

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TESIS

“Análisis sismorresistente de un complejo deportivo mediante el software Cype y el manual de diseño Aisc, Huánuco - 2022”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
CIVIL

AUTORA: Ureta Calderon, Mishell

ASESOR: Jacha Rojas, Johnny Prudencio

HUÁNUCO – PERÚ

2023



U

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): 72546217

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40895876

Grado/Título: Maestro en ingeniería de sistemas e informática con mención en: gerencia de sistemas y tecnologías de información

Código ORCID: 0000-0001-7920-1304

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
2	Valdivieso Echevarría, Martín César	Maestro en gestión pública	22416570	0000-0002-0579-5135
3	Martínez Fabián, Efraín Raúl	Maestro en gestión pública	22486921	0000-0002-5177-380X

D

H



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 09:00 horas del día **jueves 02 de noviembre de 2023**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- | | |
|--|------------|
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA | SECRETARIO |
| ❖ MG. EFRAÍN RAÚL MARTÍNEZ FABIÁN | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 2530-2023-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "intitulada: **ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UN COMPLEJO DEPORTIVO MEDIANTE EL SOFTWARE CYPE Y EL MANUAL DE DISEÑO AISC, HUÁNUCO - 2022**", presentado por el (la) Bachiller. **Mishell URETA CALDERON**, 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) *Aprobado* por *Unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *15*... y cualitativo de *Bueno*..... (Art. 47).

Siendo las *09:45* horas del día 02 del mes de noviembre del año 2023, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA
ORCID: 0000-0002-5650-3745
Presidente



MG. MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRÍA
ORCID: 0000-0002-0579-5135
Secretario



MG. EFRAÍN RAÚL MARTÍNEZ FABIÁN
ORCID: 0000-0002-5177-380X
Vocal



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

DOCUMENTO PARA TRAMITE DEL TÍTULO PROFESIONAL

Yo, .. Johnny Prudencio JACHA ROJAS,
asesor(a) del PA Ingeniería Civil y designado(a)
mediante documento .. RESOLUCIÓN N° 149-2022-D-FI-UDH del (los)
estudiante(s) **URETA CALDERON, MISHELL**

....., de
la investigación titulada:

..... **ANÁLISIS SISMORESISTENTE DE UN COMPLEJO DEPORTIVO MEDIANTE
EL SOFTWARE CYPE Y EL MANUAL DE DISEÑO AISC, HUÁNUCO -2022.**
.....
.....

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del¹⁹ %
verificable en el reporte final del 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.

Huánuco, 13 de ~~NOVIEMBRE~~ **NOVIEMBRE** de 2023.

Johnny P. Jacha Rojas
INGENIERO DE SISTEMAS

Mg. Jacha Rojas Johnny Prudencio
DNI: 40895876
ORCID. 0000-0001-7920-1304
Asesor

"ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UN COMPLEJO DEPORTIVO MEDIANTE EL SOFTWARE CYPE Y EL MANUAL DE DISEÑO AISC , HUÁNUCO - 2022"

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

13%

2

distancia.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

es.scribd.com

Fuente de Internet

2%

4

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

1%

5

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

1%

6

moam.info

Fuente de Internet

<1%

7

Submitted to Escuela Superior Politécnica del Litoral

Trabajo del estudiante

<1%

8

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%


Johnny P. Iacha Rojas
Mg. Johnny Prudencio Rojas
DNI: 40895876
ORCID. 0000-0001-7920-1304
Asesor

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi querido Padre, quien con mucho esfuerzo y sacrificio me brindó su apoyo incondicional, enseñanza y recursos necesarios para mi formación académica. A mi madre y familia, quienes con su presencia me llenan de felicidad día a día y hacen que me motive y esfuerce muchísimo más para poder hacer posible mis sueños y objetivos.

AGRADECIMIENTO

Doy las gracias a Dios por haber admitido lograr realizar la presente tesis, también agradezco a todas las personas importantes para mí, mis padres que me brindaron todo su apoyo incondicional, también a mis hermanos y hermanas que siempre estuvieron cuando los necesite, a mis amigos y demás.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
CAPÍTULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	16
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	17
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	18
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. ESTRUCTURAS METÁLICAS	24

2.2.2. ACERO	26
2.2.3. TIPOS DE PERFILES	30
2.2.4. CONFIGURACIONES ESTRUCTURALES	33
2.2.5. PLACAS DE ANCLAJE	33
2.2.6. NORMAS DE DISEÑO	35
2.2.7. PANDEO POR FLEXIÓN DE MIEMBROS SIN RECURSOS ESBELTOS	39
2.2.8. ESFUERZO PERMISIBLES	40
2.2.9. DISEÑO DE MIEMBROS A TRACCION	41
2.2.10. DISEÑO DE SISTEMA DE ANCLAJE	41
2.2.11. CONEXIONES SOLDADAS	46
2.2.12. METODOLOGIA DE DISEÑO	50
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	50
2.4. HIPÓTESIS	51
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	51
2.5. VARIABLES	51
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	51
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	55
3.2.1. POBLACIÓN	55
3.2.2. MUESTRA	55
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ...	55
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	55
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	56
3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS ..	56
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	56

CAPÍTULO IV.....	57
RESULTADOS.....	57
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ASPECTOS GENERALES.....	57
4.1.1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS).....	58
4.1.2. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL	63
4.1.3. MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA	66
4.1.4. ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE LA ESTRUCTURA.....	75
4.1.5. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	84
4.1.6. DISEÑO DE UNIONES	112
4.1.7. DISEÑO DE CIMENTACIONES.....	115
4.1.8. DISEÑO DE ZAPATAS AISLADAS.....	116
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS ..	119
CAPÍTULO V.....	120
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	120
5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	120
CONCLUSIONES	122
RECOMENDACIONES.....	123
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
ANEXOS.....	127

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de pernos de anclaje	45
Tabla 2 Diámetro y área de pernos.....	45
Tabla 3 Longitud y espaciamiento mínimo de pernos.....	45
Tabla 4 Sistema de variables-dimensiones e indicadores	53
Tabla 5 Calicatas y muestras.....	59
Tabla 6 Capacidad portante y asentamiento	59
Tabla 7 Normas empleadas.....	60
Tabla 8 Carga muerta en la edificación	60
Tabla 9 Carga viva en la edificación	60
Tabla 10 Sistema estructural	64
Tabla 11 Predimensionamiento de vigas curvas.....	65
Tabla 12 Predimensionamiento de correas	66
Tabla 13 Predimensionamiento de las columnas.....	66
Tabla 14 Redimensionamiento de columnas	74
Tabla 15 Redimensionamiento de vigas	74
Tabla 16 Redimensionamiento de correas	74
Tabla 17 Modos de vibración.....	79
Tabla 18 Hipótesis modal para el eje X	81
Tabla 19 Hipótesis modal para el eje Y	81
Tabla 20 Resumen de comprobaciones de la columna A-1.....	85
Tabla 21 Resume de comparaciones de la columna C-5	89
Tabla 22 Resumen de comprobaciones de la columna C-8	93
Tabla 23 Resumen de comprobaciones de la corres entre el eje 1-1 y 2-2 .	97
Tabla 24 Resumen de comprobaciones de correa entre el eje 4-4 y 5-5...	101
Tabla 25 Resumen de comprobaciones de la viga del eje 2-2	104
Tabla 26 Resumen de comprobaciones de la viga del eje 5-5	108
Tabla 27 Comprobación geométricas de la unión viga-columna	112
Tabla 28 Comprobación de resistencia de la unión viga-columna	112
Tabla 29 Comprobación geométrica de la unión viga-viga	113
Tabla 30 Comprobación de resistencia unión viga-viga.....	113
Tabla 31 Comprobación de resistencia de placa de anclaje	114

Tabla 32 Comprobaciones de resistencia para zapatas	116
Tabla 33 Periodo de vibración y Desplazamiento	121
Tabla 34 Dimensionamiento Finales	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Limite elástico de un Acero dureza natural	28
Figura 2	Limite elástico de un Acero estirado en frío	28
Figura 3	Comportamiento del acero.....	30
Figura 4	Acero perfil angular 90°	31
Figura 5	Acero perfil rectangular.....	31
Figura 6	Acero perfil Z	31
Figura 7	Acero perfil C	32
Figura 8	Acero perfil W	32
Figura 9	Acero perfil WT	32
Figura 10	Acero perfil canal	32
Figura 11	Acero perfil circular	33
Figura 12	Diseño LRDF-Efectos de las acciones.....	36
Figura 13	Diseño LRDF-Resistencia a los efectos de las acciones	36
Figura 14	Soldadura de filete	46
Figura 15	Soldadura con refuerzo.....	47
Figura 16	Partes de soldadura de filete	48
Figura 17	Longitud mínima de diseño de la soldadura	49
Figura 18	Plano arquitectónico Eje 1-1	57
Figura 19	Plano arquitectónico Eje A-A	57
Figura 20	Plano arquitectónico vista en planta	58
Figura 21	Plano arquitectónico vista 3D	58
Figura 22	Datos generales CYPE 3D	67
Figura 23	Normativas para el diseño sismorresistente	68
Figura 24	Espectro de cálculo E030	68
Figura 25	Rejillas para el modelo en CYPE.....	69
Figura 26	Perfiles cuadrados para el modelado.....	70
Figura 27	Perfil de 8"x8"	70
Figura 28	Estructura 3D predimensionamiento.....	71
Figura 29	Vinculación exterior.....	71
Figura 30	Vinculación interior - apoyo articulado	72
Figura 31	Unión de soldadura CYPE 3D	72

Figura 32 Paños para añadir cargas vivas y muertas	73
Figura 33 Cargas aplicadas al polideportivo	73
Figura 34 Sistema estructural	75
Figura 35 Espectro elástico de aceleraciones.....	76
Figura 36 Parámetros necesarios para la definición del espectro.....	76
Figura 37 Espectro de diseño de aceleraciones	77
Figura 38 Espectro de diseño según X.....	77
Figura 39 Espectro de diseño según Y	78
Figura 40 Comprobación de deriva según la norma E030.....	82
Figura 41 Deformación según la carga muerta	82
Figura 42 Deformación según la carga viva.....	83
Figura 43 Deformación según sismo X.....	83
Figura 44 Deformación según sismo Y	84
Figura 45 Vista 3D de la edificación.....	84
Figura 46 Limitación de esbeltez para compresión.....	86
Figura 47 Diseño por resistencia a compresión	86
Figura 48 Diseño por resistencia a flexión	87
Figura 49 Diseño por resistencia a corte	88
Figura 50 Limitación de esbeltez para compresión.....	90
Figura 51 Diseño por resistencia a compresión.....	90
Figura 52 Diseño por resistencia a flexión	91
Figura 53 Diseño por resistencia a corte	92
Figura 54 Limitación de esbeltez para compresión.....	94
Figura 55 Diseño por resistencia a compresión	94
Figura 56 Diseño por resistencia a flexión	95
Figura 57 Diseño por resistencia a corte	96
Figura 58 Limitación de esbeltez para compresión.....	98
Figura 59 Diseño por resistencia a compresión	98
Figura 60 Diseño por resistencia a flexión	99
Figura 61 Diseño por resistencia a corte	100
Figura 62 Limitación de esbeltez para compresión.....	101
Figura 63 Diseño por resistencia a compresión	102
Figura 64 Diseño por resistencia a flexión	103

Figura 65 Diseño por resistencia a corte	103
Figura 66 Limitación de esbeltez para compresión.....	105
Figura 67 Diseño por resistencia a compresión	105
Figura 68 Diseño por resistencia a flexión	106
Figura 69 Diseño por resistencia a corte	107
Figura 70 Limitación de esbeltez para compresión.....	109
Figura 71 Diseño por resistencia a compresión	109
Figura 72 Diseño por resistencia a flexión	110
Figura 73 Diseño por resistencia a corte	111
Figura 74 Unión de soldadura Viga-Columna	112
Figura 75 Unión de soldadura viga-viga	113
Figura 76 Placa de anclaje	114
Figura 77 Datos generales para cimentaciones.....	115
Figura 78 Vista 3D de zapatas.....	117
Figura 79 Detalles de zapata aislada.....	117
Figura 80 Vista 3D de la viga de cimentación	118
Figura 81 Detalles de la viga de cimentación	119
Figura 82 Plano de ubicación.....	130
Figura 83 Plano de estructuras eje 2-2.....	131
Figura 84 Plano estructural eje 1-1	132
Figura 85 Detalle de uniones tipo 1-2-3-4.....	133
Figura 86 Detalle de uniones 5-6.....	134
Figura 87 Propiedades de las uniones soldadas	135
Figura 88 Detalles de referencias y simbologías	136
Figura 89 Detalles de las zapatas del eje A-A	137
Figura 90 Detalles de la zapata del eje C-C	138
Figura 91 Detalles de la viga de cimentación de 50X70 cm ²	139
Figura 92 Detalles de la viga de cimentación de 40X60 cm ²	140
Figura 93 Detalles del pilar de concreto armado eje A-A.....	143
Figura 94 Detalles de los pilares de concreto armado del eje C-C	144
Figura 95 Detalles del pórtico 3-3	145
Figura 96 Detalles del pórtico 2-2	146

RESUMEN

La tesis titulada “análisis sismorresistente de un complejo deportivo mediante el software cype y el manual de diseño aisc – Huánuco 2022” tendrá como primordial objetivo ejecutar diseño estructural de un complejo deportivo empleando el software CYPE 3D y el manual de diseño AISC.

Es esta tesis lo que se busca es realizar el diseño estructural de una edificación cuya estructura principal es de acero, la cual tiene un sistema de pórticos arriostrados en ambos sentidos de la estructura. La estructura se encuentra situado en la ciudad de Huánuco, y posee una capacidad portante de 2.86 kg/cm².

El diseño estructural de la edificación en cuestión se realizara de acuerdo al siguiente procedimiento: 1) Configuración estructural, donde se realizó predimensionamiento de todos los elementos constructivos, respetando la arquitectura de planeamiento y se asignó el tipo de sistema y los parámetros sismorresistentes; 2) Modelamiento y Análisis estructural, donde se ejecutó el conteo, modelado y análisis estructural de toda la estructura, se usó el software CYPE 3D, y 3) Diseño de los elementos estructurales en el cual se tienen todos los elementos que conforman la edificación utilizando el método de diseño del factor de carga y resistencia (LRFD) para los contextos de resistencia y el método de diseño de resistencia permisible (ASD) para las condiciones de servicio. Finalmente se concluye que gracias a este software se facilita el análisis y diseño de nuestro proyecto, del cual hemos obtenido las irregularidades estructurales de la estructura, peso total de la edificación, modos de vibración, desplazamientos, picos, momentos, división todos estos resultados se comparan con el reglamento nacional de edificaciones.

Palabras clave: CYPE 3D, Complejo polideportivo, Capacidad portante, LRFD, Diseño.

ABSTRACT

The present thesis entitled "Earthquake resistant analysis of a sports complex using cype software and the aisc design manual, huánuco - 2022" has as main objective to carry out the structural design of a sports complex using CYPE 3D software and the AISC design manual. In this thesis, the structural design of a steel structure building (structural Steel) was developed with Eccentrically Braced Frames (EBF) in both main directions of the structure. The building is located in the city of Huánuco, belonging to an intermediate soil with a bearing capacity of 2.86 kg/cm² at the height of the slump depth, In addition, the building belongs to an essential building according to the E.030 standard.

The structural design of the building in question is carried out according to the following procedure: 1) Structural configuration, where pre-dimensioning of all the constructive elements was performed, respecting the planning architecture and the type of system and seismic-resistant parameters were assigned; 2) Structural Modeling and Analysis, where the counting, modeling and structural analysis of the entire structure was performed, using the CYPE 3D program, and 3) Design of the structural elements in which all the elements that make up the building were designed using the load and resistance factor design (LRFD) method for resistance conditions and the allowable strength design (ASD) method for serviceability conditions. Finally, capture the details of the entire structure in structural drawings.

Keywords: CYPE 3D, Sports Complex, Bearing Capacity, LRFD, Design.

INTRODUCCIÓN

Se ha demostrado que la mayoría de las estructuras peruanas hasta la fecha se realizaron utilizando métodos tradicionales como el hormigón armado y la mampostería de ladrillo muchas de ellas siendo construidas sin un previo análisis sismorresistente, siendo una de las principales razones de las fallas estructurales ante eventos sísmicos de gran magnitud ocasionando pérdidas materiales y de vidas humanas, debido a los patrones de convivencia social, la sociedad peruana está igualmente aclimatada al diseño de la construcción tradicional de hormigón armado o mampostería. En los últimos años se observó un crecimiento exponencial en el sector de la construcción, por lo que se demanda de edificaciones que cumplan con los requisitos del reglamento nacional de edificaciones, para ello el acero como material de construcción es una excelente opción para construcciones de una esbeltez amplia. Por ello, el presente estudio tiene como visión concienciar sobre la importancia de las edificaciones con estructura de acero en la ciudad de Huánuco, en la actualidad, y así incrementar la importancia de las edificaciones con estructura de acero. Realizar deportes forma parte fundamental del ser humano para poder llevar una vida saludable no solo físicamente sino mentalmente. Para lograr el objetivo, se diseñó un edificio destinado a las actividades deportivas que viene a ser un polideportivo de estructura de acero, detallando todo el proceso a partir de la arquitectura, configuración estructural, modelamiento y análisis estructural y diseño estructural. Este estudio tiene 4 capítulos. En el Capítulo I se presenta el enfoque del estudio, en el Capítulo II se presenta el marco teórico del estudio, en el Capítulo III se aborda la metodología utilizada y finalmente en el Capítulo IV se ejecuta el análisis y diseño estructural del complejo deportivo.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Como nadie puede negar que el ejercicio es una actividad física que vigoriza el cuerpo humano y, más importante aún, el alma, las naciones siempre se preocupan por proveer la infraestructura fundamental necesaria para practicar todos los deportes y ayudar a la población a mejorar su calidad de vida. Prueba de ello es que nuestros territorios vecinos siguen empeñados en desarrollar infraestructura deportiva de alta calidad, como lo ejemplifica la vecina Colombia y su Centro de Alto Rendimiento Coldeportes (Arena Quillacollo), sede de los Suramericanos de baloncesto 2018. (Ministerio del Deporte de Colombia, 2018). Asimismo, el régimen boliviano realizó una visita correspondiente a las instalaciones deportivas colombianas en Coldeportes con diversos especialistas en el campo de la arquitectura y técnicas para recabar información sobre materiales y estilos creativos, Porque el Estado considera que esta infraestructura es fundamental para el desarrollo de la formación atlética deportiva del pueblo boliviano, conjuntamente de los servicios que ofrece el polideportivo, o los servicios identificados como los más completos de América Latina, reproducido posteriormente en su país, (Ministerio del Deporte, Bolivia 2018). Perú ha hecho mucho trabajo en el campo del deporte mediante el Instituto Peruano del Deporte (IPD) para eventos globales que identifican a deportistas de todo el mundo, como los Juegos Panamericanos de Lima 2019. Lo hice. El mundo nos ha visitado. Una zona que gana fama al participar en este maravilloso evento deportivo. Esta obra amplía la red de recintos deportivos que falta en nuestro país, nos anima a resaltar el nuevo valor del deporte nacional, y nos da la gloria de que una sociedad sin nosotros sea miembro entusiasta.

Según declaraciones del Gran Presidente del Deporte, y en ocasiones del presidente del IPD Arturo Woodman, quien sabe la verdad sobre el deporte de su territorio, nos damos cuenta de los momentos especiales que estamos

viviendo en la historia de nuestro deporte. Juegos Americanos Lima 2019) Los peruanos, tanto como organizadores como en el ámbito deportivo, debemos esforzarnos al máximo para crear una buena imagen de nuestra unidad e integración. Felicitamos la labor elaborada por las jurisdicciones para avanzar en la infraestructura deportiva, dejar Moras donde estaba y continuar con un trabajo que no se hizo en su momento.

(Tu Diario Huánuco, 2018) En la región de Huánuco existe preocupación por el mejoramiento de la infraestructura deportiva, y también están Santa María del Valle importante autoridad como la de la gobernación local y la alcaldía de Huánuco, quienes reconocen la importancia de crear instalaciones complejas (centros deportivos). Zonas como La Esperanza, Amarilis y Huánuco, el deporte se une para conectar al mundo con las familias, practicar bien a los jóvenes, las causas y los valores y promover el desarrollo regional.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿De qué manera se realizará el análisis sismorresistente mediante el software CYPE para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo, Huánuco - Huánuco -2022?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo se podrá realizar el modelamiento con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo Huánuco-Huánuco -2022?
- ¿Cómo determinar los Modos de vibración con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo, Huánuco – Huánuco- 2022?
- ¿Cómo calcular las Derivas elástica – inelástica con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo Huánuco- Huánuco -2022?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un análisis sismorresistente mediante el software CYPE para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo, Huánuco - Huánuco -2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el modelamiento con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo Huánuco - Huánuco -2022.
- Determinar los modos de vibración con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo Huánuco - Huánuco -2022.
- Calcular las Derivas elástica e inelástica con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo, Huánuco - Huánuco -2022.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Este presente proyecto va a ser de gran trascendencia para la ciudad de Huánuco debido a que el diseño y forma de los complejos deportivos, faciliten a los deportistas a tener un ambiente de óptimas condiciones para poder desarrollar sus actividades físicas sin temor a sufrir golpe de calor, que últimamente es muy común en la localidad de Huánuco.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La presente investigación revisará el procedimiento de diseño LRFD del manual AISC que es el más aplicado en todo el mundo, por su

efectividad de un 99.6% de fiabilidad. Además, se estudiará el programa CYPE 3D que va a ser una elección para poder hacer el resultado del diseño y evaluación de las construcciones metálicas, lo que va a poder ser utilizado por futuros estudiosos que se encuentren interesados en los nuevos procedimientos constructivos que son los complejos polideportivos los cuales en su mayoría son estructuras metálicas.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Los proyectos donde las organizaciones constructoras que hacen obras civiles, construcción y montaje de naves industriales, deben tomar en consideración continuamente el reglamento nacional de construcciones, las especificaciones técnicas, de los materiales y la mano de obra debería ser de óptimamente con calidad en la construcción como además del montaje de las construcciones metálicas. Está indagación va a ser una optimización que estudiará el procedimiento AISC y LRFD para compararlo con los resultados del diseño con el programa CYPE 3D.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Escasez de conocimientos de diseño en la E090 estructuras metálicas
- Falta de tiempo por motivos de trabajo
- El aprieto en que COVID-19 ha puesto al mundo
- Falta de antecedentes locales respecto a estructuras metálicas

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto de investigación tiene los siguientes alcances:

- Se cuenta con el software CYPE 3D con licencia original
- Se cuenta con capacitaciones en CYPE3D

- Se cuenta con el equipo necesario para poder realizar el levantamiento topográfico
- Se cuenta con el equipo necesario para poder reconocer las características física y químicas del suelo
- Se cuenta con normas internacionales como el AISC y normas nacionales como la E090 para el diseño de los elementos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Vizueta (2019) en su estudio de título: *“Estudio Comparativo Técnico-Económico Entre Dos Modelos De Edificios De Diez Pisos: Sistema Dual De Estructura De Hormigón Armado Con Losa Postensada Sin Adherencia Y Estructura De Acero Con Losa Compuesta Tipo Plataforma De Acero”*; presentada a la Escuela politécnica Nacional; El trabajo de investigación tendrá como objetivo principal realizar un análisis técnico de 2 proposiciones estructurales de un edificio con propiedades arquitectónica evaluada con el fin de brindar una alternativa más económica y aplicable al mejor manejo de la estructura ante las situaciones más críticas. Algunos de los requisitos mencionados deben cumplirse mediante sistemas estructurales, como los sistemas duales, o dos sistemas estructurales acoplados para soportar diversas tensiones que surgen durante el diseño, como las cargas, la gravedad y las cargas laterales provocadas por los terremotos. Entre las conclusiones del estudio figuran las siguientes: Se puede concluir que, si bien ambos sistemas estructurales son capaces de responder bien a cargas dinámicas y cargas fijas, la composición de acero y losas colaborativas ofrecen características de desempeño superiores a las fuentes estructurales, bajando importantemente el peso de la cimentación en un 42%, lo que se compensa en tramos pequeños, menor tiempo en el trabajo realizado y ahorro de mucho dinero.

Ponce (2018) en su trabajo de título: *“Comparación Económica De Una Estructura Metálica Con Pórticos Resistentes A Momento Y Una Con Pórticos Arriostrados Excéntricamente, Diseñados De Acuerdo A La Norma Ecuatoriana De La Construcción (Nec)”*; exhibida a la PUC Del Ecuador; en este estudio se determinará el tipo de estructura más

económica y técnicamente más eficiente según el tipo de pórtico que la compone, a distintas alturas, ya se trate de pórticos efímeros solos o combinados con arriostramientos excéntricos, en los vanos centrales de la marco perimetral. En este trabajo se llegó a las siguientes conclusiones: El libro de estructuras de acero, normativa de edificación ecuatoriana se basa principalmente en las especificaciones AISC (36010, 3110, 35810), aunque en un formato menos extenso y adaptado a las condiciones de nuestro país. El acero, aunque más flexible y dotado de mayores propiedades de resistencia, también es más susceptible al fuego, al fuego y al contacto con el agua, requiriendo diferentes tipos de protección como ser revestido con hormigón o pintado. En pórticos portantes, las vigas deben resistir deformaciones inelásticas en las áreas de bisagras plásticas y bases de pilares, respetando el criterio pilar fuerte - viga débil, mientras que los pórticos excéntricos requieren uniones adheridas contra estas tensiones inelásticas.

Estuardo (2019) en su trabajo titulado: "*diseño de un edificio de 2 niveles para consulta externa del hospital del instituto guatemalteco de seguridad social de Tiquisate, Escuintla*"; presentada a la Universidad De San Carlos de Guatemala; Este trabajo tiene como objetivo explicar el proceso de diseño estructural y cálculo de un complejo deportivo cubierto para la Universidad Católica de Córdoba, promoviendo así el deporte y la recreación para estudiantes y administradores escolares y sus interacciones. El polideportivo está diseñado con una capacidad estimada de 5.000 recintos, de los cuales 100 son apropiados para personas con movilidad limitada y otros 100 para personas con sobrepeso, lo que permite la integración y la promoción fomentando la participación de todas las partes en los deportes y eventos que se desarrollan en este espacio. En este trabajo se llegó a las siguientes conclusiones: Este proyecto requirió una importante suma de conocimientos adquiridos durante una carrera, vinculando conceptos de diferentes disciplinas, completando la formación iniciada en esta Facultad. Pero dada la amplitud del anteproyecto de este Trabajo Final,

tuvo problemas que no fueron resueltos con la profundidad que merecían (aclarados durante la elaboración de este Trabajo) y bien otros problemas no mencionados. En este espacio, cabe señalar que estas cuestiones no se han abordado porque están fuera de los límites actuales del Trabajo y no porque carezcan de importancia. Estos temas se relacionan con el impacto ambiental que tendrá esta construcción, las instalaciones necesarias para brindar un servicio óptimo y seguro, y el análisis de costos, entre otros temas. El Proyecto del Complejo Deportivo sienta las bases para un mayor desarrollo necesario hasta que se logre el Proyecto Operativo si esta es la voluntad de la Universidad.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Lertora (2018) en tesis titulado: “Polideportivo Inclusivo en Villa María del Triunfo”, presentada a la Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas; La tesis se centra en el diseño de un Polideportivo Inclusivo en el distrito de Villa María del éxito en la metrópoli de Lima, Perú, debido que en la ciudad de Lima existe un déficit de espacios públicos recreativos deportivos. La estadística es peor aún si se habla de espacios deportivos accesibles. El problema fundamental es la falta de instalaciones donde toda persona, en el estado físico en el que se encuentre, pueda realizar todo tipo de deporte según sus necesidades. Las instalaciones deportivas actuales son inaccesibles en todo sentido. Varias conclusiones son: En Lima existe un déficit de espacios públicos recreativos deportivos. Peor aún si se habla de espacios deportivos accesibles Las instalaciones deportivas actuales son inaccesibles en todo sentido. La mayoría no se encuentran en vías principales y la manera de llegar a ellos no es posible para todos por la falta de redes inclusivas de transporte público

Verastegui (2019) en su tesis: “Diseño Del Polideportivo Municipal En Pimentel Provincia De Chiclayo” ; presentada a la Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo; donde su primordial objetivo postulado es el diseño del polideportivo que ayudara a la sociedad a

incrementar la práctica de deporte y las relaciones interpersonales, cambiar su estilo de vida, además así poder reducir el sedentarismo, y otras consecuencias que se presentan por el producido de no contar con infraestructuras para hacer deporte. Varias conclusiones son: La estructuración está basada en la implementación de pórticos flexibles de concreto armado en la dirección longitudinal y dirección transversal, con una rigidez suficiente para soportar las cargas aplicadas en los rangos especificados por la Regla Técnica E.030 del Reglamento Nacional de Estructuras. En cuanto a las losas de entrepiso, utilizaremos un sistema de diafragma duro formado por losas aligeradas armadas en una dirección. Con estas posiciones se ha conseguido un adecuado comportamiento, obteniendo desplazamientos menores a las fronteras máximas establecidos por la Regla Peruana E030.

Gallardo (2020) en su tesis: *“Diseño del complejo deportivo municipal San José, distrito San José, provincia Pacasmayo – La Libertad”*; presentada a la Universidad Cesar Vallejo; la finalidad de este estudio es hacer el diseño del polideportivo municipal San José, tiene un plazo de 8 meses durante el cual se respetan las áreas previstas en la normativa nacional de edificación, incluye un diseño de clase propositiva, no empírico. Del diagnóstico de este trabajo se desprende que el pueblo carece de infraestructuras adecuadas para eventos deportivos y que las que existen no se ajustan a las especificaciones de diseño, estabilidad y diseño de acuerdo con la normatividad peruana vigente. Así mismo se llegó a la conclusión: luego de realizar los diagnósticos respectivos se determinó la demolición de un predio existente en mal estado, el cual se ubica en el terreno 2710.10 m² y tiene perímetro 208.3 m entre la entrada principal de Ricardo Sánchez y Cajamarca. calle, donde es muy complejo. práctica de deportes. De los estudios básicos se concluye que el suelo es plano, la pendiente es menor al 1%, según SUCS es suelo franco arenoso mezclado con grava (SC), la capacidad de carga del suelo es de 1,00 kg/cm² para la profundidad. 1,00 m, ambientalmente, el proyecto ha sido concluido como ambientalmente sostenible.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Actualmente la localidad de Huánuco no cuenta con documentos de estudio afines al diseño de complejos deportivos, por ello tomaremos como guías fuente bibliográfica de otros departamentos.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ESTRUCTURAS METÁLICAS

2.2.1.1. FUNCIONALIDAD

Las estructuras ejecutadas con construcciones metálicas permiten luces más grandes, en especial interesantes para locales comerciales, industrias, donde se requieran inmuebles sin pilares intermedios, así como para inmuebles de monumentales alturas, sin pilares excesivamente gruesos, evitando emplear espacios relevantes.

2.2.1.2. VENTAJAS Y PROBLEMAS DE LA COMPOSICIÓN METÁLICA

El acero brinda ventaja sobre otras materias cuando se utiliza en construcciones metálicas, razón por la cual las construcciones metálicas dominan sus cimientos.

A continuación, se enumeran algunos de sus atributos más significativos:

2.2.1.3. VENTAJAS DEL USO DE ACERO ESTRUCTURAL

- Las construcciones metálicas, al tomar enormes deformaciones, previo a producirse el fallo definitivo "avisan"
- El material es homogéneo y la probabilidad de fallos humanos es mucha más limitada que en construcciones construidas con

otros materiales. Lo cual posibilita hacer diseños más ajustados, y por consiguiente más económicos.

- Ocupan poco espacio. Los aguantes incomodan bastante poco, para efectos del reparto interior, por lo cual se recibe buena productividad a toda el área construida. Generalmente las construcciones metálicas pesan poco y poseen alta resistencia.
- Las construcciones metálicas no padecen fenómenos reológicos que, salvo deformaciones térmicas, deban tenerse presente. Conservan indefinidamente sus excelentes características.
- Estas construcciones aceptan reformas, por lo cual las necesidades y los usos tienen la posibilidad de variar, adaptándose con facilidad a las novedosas situaciones. Su refuerzo, generalmente, es sencillo.
- Las construcciones metálicas se construyen de manera inmediata, debido a que, al ser recursos prefabricados, en cierta medida, tienen la posibilidad de montarse en taller. Asimismo, poseen resistencia completa a partir del momento de su colocación en obra.
- Al demolerlas todavía conservan su costo residual debido a que este es recuperable.

Si bien, también contiene inconvenientes, por lo que su utilización requiere tomar medidas de seguridad específicas. En medio de primordiales se poseen:

2.2.1.4. DESVENTAJAS DEL USO DE ACERO ESTRUCTURAL

- Son necesarios dispositivos extras para lograr la rigidez (diagonales, nudos, firmes, pantallas, etcétera)
- La alta resistencia del material origina inconvenientes de esbeltez.
- Custodia de las construcciones metálicas de la corrosión y del fuego.
- El resultado de las uniones soldadas es dudoso, en especial en recursos sujetos a tracción, (defectos como la falta de fusión, grietas, mordeduras, desbordamientos, falta de penetración o inclusive los poros y oclusiones.)
- Desmesurada flexibilidad, lo cual crea un desaprovechamiento de la resistencia mecánica al delimitarlas flechas, y genera falta de bienestar al transmitir las vibraciones.

A continuación, centraremos nuestro estudio en las estructuras de acero debido a sus numerosas ventajas.

2.2.2. ACERO

El acero es un material homogéneo e isotrópico de calidad constante que permite altas tensiones. Esta perfección del metal, quizás el más versátil de todos los materiales estructurales, parece tener más sentido, dada su enorme resistencia, bajo peso, facilidad de construcción y propiedades prácticas, es muy apreciado.

Los metales utilizados en las construcciones metálicas son principalmente acero ordinario, acero auto digestivo, acero inoxidable y aluminio. El acero es un excelente material estructural para grandes alturas, ya que resuelve con éxito los métodos estructurales: soportar peso con pilares de tamaño reducido, resistir empujes, anti balanceo y

evitar movimientos debidos a la acción del viento. En medio de las propiedades del acero tenemos la posibilidad de destacar la tenacidad, o sea a su alta resistencia y la ductilidad. Capaz de tolerar gigantes fuerzas presentando monumentales deformaciones.

2.2.2.1. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO

Dependerán de componentes como el proceso de laminado, el proceso térmico, la técnica de prueba, etc. Mediante el diagrama tensión-deformación, se determinan varias propiedades a partir del ensayo de tracción de una barra de acero estructural. Los valores básicos para el diseño de piezas de acero son:

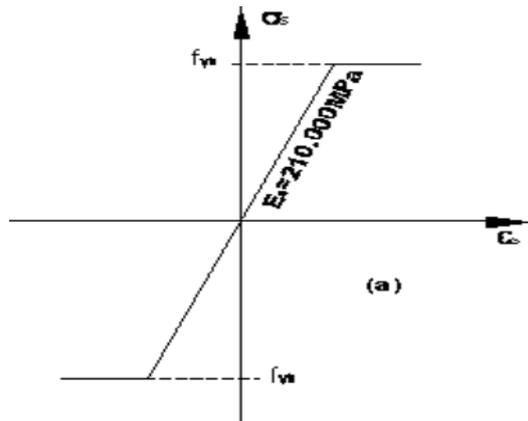
- a) El límite flexible. - Es la unidad de carga a partir de la cual se empieza la etapa de fluencia. h No puede restaurar la transformación desde allí.
- b) Un punto de ruptura dado. -Es la carga unitaria máxima que el acero puede soportar en un ensayo de tracción.

Los valores del límite flexible y de rotura penden de la calidad y tipo de acero.

- a) El límite flexible. - El límite flexible es la carga unitaria para la que se inicia el escalón de cedencia, o sea desde el cual las deformaciones no son recuperables.
- b) El límite de rotura. - El límite de rotura es la carga unitaria máxima la cual puede soportar el acero en un ensayo de tensión.

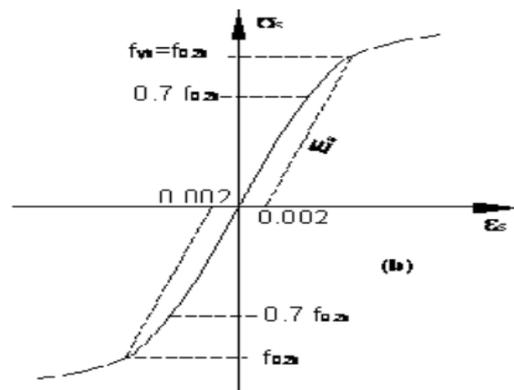
Los valores del límite flexible y de rotura dependen de la calidad y tipo de acero.

Figura 1
 Limite elástico de un Acero dureza natural



Fuente: adaptado de RNE (2019).

Figura 2
 Limite elástico de un Acero estirado en frío



Fuente: adaptado de RNE (2019).

En medio de las características mecánicas más relevantes para el diseño de miembros en acero poseemos:

a) Módulo de Elasticidad: $E = 210 \text{ GPa} (2.01 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2)$

Es la interacción de tensión y deformación en el tramo flexible.

b) Módulo de rigidez: $G = 84 \text{ GPa} (840000 \text{ kgf/cm}^2)$

Es la interacción de la tensión cortante y la deformación por cortante, dentro del rango flexible.

c) Interacción de Poisson: $\nu = 0.3$

Interacción entre la deformación transversal y la deformación longitudinal.

d) Coeficiente de dilatación térmica: $\alpha = 1,2 \times 10^{-5}(\text{°C})^{-1}$

e) Densidad: $\rho = 7.850 \text{ kg/cm}^3$

Interacción entre la masa y el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de otra sustancia captada como jefe.

f) Límite de fluencia: F_y

Es la tensión donde el material muestra un enorme aumento de deformación sin que haya un crecimiento en la tensión.

g) Límite de proporcionalidad: F_p

Es la tensión máxima alcanzada en el ensayo de tensión

2.2.2.2. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DEL ACERO

La soldabilidad es la capacidad de un acero para ser militarizado por procesos convencionales sin agrietarse en frío.

Es una característica tecnológica básica, desde el punto de vista de la implementación de la composición. La resistencia al desgarro del acero se define como la resistencia a la aparición de defectos en piezas soldadas sometidas a esfuerzos de tracción en dirección perpendicular a su superficie.

La capacidad de flexión es un indicador de la ductilidad de un material y está determinada por la ausencia o presencia de grietas durante la prueba de flexión.

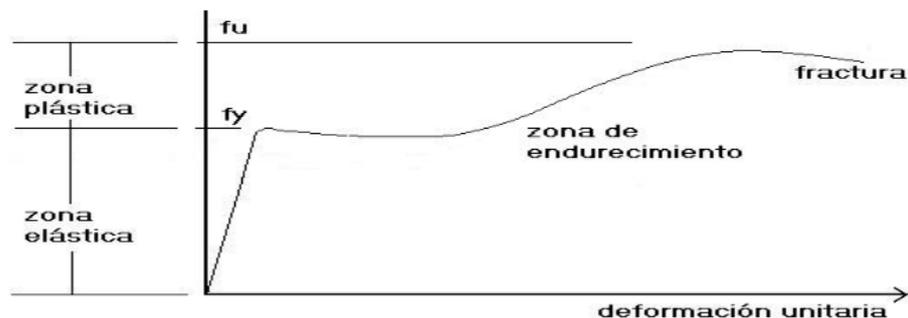
2.2.2.3. TIPOS DE ACERO

Acero conformado en frío. Por ejemplo, nos referimos a los aceros cuya construcción se basa en el conformado en frío, lo que les confiere unas propiedades específicas en función de los puntos de la pieza y la resistencia mecánica.

En las estructuras de acero existen dos fenómenos que provocan el colapso antes de alcanzar el límite elástico F_y : la fatiga y la inestabilidad.

La fatiga ocurre cuando el acero se somete a cargas repetidas; El comportamiento del material se presenta en la siguiente imagen:

Figura 3
Comportamiento del acero



Fuente: adaptado de RNE (2019).

2.2.3. TIPOS DE PERFILES

Los recorridos de diferentes secciones normalizadas de acero siguen la búsqueda de la eficiencia a la hora de ubicar el material donde pueda realizar el mayor trabajo requerido al que está sometido. Este efecto se vuelve aún más evidente cuando la interacción entre la fuerza y el peso es muy grande.

Con la estandarización, es más fácil calcular si las características de las piezas ejecutadas están tabuladas o representadas gráficamente,

lo que agiliza la verificación. Deben desarrollarse para verificar la integridad de un registro para una necesidad determinada. Las secciones más frecuentes se muestran en la siguiente figura.

Figura 4
Acero perfil angular 90°



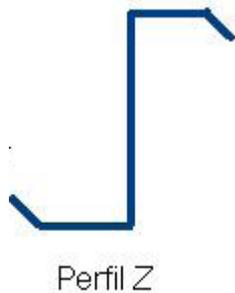
Fuente: adaptado de RNE (2019).

Figura 5
Acero perfil rectangular



Fuente: adaptado de RNE (2019).

Figura 6
Acero perfil Z



Fuente: adaptado de RNE (2019).

Figura 7
Acero perfil C



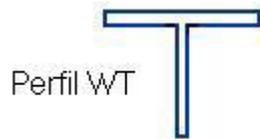
Fuente: adaptado de RNE (2019).

Figura 8
Acero perfil W



Fuente: adaptado de RNE (2019).

Figura 9
Acero perfil WT



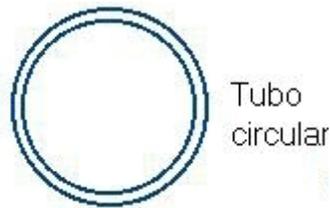
Fuente: adaptado de RNE (2019)

Figura 10
Acero perfil canal



Fuente: adaptado de RNE (2019).

Figura 11
Acero perfil circular



Fuente: adaptado de RNE (2019).

La forma de estas piezas se establece mediante un serial de medidas que surgen en la tabla del fabricante, como los de la guía AISC-LRFD, y se denotan colectivamente de la siguiente manera:

bf : ancho del ala

d: altura total del perfil

tf : espesor del ala

tw: espesor del alma

2.2.4. CONFIGURACIONES ESTRUCTURALES

2.2.4.1. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Ciertos de los recursos resistentes que constan las construcciones son los próximos:

2.2.5. PLACAS DE ANCLAJE

Son medios estructurales que se utilizan para unir soportes metálicos a la cimentación y tienen por objeto garantizar que la transición del acero al hormigón se produzca sin que en ningún punto se superen las tensiones admisibles en el material. El material base (hormigón) tiene menor capacidad portante que el acero, por lo que la cimentación debe extender el soporte de acero hasta llegar a la zona de contacto correcta con el hormigón, para poder transmitir la fuerza del material de un material a otro.

La placa de anclaje se fijará a la cimentación mediante pernos embebidos en el hormigón que, una vez fraguados y endurecidos, actúen por medio de una fuerza adhesiva. Los recursos que componen la base de la tipología mayoritariamente utilizada en la construcción son:

- *Placa de base o de reparto*
- *Cartelas de rigidez*
- *Pernos de anclaje*

2.2.5.1. SOPORTES

Los tolerees son recursos verticales sometidos primordialmente a compresión y a flexión pequeña o nula. Son los recursos que transmiten las cargas verticales al lote por medio de los cimientos y las bases.

Para dimensionar un soporte se va a tener presente: el tipo de acero que se empleara en el proyecto, tipo de carga que, aplicado en el perfil, longitud del soporte (si hubiese pandeo) y la carga axial de compresión.

2.2.5.2. CORREAS

Son las vigas sobre las que se apoya el techo las cuales se encuentran paralelos a la armadura o marco, a menudo se encuentran en un plano inclinado, tienden a doblarse en la dirección inclinada, su división puede variar según el material de revestimiento, etc. El diseño de elementos y conexiones debe ser sólido con el comportamiento esperado del sistema estructural además de las suposiciones realizadas durante la exploración. Si existiese una restricción en la regla adoptada, puede dotarse resistencia y seguridad a la composición por medio de una conjunción de miembros y conexiones.

2.2.6. NORMAS DE DISEÑO

2.2.6.1. NORMA LRDF

Este proceso de diseño, también conocido como diseño de resistencia última o estado límite, se basa en la identificación de profesiones (cargas o momentos) que ocurren en secciones transversales críticas de una parte o componente estructural bajo la influencia de la profesión de diseño. La carga calculada generalmente se obtiene multiplicando la carga de servicio por un elemento de carga útil más grande que la masa.

Ecuación elemental de diseño:

$$\gamma_i Q_i \leq \phi \times R_n$$

Dónde:

Q_i = Impacto de las actividades, calculado (M, V, P, etcétera) bajo cargas de servicio i

i = D (carga muerta), L (carga viva), S (sismo), W (viento), etcétera.

γ_i = Elemento de carga; es dependiente del tipo y mezcla de carga (toma presente las incertidumbres de los efectos de las cargas).

R_n = Resistencia nominal

ϕ = Componente de resistencia menor que la unidad, es dependiente del tipo de resistencia (toma presente las incertidumbres en la resistencia).

El margen de estabilidad se agrega a los componentes de reducción de carga y resistencia (ϕ , γ) al realizar ambos lados de la ecuación básica de diseño: acciones contra el arrastre.

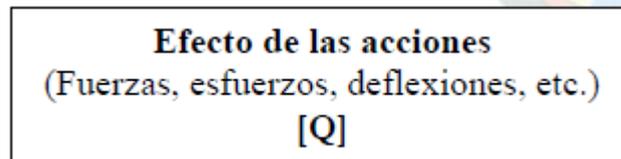
Con esta regla en mente, el margen de estabilidad provisto en el diseño puede ser más realista y reflejar la incertidumbre asociada con la condición de carga.

2.2.6.2. VENTAJAS DEL FORMATO LRFD:

- LRFD otorga un margen de estabilidad más uniforme y confiable bajo diferentes condiciones de carga. O sea, LRFD posibilita que el elemento de estabilidad sea más preciso para diversos tipos de carga y combinaciones de las mismas.
- Las resistencias nominales (R_n) se indican explícitamente en las Especificaciones LRFD. El diseñador cuenta con más información acerca de la conducta real de la composición.
- Una vez que sea viable, las resistencias nominales se otorgan en términos de fuerzas en lugar de esfuerzos.

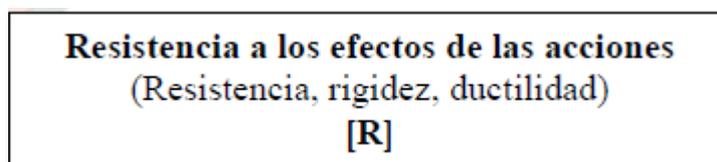
Ecuación elemental de diseño LRFD:

Figura 12
Diseño LRDF-Efectos de las acciones



Fuente: adaptado de RNE (2019).

Figura 13
Diseño LRDF-Resistencia a los efectos de las acciones



Fuente: adaptado de RNE (2019).

➤ FUNDAMENTOS DEL LRFD

$\phi_f = 0,75$: rotura por tracción

$\phi_c = 0,85$: *compresión*

$\phi_b = 0,90$: *flexión*

$\phi_v = 0,90$: *fluencia por cortante*

➤ **CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGAS**

Las cargas nominales que tienen que considerarse en el diseño de construcciones de acero son:

D: Carga muerta debida al peso propio de los miembros estructurales y ocupaciones permanentes en la composición.

L: Carga viva debida a la ocupación y equipo

Lr: Carga viva sobre la cubierta

W: Carga de viento

S: Carga de nieve

E: Carga gracias a la fuerza sísmica limitada de diseño

R: Carga debida al agua pluvial o hielo, única de la contribución del encharcamiento.

Según la Parte de las especificaciones AISC-LRFD las combinaciones de carga y cargas factorizadas son las indicadas en la tabla de la norma AISC-LRFD. El diseño de un integrante estructural o conexión, se efectuará con la conjunción de carga crítica.

El diseño se realizará según la ecuación:

$$R\mu \leq \phi \times Rn$$

Donde:

Rμ = Resistencia requerida

Rn = Factor de resistencia

$$\phi \times Rn = \text{Resistencia de diseño}$$

$$\phi = \text{Resistencia nominal}$$

Diseño por resistencia utilizando diseño con base a resistencias admisibles.

Este diseño sacia los requisitos de la explicación una vez que la resistencia admisible de cada elemento estructural es más grande o igual a la resistencia solicitada definida según las combinaciones de carga.

El diseño se realizará según la ecuación:

$$Ra \leq Rn / \Omega$$

Donde:

$$Ra = \text{Resistencia requerida}$$

$$\Omega = \text{Factor de resistencia}$$

$$Rn = \text{Resistencia nominal}$$

$$Rn / \Omega = \text{Resistencia admisible}$$

2.2.6.3. DISEÑO DE MIEMBROS A COMPRESION

Se va a realizar el diseño de los elementos o miembros solicitados a compresión axial aplicada al eje centroide

La resistencia de diseño en compresión, $\Phi_c Pn$, o la resistencia admisible en compresión, Pn/Ω tienen que ser determinadas de la siguiente forma.

La resistencia de compresión nominal, Pn es el costo obtenido según los estados límites que aplican pandeo torsional y pandeo flexo torsional.

$$\Phi_c = 0,90 \text{ (LRDF)}$$

$$\Omega_c = 1,67 \text{ (ASD)}$$

El elemento K, para calcular la esbeltez de columna, Kl/r , va a ser definida según:

2.2.6.4. LONGITUD EFECTIVA

El componente de longitud positiva, K, debería ser tomado con un costo unitario a menos que un costo menor logre ser justificado por medio de un estudio racional.

- L = longitud no arriostrada lateralmente del integrante, centímetros
- r = radio de giro, centímetros.

“Para miembros diseñados solo a compresión se propone que el motivo de esbeltez Kl/r no sea superior a 200”.

2.2.7. PANDEO POR FLEXIÓN DE MIEMBROS SIN RECURSOS ESBELTOS

La tensión de pandeo por flexión se establece por:

a) Cuando

$$\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad o \quad \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$$

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

b) Cuando

$$\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad o \quad \frac{F_y}{F_e} > 2,25$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e$$

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

2.2.8. ESFUERZO PERMISIBLES

El esfuerzo permisible en la sección total de los elementos que se encuentran comprimidos axialmente cuyas secciones transversales cumplen los requisitos.

Cuando Kl/r , la mayor relación de esbeltez efectiva de cualquier segmento no arriostrado, es menor que Cc , es:

$$F_a = \frac{\left(1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}{2 \times Cc^2}\right) F_y}{\frac{5}{3} + \frac{3 \times \frac{KL}{r}}{8 \times Cc} - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^3}{8 \times Cc^3}}$$

Donde:

$$Cc = \sqrt{\frac{2 \times \pi^3 \times E}{F_y}} = 126.1 \text{ (Acero con } F = 2530 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

$$Cc = \sqrt{\frac{2 \times \pi^3 \times E}{F_y}} = 107 \text{ (Acero con } F = 3515 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

El esfuerzo permisible en la sección total de miembros comprimidos axialmente, cuando Kl/r excede de Cc , es:

$$F_a = \frac{12 \times \pi^2 E}{23 \left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

2.2.9. DISEÑO DE MIEMBROS A TRACCION

Miembros solicitados a tracción causada por fuerzas fijas durante su eje central.

2.2.9.1. RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

La resistencia de diseño en tracción, $\phi_c P_n$, o la resistencia admisible en tracción, P_n/Ω_t , en miembros traccionados debería ser el menor costo obtenido según los estados fronteras de fluencia en tracción calculado en la parte bruta y disolución en tracción calculados en la parte neta.

2.2.9.2. FLUENCIA EN TRACCION EN LA SECCION BRUTA

$$P_n = F_y A_g$$

$$\Phi = 0,90 \text{ (LRDF)}$$

$$\Omega_t = 1,67 \text{ (ASD)}$$

2.2.10. DISEÑO DE SISTEMA DE ANCLAJE

Está formado por 2 recursos básicos, dichos son: las bases de apoyo de los pernos y las columnas de anclaje. Posteriormente, se explica todos ellos.

2.2.10.1. PLANCHAS DE APOYO PARA COLUMNAS

La finalidad de estos recursos es distribuir la cara de la columna en una superficie de apoyo suficiente sobre el hormigón (base) para evitar su aplastamiento. Del mismo modo, se utiliza para anclar columnas con pernos de anclaje.

2.2.10.2. METODOLOGIA DE DISEÑO

El diseño envuelve dos consideraciones:

- a) a zona de la plancha de base es dependiente de la resistencia del concreto.

La regla de diseño AISC-LRDF instituye para el concreto en su parte D-J9 que:

1. Si la zona de apoyo de concreto está cubierta enteramente por la plancha ($A_1 = A_2$).

$$Pp = 0.85f'cA_1 \geq Pu$$

2. Si el sector de la plancha A_1 es menor a el área de concreto sobre la que descansa A_2 , que sea semejante y simétricamente cargada ($A_1 > A_2$).

$$Pp = 0.85f'cA_1 \geq \sqrt{\frac{A_2^2}{A_1}} \leq 0.85f'c (2A_1) \geq Pu$$

Donde:

$\phi_c = 0.6$ para el concreto.

$f'c$: Resistencia del concreto a los 28 días.

Pp : Resistencia nominal del concreto contra el desplazamiento de la plancha.

Pu : Carga axial factorizada actuante sobre la plancha.

A_1 : Área de la plancha.

A_2 : Área del pedestal o zapata.

b) El espesor de la plancha es controlado por la resistencia en flexión de la misma.

Una vez que las magnitudes de la plancha B y N son subjetivamente enormes en interacción a las del perfil b y d, se diseña la plancha con voladizos m y n, la fórmula es la siguiente:

$$t = \sqrt{\frac{2 \times P \times u \times n^2}{B \times N \times \phi \times b \times F \times y}}$$

Para planchas que reciben cargas pequeñas, las magnitudes B y N tienen la posibilidad de ser menores que b y d por lo cual deberán ser al menos $B = b$ y $N = d$, para esta situación se reemplazara el elemento "n" de la ecuación precedente, por "c".

$$c = 1/4(d + bf + tf - \sqrt{(d + bf + tf)^2 - 4(Ah - bf \times tf)})$$

Adicionalmente P_u se reemplaza por el fragmento de la carga P_o de manera directa abajo de la columna:

$$P_o = P_u (bf \times d)/(BN)$$

Entonces la zona solicitada A_h se calculará desde la ecuación:

$$A_h = \frac{P_o}{0.6 \times 0.85 \times f'c \times \sqrt{\frac{A_1}{A_2}}}$$

2.2.10.3. PERNOS DE ANCLAJE

Son recursos de varillas lisas con extremos roscados que se usan para garantizar las planchas de apoyo de las columnas a la cimentación. En la mayoría de los casos permanecen sometidos a fuerzas de tracción y frecuentemente se diseñan además para resistir el corte, una vez que no se usan llaves de corte.

2.2.10.4. METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para el diseño de pernos de anclaje con tuercas empotradas, no se utilizarán bloqueos de cortante, ya que estarán diseñados para soportar cortante y tensión simultáneamente. Las tuercas que sobresalen ayudan a incrustar los pernos en el hormigón, aumentando así la resistencia a la tracción de los anclajes.

La ductilidad del perno de anclaje se puede asegurar provocando un mecanismo de falla, de modo que fluya antes de que se exceda la tensión en el cono de tracción del concreto. Esto se logra asegurando que la resistencia a la rotura del cono del hormigón U_p sea mayor que el esfuerzo de tracción mínimo $A_t \times F_y$ del perno de anclaje.

El área total de los pernos de anclaje estima los efectos de las fuerzas combinadas de tensión y corte.

Esto hace que la fuerza cortante v falle alrededor del área de concreto, convirtiéndose en una carga de tracción adicional debido a la fricción cortante. La resistencia del perno de anclaje debe ser mayor o igual a la tensión positiva total (T) donde se incluye la fuerza de corte v , como se sugiere:

$$A_t \times F_y \geq T$$

Donde:

$$A_t \times F_y = \text{resistencia nominal}$$

$$T = \text{tracción combinada efectiva}$$

$$T = CVu + Tu$$

Clasificación de los pernos en 4 tipos:

Tabla 1
Tipos de pernos de anclaje

Tipo	Descripción		Espaciamiento
A	Aislado o sin interferencia de	$r \geq rm$	$m > mv$
B	Solo con refuerzo de corte	$r \geq rm$	$rm/2 <$
c	Refuerzo de corte más consideraciones de cono	$r < rm$	$mt < m$ $< mv$
D	Refuerzo por corte y	$r < rm$	$mt < m$

Fuente: adaptado de RNE (2019)

Tabla 2
Diámetro y área de pernos

Diámetro del perno d (pulg)	Área del vástago $At(cm^2)$	At.Fy (ton)
3/8	0,7125	1,80
1/2	0,950	2,40
5/8	1,484	3,75
3/4	2,137	5,41
1	3,8	9,61
1 1/4	5,937	15,02
1 1/2	8,55	21,63
1 3/4	11,638	29,44
2	15,20	38,45

Fuente: adaptado de RNE(2019)

Tabla 3
Longitud y espaciamiento mínimo de pernos

Tipo de perno ASTM	Longitud de anclaje de pernos L_d	Espaciamiento mínimo entre pernos rm	Mínima distancia al borde perpendicular a la dirección del corte mv	Mínima distancia de borde por tracción mt
A 307	12 d	16 d	12 d	5d o 4"min
A 325	17d	24 d	17 d	5d o 4"min

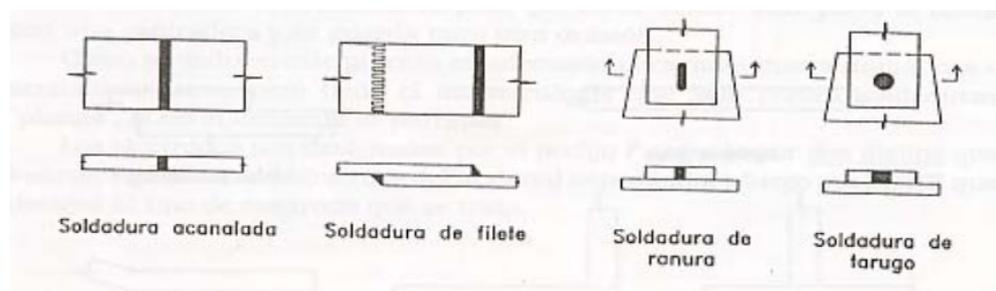
Fuente: adaptado de RNE (2019)

2.2.11. CONEXIONES SOLDADAS

La soldadura es un proceso por medio de por el que se integran numerosas piezas metálicas debido a un calentamiento que las lleva a un estado plástico, en el cual puede o no hacerse suma de material La soldadura genera uniones más rígidas que las atornilladas, característica que podría ser más conveniente en algunas ocasiones. Su campo de implementación de hoy más restringido es el de los puentes ferroviarios, dadas las gigantes cargas, vibraciones y fluctuaciones de tensiones.

Hay 4 tipos de soldaduras para poder hacer juntar uno o más recursos, estas son: acanaladas, de filete, tarugo y ranuradas.

Figura 14
Soldadura de filete

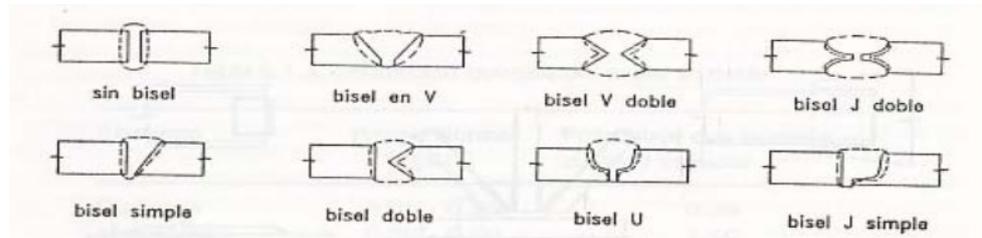


Fuente: adaptado de RNE (2019).

2.2.11.1. TIPOS DE SOLDADURA

Pueden ser de arco o de gas. La soldadura a gas se realiza utilizando un soldador que causa una llama al quemarse cualquier gas combustible, principalmente acetileno, por lo que la soldadura se llama oxiacetileno. No solo se usa para soldar sino también para cortar metales; Para la soldadura, se inserta una varilla de metal llamada relleno, que se funde durante el proceso.

Figura 15
Soldadura con refuerzo



Fuente: adaptado de RNE (2019).

El refuerzo puede ser correcto después de que se hayan fijado las cargas aplicadas; pero, cuando las cargas son de naturaleza vibratoria o generalmente cambiante, tienen el potencial de provocar una falla inmediata, debido a la deformación creada por la transferencia de esfuerzos, lo que da lugar a su concentración. Las soldaduras de filete se realizan en las caras de los pedazos, por lo que la carga se trasfiere con una excentricidad.

2.2.11.2. SIMBOLOGÍA DE LAS SOLDADURAS

Para determinar en el dibujo el tipo de soldadura a utilizar en cualquier segmento, además de sus características de resistencia y falla, se utiliza una notación estándar de la guía AISC-LRFD. Esta tabla hace énfasis a la AWS, que desarrolló el sistema.

Parte de esta notación se muestra en la imagen anterior, podemos decir que:

D: tamaño de la soldadura

E: garganta positiva

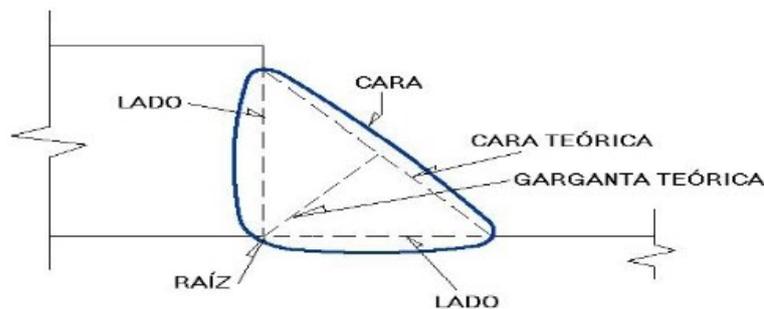
L: longitud de la soldadura

P: espaciamiento entre centros de segmentos de soldadura (paso)

Espesor efectivo mínimo de garganta para soldadura acanalada de penetración parcial soldaduras, en medio de las cuales permanecen las próximas:

- Para piezas con bordes de espesor menor que 6mm, no debería ser más grande que este espesor
- Para piezas con bordes de espesor 6mm o más grandes, no debería ser más grande que este espesor menos 2mm
- Las soldaduras de filete diseñadas según con su resistencia, tienen que tener una longitud positiva mínima de 4 veces su tamaño nominal.

Figura 16
Partes de soldadura de filete



Fuente: adaptado de RNE (2019).

2.2.11.3. RESISTENCIA DE DISEÑO DE LA SOLDADURA

En las soldaduras de filete, como se mencionó precedentemente, se considera que la rotura se debe al corte en un plano inclinado de 45°.

Teniendo esto en cuenta, el esfuerzo cortante al que se somete la soldadura viene dado por la ecuación, a partir de la cual se considera que la resistencia de diseño de la soldadura es la de menor coste entre las calculadas en el proceso medio.

$$f_v = \frac{P}{0.7071 DL}$$

$$\phi R_n = \phi f_{BM} A_{BM}$$

$$\phi R_n = \phi f_{\omega} A_a$$

Dónde:

F_v : Tensión cortante crítica (MPa)

D : Tamaño de la soldadura (lado) (mm)

L : Longitud de la soldadura (mm)

P : Carga mayorada aplicada (N)

f_{BM} : Resistencia nominal del metal base (MPa)

f_{ω} : Resistencia nominal del electrodo de soldadura (MPa)

A_{BM} : Área del metal base sometida a cortante (mm²)

A_{ω} : Área efectiva de la sección transversal de la soldadura (mm²)

Tal cual, la resistencia de diseño de la soldadura tratándose a la Ecuación:

$$\phi R_n = \phi f_{\omega} A_a$$

Es la dada por la Ecuación:

$$\phi R_n = \phi 0,60 f_y A_{BM} = 0,54 f_y A_{BM}$$

Además de la longitud de soldadura solicitada para resistir las sollicitaciones de la alianza , es correcto que , si aquella llega hasta el extremo del integrante, se prolongue en un remate cerca de la esquina en una longitud mínima de 2 veces su tamaño (ver Figura)

Figura 17
Longitud mínima de diseño de la soldadura



Fuente: adaptado de RNE (2019).

2.2.12. METODOLOGIA DE DISEÑO

En seguida, se desarrollará el procedimiento adoptado para la situación de soldaduras:

$$\phi \times Rn \geq \gamma_i Q_i$$

Dónde:

Φ : *Factor de resistencia*

$\phi \times Rn$: *Resistencia nominal*

γ_i : *Factor de mayoración*

Q_i : *Efecto de las cargas aplicadas*

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- a) **Aleta:** Recursos para piezas rectangulares colocadas perpendicularmente al alma de una viga en I. (arquinetpolis, 2021).
- b) **Viga:** Pieza metálica formada por dos aletas y un alma que se asemeja a una letra I. (Arkiplus, 2021)
- c) **Diseño sismorresistente:** el objetivo de esta norma es salvaguardar vidas y reducir los perjuicios de los materiales constructivos. La responsabilidad de los ingenieros para poder hacer estos fines es dependiente del diseño estructural, análisis de suelos, supervisión de los materiales usados y los procesos constructivos adecuados. (Ministerio de Vivienda C. y., 2019)
- d) **Alma:** Placa que junta las aletas. Habitualmente sede parte constante durante la viga, sin embargo, podría ser variable su elevación. (Concepto.pe, 2021)
- e) **Celosía:** La palabra se refiere a recursos estructurales formados por miembros delgados o barras que simplemente se unen en los extremos; estas barras suelen estar cargadas axialmente. (NORMA E.090, 2019)
- f) **Contra flecha:** Flexión realizada sobre un elemento estructural colocado horizontalmente para contrarrestar las deformaciones provocadas por la influencia de las cargas gravitatorias. (NORMA E.090, 2019)

- g) Cuerda:** El par de barras de la armadura en la parte superior e inferior. (RNE, NORMA E.060, 2019)
- h) Correa:** Elemento estructural que soporta el peso de la cubierta y lo transmite directamente a las cerchas, que están o no atirantadas en función de la luz. (NORMA E.090, 2019)
- i) Ménsula:** Un voladizo de luz relativamente pequeña que sirve de apoyo a otro componente. Los esfuerzos cortantes representan la mayor parte de los esfuerzos de los soportes, aunque a veces también se producen flexiones. (NORMA E.060, 2019)
- j) Pendolón:** Componente vertical más bien delgado con poca resistencia a los esfuerzos de tracción. Puede ser un componente menor en el caso de las cerchas de cubierta, o un factor clave en el caso de los recursos que integran arcos de puentes con vigas horizontales. (NORMA E.090, 2019)

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hi: Emplear el software CYPE para el análisis sismorresistente permitirá mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo según el manual de diseño AISC, Huánuco - Huánuco -2022.

Ho: Emplear el software CYPE para el análisis sismorresistente no permitirá mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo según el manual de diseño AISC, Huánuco - Huánuco -2022.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Complejo deportivo

Indicadores

- Geografía y características

- Planta y perfil longitudinal
- Propiedades físicas y mecánicas
- Carga muerta y de viento

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Análisis sismorresistente

Indicadores

- Diseño a flexo-compresión
- Diseño a flexión
- Diseño a corte
- Esbeltez

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 4

Sistema de variables-dimensiones e indicadores

VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA DE MEDICIÓN
V. independiente Diseño estructural	Diseño de columnas	Resistencia a flexo compresión	Cuantitativa	Discreta
	Diseño de viga de pórtico principal	Resistencia a corle y flexión		
	Diseño de correas	Resistencia a corte Esbeltez		
	Diseño de las correas arriostradas	Resistencia a corte Esbeltez		
V. dependientes Complejo deportivo	Ubicación	Geografía y características	Cuantitativa	Discreta.
	Levantamiento topográfico	Planta y perfil longitudinal		
	Estudio de mecánica de suelos	Propiedades físicas y mecánicas		
	Cargas estructurales	Carga muerta y de viento		

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Se define que el actual estudio tendrá un conjunto de procesos secuenciales y rigurosos. Los cuales parten de una idea que es realizar el diseño de un complejo polideportivo siguiendo las normas peruanas y también la norma internación AISC. (Hernández Sampieri, Baptista, & Fernández, 2010)

Por lo anterior mencionado este trabajo seria de carácter cuantitativo ya que reviso varias fuentes tanto nacionales como internaciones con el fin de obtener un diseño óptimo de los elementos estructurales.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Se define que el presente trabajo de investigación se recolectara datos como las propiedades físicas del suelo, características de los materiales, levantamiento topográfico entre otros conjuntos de datos con la finalidad de relacionarlos para realizar el diseño del complejo deportivo. (Hernandez, 2014)

Por lo anterior mencionado esta investigación seria de carácter correlación.

3.1.3. DISEÑO

La conceptualización del vocablo diseño cuenta la táctica o el plan elaborado para recabar información que sea necesario; de esta forma, además, la averiguación se caracteriza por ser el conjunto de procedimientos metódicos, analíticos y empíricos que utilizamos para analizar un problema o fenómeno. (Hernandez, 2014).

Por lo anterior mencionado esta investigación sería de carácter no experimental porque las normas de diseño de la E090 y el código de diseño internacional AISC.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población presente será todos los complejos deportivos ubicados en el distrito, provincia y departamento de Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

La Muestra actual será todos los complejos deportivos ubicados en el centro de la ciudad de Huánuco, provincia y departamento de Huánuco.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos de la presente investigación primeramente se empleará la técnica de la observación, se trata de un enfoque que implica examinar atentamente el fenómeno, hecho o caso, recopilar datos y documentarlos para futuras investigaciones. Cualquier método de investigación necesita la observación como componente clave para recopilar tantos datos como sea factible para el investigador, ya que se analizara las propiedades del terreno para reconocer las características geográficas donde se plantea el proyecto, se ejecutó un levantamiento topográfico y una investigación de suelo para conocer las características físicas y mecánica, también se realizó búsquedas bibliográficas para recolectar diferentes parámetros y fórmulas para el análisis y diseño del complejo deportivo.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

- CIVIL 3D para realizar el levantamiento topográfico de los puntos geodésicos.
- CYPE 3D para modelamiento, el análisis y el diseño del complejo deportivo.
- EXCEL para el predimensionamiento de los elementos estructurales y corrección de los desplazamientos laterales.
- Ms Project para la elaboración del cronograma

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Para poder realizar el análisis e interpretación de datos los datos para la actual investigación, se emplearon los softwares Google Earth, Software Excel, Civil 3D, CYPE 3D, Ms Project, AUTOCAD y software Word. También se empleó ensayos de laboratorio de suelos, y el método de Batelle Columbus para el estudio de impacto ambiental, y fundamentalmente se empleó la norma E030 de diseño sismorresistente, norma E090 estructuras metálicas y la norma de diseño AISC.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Como primer punto se realizará un reconocimiento del área donde se ubica el proyecto y un estudio de suelo con el fin de conocer las propiedades del terreno, parámetros sísmicos como el factor de zona, factor de uso, aceleración de respuesta espectral y factor de modificación de respuesta. Se empleará el software AUTOCAD para realizar la distribución de las columnas y vigas, Excel para realizar distintos cálculos como el predimensionamiento de los elementos estructurales. se ejecutará el modelamiento, análisis y diseño estructural de los elementos en el Programa CYPE 3D y últimamente todo se detallará en un plano hecho en AUTOCAD.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ASPECTOS GENERALES

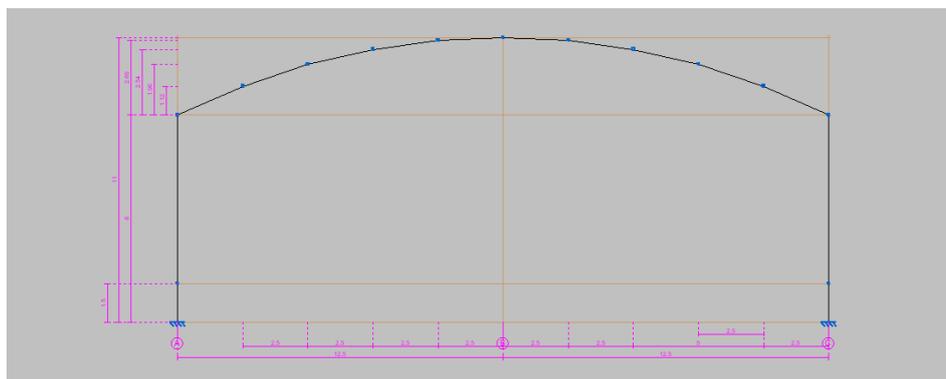
Descripción del proyecto

➤ **Arquitectura de la edificación**

El edificio en mención se halla situado dentro de la ciudad de Huánuco (Jr. Huallayco la cuadra 1). Se ha planeado sobre un terreno de 45x25 m². El estudio incumbe a un polideportivo el cual será seccionado en 2 campos de futbol para la recreación. La arquitectura presenta columnas de 8 metros con una cobertura curva la cual cuenta con una altura de 11 metros en el centro.

Figura 18

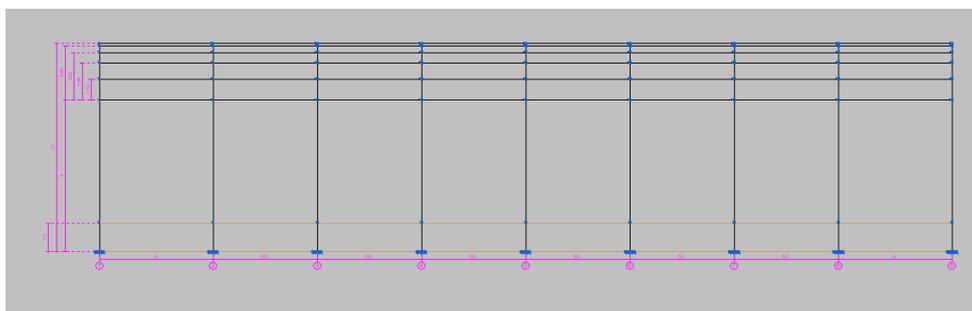
Plano arquitectónico Eje 1-1



Nota: en la figura se consigue ver el inicio del modelamiento en el programa CYPE 3D, en donde se ve una vista del eje 1-1

Figura 19

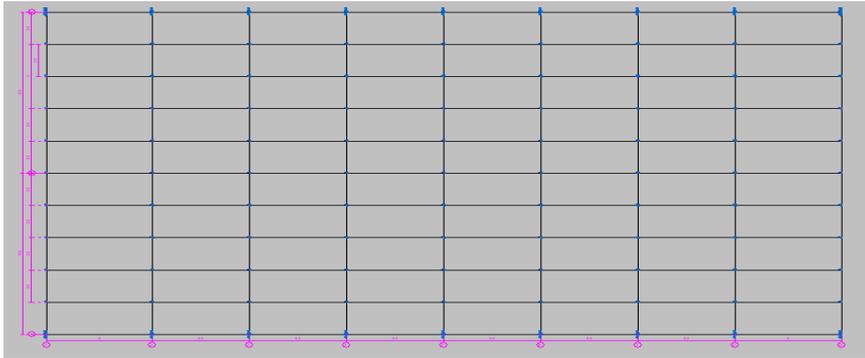
Plano arquitectónico Eje A-A



Nota: en la figura se consigue ver el inicio del modelamiento en el programa CYPE 3D, en donde se ve una vista del eje A-A

Figura 20

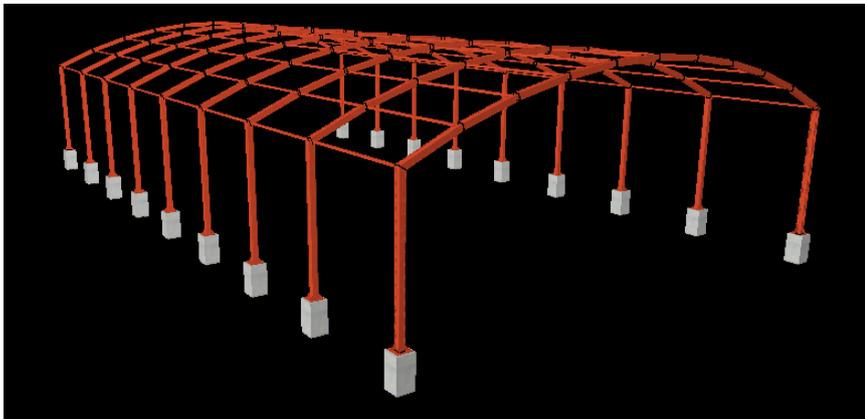
Plano arquitectónico vista en planta



Nota: en la figura se consigue ver el inicio del modelamiento en el programa CYPE 3D, en donde se ve una vista en planta

Figura 21

Plano arquitectónico vista 3D



Nota: en la figura se consigue ver un renderizado de la estructura con sus respectivos pilares en donde se encontrará apoyado las columnas de acero.

4.1.1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS)

El estudio de mecánica de suelos (EMS) de la edificación en cuestión se elabora en el laboratorio de allí se obtienen los aspectos básicos del suelo, tales como:

A) Descripción del suelo y estratigrafía estructural: Los resultados conseguidos para el edificio EMS se recogieron de dos pozos, uno ubicado en el lado oeste y otro en el lado este.

Tabla 5
Calicatas y muestras

calicata	calicata 1	calicata 2
muestra	M-1	M-2
profundidad	3.1	3.9
Cultivos y otros	0.8	0.8
material ML	1.2	1.2
SUCS: GM GC	2.1	2.9
AASHTO: A-1- b(0)		

B) Tipo, profundidad de cimentación o profundidad de desplazamiento (Df): Según SME, la cimentación construida se calcula a una profundidad de desplazamiento de cimentación (Df) de 1,50 m con las alternativas existentes para la luz del edificio y el criterio estructural

C) Capacidad de carga (aceptable q) y Asentamiento superficial instantáneo (S): La capacidad portante aceptable del sustrato se determina utilizando la teoría de Terzaghi. La capacidad portante se determina estimando un factor de seguridad mínimo (F.S) de 3.0 para falla por cortante, luego verificando que el asentamiento diferencial causado por esta presión no sea mayor que el permitido.

Capacidad de carga (q aceptable) y asentamiento superficial instantáneo

Tabla 6
Capacidad portante y asentamiento

calicata	UBICACIÓN	CP en kg/cm ²	asent. S en cm
calicata 1	oeste	2.86	0.75
calicata 2	este	1.85	0.75

4.1.1.1. NORMAS EMPLEADAS

Las consideraciones y los cálculos convenientes para el análisis de la edificación y el diseño estructural en este tratado se llevan a cabo de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento Nacional de Edificación (RNE)

Tabla 7
Normas empleadas

Metrado de cargas	Norma E.020 de "Cargas"
Análisis sísmico	Norma E 030 - 2016 de 'Diseño Sismorresistente"
Diseño de cimentaciones	Norma E.050 de "Suelos y Cimentaciones"
Diseño de elementos en concreto	Norma E.060 de "Concreto Armado"
Diseño de elementos en acero	Norma E.090 de "Estructuras Metálicas"

4.1.1.2. CARGAS DE DISEÑO

Para poder analizar la estructura de la edificación y diseñar diferentes elementos estructurales, se deben tener en cuenta las siguientes cargas nominales:

- **Carga muerta (CM)**

Tabla 8
Carga muerta en la edificación

Material o elemento	Peso unitario
Acero estructural	7850 kg/m³ (7.85 tn/m³)
Concreto armado	2400 kg/m³ (2.40 tn/m³)
Lamina acanalada galvanizada	10kg/m² (0.01 tn/m²)
Piso terminado	100 kg/m² (0.10 tn/m²)

- **Carga viva (CV) y carga viva azotea (Lr):**

Tabla 9
Carga viva en la edificación

Ocupación o uso	Carga mínima repartida
Para techos curvos	50 kg/m³ (0.05 tn/m³)
Carga por proceso de construcción	100 kg/m² (0.10 tn/m²)

4.1.1.3. MÉTODOS DE DISEÑO

Los elementos estructurales de acero se diseñan de acuerdo con las condiciones de resistencia utilizando el método de diseño de coeficiente de carga y arrastre (LRFD)

Para lo cual se debe cumplir la siguiente expresión:

- *Resistencia Requerida* \leq *Resistencia de Diseño*
- $R_u \leq \phi R_n$

La siguiente es una combinación de cargas según la norma E.090 y cargas del método de Diseño de Coeficiente de Arrastre (LRFD) que debe satisfacer la siguiente ecuación:

- $1,4D$
- $1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$
- $1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W)$
- $1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$
- $1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S$
- $0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)$

Dependiendo de las cargas de diseño determinadas para el estudio en cuestión, las combinaciones de carga se pueden reducir a lo siguiente:

$$1,4D$$

$$1,2D + 1,6L$$

$$1,2D + 1,6L_r$$

$$1,2D + 0,5L$$

$$1,2D \pm 1,0E + 0,5L$$

$$0,9D \pm 1,0E$$

El diseño para las condiciones de servicio se logrará habilitando los métodos de diseño de resistencia (ASD). Las combinaciones de carga para el método de cálculo de la resistencia permisible (ASD), de acuerdo con la NORMA E.090 (propuesta final 2016), son las siguientes:

$$D$$

$$D + L + (Lr \text{ ó } S \text{ ó } R)$$

$$D \pm (W \text{ ó } 0,7E)$$

$$D + 0,75L + 0,75Lr \pm 0,75(W \text{ ó } 0,7E)$$

$$0,6D \pm (W \text{ ó } 0,7E)$$

4.1.1.4. MATERIALES EMPLEADOS

➤ Acero estructural A36 - perfil metálico cuadrado y rectangular

Esfuerzo de fluencia: $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ (36 ksi)

Módulo de elasticidad: $E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$ (29000 ksi)

Módulo de poisson: $\mu = 0.30$ (elástico), 0.50 (plástico)

Módulo de cortante: $G = 800000 \text{ kg/cm}^2$ (11200 ksi)

Coefficiente de expansión térmica : $\alpha = 11.25 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}$

➤ Concreto armado:

Resistencia a la compresión:

$F'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (4 ksi)

Módulo de elasticidad:

$$E = 1500\sqrt{F'_c} \Rightarrow 1500\sqrt{280} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 250998.01 \text{ kg/cm}^2$$

- Conectores de corte:
 - Esfuerzo último de tensión: $F_u = 65 \text{ ksi (4570 kg/cm}^2\text{)}$
- Pernos de alta resistencia y pernos de anclaje:
 - Esfuerzo último de tensión (ASTM A325): $F_u = 120 \text{ ksi (8434 kg/cm}^2\text{)}$
- Soldadura estructural E70XX:
 - Esfuerzo último de tensión: $F_{EXX} = 70 \text{ ksi (4920 kg/cm}^2\text{)}$
- Acero de refuerzo grado 60:
 - Esfuerzo de fluencia: $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (60 ksi)}$
 - Módulo de elasticidad: $E = 2100000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (29000 ksi)}$

4.1.2. CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL

Estructuración

- Esqueleto estructural

Para definir los dos sistemas portantes de dirección principal X e Y de las estructuras principales que componen la edificación, respetar el sistema portante que se muestra en la Tabla 10 de la Norma E.030, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10
Sistema estructural

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema Estructuras de acero tipo SCBF y EBF.
	2 y 1	Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Albañilería Armada o Confinada.
		Estructuras de acero tipo SCBF y EBF.
A2(**)	4, 3 y 2	Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Albañilería Armada o Confinada.
		1
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBFv
		Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de concreto armado.
		Albañilería Armada o Confinada.
	1	Estructuras de madera
C	4, 3,2 y	Cualquier sistema.
		Cualquier sistema.

Los sistemas estructurales en ambas direcciones del edificio, se consideran edificios de clase A2 normales y pronosticados en la zona 2, de la siguiente manera:

- Dirección X-X : Consiste en estructuras de acero tipo: Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF).
- Dirección Y-Y: Consiste en estructuras de acero tipo: Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF).
- **Elementos estructurales**

Según el plano arquitectónico la estructuración de cada elemento estructural:

- a) Pilar:** el pilar se ubicó a 1.5 del nivel del suelo con el objetivo de proteger a las columnas de los factores ambientales, en este pilar ira empotrada las columnas de los ejes X e Y.

- b) Cordones o viguetas:** Se construyen según el principio de la luz más corta, es decir, paralelos al eje Y-Y entre los ejes 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, 5-5, 6-6, 7-7, 8-8 y 9-9.
- c) Vigas de pórtico en X-X:** Se estructuraron venerando la arquitectura, las cuales se tendrán vigas en forma de arco en todos los pórticos.
- d) Columnas:** respetando estructuralmente los ejes XX principales o fuertes de la sección y disponiéndolos paralelos a toda la estructura del eje X-X. Las vigas más pesadas soportan la carga, por lo que funciona mejor frente a cargas gravitatorias. Para el eje más fuerte del perfil de la columna. Asimismo, ante cargas sísmicas, el sismo Y-Y es más rígido que el sismo X-X.

- **Predimensionamiento**

-vigas

Para vigas se tomarán un predimensionamiento para el peralte de Luz/70.

Tabla 11
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

- **Correas**

Para correas tomaremos un predimensionamiento para el peralte de Luz/60.

Tabla 12
Predimensionamiento de correas

Nomenclatura de correas	Luz viga (m)	h = L/60 (m)	L(pulg)	Perfil cuadrado	área de perfil
Vy- 1-1	6	0.086	3.37	4"X4"x3mm	11.895
Vy- 2-2	5.5	0.079	3.09	4"X4"x3mm	11.895
Vy- 3-3	5.5	0.079	3.09	4"X4"x3mm	11.895
Vy- 4-4	5.5	0.079	3.09	4"X4"x3mm	11.895
Vy- 5-5	5.5	0.079	3.09	4"X4"x3mm	11.895
Vy- 6-6	5.5	0.079	3.09	4"X4"x3mm	11.895
Vy- 7-7	5.5	0.079	3.09	4"X4"x3mm	11.895
Vy- 8-8	5.5	0.079	3.09	4"X4"x3mm	11.895
Vy- 9-9	6	0.086	3.37	4"X4"x3mm	11.895

- columnas

Para el predimensionamiento de las columnas se empleará el método de cargas por gravedad según la siguiente ecuación:

$$A_g \geq P_u / \phi_c F_{cr}$$

Considerando la relación de esbeltez del semielaborado $Kl/r = 50$, la tensión crítica de deformación $F_{cr} = 2227 \text{ kg/cm}^2$ (F_{cr} se evalúa de acuerdo con la información dada en el marco teórico). y de un $\phi_c = 0.9$

Tabla 13
Predimensionamiento de las columnas

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS					
Nomenclatura de columna	Pu(kg)	Ag(cm ²)	Ag(pulg ²)	Perfil cuadrado	área del perfil(cm ²)
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

Con estas dimensiones realizaremos el modelamiento y el posterior análisis estructural.

4.1.3. MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

Para ejecutar el modelamiento de la estructura en el programa CYPE 3D, se parte del predimensionamiento el cual ya fue elaborado en

el anterior punto, una vez definido las dimensiones procederemos modelar en el software.

Definimos los datos generales del modelo como, el acero laminado, acero conformado, el concreto y otras tipologías como se mientras en la sucesiva imagen.

Figura 22
Datos generales CYPE 3D

Perfiles	
Acero laminado	A36
Acero conformado	ASTM A 36 36 ksi
Madera	Aserrada, procedente de coníferas o ...
Aluminio	EN AW-5083 - F
Homigón	fc=280

Homigón armado	
Homigón para pilares	fc=210
Homigón para vigas de forjado	fc=210
Homigón para elementos de cimentación	fc=280
Acero de barras	Grado 60
Características del árido	15 mm, 30 mm

Acciones

Con sismo dinámico ■ Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016) (Perú)

Resistencia al fuego

Estados límite (combinaciones)

Hipótesis adicionales

Fundación

Proceso constructivo

Opciones

Columnas Fundación

Vigas Uniones

Aceptar

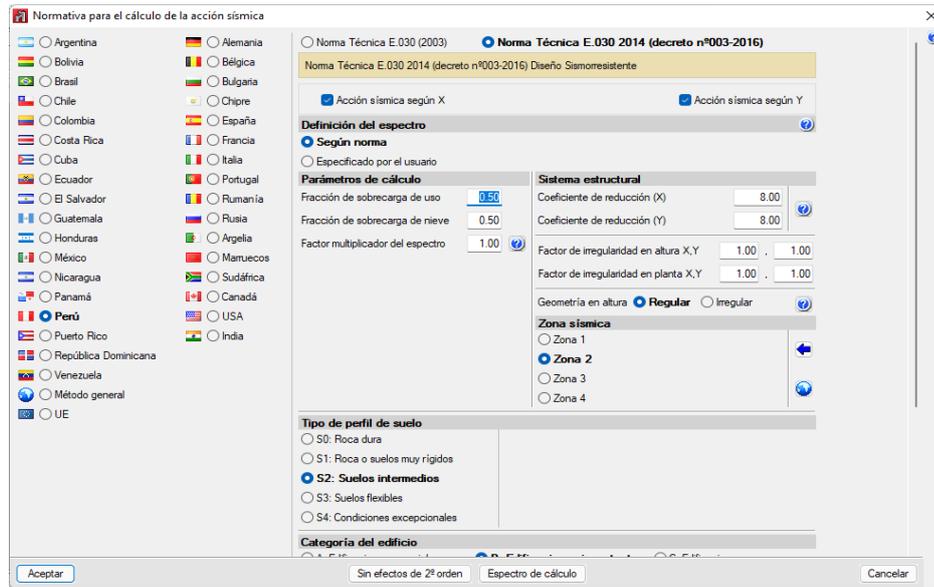
Terreno de fundación	
<input type="checkbox"/> Verificar deslizamiento de zapatas	
Adherencia (a')	0.000 kp/cm²
Ángulo de rozamiento terreno-zapata (d')	25.00 grados
Situaciones persistentes	3.00 kp/cm²
Situaciones sísmicas y accidentales	4.50 kp/cm²

Nota: en la imagen se observa diferentes datos para seleccionar según nuestra necesidad como la norma que emplearemos, el tipo de acero, la resistencia del concreto, consideraciones de sismo, acero de refuerzo, etc.

Para el análisis sísmico indicamos el país de la normativa que se empleara en nuestro caso indicamos que emplearemos la norma E030, e indicamos las direcciones de las fuerzas sísmicas a aplicar.

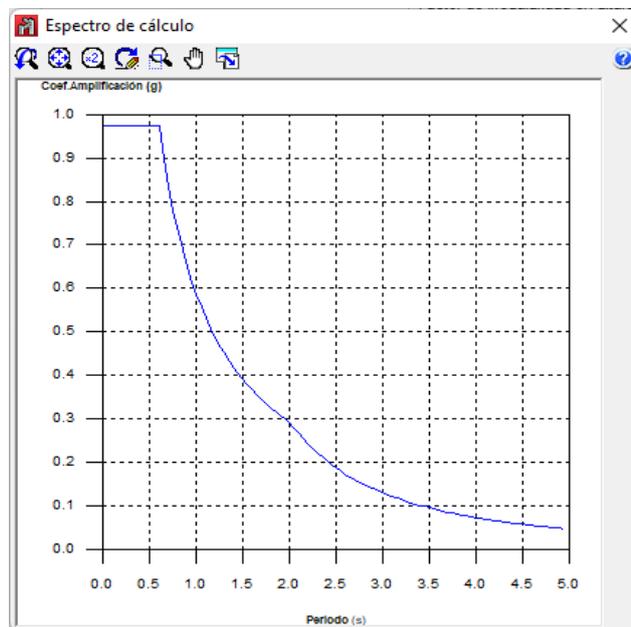
También indicaremos el coeficiente de reducción estructural, la zona sísmica en la cual se encuentra Huánuco, el tipo de suelo, la categoría del edificio y el número de modos de vibración.

Figura 23
Normativas para el diseño sismorresistente



Nota: en la imagen se observa las diferentes normas disponibles para el análisis y diseño de los países en donde se emplea el software CYPE, así también en la parte derecha se observa parámetros sismorresistentes como el uso de la estructura, las irregularidades, etc.

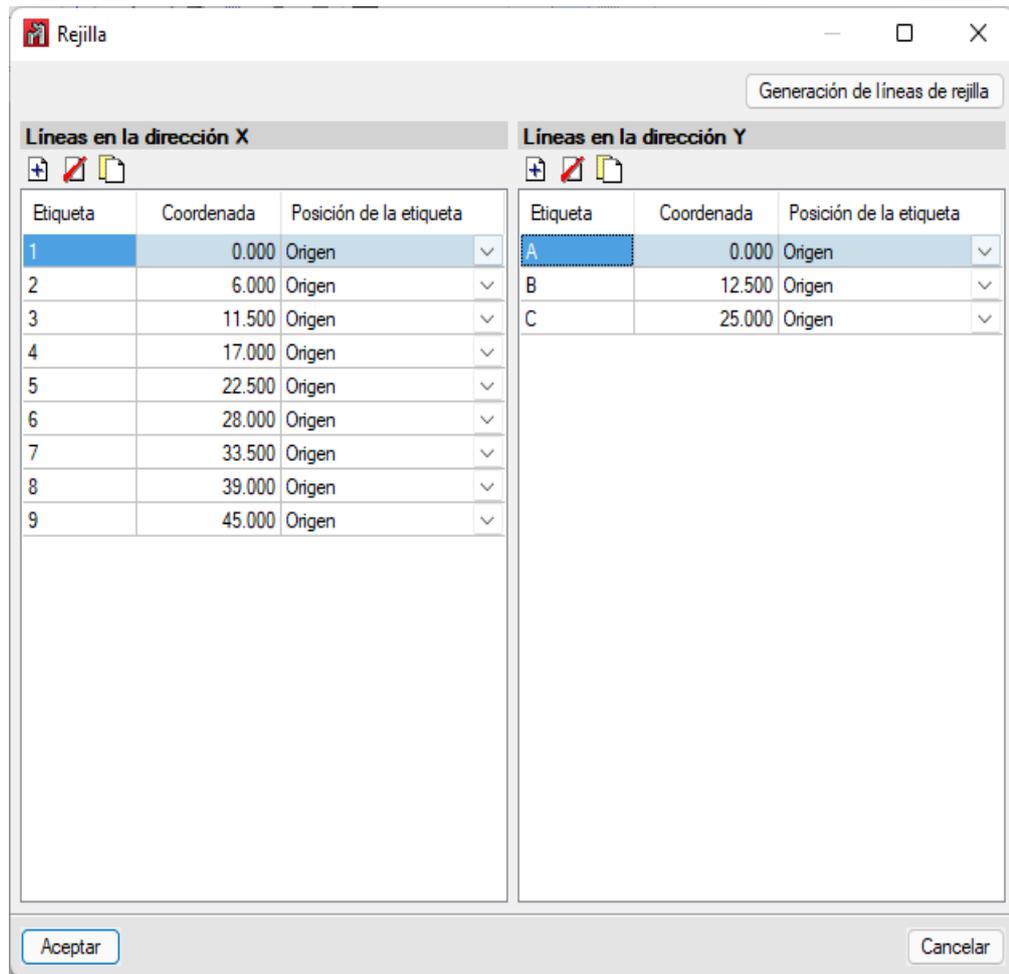
Figura 24
Espectro de cálculo E030



Nota: en la imagen se observa el espectro de respuesta según los parámetros sismorresistentes que hallamos introducido en el software.

Definimos las rejillas para ayudarnos con el modelamiento, graficaremos las líneas según el plano arquitectónico.

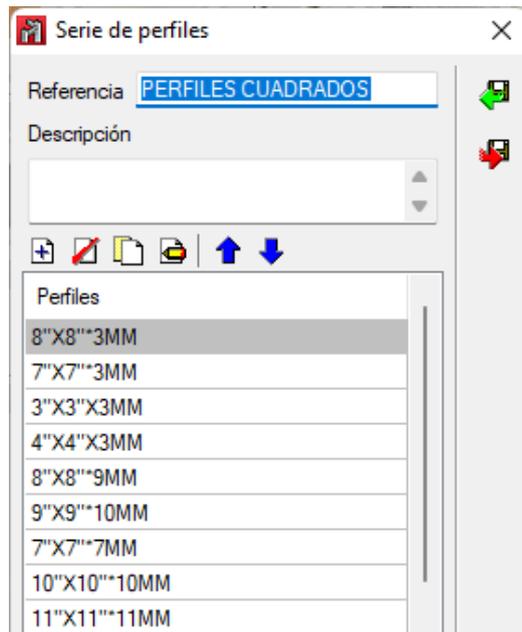
Figura 25
Rejillas para el modelo en CYPE



Nota: en la imagen se observa las distancias de las coordenadas tanto para el eje X y Y, esto para que nos sirva a modo de guía al momento de realizar el modelamiento de la estructura.

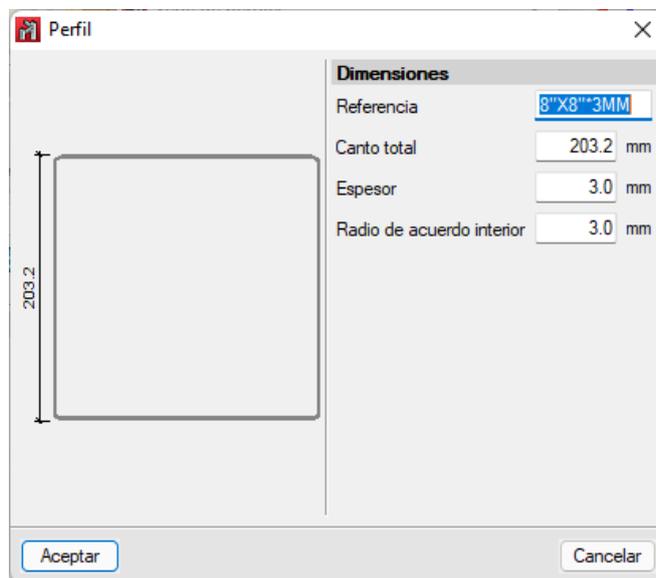
Definimos los perfiles cuadrados solicitados en el predimensionamiento.

Figura 26
Perfiles cuadrados para el modelado



Nota: en la imagen se observa los perfiles que emplearemos según los resultados que nos brinde el programa, de modo que se ira optimizando los perfiles.

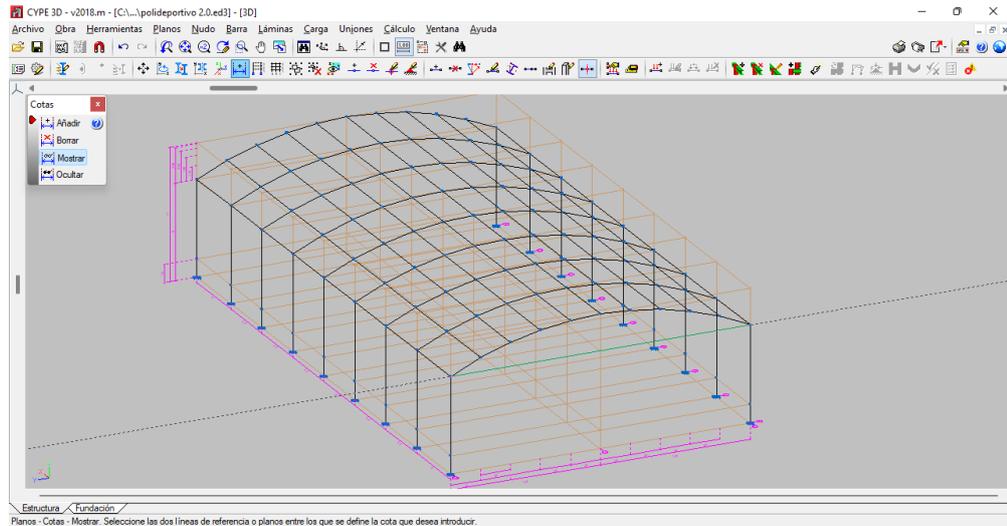
Figura 27
Perfil de 8"x8"



Nota: en la imagen se observa un perfil tubular de 8 pulgadas por 8 pulgadas con un espesor de 3 mm.

Modelamos la estructura según planos arquitectónico como se muestra en la sucesiva imagen.

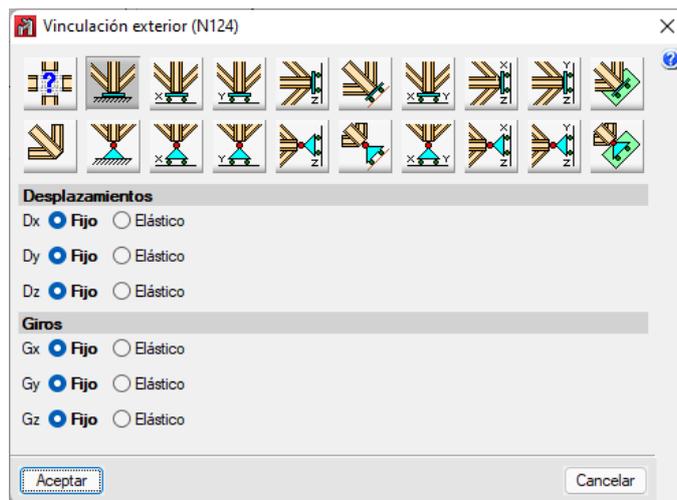
Figura 28
Estructura 3D predimensionamiento



Nota: en la imagen se observa el modelamiento terminado con todos los perfiles ubicados tanto en las columnas como las vigas.

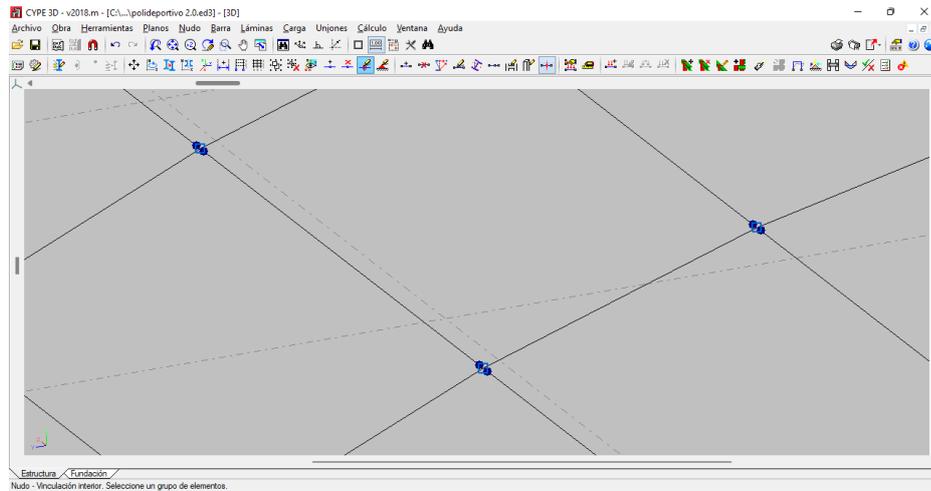
Asignamos los diferentes apoyos empotrados y articulados en la estructura, en las columnas colocaremos apoyos empotrados y en las correas porque no conforman parte estructural de la edificación se le pondrá apoyos articulados.

Figura 29
Vinculación exterior



Nota: en la imagen se observa los diferentes tipos de apoyos que puede presentar la estructura, ya sea un apoyo empotrado, articulado, fijo, etc.

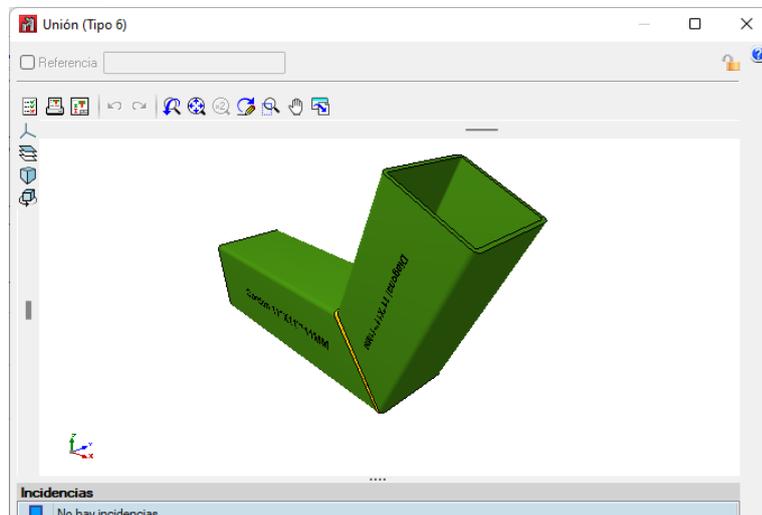
Figura 30
Vinculación interior - apoyo articulado



Nota: en la imagen se observa las vinculaciones internas que se indican al programa para que este no tome en cuenta las cargas aplicadas a estos elementos.

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

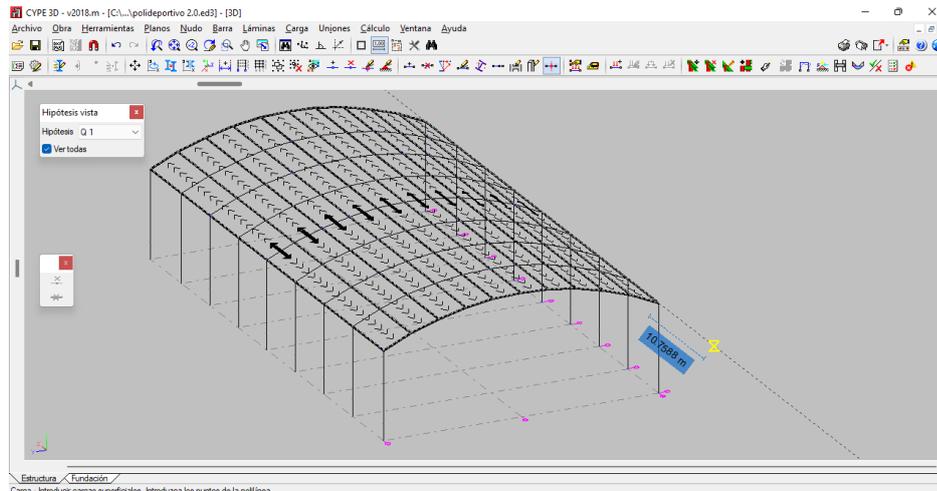
Figura 31
Unión de soldadura CYPE 3D



Nota: en la imagen se observa la unión de un perfil tubular y como el programa interpreta estas uniones para su posterior análisis.

Asignamos las cargas a la cubierta, para ello haremos uso de la herramienta paños que nos ayudara a fijar carga en área.

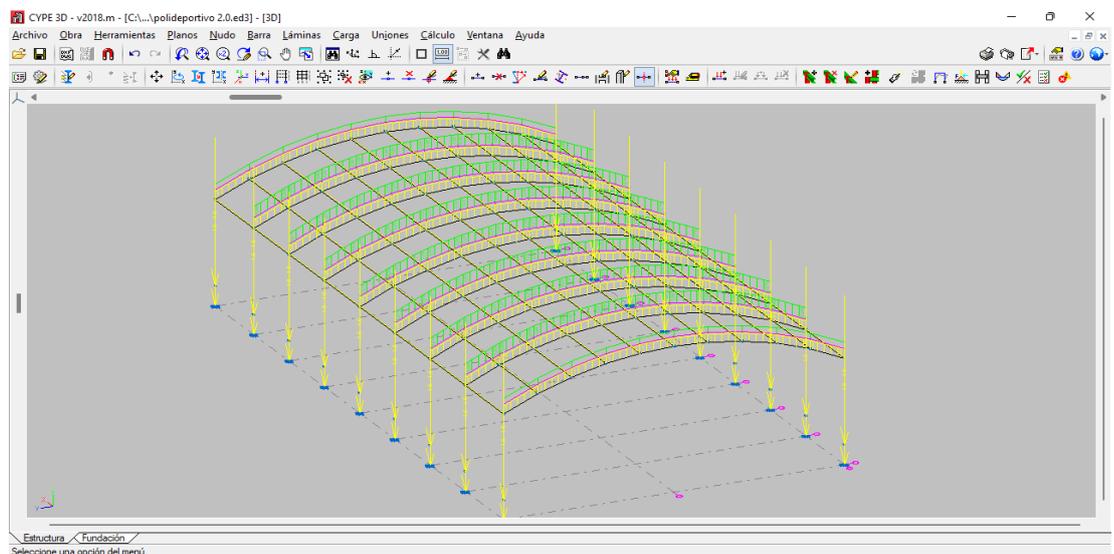
Figura 32
Paños para añadir cargas vivas y muertas



Nota: en la imagen se observa las cargas en área aplicada a toda la estructura, estas cargas son cargas muertas y vivas de techo que se colocan en la cubierta.

Asignamos las cargas según lo determinado en la norma E020.

Figura 33
Cargas aplicadas al polideportivo



Nota: en la imagen se observa las cargas totales aplicadas a la estructura, como su peso propio, las cargas muertas y cargas vivas.

Verificamos la estructura por el análisis de la esbeltez, y denotamos que las dimensiones previamente predimensionadas estas sobredimensionadas en el caso de las vigas y en el caso de las columnas no cumplen con las normas de diseño entonces cambiamos las dimensiones de los elementos estructurales.

Tabla 14
Redimensionamiento de columnas

Nomenclatura de columna	predimensionamiento		diseño	
	Perfil cuadrado	área de perfil	Perfil cuadrado	área de perfil
A1 YC1	8"X8"x3mm	23.79 cm ²	11"X11"x11mm	16.07cm ²
A2 YC2	8"X8"x3mm	23.79 cm ²	11"X11"x11mm	16.07cm ²
A3 Y C3	6"X8"x3mm	23.79cm ²	11"X11"x11mm	16.07cm ²
A4 YC4	6"X8"x3mm	23.79 cm ²	11"X11"x11mm	16.07cm ²
A5 YC5	8"X8"x3mm	23.79 cm ²	11"X11"x11mm	16.07cm ²
A6 YC6	8"X8"x3mm	23.79 cm ²	11"X11"x11mm	16.07cm ²
A7 YC7	8"X8"x3mm	23.79 cm ²	11"X11"x11mm	16.07cm ²
A8 YC8	8"X8"x3mm	23.79 cm ²	11"X11"x11mm	16.07cm ²
A9 YC9	8"X8"x3mm	23.79 cm ²	11"X11"x11mm	16.07cm ²

Tabla 15
Redimensionamiento 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 ²	11"X11"x11mm	116.07cm ²
Vy- 2-2	14"X14"x3mm	41.6cm ²	11"X11"x11mm	116.07cm ²
Vy- 3-3	14"X14"x3mm	41.6cm ²	11"X11"x11mm	116.07cm ²
Vy- 4-4	14"X14"x3mm	41.6cm ²	11"X11"x11mm	116.07cm ²
Vy- 5-6	14"X14"x3mm	41.6cm ²	11"X11"x11mm	116.07cm ²
Vy- 6-6	14"X14"x3mm	41.6cm ²	11"X11"x11mm	116.07cm ²
Vy- 7-7	14"X14"x3mm	41.6cm ²	11"X11"x11mm	116.07cm ²
Vy- 8-8	14"X14"x3mm	41.6cm ²	11"X11"x11mm	116.07cm ²
Vy- 9-9	14"X14"x3mm	41.6cm ²	11"X11"x11mm	116.07cm ²

Tabla 16
Redimensionamiento de correas

Nomenclatura de correas	predimesionamiento		diseño	
	Perfil cuadrado	área de perfil	Perfil cuadrado	área de perfil
Vx- A-C1	4"X4"x3mm	11.9 cm ²	4"X4"x3mm	11.9 cm ²
Vx- A-C2	4"X4"x3mm	11.9 cm ²	4"X4"x3mm	11.9 cm ²
Vx- A-C3	4"X4"x3mm	11.9 cm ²	4"X4"x3mm	11.9 cm ²
Vx- A-C4	4"X4"x3mm	11.9 cm ²	4"X4"x3mm	11.9 cm ²
Vx- A-C5	4"X4"x3mm	11.9 cm ²	4"X4"x3mm	11.9 cm ²
Vx- A-C6	4"X4"x3mm	11.9 cm ²	4"X4"x3mm	11.9 cm ²
Vx- A-C7	4"X4"x3mm	11.9 cm ²	4"X4"x3mm	11.9 cm ²
Vx- A-C8	4"X4"x3mm	11.9 cm ²	4"X4"x3mm	11.9 cm ²
Vx- A-C9	4"X4"x3mm	11.9 cm ²	4"X4"x3mm	11.9 crn ²

4.1.4. ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE LA ESTRUCTURA

- **Datos generales de sismo**

Figura 34

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**

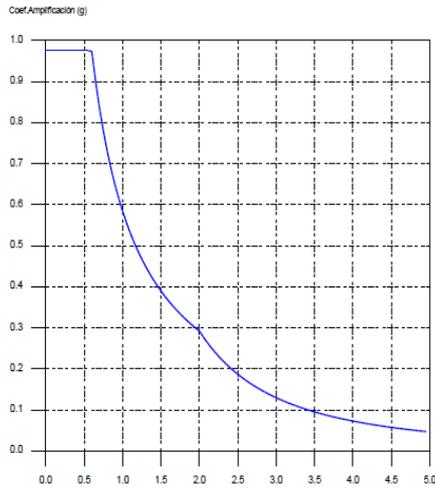
Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso : 0.50

Fracción de sobrecarga de nieve : 0.50

Factor multiplicador del espectro: 1.00

Figura 35
Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

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

Donde:

$$C = 2,5$$

$$T < T_p$$

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

$$T_p \leq T < T_i$$

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

$$T_i \leq T$$

es el factor de amplificación sísmica.

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.975 g.

Nota: en la imagen se observa el espectro de respuesta según la norma E030 que nos brinda el programa CYPE 3D.

Figura 36
Parámetros necesarios para la definición del espectro

Z: 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 **Z :** 0.25

U: 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 **U :** 1.30

S: 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 **S :** 1.20

T_p: Periodo de la plataforma del espectro (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 4) **T_p :** 0.60 s

T_i: Periodo que define el inicio de la zona del espectro con desplazamiento constante (Norma Técnica E.030 2014 (decreto nº003-2016), Tabla 4) **T_i :** 2.00 s

Figura 37
Espectro de diseño de aceleraciones

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

R_x : Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 6)

R_x : 8.00

$$R_x = R_{ox} \cdot I_a \cdot I_p$$

R_{ox} : Coeficiente de reducción (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 7)

R_{ox} : 8.00

R_y : Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 6)

R_y : 8.00

$$R_y = R_{oy} \cdot I_a \cdot I_p$$

R_{oy} : Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 7)

R_{oy} : 8.00

R_{oy} : Coeficiente de reducción (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 7)

R_{oy} : 8.00

I_a : Factor de irregularidad en altura (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 8)

I_a : 1.00

I_a : Factor de irregularidad en altura (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 8)

I_a : 1.00

I_p : Factor de irregularidad en planta (X) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 9)

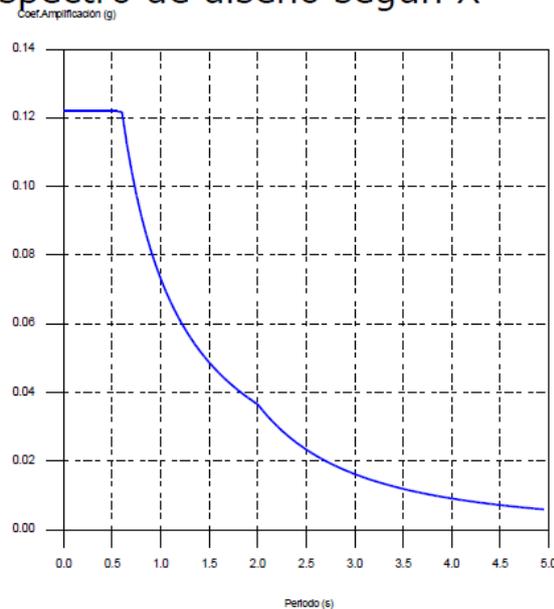
I_p : 1.00

I_p : Factor de irregularidad en planta (Y) (Norma Técnica E.030 2014 (decreto n°003-2016), Tabla 9)

I_p : 1.00

Figura 38
Espectro de diseño según X

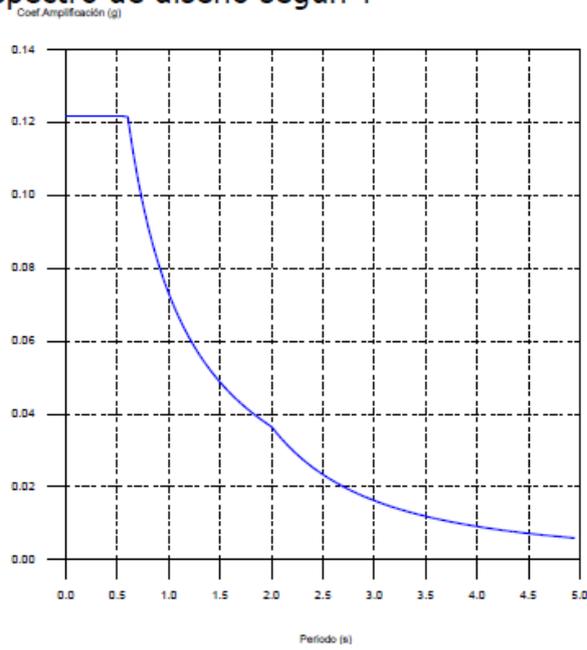
Espectro de diseño según X



Nota: en la imagen se observa el espectro de respuesta según la norma E030 que nos brinda el programa CYPE 3D.

Figura 39
Espectro de diseño según Y

Espectro de diseño según Y



Nota: en la imagen se observa el espectro de respuesta según la norma E030 que nos brinda el programa CYPE 3D.

Tabla 17
Modos de vibración

Modo	T	Lx	Ly	Mx	My	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
1	1.387	1	0.0001	87.43	0	R = 8 A = 0.517 m/s ² D = 25.2051 mm	R = 8 A = 0.517 m/s ² D = 25.2051 mm
2	0.671	0.0012	1	0	56.98	R=8 A = 1.071 m/s ² D= 12.1996 mm	R= 8 A = 1.071 m/s ² D = 12.1996 mm
3	0.668	0.0016	1	0	19.6	R = 8 A = 1.075 m/s ² D = 12.1524 mm	R = 8 A = 1.075 m/s ² D = 12.1524 mm
4	0.662	0.0127	0.9999	0	0.06	R=8 A = 1.084 m/s ² D = 12.0446 mm	R=8 A = 1.084 m/s ² D = 12.0446 mm
5	0.654	0.0307	0.9995	0	0.09	R = 8 A = 1.098 m/s ² D = 11.8807 mm	R = 8 A = 1.098 m/s ² D = 11.8807 mm
6	0.646	0.4453	0.8954	0	0	R = 8 A = 1.112 m/s ² D = 11.7372 mm	R = 8 A = 1.112 m/s ² D = 11.7372 mm
7	0.639	0.117	0.9931	0	0	R = 8 A = 1.124 m/s ² D = 11.6221 mm	R = 8 A = 1.124 m/s ² D = 11.6221 mm
8	0.627	0.2494	0.9684	0	0.01	A= 1.146 m/s ² D D= 11.4061 mm	A = 1.146 m/s ² D = 11.4061 mm
9	0.553	0.0177	0.9998	0	6.47	R = 8 A = 1.196 m/s ² D = 9.25283 mm	R = 8 A = 1.196 m/s ² D = 9.25283 mm
10	0.549	0.0234	0.9997	0	6.36	R = 8 A = 1.196 m/s ² D = 9.13088 mm	R = 8 A = 1.196 m/s ² D = 9.13088 mm

11	0.533	0.9031	0.4293	0.01	0	R = 8	R = 8
						A = 1.196 m/s ²	A = 1.196 m/s ²
						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 ²	A = 1.196 m/s ²
						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 ²	A = 1.196 m/s ²
						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 ²	A = 1.196 m/s ²
						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 ²	A = 1.196 m/s ²
						D = 7.53436 mm	D = 7.53436 mm

- ❖ T: Periodo de vibración en segundos.
- ❖ Lx, Ly: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.
- ❖ Mx, My: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.
- ❖ R; Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.
- ❖ A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.
- ❖ D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Tabla 18
Hipótesis modal para el eje X

Hipótesis	Sismo	X1
Hipótesis modal	T<S>	A(g)
Modo 1	1 387	0 053

Tabla 19
Hipótesis modal para el eje Y

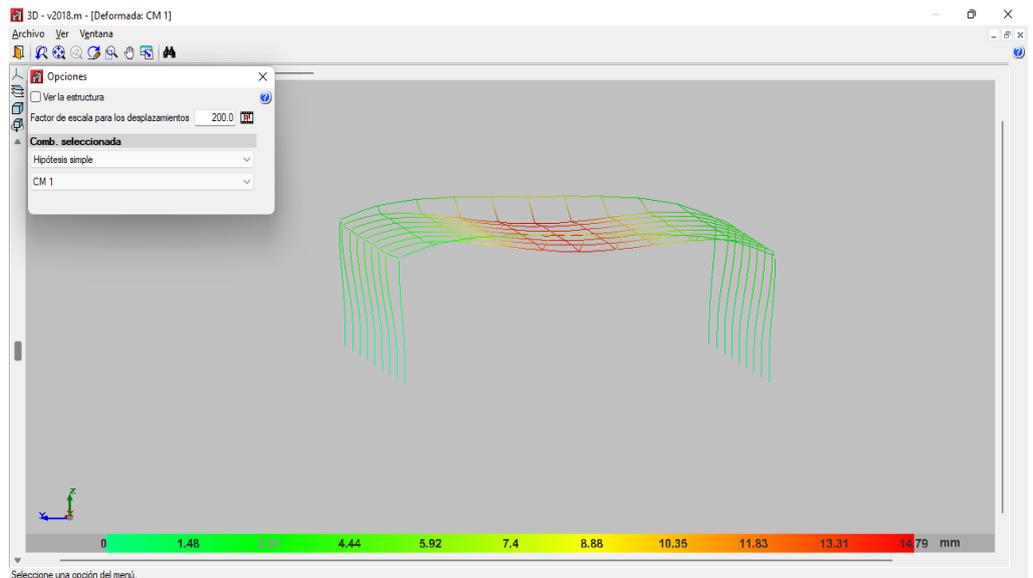
Hipótesis	Sismo	Y1
Hipótesis modal	T(5)	A(g)
Modo 2	0.671	0.109

Verificando las derivas de la estructura, notamos que cumple con la norma E030 así que con estos valores procederemos a realizar el diseño siguiendo la norma E090 y la norma AISC.

Figura 40
Comprobación de deriva según la norma E030

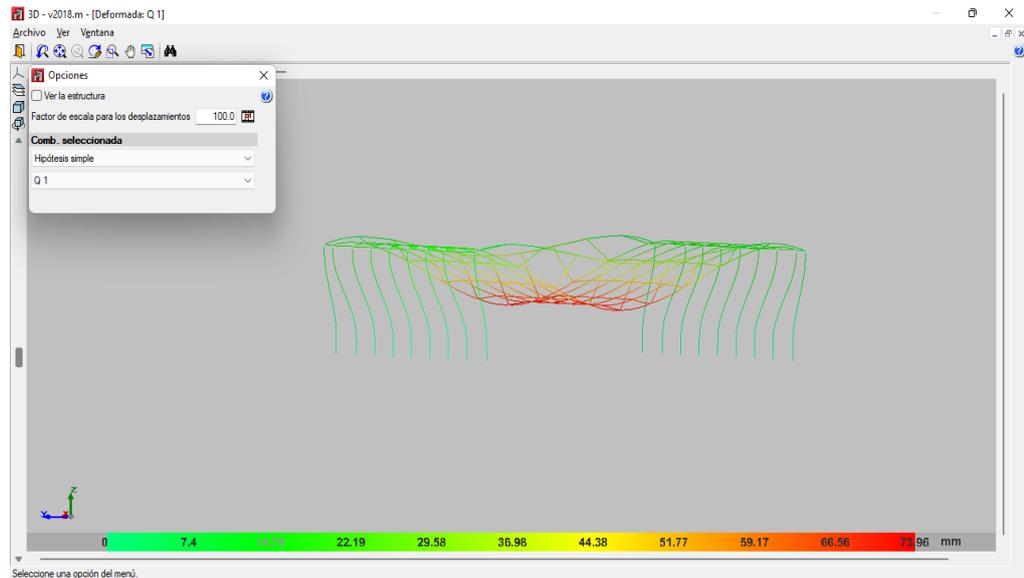


Figura 41
Deformación según la carga muerta



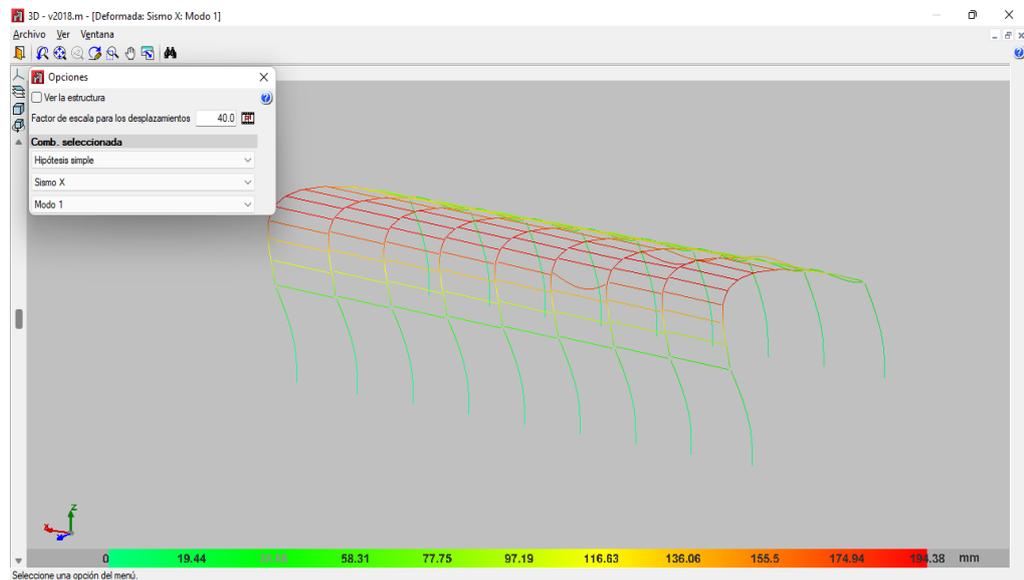
Nota: en la imagen se observa la deformada de la estructura según el caso de carga muerta.

Figura 42
Deformación según la carga viva



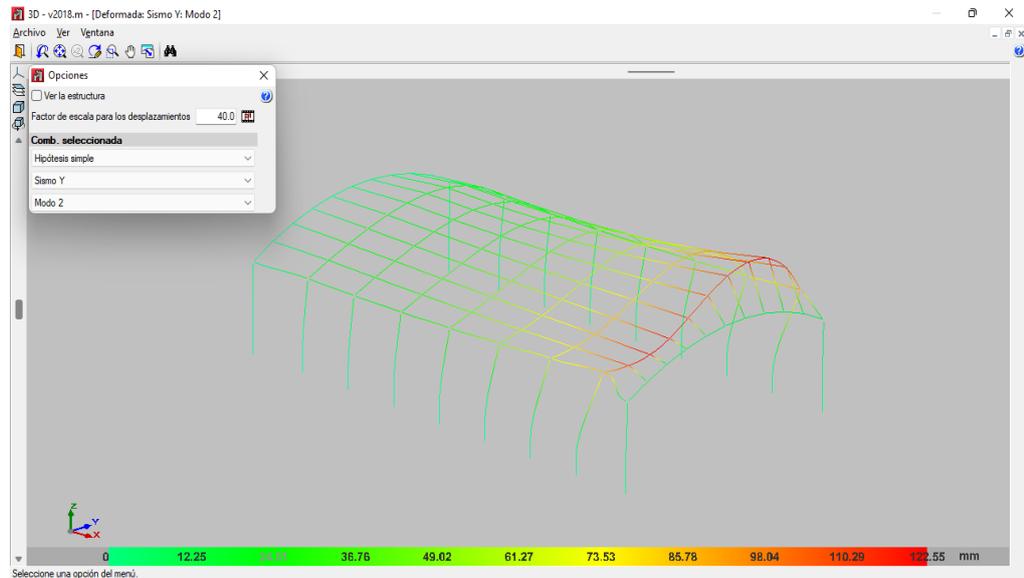
Nota: en la imagen se observa la deformada de la estructura según el caso de carga viva.

Figura 43
Deformación según sismo X



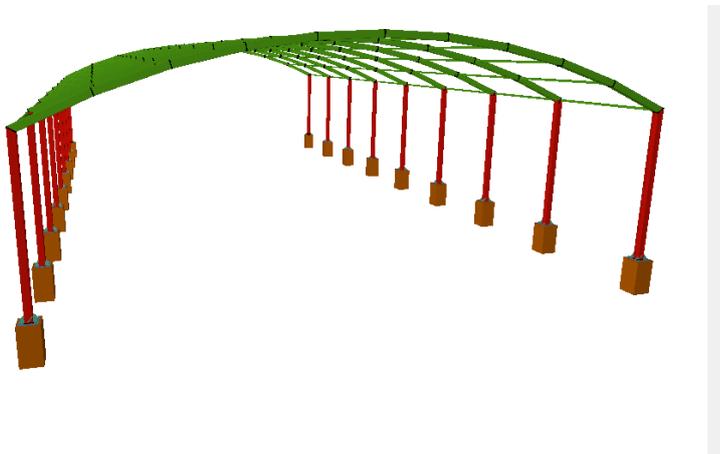
Nota: en la imagen se observa la deformada de la estructura según el caso de carga sísmica en dirección X-X.

Figura 44
Deformación según sismo Y



Nota: en la imagen se observa la deformada de la estructura según el caso de carga sísmica en dirección Y-Y.

Figura 45
Vista 3D de la edificación



Nota: en la imagen se observa el modelamiento final de la estructura con todos sus elementos.

4.1.5. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Cada pieza estructural tendrá su diseño terminado, y comprobaremos si cumple las especificaciones mínimas de diseño. Hablaremos de los componentes estructurales sometidos a mayor tensión de diseño para no repetir en exceso la premisa.

Columna A-1

Tabla 20

Resumen de comprobaciones de la columna A-1

COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 (LRFD))									
Barra	P_t	λ_c	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_x M_y V_x$ $V_y T$	Estado
N3/N4	N.P. ⁽¹⁾	$\lambda <$ 200.0 Cumple	x: 0 m $\eta = 2.7$	x: 6.346 m $\eta = 48.0$	x: 0 m $\eta = 5.8$	$\eta = 0.3$	$\eta = 5.1$	X: 6.346 m $\eta = 49.2$	CUMPLE $\eta = 49.2$

Notación:

P_t : Resistencia a tracción

λ_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

$PM_x M_y V_x V_y, T$: Esfuerzos combinados y torsión

X: Distancia al origen de la barra.

η : Coeficiente de aprovechamiento (%)

N.P.: No Procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

^(x) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Figura 46
Limitación de esbeltez para compresión

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

$$\lambda \leq 200$$

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

Donde:

λ : Coeficiente de esbeltez

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

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

Donde:

L: Longitud de la barra

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

K: Factor de longitud efectiva.

$$K : \underline{1.02}$$

r_x : Radio de giro respecto al eje X

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

Donde:

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

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

Donde:

I_x : 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.

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

Figura 47
Diseño por resistencia a compresión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_T : \underline{0.027} \quad \checkmark$$

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en el nudo N3, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1.

Donde:

P_r : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$P_r : \underline{5.900} \text{ t}$$

P_c : Resistencia de diseño a compresión

$$P_c : \underline{220.512} \text{ t}$$

$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

ϕ_p : Factor de resistencia a compresión, tomado como:

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

P_n : Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E3-A:

$$P_n : \underline{245.013} \text{ t}$$

$$P_n = F_{cr} A$$

para el pandeo por flexión de secciones con elementos compactos y no compactos (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-A).

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra.

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

F_σ: Tensión de pandeo por flexión, tomada como:

$$F_{\sigma} : \frac{2110.97}{\text{kp/cm}^2}$$

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

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

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

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

F_e: Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de:

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

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

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

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

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero

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

K: Factor de longitud efectiva.

$$K_x : \frac{1.02}{\text{---}}$$

$$K_y : \frac{1.02}{\text{---}}$$

L: Longitud de la barra

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

r: Radio de giro dominante

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

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

Figura 48

Diseño por resistencia a flexión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

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

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, **M_r**, se produce en un punto situado a una distancia de 6.346 m del nudo N3, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$M_r : \frac{12.785}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

M_c: Resistencia de diseño a flexión

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

$$M_c = \phi_b M_n$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión

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

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 7, Sección 1

$$M_n : \frac{29.587}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$M_n : \frac{29.587}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado

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

Z_x: Módulo resistente plástico respecto al eje X

$$Z_x : \frac{1161.01}{\text{cm}^3}$$

Figura 49

Diseño por resistencia a corte

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

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

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD

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

V_c : Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

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

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

ϕ_v : Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v : \underline{0.90}$$

V_n : se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos rectangulares y secciones en cajón, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5).

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

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

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

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

$$A_w = 2ht_w$$

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

Donde:

h : 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) para alas de todas las demás secciones con simetría doble o simple y secciones en U, excepto tubos redondos, el coeficiente de cortante del alma, C_v , se calcula de la siguiente forma:

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

$$C_v = 1.0$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

Donde:

h : 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**

Tabla 21

Resume de comparaciones de la columna C-5

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 (LRFD))								Estado
	P_t	$\lambda < 200.0$	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_x M_y V_x V_y T$	
N55/N5 6	N.P. ⁽¹⁾	Cumple	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 4.1$	$x: 6.346 \text{ m}$ $\eta = 76.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 5.9$	$\eta = 0.3$	$\eta = 8.1$	$x: 6.346 \text{ m}$ $\eta = 78.4$	CUMPLE $\eta = 78.4$

Notación:

P_t : Resistencia a tracción

λ_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

$PM_x M_y V_x V_y, T$: Esfuerzos combinados y torsión

x : Distancia al origen de la barra

η : Coeficiente de aprovechamiento(%)

N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

⁽¹⁾La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Figura 50
Limitación de esbeltez para compresión

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

$$\lambda \leq 200$$

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

Donde:

λ : Coeficiente de esbeltez

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

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

Donde:

L: Longitud de la barra

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

K: Factor de longitud efectiva.

$$K : \underline{1.02}$$

r_x: Radio de giro respecto al eje X

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

Donde:

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

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

Donde:

I_x: 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.

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

Figura 51
Diseño por resistencia a compresión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

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

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P, se produce en el nudo N55, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1.

Donde:

P_r: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD

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

P_c: Resistencia de diseño a compresión

$$P_c : \underline{220.512} \text{ t}$$

$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

φ_p: Factor de resistencia a compresión, tomado como:

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

P_n: Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E3-A:

$$P_n : \underline{245.013} \text{ t}$$

$$P_n = F_c A$$

para el pandeo por flexión de secciones con elementos compactos y no compactos (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-A).

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra.

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

F_{cr}: Tensión de pandeo por flexión, tomada como:

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

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

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

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

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

F_e: Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de:

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

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

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

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

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero

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

K: Factor de longitud efectiva.

$$K_x : \frac{1.02}{\text{---}}$$

$$K_y : \frac{1.02}{\text{---}}$$

L: Longitud de la barra

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

r: Radio de giro dominante

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

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

Figura 52

Diseño por resistencia a flexión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_M : \frac{0.765}{\text{---}} \checkmark$$

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, **M_r**, se produce en un punto situado a una distancia de 6.346 m del nudo N55, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$M_r : \frac{20.383}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

M_c: Resistencia de diseño a flexión

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

$$M_c = \phi_b M_n$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión

$$\phi_b : \frac{0.90}{\text{---}}$$

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 7, Sección 1

$$M_n : \frac{29.587}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$M_n : \frac{29.587}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado

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

Z_x: Módulo resistente plástico respecto al eje X

$$Z_x : \frac{1161.01}{\text{cm}^3}$$

Figura 53
Diseño por resistencia a corte

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

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

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V , se produce para la combinación de hipótesis $1.2 \cdot PP + 1.2 \cdot CM1 + 1.6 \cdot Q1$.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD

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

V_c : Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

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

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

ϕ_v : Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v : \underline{0.90}$$

V_n : se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos rectangulares y secciones en cajón, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5).

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

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

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

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

$$A_w = 2ht_w$$

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

Donde:

h : Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

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

t_w : Espesor del alma

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

b) para alas de todas las demás secciones con simetría doble o simple y secciones en U, excepto tubos redondos, el coeficiente de cortante del alma, C_v , se calcula de la siguiente forma:

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

$$C_v = 1.0$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

Donde:

h : Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

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

t_w : Espesor del alma

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

E : Módulo de elasticidad del acero

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

K_v : Coeficiente de abolladura del alma

$$K_v : \underline{5.00}$$

- **Columnas C-8**

Tabla 22

Resumen de comprobaciones de la columna C-8

BARRA	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 (LRFD))								Estado
	P_t	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_x M_y V_x V_y T$		
N94	$\lambda < 200.0$	$x: 0 \text{ m}$	$x: 6.346 \text{ m}$	$x: 0 \text{ m}$				$X: 6.346 \text{ m}$	CUMPLE
/N95	N.P.(1)	Cumple	$\eta = 4.2$	$\eta = 79.2$	$\eta = 5.9$	$\eta = 0.3$	$\eta = 8.4$	$\eta = 81.3$	$\eta = 81.3$

Notación:

P_t : Resistencia a tracción

λ_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

$PM_x M_y V_x V_y T$: Esfuerzos combinados y torsión

x : Distancia al origen de la barra

η : Coeficiente de aprovechamiento (%)

N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

⁽¹⁾La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Figura 54
Limitación de esbeltez para compresión

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

$$\lambda \leq 200$$

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

Donde:

λ : Coeficiente de esbeltez

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

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

Donde:

L: Longitud de la barra

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

K: Factor de longitud efectiva.

$$K : \underline{1.02}$$

r_x: Radio de giro respecto al eje X

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

Donde:

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

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

Donde:

I_x: 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.

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

Figura 55
Diseño por resistencia a compresión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_T : \underline{0.042} \quad \checkmark$$

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en el nudo N94, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1.

Donde:

P_r: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$P_r : \underline{9.332} \text{ t}$$

P_c: Resistencia de diseño a compresión

$$P_c : \underline{220.512} \text{ t}$$

$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

φ_p: Factor de resistencia a compresión, tomado como:

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

P_n: Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E3-A:

$$P_n : \underline{245.013} \text{ t}$$

$$P_n = F_y A$$

para el pandeo por flexión de secciones con elementos compactos y no compactos (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-A).

Donde:

A: Area bruta de la sección de la barra.

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

F_{cr}: Tensión de pandeo por flexión, tomada como:

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

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

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

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

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

F_e: Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de:

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

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

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

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

Donde:

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

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

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

Figura 56

Diseño por resistencia a flexión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

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

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r , se produce en un punto situado a una distancia de 6.346 m del nudo N94, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$M_r : \underline{21.083} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_c: Resistencia de diseño a flexión

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

$$M_c = \phi_b M_n$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión

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

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 7, Sección 1

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

1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

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

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado

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

Z_x: Módulo resistente plástico respecto al eje X

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

Figura 57

Diseño por resistencia a corte

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_v : \underline{0.084} \quad \checkmark$$

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce para la combinación de hipótesis $1.2 \cdot PP + 1.2 \cdot CM1 + 1.6 \cdot Q1$.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$V_r : \underline{6.291} \text{ t}$$

V_c : Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

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

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

ϕ_v : Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v : \underline{0.90}$$

V_n : se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos rectangulares y secciones en cajón, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5).

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

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

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

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

$$A_w = 2ht_w$$

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

Donde:

h : 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) para alas de todas las demás secciones con simetría doble o simple y secciones en U, excepto tubos redondos, el coeficiente de cortante del alma, C_v , se calcula de la siguiente forma:

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

$$C_v : \underline{1.00}$$

Donde:

h : 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

$$K_v : \underline{5.00}$$

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

Tabla 23

Resumen de comprobaciones de la correa entre el eje 1-1 y 2-2

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 (LRFD))								Estado
	P_t	λ_c	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N4/N17	$N = 0.3$	$\lambda < 200.0$ Cumple	$N = 0.8$	$x: 5.86 \text{ m}$ $n = 11.9$	$x: 5.86$ $n = 11.5$	$\eta = 0.5$	$x: 5.86$ $\eta = 0.8$	$X: 0.14 \text{ m}$ $\eta = 20.9$	CUMPLE $\eta = 20.9$

Notación:

P_t : Resistencia a tracción

λ_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

n : Coeficiente de aprovechamiento (%)

Figura 58

Limitación de esbeltez para compresión

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

$$\lambda \leq 200$$

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

Donde:

λ : 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_x : Radio de giro respecto al eje X

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

Donde:

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

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

Donde:

I_x : 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.

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

Figura 59

Diseño por resistencia a compresión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

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

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+SX.

Donde:

P_r : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$P_r : \underline{0.069} \text{ t}$$

P_c : Resistencia de diseño a compresión

$$P_c : \underline{8.195} \text{ t}$$

$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

ϕ_p : Factor de resistencia a compresión, tomado como:

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

P_n : Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E3-B:

$$P_n : \underline{9.106} \text{ t}$$

$$P_n = F_y A$$

para el pandeo por flexión de secciones con elementos compactos y no compactos (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-B).

Donde:

A: Area bruta de la sección de la barra.

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

F_{cr}: Tensión de pandeo por flexión, tomada como:

$$F_{cr} : \frac{785.33}{\text{kp/cm}^2}$$

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

$$F_{cr} = 0.877F_e$$

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

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

F_e: Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de:

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

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

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

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

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero

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

K: Factor de longitud efectiva.

$$K_x : \frac{1.05}{\text{---}}$$

$$K_y : \frac{1.05}{\text{---}}$$

L: Longitud de la barra

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

r: Radio de giro dominante

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

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

Figura 60

Diseño por resistencia a flexión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_M : \frac{0.119}{\checkmark}$$

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r , se produce en un punto situado a una distancia de 5.860 m del nudo N4, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+SX.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$M_r : \frac{0.116}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

M_c: Resistencia de diseño a flexión

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

$$M_c = \phi_b M_n$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión

$$\phi_b : \frac{0.90}{\text{---}}$$

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 7, Sección 1

$$M_n : \frac{1.085}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

M_r⁺: Resistencia a flexión requerida

$$M_r^+ : \frac{0.062}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

$$M_r^- : \frac{0.116}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$M_n : \frac{1.085}{\text{t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado

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

Z_x: Módulo resistente plástico respecto al eje X

$$Z_x : \frac{42.56}{\text{cm}^3}$$

Figura 61

Diseño por resistencia a corte

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

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

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce para la combinación de hipótesis $1.2 \cdot PP + 1.2 \cdot CM1 + 1.6 \cdot Q1$.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD

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

V_c : Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

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

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

ϕ_v : Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v : \underline{0.90}$$

V_n : se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos rectangulares y secciones en cajón, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5).

$$V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

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

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

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

$$A_w = 2bt_r$$

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

Donde:

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

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

t_r : Espesor del ala

$$t_r : \underline{3.00} \quad \text{mm}$$

b) para almas de todas las demás secciones con simetría doble o simple y secciones en U, excepto tubos redondos, el coeficiente de cortante del alma, C_v , se calcula de la siguiente forma:

$$i) \quad \frac{b}{t_r} \leq 1.10 \sqrt{k_v \frac{E}{F_y}}$$

$$C_v = 1.0$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

Donde:

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

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

t_r : Espesor del ala

$$t_r : \underline{3.00} \quad \text{mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero

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

K_v : Coeficiente de abolladura del alma

$$K_v : \underline{5.00}$$

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

Tabla 24

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

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 (LRFD))							Estado
	P_t	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N43/N56	$\eta = 0.2$	$\lambda < 200.0$ Cumple	$\eta = 0.5$ $x: 5.36 \text{ m}$ $\eta = 12.3$	$x: 0.14 \text{ m}$ $\eta = 7.7$	$X: 2.75 \text{ m}$ $\eta = 0.4$	$x: 5.36$ $\eta = 0.89$	$X: 0.14 \text{ m}$ $\eta = 20.0$	CUMPLE $\eta = 20.0$

Notación:

P_t : Resistencia a tracción

λ_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

η : Coeficiente de aprovechamiento(%)

Figura 62

Limitación de esbeltez para compresión

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

$$\lambda \leq 200$$

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

Donde:

λ : Coeficiente de esbeltez

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

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

Donde:

L: Longitud de la barra

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

K: Factor de longitud efectiva.

$$K : \underline{1.05}$$

r_x : Radio de giro respecto al eje X

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

Donde:

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

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

Donde:

I_x : 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.

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

Figura 63

Diseño por resistencia a compresión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_T : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce para la combinación de hipótesis 0.9·PP+0.9·CM1-SV.

Donde:

P_r : Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$P_r : \underline{0.044} \text{ t}$$

P_c : Resistencia de diseño a compresión

$$P_c : \underline{9.753} \text{ t}$$

$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

ϕ_p : Factor de resistencia a compresión, tomado como:

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

P_n : Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E3-B:

$$P_n : \underline{10.837} \text{ t}$$

$$P_n = F_{cr} A$$

para el pandeo por flexión de secciones con elementos compactos y no compactos (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-B).

Donde:

A : Área bruta de la sección de la barra.

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

F_{cr} : Tensión de pandeo por flexión, tomada como:

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

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

$$F_{cr} = 0.877 F_e$$

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

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

F_e : Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de:

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

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

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

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

Donde:

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

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

r : Radio de giro dominante

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

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

Figura 64

Diseño por resistencia a flexión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

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

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r , se produce en un punto situado a una distancia de 5.360 m del nudo N43, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+SX.

Donde:

M_r : Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

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

M_c : Resistencia de diseño a flexión

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

$$M_c = \phi_b M_n$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

ϕ_b : Factor de resistencia a flexión

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

M_n : La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 7, Sección 1

$$M_n : \underline{1.085} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

M_r^* : Resistencia a flexión requerida

$$M_r^* : \underline{0.076} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

$$M_n : \underline{1.085} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

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

Z_x : Módulo resistente plástico respecto al eje X

$$Z_x : \underline{42.56} \text{ cm}^3$$

Figura 65

Diseño por resistencia a corte

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_v : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce en un punto situado a una distancia de 5.360 m del nudo N43, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+SX.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD

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

V_c : Resistencia de diseño a cortante

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

$$V_c = \phi_v V_n$$

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

ϕ_v : Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v : \underline{0.90}$$

V_n : se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos rectangulares y secciones en cajón, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5).

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

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

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

$$F_y : \frac{2548.42}{1} \text{ kp/cm}^2$$

$$A_w = 2ht_w$$

$$A_w : \frac{5.38}{1} \text{ cm}^2$$

Donde:

h : Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \frac{89.60}{1} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma

$$t_w : \frac{3.00}{1} \text{ mm}$$

b) para almas de todas las demás secciones con simetría doble o simple y secciones en U, excepto tubos redondos, el coeficiente de cortante del alma, C_v , se calcula de la siguiente forma:

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

$$C_v = 1.0$$

$$C_v : \frac{1.00}{1}$$

Donde:

h : Distancia libre entre alas, menos el radio de acuerdo

$$h : \frac{89.60}{1} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma

$$t_w : \frac{3.00}{1} \text{ mm}$$

E : Módulo de elasticidad del acero

$$E : \frac{2038735.98}{1} \text{ kp/cm}^2$$

K_v : Coeficiente de abolladura del alma

$$K_v : \frac{5.00}{1}$$

• Vigas del eje 2-2

Tabla 25

Resumen de comprobaciones de la viga del eje 2-2

COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 (LRFD))									
Barra	P_t	λ_c	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_xM_yV_xV_yT$	Estado
N17/N25	N.P. ⁽¹⁾	$\lambda \leq 200.0$ Cumple	$x: 0.154\text{m}$ $\eta = 3.6$	$x: 0.154\text{ m}$ $\eta = 79.6$	$x: 0.154\text{ m}$ $\eta = 2.6$	$x: 2.739\text{m}$ $\eta = 0.2$	$x: 0.154\text{ m}$ $\eta = 6.9$	$x: 0.154\text{ m}$ $\eta = 81.6$	CUMPLE $\eta = 81.6$

Notación:

P_t : Resistencia a tracción

η_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

n : Coeficiente de aprovechamiento (%)

N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

⁽¹⁾La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Figura 66
Limitación de esbeltez para compresión

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

$$\lambda \leq 200$$

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

Donde:

λ : Coeficiente de esbeltez

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

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

Donde:

L: Longitud de la barra

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

K: Factor de longitud efectiva.

$$K : \underline{1.06}$$

r_x: Radio de giro respecto al eje X

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

Donde:

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

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

Donde:

I_x: 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.

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

Figura 67
Diseño por resistencia a compresión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_T : \underline{0.036} \quad \checkmark$$

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_r se produce en un punto situado a una distancia de 0.154 m del nudo N17, para la combinación de hipótesis $1.2 \cdot PP + 1.2 \cdot CM1 + 1.6 \cdot Q1$.

Donde:

P_r: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD

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

P_c: Resistencia de diseño a compresión

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

$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

φ_p: Factor de resistencia a compresión, tomado como:

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

P_n: Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E3-A:

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

$$P_n = F_y A$$

para el pandeo por flexión de secciones con elementos compactos y no compactos (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-A).

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra.

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

F_{cr}: Tensión de pandeo por flexión, tomada como:

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

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

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

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

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

F_e: Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de:

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

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

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

F_{ey} : $\frac{31887.60}{\text{kp/cm}^2}$

Donde:

E: Módulo de elasticidad del acero

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

K: Factor de longitud efectiva.

K_x : $\frac{1.06}{\text{---}}$

K_y : $\frac{1.06}{\text{---}}$

L: Longitud de la barra

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

r: Radio de giro dominante

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

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

Figura 68

Diseño por resistencia a flexión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

η_M : $\frac{0.796}{\text{---}}$ ✓

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r, se produce en un punto situado a una distancia de 0.154 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

M_r : $\frac{21.191}{\text{t·m}}$

M_c: Resistencia de diseño a flexión

M_c : $\frac{26.629}{\text{t·m}}$

$$M_c = \phi_b M_n$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión

φ_b : $\frac{0.90}{\text{---}}$

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 7, Sección 1

M_n : $\frac{29.587}{\text{t·m}}$

1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

M_n : $\frac{29.587}{\text{t·m}}$

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado

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

Z_x: Módulo resistente plástico respecto al eje X

Z_x : $\frac{1161.01}{\text{cm}^3}$

Figura 69

Diseño por resistencia a corte

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_v : \underline{0.069} \quad \checkmark$$

El esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_r se produce en un punto situado a una distancia de 0.154 m del nudo N17, para la combinación de hipótesis 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de 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 de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

ϕ_v : Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v : \underline{0.90}$$

V_n : se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos rectangulares y secciones en cajón, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5).

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

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

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

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

$$A_w = 2ht_w$$

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

Donde:

h : 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) para almas de todas las demás secciones con simetría doble o simple y secciones en U, excepto tubos redondos, el coeficiente de cortante del alma, C_v , se calcula de la siguiente forma:

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

$$C_v = 1.0$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

Donde:

h : 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

$$K_v : \underline{5.00}$$

- **Viga del eje 5-5**

Tabla 26

Resumen de comprobaciones de la viga del eje 5-5

Barra	COMPROBACIONES (ANSI/AISC 360-10 (LRFD))								Estado
	P_t	λ_c	P_c	M_x	M_y	V_x	V_y	$PM_xM_yV_xV_yT$	
N56/N64	N.P. ⁽¹⁾	$h \leq 200.0$ Cumple	x: 0.154m $\eta = 3.5$	x: 0.154 m $\eta = 77.2$	x: 0.154m $\eta = 2.6$	$\eta = 0.2$	x: 0.154m $\eta = 6.6$	x: 0.154 m $\eta = 78.9$	CUMPLE $\eta = 78.9$

Notación:

P_t : Resistencia a tracción

h_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

$PM_xM_yV_xV_y,T$: Esfuerzos combinados y torsión

x: Distancia al origen de la barra

n: Coeficiente de aprovechamiento (%)

N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

⁽¹⁾La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Figura 70 Limitación de esbeltez para compresión

La esbeltez máxima admisible en una barra sometida a compresión es*:

$$\lambda \leq 200$$

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

Donde:

λ : Coeficiente de esbeltez

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

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

Donde:

L: Longitud de la barra

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

K: Factor de longitud efectiva.

$$K : \underline{1.06}$$

r_x: Radio de giro respecto al eje X

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

Donde:

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

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

Donde:

I_x: 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.

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

Figura 71 Diseño por resistencia a compresión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo E de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_r : \underline{0.035} \quad \checkmark$$

El axil de compresión solicitante de cálculo pésimo P_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.

Donde:

P_r: Resistencia a compresión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$P_r : \underline{8.894} \text{ t}$$

P_c: Resistencia de diseño a compresión

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

$$P_c = \phi_p P_n$$

La resistencia de diseño a compresión en secciones comprimidas es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo E.

Donde:

φ_p: Factor de resistencia a compresión, tomado como:

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

P_n: Resistencia nominal a compresión, calculada según el Artículo E3-A:

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

$$P_n = F_{cr} A$$

para el pandeo por flexión de secciones con elementos compactos y no compactos (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo E - E3-A).

Donde:

A: Área bruta de la sección de la barra.

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

F_{cr}: Tensión de pandeo por flexión, tomada como:

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

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

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

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado del acero de las barras

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

F_e: Tensión crítica elástica de pandeo, tomada como la menor de:

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

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

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

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

Donde:

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

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

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

Figura 72

Diseño por resistencia a flexión

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo F de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_M : \underline{0.772} \checkmark$$

El momento flector solicitante de cálculo pésimo, M_r , se produce en un punto situado a una distancia de 0.154 m del nudo N56, para la combinación de acciones 1.2·PP+1.2·CM1+1.6·Q1.

Donde:

M_r: Resistencia a flexión requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$M_r : \underline{20.552} \text{ t}\cdot\text{m}$$

M_c: Resistencia de diseño a flexión

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

$$M_c = \phi_b M_n$$

La resistencia de diseño a flexión para secciones sometidas a momento flector es el menor valor de los obtenidos según los estados límite descritos en el Capítulo F:

Donde:

φ_b: Factor de resistencia a flexión

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

M_n: La resistencia nominal a flexión calculada según Artículo 7, Sección 1

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

1. Fluencia

$$M_n = M_p = F_y Z_x$$

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

Donde:

F_y: Límite elástico mínimo especificado

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

Z_x: Módulo resistente plástico respecto al eje X

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

Figura 73

Diseño por resistencia a corte

Todas las secciones deben cumplir con las especificaciones LRFD desarrolladas en Capítulo G de ANSI/AISC 360-10 (LRFD).

Se debe satisfacer el siguiente criterio:

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

$$\eta_v : \underline{0.066} \quad \checkmark$$

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.

Donde:

V_r : Resistencia a cortante requerida para las combinaciones de carga LRFD

$$V_r : \underline{4.953} \text{ t}$$

V_c : Resistencia de diseño a cortante

$$V_c = \phi_v V_n$$

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

La resistencia de diseño a cortante viene dada por:

Donde:

ϕ_v : Factor de resistencia a cortante

$$\phi_v : \underline{0.90}$$

V_n : se define según lo detallado en el Capítulo G, de la siguiente forma:

en tubos rectangulares y secciones en cajón, la resistencia nominal a cortante se calcula de la siguiente forma (ANSI/AISC 360-10 (LRFD), Capítulo G - G-5).

$$V_n = 0.6F_y A_w C_v$$

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

Donde:

F_y : Límite elástico mínimo especificado

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

$$A_w = 2ht_w$$

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

Donde:

h : 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) para almas de todas las demás secciones con simetría doble o simple y secciones en U, excepto tubos redondos, el coeficiente de cortante del alma, C_v , se calcula de la siguiente forma:

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

$$C_v = 1.0$$

$$C_v : \underline{1.00}$$

Donde:

h : 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

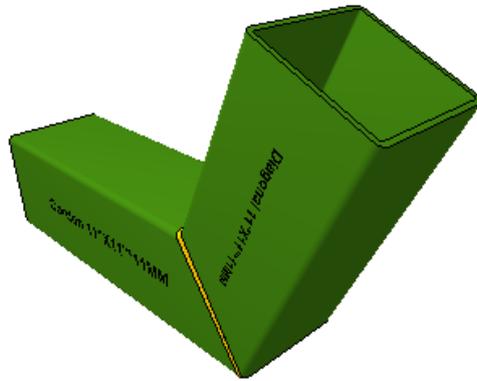
$$K_v : \underline{5.00}$$

4.1.6. DISEÑO DE UNIONES

- **Diseño de unión viga-columnas**

Figura 74

Unión de soldadura Viga-Columna



Nota: en la imagen se observa la unión de un perfil tubular y como el programa interpreta estas uniones para su posterior análisis.

- **Comprobación geométrica**

Tabla 27

Comprobación geométricas de la unión viga-columna

Comprobación	Unidades		Límites	
			Mínim	Máxi
F_y / F_u	-	0.63	-	0.8
Limite elástico	kp/cm ²	2548.4	-	3669.7
h_{max}/t	-	22.49	-	36.84
h_{ip}/t	--	22.49	-	31.99
h_{op}/t	--	22.49	-	31.99
Espesor	mm	11	2	25

- **Comprobación de resistencia**

Tabla 28

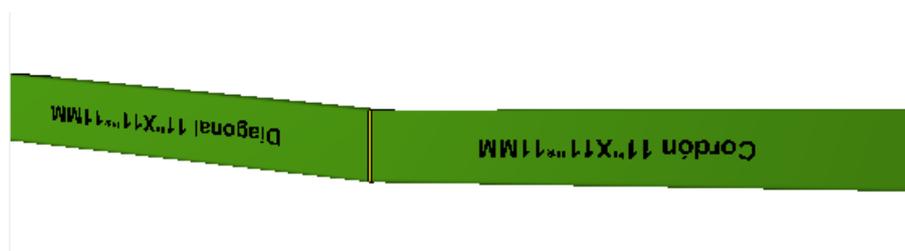
Comprobación de resistencia de la unión viga-columna

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov (%)
Plastificación del cordón	t	5.206	53.242	9.78
Interacción axil y momentos	-	0.5	0.55	91.74
Cortante de la sección transversal	t	5.058	40.698	12.43

- **Diseño de unión viga-viga**

Figura 75

Unión de soldadura viga-viga



Nota: en la imagen se observa la unión de un perfil tubular y como el programa interpreta estas uniones para su posterior análisis.

- **Comprobación geométrica**

Tabla 29

Comprobación geométrica de la unión viga-viga

Comprobación	Unidades	Limites		
			Mínimo	Máximo
Fy / Fu	--	0.63	--	08
Límite elástico	kp/cm ²	2548.4	--	3669.7
hmax/t	-	22.49	--	36.84
hip/t	-	22.49	--	31.99
hop/t	-	22.46	--	31.66
Espesor	mm	11	2.5	25

- **Comprobación de resistencia**

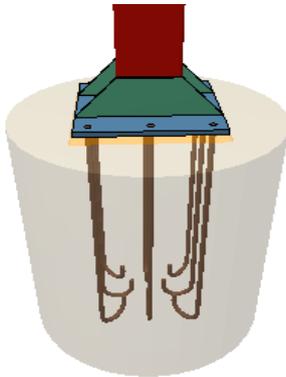
Tabla 30

Comprobación de resistencia unión viga-viga

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	6.507	53.242	12.22
Interacción axil y momentos	--	0.41	0.55	43.09
Cortante de la sección transversal	t	0.608	40.698	1.49

- **Diseño de placa de anclaje**

Figura 76
Placa de anclaje



Nota: en la imagen se observa como la placa de anclaje juntos a los pernos de anclaje.

Tabla 31
Comprobación de resistencia de placa de anclaje

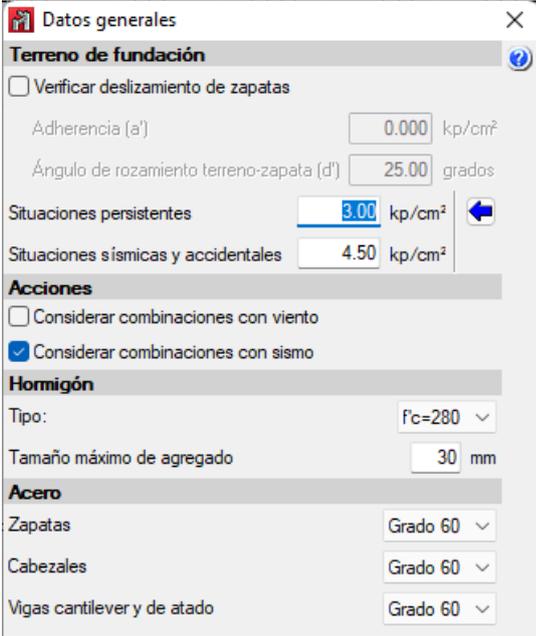
Referencia:		
-Placa base: Ancho X: 660 mm Ancho Y: 660 mm Espesor: 25 mm		
-Pernos: 8028.56 mm L=120 cm Gancho a 180 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x0x127)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos:	Mínimo: 42 mm	Cumple
<i>1.5 diámetros</i>	Calculado: 265 mm	
Separación mínima pernos-borde:	Mínimo: 57 mm	Cumple
<i>2 diámetros</i>	Calculado: 60 mm	
Esbitez de rigidizadores:	Máximo: 50	Cumple
Paralelos a Y:	Calculado: 37.2	
Longitud mínima del perno:	Mínimo: 78cm	Cumple
<i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Calculado: 120 cm	
Anclaje perno en hormigón:		
Tracción:	Máximo 18.034 t	Cumple
	Calculado 16.4481	
Cortante:	Máximo 12.624 t	Cumple
	Calculado: 0.8671	
Tracción + Cortante:	Máximo 18.034 t	Cumple
	Calculado: 17.6871	
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 35.5781	Cumple
	Calculado 14.5631	

4.1.7. DISEÑO DE CIMENTACIONES

El programa CYPE 3D incluye una herramienta que nos ayuda a determinar las dimensiones de las cimentaciones, ya sean de vigas, combinadas o de zapatas corridas.

Al igual que el modelado estructural, esta herramienta requiere que se establezcan todos los datos de entrada antes de poder utilizarla.

Figura 77
Datos generales para cimentaciones



The image shows a software dialog box titled "Datos generales" (General Data) for foundation design. It is organized into several sections:

- Terreno de fundación** (Foundation Soil):
 - Verificar deslizamiento de zapatas (Check for footing sliding)
 - Adherencia (a') (Adhesion): 0.000 kp/cm²
 - Ángulo de rozamiento terreno-zapata (d') (Soil- footing friction angle): 25.00 grados
 - Situaciones persistentes (Persistent situations): 3.00 kp/cm²
 - Situaciones sísmicas y accidentales (Seismic and accidental situations): 4.50 kp/cm²
- Acciones** (Actions):
 - Considerar combinaciones con viento (Consider combinations with wind)
 - Considerar combinaciones con sismo (Consider combinations with seismic)
- Hormigón** (Concrete):
 - Tipo (Type): f'c=280
 - Tamaño máximo de agregado (Maximum aggregate size): 30 mm
- Acero** (Steel):
 - Zapatas (Footings): Grado 60
 - Cabezales (Caps): Grado 60
 - Vigas cantilever y de atado (Cantilever and tie beams): Grado 60

Nota: en la imagen se observa las propiedades que se le debe introducir al programa CYPE 3D para que este analice y diseñe las cimentaciones.

A continuación, utilizamos la herramienta de acotación para obtener cotas editables que podemos ajustar a nuestras necesidades. En este ejemplo, utilizaremos zapatas aisladas de 120 por 120 por 60.

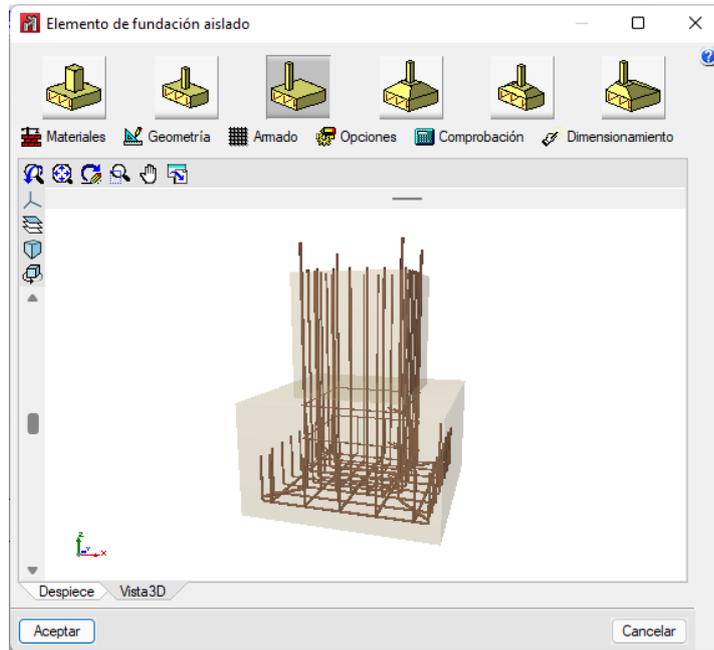
4.1.8. DISEÑO DE ZAPATAS AISLADAS

Tabla 32

Comprobaciones de resistencia para zapatas

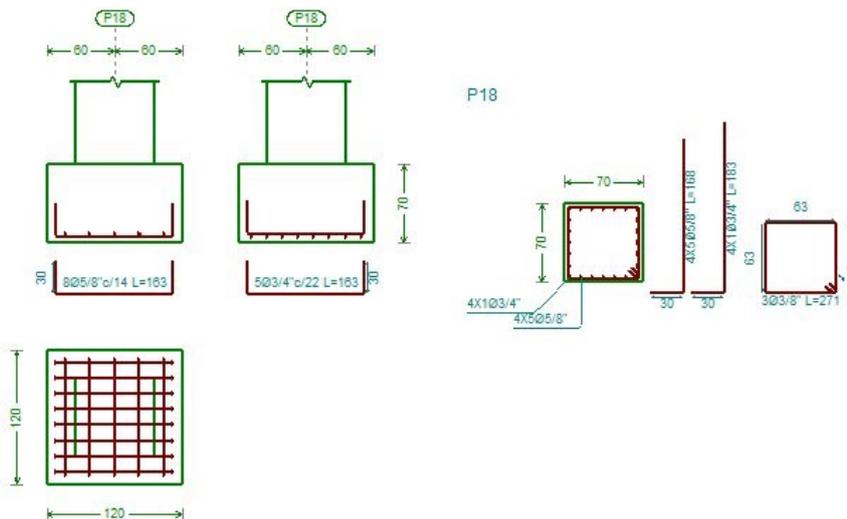
Referencia: P18		
Dimensiones: 120 x 120 x 70		
Armados: Xi: $\varnothing 5/8$ " c/14 Yi: $\varnothing 3/4$ " c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:	Calculado: 0.841 kp/cm ²	
Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm ²	Cumple
Tensión máxima en situaciones persistentes:	Máximo: 3.75 kp/cm ²	Cumple
Vuelco de la zapata:		
En dirección X ⁽¹⁾		No procede
En dirección Y ⁽¹⁾		No procede
<i>(1) in momento de vuelco</i>		
Flexión en la zapata:		
En dirección X:	Momento 0.39 t.m	Cumple
En dirección Y:	Momento 0.38 t.m	Cumple
Cortante en la zapata:		
En dirección X:	Cortante: 0 00 t	Cumple
En dirección Y:	córtame: 0 00 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:	Máximo: 840 t/m ²	Cumple
Situaciones persistentes:	Calculado 8.63 t/m ²	
Altura mínima:	Mínimo: 36 cm	Cumple
Capítulo 15.7 (norma NTE E060: 2009)	Calculado: 70 cm	
Espacio para anclar arranques en fundación:	Mínimo: 25 cm	Cumple
ZAPATA AISLADA:	Calculado: 62 cm	
Cuantía geométrica mínima:	Mínimo: 0.0018	
<i>Capítulo 7.12 (norma NTE E.060: 2009)</i>		
Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple

Figura 78
Vista 3D de zapatas



Nota: en la imagen se observa como el software CYPE 3D detalla el armado de la zapata para la estructura en una vista 3D.

Figura 79
Detalles de zapata aislada



Nota: en la figura se observa como el software CYPE 3D detalla el armado de la zapata para la estructura en una vista 2D.

- **Diseño de vigas de cimentación**

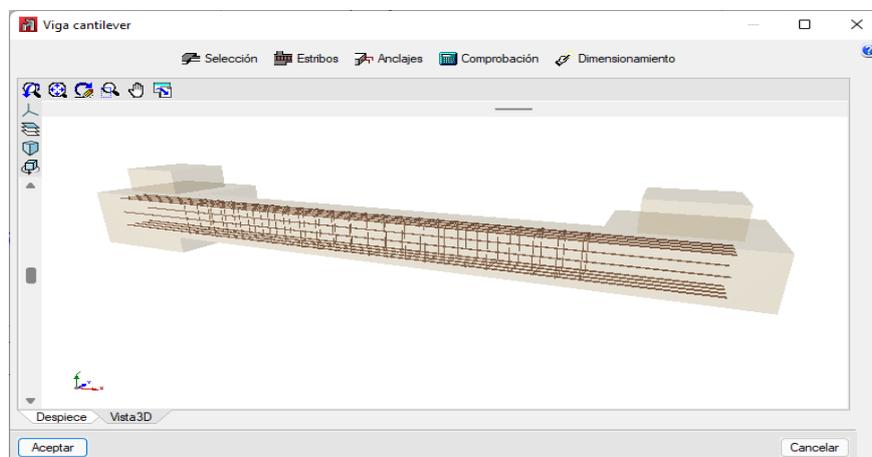
Tabla 36

Comprobaciones de resistencia de la viga de cimentación

Referencia: VC.S-1.1 [P18-P17](Viga cantiléver)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm		
-Armado superior: 4 Ø5/8"		
-Armadura de piel: 1x 2 Ø1/2"		
-Armado inferior: 4Ø5/8"		
-Estribos: 1x Ø8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos:	Mínimo: 4 cm	Cumple
Norma NTE E.060: 2009. Artículo 7.6	Calculado: 19.2 cm	
Separación mínima armadura longitudinal:	Mínimo: 4 cm	
Norma NTE E.060: 2009. Artículo 7.6		
Armado superior.	Calculado: 7.3 cm	Cumple
Armado inferior:	Calculado 7.3 cm	Cumple
Armadura de piel:	Calculado: 16.9 cm	Cumple
Separación máxima estribos:	Máximo: 21.7 cm	
Situaciones persistentes:	Calculado 20 cm	Cumple
Norma NTE E060: 2009. Artículo 11.5.5		
Separación máxima armadura longitudinal:	Máximo: 30 cm	
Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08		
Armado superior	Calculado: 7.3 cm	Cumple
Armado inferior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
Armadura de piel:	Calculado 16.9 cm	Cumple
Cuantía mínima para los estribos:	Mínimo: 3.39 cm ² /m	
Situaciones persistentes:	Calculado: 5.03 cm ² /m	Cumple
Norma NTE E060: 2009 Artículo 11.5.6		

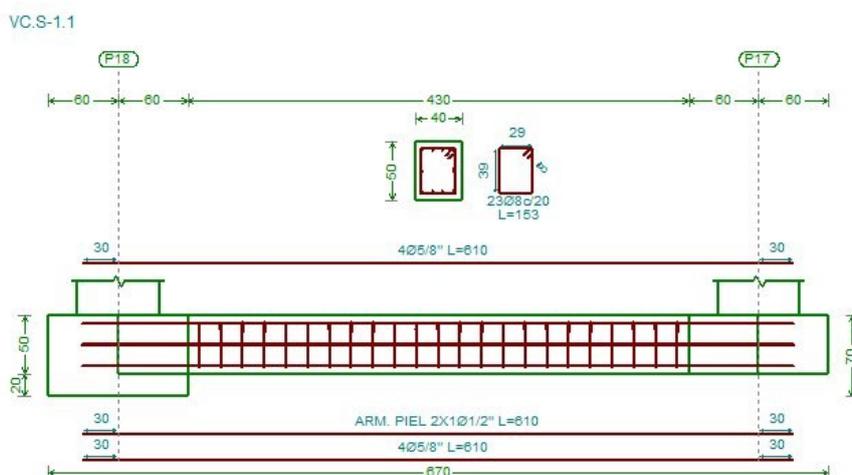
Figura 80

Vista 3D de la viga de cimentación



Nota: en la imagen se observa como el software CYPE 3D detalla el armado de la viga de cimentación para la estructura en una vista 3D.

Figura 81
Detalles de la viga de cimentación



Nota: en la imagen se observa como el software CYPE 3D detalla el armado de la viga de cimentación para la estructura en una vista 2D.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

El actual estudio posee como hipótesis general “Se podrá mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo empleando el programa CYPE y el manual de diseño AISC, Huánuco - Huánuco -2022”. La cual demostrada a lo largo de la tesis , ya que emplear este software no solo nos ayuda realizar un análisis estructural sino que también nos brinda la opción de poder realizar distintas comprobaciones de resistencia como el diseño por compresión , flexión y corte basado en el Reglamento Nacional de Edificación específicamente la norma E090 y el código de diseño AISC , por ello se concluye que este programa optimiza el diseño estructural de un complejo deportivo añadiendo la opción de poder emplear la metodología BIM con los otros programas que ofrece este sistema.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PRESENTAR LA CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En el estudio de título “Diseño del polideportivo municipal en Pimentel, provincia de Chiclayo” elaborado por Verastegui Vega, Jorge Luis; posee como objetivo primordial ejecutar diseño estructural de un complejo deportivo empleando las normas de edificaciones y algunas normas extranjeras añadido a ello se empleó el software ETABS y CYPE en donde se concluyó que ambos softwares cumplen con el requerimiento necesario por la norma técnica de edificaciones.

Por ello el actual estudio posee como objetivo primordial, ejecutar diseño estructural de un complejo deportivo empleando el programa CYPE y el manual de diseño AISC en donde la estructura final cumple con todas las normas de diseño vigentes como la normativa E030 para el análisis sismorresistente, E090 diseño de los elementos metálico, E060 para el diseño de la cimentación y de la norma de diseño AISC.

Para ello la tesis se dividió en 4 fundamentales partes las cuales fueron:

La configuración estructural donde se definió los distintos parámetros a emplear para el análisis de la estructura, como la clase de sistema estructural, las cargas de gravedad, parámetros sísmicos entre otros.

El modelamiento se realizó en el software CYPE 3D , este software es muy didáctico y fácil de entender para ingenieros principiantes, además otra de sus ventajas es que este software se encuentra en el idioma español y cuenta con las normas de diseño peruanas.

El análisis sismorresistente del polideportivo se realizó siguiendo la norma E030 que integra el software CYPE, esto nos ayudó a calcular el periodo de vibración y el desplazamiento máximo.

Tabla 33
Periodo de vibración y Desplazamiento

Modo	T	Lx	Ly	Mx	My	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
						R = 8	R = 8
1	1.387	1	0.0001	87.43	0	A = 0.517m/S ² D = 25.2051 mm	A = 0.517 m/S ² D = 25.2051 mm
						R = 8	R = 8
2	0.671	0.0012	1	0	56.98	A = 1.071 m/s ² D = 12.1996 mm	A = 1.071 m/s ² D = 12.1996 mm

Finalmente se realizó el diseño de la estructura metálica, comprobando cada elemento estructural con las comprobaciones de resistencia, como el diseño por corte, flexión y compresión dándonos como dimensiones finales de los elementos estructurales la siguiente tabla

Tabla 34
Dimensionamiento Finales

Nomenclatura	predimensionamiento		diseño	
	Perfil cuadrado	área de perfil	Perfil cuadrado	área de perfil
COLUMNAS	8"X8"x3mm	23.79 cm ²	11"X11"x11mm	116.07cm ²
VIGAS	14"X14"x3mm	23.79 cm ²	11"X11"x11mm	116.07cm ²
CORREAS	4"X4"x3mm	11.9cm ²	4"X4"x3mm	11.9cm ²

CONCLUSIONES

El diseño de arquitectura del polideportivo se realizó empleando toda la normativa vigente en el RNE(Reglamento Nacional de Edificación) , tanto la Norma A-10 como la A-20.

Se realizo el predimensionamiento estructural de los elementos estructural del proyecto empleando distintos criterios de diferentes autores, dentro de los cuales nos obtuvimos dimensiones preliminares , por ejemplo columnas de 8"X8"x3mm las cuales fueron modificadas debido a los requerimientos 11"X11"x11mm, 14"X14"x3mm en el caso de nuestras vigas obtuvimos las cuales también fueron modificadas debido a los requerimientos estipulados a 11"X11"x11mm.

El modelado estructural se realiza en el software de estructuras CYPE, gracias a este software se facilita el análisis y diseño de nuestro proyecto, del cual hemos obtenido las irregularidades estructurales de la estructura, peso total de la edificación, modos de vibración, desplazamientos, picos, momentos, división todos estos resultados se comparan con el reglamento nacional de edificaciones.

Para el diseño estructural sismorresistente de nuestro proyecto, usamos los datos conseguidos del programa antes mencionado que es el CYPE cuando se realizó la programación de acuerdo con nuestra normativa vigente, obtuvimos las secciones finales de cada elemento estructural en caso de las secciones tubulares con las dimensiones optimizadas y en las cimentaciones con la distribución optima de acero calculada según las necesidades sísmicas de cada elemento estructural.

RECOMENDACIONES

Al proyectista o encargado ejecutor del complejo deportivo se le recomienda seguir con las especificaciones mencionadas en los planos estructurales , tales como las dimensiones de los elementos estructurales o las uniones son de soldadura.

Se recomienda velar por que en cada elemento del proyecto se prevea el buen uso de los materiales y recursos y, teniendo en cuenta los precios vigentes en el momento de la ejecución, actualizarlos en caso necesario.

Toda edificación y construcción debe asegurar el control permanente de la ingeniería , por profesionales calificados durante el proceso constructivo , estableciendo los criterios de estructura y carga del . En el eje XX existe un factor de amplificación sísmica superior.

Realizar más estudios en profundidad del suelo (utilizando el puesto de trabajo), para determinar configuraciones estratigráficas del proyecto, con el objetivo de futuros proyectos similares al elaborado en la tesis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI. (2006). *Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary*. EEUU: American Concrete Institute.
- Aguilar Falconi, R. (2007). *Análisis matricial de estructuras*. Ecuador: Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.
- Antonio Boggio, L. (2020). *Diseño arquitectónico y cálculo estructural de polideportivo cubierto para 5000 localidades*. Corboda: Universidad Católica de Córdoba.
- Arkiplus. (agosto de 2021). *Arkiplus*. Fuente: Arkiplus:
<https://www.arkiplus.com/cargas-estructurales/>
- arquinetpolis. (Septiembre de 2021). *arquinetpolis*. Fuente: arquinetpolis:
<https://arquinetpolis.com/programa-arquitectonico-000096/>
- Balestrini Acuña, M. (1997). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: BI Consultores Asociados.
- Boroschek, R. (2009). *Dinámica avanzada de estructural*. Santiago-Chile: Universidad de Chile.
- Carlos, G. U. (2020). *Diseño del complejo deportivo municipal San José, distrito San José, provincia Pacasmayo – La Libertad*. La Libertad: Universidad Cesar Vallejo.
- Concepto.pe. (2021). *Concepto.pe*. Fuente: <https://concepto.de/>
- Dueñas Juárez, V. S. (2019). *Diseño de dos edificios de dos niveles correspondientes al módulo de encamamiento, quirófanos, labor y parto del hospital del instituto guatemalteco de seguridad social de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hernández Sampieri, R., Baptista, P., & Fernández, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill.

- Hernandez, R. F. (2014). *Metodología de la Investigación. (6ta ed.)*. México D.F: McGraw-Hill.
- IGP. (2021). *Instituto Geofísico del Perú*. Fonte: Instituto Geofísico del Perú: <https://www.gob.pe/igp>
- Lertora Egoavil, G. F. (2018). *Polideportivo Inclusivo en Villa María del Triunfo*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2019). *Manual de operación y mantenimiento*.
Fonte: Sistema de agua potable:
http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_SICA/modulos/FTA/SICCION%20IV/4.14/529736846_MANUAL%20O&M%20AGUA%20POTABLE.pdf
- Ministerio de Vivienda, C. y., & SENCICO. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima-Perú.
- Ponce Benitez, J. J. (2018). *Comparación Económica De Una Estructura Metálica Con Pórticos Resistentes A Momento Y Una Con Pórticos Arriostrados Excéntricamente, Diseñados De Acuerdo A La Norma Ecuatoriana De La Construcción (Nec)*. Quito: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
- 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

- RNE. (2019). *NORMA E.090*. Fuente: NORMA E.090:
<https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
- 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.
- Verastegui Vega, J. L. (2019). *Diseño Del Polideportivo Municipal En Pimentel, Provincia De Chiclayo*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo.
- Vizueta Montalvan, A. (2019). *“Estudio Comparativo Técnico-Económico Entre Dos Modelos De Edificios De Diez Pisos: Sistema Dual De Estructura De Hormigón Armado Con Losa Postensada Sin Adherencia Y Estructura De Acero Con Losa Compuesta Tipo Plataforma De Acero”*. Quito: Escuela Politecnica Nacional.
- Yoc Aguilar, L. I. (2020). *Diseño de edificio de dos niveles para hospital de Santa María Visitación, Sololá*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ureta Calderon, M. (2023). *Análisis sismorresistente de un complejo deportivo mediante el software Cype y el manual de diseño Aisc, Huánuco - 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

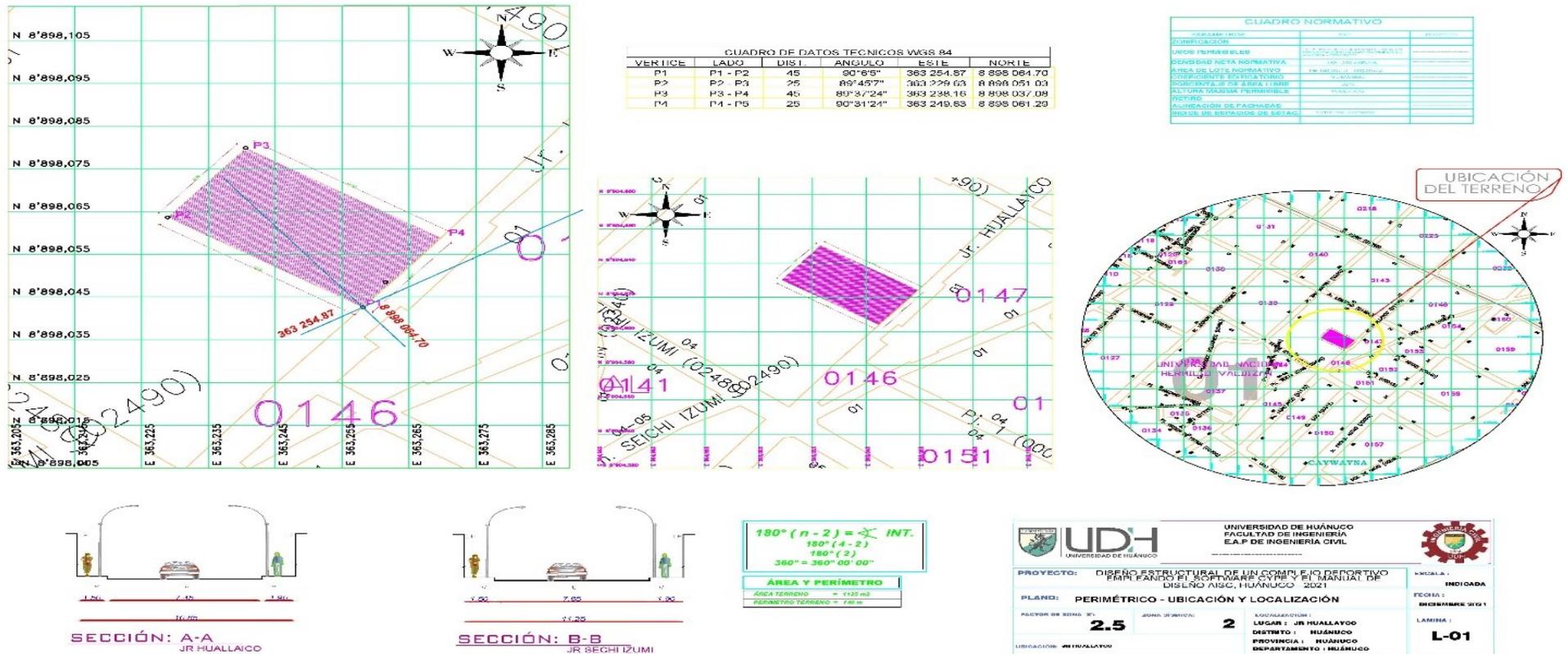
ANÁLISIS SISMORRESISTENTE DE UN COMPLEJO DEPORTIVO MEDIANTE EL SOFTWARE CYPE Y EL MANUAL DE DISEÑO AISC, HUÁNUCO - 2022

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Metodología	Población y muestra
<p>Problema general: ¿De qué manera se realizará el análisis sismorresistente mediante el software CYPE para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo, Huánuco – Huánuco – 2022?</p> <p>Problema específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Cómo se podrá realizar el modelamiento con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo, Huánuco – Huánuco – 2022? ¿Cómo determinar los Modos de vibración con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo, Huánuco -Huánuco – 2022? 	<p>Objetivo General Proponer un análisis sismorresistente mediante el software CYPE para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo, Huánuco – Huánuco – 2022.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar el modelamiento con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo Huánuco – Huánuco – 2022. Determinar los modos de vibración con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo Huánuco – Huánuco – 2022. 	<p>Hipótesis General Hi: Emplear el software CYPE para el análisis sismorresistente permitirá mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo según el manual de diseño AISC, Huánuco – Huánuco – 2022. H0: Emplear el software CYPE para el análisis sismorresistente no permitirá mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo según el manual de diseño AISC , Huánuco- Huánuco – 2022.</p>	<p>Variable dependiente: Complejo deportivo</p> <p>Variable Independiente: Análisis sismorresistente</p>	<p>Enfoque Será cuantitativo</p> <p>Alcance o nivel El alcance del Proyecto es correlacional</p> <p>Diseño Es no experimental</p>	<p>Población La población presente será todos los complejos deportivos ubicados en el distrito, provincia y departamento de Huánuco.</p> <p>Muestra La Muestra presente será todos los complejos deportivos ubicados en el centro de la ciudad de Huánuco, provincia y departamento de Huánuco.</p>

-
- ¿Cómo calcular las Derivas elástica e inelástica con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo Huánuco – Huánuco – 2022?
 - Calcular las Derivas elástica e inelástica con el software CYPE en el análisis sismorresistente para mejorar el diseño estructural de un complejo deportivo , Huánuco – Huánuco – 2022.
-

ANEXO 2 PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Figura 82
Plano de ubicación



ANEXO3 PALNO DE ESTRUCTURAS

Figura 83
Plano de estructuras eje 2-2

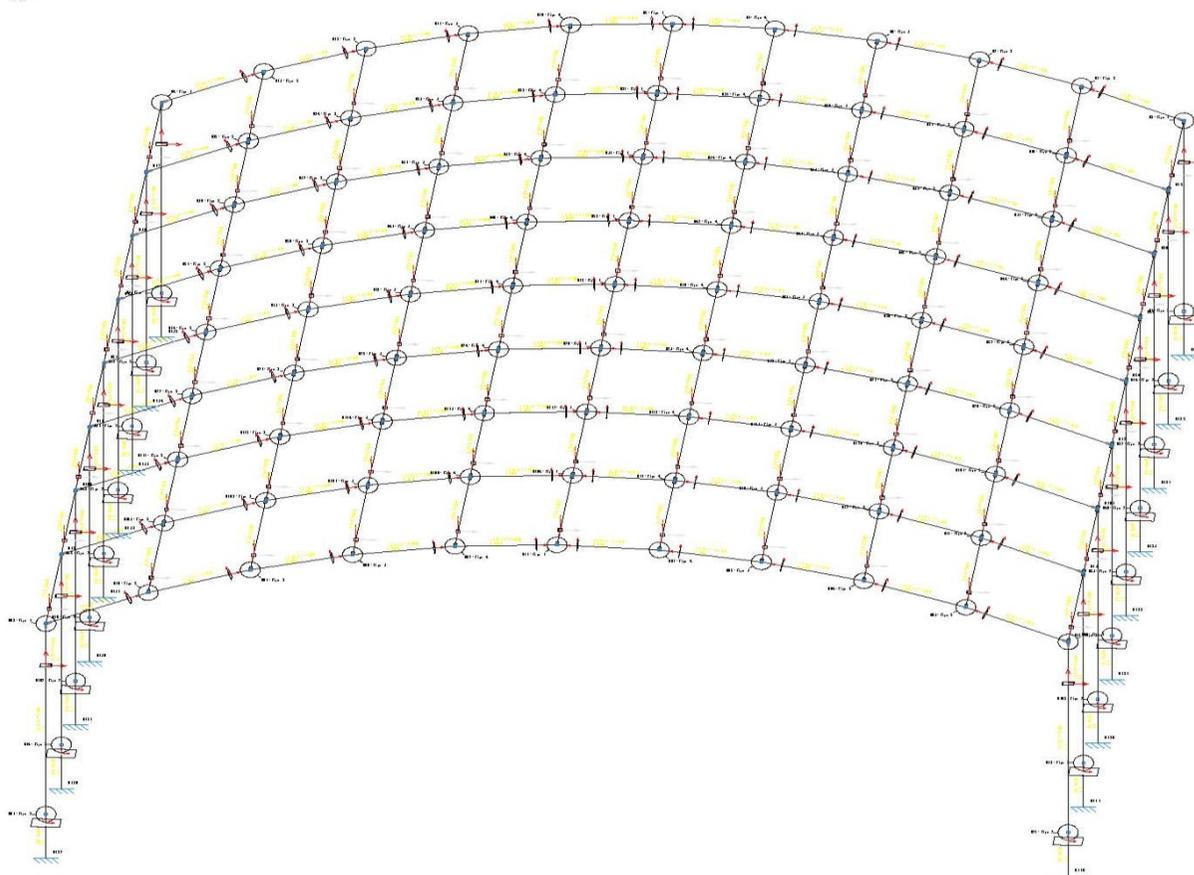
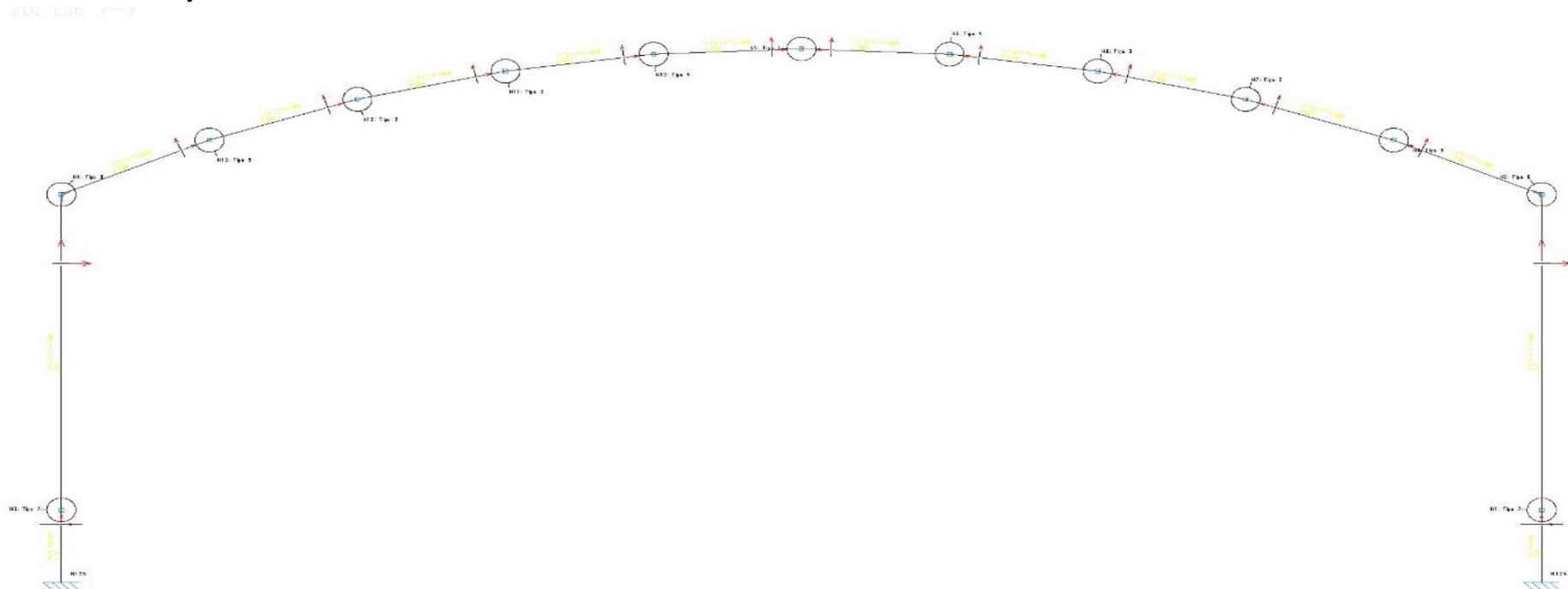


Figura 84
Plano estructural eje 1-1



polideportivo 2.0
proyecto de polideportivo
Norma de acero laminado: ANSI/AISC 360-10 (LRFD)
Norma de hormigón: NTE E.060: 2009
Acero laminado: A36
Hormigón: $f'_c=280$
Escala: 1:100

Figura 86
Detalle de uniones 5-6

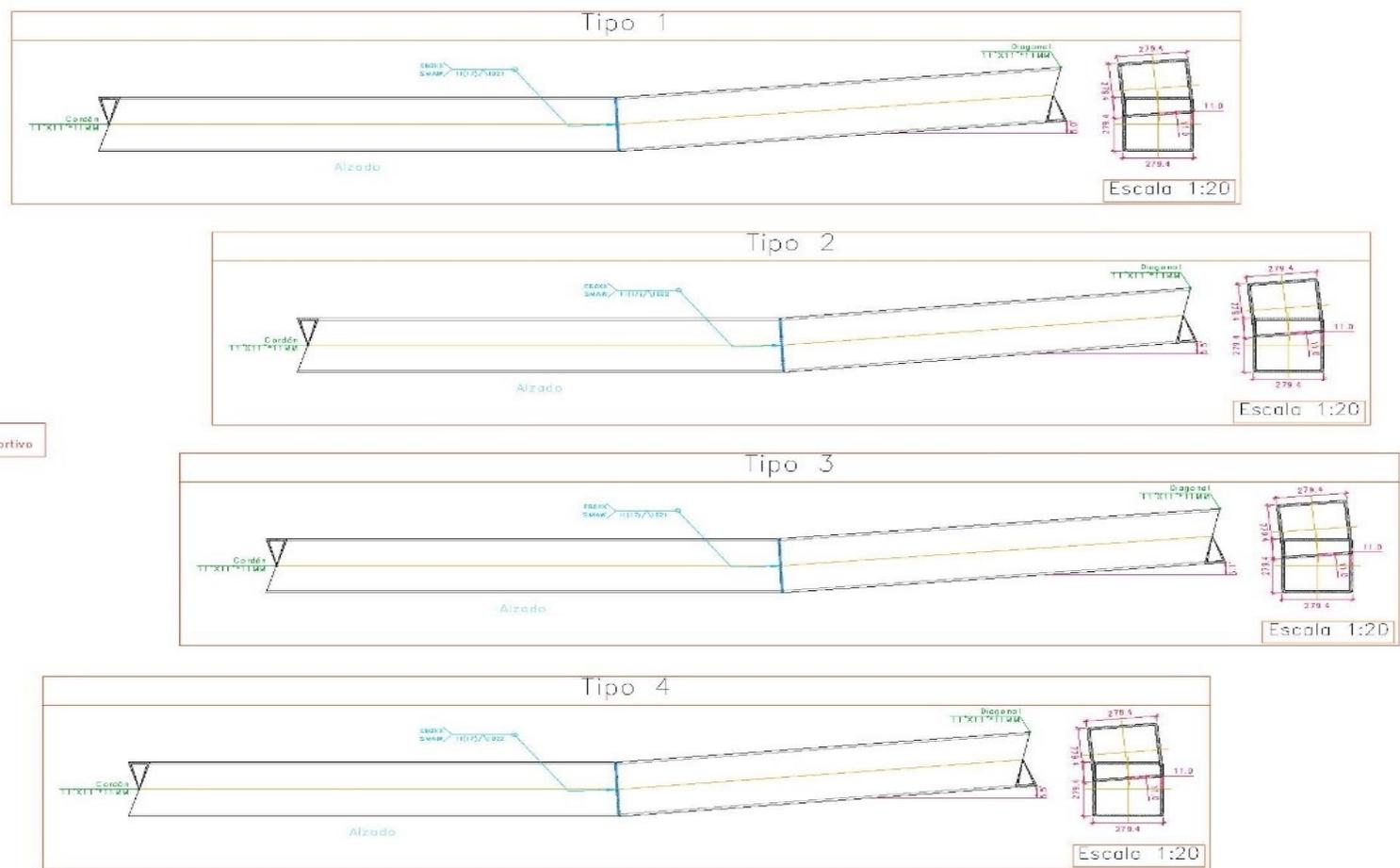
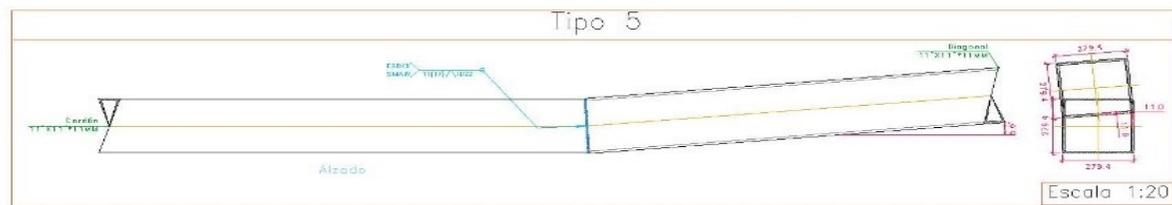


Figura 87
Propiedades de las uniones soldadas



polideportivo 2.0
 proyecto de polideportivo

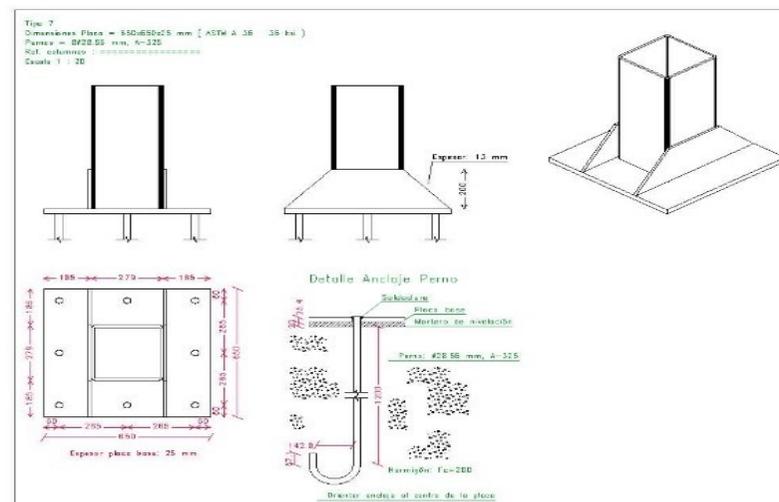
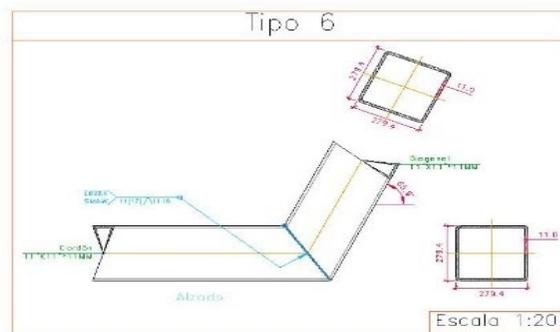


Figura 88
Detalles de referencias y simbologías

UNIONES SOLDADAS ENTRE PERFILES TUBULARES
<p>NORMA: ANSI/AISC 360-10. Chapter K — K2. HSS to HSS truss connections.</p> <p>MATERIALES: — Perfiles (Material base): A36 y $f'c=280$. — Material de aportación (soldaduras): Electrodo de la serie 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.</p> <p>DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS:</p> <ol style="list-style-type: none">1) Cada tubo se soldará en todo su perímetro de contacto con los otros tubos.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.3) Para ángulos diedros mayores que 100 grados se deberá realizar soldadura a tope, independientemente del espesor del tubo que se suelda.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.5) Los tubos de espesor inferior a 8 mm se pueden soldar con cordones de soldadura en ángulo.6) En soldaduras a tope, el ángulo del bisel mínimo es de 45 grados.7) En los detalles se indican los distintos tipos de cordones necesarios en el perímetro de soldadura de los tubos. <p>COMPROBACIONES: 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>

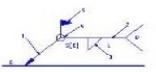
polideportivo 2.0
proyecto de polideportivo

Figura 89
Detalles de las zapatas del eje A-A

REFERENCIAS Y SIMBOLOGÍA

Para la representación de los símbolos de soldaduras se consideran las indicaciones de la norma ANSI/AWS A2.4-98 "STANDARD SYMBOLS FOR WELDING, BRAZING, AND NONDESTRUCTIVE EXAMINATION".

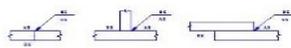
MÉTODO DE REPRESENTACIÓN DE SOLDADURAS
 Conforme a la figura 2 de ANSI/AWS A2.4-98 y a los tipos de soldaduras empleadas en este proyecto, se desarrolla el siguiente esquema de representación de una soldadura:



Referencias:

1. Flecha (construcción entre 2 y 6)
2. Línea de referencia
3. Símbolo de soldadura
4. Símbolo soldadura perimetral
5. Símbolo de soldadura en el lugar de montaje
6. Línea del dibujo que identifica la unión propuesta
7. Probabilidad del bond de soldaduras en dibujo, es el lado del cordón de soldadura
- (E) Tamaño del cordón en soldaduras a tope
- L: longitud efectiva del cordón de soldadura
- Ø: dato suplementario. En general, la serie de electrodos a utilizar y el proceso precalentamiento de soldar.

La información relacionada con el lado de la unión soldada a la que apunta la flecha, se coloca por debajo de la línea de referencia, mientras que para el lado opuesto, se indica por encima de la línea de referencia:



Donde:
 OS (Other Side) es el otro lado de la flecha
 AS (Arrow Side) es el lado de la flecha

Referencia 3

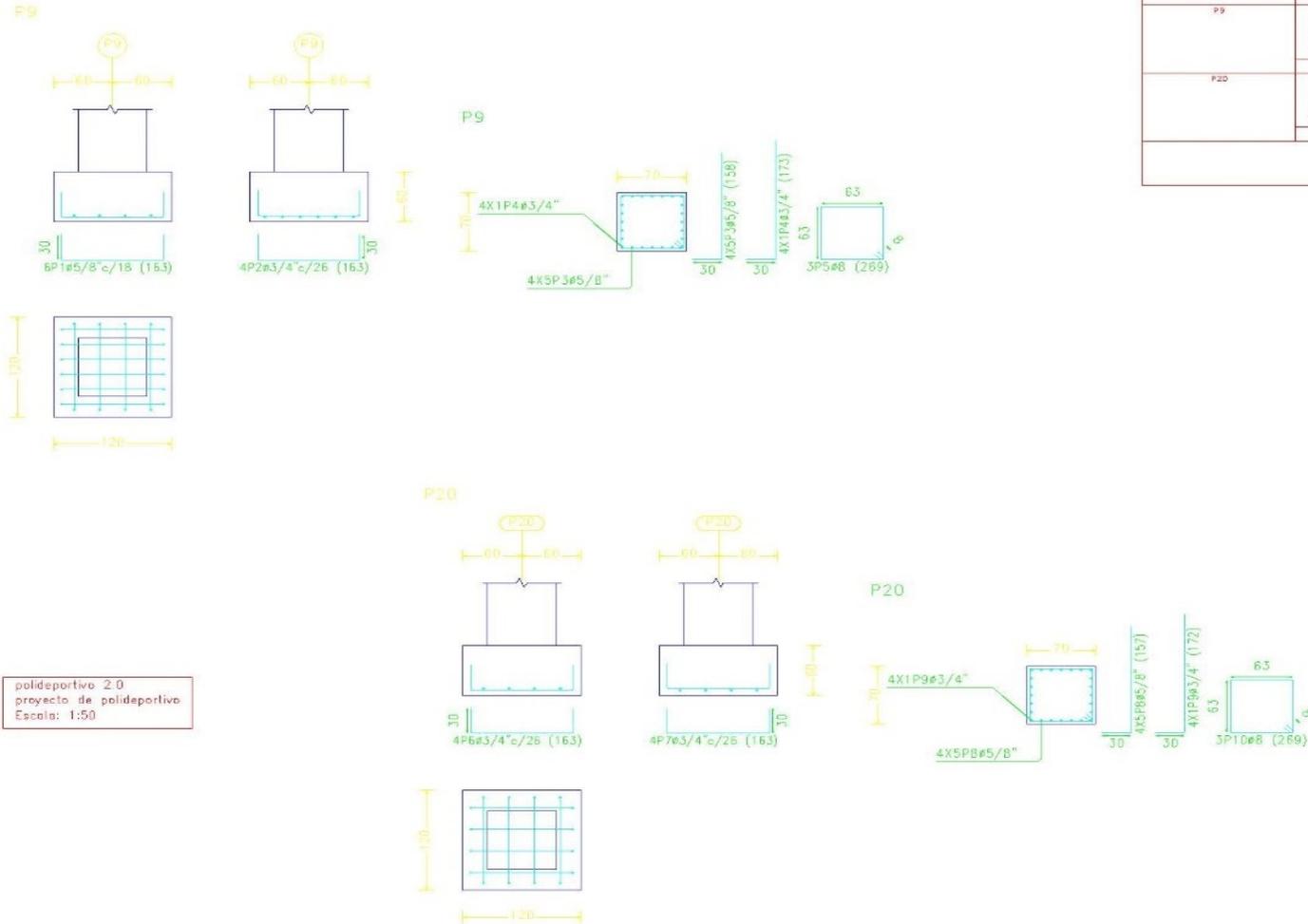
Designación	Ilustración	Símbolo
Soldadura de filete		
Soldadura a tope en "V" simple (con chafís)		
Soldadura a tope en bisel simple		
Soldadura a tope en bisel doble		
Soldadura a tope en bisel simple con bisel de raíz amplio		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo		
Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo		

politecnico 2.0
 proyecto de politecnico

Soldaduras				
Clase de resistencia	Ejecución	Tipo	Lado (m-m)	Longitud de cordones (mm)
LBOXX	En taller	A tope en "V" simple	17	87219

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (m-m)	Peso (kg)
A36	Placa base	13	850x850x25.4	1516.38
	Rigidizadores pasantes	36	656/279x200/0x12.7	333.36
			Total	1849.74
A-325 (liso)	Pernos de anclaje	144	ø 28.6 - L = 129.4 + 326	1158.85
			Total	1158.85

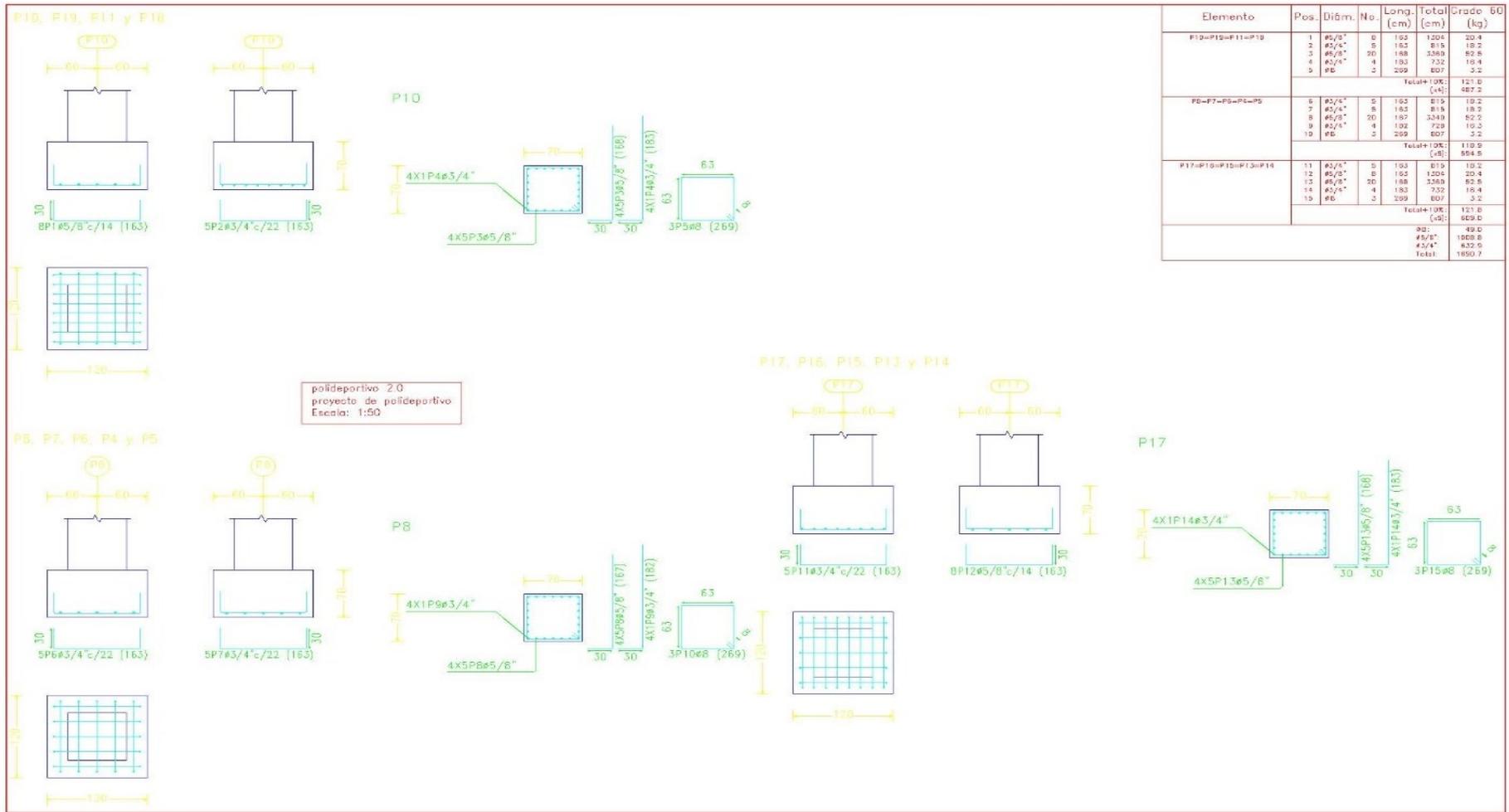
Figura 90
Detalles de la zapata del eje C-C

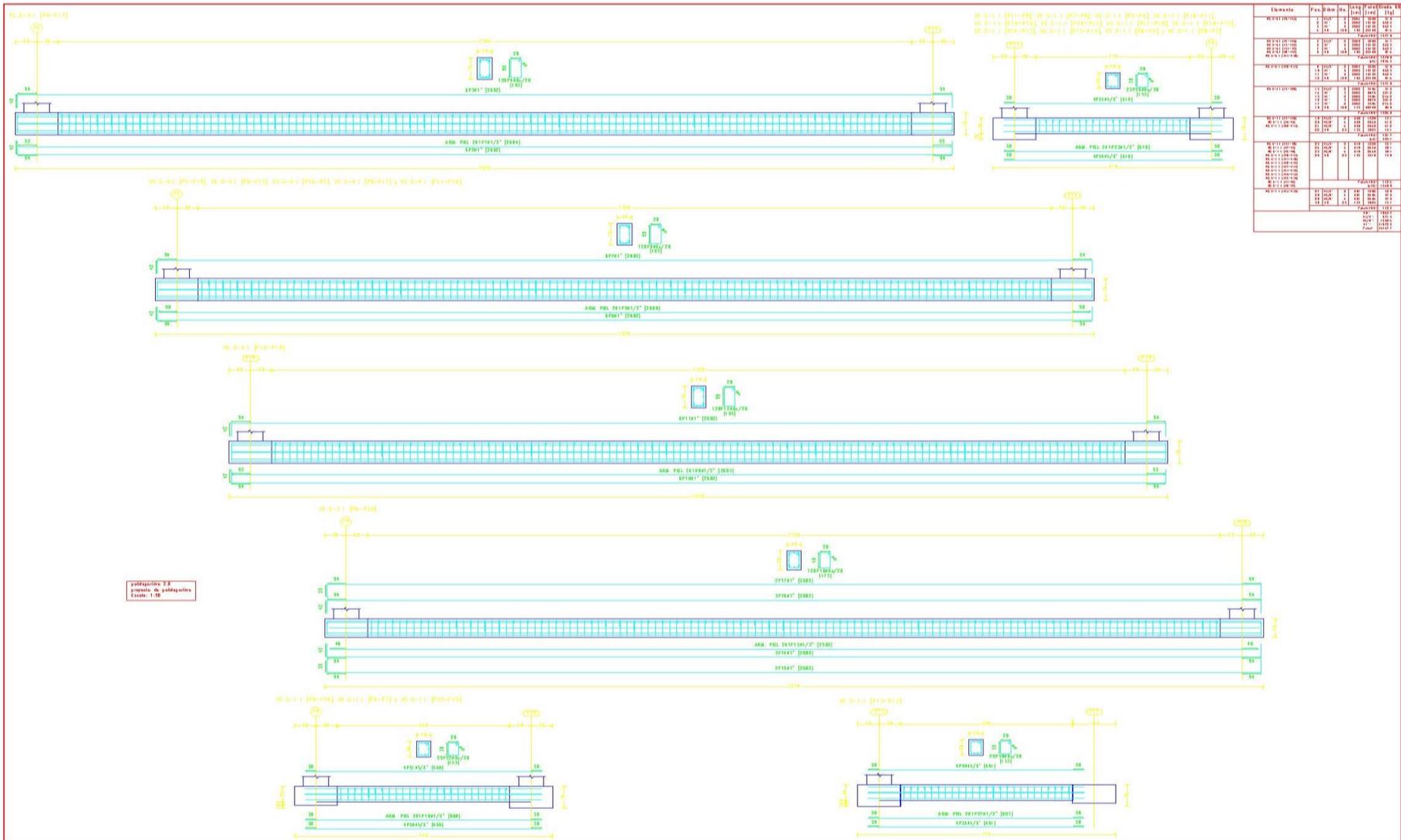


polideportivo 2.0
 proyecto de polideportivo
 Escala: 1:50

Elemento	Pos.	Diám.	No.	Long. (cm)	Total (cm)	Grado BD (kg)	
P9	1	45/8"	6	183	578	15.3	
	2	3/4"	4	182	652	14.6	
	3	45/8"	20	158	3160	49.4	
	4	45/4"	4	172	682	15.9	
	5	9#	3	295	887	3.2	
Total=100%						107.9	
P20	6	3/2"	4	162	652	14.6	
	7	3/2"	4	162	652	14.6	
	8	45/8"	20	157	3140	49.1	
	9	3/2"	4	172	688	15.4	
	10	9#	3	280	887	3.2	
	Total=100%						106.6
	9#:						7.0
	45/8":						126.2
	3/4":						82.2
	Total:						214.4

Figura 91
 Detalles de la viga de cimentación de 50X70 cm²







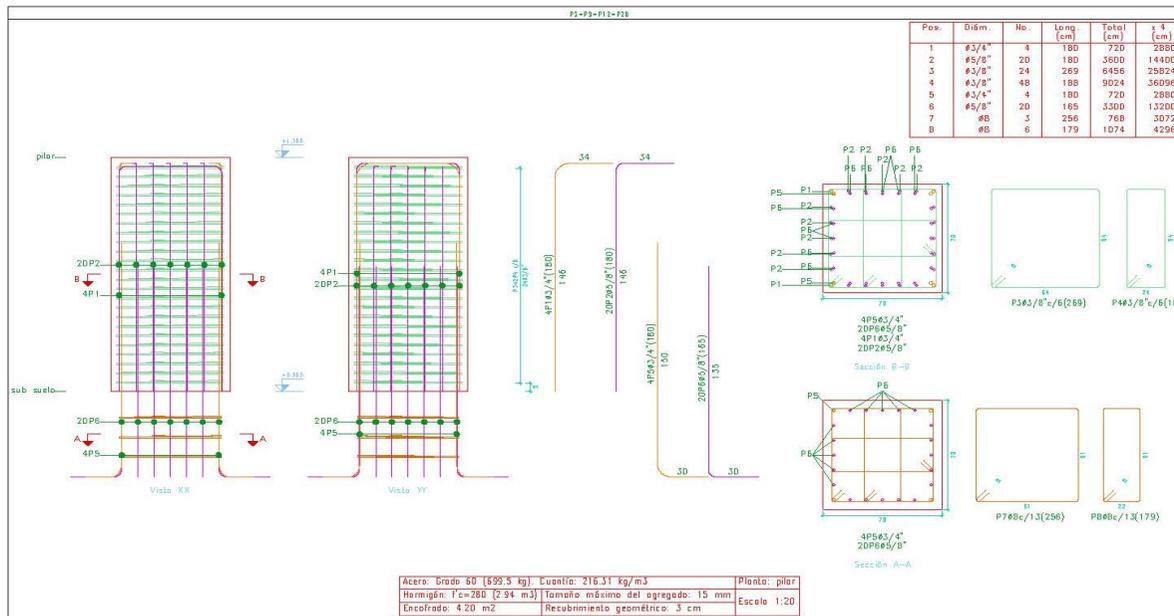
PROJEKTOVANJE I
IZVEDBA IZ OBLASTI GRAĐEVINARSTVA

Redni broj	Opis	Broj	Skupina
1	120 x 120 x 16	120	16
2	120 x 120 x 76	120	76
3	120 x 120 x 16	120	16
4	120 x 120 x 76	120	76
5	120 x 120 x 16	120	16
6	120 x 120 x 76	120	76
7	120 x 120 x 16	120	16
8	120 x 120 x 76	120	76
9	120 x 120 x 16	120	16
10	120 x 120 x 76	120	76

PROJEKTOVANJE I
IZVEDBA IZ OBLASTI GRAĐEVINARSTVA



Figura 93
Detalles del pilar de concreto armado eje A-A



Elemento	Pos	Diám.	No.	Esquema (cm)	Long. (cm)	Total (cm)	Grado 60 (kg)
P1-P2-P11-P12	1	#3/4"	4		180	720	16.1
	2	#5/8"	20		180	3600	56.2
	3	#3/8"	24		269	6456	56.1
	4	#3/8"	48		198	9024	58.9
	5	#3/4"	4		180	720	16.1
	6	#5/8"	20		165	3300	51.6
	7	#8	3		256	768	3.8
	8	#8	6		179	1074	4.2
Total							257.2
Total							1829.2

Acero: Grado 60 (599.5 kg)	Cantidad: 216.31 kg/m.3	Planta: pilar
Hormigón: f'c=280 (2.94 m.3)	Tamaño máximo del agregado: 15 mm	Escales: 1:20
Encofrado: 4.20 m2	Recubrimiento geométrico: 3 cm	

Planta: pilar
 Hormigón: f'c=280
 Acero en barras: Grado 60
 Acero en estribos: Grado 60

Figura 94
Detalles de los pilares de concreto armado del eje C-C

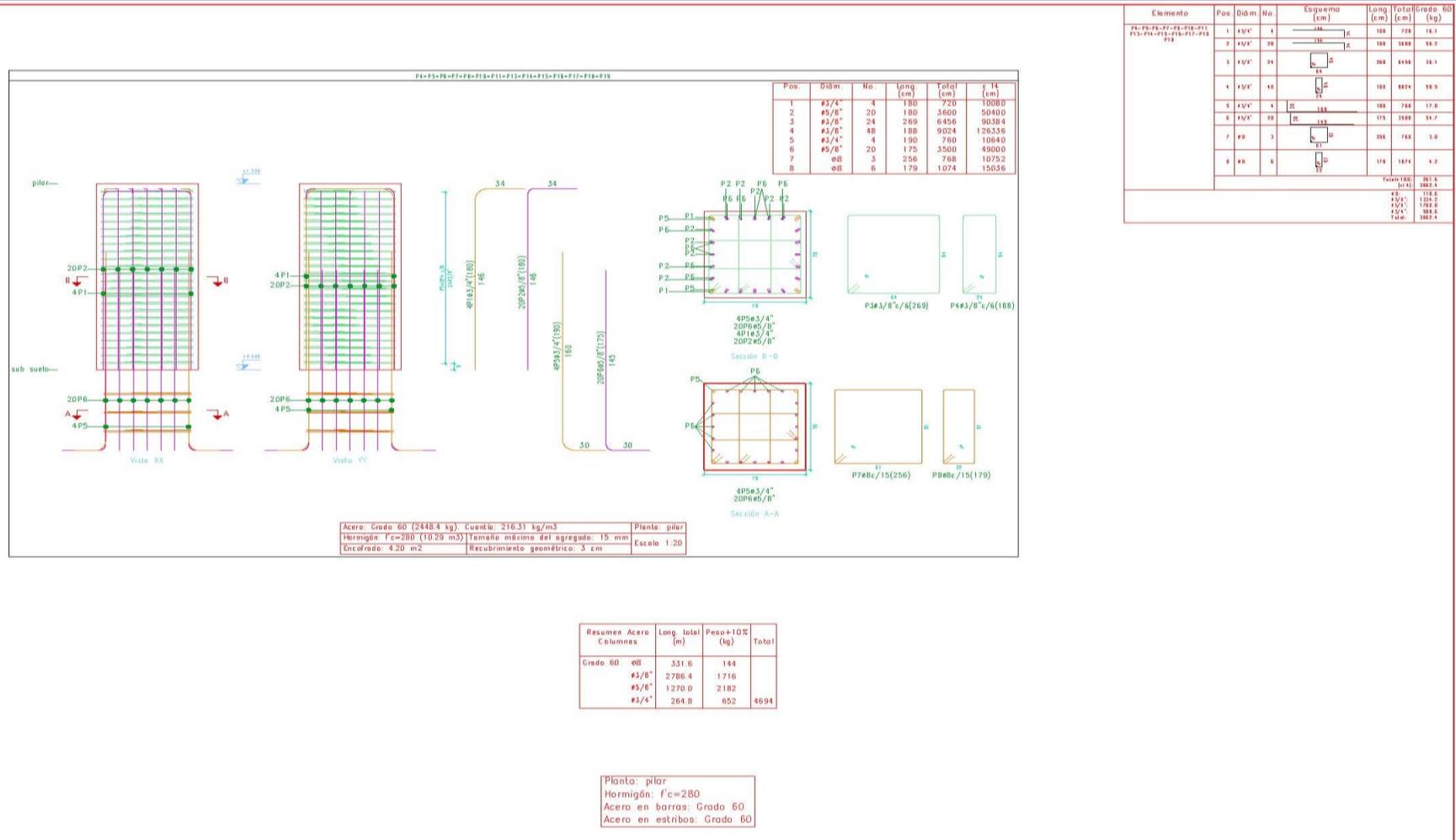
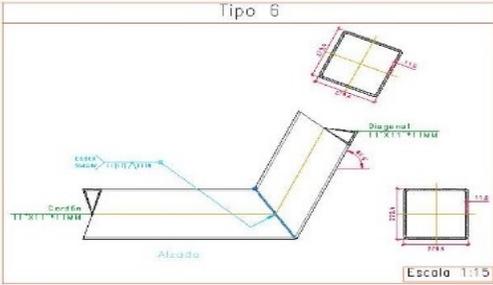
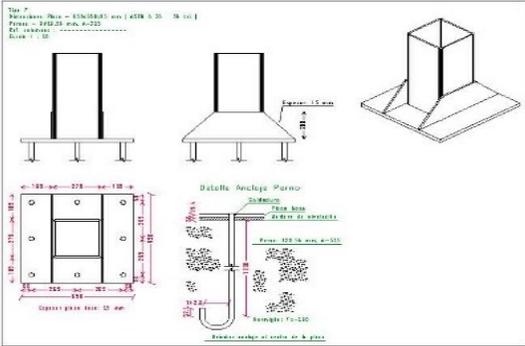
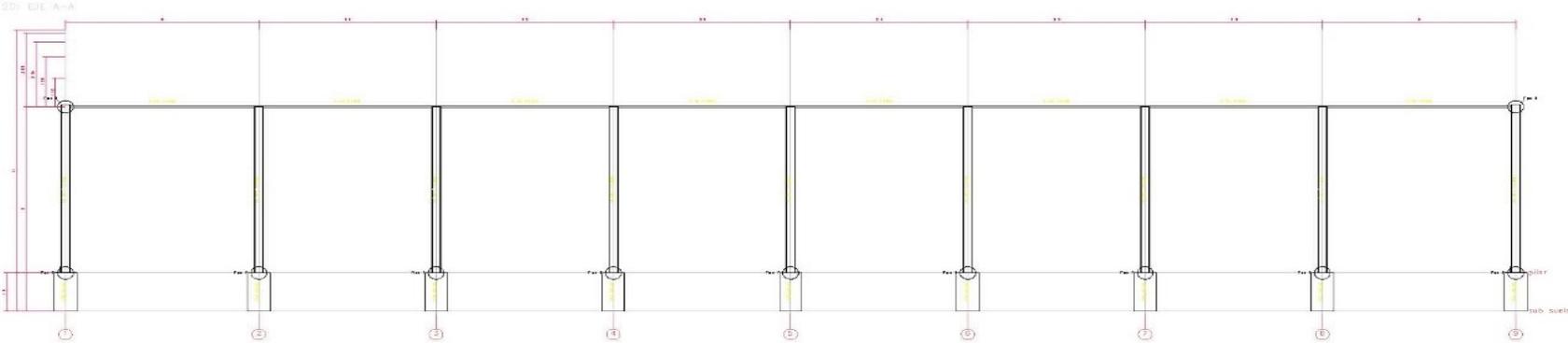


Figura 95
Detalles del pórtico 3-3



politécnica S.C.
 proyecto de polidportivo
 Norma de acero laminado: AISC/AISC 360-10 (LRFD)
 Norma de hormigón: NTC E.060-2009
 Acero laminado: A25
 Hormigón: f_c=280
 Escala: 1:100

