,0 (500)

<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Celdas y zona de habitación</b>	2,0 (200)
<b>Zonas públicas</b>	De acuerdo a lugares de asambleas
<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Lugares de Asamblea</b>	
<b>Con asientos fijos</b>	3,0 (300)
<b>Salones de baile, restaurantes, museos ,gimnasios y vestíbulos de teatros y cines</b>	4,0 (400)
<b>Graderías y tribunas</b>	5,0 (500)
<b>Corredores y escaleras</b>	5,0 (500)
<b>Oficinas ("</b>	
<b>Exceptuando salas de archivo y computación</b>	2,5 (250)
<b>Salas de archivo</b>	5,0 (500)
<b>Salas de computación</b>	2,5 (250)
<b>Corredores y escaleras</b>	4,0 (400)
<b>Teatros</b>	
<b>Vestidores</b>	2,0 (200)
<b>Cuarto de Proyección</b>	3,0 (300)
<b>Escenario</b>	750
<b>Zonas Públicas</b>	De acuerdo a lugares de asambleas
<b>Tiendas</b>	5,0 (500)
<b>Corredores y escaleras</b>	5,0 (500)
<b>Viviendas</b>	2,0 (200)
<b>Corredores y escaleras</b>	2,0 (200)

Fuente: adaptado de RNE (2019).

## **Análisis estructural para cargas sísmicas**

El fin del estudio es conocer las fuerzas intrínsecas responsables de la composición resultante, las cuales son provocadas por el desplazamiento vibratorio de la extensión terrestre a lo largo de la trayectoria de un movimiento sísmico. (NORMA E.030, 2019)

## 2.2.7 CRITERIOS PARA EL ANÁLISIS SÍSMICO

a) Estas fuerzas se establecieron utilizando el mismo movimiento sísmico que se utilizó para definir el movimiento sísmico de diseño en la NTE E030, que es el movimiento cuya aceleración máxima tiene 10% de probabilidad para ser superada en un lapso de 50 años.

b) Existen tres tipos para analizar los eventos sísmicos:

b.1) Estudio sísmico estático

Este método representa el movimiento sísmico por un conjunto de fuerzas que operan dentro de la masa en cada grado de composición. NTE E030 reduce la frecuencia de su despliegue.

b.2) estudio sísmico dinámico

El enfoque más popular en el mundo se llama análisis sísmico modal espectral e implica el uso del espectro de diseño para determinar las técnicas de la vibración apropiadas y, usando los criterios de conjunción apropiados, las fuerzas ejercidas por el movimiento sísmico previsto. (NORMA E.030, 2019)

b.3) Análisis Tiempo-Historia

El comportamiento histórico de los recursos se estima utilizando este método junto con el análisis sísmico dinámico, para decidir su contestación ante un grupo con las aceleraciones registradas en el lote.

### ➤ **Concepción estructural sismorresistente**

Se menciona en el Reglamento Nacional en Edificaciones (2019), tener en cuenta los factores que se enumeran a continuación:



**Tabla 2**  
*Conceptos estructurales*

<b>Simetría</b>	En la distribución de masas como de rigideces
<b>Peso mínimo</b>	En los pisos altos
<b>Selección y uso</b>	Uso adecuado de los materiales
<b>Resistencia</b>	Frente a las cargas laterales
<b>Continuidad</b>	Tanto en planta como en altura
<b>Ductilidad</b>	Capacidad de deformación de la estructura
<b>Deformada</b>	Debe ser limitada
<b>Condiciones locales</b>	Consideración de las condiciones locales
<b>Supervisión</b>	Supervisión estructural rigurosa

*Fuente: adaptado de RNE (2019).*

### **Presentación para el Proyecto:**

Según el ministerio de vivienda los planos necesarios para nuestro proyecto deben incluir los siguientes puntos:

**Tabla 3**  
*Planos para presentación de proyecto*

<b>Sistema estructural sismorresistente.</b>
<b>Periodo fundamental de vibración en ambas direcciones principales de la edificación.</b>
<b>Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.</b>
<b>Fuerza cortante en la base empleada para el diseño, en ambas direcciones de la edificación.</b>
<b>Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.</b>

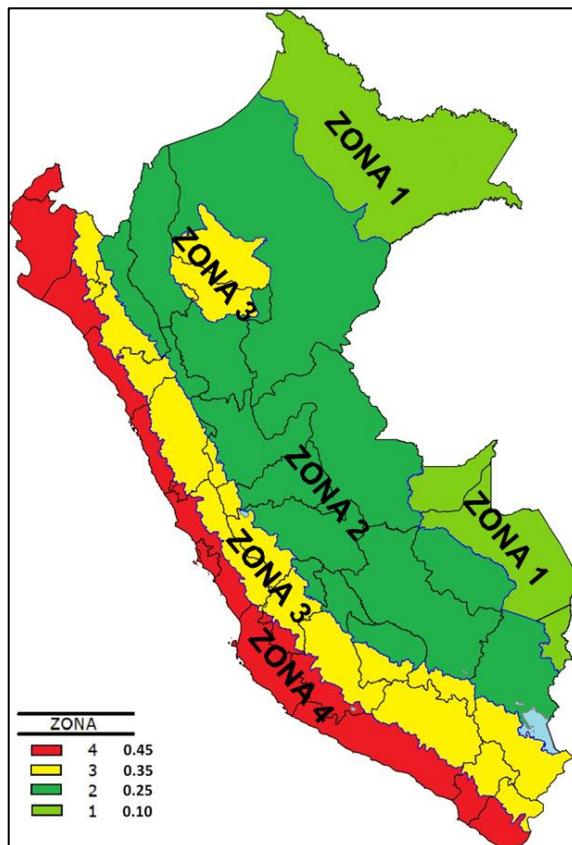
*Fuente: adaptado de RNE (2019).*

## **2.2.8 PARÁMETROS PARA EL ESPECTRO DE DISEÑO**

### **a) Zonificación**

A veces denominado simplemente "el componente de área", este precio indica la mayor aceleración horizontal asumida para el diseño del terremoto.

**Figura 5**  
*Zonificación sísmica*



*Fuente: adaptado de RNE (2019).*

### **b) Condiciones geotécnicas**

Conocer el perfil del suelo con una composición constante nos permite calcular el espectro de movimiento del suelo de diseño. Los perfiles de suelo se dividen en cinco categorías en la NTE E030. Suelos que son muy duros, muy blandos o tienen circunstancias únicas, así como piedras y cantos rodados más blandos. Las condiciones del sitio de estudio se consideraron suelos arenosos gruesos a medianos (suelos medianos) correspondientes al tipo de perfil S2 (NORMA E.030, 2019)

### **c) Parámetros de sitio**

Conocer el sector sísmico y el perfil del suelo donde se creará la composición le permite acotar la búsqueda del elemento S y las fases T<sub>p</sub> y T<sub>I</sub>. (NORMA E.030, 2019)

**Tabla 4**  
Factor de suelo

FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: adaptado de RNE (2019).

**Tabla 5**  
Periodo TP y TL

FACTOR DE SUELO "S"				
Perfil de suelo				
	S0	S1	S2	S3
TP (s)	0.30	0.40	0.60	1.00
TL (s)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: adaptado de RNE (2019).

#### d) Elemento de amplificación sísmica

Este factor, que viene definido por las siguientes circunstancias, refleja que se amplifica al transmitir la aceleración del suelo para la composición.

Si

$$T < T_P ; C = 2.5$$

$$T_P < T < T_L; C = 2.5 \times \frac{T_P}{T}$$

$$T > T_L; C = 2.5 \times \frac{T_P \times T_L}{T^2}$$

El movimiento de diseño sísmico ya está en marcha, por lo que este componente se utilizará más adelante durante el tiempo vibracional crucial.

### e) Categoría de la edificación en el factor de uso

La construcción se cataloga con base a el valor y la utilización predestinado. De consenso con la NTE E030, se parten en 4 tipos: fundamentales, relevantes, habituales y temporales.

### f) Sistema estructural y coeficiente básico en la reducción de fuerzas sísmicas ( $R_0$ )

La ductilidad de una composición frente a un evento sísmico está representada por el factor de reducción de la fuerza sísmica ( $R_0$ ), lo que facilita el diseño en línea con los principios de diseño sísmico. (NORMA E.030, 2019)

Los estudios sísmicos permiten la realización de la funcionalidad para todas las direcciones de los materiales para la construcción de los principales sistemas estructurales sísmicos. En el contexto de la edificación bajo análisis, el material de construcción es hormigón armado integral y el sistema estructural sísmico que se destaca en la construcción es el muro de carga. Por consiguiente, según la tabla N°7 de NTE E030:

**Tabla 6**

*Sistemas estructurales y coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas ( $R_0$ ).*

<b>Sistema Estructural</b>	<b>Coeficiente Básico de Reducción <math>R_0</math>(*)</b>
<b>Acero:</b>	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados(EBF)	8
<b>Concreto Armado:</b>	
Pórticos	8

Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad imitada	4
<b>Albañilería Armada o Confinada.</b>	3
<b>Madera (Por esfuerzos admisibles)</b>	7

Fuente: adaptado de RNE (2019).

### g) Factores de irregularidad

La NTE E030 penaliza el coste del Ro en situaciones atípicas de edificación para obtener una estimación cercana del coste del coeficiente sísmico. (NORMA E.030, 2019)

Las anomalías estructurales en alzado (Ia) y en planta (Ib) son las formas más frecuentes (Ip). La Tabla 8 explica cómo tenemos la oportunidad de detectar todos estos y sus respectivos elementos irregulares.

Para las obras relevadas se consideraron en primer lugar los siguientes tipos de irregularidades, dependiendo de la distribución de los sistemas estructurales sísmicos: (NORMA E.030, 2019)

**Tabla 7**  
*Factor de irregularidad estructural en altura.*

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad Ia
<b>Irregularidad de Rigidez- Piso Blando</b> Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.	0,75
<b>Irregularidades de Resistencia - Piso Débil</b> Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las	

<p><b>direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</b></p>	
<p><b>Irregularidad Extrema de Rigidez</b>  <b>Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso.</b></p>	0,5
<p><b>Irregularidad Extrema de Resistencia</b>  <b>Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</b></p>	
<p><b>Irregularidad de Masa o Peso</b>  <b>Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</b></p>	0,9
<p><b>Irregularidad Geométrica Vertical</b>  <b>La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</b></p>	0,9

Fuente: adaptado de RNE (2019).

**Tabla 8**  
*Factor de Irregularidad estructural en plant*

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad $I_p$
Irregularidad Torsional	
Existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta m_{\acute{a}x}$ ), es mayor que 1,2 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta CM$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible.	0,75
Irregularidad Torsional Extrema	
Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio, calculado incluyendo excentricidad accidental ( $\Delta m_{\acute{a}x}$ ), es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo del centro de masas del mismo entrepiso para la misma condición de carga ( $\Delta CM$ ). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50 % del desplazamiento permisible.	0,6
Esquinas Entrantes	
La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.	0,9
Discontinuidad del Diafragma	
La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50 % del área bruta del diafragma.	0,85
También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con	

<p>un área neta resistente menor que 25 % del área de la sección transversal total</p> <p>de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	
<p>Sistemas no Paralelos</p> <p>Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10 % de la fuerza cortante del piso.</p>	0,9

Fuente: adaptado de RNE (2019).

### ➤ Restricciones de irregularidades

La norma E030 especifica las siguientes anomalías que deben tenerse en cuenta, según el tipo de edificio y la ubicación del edificio: (NORMA E.030, 2019)

**Tabla 9**  
*Categoría y regularidad de las edificaciones*

<b>CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES</b>		
<b>Categoría de la Edificación</b>	<b>Zona</b>	<b>Restricciones</b>
<b>A1 y A2</b>	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
<b>B</b>	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
<b>C</b>	1	Sin restricciones

Fuente: adaptado de RNE (2019).



➤ **Coeficiente en la reducción de fuerzas sísmicas (R)**

De acuerdo con la norma E030 nos indica que el coeficiente para reducir las fuerzas sísmicas se calculará teniendo en cuenta los valores de  $I_a, I_p$ .

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

➤ **Estimación del peso (P):**

De acuerdo con la norma E030, el peso total del edificio se determina combinando la carga viva y muerta, siendo la carga muerta una proporción de carga viva como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 10**  
*Estimación del peso*

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

*Fuente: adaptado de RNE (2019).*

**h) Espectro de diseño**

El espectro en el diseño, también llamado aceleración espectral, es una curva derivada de los valores máximos de aceleración que pueden dañar varios diseños en relación con la función del sistema estructural, la actividad sísmica local y las condiciones locales del suelo. La NTE E030 proporciona las siguientes fórmulas para calcular el espectro de diseño en todas las direcciones a partir de las diversas limitaciones anteriores. (NORMA E.030, 2019)

$$S_a = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} g$$

## **2.2.9 ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL COMPUTARIZADO**

Por la dificultad de los estudios modales, que requieren el uso de matrices grandes para la obtención de resultados, la disciplina de la ingeniería civil hoy en día hace uso de una variedad de software. Para completar los cálculos de esta tesis se utilizó el software ETABS, lo que requirió la definición de ciertas características y el estudio de cargas gravitatorias.

### **a) Espectro de respuesta sísmica**

Para que se desarrolle el espectro de diseño, los datos tabulares sobre la aceleración frente a la longitud deben importarse de un documento o ingresarse manualmente. (NORMA E.030, 2019)

### **b) Carga sísmica dinámica**

Cada dirección define una situación de carga sísmica única que puede aplicarse dinámicamente. La ubicación, el diseño de la investigación, los criterios de acoplamiento modal, las variables escalares y la excentricidad accidental se pueden configurar en este cuadro. En los ejes principales 'X' e 'Y', se explica la importancia de la investigación; el tipo de estudio es Forma Modal Espectral; se establece el criterio de mezcla modal; y se ubican los atributos a evaluar (Acoplamiento Cuadrático Completo). Dado que este factor no se tiene en cuenta en los valores espectrales de diseño, el componente de escala es igual a la gravedad y se da una excentricidad aleatoria de 0,05 de la misma manera que implica la regla. (NORMA E.030, 2019)

### **c) Estimación del peso de la edificación**

Según el artículo 3 de la NTE E030, el peso (P) se calcula sumando toda la carga continua y el porcentaje de sobrecarga. La mitad de la carga útil consiste en diseños de categoría B (críticos). Usando los patrones de carga MUERTA y VIVA, esto lo determina automáticamente la aplicación.

#### d) Parámetros del análisis modal

Especificamos el enfoque que se utilizará para adquirir los métodos de la vibración y la cantidad de métodos que deberán calcularse en función de la cantidad de diafragmas (3 para cada diafragma). Un análisis de los resultados La NTE E030 estipula una serie de restricciones que deben implementarse para garantizar que el diseño esté en línea con los hallazgos de la investigación sísmica y, por lo tanto, con la filosofía del diseño sismorresistente. Al mismo tiempo, debe verificarse si todos los indicadores presuntivos de una anomalía están presentes (NORMA E.030, 2019)

#### e) Desplazamientos relativos admisibles

Una regla más reciente limita el movimiento relativo (deriva) de las estructuras. Esto se debe a que representan de cierta manera el mal que se genera en la estructura. El material de construcción principal se utiliza para definir la estructura. NTE E030 cuadro núm. 11 se detallan los desplazamientos relativos admisibles:

**Tabla 11**  
*Valores máximos de la distorsión del entrepiso*

<b>LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO</b>	
<b>Material Predominante</b>	<b>(<math>\Delta_i/h_{ei}</math>)</b>
<b>Concreto Armado</b>	<b>0,007</b>
<b>Acero</b>	<b>0,010</b>
<b>Albañilería</b>	<b>0,005</b>
<b>Madera</b>	<b>0,010</b>
<b>Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada</b>	<b>0,005</b>

*Fuente: adaptado de RNE (2019).*

El costo-límite por distorsión de entrepiso en hormigón armado, que aplica al atributo analizado, es de 0.007 (NORMA E.030, 2019)

#### - **Fuerza cortante mínima**

Para estructuras irregulares, el cortante base para estudios estáticos no debe ser inferior a 90°. Además, si es absolutamente necesario, el resultado, menos el cambio, debe escalarse para trabajar en el valor mínimo. Nació para calcular el esfuerzo cortante básico de estudios estáticos para la situación del inmueble a analizar (NORMA E.030, 2019):

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

#### - **Junta de separación sísmica**

Para evitar que los edificios colisionen durante un evento sísmico, debe haber una cierta cantidad de espacio que los separe entre sí. Por lo tanto, se ha sugerido realizar un desplazamiento de 7 centímetros desde el centro de la composición hasta los límites de propiedad de los edificios de cada lado. (NORMA E.030, 2019)

#### - **Centro para la masa y centro de la rigidez**

En pocas palabras, el centro de masa es la ubicación de la masa de la pieza de trabajo en la que las fuerzas que están sobre la pieza del trabajo no provocan una rotación. Al ser el punto principal de resistencia a las presiones de corte que actúan sobre los recursos verticales estructural, el centro de rigidez es una consideración clave del diseño. Como ilustración, si la estructura suministrada es adecuada, es preferible tener el centro de masa y la rigidez en cada dirección lo más cerca posible para reducir la posibilidad de penalización por torsión. Debido a la forma y arquitectura irregular del propio solar, se ha intentado dotar de la mayor simetría estructural posible para evitar problemas de giros extremos de la planta en la situación analizada. (NORMA E.030, 2019)

#### - **Modos de la vibración en la estructura**

Una de las formas en que vibra un material se conoce como su "modo de la vibración", y los procedimientos modernos de análisis modal

dinámico pueden descubrir tres técnicas diferentes para cada iris rígido fijo, y la vibración global de la composición se obtiene como resultado de la agregación de éstos a partir de la masa participante en todos ellos. La regla apunta que para cada dirección va a ser solo primordial usar al menos un 90 % de masa participativa acumulada. (NORMA E.030, 2019)

#### **- Diagramas de fuerzas**

Los estudios estáticos de cargas de peso y cargas sísmicas tienen como objetivo proporcionar diagramas de fuerza. Estos parámetros pueden usarse como punto de partida para su diseño. Esto asegura que las barras de refuerzo fundamentales utilizadas en el hormigón armado se dispersen de manera uniforme en todos los diversos elementos estructurales. El método de diseño más comúnmente usando para ciertos ensamblajes en la actualidad es el método de diseño de carga última. Para evitar que la viga colapse en la zona inelástica, esta técnica emplea un componente de amplificación de carga para integrarlos en un diagrama envolvente. (NORMA E.030, 2019)

### **2.2.10 COSTOS Y PRESUPUESTOS**

El control de costes se basa en controlar lo que se gasta y cotiza en un lapso de tiempo, para conocer los márgenes de beneficio actuales y proyectados para el Proyecto. Se emplearán varias formas de equipo de regulación para este propósito, cuyo principal objetivo es analizar los costes incurridos en el proyecto y predecir si se podrá cumplir con el acuerdo, además de calcular el beneficio de este último. (Carazas, 2014)

#### **- Descripción de la herramienta para el resultado operativo (R.O)**

Al ser una herramienta que cierra la brecha entre los dos, R.O. permite un enfoque unificado para monitorear los resultados de las operaciones de sus proyectos, atender al ingeniero residente para que pueda calibrar su gestión y saber dónde puede realizar mejoras, induciéndolo así a planificar constantemente los recursos y operaciones para el Proyecto. La información ingresada debe ser lo más precisa y

verdadera posible para una herramienta de análisis efectiva y válida, de modo que los resultados económicos finales para el Proyecto puedan conocerse con certeza en base a la preparación de las actividades y recursos para el Proyecto. (Carazas, 2014)

#### **- Procesos para el control de costos**

El éxito de un proyecto puede medirse mediante el seguimiento de su tiempo, dinero y otros recursos. La gestión del valor ganado se utiliza por este motivo. Esta técnica consiste en contrastar la cantidad real de trabajo completado durante un cierto período de tiempo con la predicción inicial hecha al comienzo para el Proyecto. Es una buena manera de realizar un seguimiento de lo que se ha hecho y lo que queda por hacer. Si se mantienen las circunstancias bajo las cuales se produjo la línea base, el Ingeniero Residente podrá entonces estimar los recursos y el tiempo necesarios para terminar el proyecto, o si el proceso puede manejar la situación que se proporciona en tiempo de ejecución. negocio. Es necesario, primero, definir ciertas ideas fundamentales que se aplican a todos los entregables y controles. (Carazas, 2014)

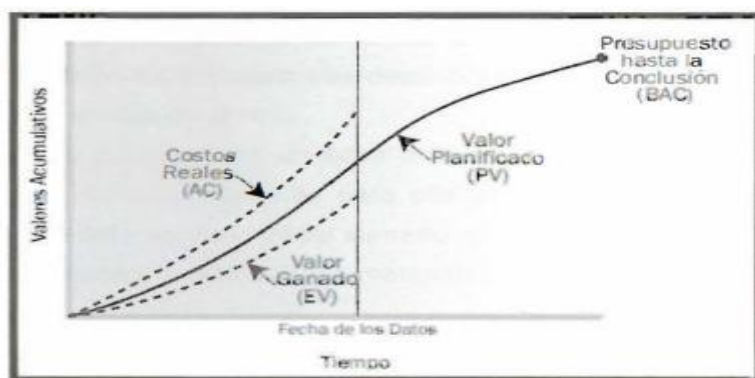
#### **- Costo real**

Son todos los costes en los que se incurre al realizar un trabajo en una determinada actividad o elemento, revelar si los gastos corrientes exceden o no alcanzan las proyecciones. (Carazas, 2014)

Para conocer la situación económica de pérdidas y ganancias para el Proyecto, es necesario seguir la siguiente ecuación de variación: (Carazas, 2014)

Variación del costo: Medir el rendimiento y los costos reales para el Proyecto. El método para determinarlo es deducir el valor ganado del costo real, teniendo en cuenta que un resultado negativo indica una pérdida económica o numerosos sobrecostos que no se pueden deshacer con la conclusión para el Proyecto. Las tres curvas antes mencionadas, que representan los gastos en exceso y atrasados, se muestran a continuación. (Carazas, 2014)

**Figura 6**  
*Valor ganado, Valor planificado y Costos reales*



Fuente: PMI. Guía del PMBOK.

### - Cálculo del CPI

Para ello se tendrá en cuenta que un valor menor a 1 significará que existe un costo adicional asociado al trabajo realizado, así mismo, si es mayor a 1 mostrará menor costo relativo al desempeño hasta el momento. El valor ganado se usa en la fórmula del CPI; la fórmula es  $CPI = EV/AC$ . Los costos reales se utilizan en la fórmula del IPC. Al aplicar este método, es posible realizar un seguimiento semanal del trabajo durante su ejecución de acuerdo con el cronograma, hacer cualquier ajuste de manera oportuna para que la tarea pueda completarse según lo previsto. Sin embargo, la gestión de costos efectiva requiere la administración de datos de trabajo críticos, para ello se describirá a continuación: (Carazas, 2014)

**La mano de obra**, para llevar a cabo un seguimiento de cuánto tiempo y dinero se gasta en diversas actividades, los turnos se rastrean y asignan a los componentes de control, y este proceso se repite todos los días.

**Los materiales**, dependen de la cantidad y el valor de las acciones disponibles. confiar en la cantidad y el precio de las acciones disponibles para regular, el uso de Kardex valioso para este propósito permite realizar un seguimiento de cuánto inventario inicial se repone con todas las transacciones entrantes y salientes y la distribución de materiales de construcción para varios elementos de control.

**Los equipos**, utilizando datos de la base de datos del dispositivo de fase, se inspeccionan todas las semanas para garantizar un funcionamiento adecuado.

**Los subcontratos**, se contrastan los avances realizados y el porcentaje de avance pagado.

**Los gastos generales**, se gestionan los gastos administrativos y financieros asociados a la realización para el Proyecto, así como los costes de pago del personal técnico en obra.

### 2.3 DEFINICIONES CONCEPTUALES

- a. **COSTOS:** En contabilidad, el costo de un servicio o producto es la sumatoria de todo el dinero gastado en insumos tales como materias primas, servicios, equipos, mano de obra, suministros y productos terminados. Es la suma monetaria que se da de baja como desembolso en los libros. (Concepto.pe, 2021)
- b. **Presupuesto:** Es una suposición de cuánto dinero se ganará como resultado de hacer algo. Averigüe cuánto es probable que le cueste un componente. Es la representación monetaria de la agenda planificada en un proyecto. (Concepto.pe, 2021)
- c. **Gestión:** Planificación y gestión de obras civiles desde el levantamiento hasta la finalización. Administrar qué tan bien funcionan las características de calidad, seguridad y medioambiente. Cálculo y aseguramiento de la productividad laboral. Usar técnicas basadas en computadora y software para el desarrollo de edificios. (Concepto.pe, 2021)
- d. **Cargas Muertas:** peso de todos los recursos que estarán en una postura persistente a lo largo de toda la vida eficaz de una obra civil. En dichos recursos pudimos encontrar a las construcciones, los acabados, entre otros. (RNE, NORMA E.020)
- e. **Cargas Vivas:** Se llama carga viva al peso de los recursos o personas que se mantendrán en desplazamiento en la composición. (RNE, NORMA E.020)



- f. **Zonificación Sísmica:** Conforme el MVCS, estima que el Perú está dividido en 4 regiones que por regla toman diversos valores, el cual permanecen representadas en la E030. (RNE, NORMA E.030)
- g. **Modelo de análisis sísmico estático:** Se debería examinar estáticamente 2 fuerzas iguales que sean estáticos, para el estudio dinámico se efectúa el modal espectral tomando en cuenta un comportamiento flexible y lineal con las instigaciones sísmicas reducidas. (RNE, NORMA E.030)
- h. **Diseño de miembros:** Para todos los miembros estructurales, se tendrá que diseñar cada una de la carga muertas que el componente aguanta, sin embargo, es viable además que se diseñe ciertos miembros para cargas vivas, el cual son menores que sus valores teóricos total. (RNE, NORMA E.020)
- i. **Combinaciones de cargas:** Para llevar a cabo las combinaciones de cargas y cargas nominales, se aplicarán todo lo que se considera en el diseño de la NTE E.020. (RNE, NORMA E.030)

## 2.4 HIPÓTESIS

### 2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

Hi: La implementación del software CYPECAD para el diseño estructural optimiza el tiempo, disminuye el costo y mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco - 2022.

H0: La implementación del software CYPECAD para el diseño estructural no optimiza el tiempo, ni disminuye el costo y no mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco - 2022.

## **2.5 VARIABLES**

### **2.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE**

Gestión estratégica en proyectos

#### **Indicadores:**

- Costos en la E. de memoria de cálculo
- Confiabilidad en los resultados
- Calidad del análisis estructural
- Análisis y diseño estructural
- Memoria de cálculo
- Costos en la E. de los planos
- Elaboración de planos
- Calidad de planos

### **2.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE**

Diseño estructural

#### **Indicadores:**

- Diseño de cimentaciones
- Análisis dinámico
- Diseño de columnas
- Análisis estático
- Diseño de losas
- Exportación de planos en AUTOCAD
- Diseño de escaleras
- Diseño de vigas
- Exportación de memoria de cálculo

## 2.6 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 12**

*Sistema de variables-dimensiones e indicadores.*

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
V. independiente Diseño estructural	Análisis estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis estático</li> <li>• Análisis dinámico</li> </ul>	Cuantitativa.	Discreta
	Diseño estructural definitivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño en escaleras</li> <li>• Diseño en vigas</li> <li>• Diseño en losas</li> <li>• Diseño en columnas</li> <li>• Diseño en cimentaciones</li> </ul>		
	Exportación de resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exportación de memoria de cálculo</li> <li>• Exportación de planos en AUTOCAD</li> </ul>		
V. dependientes Gestión estratégica en proyectos	Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria de calculo</li> <li>• Análisis y diseño estructural</li> <li>• Elaboración de planos</li> </ul>	Cuantitativa.	Discreta.
	Costos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos en la E. de la memoria de cálculo</li> <li>• Costos en la E. de los planos</li> </ul>		
	Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confiabilidad en los resultados</li> <li>• Calidad del análisis estructural</li> <li>• Calidad de planos</li> </ul>		

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 ENFOQUE**

Esta tesis se enfocó en una investigación cuantitativa ya que los datos obtenidos mediante la herramienta de CYPECAD tanto del análisis y del diseño estructural son cuantificables numéricamente, y también el tiempo el cual se empleó para la realización de cada uno de los proyectos fueron cuantificables.

##### **3.1.2 ALCANCE O NIVEL**

Esta tesis tuvo un nivel o alcance descriptivo, puesto que como finalidad principal se realizó la comparación del uso del software CYPECAD de manera tradicional con otros softwares en la gestión estratégica en proyectos civiles.

##### **3.1.3 DISEÑO**

Esta tesis tuvo un diseño no experimental, principalmente porque no se cambió ninguno de los requisitos o fórmulas sugeridas por el RNE, como el uso de la norma E030 para análisis sísmico y la norma E060 para el diseño de concreto armado.

#### **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

##### **3.2.1 POBLACIÓN**

Se consideró como población a los proyectos de obras civiles de la empresa NOVA PERÚ SAC, Amarilis - Huánuco - 2022.

##### **3.2.2 MUESTRA**

En esta tesis se consideró como muestra no probabilística a 4 proyectos de obras civiles de la empresa NOVA PERÚ SAC con un área promedio de 300 m<sup>2</sup>, Amarilis - Huánuco -2022.

### 3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### 3.3.1 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

- a) **Observación:** se partió de la observación ya que se visualizó diferentes métodos o herramientas para llevar a cabo la gestión estratégica en los proyectos de la ciudad de Huánuco. También se realizó un estudio y análisis del levantamiento topográfico del terreno donde se encuentran los proyectos planteados.
- b) **Análisis de datos obtenidos en campo:** Los estudios de suelos de los proyectos sirvieron como base para estos documentos técnicos, siendo estos últimos realizados para conocer más sobre características físicas del suelo.

**Tabla 13**  
*Ensayos de laboratorio*

ENSAYO	NORMA APLICABLE	
Contenido de Humedad	NTP 339. 127	"Determinar el contenido de humedad natural de suelos y agregados".
Análisis Granulométrico	NTP 339.128	"Determinar la istribución del tamaño de partículas del suelo".
Límite Líquido	NTP 339.129	"Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo".
Límite Plástico	NTP 339.129	"Hallar el contenido de agua entre los estados del suelo".
Peso Específico Relativo de Sólidos de un Suelo	NTP 339.131	"Determinar el peso específico relativo de las partículas solidas de un suelo".
Corte directo	NTP 339.171	"Determinar la resistencia al corte de una muestra consolidada

---

y drenada, que nos permita obtener la cohesión y ángulo de fricción interna del suelo".

---

*Fuente: RNE*

c) **Encuestas:** Se realizó unas encuestas a ingenieros expertos en lo que es diseño estructural y gestión estratégica de proyectos los cuales se detallaron en el anexo 3.

### 3.3.2 INSTRUMENTOS PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

**Instrumentos:** para la recolección de datos en el estudio se usaron los siguientes:

- **Cuestionarios:**
- **Fichas técnicas**
- **Planos**

La guía para la observación sirvió como instrumento para recolectar datos para esta tesis, con los formatos necesarios empleados para el análisis de cada ensayo.

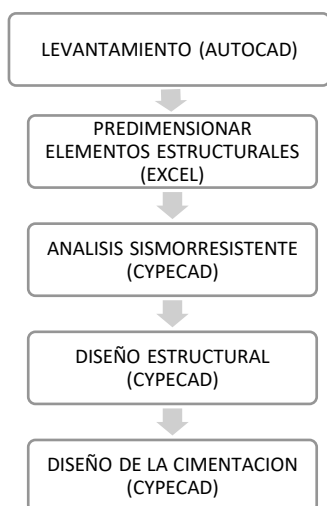
Los dispositivos, software, equipos y herramientas necesarios para la investigación fueron:

- Materiales para el estudio de suelos.
- Equipos de instrumentación.
- Software CYPECAD.
- Se utilizan los siguientes formatos:
- Formato para investigación y análisis de suelos.
- Formato de los estudios topográficos.

- Formato para rangos de prueba según sus características.
- Formato de cuadro comparativo en el tiempo invertido con el software CYPECAD.

Para iniciar con la realización de esta tesis se partió de los estudios ya realizados en la zona por la empresa NOVA PERU SAC ya que se emplearon 4 edificaciones como muestra de estudio de la cual se hizo su respectivo comparativo tanto para el nivel del análisis estructural y en el nivel del diseño estructural, viendo si el software CYPECAD es confiable, posteriormente se evaluó el tiempo y costo invertido en estos 4 proyectos , y se comparó con los tiempos obtenidos mediante otros software empleados en dicha constructora.

**Figura 7**  
*Para la presentación de datos*



### 3.3.3 PARA LA INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

**Recopilación de información disponible:** Consistió en recopilar la información y analizar la literatura disponible de la investigación, Artículo científico, entre otras relacionadas con la presente investigación.

**Levantamiento topográfico del lugar:** Consistió en la topografía del lugar, realizar una descripción del área de intersección por medio de

un instrumento (Máquina) estación total, GPS); el formato de terreno se utilizó en los resultados.

**Estudio de mecánica de suelos:** Para adquirir la capacidad permisible que soporta el suelo donde se plantean los proyectos, la investigación en mecánica de suelos se preocupa principalmente por determinar las características mecánicas del suelo.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

##### 4.1.1 MODELAMIENTO EN CYPECAD

En las siguientes tablas se explica el predimensionado que se utilizó para facilitar el modelado estructural en el software CYPECAD; una vez establecidas las dimensiones, se comenzó a realizar el proceso de modelado.

**Tabla 14**  
*Predimensionamiento de columnas*

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS					
Nomenclatura de columna	Pu(kg)	Ag(cm <sup>2</sup> )	Ag(pulg <sup>2</sup> )	Perfil cuadrado	área del perfil(cm <sup>2</sup> )
A1 , A7 C1 , C7	32514.9	17.11427	2.652717	8"X8"x3mm	23.79
A2,A3,A4 ,A6,A7,A8 C2,C3,C4,C6,C7,C8	35798.5	18.84258	2.920606	8"X8"x3mm	23.79
A5-C5	42698.6	22.47444	3.483546	8"X8"x3mm	23.79

*Nota: conforme con la tabla se puede apreciar el predimensionamiento de las columnas metálicas para el diseño*

**Tabla 15**  
*Predimensionamiento de vigas curvas*

Nomenclatura de viga	Luz viga (m)	$h = L/70$ (m)	L(pulg)	Perfil cuadrado	área de perfil
Vx- A-C1	25	0.357	14.06	14"X14"x3mm	41.6325
Vx- A-C2	25	0.357	14.06	14"X14"x3mm	41.6325
Vx- A-C3	25	0.357	14.06	14"X14"x3mm	41.6325
Vx- A-C4	25	0.357	14.06	14"X14"x3mm	41.6325
Vx- A-C5	25	0.357	14.06	14"X14"x3mm	41.6325
Vx- A-C6	25	0.357	14.06	14"X14"x3mm	41.6325
Vx- A-C7	25	0.357	14.06	14"X14"x3mm	41.6325
Vx- A-C8	25	0.357	14.06	14"X14"x3mm	41.6325
Vx- A-C9	25	0.357	14.06	14"X14"x3mm	41.6325

*Nota: conforme con la tabla se puede apreciar el predimensionamiento de las vigas metálicas para el diseño.*

Se definió los datos generales del modelo como, el acero laminado, acero conformado, el concreto y otras características como se muestran en la siguiente imagen.

**Figura 8**  
*Datos generales CYPECAD*

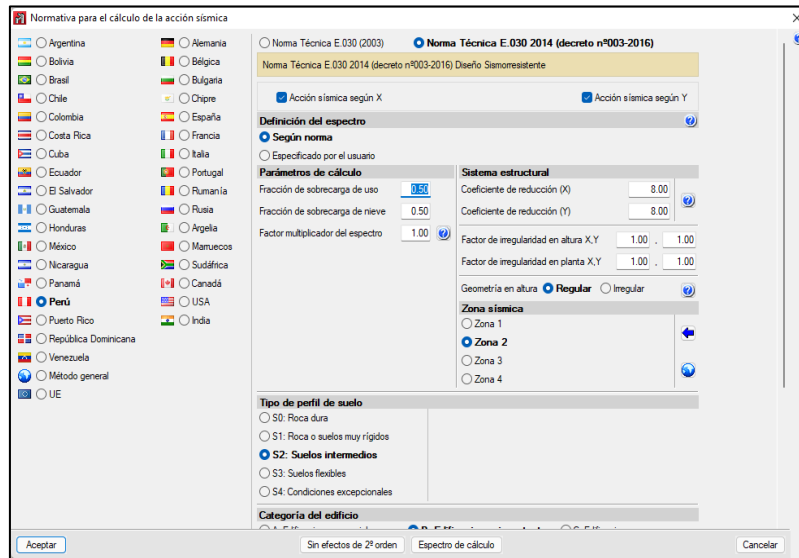
Datos generales	
Normas: NTE E.060: 2009, AISI S100-2007 (LRFD), ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Eurocódigo 5 y Eurocódigo 9	
<b>Perfiles</b>	<b>Hormigón armado</b>
Acero laminado: A36	Hormigón para pilares: f'c=210
Acero conformado: ASTM A 36 36 ksi	Hormigón para vigas de forjado: f'c=210
Madera: Aeerrada, procedente de coníferas o ...	Hormigón para elementos de cimentación: f'c=280
Aluminio: EN AW-5083 - F	Acero de barras: Grado 60
Hormigón: f'c=280	Características del árido: 15 mm, 30 mm
	Recubrimientos: Memas de acero
<b>Acciones</b>	<b>Terreno de fundación</b>
<input checked="" type="checkbox"/> Con sismo dinámico	<input type="checkbox"/> Verificar deslizamiento de zapatas
Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016) (Perú)	Adherencia (a'): 0.000 kp/cm²
Resistencia al fuego	Ángulo de rozamiento terreno-zapala (d'): 25.00 grados
Estados límite (combinaciones)	Situaciones persistentes: 3.00 kp/cm²
Hipótesis adicionales	Situaciones sísmicas y accidentales: 4.50 kp/cm²
Fundación	
Proceso constructivo	
<b>Opciones</b>	
Columnas	Fundación
Vigas	Uniones

*Nota: en la figura se puede apreciar los datos generales CYPECAD de los perfiles de acero, del concreto y del terreno.*

Para el análisis sísmico se dieron las direcciones de las fuerzas sísmicas a aplicar y se indicó el país de la normativa; en nuestro caso, se empleó el estándar E030.

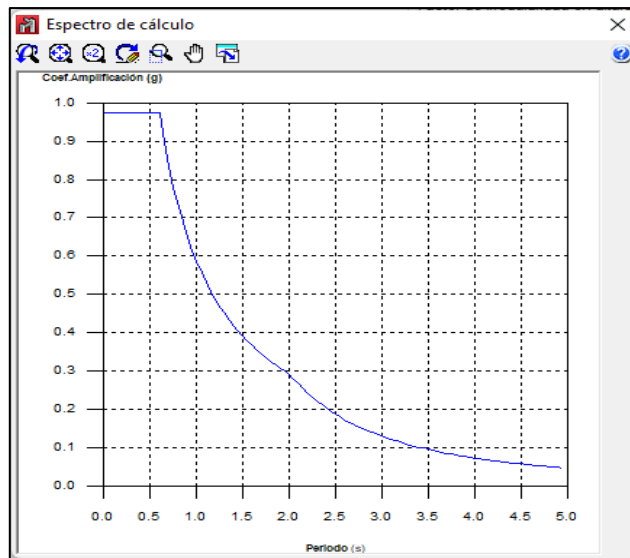
Además del coeficiente de reducción estructural y la zona sísmica en la que se ubica Huánuco, también se especificó el tipo de suelo, la categoría en edificación y el número de modos de la vibración.

**Figura 9**  
*Normativas para el diseño sismorresistente*



*Nota: en la figura se puede apreciar normativas para el diseño sismorresistente en el CYPECAD De acuerdo con la norma E030.*

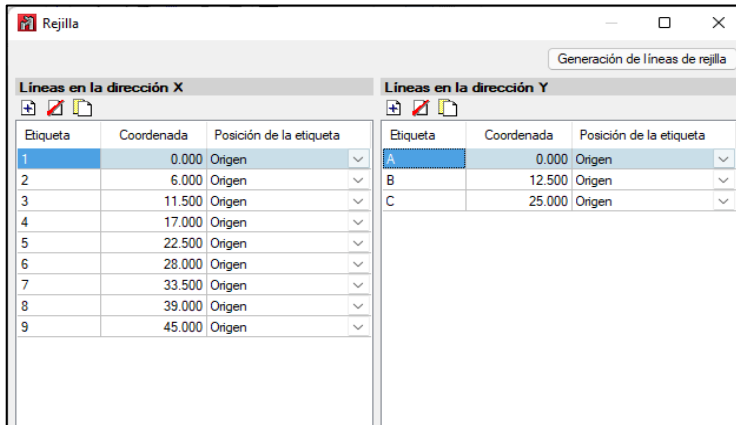
**Figura 10**  
*Espectro de cálculo E030*



*Nota: en la figura se puede apreciar el espectro de cálculo De acuerdo con la norma E030 en el software CYPECAD.*

Se definió las rejillas para ayudarnos con el modelamiento, asimismo se graficó las líneas según el plano arquitectónico.

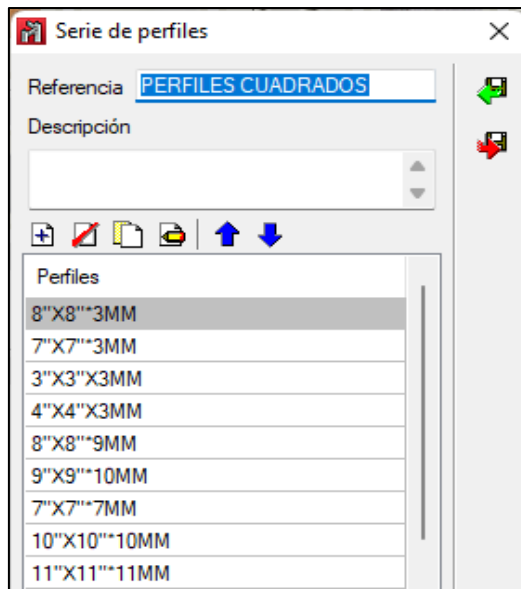
**Figura 11**  
*Rejillas para el modelo en CYPECAD*



*Nota: en la figura se puede apreciar la rejilla para el modelo en CYPECAD para llevar a cabo el análisis de estructura.*

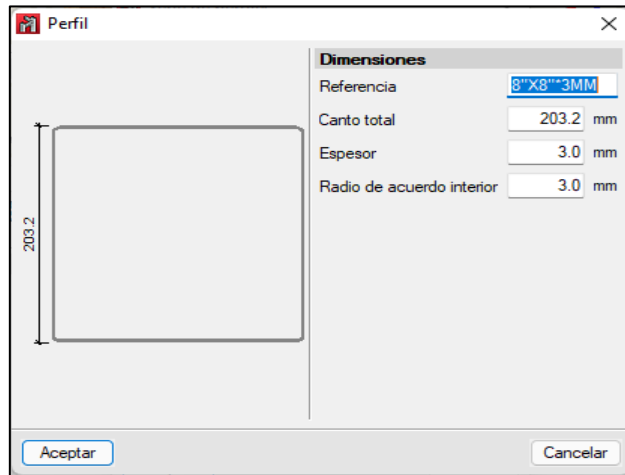
Se definió los perfiles cuadrados solicitados en el Predimensionamiento.

**Figura 12**  
*Perfiles cuadrados para el modelado*



*Nota: en la figura se puede apreciar los perfiles cuadrados para el modelado en CYPECAD para llevar a cabo el análisis en la estructura.*

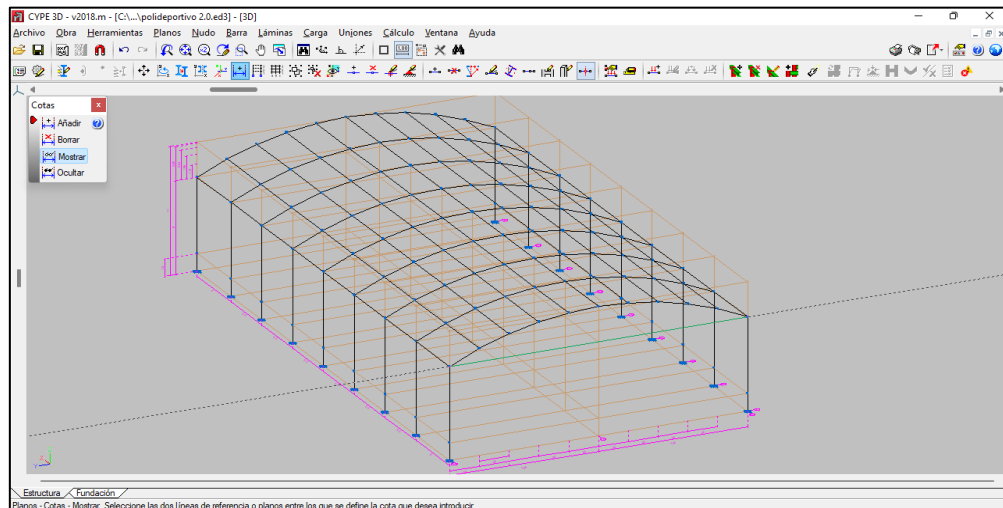
**Figura 13**  
*Perfil de 8"x8"*



Nota: en la figura se puede apreciar el perfil de 8"x8" para el modelado en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.

Se modeló la estructura según el plano arquitectónico como se muestra en la siguiente imagen.

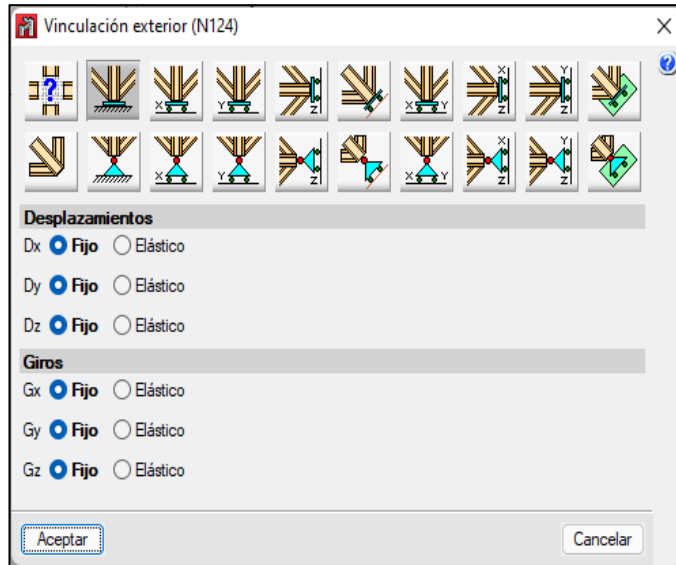
**Figura 14**  
*Estructura 3D predimensionamiento*



Nota: se puede apreciar toda la estructura 3D predimensionado en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.

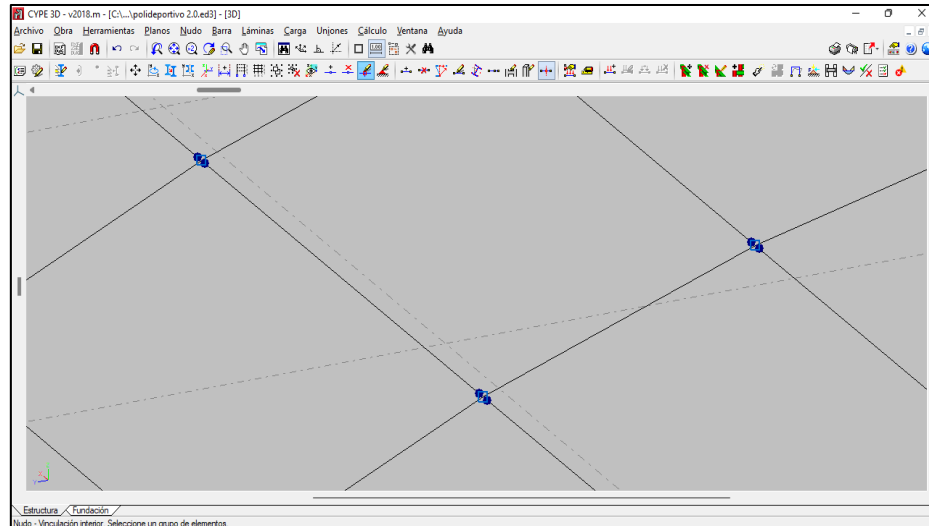
Se asignó los diferentes apoyos empotrados y articulados en la estructura, en las columnas se colocó apoyos empotrados y en las correas ya que no forman parte estructural de la edificación se puso apoyos articulados.

**Figura 15**  
*Vinculación exterior*



*Nota:* en la figura se puede apreciar la vinculación exterior para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo los análisis.

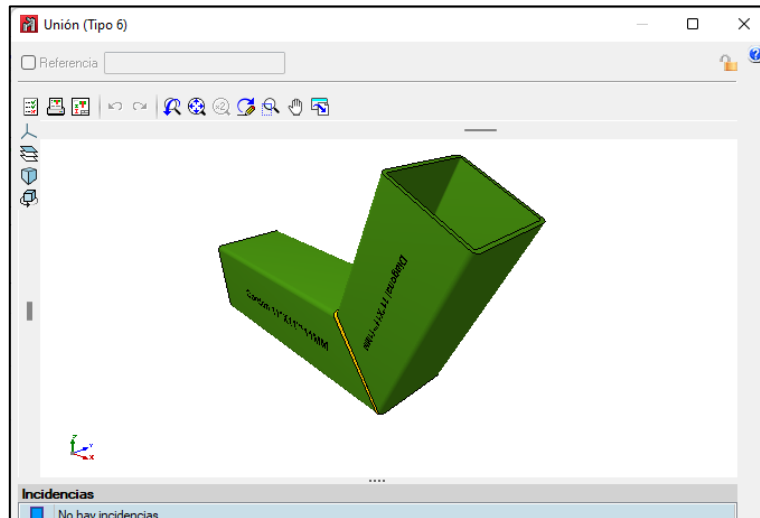
**Figura 16**  
*Vinculación interior - apoyo articulado*



*Nota:* en la figura se puede apreciar la vinculación interior - apoyo articulado para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.

Se creó uniones de soldadura en la unión entre las vigas y columnas, viga – viga y viga-base.

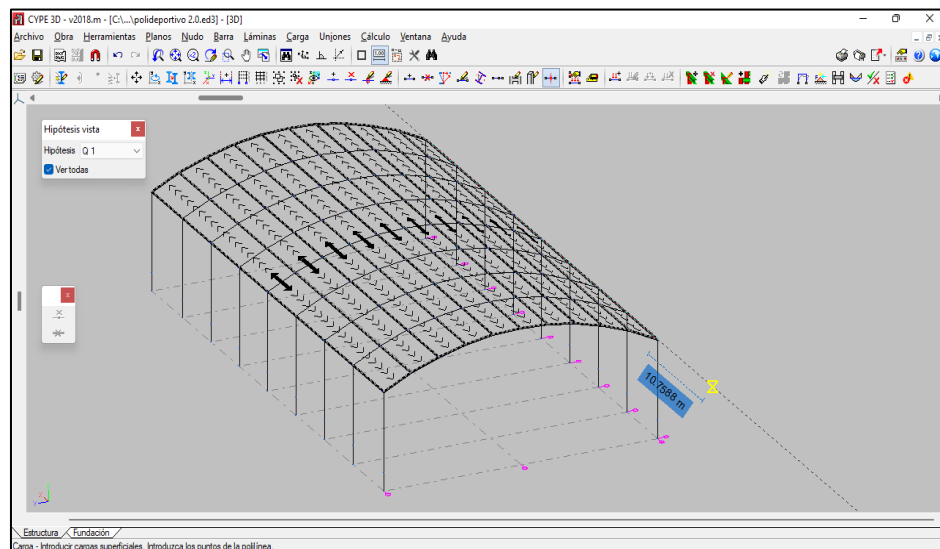
**Figura 17**  
*Unión de soldadura CYPECAD*



*Nota:* en la figura se puede apreciar la unión de soldadura para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.

Asimismo, se asignó la carga a la cubierta, para ello se hizo uso de la herramienta paños que nos ayudó a asignar carga en el área.

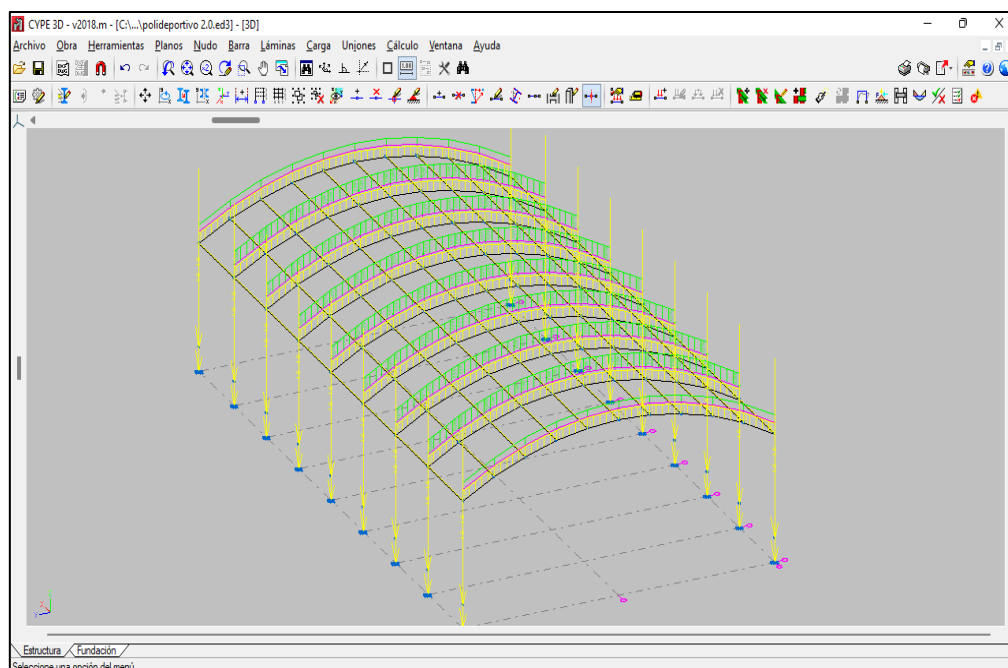
**Figura 18**  
*Paños para añadir cargas vivas y muertas*



*Nota:* se puede apreciar los paños para añadir cargas vivas y muertas para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.

Se asignó la carga según lo establecido en la norma E020.

**Figura 19**  
Cargas aplicadas al polideportivo



*Nota:* en la figura se puede apreciar cargas aplicadas al polideportivo para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.

Se verificó la estructura por el análisis de la esbeltez, se determinó que las predimensiones originales de las vigas eran demasiado grandes y que las predimensiones de las columnas no cumplían con los criterios de diseño, por lo que se modificaron sus tamaños originales.

**Tabla 16**  
Redimensionamiento de columnas

Nomenclatura de columna	predimensionamiento		diseño	
	Perfil cuadrado	área de perfil	Perfil cuadrado	área de perfil
A1 Y C1	8"X8"x3mm	23.79 cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
A2 Y C2	8"X8"x3mm	23.79 cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
A3 Y C3	8"X8"x3mm	23.79 cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
A4 Y C4	8"X8"x3mm	23.79 cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
A5 Y C5	8"X8"x3mm	23.79 cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
A6 Y C6	8"X8"x3mm	23.79 cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
A7 Y C7	8"X8"x3mm	23.79 cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
A8 Y C8	8"X8"x3mm	23.79 cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
A9 Y C9	8"X8"x3mm	23.79 cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>

*Nota:* conforme con la tabla se puede apreciar el predimensionamiento de columnas para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo el análisis estructural.



**Tabla 17**  
*Predimensionamiento de vigas*

Nomenclatura de viga	predimensionamiento		diseño	
	Perfil cuadrado	área de perfil	Perfil cuadrado	área de perfil
Vy- 1-1	14"X14"x3mm	41.6cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
Vy- 2-2	14"X14"x3mm	41.6cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
Vy- 3-3	14"X14"x3mm	41.6cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
Vy- 4-4	14"X14"x3mm	41.6cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
Vy- 5-5	14"X14"x3mm	41.6cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
Vy- 6-6	14"X14"x3mm	41.6cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
Vy- 7-7	14"X14"x3mm	41.6cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
Vy- 8-8	14"X14"x3mm	41.6cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>
Vy- 9-9	14"X14"x3mm	41.6cm <sup>2</sup>	11"X11"x11mm	116.07cm <sup>2</sup>

*Nota: conforme con la tabla se puede apreciar el predimensionamiento de vigas para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo el análisis estructural.*

**Tabla 18**  
*Predimensionamiento de correas*

Nomenclatura de correas	predimensionamiento		diseño	
	Perfil cuadrado	área de perfil	Perfil cuadrado	área de perfil
Vx- A-C1	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>
Vx- A-C2	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>
Vx- A-C3	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>
Vx- A-C4	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>
Vx- A-C5	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>
Vx- A-C6	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>
Vx- A-C7	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>
Vx- A-C8	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>
Vx- A-C9	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>	4"X4"x3mm	11.9cm <sup>2</sup>

*Nota: conforme con la tabla se puede apreciar el predimensionamiento de correas para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo el análisis estructural.*

## 4.1.2 ANÁLISIS SISMORRESISTENTE EN CYPECAD

### ➤ Datos generales de sismo

**Figura 20**

*Sistema estructural*

$R_{ox}$ : Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 7)	$R_{ox} : \underline{8.00}$
$R_{oy}$ : Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 7)	$R_{oy} : \underline{8.00}$
$I_a$ : Factor de irregularidad en altura (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 8)	$I_a : \underline{1.00}$
$I_a$ : Factor de irregularidad en altura (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 8)	$I_a : \underline{1.00}$
$I_p$ : Factor de irregularidad en planta (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 9)	$I_p : \underline{1.00}$
$I_p$ : Factor de irregularidad en planta (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 9)	$I_p : \underline{1.00}$
Geometría en altura (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Artículo 3.5): Regular	

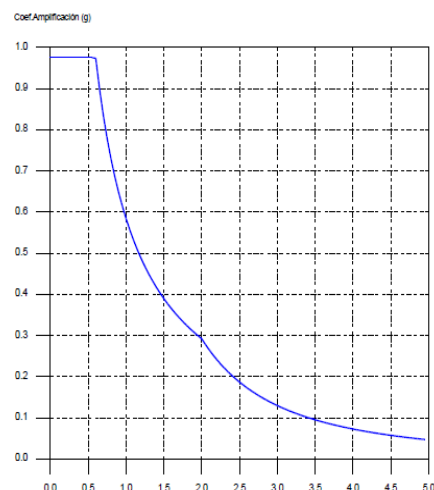
### ➤ Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma	
Fracción de sobrecarga de uso	: $\underline{0.50}$
Fracción de sobrecarga de nieve	: $\underline{0.50}$
Factor multiplicador del espectro	: $\underline{1.00}$

### ➤ Espectro elástico para las aceleraciones

**Figura 21**

*Espectro elástico con las aceleraciones*



#### Coef. Amplificación:

$$S_{ae} = Z \cdot U \cdot C \cdot S$$

Donde:

$C = 2,5$	$T < T_p$
$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$	$T_p \leq T < T_l$
$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_l}{T^2}\right)$	$T_l \leq T$

es el factor de amplificación sísmica.

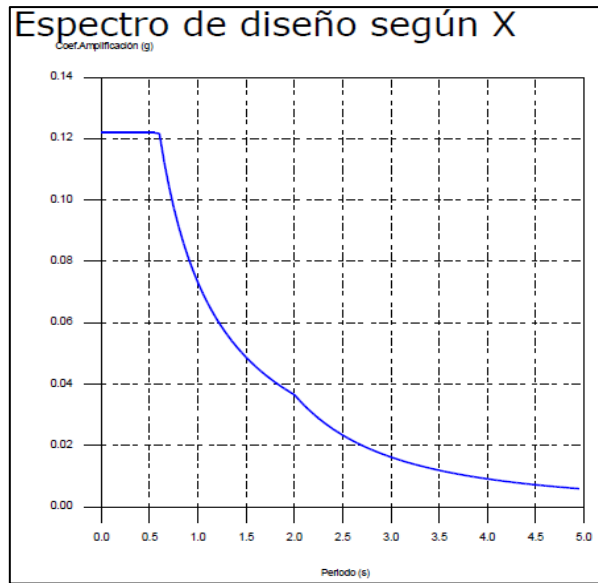
El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.975 g.

*Nota:* se puede apreciar el espectro elástico con las aceleraciones para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo el análisis estructural.

**Figura 22**  
Parámetros necesarios

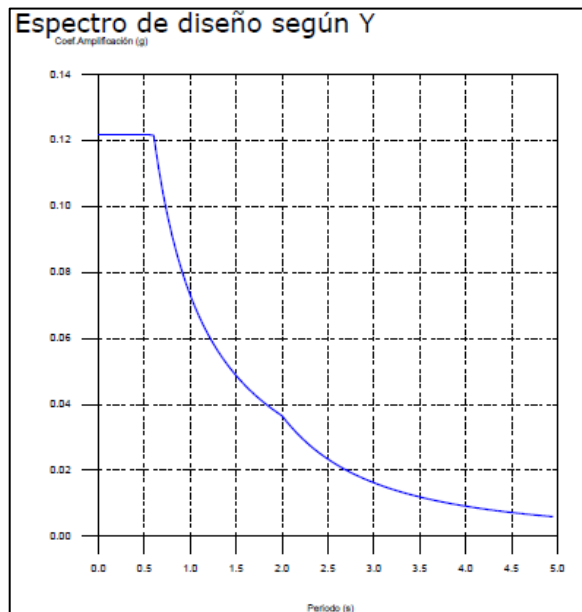
<b>Parámetros necesarios en la definición del espectro</b>	
<b>Z:</b> Factor de zona (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 1) Zona sísmica (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Fig 1 y Anexo 1): Zona 2	<b>Z :</b> <u>0.25</u>
<b>U:</b> Factor de importancia (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 3) Importancia de la obra (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Artículo 3.1 y Tabla 5): B: Edificaciones importantes	<b>U :</b> <u>1.30</u>
<b>S:</b> Factor de amplificación del suelo (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 3) Tipo de perfil de suelo (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), 2.3.1): S2	<b>S :</b> <u>1.20</u>
<b>T<sub>p</sub>:</b> Periodo de la plataforma del espectro (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 4)	<b>T<sub>p</sub> :</b> <u>0.60</u> s
<b>T<sub>i</sub>:</b> Periodo que define el inicio de la zona del espectro con desplazamiento constante (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 4)	<b>T<sub>i</sub> :</b> <u>2.00</u> s
<b>Espectro de diseño con las aceleraciones</b>	
$S_a = \frac{S_{ae}}{R} = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R}$	
<b>R<sub>x</sub>:</b> Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 6)	<b>R<sub>x</sub> :</b> <u>8.00</u>
$R_x = R_{ox} \cdot I_a \cdot I_p$	
<b>R<sub>ox</sub>:</b> Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 7)	<b>R<sub>ox</sub> :</b> <u>8.00</u>
<b>R<sub>y</sub>:</b> Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 6)	<b>R<sub>y</sub> :</b> <u>8.00</u>
$R_y = R_{oy} \cdot I_a \cdot I_p$	
<b>R<sub>oy</sub>:</b> Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 7)	<b>R<sub>oy</sub> :</b> <u>8.00</u>
<b>R<sub>oy</sub>:</b> Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 7)	<b>R<sub>oy</sub> :</b> <u>8.00</u>
<b>I<sub>a</sub>:</b> Factor de irregularidad en altura (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 8)	<b>I<sub>a</sub> :</b> <u>1.00</u>
<b>I<sub>a</sub>:</b> Factor de irregularidad en altura (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 8)	<b>I<sub>a</sub> :</b> <u>1.00</u>
<b>I<sub>p</sub>:</b> Factor de irregularidad en planta (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 9)	<b>I<sub>p</sub> :</b> <u>1.00</u>
<b>I<sub>p</sub>:</b> Factor de irregularidad en planta (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 9)	<b>I<sub>p</sub> :</b> <u>1.00</u>

**Figura 23**  
*Espectro de diseño según X*



*Nota: en la figura se puede apreciar el espectro elástico con las aceleraciones en la dirección X para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.*

**Figura 24**  
*Espectro de diseño según Y*



*Nota: en la figura anterior se puede apreciar el espectro elástico con las aceleraciones en la dirección Y para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.*

**Tabla 19***Modos de la vibración*

Modo	T	Lx	Ly	Mx	My	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
1	1.387	1	0.0001	87.43	0	R = 8	R = 8
						A = 0.517 m/s <sup>2</sup>	A = 0.517 m/s <sup>2</sup>
						D = 25.2051 mm	D = 25.2051 mm
2	0.671	0.0012	1	0	56.98	R = 8	R = 8
						A = 1.071 m/s <sup>2</sup>	A = 1.071 m/s <sup>2</sup>
						D = 12.1996 mm	D = 12.1996 mm
3	0.668	0.0016	1	0	19.6	R = 8	R = 8
						A = 1.075 m/s <sup>2</sup>	A = 1.075 m/s <sup>2</sup>
						D = 12.1524 mm	D = 12.1524 mm
4	0.662	0.0127	0.9999	0	0.06	R = 8	R = 8
						A = 1.084 m/s <sup>2</sup>	A = 1.084 m/s <sup>2</sup>
						D = 12.0446 mm	D = 12.0446 mm
5	0.654	0.0307	0.9995	0	0.09	R = 8	R = 8
						A = 1.098 m/s <sup>2</sup>	A = 1.098 m/s <sup>2</sup>
						D = 11.8807 mm	D = 11.8807 mm
6	0.646	0.4453	0.8954	0	0	R = 8	R = 8
						A = 1.112 m/s <sup>2</sup>	A = 1.112 m/s <sup>2</sup>
						D = 11.7372 mm	D = 11.7372 mm
7	0.639	0.117	0.9931	0	0	R = 8	R = 8
						A = 1.124 m/s <sup>2</sup>	A = 1.124 m/s <sup>2</sup>
						D = 11.6221 mm	D = 11.6221 mm
8	0.627	0.2494	0.9684	0	0.01	R = 8	R = 8
						A = 1.146 m/s <sup>2</sup>	A = 1.146 m/s <sup>2</sup>
						D = 11.4061 mm	D = 11.4061 mm
9	0.553	0.0177	0.9998	0	6.47	R = 8	R = 8
						A = 1.196 m/s <sup>2</sup>	A = 1.196 m/s <sup>2</sup>
						D = 9.25283 mm	D = 9.25283 mm
10	0.549	0.0234	0.9997	0	6.36	R = 8	R = 8
						A = 1.196 m/s <sup>2</sup>	A = 1.196 m/s <sup>2</sup>
						D = 9.13088 mm	D = 9.13088 mm
11	0.533	0.9031	0.4293	0.01	0	R = 8	R = 8
						A = 1.196 m/s <sup>2</sup>	A = 1.196 m/s <sup>2</sup>
						D = 8.58867 mm	D = 8.58867 mm
12	0.507	0.0241	0.9997	0	0.01	R = 8	R = 8
						A = 1.196 m/s <sup>2</sup>	A = 1.196 m/s <sup>2</sup>
						D = 7.78491 mm	D = 7.78491 mm
13	0.503	0.1762	0.9844	0	0	R = 8	R = 8
						A = 1.196 m/s <sup>2</sup>	A = 1.196 m/s <sup>2</sup>
						D = 7.67706 mm	D = 7.67706 mm
14	0.5	0.2062	0.9785	0	0	R = 8	R = 8
						A = 1.196 m/s <sup>2</sup>	A = 1.196 m/s <sup>2</sup>
						D = 7.57968 mm	D = 7.57968 mm
15	0.499	0.9785	0.2061	0	0	R = 8	R = 8
						A = 1.196 m/s <sup>2</sup>	A = 1.196 m/s <sup>2</sup>
						D = 7.53436 mm	D = 7.53436 mm

*Nota: conforme con la tabla anterior se puede apreciar los modos de la vibración De acuerdo con la norma E030 para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.*

**Tabla 20**  
Hipótesis modal para el eje X

Hipótesis	Sismo	X1
Hipótesis modal	T(s)	A(g)
Modo 1	1.387	0.053

*Nota: conforme con la tabla se puede apreciar la hipótesis modal para el eje X De acuerdo con la norma E030 para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.*

**Tabla 21**  
Hipótesis modal para el eje Y

Hipótesis	Sismo	Y1
Hipótesis modal	T(s)	A(g)
Modo 2	0.671	0.109

*Nota: conforme con la tabla se puede apreciar la hipótesis modal para el eje Y De acuerdo con la norma E030 para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.*

Las derivas se compararon con el estándar E030 y se encontró que estaban dentro de los rangos aceptables; con estos valores, la estructura fue diseñada de acuerdo con los estándares E090 y AISC.

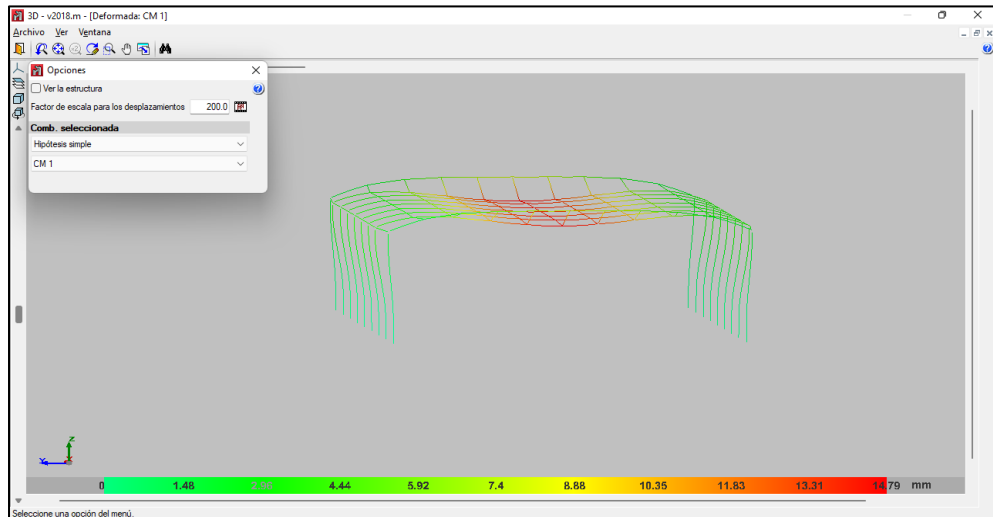
**Tabla 22**  
Comprobación de deriva De acuerdo con la norma E030

<b>CÁLCULO DE MÁXIMOS DESPLAZAMIENTOS Y DERIVAS DE PISO (DRIF's)</b>	
<b>Según la NTE E.030 - 2016</b>	
<i>MAXIMO DESPLAZAMIENTO EN LA DIRECCIÓN "X-X"</i>	<i>MAXIMO DESPLAZAMIENTO EN LA DIRECCIÓN "Y-Y"</i>
Regularidad estructural: <b>IRREGULAR</b>	Regularidad estructural: <b>IRREGULAR</b>
Coeficiente de desplazamiento lateral: <b>1</b>	Coeficiente de desplazamiento lateral: <b>1</b>
Coeficiente de reducción sísmica: <b>R= 8.00 en "X"</b>	Coeficiente de reducción sísmica: <b>R= 8.00 en "Y"</b>
<b>Altura en entrepiso (cm) = 8.00 cm</b>	<b>Altura en entrepiso (cm) = 8.00 cm</b>

Máximo desplazamiento en "X-X" = <b>2.50 cm</b>	Máximo desplazamiento en "Y-Y" = <b>12.20 cm</b>
Máximo desplazamiento real en "X-X" = <b>20.00 cm</b>	Máximo desplazamiento real en "Y-Y" = <b>97.60 cm</b>
Máximo deriva de piso en "X-X" = <b>0.000517</b>	Máximo deriva de piso en "Y-Y" = <b>0.001071</b>
<b>MÁXIMO DERIVA DE PISO EN "X-X"</b>	<b>MÁXIMO DERIVA DE PISO EN "Y-Y"</b>
REVISIÓN: <b>0.0041 ≤ 0.010 SI</b> <b>CUMPLE</b>	REVISIÓN: <b>0.0086 ≤ 0.010 SI</b> <b>CUMPLE</b>
<b>MAX. DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO</b>	<b>MAX. DESPLAZAMIENTO RELATIVO DE ENTREPISO</b>
REVISIÓN: <b>3.31 cm ≤ 8.00 cm</b> <b>SI CUMPLE</b>	REVISIÓN: <b>6.85 cm ≤ 8.00 cm SI</b> <b>CUMPLE</b>

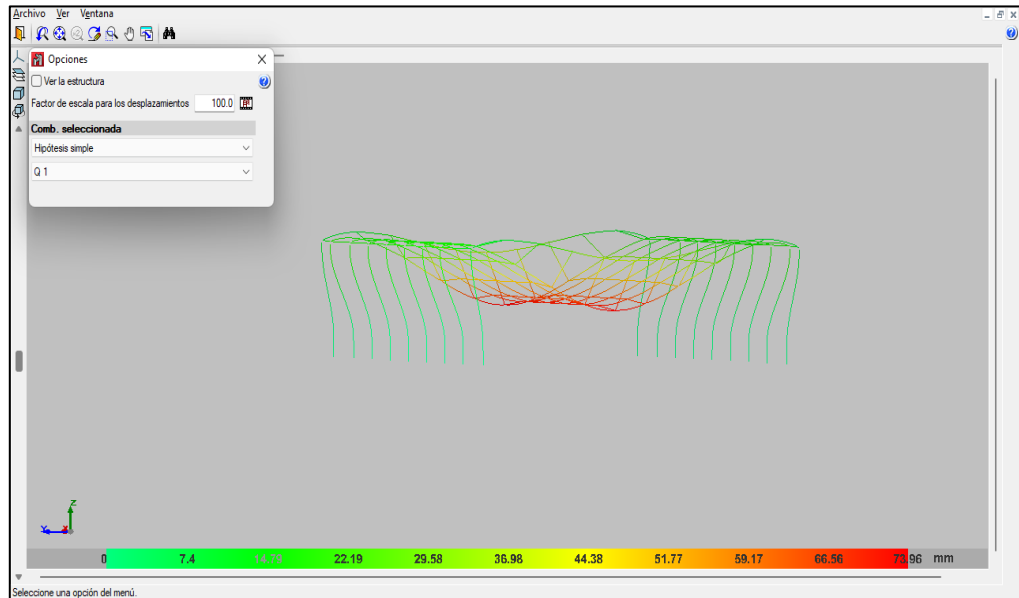
*Nota: en la figura se puede apreciar la comprobación de deriva De acuerdo con la norma E030 para la estructura en CYPECAD para llevar a cabo los análisis en la estructura.*

Figura 25  
Deformación según la carga muerta



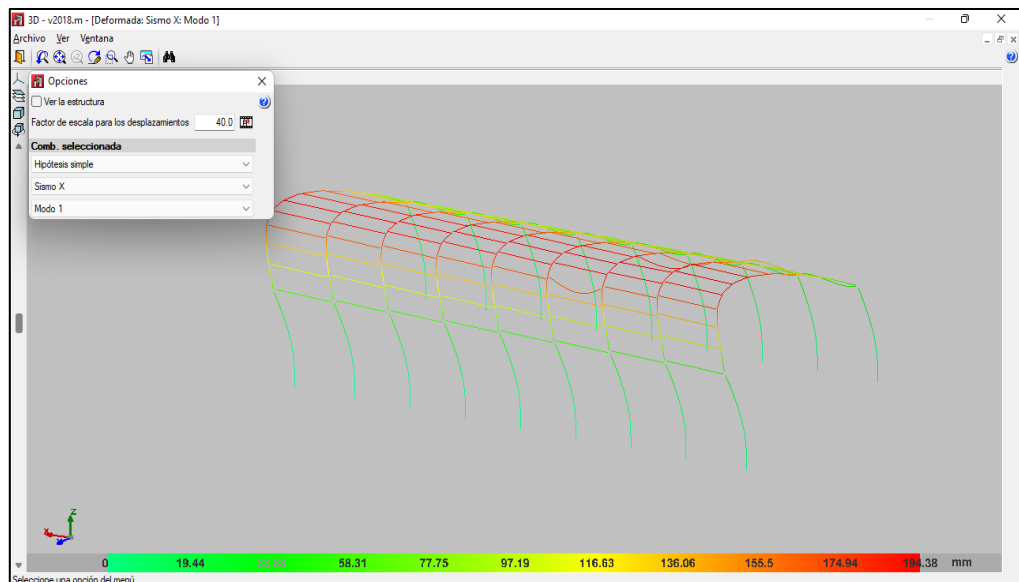
*Nota: se puede apreciar la deformación según la carga muerta estructural del software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

**Figura 26**  
*Deformación según la carga viva*



*Nota: se puede apreciar la deformación según la carga viva estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

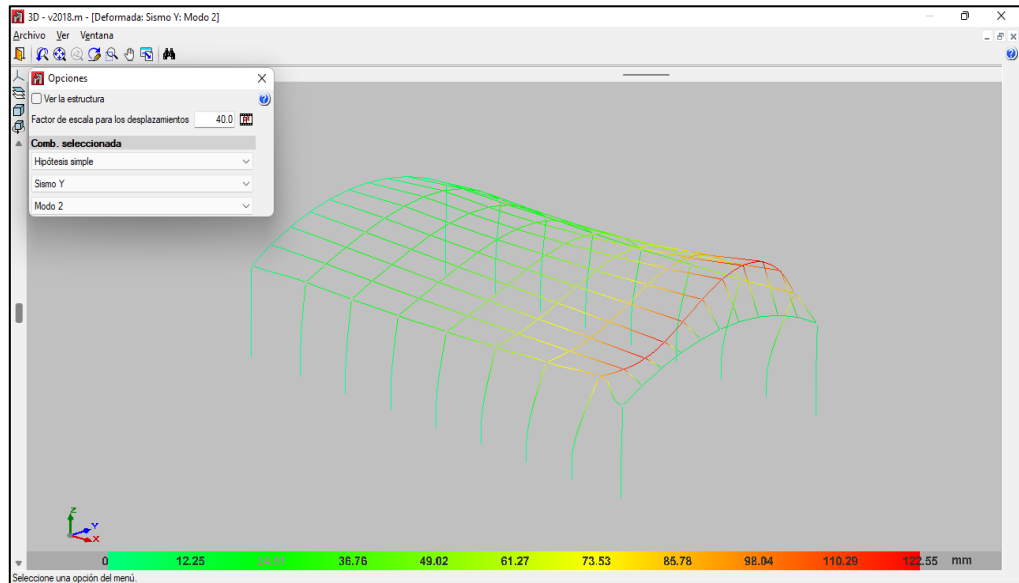
**Figura 27**  
*Deformación según sismo X*



*Nota: en la figura se puede apreciar la deformación según sismo X estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

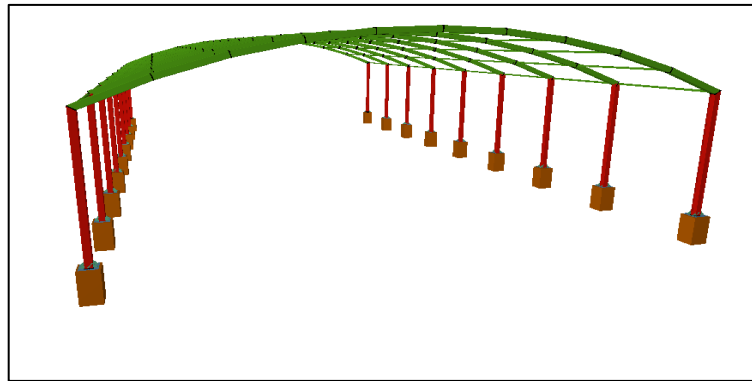


**Figura 28**  
*Deformación según sismo Y*



*Nota: en la figura se puede apreciar la deformación según sismo Y estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

**Figura 29**  
*Vista 3D de la edificación*



*Nota: en la figura se puede apreciar la vista 3D de la edificación estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

## 4.2 DISEÑO EN CYPECAD

Se realizó el diseño de cada elemento estructural verificando si cumple con los requisitos mínimos de diseño, para no redundar mucho la tesis se abarcó los elementos estructurales los cuales se encuentren en mayor estrés de diseño.

### Columna A-1

**Tabla 23**

*Resumen de comprobaciones de la columna A-1*

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 ( LRFD))								Estado
	$P_t$	$\lambda_c$	$P_c$	$M_x$	$M_y$	$V_x$	$V_y$	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N3/N4	N.P. <sup>(1)</sup>	$\lambda \leq$	X:0	X:6.346	X:0	$\eta =$	$\eta =$	X:6.346 m	<b>CUMPLE</b>
		200.0	m	m	m	0.3	0.3	$\eta = 49.2$	<b><math>\eta = 49.2</math></b>
		Cumple	$\eta =$	$\eta =$	$\eta =$				
			2.7	48.0	5.8				

Notación:

$P_t$  : Resistencia a tracción

$\lambda_c$  : Limitación de esbeltez para compresión

$P_c$  : Resistencia a compresión

$M_x$  : Resistencia a flexión eje x

$M_y$  : Resistencia a flexión eje y

$V_x$  : Resistencia a corte X

$V_y$  : Resistencia a corte Y

$PM_xM_yV_xV_yT$  : Esfuerzos combinados y torsión

x: Distancia al origen de la barra

$\eta$  : Coeficiente de aprovechamiento (%)

N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

**\*La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.**

*Nota: se puede apreciar el resumen de comprobaciones de la columna A-1 estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

### ❖ Limitación de esbeltez para compresión

Una barra que se comprime solo puede ser tan delgada como:

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{60} \quad \checkmark$$

En el cual:

$\lambda$ : Coeficiente de esbeltez

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

$$\lambda : \underline{60}$$

**K**: Factor de longitud efectiva.

$$K : \underline{1.02}$$

**L**: Longitud de la barra.

$$L : \underline{6346} \text{ mm}$$

**rx**: Radio de giro respecto al eje X

$$rx : \underline{10.91} \text{ cm}$$

En el cual:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

En el cual:

**I<sub>x</sub>**: Momento de inercia respecto al eje x

$$I_x : \underline{13803.34 \text{ cm}^4}$$

**A**: Área total en la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{116.07 \text{ cm}^2}$$

$$x : \underline{10.91 \text{ cm}}$$

❖ **Diseño por resistencia a compresión**

Todos los segmentos individuales (LRFD) tienen que cumplirse con los requisitos de LRFD establecidos en ANSI/AISC Capítulo E.

Todas las siguientes condiciones deben ser verdaderas:

$$\eta_T = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

$\eta_T$  : 0.027 ✓

Con el conjunto de supuestos 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, se solicita el cálculo del caso más desfavorable  $P_r$  en el nodo N3.

En el cual:

$P_r$ : En términos de combinaciones de carga, se requiere una resistencia a la compresión mínima.

LRFD

$P_r$  : 5.900 t

$P_c$ : Resistencia de diseño a compresión

$P_c$  : 220.512 t

$$P_c = \phi_p P_n$$

Al diseñar para compresión en secciones comprimidas, apunte al valor mínimo de la resistencia de los estados límite indicados en el Capítulo E.

En el cual:

$\phi_p$ : Fórmula para el factor de resistencia a la compresión  $\phi_p$  : 0.90

$P_n$ : Resistencia nominal a compresión, que se calcula de acuerdo con

Artículo E3-A:

$P_n$  : 245.013 t

$$P_n = F_{cr} A$$

para componentes compactos y no compactos en pandeo por flexión (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-A).

En el cual:

$A$ : Área bruta de la sección de la barra.

$A$  : 116.07 cm<sup>2</sup>

$F_{cr}$ : Tensión de pandeo en la flexión, que se tomó como:

$F_{cr}$ : 2110.97 kp/cm<sup>2</sup>

i) Cuando:  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$

$$F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

En el cual:

$F_y$ : barras de acero con un límite elástico mínimo requerido

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

$F_e$ : Tensión crítica elástica de pandeo, que se tomó como la menor de:

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

$$F_e : \underline{5663.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$F_{ex} : \underline{5663.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$F_{ey} : \underline{5663.84} \text{ kp/cm}^2$$

En el cual:

$E$ : Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

$K$ : Factor de longitud efectiva.

$$K_x : \underline{1.02}$$

$$K_y : \underline{1.02}$$

$L$ : Longitud de la barra

$$L : \underline{6346} \text{ mm}$$

$r$ : Radio de giro dominante

$$r_x : \underline{10.91} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{10.91} \text{ cm}$$

En el cual:

$$I: \text{Momento de Inercia} = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$I_x : \underline{13803.34} \text{ cm}^4$$

$$I_y : \underline{13803.34} \text{ cm}^4$$

$A$ : Área total de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{116.07} \text{ cm}^2$$

### ❖ Diseño por resistencia a flexión

El capítulo F de ANSI/AISC 360-10 contiene los requisitos de LRFD a los que deben adherirse todos los segmentos (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_M = \frac{M_r}{M_c} \leq 1$$

$$\eta_M : \underline{0.480} \checkmark$$

Cuando se combinan las operaciones 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, el momento de flexión,  $M_r$ , que aplica para el peor cálculo ocurre en una ubicación a 6346 m del nudo N3.

En el cual:

**M<sub>r</sub>**: Resistencia a flexión necesitada en las combinación de carga LRFD

$$\mathbf{M_r} : \underline{12.785} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**M<sub>c</sub>**: Resistencia de diseño a flexión

$$\mathbf{M_c} : 26.629 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para secciones dobladas, los valores de estado límite establecidos en el

$$M_c = \phi_b M_n$$

Capítulo F proporcionarán el valor de resistencia de diseño a flexión más bajo.

En el cual:

$\phi_b$ : Factor de resistencia a flexión

$$\phi_b : \underline{0.90}$$

**M<sub>n</sub>**: La resistencia nominal a la flexión que se calcula de acuerdo con Artículo 7,

Sección 1

$$\mathbf{M_n} : \underline{29.587} \text{ t}\cdot\text{m}$$

### 1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

En el cual:

$$\mathbf{M_n} : \underline{29.587} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**F<sub>y</sub>**: Límite elástico mínimo que fue especificado

$$\mathbf{F_y} : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

**Z<sub>x</sub>**: Módulo resistente plástico respecto al eje X

$$\mathbf{Z_x} : \underline{1161.01} \text{ cm}^3$$

### ❖ Diseño por resistencia a corte

Cada segmento debe cumplir con los requisitos descritos en el Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 para LRFD (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:



$$\eta_v = \frac{V_r}{V_c} \leq 1$$

$$\eta_v : \underline{0.051}$$

Con el conjunto de supuestos 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, obtenemos el mal diseño que exige esfuerzo cortante  $V_r$ .

En el cual:

**V<sub>r</sub>**: Resistencia a cortante necesitada en las combinación para la carga

$$\text{LRFD } \mathbf{V_r} : \underline{3.829} \text{ t}$$

**V<sub>c</sub>**: Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

$$V_c : \underline{74.901} \text{ t}$$

La resistencia en el diseño a cortante viene dada por: En el cual:

$$\phi_v: \text{Factor de resistencia a cortante} \quad \phi_v : \underline{0.90}$$

$V_n$ : se define de acuerdo con lo indicado en el Capítulo G, de la siguiente manera:

Así se determina la resistencia nominal al corte para tubos rectangulares y secciones cajón (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5).

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

$$V_n : \underline{83.223} \text{ t}$$

En el cual:

$F_y$ : Límite elástico mínimo que fue especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

$$A_w : \underline{54.43} \text{ cm}^2$$

$A_w = 2ht_w$   
En el cual:

$h$ : La distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \underline{247.40} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

b) El coeficiente de cortante del alma,  $C_v$ , se determina de la misma manera para todas las demás secciones simétricas simples o dobles y secciones en U, con la excepción de los tubos circulares.

$$i) \frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

$$C_v = 1.0$$

En el cual:

$h$ : La distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \underline{247.40} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

$E$ : Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

$K_v$ : Coeficiente de abolladura del alma

$$K_v : \underline{5.00}$$

## Columnas C-5

### ❖ Limitación de esbeltez para compresión

**Tabla 24**

Resume de comparaciones de la columna C-5

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 ( LRFD))								Estado
	$P_t$	$\lambda_c$	$P_c$	$M_x$	$M_y$	$V_x$	$V_y$	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N55/N56	N.P. <sup>(1)</sup>	$\lambda \leq$	X:0	X:6.346	X:0	$\eta$	$\eta =$	X:6.346 m	<b>CUMPLE</b>
		200.0	m	m	m	=	0.81	$\eta = 78.4$	<b><math>\eta = 78.4</math></b>
		Cumple	$\eta =$	$\eta =$	$\eta =$	0.3			
			4.1	76.5	5.9				

Notación:

$P_t$  : Resistencia a tracción

$\lambda_c$  : Limitación de esbeltez para compresión

$P_c$  : Resistencia a compresión

$M_x$  : Resistencia a flexión eje x

$M_y$  : Resistencia a flexión eje y

$V_x$  : Resistencia a corte X

$V_y$  : Resistencia a corte Y

$PM_xM_yV_xV_yT$  : Esfuerzos combinados y torsión

x: Distancia al origen de la barra

$\eta$  : Coeficiente de aprovechamiento (%)

N.P.: No procede

#### Comprobaciones que no proceden (N.P.):

**\*La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.**

*Nota: conforme con la tabla se puede apreciar el resumen de comprobaciones de la columna C-5 estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

Una barra que se comprime solo puede ser tan delgada como:

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{\quad 60 \quad}$$



En el cual:

$\lambda$ : Coeficiente de esbeltez

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$



$$\lambda : \underline{60}$$

$$L: \text{Longitud de la barra} \quad L : \underline{6346 \text{ mm}}$$

$$K: \text{Factor de longitud efectiva.} \quad K : \underline{1.02}$$

$$r_x: \text{Radio de giro respecto al eje X} \quad r_x : \underline{10.91 \text{ cm}}$$

En el cual:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$I_x: \text{Momento de inercia respecto al eje x} \quad I_x: \underline{13803.34 \text{ cm}^4}$$

$$A: \text{Área total en la sección transversal de la barra.} \quad A : \underline{116.07 \text{ cm}^2}$$

#### ❖ Diseño por resistencia a compresión

Todos los segmentos individuales (LRFD) tienen que cumplirse con los requisitos de LRFD establecidos en ANSI/AISC Capítulo E.

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_T = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

$$\eta_T : \underline{0.041}$$



El nodo N55 está en el eje de compresión donde se requiere el cálculo  $P_r$  del peor de los casos para la combinación de hipótesis nula de 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1.

En el cual:

**$P_r$ :** Resistencia a la compresión requerida de las combinaciones de carga

$$\text{LRFD} \quad P_r : \underline{9.022 \text{ t}}$$

$$P_c: \text{Resistencia de diseño a compresión} \quad P_c : \underline{220.512 \text{ t}}$$

La resistencia a la compresión de diseño de la sección comprimida es el mínimo de los valores derivados de los estados límite discutidos en el Capítulo E.

En el cual:

$\phi_p$ : Factor de resistencia a compresión, tomado como:  $\phi_p : \underline{0.90}$

$P_n$ : Resistencia nominal a compresión, que se calcula de acuerdo con

$$P_n = F_{cr} A$$

Artículo E3-A:  $P_n : \underline{245.013} \text{ t}$

para componentes compactos y no compactos en pandeo por flexión (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-A).

En el cual:

$A$ : Área bruta de la sección de la barra.

$A : \underline{116.07} \text{ cm}^2$

$F_{cr}$ : Tensión de pandeo en la flexión, que se tomó como:

$F_{cr} : \underline{2110.97} \text{ kp/cm}^2$

i) Cuando:  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$

$$F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

En el cual:

$F_y$ : Límite elástico mínimo que fue especificado en el acero de las barras

$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$

$F_e$ : Tensión crítica elástica de pandeo, que se tomó como la menor de:

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

$F_e : \underline{5663.84} \text{ kp/cm}^2$

$F_{ex} : \underline{5663.84} \text{ kp/cm}^2$

$$F_{ey} : \underline{5663.84} \text{ kp/cm}^2$$

En el cual:

$$E: \text{Módulo de elasticidad del acero} \quad E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

$$K: \text{Factor de longitud efectiva.} \quad K_x : \underline{1.02}$$

$$K_y : \underline{1.02}$$

$$L: \text{Longitud de la barra} \quad L : \underline{6346} \text{ mm}$$

$$r: \text{Radio de giro dominante} \quad r_x : \underline{10.91} \text{ cm}$$

$$r_y : \underline{10.91} \text{ cm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

En el cual:

$$I: \text{Momento de inercia} \quad I_x : \underline{13803.34} \text{ cm}^4$$

$$I_y : \underline{13803.34} \text{ cm}^4$$

$$A: \text{Área total de la sección transversal de la barra.} \quad A : \underline{116.07} \text{ cm}^2$$

### ❖ Diseño por resistencia a flexión

El capítulo F de ANSI/AISC 360-10 contiene los requisitos de LRFD a los que deben adherirse todos los segmentos (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_M = \frac{M_r}{M_c} \leq 1$$

$$\eta_M : \underline{0.765} \quad \checkmark$$

Durante la secuencia de operaciones 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, la posición a

6346 m del nodo N55 experimenta el momento de flexión  $M_r$  que requiere el peor cálculo.

En el cual:

**M<sub>r</sub>**: Resistencia a flexión necesitada en las combinación de carga LRFD

$$M_c = \phi_b M_n \qquad \mathbf{M_r} : \underline{20.383} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**M<sub>c</sub>**: Resistencia de diseño a flexión **M<sub>c</sub>** : 26.629 t·m

Para secciones expuestas a momentos flectores, la resistencia de cálculo a flexión es el mínimo de los valores derivados de los estados límite especificados en el Capítulo F:

En el cual:

$$\phi_b: \text{Factor de resistencia a flexión} \qquad \phi_b : \underline{0.90}$$

**M<sub>n</sub>**: La resistencia nominal a la flexión que se calcula de acuerdo con Artículo 7,

$$\text{Sección 1} \qquad \mathbf{M_n} : \underline{29.587} \text{ t}\cdot\text{m}$$

#### 1.- Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

En el cual:

$$\mathbf{M_n} : \underline{29.587} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**F<sub>y</sub>**: Límite elástico mínimo que fue especificado **F<sub>y</sub>** : 2548.42 kp/cm<sup>2</sup>

**Z<sub>x</sub>**: Módulo resistente plástico respecto al eje X **Z<sub>x</sub>** : 1161.01 cm<sup>3</sup>

Diseño por resistencia a corte

Cada segmento debe cumplir con los requisitos descritos en el Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 para LRFD (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_v = \frac{V_r}{V_c} \leq 1$$

$$\eta_v : \underline{0.081}$$



Para la combinación de hipótesis nula de 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1 se solicita el esfuerzo cortante  $V_r$ .

En el cual:

$V_r$ : Resistencia a cortante necesitada en las combinaciones para la carga

LRFD

$$V_r : \underline{6.091} \text{ t}$$

$V_c$ : Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

$$V_c : \underline{74.901} \text{ t}$$

La resistencia en el diseño a cortante viene dada por: En el cual:

$$\phi_v: \text{Factor de resistencia a cortante} \quad \phi_v : \underline{0.90}$$

$V_n$ : se define de acuerdo con lo indicado en el Capítulo G, de la siguiente manera:

Cómo determinar la resistencia nominal al corte de tubos rectangulares y de sección cajón según ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5.

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

$$V_n : \underline{83.223} \text{ t}$$

En el cual:

$F_y$ : Límite elástico mínimo que fue especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

$$A_w = 2ht_w$$

$$A_w : \underline{54.43} \text{ cm}^2$$

En el cual:

**h**: La distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$\mathbf{h} : \underline{247.40} \text{ mm}$$

**tw**: Espesor del alma

$$\mathbf{tw} : \underline{11.00} \text{ mm}$$

b) El coeficiente de cortante del ala,  $C_v$ , se determina como sigue para almas de cualquier otra sección simétrica simple o doble y secciones en U, excepto tubos redondos.

$$\text{i) } \frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$C_v = 1.0$$

$$\mathbf{C_v} : \underline{1.00}$$

En el cual:

**h**: La distancia libre de alas, menos el radio de acuerdo

$$\mathbf{h} : \underline{247.40} \text{ mm}$$

**tw**: Espesor del alma

$$\mathbf{tw} : \underline{11.00} \text{ mm}$$

**E**: Módulo de elasticidad del acero

$$\mathbf{E} : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

**Kv**: Coeficiente de abolladura del alma

$$\mathbf{Kv} : \underline{5.00}$$

## Columnas C-8

**Tabla 25**

Resumen de comprobaciones de la columna C-8

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 ( LRFD))								Estado
	$P_t$	$\lambda_c$	$P_c$	$M_x$	$M_y$	$V_x$	$V_y$	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N94/N95	N.P. <sup>(1)</sup>	$\lambda \leq$ 200.0	X:0 m	X:6.346 m	X:0 m	$\eta =$ 0.3	$\eta =$ 8.4	X:6.346 m $\eta = 81.3$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 81.3$
		Cumple	$\eta =$ 4.2	$\eta =$ 79.2	$\eta =$ 5.9				

Notación:

$P_t$  : Resistencia a tracción

$\lambda_c$  : Limitación de esbeltez para compresión

$P_c$  : Resistencia a compresión

$M_x$  : Resistencia a flexión eje x

$M_y$  : Resistencia a flexión eje y

$V_x$  : Resistencia a corte X

$V_y$  : Resistencia a corte Y

$PM_xM_yV_xV_yT$  : Esfuerzos combinados y torsión

x: Distancia al origen de la barra

$\eta$  : Coeficiente de aprovechamiento (%)

N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

**\*La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.**

*Nota: conforme con la tabla anterior se puede apreciar el resumen de comprobaciones de la columna C-8 estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

### ❖ Limitación de esbeltez para compresión

Una barra que se comprime solo puede ser tan delgada como:

$$\lambda \leq 200$$

$\lambda$  : 60 ✓

En el cual:

$\lambda$ : Coeficiente de esbeltez

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

En el cual:  $\lambda$  : 60

L: Longitud de la barra L : 6346 mm

K: Factor de longitud efectiva. K : 1.02

rx: Radio de giro respecto al eje X rx : 10.91 cm

En el cual:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

rx : 10.91

En el cual:

Ix: Momento de inercia respecto al eje x Ix: 13803.34 cm4

A: Área total de la sección transversal de la barra. A : 116.07 cm2

#### ❖ Diseño por resistencia a compresión

Todos los segmentos individuales (LRFD) tienen que cumplirse con los requisitos de LRFD establecidos en ANSI/AISC Capítulo E.

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_T = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

$\eta_T$  : 0.042 ✓

Para el conjunto de cuatro hipótesis (1.2PP+1.2CM1+1.6Q1), se solicita el cálculo del caso más desfavorable Pr en el nodo N94 a lo largo del eje de compresión.

En el cual:

Pr: Resistencia a la compresión requerida de las combinaciones de carga

LRFD Pr : 9.332 t



**P<sub>c</sub>**: Resistencia de diseño a compresión

**P<sub>c</sub>** : 220.512 t

$$P_c = \phi_p P_n$$

Al diseñar para compresión en secciones comprimidas, apunte al valor mínimo de la resistencia de los estados límite indicados en el Capítulo E.

En el cual:

$\phi_p$ : Factor de resistencia a compresión, tomado como:  $\phi_p$  : 0.90

**P<sub>n</sub>**: Resistencia nominal a compresión, que se calcula de acuerdo con

$$P_n = F_{cr} A$$

Artículo E3-A: **P<sub>n</sub>** : 245.013 t

para componentes compactos y no compactos en pandeo por flexión (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-A).

En el cual:

**A**: Área bruta de la sección de la barra.

**A** : 116.07 cm<sup>2</sup>

**F<sub>cr</sub>**: Tensión de pandeo en la flexión, que se tomó como:

**F<sub>cr</sub>** : 2110.97 kp/cm<sup>2</sup>

i) Cuando:  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$

$$F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

En el cual:

**F<sub>y</sub>**: Límite elástico mínimo que fue especificado en el acero de las barras

**F<sub>y</sub>** : 2548.42 kp/cm<sup>2</sup>

**F<sub>e</sub>**: Tensión crítica elástica de pandeo, que se tomó como la menor de:

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

**F<sub>e</sub>** : 5663.84 kp/cm<sup>2</sup>

$$F_{ex} : \underline{5663.84} \text{ kp/cm}^2$$

$$F_{ey} : \underline{5663.84} \text{ kp/cm}^2$$

En el cual:

**E:** Módulo de elasticidad del acero  $E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$

**K:** Factor de longitud efectiva.  $K_x : \underline{1.02}$

$$K_y : \underline{1.02}$$

**L:** Longitud de la barra  $L : \underline{6346} \text{ mm}$

**r:** Radio de giro dominante  $r_x : \underline{10.91} \text{ cm}$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r_y : \underline{10.91} \text{ cm}$$

En el cual:

**I:** Momento de inercia  $I_x : \underline{13803.34} \text{ cm}^4$

$$I_y : \underline{13803.34} \text{ cm}^4$$

**A:** Área total de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{116.07} \text{ cm}^2$$

### ❖ Diseño por resistencia a flexión

El capítulo F de ANSI/AISC 360-10 contiene los requisitos de LRFD a los que deben adherirse todos los segmentos (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_M = \frac{M_r}{M_c} \leq 1$$

$$\underline{\eta_M : 0.792}$$

Asumiendo la secuencia de eventos 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, el peor momento de flexión,  $M_r$ , ocurre en una ubicación a 6346 m del nodo N94.

En el cual:

$M_r$ : Resistencia a flexión necesitada en las combinación de carga

LRFD  $M_r$  : 21.083 t·m

$M_c$ : Resistencia de diseño a flexión  $M_c$  : 26.629 t·m

$$M_c = \phi_b M_n$$

Para secciones dobladas, los valores de estado límite establecidos en el Capítulo F proporcionarán el valor de resistencia de diseño a flexión más bajo.

En el cual:

$\phi_b$ : Factor de resistencia a flexión  $\phi_b$  : 0.90

$M_n$ : La resistencia nominal a la flexión que se calcula de acuerdo con Artículo 7,

Sección 1  $M_n$  : 29.587 t·m

### 1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$M_n$  : 29.587 t·m

Donde

$F_y$ : Límite elástico mínimo que fue especificado  $F_y$  : 2548.42 kp/cm<sup>2</sup>

$Z_x$ : Módulo resistente plástico respecto al eje X  $Z_x$  : 1161.01 cm<sup>3</sup>

### ❖ Diseño por resistencia a corte

Cada segmento debe cumplir con los requisitos descritos en el Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 para LRFD (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_v = \frac{V_r}{V_c} \leq 1$$

$\eta_v$  : 0.084 ✓

Para el conjunto de hipótesis nulas de 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, se solicita el esfuerzo cortante  $V_r$ .

En el cual:

**$V_r$** : Resistencia a cortante necesitada en las combinaciones para la carga

LRFD  **$V_r$**  : 6.291 t

**$V_c$** : Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n \quad \mathbf{V_c} : \underline{74.901} \text{ t}$$

La resistencia en el diseño a cortante viene dada por: En el cual:

$\phi_v$ : Factor de resistencia a cortante  **$\phi_v$**  : 0.90

**$V_n$** : se define de acuerdo con lo indicado en el Capítulo G, de la siguiente manera:

Cómo determinar la resistencia nominal al corte de tubos rectangulares y de sección cajón según ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5.

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v \quad \mathbf{V_n} : \underline{83.223} \text{ t}$$

En el cual:

**$F_y$** : Límite elástico mínimo que fue especificado  **$F_y$**  : 2548.42 kp/cm<sup>2</sup>

$$A_w = 2ht_w \quad \mathbf{A_w} : \underline{54.43} \text{ cm}^2$$

En el cual:

**$h$** : La distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

**$h$**  : 247.40 mm

**$t_w$** : Espesor del alma

**$t_w$**  : 11.00 mm

b) El coeficiente de cortante del alma,  $C_v$ , se determina de la misma manera para todas las demás secciones simétricas simples o dobles y secciones en U, con la excepción de los tubos circulares.

$$i) \frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$C_v = 1.0$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

En el cual:

**h:** La distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \underline{247.40} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

**E:** Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

**K<sub>v</sub>:** Coeficiente de abolladura del alma

$$K_v : \underline{5.00}$$

### Correa entre el eje 1-1 y 2-2

**Tabla 26**

Resumen de comprobaciones de correas entre el eje 1-1 y 2-2

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 (LRFD))								Estado
	P <sub>t</sub>	λ <sub>c</sub>	P <sub>c</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	PM <sub>x</sub> M <sub>y</sub> V <sub>x</sub> V <sub>y</sub> T	
N14/N1	η	λ ≤	η	X:5.8	X:5.8	η	X:5.8	X: 0.14 m	<b>CUMPL</b>
7	=	200.0	=	6 m	6 m	=	6 m	η = 20.9	<b>E</b>
	0.	Cumpl	0.	η =	η =	0.	η =		<b>η = 20.9</b>
	3	e	8	11.9	11.5	5	0.8		

Notación:

P<sub>t</sub> : Resistencia a tracción

λ<sub>c</sub> : Limitación de esbeltez para compresión

P<sub>c</sub> : Resistencia a compresión

M<sub>x</sub> : Resistencia a flexión eje x

M<sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje y

V<sub>x</sub> : Resistencia a corte X

V<sub>y</sub> : Resistencia a corte Y

PM<sub>x</sub>M<sub>y</sub>V<sub>x</sub>V<sub>y</sub>T : Esfuerzos combinados y torsión

x: Distancia al origen de la barra

η : Coeficiente de aprovechamiento (%)

Nota: conforme con la tabla se puede apreciar el resumen de comprobaciones de correas entre el eje 1-1 y 2-2 estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.

### ❖ Limitación de esbeltez para compresión

Cuando se comprime una barra, el espesor máximo permitido es:

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{150} \checkmark$$

el cual:

$\lambda$ : Coeficiente de esbeltez

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

$$\lambda : \underline{150}$$

Donde:

**L**: Longitud de la barra

$$L : \underline{5720} \text{ mm}$$

**K**: Factor de longitud efectiva.

$$K : \underline{1.05}$$

**r<sub>x</sub>**: Radio de giro respecto al eje X

$$r_x : \underline{4.00} \text{ cm}$$

En el cual:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$r_x : \underline{4.00} \text{ cm}$$

En el cual:

**I<sub>x</sub>**: Momento de inercia respecto al eje x

$$I_x : \underline{185.76} \text{ cm}^4$$

**A**: Área total de la sección transversal de la barra.

$$A : 11.59 \text{ cm}^2$$

### ❖ Diseño por resistencia a compresión

Todos los segmentos individuales (LRFD) tienen que cumplirse con los requisitos de LRFD establecidos en ANSI/AISC Capítulo E.

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_T = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

$$\eta_T : \underline{0.008} \checkmark$$

Este cálculo del peor de los casos se solicitó a lo largo del eje de compresión. Combinando las teorías 1.2PP+1.2CM1+SX da como resultado  $P_r$ .

En el cual:

$P_r$ : Resistencia a la compresión requerida de las combinaciones de carga

LRFD  $P_r$  : 0.069 t

$P_c$ : Resistencia de diseño a compresión  $P_c$  : 8.195 t

$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia a la compresión de diseño de la sección comprimida es el mínimo de los valores derivados de los estados límite discutidos en el Capítulo E.

En el cual:

$\phi_p$ : Factor de resistencia a compresión, tomado como:  $\phi_p$  : 0.90

$P_n$ : Resistencia nominal a compresión, que se calcula de acuerdo con

$$P_n = F_{cr} A$$

Artículo E3-B:  $P_n$  : 9.106 t

para pandeo bajo flexión de secciones compuestas por partes compactas y no compactas (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-B).

En el cual:

$A$ : Área bruta de la sección de la barra.  $A$  : 11.59 cm<sup>2</sup>

$F_{cr}$ : Tensión de pandeo en la flexión, que se tomó como:

$F_{cr}$  : 785.33 kp/cm<sup>2</sup>

ii) Cuando:  $\frac{F_y}{F_e} > 2.25$

$$F_{cr} = 0.877 F_e$$

En el cual:

**F<sub>y</sub>**: Límite elástico mínimo que fue especificado en el acero de las barras

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

**F<sub>e</sub>**: Tensión crítica elástica de pandeo, que se tomó como la menor de:

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

$$F_e : \underline{895.48} \text{ kp/cm}^2$$

$$F_{ex} : \underline{895.48} \text{ kp/cm}^2$$

$$F_{ey} : \underline{895.48} \text{ kp/cm}^2$$

En el cual:

**E**: Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

**K**: Factor de longitud efectiva.

$$K_x : \underline{1.05}$$

$$K_y : \underline{1.05}$$

**L**: Longitud de la barra

$$L : \underline{5720} \text{ mm}$$

**r**: Radio de giro dominante

$$r_x : \underline{4.00} \text{ cm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r_y : \underline{4.00} \text{ cm}$$

En el cual:

**I**: Momento de inercia

$$I_x : \underline{185.76} \text{ cm}^4$$

$$I_y : \underline{185.76} \text{ cm}^4$$

**A**: Área total de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{11.59} \text{ cm}^2$$

### ❖ Diseño por resistencia a flexión

El capítulo F de ANSI/AISC 360-10 contiene los requisitos de LRFD a los que deben adherirse todos los segmentos (LRFD).



Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_M = \frac{M_r}{M_c} \leq 1$$

$$\eta_M : \underline{0.116}$$

Cuando se lleva a cabo la secuencia de operaciones 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, el mal diseño que exige el momento flector,  $M_r$ , ocurre en un lugar a 5860 m del nodo N4.

En el cual:

**$M_r$** : Resistencia a flexión necesitada en la combinación de carga

LRFD

$$\mathbf{M}_r : \underline{0.116} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**$M_c$** : Resistencia de diseño a flexión

$$\mathbf{M}_c : \underline{0.976} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_c = \phi_b M_n$$

Para secciones dobladas, los valores de estado límite establecidos en el Capítulo F proporcionarán el valor de resistencia de diseño a flexión más bajo.

En el cual:

$\phi_b$ : Factor de resistencia a flexión

$$\phi_b : \underline{0.90}$$

**$M_n$** : La resistencia nominal a la flexión que se calcula de acuerdo con Artículo 7, Sección 1

$$\mathbf{M}_n : \underline{1.085} \text{ t}\cdot\text{m}$$

En el cual:

**$M^*$** : Resistencia a flexión requerida

$$\mathbf{M}^* : \underline{0.062} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_r : \underline{0.116} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$\mathbf{M}_n : \underline{1.085} \text{ t}\cdot\text{m}$$

En el cual:

**$F_y$** : Límite elástico mínimo que fue especificado

$$\mathbf{F}_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

**$Z_x$** : Módulo resistente plástico respecto al eje X

$$\mathbf{Z}_x : \underline{42.56} \text{ cm}^3$$

### ❖ Diseño por resistencia a corte

Cada segmento debe cumplir con los requisitos descritos en el Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 para LRFD (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_v = \frac{V_r}{V_c} \leq 1$$

$$\eta_v : \underline{0.005}$$

Para el conjunto de hipótesis nulas de 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, se solicita el esfuerzo cortante  $V_r$ .

En el cual:

$V_r$ : Resistencia a cortante necesitada en las combinación para la carga

LRFD

$$V_r : \underline{0.039} \text{ t}$$

$V_c$ : Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

$$V_c : \underline{7.398} \text{ t}$$

La resistencia en el diseño a cortante viene dada por:

En el cual:

$\phi_v$ : Factor de resistencia a cortante  $\phi_v : \underline{0.90}$

$V_n$ : se define de acuerdo con lo indicado en el Capítulo G, de la siguiente manera:

Así se determina la resistencia nominal al corte para tubos rectangulares y secciones cajón (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

$$V_n : \underline{8.220} \text{ t}$$

En el cual:

$F_y$ : Límite elástico mínimo que fue especificado  $F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$

$$A_w : \underline{5.38} \text{ cm}^2$$

$$A_w = 2bt_f$$

En el cual:

**b:** Distancia libre entre almas menos el radio de acuerdo a cada lado

$$b : \underline{89.60} \text{ mm}$$

**t<sub>f</sub>:** Espesor del ala

$$t_f : \underline{3.00} \text{ mm}$$

El coeficiente de cortante del alma,  $C_v$ , se determina de la misma manera para todas las demás secciones simétricas simples o dobles y secciones en U, con la excepción de los tubos circulares.

$$\frac{b}{t_f} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$C_v = 1.0$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

En el cual:

**b:** Distancia libre entre almas menos el radio de acuerdo a cada lado

$$b : \underline{89.60} \text{ mm}$$

**t<sub>f</sub>:** Espesor del ala

$$t_f : \underline{3.00} \text{ mm}$$

**E:** Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

**K<sub>v</sub>:** Coeficiente de abolladura del alma

$$K_v : \underline{5.00}$$

## Correa entre el eje 4-4 y 5-5

**Tabla 27**

Resumen de comprobaciones de correa entre el eje 4-4 y 5-5

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 ( LRFD))								Estado
	$P_t$	$\lambda_c$	$P_c$	$M_x$	$M_y$	$V_x$	$V_y$	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N43/N5	$\eta$	$\lambda \leq$	$\eta$	X:5.3	X:0.1	X:2.7	X:5.3	X: 0.14 m	<b>CUMPLE</b>
6	=	200.0	=	6 m	4 m	5 m	6 m	$\eta = 20.0$	$\eta = 20.0$
	0.	Cumpl	0.	$\eta =$	$\eta =$	$\eta =$	$\eta =$		
	2	e	5	12.3	7.7	0.4	0.9		

Notación:

$P_t$  : Resistencia a tracción

$\lambda_c$  : Limitación de esbeltez para compresión

$P_c$  : Resistencia a compresión

$M_x$  : Resistencia a flexión eje x

$M_y$  : Resistencia a flexión eje y

$V_x$  : Resistencia a corte X

$V_y$  : Resistencia a corte Y

$PM_xM_yV_xV_yT$  : Esfuerzos combinados y torsión

x: Distancia al origen de la barra

$\eta$  : Coeficiente de aprovechamiento (%)

*Nota: conforme con la tabla se puede apreciar el resumen de comprobaciones de la correa entre el eje 4-4 y 5-5 estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

### ❖ Limitación de esbeltez para compresión

Cuando se comprime una barra, el espesor máximo permitido es:

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{137} \checkmark$$

En el cual:

$\lambda$ : Coeficiente de esbeltez

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

En el cual:

$$\lambda : \underline{137}$$

**L:** Longitud de la barra

**L :** 5220 mm

**K:** Factor de longitud efectiva.

**K :** 1.05

**r<sub>x</sub>:** Radio de giro respecto al eje X

**r<sub>x</sub> :** 4.00 cm

En el cual:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

**r<sub>x</sub> :** 4.00 cm

En el cual:

**I<sub>x</sub>:** Momento de inercia respecto al eje x

**I<sub>x</sub> :** 185.76 cm<sup>4</sup>

**A:** Área total de la sección transversal de la barra.

**A :** 11.59 cm<sup>2</sup>

#### ❖ Diseño por resistencia a compresión

Todos los segmentos individuales (LRFD) tienen que cumplirse con los requisitos de LRFD establecidos en ANSI/AISC Capítulo E.

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_T = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

**η<sub>T</sub> :** 0.005 ✓

Bajo el escenario alternativo donde Pr=0.9PP+0.9CM1-SY, se obtiene el eje de compresión del peor caso.

En el cual:

**P<sub>r</sub>:** Resistencia a la compresión requerida de las combinaciones de carga

LRFD

**P<sub>r</sub> :** 0.044 t

**P<sub>c</sub>:** Resistencia de diseño a compresión

**P<sub>c</sub> :** 9.753 t

$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia a la compresión de diseño de la sección comprimida es el mínimo de los valores derivados de los estados límite discutidos en el Capítulo E.

En el cual:

$\phi_p$ : Factor de resistencia a compresión, tomado como:  $\phi_p : \underline{0.90}$

$P_n$ : Resistencia nominal a compresión, que se calcula de acuerdo con

$$P_n = F_{cr} A$$

Artículo E3-B:  $P_n : \underline{10.837} \text{ t}$

para pandeo bajo flexión de secciones compuestas por partes compactas y no compactas (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-B).

En el cual:

$A$ : Área bruta de la sección de la barra.  $A : \underline{11.59} \text{ cm}^2$

$F_{cr}$ : Tensión de pandeo en la flexión, que se tomó como:

$F_{cr} : \underline{934.61} \text{ kp/cm}^2$

ii) Cuando:  $\frac{F_y}{F_e} > 2.25$

$$F_{cr} = 0.877 F_e$$

En el cual:

$F_y$ : Límite elástico mínimo que fue especificado en el acero de las barras

$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$

$F_e$ : Tensión crítica elástica de pandeo, que se tomó como la menor de:

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

$F_e : \underline{1065.69} \text{ kp/cm}^2$

$F_{ex} : \underline{1065.69} \text{ kp/cm}^2$

$F_{ey} : \underline{1065.69} \text{ kp/cm}^2$

En el cual:

$E$ : Módulo de elasticidad del acero

$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$

$K$ : Factor de longitud efectiva.

$K : \underline{1.05}$

$$K_y : \underline{1.05}$$

**L:** Longitud de la barra

$$L : \underline{5220} \text{ mm}$$

**r:** Radio de giro dominante

$$r_x : \underline{4.00} \text{ cm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r_y : \underline{4.00} \text{ cm}$$

En el cual:

**I:** Momento de inercia

$$I_x : \underline{185.76} \text{ cm}^4$$

$$I_y : \underline{185.76} \text{ cm}^4$$

**A:** Área total de la sección transversal de la barra. **A** : 11.59 cm<sup>2</sup>

#### ❖ Diseño por resistencia a flexión

El capítulo F de ANSI/AISC 360-10 contiene los requisitos de LRFD a los que deben adherirse todos los segmentos (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_M = \frac{M_r}{M_c} \leq 1$$

$$\eta_M : \underline{0.123}$$

la secuencia de operaciones 1.2PP+1.2CM1+SX, la ubicación a 5360 m del cruce N43 experimenta el momento flector,  $M_r$ , que requiere el peor cálculo.

En el cual:

**M<sub>r</sub>:** Resistencia a flexión necesitada en las combinación de carga LRFD

$$M_r : \underline{0.120} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**M<sub>c</sub>:** Resistencia de diseño a flexión

$$M_c : \underline{0.976} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_c = \phi_b M_n$$

Para secciones expuestas a momentos flectores, la resistencia de cálculo a flexión es el mínimo de los valores derivados de los estados límite especificados en el Capítulo F:

En el cual:

$\phi_b$ : Factor de resistencia a flexión  $\phi_b$  : 0.90

$M_n$ : La resistencia nominal a la flexión que se calcula de acuerdo con Artículo 7,

Sección 1  **$M_n$**  : 1.085 t·m

En el cual:

**$M$**  : Resistencia a flexión requerida  **$M^+$**  : 0.076 t·m

**$M_r$**  : 0.120 t·m

1 Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

En el cual:

**$M_n$**  : 1.085 t·m

$F_y$ : Límite elástico mínimo que fue especificado

**$F_y$**  : 2548.42 kp/cm<sup>2</sup>

$Z_x$ : Módulo resistente plástico respecto al eje X

**$Z_x$**  : 42.56 cm<sup>3</sup>

### ❖ Diseño por resistencia a corte

Cada segmento debe cumplir con los requisitos descritos en el Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 para LRFD (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_v = \frac{V_r}{V_c} \leq 1$$

✓  
 **$\eta_v$**  : 0.009

Cuando se combinan las hipótesis 1.2PP+1.2CM1+SX, el peor diseño que demanda fuerza cortante  $V_r$  ocurre en un lugar a 5360 m del nodo N43.

En el cual:



**V<sub>r</sub>**: Resistencia a cortante necesitada en la combinación para la carga  
LRFD

$$\mathbf{V_r} : \underline{0.065} \text{ t}$$

**V<sub>c</sub>**: Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

$$\mathbf{V_c} : \underline{7.398} \text{ t}$$

La resistencia en el diseño a cortante viene dada por:

En el cual:

**φ<sub>v</sub>**: Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v \underline{0.90}$$

**V<sub>n</sub>**: se define de acuerdo con lo indicado en el Capítulo

G, de la siguiente manera:

La resistencia nominal al corte se determina de la siguiente manera (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulos G a G-5). Esto se aplica tanto a las secciones rectangulares como a las cuadradas.

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

$$\mathbf{V_n} : \underline{8.220} \text{ t}$$

En el cual:

**F<sub>y</sub>**: Límite elástico mínimo que fue especificado

$$\mathbf{F_y} : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

$$A_w = 2ht_w$$

$$\mathbf{A_w} : \underline{5.38} \text{ cm}^2$$

En el cual:

**h**: La distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo **h** : 89.60 mm

**tw**: Espesor del alma

$$\mathbf{tw} : \underline{3.00} \text{ mm}$$

b) El coeficiente de cortante del alma, C<sub>v</sub>, se determina de la misma manera para todas las demás secciones simétricas simples o dobles y secciones en U, con la excepción de los tubos circulares.

$$i) \frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$C_v = 1.0$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

En el cual:

**h:** La distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \underline{89.60} \text{ mm}$$

**tw:** Espesor del alma

$$tw : \underline{3.00} \text{ mm}$$

**E:** Módulo de elasticidad del acero

$$E: \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

**Kv:** Coeficiente de abolladura del alma

$$Kv : \underline{5.00}$$

### Vigas del eje 2-2

**Tabla 28**

*Resumen de comprobaciones de la viga del eje 2-2*

COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 ( LRFD))									
Barra	$P_t$	$\lambda_c$	$P_c$	$M_x$	$M_y$	$V_x$	$V_y$	$PM_xM_yV_xV_y$	Estado
N17/N	N.P. <sup>(1)</sup>	$\lambda \leq$	X:0.1	X:0.1	X:0.1	X:2.7	X:0.1	X:0.154 m	<b>CUMP</b>
25		200.0	54 m	54 m	54 m	39 m	54 m	$\eta = 81.6$	<b>LE</b>
		Cump	$\eta =$	$\eta =$	$\eta =$	$\eta =$	$\eta =$		$\eta =$
		le	3.6	79.2	2.6	0.2	6.9		<b>81.6</b>

Notación:

$P_t$  : Resistencia a tracción

$\lambda_c$  : Limitación de esbeltez para compresión

$P_c$  : Resistencia a compresión

$M_x$  : Resistencia a flexión eje x

$M_y$  : Resistencia a flexión eje y

$V_x$  : Resistencia a corte X

$V_y$  : Resistencia a corte Y

$PM_xM_yV_xV_yT$  : Esfuerzos combinados y torsión

x: Distancia al origen de la barra

$\eta$  : Coeficiente de aprovechamiento (%)

N.P.: No procede

---

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

**\*La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.**

---

*Nota: conforme con la tabla se puede apreciar el resumen de comprobaciones de la viga del eje 2-2 estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

**❖ Limitación de esbeltez para compresión**

Una barra que se comprime solo puede ser tan delgada como\*:

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{25} \quad \checkmark$$

En el cual:

$\lambda$ : Coeficiente de esbeltez

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

$$\lambda : \underline{25}$$

En el cual:

**L**: Longitud de la barra

$$L : \underline{2585} \text{ mm}$$

**K**: Factor de longitud efectiva.

$$K : \underline{1.06}$$

**rx**: Radio de giro respecto al eje X      **r**

$$x : \underline{10.91} \text{ cm}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

En el cual:

$$x : \underline{10.91} \text{ cm}$$

En el cual:

**I<sub>x</sub>**: Momento de inercia respecto al eje x

$$I_x : \underline{13803.34} \text{ cm}^4$$

**A**: Área total de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{116.07} \text{ cm}^2$$

## ❖ Diseño por resistencia a compresión

Todos los segmentos individuales (LRFD) tienen que cumplirse con los requisitos de LRFD establecidos en ANSI/AISC Capítulo E.

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_r = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

$$\eta_r : \underline{0.036}$$

Al combinar los supuestos 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, el eje de compresión  $P_r$  del peor caso ocurre en un lugar a 0.154 m del nodo N17.

En el cual:

**$P_r$** : Resistencia a la compresión requerida de las combinaciones de carga

LRFD

$$\mathbf{P_r} : \underline{9.223} \text{ t}$$

**$P_c$** : Resistencia de diseño a compresión

$$\mathbf{P_c} : \underline{257.450} \text{ t}$$

$$P_c = \phi_p P_n$$

Al diseñar para compresión en secciones comprimidas, apunte al valor mínimo de la resistencia de los estados límite indicados en el Capítulo E.

En el cual:

$\phi_p$ : Factor de resistencia a compresión, tomado como:

$$\phi_p : \underline{0.90}$$

**$P_n$** : Resistencia nominal a compresión, que se calcula de acuerdo con

$$P_n = F_{cr} A$$

Artículo E3-A:

$$\mathbf{P_n} : 286.056 \text{ t}$$

para componentes compactos y no compactos en pandeo por flexión (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-A).

En el cual:

**A**: Área bruta de la sección de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{116.07} \text{ cm}^2$$

**F<sub>cr</sub>**: Tensión de pandeo en la flexión, que se tomó como:

$$F_{cr} : \underline{2464.59} \text{ kp/cm}^2$$

i) Cuando:  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$

$$F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

En el cual:

**F<sub>y</sub>**: Límite elástico mínimo que fue especificado en el acero de las barras

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

**F<sub>e</sub>**: Tensión crítica elástica de pandeo, que se tomó como la menor de:

$$F_e : \underline{31887.60} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$F_{ex} : \underline{31887.60} \text{ kp/cm}^2$$

$$F_{ey} : \underline{31887.60} \text{ kp/cm}^2$$

En el cual:

**E**: Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

**K**: Factor de longitud efectiva.

$$K_x : \underline{1.06}$$

$$K_y : \underline{1.06}$$

**L**: Longitud de la barra

$$L : \underline{2585} \text{ mm}$$

**r**: Radio de giro dominante

$$r_x : \underline{10.91} \text{ cm}$$

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r_y : \underline{10.91} \text{ cm}$$

En el cual:

**I**: Momento de inercia

$$I_x : \underline{13803.34} \text{ cm}^4$$

$$I_y : \underline{13803.34} \text{ cm}^4$$

**A**: Área total de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{116.07} \text{ cm}^2$$

### ❖ Diseño por resistencia a flexión

Los requisitos de LRFD establecidos en ANSI/AISC 360-10 Capítulo F deben ser cumplidos por todos los segmentos (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_M = \frac{M_r}{M_c} \leq 1$$

$$\eta_M : \underline{0.02} \checkmark$$

Durante la secuencia de operaciones 1.2PP+1.2CM1-SX, el punto a una distancia de 0.154 m del nodo N17 experimenta el momento flector,  $M_r$ , que requiere el peor cálculo.

En el cual:

**$M_r$** : Resistencia a flexión necesitada en las combinación de carga LRFD

$$\mathbf{M_r} : \underline{0.684} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**$M_c$** : Resistencia de diseño a flexión

$$\mathbf{M_c} : \underline{26.629} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_c = \phi_b M_n$$

Para secciones dobladas, los valores de estado límite establecidos en el Capítulo F proporcionarán el valor de resistencia de diseño a flexión más bajo.

En el cual:

$\phi_b$ : Factor de resistencia a flexión  $\phi_b : \underline{0.90}$

**$M_n$** : La resistencia nominal a la flexión que se calcula de acuerdo con Artículo 7, Sección 1

$$\mathbf{M_n} : \underline{29.587} \text{ t}\cdot\text{m}$$

En el cual:

**$M$** : Resistencia a flexión requerida

$$\mathbf{M} : \underline{0.663} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M_r} : \underline{0.663} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Fluencia

$$\mathbf{M_n} : \underline{29.587} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_n = M_p = F_y Z_y$$

En el cual:

**$F_y$** : Límite elástico mínimo que fue especificado

$$\mathbf{F_y} : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

**$Z_y$** : Módulo resistente plástico respecto al eje Y

$$\mathbf{Z_y} : \underline{1161.01} \text{ cm}^3$$

### ❖ Diseño por resistencia a corte

Cada segmento debe cumplir con los requisitos descritos en el Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 para LRFD (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_v = \frac{V_r}{V_c} \leq 1$$

$$\rho_t V : \underline{0.069}$$



Con el conjunto de suposiciones 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, el peor diseño que requiere fuerza cortante  $V_r$  ocurre en una ubicación a 0.154 m del nodo N17.

En el cual:

$V_r$ : Resistencia a cortante necesitada en las combinación para la carga

LRFD

$$V_r : \underline{5.132} \text{ t}$$

$V_c$ : Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

$$V_c : \underline{74.901} \text{ t}$$

La resistencia en el diseño a cortante viene dada por: En el cual:

$\phi_v$ : Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v : \underline{0.90}$$

$V_n$ : se define de acuerdo con lo indicado en el Capítulo

G, de la siguiente manera:

Así se determina la resistencia nominal al corte para tubos rectangulares

y secciones cajón (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5).

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

$$V_n : \underline{83.223} \text{ t}$$

En el cual:

**F<sub>y</sub>**: Límite elástico mínimo que fue especificado

$$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$$

$$A_w = 2ht_w$$

$$A_w : \underline{54.43} \text{ cm}^2$$

En el cual:

**h**: La distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \underline{247.40} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

b) El coeficiente de cortante del alma, C<sub>v</sub>, se determina como sigue para almas de cualquier otra sección simétrica simple o doble y secciones en U, excepto tubos redondos.

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$C_v = 1.0$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

En el cual:

**h**: La distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \underline{247.40} \text{ mm}$$

**tw**: Espesor del alma

$$tw : \underline{11.00} \text{ mm}$$

**E**: Módulo de elasticidad del acero

$$E : \underline{2038735.98} \text{ kp/cm}^2$$

**Kv**: Coeficiente de abolladura del alma

$$Kv : \underline{5.00}$$



## Viga del eje 5-5

**Tabla 29**

Resumen de comprobaciones de la viga del eje 5-5

COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 (LRFD))									
Barra	$P_t$	$\lambda_c$	$P_c$	$M_x$	$M_y$	$V_x$	$V_y$	$PM_xM_yV_xV_yT$	Estado
N56/N	N.P. <sup>(1)</sup>	$\lambda \leq$	X:0.15	X:0.15	X:0.15	$\eta$	X:0.15	X:0.154 m	<b>CUMPL</b>
64		200.0	4 m	4 m	4 m	=	4 m	$\eta = 78.9$	<b>E</b>
		Cumpl	$\eta =$	$\eta =$	$\eta =$	0.	$\eta =$		$\eta =$
		e	3.65	77.2	2.6	2	6.6		<b>78.9</b>

Notación:

$P_t$  : Resistencia a tracción

$\lambda_c$  : Limitación de esbeltez para compresión

$P_c$  : Resistencia a compresión

$M_x$  : Resistencia a flexión eje x

$M_y$  : Resistencia a flexión eje y

$V_x$  : Resistencia a corte X

$V_y$  : Resistencia a corte Y

$PM_xM_yV_xV_yT$  : Esfuerzos combinados y torsión

x: Distancia al origen de la barra

$\eta$  : Coeficiente de aprovechamiento (%)

N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

**\*La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.**

*Nota: conforme con la tabla se puede apreciar el resumen de comprobaciones de la viga del eje 5-5 estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

### ❖ Limitación de esbeltez para compresión

Quando se comprime una barra, el espesor máximo permitido es:

$$\lambda \leq 200$$

$$\lambda : \underline{\quad 25 \quad} \checkmark$$

En el cual:

$\lambda$ : Coeficiente de esbeltez

$$\lambda = \frac{KL}{r}$$

$$\lambda : \underline{\quad 25 \quad}$$

En el cual:

**L:** Longitud de la barra

$$\mathbf{L} : \underline{\quad 2585 \quad} \text{ mm}$$

**K:** Factor de longitud efectiva.

$$\mathbf{K} : \underline{\quad 1.06 \quad}$$

**r<sub>x</sub>:** Radio de giro respecto al eje X

$$\mathbf{r}_x : \underline{\quad 10.91 \quad} \text{ cm}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$\mathbf{r}_x : \underline{\quad 10.91 \quad} \text{ cm}$$

En el cual:

**I<sub>x</sub>:** Momento de inercia respecto al eje x

$$\mathbf{I}_x : \underline{\quad 13803.34 \quad} \text{ cm}^4$$

**A:** Área total de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{\quad 116.07 \quad} \text{ cm}^2$$

#### ❖ Diseño por resistencia a compresión

Todos los segmentos individuales (LRFD) tienen que cumplirse con los requisitos de LRFD establecidos en ANSI/AISC Capítulo E.

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_{\tau} = \frac{P_r}{P_c} \leq 1$$

$$\eta_{\tau} : \underline{\quad 0.035 \quad} \checkmark$$

Usando los supuestos 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, el eje de compresión Pr del peor caso está situado a 0.154 m del nodo N56.

En el cual:

**P<sub>r</sub>:** Resistencia a la compresión requerida de las combinaciones de carga

LRFD

$$\mathbf{P}_r : \underline{\quad 8.894 \quad} \text{ t}$$

**P<sub>c</sub>:** Resistencia de diseño a compresión

$$\mathbf{P}_c : \underline{\quad 257.450 \quad} \text{ t}$$

$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia a la compresión de diseño de la sección comprimida es el

mínimo de los valores derivados de los estados límite discutidos en el Capítulo E.

En el cual:

$\phi_p$ : Factor de resistencia a compresión, tomado como:  $\phi_p : \underline{0.90}$

$P_n$ : Resistencia nominal a compresión, que se calcula de acuerdo con

$$P_n = F_{cr} A$$

Artículo E3-A:  $P_n : \underline{286.056} \text{ t}$

para componentes compactos y no compactos en pandeo por flexión (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-A).

En el cual:

$A$ : Área bruta de la sección de la barra.  $A : \underline{116.07} \text{ cm}^2$

$F_{cr}$ : Tensión de pandeo en la flexión, que se tomó como:  $F_{cr} : \underline{2464.59} \text{ kp/cm}$

i) Cuando:  $\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$

$$F_{cr} = \left[ 0.658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

En el cual:

$F_y$ : Límite elástico mínimo que fue especificado en el acero de las barras

$F_y : \underline{2548.42} \text{ kp/cm}^2$

$F_e$ : Tensión crítica elástica de pandeo, que se tomó como la menor de:

$F_e : \underline{31887.60} \text{ kp/cm}^2$

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

$F_{ex} : 31887.60 \text{ kp/cm}^2$

$F_{ey} : 31887.60 \text{ kp/cm}^2$

En el cual:

**E:** Módulo de elasticidad del acero **E :** 2038735.98 kp/cm<sup>2</sup>  
**K:** Factor de longitud efectiva. **K<sub>x</sub> :** 1.06  
**K<sub>y</sub> :** 1.06  
**L:** Longitud de la barra **L :** 2585 mm  
**r:** Radio de giro dominante **r<sub>x</sub> :** 10.91 cm  
**r<sub>y</sub> :** 10.91 cm  

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

En el cual:

**I:** Momento de inercia **I<sub>x</sub> :** 13803.34 cm<sup>4</sup>  
**I<sub>y</sub> :** 13803.34 cm<sup>4</sup>  
**A:** Área total de la sección transversal de la barra.  
**A :** 116.07 cm<sup>2</sup>

#### ❖ Diseño por resistencia a flexión

El capítulo F de ANSI/AISC 360-10 contiene los requisitos de LRFD a los que deben adherirse todos los segmentos (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_M = \frac{M_r}{M_c} \leq 1$$

**ηM :** 0.772 ✓

Para la secuencia 1.2PP+1.2CM1+1.6Q1, el diseño deficiente que requiere un momento flector,  $M_r$ , ocurre en una ubicación a 0.154 m del nodo N56.

En el cual:

**Mr:** Resistencia a flexión necesitada en las combinación de carga LRFD

**Mr :** 20.552 t·m

**Mc:** Resistencia de diseño a flexión

**Mc :** 26.629 t·m

$$M_c = \phi_b M_n$$

Para secciones dobladas, los valores de estado límite establecidos en el Capítulo F proporcionarán el valor de resistencia de diseño a flexión más bajo.

En el cual:

$\phi_b$ : Factor de resistencia a flexión

$\phi_b$  : 0.90

$M_n$ : La resistencia nominal a la flexión que se calcula de acuerdo con Artículo 7, Sección 1

$M_n$  : 29.587 t·m

Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

En el cual:

$F_y$ : Límite elástico mínimo que fue especificado

$F_y$  : 2548.42 kp/cm<sup>2</sup>

$Z_x$ : Módulo resistente plástico respecto al eje X

$Z_x$  : 1161.01 cm<sup>3</sup>

#### ❖ Diseño por resistencia a corte

El capítulo G de ANSI/AISC 360-10 contiene los requisitos de LRFD a los que deben adherirse todos los segmentos (LRFD).

Para calificar, tienen que darse las condiciones siguientes:

$$\eta_v = \frac{V_r}{V_c} \leq 1$$

$\eta_v$  : 0.066 ✓

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_r$  se produce en un punto situado a una distancia de 0.154 m del nudo N56, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1.

En el cual:

$V_r$ : Resistencia a cortante necesitada en la combinación para la carga LRFD

$V_r$  : 4.953 t

**V<sub>c</sub>**: Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

$$V_c : \underline{74.901} \text{ t}$$

La resistencia en el diseño a cortante viene dada por: En el cual:

**φ<sub>v</sub>**: Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v : \underline{0.90}$$

**V<sub>n</sub>**: tiene el significado dado en el Capítulo G:

Cómo determinar la resistencia nominal al corte de tubos rectangulares y de sección cajón según ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5.

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

En el cual:

**F<sub>y</sub>**: Límite elástico mínimo especificado

$$A_w = 2ht_w$$

$$I_x : \underline{13803.34 \text{ cm}^4}$$

$$A_w : \underline{116.07}$$

cm<sup>2</sup>

Donde:

**h**: Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$h : \underline{247.40} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma

$$t_w : \underline{11.00} \text{ mm}$$

b) Con la excepción de los tubos redondos, el coeficiente de cortante del alma, C<sub>v</sub>, se determina de la siguiente manera para almas con las siguientes configuraciones de sección transversal:

Donde:

**h**: Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \underline{247.40} \text{ mm}$$

**tw:** Espesor del alma

**tw** : 11.00 mm

**E:** Módulo de elasticidad del acero

**E** : 2038735.98 kp/cm<sup>2</sup>

**Kv:** Coeficiente de abolladura del alma

**Kv** : 5.00

### 4.3 CIMENTACIONES EN CYPECAD

El software CYPECAD cuenta con una herramienta la cual nos ayuda a dimensionar las cimentaciones ya sea zapata asilada, combinada o viga de cimentación.

Al igual que el modelamiento estructural para poder hacer uso de esta herramienta debemos definir todos los datos de entrada.

**Figura 30**

*Datos generales para cimentaciones*

The screenshot shows a dialog box titled "Datos generales" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is organized into several sections:

- Terreno de fundación:**
  - Verificar deslizamiento de zapatas
  - Adherencia (a') : 0.000 kp/cm<sup>2</sup>
  - Ángulo de rozamiento terreno-zapata (d') : 25.00 grados
  - Situaciones persistentes : 3.00 kp/cm<sup>2</sup> (with a left arrow button)
  - Situaciones sísmicas y accidentales : 4.50 kp/cm<sup>2</sup>
- Acciones:**
  - Considerar combinaciones con viento
  - Considerar combinaciones con sismo
- Hormigón:**
  - Tipo: f'c=280 (dropdown menu)
  - Tamaño máximo de agregado : 30 mm
- Acero:**
  - Zapatas : Grado 60 (dropdown menu)
  - Cabezales : Grado 60 (dropdown menu)
  - Vigas cantilever y de atado : Grado 60 (dropdown menu)

*Nota: en la figura se puede apreciar los datos generales para cimentaciones estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

Luego empleamos la herramienta dimensionar, con la cual nos dará las dimensiones editables, las cuales podemos modificar según nuestra

necesidad, este caso emplearemos zapatas aisladas de 120x120x60.

### ➤ Diseño de zapatas aisladas

**Tabla 30**

*Comprobaciones de resistencia para zapatas*

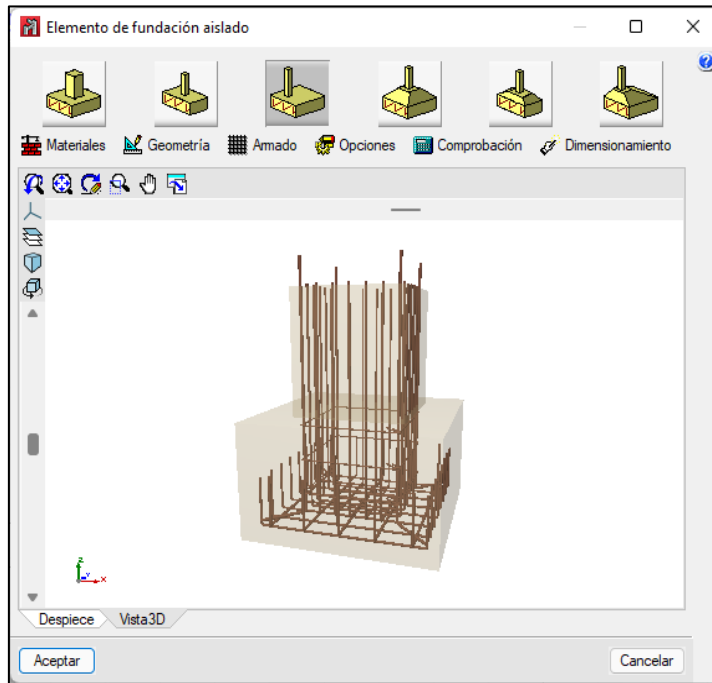
<b>Referencia: P18</b>		
<b>Dimensiones:120 X 120 X 70</b>		
<b>Armados : Xi : <math>\phi 5/8</math>"c/14 Yi: <math>\phi 3/4</math>"c/22</b>		
<b>Comprobación</b>	<b>Valores</b>	<b>Estado</b>
Tensiones sobre el terreno:	Calculado: 0.841 kp/cm <sup>2</sup>	
Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm <sup>2</sup>	<b>Cumple</b>
Tensión máxima en situaciones persistentes:	Máximo: 3.75 kp/cm <sup>2</sup>	<b>Cumple</b>
Vuelco de la zapata:		
En dirección X (*)		<b>No procede</b>
En dirección Y (*)		<b>No procede</b>
Flexión en la zapata:		
En dirección X:	Momento: 0.39 t-m	<b>Cumple</b>
En dirección Y:	Momento: 0.38 t-m	<b>Cumple</b>
Cortante en la zapata:		
En dirección X:	Cortante: 0.00 t	<b>Cumple</b>
En dirección Y:	Cortante: 0.00 t	<b>Cumple</b>
Compresión oblicua en la zapata:	Máximo 840 t/m <sup>2</sup>	<b>Cumple</b>
Situaciones persistentes:	Calculado: 8.63 t/m <sup>2</sup>	
Altura mínima:	Mínimo: 36 cm	<b>Cumple</b>
Capítulo 15.7 (norma NTE E.060: 2009)	Calculado: 70 cm	
Espacio para anclar arranques en fundación:	Mínimo: 25 cm	<b>Cumple</b>
ZAPATA AISLADA:	Calculado: 62 cm	
Cuantía geométrica mínima:	Mínimo: 0.0018	
Capítulo 7.12 (norma NTE E.060: 2009)		
Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.002	<b>Cumple</b>
Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0019	<b>Cumple</b>
Diámetro mínimo de las barras:	Mínimo: 10 mm	



Parrilla inferior:	Calculado: 15.875 mm	<b>Cumple</b>
Separación máxima entre barras:	Máximo: 30 cm	
Armado inferior dirección X:	Calculado: 14 cm	<b>Cumple</b>
Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	<b>Cumple</b>
Separación mínima entre barras:	Mínimo: 10 cm	
Armado inferior dirección X:	Calculado: 14 cm	<b>Cumple</b>
Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	<b>Cumple</b>
Longitud de anclaje:	Mínimo: 30 cm	
Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 30 cm	<b>Cumple</b>
Armado inf. dirección X hacia izq.:	Calculado: 30 cm	<b>Cumple</b>
Armado inf- dirección Y hacia arriba:	Calculado: 30 cm	<b>Cumple</b>
Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 30 cm	<b>Cumple</b>
Longitud mínima de los ganchos:	Calculado: 30 cm	
Armado inf. dirección X hacia der:	Mhimo:25 cm	<b>Cumple</b>
Armado inf. dirección X hacia izq.:	Mhimo:25 cm	<b>Cumple</b>
Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 30 cm	<b>Cumple</b>
Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 30 cm	<b>Cumple</b>
Tensión máxima en la armadura para limitar la fisuración:	Máximo: 2520 kp/cm"	
Armado inferior dirección X:	Calculado: 20.61 kp/cm"	<b>Cumple</b>
Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22.72 kp/cm"	<b>Cumple</b>
Se cumplen todas las comprobaciones		

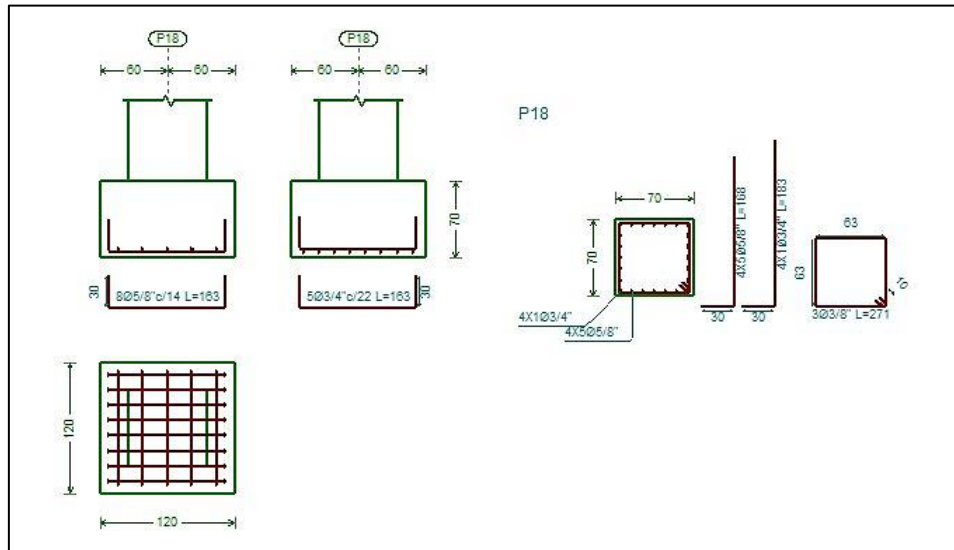
*Nota: conforme con la tabla se puede apreciar las comprobaciones de la zapata estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

**Figura 31**  
Vista 3D de zapatas



*Nota: en la figura se puede apreciar la vista 3D de las zapatas estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

**Figura 32**  
Detalles de zapata aislada



*Nota: en la figura anterior se puede apreciar los detalles de las zapatas estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

➤ **Diseño de vigas de cimentación**

**Tabla 31**

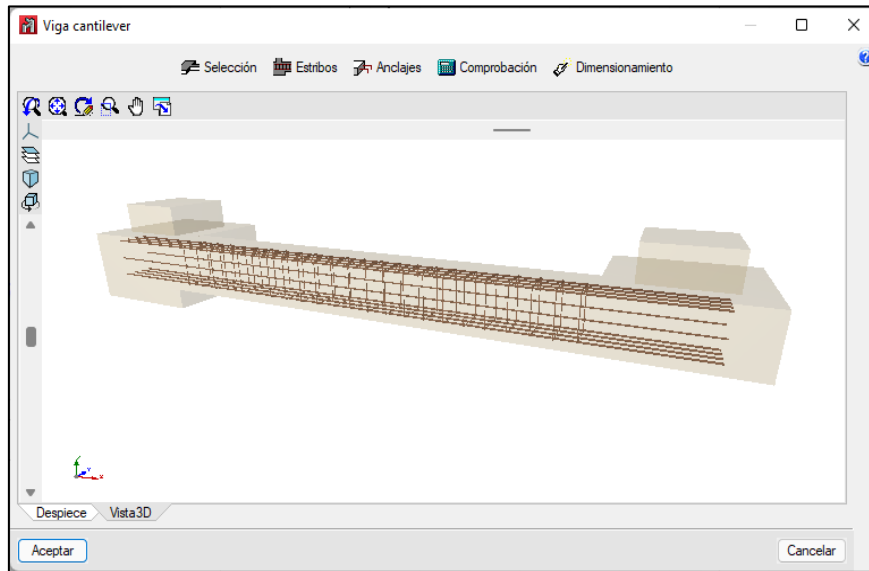
*Comprobaciones de resistencia de la viga de cimentación*

<b>Referencia: VC.S-1.1 [P18-P17] (Viga cantiléver)</b>		
<b>Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm</b>		
<b>Armado superior : 4 <math>\phi</math>5/8"</b>		
<b>Armado de piel : 1x2 <math>\phi</math>1/2"</b>		
<b>Armado inferior : 4 <math>\phi</math>5/8"</b>		
<b>Estribos : 1 <math>\phi</math>8 c/20</b>		
<b>Comprobación</b>	<b>Valores</b>	<b>Estado</b>
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6mm	<b>Cumple</b>
	Calculado: 8mm	
Separación mínima entre estribos: <i>Norma NTE E.060: 2009.Artículo 7.6</i>	Mínimo: 4 cm	<b>Cumple</b>
	Calculado: 19.2 cm	
Separación mínima a armadura longitudinal: <i>Norma NTE E.060: 2009.Artículo 7.6</i>	Mínimo: 4 cm	
Armadura superior:	Calculado: 7.3 cm	<b>Cumple</b>
Armadura inferior:	Calculado: 7.3 cm	<b>Cumple</b>
Armadura de piel:	Calculado: 16.9 cm	<b>Cumple</b>
Separación máxima a estribos:	Máximo: 21.7 cm	
Situaciones persistentes: <i>Norma NTE E.060: 2009.Artículo 11.5.5</i>	Calculado: 20 cm	
Separación máxima a armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
Armadura superior:	Calculado: 7.3 cm	<b>Cumple</b>
Armadura inferior:	Calculado: 7.3 cm	<b>Cumple</b>
Armadura de piel:	Calculado: 16.9 cm	<b>Cumple</b>
Cuantía mínima para los estribos:	Mínimo: 3.39 cm <sup>2</sup> /m	
Situaciones persistentes: <i>Norma NTE E.060: 2009.Artículo 11.5.6</i>	Calculado: 5.03 cm <sup>2</sup> /m	
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Artículo 5.4.2.1 del Eurocódigo -2</i>	Mínimo: 0.0015	<b>Cumple</b>
Armadura inferior (Situaciones persistentes)	Calculado: 0.0039	
Armadura superior (Situaciones persistentes)	Calculado: 0.0039	<b>Cumple</b>
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta <i>Norma NTE E.060: 2009.Artículo 10.5</i>	Mínimo: 0.22 cm <sup>2</sup>	
Armadura inferior (Situaciones persistentes)	Calculado: 7.96 cm <sup>2</sup>	<b>Cumple</b>

Armadura superior (Situaciones persistentes)	Calculado: 7.96 cm <sup>2</sup>	<b>Cumple</b>
Comprobación de armadura necesaria para cálculo a flexión compuesta:		<b>Cumple</b>
	Momento flector: 0.19 t-m	
	Axil: +- 0.00 t	<b>Cumple</b>
Situaciones persistentes:	Momento flector: -0.19 t-m	
	Axil: +- 0.00 t	<b>Cumple</b>
Longitud de anclaje barras superiores origen:	Mínimo: 30 cm	
Situaciones persistentes:	Calculado: 30 cm	
<b><i>El anclaje se realiza a partir del eje de las columnas</i></b>		<b>Cumple</b>
Longitud de anclaje barras inferiores origen:	Mínimo: 30 cm	
Situaciones persistentes:	Calculado: 30 cm	<b>Cumple</b>
<b><i>El anclaje se realiza a partir del eje de las columnas</i></b>		
Longitud de anclaje barras de piel origen:	Mínimo: 30 cm	
Situaciones persistentes:	Calculado: 30 cm	
<b><i>El anclaje se realiza a partir del eje de las columnas</i></b>		<b>Cumple</b>
Longitud de anclaje barras superiores extremo:	Mínimo: 30 cm	
Situaciones persistentes:	Calculado: 30 cm	
<b><i>El anclaje se realiza a partir del eje de las columnas</i></b>		<b>Cumple</b>
Longitud de anclaje barras inferiores extremo:	Mínimo: 30 cm	
Situaciones persistentes:	Calculado: 30 cm	
<b><i>El anclaje se realiza a partir del eje de las columnas</i></b>		<b>Cumple</b>
Longitud de anclaje barras de piel extremo:	Mínimo: 30 cm	
Situaciones persistentes:	Calculado: 30 cm	
<b><i>El anclaje se realiza a partir del eje de las columnas</i></b>		<b>Cumple</b>
Tensión máxima en la armadura para limitar la fisuración	Máximo: 2520 kp/cm <sup>2</sup>	
Armatura inferior:	Calculado: 56.8 kp/cm <sup>2</sup>	<b>Cumple</b>
Armatura superior:	Calculado: 56.8 kp/cm <sup>2</sup>	<b>Cumple</b>
Comprobación de cortante:	Cortante: 0.24 t	
Situaciones persistentes:		<b>Cumple</b>

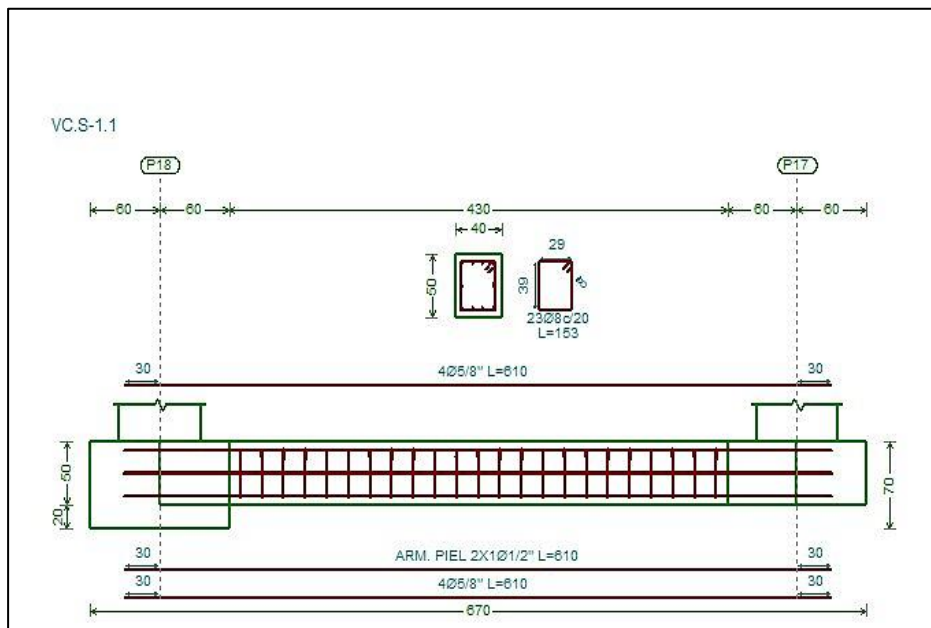
*Nota: conforme con la tabla anterior se puede apreciar las comprobaciones de resistencia de la viga de cimentación estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.*

**Figura 33**  
 Vista 3D de la viga de cimentación



Nota: en la figura se puede apreciar las comprobaciones de resistencia de la viga de cimentación estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.

**Figura 32**  
 Detalles de la viga de cimentación



Nota: en la figura se puede apreciar los detalles de la viga de cimentación estructural en el software CYPECAD según el análisis sismorresistente.

#### 4.4 ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE CYPECAD

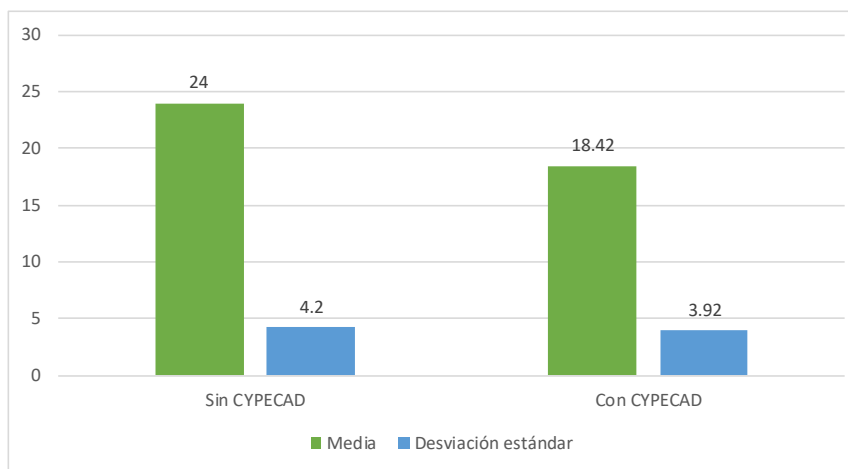
Con respecto al tiempo empleado para la realización de las distintas fases de los proyectos como, el tiempo dedicado a actividades como análisis sísmico, diseño estructural, elaboración de planos y memoria de cálculo se tuvo en cuenta a partir de proyectos completados previamente, todos estos proyectos pertenecen a la empresa NOVA PERÚ.

##### 4.4.1 ANALISIS ESTRUCTURAL EN CYPECAD

Se calculó el tiempo promedio de los cuatros proyectos de diferentes sistemas estructurales, este tiempo calculado del análisis estructural sin el uso del software CYPECAD fue de  $(24,00 \pm 4,2$  horas) y el tiempo calculado en el análisis estructural con el uso del software CYPECAD fue de  $(18,42 \pm 3,92$  horas).

**Figura 34**

*Tiempo de análisis estructural - sin CYPECAD vs con CYPECAD*



	Sin CYPECAD	Con CYPECAD
Tiempo (hrs)	24	18.42
Desviación (hrs)	4.2	3.92

*Nota:* en la gráfica se puede apreciar el tiempo de análisis estructural - sin CYPECAD vs con CYPECAD.

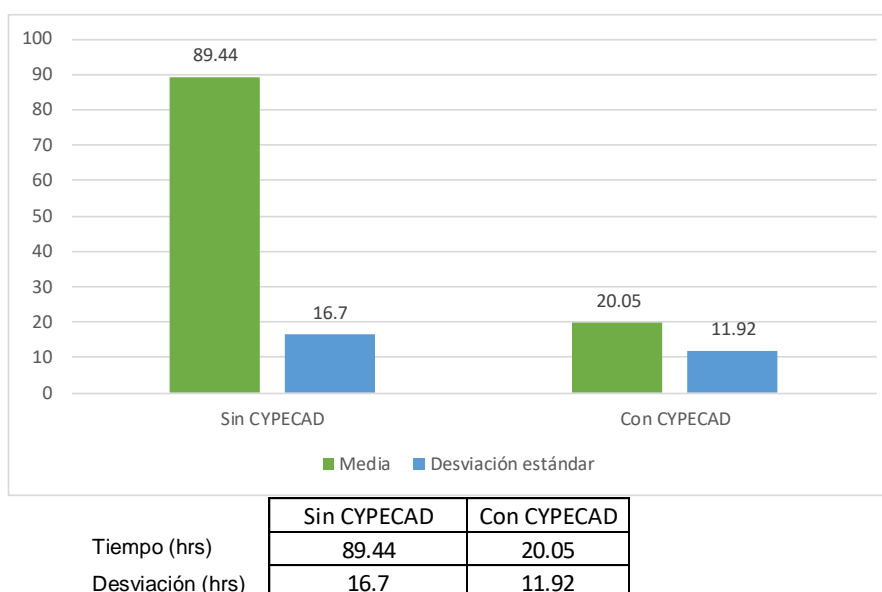
Emplear el software CYPECAD redujo considerablemente el tiempo del análisis estructural de los proyectos analizados en un 23.25 %.

#### 4.4.2 DISEÑO ESTRUCTURAL EN CYPECAD

Se calculó el tiempo promedio de los cuatros proyectos de diferentes sistemas estructurales, este tiempo calculado del diseño estructural sin el uso del software CYPECAD fue de (89,44 ± 16,7 horas) y el tiempo calculado del diseño estructural con el uso del software CYPECAD fue de (20,05 ± 11,92 horas).

**Figura 35**

*Tiempo de diseño estructural - sin CYPECAD vs con CYPECAD*



*Nota:* en la gráfica anterior se puede apreciar el tiempo de diseño estructural - sin CYPECAD vs con CYPECAD.

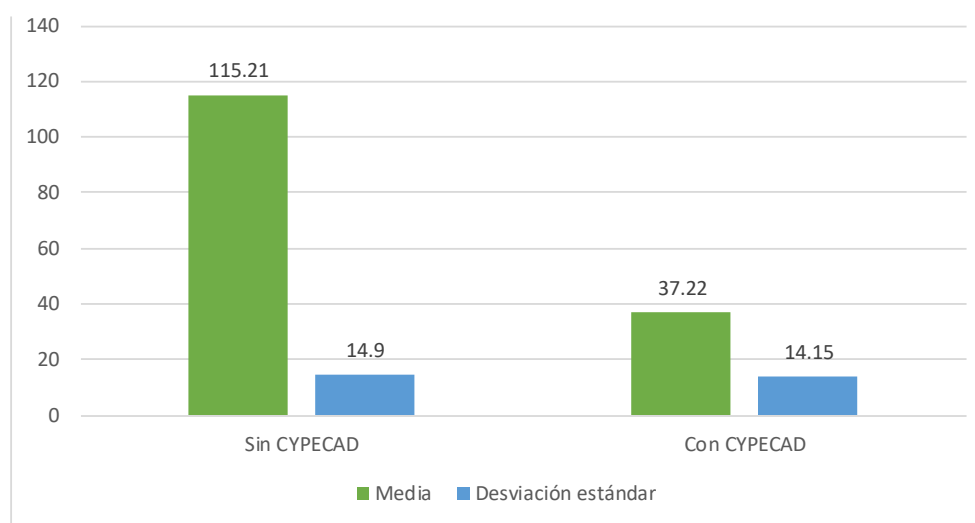
Emplear el software CYPECAD redujo considerablemente el tiempo del diseño estructural de los proyectos analizados en un 77.58 %.

#### ELABORACIÓN DE PLANOS CON CYPECAD

Se calculó el tiempo promedio de los cuatros proyectos de diferentes sistemas estructurales, este tiempo calculado para la realización de los planos sin el uso del software CYPECAD fue de (115,21 ± 14,9 horas) y el tiempo calculado para la realización de los planos con el uso del software CYPECAD fue de (37,22 ± 14,15 horas).

**Figura 36**

*Tiempo de elaboración de planos - sin CYPECAD vs con CYPECAD*



	Sin CYPECAD	Con CYPECAD
Tiempo (hrs)	115.21	37.22
Desviación (hrs)	14.9	14.15

*Nota:* en la gráfica anterior se puede apreciar el tiempo de elaboración de planos estructurales - sin CYPECAD vs con CYPECAD.

Emplear el software CYPECAD redujo considerablemente el tiempo para la realización de los planos de los proyectos analizados en un 67.69 %.

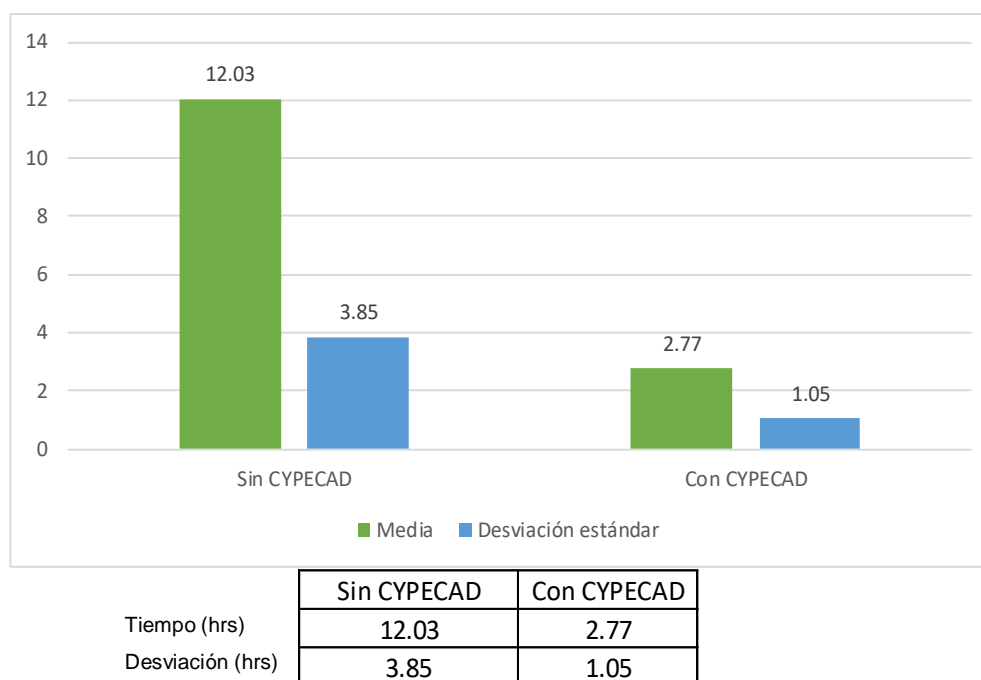
### **ELABORACIÓN DE MEMORIA DE CÁLCULO CON CYPECAD**

Se calculó el tiempo promedio de los cuatros proyectos de diferentes sistemas estructurales, este tiempo calculado para la realización de la memoria de cálculo sin el uso del software CYPECAD fue de (12.03 ± 3.85 horas) y el tiempo calculado para la realización de la memoria de cálculo con el uso del software CYPECAD fue de (2,77 ± 1,05 horas).



**Figura 37**

*Tiempo de elaboración de memoria de cálculo - sin CYPECAD vs con CYPECAD*



*Nota:* en la gráfica anterior se puede apreciar el tiempo de elaboración de memoria de cálculo - sin CYPECAD vs con CYPECAD.

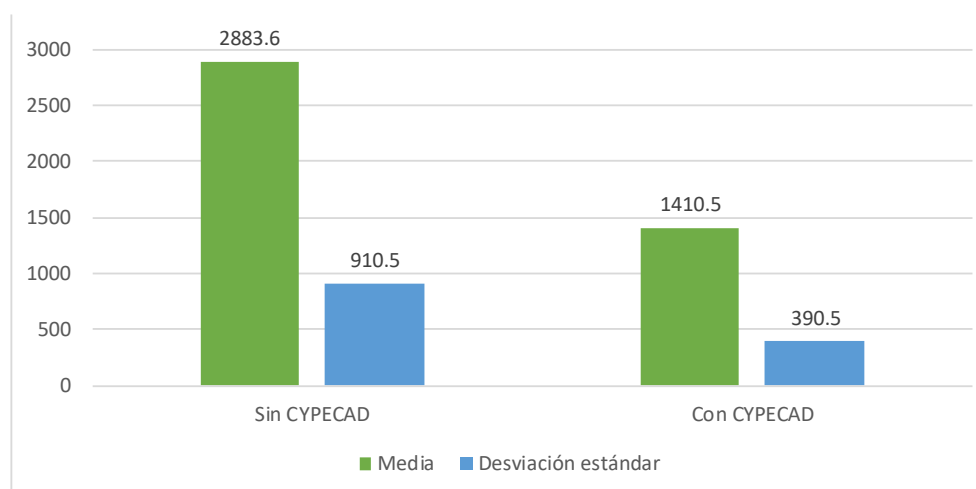
Emplear el software CYPECAD redujo considerablemente el tiempo para la realización de la memoria de cálculo de los proyectos analizados en 76.97 %.

### **COSTO DE ELABORACIÓN DE PLANOS CON CYPECAD**

Se calculó el costo promedio de los cuatros proyectos de diferentes sistemas estructurales, este costo calculado para la realización de los planos sin el uso del software CYPECAD fue de (2883.5 ± 910.5 S/.) y el costo calculado para la realización de los planos con el uso del software CYPECAD fue de (1410.5 ± 390.5 S/.).

**Figura 38**

Costo de elaboración de planos - sin CYPECAD vs con CYPECAD



Costo (S/.)	Sin CYPECAD	Con CYPECAD
	2883.6	1410.5
Desviación (S/.)	910.5	390.5

*Nota: en la gráfica anterior se puede apreciar el costo de elaboración de planos - sin CYPECAD vs con CYPECAD.*

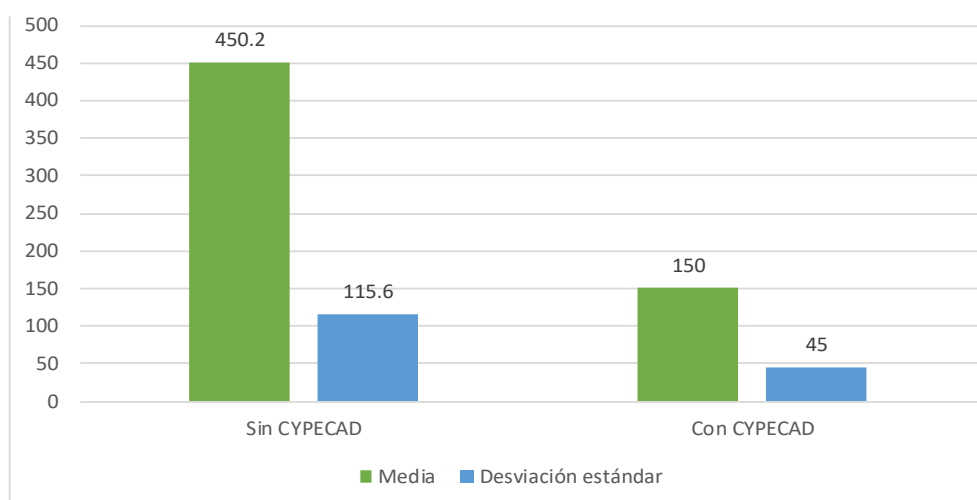
Emplear el software CYPECAD redujo considerablemente el costo para la realización de planos de los proyectos analizados en un 51.08 %.

### **COSTO DE ELABORACION DE MEMORIA DE CÁLCULO CON CYPECAD**

Se calculó el costo promedio de los cuatros proyectos de diferentes sistemas estructurales, este costo calculado para la realización de la memoria de cálculo sin el uso del software CYPECAD fue de  $(450.2 \pm 115.6 \text{ S/.)}$  y el costo calculado para la realización de la memoria de cálculo con el uso del software CYPECAD fue de  $(150 \pm 45 \text{ S/.)}$ .

**Figura 39**

Costo de elaboración de memoria de cálculo - sin CYPECAD vs con CYPECAD



	Sin CYPECAD	Con CYPECAD
Costo (S/.)	450.2	150
Desviación (S/.)	115.6	45

Nota: en la gráfica anterior se puede apreciar el costo de memoria de cálculo - sin CYPECAD vs con CYPECAD.

Emplear el software CYPECAD redujo considerablemente el costo para la realización de la memoria de cálculo para los proyectos analizados en un 66.68 %.

**Tabla 32**

Gestión de proyecto - sin CYPECAD vs con CYPECAD

	SIN CYPECAD (1) VS CON CYPECAD (2)	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
TIEMPO PARA EL ANÁLISIS ESTRUCTURAL	1	4	24	4.2	2.1
	2	4	18.42	3.92	1.96
TIEMPO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL	1	4	89.44	16.7	8.35
	2	4	20.05	11.92	5.96
TIEMPO PARA ELABORAR LOS PLANOS	1	4	115.21	14.9	7.45
	2	4	37.22	14.15	7.075
TIEMPO PARA ELABORAR LA MEMORIA DE CÁLCULO	1	4	12.03	3.85	1.925
	2	4	2.77	1.05	0.525
COSTOS EN ELABORAR LOS PLANOS	1	4	2883.6	910.5	455.25
	2	4	1410.5	390.5	195.25
COSTOS EN ELABORAR LA MEMORIA DE CÁLCULO	1	4	450.2	115.6	57.8
	2	4	150	45	22.5

Nota: conforme con la tabla anterior se puede apreciar la Gestión de proyecto - sin CYPECAD vs con CYPECAD.

En la tabla anterior se puede apreciar un resumen de todos los valores obtenidos mediante el muestreo realizado para la presente tesis.

## 4.5 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Esta tesis tuvo como hipótesis general “La implementación del software CYPECAD para el diseño estructural optimiza el tiempo, disminuye el costo y mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco -2022”

### a) Demostrando la optimización del tiempo

#### ➤ En el análisis estructural

De acuerdo con la muestra realizada a 4 proyectos de la empresa NOVA PERU se demostró que el tiempo usado para el análisis estructural sin el software CYPECAD fue de 24 horas y con el uso del CYPECAD fue de 18.42 horas, asimismo obteniendo un porcentaje de 23.25 %.

#### ➤ En el diseño estructural

De la muestra estudiada a 4 proyectos de la empresa NOVA PERU S.A.C se demostró que el tiempo usado para el diseño estructural sin el software CYPECAD fue de 89.44 horas y con el empleo del CYPECAD fue de 20.05 horas, asimismo obteniendo un porcentaje de 77.58 %, quedando plasmado un amplio porcentaje de tiempo.

#### ➤ En la elaboración de planos

Con relación a la muestra estudiada a 4 proyectos de la empresa NOVA PERU S.A.C se determinó que el tiempo usado para la realización de planos sin el uso del software CYPECAD fue de 115.21 horas y con el uso del CYPECAD fue de 37.22 horas, asimismo obteniendo un porcentaje de 67.69 %, demostrando una amplia ventaja con el uso de este programa.

#### ➤ En la memoria de cálculo

De la muestra estudiada a 4 proyectos de la empresa NOVA PERU S.A.C se concluyó que el tiempo usado para la memoria de cálculo sin el uso de este programa CYPECAD fue de 12.03 horas y con el uso del CYPECAD fue de 2.77 horas, asimismo obteniendo un porcentaje de 76.97 %, quedando demostrado el uso del tiempo.

## **b) Demostrando la disminución del costo**

### **➤ En la elaboración de planos**

De acuerdo con la muestra realizada a los 4 proyectos de la empresa NOVA PERU S.A.C se demostró que el costo inicial para la realización de planos sin el uso del software CYPECAD fue de S/.2883.6 soles y con el uso del CYPECAD se obtuvo un costo final de S/.1410.5 soles, obteniendo un porcentaje de 51.08%, demostrando una amplia ventaja en costo mediante el uso de este software.

### **➤ En la memoria de cálculo**

De acuerdo con la muestra realizada a los 4 proyectos de la empresa NOVA PERU S.A.C se demostró que el costo inicial usando para la memoria de cálculo sin el uso del software CYPECAD fue de S/.450.2 soles y con el uso del CYPECAD se obtuvo un costo final de S/.150 soles, obteniendo un porcentaje de costo de 66.68%.

## **c) Demostrando la mejora de calidad del análisis estructural de la gestión estratégica de proyectos estructurales**

El uso de este software CYPECAD en comparación con el software SAP 2000 y ETABS mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica en proyectos estructurales en el sentido de que CYPECAD cuenta con una variedad de herramientas como la exportación de planos en AUTOCAD, y a partir de ello realizar el análisis estructural teniendo en cuenta la norma E030, aplicación de cargas estáticas y sísmicas, asimismo la exportación de memorias de cálculo permitiéndonos ahorrar tiempo y confiabilidad en sus resultados.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1 PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA TESIS**

La tesis titulada “Diseño estructural empleando el software CYPECAD para la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco - 2022” tuvo como principal objetivo realizar el diseño estructural empleando el software CYPECAD optimiza el tiempo, disminuye el costo y mejora la calidad del en la estructura de la gestión estratégica de proyectos estructurales.

En este punto se tomó como referencia los resultados que se obtuvieron en el estudio:

Se obtuvo que emplear el software CYPECAD minimizó el tiempo que se emplea en realizar el análisis sismorresistente de un proyecto, la media del tiempo obtenido sin su aplicación fue de 24 horas y con la aplicación del software fue de 18.42 horas teniendo una reducción del 23.25%.

Se obtuvo que emplear el software CYPECAD minimizó el tiempo que se emplea en realizar el diseño estructural de un proyecto, la media del tiempo obtenido sin su aplicación fue de 89.44 horas y con la aplicación del software fue de 20.05 horas teniendo una reducción del 77.58%.

Se obtuvo que emplear el software CYPECAD minimizó el tiempo que se emplea en realizar el plano estructural de un proyecto, la media del tiempo obtenido sin su aplicación fue de 115.21 horas y con la aplicación del software fue de 37.22 horas teniendo una reducción del 67.69%.

Se obtuvo que emplear el software CYPECAD minimizó el tiempo que se emplea en realizar la memoria de cálculo de un proyecto, la media del tiempo obtenido sin su aplicación fue de 12.03 horas y con la aplicación del software fue de 2.77 horas teniendo una reducción del 76.97%.

Se obtuvo que emplear el software CYPECAD disminuyó el costo que se emplea en realizar los planos estructurales de un proyecto, la media del tiempo obtenido sin su aplicación fue de 2883.6 soles y con la aplicación del software fue de 1410.5 soles teniendo una reducción del 51.08%.

Se obtuvo que emplear el software CYPECAD disminuyó el costo que se emplea en realizar la memoria de cálculo de un proyecto, la media del tiempo obtenido sin su aplicación fue de 450.2 soles y con la aplicación del software fue de 150 soles teniendo una reducción del 66.68%.

Es así que se confirma la aportación de Saavedra (2018) en su tesis que usando el software se garantiza calidad, planificación, ejecución posterior - estancia y supervisión de obra en la edificación. Asimismo, el software CYPECAD redujo la gestión del tiempo en 80,67 horas, redujo los costos en 1.583,33 soles, mejoró la interacción estructura-suelo, el análisis y la calidad del diseño estructural en el diseño de un edificio de cinco plantas demostrando un resultado confiable.

Estos resultados se confirman con la aportación de Román Medina (2016), donde afirma en su tesis la participación de masa acumulada obtenida en los 2 programas supera el 99% de la tercera participación vibratoria en las 2 direcciones para que sea efectivo corregir esta diferencia se usó el software CYPECAD, el cual es el más eficaz para minimizar el tiempo dedicado a proyectos de consultoría y seguimiento, maximizando la eficiencia sin comprometer la seguridad. De acuerdo a una estructura que puede resistir terremotos.

De manera similar, se confirma con lo indicado por Guzmán Tello y Olivos Lozada (2008), cuando ven cómo los métodos computacionales utilizados en el estudio y diseño del edificio reducen las operaciones computacionales que consumen mucho tiempo, por la misma razón que modelar un edificio a través de estos programas no son complicados.

## **CONCLUSIONES**

- Se concluye que emplear el software CYPECAD disminuye el tiempo para el análisis sismorresistente de acuerdo con la norma E030, el diseño estructural De acuerdo con la norma E060 y la realización de planos estructurales.
- Se concluye que emplear el software CYPECAD disminuye el costo para el análisis sismorresistente de acuerdo con la norma E030, el diseño estructural de acuerdo con la norma E060 y la realización de planos estructurales.
- Se concluye que emplear el software CYPECAD mejora en todos los aspectos la gestión estratégica de los proyectos estructurales.
- Se concluye que emplear el software CYPECAD mejora la calidad en la realización de la memoria de cálculo para el diseño estructural.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda la compra de la licencia original del software CYPECAD, ya que este ofrece más opciones para el diseño estructural.
- Se recomienda el uso de los otros programas que ofrece el CYPE, como por ejemplo para el metrado el software ARQUIMEDES, ya que este software trae consigo otros programas especializados en cada área de la ingeniería civil.
- Se recomienda tomar capacitaciones de profesionales respecto al uso de este software ya que es más complejo que otros softwares como ETABS o SAP2000.
- Se recomienda a la industria de la construcción a aprovechar el creciente mercado de nuevos edificios invirtiendo en sistemas de información de gestión y buscando activamente nuevos proyectos de construcción (ERP - BIM)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI. (2006). *Prescriptive provisions and explanatory remarks for concrete buildings in environmental engineering*. EEUU: American Concrete Institute.
- Aguilar Falconi, R. (2007). *Análisis matricial de las estructuras*. Ecuador: Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.
- Aranda Garay, L. V. (2019). *Módulos del Programa Nacional de Vivienda Rural en el Distrito de Santa Rosa de Alto Yanajanca fueron inspeccionados en busca de vulnerabilidades por presencia de patologías en los muros de mampostería armada. Como en: - Maraón - Huánuco, 2019*. Huánuco – Perú: Universidad De Huánuco.
- Arteaga Espinoza, I. D. (2018). *Estudio de Costo de una Vivienda Unifamiliar Construida con los Sistemas Emmedue y Albañilería en Huánuco, Perú, en 2018*. Perú, Huánuco: Universidad De Huánuco.
- Balestrini Acuña, M. (1997). *Como se llevar a cabo el Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: BI Consultores Asociados.
- Boroschek, R. (2009). *Dinamica avanzada de estructural*. Santiago-Chile: Universidad de Chile.
- Caceres Sánchez, D. S. (2020). *MAXIBODEGAS-PAITA” ubicado Jr. Paita N° 227, distrito; provincia de Paita departamento Piura*. LIMA – PERÚ: Universidad Cesar Vallejo.
- Concepto.pe. (2021). *Concepto.pe*. Fonte: <https://concepto.de/>
- Cueva Quispe, W. J. (2019). *Conceptualización de un edificio multifamiliar de mampostería para el barrio El Porvenir en la Provincia de Trujillo, 2019*. TRUJILLO - PERÚ: Universidad Cesar Vallejo; .
- DePerú. (2020). *DePerú*. Fonte: <https://www.deperu.com/centros-poblados/matibamba-56220>

- Falcon Pardave, S. (2018). *Coeficientes de compensación por resistencia en la comprensión de prismas de albañilería causados por efectos de esbeltez, para unidades de albañilería semi-industrial y artesanal en la ciudad de Huánuco*. Huánuco – Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Franco Jumbo, M. J. (2017). *Vivienda Multifamiliar y Oficinas*. Quito-Ecuador: Universidad San Francisco de Quito.
- Ganancias Martinez, F. (2020). *Estudio de prefactibilidad comparando dos edificios multifamiliares de gran altura, uno con estructura metálica y otro con tecnologías constructivas industrializadas..* Córdoba, Argentina: Universidad Católica de Cordova.
- Guerrero Proaño, K. P. (2020). *Diseño de vivienda multifamiliar sostenible en Cumbayá, Quito, 2020*. Quito-Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamerica.
- Hernández Sampieri, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2010). *Metodología para la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
- Hernandez, R. F. (2014). *Metodología en la Investigación. (6ta ed.)*. México D.F: McGraw-Hill.
- Herrera, C. (2019). *La planificación hidráulica de la comunidad Rincón de las Margaritas contempla la construcción de un tanque de succión, un tanque de control y un sistema de distribución, Villavicencio - Meta*. Meta-Colombia: Universidad Santo Tomás Villavicencio.
- Huallpa Vargas, E. J. (2021). *Diseño de albañilería confinada en una vivienda multifamiliar de cuatro niveles en Lima- Lince, 2021*. LIMA - PERÚ: Universidad Cesar Vallejo.
- IGP. (2021). *Instituto Geofísico del Perú*. Fonte: Instituto Geofísico del Perú: <https://www.gob.pe/igp>

- Quispe, H. I. (2018). *Diseño y Análisis estructural de un centro comercial en base a pórticos arriostrados de acero en la ciudad de Juliaca*. LIMA – PERÚ: Universidad Peruana Unión.
- RNE. (2019). *NORMA E.020*. Fonte: NORMA E.020:  
<https://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20II%20Edificaciones/50%20E.020%20CARGAS.pdf>
- RNE. (2019). *NORMA E.030*. Fonte: NORMA E.030:  
<http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
- RNE. (2019). *NORMA E.060*. Fonte: NORMA E.060:  
[http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_CONCRETO\\_ARMADO.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf)
- RNE. (2019). *NORMA E070*. Fonte: NORMA E070:  
<https://drive.google.com/file/d/15N2ZQwZGegdoui4rrjTR6uq5bITu7uyv/view>
- RUÍZ SALINAS, R. A. (2019). *Diseño y análisis estructural para la ejecución de edificios en el proyecto “clínica privada” del distrito de los Olivos, Lima*. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Salinas, R. (2001). *curso de segunda especializacion de ingenieria sismorresistente*. Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingenieria.
- San Bartolome Ramos, A. F. (1998). *Analisis de edificios*. Lima: Pontifica Universidad Catolica del Perú.
- Tamayo y Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Limusa.
- Tipacti Gomez, L. J. (2020). *Modelamiento y diseño estructural de una edificación de 8 niveles de concreto armado, urbanización San Luis, distrito y provincia Ica*. TRUJILLO - PERÚ: Universidad Cesar Vallejo.

Velayarce Llano, S. (2019). *Edificio Multifamiliar en el Barrio Jr. Santa Rosa S/N del Barrio Banda de Shilcayo de la Provincia y Departamento de San Martín; análisis y diseño estructural; cuatro pisos con techo de mampostería restringida..* Tarapoto – Perú: Universidad Nacional de San Martín.

Zhapa, K. M. (2017). *Diseño Arquitectónico para el Centro Comercial Asociación De Comerciantes 24 De mayo “La Bahía” en La Ciudad De Catamayo Provincia De Loja Con Características Bioclimáticas.* LOJA – ECUADOR: Universidad Internacional Del Ecuador Loja.

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Livia Cotrina, P. (2023). *Diseño estructural empleando el Software Cypecad para la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco - 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO N° 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: DISEÑO ESTRUCTURAL EMPLEANDO EL SOFTWARE CYPECAD PARA LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DE PROYECTOS ESTRUCTURALES, AMARILIS - HUÁNUCO -2022**

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y muestra
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo realizar el diseño estructural empleando el software CYPECAD optimiza el tiempo , disminuye el costo y mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica de proyectos estructurales , Amarilis - Huánuco -2022?</p> <p><b>Problema específico:</b> •¿Cómo identificar el tiempo en el diseño estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco -2022? •¿Cómo identificar los costos para la realización de los planos en el diseño</p>	<p><b>Objetivo General</b> Realizar el diseño estructural empleando el software CYPECAD optimiza el tiempo , disminuye el costo y mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica de proyectos estructurales , Amarilis - Huánuco -2022.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> •Identificar el tiempo en el diseño estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco -2022. •Identificar los costos para la realización de los planos en el diseño estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Hi: La implementación del software CYPECAD para el diseño estructural optimiza el tiempo , disminuye el costo y mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica de proyectos estructurales , Amarilis - Huánuco -2022.</p> <p>H0: La implementación del software CYPECAD para el diseño estructural no optimiza el tiempo , ni disminuye el costo y no mejora la calidad del análisis estructural en la gestión estratégica de proyectos estructurales , Amarilis - Huánuco -2022.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b> Gestión estratégica en proyectos</p> <p><b>Variable independiente:</b> Diseño estructural</p>	<p><b>Enfoque</b> Cuantitativo</p> <p><b>Alcance o nivel</b> El alcance para la Tesis es descriptivo.</p> <p><b>Diseño</b> Es no experimental</p>	<p><b>Población</b> Se consideró como población a los proyectos de obras civiles de la empresa NOVA PERÚ SAC , Amarilis - Huánuco - 2022.</p> <p><b>Muestra</b> En esta tesis se consideró como muestra a 4 proyectos de obras civiles de la empresa NOVA PERÚ SAC con un área promedio de 300 m2, Amarilis - Huánuco - 2022.</p>

---

estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco -2022?  
•¿Cómo identificar la calidad para la realización de la memoria de cálculo en el diseño estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco -2022?

estructurales, Amarilis - Huánuco -2022.  
•Identificar la calidad para la realización de la memoria de cálculo en el diseño estructural empleando el software CYPECAD en la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco -2022.

---

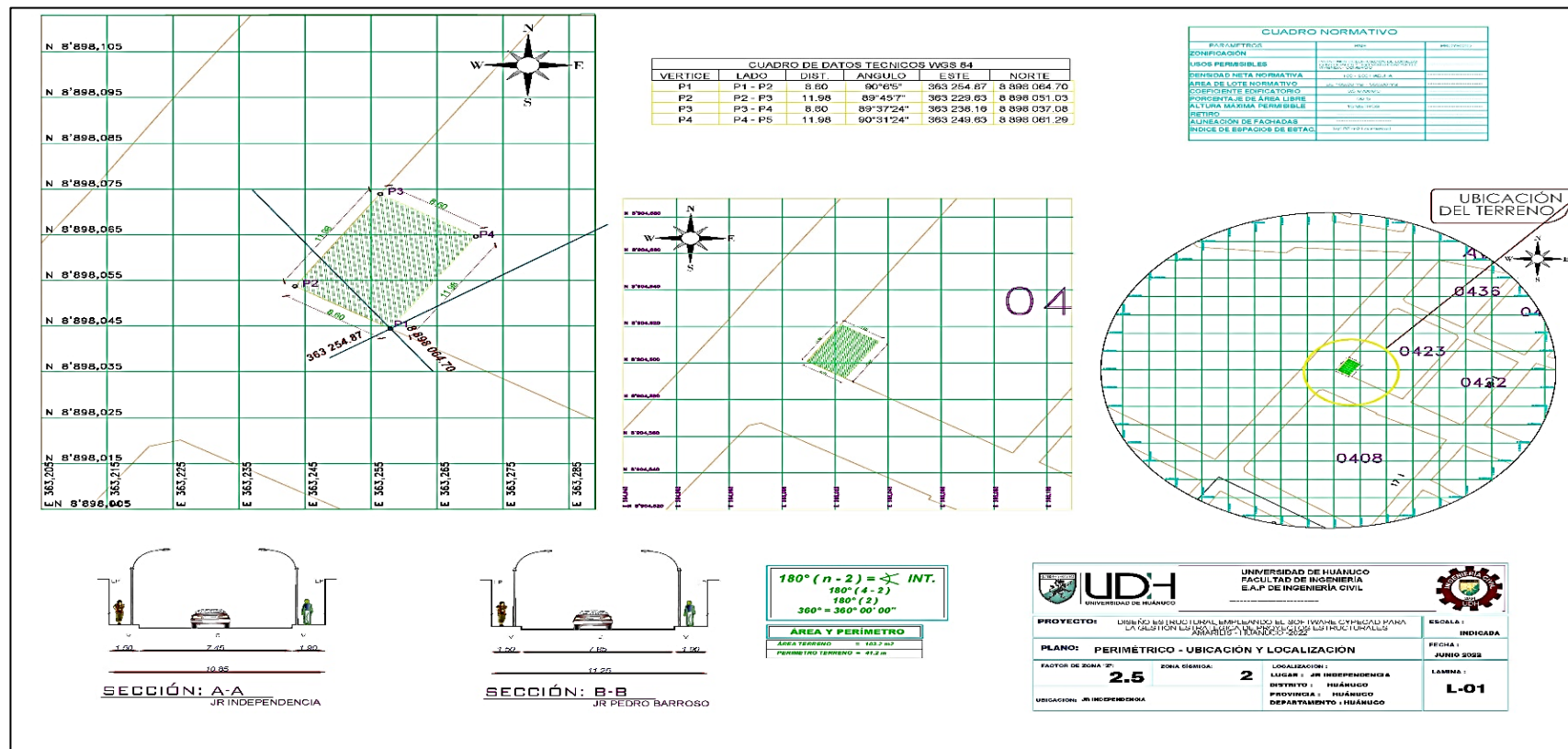
*Nota: se puede apreciar conforme con la tabla la matriz de consistencia de la tesis titulada : "Diseño estructural empleando el software CYPECAD para la gestión estratégica de proyectos estructurales, Amarilis - Huánuco -2022"*



## ANEXO N° 2

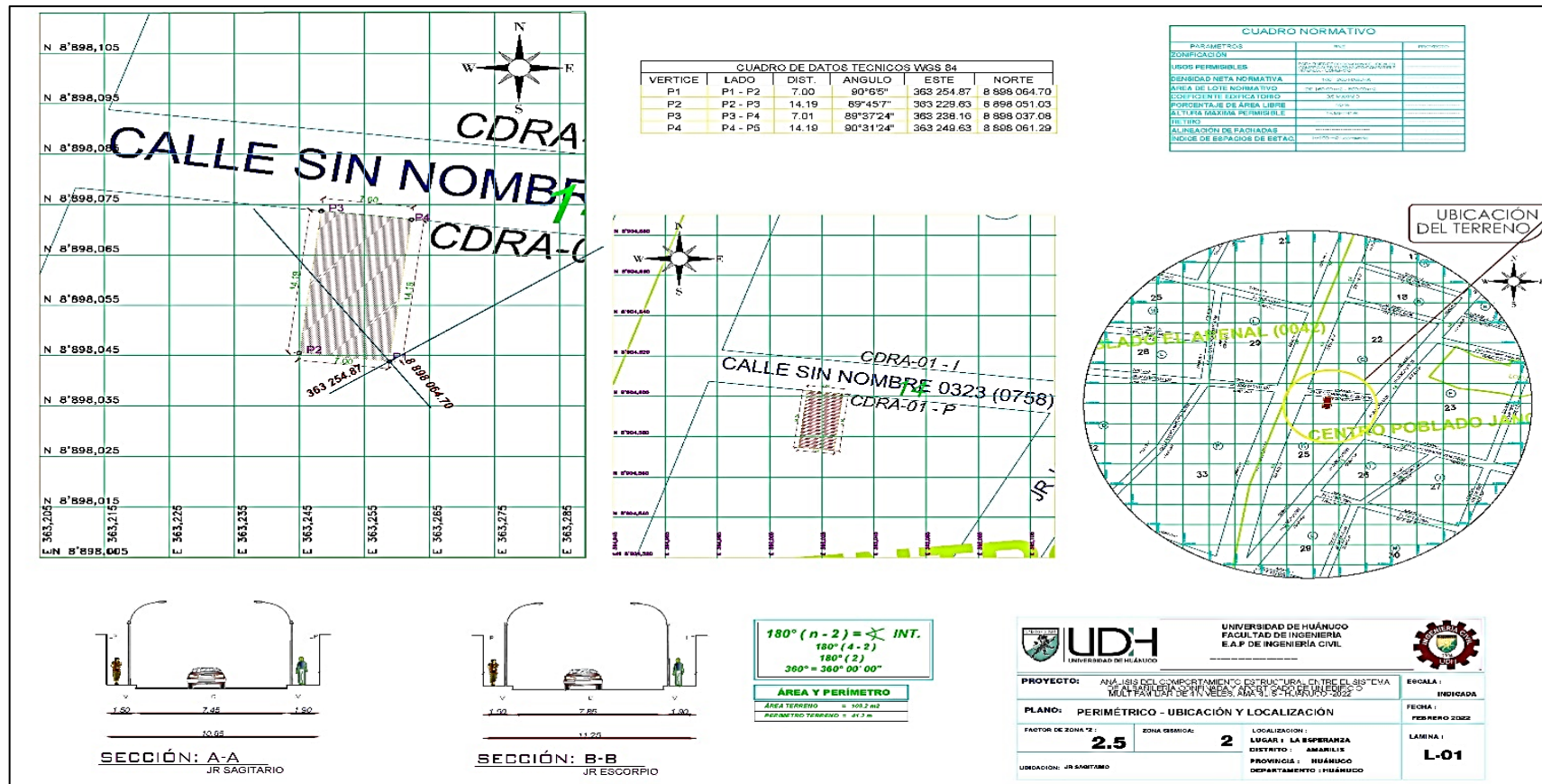
### PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN PARA EL PROYECTO

**Figura 40**  
Plano de ubicación para el Proyecto 1



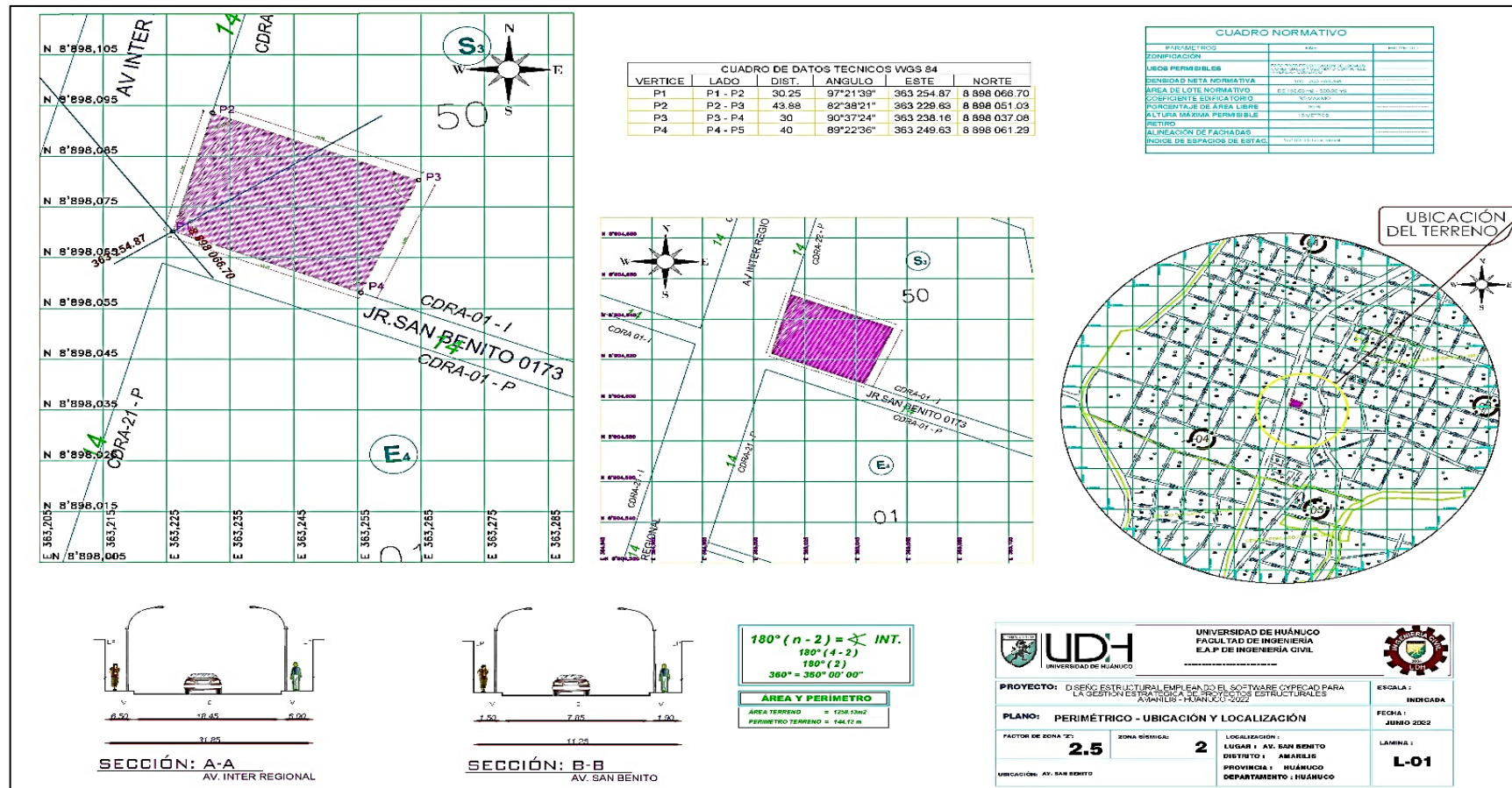
Nota: se puede apreciar en la figura el plano de ubicación para el Proyecto 1.

**Figura 41**  
Plano de ubicación para el Proyecto 2



Nota: se puede apreciar en la figura el plano de ubicación para el Proyecto 2.

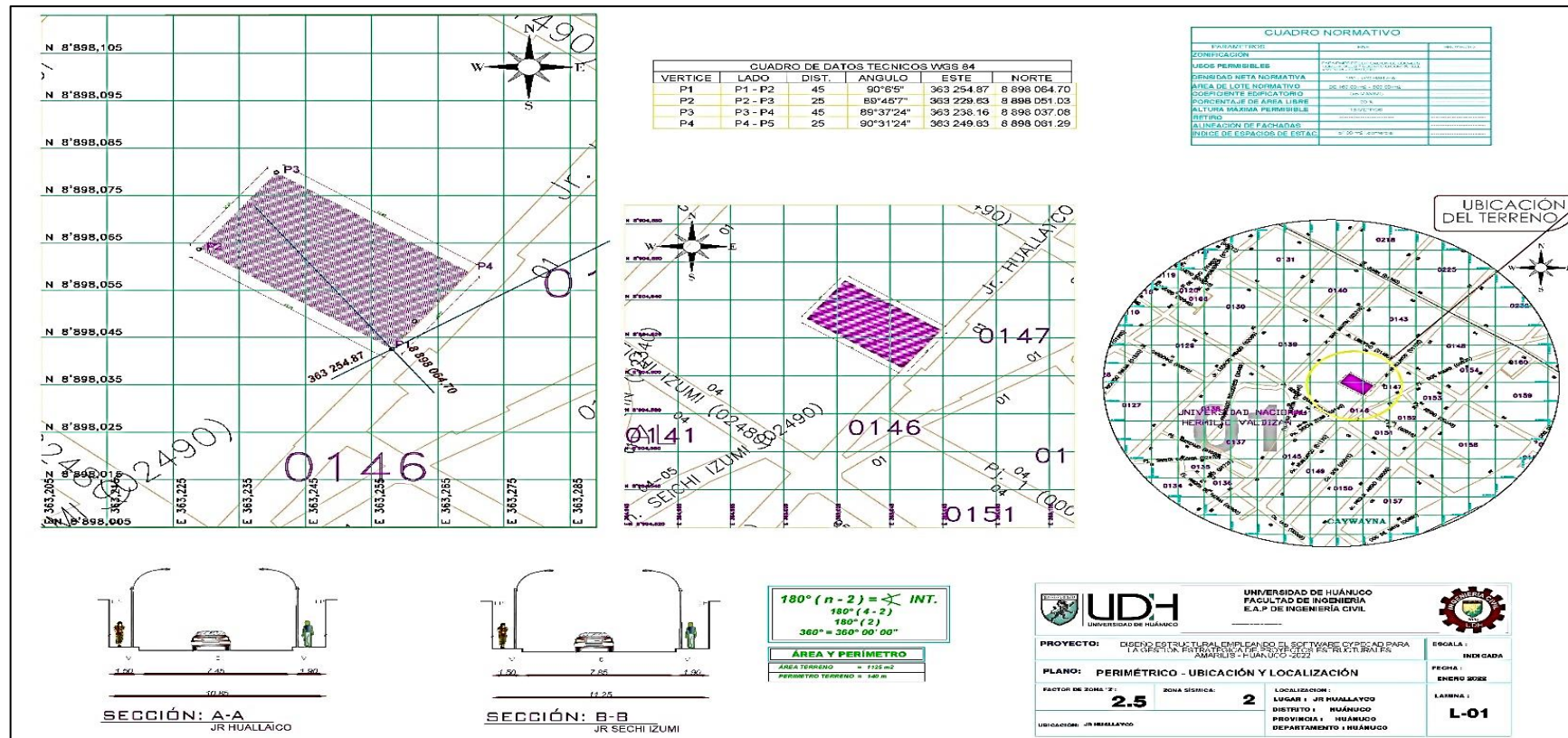
**Figura 42**  
Plano de ubicación para el Proyecto 3



Nota: se puede apreciar en la figura el plano de ubicación para el Proyecto 3.



**Figura 43**  
Plano de ubicación para el Proyecto 4



Nota: se puede apreciar en la figura el plano de ubicación para el Proyecto 4.

## ANEXO N° 3

### ENCUESTA PARA INGENIEROS ESPECIALISTAS

#### ENCUESTA PARA INGENIEROS ESPECIALISTAS EN ESTRUCTURAS

**DATOS:**

APellidos y nombre: \_\_\_\_\_

EXP LABORAL: \_\_\_\_\_ Años

**01. Según su experiencia y criterio profesional;**

¿Qué tiempo le tomaría realizar el Análisis estructural de un edificio multifamiliar de 5 Niveles?

..... día(s) trabajando..... horas por día.

¿Qué tiempo le tomaría realizar el Diseño estructural de la edificación mostrada anteriormente?

..... día(s) trabajando..... horas por día.

¿Qué tiempo le tomaría realizar la elaboración de los planos estructurales de la edificación mostrada anteriormente?

..... día(s) trabajando..... horas por día.

¿Qué tiempo le tomaría realizar la elaboración de la memoria de cálculo de la edificación mostrada anteriormente?

..... día(s) trabajando..... horas por día.

02. ¿Cuánto sería el costo para la elaboración de los planos estructurales de la edificación mostrada anteriormente?

**MONTO TOTAL (S/)** .....

03. ¿Cuánto sería el costo para la elaboración de la memoria de cálculo de la edificación mostrada anteriormente?

**MONTO TOTAL (S/)** .....

04. ¿En general, cómo califica la calidad del Análisis estructural que ha realizado en las edificaciones que ha tenido a cargo en su vida profesional? Marque un puntaje, sabiendo que a mayor puntaje mayor percepción de calidad.

**(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)**

05. En la escala propuesta; ¿Cómo califica la calidad del Diseño estructural que ha realizado en las edificaciones que ha tenido a cargo en su vida profesional?

**(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)**

06. ¿En general, cómo califica la calidad de los Planos estructural que ha realizado en las edificaciones que ha tenido a cargo en su vida profesional?

**(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)**

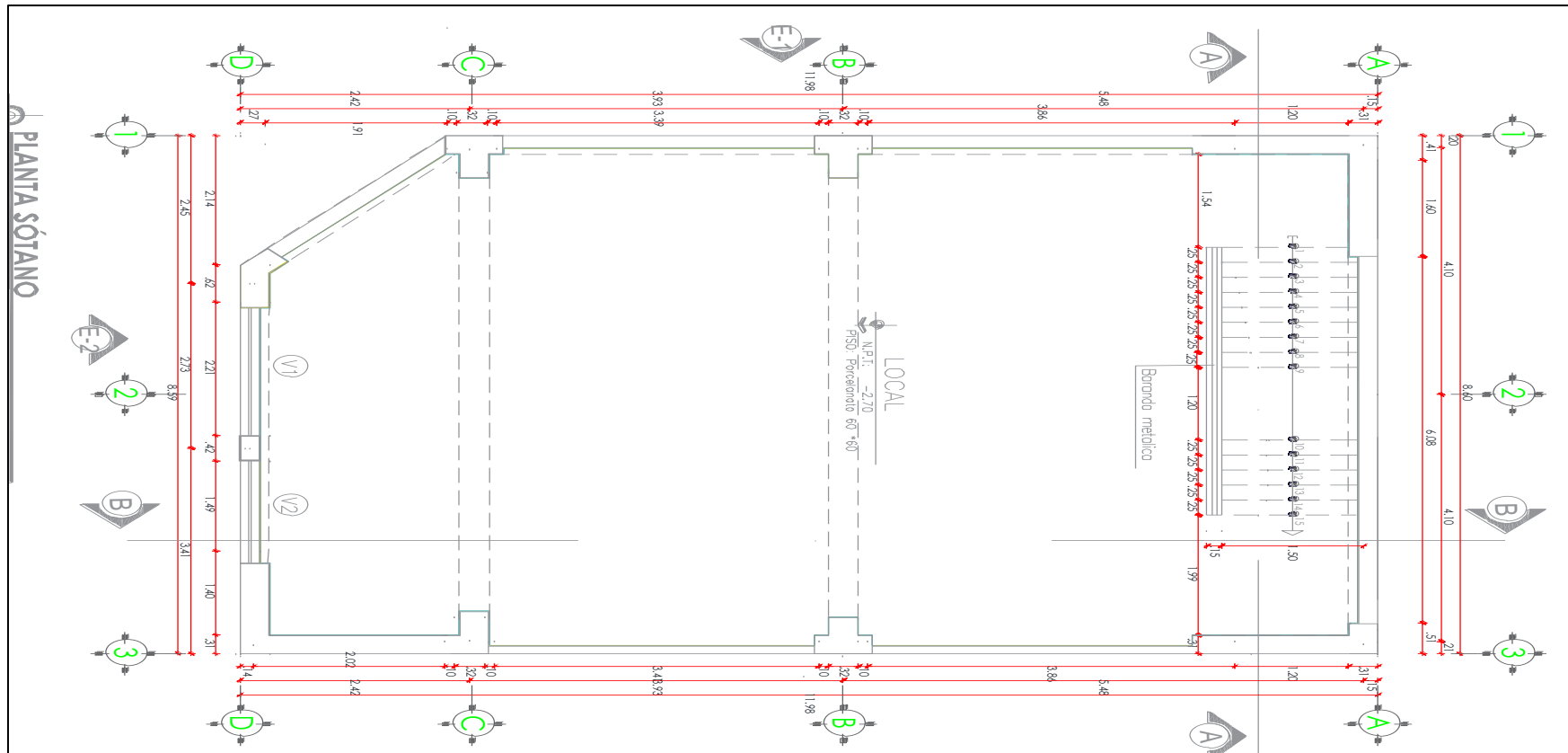
07. ¿En general, cómo califica la confiabilidad de los resultados estructurales que ha realizado en las edificaciones que ha tenido a cargo en su vida profesional?

**(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)**

## ANEXO N°4

### PLANO PARA EL PROYECTO N°1

**Figura 44**  
Plano arquitectónico 1

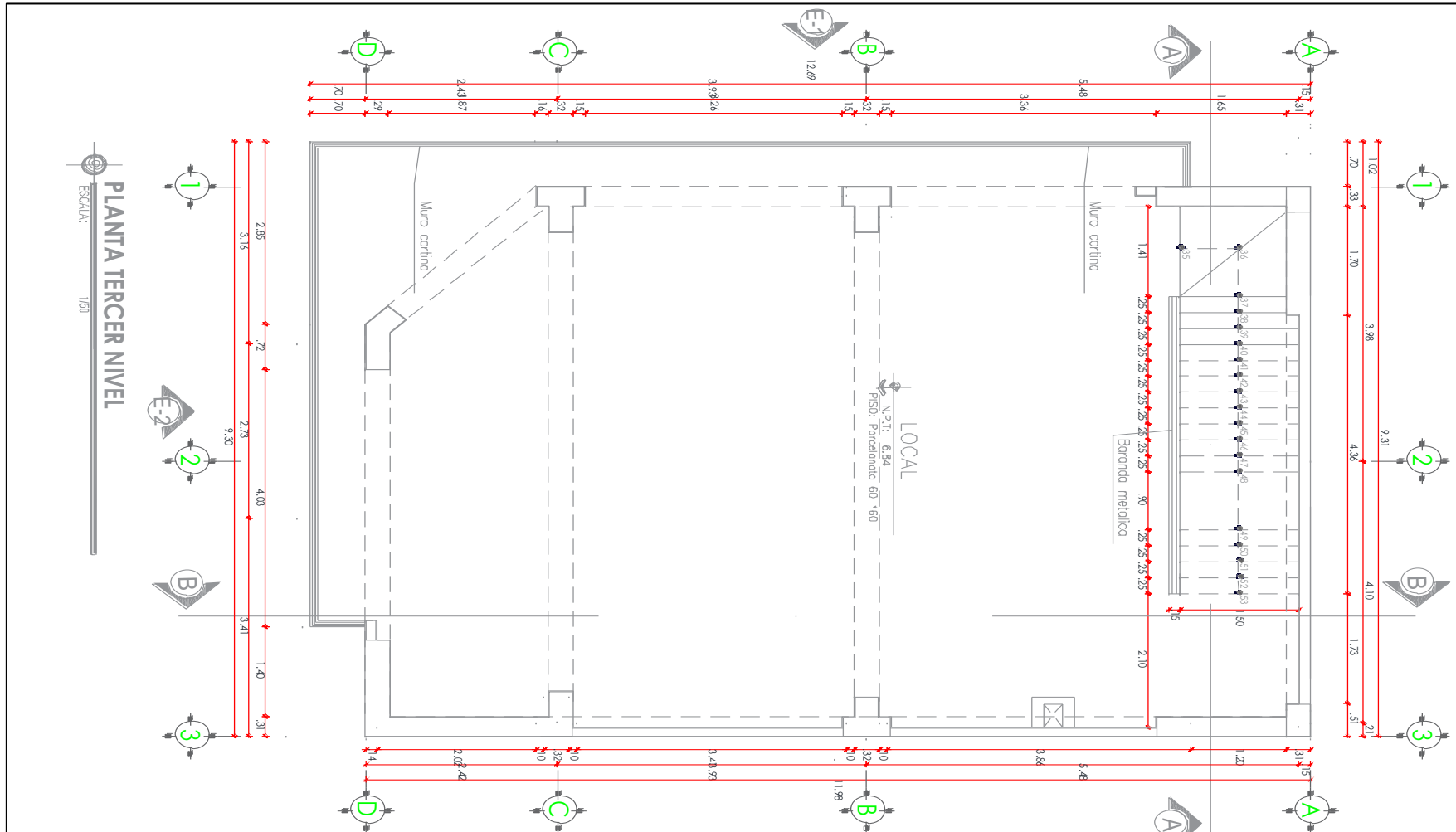




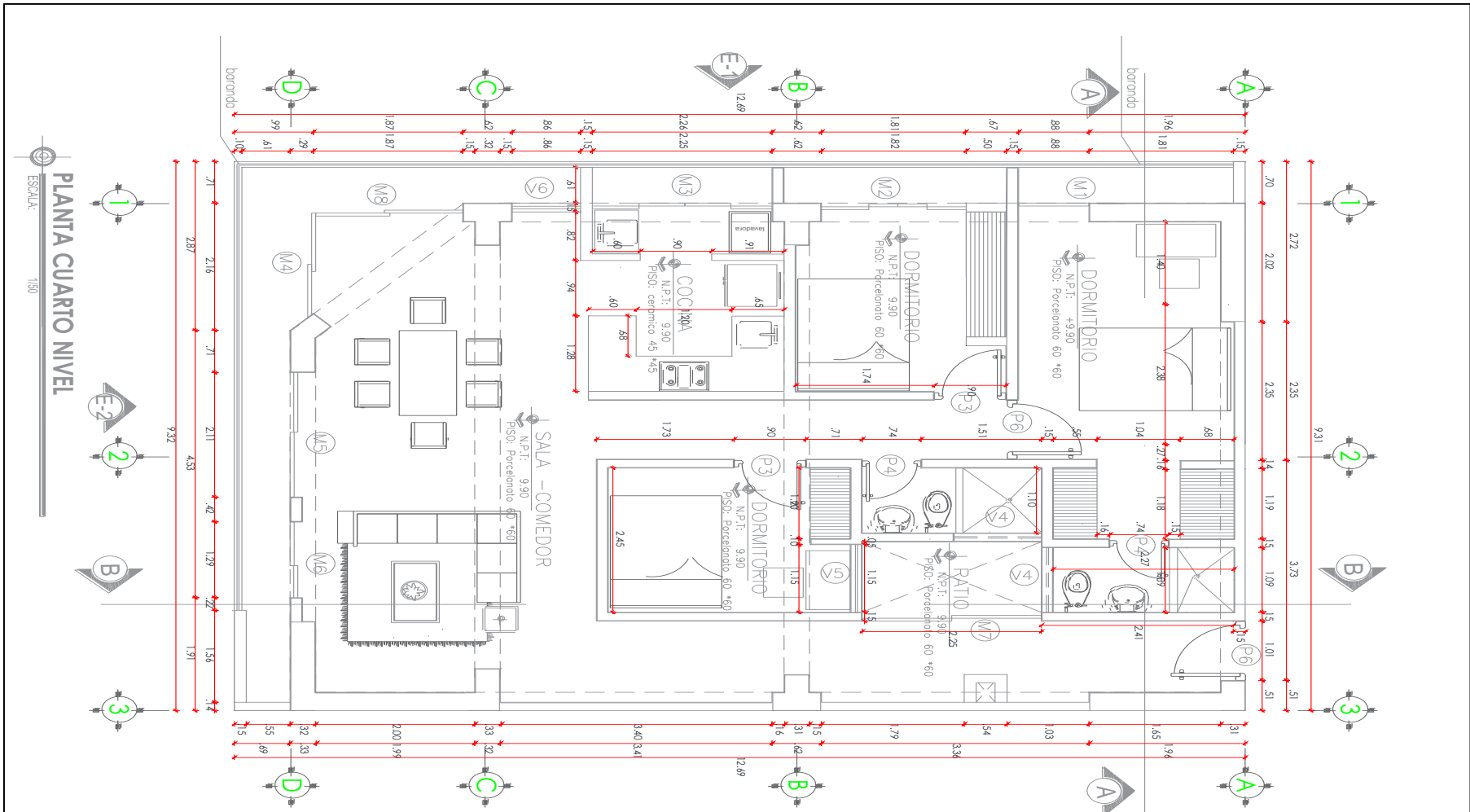




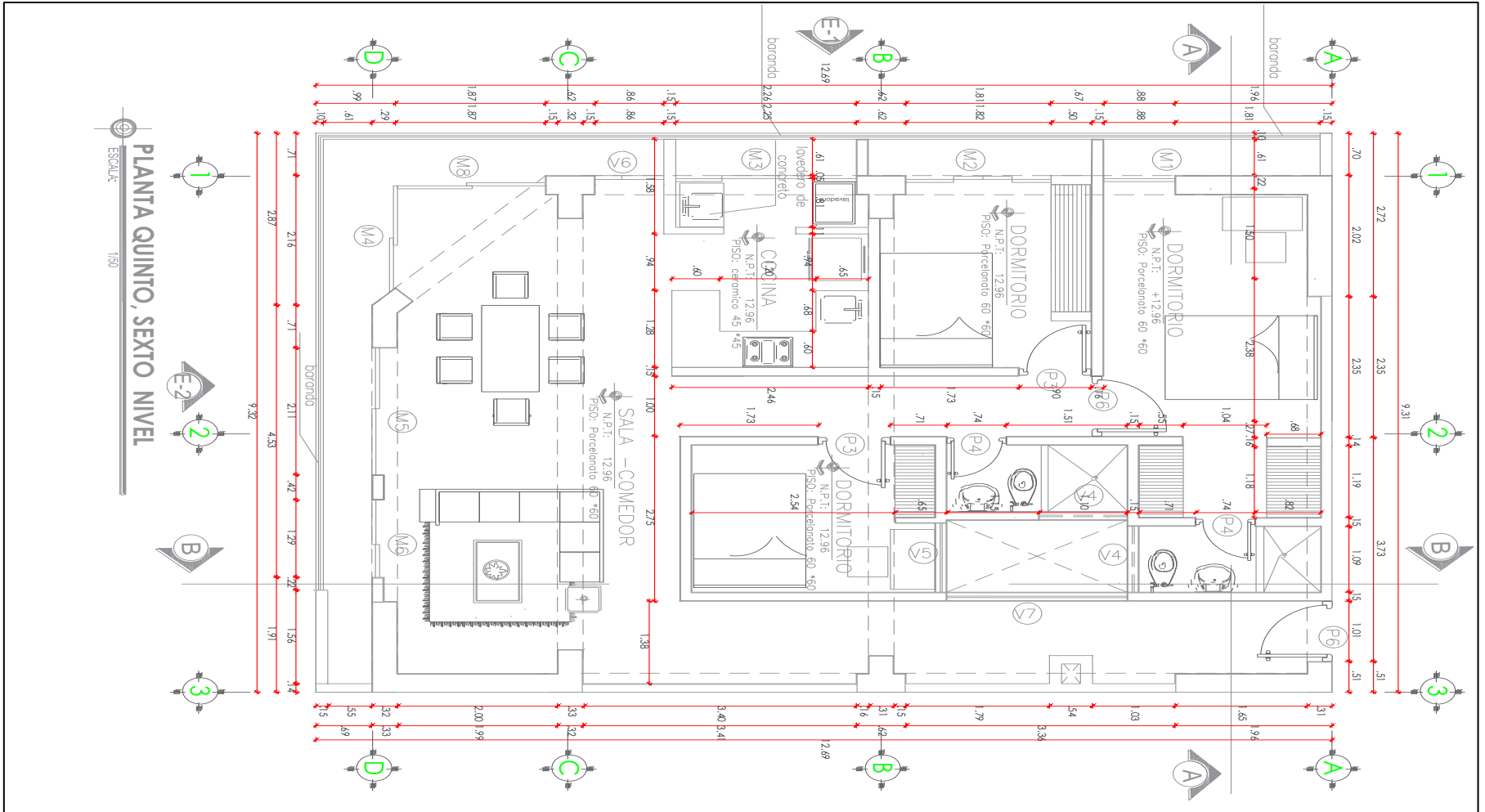
**Figura 47**  
*Plano arquitectónico 4*



**Figura 48**  
**Plano arquitectónico 5**

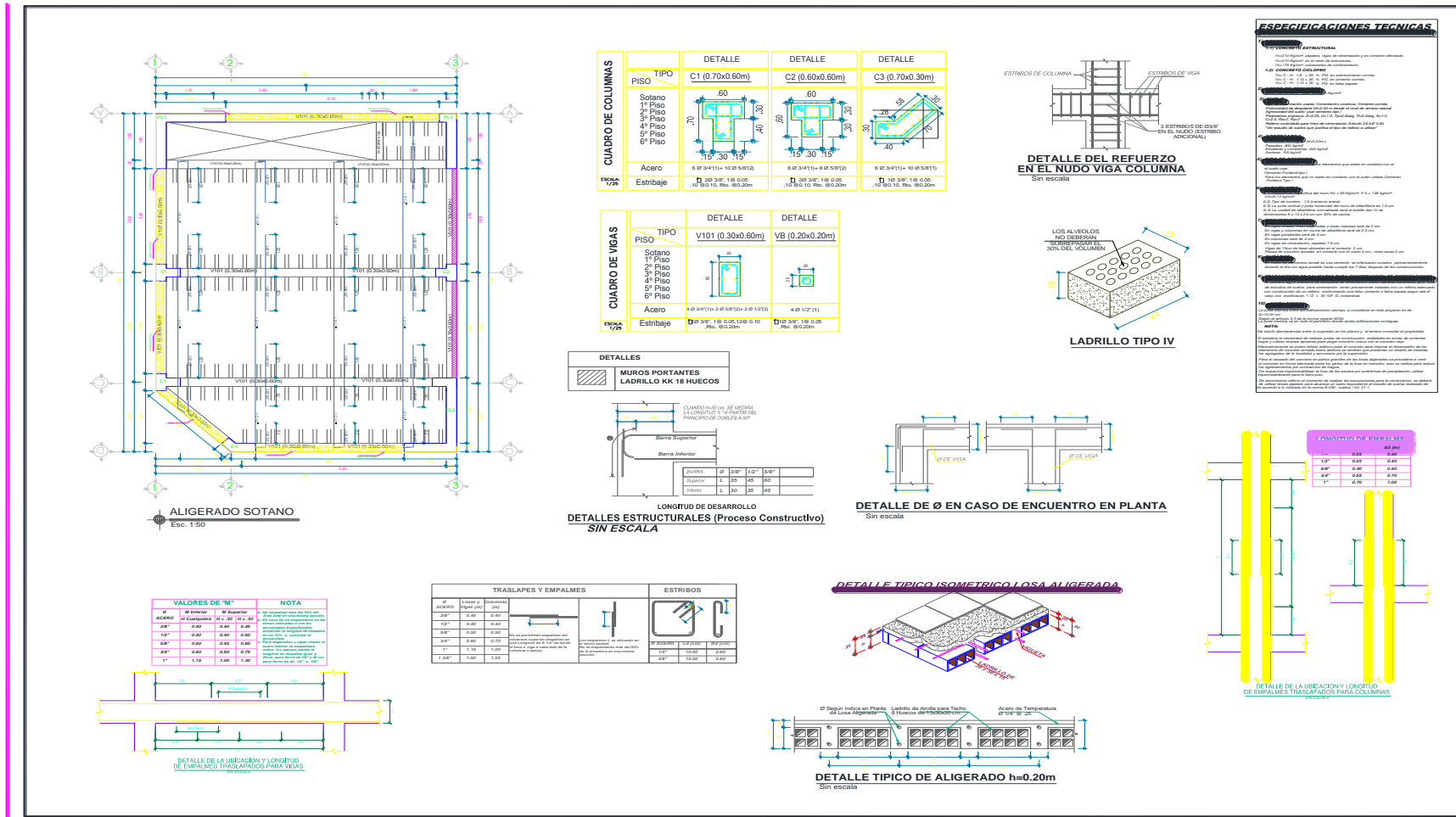


**Figura 49**  
**Plano arquitectónico 6**



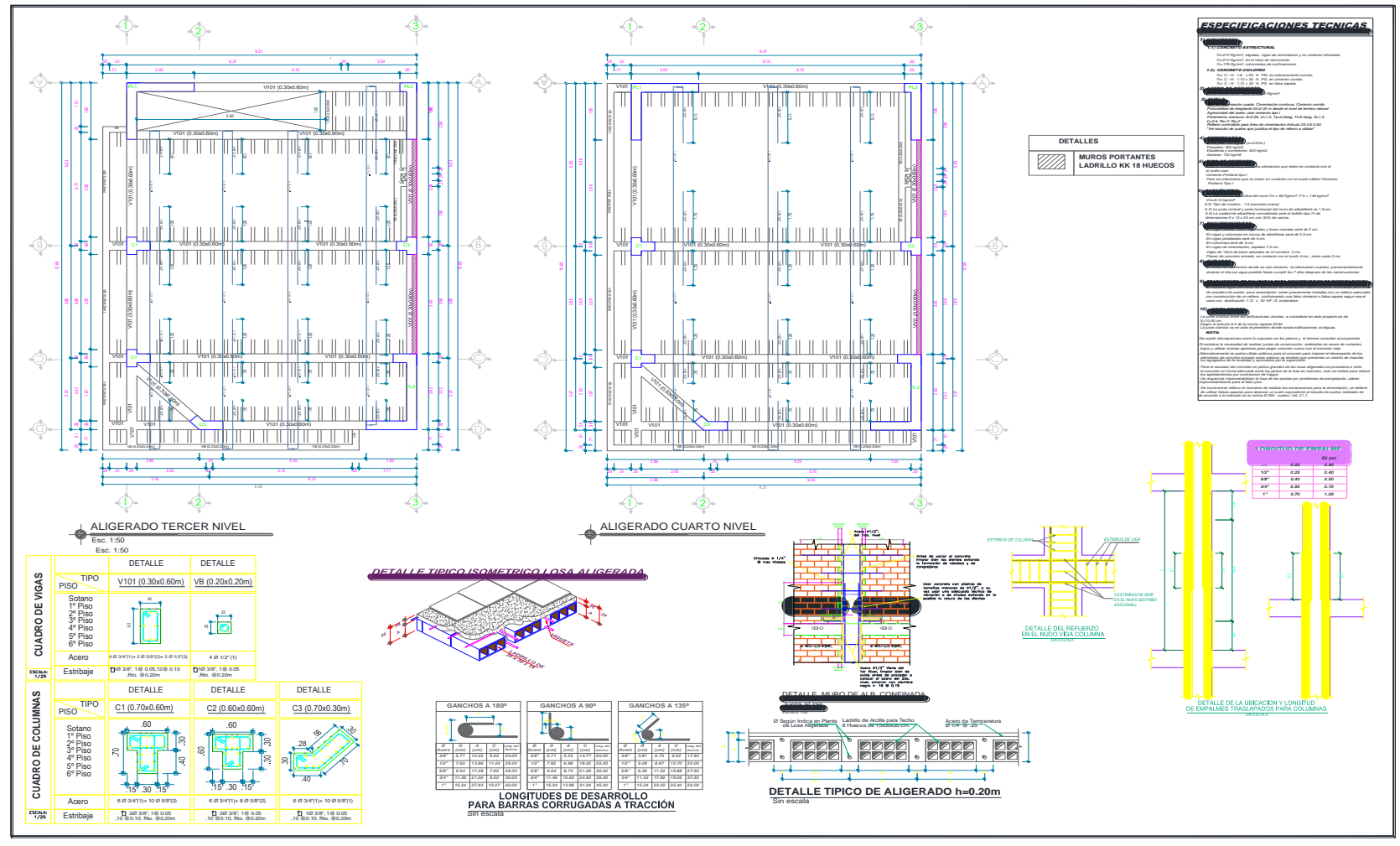


**Figura 51**  
Plano Estructural 2

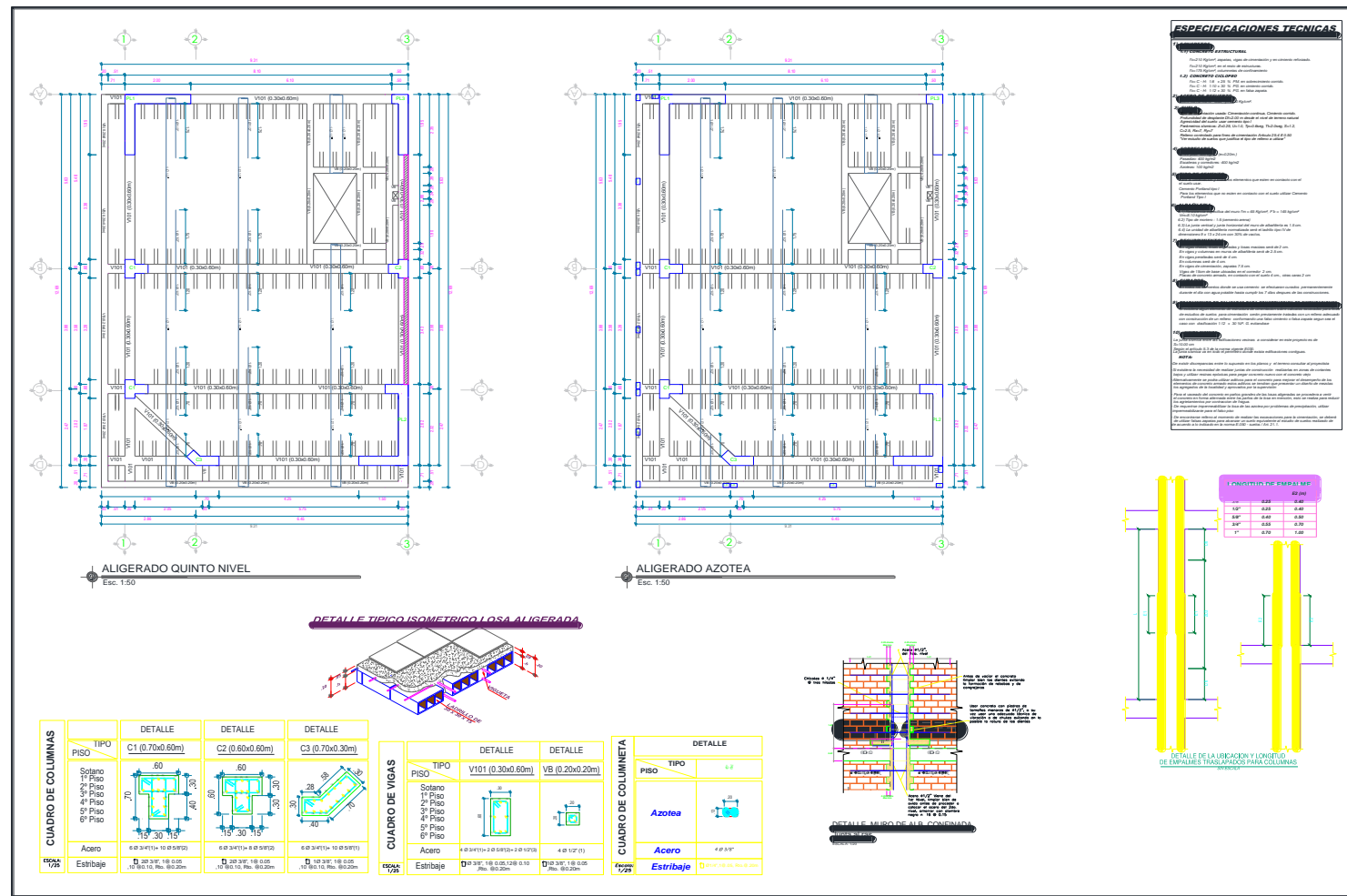




**Figura 53**  
Plano Estructural 4

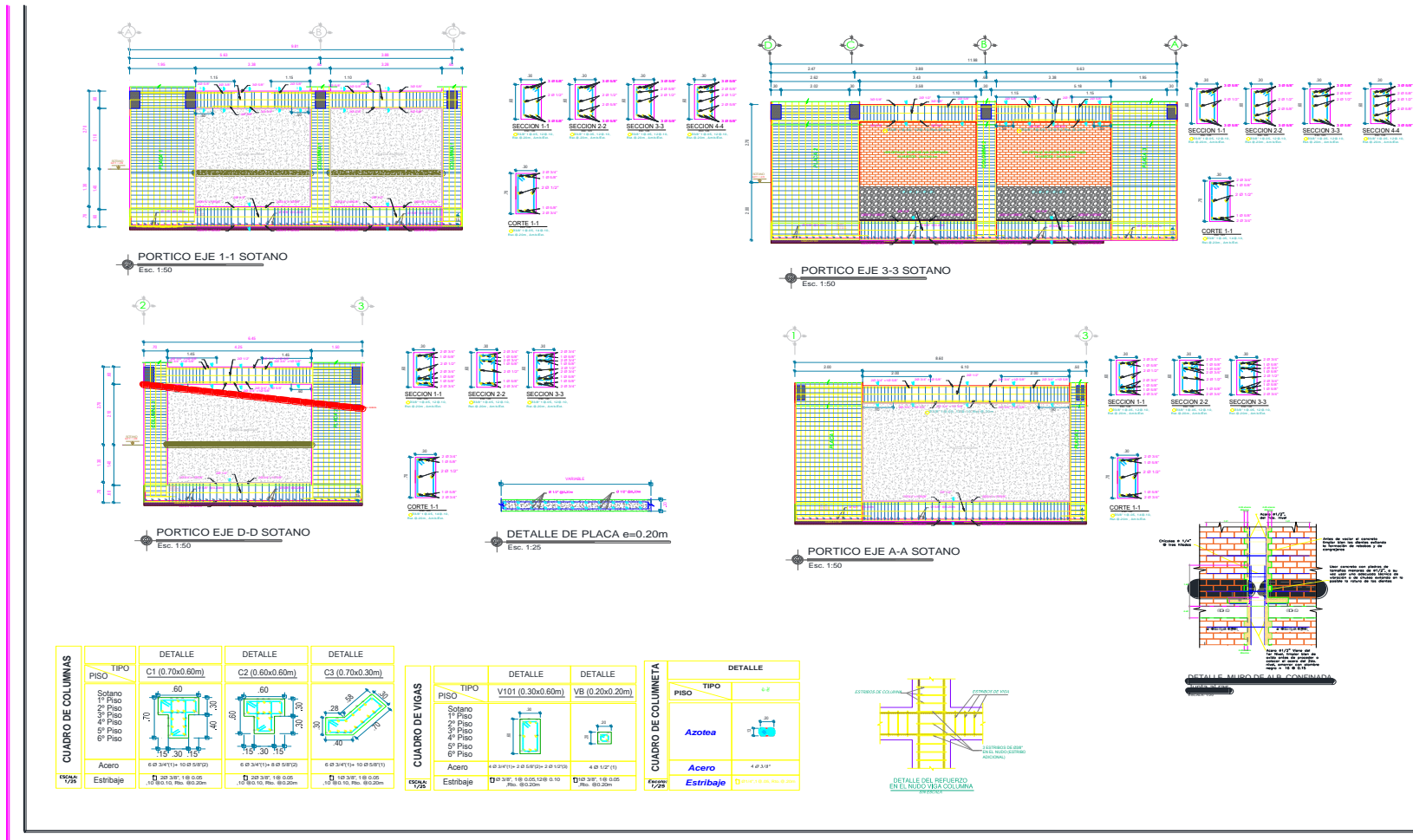


**Figura 54**  
Plano Estructural 5





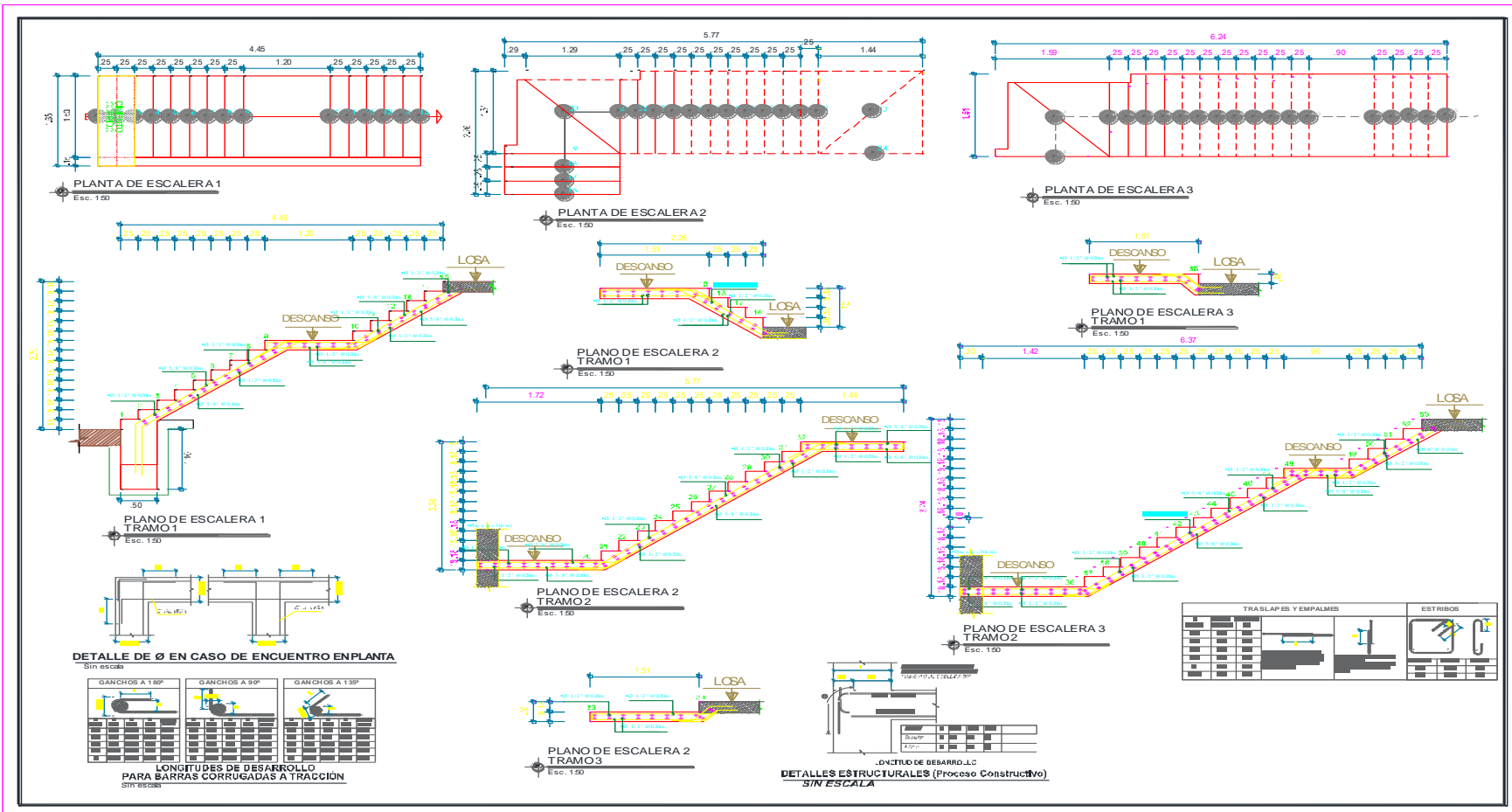
**Figura 55**  
Plano Estructural 6







**Figura 58**  
**Plano Estructural 9**



## ANEXO N°5 PLANO PARA EL PROYECTO N°2

Figura 59  
Plano estructural N°01

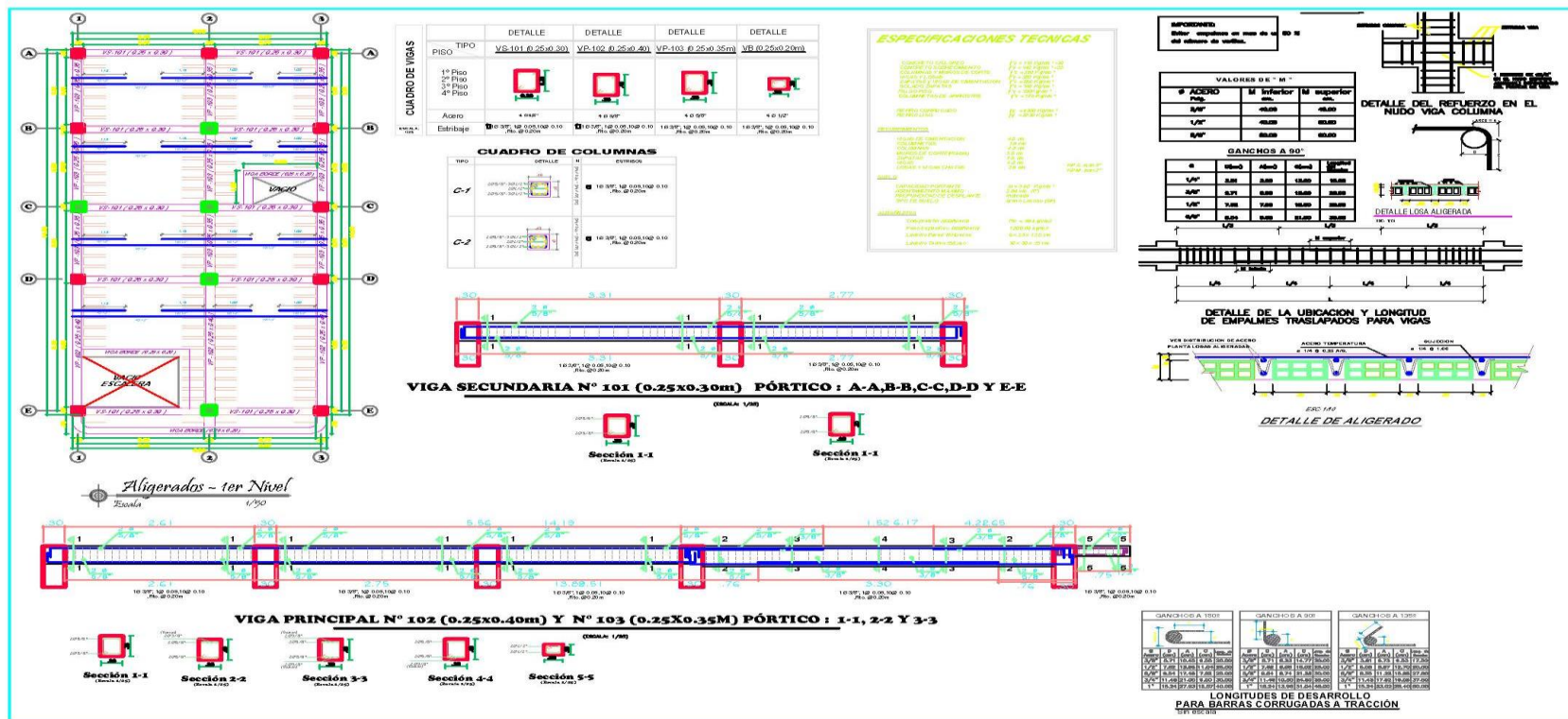


Figura 60  
Plano estructural N°02

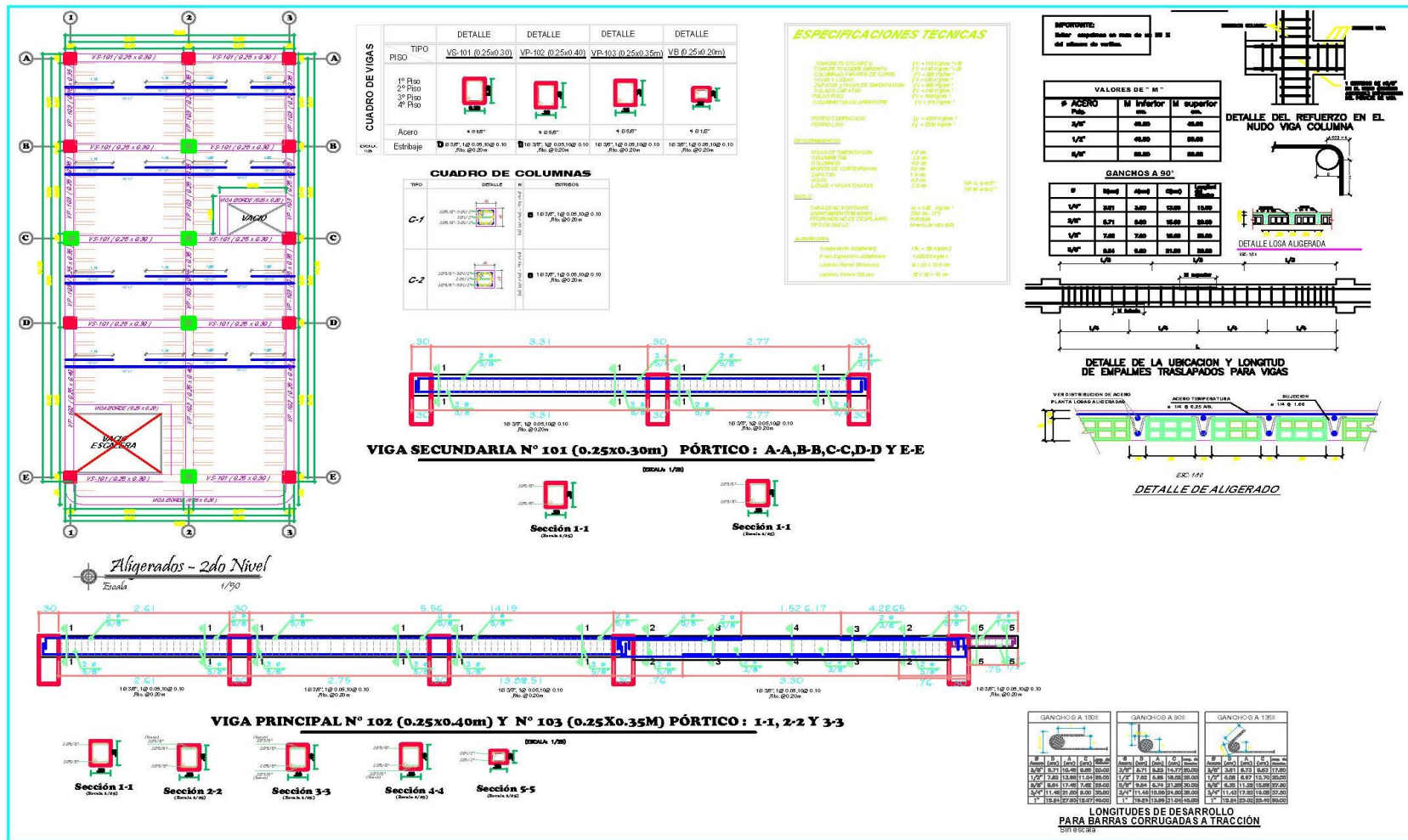




Figura 61  
Plano estructural N°03

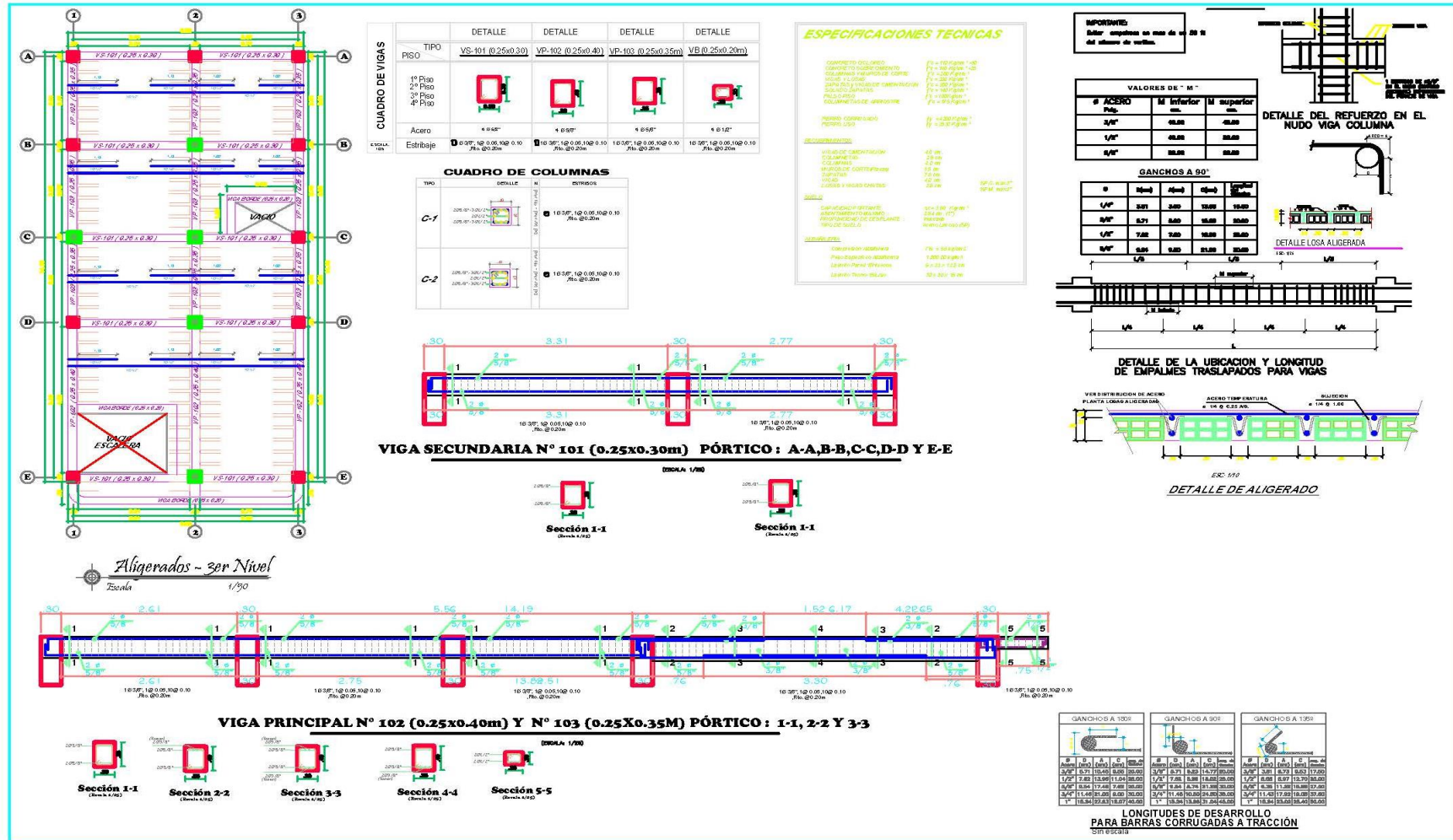


Figura 62  
Plano estructural N°04

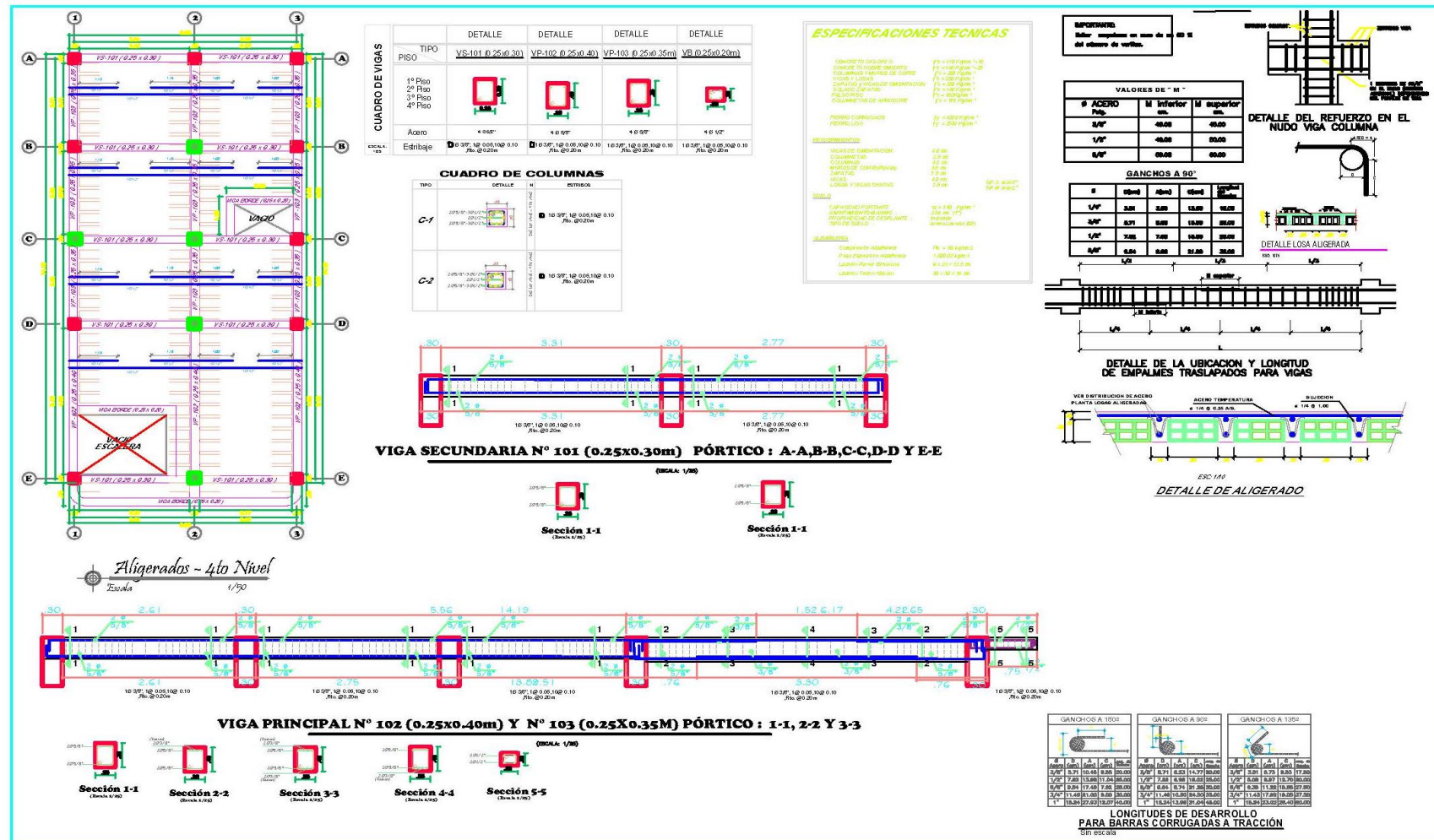




Figura 63  
Plano estructural N°05

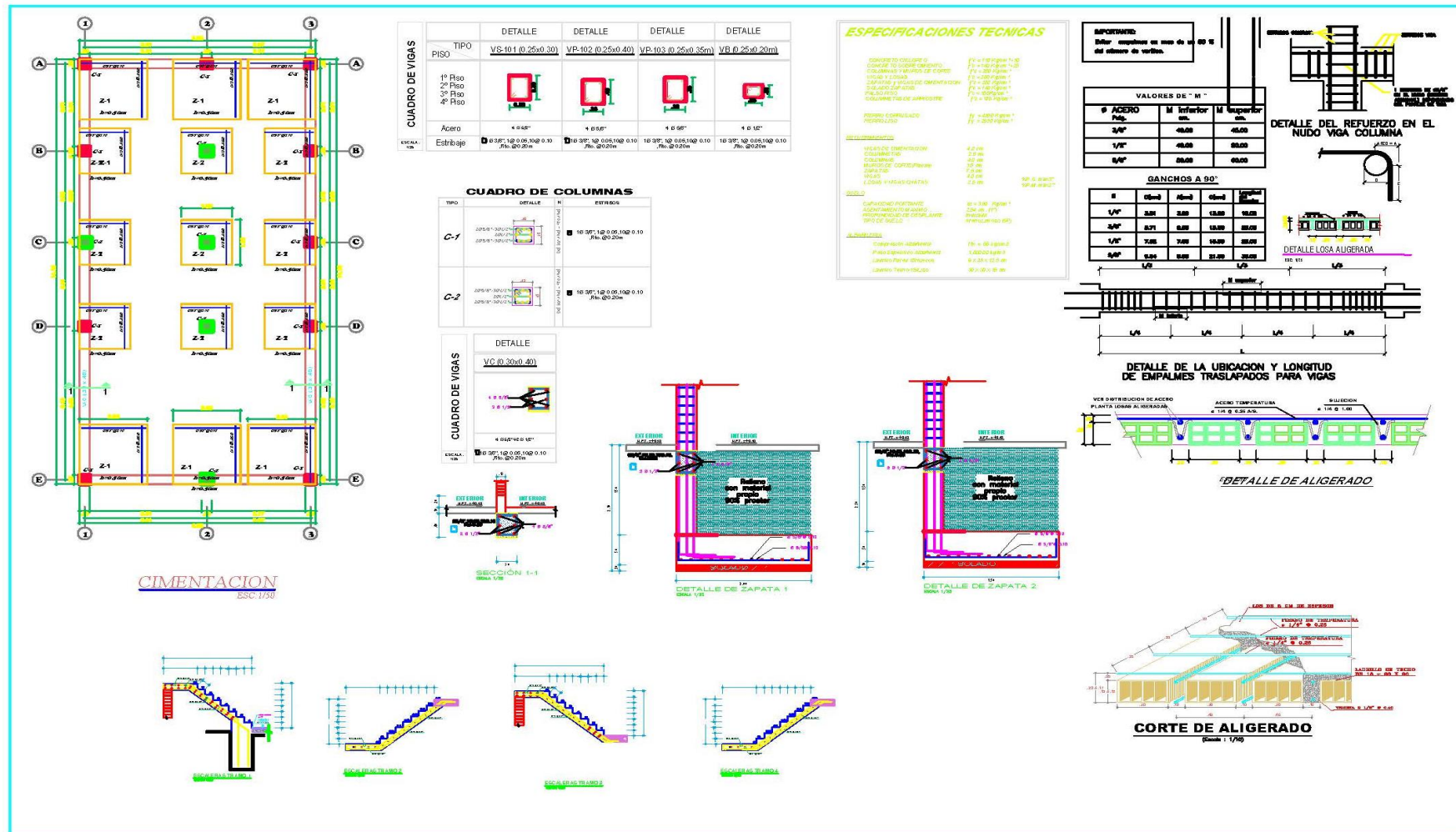


Figura 64  
Plano estructural N°06

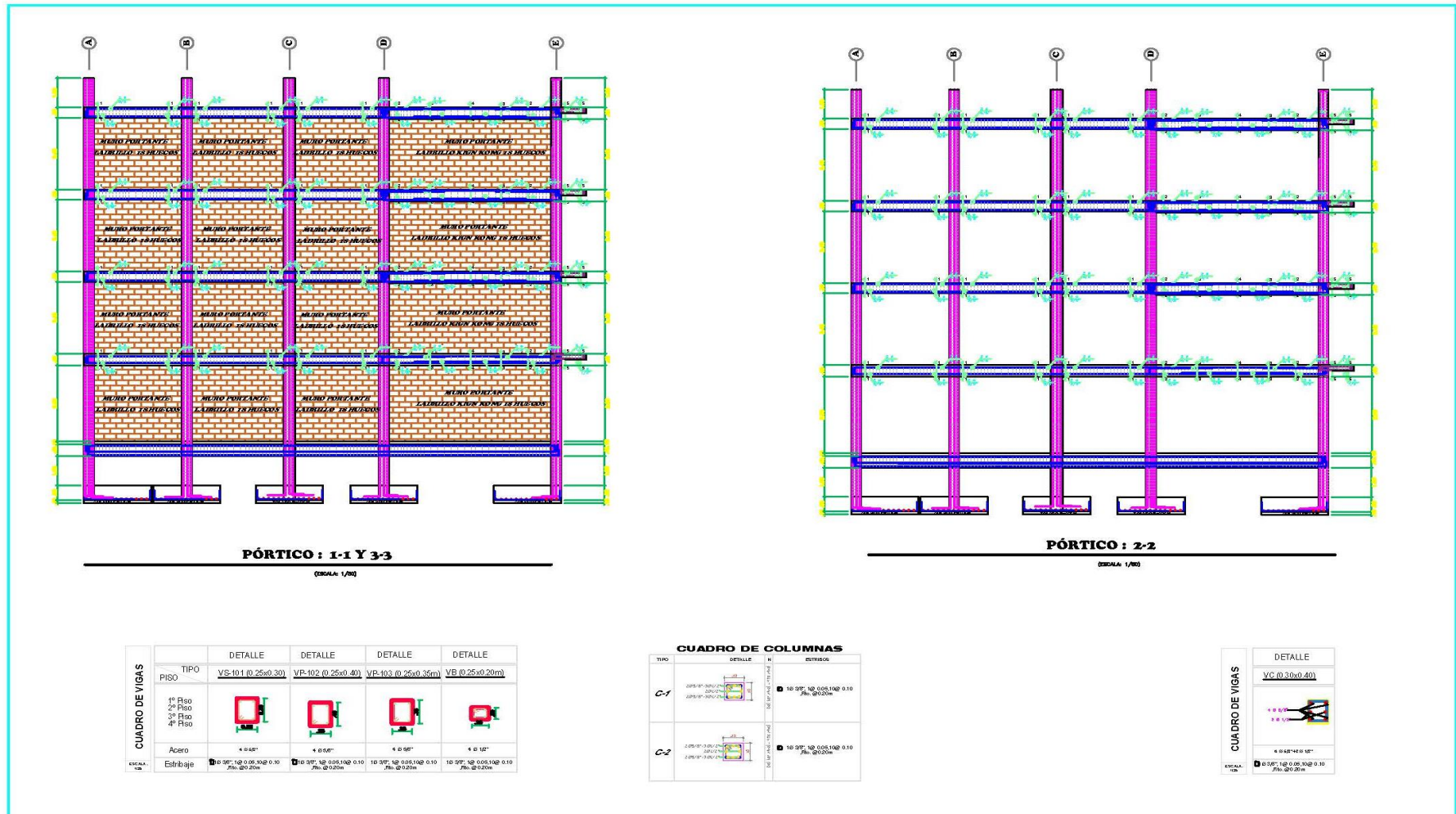
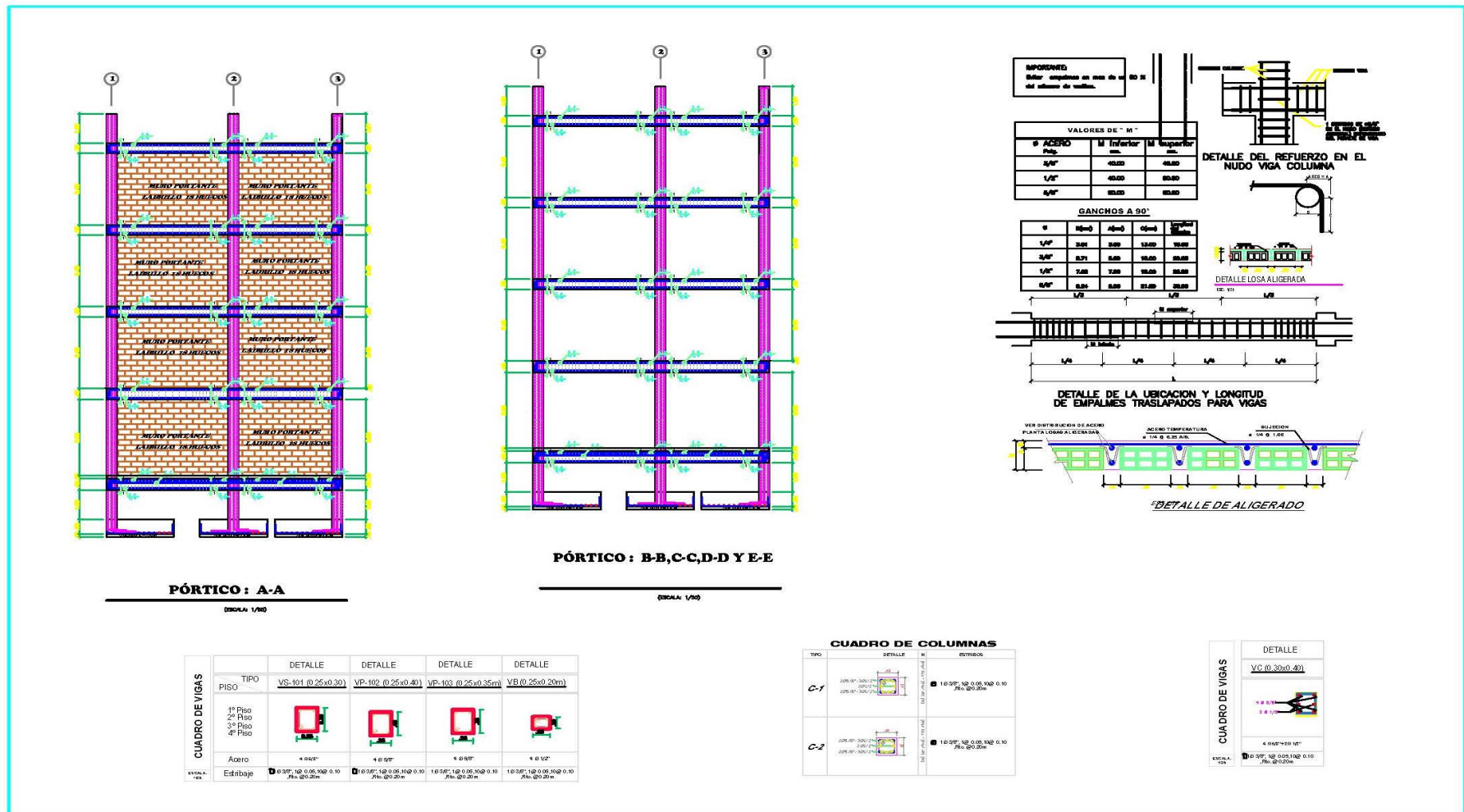


Figura 65  
Plano estructural N°07



## ANEXO N°6

### PLANO PARA EL PROYECTO N°3

**Figura 66**  
*Plano estructural vista 3D*

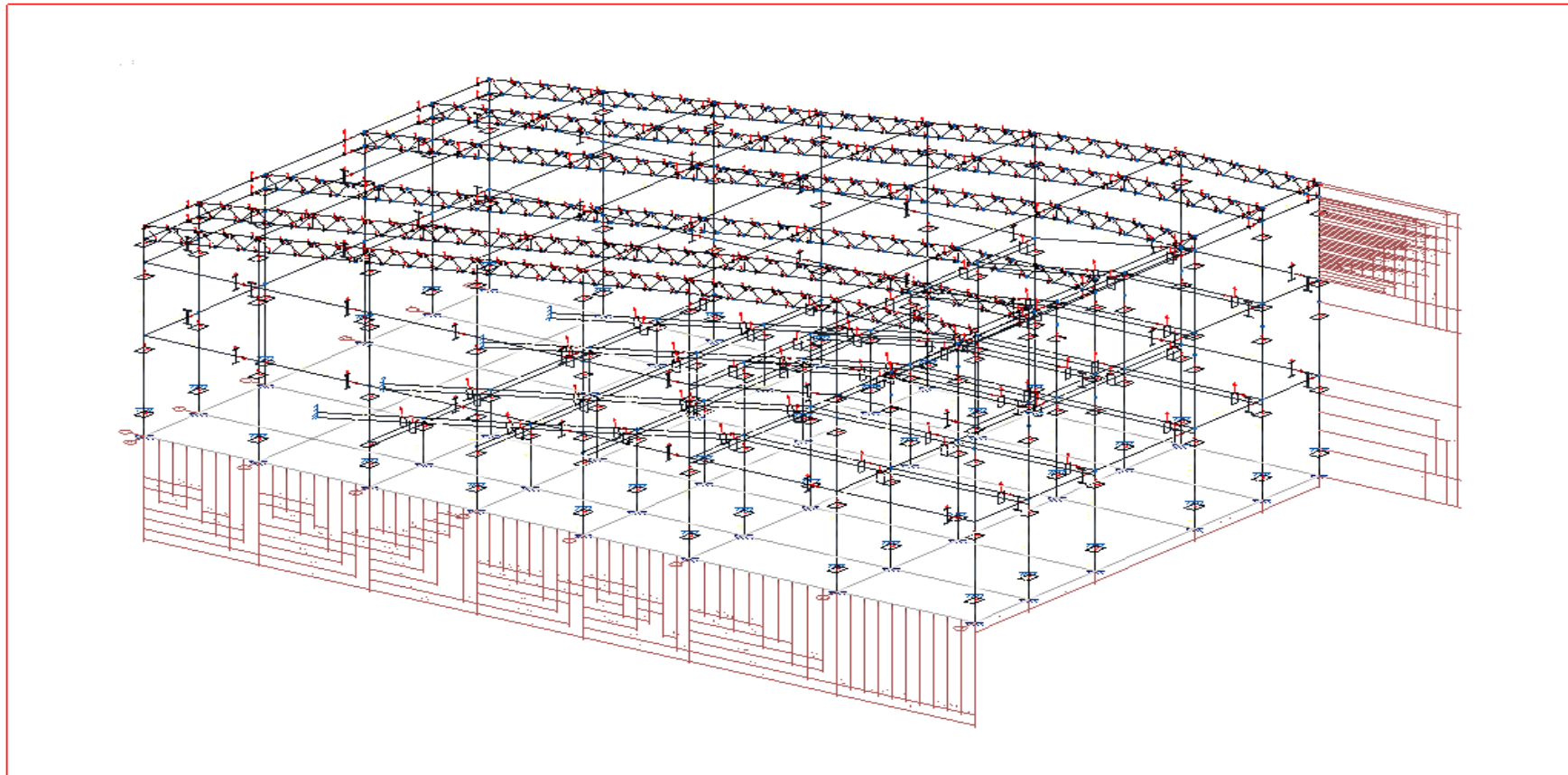






Figura 68  
 Plano estructural detalles de Viga 2

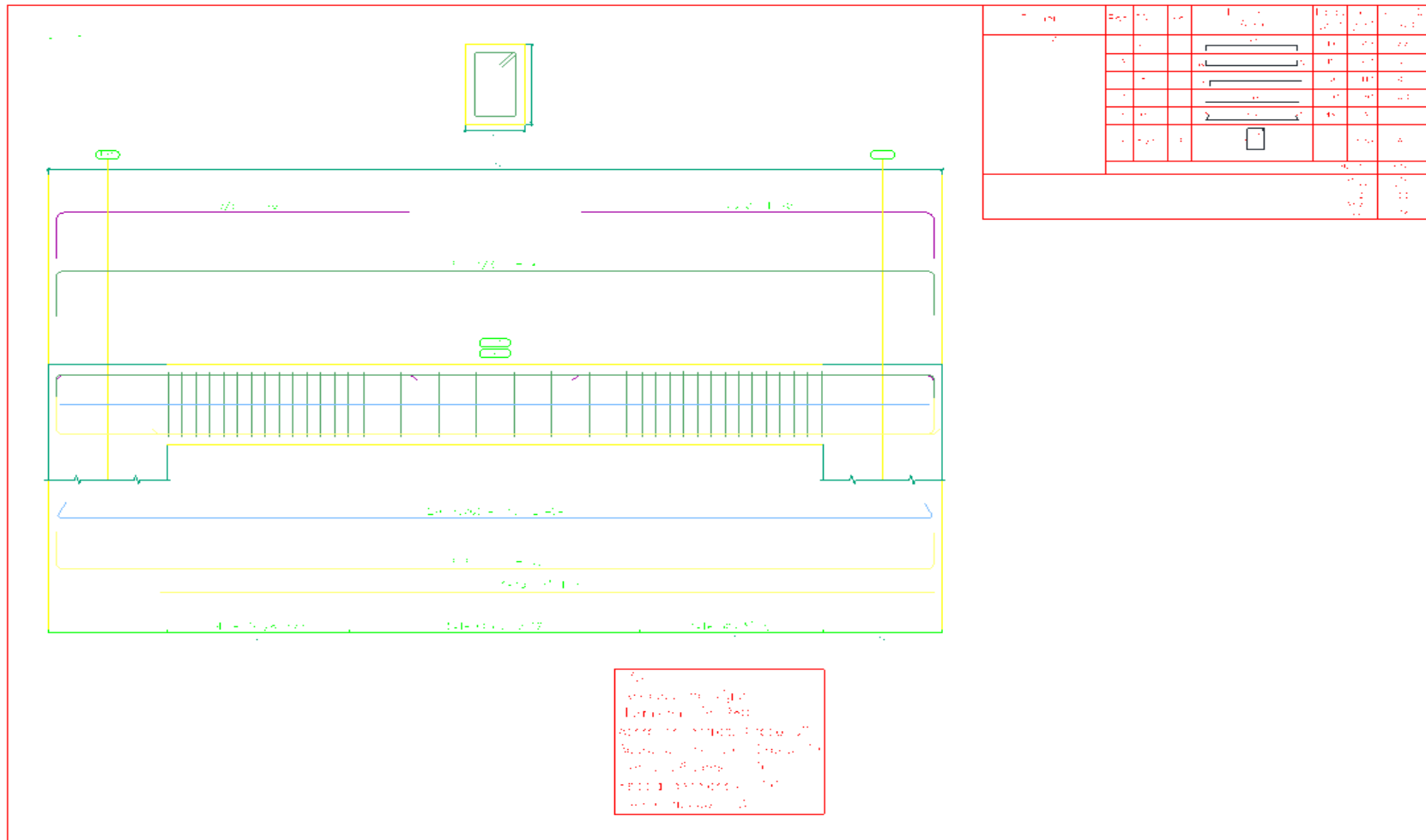


Figura 69  
Plano estructural detalles de Viga 3

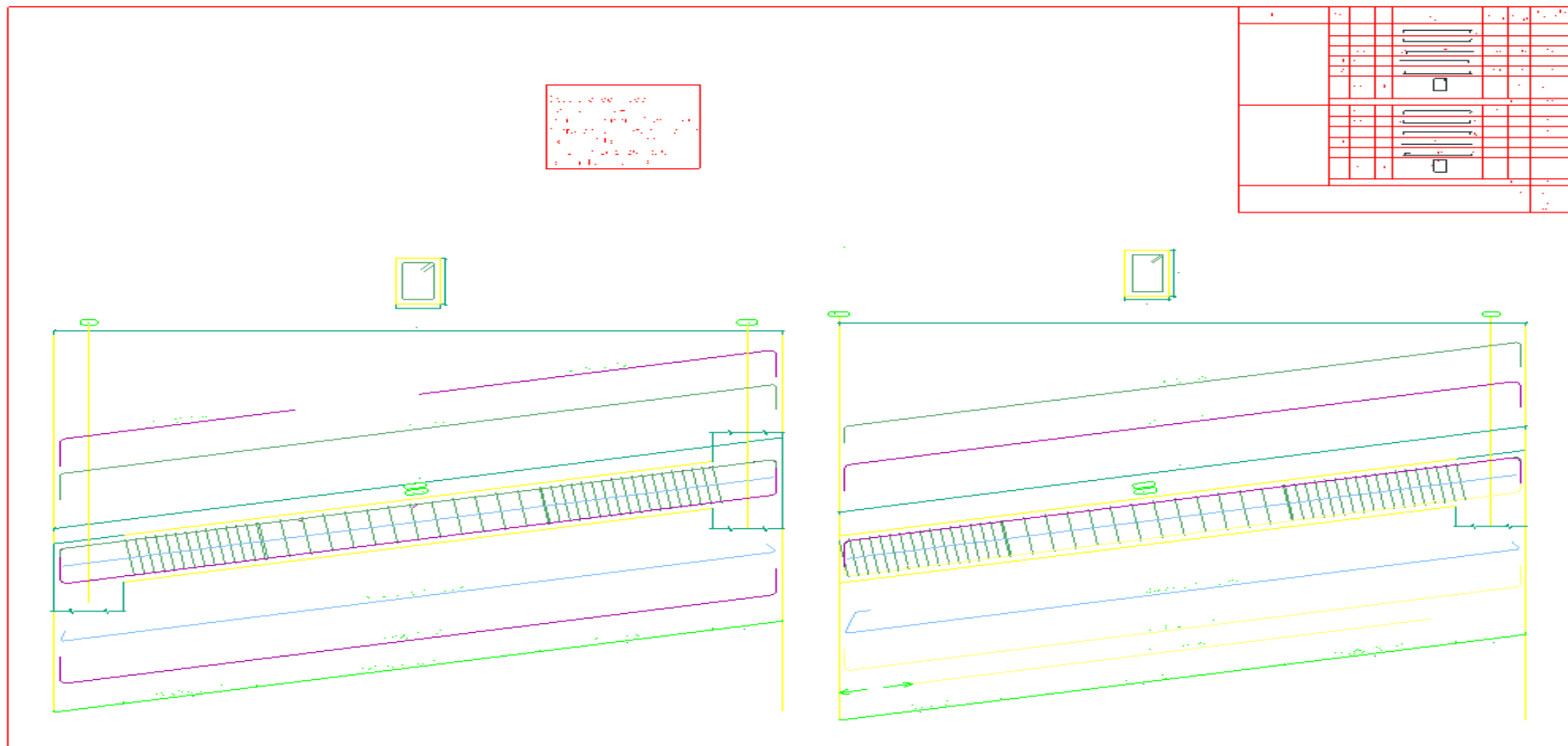
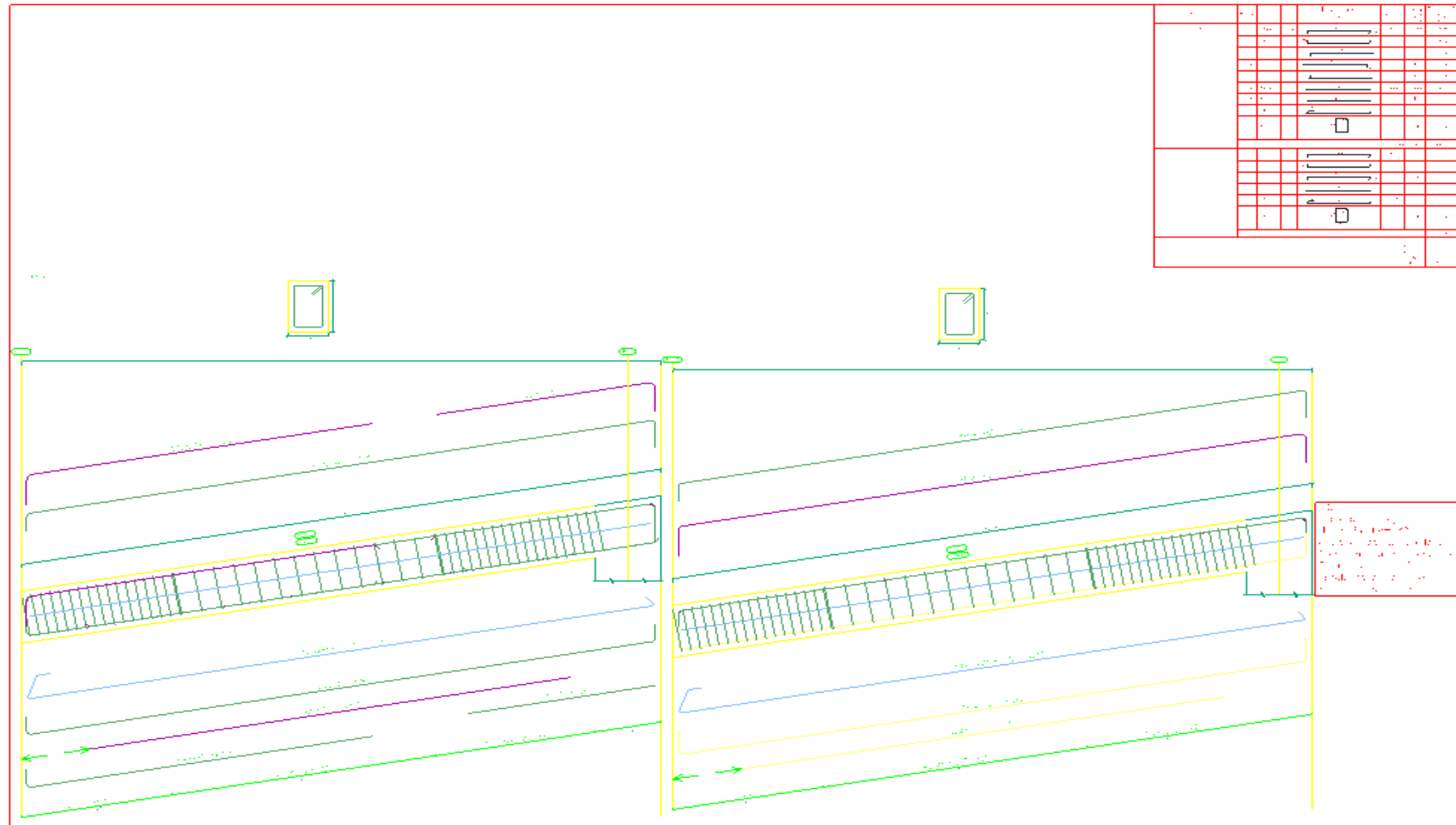
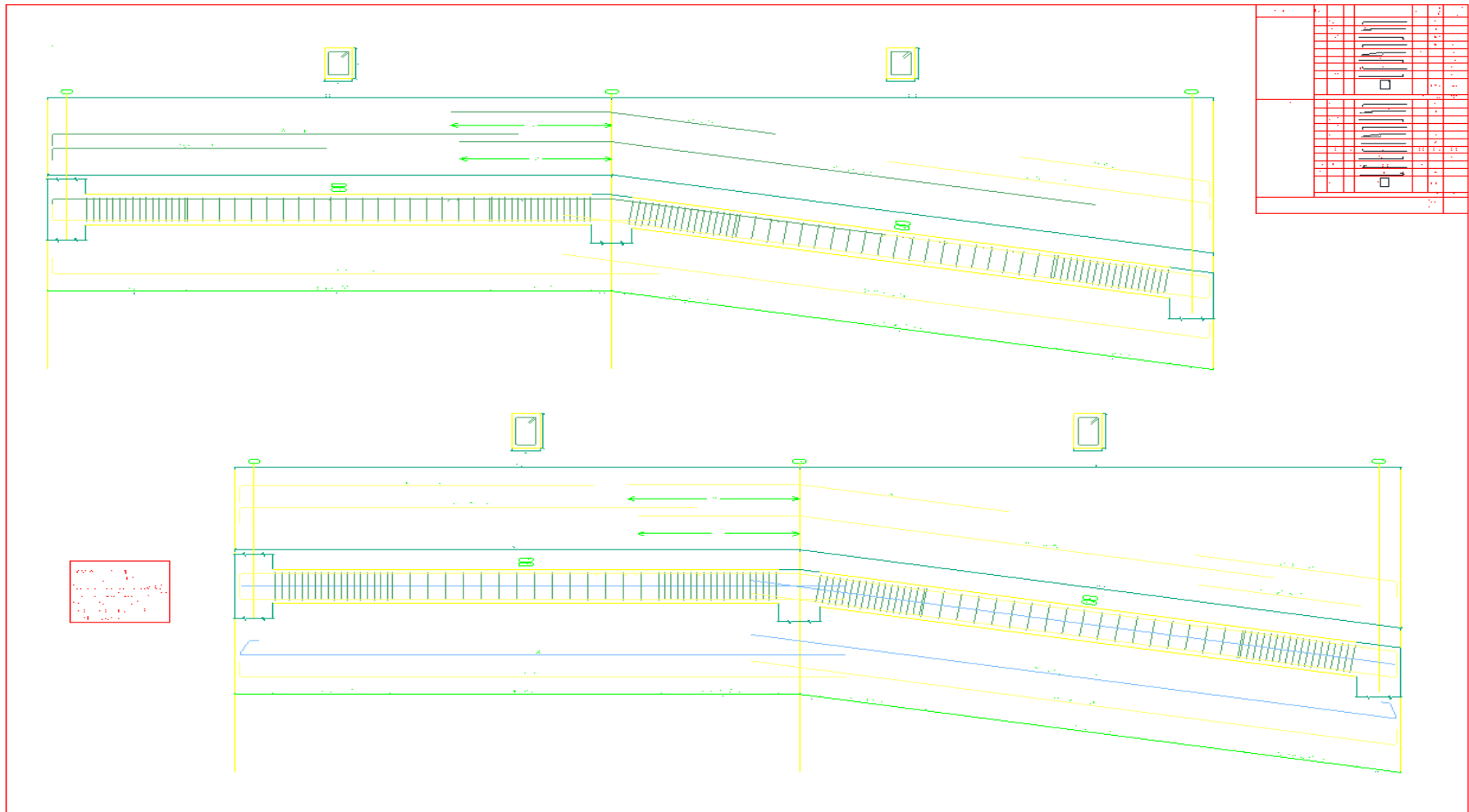


Figura 70  
 Plano estructural detalles de Viga 4





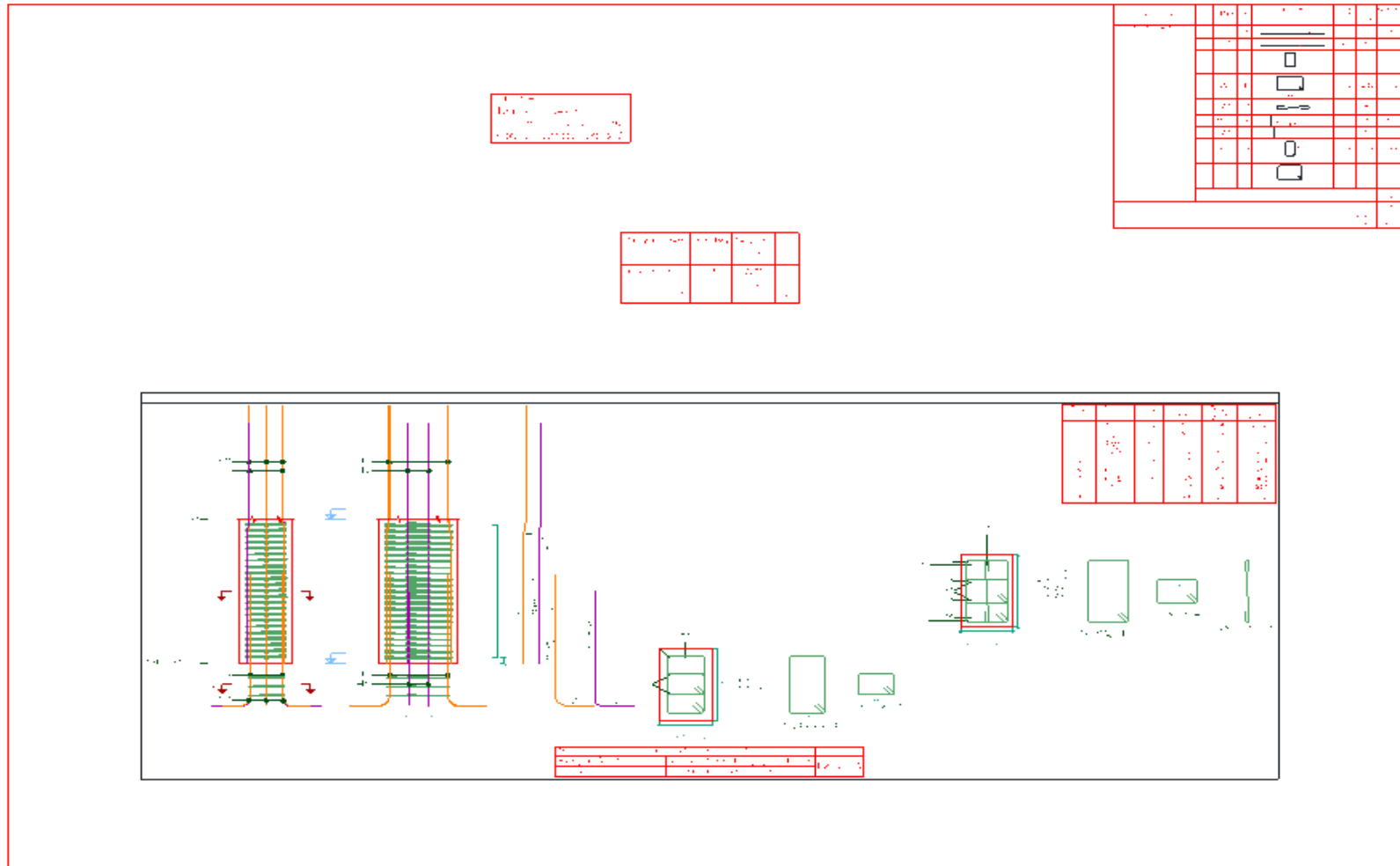
**Figura 71**  
*Plano estructural detalles de Viga 5*



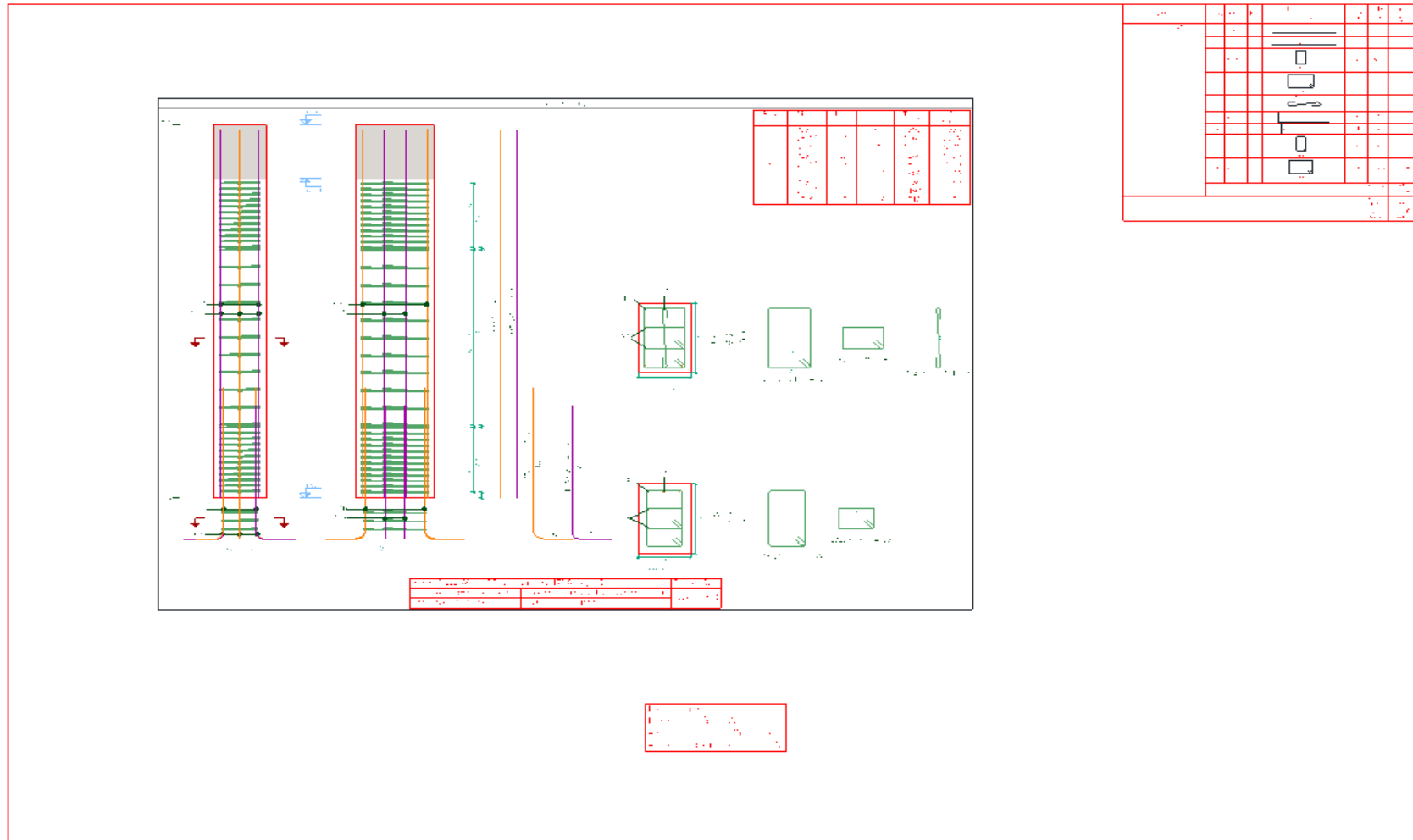
**Figura 72**  
*Plano estructural Columna 40X60 cm<sup>2</sup>*



**Figura 73**  
*Plano estructural Columna 40X60 cm2*

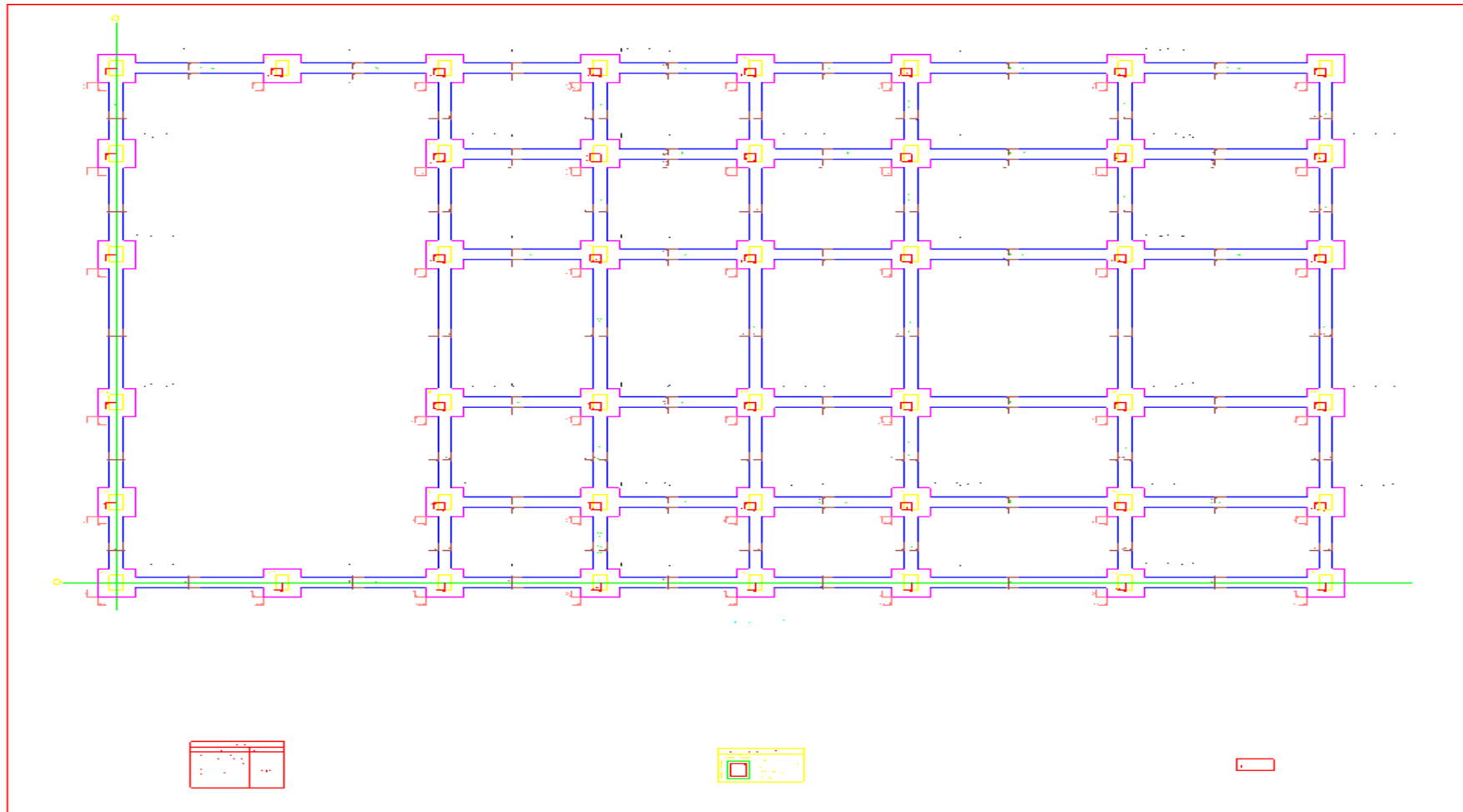


**Figura 74**  
*Plano estructural Columna 40X60 cm2*





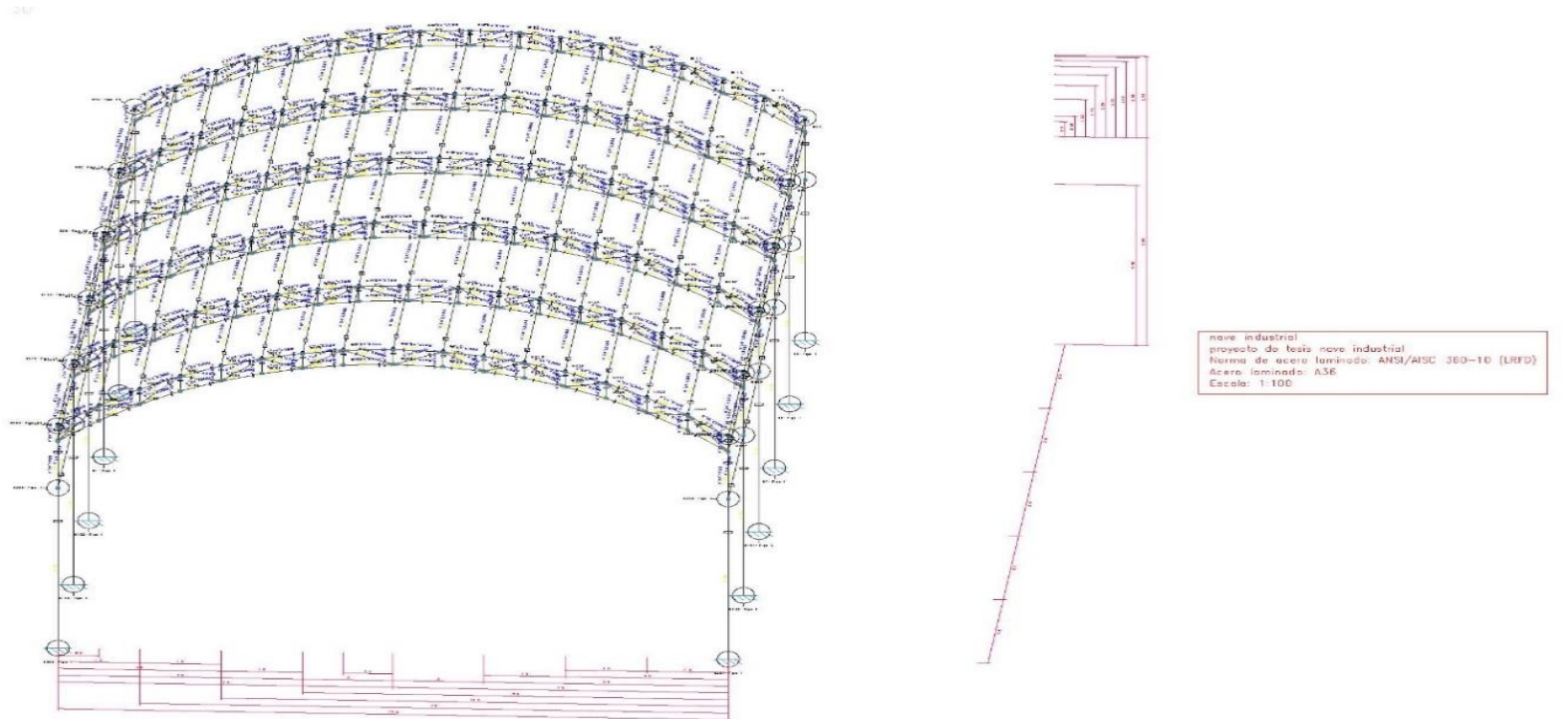
**Figura 76**  
*Plano estructural de las cimentaciones*



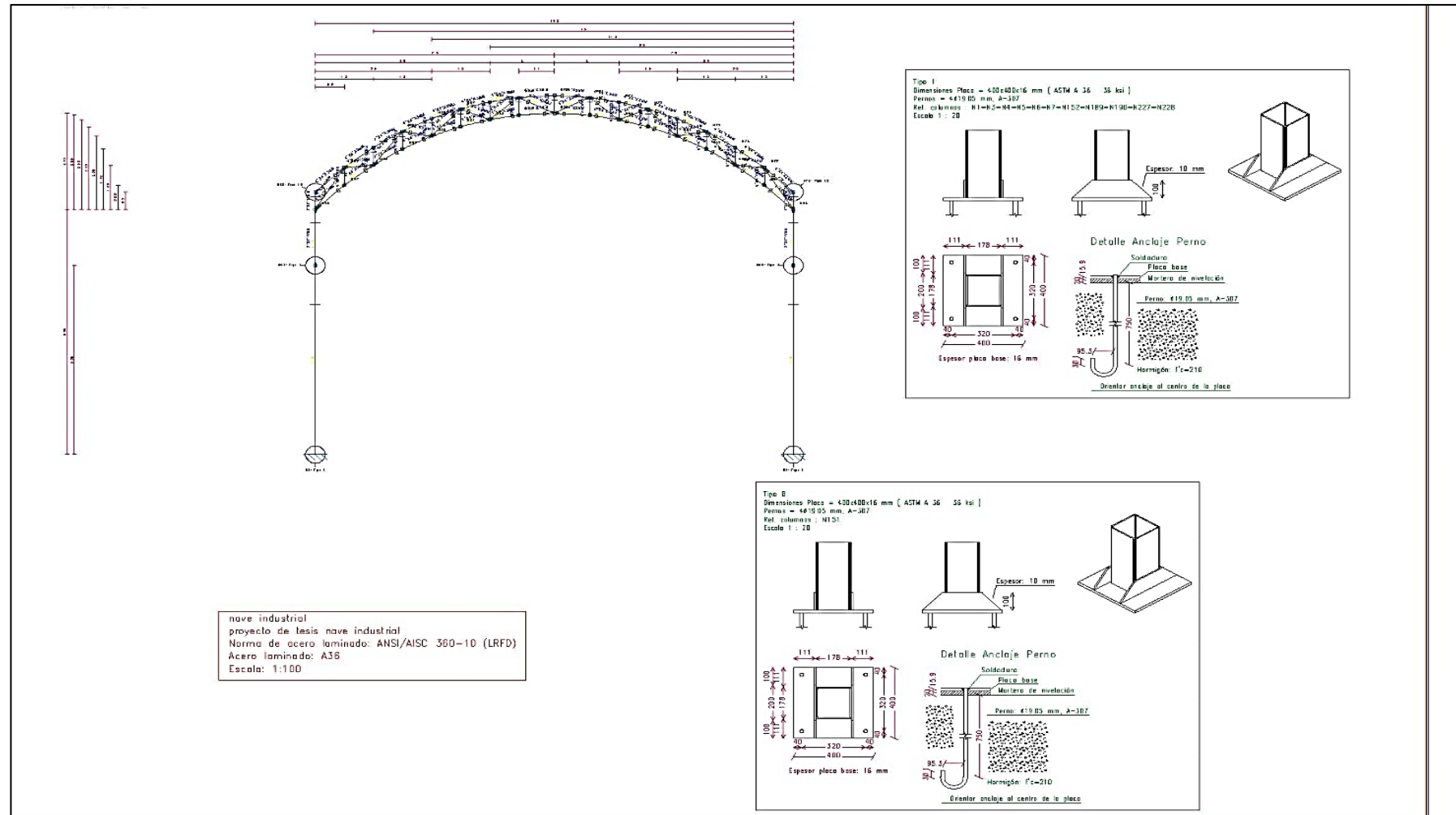
## ANEXO N° 7

### PLANO PARA EL PROYECTO N°4

**Figura 77**  
*Plano de estructural de la cubierta*

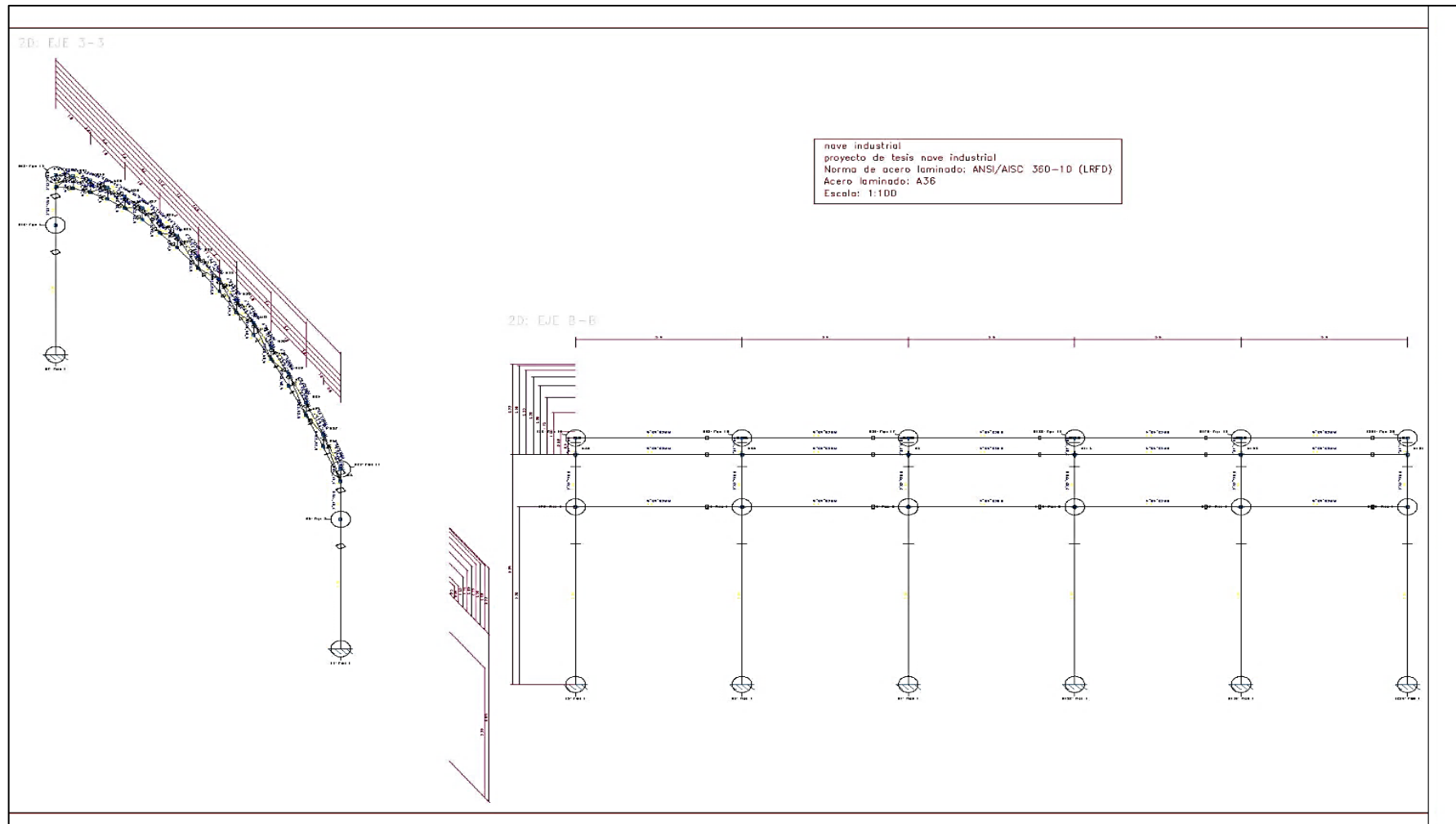


**Figura 78**  
 Plano de estructural del eje B-B

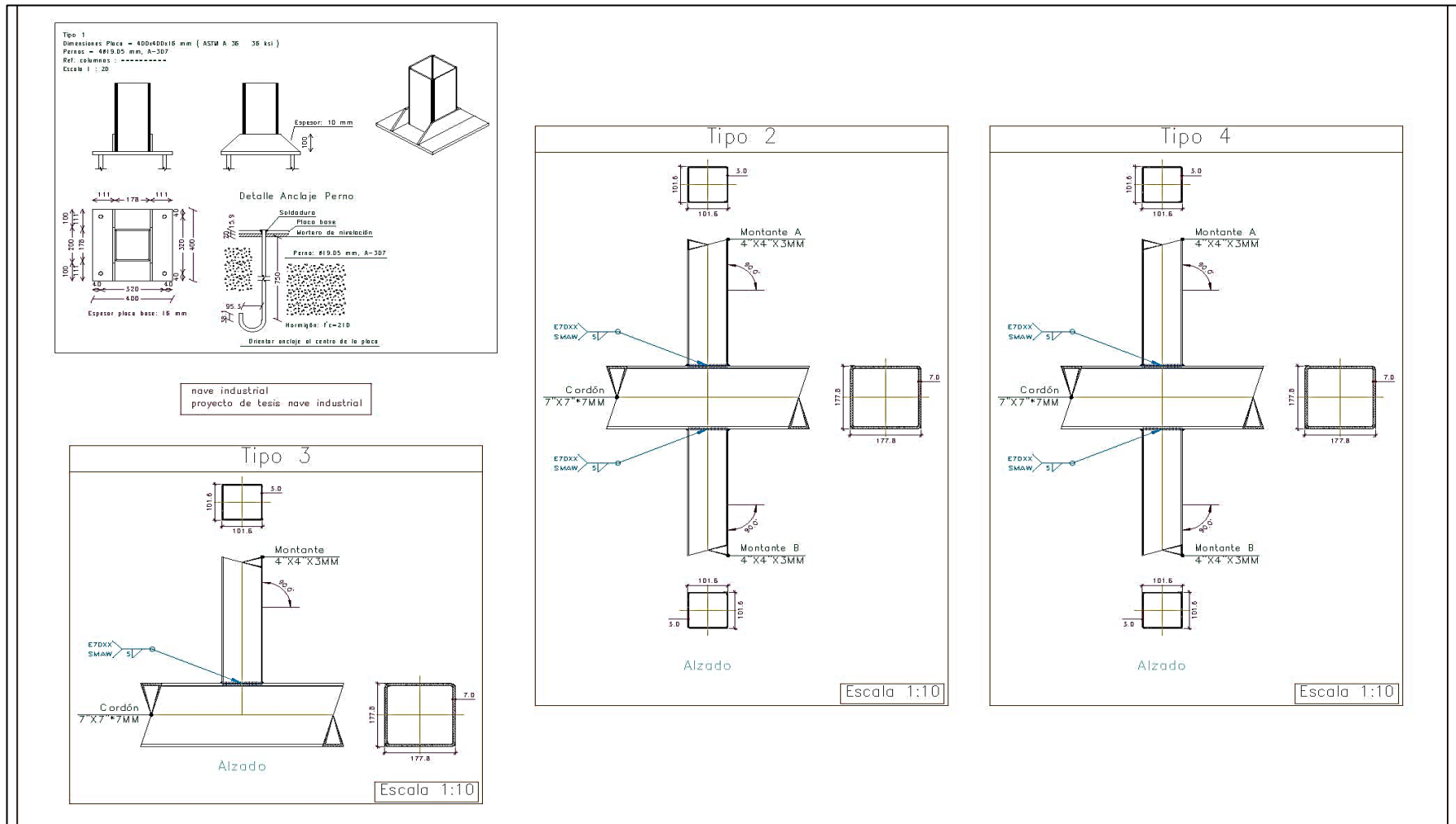




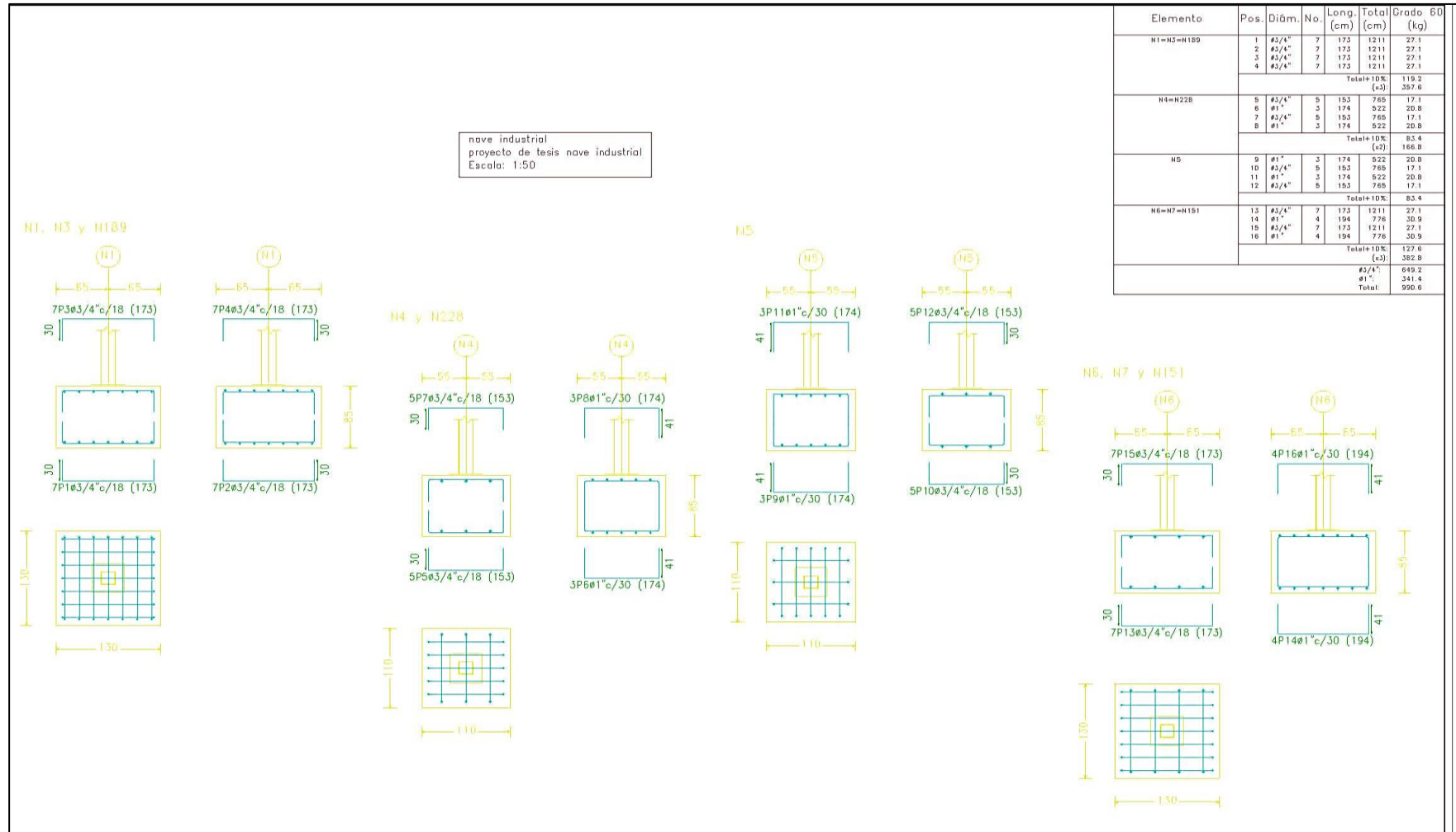
**Figura 79**  
*Plano de estructural del eje A-A*



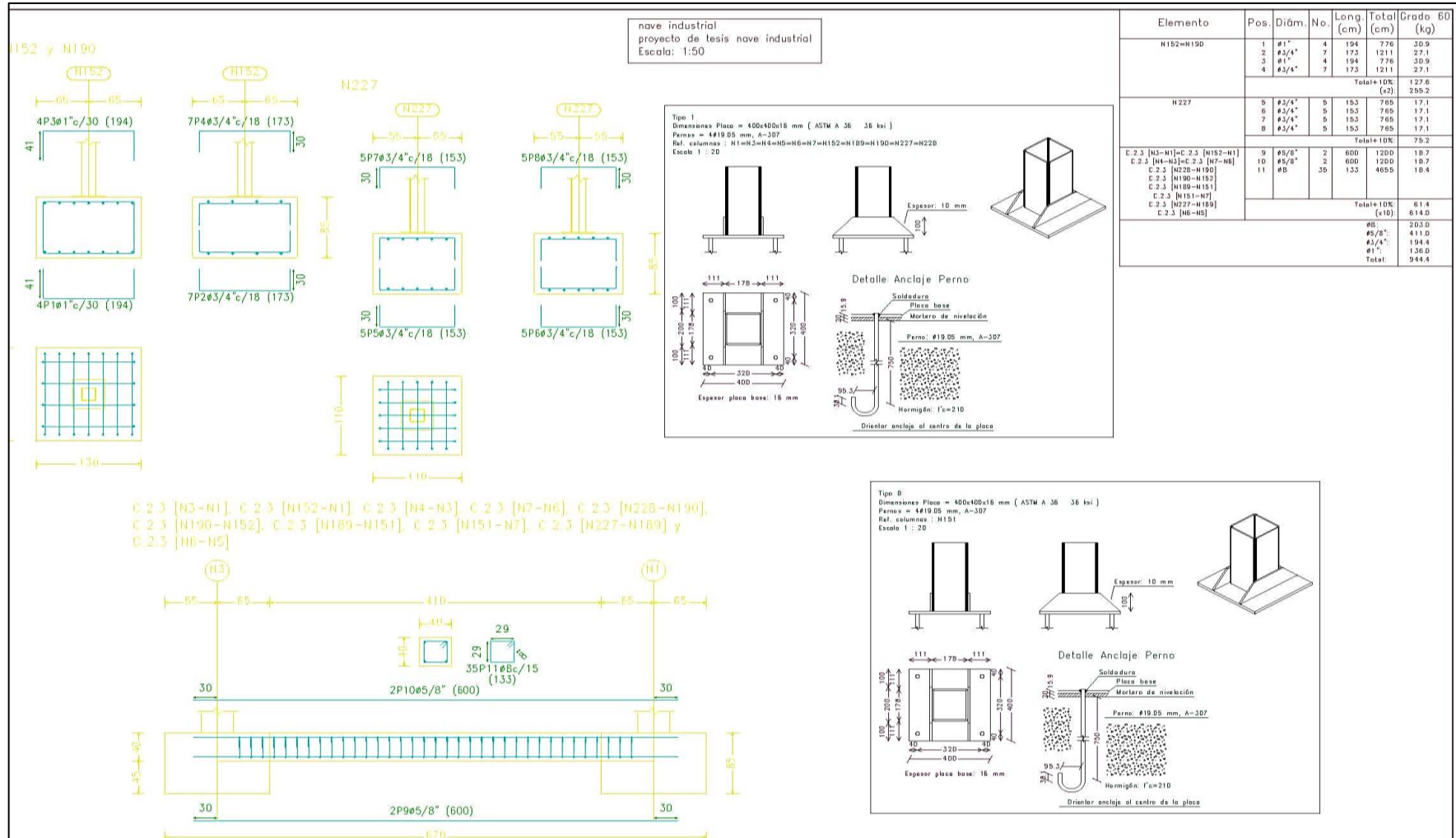
**Figura 80**  
*Plano de estructural de las uniones*



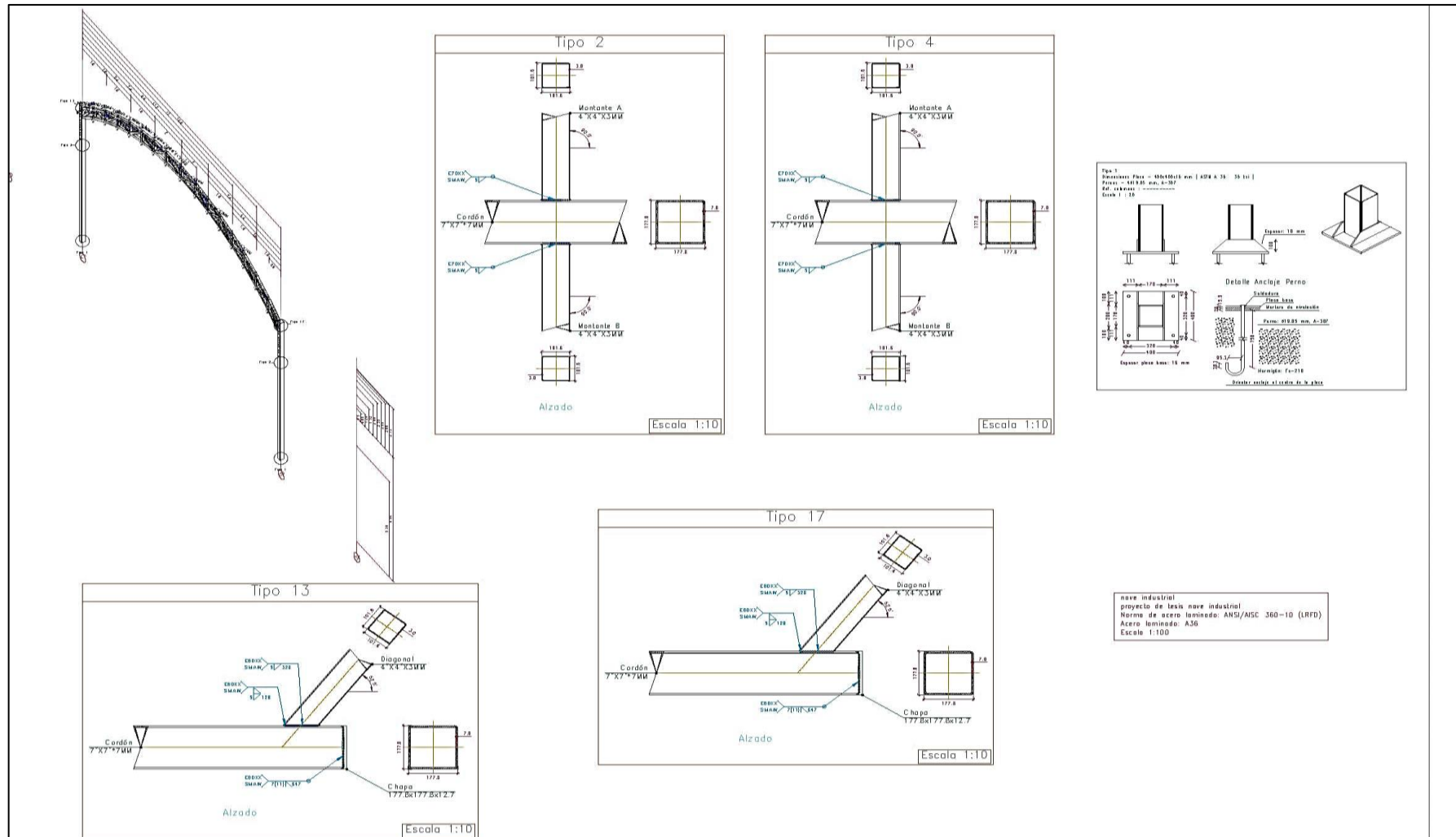
**Figura 81**  
*Detalles de las zapatas aisladas*



**Figura 82**  
Detalle de las vigas de cimentación



**Figura 83**  
**Detalles del pórtico C-C**

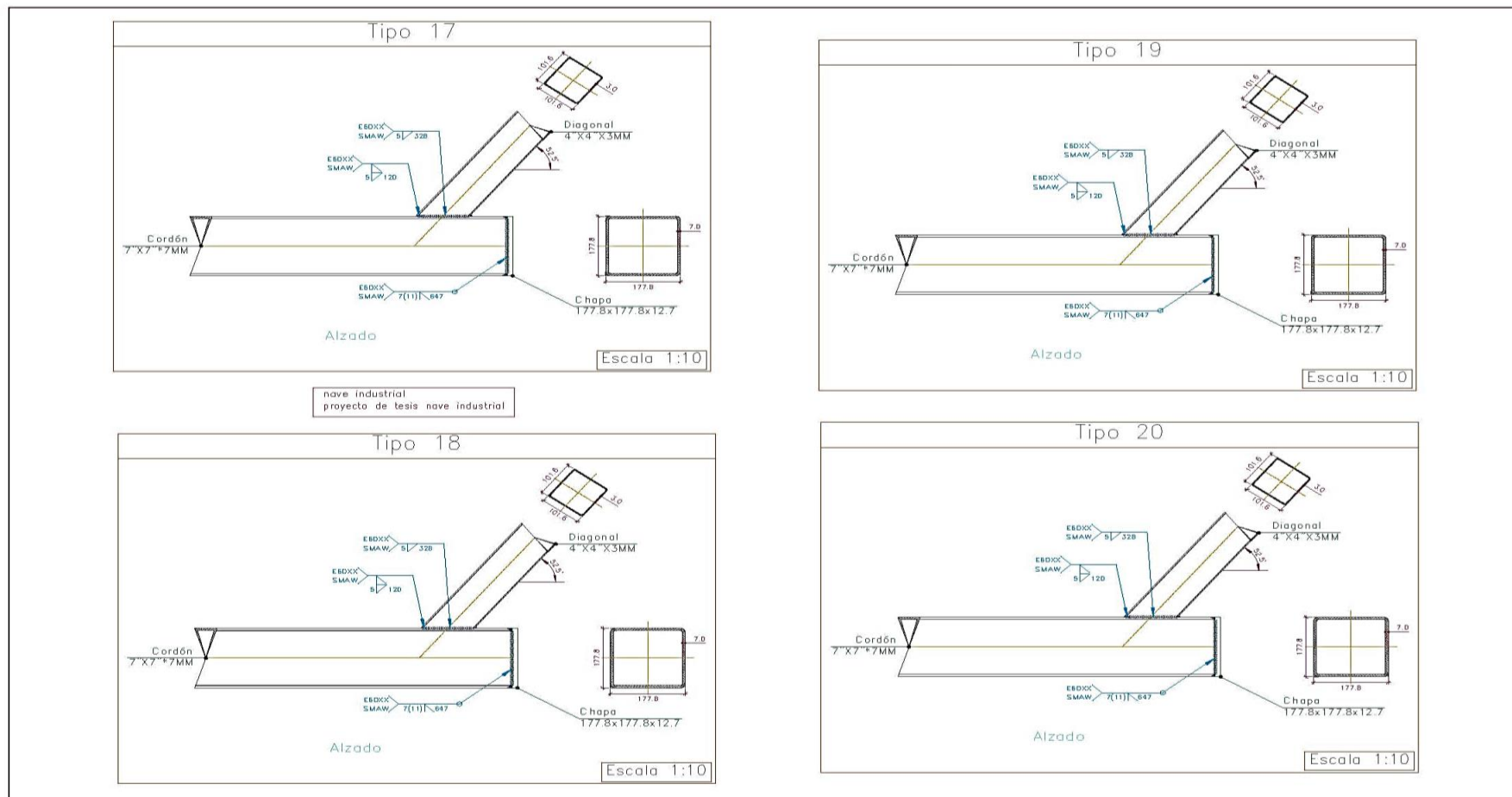


## Figura 84

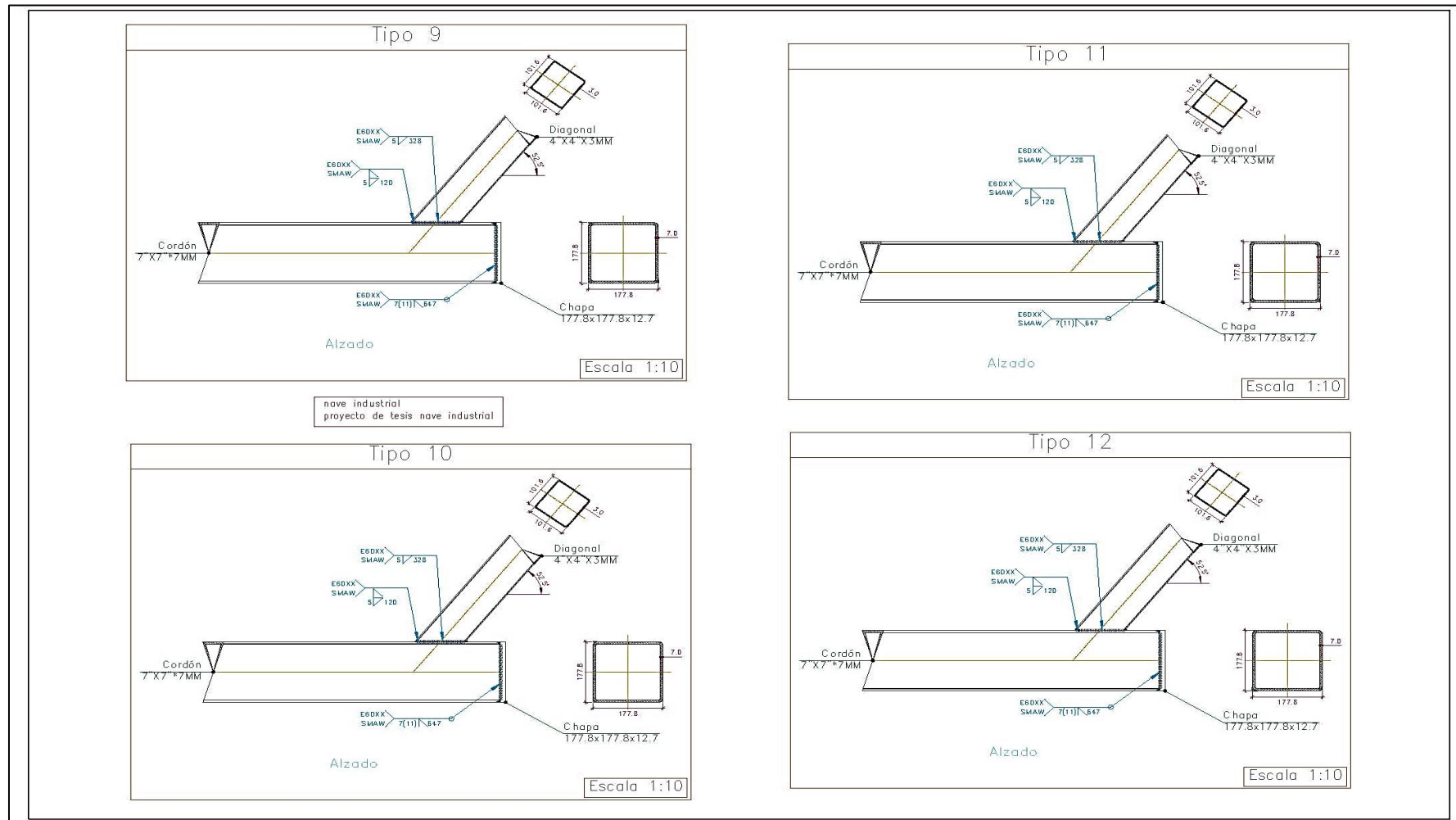
### Descripción de las propiedades de las soldaduras

UNIONES SOLDADAS ENTRE PERFILES TUBULARES
<p>NORMA: ANSI/AISC 360-10. Chapter K – K2. HSS to HSS truss connections.</p>
<p>MATERIALES:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Perfiles (Material base): A36.</li><li>– Material de aportación (soldaduras): Electrodo de las series E70XX y E60XX. Para los materiales empleados y el procedimiento de soldadura SMAW (Arco eléctrico con electrodo revestido), se cumplen las condiciones de compatibilidad entre materiales exigidas por el artículo J.2.6.</li></ul>
<p>DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Cada tubo se soldará en todo su perímetro de contacto con los otros tubos.</li><li>2) Se define como ángulo diedro el ángulo medido en el plano perpendicular a la línea de soldadura, formado por las tangentes a las superficies externas de los tubos que se sueldan entre sí.</li><li>3) Para ángulos diedros mayores que 100 grados se deberá realizar soldadura a tope, independientemente del espesor del tubo que se suelda.</li><li>4) Los tubos de espesor igual o superior a 8 mm se soldarán a tope, excepto en las zonas en las que el ángulo diedro es agudo y pueda realizarse correctamente la soldadura en ángulo.</li><li>5) Los tubos de espesor inferior a 8 mm se pueden soldar con cordones de soldadura en ángulo.</li><li>6) En soldaduras a tope, el ángulo del bisel mínimo es de 45 grados.</li><li>7) En los detalles se indican los distintos tipos de cordones necesarios en el perímetro de soldadura de los tubos.</li></ol>
<p>COMPROBACIONES:</p> <p>Los cordones de soldadura se han dimensionado de tal manera que su resistencia sea igual o superior a la de la más débil de las piezas unidas. Para ello, se han tenido en cuenta las prescripciones y detalles indicados en la parte D de la norma AWS D1.1/D1.1M:2002.</p>

**Figura 85**  
*Detalles de las uniones soldadas 1*

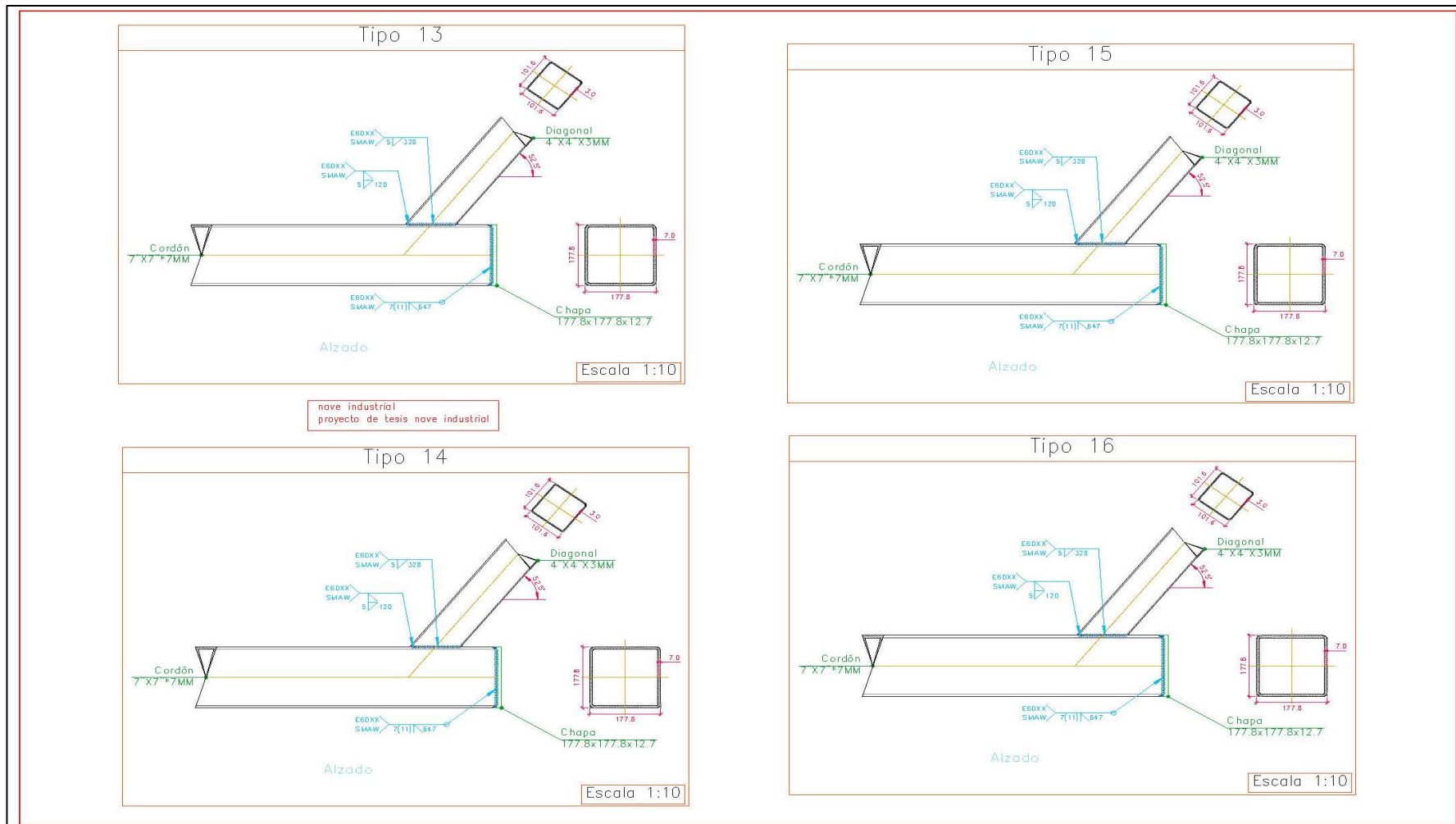


**Figura 86**  
*Detalles de las uniones soldadas 2*

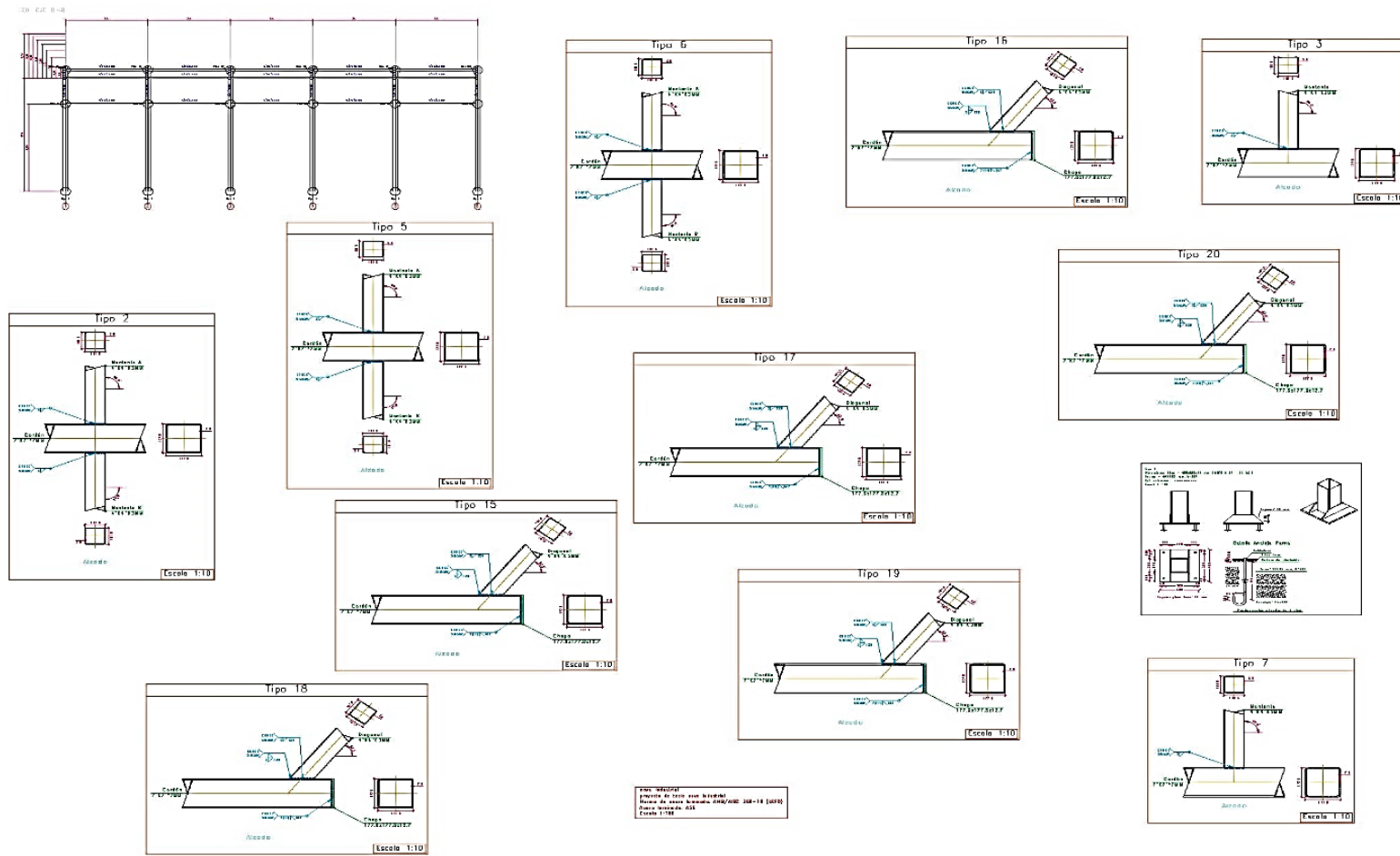




**Figura 87**  
*Detalles de las uniones soldadas 3*



**Figura 88**  
*Detalles de las uniones soldadas 4*



## ANEXO N°8 INSTRUMENTOS

**Figura 89**



*Ficha de análisis granulométrico del suelo*

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
	<b>TESIS:</b>				
<b>TESISTA:</b>	BACH.				
<b>UBICACIÓN:</b>					
<b>FECHA:</b>					
<b>ENSAYO:</b>	ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO				
<b>CALICATA:</b>					
<b>NTP:</b>	339.128				
TAMIZ	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO(gr)	RETENIDO PARCIAL(%)	RETENIDO ACUMULADO(%)	QUE PASA(%)
3"	76.2				
1 1/2"	38.1				
1"	25.4				
3/4"	19.05				
1/2"	12.7				
3/8"	9.525				
N°4	4.76				
N°10	2				
N°16	1.3				
N°30	0.59				
N°40	0.426				
N°50	0.297				
N°60	0.25				
N°100	0.149				
N°200	0.074				
<b>CAZOLETA</b>					
<b>TOTAL</b>					

**Figura 90**  
*Ficha de Contenido de Humedad*

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO						
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						
	<b>TESIS:</b>					
<b>TESISTA:</b>	<b>BACH.</b>					
<b>UBICACIÓN:</b>						
<b>FECHA:</b>						
<b>ENSAYO:</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
<b>CALICATA:</b>						
<b>NTP:</b>	<b>339.127</b>					
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>M-01</b>	<b>M-02</b>	<b>M-03</b>	<b>M-04</b>	<b>M-05</b>	<b>PROMEDIO</b>
Peso de Bandeja						
Peso natural húmedo + bandeja						
Peso natural seco + bandeja						
Peso natural húmedo						
Peso natural seco						
Contenido de Humedad						

**Figura 91**  
*Ficha de Limite Liquido*

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
	TESIS:				
TESISTA:	BACH.				
UBICACIÓN:					
FECHA:					
ENSAYO:	LÍMITE LÍQUIDO				
CALICATA:					
NTP:	339.129				
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Peso del tarro (gr)					
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)					
Peso del tarro + suelo seco (gr)					
Peso del suelo húmedo (gr)					
Número de golpes					
Contenido de Humedad (%)					
<b>LÍMITE LÍQUIDO (%)</b>					

**Figura 92**  
*Ficha de Limite Plástico*

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
	TESIS:				
TESISTA:	BACH.				
UBICACIÓN:					
FECHA:					
ENSAYO:	LÍMITE PLASTICO				
CALICATA:					
NTP:	339.130				
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Peso del tarro (gr)					
Peso del tarro + suelo húmedo (gr)					
Peso del tarro + suelo seco (gr)					
Peso del suelo húmedo (gr)					
Peso del suelo seco (gr)					
<b>LÍMITE PLASTICO (%)</b>					

**Figura 93**  
*Ficha de Peso específico*

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO					
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS					
	TESIS:				
TESISTA:	BACH.				
UBICACIÓN:					
FECHA:					
ENSAYO:	PESO ESPECIFICO				
CALICATA:					
NTP:	339.131				
DESCRIPCIÓN	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Peso del recipiente + muestra húmeda (gr)					
Peso del recipiente + muestra seca (gr)					
Peso del recipiente (gr)					
Peso del recipiente (gr)					
Volumen recipiente (gr)					
RESULTADOS					
Peso de la muestra húmeda (gr)					
Peso de la muestra seca (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso específico de la muestra húmeda (gr/m <sup>3</sup> )					
Peso específico de la muestra seca (gr/m <sup>3</sup> )					
Humedad (%)					