

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Análisis y propuesta de diseño de estructura metálica con luz libre de 65 metros y cobertura de tensomembrana, distrito de Nazca

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autores:

Bach. Mezarina Mendoza Carlos Darsy.

Código ORCID: 0009-0009-2226-3155

Bach. Ponce Delgado Juan Carlos.

Código ORCID: 0009-0009-2987-0943

ASESOR:

Ms. Ing. Villavicencio González, Felipe Eleuterio.

Código ORCID: 0000-0002-4597-2685

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Análisis y propuesta de diseño de estructura metálica con luz libre de 65 metros y cobertura de tensomembrana, distrito de Nazca

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Revisado y aprobado por:


Ms. Ing. Villavicencio González, Felipe Eleuterio.
Asesor
DNI: 26673663

Código ORCID: 0000-0002-4597-2685

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Analisis y propuesta de diseño de estructura metálica con luz libre de 65 metros y cobertura de tensomembrana, distrito de Nazca

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Revisado y aprobado por el siguiente jurado:



Dr. López Carranza, Atilio Ruben
Presidente
DNI: 37965940

Código ORCID: 0000-0002-3631-2001



Ms. Ing. Villavicencio González, Felipe Eleuterio.
Secretario

DNI: 26673663

Código ORCID: 0000-0002-4597-2685



Ms. Iván Eliseo León Malo
Integrante

DNI: 41293198

Código ORCID: 0000-0003-4690-405x

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2026

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 4 días del mes de junio del año dos mil veintiséis, siendo las 10:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 814-2025-UNS-CFI, con fecha 19.12.2025, integrado por los siguientes docentes: **Dr. Atilio Rubén López Carranza** (Presidente), **Mg. Iván Eliseo León Malo** (Secretario), **Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez** (Integrante), **Dr. Marco Antonio Junior Cerna Vásquez** (Accesitario), en base a la Resolución Decanal N° 180-2026-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METÁLICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA DISTRITO DE NAZCA", presentado por los Bachilleres **MEZARINA MENDOZA CARLOS DARSY NIGERS** con cód. N° 0201613002 y **PONCE DELGADO JUAN CARLOS** con cód. N° 0201613034, quienes fueron asesorados por el docente **Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez** según lo establece la T. Resolución N° 686-2024-UNS-FI, de fecha 24.10.2024.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
PONCE DELGADO JUAN CARLOS	17	BUENO.

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 04 de junio de 2026.



Dr. Atilio Rubén López Carranza
Presidente



Ms. Iván Eliseo León Malo
Secretario



Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez
Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 4 días del mes de junio del año dos mil veintiséis, siendo las 10:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 814-2025-UNS-CFI, con fecha 19.12.2025, integrado por los siguientes docentes: **Dr. Atilio Rubén López Carranza** (Presidente), **Mg. Iván Eliseo León Malo** (Secretario), **Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez** (Integrante), **Dr. Marco Antonio Junior Cerna Vásquez** (Accesitario), en base a la Resolución Decanal N° 180-2026-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METÁLICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA DISTRITO DE NAZCA", presentado por los Bachilleres **MEZARINA MENDOZA CARLOS DARSY NIGERS** con cód. N° 0201613002 y **PONCE DELGADO JUAN CARLOS** con cód. N° 0201613034, quienes fueron asesorados por el docente **Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez** según lo establece la T. Resolución N° 686-2024-UNS-FI, de fecha 24.10.2024.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
MEZARINA MENDOZA CARLOS DARSY NIGERS	17	BUENO

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 04 de junio de 2026.


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Presidente


Mg. Iván Eliseo León Malo
Secretario


Ms. Felipe Eleuterio Villavicencio Gonzalez
Integrante

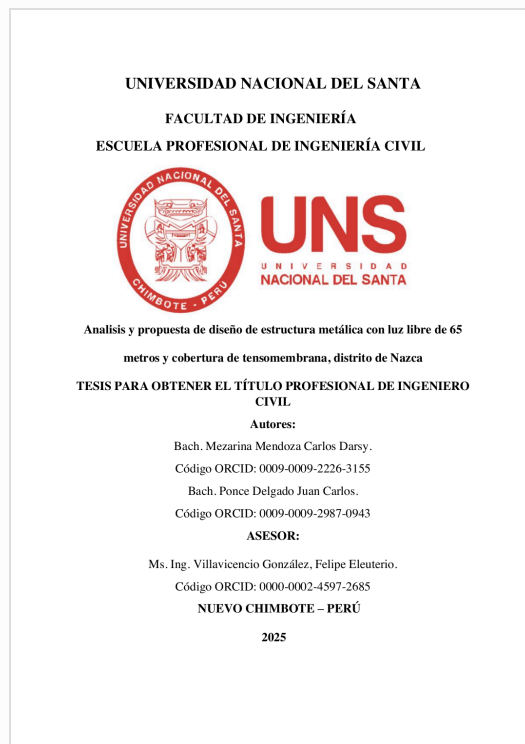


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Felipe Villavicencio Gonzalez
Título del ejercicio: TESIS
Título de la entrega: Analisis y propuesta de diseño de estructura metálica con luz l...
Nombre del archivo: TESIS_FINAL_MEZARINA_Y_PONCE.pdf
Tamaño del archivo: 46.85M
Total páginas: 292
Total de palabras: 47,572
Total de caracteres: 193,976
Fecha de entrega: 20-jun-2026 01:43a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2986434140



Analisis y propuesta de diseño de estructura metálica con luz libre de 65 metros y cobertura de tensomembrana, distrito de Nazca

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1%
6	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Central Queensland University Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%

DEDICATORIA

El trabajo actual se dedica a Dios. Como guía en mi vida, Dios ha demostrado en mi vida, bendiciones y al darme el poder de continuar con mi objetivo sin flaquear.

Gracias a mis padres por su amor, trabajo y sacrificio a lo largo de los años, gracias a ustedes pude estar aquí y ser quien soy ahora. Es un orgullo y honor ser su hijo, son los mejores padres.

Gracias a mi hermano, por estar presentes en esta etapa de mi vida, por brindarme su apoyo espiritual.

A mi abuela Flor Cruz Meza, por siempre darme ánimos ha seguir adelante en el mundo de la ingeniería, no lograste ver este trabajo pero desde el cielo me sigues guiando en mi etapa profesional.

Bachiller Mezarina Mendoza Carlos Darsy.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la posibilidad de vivir y guiarme en este largo camino lleno de retos, por darme fuerzas para continuar durante momentos de debilidad, fortaleciendo mi corazón e iluminando mi mente. Por permitirme llegar a obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por darme la vida, por el apoyo constante que me brindaron en cada momento de mi vida, por los valores inculcados, sus consejos, la confianza, por hacer de mi un ser de bien, pero más que nada, por su gran amor. Con admiración y respeto.

A mi hermana, por estar conmigo y apoyarme siempre, además de ser la motivación para cada día ser mejor persona.

A mi pareja, por su apoyo incondicional en este arduo camino, por compartir conmigo momentos de alegrías, fracasos y demostrarme que siempre poder contar con él.

Bachiller Ponce Delgado Juan Carlos

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud a Dios, quien nos llena siempre con su bendición, nos acompaña y guía en el transcurso de nuestras vidas, brindándonos sabiduría y paciencia para culminar con éxito nuestras metas propuestas.

Gracias a nuestros padres y hermanas, y a quienes participaron en este trabajo, nos han brindado el apoyo suficiente para que no fallemos en todas las situaciones aparentemente complicadas e imposibles.

Gracias a nuestra Asesor por su asesoramiento y apoyo, pudimos completar este trabajo. Gracias a los ingenieros de la Facultad de Ingeniería Civil, que con su guía nos inspiraron a convertirnos en talentos y profesionales de la Universidad Nacional Santa con su conocimiento, sabiduría y apoyo.

Los autores

Índice general

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	9
1.1. Descripción del problema	10
1.2. Formulación del problema	12
1.2.1. Problema general	12
1.2.2. Problemas específicos	12
1.3. Objetivos	13
1.3.1. Objetivo general.....	13
1.3.2. Objetivos específicos	13
1.4. Formulación de la hipótesis	14
1.5. Justificación e Importancia	14
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes de la investigación	17
2.2. Marco Conceptual.....	27
2.2.1. Estructura metálica de gran luz (65 m)	27

2.2.2.	Cobertura de tensomembrana: concepto, materiales y comportamiento mecánico	31
CAPITULO III: METODOLOGÍA		35
3.1.	Enfoque de la de investigación	36
3.2.	Método de la de investigación	36
3.3.	Diseño de investigación	37
3.4.	Operacionalización de Variables	38
3.5.	Técnica e Instrumentos de recolección de datos.....	40
3.5.1.	Técnica.....	40
3.5.2.	Instrumento	40
3.6.	Técnica de análisis de datos.....	42
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		43
4.1	Análisis e interpretación de resultados	44
4.1.	Discusión.....	53
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		56
5.1.	Conclusiones.....	57
5.2.	Recomendaciones	58
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		59
CAPÍTULO VII: ANEXOS		68

Índice de tablas

Tabla 1. Acciones gravitacionales adoptadas en techo/cobertura	44
Tabla 2. Acciones gravitacionales adoptadas en techo/cobertura	45
Tabla 3. <i>Geometría del paño y criterio de diseño</i>	46
Tabla 4. <i>Resistencias del tejido y solicitaciones de la membrana</i>	46
Tabla 5. <i>Verificación biaxial por casos de combinación (síntesis)</i>	47
Tabla 6. <i>Listado completo de verificaciones críticas (10) – AISC 360:2016 (RFEM)</i>	48
Tabla 7. <i>Parámetros sísmicos de entrada para el análisis dinámico</i>	49
Tabla 8. <i>Verificación de masa participativa y periodo asociado a la mayor participación</i>	50
Tabla 9. <i>Periodos reportados en los primeros modos (extracto)</i>	51
Tabla 10. <i>Control de derivas (distorsión) en direcciones X e Y</i>	52

RESUMEN

La investigación analizó y propuso el diseño de una estructura metálica con luz libre de 65 m y cobertura de tensomembrana en Nazca. Fue aplicada, con enfoque cuantitativo, alcance descriptivo y diseño no experimental transversal. La muestra correspondió a un caso único (sistema membrana–estructura); se emplearon el análisis documental y la observación técnica de resultados de software, con fichas de registro y observación. Se definieron las acciones de diseño: $W_{pp} = 1.50 \text{ kg/m}^2$ y $W_v = 30.00 \text{ kg/m}^2$; y para viento $V = 55 \text{ km/h}$, $h = 15 \text{ m}$ y $V_h = 75 \text{ km/h}$, obteniéndose presiones/succiones de 28.13, -25.31, -16.88 y -28.13 kgf/m^2 en direcciones $\pm X$ y $\pm Y$. La relación $l_a/l_b = 2.51$ condujo a verificación biaxial; las resistencias del tejido ($T_{sw} = 52.00 \text{ kN/m}$ y $T_{sf} = 52.60 \text{ kN/m}$) superaron las solicitaciones ($T_{fw} = 7.07 \text{ kN/m}$ y $T_{ff} = 4.02 \text{ kN/m}$) y las combinaciones $Cc1-Cc4$ cumplieron la condición combinada. En la estructura metálica, la utilización máxima fue $n = 0.732$. La participación modal alcanzó el 90%, con máximos de 0.33 (X) y 0.27 (Y) para $T \approx 0.10 \text{ s}$; la deriva global máxima fue 0.00680, menor que 0.01, y los desplazamientos máximos fueron del orden de 0.043 m en Y y X. En conclusión, la propuesta integró acciones gravitacionales y de viento, verificó el desempeño resistente de la membrana y evidenció respuesta sísmica compatible con límites de serviciabilidad para la configuración final del sistema.

Palabras clave: Estructura metálica, tensomembrana, gran luz (65 m), respuesta sísmica,

ABSTRACT

The research analyzed and proposed the design of a metal structure with a 65 m clear span and a tensile membrane roof in Nazca. It was applied, with a quantitative approach, descriptive scope, and a cross-sectional, non-experimental design. The sample consisted of a single case (membrane-structure system). Document analysis and technical observation of software results were used, along with recording and observation sheets. The design loads were defined as $W_{pp} = 1.50 \text{ kg/m}^2$ and $W_v = 30.00 \text{ kg/m}^2$; and for wind, $V = 55 \text{ km/h}$, $h = 15 \text{ m}$, and $V_h = 75 \text{ km/h}$, resulting in pressures/suctions of 28.13, -25.31, -16.88, and -28.13 kgf/m^2 in the $\pm X$ and $\pm Y$ directions. The I_a/I_b ratio of 2.51 led to biaxial verification. The fabric strengths ($T_{sw} = 52.00 \text{ kN/m}$ and $T_{sf} = 52.60 \text{ kN/m}$) exceeded the applied loads ($T_{fw} = 7.07 \text{ kN/m}$ and $T_{ff} = 4.02 \text{ kN/m}$), and the $Cc1-Cc4$ combinations met the combined condition. In the steel structure, the maximum utilization was $n = 0.732$. The modal share reached 90%, with maximums of 0.33 (X) and 0.27 (Y) for $T \approx 0.10 \text{ s}$; the maximum global drift was 0.00680, less than 0.01, and the maximum displacements were on the order of 0.043 m in Y and X. In conclusion, the proposal integrated gravitational and wind loads, verified the membrane's resistance performance, and demonstrated a seismic response compatible with serviceability limits for the final system configuration.

Keywords: Metal structure, tensile membrane, large span (65 m), seismic response.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

En el contexto internacional, se evidencia que las cubiertas de membrana tensada constituyen un sistema con requisitos propios de análisis, diseño y desempeño, distintos a los de los techos rígidos, situación reconocida por el ASCE/SEI 55-16, que fija criterios mínimos sobre materiales, uniones, combinaciones de carga y verificación estructural (American Society of Civil Engineers [ASCE], 2016). La literatura reciente establece, además, una secuencia metodológica obligatoria que incluye el *form finding*, el análisis no lineal de cargas y el patronaje o *flattening*, lo cual confirma que la definición de la forma pretensada y su estabilidad geométrica forman parte del problema de diseño y no son decisiones accesorias (de Souza & Pualetti, 2024). Asimismo, la acción del viento no es extrapolable desde códigos genéricos de cubiertas rígidas, porque, para superficies anticlásticas de gran luz, se requieren ensayos en túnel de viento o simulación CFD específica para estimar presiones y succión, así como sus efectos en esfuerzos principales y flechas (Rosa y Hincz, 2025). Finalmente, la durabilidad a la intemperie emerge como condicionante cuantificable, ya que se han documentado degradaciones por exposición UVB en compuestos de PVC; por ejemplo, disminuciones de propiedades eléctricas y cambios superficiales tras 500 horas de ensayo, mientras que revisiones sobre PTFE reportan mayor estabilidad frente a radiación y temperatura, con implicancias directas en la selección de material y en los planes de mantenimiento para climas severos (Stasac et al., 2025).

En el contexto nacional, se evidencia que el diseño de una cubierta de gran luz en la costa sur peruana debe responder a acciones de viento y radiación UV medibles, además de un marco normativo exigente y una presión de costos en la construcción. En primer lugar, el SENAMHI reportó para la franja costera episodios con vientos > 34 km/h y extremos de hasta 46 km/h en Ica (15–17 de abril de 2024), lo que incrementa las succiones sobre cubiertas extensas y exige verificar flechas, vibraciones y anclajes (SENAMHI, 2024). En segundo término, la radiación ultravioleta alcanza niveles muy altos a extremos: en febrero de 2025, el boletín nacional informó que el 82 % de los días registró $IUV \geq 8$, condición que acelera el envejecimiento de materiales expuestos y obliga a decisiones de selección y mantenimiento de la cubierta (SENAMHI, 2025). En tercer lugar, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), a través de la Norma E.020 – Cargas, obliga a considerar el viento (junto con otras acciones) en el diseño de techos y marquesinas, reafirmando que este efecto no es opcional y debe integrarse en combinaciones de carga y verificaciones de servicio (MVCS, 2021). Finalmente, la evolución de precios resumida por el INEI en el *Boletín Mensual – Indicadores de Precios de la Economía* N.º 07-2025 muestra la variación de insumos de construcción y refuerza la conveniencia de soluciones más ligeras y eficientes en kg/m^2 para grandes luces (INEI, 2025).

En el contexto local (Nazca, Ica), se evidencia un conjunto de condiciones medibles que originan la necesidad de un diseño específico para una cubierta de 65 m de luz libre. Primero, el 31 de julio de 2025, la estación del SENAMHI en Nazca registró 50 km/h de viento a las 15:00 h, con afectación regional durante varias horas; este dato confirma el riesgo de succión y la inestabilidad en servicio en cubiertas extensas expuestas (Andina, 2025). Segundo, la operación aérea local se ha visto comprometida: CORPAC informó la suspensión de vuelos en Nazca (Nasca) y Pisco por vientos con arena (agosto de 2025), mostrando un impacto directo en la seguridad operacional y en la continuidad de uso de infraestructuras bajo ráfagas (CORPAC, 2025). Tercero, los avisos oficiales del SENAMHI ya habían previsto para la costa

sur velocidades > 34 km/h y extremos de hasta 46 km/h en Ica (15–17 de abril de 2024), lo cual establece umbrales recurrentes de viento relevantes para verificaciones por succión, flecha y anclajes en grandes luces (SENAMHI, 2024). Finalmente, el entorno desértico de Nazca presenta radiación UV muy alta o extrema y episodios de tormentas de arena con baja visibilidad, condiciones que aceleran el envejecimiento de materiales y exigen planes de mantenimiento y detalles de borde adecuados (SENAMHI, 2024).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el análisis y la propuesta de diseño de estructura metálica con luz libre de 65 metros y cobertura de tensomembrana, distrito de Nazca?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las acciones gravitacionales y de viento de diseño que actúan sobre la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca?
- ¿Cómo se caracteriza la configuración del sistema membrana–estructura en términos de tipología metálica, nivel de pretensión, forma de la tensomembrana y disposición de bordes y anclajes en la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca?
- ¿Cuál es la respuesta estática ante las cargas de diseño, considerando la relación flecha/L, la utilización de elementos, el pandeo y las reacciones en anclajes, de la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca?
- ¿Cuál es la respuesta sísmica, considerando el corte basal, el periodo fundamental y las derivas, de la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca?

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Analizar y proponer el diseño de la estructura metálica con luz libre de 65 metros y cobertura de tensomembrana, distrito de Nazca.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Determinar las acciones gravitacionales y de viento de diseño que actúan sobre la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca.
- Caracterizar la configuración del sistema membrana–estructura, en términos de tipología metálica, nivel de pretensión, forma de la tensomembrana y disposición de bordes y anclajes, en la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca.
- Determinar la respuesta sísmica del sistema estructural mediante la evaluación del periodo fundamental, la participación modal y las derivas, en la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre, en el distrito de Nazca.

1.4. Formulación de la hipótesis

La propuesta de diseño permite que la estructura metálica con cobertura de tensomembrana cumpla los criterios de seguridad estructural frente a acciones gravitacionales, viento y sismo, evidenciándose mediante verificaciones resistentes y control de derivas dentro de los límites adoptados, en una estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre, en el distrito de Nazca.

1.5. Justificación e Importancia

La investigación respondió a una necesidad local de infraestructura cubierta de gran luz (65 m) en Nazca, orientada a usos deportivos, feriales y comunitarios. Se priorizó la seguridad de las personas frente a ráfagas de viento y a la sismicidad de la zona, por lo que se garantizó el cumplimiento de estados límite de servicio y últimos, reduciendo riesgos de inestabilidad, vibración y desprendimientos. Con ello, se fortaleció la continuidad de actividades sociales y se aseguró un espacio protegido ante el clima desértico y la alta radiación UV característica del entorno.

El estudio proporcionó un modelo de análisis y propuesta de diseño para una estructura metálica de 65 m con cobertura de tensomembrana, considerando acciones reales del sitio (peso propio, viento y espectro sísmico). Se establecieron parámetros de pretensión, geometría de la membrana, bordes y anclajes, y se verificaron flecha/L, utilización, pandeo, reacciones y respuesta sísmica (corte basal, periodo fundamental y derivas). Así, se entregó un procedimiento replicable y detalles técnicos que facilitaron la toma de decisiones de ingeniería y el control del desempeño durante el diseño y la construcción.

La investigación aportó a la teoría de estructuras ligeras al integrar la interacción membrana–estructura en un marco coherente con la form-finding, la pretensión y las verificaciones no

lineales de servicio y estabilidad. Metodológicamente, se consolidó una ruta de trabajo que inició con la caracterización de las acciones del sitio, continuó con el pre-dimensionamiento tipológico, el modelado acoplado y culminó con las verificaciones estáticas y sísmicas según criterios normativos. Este encadenamiento metodológico dejó criterios, indicadores y umbrales claros (flecha/L admisible, utilización $\leq 100\%$, factores de seguridad frente a succión, T_1 y derivas dentro de límites), que facilitaron la reproducibilidad y la evaluación técnica de soluciones de gran luz con tensomembrana en contextos similares.

La investigación fue importante porque resolvió la necesidad de cubrir una luz libre de 65 m en Nazca con criterios de seguridad estructural frente a viento y sismo. Integró la interacción membrana–estructura en un procedimiento verificable, lo que permitió proponer un diseño con control de flecha, estabilidad y derivas. Además, dejó parámetros, indicadores y detalles replicables que fortalecieron la toma de decisiones técnicas en contextos desérticos con UV elevado. Con ello, garantizó continuidad de usos comunitarios bajo una solución ligera y confiable.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En el contexto internacional:

Xu et al. (2022), en la investigación: Analysis and design of fabric membrane structures: A systematic review on material and structural performance, desarrollaron una revisión sistemática y comparativa de literatura y normas con un enfoque documental y analítico, a fin de identificar, clasificar y contrastar los modelos constitutivos de telas recubiertas, los métodos de ensayo y las teorías de análisis estructural aplicadas a membranas tensadas. La muestra incluyó aproximadamente 154 fuentes entre artículos, normas y libros. El estudio comparó estándares de ensayo biaxial y propiedades, tales como MSAJ/M 02 (1995), TensiNet, recomendaciones francesas y ASCE/SEI 55 (edición 2010); además, agrupó los modelos constitutivos en familias mesoestructurales y continuas, con especial atención a formulaciones ortotrópicas elastoplásticas e hiperelásticas, y revisó procedimientos de form finding como la relajación dinámica, la densidad de fuerzas y el método de elementos finitos. Asimismo, examinó el análisis estructural frente a arrugas, vibración inducida por viento e interacción fluido estructura, y abordó el patronaje mediante aplanado rígido y elástico con compensaciones. Con base en ello, propuso una integración de diseño que acopla forma, análisis y patronaje, con potencial adopción multiescala mediante FE². Los hallazgos evidenciaron la ausencia de un método de diseño unificado para membranas y señalaron que la simplificación excesiva del comportamiento textil, por ejemplo asumir ortotropía lineal, limita la capacidad predictiva y conduce al sobredimensionamiento mediante factores de seguridad. No obstante, se identificaron modelos y procedimientos de mayor fidelidad, en particular la hiperelasticidad ortotrópica y los esquemas integrados. El trabajo concluyó que, si bien las técnicas vigentes resolvieron proyectos convencionales, el diseño de grandes luces y geometrías complejas exige modelos sensibles al cociente de tensiones y a grandes deformaciones, así como estrategias multiescala.

Zhu et al. (2024), en la investigación: Form finding of cable-membrane structures with flexible frames: Finite element implementation and application to surface accuracy analysis of umbrella-like rib-mesh reflectors, desarrollaron y verificaron mediante cómputo una metodología integrada en ABAQUS/Standard, implementada con scripts en Python, para ejecutar el form finding no lineal por elementos finitos en estructuras cable membrana con marcos flexibles. Validaron casos de referencia y aplicaron el enfoque a reflectores tipo paraguas con costillas y malla, con el fin de analizar la precisión superficial en función del número y la rigidez de costillas, la magnitud y anisotropía de la tensión en la membrana, y la pretensión en los cables interior y exterior. El estudio incluyó ejemplos numéricos representativos, como una membrana con cables perimetrales, una superficie cónica truncada, una estructura tipo tienda con comparación entre marco rígido y flexible, y un reflector con barridos paramétricos, lo que permitió evaluar sistemáticamente la respuesta. El método modeló los cables como armaduras que no trabajan a compresión, las membranas como elementos en tensión de plano y las costillas como elementos tipo cáscara; además, impuso pretensiones mediante temperatura virtual y coeficientes de dilatación artificiales, actualizando iterativamente la geometría hasta alcanzar tensiones objetivo mediante un criterio de error cuadrático medio en tensiones y fuerzas. Los resultados reprodujeron con precisión los casos de referencia y cuantificaron la exactitud superficial del reflector, mostrando que un mayor número de costillas mejoró la precisión y que los marcos rígidos superaron a los flexibles. Se concluyó que la pretensión del cable interior resultó despreciable; en cambio, una mayor pretensión exterior uniformó las tensiones, aunque redujo levemente la precisión. Asimismo, se observó que un incremento de tensión circunferencial mejoró la precisión, mientras que un incremento radial la degradó.

Li et al. (2024), en la investigación: Investigation on typhoon induced aero elastic response of membrane structures by wind tunnel test and numerical simulation, desarrollaron un estudio experimental y numérico sobre la respuesta aeroelástica de una cubierta de membrana sometida a vientos de tifón, combinando ensayos en túnel de viento con un modelo flexible a escala uno a diez y una simulación de interacción fluido estructura plenamente acoplada, integrando el método Lattice Boltzmann con Abaqus Explicit. Analizaron desplazamientos, no gaussianidad mediante asimetría y curtosis, frecuencias, formas modales y amortiguamientos bajo tres velocidades y siete direcciones de viento, manteniendo control de tensiones y ejecutando el form finding por relajación dinámica. En el modelo numérico se impuso la pretensión en la membrana y los cables, se aplicó la similitud de Froude y se identificaron modos mediante técnicas bayesianas en el dominio de la frecuencia; además, se exploraron parámetros asociados con la relación flecha luz y con el nivel de pretensión. Los resultados mostraron que la dirección frontal fue la más desfavorable; para ángulos iniciales predominó la presión y, para direcciones posteriores, predominó la succión. Los desplazamientos presentaron asimetría positiva en barlovento y negativa en sotavento, con valores de curtosis superiores a tres; asimismo, la deformación media y la raíz media cuadrática crecieron casi linealmente con la velocidad, mientras que la no gaussianidad se mantuvo estable. Las frecuencias principales se ubicaron aproximadamente entre 20,8 y 44,9 Hz y los amortiguamientos, relativamente altos, aumentaron con la velocidad. Un mayor valor de la relación flecha luz incrementó la respuesta en barlovento, mientras que una mayor pretensión redujo de forma casi lineal todas las métricas. En consecuencia, se concluyó que la velocidad del viento y la pretensión controlaron la respuesta global, por lo que se recomendó priorizar el control de la dirección frontal, limitar la relación flecha luz en condiciones extremas de servicio, asegurar pretensiones suficientes e incorporar modos superiores en el diseño

De Souza y Pauletti (2024), en la investigación: A Computational Framework for the Design of Tensile Structures, desarrollaron un marco computacional de carácter metodológico e ingenieril para el diseño de tensoestructuras, proponiendo un flujo paramétrico integral implementado como BATS en Grasshopper, el cual articuló la búsqueda de forma, el análisis geoméricamente no lineal, el patronaje y el aplanado de membranas y cables. El diseño incorporó fundamentos del método de elementos finitos para barras y cables, así como para elementos de membrana, junto con modelos que representaron estados tenso, con arrugas y con aflojamiento, y estructuró una secuencia iterativa CAD y CAE con retroalimentación continua dentro del entorno paramétrico. La implementación combinó métodos de densidad de fuerzas, tanto convencional como iterativo, relajación dinámica y esquemas de Newton Raphson, además de estrategias de patronaje basadas en geodésicas, remallado y mapeo de tensiones. El aplanado se resolvió como un problema estructural bidimensional con compensaciones por pretensión, y la arquitectura en C# y C++ con paralelización y kernels simbólicos optimizados permitió respuestas cercanas al tiempo real en la etapa de forma y tiempos de segundos en aplanado y verificación, con capacidad para predecir arrugas y respuesta bajo carga. Las aplicaciones demostrativas incluyeron un toldo hiperbólico de 20×20 m con variación del cociente de tensiones entre membrana y cable, un conoide con tiras torsionadas y un ensamble multiparache con patronaje independiente y bordes coincidentes. El flujo recuperó el pretensado real tras el aplanado y mitigó discrepancias entre el estado ideal y el ensamblado; en conjunto, el enfoque paramétrico automatizó pasos tradicionalmente desconectados, redujo transferencias entre herramientas CAD y CAE y facilitó la exploración y optimización, aunque identificó cuellos de botella en patronaje y aplanado, proponiendo mejoras como aceleración en GPU, aprendizaje profundo y ampliación de tipos de elemento, dejando el complemento disponible para pruebas públicas

Comitti et al. (2024), en la investigación: *Ultralight Membrane Structures Toward a Sustainable Environment*, incluida en *Sustainable Structures and Building*, desarrollaron un capítulo de revisión de carácter técnico y sintético, con alcance integral sobre el diseño estructural, los materiales y la sostenibilidad de tensoestructuras y membranas. Presentaron el principio de eficiencia asociado al trabajo a tracción, la búsqueda de forma mediante métodos computacionales y modelos físicos, y el flujo de patronaje desde el aplanado hasta el montaje. Asimismo, caracterizaron tecnologías de borde tensado y sistemas neumáticos, e incorporaron el análisis de respuestas termo viscoelásticas, la reciclabilidad y el desempeño térmico, junto con referencias normativas y de investigación relevantes. En el plano metodológico, se abordaron procedimientos de búsqueda de forma, como densidad de fuerzas, relajación dinámica y rigidez transitoria, además del modelado físico con películas de jabón y textiles. También se introdujeron modelos reológicos tipo Wiechert y Kelvin Voigt, junto con el principio de superposición tiempo temperatura para capturar la viscoelasticidad dependiente de la tasa de carga y de la temperatura, y se expusieron líneas de optimización para geometría y topología, incluyendo enfoques basados en inteligencia artificial. Los resultados indicaron reducciones sustanciales de material en soluciones a tracción, menor energía de fabricación en polímeros respecto del acero y disminuciones relevantes de material con ETFE frente al vidrio; sin embargo, se advirtió una limitación térmica por coeficientes U elevados y la insuficiencia de modelos elásticos lineales. En conclusión, el estudio sostuvo un alto potencial de sostenibilidad por el bajo peso y la reciclabilidad, y planteó la necesidad de modelos termo viscoelasto plásticos confiables, optimización asistida por datos, mejoras térmicas multicapas y marcos de diseño más completos para ampliar su aplicación segura en grandes luces y climas diversos.

En el contexto nacional: Altinsoy (2021), en la investigación: Investigation of Initial Construction Stages of Incrementally Launched Post Tensioned Concrete Box Bridges, desarrolló un estudio analítico y numérico sobre las etapas iniciales del lanzamiento incremental de puentes cajón de concreto postensado. Construyó un modelo por elementos finitos que incorporó de manera explícita el avance del tramo recién colado y la deflexión en voladizo de la nariz de lanzamiento, y lo contrastó con modelos de etapa avanzada comúnmente usados en el diseño preliminar, como la viga infinita y la viga semiinfinita. Estructuró el problema en forma adimensional y resolvió las ecuaciones mediante una formulación matricial asistida por MATLAB, evaluando configuraciones con dos y tres vanos ya construidos y familias de nariz corta y ligera, normal, y larga y pesada, para comparar momentos, cortantes y deflexiones a lo largo del proceso. El tratamiento incluyó la formulación de matrices de rigidez y cargas de empotramiento del tablero, del tramo en lanzamiento y de la propia nariz en fases sucesivas, el ensamblaje global y la obtención de desplazamientos, giros y esfuerzos sin recurrir a iteraciones costosas, además de la normalización de resultados para su cotejo con la teoría de la viga infinita. Los hallazgos mostraron que, en ciertos escenarios, los momentos durante las etapas iniciales superaron a los de etapas avanzadas y, en consecuencia, debieron verificarse en el diseño. La longitud de la nariz tuvo mayor influencia que su rigidez en la deflexión máxima, aunque el peso, la longitud y la rigidez condicionaron la respuesta. Los modelos semiinfinitos reprodujeron adecuadamente el comportamiento de la viga infinita y el esquema de tres vanos mostró mejor concordancia que el de dos. Se concluyó que el chequeo de etapas iniciales es indispensable y que conviene dimensionar la nariz privilegiando una longitud compatible con el peso y la rigidez, empleando el modelo semiinfinito de tres vanos para el diseño preliminar

Carranza (2021), en la tesis: Diseño estructural de una nave industrial para mejorar estándares de almacenamiento de concentrados de mineral en la unidad minera Toma La Mano, Carhuaz, 2021, diseñó una nave de acero para almacenamiento de concentrados en Carhuaz, Áncash. Empleó el RNE E.020, E.030 y E.050 y la AISC por LRFD; modeló en SAP2000 con análisis estático lineal y elaboró planos en AutoCAD. El alcance consideró capacidad de acopio, cargas muerta y viva, nieve, viento y sismo, control de derivas y diseño de tijerales, vigas, columnas, correas, arriostres, placas base y pedestales. Como insumos, ejecutó tres calicatas y ensayos de densidad in situ, SUCS, Atterberg y corte directo, obteniendo γ_d , contenido de humedad, $\phi \approx 40^\circ$ y $c \approx 0.5 \text{ kg/cm}^2$, e incorporó variables hidrometeorológicas del SENAMHI. El dimensionamiento contempló pilas cónicas de concentrados de plomo y zinc y el tránsito de un cargador frontal. Se predimensionaron un tijeral Pratt, vigas W8×10, columnas W10×26, correas C4×7.25 y arriostres L3×3×5/16. Se calculó nieve según E.020; viento con $V_h=85 \text{ km/h}$ y coeficientes superficiales; y sismo con $Z=0.35$, $U=1.0$, $S=1.0$ y $R=6$ (OMF), con cortante basal de 4.72 t. El modelo replicó pórticos, aplicó combinaciones LRFD y verificó derivas con límite 0.010; también comprobó conexiones, placas base y pedestales por resistencia de contacto, espesor a momento y anclajes, además de axiales, momentos y cortantes. Los resultados reportaron derivas ≤ 0.008 en X y ≈ 0.0008 en Y; dimensiones de 17 m de ancho, 45 m de largo y 7 m de altura libre; y estados de carga críticos para el diseño. Estas dimensiones fueron coherentes con el volumen de acopio y la operatividad interna, por lo que recomendó implementar la nave con detalles propuestos. Concluyó que el enfoque LRFD con parámetros locales cumplió RNE y AISC y aseguró desempeño frente a nieve, viento y sismo.

Castro y Maza (2022), en la investigación: Diseño estructural de techo de estructura metálica en la losa deportiva Jiménez Malingas, Piura, 2022, desarrollaron un estudio básico, descriptivo y no experimental, de corte transversal, orientado al diseño de una cobertura metálica para la losa deportiva Jiménez Malingas de 30×20 m. Con enfoque analítico y normativo, levantaron información de campo, elaboraron planos, ejecutaron calicatas y ensayos para clasificación SUCS, límites de Atterberg, CBR, agresividad del suelo y verificación de asentamientos, y modelaron la nueva estructura en SAP2000 v21 mediante análisis estático y dinámico espectral, conforme al RNE E.030 y al diseño AISC LRFD y E.090, considerando además cargas de viento según RNE E.020. El tratamiento estructural dimensionó tijerales con ángulos, arriostres y templetos, viguetas y columnas tubulares, verificando pandeo e interacción; además, diseño conexiones viga columna mediante pernos A325 y placas, y placas base con anclajes. Asimismo, se proyectaron zapatas aisladas verificando cortante, punzonamiento y refuerzo mínimo, asegurando compatibilidad con la capacidad portante local. Los resultados mostraron que la infraestructura existente no cumplía requisitos mínimos del RNE ni era apta para soportar una nueva cobertura, por lo que se optó por estructuras nuevas. El modelo verificó control de derivas, con límite de 1% por viento, y control de flechas de techo; en paralelo, fundaciones y conexiones cumplieron estados límite de resistencia y servicio. En el suelo se determinó agresividad moderada al concreto y asentamientos admisibles, sin riesgo de licuefacción. Se concluyó que la solución adecuada fue proyectar una nueva estructura metálica con cimentaciones aisladas, controlar el viento como acción crítica, aplicar LRFD y RNE vigentes, utilizar cementos adecuados frente a agresividad moderada e incorporar drenaje pluvial y mantenimiento anticorrosivo periódico.

Tejeda et al. (2024), en la investigación *Estructura Tensada*, desarrollaron un trabajo teórico y aplicado sobre estructuras tensadas que combinó una revisión bibliográfica con un proyecto demostrativo. En la revisión se abordaron conceptos, evolución, aplicaciones y materiales de membranas, y se sistematizaron criterios esenciales para estructuras metálicas con base en la Norma E.090, considerando estabilidad, elementos que trabajan a tracción, compresión y flexión, conexiones, bases y control de servicio. En la parte aplicada se propuso un pabellón restaurante con cubierta de membrana tensada, concebido como una bóveda obtenida por la intersección de cuatro gajos y ocho puntas. El caso presentó planta cuadrada con diámetro de 16 m, lado de 8 m, altura de 3.00 m, altura máxima de 5.83 m y un área aproximada de 207 m²; además, se materializó en una maqueta a escala para verificar la factibilidad geométrica y constructiva, y se documentó con planos y renders. El método planteó una cubierta textil conformada por una membrana, considerando como materiales tipo PVC, PTFE o ETFE, complementada con cables y tensores anclados a marcos metálicos tubulares, sobre una losa de hormigón y una estructura de acero. La secuencia de montaje consideró la ejecución de bases, la instalación de postes y vigas, y el tensado y fijación de la membrana, asegurando continuidad entre el diseño y la construcción. Los resultados entregaron una propuesta arquitectónica viable, con definición geométrica clara, compatibilidad normativa para arriostramiento y conexiones metálicas, y verificación de constructibilidad mediante la maqueta. Se concluyó que una cubierta de membrana tensada con apoyos tubulares permite cubrir eficientemente un espacio público cercano a 200 m² con pocos apoyos, favorece la ventilación e iluminación natural y se alinea con criterios básicos de la E.090, mientras que la planificación del montaje garantiza el comportamiento esperado en servicio.

Jolin (2023), en la investigación: Diseño y cálculo de una nave industrial y modelado de las uniones mediante elementos finitos, desarrolló un proyecto técnico de ingeniería orientado a comparar tipologías de naves para minimizar el peso, cumpliendo el CTE, la EAE y el EC3. Definió una geometría base, acciones y criterios de pandeo, y dimensionó cuatro alternativas mediante CYPE, empleando el Generador de Pórticos y CYPE 3D, incorporando posteriormente una entreplanta para ampliar el estudio de uniones. Las variantes consideraron combinaciones de pórticos rígidos y pórticos de celosía, con separaciones de 5 m u 8 m, manteniendo un caso común de 40 m por 26 m, con pilares de 8 m y una cumbrera a 10 m. El tratamiento incluyó la asignación de coeficientes de pandeo y pandeo lateral, la optimización de correas en Z, el diseño de vigas auxiliares, cruces de San Andrés y tornapuntas para el arriostramiento, y el modelado por elementos finitos de las uniones en CYPE Connect, verificando placas, rigidizadores, cortes y soldaduras a tope o de penetración completa, dentro de un flujo colaborativo en BIMserver Center. Los resultados identificaron como solución óptima la alternativa con cinco pórticos rígidos espaciados a 8 m, con un peso aproximado de 27 700 kg, notablemente inferior al rango de 35 800 a 36 200 kg de las opciones iniciales. La reducción del número de pórticos, junto con el control de la longitud de pandeo lateral mediante vigas auxiliares y arriostramientos, permitió disminuir el consumo de acero sin perder el cumplimiento de las exigencias normativas. Se concluyó que un arriostramiento correctamente definido y la verificación detallada de uniones mediante elementos finitos sustentaron la validez del diseño final y habilitaron una reducción significativa de material sin comprometer el desempeño ni la seguridad.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Estructura metálica de gran luz (65 m)

Una estructura metálica de gran luz se caracteriza por cubrir claros importantes con elementos relativamente esbeltos, buscando eficiencia peso-resistencia; no obstante, esta condición incrementa la sensibilidad a la inestabilidad global y local, a los efectos de segundo orden ($P-\Delta/P-\delta$) y a los controles de serviciabilidad (flechas y vibraciones), por lo que el diseño exige verificaciones sistemáticas por estados límite y un modelamiento coherente con la realidad estructural (AISC, 2022).

En sistemas espaciales de gran luz, la complejidad geométrica y la interacción entre componentes (por ejemplo, elementos principales, secundarios y bordes) pueden amplificar la demanda ante acciones laterales y dinámicas; por ello, la literatura reciente resalta que la evaluación debe considerar el carácter espacial del sistema y la influencia de condiciones reales (como efectos dinámicos y de interacción), especialmente cuando se busca interpretar resultados con enfoque de desempeño (Zhan et al., 2024).

a) Bases normativas y criterios generales de diseño (resistencia, estabilidad y servicio)

El diseño de estructuras de acero se sustenta en criterios de resistencia y estabilidad que controlan fluencia, pandeo local/global y capacidad última, incorporando enfoques de diseño por factores o por esfuerzos admisibles, además de requisitos de detalle que aseguran consistencia entre análisis, diseño y construcción (AISC, 2022).

La definición de acciones y combinaciones de carga se apoya en normas de cargas mínimas que integran peligros relevantes (muertas, vivas, viento y sismo, entre otros) y fijan reglas de

combinación para estados límite últimos y de servicio; esto es clave para contrastar la demanda del modelo con las prescripciones normativas elegidas como referencia (ASCE, 2022).

Cuando el comportamiento sísmico es determinante, las disposiciones sísmicas para estructuras de acero complementan la especificación general al precisar requisitos de ductilidad, detallado y verificación acordes al sistema resistente seleccionado, lo cual condiciona la interpretación de resultados dinámicos y las exigencias sobre uniones y elementos críticos (AISC, 2022).

b) Acciones gravitacionales de diseño (cargas permanentes y variables)

Las acciones gravitacionales se establecen como la suma de cargas permanentes (peso propio y componentes fijos) y cargas variables asociadas al uso (sobrecargas de ocupación/mantenimiento, equipos u otras acciones aplicables), las cuales se incorporan en combinaciones normativas para dimensionar miembros y controlar estados límite de resistencia y servicio (ASCE, 2022).

En cubiertas livianas de gran luz, la caracterización de cargas gravitacionales es relevante no solo por resistencia, sino por su vínculo con la rigidez global y la estabilidad: variaciones en rigidez o distribución de carga pueden modificar deformaciones y esfuerzos en elementos esbeltos, por lo que se verifican simultáneamente flechas, rotaciones y compatibilidad con la cobertura (AISC, 2022).

c) Acciones de viento de diseño en cubiertas livianas y superficies curvas

El viento se modela como presión y succión dependientes de la velocidad básica, exposición, direccionalidad y coeficientes aerodinámicos, integrándose en combinaciones con otras acciones; en cubiertas de gran luz, estas demandas suelen ser críticas por el área expuesta y por la posible relevancia de efectos dinámicos (ASCE, 2022).

En cubiertas tipo membrana, la flexibilidad puede alterar la distribución de presiones respecto de una cubierta rígida; en ese sentido, ensayos a escala real reportan que la interacción entre deformación de la superficie y presión de viento influye en la caracterización de coeficientes y en la identificación de zonas críticas, lo que respalda un tratamiento cuidadoso del viento cuando el objetivo es verificar el desempeño estructural con base en evidencia experimental (Estephan et al., 2021).

Los ensayos en túnel de viento en membranas soportadas por arcos muestran que parámetros geométricos y de configuración (por ejemplo, dirección del viento y forma global) afectan patrones de succión y máximos locales; por ello, en geometrías singulares se justifica la zonificación aerodinámica y/o el apoyo en ensayos o simulación para reducir la incertidumbre en la carga efectiva (Kandel et al., 2022; Hincz et al., 2025).

Asimismo, estudios recientes desarrollan enfoques acoplados de interacción fluido–estructura (FSI) para membranas de gran luz, integrando respuesta estructural y campo de presiones bajo eventos severos; esto refuerza la necesidad de considerar no linealidad geométrica y acoplamiento cuando se pretende representar el comportamiento de manera más realista en verificación avanzada (Fang et al., 2024).

d) Configuración del sistema membrana–estructura (geometría, pretensado e iteración de diseño)

El sistema membrana–estructura se entiende como un conjunto acoplado en el que la forma resistente depende del equilibrio geométrico, del pretensado y de las condiciones de borde (cables, bordes y anclajes); por ello, la geometría no actúa solo como decisión arquitectónica, sino como variable estructural que condiciona rigidez, redistribución de esfuerzos y susceptibilidad a arrugas (European Commission–JRC, 2023).

En coherencia con lo anterior, se reportan flujos computacionales que integran *form finding*, definición de pretensión y análisis estructural geoméricamente no lineal, permitiendo iterar hasta alcanzar una configuración compatible con requisitos geométricos y tensionales, y con un desempeño verificable ante cargas relevantes (de Souza, 2024).

Desde la guía técnica europea reciente, se enfatiza que la estrategia de verificación (en especial frente a viento) debe ser compatible con la tipología de membrana, su forma y su grado de apertura, recurriendo a evidencia experimental o simulación cuando los supuestos estándar no representan adecuadamente el comportamiento aerodinámico y estructural del sistema (European Commission–JRC, 2023).

e) Respuesta estructural: (i) estática ante cargas de diseño y (ii) respuesta sísmica

La respuesta estática se evalúa mediante esfuerzos internos, deformaciones y reacciones bajo combinaciones, verificando estados límite últimos (resistencia/estabilidad) y de servicio; en estructuras metálicas esbeltas, resulta determinante representar efectos de segundo orden y estabilidad conforme a criterios normativos, ya que estos pueden gobernar el desempeño aun cuando la resistencia nominal sea suficiente (AISC, 2022).

En membranas, el análisis estático suele requerir no linealidad geométrica y consideración explícita del pretensado, porque el camino de carga y la redistribución tensional dependen de la variación de forma; por ello, la literatura técnica integra la secuencia *form finding* → carga → verificación como un ciclo para asegurar coherencia entre forma resistente y respuesta calculada (European Commission–JRC, 2023; de Souza, 2024).

Respecto a la respuesta sísmica, las normas de cargas definen combinaciones que incorporan el sismo junto con otras acciones, mientras que las disposiciones sísmicas específicas del acero

establecen exigencias de detallado y verificación para alcanzar el desempeño esperado del sistema resistente (ASCE, 2022; AISC, 2022).

En estructuras espaciales de gran luz, la investigación reciente señala que la respuesta sísmica puede verse influenciada por la interacción suelo–estructura y por la complejidad del sistema, proponiendo enfoques de evaluación y soluciones de mitigación (como esquemas de aislamiento) para reducir demandas; esto sustenta que la interpretación del análisis dinámico debe considerar supuestos de modelado y su coherencia con el objetivo de verificación (Zhan et al., 2024; Zhong et al., 2024).

2.2.2. Cobertura de tensomembrana: concepto, materiales y comportamiento mecánico

La cobertura de tensomembrana se entiende como un sistema de cerramiento ligero que trabaja principalmente a tracción, donde el desempeño estructural depende del pretensado, la doble curvatura (frecuentemente anticlástica) y el comportamiento biaxial del material (p. ej., PTFE–fibra de vidrio, PVC–poliéster, ETFE) (Xu et al., 2022).

La literatura reciente enfatiza que su diseño exige caracterizar propiedades relevantes (rigidez ortótropa, resistencia, fluencia y uniones) y seleccionar modelos constitutivos coherentes con ensayos, porque estas variables controlan tensiones, deformaciones y estabilidad frente a cargas. En ese marco, se reportan enfoques de ensayo y modelación para telas arquitectónicas y tejidos recubiertos, así como efectos ambientales (p. ej., ciclos hielo–deshielo) sobre resistencia residual, lo cual resulta clave para justificar parámetros de diseño y verificación en servicio (Asadi et al., 2024).

a) Acciones gravitacionales y de viento de diseño aplicadas a la cobertura

En coberturas de tensomembrana, las acciones gravitacionales incluyen peso propio, accesorios, posibles acumulaciones de agua/lluvia y, según el contexto, nieve; sin embargo, el viento suele gobernar el diseño por su capacidad de generar succiones elevadas, gradientes de presión y demanda dinámica en superficies flexibles (Xu et al., 2022).

Los marcos normativos definen combinaciones y criterios para viento y acciones asociadas, pero la evidencia experimental y numérica muestra que la forma y las condiciones de borde modifican significativamente la distribución de presiones y la respuesta global, especialmente por efectos aeroelásticos y no linealidad geométrica (Rizzo et al., 2023).

En consecuencia, la cobertura se dimensiona y verifica considerando presiones externas, posibles efectos de interacción fluido–estructura y límites de desplazamiento/estabilidad aerodinámica bajo eventos severos (Stranghöner et al., 2023).

b) Configuración del sistema membrana–estructura enfocada en la cobertura

La configuración membrana–estructura se fundamenta en lograr una geometría que establezca la cobertura por forma resistente y pretensión, definiendo bordes (cables, perfiles y anclajes), curvaturas y patrones de corte que aseguren continuidad tensional y control de arrugas (Xu et al., 2022).

Las guías recientes para estructuras de membrana describen el proceso como iterativo: form finding (equilibrio por pretensado), patterning/flattening (desarrollo de paños) y análisis no lineal bajo combinaciones de carga, de modo que la cobertura se diseñe desde su estado inicial tensado hasta su desempeño bajo viento y peso (Rizzo et al., 2023).

En la práctica, se reportan flujos computacionales paramétricos y marcos de optimización que ayudan a explorar configuraciones, restricciones geométricas y condiciones de borde, manteniendo coherencia entre arquitectura, fabricación y verificación estructural (Stranghöner et al., 2023).

c) Respuesta estática ante las cargas de diseño en la cobertura tensada

La respuesta estática de una tensomembrana está dominada por grandes desplazamientos, redistribución de tensiones y posibilidad de zonas en compresión que se manifiestan como arrugamiento (wrinkling), por lo que el análisis requiere formulaciones no lineales y criterios claros de servicio (Xu et al., 2022).

Estudios recientes integran modelos de material y procedimientos numéricos para representar la ortotropía y la sensibilidad al pretensado, destacando que pequeñas variaciones en rigidez, uniones o condiciones de borde pueden cambiar picos de tensión y deformaciones (Rizzo et al., 2023).

En aplicaciones contemporáneas, también se proponen enfoques para evaluar deformaciones objetivo (strain) y optimizar el pretensado y el material, con el fin de mantener desempeño funcional (control de flechas, tensiones admisibles y estabilidad) bajo acciones permanentes y viento (Stranghöner et al., 2023).

d) Respuesta sísmica asociada a la cobertura y sus conexiones

Aunque la membrana aporta baja masa (y por tanto suele atraer menores fuerzas inerciales directas), la respuesta sísmica del sistema puede verse condicionada por la flexibilidad global, la interacción con el soporte (cables/arcos/mástiles) y, especialmente, por el desempeño de anclajes y detalles de borde, que deben permitir deformaciones compatibles sin pérdida de pretensión o daño local (Rizzo et al., 2023). En esa línea, la caracterización modal y la

identificación dinámica en cubiertas flexibles se emplean para comprender frecuencias y amortiguamiento, parámetros que luego alimentan evaluaciones dinámicas; adicionalmente, revisiones recientes en grandes luces resaltan la importancia de considerar efectos de interacción suelo–estructura y modelación coherente para estimar demandas (Zhan et al., 2024).

En términos normativos, la acción sísmica y criterios de componentes asociados se enmarcan en estándares de cargas, mientras el diseño específico de membranas se apoya en guías especializadas (Stranghöner et al., 2023).

e) Criterios normativos y verificación del desempeño de la cobertura de tensomembrana

Para verificar la cobertura, se emplean criterios de Estados Límite Últimos y de Servicio (tensiones, deformaciones, estabilidad aerodinámica, integridad de uniones), articulando el flujo: definición de acciones → form-finding con pretensión → análisis no lineal → comprobaciones del material y detalles (costuras/soldaduras/anclajes) → validación de desempeño (Stranghöner et al., 2023). En Europa, la normalización reciente para estructuras de membrana y el trabajo técnico asociado proponen marcos de verificación y parámetros de diseño orientados a consistencia y seguridad, mientras que investigaciones recientes incorporan enfoques probabilísticos para viento y evaluaciones avanzadas de desempeño bajo excitación (Song et al., 2024). Complementariamente, estudios experimentales sobre telas arquitectónicas sustentan criterios de durabilidad y variación de propiedades, lo que refuerza la necesidad de justificar valores adoptados para la cobertura (material, uniones y pretensión) en función de evidencia y norma (Bandaru et al., 2022).

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la de investigación

El enfoque cuantitativo es un enfoque de investigación que mide variables con datos numéricos, aplica procedimientos estandarizados y utiliza análisis estadístico o modelamiento para describir, comparar y comprobar resultados con criterios objetivos y replicables (Arias y Covinos, 2021).

La investigación se desarrolló con enfoque cuantitativo porque el análisis y la propuesta de diseño se apoyaron en magnitudes medibles derivadas del modelamiento del sistema. Se determinaron las acciones gravitacionales y de viento que gobernaron la demanda, se describió la configuración del sistema en términos de tipología metálica, pretensión, forma, bordes y anclajes, y se calcularon respuestas estructurales estáticas y sísmicas para verificar el desempeño del conjunto. Finalmente, los resultados obtenidos se compararon con criterios técnicos de resistencia, servicio y estabilidad, permitiendo fundamentar la propuesta con verificaciones numéricas y asegurar coherencia entre las acciones aplicadas, la configuración adoptada y el comportamiento esperado de la cobertura.

3.2. Método de la de investigación

La investigación aplicada es un tipo de investigación que utiliza conocimiento científico y técnico para resolver un problema concreto en un contexto real, mediante la formulación de una solución viable y verificable orientada a la mejora de un producto, proceso o sistema (Arias y Covinos, 2021).

La investigación se clasificó como aplicada porque se orientó a generar una solución de diseño para una necesidad específica de cobertura de gran luz en el distrito de Nazca. Se desarrollaron criterios y decisiones de diseño para la estructura metálica y la tensomembrana, y se verificó su desempeño mediante resultados numéricos de acciones y respuesta estructural. Finalmente,

la propuesta obtenida se sustentó en comprobaciones técnicas que permitieron definir un diseño factible y coherente con las exigencias del sistema y del entorno de estudio.

El alcance descriptivo es un alcance de investigación que caracteriza un fenómeno u objeto de estudio tal como se presenta, identificando y detallando sus componentes, propiedades y comportamiento, sin establecer relaciones causales obligatorias entre variables (Arias y Covinos, 2021).

La investigación tuvo alcance descriptivo porque se centró en identificar, clasificar y describir los elementos que conformaron la estructura metálica y la cobertura de tensomembrana de 65 m, así como su configuración e interfaz. Se describieron las acciones principales que actuaron sobre el sistema y se cuantificó su respuesta estática y sísmica para representar su comportamiento esperado. Finalmente, esta descripción técnica permitió establecer una base objetiva para formular la propuesta de diseño, sin requerir la demostración de una relación de influencia directa entre variables.

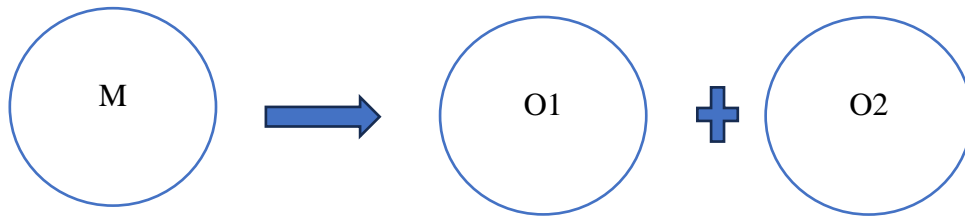
3.3. Diseño de investigación

El diseño no experimental, transversal y descriptivo es un diseño de investigación que observa y analiza un objeto de estudio sin manipular deliberadamente variables, en un único momento de evaluación, con el propósito de caracterizar sus componentes, condiciones y comportamiento mediante criterios técnicos verificables (Hadi et al., 2023).

La investigación se desarrolló con diseño no experimental, transversal y descriptivo porque se analizó la estructura metálica con luz libre de 65 m y su cobertura de tensomembrana sin modificar condiciones reales mediante pruebas o tratamientos. La información técnica se organizó en un único momento de evaluación, a partir de la configuración adoptada y del cálculo/modelamiento correspondiente, para describir el comportamiento esperado del

conjunto y sustentar la propuesta de diseño con verificaciones numéricas coherentes. A continuación, se mostró el esquema de investigación:

Figura 1. *Diseño de investigación*



Donde:

M: Sistema membrana–estructura (caso único)

O1: Observación de la estructura metálica (acciones, flecha/L, utilización, pandeo, derivas, corte basal, periodo)

O2: Observación de la tensomembrana/interfaz (pretensión, forma, bordes, anclajes, reacciones en anclajes, tensiones)

3.4. Operacionalización de Variables

La **Variable 1:** La estructura metálica de 65 m de luz libre se operacionalizó a partir de su desempeño ante acciones de diseño y su respuesta estructural. En primer lugar, se consideró la dimensión acciones de diseño, donde se registraron las acciones gravitacionales y las acciones ambientales definidas por norma (por ejemplo, peso propio y cargas permanentes, sobrecargas de servicio, viento y sismo), incluyendo sus combinaciones de carga. En tercer lugar, se incorporó la dimensión respuesta sísmica, registrándose indicadores como el corte basal, parámetros dinámicos del modelo (p. ej., períodos) y la respuesta global vinculada a derivas y

reacciones, según el procedimiento normativo adoptado. La obtención de datos se realizó mediante análisis documental (para extraer requisitos) y observación técnica de resultados del software (para registrar salidas del modelo), empleándose como instrumentos una ficha de registro documental y una ficha o guía de observación.

La **Variable 2:** La cobertura de tensomembrana se operacionalizó desde su configuración y su comportamiento mecánico dentro del sistema membrana–estructura. Se evaluó la dimensión configuración del sistema, registrando indicadores como la tipología de la membrana, la forma geométrica adoptada, la disposición de bordes, cables y anclajes, y la compatibilidad geométrica con la estructura metálica. Asimismo, se analizó la dimensión pretensión y desempeño, considerando como indicadores el nivel de pretensión inicial, la variación de tensiones bajo cargas de diseño, la posible presencia de zonas con pérdida de tensión o arrugas (si el modelo lo permitió) y la demanda transferida hacia bordes y anclajes. Finalmente, se incluyó la dimensión interacción membrana–estructura, registrándose la transferencia de cargas hacia la estructura, las reacciones en anclajes y la compatibilidad de desplazamientos en puntos de borde. Al igual que en la Variable 1, los requisitos se levantaron mediante análisis documental y los resultados se obtuvieron por observación técnica del modelo, dejando evidencia mediante fichas de registro que estandarizó el juicio de cumplimiento.

3.5. Técnica e Instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnica

El análisis documental es una técnica que revisa, selecciona y sistematiza información proveniente de normas, manuales, expedientes, planos, especificaciones y estudios previos, con la finalidad de extraer criterios y parámetros técnicos aplicables al objeto de estudio (Hadi et al., 2023).

En esta investigación, el análisis documental permitió establecer los criterios y parámetros necesarios para definir las acciones gravitacionales, de viento y sísmicas, así como ordenar la caracterización del sistema membrana–estructura en términos de tipología metálica, pretensión, forma, bordes y anclajes, sustentando la base técnica de la propuesta de diseño.

La observación mediante modelamiento es una técnica que representa un sistema en un software especializado para obtener resultados numéricos y gráficos que describen su comportamiento estructural, sin intervenir físicamente el objeto de estudio (Hadi et al., 2023).

En esta investigación, la observación se desarrolló mediante el modelamiento del sistema membrana–estructura, con los cuales se obtuvieron resultados de acciones y respuesta estructural, tales como deformaciones (flecha/L), utilización, pandeo, reacciones en anclajes, y respuesta sísmica global (corte basal, periodo y derivas), que luego se registraron y contrastaron con criterios de resistencia, servicio y estabilidad para sustentar la propuesta de diseño.

3.5.2. Instrumento

La ficha de registro documental es un instrumento que permite recopilar y organizar, de manera sistemática, la información técnica extraída de normas, manuales, expedientes, planos, especificaciones y estudios previos (Hadi et al., 2023).

En esta investigación, la ficha de registro documental se utilizó para consignar los criterios de diseño, parámetros y datos de entrada necesarios para el análisis del sistema membrana–estructura, incluyendo acciones gravitacionales, de viento y sismo, así como aspectos de configuración como tipología metálica, pretensión, forma, bordes y anclajes.

La ficha de observación es un instrumento que registra de forma ordenada los resultados obtenidos durante la observación del comportamiento del sistema mediante modelamiento en software, permitiendo su interpretación y verificación (Hadi et al., 2023).

En esta investigación, la ficha de observación se empleó para registrar los resultados generados por el modelamiento estructural, tales como flecha/L, utilización, pandeo, reacciones en anclajes, corte basal, periodo y derivas, con el fin de contrastarlos con criterios de resistencia, servicio y estabilidad y sustentar la propuesta de diseño.

La validez de contenido de la ficha de registro documental y de la ficha de observación se aseguró mediante juicio de expertos, quienes revisaron la pertinencia, claridad, coherencia y suficiencia de cada ítem respecto al sistema membrana–estructura (tipología metálica, pretensión, forma, bordes y anclajes) y respecto a los resultados esperados del modelamiento (flecha/L, utilización, pandeo, reacciones en anclajes, corte basal, periodo y derivas). Con las observaciones realizadas, se ajustó la redacción de los ítems, se eliminaron duplicidades y se precisaron campos obligatorios de trazabilidad (fuente, código del documento, página/folio y fecha), quedando la versión final lista para su aplicación.

La confiabilidad se sustentó en la estandarización del registro y en la verificación de consistencia de los datos. En la ficha de registro documental, se aplicó un criterio de doble comprobación del vaciado (registro y contraste) para reducir errores de transcripción y asegurar concordancia entre la información extraída y su fuente. En la ficha de observación, se verificó

la repetibilidad de resultados mediante la revisión de salidas del modelamiento estructural, contrastando que los valores reportados fueran consistentes entre corridas del modelo bajo las mismas condiciones de carga y configuración; además, cuando correspondió, se controló la concordancia del registro entre evaluadores para campos categóricos (p. ej., tipología, tipo de anclaje) y la tolerancia de variación para campos numéricos (p. ej., deformaciones, reacciones y derivas), garantizando registros estables y comparables.

3.6. Técnica de análisis de datos

La técnica de análisis de datos se sustentó en el procesamiento y verificación de resultados obtenidos mediante modelamiento estructural. Los resultados se organizaron y resumieron con estadística descriptiva, priorizando máximos, mínimos, promedios y rangos para identificar zonas críticas del sistema. Posteriormente, los valores obtenidos se contrastaron con criterios técnicos de resistencia, servicio y estabilidad, además de revisar la compatibilidad en bordes y anclajes.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis e interpretación de resultados

4.1.1 Determinación de las acciones gravitacionales y de viento de diseño que actúan sobre la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca.

En la Tabla 1 se mostraron las acciones gravitacionales adoptadas para la cubierta, considerando el peso propio de la tensomembrana y la carga viva aplicable a techos con coberturas livianas.

Tabla 1. Acciones gravitacionales adoptadas en techo/cobertura

Acción	Símbolo	Valor	Unidad	Descripción
Carga muerta	W _{pp}	1.50	kg/m ²	Peso propio de la tensomembrana
Carga viva	W _v	30.00	kg/m ²	Carga viva en el techo (0.30 kPa)

Se observó que la carga viva (30.00 kg/m²) fue significativamente mayor que la carga muerta de la membrana (1.50 kg/m²), lo cual fue coherente con el carácter liviano de la cobertura. Asimismo, la carga viva se sustentó en el criterio de 0.30 kPa (30 kgf/m²) para techos con coberturas livianas. Estos valores representaron la demanda vertical de diseño que actuó sobre el sistema (estructura metálica + cobertura). En consecuencia, la definición de W_{pp} y W_v permitió establecer las acciones gravitacionales requeridas por el OE1, sirviendo como base para las combinaciones y verificaciones estructurales posteriores

En la Tabla 2 se sintetizaron los parámetros empleados para obtener la acción de viento, incluyendo la velocidad base, la corrección por altura y la expresión de presión, además de las presiones tipo P1 y P2 aplicadas por dirección del viento.

Tabla 2. *Acciones gravitacionales adoptadas en techo/cobertura*

Ítem	Expresión / Dato	Valor
Velocidad base (mapa isovelocidades)	V	55.00 km/h
Altura de referencia	h	15.00 m
Velocidad de diseño en altura	$V_h = V \cdot (h/10)^{0.22}$	75 km/h
	$Ph = 0.005 \cdot C \cdot V_h^2$	
	+X	28.13 / -25.31 -16.88 / -25.31
Presión de viento	-X	-25.31 / 28.13 -25.31 / -16.88
	+Y	-28.13 / -25.31 -16.88 / 28.13
	-Y	-28.13 / -25.31 -25.31 / -16.88

Se obtuvo la velocidad de diseño $V_h = 75$ km/h a partir de $V = 55.00$ km/h y $h = 15.00$ m mediante la expresión indicada, y luego se formuló la presión con $Ph = 0.005 \cdot C \cdot V_h^2$. En las direcciones $\pm X$ y $\pm Y$ se registraron presiones con signos positivos y negativos (por ejemplo, 28.13, -25.31, -16.88, -28.13 kgf/m²), lo que evidenció la presencia de presión y succión en distintas caras de aplicación. Estos resultados representaron la demanda lateral de viento que condicionó el comportamiento del domo y su cobertura, ya que las combinaciones de P1/P2 por dirección definieron los casos de carga aplicables en el modelo estructural. Por tanto, la

determinación de V , V_h , Ph y las presiones por dirección se vinculó directamente con el OE1, al establecer las acciones de viento necesarias para el diseño.

4.1.2 Caracterización de la configuración del sistema membrana–estructura, en términos de tipología metálica, nivel de pretensión, forma de la tensomembrana y disposición de bordes y anclajes, en la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca

En la Tabla 3 se mostraron los datos geométricos del paño y el criterio que definió el tipo de verificación (biaxial), a partir de la relación entre sus lados.

Tabla 3. Geometría del paño y criterio de diseño

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	Criterio asociado
Lado mayor	la	14.74	m	—
Lado menor	lb	5.87	m	—
Relación geométrica	la/lb	2.51	—	la/lb < 10 ⇒ diseño biaxial

Se identificó que la relación $la/lb = 2.51$ fue menor que 10, por lo que el paño se evaluó mediante diseño biaxial. La relación la/lb evidenció que la membrana trabajó con tracciones relevantes en dos direcciones, y por ello la seguridad del paño dependió de verificaciones simultáneas (no uniaxiales).

En la Tabla 4 se exhibieron las resistencias del tejido y las solicitaciones obtenidas para el paño, incluyendo el efecto de tracción transmitida al sistema soporte.

Tabla 4. Resistencias del tejido y solicitaciones de la membrana

Grupo	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Resistencia	Urdimbre	Tsw	52.00	kN/m
Resistencia	Relleno	Tsf	52.60	kN/m
Solicitud	Tracción transmitida (elemento estructural)	TF	7.07	kN/m
Solicitud	Tracción por deformación	Tfw	7.07	kN/m
Solicitud	Tracción en relleno	Tff	4.02	kN/m

Se observó que las resistencias Tsw y Tsf superaron las solicitudes Tfw y Tff, y que TF representó explícitamente la tracción que se transfirió hacia la estructura soporte. La diferencia entre resistencias y solicitudes indicó que la membrana operó con holgura resistente, y la presencia de TF explicó la interacción mecánica membrana–estructura (la membrana no solo “cubrió”, sino que también “tensionó” el sistema).

En la Tabla 5 se presentaron los resultados de verificación biaxial por casos de combinación (Cc), evidenciándose el cumplimiento de la condición combinada de diseño.

Tabla 5. Verificación biaxial por casos de combinación (síntesis)

Caso	β	Lt	Resultado combinado	Estado
Cc1	0.17	0.75	$10.6692 > 3.27$	Cumplió
Cc2	0.27	0.75	$16.9452 > 11.09$	Cumplió
Cc3	0.33	0.75	$20.7108 > 11.09$	Cumplió
Cc4	0.33	0.75	$20.7108 > 11.09$	Cumplió
Cc5	0.33	0.75	$20.7108 > 11.09$	Cumplió

Se verificó que, en todos los casos, la capacidad combinada superó la demanda biaxial, por lo que el paño cumplió en las combinaciones evaluadas. El cumplimiento confirmó que la membrana seleccionada resistió tracciones biaxiales de forma adecuada bajo los escenarios revisados, lo cual sustentó el diseño de cobertura dentro del sistema membrana–estructura.

En la Tabla 6 se listaron las 10 verificaciones críticas reportadas por el modelo estructural (AISC 360:2016), con sus relaciones de utilización n , para evidenciar el estado resistente del sistema metálico asociado a la cobertura.

Tabla 6. *Listado completo de verificaciones críticas (10) – AISC 360:2016 (RFEM)*

Código	Relación n [-]	Descripción (según listado)
HH0100.00	0.000	Esfuerzos internos insignificantes
DD1100.00	0.103	Tracción (D2)
EE2000.00	0.258	Compresión (E3)
FF3500.00	0.696	Fluencia / flexión
FF5500.00	0.000	Pandeo local (F8)
GG6300.00	0.234	Cortante nominal (G5)
HH7110.00	0.722	Flexión con compresión (H1.1)
HH7120.00	0.483	Flexión con tracción (H1.2)
HH7300.00	0.213	Torsión en HSS (H3.1)
HH7360.00	0.732	Torsión combinada en HSS

Se observó que la relación máxima alcanzó $n = 0.732$ (HH7360.00), seguida por HH7110.00 con $n = 0.722$ y FF3500.00 con $n = 0.696$, por lo que la demanda relativa se concentró en combinaciones con flexión–compresión y torsión combinada. Al mantenerse $n < 1.00$ en todas las verificaciones, el sistema metálico evaluado se interpretó como verificado para los estados de carga analizados, y los mayores valores de n señalaron los modos resistentes más exigidos, útiles para priorizar ajustes de rigidez o sección si se buscó mayor holgura.

4.1.3 Determinación la respuesta sísmica del sistema estructural mediante la evaluación del periodo fundamental, la participación modal y las derivas, en la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre, en el distrito de Nazca.

En la Tabla 7 se mostraron los parámetros sísmicos que se emplearon para el análisis dinámico del sistema, incluyendo zona, uso, suelo, irregularidades y coeficiente de reducción, además de los parámetros de sitio que definieron el espectro.

Tabla 7. *Parámetros sísmicos de entrada para el análisis dinámico*

Parámetro	Símbolo	Valor
Zonificación	Z	0.45
Uso	U	1.50
Tipo de suelo	—	S2
Irregularidad en altura	Ia	1.00
Irregularidad en planta	Ip	1.00
Reducción básica	R0	2.50
Reducción total	R	2.50
Factor de suelo	S	1.05
Periodo de suelo	Tp	0.60 s
Periodo de transición	TL	2.00 s

Con estos valores se definió el marco de demanda sísmica del domo, debido a que el análisis dinámico se sustentó en parámetros de sitio (S , T_p , TL) y en factores globales de diseño (Z , U y R). Esto permitió construir el espectro de respuesta y aplicar la acción sísmica en las direcciones de análisis.

En términos del objetivo, estos parámetros establecieron “qué sismo” se evaluó y bajo qué nivel de desempeño, por lo que constituyeron la base para revisar coherentemente el periodo, la participación modal y las derivas del sistema membrana–estructura.

En la Tabla 8 se exhibió la verificación de masa participativa, donde se registró que la suma alcanzó el 90% en ambas direcciones y se identificaron los valores máximos de participación con su periodo asociado.

Tabla 8. *Verificación de masa participativa y periodo asociado a la mayor participación*

Concepto	Dirección X	Dirección Y
Suma de masa participativa	0.93	0.93
Criterio reportado	“Llega al 90%...”	“Llega al 90%...”
Máx. masa participativa	0.33	0.27
Periodo asociado a la máx. participación	0.10 s	0.10 s

La suma de masa participativa se reportó en 0.93 y se indicó que alcanzó el umbral del 90%, por lo que no se requirió incrementar el número de periodos/modos considerados en el análisis. Además, se identificó el modo más influyente por participación, con periodo asociado de 0.10 s. Esto se relacionó directamente con el objetivo porque aseguró que la respuesta modal representó adecuadamente la inercia del sistema, y que las magnitudes que se revisaron (periodos y derivas) se sustentaron en una base modal “suficiente” según el criterio reportado.

En la Tabla 9 se mostraron los periodos modales iniciales listados en la verificación, que evidenciaron valores del orden de 1.14 s en los primeros modos reportados.

Tabla 9. *Periodos reportados en los primeros modos (extracto)*

Modo	Periodo T (s)
1	1.14
2	1.14
3	1.14
4	1.14
5	1.13
6	1.13

Los periodos de los primeros modos se registraron alrededor de 1.14–1.13 s, mientras que, por separado, el periodo asociado a la mayor masa participativa se reportó como 0.10 s. Por ello, se distinguió entre “periodo de modo inicial listado” y “periodo del modo más representativo por masa”.

Para el objetivo, el periodo fundamental debía quedar claramente definido en el informe final (según el modo 1 o según el modo gobernante por masa, de acuerdo con el criterio que se adoptó en el capítulo). Con lo compartido, ya se contaron ambos registros para sustentar esa decisión.

En la Tabla 10 se presentó el control de distorsiones laterales (derivadas) para sismo dinámico en X e Y, incluyendo desplazamiento máximo reportado, distorsión relativa obtenida, límite y verificación de cumplimiento.

Tabla 10. Control de derivas (distorsión) en direcciones X e Y

Dirección	Caso	Desplazamiento máx. reportado	Distorsión relativa obtenida	Límite	Estado
X	SDx Max X	0.043400 m	0.00680	0.01	Cumple
Y	SDy Max Y	0.043300 m	0.00680	0.01	Cumple

En ambas direcciones se registró una distorsión relativa de 0.00680 frente a un límite de 0.01, con estado “Cumple”, y desplazamientos máximos del orden de 0.043 m. Esto evidenció que, para los niveles con diafragma considerados, la demanda de deriva permaneció dentro del umbral adoptado.

En relación con el objetivo, estas derivas respaldaron que la respuesta lateral del domo no excedió el límite verificado para el análisis dinámico, por lo que el desempeño en servicio/control de desplazamientos resultó consistente con los criterios utilizados en el modelo.

4.1. Discusión

Para el objetivo específico 1, la definición de acciones gravitacionales y de viento se vinculó con el criterio normativo de diferenciar peso propio y carga por uso/mantenimiento, además de caracterizar el viento mediante velocidades de referencia y presiones/succiones por dirección. En los resultados, se adoptaron $W_{pp} = 1.50 \text{ kg/m}^2$ y $W_v = 30.00 \text{ kg/m}^2$ (0.30 kPa), lo que evidenció el predominio de la demanda por mantenimiento sobre el peso propio de la tensomembrana; asimismo, a partir de $V = 55 \text{ km/h}$ y $h = 15 \text{ m}$, se obtuvo $V_h = 75 \text{ km/h}$, y se registraron presiones/succiones representativas como 28.13, -25.31, -16.88 y -28.13 kgf/m^2 según $\pm X$ y $\pm Y$, confirmándose el carácter bidireccional del viento con efectos de presión y succión. En contraste, se estuvo de acuerdo con Carranza (2021), debido a que el procedimiento mantuvo consistencia normativa en la definición de cargas, y los resultados permitieron sostener la hipótesis de que las acciones de diseño quedaron definidas con trazabilidad suficiente para evaluar escenarios críticos del modelo.

Para el objetivo específico 2, la respuesta de la tensomembrana se interpretó como un estado de tracción, donde la relación geométrica l_a/l_b definió el tipo de verificación y la comparación resistencia–solicitud sustentó el cumplimiento. Los resultados reportaron $l_a = 14.74 \text{ m}$, $l_b = 5.87 \text{ m}$ y $l_a/l_b = 2.51$, por lo que el paño se clasificó como biaxial; además, se registraron resistencias del tejido de $T_{sw} = 52.00 \text{ kN/m}$ y $T_{sf} = 52.60 \text{ kN/m}$, frente a solicitudes del orden de $T_F = 7.07 \text{ kN/m}$, $T_{fw} = 7.07 \text{ kN/m}$ y $T_{ff} = 4.02 \text{ kN/m}$, evidenciándose holgura resistente. La verificación por combinaciones se mantuvo en estado “Cumplió” (Cc1–Cc5), por lo que se interpretó que el comportamiento biaxial se sostuvo dentro de la condición combinada adoptada. En contraste, se coincidió con Tejeda et al. (2024), ya que la verificación biaxial y la holgura resistencia–demanda respaldaron una respuesta tensional estable, sin advertirse discrepancias con el enfoque de control tensional descrito por dichos autores.

Para el objetivo específico 3, el desempeño del sistema metálico se verificó mediante controles resistentes y de servicio, complementados con la evaluación dinámica y el control de derivas, siguiendo la secuencia demanda–representación modal–verificación de distorsiones. En los resultados, se reportaron 10 verificaciones y una relación máxima $n = 0.732$, lo que se interpretó como compatibilidad resistente al mantenerse por debajo de la unidad e identificar el control gobernante para priorizar ajustes. En el análisis sísmico, se consignaron parámetros de entrada ($Z = 0.45$, $U = 1.50$, suelo S2, $R = 2.50$, $S = 1.05$, $T_p = 0.60$ s, $T_L = 2.00$ s), una suma de masa participativa de 0.93 en X e Y, periodos iniciales alrededor de 1.14 s, y un control de derivas de $0.00680 < 0.01$ en ambas direcciones, con desplazamientos máximos cercanos a 0.0434 m; por ello, el desempeño en servicio se consideró consistente con el límite adoptado. En contraste, se estuvo de acuerdo con Jolin (2023) en cuanto a que la verificación del diseño permitió optimizar sin comprometer desempeño, se consideró complementario lo señalado por Altinsoy (2021) respecto a esquemas de modelación que ordenaron el proceso, y se incorporó el enfoque de durabilidad indicado por Castro y Maza (2022), dado que el desempeño esperado también se vinculó con criterios de mantenimiento anticorrosivo. En conjunto, la evidencia permitió verificar la hipótesis de que la propuesta mantuvo coherencia entre demanda, respuesta del modelo y criterios de cumplimiento resistentes y de servicio.

En cuanto a las implicancias, la síntesis de acciones (gravitacionales y viento), la clasificación biaxial del paño y la identificación del control gobernante del sistema metálico permitieron sustentar decisiones de diseño con trazabilidad técnica: se priorizaron combinaciones críticas, se justificó la selección del tejido por su margen resistente y se orientaron ajustes de rigidez o sección donde la demanda resultó más exigente; a la vez, el cumplimiento de derivas aportó evidencia de servicio aceptable para el comportamiento global en ambas direcciones.

Respecto a las limitaciones, la discusión se restringió a los casos y valores consignados en el documento de resultados: se interpretaron presiones/succiones representativas sin extenderse a escenarios adicionales no reportados, se consideraron únicamente las combinaciones presentadas para la verificación biaxial (Cc1–Cc5), y se tomaron los registros modales y de derivas tal como se consignaron; en consecuencia, las conclusiones se sustentaron en el alcance documentado y no se extrapolaron a condiciones no evaluadas.

**CAPITULO V:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

5.1. Conclusiones

- Se determinaron las acciones de diseño en la cobertura, adoptándose carga muerta $W_{pp} = 1.50 \text{ kg/m}^2$ (peso propio de la tensomembrana) y carga viva $W_v = 30.00 \text{ kg/m}^2$ (0.30 kPa). Para viento, se empleó $V = 55 \text{ km/h}$, con $h = 15 \text{ m}$ y $V_h = 75 \text{ km/h}$, obteniéndose presiones direccionales del orden de ± 28.13 , ± 25.31 y ± 16.88 .
- Se caracterizó el paño principal con $l_a = 14.74 \text{ m}$ y $l_b = 5.87 \text{ m}$, por lo que $l_a/l_b = 2.51$ (< 10) y el comportamiento se evaluó como biaxial. El tejido se verificó con resistencias $T_{sw} = 52.00 \text{ kN/m}$ y $T_{sf} = 52.60 \text{ kN/m}$, cumpliéndose las verificaciones en los casos Cc1–Cc5. Para el sistema soporte asociado (brida/elementos críticos del modelo), se registraron 10 verificaciones AISC 360-16, con relación máxima $n = 0.732$ (< 1.00), evidenciando cumplimiento resistente en los controles críticos reportados.
- Se evaluó la respuesta sísmica con parámetros del análisis dinámico (por ejemplo $Z = 0.45$, $U = 1.50$, suelo S2, $R = 2.50$), verificándose que la masa participativa llegó al 90%, con máximos de 0.33 (X) y 0.27 (Y) y periodo asociado 0.10 s. Además, el listado modal mostró periodos iniciales cercanos a 1.14 s, y el control de distorsión cumplió con deriva $0.00680 < 0.01$, registrándose desplazamientos máximos de aproximadamente 0.0434 m (X) y 0.0433 m (Y).

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda al equipo proyectista estructural sustentar y documentar la adopción de cargas muertas, vivas y sus combinaciones conforme a la Norma E.020 (RNE), incorporando el respaldo del peso propio real de la membrana (fichas técnicas del fabricante) y de los elementos permanentes asociados a la cobertura. De este modo, se evitarán subestimaciones que puedan comprometer el dimensionamiento de miembros y conexiones.
- Se recomienda a la empresa fabricante/instaladora de la tensomembrana y al proyectista definir de forma explícita el nivel de pretensión por direcciones principales como parámetro de diseño, incorporarlo en el modelo no lineal y controlarlo en obra mediante un procedimiento formal de montaje y verificación. Para ello, se deberá establecer la secuencia de tensado, las tolerancias y el control de deformaciones como criterios de aceptación.
- Se recomienda al equipo de análisis sísmico verificar que el análisis dinámico cumpla los requisitos de representatividad modal (masa participativa suficiente) y que los resultados del espectro estén correctamente escalados y contrastados con los mínimos exigibles de la Norma E.030 (RNE), incluyendo el control de derivas según los límites aplicables al sistema estructural y al uso. Asimismo, se sugiere explicitar los supuestos de modelación (rigidez, diafragmas, masas y aportes de la cobertura) para asegurar una interpretación consistente del período fundamental y de las derivas.

**CAPITULO VI:
REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

Altınsoy, Z. (2021). *Investigation of initial construction stages of incrementally launched post-tensioned concrete box bridges* [Tesis de maestría, Middle East Technical University].

American Institute of Steel Construction. (2022). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings* (ANSI/AISC 341-22).

<https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/a341-22w.pdf>

American Institute of Steel Construction. (2022). *Specification for Structural Steel Buildings* (ANSI/AISC 360-22).

<https://www.aisc.org/globalassets/product-files-not-searched/publications/standards/a360-22w.pdf>

American Society of Civil Engineers. (2016). *ASCE/SEI 55-16: Tensile Membrane Structures*. ASCE.

<https://sp360.asce.org/personifyebusiness/Merchandise/Product-Details/productId/233135208>

American Society of Civil Engineers. (2022). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures* (ASCE/SEI 7-22).

<https://doi.org/10.1061/9780784415788>

American Society of Civil Engineers. (2022). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures* (ASCE/SEI 7-22).

<https://ascelibrary.org/doi/book/10.1061/9780784415788>

ANDINA. (2024). *Cuidado: vientos de hasta 46 km por hora soportará la costa de Ica desde este lunes*.

<https://andina.pe/ingles/noticia-cuidado-vientos-hasta-46-km-hora-soportara-costa-ica-desde-este-lunes-981874.aspx> Andina

Andina. (2025). *Senamhi: viento alcanzó velocidad de 50 km/h en Nasca y afectó tres horas a región Ica*. <https://andina.pe/agencia/noticia-senamhi-viento-alcanzo-velocidad-50kmh-nasca-y-afecto-tres-horas-a-region-ica-1039358.aspx>

Arias Gonzáles, J. L. y Covinos Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. ENFOQUES Consulting EIRL. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf

Asadi, H., Uhlemann, J., Stranghoener, N., & Ulbricht, M. (2024). Mechanical Property Characterization of Architectural Coated Woven Fabrics Subjected to Freeze–Thaw Cycles. *Textiles*, 4(1), 26–39. <https://doi.org/10.3390/textiles4010003>

Bandaru, A. K., et al. (2022). Mechanical properties of polytetrafluoroethylene coated glass fabrics: Influence of weave pattern and coating percentage. <https://doi.org/10.1177/15280837221107165>

Carranza Carranza, J. M. (2021). *Diseño estructural de una nave industrial para mejorar estándares de almacenamiento de concentrados de mineral en la unidad minera Toma La Mano, Carhuaz - 2021* [Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Privada del Norte].

Castro Timaná, R. de los M., y Maza García, C. E. (2022). *Diseño estructural de techo de estructura metálica en la losa deportiva Jiménez-Malingas-Piura, 2022* [Tesis de título profesional, Universidad César Vallejo].

CEN. (2024). *CEN/TS 19102:2024 (tensioned membrane structures — technical specification)*. <https://www.en-standard.eu/sist-ts-cen-ts-19102-2024-tensioned-membrane-structures/>

-
- Chen, Z., & Liu, C. (2024). Wind-induced response of saddle membrane structure under typhoon wind field by WRF and CFD. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2024.112445>
- Chen, Z., Liu, C., Li, D., Liu, J., Deng, X., Luo, C., y Zhou, G. (2024). Study on wind-induced dynamic response and statistical parameters of skeleton supported saddle membrane structure in arching and vertical direction. *Buildings*, *14*, 1339. <https://doi.org/10.3390/buildings14051339>
- Comitti, A., Vijayakumaran, H., Nejabatmeimandi, M. H., Seixas, L., Cabello, A., Misseroni, D., Penasa, M., Paech, C., Bessa, M., Bown, A. C., Dal Corso, F., y Bosi, F. (2024). Ultralight membrane structures toward a sustainable environment. En A. Bahrami (Ed.), *Sustainable Structures and Buildings* (pp. 17–37). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-46688-5_2
- CORPAC. (2025). *CORPAC suspende vuelos en Pisco y Nasca por fuertes vientos con arena*. <https://www.gob.pe/institucion/corpac/noticias/1231870-corpac-suspende-vuelos-en-pisco-y-nasca-por-fuertes-vientos-con-arena>
- De Souza, M. S. V., & Pauletti, R. M. O. (2024). A computational framework for the design of tensile structures. *Advances in Computational Science and Engineering*, *2*(1), 37–72. <https://doi.org/10.3934/acse.2024005>
- De Souza, M. S. V., y Pauletti, R. M. O. (2024). A computational framework for the design of tensile structures. *Advances in Computational Science and Engineering*, *2*(1), 37–72. <https://doi.org/10.3934/acse.2024005>
- Dutta, S., et al. (2021). Form-finding of frame-supported tensile membrane structures using stochastic optimisation. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352012421002836>
-

-
- Estephan, J., Feng, C., Chowdhury, A. G., Chavez, M., Baskaran, A., & Moravej, M. (2021). Characterization of wind-induced pressure on membrane roofs based on full-scale wind tunnel testing. *Engineering Structures*, 235, 112101. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112101>
- European Commission, Joint Research Centre. (2023). *Prospect for European guidance for the structural design of membrane structures*. Publications Office of the European Union. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC132615>
- Fang, Y., Zhao, B., Chen, W., Gao, C., Li, X., Zhang, D., & Li, C. (2024). Fluid-structure interaction analysis of large-span air-supported membrane structures under typhoon conditions. *Physics of Fluids*, 36(11), 115163. <https://doi.org/10.1063/5.0229013>
- Gu, Z., Wu, X., Feng, L., Sun, Y., Cheng, Z., Qian, W., & Gong, H. (2024). Seismic Response Analysis and Damage Calculation of Long-Span Structures with a Novel Three-Dimensional Isolation System. *Buildings*, 14(6), 1715. <https://doi.org/10.3390/buildings14061715>
- Guo, Q., Huang, Y., Xu, M., Huang, Q., Cheng, J., Yu, S., Zhang, Y., y Xiao, C. (2022). PTFE porous membrane technology: A comprehensive review. *Journal of Membrane Science*, 664, 121115. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2022.121115>
- Hadi Mohamed, M. M., Martel Carranza, C. P., Huayta Meza, F. T., Rojas León, C. R. y Arias Gonzáles, J. L. (2023). *Metodología de la investigación: Guía para el proyecto de tesis*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.073>
-

Hincz, K., Pool-Blanco, S. J., & Balczó, M. (2025). Wind analysis of a multispan arch-supported tensile membrane structure. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 265, 106181. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2025.106181>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2025). *Boletín mensual: Indicadores de precios de la economía N° 07-2025-INEI*. https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1728/Libro64.pdf

Jolin García, V. M. (2023, septiembre). *Diseño y cálculo de una nave industrial y modelado de las uniones mediante elementos finitos* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Málaga].

Kandel, A., Sun, X., & Wu, Y. (2022). Wind tunnel experiment on rectangular-shaped arch-supported membrane structures. *Structures*, 41, 1515–1531. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.05.086>

Li, D., Lu, L., Huang, H., Qiu, Y., Deng, X., y Liu, C. (2024). Investigation on typhoon-induced aero-elastic response of membrane structures by wind tunnel test and numerical simulation. *Journal of Building Engineering*, 98, 110996. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2024.110996>

Marbaniang, A. L., Kabasi, S., & Ghosh, S. (2024). Interactive exploration of tensile membrane structures for conceptual and optimal design. *Structures*, 60, 105983. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.105983>

Milošević, V., Marchwiński, J., & Lucchi, E. (2025). Strain Analysis of Membrane Structures for Photovoltaic Integration in Built Environment. *Sustainability*, 17(3), 1041. <https://doi.org/10.3390/su17031041>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones* – Norma E.020: Cargas.

<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

Rizzo, F., et al. (2023). Dynamics of a Flexible Roof Test Model under Ambient Vibrations: Measurements. *Applied Sciences*, 13(7), 4135. <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/7/4135>

Rosa, R. J., y Hincz, K. (2025). Investigation of wind loading on a multi-span anticlastic tensile membrane surface: A CFD approach. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*.. <https://doi.org/10.3311/PPci.41175>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2024). *Aviso meteorológico vigente: incremento de viento en la costa (hasta 46 km/h en Ica)*. <https://www.senamhi.gob.pe/?a=2024&b=14922&c=00&d=SENA&p=aviso-meteorologico-vigente>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2024). *Boletín mensual de vigilancia de la radiación UV (Valle de Ica)*. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/03202SENA-99.pdf>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2025). *Boletín Vigilancia de la Radiación UV en ciudades del país – Febrero 2025*. <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/informes-publicaciones/6607901-boletin-vigilancia-de-la-radiacion-uv-en-ciudades-del-pais-febrero-2025>

-
- Song, W., Liu, H., & Yu, H. (2024). Probabilistic Evaluation Method of Wind Resistance of Membrane Roofs Based on Aerodynamic Stability. *Buildings*, 14(12), 3725. <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/12/3725>
- Stasac, C.-O., Tomse, A.-D., Costea, T. O., Bandici, L., Arion, M.-N., y Hathazi, F.-I. (2025). Accelerated aging process of carbon black-reinforced PVC (CB-PVC) insulation by UVB-induced chemical degradation. *Processes*, 13, 1844. <https://doi.org/10.3390/pr13061844>
- Stranghöner, N., et al. (2023). *Prospect for European Guidance for the Structural Design of Tensile Membrane Structures* (JRC report). <https://doi.org/10.2760/24763>
- Tejeda Arias, A. P., Curinuqui Yahuarcani, F. O., Zamora Maluquis, E. D., Macedo Pinedo, I., Ydrogo Arévalo, J. A., y Del Aguila Paredes, K. K. (2024, junio). *Estructura tensada* [Informe de seminario, Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Arquitectura]
- Wang, X., et al. (2022). Estimation of wind-induced responses of large membrane roofs considering nonlinear motion-induced aerodynamic forces. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2022.105053>
- Xu, J., Zhang, Y., & Yu, Q. (2022). Analysis and design of fabric membrane structures: A systematic review on material and structural performance. *Thin-Walled Structures*, 170, 108619. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2021.108619>
- Xu, J., Zhang, Y., Yu, Q., y Zhang, L. (2022). Analysis and design of fabric membrane structures: A systematic review on material and structural performance. *Thin-Walled Structures*, 170, 108619. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2021.108619>

Zhan, P., Xue, S., Li, X., Sun, G., & Ma, R. (2024). Seismic Assessment of Large-Span Spatial Structures Considering Soil–Structure Interaction (SSI): A State-of-the-Art Review. *Buildings*, 14(4), 1174. <https://doi.org/10.3390/buildings14041174>

Zhu, S., Guo, R., Jin, X., Ma, X., Zhou, J., y An, N. (2024). Form finding of cable-membrane structures with flexible frames: Finite element implementation and application to surface accuracy analysis of umbrella-like rib-mesh reflectors. *Advances in Engineering Software*, 198, 103789. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2024.103789>

CAPÍTULO VII: ANEXOS

Anexo 01- Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de medición
Estructura metálica (65 m)	Sistema portante de acero conformado por elementos (vigas, columnas, cerchas/arcos, arriostres y uniones) que resiste y transmite acciones a los apoyos, garantizando estabilidad, resistencia y servicio en una luz libre de 65 m (AISC, 2022).	Se operativiza determinando las acciones gravitacionales y de viento de diseño que actúan sobre el sistema y describiendo la configuración del sistema membrana-estructura a partir de su tipología metálica y características geométricas principales. Luego, se cuantifica la respuesta estática ante las cargas de diseño, registrando la relación flecha/L, la utilización de elementos, la verificación de pandeo y las reacciones en anclajes. Finalmente, se evalúa la respuesta sísmica del sistema mediante el corte basal, el periodo fundamental y las derivas máximas.	Acciones gravitacionales y de viento de diseño	Carga muerta total (D)	Ficha de registro documental	Razón
				Sobrecarga de uso/mantenimiento (L) (si aplica al proyecto)	Ficha de registro documental	Razón
				Presión/succión de viento de diseño por zonas y resultantes	Ficha de registro documental	Razón
			Configuración del sistema membrana-estructura	Tipología metálica del sistema resistente (p. ej., cercha/arco/pórtico/reticulado)	Ficha de registro documental	Nominal
				Parámetros geométricos del sistema metálico (peralte, modulación, separación, longitudes)	Ficha de registro documental	Razón
				Periodo fundamental T	Ficha de observación	Razón
				Derivas máximas	Ficha de observación	Razón
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Instrumento	Escala de medición
Cobertura de tensomembrana	Sistema de cubierta liviana de membrana flexible que trabaja principalmente a tracción y	Se operativiza determinando las acciones gravitacionales y de viento de diseño aplicables a la cobertura y caracterizando la configuración del sistema membrana-estructura en	Acciones gravitacionales y de viento de diseño	Presión/succión de viento aplicada sobre la membrana (por zonas)	Ficha de registro documental	Razón
				Peso propio de membrana y accesorios permanentes	Ficha de registro documental	Razón

<p>estabiliza su geometría mediante pretensión y elementos de borde, conectándose a la estructura a través de anclajes (AISC, 2022).</p>	<p>términos de nivel de pretensión, forma de la tensomembrana y disposición de bordes y anclajes. Posteriormente, se cuantifica la respuesta estática ante las cargas de diseño a través de las reacciones en anclajes y los desplazamientos en puntos de anclaje asociados a la compatibilidad del sistema. Finalmente, se examina la respuesta sísmica del conjunto mediante la demanda expresada en corte basal, periodo fundamental y derivas, considerando su efecto en la interfaz de anclaje.</p>	<p>Configuración del sistema membrana-estructura</p>	<p>Forma de la tensomembrana (tipo de superficie)</p>	<p>Ficha de registro documental</p>	<p>Nominal</p>
			<p>Parámetros geométricos de la forma (alturas, sag/curvatura representativa)</p>	<p>Ficha de registro documental</p>	<p>Razón</p>
			<p>Nivel de pretensión inicial (direcciones principales)</p>	<p>Ficha de observación</p>	<p>Razón</p>
		<p>Respuesta sísmica</p>		<p>Tipo y disposición de bordes (cables/refuerzos)</p>	<p>Ficha de registro documental</p>
<p>Derivas del sistema (demanda transmitida a la interfaz de anclajes)</p>	<p>Ficha de observación</p>			<p>Razón</p>	

Anexo 02- Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
	General	General		
	¿Cuál es el análisis y la propuesta de diseño de estructura metálica con luz libre de 65 metros y cobertura de tensomembrana, distrito de Nazca?	Analizar y proponer el diseño de la estructura metálica con luz libre de 65 metros y cobertura de tensomembrana, distrito de Nazca.		
	Específicos	Específicos		
	¿Cuáles son las acciones gravitacionales y de viento de diseño que actúan sobre la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca?	Determinar las acciones gravitacionales y de viento de diseño que actúan sobre la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca.	La propuesta de diseño permite que la estructura metálica con cobertura de tensomembrana cumpla los criterios de seguridad estructural frente a acciones gravitacionales, viento y sismo, evidenciándose mediante verificaciones resistentes y control de derivas dentro de los límites adoptados, en una estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre, en el distrito de Nazca.	Variable 1: Estructura metálica
Analisis y propuesta de diseño de estructura metálica con luz libre de 65 metros y cobertura de tensomembrana, distrito de Nazca	¿Cómo se caracteriza la configuración del sistema membrana–estructura en términos de tipología metálica, nivel de pretensión, forma de la tensomembrana y disposición de bordes y anclajes en la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca?	Caracterizar la configuración del sistema membrana–estructura, en términos de tipología metálica, nivel de pretensión, forma de la tensomembrana y disposición de bordes y anclajes, en la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre en el distrito de Nazca.		
	¿Cuál fue la respuesta sísmica del sistema estructural en términos de periodo fundamental, participación modal y derivas, en la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre, en el distrito de Nazca?	Determinar la respuesta sísmica del sistema estructural mediante la evaluación del periodo fundamental, la participación modal y las derivas, en la estructura metálica con cobertura de tensomembrana de 65 m de luz libre, en el distrito de Nazca.		Variable 2: Cobertura de tensomembrana



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

***PREDIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS
ESTRUCTURALES***

PREDIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA GENERAL (ELEMENTOS DE CONCRETO).

1.0 Formulas predominantes.

Area de la columna

$$A_{col} = (\lambda \cdot P_g) / (\eta \cdot f'c)$$

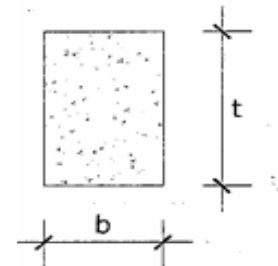
Acol: Área requerida para la sección de la columna.

λ : Factor landa, adimensional.

P_g : Carga en servicio presente en la columna.

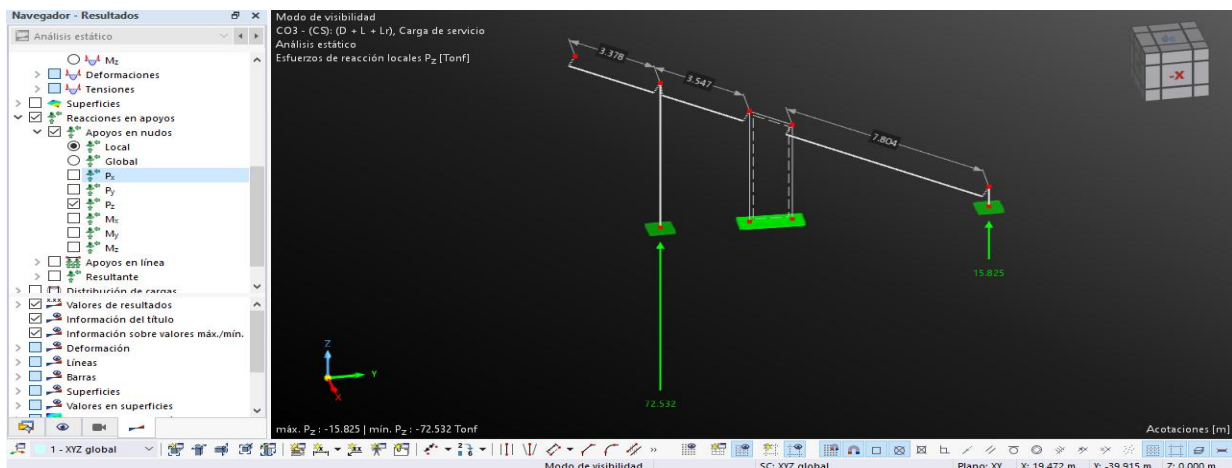
η : Factor adimensional.

$f'c$: Resistencia a la compresión del concreto.



2.0 Predimensionamiento.

2.1 Columna centrada apoyada en la parte trasera del pórtico.



Tipo de columna:

Carga en servicio presente en la columna (P_g):

Resistencia a la compresión del concreto ($f'c$):

Factor adimensional (λ):

Factor adimensional (η):

Área requerida para la sección de la columna (A_{col}):

Dimensión mínima de columna, asumiendo que sea cuadrado:

Dimensión propuesta en dirección x (l_x):

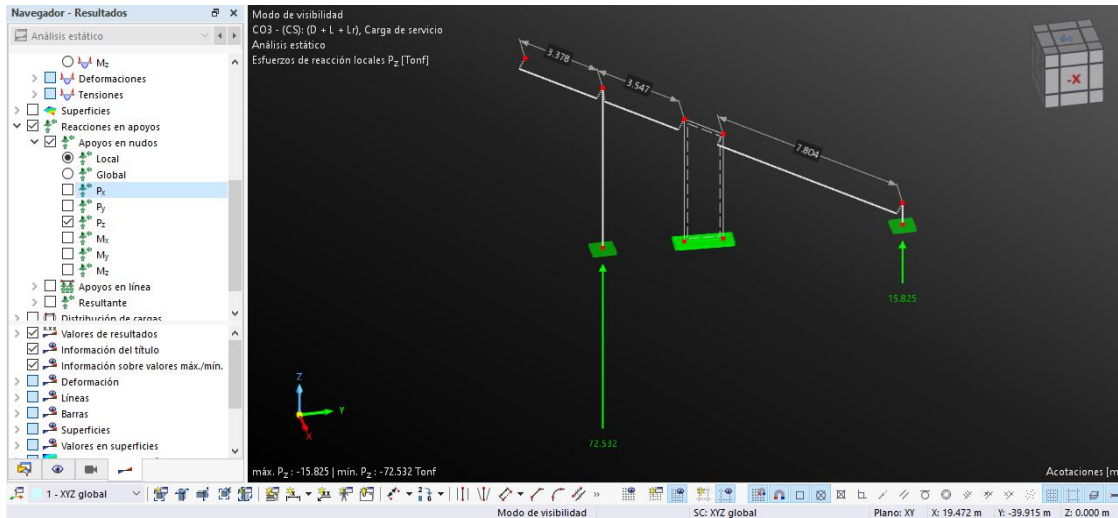
Dimensión propuesta en dirección y (l_y):

Area propuesta para la sección de la columna (A_{colp}), ok!

Central -
72,532.00 kgf
280.00 kgf/cm²
 1.10 -
 0.30 -
 949.82 cm²
 30.82 cm
40.00 cm
40.00 cm
 1,600.00 cm²

Las dimensiones propuestas para la columna son de: 0.40 x 0.40 m.

2.2 Columna centrada apoyada en la parte delantera del pórtico.



Tipo de columna:

Carga en servicio presente en la columna (P_g):

Resistencia a la compresión del concreto (f'_c):

Factor adimensional (λ):

Factor adimensional (η):

Área requerida para la sección de la columna (A_{col}):

Dimensión mínima de columna, asumiendo que sea cuadrado:

Dimensión propuesta en dirección x (l_x):

Dimensión propuesta en dirección y (l_y):

Area propuesta para la sección de la columna (A_{colp}), ok!

Central -

15,825.00 kgf

280.00 kgf/cm²

1.10 -

0.30 -

207.23 cm²

14.40 cm

40.00 cm

40.00 cm

1,600.00 cm²

Las dimensiones propuestas para la columna son de: 0.40 x 0.40 m.

PREDIMENSIONAMIENTO DE VIGAS	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA GENERAL (ELEMENTOS DE CONCRETO).

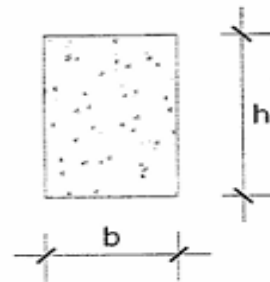
1.0 Formulas predominantes.

Peralte de vigas principales.

$$h = l_n / a$$

h: Peralte de la viga principal.

a: Factor denominador.



Factor denominador (a).

$$S/C \leq 200 \text{ kg/cm}^2, a = 12$$

$$200 < S/C \leq 350 \text{ kg/cm}^2, a = 11$$

$$350 < S/C \leq 600 \text{ kg/cm}^2, a = 10$$

$$600 < S/C \leq 750 \text{ kg/cm}^2, a = 9$$

S/C: Sobrecarga presente en la losa.

Ancho de la viga.

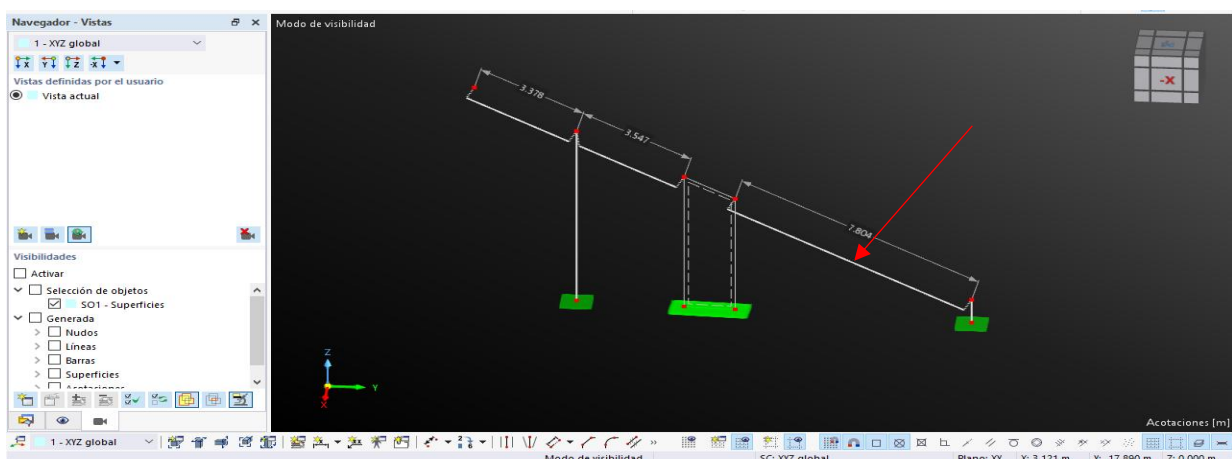
$$b = B / 20 \geq 25 \text{ cm}$$

b: Ancho de la viga.

B: Ancho tributario.

2.0 Predimensionamiento.

2.1 Viga típica en apoyada de gradería.



Luz libre del elemento (l_n):

7.80 m

Sobrecarga presente en la losa (S/C):

500.00 kg/cm²

Ancho tributario (B):

- m

Peralte de la viga principal (h):

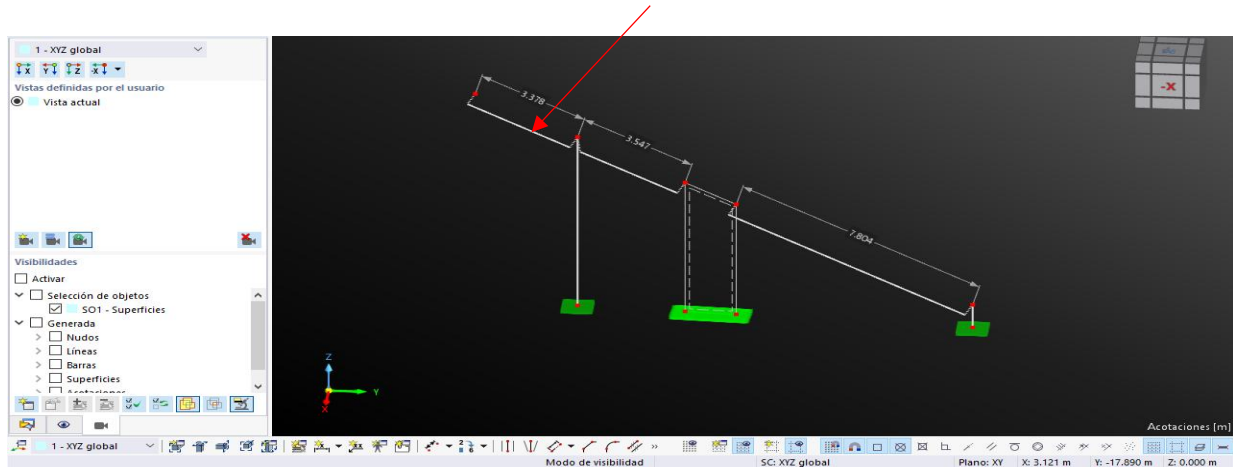
0.78 m

Ancho de la viga (b):

- m

Las dimensiones propuestas para la viga son de: 0.40 x 1.00 m.

2.1 Viga típica en voladizo de gradería.



Luz libre del elemento (ln):

3.38 m

Sobrecarga presente en la losa (S/C):

500.00 kg/cm²

Ancho tributario (B):

- m

Peralte de la viga principal (h):

0.34 m

Ancho de la viga (b):

- m

Las dimensiones propuestas para la viga son de: 0.40 x 1.00 m.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

CARGAS PRESENTES EN LA ESTRUCTURA

CARGAS MUERTAS Y VIVAS PRESENTES EN LA ESTRUCTURA	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA GENERAL (ESTRUCTURA DE CONCRETO).

1 Cargas muertas presentes en la estructura.

1.1 Carga muertas.

1.1.1 Carga debido al paso y contrapaso de graderia.

hc	0.25	m	Altura de contrapaso de gradería
lp	0.17	m	Longitud de paso de contrapaso
yc	2400.00	kg/m ³	Peso específico del concreto
Wcpc	51.00	kg/m ²	Carga debido al peso del concreto encima de la escalera

1.1.2 Carga debido a los acabados y tuberías.

Existe carga adicional para lo correspondiente a los acabados de la graderías (pulido, etc), y además también para lo correspondiente a la parte de las tuberías que van empotradas en el concreto, ya sea usado para instalación sanitaria o eléctrica, se estima una carga de:

Wat	150.00	kg/m ²	Carga debido al peso de los acabados y tuberías
------------	--------	-------------------	---

1.2 Carga vivas.

Según la tabla 1 de cargas mínimas repartidas (E0.20), para lugares de asamblea, graderías y tribunas se considera una carga de:

Lugares de Asamblea	
Con asientos fijos	3,0 (300)
Con asientos movibles	4,0 (400)
Salones de baile, restaurantes, museos, gimnasios y vestíbulos de teatros y cines.	4,0 (400)
Graderías y tribunas	5,0 (500) ←
Corredores y escaleras	5,0 (500)

Wv	500.00	kg/m ²	Carga viva presente en gradería
-----------	--------	-------------------	---------------------------------

CALCULO DE CARGAS DE VIENTO EN ESTRUCTURAS METÁLICAS	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA GENERAL (ESTRUCTURA METALICA).

1 Obtención de la carga de viento en estructuras.

1.1 Clasificación de la edificación.

Lo primero a tener en consideración para la obtención de las cargas de viento en una edificaciones es la clasificación de las estructuras, en este caso se clasifica en 3 tipos:

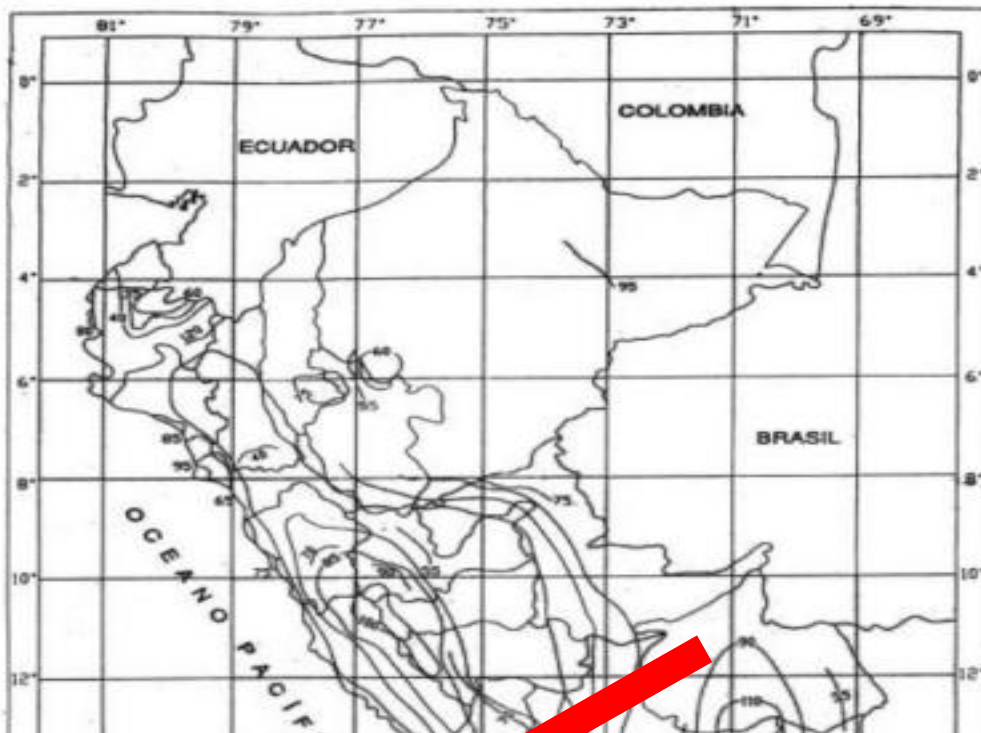
Tipo **3** - Tipo de la edificación.

Edificaciones que representan problemas aerodinámicos especiales tales como domos, arcos, antenas, chimeneas esbeltas y cubiertas colgantes (extensión de las del tipo 1, pero más altas, de más de 12 m).

1.2 Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación según el anexo 2 pero no menos de 75 km/h. La velocidad de diseño del viento en cada altura de la edificación se obtendra de la siguiente expresion:

$$V_h = V \cdot (h / 10)^{0.22}$$





- V** 55.00 km / h Velocidad obtenida del mapa de iso velocidades.
- h** 15.00 m Altura sobre el nivel de terreno.
- Vh** 75 km / h Velocidad de diseño en la altura h.

1.3 Carga del viento.

La carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la su

1.3.1 Unica dirección del viento.

1.3.1.1 Factor adimensional C (Pegada del viento).

Superficies inclinadas entre 15° y 60°.

- Cb1** 0.70 - Factor adimensional, barlovento.
- Cb2** -0.30 - Factor adimensional, barlovento.
- Cs** -0.60 - Factor adimensional, sotavento.

Se esta considerando la carga interior de viento, entonces los factores son:

- Cb1** 1.00 - Factor adimensional, barlovento.
- Cb2** -0.60 - Factor adimensional, barlovento.
- Cs** -0.90 - Factor adimensional, sotavento.

1.3.1.2 Factor adimensional C (Dirección paralela al viento).

Superficies verticales o inclinadas (placas o curvas) paralelas al a dirección del viento.

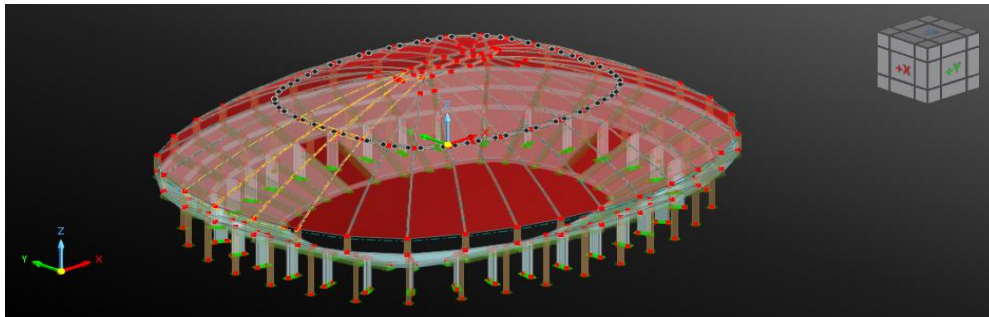
- Cb1** 0.70 - Factor adimensional, barlovento.
- Cb2** - - Factor adimensional, barlovento.
- Cs** -0.70 - Factor adimensional, sotavento.

Se esta considerando la carga interior de viento, entonces los factores son:

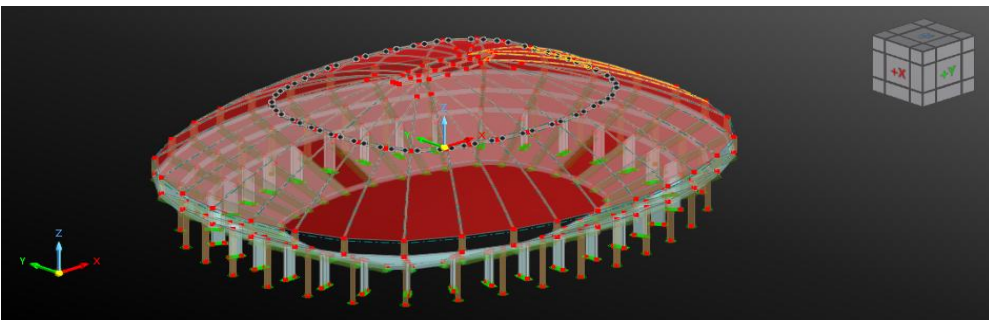
- Cb1** 1.00 - Factor adimensional, barlovento.
- Cb2** - - Factor adimensional, barlovento.
- Cs** -1.00 - Factor adimensional, sotavento.

1.3.1.2 Presión del viento.

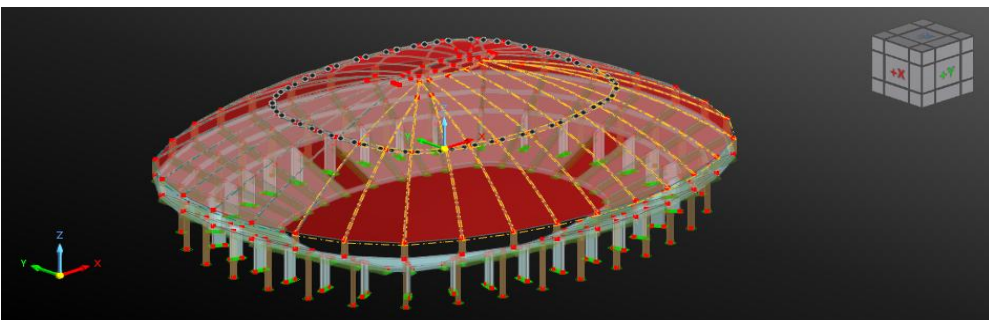
$$Ph = 0.005 \cdot C \cdot Vh^2$$



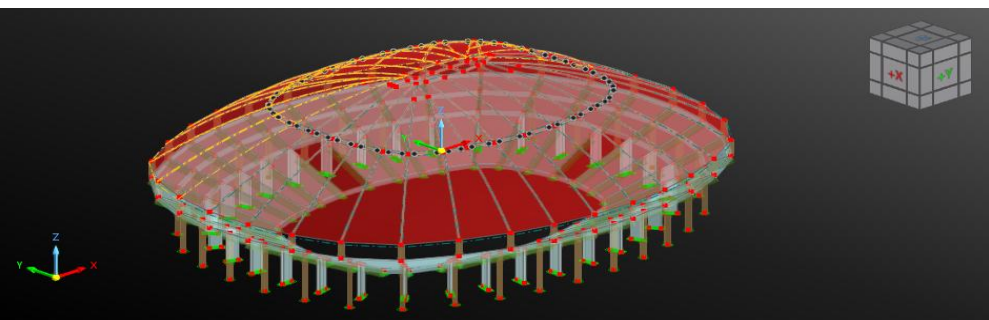
Cara 1



Cara 2



Cara 3



Cara 4

1.3.1.2.1 Dirección +X.

Aplicación en cara 1

P1	28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-16.88	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 2			
P1	-25.31	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-25.31	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 3			
P1	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 4			
P1	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 2.

1.3.1.2.2 Dirección -X.

Aplicación en cara 1			
P1	-25.31	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-25.31	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 2			
P1	28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-16.88	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 3			
P1	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 4			
P1	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 2.

1.3.1.2.3 Dirección +Y.

Aplicación en cara 1			
P1	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 2			
P1	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 3			
P1	28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-16.88	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 4			
P1	-25.31	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-25.31	kgf / m ²	Presión tipo 2.

1.3.1.2.4 Dirección -Y.

Aplicación en cara 1			
P1	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 2			
P1	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-28.13	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 3			
P1	-25.31	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-25.31	kgf / m ²	Presión tipo 2.
Aplicación en cara 4			
P1	28.13	kgf / m ²	Presión tipo 1.
P2	-16.88	kgf / m ²	Presión tipo 2.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

COMBINACIONES DE CARGA

CASOS Y COMBINACIONES DE CARGA	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA GENERAL (ESTRUCTURA DE CONCRETO).

1 Casos de carga para el tipo de estructura.

D: Carga permanente.

E : Carga sísmica.

F: Carga por fluidos con presiones bien definidas y alturas máximas.

H: Cargas por empuje lateral de tierras, presión de agua subterránea o presión de materiales a granel.

L: Sobrecarga de uso.

Lr: Sobrecarga de uso en cubierta.

R: Carga de lluvia.

S: Carga de nieve.

T: Temperatura, retracción, fluencia, etc.

W: Carga de viento.

P: Pretensado.

2 Combinaciones de carga.

2.1 Combinaciones por resistencia (AISC Cap. 5).

$$1.4D + 1.0T + 1.4F + 1.6H + 1.0P$$

$$1.2D + 1.6L + 0.5(Lr \text{ or } S \text{ or } R) + 1.0T + 1.2F + 1.6H + 1.0P$$

$$1.2D + 1.6(Lr \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.5W) + 1.0T + 1.2F + 1.6H + 1.0P$$

$$1.2D + 1.0W + 1.0L + 0.5(Lr \text{ or } S \text{ or } R) + 1.0T + 1.2F + 1.6H + 1.0P$$

$$1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S + 1.0T + 1.2F + 1.6H + 1.0P$$

$$0.9D + 1.0W + 1.0T + 1.6H + 1.0P$$

$$0.9D + 1.0E + 1.0T + 1.6H + 1.0P$$

2.1.2 Para estructuras de concreto (E0.60).

$$1.4D + 1.7(L + Lr)$$

$$0.9D$$

$$0.9D + E$$

$$0.9D - E$$

$$1.25D + 1.25(L + Lr)$$

$$1.25D + 1.25(L + Lr) + E$$

$$1.25D + 1.25(L + Lr) - E$$

2.2 Combinaciones por servicio.

$D + L + Lr$

2.3 Combinaciones para verificación de cimentación.

- $D + L$
- $D + L + 0.80E$
- $D + L - 0.80E$



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

ESTIMACION DE PESO SISMICO

ESTIMACION DEL PESO SISMICO	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA GENERAL (ESTRUCTURA DE CONCRETO).

1 Definición general de peso sísmico.

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

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

U	1.50	-	Factor de uso.
Cat	A	-	Categoría de la edificación.
Pcm	100	%	Porcentaje de carga muerta.
Pcv	50	%	Porcentaje de carga viva.
Pcvt	25	%	Porcentaje de carga viva de techo.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

PRIMERA VERIFICACION DE MASA PARTICIPATIVA

Modal	511	0.04	0.00	0.00	0.00	0.91	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.55	0.95
Modal	512	0.04	0.00	0.00	0.00	0.91	0.93	0.00	0.00	0.01	0.00	0.61	0.55	0.95
Modal	513	0.04	0.00	0.00	0.00	0.91	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.55	0.95
Modal	514	0.04	0.00	0.00	0.00	0.91	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.55	0.95
Modal	515	0.04	0.00	0.00	0.00	0.91	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.55	0.95
Modal	516	0.04	0.01	0.00	0.00	0.92	0.93	0.00	0.00	0.01	0.00	0.61	0.56	0.95
Modal	517	0.04	0.00	0.00	0.00	0.92	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.56	0.95
Modal	518	0.04	0.00	0.00	0.00	0.92	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.56	0.95
Modal	519	0.04	0.00	0.00	0.00	0.92	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.56	0.95
Modal	520	0.04	0.00	0.00	0.00	0.92	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.56	0.95
Modal	521	0.04	0.00	0.00	0.00	0.92	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.57	0.95
Modal	522	0.04	0.00	0.00	0.00	0.92	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.57	0.95
Modal	523	0.04	0.00	0.01	0.00	0.92	0.93	0.00	0.01	0.00	0.00	0.62	0.57	0.95
Modal	524	0.04	0.01	0.00	0.00	0.93	0.93	0.00	0.00	0.02	0.00	0.62	0.58	0.95
Modal	525	0.04	0.00	0.00	0.00	0.93	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.58	0.95
Suma			0.93	0.93										

1.1 Verificación de la suma de masa participativa en las dos direcciones.

La suma de la masa participativa en x :

Llega al 90%, no es necesario aumentar mas periodos de vibración

La suma de la masa participativa en y :

Llega al 90%, no es necesario aumentar mas periodos de vibración

1.2 Mayor masa participativa en x.

Luego de verificar la masa participativa, veremos la masa participativa.

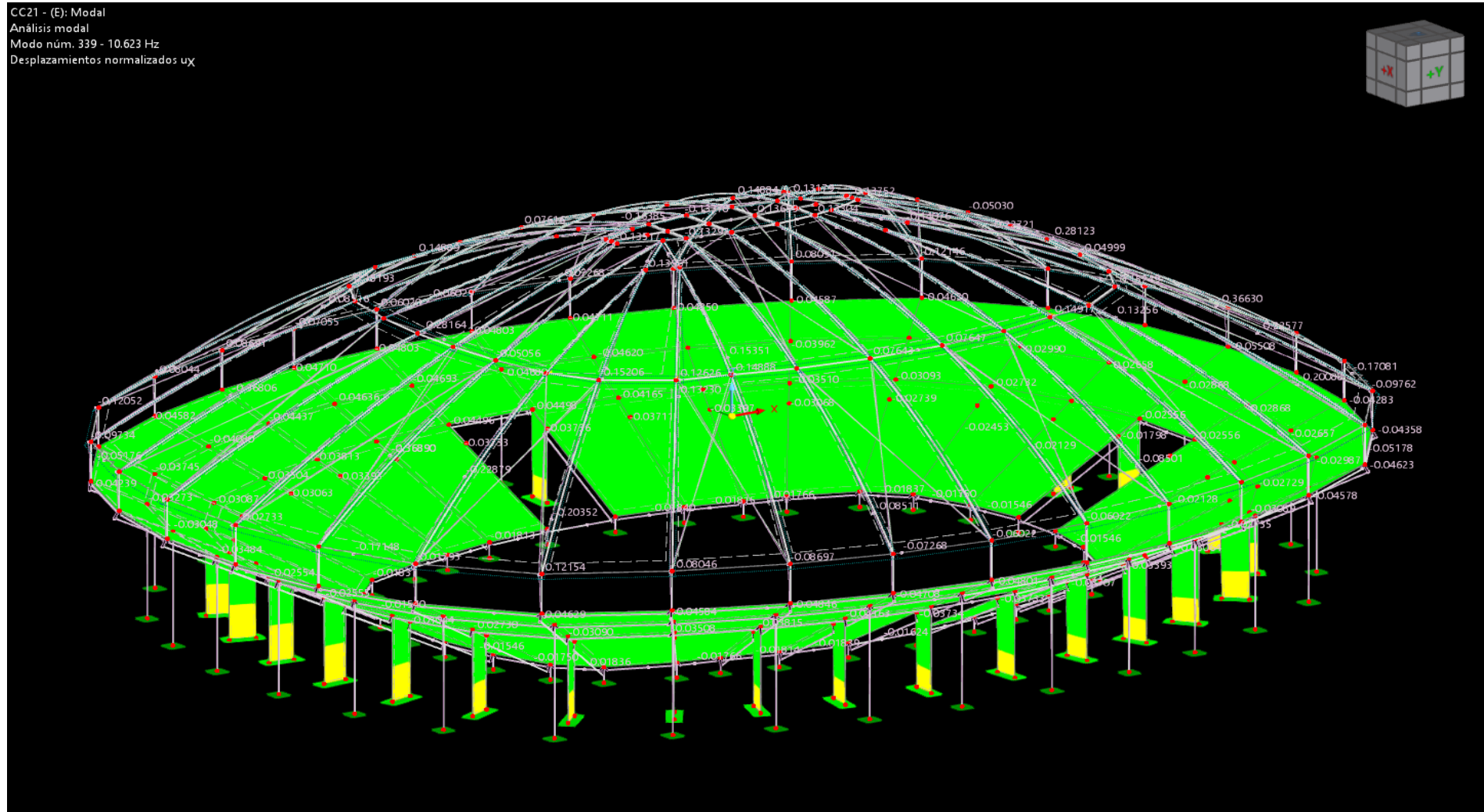
Max M.P. x	0.52	-	Máxima masa participativa correspondiente a x
T máx M.P. x	0.09	s	Periodo que le corresponde a la mayor masa participativa en x
Max M.P. y	0.38	-	Máxima masa participativa correspondiente a y
T máx M.P. y	0.10	s	Periodo que le corresponde a la mayor masa participativa en y

Esos valores de periodos que se colocó manualmente se introducirán en los requeridos para el analisis de un sismo estático.

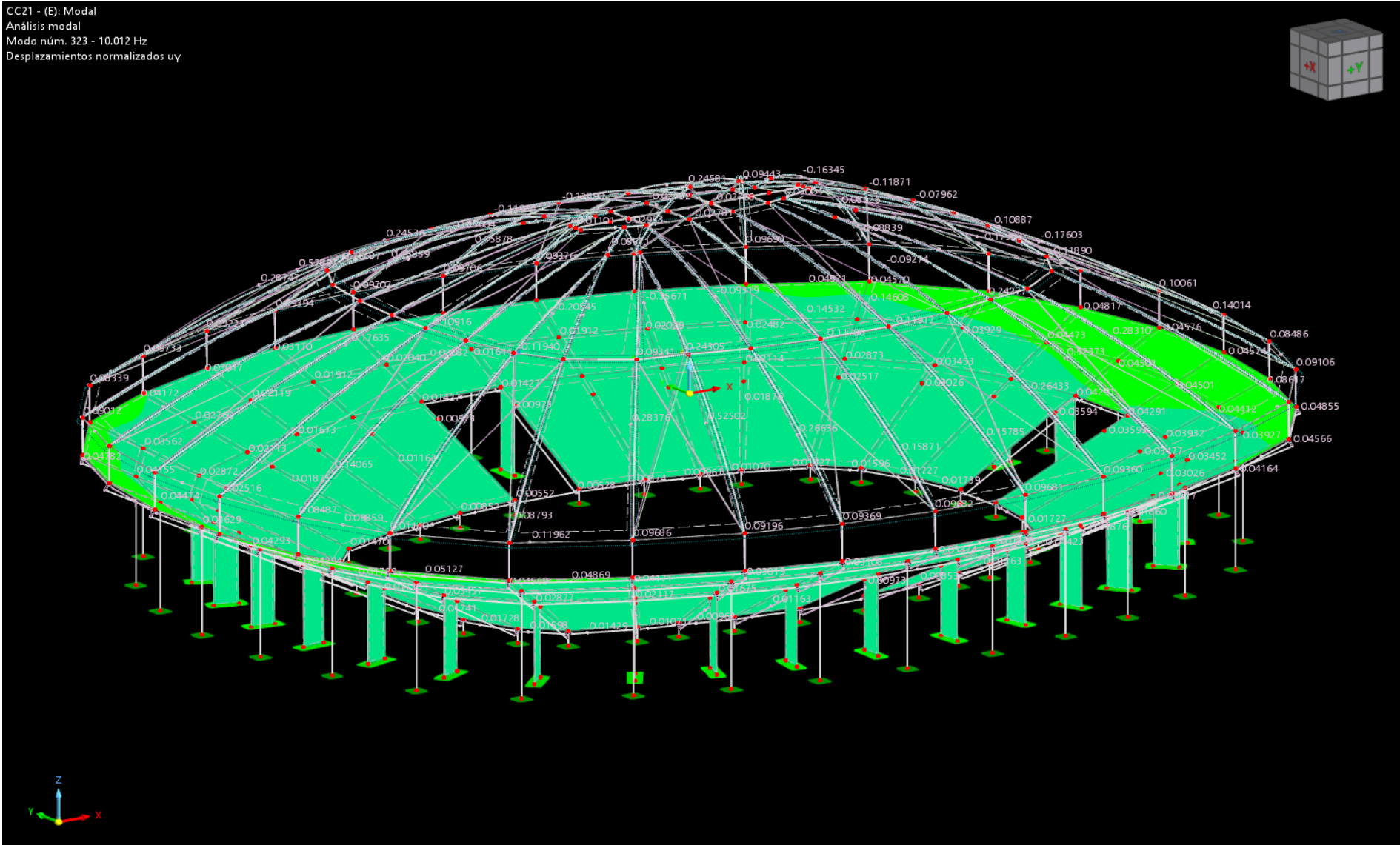
2 Anexos.

2.1 Modos participativos según dirección de análisis.

2.1.1 Para la dirección x.



2.1.2 Para la dirección y.





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

ANALISIS DINAMICO EN DIRECCION X-X

ANALISIS DINAMICO EN DIRECCION X-X

PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ELEMENTO:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).

1 Análisis dinámico (según norma E060).

Luego de haber corregido el análisis estático se procederá a realizar el análisis dinámico.

1.1 Datos.

1.1.1 Datos de proyecto.

Z	0.45	-	Zonificación
U	1.50	-	Uso de la edificación
Suelo	S2	-	Tipo de suelo
Ia	1.00	-	Irregularidad en altura
Ip	1.00	-	Irregularidad en planta
R0	2.50	-	Coefficiente basico de reducción
R	2.50	-	Coefficiente de reducción ($R = R0 \cdot Ia \cdot Ip$)

Factores de zona "Z"	
Z	Zona
0.45	4
0.35	3
0.25	2
0.10	1

Categoria de las edificaciones	
Categoria	Factor U
A Edificaciones esenciales	1.50
B Edificaciones importantes	1.30
C Edificaciones comunes	1.00
D Edificaciones temporales	Criterio

1.2 Parametros de sitio.

S	1.05	-	Factor de suelo
T_p	0.60	s	Periodo de suelo
T_L	2.00	s	Periodo para el factor C desplazamiento constante

Tipo de suelo	
Nombre	Nom.
Roca dura	S ₀
Roca o suelos muy rigido	S ₁
Suelos intermedios	S ₂

1.3 Obtención de gráfica T vs S_a.

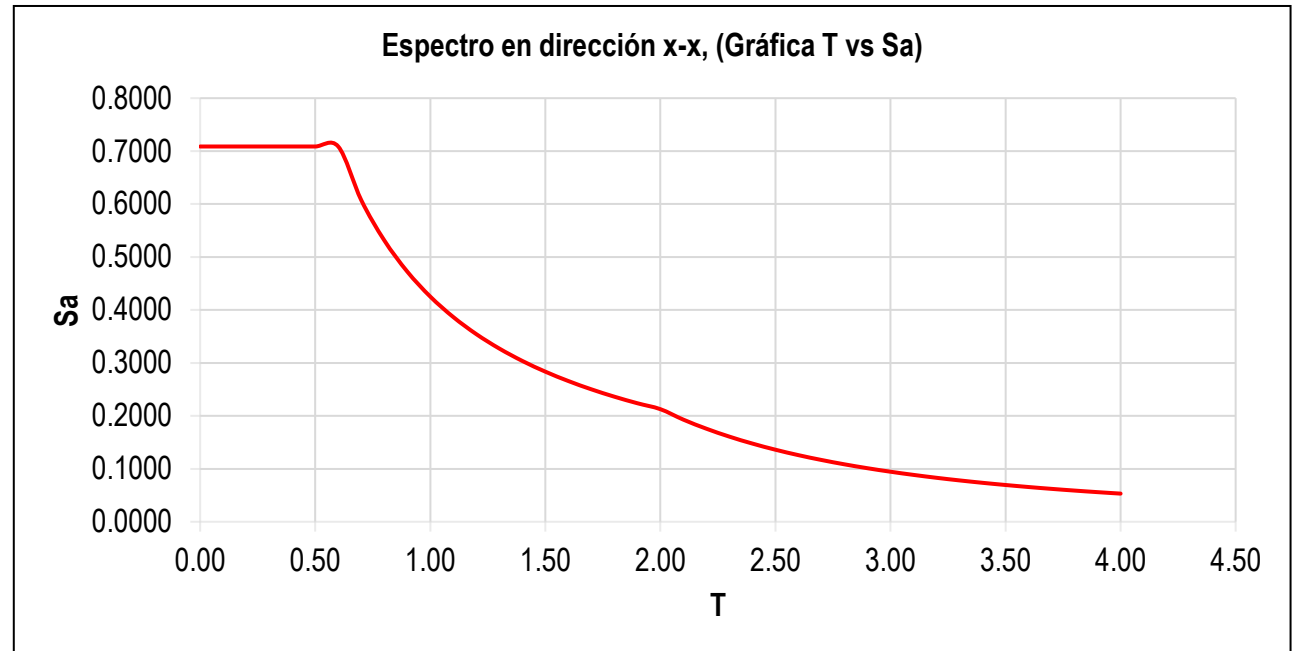
T	C	S_a
----------	----------	----------------------

0.00	2.5000	0.7088
0.10	2.5000	0.7088
0.20	2.5000	0.7088
0.30	2.5000	0.7088
0.40	2.5000	0.7088
0.50	2.5000	0.7088
0.60	2.5000	0.7088
0.70	2.1429	0.6075
0.80	1.8750	0.5316
0.90	1.6667	0.4725
1.00	1.5000	0.4253
1.10	1.3636	0.3866
1.20	1.2500	0.3544
1.30	1.1538	0.3271
1.40	1.0714	0.3038
1.50	1.0000	0.2835
1.60	0.9375	0.2658
1.70	0.8824	0.2501
1.80	0.8333	0.2363
1.90	0.7895	0.2238
2.00	0.7500	0.2126
2.10	0.6803	0.1929
2.20	0.6198	0.1757
2.30	0.5671	0.1608
2.40	0.5208	0.1477
2.50	0.4800	0.1361
2.60	0.4438	0.1258
2.70	0.4115	0.1167
2.80	0.3827	0.1085

Suelos blandos	S ₃
----------------	----------------

Factor de suelo "S"				
Z / S	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

Periodos "T _p " y "T _L "				
T / S	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p	0.30	0.40	0.60	1.00
T _L	3.00	2.50	2.00	1.60



2.90	0.3567	0.1011
3.00	0.3333	0.0945
3.10	0.3122	0.0885
3.20	0.2930	0.0831
3.30	0.2755	0.0781
3.40	0.2595	0.0736
3.50	0.2449	0.0694
3.60	0.2315	0.0656
3.70	0.2191	0.0621
3.80	0.2078	0.0589
3.90	0.1972	0.0559
4.00	0.1875	0.0532

2 Sustento técnico del factor de reducción.

2.1 Consideración de normativa de diseño.

El diseño sismorresistente de la estructura tipo domo se realiza bajo los requisitos de la normativa local obligatoria (ej. NTE E.030 en Perú). Sin embargo, debido a que las estructuras tipo cascarón (shell) no están explícitamente tabuladas en el Capítulo 12 de las normativas de referencia para la clasificación de sistemas estructurales convencionales, se requiere la aplicación de las disposiciones para sistemas no específicos y estructuras no edificables, tal como se establece en el estándar internacional ASCE/SEI 7-22 (Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures).

2.2 Justificación de factor de reducción.

La ASCE/SEI 7-22 aborda la determinación de los parámetros sísmicos para estructuras que no se ajustan a las tipologías comunes en sus Capítulos 15 (Estructuras No Edificables) y Capítulo 12 (Disposiciones Generales).

El domo es una estructura de gran rigidez (cascarón) que no posee los mecanismos de rótulas plásticas distribuidas y estables de un pórtico o muro estructural detallado para alta ductilidad (SMF). De acuerdo con el requisito de la Sección 12.2.1.2, en ausencia de justificación analítica o experimental, se debe optar por el valor de R más conservador para garantizar la seguridad. Un $R = 2.5$ resulta en una fuerza sísmica de diseño alta (mayor resistencia requerida), proporcionando un alto margen de seguridad.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

ANALISIS DINAMICO EN DIRECCION Y-Y

ANALISIS DINAMICO EN DIRECCION Y-Y

PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ELEMENTO:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).

1 Análisis dinámico (según norma E060).

Luego de haber corregido el análisis estático se procederá a realizar el análisis dinámico.

1.1 Datos.

1.1.1 Datos de proyecto.

Z	0.45	-	Zonificación
U	1.50	-	Uso de la edificación
Suelo	S2	-	Tipo de suelo
Ia	1.00	-	Irregularidad en altura
Ip	1.00	-	Irregularidad en planta
R0	2.50	-	Coefficiente basico de reducción
R	2.50	-	Coefficiente de reducción ($R = R0 \cdot Ia \cdot Ip$)

Factores de zona "Z"	
Z	Zona
0.45	4
0.35	3
0.25	2
0.10	1

Categoria de las edificaciones	
Categoria	Factor U
A Edificaciones esenciales	1.50
B Edificaciones importantes	1.30
C Edificaciones comunes	1.00
D Edificaciones temporales	Criterio

1.2 Parametros de sitio.

S	1.05	-	Factor de suelo
T_p	0.60	s	Periodo de suelo
T_L	2.00	s	Periodo para el factor C desplazamiento constante

Tipo de suelo	
Nombre	Nom.
Roca dura	S ₀
Roca o suelos muy rigido	S ₁
Suelos intermedios	S ₂

1.3 Obtención de gráfica T vs S_a.

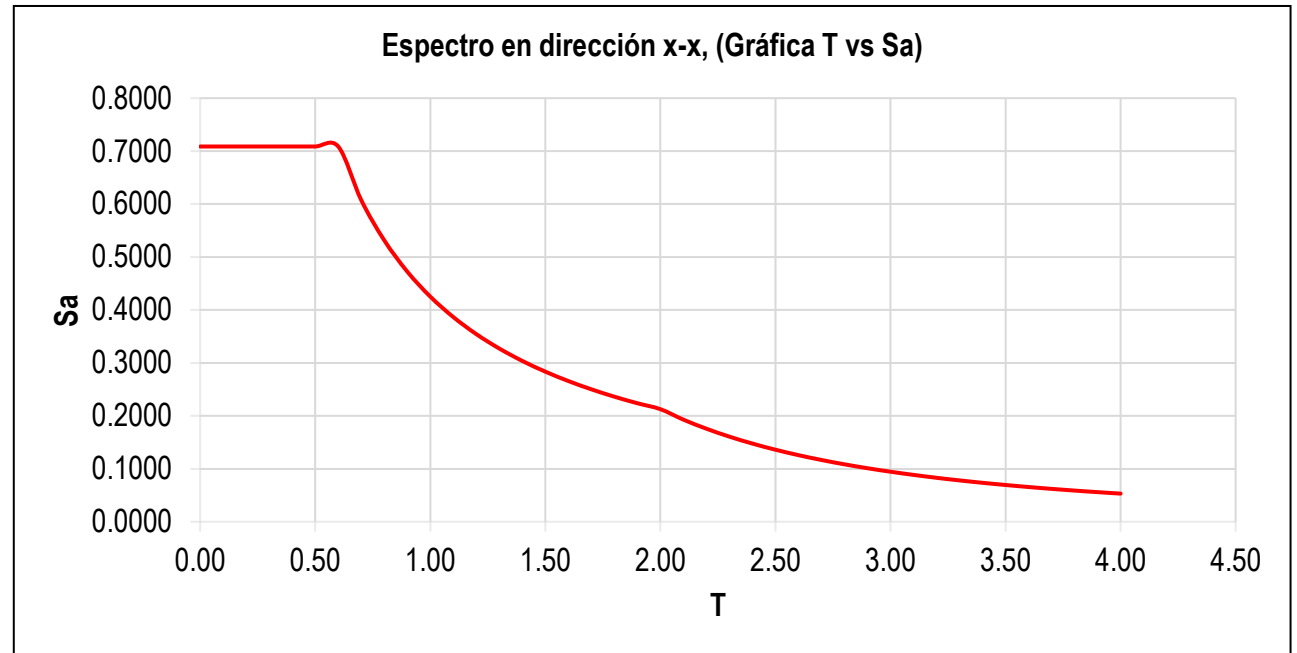
T	C	S_a
----------	----------	----------------------

0.00	2.5000	0.7088
0.10	2.5000	0.7088
0.20	2.5000	0.7088
0.30	2.5000	0.7088
0.40	2.5000	0.7088
0.50	2.5000	0.7088
0.60	2.5000	0.7088
0.70	2.1429	0.6075
0.80	1.8750	0.5316
0.90	1.6667	0.4725
1.00	1.5000	0.4253
1.10	1.3636	0.3866
1.20	1.2500	0.3544
1.30	1.1538	0.3271
1.40	1.0714	0.3038
1.50	1.0000	0.2835
1.60	0.9375	0.2658
1.70	0.8824	0.2501
1.80	0.8333	0.2363
1.90	0.7895	0.2238
2.00	0.7500	0.2126
2.10	0.6803	0.1929
2.20	0.6198	0.1757
2.30	0.5671	0.1608
2.40	0.5208	0.1477
2.50	0.4800	0.1361
2.60	0.4438	0.1258
2.70	0.4115	0.1167
2.80	0.3827	0.1085

Suelos blandos	S ₃
----------------	----------------

Factor de suelo "S"				
Z / S	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

Periodos "T _p " y "T _L "				
T / S	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p	0.30	0.40	0.60	1.00
T _L	3.00	2.50	2.00	1.60



2.90	0.3567	0.1011
3.00	0.3333	0.0945
3.10	0.3122	0.0885
3.20	0.2930	0.0831
3.30	0.2755	0.0781
3.40	0.2595	0.0736
3.50	0.2449	0.0694
3.60	0.2315	0.0656
3.70	0.2191	0.0621
3.80	0.2078	0.0589
3.90	0.1972	0.0559
4.00	0.1875	0.0532

2 Sustento técnico del factor de reducción.

2.1 Consideración de normativa de diseño.

El diseño sismorresistente de la estructura tipo domo se realiza bajo los requisitos de la normativa local obligatoria (ej. NTE E.030 en Perú). Sin embargo, debido a que las estructuras tipo cascarón (shell) no están explícitamente tabuladas en el Capítulo 12 de las normativas de referencia para la clasificación de sistemas estructurales convencionales, se requiere la aplicación de las disposiciones para sistemas no específicos y estructuras no edificables, tal como se establece en el estándar internacional ASCE/SEI 7-22 (Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures).

2.2 Justificación de factor de reducción.

La ASCE/SEI 7-22 aborda la determinación de los parámetros sísmicos para estructuras que no se ajustan a las tipologías comunes en sus Capítulos 15 (Estructuras No Edificables) y Capítulo 12 (Disposiciones Generales).

El domo es una estructura de gran rigidez (cascarón) que no posee los mecanismos de rótulas plásticas distribuidas y estables de un pórtico o muro estructural detallado para alta ductilidad (SMF). De acuerdo con el requisito de la Sección 12.2.1.2, en ausencia de justificación analítica o experimental, se debe optar por el valor de R más conservador para garantizar la seguridad. Un $R = 2.5$ resulta en una fuerza sísmica de diseño alta (mayor resistencia requerida), proporcionando un alto margen de seguridad.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

CONTROL DE DISTORSIONES

CONTROL DE DISTORSIONES	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ELEMENTO:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).

1 Control de distorsiones laterales.

1.1 Resultados de desplazamientos laterales.

Para ello en el programa estructural se mostrará los maximos desplazamientos que se producen (story max / Avg displacements); y con ello entonces se filtrará el sismo dinámico en x, no confundir con el factorado ya que ese es para el diseño solamente, para el analisis se usa el sin factorar.

1.1.1 Sismo dinámico en x.

Aquí se mostrará solo aquellos niveles que posean diafragma.

Estructura regular Tipo de estructura
R 2.50 - factor de reducción para la dirección x
 $\Delta_{\text{máx}}$ 0.010 - Distorsión máxima

Distorsiones máximas	
Material	Distorsión
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
E. de ductilidad limitada	0.005

Nivel	Caso de carga	Dirección	Máximo m	Average m	Ratio
Unico	SDx Max	X	0.056600	-	-

Ánalysis en la dirección x-x										
Nivel	Δ absolutos		Δ relativos	Factor de reducción		Altura (m)	Δ relativo	Límites de distorsión		
	Superior	Inferior		Irregular (0.85)	regular (0.75)			óbtenido	máx	observación
1	0.0566	0.0000	0.0566	2.13	1.88	12.00	0.10613	0.00890	0.01	Cumple !
0	0.0000	0.0000	0.0000	2.13	1.88					

1.1.2 Sismo dinámico en y.

Aquí se mostrará solo aquellos niveles que posean diafragma.

Estructura **regular** Tipo de estructura
 R **2.50** - factor de reducción para la dirección y
 Δ_{máx} **0.010** - Distorsión máxima

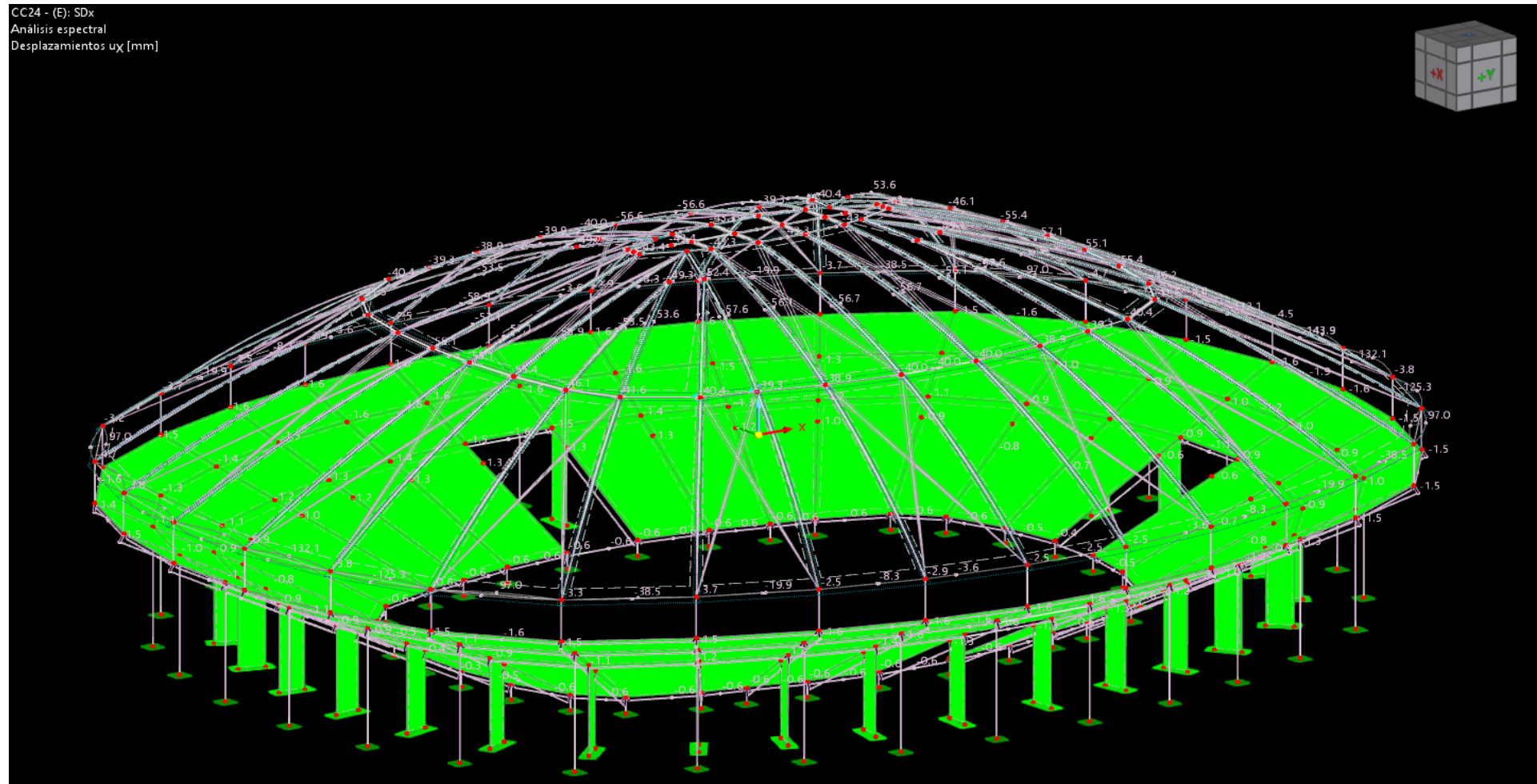
Distorsiones máximas	
Material	Distorsión
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
E. de ductilidad limitada	0.005

Nivel	Caso de carga	Dirección	Máximo m	Average m	Ratio
N.T.T.01	SDy Max	Y	0.059800	-	-

Análisis en la dirección y-y										
Nivel	Δ absolutos		Δ relativos	Factor de reducción		Altura (m)	Δ relativo	Límites de distorsión		
	Superior	Inferior		Irregular (0.85)	regular (0.75)			óbtenido	máx	observación
1	0.0598	0.0000	0.0598	2.13	1.88	12.00	0.11213	0.00940	0.01	Cumple !
0	0.0000	0.0000	0.0000	2.13	1.88					

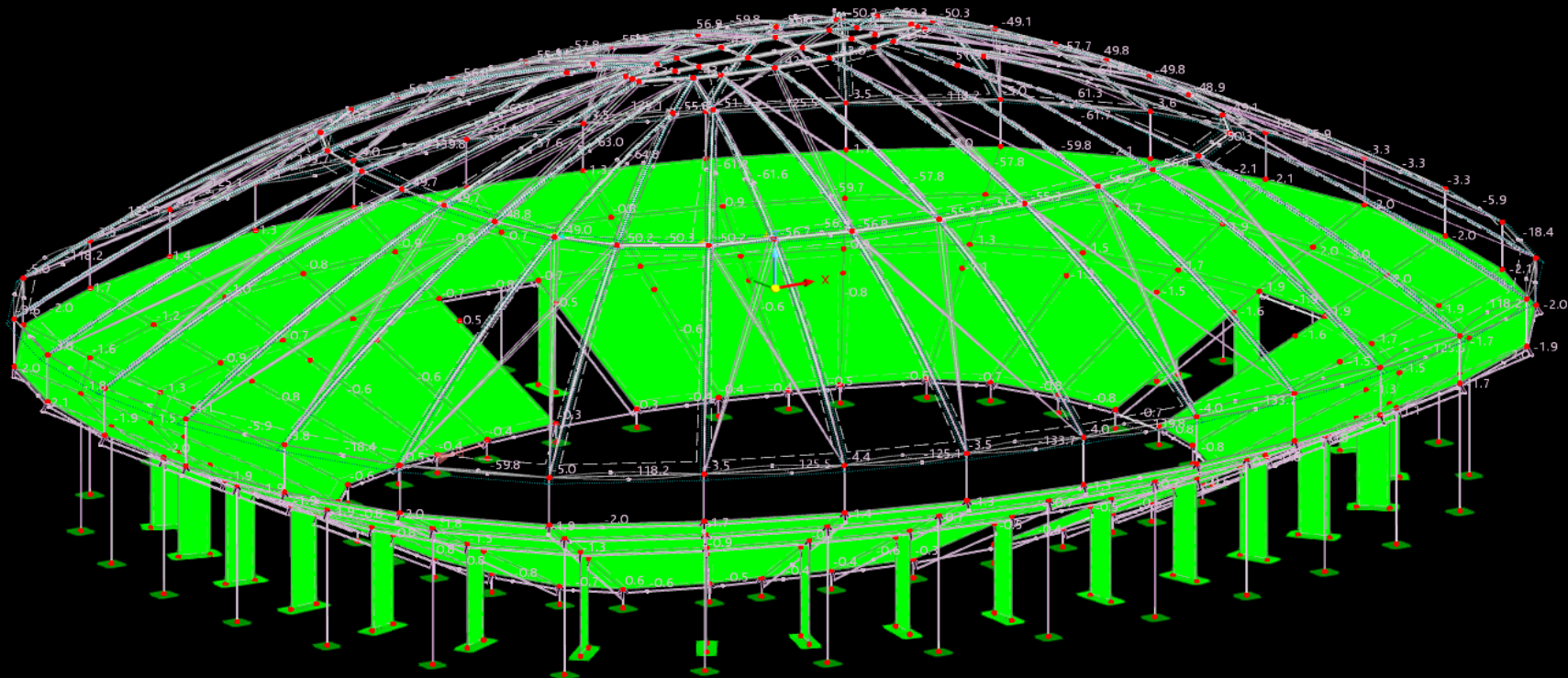
2 Anexos.

2.1 Máximo desplazamiento en dirección x.



2.2 Máximo desplazamiento en dirección y.

CC25 - (E)- SDy
Análisis espectral
Desplazamientos uy [mm]





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

CONTROL DE DEFLEXIONES

CONTROL DE DEFLEXIONES	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ELEMENTO:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).

1 Control de deflexiones.

1.1 Resultado de carga.

El control de deflexiones se realiza mediante la verificación de las deformaciones de los elementos estructurales bajo cargas de servicio, comparándolas con los límites establecidos en las normas de diseño. Este proceso implica el cálculo de la deflexión inmediata producida por las cargas aplicadas, así como la deflexión diferida asociada a fenómenos de fluencia y retracción en el caso del concreto. Para garantizar el cumplimiento, se emplean métodos analíticos y modelos estructurales que consideran rigidez, geometría, condiciones de apoyo y continuidad de los elementos. En caso de superarse los límites admisibles, se adoptan medidas correctivas como el aumento de la sección, mayor rigidez del material, reducción de la luz libre o incorporación de refuerzos estructurales.

$\Delta_{\text{máx}} < L / \text{Factor}$

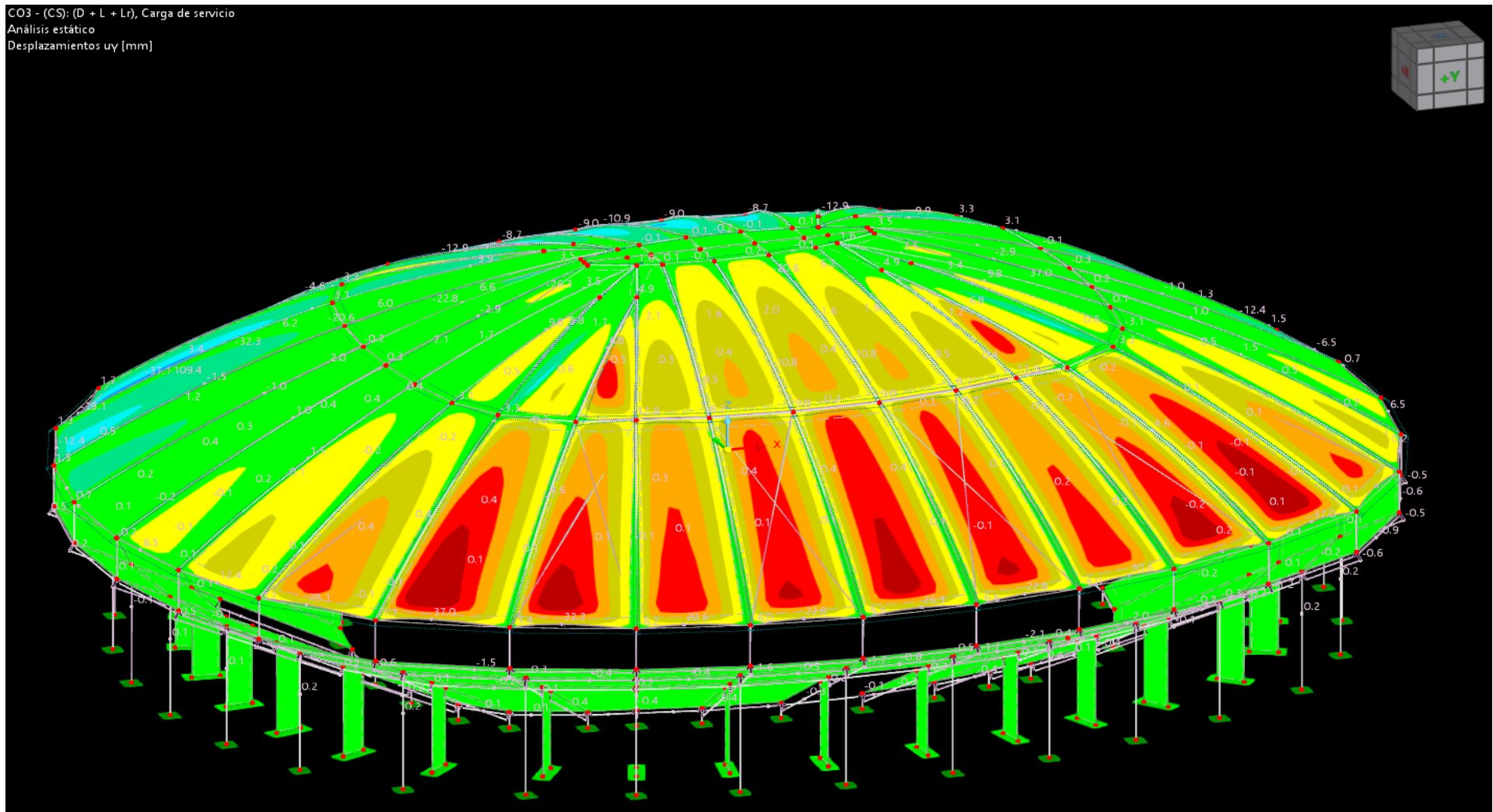
L	65.00	m	Luz libre de la estructura
Factor máx	360.00	-	Factor máximo
Factor mín.	240.00	-	Factor mínimo
Valor máx.	0.18	m	Deflexión permisible máxima
Valor mín.	0.27	m	Deflexión permisible mínima
$\Delta_{\text{máx}}$	0.0017	m	Deflexión máxima presente en la estructura

Se cumple la verificación por deflexión, no es necesario medidas correctivas

2 Anexos.

2.1 Máximo valor de deflexión.

CO3 - (CS): (D + L + Lr), Carga de servicio
Análisis estático
Desplazamientos uy [mm]





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

DISEÑO DE LA TENSOMEMBRANA

CÁLCULO DE TENSOMEMBRANA SEGÚN ASCE 55-16	
PROYECTO:	ANÁLISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).
TIPO:	Tensomembrana crítica.

1 Datos generales de diseño.

Table 4-2. Load Combinations and Strength Reduction Factors

Combination Number	Load Combination*	Strength Reduction Factor, β
1	$P + D + D_s$	0.17
2	$P + D + (L_r \text{ or } S \text{ or } R) + D_s$	0.27
3	$P + D + D_s + 0.6 W \text{ or } 0.7 E$	0.33
4	$P + D + D_s + 0.75(0.6 W) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	0.33
5	$P + D + D_s + 0.75(0.7 E) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	0.33

*These combinations are not all-inclusive. T is not included but shall be included where applicable.

Cc	1	-	Caso de combinación.
β	0.17	-	Factor de reducción de fuerza.
Lt	0.75	-	Factor de ciclo de vida.
la	14.74	m	Lado de la tensomembrana (mayor).
lb	5.87	m	Lado de la tensomembrana (menor).
la / lb	2.51	-	Relación de lados < 10, usar diseño biaxial

2 Resistencias de la membrana (tejido), según el fabricante.

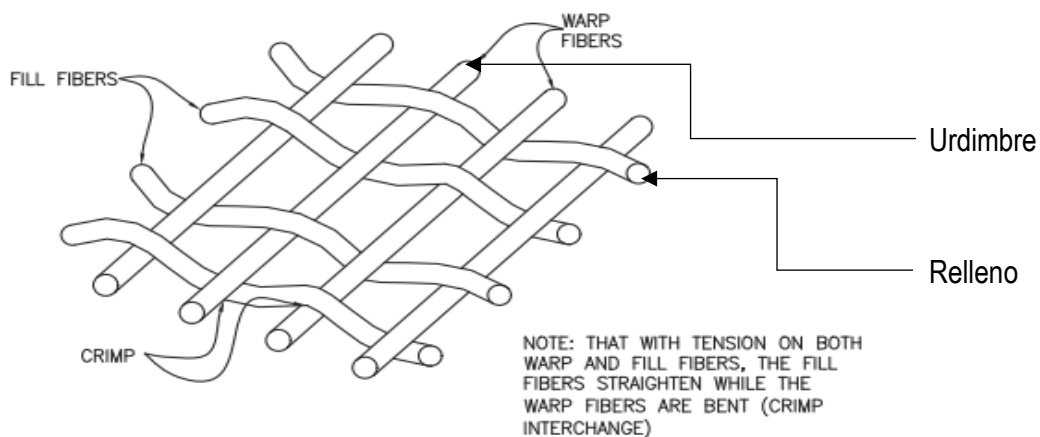


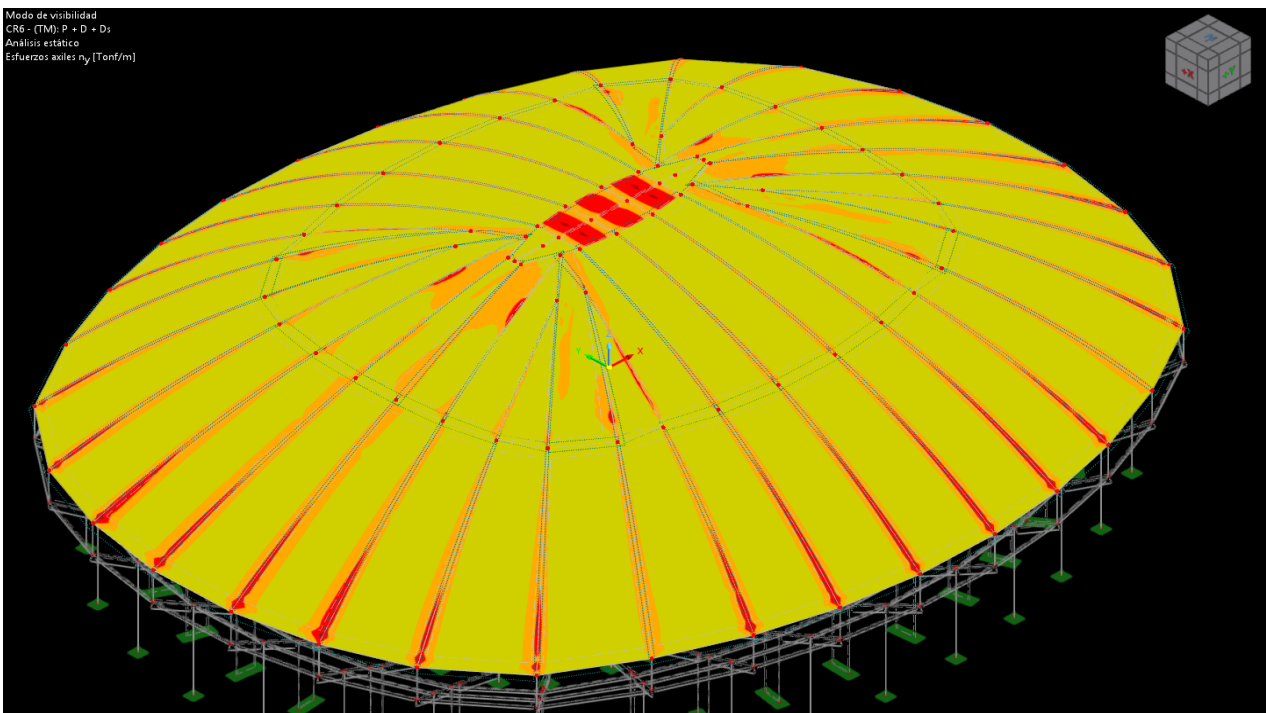
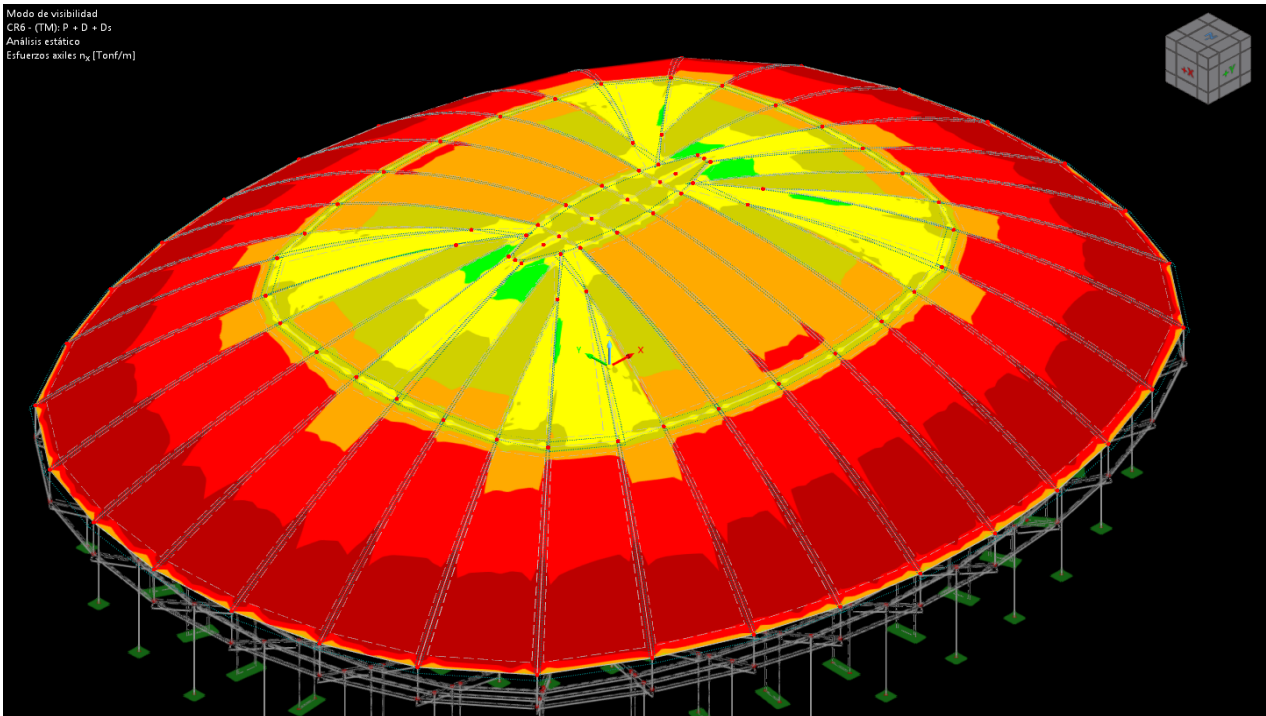
FIGURE C-4. Crimp and Crimp Interchange

Tsw 52.00 kN/m Resistencia a la tracción en la dirección de los hilos de urdimbre.
Tsf 52.60 kN/m Resistencia a la tracción en la dirección de los hilos de relleno (trama).

3 Diseño de la tensomembrana.

3.1 Solicitaciones en la tensomembrana.

TF 1.81 kN/m F. de tracción o efecto de tenso en el elemento estructural.
Tfw 1.81 kN/m F. de tracción en la dirección de deformación (mediante met. no lineal.).
Tff 1.46 kN/m F. de tracción en dirección de relleno (mediante metodos no lineales).



3.2 Tensión uniaxial.

La resistencia de diseño T_r , desarrollada por una membrana en tensión uniaxial en la dirección considerada, se calculará:

$$T_r = \beta \cdot L_t \cdot T_s > T_F$$

no ¿Aplica?
Tr - -

3.3 Tensión biaxial.

Las membranas requeridas para resistir fuerzas de tracción simultánea en dos direcciones deben ser proporcionadas:

$$T_{r2} = \beta \cdot L_t \cdot T_{sw} > T_{fw}$$

$$T_{r3} = \beta \cdot L_t \cdot T_{sf} > T_{ff}$$

T_{r2} 6.63 kN/m Tensión biaxial, si cumple!.

T_{r2} 6.71 kN/m Tensión biaxial, si cumple!.

Para la verificación combinada, se aplica:

$$0.80 \cdot \beta \cdot L_t \cdot (T_{sw} + T_{sf}) > T_{fw} + T_{ff}$$

10.67 > 3.28 Tensión biaxial combinada, si cumple!.

CALCULO DE TENSOMEMBRANA SEGÚN ASCE 55-16	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).
TIPO:	Tensomembrana crítica.

1 Datos generales de diseño.

Table 4-2. Load Combinations and Strength Reduction Factors

Combination Number	Load Combination*	Strength Reduction Factor, β
1	$P + D + D_s$	0.17
2	$P + D + (L_r \text{ or } S \text{ or } R) + D_s$	0.27
3	$P + D + D_s + 0.6 W \text{ or } 0.7 E$	0.33
4	$P + D + D_s + 0.75(0.6 W) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	0.33
5	$P + D + D_s + 0.75(0.7 E) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	0.33

*These combinations are not all-inclusive. T is not included but shall be included where applicable.

Cc	2	-	Caso de combinación.
β	0.27	-	Factor de reducción de fuerza.
Lt	0.75	-	Factor de ciclo de vida.
la	14.74	m	Lado de la tensomembrana (mayor).
lb	5.87	m	Lado de la tensomembrana (menor).
la / lb	2.51	-	Relación de lados < 10, usar diseño biaxial

2 Resistencias de la membrana (tejido), según el fabricante.

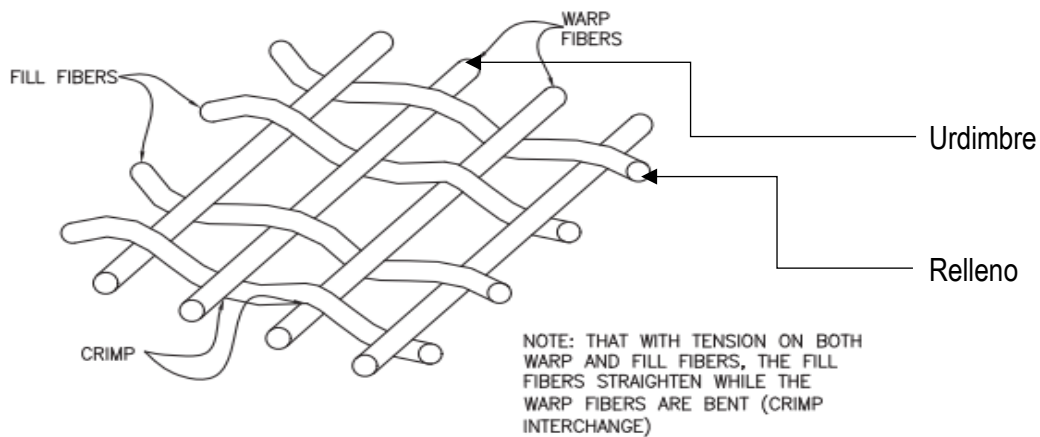


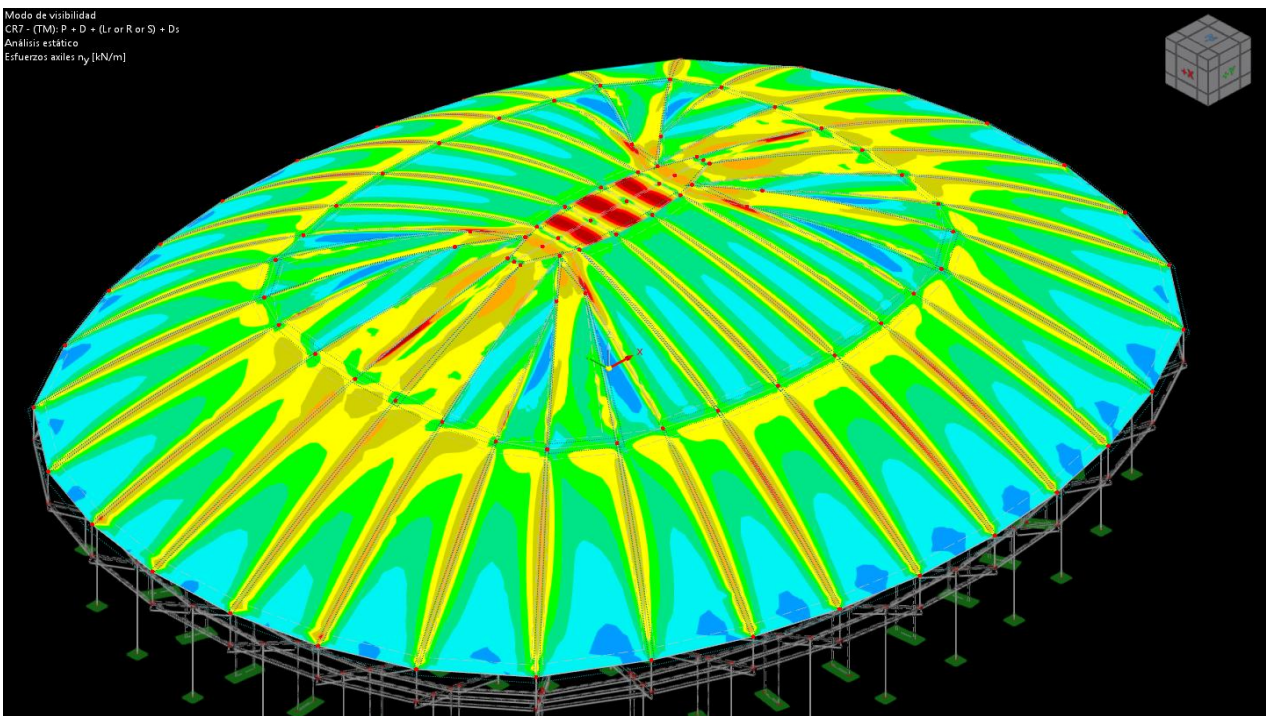
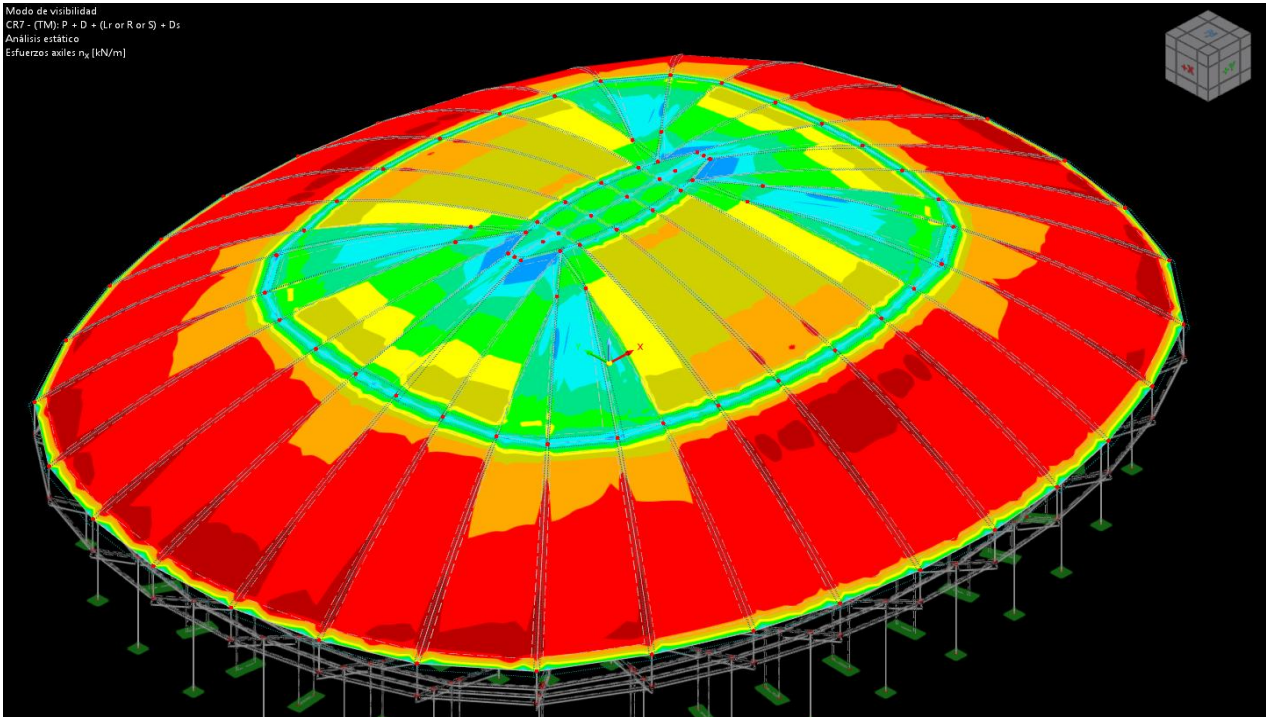
FIGURE C-4. Crimp and Crimp Interchange

Tsw	52.00	kN/m	Resistencia a la tracción en la dirección de los hilos de urdimbre.
Tsf	52.60	kN/m	Resistencia a la tracción en la dirección de los hilos de relleno (trama).

3 Diseño de la tensomembrana.

3.1 Solicitaciones en la tensomembrana.

TF	7.06	kN/m	F. de tracción o efecto de tenso en el elemento estructural.
Tfw	7.06	kN/m	F. de tracción en la dirección de deformación (mediante met. no lineal.).
Tff	4.02	kN/m	F. de tracción en dirección de relleno (mediante metodos no lineales).



3.2 Tensión uniaxial.

La resistencia de diseño T_r , desarrollada por una membrana en tensión uniaxial en la dirección considerada, se calculará:

$$T_r = \beta \cdot L_t \cdot T_s > T_F$$

no ¿Aplica?
Tr - -

3.3 Tensión biaxial.

Las membranas requeridas para resistir fuerzas de tracción simultánea en dos direcciones deben ser proporcionadas:

$$T_{r2} = \beta \cdot L_t \cdot T_{sw} > T_{fw}$$

$$T_{r3} = \beta \cdot L_t \cdot T_{sf} > T_{ff}$$

T_{r2} 10.53 kN/m Tensión biaxial, si cumple!.

T_{r2} 10.65 kN/m Tensión biaxial, si cumple!.

Para la verificación combinada, se aplica:

$$0.80 \cdot \beta \cdot L_t \cdot (T_{sw} + T_{sf}) > T_{fw} + T_{ff}$$

16.95 > 11.08 Tensión biaxial combinada, si cumple!.

CÁLCULO DE TENSOMEMBRANA SEGÚN ASCE 55-16	
PROYECTO:	ANÁLISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).
TIPO:	Tensomembrana crítica.

1 Datos generales de diseño.

Table 4-2. Load Combinations and Strength Reduction Factors

Combination Number	Load Combination*	Strength Reduction Factor, β
1	$P + D + D_s$	0.17
2	$P + D + (L_r \text{ or } S \text{ or } R) + D_s$	0.27
3	$P + D + D_s + 0.6 W \text{ or } 0.7 E$	0.33
4	$P + D + D_s + 0.75(0.6 W) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	0.33
5	$P + D + D_s + 0.75(0.7 E) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	0.33

*These combinations are not all-inclusive. T is not included but shall be included where applicable.

Cc	3	-	Caso de combinación.
β	0.33	-	Factor de reducción de fuerza.
Lt	0.75	-	Factor de ciclo de vida.
la	14.74	m	Lado de la tensomembrana (mayor).
lb	5.87	m	Lado de la tensomembrana (menor).
la / lb	2.51	-	Relación de lados < 10, usar diseño biaxial

2 Resistencias de la membrana (tejido), según el fabricante.

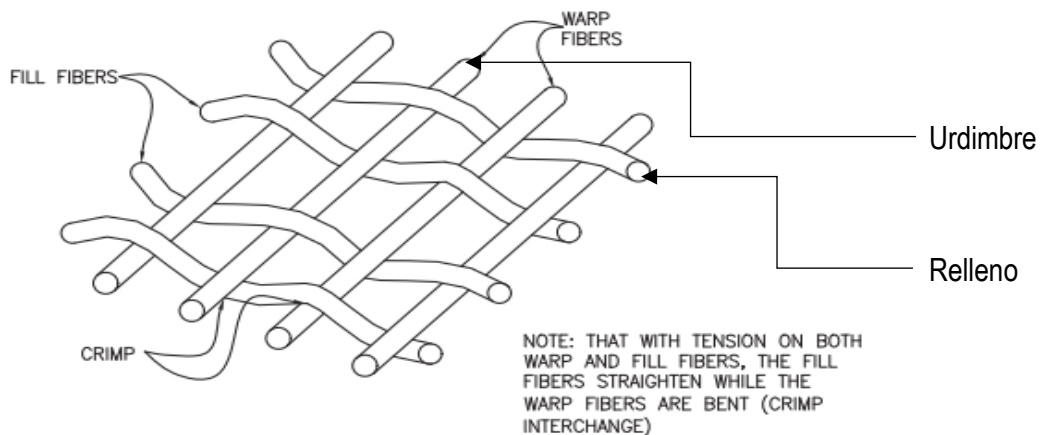


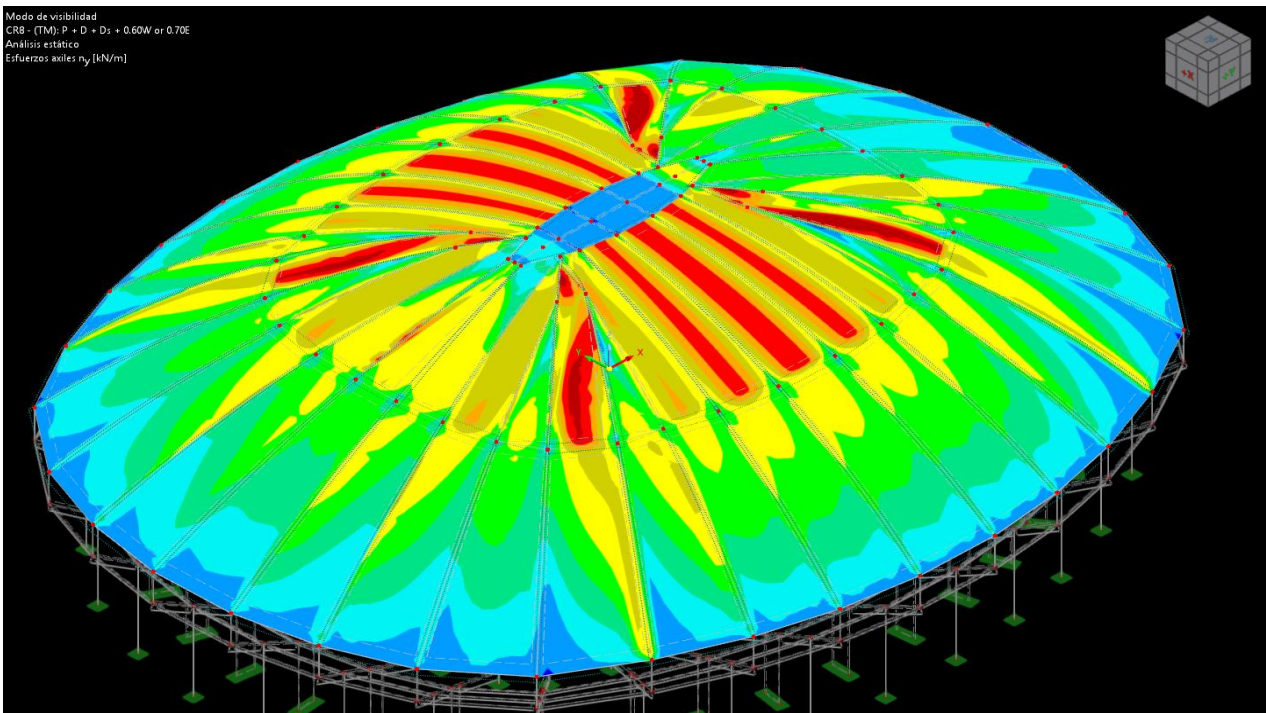
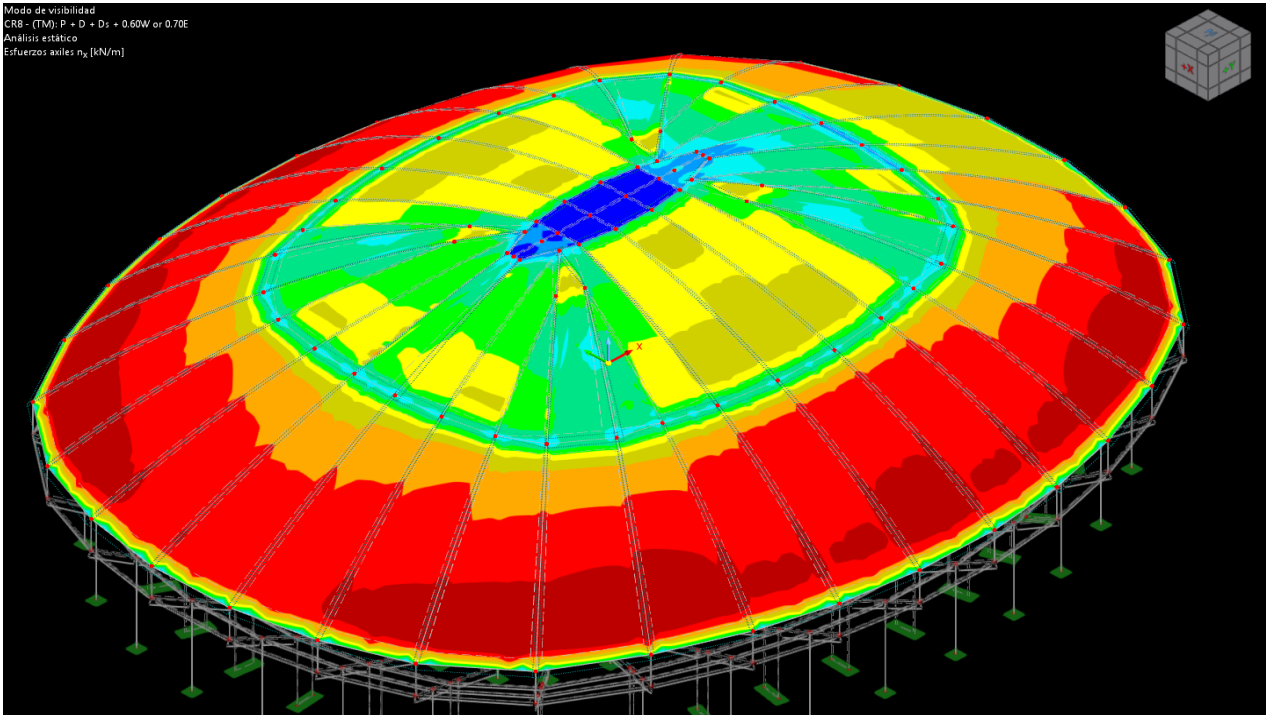
FIGURE C-4. Crimp and Crimp Interchange

Tsw 52.00 kN/m Resistencia a la tracción en la dirección de los hilos de urdimbre.
Tsf 52.60 kN/m Resistencia a la tracción en la dirección de los hilos de relleno (trama).

3 Diseño de la tensomembrana.

3.1 Solicitaciones en la tensomembrana.

TF 9.32 kN/m F. de tracción o efecto de tenso en el elemento estructural.
Tfw 9.32 kN/m F. de tracción en la dirección de deformación (mediante met. no lineal.).
Tff 6.24 kN/m F. de tracción en dirección de relleno (mediante metodos no lineales).



3.2 Tensión uniaxial.

La resistencia de diseño T_r , desarrollada por una membrana en tensión uniaxial en la dirección considerada, se calculará:

$$T_r = \beta \cdot L_t \cdot T_s > T_F$$

no ¿Aplica?
Tr - -

3.3 Tensión biaxial.

Las membranas requeridas para resistir fuerzas de tracción simultánea en dos direcciones deben ser proporcionadas:

$$T_{r2} = \beta \cdot L_t \cdot T_{sw} > T_{fw}$$

$$T_{r3} = \beta \cdot L_t \cdot T_{sf} > T_{ff}$$

T_{r2} 12.87 kN/m Tensión biaxial, si cumple!.

T_{r2} 13.02 kN/m Tensión biaxial, si cumple!.

Para la verificación combinada, se aplica:

$$0.80 \cdot \beta \cdot L_t \cdot (T_{sw} + T_{sf}) > T_{fw} + T_{ff}$$

20.71 > 15.56 Tensión biaxial combinada, si cumple!.

CÁLCULO DE TENSOMEMBRANA SEGÚN ASCE 55-16	
PROYECTO:	ANÁLISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).
TIPO:	Tensomembrana crítica.

1 Datos generales de diseño.

Table 4-2. Load Combinations and Strength Reduction Factors

Combination Number	Load Combination*	Strength Reduction Factor, β
1	$P + D + D_s$	0.17
2	$P + D + (L_r \text{ or } S \text{ or } R) + D_s$	0.27
3	$P + D + D_s + 0.6 W \text{ or } 0.7 E$	0.33
4	$P + D + D_s + 0.75(0.6 W) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	0.33
5	$P + D + D_s + 0.75(0.7 E) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	0.33

*These combinations are not all-inclusive. T is not included but shall be included where applicable.

Cc	4	-	Caso de combinación.
β	0.33	-	Factor de reducción de fuerza.
Lt	0.75	-	Factor de ciclo de vida.
la	14.74	m	Lado de la tensomembrana (mayor).
lb	5.87	m	Lado de la tensomembrana (menor).
la / lb	2.51	-	Relación de lados < 10, usar diseño biaxial

2 Resistencias de la membrana (tejido), según el fabricante.

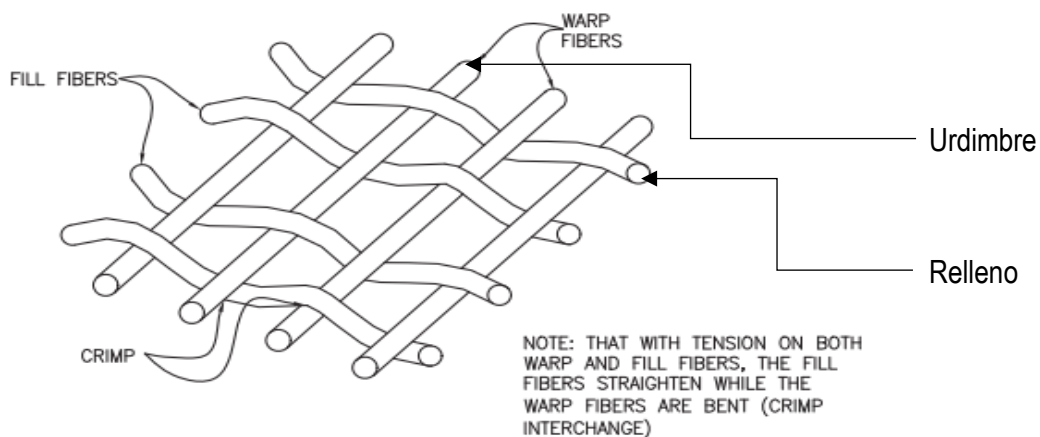


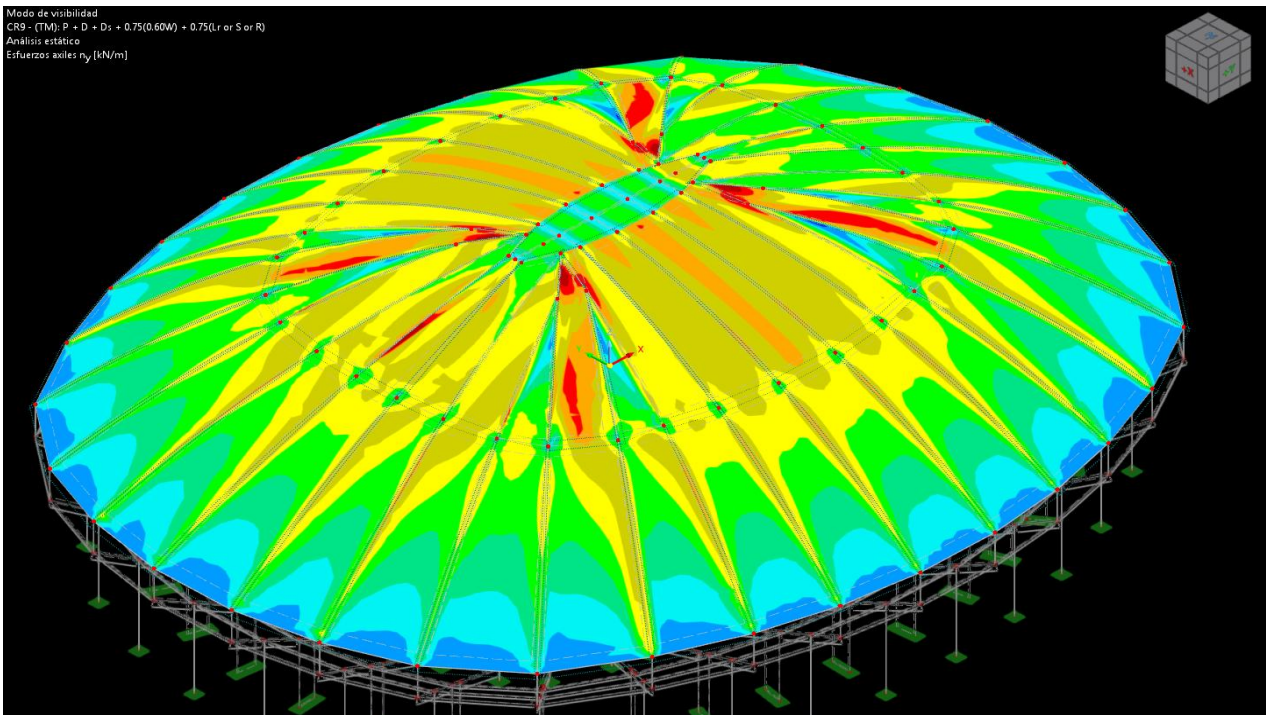
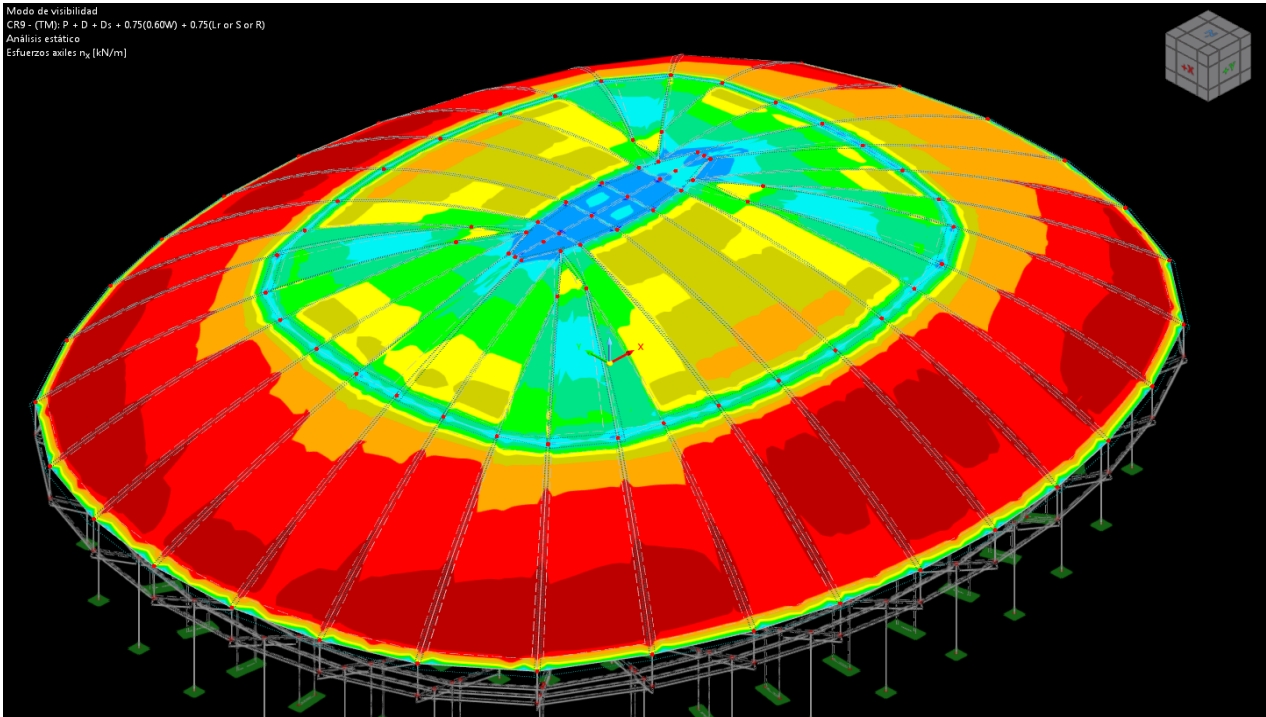
FIGURE C-4. Crimp and Crimp Interchange

Tsw 52.00 kN/m Resistencia a la tracción en la dirección de los hilos de urdimbre.
Tsf 52.60 kN/m Resistencia a la tracción en la dirección de los hilos de relleno (trama).

3 Diseño de la tensomembrana.

3.1 Solicitaciones en la tensomembrana.

TF 11.09 kN/m F. de tracción o efecto de tenso en el elemento estructural.
Tfw 11.09 kN/m F. de tracción en la dirección de deformación (mediante met. no lineal.).
Tff 6.33 kN/m F. de tracción en dirección de relleno (mediante metodos no lineales).



3.2 Tensión uniaxial.

La resistencia de diseño T_r , desarrollada por una membrana en tensión uniaxial en la dirección considerada, se calculará:

$$T_r = \beta \cdot L_t \cdot T_s > T_F$$

no ¿Aplica?
Tr - -

3.3 Tensión biaxial.

Las membranas requeridas para resistir fuerzas de tracción simultánea en dos direcciones deben ser proporcionadas:

$$T_{r2} = \beta \cdot L_t \cdot T_{sw} > T_{fw}$$

$$T_{r3} = \beta \cdot L_t \cdot T_{sf} > T_{ff}$$

T_{r2} 12.87 kN/m Tensión biaxial, si cumple!.

T_{r2} 13.02 kN/m Tensión biaxial, si cumple!.

Para la verificación combinada, se aplica:

$$0.80 \cdot \beta \cdot L_t \cdot (T_{sw} + T_{sf}) > T_{fw} + T_{ff}$$

20.71 > 17.42 Tensión biaxial combinada, si cumple!.

CÁLCULO DE TENSOMEMBRANA SEGÚN ASCE 55-16	
PROYECTO:	ANÁLISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).
TIPO:	Tensomembrana crítica.

1 Datos generales de diseño.

Table 4-2. Load Combinations and Strength Reduction Factors

Combination Number	Load Combination*	Strength Reduction Factor, β
1	$P + D + D_s$	0.17
2	$P + D + (L_r \text{ or } S \text{ or } R) + D_s$	0.27
3	$P + D + D_s + 0.6 W \text{ or } 0.7 E$	0.33
4	$P + D + D_s + 0.75(0.6 W) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	0.33
5	$P + D + D_s + 0.75(0.7 E) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$	0.33

*These combinations are not all-inclusive. T is not included but shall be included where applicable.

- Cc** 5 - Caso de combinación.
- β 0.33 - Factor de reducción de fuerza.
- Lt** 0.75 - Factor de ciclo de vida.
- la** 14.74 m - Lado de la tensomembrana (mayor).
- lb** 5.87 m - Lado de la tensomembrana (menor).
- la / lb** 2.51 - Relación de lados < 10, usar diseño biaxial

2 Resistencias de la membrana (tejido), según el fabricante.

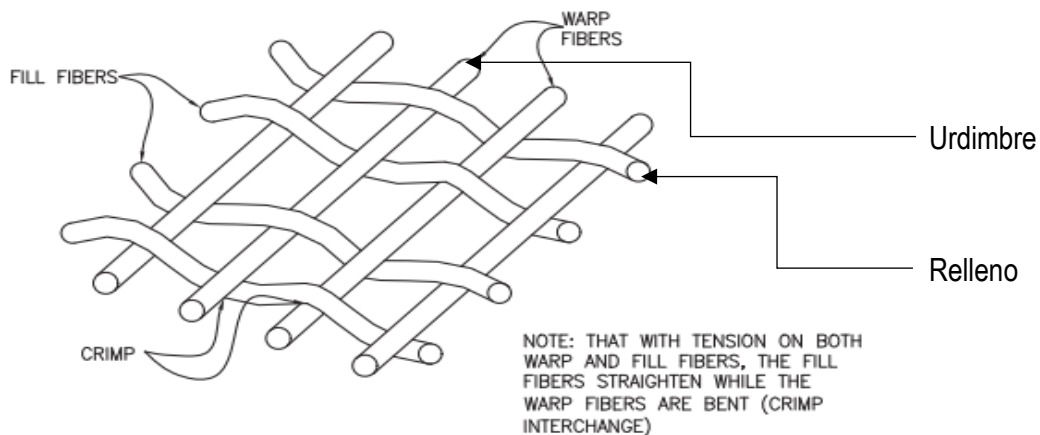


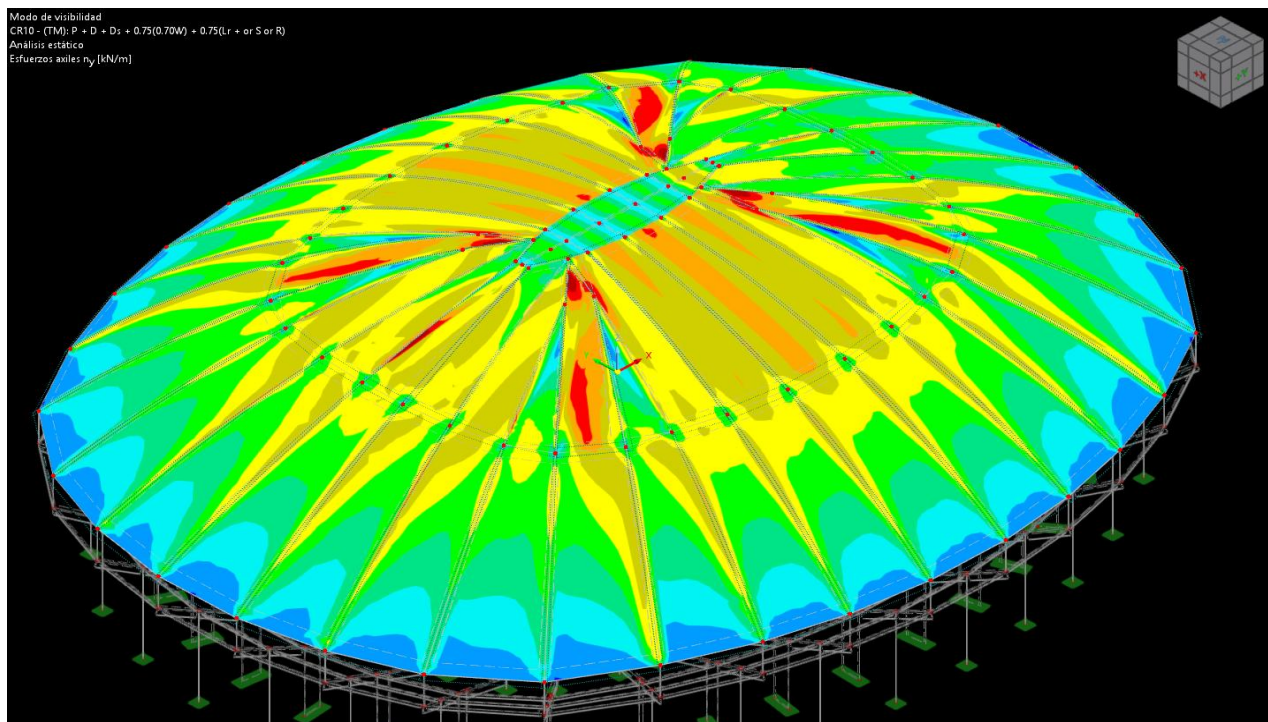
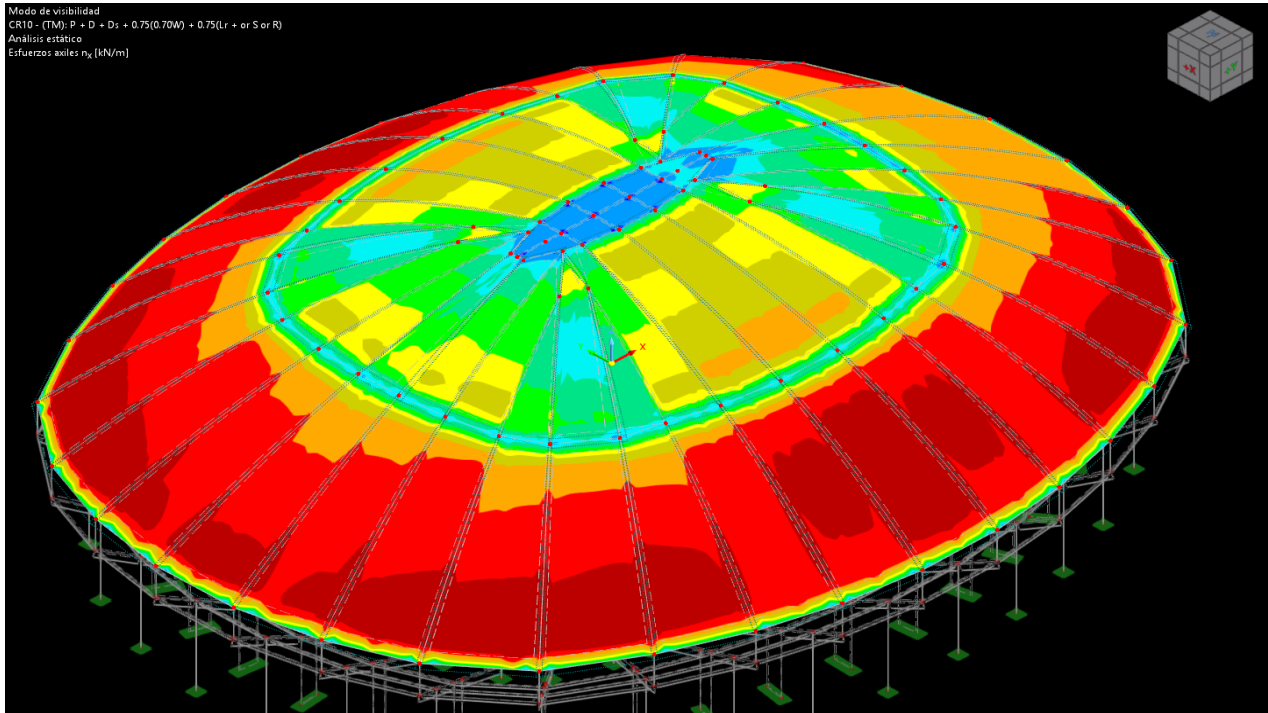
FIGURE C-4. Crimp and Crimp Interchange

Tsw 52.00 kN/m Resistencia a la tracción en la dirección de los hilos de urdimbre.
Tsf 52.60 kN/m Resistencia a la tracción en la dirección de los hilos de relleno (trama).

3 Diseño de la tensomembrana.

3.1 Solicitaciones en la tensomembrana.

TF 12.02 kN/m F. de tracción o efecto de tenso en el elemento estructural.
Tfw 12.02 kN/m F. de tracción en la dirección de deformación (mediante met. no lineal.).
Tff 6.93 kN/m F. de tracción en dirección de relleno (mediante metodos no lineales).



3.2 Tensión uniaxial.

La resistencia de diseño T_r , desarrollada por una membrana en tensión uniaxial en la dirección considerada, se calculará:

$$T_r = \beta \cdot L_t \cdot T_s > T_F$$

no ¿Aplica?
Tr - -

3.3 Tensión biaxial.

Las membranas requeridas para resistir fuerzas de tracción simultánea en dos direcciones deben ser proporcionadas:

$$T_{r2} = \beta \cdot L_t \cdot T_{sw} > T_{fw}$$

$$T_{r3} = \beta \cdot L_t \cdot T_{sf} > T_{ff}$$

T_{r2} 12.87 kN/m Tensión biaxial, si cumple!.

T_{r2} 13.02 kN/m Tensión biaxial, si cumple!.

Para la verificación combinada, se aplica:

$$0.80 \cdot \beta \cdot L_t \cdot (T_{sw} + T_{sf}) > T_{fw} + T_{ff}$$

20.71 > 18.95 Tensión biaxial combinada, si cumple!.



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONCRETO

DISEÑO Y DETALLADO DE VIGAS	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA DE CONCRETO).
ELEMENTO:	VIGA AEREA DE 0.40 X 1.00 M, TRAMO CRITICO

1 Requerimiento de refuerzo en vigas.

Variable	Unidad	Puntos de apoyo								
		Tramo 1			Tramo 2			Tramo 3		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		-	+	-	-	+	-	-	+	-
IMul	tonf m	13.52	16.75	44.14	44.14	18.31	6.05	6.05	5.10	4.25
øf	-	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
f _c	kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
f _y	kg/cm ²	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00
b	cm	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
h	cm	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
r	cm	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
d	cm	93.00	94.00	94.00	94.00	94.00	94.00	94.00	94.00	94.00
As mín	cm ²	12.40	12.53	12.53	12.53	12.53	12.53	12.53	12.53	12.53
As	cm ²	12.40	12.53	12.95	12.95	12.53	12.53	12.53	12.53	12.53

Nº var.	-	5.00	5.00	5.00	8.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Aparejo	-	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
Asd	cm ²	14.20	14.20	14.20	22.72	14.20	14.20	14.20	14.20	14.20
Verif.	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

2 Verificación del cortante en vigas.

Variable	Unidad	Puntos de apoyo								
		Tramo 1			Tramo 2			Tramo 3		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vu	tonf	18.27	25.50	31.77	41.23	35.20	4.02	2.89	1.87	12.48
øc	-	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
f _c	kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
f _y	kg/cm ²	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00
b	cm	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
d	cm	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
V _c	tonf	30.72	30.72	30.72	30.72	30.72	30.72	30.72	30.72	30.72
V _s	tonf	0.00	0.00	6.65	17.78	10.69	0.00	0.00	0.00	0.00
V _{slim}	tonf	122.89	122.89	122.89	122.89	122.89	122.89	122.89	122.89	122.89
Verif.	-	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

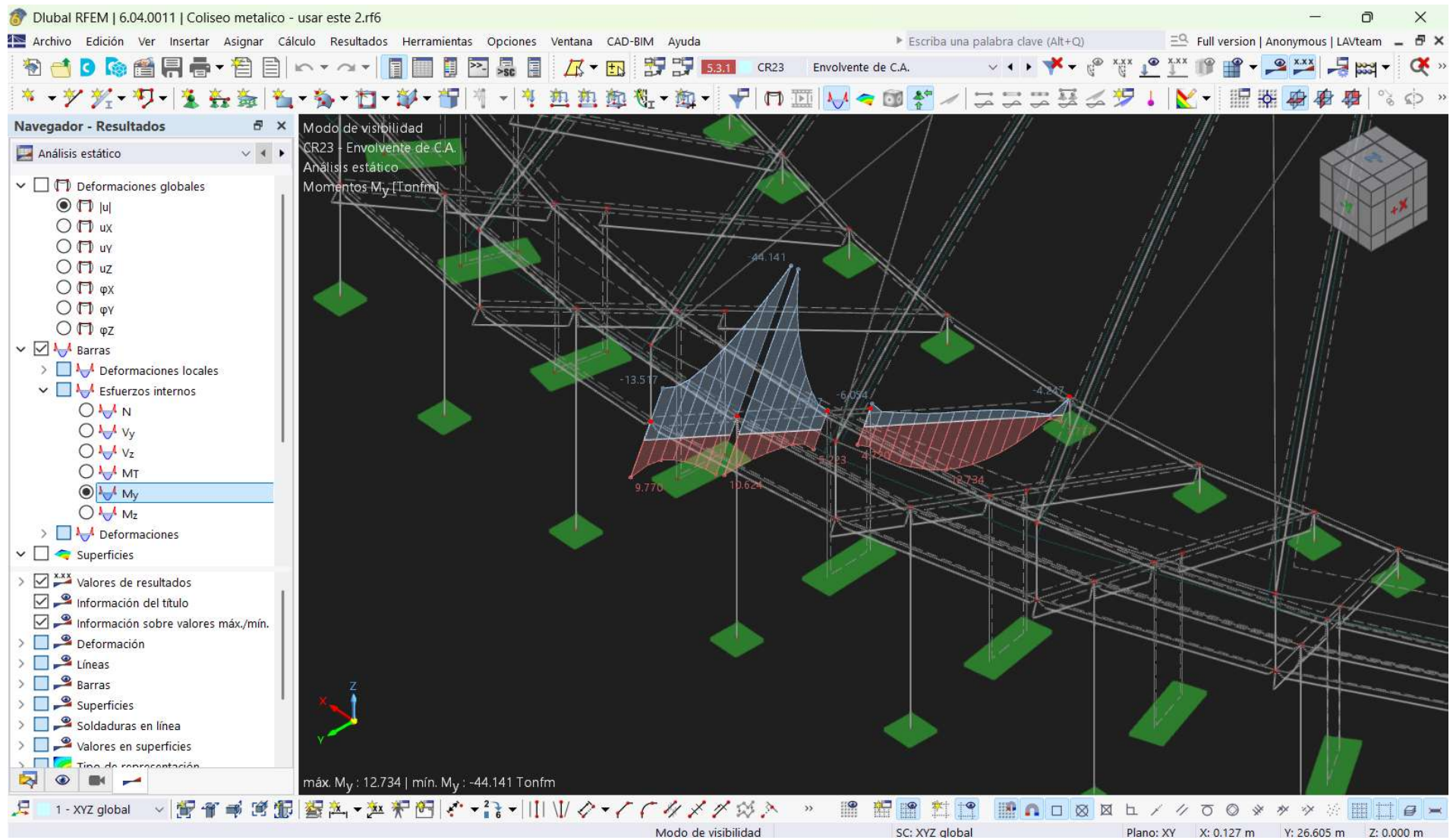
Caso	-	2	2	3, a	3, a	3, a	1	1	1	1
S _{req}	cm	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	No rf.	No rf.	No rf.	No rf.
S _p	cm	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00

L _c	cm	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
cer	-	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
cer _p	-	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00

Espac.	cm	1@5	1@5	1@5	1@5	1@5	1@5	1@5	1@5	1@5
	cm	21@10	21@10	21@10	21@10	21@10	21@10	21@10	21@10	21@10
	cm	rto@25	rto@25	rto@25	rto@25	rto@25	rto@25	rto@25	rto@25	rto@25

4 Anexos.

Ubicación de las vigas analizadas (Momento flector).

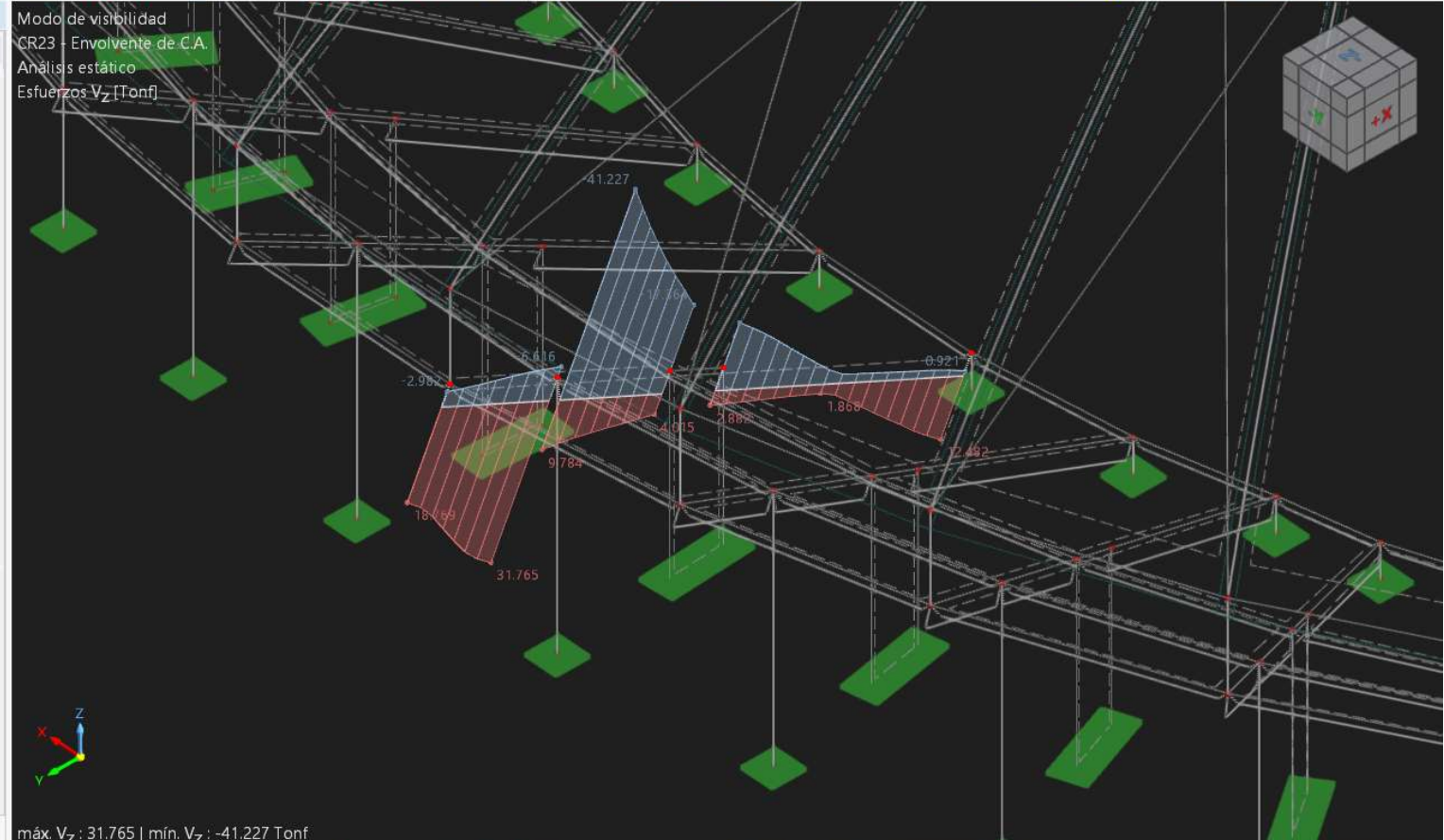


Ubicación de las vigas analizadas (Esfuerzo cortante).

Navegador - Resultados

Análisis estático

- Deformaciones globales
 - |u|
 - uX
 - uY
 - uZ
 - φX
 - φY
 - φZ
- Barras
 - Deformaciones locales
 - Esfuerzos internos
 - N
 - Vy
 - Vz
 - MT
 - My
 - Mz
 - Deformaciones
- Superficies
 - Valores de resultados
 - Información del título
 - Información sobre valores máx./mín.
 - Deformación
 - Líneas
 - Barras
 - Superficies
 - Soldaduras en línea
 - Valores en superficies
 - Tipo de representación



DISEÑO A CORTE EN VIGAS (CRITICA)

Viga a diseñar: VP (0.40 x 1.00 m)

1.0 Datos de geometría.

- $V_{ud} = V_{ua} \cdot (M_n / M_{ua})$

Ancho de la viga (b):	40.00 cm
Peralte de la viga (d):	100.00 cm
Recubrimiento de la viga (r):	4.00 cm
Diámetro transversal (\emptyset estrib.):	3/8" -
Diámetro longitudinal (\emptyset long.):	3/4" -
Peralte efectivo (d')	5.91 cm

2.0 Propiedades de los materiales.

Resistencia del concreto (f'_c):	280.00 kg / cm ²
Resistencia a la fluencia del acero (f_y):	4200.00 kg / cm ²
Factor de reducción por flexión (\emptyset_f):	0.90 -
Factor de reducción por cortante (\emptyset_c):	0.85 -
Factor de reducción por torsión (\emptyset_t):	0.85 -

3.0 Datos del analisis estructural.

Cortante actuante (V_u):	32.23 tonf
Torsión actuante (T_u):	0.40 tonf-m
Momento flector actuante (M_u):	10.24 tonf-m
Área de acero por flexión	2.61 cm ²

4.0 Verificación de refuerzo por torsión.

- $\emptyset \cdot 0.27 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot (A_{cp}^2 / P_{cp})$

Área bruta de la sección (A_{cp}):	4000.00 cm ²
Perimetro de la sección bruta (P_{cp}):	280.00 cm
$\emptyset \cdot 0.27 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot (A_{cp}^2 / P_{cp})$:	2.19 tonf-m

No requiere refuerzo por torsión

5.0 Cálculo de las propiedades de la sección.

xl:	31.05 cm
yl:	91.05 cm
Aoh:	2826.80 cm ²
Ao:	2402.78 cm ²
d:	94.10 cm
ph:	244.19 cm

6.0 Verificación de sección para soportar T_u .

- $\sqrt{((V_u / (b_w \cdot d))^2 + ((T_u \cdot P_h) / (1.70 \cdot A_{oh}^2)))} \leq \phi \cdot (V_c / (b_w \cdot d) + 2.10 \cdot \sqrt{f'_c})$

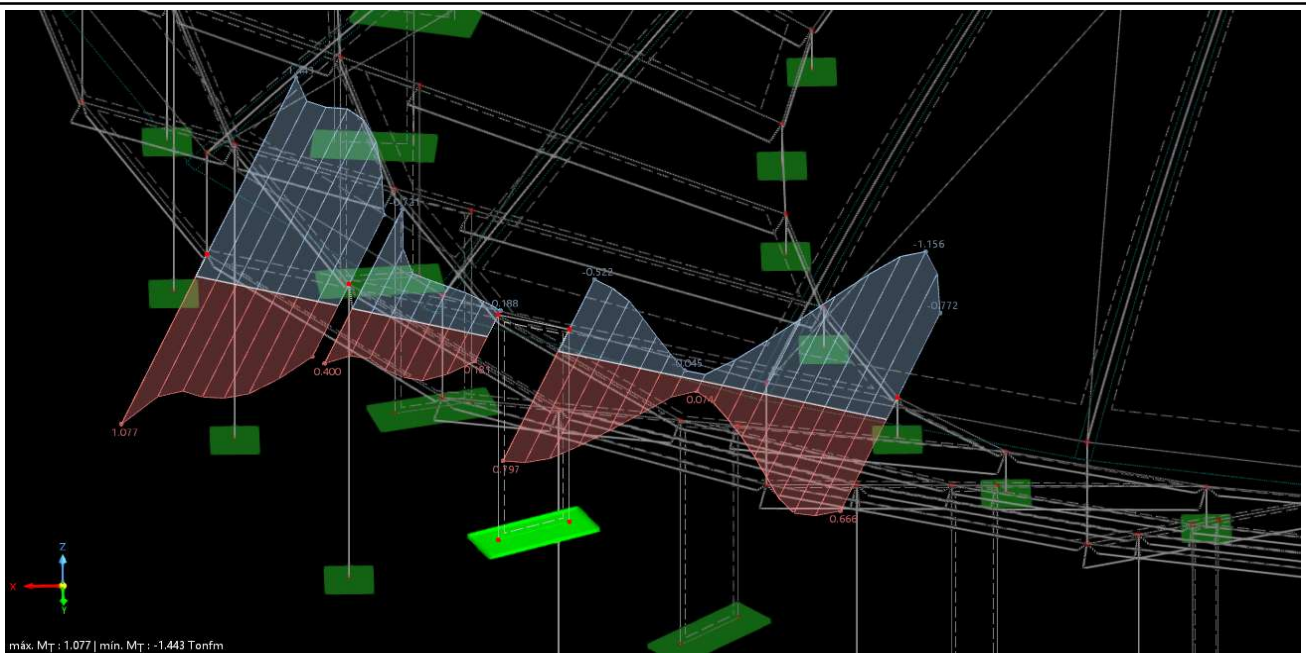
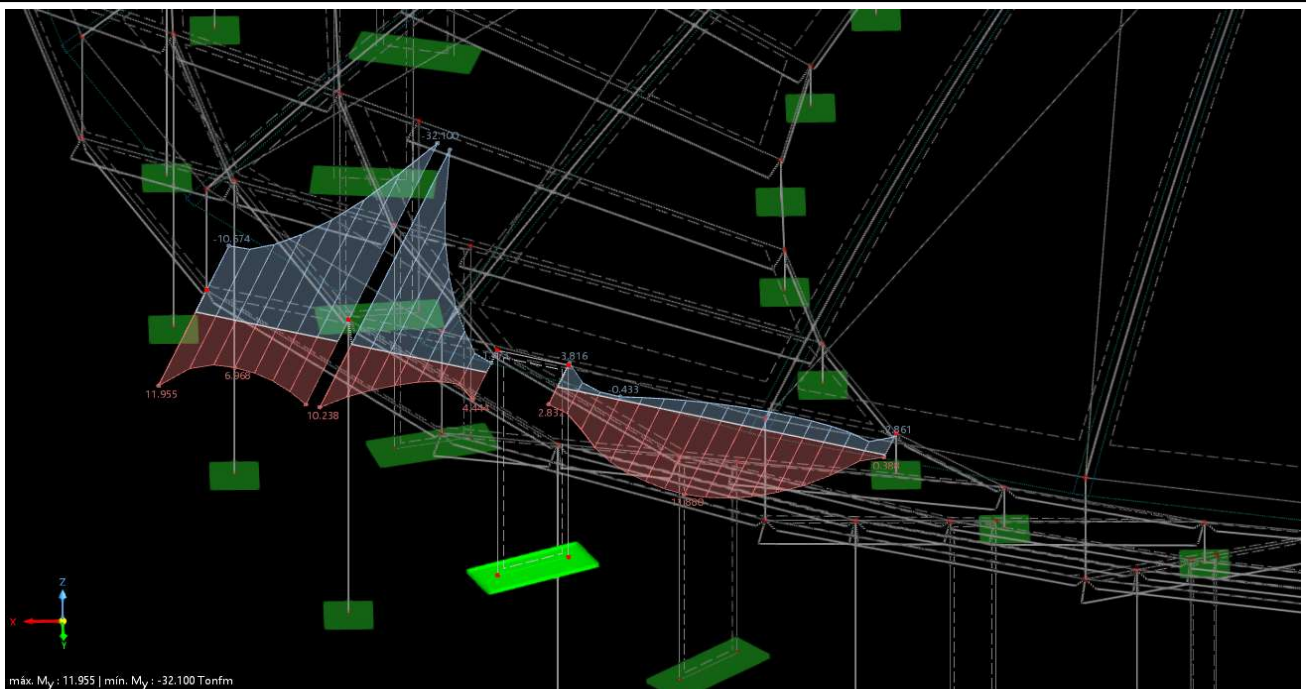
V_c :	33.38 tonf
$\sqrt{((V_u / (b_w \cdot d))^2 + ((T_u \cdot P_h) / (1.70 \cdot A_{oh}^2)))}$:	8.59
$\phi \cdot (V_c / (b_w \cdot d) + 2.10 \cdot \sqrt{f'_c})$:	37.41

Sección suficientemente grande

7.0 Refuerzo transversal por torsión.

Torsión nominal requeridas (T_n):	0.47 tonf-m
Angulo de estribaje (θ):	45.00 °

At / S:	0.00 cm ² /cm
8.0 Refuerzo por cortante requerido.	
Cortante resistente del acero (Vs)	4.54 tonf
Av / S (Para dos ramas de estribo):	0.01 cm ² /cm
<i>Requiere refuerzo por cortante</i>	
9.0 Selección de estribos.	
At / S + As / S (Para dos ramas de estribo):	0.02 cm ² /cm
Espaciamiento entre estribos requerido (Sr):	117.90 cm
Espaciamiento entre estribos máximo (Sr):	30.52 cm
10.0 Refuerzo longitudinal por torsión.	
Acero longitudinal por torsión (Al):	0.57 cm ²
Acero longitudinal por torsión mínimo (Al mín):	17.13 cm ²
11.0 Anexos.	



DISEÑO Y DETALLADO DE VIGAS	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA DE CONCRETO).
ELEMENTO:	VIGA AEREA DE 0.30 X 0.30 M, TRAMO CRITICO

1 Requerimiento de refuerzo en vigas.

Variable	Unidad	Puntos de apoyo								
		Tramo 1			Tramo 2			Tramo 3		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		-	+	-	-	+	-	-	+	-
IMul	tonf m	1.48	0.54	0.78	1.56	0.44	0.70	1.23	0.49	0.76
øf	-	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
f _c	kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
f _y	kg/cm ²	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00
b	cm	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
h	cm	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
r	cm	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
d	cm	23.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00
As mín	cm ²	2.30	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
As	cm ²	2.30	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40

Nº var.	-	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Aparejo	-	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
Asd	cm ²	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87	3.87
Verif.	-	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

2 Verificación del cortante en vigas.

Variable	Unidad	Puntos de apoyo								
		Tramo 1			Tramo 2			Tramo 3		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vu	tonf	10.82	1.23	10.84	10.30	0.82	10.23	10.32	1.38	10.04
øc	-	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
fc	kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
fy	kg/cm ²	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00
b	cm	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
d	cm	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
Vc	tonf	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91
Vs	tonf	5.82	0.00	5.83	5.21	0.00	5.12	5.23	0.00	4.90
Vslim	tonf	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65	27.65
Verif.	-	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

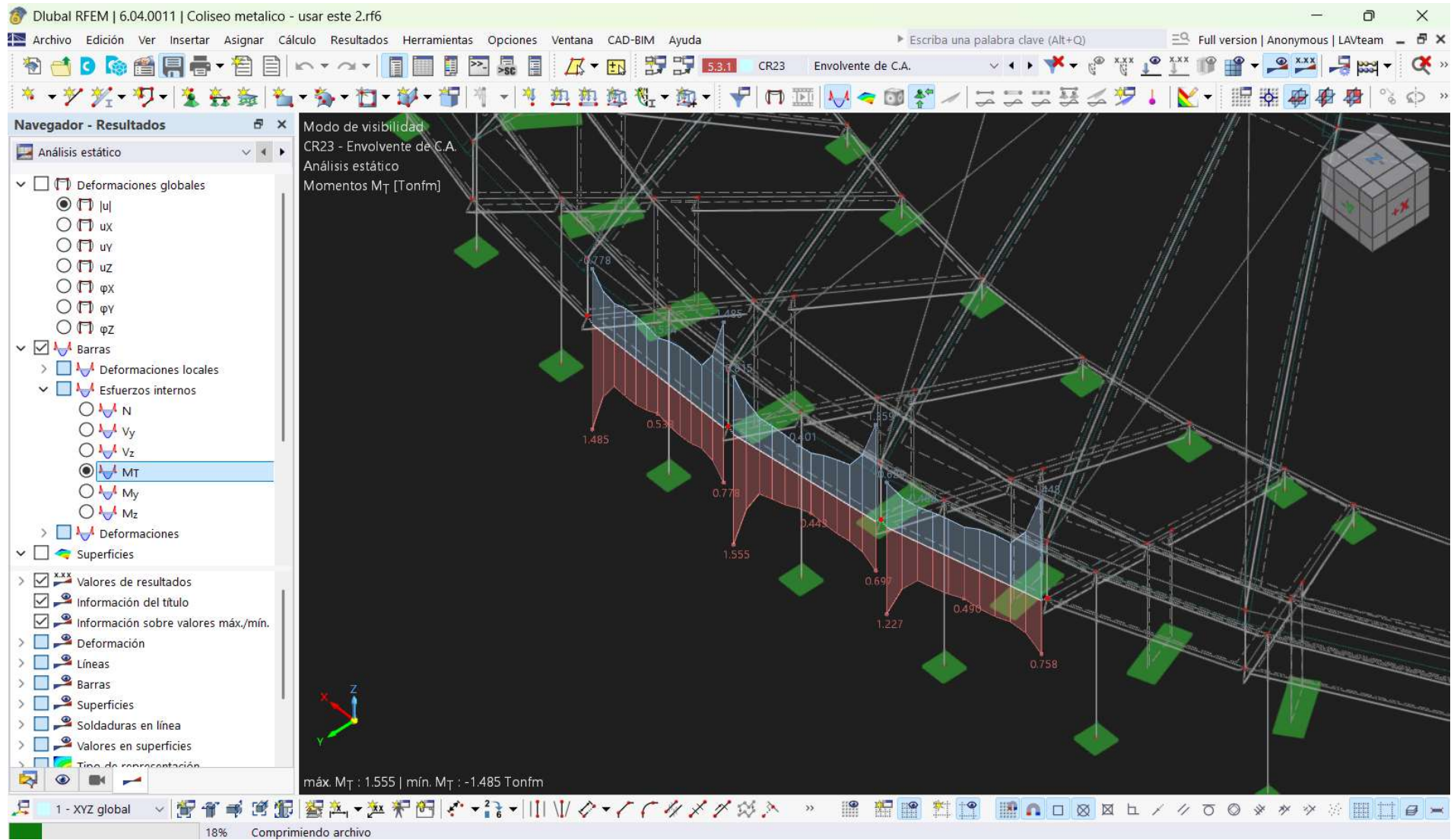
Caso	-	3, a	1	3, a	3, a	1	3, a	3, a	1	3, a
Sreq	cm	15.00	No rf.	15.00	15.00	No rf.	15.00	15.00	No rf.	15.00
Sp	cm	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00

Lc	cm	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
cer	-	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
cerp	-	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00

Espac.	cm	1@5	1@5	1@5	1@5	1@5	1@5	1@5	1@5	1@5
	cm	7@10	7@10	7@10	7@10	7@10	7@10	7@10	7@10	7@10
	cm	rto@15	rto@15	rto@15	rto@15	rto@15	rto@15	rto@15	rto@15	rto@15

4 Anexos.

Ubicación de las vigas analizadas (Momento flector).

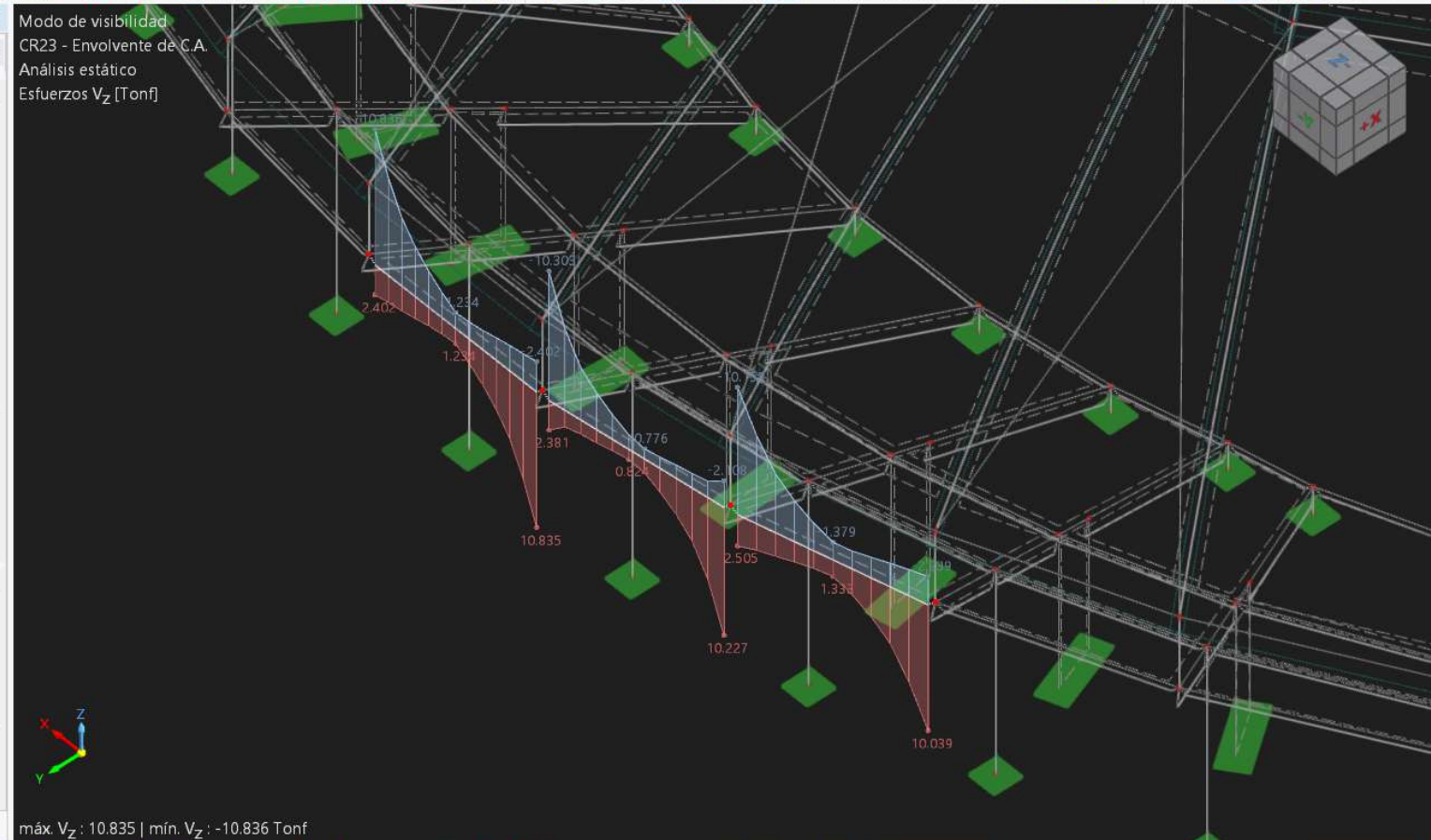


Ubicación de las vigas analizadas (Esfuerzo cortante).



Navegador - Resultados

- ▼ Análisis estático
 - ▼ Deformaciones globales
 - |u|
 - ux
 - uy
 - uz
 - φX
 - φY
 - φZ
 - ▼ Barras
 - > Deformaciones locales
 - ▼ Esfuerzos internos
 - N
 - Vy
 - Vz
 - MT
 - My
 - Mz
 - > Deformaciones
 - ▼ Superficies
- > Valores de resultados
- > Información del título
- > Información sobre valores máx./mín.
- > Deformación
- > Líneas
- > Barras
- > Superficies
- > Soldaduras en línea
- > Valores en superficies
- > Tipo de representación



DISEÑO Y DETALLADO DE LOSAS	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA DE CONCRETO).
ELEMENTO:	LOSA MACIZA DE 0.20 M, ZONA CRITICA.

1 Requerimiento de refuerzo en losas.

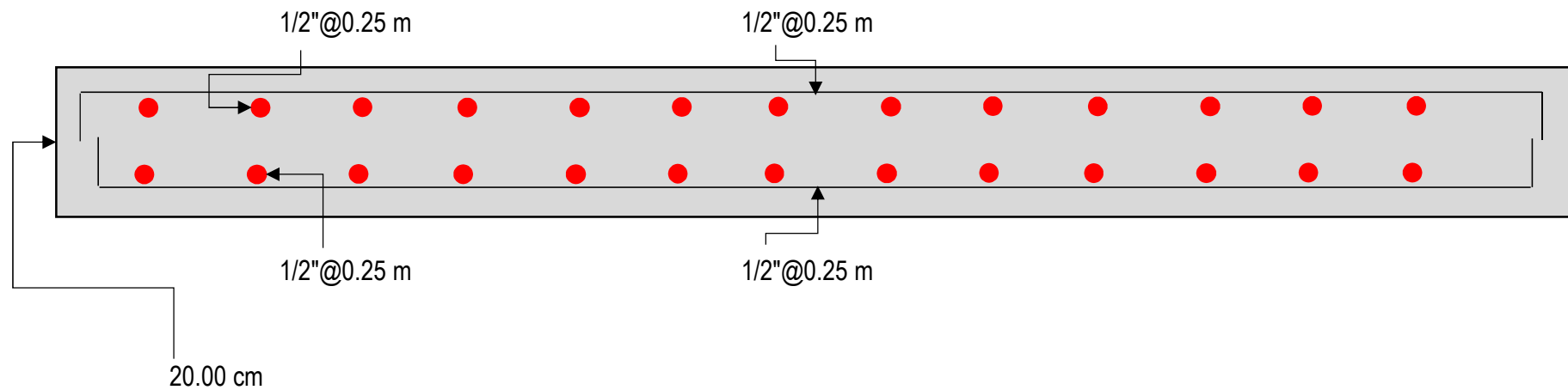
Variable	Unidad	Puntos de apoyo								
		Dirección x			Dirección y			No tiene		
		1	2	3	4	5	6			
		-	+	-	-	+	-			
IMul	tonf m	0.06	0.12	0.08	0.75	0.72	1.32	-	-	-
øf	-	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	-	-	-
f _c	kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	-	-	-
f _y	kg/cm ²	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	-	-	-
b	cm	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-	-	-
h	cm	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	-	-	-
r	cm	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	-	-	-
d	cm	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	-	-	-
As mín	cm ²	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	-	-	-
As	cm ²	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	-	-	-

Aparejo	-	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	-	-	-
Asv	-	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	1.29	-	-	-
Sp	m	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	-	-	-
S	m	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	-	-	-

2 Verificación del cortante en vigas.

Variable	Unidad	Puntos de apoyo								
		Dirección x			Dirección y			No tiene		
		1	2	3	1	2	3			
Vu	tonf	2.59	0.00	3.03	1.67	0.00	1.56	-	-	-
øc	-	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	-	-	-
f _c	kg/cm ²	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	-	-	-
f _y	kg/cm ²	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	4200.00	-	-	-
b	cm	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	-	-	-
d	cm	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	-	-	-
V _c	tonf	15.36	15.36	15.36	15.36	15.36	15.36	-	-	-
Verif.	-	Si	Si	Si	Si	Si	Si	-	-	-

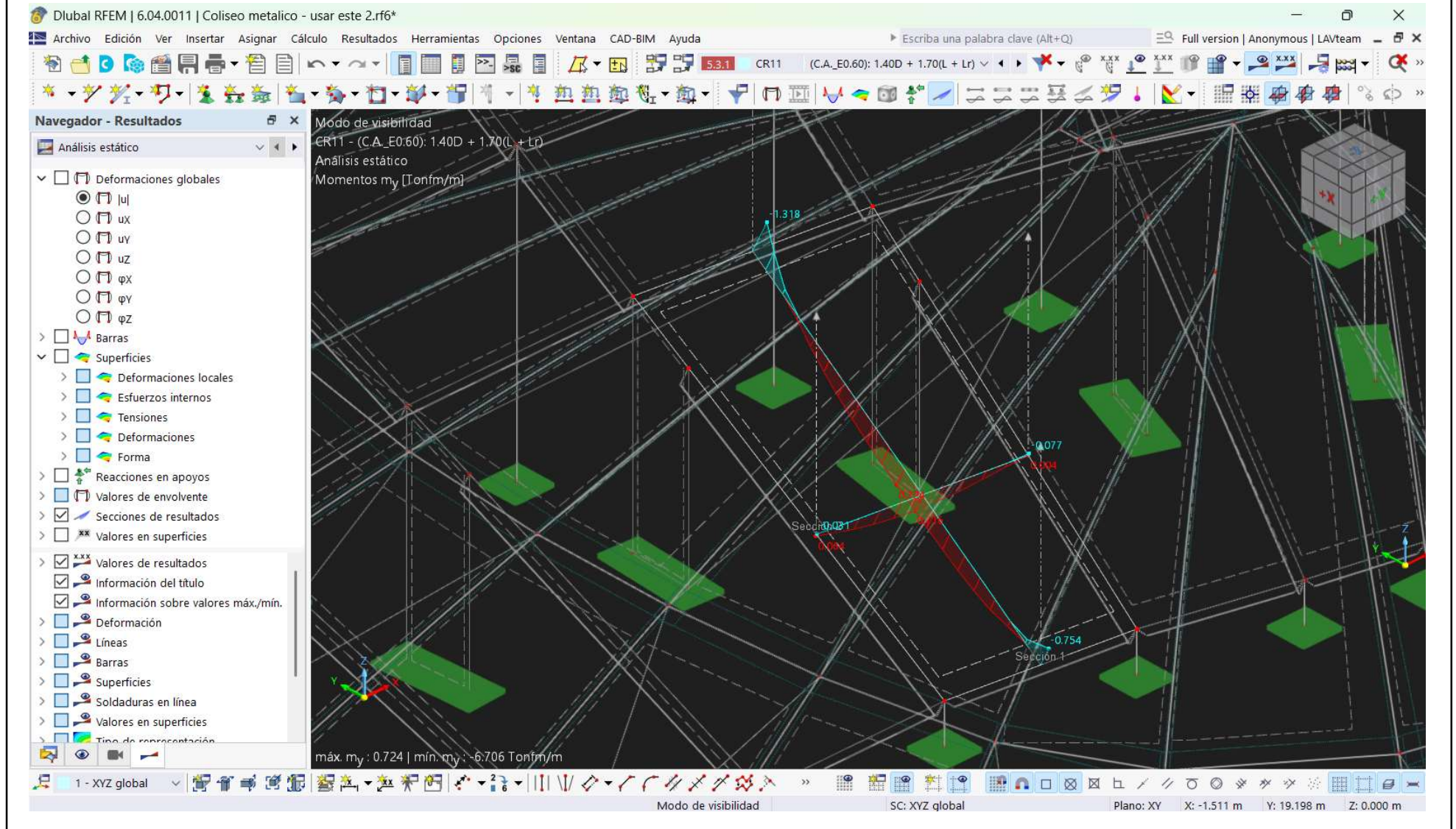
3 Detallado de refuerzo en elemento.



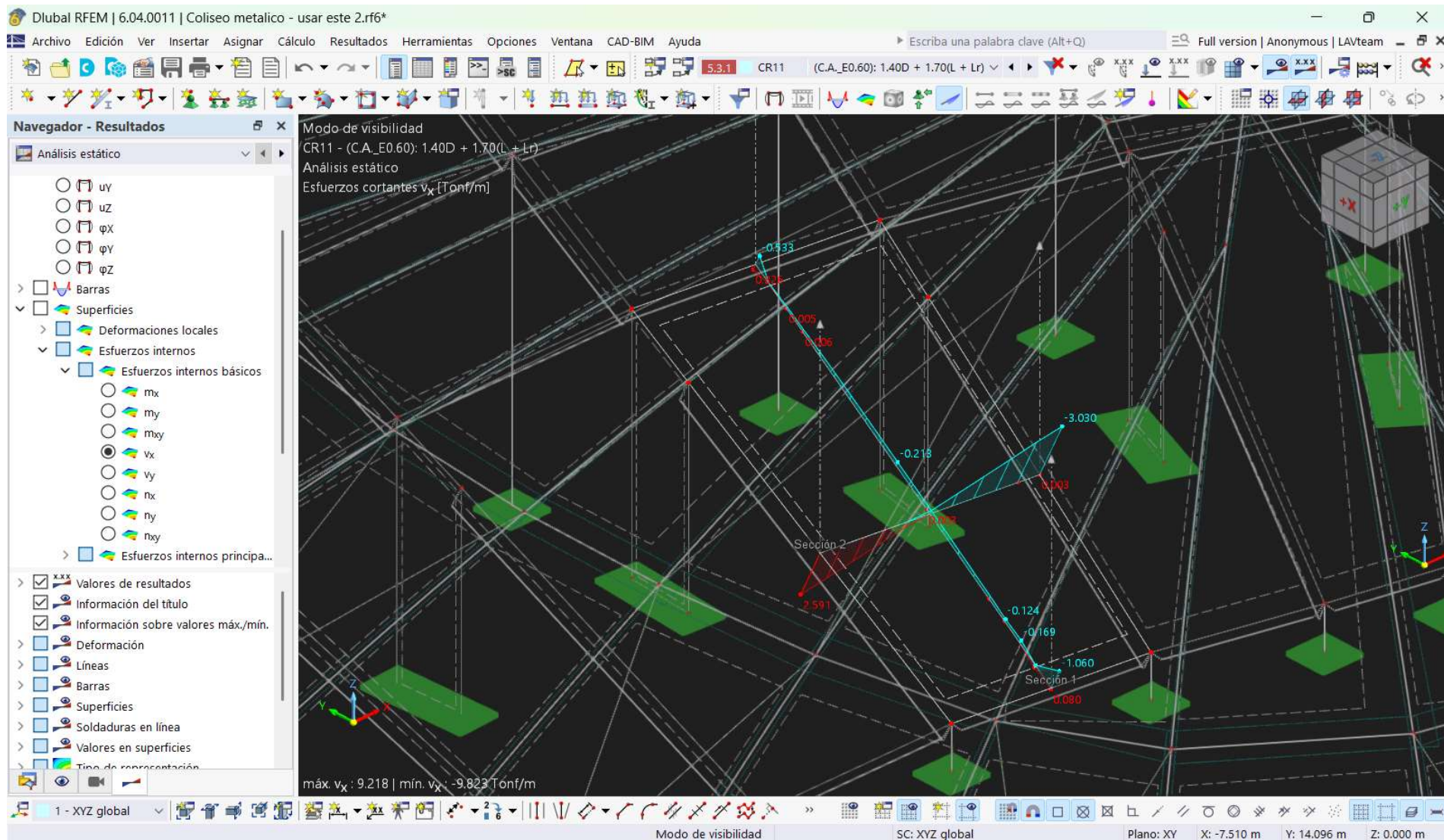
f_c 210.00 kg/cm² Resistencia a la compresión del concreto.
 f_y 4200.00 kg/cm² Resistencia a la fluencia del acero.

4 Anexos.

Ubicación de las losas analizadas (Momento flector).



Ubicación de las losas analizadas (Esfuerzo cortante).



DISEÑO DE COLUMNAS POR FLEXOCOMPRESION

PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA..
ELEMENTO:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA DE CONCRETO).
	Columna de concreto de 0.40 x 0.60 m.

	Curve #1	0 deg		Curve #2	15 deg		Curve #3	30 deg		Curve #4
Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	P tonf
1	434.20	0.00	0.00	434.20	0.00	0.00	434.20	0.00	0.00	434.20
2	434.20	0.00	10.96	434.20	3.75	4.82	434.20	5.16	3.63	434.20
3	429.68	0.00	16.68	434.20	7.49	8.68	434.20	9.28	6.52	434.20
4	386.28	0.00	21.67	434.20	10.79	14.10	434.20	14.58	10.35	434.20
5	340.83	0.00	25.72	378.40	11.80	20.20	398.08	19.86	14.49	395.96
6	293.21	0.00	28.88	316.46	12.53	24.74	335.07	23.99	18.40	332.01
7	240.60	0.00	31.37	250.07	13.26	27.41	256.55	26.15	21.24	257.49
8	181.28	0.00	33.38	176.37	14.40	28.21	168.76	27.59	21.45	176.78
9	145.72	0.00	32.15	117.34	14.47	26.98	102.35	26.75	19.98	110.00
10	104.67	0.00	29.96	60.78	13.88	23.34	42.55	23.63	17.13	49.15
11	65.95	0.00	26.43	6.05	13.27	17.58	-10.72	18.67	13.26	-4.48
12	20.48	0.00	21.56	-43.94	10.99	11.18	-55.51	12.78	8.75	-50.86
13	-24.20	0.00	15.29	-87.98	6.46	5.02	-92.29	6.24	4.19	-89.24
14	-93.12	0.00	4.92	-115.27	1.04	0.76	-115.26	1.09	0.72	-113.87
15	-119.32	0.00	0.00	-119.32	0.00	0.00	-119.32	0.00	0.00	-119.32

PUNTOS	M33							Hallar	72
	0°		180°		phi	0°		180°	
	Pn	Mn	Pn	Mn		phiPn	phiMn	PhiPn	
1	434.20	0.00	434.20	0.00	0.70	303.94	0.00	303.94	0.00

Longitud en dirección x de columna (lx): 40.00 cm
 Longitud en dirección y de columna (ly): 60.00 cm
 Resistencia del concreto (f'c): 210.00 kgf/cm²

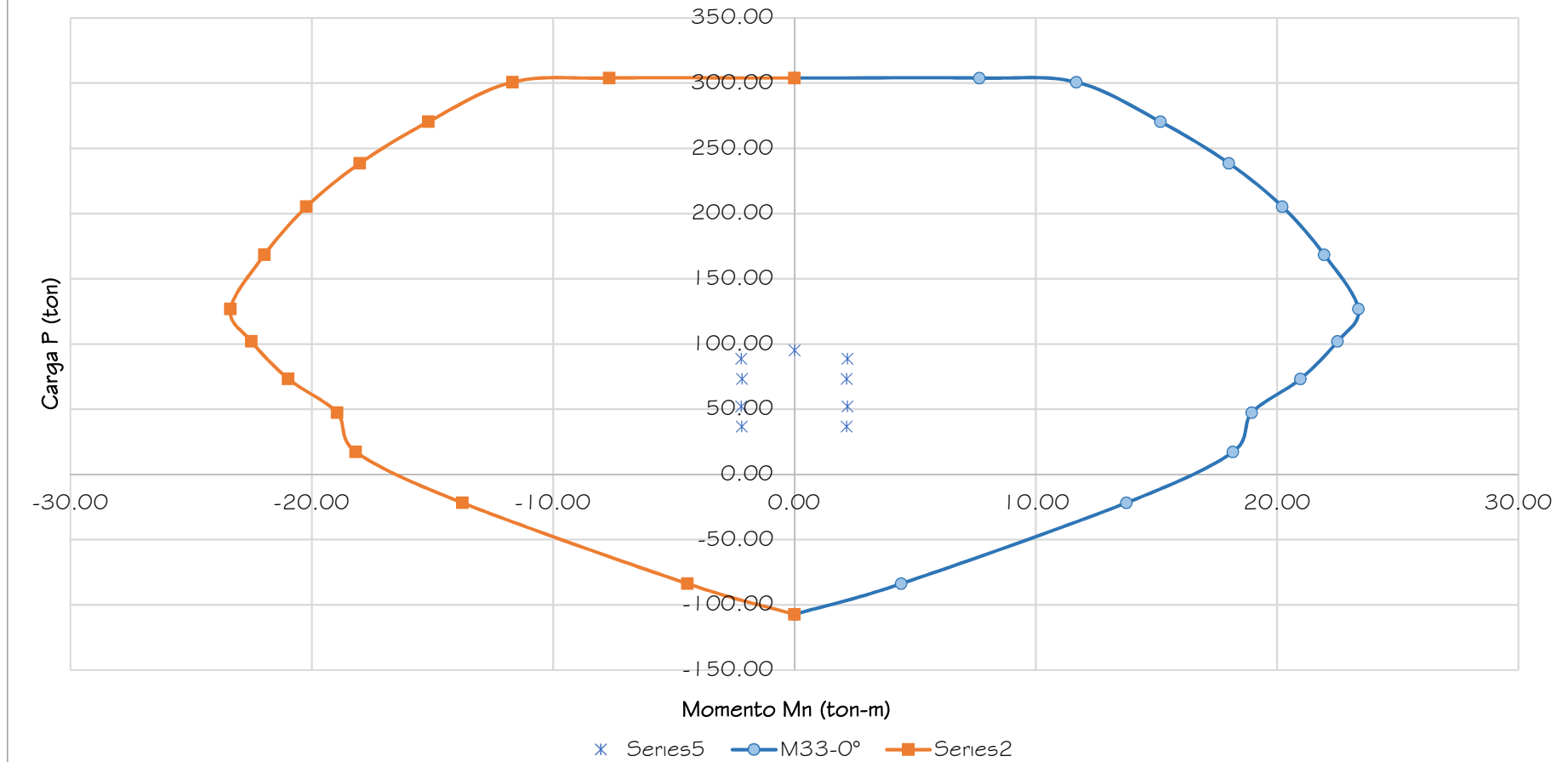
45 deg		Curve #5	60 deg		Curve #6	75 deg		Curve #7	90 deg	
M2 tonf-m	M3 tonf-m	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
0.00	0.00	434.20	0.00	0.00	434.20	0.00	0.00	434.20	0.00	0.00
6.44	2.84	434.20	7.66	2.28	434.20	9.42	1.98	434.20	16.61	0.00
11.13	5.41	434.20	13.46	4.64	434.20	18.17	3.22	432.43	25.05	0.00
17.46	8.50	434.20	21.65	6.74	413.23	27.70	3.41	390.59	32.40	0.00
24.71	11.32	381.02	30.82	7.35	363.87	35.37	3.46	347.57	38.36	0.00
32.06	12.78	320.67	37.82	7.69	311.92	41.19	3.63	301.22	43.22	0.00
36.97	13.43	257.00	42.12	8.13	255.74	45.25	3.81	251.08	47.07	0.00
37.95	14.24	186.37	43.95	8.66	192.87	47.74	4.15	195.90	50.18	0.00
35.24	14.46	127.41	42.57	8.77	142.78	46.97	4.13	156.79	49.23	0.00
30.10	13.29	70.96	37.36	8.70	94.55	43.07	4.11	116.71	46.91	0.00
23.15	10.93	14.70	29.01	8.38	45.35	36.56	4.25	76.23	42.76	0.00
15.18	7.92	-36.61	19.41	6.83	-6.63	27.22	4.25	34.15	36.01	0.00
7.35	4.17	-83.01	9.19	4.29	-60.28	15.07	3.72	-13.32	26.74	0.00
1.45	0.91	-112.04	1.94	1.15	-108.43	2.93	1.56	-70.25	12.95	0.00
0.00	0.00	-119.32	0.00	0.00	-119.32	0.00	0.00	-119.32	0.00	0.00

PUNTOS	M22									
	90°		270°		phi	90°		270°		
	Pn	Mn	Pn	Mn		phiPn	PhiMn	phiPn	PhiMn	
1	434.20	0.00	434.20	0.00	0.70	303.94	0.00	303.94	0.00	

2	434.20	10.96	434.20	-10.96	0.70	303.94	7.67	303.94	-7.67
3	429.68	16.68	429.68	-16.68	0.70	300.78	11.68	300.78	-11.68
4	386.28	21.67	386.28	-21.67	0.70	270.39	15.17	270.39	-15.17
5	340.83	25.72	340.83	-25.72	0.70	238.58	18.01	238.58	-18.01
6	293.21	28.88	293.21	-28.88	0.70	205.25	20.22	205.25	-20.22
7	240.60	31.37	240.60	-31.37	0.70	168.42	21.96	168.42	-21.96
8	181.28	33.38	181.28	-33.38	0.70	126.89	23.37	126.89	-23.37
9	145.72	32.15	145.72	-32.15	0.70	102.01	22.50	102.01	-22.50
10	104.67	29.96	104.67	-29.96	0.70	73.27	20.97	73.27	-20.97
11	65.95	26.43	65.95	-26.43	0.72	47.27	18.95	47.27	-18.95
12	20.48	21.56	20.48	-21.56	0.84	17.26	18.18	17.26	-18.18
13	-24.20	15.29	-24.20	-15.29	0.90	-21.78	13.76	-21.78	-13.76
14	-93.12	4.92	-93.12	-4.92	0.90	-83.81	4.43	-83.81	-4.43
15	-119.32	0.00	-119.32	0.00	0.90	-107.39	0.00	-107.39	0.00

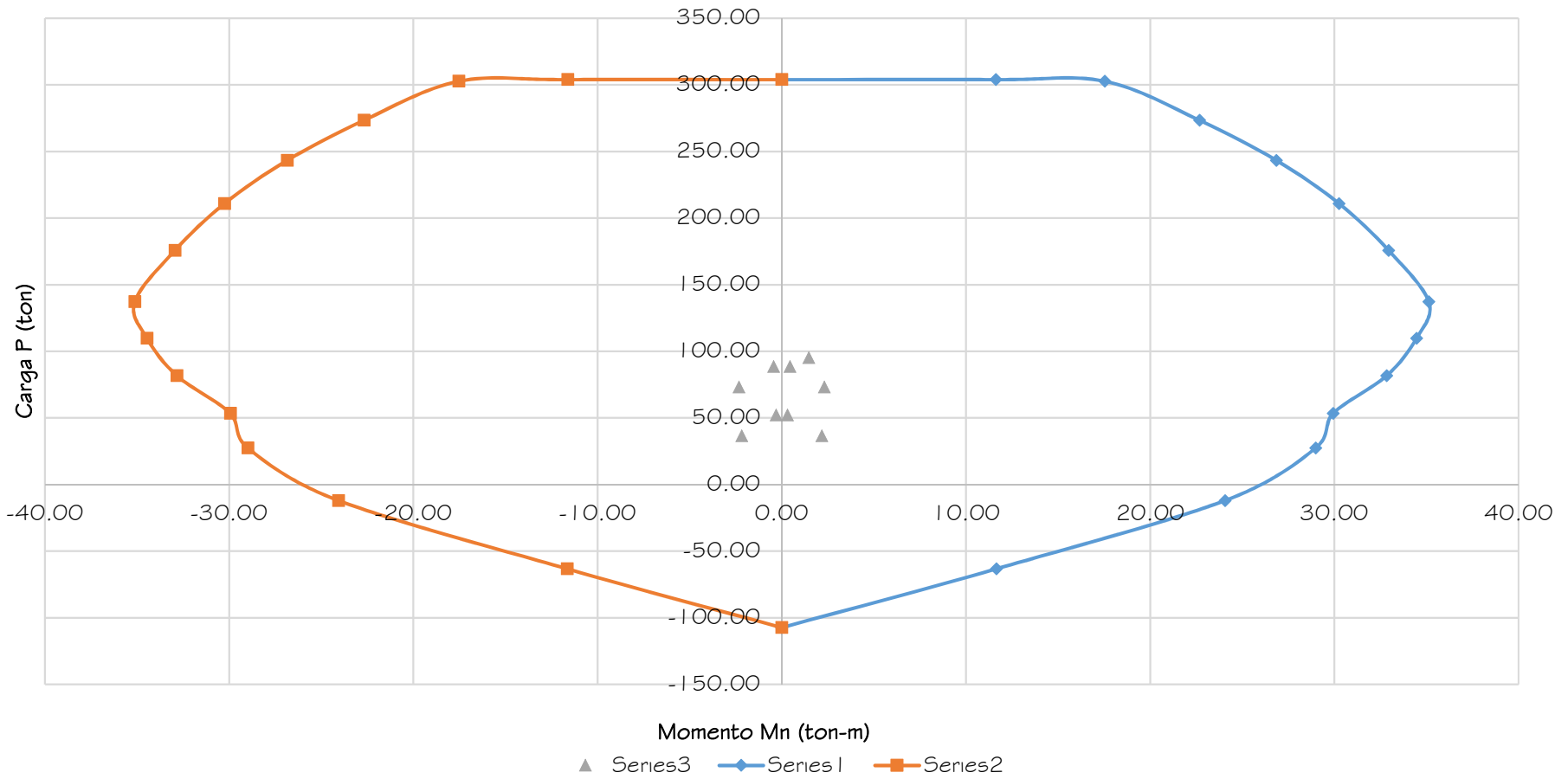
2	434.20	16.61	434.20	-16.61	0.70	303.94	11.62	303.94	-11.62
3	432.43	25.05	432.43	-25.05	0.70	302.70	17.53	302.70	-17.53
4	390.59	32.40	390.59	-32.40	0.70	273.41	22.68	273.41	-22.68
5	347.57	38.36	347.57	-38.36	0.70	243.30	26.85	243.30	-26.85
6	301.22	43.22	301.22	-43.22	0.70	210.85	30.26	210.85	-30.26
7	251.08	47.07	251.08	-47.07	0.70	175.76	32.95	175.76	-32.95
8	195.90	50.18	195.90	-50.18	0.70	137.13	35.13	137.13	-35.13
9	156.79	49.23	156.79	-49.23	0.70	109.76	34.46	109.76	-34.46
10	116.71	46.91	116.71	-46.91	0.70	81.70	32.84	81.70	-32.84
11	76.23	42.76	76.23	-42.76	0.70	53.36	29.93	53.36	-29.93
12	34.15	36.01	34.15	-36.01	0.81	27.50	28.99	27.50	-28.99
13	-13.32	26.74	-13.32	-26.74	0.90	-11.98	24.07	-11.98	-24.07
14	-70.25	12.95	-70.25	-12.95	0.90	-63.23	11.66	-63.23	-11.66
15	-119.32	0.00	-119.32	0.00	0.90	-107.39	0.00	-107.39	0.00

Diagrama de interacción M33 (0°-180°)



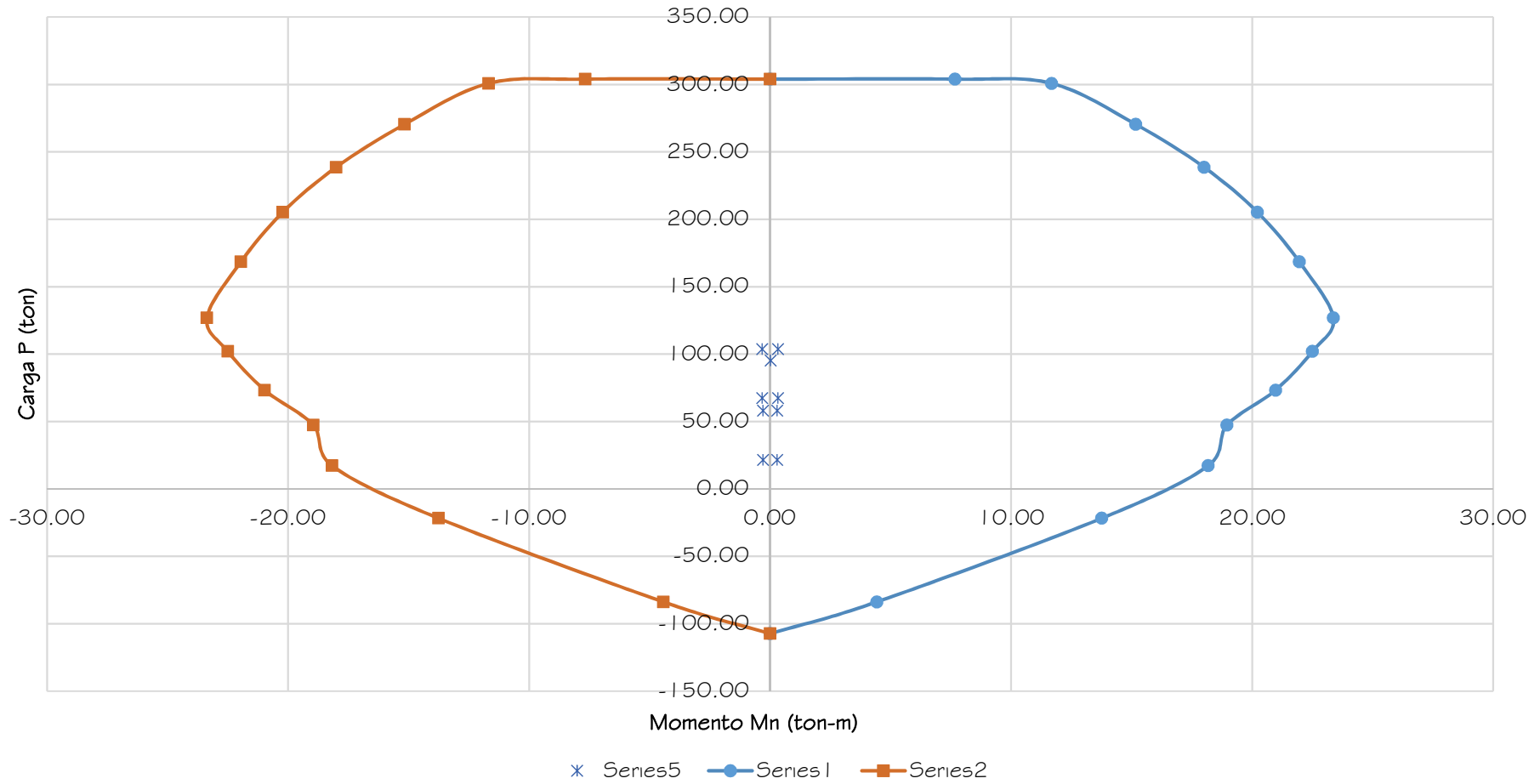
SISMO XX

Diagrama de interacción M22 (90°-270°)



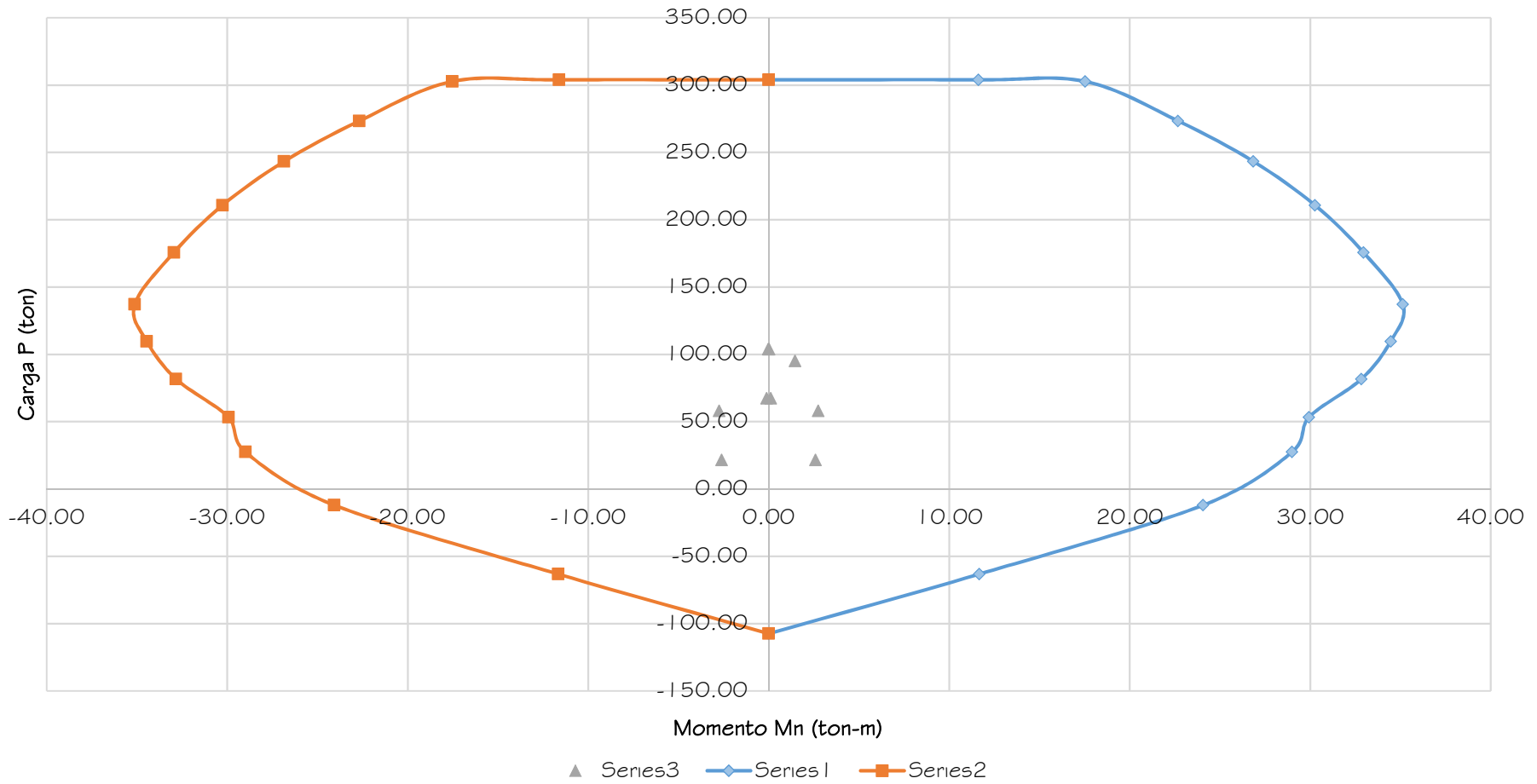
SISMO YY

Diagrama de interacción M33 (0°-180°)



CARGAS DE COLUMNA

Diagrama de interacción M22 (90°-270°)



SISMO XX

Story	Column	Unique Name	Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
				m	tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
-	-	-	CM	LinStatic	-49.3200	-0.0050	0.6850	0.0070	1.3820	0.0140
-	-	-	CV	LinStatic	-15.3470	0.0010	-0.1420	0.0010	-0.2750	-0.0010
-	-	-	SDX	Combination	7.7290	-0.9390	-0.3950	0.0170	-0.9340	2.1860
-	-	-	SDY	Combination	22.8850	0.1850	0.5450	0.0230	-1.3560	0.3100

CM	49.32
CV	15.347

Caso	P	Vx	Vy	Mxx	Myy
CM	49.32	-0.01	0.69	1.38	0.01
CV	15.35	0.00	-0.14	-0.28	0.00
SDX	7.73	-0.94	-0.40	-0.93	2.19
SDY	22.89	0.19	0.55	-1.36	0.31

		COMBINACIONES DE DISEÑO				
		P (ton)	M22 (ton.m)	M33 (ton.m)	V22 (ton)	V33 (ton)
SISMO XX	U1	95.14	1.47	0.02	-0.01	0.72
	U2	88.56	0.45	2.20	-0.94	0.28
	U3	73.10	2.32	-2.17	0.93	1.07
	U4	52.12	0.31	2.20	-0.94	0.22
	U5	36.66	2.18	-2.17	0.93	1.01
SISMO YY	U2	103.72	0.03	0.33	0.18	1.22
	U3	57.95	2.74	-0.29	-0.19	0.13
	U4	67.27	-0.11	0.32	0.18	1.16
	U5	21.50	2.60	-0.30	-0.19	0.07

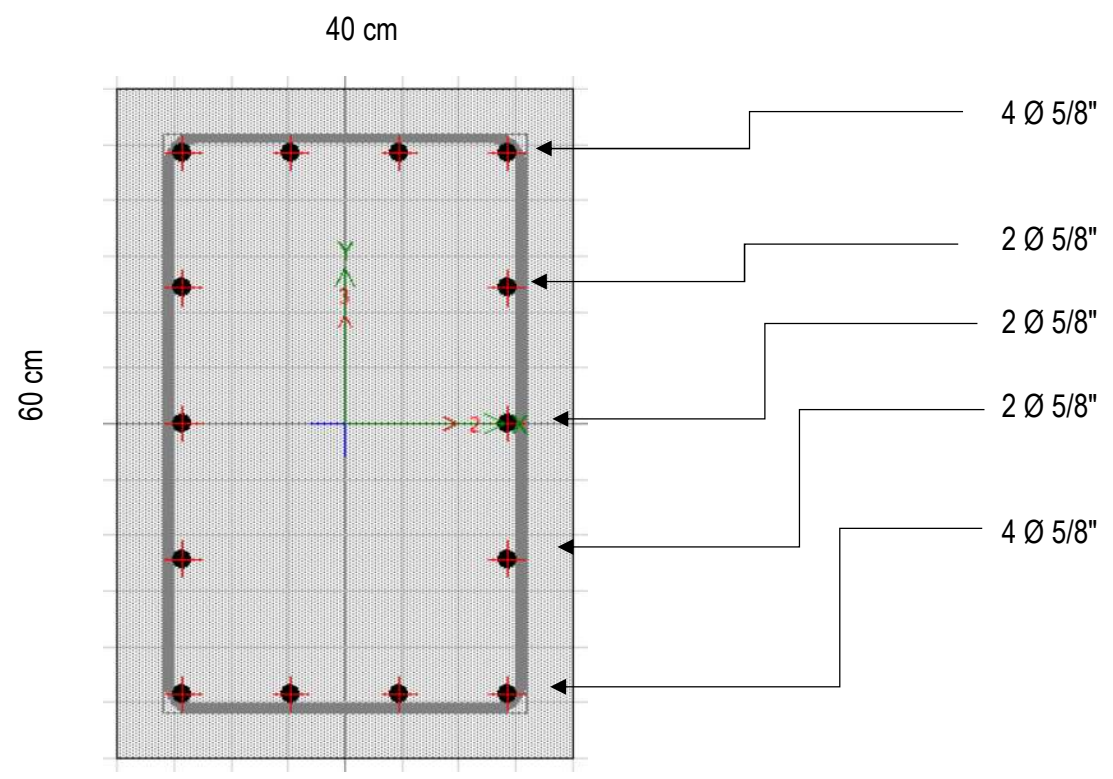
DISEÑO CAP.	
V2	V3
tonf	tonf
-0.005	0.685
0.001	-0.142
-0.939	-0.395
0.185	0.545

		COMBINACIONES DE DISEÑO		
		P (ton)	M2 (ton.m)	M3 (ton.m)
	U1=1.4CM+1.7CV	95.14	1.47	0.02
S XX (+)	U2=1.25(CM+CV)+SXDISEÑO	88.56	0.45	2.20
	U3=1.25(CM+CV)-SXDISEÑO	73.10	2.32	-2.17
	U4=0.9CM+SXDISEÑO	52.12	0.31	2.20
	U5=0.9CM-SXDISEÑO	36.66	2.18	-2.17
S XX (-)	U2=1.25(CM+CV)+SXDISEÑO	88.56	-0.45	-2.20
	U3=1.25(CM+CV)-SXDISEÑO	73.10	-2.32	2.17
	U4=0.9CM+SXDISEÑO	52.12	-0.31	-2.20
	U5=0.9CM-SXDISEÑO	36.66	-2.18	2.17

SISMO YY				
		COMBINACIONES DE DISEÑO		
		P (ton)	M2 (ton.m)	M3 (ton.m)
	U1=1.4CM+1.7CV	95.14	1.47	0.02
S YY (+)	U2=1.25(CM+CV)+SYDISEÑO	103.72	0.03	0.33
	U3=1.25(CM+CV)-SYDISEÑO	57.95	2.74	-0.29
	U4=0.9CM+SYDISEÑO	67.27	-0.11	0.32
	U5=0.9CM-SYDISEÑO	21.50	2.60	-0.30
S YY (-)	U2=1.25(CM+CV)+SYDISEÑO	103.72	-0.03	-0.33
	U3=1.25(CM+CV)-SYDISEÑO	57.95	-2.74	0.29
	U4=0.9CM+SYDISEÑO	67.27	0.11	-0.32
	U5=0.9CM-SYDISEÑO	21.50	-2.60	0.30

DISEÑO POR CAPACIDAD									
	COMBINACIONES DE DISEÑO				2.5*Sismo				
		P (ton)	Vx (ton)	Vy (ton)	Vux amplif	Vuy amplif	ϕVc (ton)	Vsreq (ton)	Sreq (cm)
	U1	95.14	-0.01	0.72	0.01	0.72	18.09	0	-
SISMO XX	U2	88.56	-0.94	0.28	2.35	0.31	17.82	0	-
	U3	73.10	0.93	1.07	2.34	1.67	17.17	0	-
	U4	52.12	-0.94	0.22	2.35	0.37	16.29	0	-
	U5	36.66	0.93	1.01	2.34	1.60	15.64	0	-
SISMO YY	U2	103.72	0.18	1.22	0.46	2.04	18.45	0	-
	U3	57.95	-0.19	0.13	0.47	0.68	16.53	0	-
	U4	67.27	0.18	1.16	0.46	1.98	16.92	0	-
	U5	21.50	-0.19	0.07	0.47	0.75	15.00	0	-

Detallado de refuerzo.



Determinación de espaciamiento máximo en zona de confinamiento.

b	0.45	m	Ancho de la columna.
h	0.60	m	Fondo de la columna.
Øl	5/8"	-	Diámetro de barra longitudinal.
Ll	6.95	m	Luz libre del a columna
So1	0.13	m	Espaciamiento en longitud de confinamiento (a).
So2	0.23	m	Espaciamiento en longitud de confinamiento (b).
So2	0.10	m	Espaciamiento en longitud de confinamiento (c).
So	0.10	m	Espaciamiento en longitud de confinamiento.
Sop	0.10	m	Espaciamiento en longitud de confinamiento.
Lo1	1.16	m	Longitud de confinamiento (a).
Lo2	0.60	m	Longitud de confinamiento (b).
Lo3	0.50	m	Longitud de confinamiento (c).
Lo	1.16	m	Longitud de confinamiento.
Ner	12.08	-	Número de estribos requeridos.
Ne	12.00	-	Número de estribos en zona de confinamiento.

3.2 Espaciamiento máximo fuera de la longitud de confinamiento.

Asv	0.038	cm ² /cm	Refuerzo requerido según diseño estructural.
Øt	3/8"	-	Diámetro de barra transversal.
nr	2.00	-	Número de ramales en dirección requerida.
Ast	1.42	cm ²	Refuerzo transversal propuesto
Sreq	37.87	cm	Espaciamiento requerido.
Smáx1	0.19	m	Esp. fuera de la longitud de confinamiento (a).
Smáx2	0.45	m	Esp. fuera de la longitud de confinamiento (b).
Smáx3	0.30	m	Esp. fuera de la longitud de confinamiento (c).
Smáx4	0.38	m	Esp. fuera de la longitud de confinamiento (d).
Smáxr	0.19	m	Espaciamiento fuera de la longitud de confinamiento.
Smáx	0.20	m	Espaciamiento fuera de la longitud de confinamiento.

Distribución de estribos: 3/8", 1 @0.05, 1 2@0.1, resto@0.2 m.

VERIFICACION DE MURO DE CONCRETO ARMADO	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ELEMENTO:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).
	MURO DE CONCRETO ARMADO, CRITICO.

1.0 Datos generales del proyecto.

Datos del material.

Resistencia a la compresión del concreto (f_c): 280.00 kg/cm²
Resistencia a la fluencia del acero (f_y): 4200.00 kg/cm²

Geometría del elemento.

Largo del elemento (L_x): 1.69 m
Alto del elemento (H_y): 4.54 m

2.0 Verificación de espesor de elemento área.

$$\phi_c(V_c) = \phi_c \cdot 0.85 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

Espesor del elemento (E_s): 40.00 cm
Factor de reducción al cortante (ϕ_c): 0.85 -
Ancho tritubario (b_w): 1.00 m
Recubrimiento del elemento (r): 0.04 m
Peralte efectivo del elemento ($d = E_s - r - 2.5$ cm): 0.34 m
Esfuerzo cortante resistente ($\phi_c(V_c)$): 25.25 tonf
Esfuerzo último presente en la estructura, ¡Si cumple! 24.88 tonf

3.0 Requerimiento de refuerzo.

$$\begin{aligned} \bullet \quad M_d &= \phi_f \cdot f_c \cdot a \cdot b \cdot (d - a / 2) \\ \bullet \quad a &= d - \sqrt{d^2 - (2 \cdot M_d) / (\phi_f \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot b)} \\ \bullet \quad A_s &= (0.85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) / f_y \end{aligned}$$

Factor de reducción (ϕ_f): 0.90 -

3.1 Refuerzo requerido para la dirección x.

Capa superior (max).

Cuántía mínima para elemento área ($p_{mín}$): 0.0018 -
Momento último de diseño ($m_x = M_d$): 1.59 tonf·m
Área de acero de diseño requerido (A_{sr}): 1.26 cm²

Area de acero minimo requerido (Asmin):	6.03 cm ²
Diámetro seleccionado para refuerzo:	1/2" -
Espaciamiento requerido (Srq):	21.39 cm
Espaciamiento propuesto (Sp):	20.00 cm

Capa inferior (mín).

Cuantía mínima para elemento área (pmín):	0.0018 -
Momento último de diseño (mx = Md):	-3.80 tonf·m
Area de acero de diseño requerido (Asr):	3.02 cm ²
Area de acero minimo requerido (Asmin):	6.03 cm ²
Diámetro seleccionado para refuerzo:	1/2" -
Espaciamiento requerido (Srq):	21.39 cm
Espaciamiento propuesto (Sp):	20.00 cm

3.2 Refuerzo requerido para la dirección y. Capa superior (max).

Cuantía mínima para elemento área (pmín):	0.0018 -
Momento último de diseño (my = Md):	7.99 tonf·m
Area de acero de diseño requerido (Asr):	6.42 cm ²
Area de acero minimo requerido (Asmin):	6.03 cm ²
Diámetro seleccionado para refuerzo:	1/2" -
Espaciamiento requerido (Srq):	20.10 cm
Espaciamiento propuesto (Sp):	20.00 cm

Capa inferior (mín).

Cuantía mínima para elemento área (pmín):	0.0018 -
Momento último de diseño (my = Md):	-7.93 tonf·m
Area de acero de diseño requerido (Asr):	6.37 cm ²
Area de acero minimo requerido (Asmin):	6.03 cm ²
Diámetro seleccionado para refuerzo:	1/2" -
Espaciamiento requerido (Srq):	20.25 cm
Espaciamiento propuesto (Sp):	20.00 cm

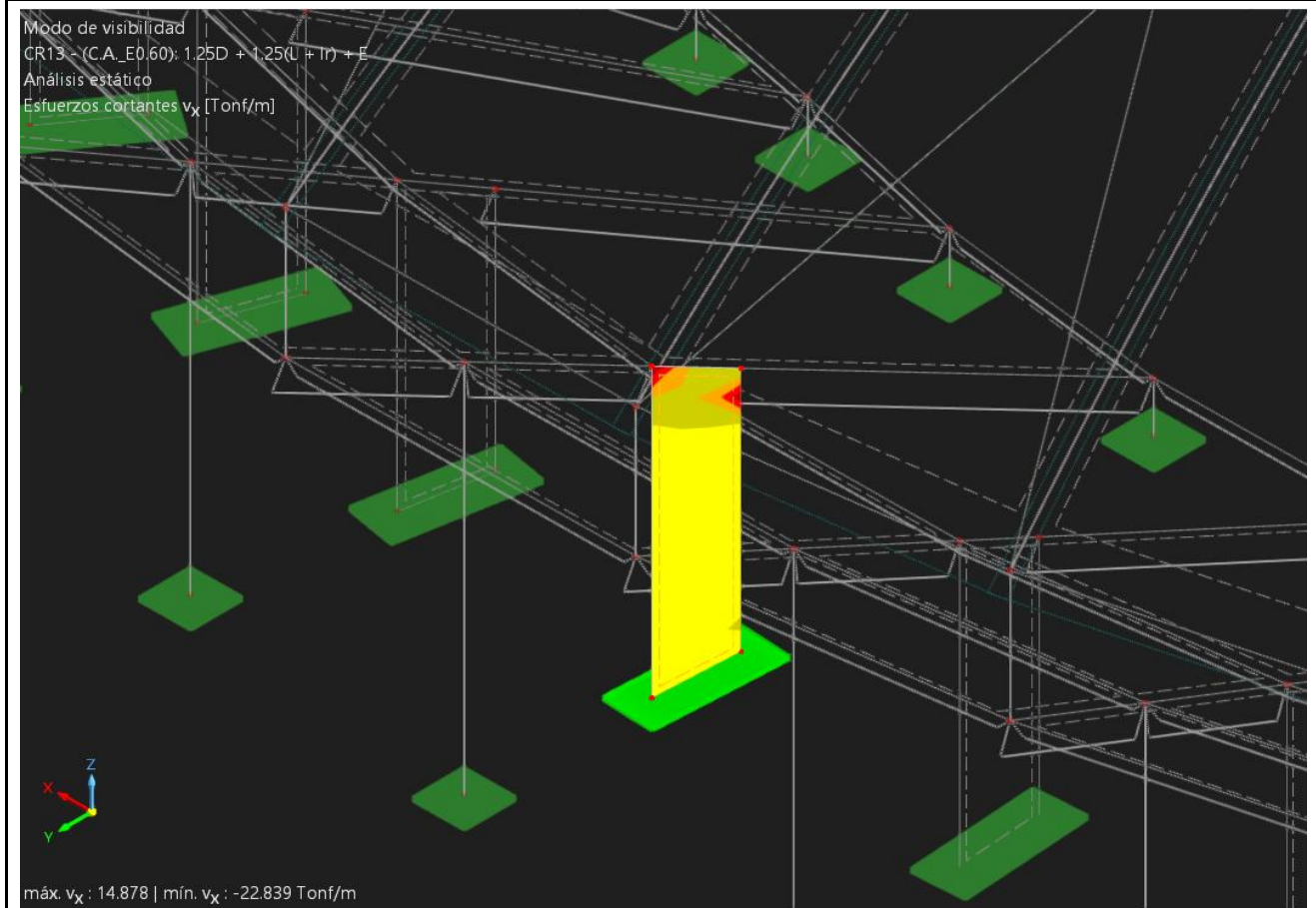
4.0 Verificación de necesidad de elemento de borde.

- $\max(n_x, n_y) < 0.20 \cdot f_c$

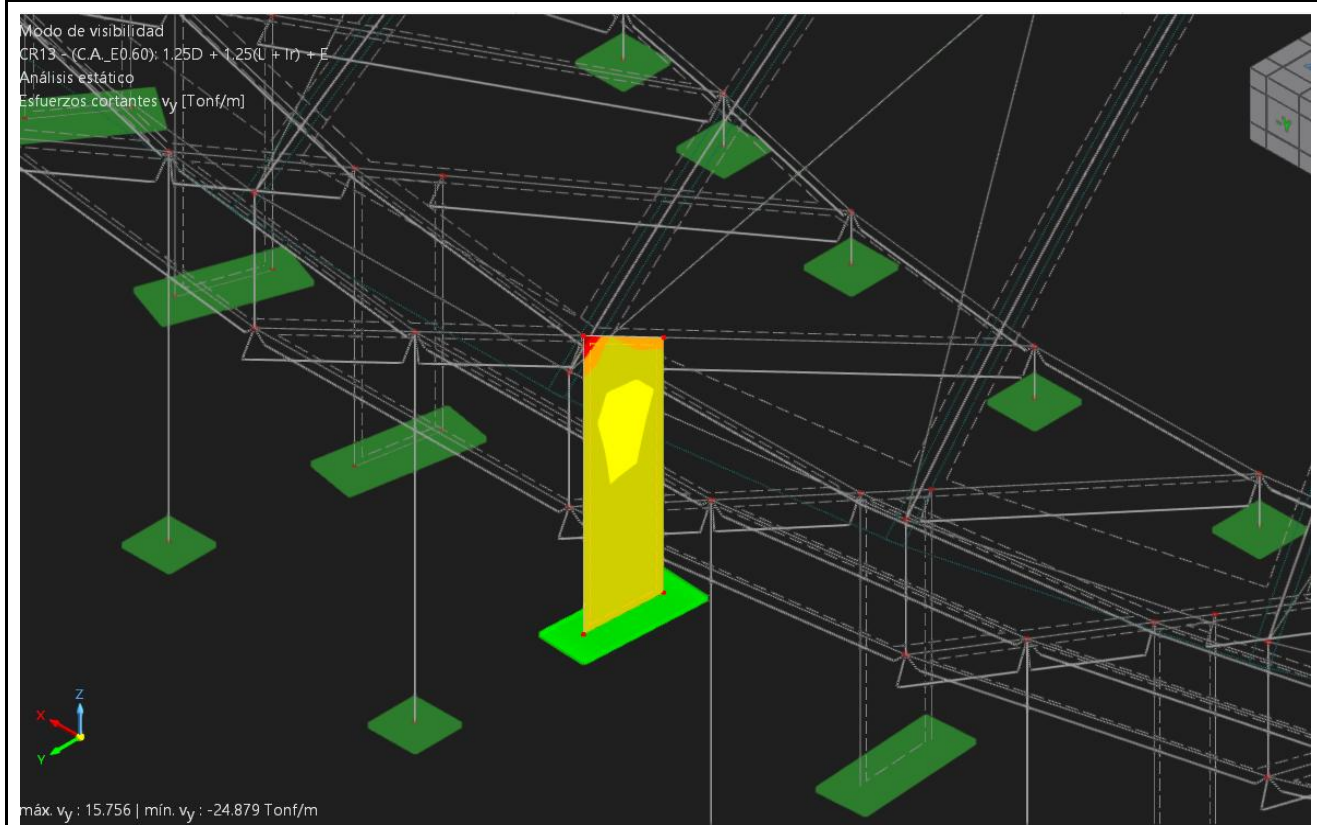
Valor límite de la fibra extrema (0.20 · f _c):	56.00 kg/cm ²
Valor límite de la fibra extrema (0.20 · f _c):	560.00 ton/m ²
Esfuerzo último presente en la estructura, ¡Si cumple!	95.76 ton/m ²
Esfuerzo último presente en la estructura, ¡Si cumple!	99.80 ton/m ²

5.0 Anexos.

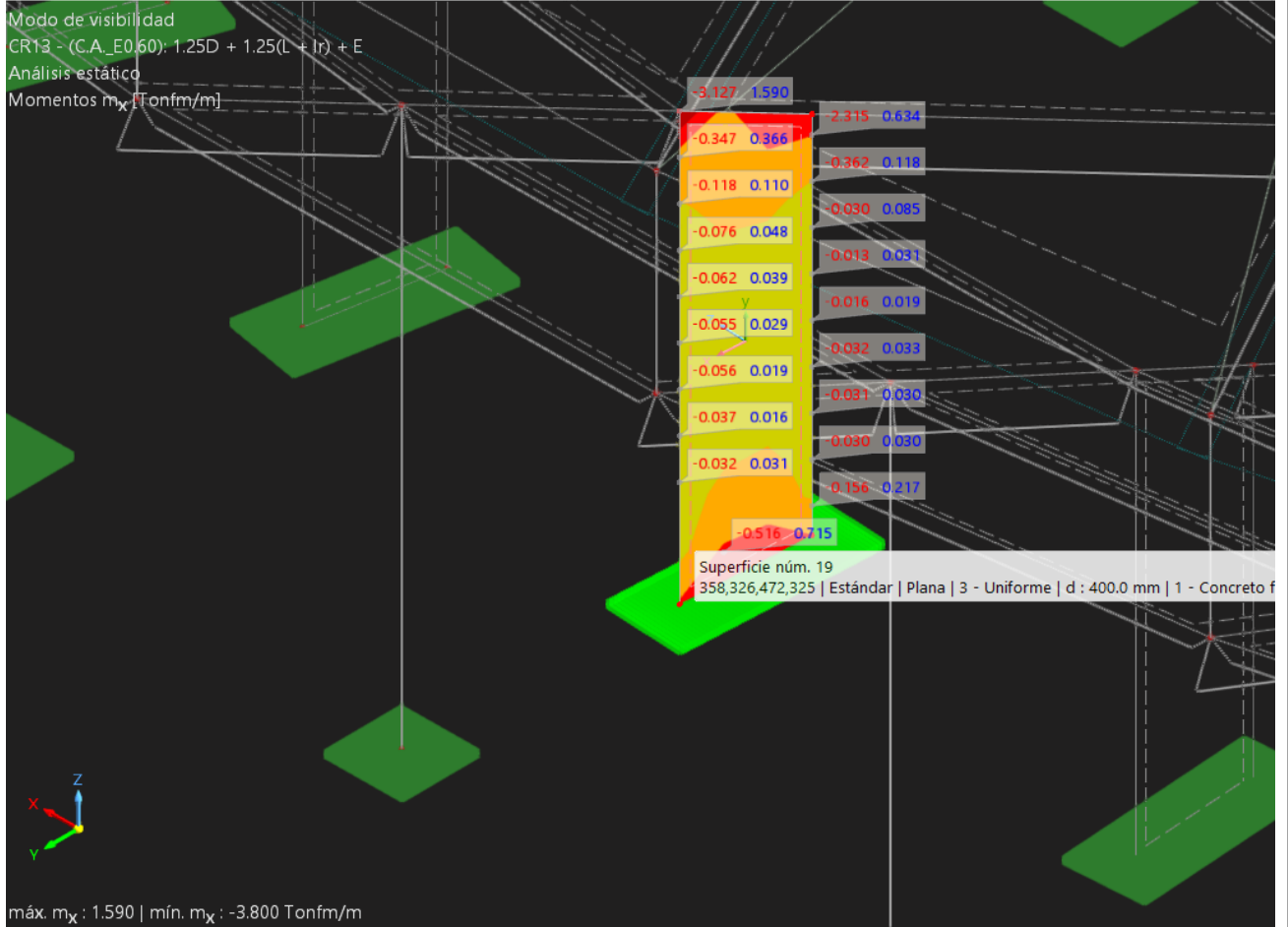
Cortante actuante en el elemento, V_x .



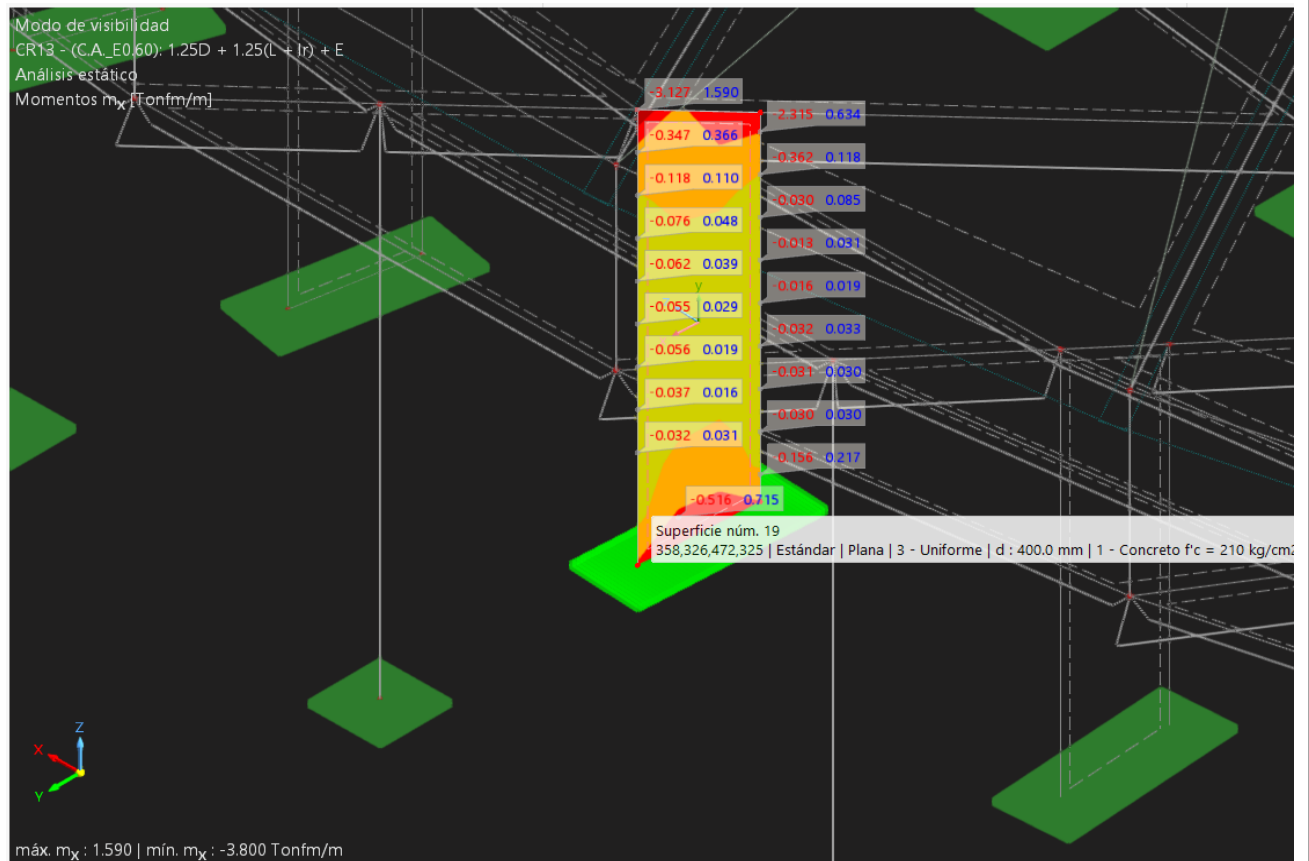
Cortante actuante en el elemento, V_y .



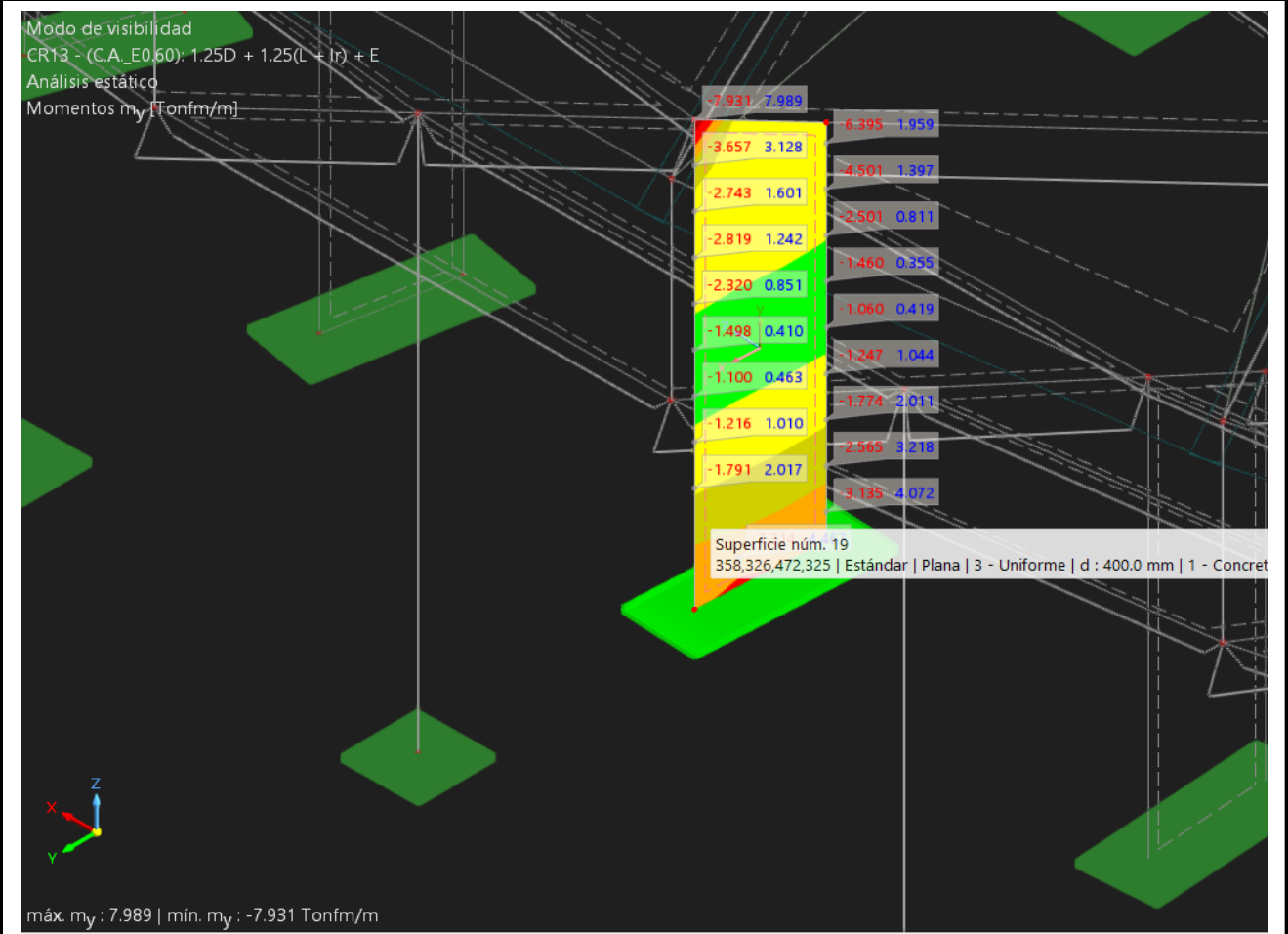
Refuerzo requerido en dirección x, Capa superior (max).



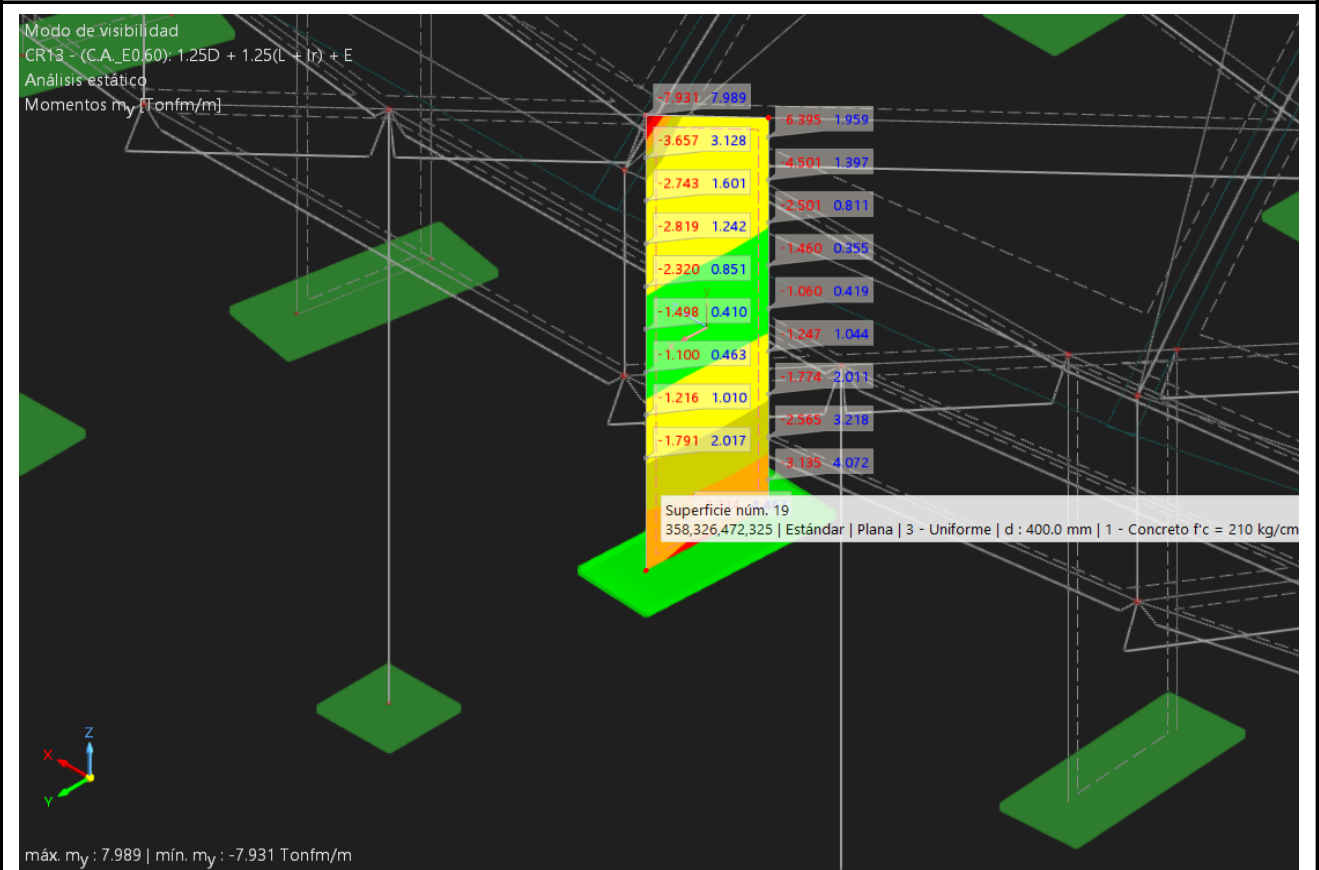
Refuerzo requerido en dirección x, Capa inferior (mín).



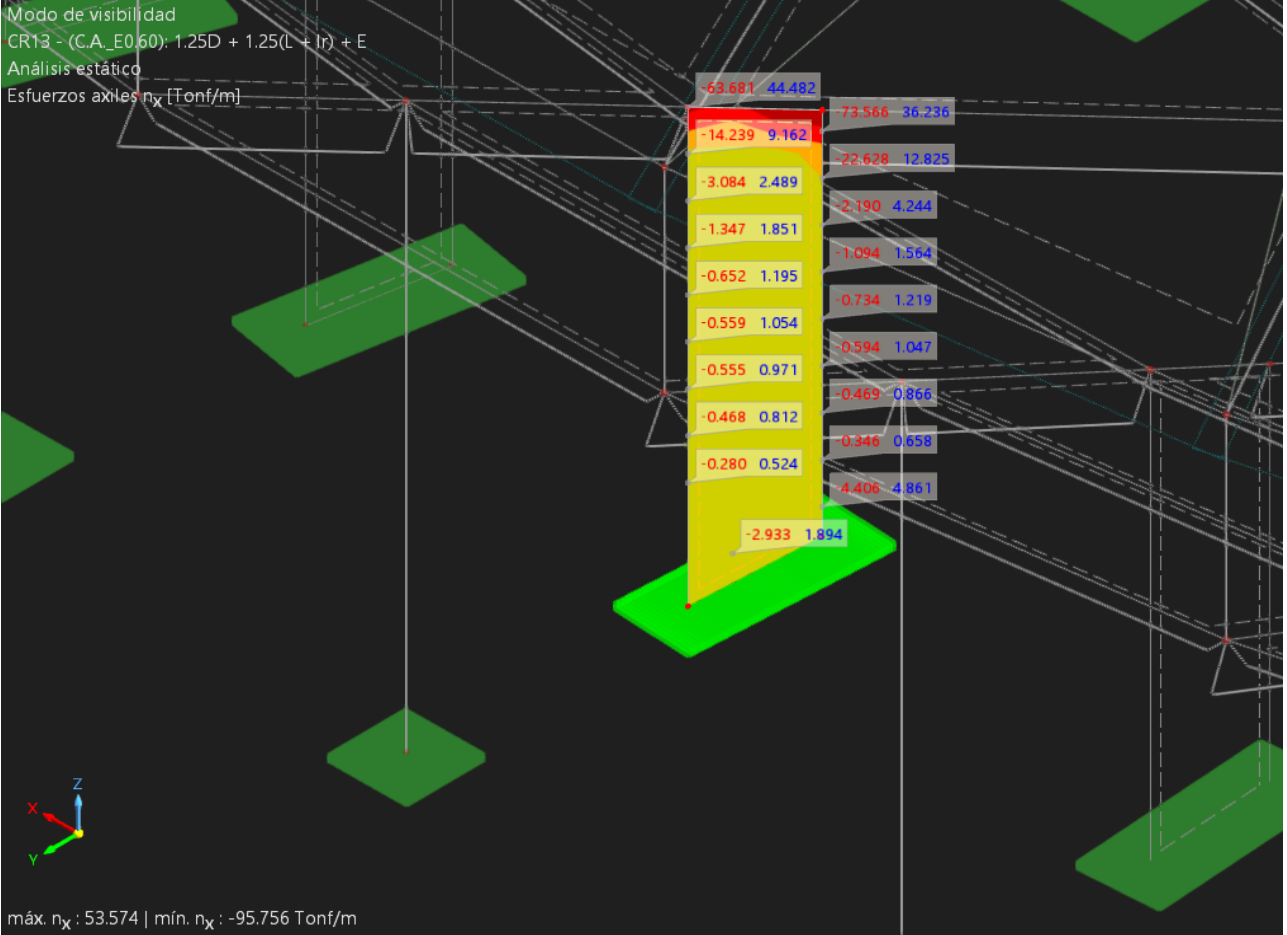
Refuerzo requerido en dirección y, Capa superior (max).



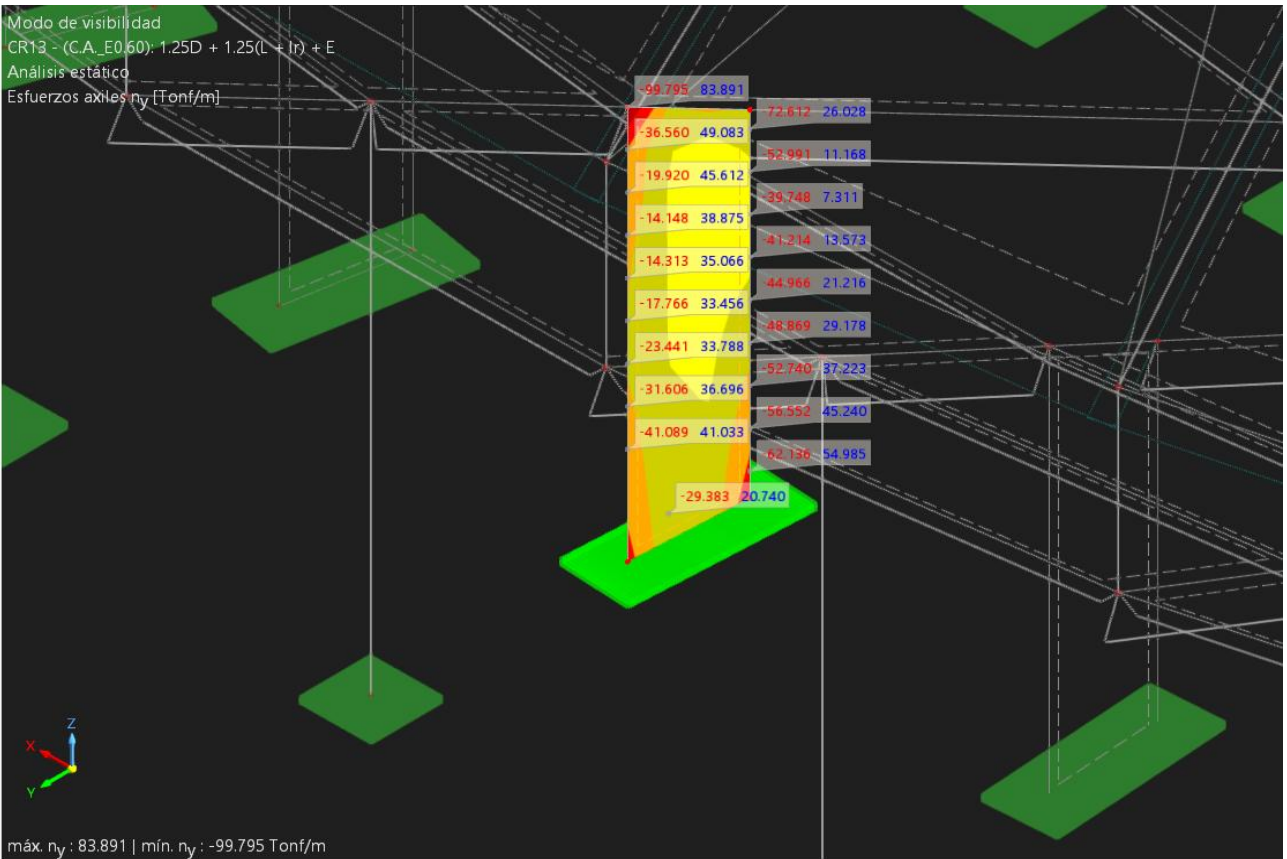
Refuerzo requerido en dirección y, Capa inferior (mín).



Esfuerzo axial máximo, nx.



Esfuerzo axial máximo, ny.



DISEÑO DE PLACAS DE CONCRETO ARMADO	
ESTRUCTURA:	GRADERIAS DE CONCRETO.
ELEMENTO:	PLACA CRITICA.

I Requerimiento inicial en las placas.

I.1 Definición de los núcleos de borde de la placa.

$$L_b = 0.15 \cdot l_m$$

l_m	1.50 m	Longitud del muro o placa
L_b	0.23 m	Longitud del núcleo de borde
L_{bp}	0.00 m	Longitud del núcleo de borde propuesto

I.2 Requerimiento de refuerzo para elementos de borde.

$$A_{sc} = 1\% \cdot L_{bp} \cdot e_p$$

e_p	0.40 m	Espesor de la placa
A_{sc}	0.00 cm ²	Área de acero requerido para e. borde

I.3 Requerimiento de refuerzo para pantalla vertical.

$$A_{sp} = 0.25\% \cdot 100 \cdot e_p$$

$$S = (n_c \cdot A_v) / A_{sp}$$

A_{sp}	10.00 cm ² /m	Área de acero requerido para placas
n_c	2.00 -	Número de capas
ϕ_v	1/2" -	Diámetro de varilla propuesto
A_v	1.29 cm ²	Área de varilla propuesta

5

0.26 m

Espaciamiento calculado

2 Creación de diagramas de iteración.

2.2 Generación de gráficas del diagrama de iteración.

2.2.1 Cálculo del P de transición.

$$P_{trans} = (0.1 / 0.7) \cdot f_c \cdot A_g$$

$$\phi = 0.9 - ((0.2 \cdot P_n) / P_{trans})$$

f_c 280.00 kg / cm² Resistencia del concreto

A_g 6,000 cm² Área bruta de la placa

P_{trans} 240.00 ton Carga de transición

PUNTOS	Mz		Ptrans.	240	My			
	0°		180°		90°		270°	
	$\phi_i \cdot P_n$	$\phi_i \cdot M_n$	$\Phi_i \cdot P_n$	$\Phi_i \cdot M_n$	$\phi_i \cdot P_n$	$\phi_i \cdot M_n$	$\Phi_i \cdot P_n$	$\Phi_i \cdot M_n$
1	-78.0	0.1	-78.0	-0.1	-78.0	0.1	-78.0	-0.1
2	44.4	22.1	44.4	-22.1	58.4	92.1	58.2	-92.1
3	123.9	33.6	123.9	-33.6	128.1	131.6	127.8	-131.6
4	202.8	43.9	202.8	-43.9	196.1	165.3	195.8	-165.3
5	273.6	52.1	273.6	-52.1	264.2	194.0	263.9	-194.0
6	337.3	53.5	337.3	-53.5	369.4	220.8	369.6	-221.0
7	376.4	50.7	376.4	-50.7	416.3	205.9	416.6	-206.1
8	470.2	51.5	470.2	-51.5	469.1	190.2	468.9	-190.2
9	563.5	49.1	563.5	-49.1	561.5	181.7	561.3	-181.7
10	653.8	43.9	653.8	-43.9	651.6	162.6	651.5	-162.6
11	740.6	36.0	740.6	-36.0	739.8	133.0	739.7	-133.0
12	785.1	30.4	785.1	-30.4	785.1	112.1	785.1	-112.0
13	785.1	11.5	785.1	-11.5	785.1	42.0	785.1	-41.9

14	785.1	0.8	785.1	-0.8	785.1	2.6	785.1	-2.6
15	785.1	0.0	785.1	0.0	785.1	0.0	785.1	0.0

2.2.2 Para la dirección del sismo X-X.

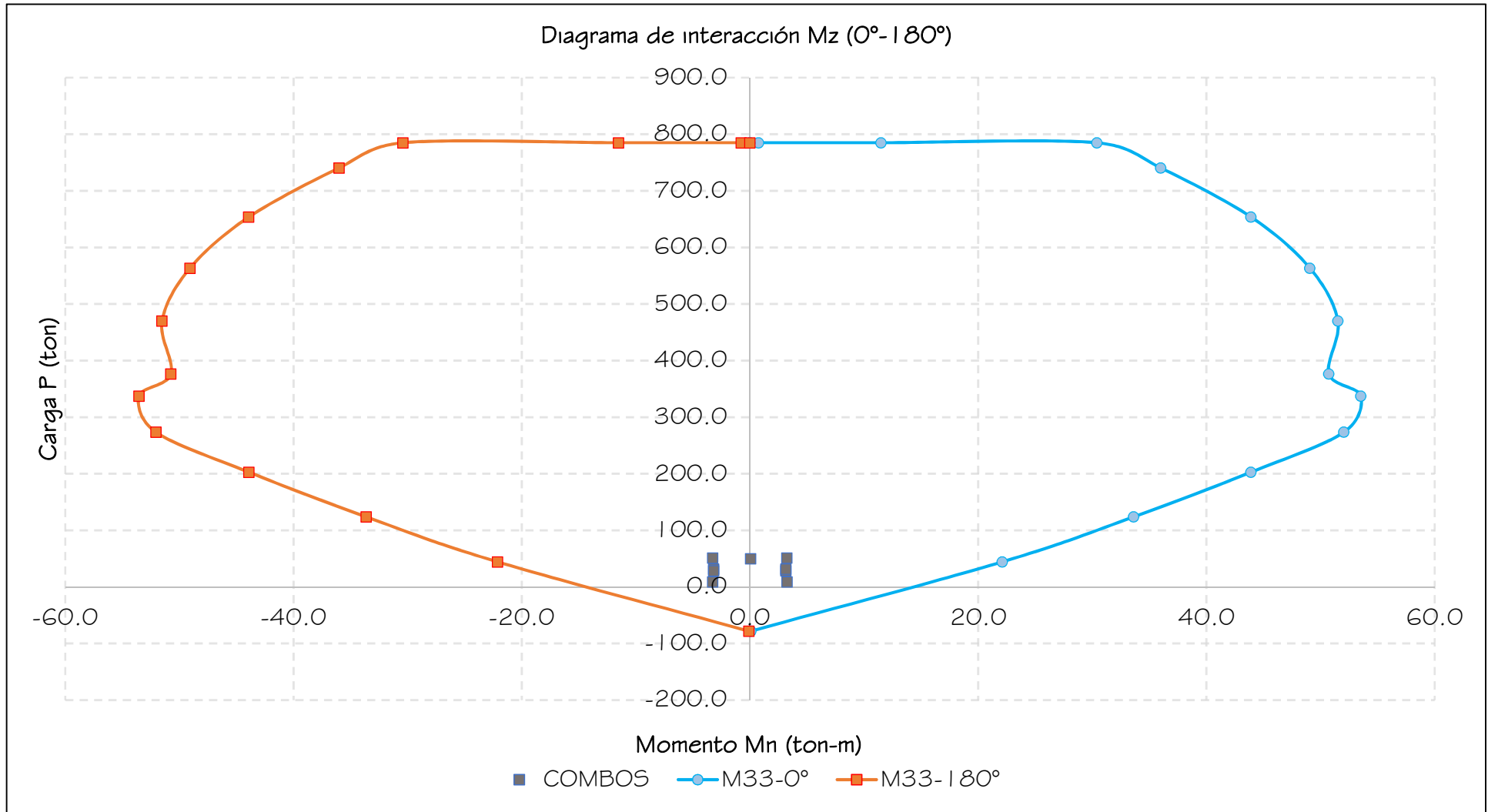
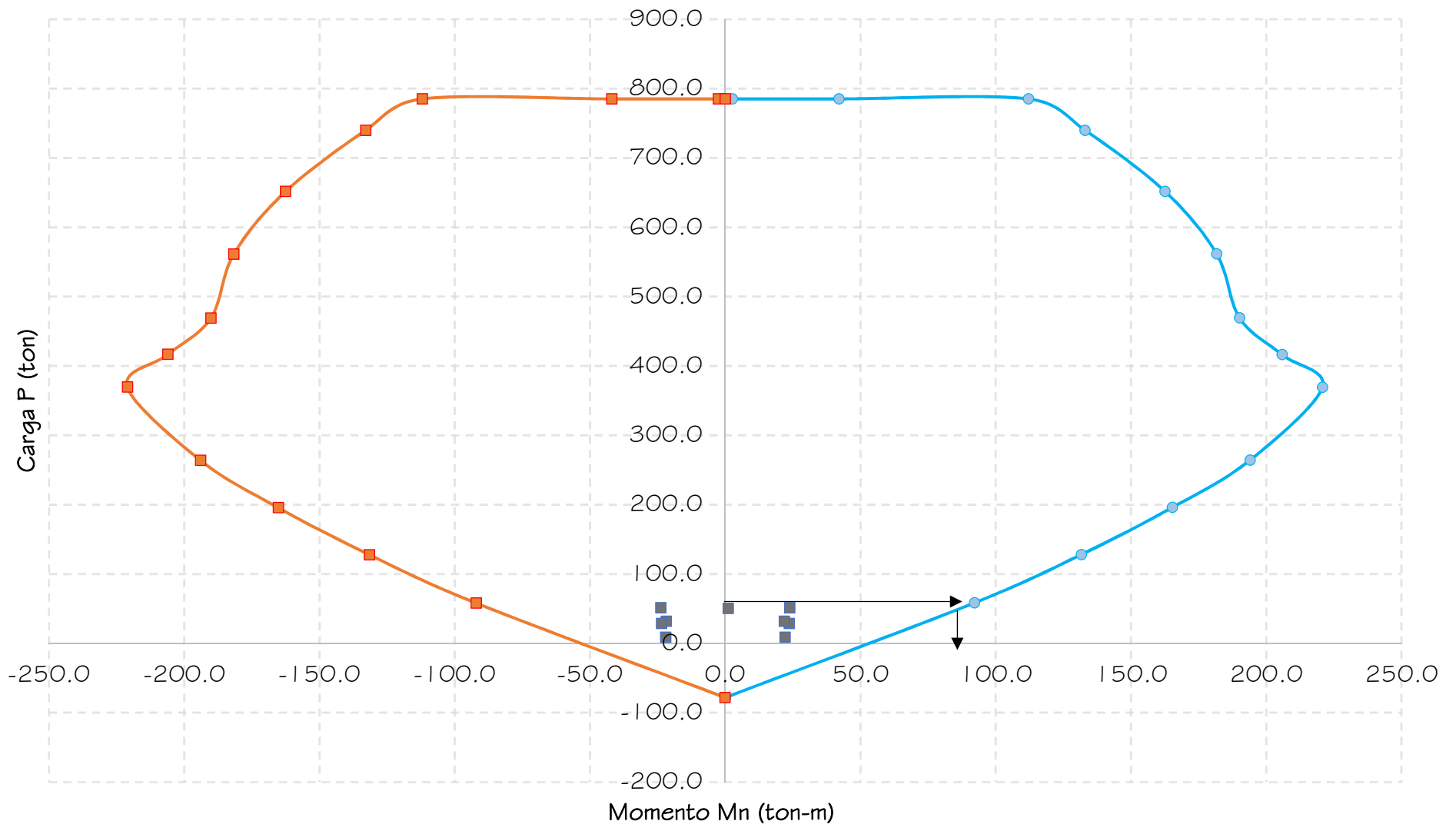


Diagrama de interacción My (90°-270°)



■ COMBOS ● M22-90° ■ M22-270°

2.2.3 Para la dirección del sismo Y-Y.

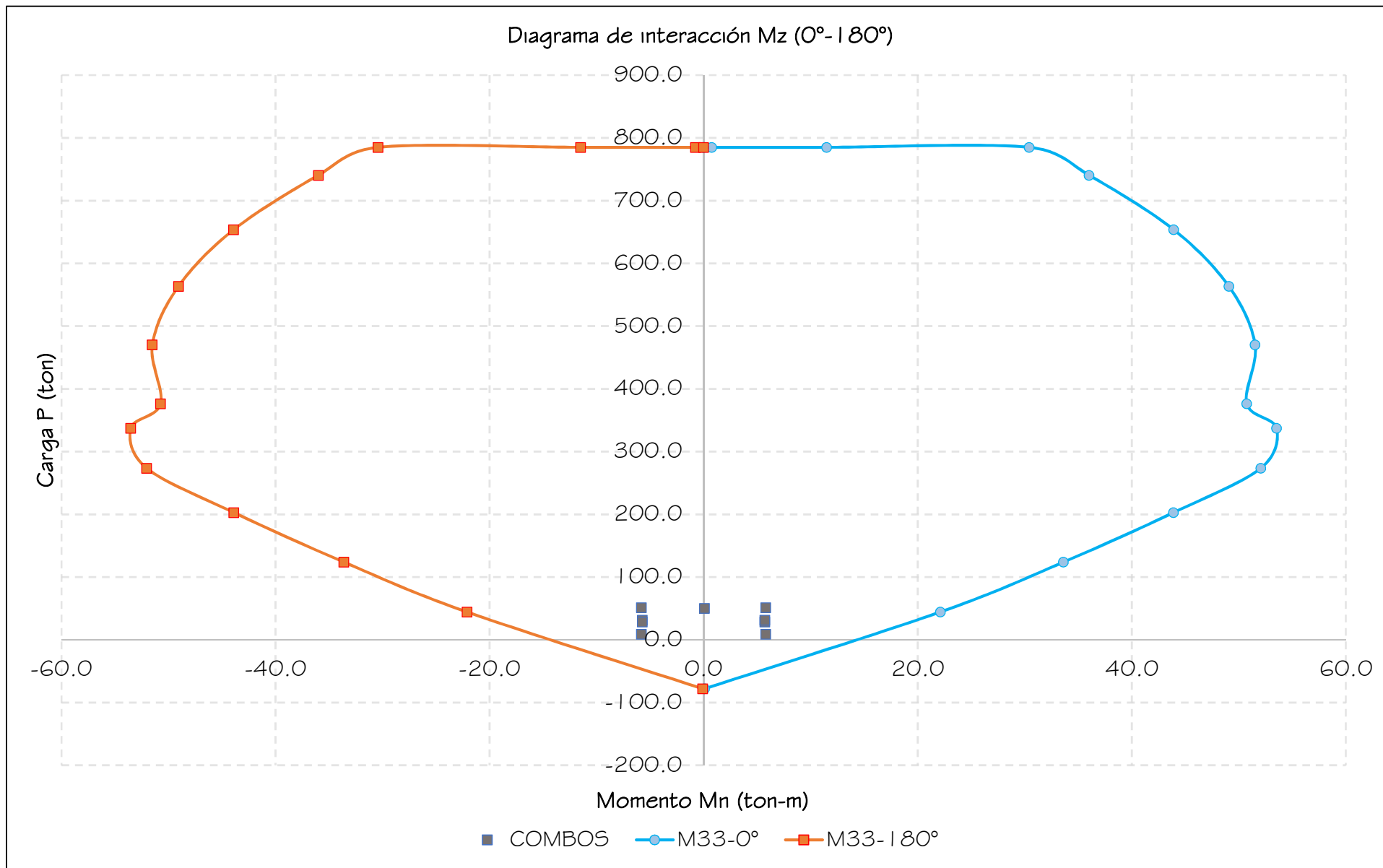
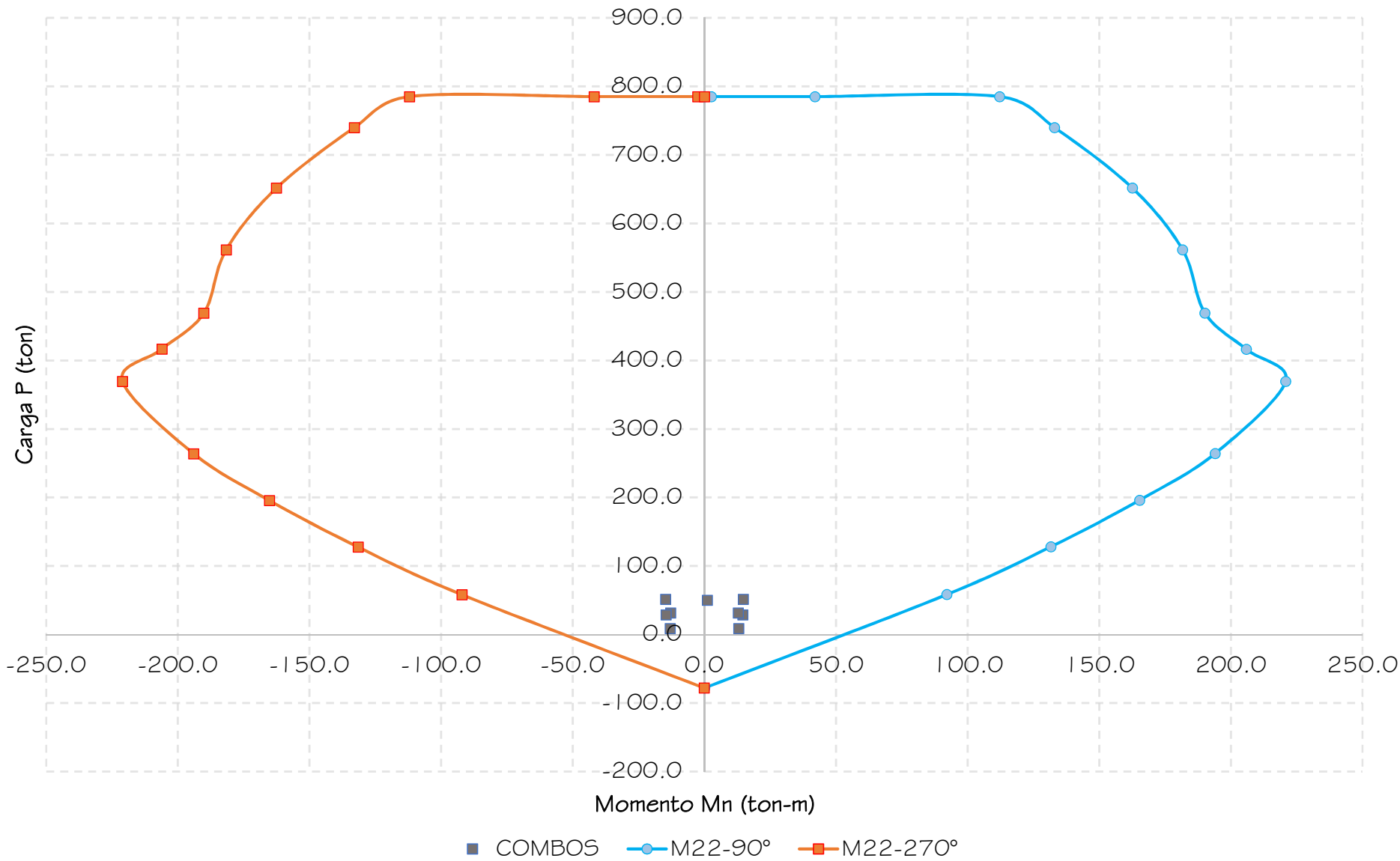


Diagrama de interacción My (90°-270°)



2.3 Cargas de la placa analizadas.

Nivel	Placa	Caso de carga	Station	P	Vy	Vz	Mt	My	Mz
			m	tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Mas bajo	PLI	CM	LinStatic	-20.84	-0.04	1.10	0.05	0.85	-0.05
Mas bajo	PLI	CV	LinStatic	-12.35	-0.05	0.47	0.02	-0.06	0.09
Mas bajo	PLI	SX DISEÑO	Comb.	9.86	1.44	7.03	0.10	22.82	3.21
Mas bajo	PLI	SY DISEÑO	Comb.	8.25	2.50	4.26	0.06	13.80	5.77

CM	20.84	tonf
CV	12.35	tonf

2.4 Combinaciones de carga.

Cargas a partir de las combinaciones de diseño						
Tipo	Combos	P (ton)	My (ton-m)	Mz (ton-m)	Vy (ton)	Vz (ton)
-	U1 = 1.4CM + 1.7CV	50.17	1.09	0.08	-0.15	2.32
SISMO XX	U2 = 1.25(CM + CV) + SXD.	51.35	23.82	3.25	1.32	8.98
	U3 = 1.25(CM + CV) - SXD.	31.63	-21.83	-3.16	-1.56	-5.08
	U4 = 0.9CM + SXD.	28.62	23.59	3.16	1.40	8.01
	U5 = 0.9CM - SXD.	8.89	-22.06	-3.26	-1.48	-6.04
SISMO YY	U2 = 1.25(CM + CV) + SYD.	49.73	14.79	5.81	2.38	6.21
	U3 = 1.25(CM + CV) - SYD.	33.24	-12.81	-5.72	-2.61	-2.31
	U4 = 0.9CM + SYD.	27.00	14.57	5.72	2.46	5.25
	U5 = 0.9CM - SYD.	10.51	-13.03	-5.81	-2.53	-3.28

← Maximo cortante, para SDx.

← Maximo cortante, para SDy.

2.5 Combinaciones de carga, según dirección del sismo.

SISMO X-X				
Tipo	Combos	P (ton)	M2 (ton-m)	M3 (ton-m)
-	$U1 = 1.4CM + 1.7CV$	50.2	1.1	0.1
SISMO XX (+)	$U2 = 1.25(CM + CV) + SXD.$	51.4	23.8	3.3
	$U3 = 1.25(CM + CV) - SXD.$	31.6	-21.8	-3.2
	$U4 = 0.9CM + SXD.$	28.6	23.6	3.2
	$U5 = 0.9CM - SXD.$	8.9	-22.1	-3.3
SISMO XX (-)	$U2 = 1.25(CM + CV) + SYD.$	51.4	-23.8	-3.3
	$U3 = 1.25(CM + CV) - SYD.$	31.6	21.8	3.2
	$U4 = 0.9CM + SYD.$	28.6	-23.6	-3.2
	$U5 = 0.9CM - SYD.$	8.9	22.1	3.3

SISMO Y-Y				
Tipo	Combos	P (ton)	M2 (ton-m)	M3 (ton-m)
-	$U1 = 1.4CM + 1.7CV$	50.2	1.1	0.1
SISMO YY (+)	$U2 = 1.25(CM + CV) + SXD.$	51.4	14.8	5.8
	$U3 = 1.25(CM + CV) - SXD.$	31.6	-12.8	-5.7
	$U4 = 0.9CM + SXD.$	28.6	14.6	5.7
	$U5 = 0.9CM - SXD.$	8.9	-13.0	-5.8
SISMO YY (-)	$U2 = 1.25(CM + CV) + SYD.$	51.4	-14.8	-5.8
	$U3 = 1.25(CM + CV) - SYD.$	31.6	12.8	5.7
	$U4 = 0.9CM + SYD.$	28.6	-14.6	-5.7
	$U5 = 0.9CM - SYD.$	8.9	13.0	5.8

Puntos para armar el diagrama de interacción

3 Diseño por cortante y capacidad.

3.1 Espaciamiento máximo del confinamiento en el núcleo de borde.

El espaciamiento no debe exceder:

8 veces db

Menor dimensión transversal

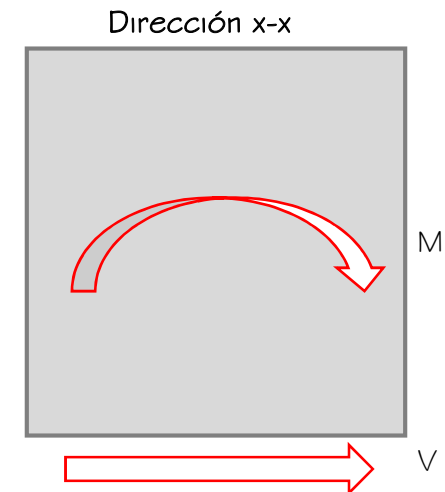
25 cm

db	3/4" -	Diámetro de la barra de menor diámetro
db	1.91 cm	Diámetro de la barra de menor diámetro
8 · db	15.24 cm	Ocho veces el diámetro de la barra
l _{min}	15.00 cm	Lado mínimo del elemento de confinamiento
S _{máx}	15.00 cm	Espaciamiento máximo requerido

3.2 Obtención del cortante de diseño.

$$V_{ud} = V_{ua} \cdot (M_n / M_{ua})$$

	x -	Sentido en el que se encuentra la placa
	Sismo x-x -	Tabla de sismo a analizar
V _z	8.98 tonf	Cortante máxima según la dirección de análisis
M _y	23.82 tonf-m	Momento máximo según la dirección de análisis
V _{ua}	8.98 tonf	Cortante último actuante
M _{ua}	23.82 tonf-m	Momento último actuante
ØM _n	80.00 tonf-m	Momento elegido en el diagrama.
Ø	0.70 -	Factor de reducción.
M _n	114.29 tonf-m	Momento nominal.
V _{ud}	43.1 tonf	Cortante último de diseño.



3.3 Verificación del tipo y tamaño del muro.

$$A_{cw} = e_m \cdot (0.8 \cdot L_m)$$

$$V_c = A_{cw} \cdot \alpha_c \cdot \sqrt{f'_c}$$

f'_c	280.00 kg / cm ²	Resistencia del concreto
e_m	0.40 m	Espesor del muro
H_m	5.32 m	Altura total del muro analizado
L_m	1.50 m	Longitud total de la placa
	Esbelto -	Tipo de muro
α_c	0.53 -	Factor adimensional
A_{cw}	4,800.00 cm ²	Factor multiplicativo
V_c	42.57 tonf	Cortante resistente del concreto

3.4 Cálculo de espaciamiento máximo, acero vertical en pantalla.

$$V_s = (V_{ud} / \phi) - V_c$$

$$S = (A_v \cdot f_y \cdot d) / V_s$$

$$d = l_m \cdot 0.80$$

f_y	4,200.00 kg / cm ²	Fluencia del acero
V_s	8.12 tonf	Aporte del acero a cortante
$d_{b,av}$	3/8" -	Diámetro de varilla para acero de pantalla vertical
$A_{s,av}$	0.71 cm ²	Área de acero para acero de pantalla vertical
n_r	2.00 -	Número de capas del acero
d	120.00 cm	Peralte efectivo de la placa.
$S_{,av}$	88.11 cm	Espaciamiento máximo de pantalla vertical
S	25.80 cm	Espaciamiento máximo calculado

Se seleccionará el menor valor de ambos espaciamientos.

S_v	25.80 cm	Espaciamiento para acero vertical en pantalla requerido
$S_{v,p}$	20.00 cm	Espaciamiento para acero vertical en pantalla propuesto
$S_{v,p}/S_v$	0.78 -	Cumple!

3.5 Cálculo de cuantía horizontal mínima.

$$\rho_h = V_s / (f_y \cdot e_m \cdot d)$$

$$A_{sh} = \rho_h \cdot 100 \cdot e_m$$

ρ_h	0.00040 -	Cuantía mínima horizontal
A_{sh}	1.61 cm ² / m	Área de acero horizontal

n_c	2.00 -	Número de capas
ϕ_v	3/8" -	Diámetro de varilla propuesto
A_v	0.71 cm ²	Área de varilla propuesta
S	0.88 m	Espaciamiento calcula
	88.11 cm	
S_p	20.00 cm	Espaciamiento propuesto
S_p/S	0.23 -	Cumple!

3.6 Cálculo de cuantía vertical mínima.

$$V_u > A_{cw} \cdot (0.27 \cdot \sqrt{f'_c})$$

$$\text{Ent: } \rho_v = 0.0025 + 0.5 (2.5 - (h_m / l_m)) \cdot (\rho_h - 0.0025)$$

$$V_u < A_{cw} \cdot (0.27 \cdot \sqrt{f'_c})$$

$$\text{Ent: } \rho_v = 0.0015$$

ρ_v	0.0036 -	Cuantia vertical requerida
----------	----------	----------------------------

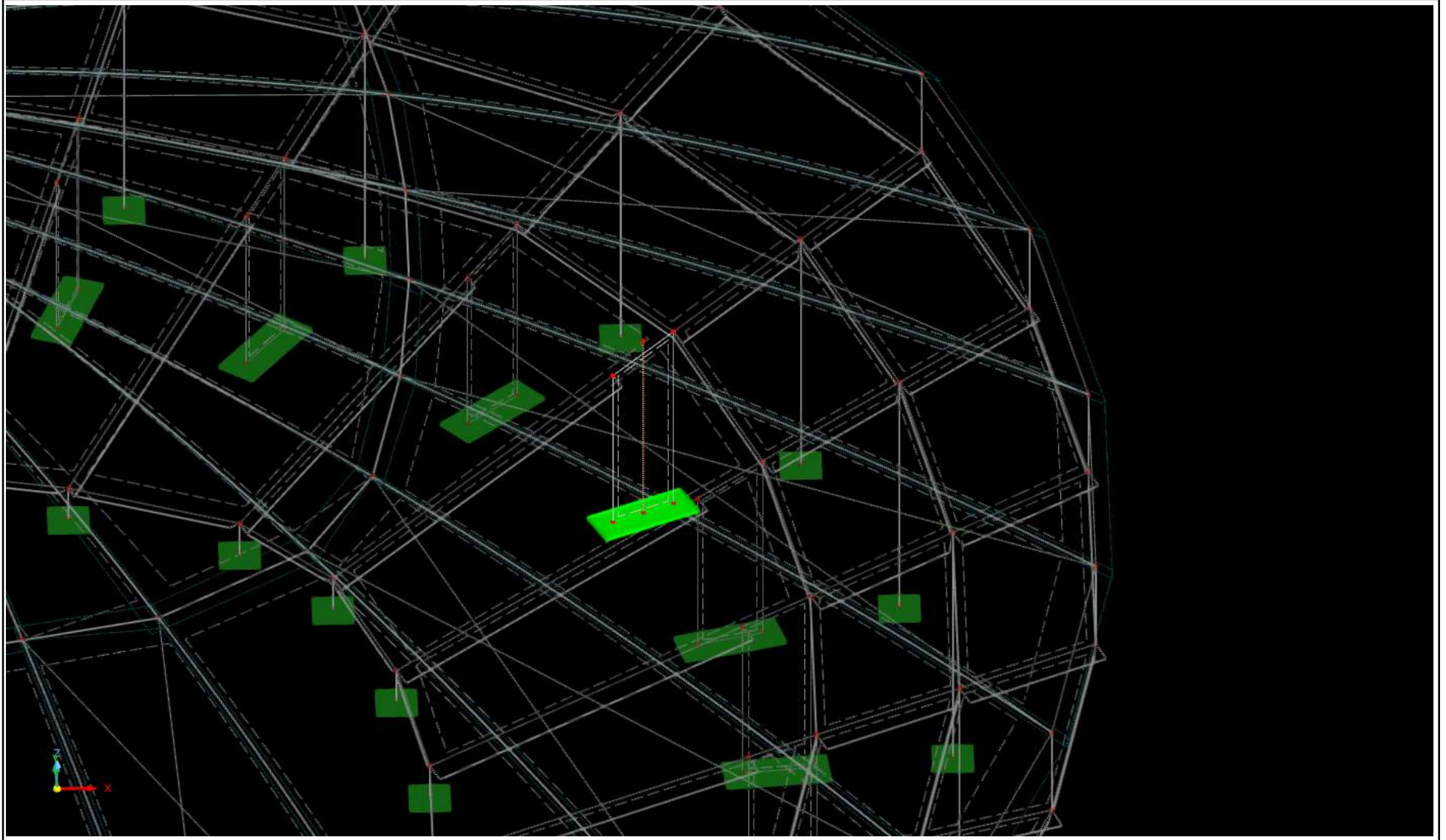
ρ_{vmin}	0.0025 -	Cuantía vertical mínima
A_{sv}	14.38 cm ² / m	Área de acero vertical
n_c	2.00 -	Número de capas
ϕ_v	1/2" -	Diámetro de varilla propuesto
A_v	1.29 cm ²	Área de varilla propuesta
S	0.18 m	Espaciamiento calculado
S_p	17.95 cm	
S_p	17.50 cm	Espaciamiento propuesto
S_p/S_v	0.98 -	Cumple!

Entonces el espaciamiento vertical será:

S_p	17.50 cm	Espaciamiento propuesto
-------	----------	-------------------------

4 Anexos.

Ubicación de la placa a ser diseñada.





UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

DISEÑO DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL

DISEÑO DE ESTRUCTURAS METALICAS	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).
ELEMENTO:	PERFIL 12" SCH 40.

1 Datos generales.

1.1 Propiedades de la sección.

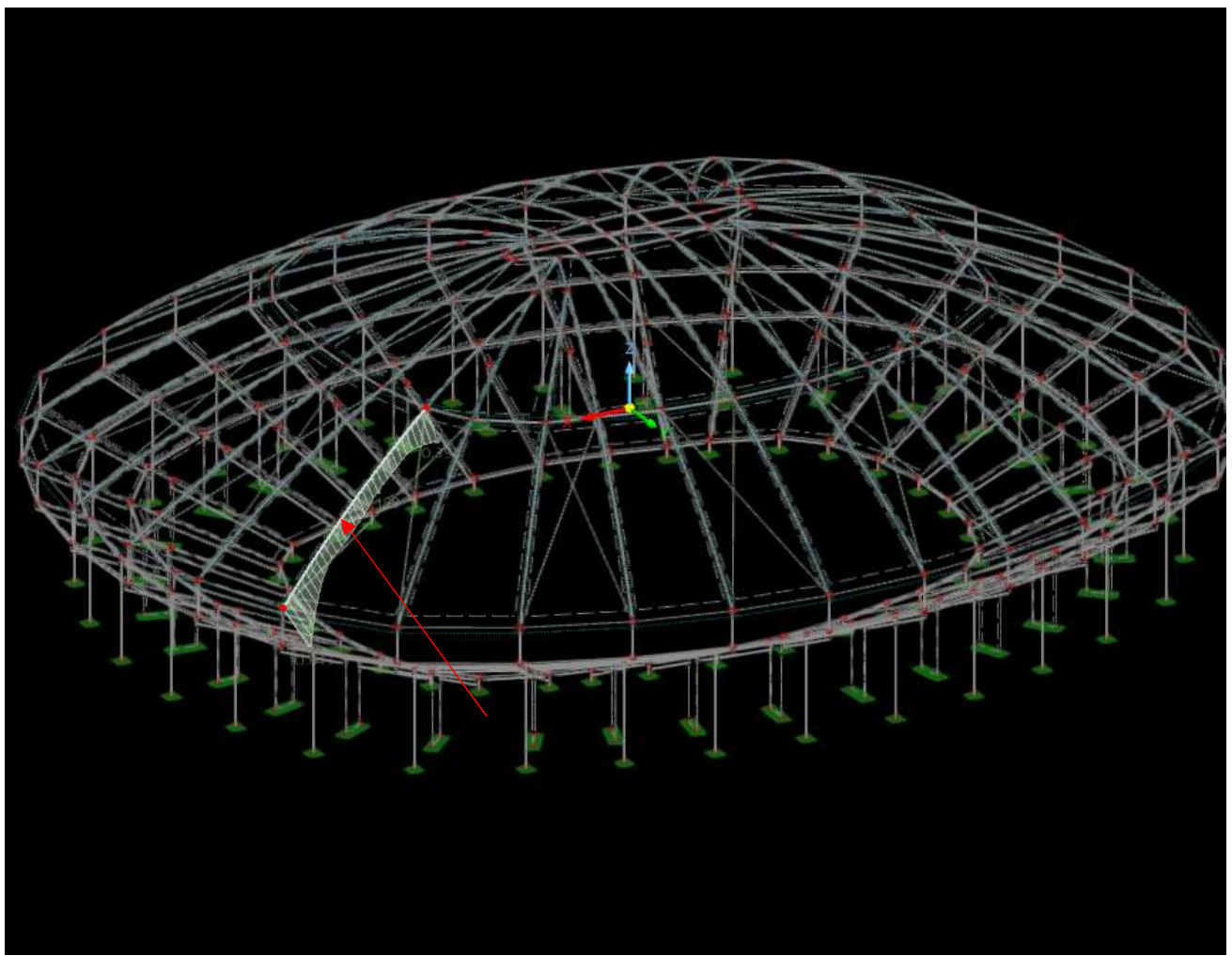
De	304.80 mm	Diámetro exterior del perfil.
t	10.30 mm	Espesor del perfil.

1.2 Propiedades de los materiales.

fy	2460.74 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero.
Es	2038902 kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero.
Vs	0.30 -	Coefficiente de poisson.
ys	7850.00 kg/m ³	Peso por unidad de volúmen.

2 Ubicación del perfil.

Ubicación del perfil a ser diseñado y resultados.



3 Verificaciones aplicables y detallado de diseño.

3.1 Resumen de verificaciones.

Situac. de proyecto	Barra núm.	Posición x [m]	Punto de tensión nú	Carga núm.	Relación de control de cálculo η [--]	Tipo de compr. de diseño
SP1	Cargas totales					
	196	0.000 \pm		CR16		0.000 ✓ HH0100.00
				CR19		0.064 ✓ DD1100.00
		16.230 \pm		CR19		0.197 ✓ EE2100.00
				CR19		0.197 ✓ EE2300.00
				CR19		0.107 ✓ EE2500.00
		0.000 \pm		CR19		0.558 ✓ FF3500.00
				CR16		0.000 ✓ FF5500.00
				CR19		0.042 ✓ GG6300.00
				CR19		0.643 ✓ HH7110.00
				CR19		0.282 ✓ HH7120.00

Tipo de compr. de diseño	
HH0100.00	Capítulo H Esfuerzos internos insignificantes
DD1100.00	Capítulo D Tracción según D2
EE2100.00	Capítulo E Pandeo por flexión respecto al eje principal y según E3
EE2300.00	Capítulo E Pandeo por flexión respecto al eje principal z según E3
EE2500.00	Capítulo E Pandeo torsional según E4
FF3500.00	Capítulo F Fluencia Flexión respecto al eje y y/o eje z según F8
FF5500.00	Capítulo F Pandeo local según F8
GG6300.00	Capítulo G Resistencia nominal a cortante en el eje y y/o eje z según G5
HH7110.00	Capítulo H Flexión con esfuerzo de compresión según H1.1
HH7120.00	Capítulo H Flexión con esfuerzo de tracción según H1.2

3.2 Detallado de verificaciones críticas.

Verificación HH0100 | AISC 360 | 2016

Capítulo H

Esfuerzos internos insignificantes

Esfuerzo axil:

$$\begin{aligned} P_n &= F_y \cdot A_g \\ &= 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 95.38 \text{ cm}^2 \\ &= 2301.790 \text{ kN} \end{aligned}$$

AISC 360-16, E3, ec. E3-1

$$\begin{aligned} P_c &= \phi_c \cdot P_n \\ &= 0.90 \cdot 2301.790 \text{ kN} \\ &= 2071.610 \text{ kN} \end{aligned}$$

AISC 360-16, E1

$$\begin{aligned} \eta_P &= \frac{P_r}{P_c} \\ &= \frac{0.000 \text{ Tonf}}{2071.610 \text{ kN}} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_P \leq \eta_{Pc,lim}$$

 P_r es insignificante.

Momento flector respecto al eje y:

$$\begin{aligned} M_{n,y,y} &= F_y \cdot Z_y \\ &= 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 894.49 \text{ cm}^3 \\ &= 215.86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

AISC 360-16, F

$$\begin{aligned} M_{c,y} &= \phi_b \cdot M_{n,y,y} \\ &= 0.90 \cdot 215.86 \text{ kNm} \\ &= 194.27 \text{ kNm} \end{aligned}$$

AISC 360-16, F1

$$\begin{aligned} \eta_{My} &= \frac{M_{r,y}}{M_{c,y}} \\ &= \frac{0.000 \text{ Tonfm}}{194.27 \text{ kNm}} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_{My} \leq \eta_{My,lim}$$

 $M_{r,y}$ es insignificante.

Momento flector respecto al eje z:

$$\begin{aligned} M_{n,y,z} &= F_y \cdot Z_z \\ &= 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 894.49 \text{ cm}^3 \\ &= 215.86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

AISC 360-16, F

$$\begin{aligned} M_{c,z} &= \phi_b \cdot M_{n,y,z} \\ &= 0.90 \cdot 215.86 \text{ kNm} \\ &= 194.27 \text{ kNm} \end{aligned}$$

AISC 360-16, F1

$$\begin{aligned} \eta_{Mz} &= \frac{M_{r,z}}{M_{c,z}} \\ &= \frac{0.000 \text{ Tonfm}}{194.27 \text{ kNm}} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_{Mz} \leq \eta_{Mz,lim}$$

 $M_{r,z}$ es insignificante.

Esfuerzo cortante en el eje y:

$$\begin{aligned} V_{n,y} &= 0.6 \cdot F_y \cdot A_{w,y} \\ &= 0.6 \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 47.69 \text{ cm}^2 \\ &= 690.538 \text{ kN} \end{aligned}$$

AISC 360-16, G

$$\begin{aligned} V_{c,y} &= \phi_v \cdot V_{n,y} \\ &= 0.90 \cdot 690.538 \text{ kN} \\ &= 621.484 \text{ kN} \end{aligned}$$

AISC 360-16, G1

$$\begin{aligned} \eta_{Vy} &= \frac{V_{r,y}}{V_{c,y}} \\ &= \frac{0.000 \text{ Tonf}}{621.484 \text{ kN}} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_{Vy} \leq \eta_{Vy,lim}$$

 $V_{r,y}$ es insignificante.

Esfuerzo cortante en el eje z:

$$\begin{aligned} V_{n,z} &= 0.6 \cdot F_y \cdot A_{w,z} \\ &= 0.6 \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 47.69 \text{ cm}^2 \\ &= 690.538 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c,z} &= \Phi_v \cdot V_{n,z} \\ &= 0.90 \cdot 690.538 \text{ kN} \\ &= 621.484 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{Vz} &= \frac{V_{r,z}}{V_{c,z}} \\ &= \frac{0.000 \text{ Tonf}}{621.484 \text{ kN}} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_{Vz} \leq \eta_{Vz,lim}$$

$V_{r,z}$ es insignificante.

Momento torsor:

$$\begin{aligned} \eta_{t,t} &= \frac{|\tau_t|}{0.6 \cdot F_y \cdot \Phi_T} \\ &= \frac{|0.000 \text{ N/mm}^2|}{0.6 \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 0.90} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_{t,t} \leq \eta_{t,t,lim}$$

T_T es insignificante.

Todos los esfuerzos internos son insignificantes.

$$\eta = 0.000 \leq 1 \quad \checkmark$$

P_n	Resistencia nominal a compresión
F_y	Límite elástico
A_g	Área bruta de la barra
P_c	Resistencia a compresión disponible
Φ_c	Factor de resistencia a la compresión
η_P	Componente de cálculo para P
P_r	Resistencia a compresión necesaria
$\eta_{Pc,lim}$	Razón de tensiones límite para P
$M_{n,y,y}$	Resistencia nominal a flexión para fluencia
Z_y	Módulo resistente plástico
$M_{c,y}$	Resistencia a flexión disponible
Φ_b	Factor de resistencia a flexión
η_{M_y}	Componente de cálculo para M_y
$M_{r,y}$	Resistencia a flexión necesaria
$\eta_{M_y,lim}$	Razón de tensiones límite para M_y
$M_{n,y,z}$	Resistencia nominal a flexión para fluencia
Z_z	Módulo resistente plástico
$M_{c,z}$	Resistencia a flexión disponible
η_{M_z}	Componente de cálculo para M_z
$M_{r,z}$	Resistencia a flexión necesaria
$\eta_{M_z,lim}$	Razón de tensiones límite para M_z
$V_{n,y}$	Resistencia a cortante nominal
$A_{w,y}$	Área de cortante
$V_{c,y}$	Resistencia a cortante disponible
Φ_v	Factor de resistencia a cortante
η_{V_y}	Componente de cálculo para V_y
$V_{r,y}$	Resistencia a cortante necesaria
$\eta_{V_y,lim}$	Razón de tensiones límite para V_y
$V_{n,z}$	Resistencia a cortante nominal
$A_{w,z}$	Área de cortante
$V_{c,z}$	Resistencia a cortante disponible
η_{V_z}	Componente de cálculo para V_z
$V_{r,z}$	Resistencia a cortante necesaria
$\eta_{V_z,lim}$	Razón de tensiones límite para V_z
$\eta_{t,t}$	Componente de cálculo para τ_t
τ_t	Tensión tangencial por torsión pura
Φ_T	Factor de resistencia a la torsión
$\eta_{t,t,lim}$	Razón de tensiones límite para τ_t

AISC 360-16, G

AISC 360-16, G1

Verificación DD1100 | AISC 360 | 2016

Capítulo D

Tracción según D2

$$\begin{aligned}
 P_{n,Y} &= F_y \cdot A_g \\
 &= 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 95.38 \text{ cm}^2 \\
 &= 2301.790 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

ec. D2-1

$$\begin{aligned}
 \eta_y &= \frac{P_r}{P_{n,Y} \cdot \Phi_t} \\
 &= \frac{13.438 \text{ Tonf}}{2301.790 \text{ kN} \cdot 0.90} \\
 &= 0.064
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_e &= A_n \cdot U \\
 &= 95.38 \text{ cm}^2 \cdot 1.00 \\
 &= 95.38 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

ec. D3-1

$$\begin{aligned}
 P_{n,R} &= F_u \cdot A_e \\
 &= 413.685 \text{ N/mm}^2 \cdot 95.38 \text{ cm}^2 \\
 &= 3945.930 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

ec. D2-2

$$\begin{aligned}
 \eta_u &= \frac{P_r}{P_{n,R} \cdot \Phi_t} \\
 &= \frac{13.438 \text{ Tonf}}{3945.930 \text{ kN} \cdot 0.75} \\
 &= 0.045
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \max(\eta_y, \eta_u) \\
 &= \max(0.064, 0.045) \\
 &= 0.064
 \end{aligned}$$

D2

$$\eta = 0.064 \leq 1 \quad \checkmark$$

$P_{n,Y}$	Resistencia nominal a tracción por fluencia
F_y	Límite elástico
A_g	Área bruta de la barra
η_y	Razón de tensiones. Fluencia
P_r	Resistencia a tracción necesaria
Φ_t	Factor de resistencia a la fluencia por tracción
A_e	Área neta eficaz
A_n	Área neta
U	Coefficiente de arrastre por cortante
$P_{n,R}$	Resistencia a tracción nominal por rotura
F_u	Resistencia a tracción
η_u	Razón de tensiones. Rotura
Φ_t	Factor de resistencia a la rotura por tracción

Verificación EE2100 | AISC 360 | 2016

Capítulo E

Pandeo por flexión respecto al eje principal y según E3

$$\begin{aligned}
 F_{e,y} &= \frac{(\pi)^2 \cdot E}{\left(\frac{L_{c,y}}{r_y}\right)^2} \\
 &= \frac{(\pi)^2 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2}{\left(\frac{11.361 \text{ m}}{104.2 \text{ mm}}\right)^2} \\
 &= 165.862 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

ec. E3-4

$$\frac{F_y}{F_{e,y}} \leq 2.25$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr,y} &= \left((0.658) \frac{F_y}{F_{e,y}} \right) \cdot F_y \\
 &= \left((0.658) \frac{241.317 \text{ N/mm}^2}{165.862 \text{ N/mm}^2} \right) \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 131.256 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Ec. E3-2

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr,y} \cdot A_g \\
 &= 131.256 \text{ N/mm}^2 \cdot 95.38 \text{ cm}^2 \\
 &= 1251.980 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Ec. E3-1

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_r}{P_n \cdot \Phi_c} \\
 &= \frac{22.598 \text{ Tonf}}{1251.980 \text{ kN} \cdot 0.90} \\
 &= 0.197
 \end{aligned}$$

E3

$$\eta = 0.197 \leq 1 \quad \checkmark$$

 $F_{e,y}$ Tensión de pandeo elástico

E Módulo de elasticidad

 $L_{c,y}$ Longitud eficaz de la barra r_y Radio de giro F_y Límite elástico $F_{cr,y}$ Tensión crítica P_n Resistencia nominal a compresión A_g Área bruta de la barra P_r Resistencia a compresión necesaria Φ_c Factor de resistencia a la compresión

Verificación EE2300 | AISC 360 | 2016

Capítulo E

Pandeo por flexión respecto al eje principal z según E3

$$\begin{aligned}
 F_{e,z} &= \frac{(\pi)^2 \cdot E}{\left(\frac{L_{c,z}}{r_z}\right)^2} \\
 &= \frac{(\pi)^2 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2}{\left(\frac{11.361 \text{ m}}{104.2 \text{ mm}}\right)^2} \\
 &= 165.862 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

ec. E3-4

$$\frac{F_y}{F_{e,z}} \leq 2.25$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr,z} &= \left((0.658) \frac{F_y}{F_{e,z}} \right) \cdot F_y \\
 &= \left((0.658) \frac{241.317 \text{ N/mm}^2}{165.862 \text{ N/mm}^2} \right) \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 131.256 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Ec. E3-2

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr,z} \cdot A_g \\
 &= 131.256 \text{ N/mm}^2 \cdot 95.38 \text{ cm}^2 \\
 &= 1251.980 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Ec. E3-1

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_r}{P_n \cdot \Phi_c} \\
 &= \frac{22.598 \text{ Tonf}}{1251.980 \text{ kN} \cdot 0.90} \\
 &= 0.197
 \end{aligned}$$

E3

$$\eta = 0.197 \leq 1 \quad \checkmark$$

- $F_{e,z}$ Tensión de pandeo elástico
- E Módulo de elasticidad
- $L_{c,z}$ Longitud eficaz de la barra
- r_z Radio de giro
- F_y Límite elástico
- $F_{cr,z}$ Tensión crítica
- P_n Resistencia nominal a compresión
- A_g Área bruta de la barra
- P_r Resistencia a compresión necesaria
- Φ_c Factor de resistencia a la compresión

Verificación EE2500 | AISC 360 | 2016

Capítulo E

Pandeo torsional según E4

$$\begin{aligned}
 F_e &= \left(\frac{(\pi)^2 \cdot E \cdot C_w}{(L_{c,x})^2} + G \cdot J \right) \cdot \frac{1}{I_y + I_z} \\
 &= \left(\frac{(\pi)^2 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 0.00 \text{ cm}^6}{(11.361 \text{ m})^2} + 77221.300 \text{ N/mm}^2 \cdot 20656.20 \text{ cm}^4 \right) \cdot \frac{1}{10348.20 \text{ cm}^4 + 10348.20 \text{ cm}^4} \\
 &= 77071.300 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Ec. E4-2

$$\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \left((0.658) \frac{F_y}{F_e} \right) \cdot F_y \\
 &= \left((0.658) \frac{241.317 \text{ N/mm}^2}{77071.300 \text{ N/mm}^2} \right) \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 241.000 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Ec. E3-2

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\
 &= 241.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 95.38 \text{ cm}^2 \\
 &= 2298.780 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Ec. E4-1

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_r}{P_n \cdot \Phi_c} \\
 &= \frac{22.598 \text{ Tonf}}{2298.780 \text{ kN} \cdot 0.90} \\
 &= 0.107
 \end{aligned}$$

E4

$$\eta = 0.107 \leq 1 \quad \checkmark$$

- F_e Tensión de pandeo elástico
- E Módulo de elasticidad
- C_w Módulo de alabeo
- $L_{c,x}$ Longitud eficaz de la barra
- G Módulo de cortante
- J Módulo de torsión
- I_y Momento de inercia
- I_z Momento de inercia
- F_y Límite elástico
- F_{cr} Tensión crítica
- P_n Resistencia nominal a compresión
- A_g Área bruta de la barra
- P_r Resistencia a compresión necesaria
- Φ_c Factor de resistencia a la compresión

Verificación FF3500 | AISC 360 | 2016

Capítulo F

Fluencia | Flexión respecto al eje y y/o eje z según F8

$$\begin{aligned}
 M_r &= \sqrt{(M_{r,y})^2 + (M_{r,z})^2} \\
 &= \sqrt{(10.575 \text{ Tonfm})^2 + (3.222 \text{ Tonfm})^2} \\
 &= 11.055 \text{ Tonfm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= F_y \cdot Z \\
 &= 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 894.49 \text{ cm}^3 \\
 &= 215.86 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p \\
 &= 215.86 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{M_r}{M_n \cdot \Phi_b} \\
 &= \frac{11.055 \text{ Tonfm}}{215.86 \text{ kNm} \cdot 0.90} \\
 &= 0.558
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.558 \leq 1 \quad \checkmark$$

- M_r Resistencia a flexión necesaria
- $M_{r,y}$ Resistencia a flexión necesaria
- $M_{r,z}$ Resistencia a flexión necesaria
- M_p Momento plástico
- F_y Límite elástico
- Z Módulo resistente plástico
- M_n Resistencia nominal a flexión
- Φ_b Factor de resistencia a flexión

Ec. F8-1

ec. F8-1

F8.1

Verificación FF5500 | AISC 360 | 2016

Capítulo F
Pandeo local según F8

El estado límite de pandeo local no se aplica debido a la sección compacta según F8.2(a).

$$\eta = 0.000 \leq 1 \quad \checkmark$$

Verificación GG6300 | AISC 360 | 2016

Capítulo G

Resistencia nominal a cortante en el eje y y/o eje z según G5

$$\begin{aligned} V_r &= \sqrt{(V_{r,y})^2 + (V_{r,z})^2} \\ &= \sqrt{(0.617 \text{ Tonf})^2 + (2.600 \text{ Tonf})^2} \\ &= 2.672 \text{ Tonf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr,1} &= \frac{1.6 \cdot E}{\sqrt{\frac{L_v}{D}} \cdot \left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{5}{4}}} \\ &= \frac{1.6 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{\frac{8.115 \text{ m}}{304.8 \text{ mm}}} \cdot \left(\frac{304.8 \text{ mm}}{10.3 \text{ mm}}\right)^{\frac{5}{4}}} \\ &= 899.394 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr,2} &= \frac{0.78 \cdot E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{3}{2}}} \\ &= \frac{0.78 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2}{\left(\frac{304.8 \text{ mm}}{10.3 \text{ mm}}\right)^{\frac{3}{2}}} \\ &= 970.235 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \min(\max(F_{cr,1}, F_{cr,2}), 0.6 \cdot F_y) \\ &= \min(\max(899.394 \text{ N/mm}^2, 970.235 \text{ N/mm}^2), 0.6 \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2) \\ &= 144.790 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2} \\ &= 144.790 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{95.38 \text{ cm}^2}{2} \\ &= 690.538 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{V_r}{V_n \cdot \Phi_v} \\ &= \frac{2.672 \text{ Tonf}}{690.538 \text{ kN} \cdot 0.90} \\ &= 0.042 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.042 \leq 1 \quad \checkmark$$

- V_r Resistencia a cortante necesaria
- $V_{r,y}$ Resistencia a cortante necesaria
- $V_{r,z}$ Resistencia a cortante necesaria
- $F_{cr,1}$ Tensión crítica
- E Módulo de elasticidad
- L_v Distancia desde el esfuerzo cortante máximo hasta el cero
- D Diámetro exterior del perfil HSS circular
- t Espesor
- $F_{cr,2}$ Tensión crítica
- F_{cr} Tensión crítica
- F_y Límite elástico
- V_n Resistencia a cortante nominal
- A_g Área bruta de la barra
- Φ_v Factor de resistencia a cortante

Ec. G5-2a

Ec. G5-2b

G5

ec. G5-1

G5

Verificación HH7110 | AISC 360 | 2016

Capítulo H

Flexión con esfuerzo de compresión según H1.1

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \text{mi n.}(F_{cr,y}, F_{cr,z}, F_{cr,x}) \\
 &= \text{mi n.}(131.256 \text{ N/mm}^2, 131.256 \text{ N/mm}^2, 241.000 \text{ N/mm}^2) \\
 &= 131.256 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\
 &= 131.256 \text{ N/mm}^2 \cdot 95.38 \text{ cm}^2 \\
 &= 1251.980 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_c &= \Phi_c \cdot P_n \\
 &= 0.90 \cdot 1251.980 \text{ kN} \\
 &= 1126.790 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_{n,Y} \\
 &= 215.86 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= \Phi_b \cdot M_n \\
 &= 0.90 \cdot 215.86 \text{ kNm} \\
 &= 194.27 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \sqrt{(M_{r,y})^2 + (M_{r,z})^2} \\
 &= \sqrt{(10.575 \text{ Tonfm})^2 + (3.222 \text{ Tonfm})^2} \\
 &= 11.055 \text{ Tonfm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_r}{2 \cdot P_c} + \frac{M_r}{M_c} \\
 &= \frac{19.484 \text{ Tonf}}{2 \cdot 1126.790 \text{ kN}} + \frac{11.055 \text{ Tonfm}}{194.27 \text{ kNm}} \\
 &= 0.643
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.643 \leq 1 \quad \checkmark$$

E3

Ec. E3-1

E1

F1

H1.1, ec. H1-1b

- $F_{cr,y}$ Tensión crítica
- $F_{cr,z}$ Tensión crítica
- $F_{cr,x}$ Tensión crítica
- P_n Resistencia nominal a compresión
- F_{cr} Tensión crítica
- A_g Área bruta de la barra
- P_c Resistencia a compresión disponible
- Φ_c Factor de resistencia a la compresión
- $M_{n,Y}$ Resistencia nominal a flexión para fluencia
- M_c Resistencia a flexión disponible
- Φ_b Factor de resistencia a flexión
- M_n Resistencia nominal a flexión
- M_r Resistencia a flexión necesaria
- $M_{r,y}$ Resistencia a flexión necesaria
- $M_{r,z}$ Resistencia a flexión necesaria
- P_r Resistencia a compresión necesaria

Verificación HH7120 | AISC 360 | 2016

Capítulo H

Flexión con esfuerzo de tracción según H1.2

$$\begin{aligned}
 P_c &= \min(\Phi_t \cdot P_{n,Y}, \Phi_t \cdot P_{n,R}) \\
 &= \min(0.90 \cdot 2301.790 \text{ kN}, 0.75 \cdot 3945.930 \text{ kN}) \\
 &= 2071.610 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_{n,Y} \\
 &= 215.86 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= \Phi_b \cdot M_n \\
 &= 0.90 \cdot 215.86 \text{ kNm} \\
 &= 194.27 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \sqrt{(M_{r,y})^2 + (M_{r,z})^2} \\
 &= \sqrt{(5.167 \text{ Tonfm})^2 + (1.853 \text{ Tonfm})^2} \\
 &= 5.489 \text{ Tonfm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_r}{2 \cdot P_c} + \frac{M_r}{M_c} \\
 &= \frac{2.138 \text{ Tonf}}{2 \cdot 2071.610 \text{ kN}} + \frac{5.489 \text{ Tonfm}}{194.27 \text{ kNm}} \\
 &= 0.282
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.282 \leq 1 \quad \checkmark$$

D1

F1

H1.1, ec. H1-1b

P_c	Resistencia a tracción disponible
Φ_t	Factor de resistencia a la fluencia por tracción
$P_{n,Y}$	Resistencia nominal a tracción por fluencia
Φ_t	Factor de resistencia a la rotura por tracción
$P_{n,R}$	Resistencia a tracción nominal por rotura
$M_{n,Y}$	Resistencia nominal a flexión para fluencia
M_c	Resistencia a flexión disponible
Φ_b	Factor de resistencia a flexión
M_n	Resistencia nominal a flexión
M_r	Resistencia a flexión necesaria
$M_{r,y}$	Resistencia a flexión necesaria
$M_{r,z}$	Resistencia a flexión necesaria
P_r	Resistencia a tracción necesaria

DISEÑO DE ESTRUCTURAS METALICAS (VERIFICACION DE PANDEO LATERAL TORSIONAL)	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).
ELEMENTO:	PERFIL 12" SCH 40.

1 Datos generales.

1.1 Propiedades de la sección.

De	304.80 mm	Diámetro exterior del perfil.
t	10.30 mm	Espesor del perfil.
Lb	16.23 m	Longitud no arriostrada

1.2 Propiedades de los materiales.

$$I_y = A_g \cdot r^2$$

$$G = E / 2 \cdot (1 + \nu)$$

$$J = 2 \cdot I_y$$

fy	2460.74 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero.
Es = E	2038902 kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero.
Vs	0.30 -	Coefficiente de poisson.
Ag	9529.55 mm ²	Area bruta de la sección
Iy	103438906 mm ⁴	Inercia en y.
G	784193.04 kg/cm ²	Módulo de elasticidad transversal.
J	206877812.6 mm ⁴	Constante torsional.

1.3 Factor de modificación Cb.

$$C_b = (12.50 \cdot M_{max}) / (2.50 \cdot M_{m\acute{a}x} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B)$$

Mmáx	10.58 tonf·m	Momento máximo
MA	3.66 tonf·m	Momento en A.
MB	1.43 tonf·m	Momento en B.
MC	1.12 tonf·m	Momento en C.
Cb	2.84 -	Factor de modificación.

1.4 Constante de alabeo Cw.

- Las secciones circulares huecas (CHS) poseen simetría radial perfecta. Bajo esfuerzos de torsión, todos los puntos de la sección transversal permanecen dentro de su plano original, lo que significa que no existe desplazamiento longitudinal relativo

- De acuerdo con la norma AISC 360-16, Sección F8, el estado límite de pandeo lateral torsional no es aplicable a miembros con secciones circulares. La norma asume que la rigidez torsional es proporcionada íntegramente por la torsión pura, despreciando el componente de alabeo por ser físicamente inexistente.

Cw **0.00** - Constante de alabeo.

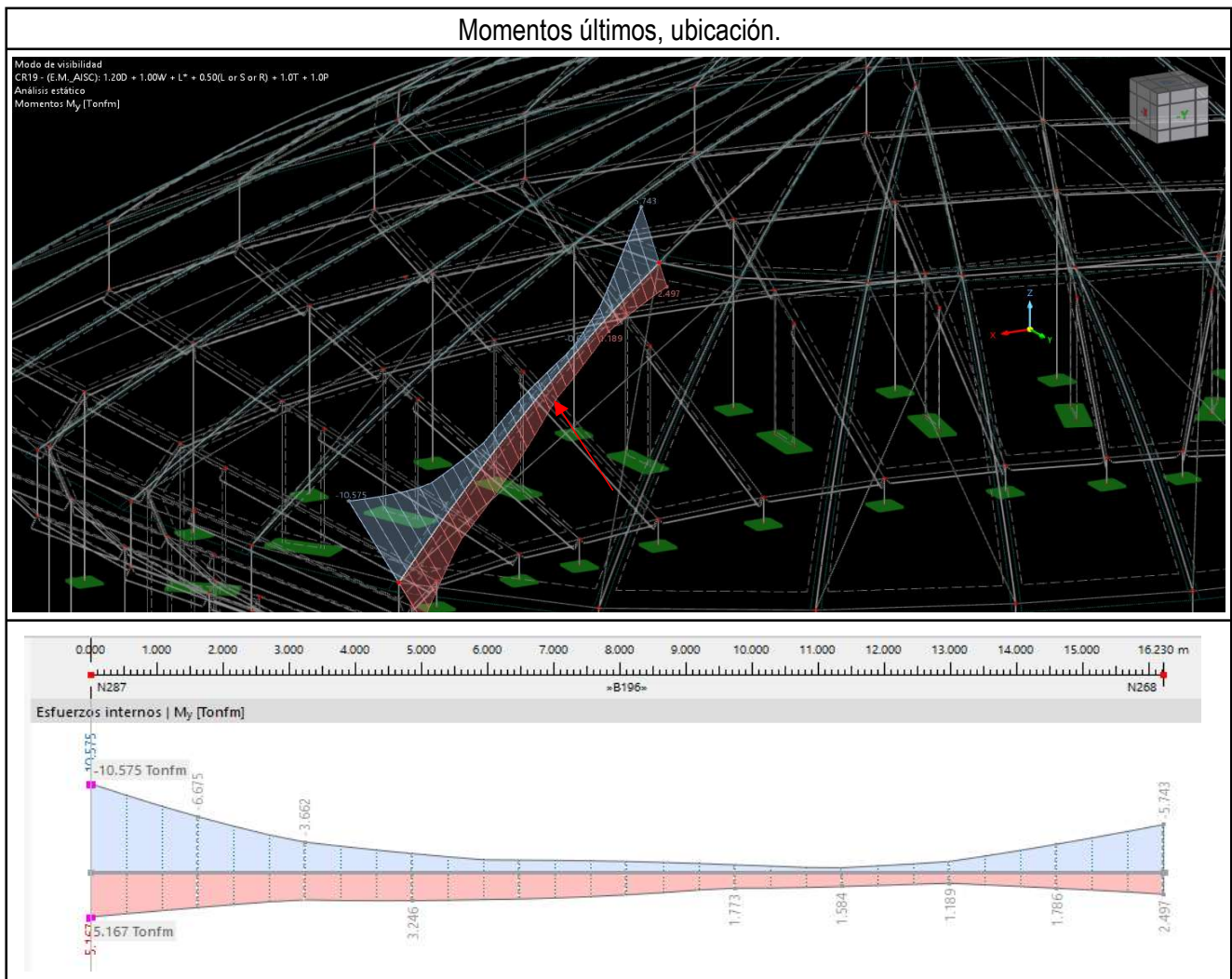
2 Verificación del pandeo lateral torsión (fórmula general).

$$M_{cr} = C_b \cdot (\pi / L_b) \cdot \sqrt{(E \cdot I_y \cdot G \cdot J + (\pi \cdot E / L_b)^2 \cdot I_y \cdot C_w)}$$

M_{cr} 1018.17 tonf·m Momento crítico.
M_{máx} 10.58 tonf·m Momento máximo

El factor de seguridad frente al pandeo lateral torsional es de 96.28, lo que significa que el fenómeno de inestabilidad lateral es físicamente imposible bajo las cargas de diseño actuales.

3 Anexos.



DISEÑO DE ESTRUCTURAS METALICAS	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).
ELEMENTO:	PERFIL 10" SCH 40.

1 Datos generales.

1.1 Propiedades de la sección.

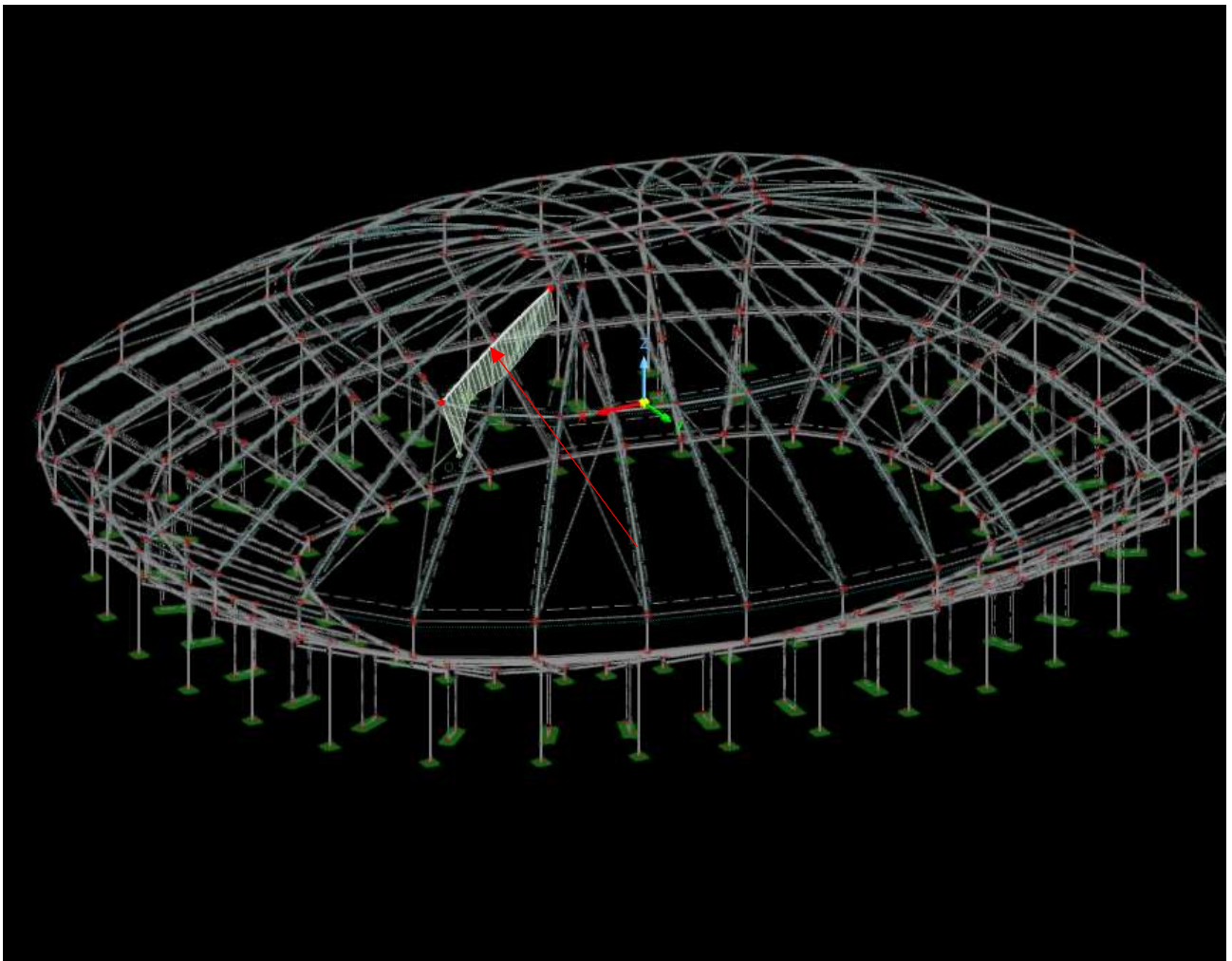
De	254.00 mm	Diámetro exterior del perfil.
t	9.50 mm	Espesor del perfil.

1.2 Propiedades de los materiales.

fy	2460.74 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero.
Es	2038902 kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero.
Vs	0.30 -	Coefficiente de poisson.
ys	7850.00 kg/m ³	Peso por unidad de volúmen.

2 Ubicación del perfil.

Ubicación del perfil a ser diseñado y resultados.



3 Verificaciones aplicables y detallado de diseño.

3.1 Resumen de verificaciones.

Situac. de proyecto	Barra núm.	Posición x [m]	Punto de tensión nú	Carga núm.	Relación de control de cálculo η [-]	Tipo de compr. de diseño	
SP1	Cargas totales						
	197	0.000 \approx		CR16		0.000 ✓	HH0100.00 Capítulo H
				CR19		0.036 ✓	DD1100.00 Capítulo D
		11.339 \approx		CR19		0.117 ✓	EE2100.00 Capítulo E
				CR19		0.117 ✓	EE2300.00 Capítulo E
				CR19		0.049 ✓	EE2500.00 Capítulo E
		0.000 \approx		CR19		0.542 ✓	FF3500.00 Capítulo F
				CR16		0.000 ✓	FF5500.00 Capítulo F
				CR19		0.044 ✓	GG6300.00 Capítulo G
				CR19		0.556 ✓	HH7110.00 Capítulo H
				CR20		0.473 ✓	HH7120.00 Capítulo H
		10.031		CR19		0.085 ✓	HH7300.00 Capítulo H
		0.000 \approx		CR19		0.000 ✓	HH7360.00 Capítulo H

Descripción
Capítulo H Esfuerzos internos insignificantes
Capítulo D Tracción según D2
Capítulo E Pandeo por flexión respecto al eje principal y según E3
Capítulo E Pandeo por flexión respecto al eje principal z según E3
Capítulo E Pandeo torsional según E4
Capítulo F Fluencia Flexión respecto al eje y y/o eje z según F8
Capítulo F Pandeo local según F8
Capítulo G Resistencia nominal a cortante en el eje y y/o eje z según G5
Capítulo H Flexión con esfuerzo de compresión según H1.1
Capítulo H Flexión con esfuerzo de tracción según H1.2
Capítulo H Resistencia a torsión del perfil HSS circular y rectangular según H3.1
Capítulo H Perfil HSS circular sujeto a torsión combinada, cortante, flexión y/o esfuerzo axil según H3.2

3.2 Detallado de verificaciones críticas.

Verificación HH0100 | AISC 360 | 2016

Capítulo H

Esfuerzos internos insignificantes

Esfuerzo axil:

$$\begin{aligned} P_n &= F_y \cdot A_g \\ &= 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 68.39 \text{ cm}^2 \\ &= 1650.290 \text{ kN} \end{aligned}$$

AISC 360-16, E3, ec. E3-1

$$\begin{aligned} P_c &= \phi_c \cdot P_n \\ &= 0.90 \cdot 1650.290 \text{ kN} \\ &= 1485.260 \text{ kN} \end{aligned}$$

AISC 360-16, E1

$$\begin{aligned} \eta_P &= \frac{P_r}{P_c} \\ &= \frac{0.000 \text{ Tonf}}{1485.260 \text{ kN}} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_P \leq \eta_{Pc,lim}$$

 P_r es insignificante.

Momento flector respecto al eje y:

$$\begin{aligned} M_{n,y,y} &= F_y \cdot Z_y \\ &= 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 532.58 \text{ cm}^3 \\ &= 128.52 \text{ kNm} \end{aligned}$$

AISC 360-16, F

$$\begin{aligned} M_{c,y} &= \phi_b \cdot M_{n,y,y} \\ &= 0.90 \cdot 128.52 \text{ kNm} \\ &= 115.67 \text{ kNm} \end{aligned}$$

AISC 360-16, F1

$$\begin{aligned} \eta_{My} &= \frac{M_{r,y}}{M_{c,y}} \\ &= \frac{0.000 \text{ Tonfm}}{115.67 \text{ kNm}} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_{My} \leq \eta_{My,lim}$$

 $M_{r,y}$ es insignificante.

Momento flector respecto al eje z:

$$\begin{aligned} M_{n,y,z} &= F_y \cdot Z_z \\ &= 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 532.58 \text{ cm}^3 \\ &= 128.52 \text{ kNm} \end{aligned}$$

AISC 360-16, F

$$\begin{aligned} M_{c,z} &= \phi_b \cdot M_{n,y,z} \\ &= 0.90 \cdot 128.52 \text{ kNm} \\ &= 115.67 \text{ kNm} \end{aligned}$$

AISC 360-16, F1

$$\begin{aligned} \eta_{Mz} &= \frac{M_{r,z}}{M_{c,z}} \\ &= \frac{0.000 \text{ Tonfm}}{115.67 \text{ kNm}} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_{Mz} \leq \eta_{Mz,lim}$$

 $M_{r,z}$ es insignificante.

Esfuerzo cortante en el eje y:

$$\begin{aligned} V_{n,y} &= 0.6 \cdot F_y \cdot A_{w,y} \\ &= 0.6 \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 34.19 \text{ cm}^2 \\ &= 495.087 \text{ kN} \end{aligned}$$

AISC 360-16, G

$$\begin{aligned} V_{c,y} &= \phi_v \cdot V_{n,y} \\ &= 0.90 \cdot 495.087 \text{ kN} \\ &= 445.578 \text{ kN} \end{aligned}$$

AISC 360-16, G1

$$\begin{aligned} \eta_{Vy} &= \frac{V_{r,y}}{V_{c,y}} \\ &= \frac{0.000 \text{ Tonf}}{445.578 \text{ kN}} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_{Vy} \leq \eta_{Vy,lim}$$

 $V_{r,y}$ es insignificante.

Esfuerzo cortante en el eje z:

$$\begin{aligned} V_{n,z} &= 0.6 \cdot F_y \cdot A_{w,z} \\ &= 0.6 \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 34.19 \text{ cm}^2 \\ &= 495.087 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{c,z} &= \Phi_v \cdot V_{n,z} \\ &= 0.90 \cdot 495.087 \text{ kN} \\ &= 445.578 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{Vz} &= \frac{V_{r,z}}{V_{c,z}} \\ &= \frac{0.000 \text{ Tonf}}{445.578 \text{ kN}} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_{Vz} \leq \eta_{Vz,lim}$$

$V_{r,z}$ es insignificante.

Momento torsor:

$$\begin{aligned} \eta_{t,t} &= \frac{|\tau_t|}{0.6 \cdot F_y \cdot \Phi_T} \\ &= \frac{|0.000 \text{ N/mm}^2|}{0.6 \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 0.90} \\ &= 0.000 \end{aligned}$$

$$\eta_{t,t} \leq \eta_{t,t,lim}$$

T_T es insignificante.

Todos los esfuerzos internos son insignificantes.

$$\eta = 0.000 \leq 1 \quad \checkmark$$

P_n	Resistencia nominal a compresión
F_y	Límite elástico
A_g	Área bruta de la barra
P_c	Resistencia a compresión disponible
Φ_c	Factor de resistencia a la compresión
η_P	Componente de cálculo para P
P_r	Resistencia a compresión necesaria
$\eta_{Pc,lim}$	Razón de tensiones límite para P
$M_{n,y,y}$	Resistencia nominal a flexión para fluencia
Z_y	Módulo resistente plástico
$M_{c,y}$	Resistencia a flexión disponible
Φ_b	Factor de resistencia a flexión
η_{M_y}	Componente de cálculo para M_y
$M_{r,y}$	Resistencia a flexión necesaria
$\eta_{M_y,lim}$	Razón de tensiones límite para M_y
$M_{n,y,z}$	Resistencia nominal a flexión para fluencia
Z_z	Módulo resistente plástico
$M_{c,z}$	Resistencia a flexión disponible
η_{M_z}	Componente de cálculo para M_z
$M_{r,z}$	Resistencia a flexión necesaria
$\eta_{M_z,lim}$	Razón de tensiones límite para M_z
$V_{n,y}$	Resistencia a cortante nominal
$A_{w,y}$	Área de cortante
$V_{c,y}$	Resistencia a cortante disponible
Φ_v	Factor de resistencia a cortante
η_{V_y}	Componente de cálculo para V_y
$V_{r,y}$	Resistencia a cortante necesaria
$\eta_{V_y,lim}$	Razón de tensiones límite para V_y
$V_{n,z}$	Resistencia a cortante nominal
$A_{w,z}$	Área de cortante
$V_{c,z}$	Resistencia a cortante disponible
η_{V_z}	Componente de cálculo para V_z
$V_{r,z}$	Resistencia a cortante necesaria
$\eta_{V_z,lim}$	Razón de tensiones límite para V_z
$\eta_{t,t}$	Componente de cálculo para τ_t
τ_t	Tensión tangencial por torsión pura
Φ_T	Factor de resistencia a la torsión
$\eta_{t,t,lim}$	Razón de tensiones límite para τ_t

AISC 360-16, G

AISC 360-16, G1

Verificación DD1100 | AISC 360 | 2016

Capítulo D
Tracción según D2

$$\begin{aligned} P_{n,Y} &= F_y \cdot A_g \\ &= 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 68.39 \text{ cm}^2 \\ &= 1650.290 \text{ kN} \end{aligned}$$

ec. D2-1

$$\begin{aligned} \eta_y &= \frac{P_r}{P_{n,Y} \cdot \Phi_t} \\ &= \frac{5.517 \text{ Tonf}}{1650.290 \text{ kN} \cdot 0.90} \\ &= 0.036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= A_n \cdot U \\ &= 68.39 \text{ cm}^2 \cdot 1.00 \\ &= 68.39 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

ec. D3-1

$$\begin{aligned} P_{n,R} &= F_u \cdot A_e \\ &= 413.685 \text{ N/mm}^2 \cdot 68.39 \text{ cm}^2 \\ &= 2829.070 \text{ kN} \end{aligned}$$

ec. D2-2

$$\begin{aligned} \eta_u &= \frac{P_r}{P_{n,R} \cdot \Phi_t} \\ &= \frac{5.517 \text{ Tonf}}{2829.070 \text{ kN} \cdot 0.75} \\ &= 0.025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \max(\eta_y, \eta_u) \\ &= \max(0.036, 0.025) \\ &= 0.036 \end{aligned}$$

D2

$$\eta = 0.036 \leq 1 \quad \checkmark$$

$P_{n,Y}$	Resistencia nominal a tracción por fluencia
F_y	Límite elástico
A_g	Área bruta de la barra
η_y	Razón de tensiones. Fluencia
P_r	Resistencia a tracción necesaria
Φ_t	Factor de resistencia a la fluencia por tracción
A_e	Área neta eficaz
A_n	Área neta
U	Coefficiente de arrastre por cortante
$P_{n,R}$	Resistencia a tracción nominal por rotura
F_u	Resistencia a tracción
η_u	Razón de tensiones. Rotura
Φ_t	Factor de resistencia a la rotura por tracción

Verificación EE2100 | AISC 360 | 2016

Capítulo E

Pandeo por flexión respecto al eje principal y según E3

$$\begin{aligned}
 F_{e,y} &= \frac{(\pi)^2 \cdot E}{\left(\frac{L_{c,y}}{r_y}\right)^2} \\
 &= \frac{(\pi)^2 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2}{\left(\frac{11.339 \text{ m}}{86.6 \text{ mm}}\right)^2} \\
 &= 115.142 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

ec. E3-4

$$\frac{F_y}{F_{e,y}} \leq 2.25$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr,y} &= \left((0.658)^{\frac{F_y}{F_{e,y}}} \right) \cdot F_y \\
 &= \left((0.658)^{\frac{241.317 \text{ N/mm}^2}{115.142 \text{ N/mm}^2}} \right) \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 100.374 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Ec. E3-2

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr,y} \cdot A_g \\
 &= 100.374 \text{ N/mm}^2 \cdot 68.39 \text{ cm}^2 \\
 &= 686.429 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Ec. E3-1

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_r}{P_n \cdot \Phi_c} \\
 &= \frac{7.389 \text{ Tonf}}{686.429 \text{ kN} \cdot 0.90} \\
 &= 0.117
 \end{aligned}$$

E3

$$\eta = 0.117 \leq 1 \quad \checkmark$$

 $F_{e,y}$ Tensión de pandeo elástico

E Módulo de elasticidad

 $L_{c,y}$ Longitud eficaz de la barra r_y Radio de giro F_y Límite elástico $F_{cr,y}$ Tensión crítica P_n Resistencia nominal a compresión A_g Área bruta de la barra P_r Resistencia a compresión necesaria Φ_c Factor de resistencia a la compresión

Verificación EE2300 | AISC 360 | 2016

Capítulo E

Pandeo por flexión respecto al eje principal z según E3

$$\begin{aligned}
 F_{e,z} &= \frac{(\pi)^2 \cdot E}{\left(\frac{L_{c,z}}{r_z}\right)^2} \\
 &= \frac{(\pi)^2 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2}{\left(\frac{11.339 \text{ m}}{86.6 \text{ mm}}\right)^2} \\
 &= 115.142 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

ec. E3-4

$$\frac{F_y}{F_{e,z}} \leq 2.25$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr,z} &= \left((0.658) \frac{F_y}{F_{e,z}} \right) \cdot F_y \\
 &= \left((0.658) \frac{241.317 \text{ N/mm}^2}{115.142 \text{ N/mm}^2} \right) \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 100.374 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Ec. E3-2

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr,z} \cdot A_g \\
 &= 100.374 \text{ N/mm}^2 \cdot 68.39 \text{ cm}^2 \\
 &= 686.429 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Ec. E3-1

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_r}{P_n \cdot \Phi_c} \\
 &= \frac{7.389 \text{ Tonf}}{686.429 \text{ kN} \cdot 0.90} \\
 &= 0.117
 \end{aligned}$$

E3

$$\eta = 0.117 \leq 1 \quad \checkmark$$

 $F_{e,z}$ Tensión de pandeo elástico

E Módulo de elasticidad

 $L_{c,z}$ Longitud eficaz de la barra r_z Radio de giro F_y Límite elástico $F_{cr,z}$ Tensión crítica P_n Resistencia nominal a compresión A_g Área bruta de la barra P_r Resistencia a compresión necesaria Φ_c Factor de resistencia a la compresión

Verificación EE2500 | AISC 360 | 2016

Capítulo E

Pandeo torsional según E4

$$\begin{aligned}
 F_e &= \left(\frac{(\pi)^2 \cdot E \cdot C_w}{(L_{c,x})^2} + G \cdot J \right) \cdot \frac{1}{I_y + I_z} \\
 &= \left(\frac{(\pi)^2 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2 \cdot 0.00 \text{ cm}^6}{(11.339 \text{ m})^2} + 77221.300 \text{ N/mm}^2 \cdot 10280.90 \text{ cm}^4 \right) \cdot \frac{1}{5119.65 \text{ cm}^4 + 5119.65 \text{ cm}^4} \\
 &= 77535.200 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Ec. E4-2

$$\frac{F_y}{F_e} \leq 2.25$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \left((0.658) \frac{F_y}{F_e} \right) \cdot F_y \\
 &= \left((0.658) \frac{241.317 \text{ N/mm}^2}{77535.200 \text{ N/mm}^2} \right) \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 241.002 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Ec. E3-2

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\
 &= 241.002 \text{ N/mm}^2 \cdot 68.39 \text{ cm}^2 \\
 &= 1648.140 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Ec. E4-1

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_r}{P_n \cdot \Phi_c} \\
 &= \frac{7.389 \text{ Tonf}}{1648.140 \text{ kN} \cdot 0.90} \\
 &= 0.049
 \end{aligned}$$

E4

$$\eta = 0.049 \leq 1 \quad \checkmark$$

- F_e Tensión de pandeo elástico
- E Módulo de elasticidad
- C_w Módulo de alabeo
- $L_{c,x}$ Longitud eficaz de la barra
- G Módulo de cortante
- J Módulo de torsión
- I_y Momento de inercia
- I_z Momento de inercia
- F_y Límite elástico
- F_{cr} Tensión crítica
- P_n Resistencia nominal a compresión
- A_g Área bruta de la barra
- P_r Resistencia a compresión necesaria
- Φ_c Factor de resistencia a la compresión

Verificación FF3500 | AISC 360 | 2016

Capítulo F

Fluencia | Flexión respecto al eje y y/o eje z según F8

$$\begin{aligned}
 M_r &= \sqrt{(M_{r,y})^2 + (M_{r,z})^2} \\
 &= \sqrt{(4.903 \text{ Tonfm})^2 + (4.109 \text{ Tonfm})^2} \\
 &= 6.397 \text{ Tonfm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= F_y \cdot Z \\
 &= 241.317 \text{ N/mm}^2 \cdot 532.58 \text{ cm}^3 \\
 &= 128.52 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_p \\
 &= 128.52 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{M_r}{M_n \cdot \Phi_b} \\
 &= \frac{6.397 \text{ Tonfm}}{128.52 \text{ kNm} \cdot 0.90} \\
 &= 0.542
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.542 \leq 1 \quad \checkmark$$

- M_r Resistencia a flexión necesaria
- $M_{r,y}$ Resistencia a flexión necesaria
- $M_{r,z}$ Resistencia a flexión necesaria
- M_p Momento plástico
- F_y Límite elástico
- Z Módulo resistente plástico
- M_n Resistencia nominal a flexión
- Φ_b Factor de resistencia a flexión

Ec. F8-1

ec. F8-1

F8.1

Verificación FF5500 | AISC 360 | 2016

Capítulo F
Pandeo local según F8

El estado límite de pandeo local no se aplica debido a la sección compacta según F8.2(a).

$$\eta = 0.000 \leq 1 \quad \checkmark$$

Verificación GG6300 | AISC 360 | 2016

Capítulo G

Resistencia nominal a cortante en el eje y y/o eje z según G5

$$\begin{aligned} V_r &= \sqrt{(V_{r,y})^2 + (V_{r,z})^2} \\ &= \sqrt{(1.493 \text{ Tonf})^2 + (1.327 \text{ Tonf})^2} \\ &= 1.997 \text{ Tonf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr,1} &= \frac{1.6 \cdot E}{\sqrt{\frac{L_v}{D}} \cdot \left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{5}{4}}} \\ &= \frac{1.6 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{\frac{5.670 \text{ m}}{254.0 \text{ mm}}} \cdot \left(\frac{254.0 \text{ mm}}{8.9 \text{ mm}}\right)^{\frac{5}{4}}} \\ &= 1021.440 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr,2} &= \frac{0.78 \cdot E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{3}{2}}} \\ &= \frac{0.78 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2}{\left(\frac{254.0 \text{ mm}}{8.9 \text{ mm}}\right)^{\frac{3}{2}}} \\ &= 1016.830 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \min(\max(F_{cr,1}, F_{cr,2}), 0.6 \cdot F_y) \\ &= \min(\max(1021.440 \text{ N/mm}^2, 1016.830 \text{ N/mm}^2), 0.6 \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2) \\ &= 144.790 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_n &= F_{cr} \cdot \frac{A_g}{2} \\ &= 144.790 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{68.39 \text{ cm}^2}{2} \\ &= 495.087 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{V_r}{V_n \cdot \Phi_v} \\ &= \frac{1.997 \text{ Tonf}}{495.087 \text{ kN} \cdot 0.90} \\ &= 0.044 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.044 \leq 1 \quad \checkmark$$

V_r	Resistencia a cortante necesaria
$V_{r,y}$	Resistencia a cortante necesaria
$V_{r,z}$	Resistencia a cortante necesaria
$F_{cr,1}$	Tensión crítica
E	Módulo de elasticidad
L_v	Distancia desde el esfuerzo cortante máximo hasta el cero
D	Diámetro exterior del perfil HSS circular
t	Espesor
$F_{cr,2}$	Tensión crítica
F_{cr}	Tensión crítica
F_y	Límite elástico
V_n	Resistencia a cortante nominal
A_g	Área bruta de la barra
Φ_v	Factor de resistencia a cortante

Ec. G5-2a

Ec. G5-2b

G5

ec. G5-1

G5

Verificación HH7110 | AISC 360 | 2016

Capítulo H

Flexión con esfuerzo de compresión según H1.1

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \text{mi n.}(F_{cr,y}, F_{cr,z}, F_{cr,x}) \\
 &= \text{mi n.}(100.374 \text{ N/mm}^2, 100.374 \text{ N/mm}^2, 241.002 \text{ N/mm}^2) \\
 &= 100.374 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \cdot A_g \\
 &= 100.374 \text{ N/mm}^2 \cdot 68.39 \text{ cm}^2 \\
 &= 686.429 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_c &= \Phi_c \cdot P_n \\
 &= 0.90 \cdot 686.429 \text{ kN} \\
 &= 617.786 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_{n,Y} \\
 &= 128.52 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= \Phi_b \cdot M_n \\
 &= 0.90 \cdot 128.52 \text{ kNm} \\
 &= 115.67 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \sqrt{(M_{r,y})^2 + (M_{r,z})^2} \\
 &= \sqrt{(4.903 \text{ Tonfm})^2 + (4.109 \text{ Tonfm})^2} \\
 &= 6.397 \text{ Tonfm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_r}{2 \cdot P_c} + \frac{M_r}{M_c} \\
 &= \frac{1.729 \text{ Tonf}}{2 \cdot 617.786 \text{ kN}} + \frac{6.397 \text{ Tonfm}}{115.67 \text{ kNm}} \\
 &= 0.556
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.556 \leq 1 \quad \checkmark$$

E3

Ec. E3-1

E1

F1

H1.1, ec. H1-1b

F_{cr,y} Tensión críticaF_{cr,z} Tensión críticaF_{cr,x} Tensión críticaP_n Resistencia nominal a compresiónF_{cr} Tensión críticaA_g Área bruta de la barraP_c Resistencia a compresión disponibleΦ_c Factor de resistencia a la compresiónM_{n,y} Resistencia nominal a flexión para fluenciaM_c Resistencia a flexión disponibleΦ_b Factor de resistencia a flexiónM_n Resistencia nominal a flexiónM_r Resistencia a flexión necesariaM_{r,y} Resistencia a flexión necesariaM_{r,z} Resistencia a flexión necesariaP_r Resistencia a compresión necesaria

Verificación HH7120 | AISC 360 | 2016

Capítulo H

Flexión con esfuerzo de tracción según H1.2

$$\begin{aligned}
 P_c &= \min(\Phi_t \cdot P_{n,Y}, \Phi_t \cdot P_{n,R}) \\
 &= \min(0.90 \cdot 1650.290 \text{ kN}, 0.75 \cdot 2829.070 \text{ kN}) \\
 &= 1485.260 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= M_{n,Y} \\
 &= 128.52 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_c &= \Phi_b \cdot M_n \\
 &= 0.90 \cdot 128.52 \text{ kNm} \\
 &= 115.67 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= \sqrt{(M_{r,y})^2 + (M_{r,z})^2} \\
 &= \sqrt{(5.160 \text{ Tonfm})^2 + (2.062 \text{ Tonfm})^2} \\
 &= 5.557 \text{ Tonfm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta &= \frac{P_r}{2 \cdot P_c} + \frac{M_r}{M_c} \\
 &= \frac{0.708 \text{ Tonf}}{2 \cdot 1485.260 \text{ kN}} + \frac{5.557 \text{ Tonfm}}{115.67 \text{ kNm}} \\
 &= 0.473
 \end{aligned}$$

$$\eta = 0.473 \leq 1 \quad \checkmark$$

D1

F1

H1.1, ec. H1-1b

P_c	Resistencia a tracción disponible
Φ_t	Factor de resistencia a la fluencia por tracción
$P_{n,Y}$	Resistencia nominal a tracción por fluencia
Φ_t	Factor de resistencia a la rotura por tracción
$P_{n,R}$	Resistencia a tracción nominal por rotura
$M_{n,Y}$	Resistencia nominal a flexión para fluencia
M_c	Resistencia a flexión disponible
Φ_b	Factor de resistencia a flexión
M_n	Resistencia nominal a flexión
M_r	Resistencia a flexión necesaria
$M_{r,y}$	Resistencia a flexión necesaria
$M_{r,z}$	Resistencia a flexión necesaria
P_r	Resistencia a tracción necesaria

Verificación HH7300 | AISC 360 | 2016

Capítulo H

Resistencia a torsión del perfil HSS circular y rectangular según H3.1

$$F_{cr,1} = \frac{1.23 \cdot E}{\sqrt{\frac{L}{D} \cdot \left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{5}{4}}}}$$

$$= \frac{1.23 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{\frac{11.339 \text{ m}}{254.0 \text{ mm}} \cdot \left(\frac{254.0 \text{ mm}}{8.9 \text{ mm}}\right)^{\frac{5}{4}}}}$$

$$= 555.241 \text{ N/mm}^2$$

Ec. H3-2a

$$F_{cr,2} = \frac{0.6 \cdot E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$= \frac{0.6 \cdot 199948.000 \text{ N/mm}^2}{\left(\frac{254.0 \text{ mm}}{8.9 \text{ mm}}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

$$= 782.179 \text{ N/mm}^2$$

Ec. H3-2b

$$F_{cr} = \min(\max(F_{cr,1}, F_{cr,2}), 0.6 \cdot F_y)$$

$$= \min(\max(555.241 \text{ N/mm}^2, 782.179 \text{ N/mm}^2), 0.6 \cdot 241.317 \text{ N/mm}^2)$$

$$= 144.790 \text{ N/mm}^2$$

H3.1(a)

$$C = \frac{\pi \cdot (D - t)^2 \cdot t}{2}$$

$$= \frac{\pi \cdot (254.0 \text{ mm} - 8.9 \text{ mm})^2 \cdot 8.9 \text{ mm}}{2}$$

$$= 836.74 \text{ cm}^3$$

H3.1

$$T_n = F_{cr} \cdot C$$

$$= 144.790 \text{ N/mm}^2 \cdot 836.74 \text{ cm}^3$$

$$= 121.15 \text{ kNm}$$

ec. H3-1

$$\eta = \frac{T_r}{T_n \cdot \Phi_T}$$

$$= \frac{0.942 \text{ Tonfm}}{121.15 \text{ kNm} \cdot 0.90}$$

$$= 0.085$$

H3.1

$$\eta = 0.085 \leq 1$$

- $F_{cr,1}$ Tensión crítica
- E Módulo de elasticidad
- L Longitud de la barra/del conjunto de barras
- D Diámetro exterior del perfil HSS circular
- t Espesor
- $F_{cr,2}$ Tensión crítica
- F_{cr} Tensión crítica
- F_y Límite elástico
- C Módulo de torsión del perfil HSS
- T_n Resistencia nominal a torsión
- T_r Resistencia a torsión necesaria
- Φ_T Factor de resistencia a la torsión

Verificación HH7360 | AISC 360 | 2016

Capítulo H

Perfil HSS circular sujeto a torsión combinada, cortante, flexión y/o esfuerzo axial según H3.2

$$\begin{aligned}T_c &= \Phi_T \cdot T_n \\ &= 0.90 \cdot 121.15 \text{ kNm} \\ &= 109.04 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$T_r \leq 0.2 \cdot T_c$$

Los efectos de torsión pueden omitirse según H3.2

$$\eta = 0.000 \leq 1 \quad \checkmark$$

 T_c Resistencia a torsión disponible Φ_T Factor de resistencia a la torsión T_n Resistencia nominal a torsión T_r Resistencia a torsión necesaria

H3

DISEÑO DE ESTRUCTURAS METALICAS (VERIFICACION DE PANDEO LATERAL TORSIONAL)	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).
ELEMENTO:	PERFIL 10" SCH 40.

1 Datos generales.

1.1 Propiedades de la sección.

De	254.00 mm	Diámetro exterior del perfil.
t	9.50 mm	Espesor del perfil.
Lb	11.34 m	Longitud no arriostrada

1.2 Propiedades de los materiales.

$$I_y = A_g \cdot r^2$$

$$G = E / 2 \cdot (1 + \nu)$$

$$J = 2 \cdot I_y$$

fy	2460.74 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero.
Es = E	2038902 kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero.
Vs	0.30 -	Coefficiente de poisson.
Ag	7297.13 mm ²	Area bruta de la sección
Iy	54610385 mm ⁴	Inercia en y.
G	784193.04 kg/cm ²	Módulo de elasticidad transversal.
J	109220770.3 mm ⁴	Constante torsional.

1.3 Factor de modificación Cb.

$$C_b = (12.50 \cdot M_{max}) / (2.50 \cdot M_{m\acute{a}x} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B)$$

Mmáx	4.90 tonf·m	Momento máximo
MA	2.30 tonf·m	Momento en A.
MB	1.33 tonf·m	Momento en B.
MC	1.41 tonf·m	Momento en C.
Cb	2.13 -	Factor de modificación.

1.4 Constante de alabeo Cw.

- Las secciones circulares huecas (CHS) poseen simetría radial perfecta. Bajo esfuerzos de torsión, todos los puntos de la sección transversal permanecen dentro de su plano original, lo que significa que no existe desplazamiento longitudinal relativo

- De acuerdo con la norma AISC 360-16, Sección F8, el estado límite de pandeo lateral torsional no es aplicable a miembros con secciones circulares. La norma asume que la rigidez torsional es proporcionada íntegramente por la torsión pura, despreciando el componente de alabeo por ser físicamente inexistente.

Cw **0.00** - Constante de alabeo.

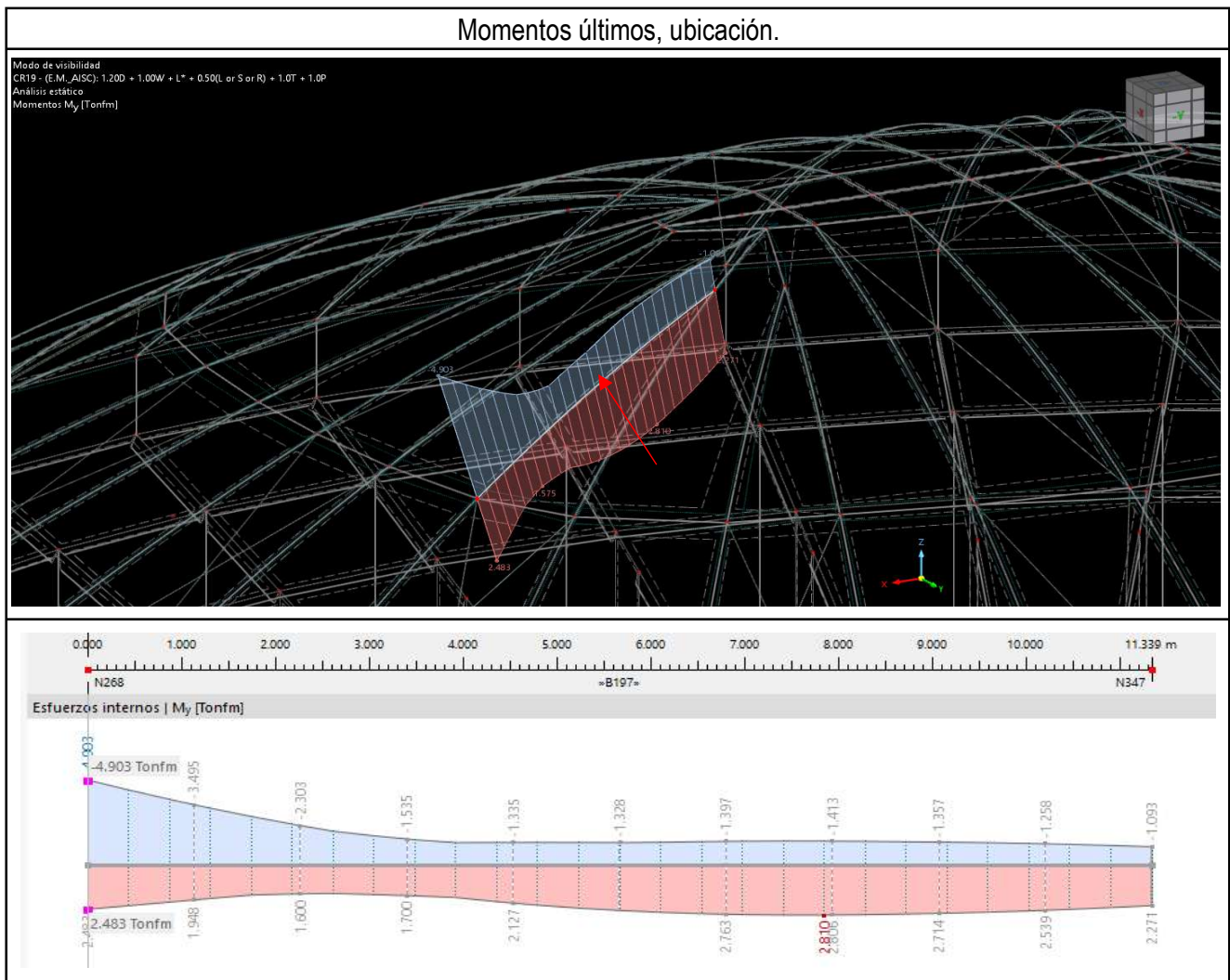
2 Verificación del pandeo lateral torsión (fórmula general).

$$M_{cr} = C_b \cdot (\pi / L_b) \cdot \sqrt{(E \cdot I_y \cdot G \cdot J + (\pi \cdot E / L_b)^2 \cdot I_y \cdot C_w)}$$

M_{cr} 577.63 tonf·m Momento crítico.
M_{máx} 4.90 tonf·m Momento máximo

El factor de seguridad frente al pandeo lateral torsional es de 117.81, lo que significa que el fenómeno de inestabilidad lateral es físicamente imposible bajo las cargas de diseño actuales.

3 Anexos.



DISEÑO DE ESTRUCTURAS METALICAS (VERIFICACION DE PANDEO LATERAL TORSIONAL)	
PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ESTRUCTURA:	SUPERESTRUCTURA (ESTRUCTURA METALICA).
ELEMENTO:	TRAMO CRITICO DE EVALUACION DE PLT.

1 Datos generales.

1.1 Propiedades de la sección.

De	254.00 mm	Diámetro exterior del perfil.
t	9.50 mm	Espesor del perfil.
Lb	27.57 m	Longitud no arriostrada

1.2 Propiedades de los materiales.

$$I_y = A_g \cdot r^2$$

$$G = E / 2 \cdot (1 + \nu)$$

$$J = 2 \cdot I_y$$

f_y	2460.74 kg/cm ²	Resistencia a la fluencia del acero.
E_s = E	2038902 kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero.
ν_s	0.30 -	Coefficiente de poisson.
A_g	7297.13 mm ²	Area bruta de la sección
I_y	54610385 mm ⁴	Inercia en y.
G	784193.04 kg/cm ²	Módulo de elasticidad transversal.
J	109220770.3 mm ⁴	Constante torsional.

1.3 Factor de modificación C_b.

$$C_b = (12.50 \cdot M_{max}) / (2.50 \cdot M_{m\acute{a}x} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B)$$

M_{máx}	10.58 tonf·m	Momento máximo
M_A	1.92 tonf·m	Momento en A.
M_B	0.65 tonf·m	Momento en B.
M_C	1.41 tonf·m	Momento en C.
C_b	3.39 -	Factor de modificación.

1.4 Constante de alabeo C_w.

- Las secciones circulares huecas (CHS) poseen simetría radial perfecta. Bajo esfuerzos de torsión, todos los puntos de la sección transversal permanecen dentro de su plano original, lo que significa que no existe desplazamiento longitudinal relativo

- De acuerdo con la norma AISC, Sección F8, el estado límite de pandeo lateral torsional no es aplicable a miembros con secciones circulares. La norma asume que la rigidez torsional es proporcionada íntegramente por la torsión pura, despreciando el componente de alabeo por ser físicamente inexistente.

Cw **0.00** - Constante de alabeo.

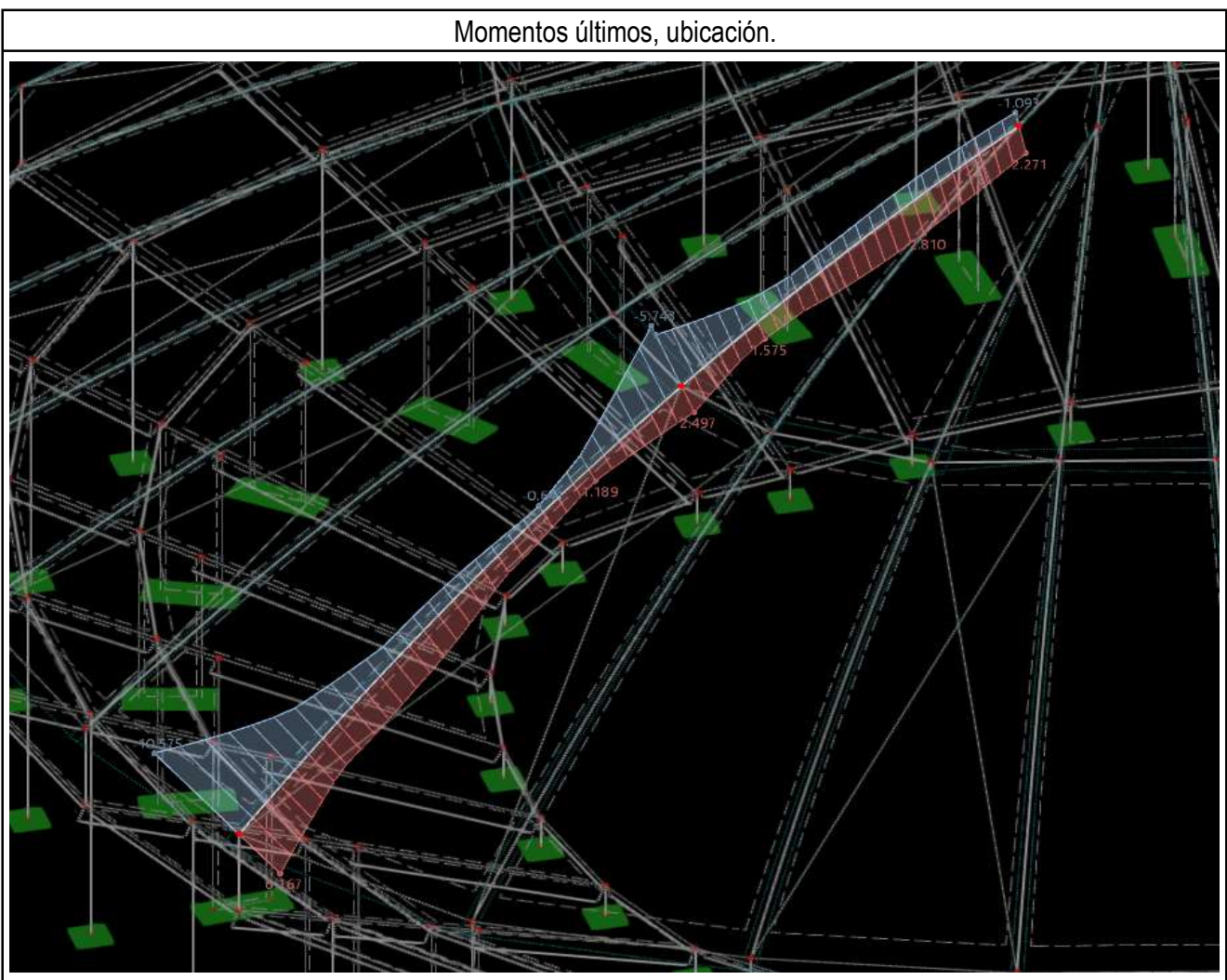
2 Verificación del pandeo lateral torsión (fórmula general).

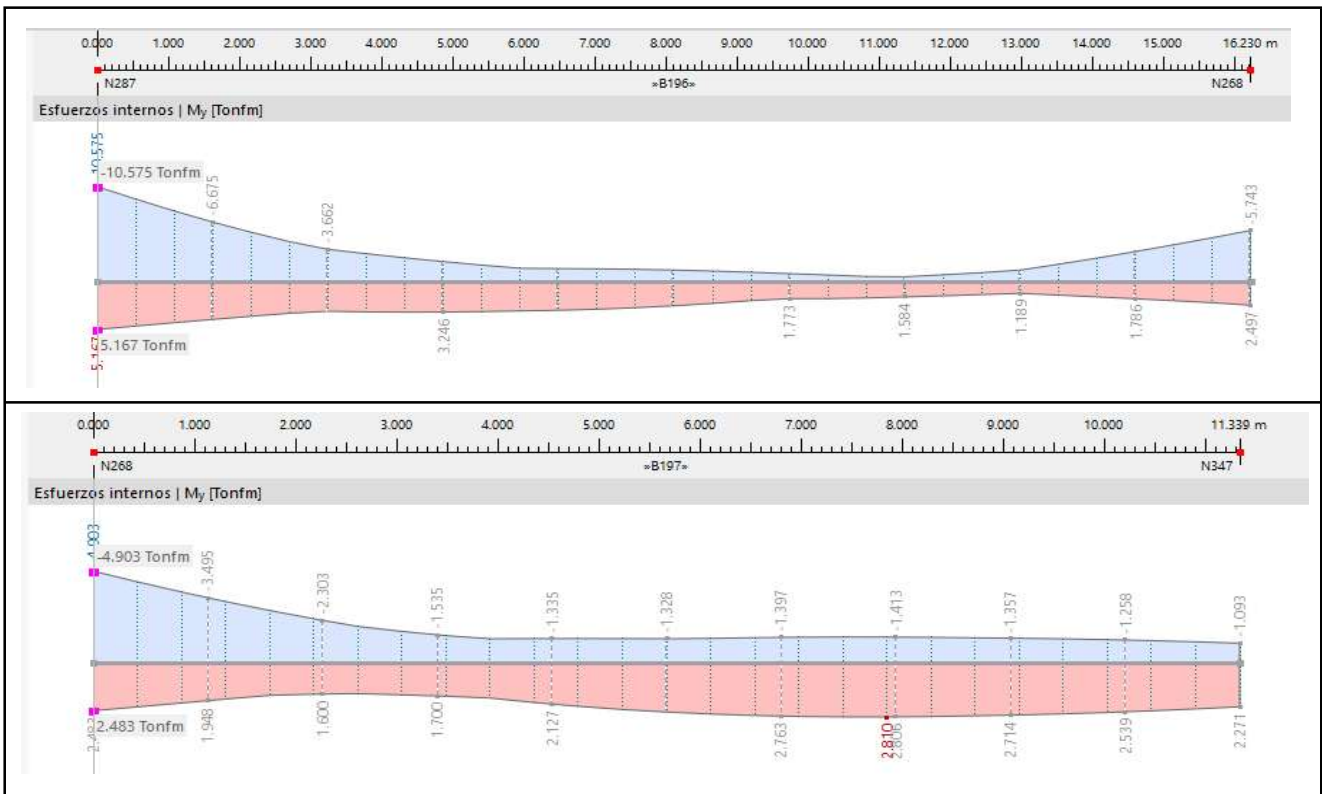
$$M_{cr} = C_b \cdot (\pi / L_b) \cdot \sqrt{(E \cdot I_y \cdot G \cdot J + (\pi \cdot E / L_b)^2 \cdot I_y \cdot C_w)}$$

M_{cr} 376.91 tonf·m Momento crítico.
M_{máx} 10.58 tonf·m Momento máximo

El factor de seguridad frente al pandeo lateral torsional es de 35.64, lo que significa que el fenómeno de inestabilidad lateral es físicamente imposible bajo las cargas de diseño actuales.

3 Anexos.







UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

DISEÑO DE CIMENTACION

DISEÑO DE ZAPATAS AISLADAS

PROYECTO:	ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA.
ELEMENTO:	ZAPATA CRITICA.

1 Datos generales

Datos del material estructural.

Resistencia a la compresión del concreto (f_c):	210.00 kg/cm ²
Resistencia a la fluencia del acero (f_y):	4200.00 kg/cm ²

Datos del material de soporte (suelo).

Capacidad admisible del terreno (q_a):	1.56 kg/cm ²
Peso específico del piso (γ_p):	2.40 tonf/m ³
Peso específico del suelo (γ_s):	1.75 tonf/m ³
Peso específico de la zapata (γ_z):	2.40 tonf/m ³
Peso específico del solado (γ_{sol}):	2.40 tonf/m ³
Profundidad de desplante (D_f):	1.50 m

Datos de carga.

Sobrecarga generada en el piso (SC):	0.20 tonf/m ²
Peso de carga muerta (P_{cm}):	49.32 tonf
Peso de carga viva (P_{cv}):	15.35 tonf
Momento debido a la carga muerta (M_{cm}):	0.69 tonf
Momento debido a la carga viva (M_{cv}):	0.14 tonf

Datos de la columna de apoyo.

Dirección de análisis (para cargas):	x -
Ancho de columna (t):	60.00 cm
Largo de columna (b):	40.00 cm
Diámetro mayor de refuerzo:	Ø 5/8" -

Dimensiones varias.

Altura del solado de nivelación (h_{sol}):	0.10 m
Altura del piso apoyado (h_p):	0.15 m

2 Dimensionamiento.

Calculo de peralte de zapata h_z .

- $Ld1 = (0.08 \cdot A_s \cdot f_y) / \sqrt{f_c}$
- $Ld2 = 0.004 \cdot A_s \cdot f_y$
- $Ld3 \geq 20 \text{ cm}$

Diámetro de la varilla de refuerzo (d_b):	1.59 cm
Área de acero de la varilla de refuerzo (A_b):	1.98 cm ²
Longitud de desarrollo mínima, caso 1	36.81 cm
Longitud de desarrollo mínima, caso 2	26.67 cm

Longitud de desarrollo mínima, caso 3	20.00 cm
Longitud de desarrollo máximo requerido:	36.81 cm
Longitud de desarrollo asumido (Ida):	35.00 cm
Longitud de desarrollo (Id = Ida + 10 cm):	45.00 cm
Altura de zapata (h = Id + 10 cm):	55.00 cm

Capacidad portante neta del terreno.

• $q_n = q_a - (\gamma_{sol} \cdot h_{sol}) - (\gamma_z \cdot h_z) - (\gamma_s \cdot h_r) - (\gamma_p \cdot h_p) - SC$

Capacidad portante neta del terreno (q_n):	1.23 kg/cm ²
--	-------------------------

Solicitaciones de carga.

Peso de servicio ($P_s = P_{cm} + P_{cv}$):	64.67 tonf
---	------------

Momento de servicio ($M_s = M_{cm} + M_{cv}$):	0.83 tonf-m
--	-------------

Cálculo de área de zapata.

• $A = P_s / q_n$

Área total requerida para la zapata (A):	5.28 m ²
--	---------------------

Cálculo de excentricidad.

• $e = M_s / P_s$

Excentricidad generada en la zapata (e):	0.01 m
--	--------

Determinación de ancho mínimo y máximo, y propuesta.

• $B_{mín} = 3 \cdot e$

• $B_{máx} = 2 \cdot (e + t / 2)$

• $B = \sqrt{A / 2}$

• $L = 2 \cdot B$

Ancho mínimo de la zapata ($B_{mín}$):	0.04 m
--	--------

Ancho máximo de la zapata ($B_{máx}$):	0.63 m
--	--------

Ancho requerido de la zapata (B):	1.62 m
-----------------------------------	--------

Ancho propuesto de la zapata (B):	2.40 m
-----------------------------------	--------

Largo requerido de la zapata (L):	3.25 m
-----------------------------------	--------

Largo propuesto de la zapata (L):	2.20 m
-----------------------------------	--------

Área de zapata propuesto (A_z):	5.28 m ²
-------------------------------------	---------------------

Cumple la verificación en planta de la zapata

3 Verificación de presiones en el terreno ($q_{máx} < q_a$).

• $C = B / 2$

• $I = L \cdot B^3 / 12$

• $q_{máx} = (P_s / A_z) + (M_s \cdot C) / I$

Ancho de la zapata, reducido a la mitad (C):	1.20 m
--	--------

Inercia de la zapata (I):	2.53 m ⁴
---------------------------	---------------------

Presión máxima producida en la zapata ($q_{máx}$):	1.26 tonf/m ²
--	--------------------------

Cumple la presión máxima del terreno

4 Cargas de diseño (P_u, M_u):

- $P_u = 1.40 \cdot P_{cm} + 1.70 \cdot P_{cv}$

- $M_u = 1.40 \cdot M_{cm} + 1.70 \cdot M_{cv}$

Carga última de diseño (P_u): 95.14 tonf

Momento último de diseño (M_u): 1.20 tonf·m

Excentricidad última (P_u / M_u): 0.01 m

Ancho de verificación ($B / 6$): 0.40 m

La forma de reacción es trapezoidal

5 Presiones para el diseño (Método de resistencia última).

- $q_{1,2} = P_u / A_z \pm (M_u \cdot C) / I$

Presión del terreno en punto 1 (q_1): 18.59 tonf/m²

Presión del terreno en punto 2 (q_2): 17.45 tonf/m²

6 Verificación por cortante ($V_u < \emptyset \cdot V_c$).

- $\emptyset \cdot V_c = \emptyset \cdot 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot B \cdot d$

Presión a una distancia de la cara de la columna (q'): 17.95 tonf/m²

Fuerza cortante última (V_u): 54.26 tonf

Resistencia del concreto a corte ($\emptyset \cdot V_c$): 64.63 tonf

Cumple con la verificación del cortante

7 Verificación por punzonamiento.

- $b_o = (b + d) + 2 \cdot (t + d / 2)$

- $B_o = t / b$

- $\emptyset \cdot V_c = \emptyset \cdot (0.53 \cdot 1.10 / B_o) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d$

Perímetro de punzonamiento (b_o): 2.50 m

Relación de lados de columna (B_o): 1.50 -

Presión a distancia $d/2$ de cara de columna (q''): 17.84 tonf/m²

Fuerza cortante última (V_u): 82.77 tonf

Resistencia del concreto a punzonamiento ($\emptyset \cdot V_c$): 175.06 tonf

Cumple con la verificación a punzonamiento

8 Diseño de refuerzo longitudinal.

- $L = B - t$

- $F_1 = L \cdot q'''$

- $F_2 = (L / 2) \cdot (q_1 - q''')$

- $M_u = F_1 \cdot (L / 2) + F_2 \cdot (2 \cdot L / 3)$

- $\rho_{mín} = 0.70 \cdot (\sqrt{f'_c}) / f_y$

- $A_{smín} = \rho_{mín} \cdot b \cdot d$

- $\rho_b = \beta_1 \cdot 0.85 \cdot (f'_c / f_y) \cdot (6000 / (6000 + f_y))$

- $A_{sb} = \rho_b \cdot b \cdot d$

- $\rho_{máx} = 0.75 \cdot \rho_b$

- $As_{m\acute{a}x} = \rho_{m\acute{a}x} \cdot b \cdot d$
- Soluci3n de ecuaci3n: $0.59 \cdot w^2 - w + (Mu / (\phi \cdot f_c \cdot b \cdot d^2)) = 0$
- $\rho d = w \cdot (f_c / f_y)$
- $As_d = \rho d \cdot b \cdot d$
- $N = (As_d \cdot B) / (As \cdot \phi)$
- $S = (B - 2 \cdot r - \phi - 10) / (N - 1)$

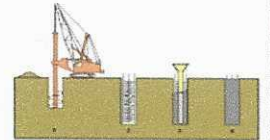
Presi3n a la cara derecho de la columna (q'''):	17.74 tonf/m ²
Distancia L (L):	1.80 m
Fueza F1 (F1):	31.92 tonf
Fueza F2 (F2):	0.77 tonf
Momento 3ltimo de dise1o (Mu):	29.65 tonf-m
Ancho de an3lisis (b):	100.00 cm
Factor beta de reducci3n (β_1):	0.85 -
Peralte efectivo (d):	45.00 cm
Tipo de zona (Sismica o no sismica):	Sismica -
Cuantía m3nima (ρ_{m3n}):	0.00242 -
Área de acero m3nimo (As_{m3n}):	10.87 cm ²
Cuantía balanceada (ρ_b):	0.02125 -
Área de acero balanceada (As_b):	95.63 cm ²
Cuantía m3xima (ρ_{m3x}):	0.01063 -
Área de acero m3xima (As_{m3x}):	47.81 cm ²
Soluci3n de ecuaci3n 01 (w1):	1.61 -
Soluci3n de ecuaci3n 02 (w2):	0.08 -
Cuantía de dise1o (ρd):	0.00 -
Área de acero de dise1o (As_d):	18.31 cm ²
M3xima 3rea de acero de dise1o (As_d):	18.31 cm ²
Di3metro de acero propuesta:	ϕ 5/8" -
Área de acero propuesta:	1.98 cm ²
N3mero de varillas requeridas (N):	13.00 und
Espaciamiento m3nimo requerido (S):	17.78 cm



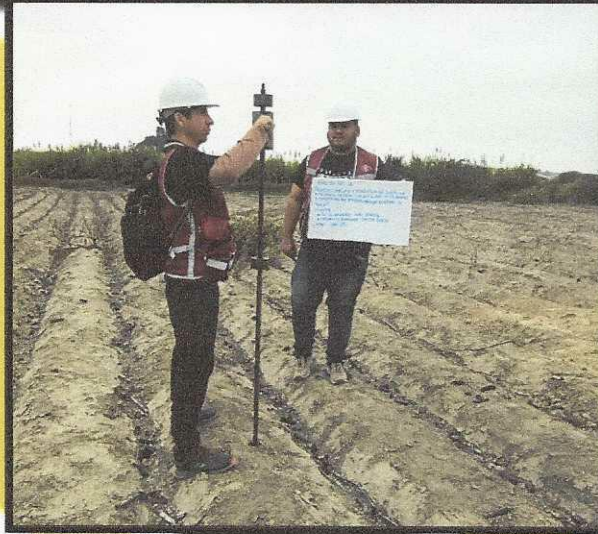
N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción

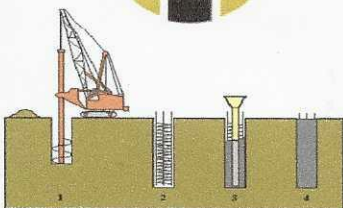


ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS



PROYECTO:

“ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA”



UBICACIÓN: DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE: - Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy

- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

FECHA: SETIEMBRE DEL 2025

N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

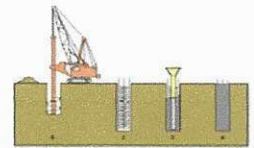

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L. Y NO PODRA SER DISTRIBUIDO O TRANSFERIDO SIN PREVIA APROBACION ESCRITA

CODIGO DE INFORME:

EMS-N&Z-2025-44





CONTENIDO

1.0 GENERALIDADES

- 1.1 OBJETO DEL ESTUDIO
- 1.2 NORMATIVIDAD
- 1.3 UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO
- 1.4 CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ÁREA EN ESTUDIO

2.0 INVESTIGACIONES REALIZADAS

- 2.1 ANTECEDENTES GEOLÓGICOS DE LA ZONA

3.0 EFECTO DE SISMO

4.0 TRABAJOS DE CAMPO

- 4.1 EXCAVACIONES
- 4.2 MUESTREO Y REGISTROS DE EXCAVACIONES
- 4.3 ENSAYOS DE LABORATORIO
 - 4.3.1 ENSAYOS ESTÁNDAR
 - 4.3.2 ENSAYOS ESPECIALES
 - 4.3.3 ENSAYOS QUIMICOS
- 4.4 CLASIFICACION DE SUELOS

5.0 CONFORMACIÓN DEL SUBSUELO

- 5.1 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

6.0 ANALISIS DE LA CIMENTACION

- 6.1 PARÁMETROS DE RESISTENCIA
- 6.2 CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE
- 6.3 TIPO Y PROFUNDIDAD DEL CIMIENTO
- 6.4 CALCULO DE ASENTAMIENTO
- 6.5 PARAMETROS BASICOS DE SUELOS PARA EL CALCULO DE ASENTAMIENTOS

7.0 ANALISIS QUIMICO DE SALES AGRESIVAS AL CONCRETO

8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

REGISTRO DE SONDAJE

ANALISIS GRANULOMETRICO

ENSAYO D.P.L.

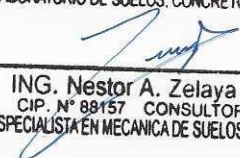
CAPACIDAD PORTANTE

ANALISIS QUIMICO

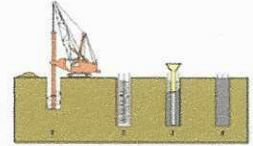
PANEL FOTOGRAFICO



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 89157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETO DEL ESTUDIO

El presente informe técnico tiene por objeto investigar el subsuelo del terreno asignado para el proyecto: "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA", por medio de trabajos de campo a través de pozos de exploración o calicatas "a cielo abierto", ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia, deformación y la agresividad química de sus componentes.

El programa seguido para los fines propuestos, fue el siguiente:

- Reconocimiento del terreno
- Distribución y ejecución de calicatas.
- Toma de muestras disturbadas.
- Ejecución de ensayos de laboratorio.
- Ensayos especiales.
- Evaluación de los trabajos de campo y laboratorio
- Perfil stratigráfico.
- Análisis de la cimentación.
- Conclusiones y recomendaciones

1.2 NORMATIVIDAD

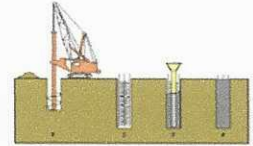
La evaluación del suelo está en concordancia con la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones, Norma E-030 de Diseño Sismo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





1.3 UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada en el Distrito de Nazca, Provincia de Nazca, Departamento de Ica y comprende: **“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA”**.



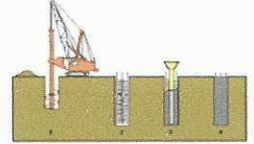
FOTOGRAFIAS DE LA ZONA EN ESTUDIO



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





1.4 CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ÁREA EN ESTUDIO

Las precipitaciones son escasas e inferiores a 15 mm. anuales. Sólo excepcionalmente se producen lluvias de gran intensidad de corta duración y que tienen un origen extra zonal. La influencia de la corriente de El Niño, o de La Niña sobre el ecosistema, genera algunos años períodos extraordinarios de lluvias, como en el año 1999. Este considerable volumen de precipitaciones activa las “quebradas secas” y produce crecientes extraordinarios en los ríos de la región produciéndose deslizamientos e inundaciones en las zonas aledañas. 0°C y en invierno desciende hasta los 16°C, teniendo una temperatura de 23°C.

1.5 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El presente estudio tiene como finalidad el proyecto: **“ANÁLISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA”**.

El proyecto consta de la Construcción de una Nueva Infraestructura.

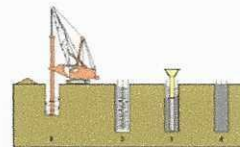
Se proyectaron realizar calicatas en base a una evaluación visual de las condiciones actuales de la zona de estudio. Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante se llevaron a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





2.0 GEOLOGIA DE LA ZONA EN ESTUDIO

2.1 GEOLOGÍA LOCAL

La columna geológica de la zona de Nasca está constituida por unidades lito-estratigráficas con un rango vertical comprendido entre el Jurásico y el Cuaternario, separados por discordancias, como efectos de sucesivos procesos tectónicos. La distribución de las rocas precámbricas y paleozoica es restringida, predominando rocas del Mesozoico y el Cenozoico. Limitado por secuencias volcánicas y sedimentarias jurásico-cretáceas (formación Cerritos o formación Tierras Blancas).

En la margen izquierda, los cerros tienen una elevación hasta de 1 700 m.s.n.m están cubiertos por enormes masas de arena de formación reciente similares a las de Cerro Blanco, las cuales recubren las formaciones mesozoicas. Afloramiento esporádico ponen de manifiesto que el lecho rocoso está constituido predominantemente por andecitas grises y andecitas porfíricas. Aguas arriba éstas andecitas vienen cortadas por diques y vetas hidrotermales que forman pequeños yacimientos de minas de cobre.

El terreno de fundación está conformado por los depósitos aluviales en la parte baja adyacente al río y fluvio - aluviales de apreciables características físicomecánicas en la parte del cercado y en las zonas adyacentes.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

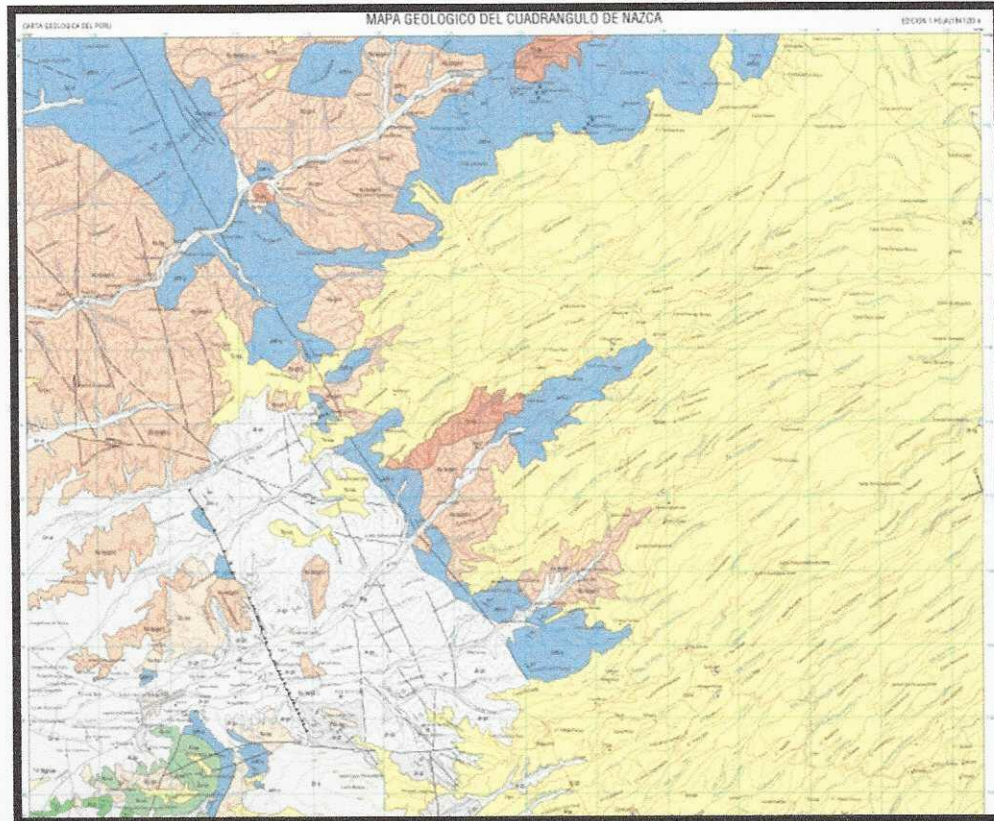
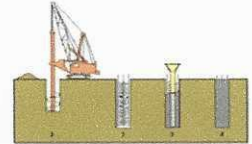




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



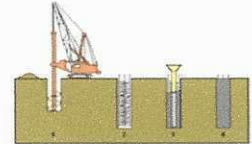
LEYENDA				ROCAS INTRUSIVAS	
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	PLUTONICAS	SUBVOLCANICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos aluviales y aluviales Or-2 Or-3		
			Depósitos Fluvio-glaciares Or-4g		
	TERCIARIO	SUPERIOR	Formación Changulillo TaQ-ch		
		INFERIOR	Grupo Nazca Tnc		
MESOZOICA	CRETACEO	SUPERIOR	Formación Castro- vireyna Tc-pach		Diestas Tc-da
		INFERIOR	Formación Portachuelo Ni-p	BANDOLITO DE LA COSTA Granito Lucumayo Ni-gp-1 Tonalita-Granodiorita Tabaya Kikotagap Gabrosilita Lingo Ni-gp-2	Complejo Bella Unión (Andesita) Ni-bu
			Formación Copara Ni-co		
	Formación Waka Ni-wa				
	CAMBRICO	SUPERIOR	Formación Quaternas sup. Jc-ga inf. Jc-gi		Pi-gd-1st



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
 CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





2.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El origen tectónico de la ciudad de Nasca en el aspecto de geología estructural, presenta bloques por fallas de corrimiento inverso, fallas de corrimiento normal inferido cuya característica presenta cambios de nivel.

2.3 ESTRATIGRAFIA

Se encuentran unidades geológica ígneas, sedimentarias y metamórficas con rangos cronológicos entre el Mesozoico y el Cuaternario reciente. El Mesozoico, está representado por unidades clásicas, volcánico – clásticas y carbonáticas del Bajociano-Albiano medio, correspondientes a las Formaciones Guaneros, grupo Yura, formaciones Copara y Portachuelos, que se encuentra mejor difundida en las zonas de Nasca y Palpa. Durante el Cenozoico, de amplia difusión en las zonas de Nasca y Puquio, de un régimen eminentemente continental, caracterizados por una actividad magmática intensa en la región andina que produce gruesas acumulaciones de materiales volcánicos y volcánicos-clásticos, pertenecientes a la formaciones San Pedro, Puquio, Castrovirreyna, Grupo Nasca, volcánico caudalosa y barroso de edad Oligoceno-Pleistoceno.

2.4 GEOMORFOLOGÍA.

La zona Pisco – Nasca presenta tres regiones, fáciles de distinguir por su litología, sus estructuras y su topografía estas son: El Flanco Occidental de la Cordillera de los Andes, la relativamente baja Cordillera de la costa y las tierras bajas de colinas suaves situadas entre las dos cordillera y a la que se le denomina Llanura Preandina.

3.0 EFECTO DE SISMO

La zona de estudio corresponde al distrito de Nazca, en el departamento de Ica, la cual se encuentra dentro de la zona 4 del mapa de zonificación sísmica del Perú de acuerdo a la Norma de Diseño Sismorresistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2020) como se puede observar en la figura 1.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" Del Reglamento Nacional De Edificaciones 2020.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

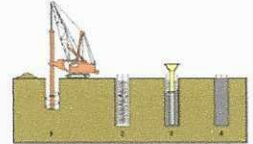




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



Para el análisis seudo estático se ha empleado una aceleración máxima de 0.42g, y según la literatura técnica internacional para la selección del coeficiente del análisis seudo estático se ha considerado la mitad de la aceleración máxima de la zona y cuyo valor es 0.21.

Se deberá tomar los siguientes valores para el análisis sísmico:

- (a) Factor de zona..... Z = 0.45
- (b) Condiciones Geotécnicas
El suelo investigado, pertenece al perfil Tipo S2..... S = 1.05
- (c) Periodo de Vibración del suelo.....Tp = 0.6seg.
- (d) Factor de Amplificación Sísmica (C)
Se calculara en base a la expresión siguiente:

$$C = 2.50x \frac{T_p}{T} \leq 2.50$$

Para T = Periodo de Vibración de la Estructura = H/Ct

- (e) Categoría de la estructura B
- (f) Factor de UsoU = 1.3
- (g) La fuerza horizontal o cortante basal, debido a la acción sísmica se determinará por la formula siguiente:

Para:

V = Cortante Basal

$$V = \frac{Z * U * C * S * P}{R}$$

Z = Factor de Zona

U = Factor de Uso

S = Factor de Ampliación del suelo

C = Factor de Ampliación Sísmica

R = coeficiente de Reducción

P = Peso de la Edificación

*, El área en estudio, corresponde a la zona 4, el factor de zona se interpreta como una aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7980
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción

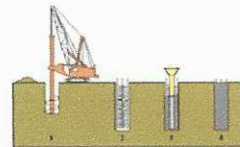


FIGURA N° 1: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2020).

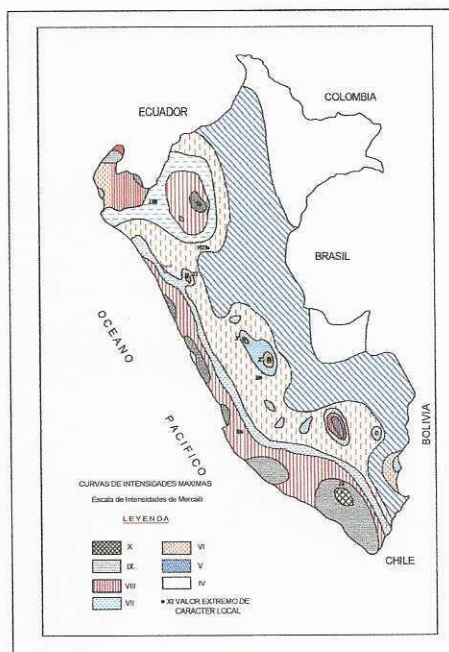


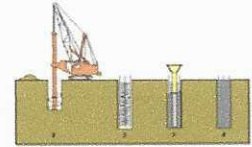
FIGURA N° 2: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas (Alva et., al. 1984).



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





4.0 TRABAJOS DE CAMPO

4.1 EXCAVACIONES

Se realizó 02 calicatas en la modalidad "a cielo abierto", las mismas que fue ubicada convenientemente y con profundidades suficientes. Este sistema de exploración nos permite analizar directamente los diferentes estratos encontrados, así como sus principales características físicas y mecánicas, tales como granulometría, color, humedad, plasticidad, compacidad, etc. (ver Registro de Sondaje).

4.2 MUESTREO Y REGISTROS DE EXCAVACIONES

Se tomaron muestras alteradas o disturbadas de cada estrato atravesado y en cada una de las excavaciones, de las cuales se ensayaron las más representativas en el laboratorio, realizándose ensayos con fines de identificación y clasificación. Paralelamente al muestreo, se elaboraron los registros de excavaciones de cada una de ellas, indicando las principales características de todos los estratos encontrados.

4.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos fueron realizados en el laboratorio de mecánica de suelos **N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.**, siguiendo las normas establecidas por la American Society for Testing and Materials (ASTM).

4.3.1 ENSAYOS ESTÁNDAR

Con las muestras representativas extraídas se realizaron los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (NTP 339.128).
- Límite Líquido (NTP 339.129).
- Límite Plástico (NTP 339.129).
- Contenido de Humedad (NTP 339.127)

4.3.2 ENSAYOS ESPECIALES

Se realizó los siguientes ensayos:

- Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL). NTP 339.159 - DIN 4049
(Ver Resultados de los Ensayos de Laboratorio)

4.3.3 ENSAYOS QUIMICOS

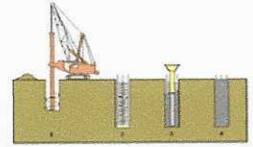
Se realizó los siguientes ensayos:



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





- Contenido de Sulfatos Solubles (NTP 339.178)
- Contenido de Cloruros Solubles (NTP 339.177)
- Sales solubles totales - ASTM D2216

4.4 CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Las muestras ensayadas se han clasificado de acuerdo al American Association of State Highway Officials (AASHTO) y al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Las muestras se han clasificado mediante pruebas sencillas de campo, observaciones y comparaciones con las muestras representativas. De acuerdo a los resultados obtenidos en laboratorio, se obtiene la siguiente clasificación AASHTO para los terrenos naturales que predominan en los estratos de las calicatas realizadas.

5.0 CONFORMACIÓN DEL SUBSUELO

El área en estudio presenta en:

La Calicata N° 1, está conformado por una capa de 0.10 m de espesor de material tipo relleno no controlado mezcla de limos, arenas, materia orgánica, restos de concreto, seguido de un primer estrato (M1) de 0.10 – 1.20 m de arena mal graduada (SP), de color beige claro, de compacidad media, moderadamente húmeda, con partículas finas no plásticas, seguida de un segundo estrato (M2) de 1.20 – 3.00 m de arena mal graduada (SP), de color beige oscuro, de compacidad media, moderadamente húmeda, con partículas finas no plásticas.

Nota: a la profundidad de estudio no hay presencia de la napa freática.

La Calicata N° 2, está conformado por una capa de 0.10 m de espesor de material tipo relleno no controlado mezcla de limos, arenas, materia orgánica, restos de concreto, seguido de un primer estrato (M1) de 0.10 – 1.00 m de arena mal graduada (SP), de color beige claro, de compacidad media, moderadamente húmeda, con partículas finas no plásticas, seguida de un segundo estrato (M2) de 1.00 – 3.00 m de arena mal graduada (SP), de color beige oscuro, de compacidad media, moderadamente húmeda, con partículas finas no plásticas.

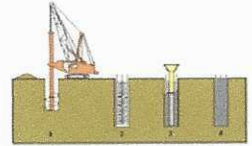
Nota: a la profundidad de estudio no hay presencia de la napa freática.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





5.1 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

De acuerdo al análisis efectuado de la estratigrafía del subsuelo y a los ensayos de laboratorio realizados, se concluye que el suelo natural más desfavorable encontrado en el área en estudio, del tipo A-3(0) clasificación ASSHTO y SP en clasificación SUCS, está conformado por un material que presenta las siguientes características:

- Permeabilidad: alta.
- Expansión: Baja a nula.
- Característica de Drenaje: Bueno
- Valor como Terreno de Fundación: Bueno.

6.0 ANALISIS DE LA CIMENTACION

La cimentación de las estructuras de concreto será analizada de manera minuciosa y detallada, para el cálculo de la capacidad portante se empleará la teoría de Terzaghi y de acuerdo a los factores de carga y los parámetros de resistencia que arrojen los resultados de laboratorio.

6.1 PARÁMETROS DE RESISTENCIA

Los parámetros de resistencia del material involucrado en la determinación de la capacidad admisible, es decir el ángulo de fricción interna (ϕ) y la Cohesión (c), han sido determinados por correlaciones del ensayo de penetración dinámica ligera (DPL) y las correlaciones con base en curvas granulométricas y propiedades índices planteadas por la Norma DIN-1055.

A continuación, se presenta los parámetros de resistencia utilizados para el cálculo de la capacidad admisible del terreno.

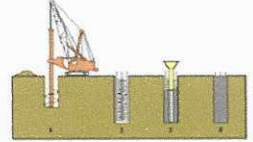
Df (m)	γ (g/cm ³)	Cohesión (kg/cm ²)	μ	E (kg/cm ²)
2.00	1.54	0,00	0.3	300



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





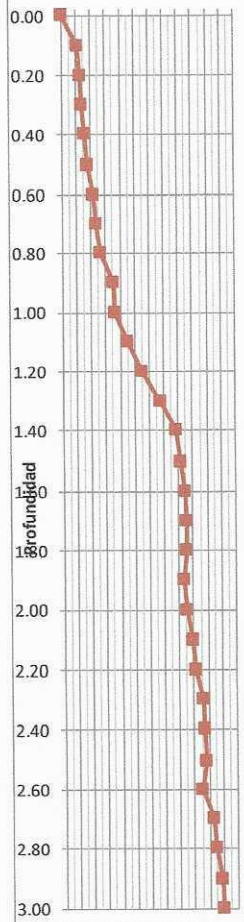
**ENSAYO DE PENETRACION LIGERA
(DIN - 4094)**

Prof. Inicio : 0.00 m

Nivel	Nº DPL @ 10 cm.	Golpes acumulado	DN (mm/golpe)	Nº SPT
0.00	0	0		0.0
0.10	11	11	0.91	6.7
0.20	13	24	0.83	7.9
0.30	14	38	0.79	8.5
0.40	16	54	0.74	9.8
0.50	18	72	0.69	11.0
0.60	22	94	0.64	13.4
0.70	24	118	0.59	14.6
0.80	27	145	0.55	16.5
0.90	36	181	0.50	22.0
1.00	37	218	0.46	22.6
1.10	45	263	0.42	27.5
1.20	55	318	0.38	33.6
1.30	68	386	0.34	41.5
1.40	79	465	0.30	48.2
1.50	82	547	0.27	50.0
1.60	85	632	0.25	51.9
1.70	86	718	0.24	52.5
1.80	86	804	0.22	52.5
1.90	84	888	0.21	51.2
2.00	86	974	0.21	52.5
2.10	90	1064	0.20	54.9
2.20	92	1156	0.19	56.1
2.30	96	1252	0.18	58.6
2.40	97	1349	0.18	59.2
2.50	98	1447	0.17	59.8
2.60	95	1542	0.17	58.0
2.70	103	1645	0.16	62.8
2.80	105	1750	0.16	64.1
2.90	109	1859	0.16	66.5
3.00	110	1969	0.15	67.1
3.10				
3.20				
3.30				
3.40				
3.50				
3.60				
3.70				
3.80				
3.90				
4.00				

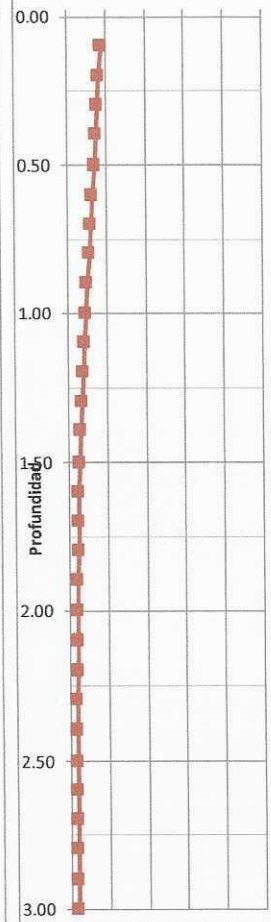
GRAFICA DE SONDAJE

Nº Golpes



DN

(mm/golpe)



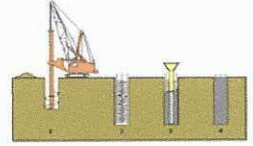
DESCRIPCION	Df (mts.)	Numero de Golpes/30 Cm	N SPT (correlacionado)	COMPACIDAD RELATIVA	Estado de compacidad	ANGULO DE FRICCIÓN
DPL 01	0.90	29	17.7	46.54	suelta	30.2
	1.20	46	27.9	61.79	Medianamente densa	32.9
	1.50	76	46.6	81.56	Densa	35.8
	1.80	86	52.3	88.39	Muy densa	36.5
	2.10	87	52.9	89.30	Muy densa	36.6
	2.40	95	58.0	96.93	Muy densa	37.1
	2.70	99	60.2	90.00	Muy densa	37.3
	3.00	108	65.9	90.00	Muy densa	37.8



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP 12157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





I. CALCULO DEL ANGULO DE FRICCION SEGUN SCHMERTMANN DPL 01

A la profundidad antes indicada las cimentaciones se apoyarán sobre arenas mal graduadas limosas de compacidad media, cuyas características principales están dadas por su Angulo de fricción interna, el cual depende del número de golpes N, de la prueba de Penetración Dinámica Ligera (DPL), correlacionado con el ensayo **SPT**.

SEGÚN SCHMERTMANN:

$$\phi = 24 + (4 * \ln(Pl/b)) / 0.693$$

Donde.

Pl, es la presión límite, que se obtiene de dividir la resistencia a penetración estática (qc) por 3, y a su vez esta resistencia se relaciona con Nspt, de forma que:

$$(\phi = n * N_{spt})$$

El factor n propuesto por Schmertmann en 1970, está en función del tamaño de grano. Los valores n se sitúan en torno a 2,5 para arenas ligeramente limosas, 2 para arenas limosas, así como 1,25 para limos arenosos:

El parámetro b se refiere al coeficiente propuesto por Müller (1970), tomando el valor de 2,5. Para suelos tipo limos arenosos, la fórmula del ángulo de rozamiento interno en función de Nspt quedaría:

$$\phi = 24 + 5,77 * \ln(0,1667 * N_{spt})$$

Donde, N es el número, corregido de golpes del DPL, correlacionado con el SPT.

$$\phi = 24 + 5,77 * \ln(0,1667 * 52.9)$$

Angulo de fricción interna $\phi = 36.6$

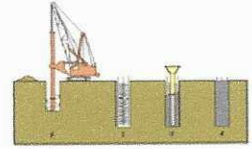
- ✓ A la luz de estos resultados el Consultor cree conveniente utilizar este valor como Angulo de fricción de diseño debido a:
- ✓ Ser el valor más desfavorable obtenido, perteneciente a suelos tipo SP, los cuales se encuentran en forma aleatoria en todo este tramo como se muestra en el perfil estratigráfico.

Para los terrenos arenosos y de compacidad suelta a media, Terzaghi aconseja tener en consideración la carga última; introduciendo reducidos de las características



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO





mecánicas del terreno y precisamente se ha considerado la reducción del coeficiente del Angulo de fricción, para considerar el efecto de una posible falla local.

$$\varphi = \text{Arctg} (2/3 \text{ tg} (\varphi))$$

$$\varphi = \text{Arctg} (2/3 \text{ tg} (28^\circ))$$

$$\varphi = 26^\circ$$

6.2 CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE

En base a la exploración efectuada, ensayo, descripción visual se cimentarán sobre arena mal graduada cuyas características de resistencia están dadas principalmente por su ángulo de fricción interna mediante ensayo de Penetración Dinámica Ligera (ϕ), proporcionando los siguientes valores:

Angulo de fricción interna para:

Suelo arena mal graduada (ϕ)= 36.6° , $c= 0.00 \text{ kg/cm}^2$

Considerando la falla local el Angulo de fricción (ϕ)= 26.0 , $c= 0.00 \text{ kg/cm}^2$

6.3 TIPO Y PROFUNDIDAD DEL CIMIENTO

De acuerdo a la descripción del perfil estratigráfico y a las pruebas de Penetración Dinámica Ligera (DPL), se recomienda

CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

a) FORMULA PARA HALLAR LA CAPACIDAD PORTANTE

✦ Fórmula de TERZAGHI, zapata cuadrada

$$q_c = 1.3.c.N'_c + \gamma.D_f.N'_q + 0.4\gamma.B.N'\gamma$$

✦ Fórmula de Terzhagi, para cimiento corrido

$$q_c = c.N_c + \gamma.D_f.N_q + 0.5\gamma.B.N\gamma$$

q_{ad} = Capacidad admisible de carga

F_c = Factor de seguridad



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

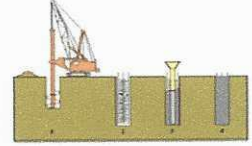




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



γ	=	Peso específico Total
B	=	Ancho de Zapata en m.
D_f	=	Profundidad de Cimentación en m.
C	=	Cohesión
ϕ	=	Angulo de fricción Interna

Fórmula de Meyerhof (1963), para cimiento Rectangular

$$q_u = c N_C S_C d_C i_C + q N_q S_q d_q i_q + 1/2 \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

Donde:

c : cohesión del suelo

γ : peso específico del suelo

q : $\gamma \cdot D_f$

B : ancho de la cimentación

S_c, S_q, S_γ : factores de forma

d_c, d_q, d_γ : factores de profundidad

i_c, i_q, i_γ : factores de inclinación de la carga

N_c, N_q, N_γ : factores de capacidad de carga



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

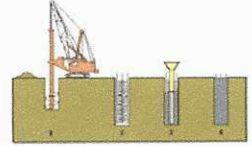




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



FACTORES DE CARGA TERZAGHI MODIFICADOS

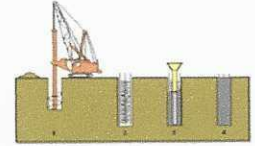
TERZAGHI MODIFICADO				MEYERHOF				SKEMPTON	
ϕ	Nc	Nq	Ng	ϕ	Nc	Nq	Ng	D/B	Nc
0	5,7	1	0	0	5,14	1	0	0	5,14
1	5,9	1,07	0,005	2	5,63	1,2	0,01	0,25	5,6
2	6,1	1,14	0,02	4	6,18	1,43	0,04	0,6	5,9
3	6,3	1,22	0,04	6	6,81	1,72	0,11	0,75	6,2
4	6,51	1,3	0,055	8	7,53	2,06	0,21	1	6,4
5	6,74	1,39	0,074	10	8,34	2,47	0,37	1,6	6,8
6	6,97	1,49	0,1	12	9,28	2,97	0,6	2	7
7	7,22	1,59	0,128	14	10,37	3,59	0,92	2,5	7,2
8	7,47	1,7	0,16	16	11,63	4,34	1,37	3	7,4
9	7,74	1,82	0,2	18	13,1	5,26	2	4	7,5
10	8,02	1,94	0,24	20	14,83	6,4	2,87		
11	8,32	2,08	0,3	22	16,88	7,82	4,07		
12	8,63	2,22	0,35	24	19,32	9,6	5,72		
13	8,96	2,38	0,42	26	22,25	11,85	8		
14	9,31	2,55	0,48	28	25,8	14,72	11,19		
15	9,67	2,73	0,57	30	30,14	18,4	15,67		
16	10,06	2,92	0,67	32	35,49	23,18	22,02		
17	10,47	3,13	0,76	34	42,16	29,44	31,15		
18	10,9	3,36	0,88	36	50,59	37,75	44,43		
19	11,36	3,61	1,03	38	61,35	48,93	64,07		
20	11,85	3,88	1,12	40	75,31	64,19	93,69		
21	12,37	4,17	1,35	42	93,71	85,37	139,32		
22	12,92	4,48	1,55	44	118,37	115,31	211,41		
23	13,51	4,82	1,74	46	152,1	158,5	328,73		
24	14,14	5,2	1,97	48	199,26	222,3	526,44		
25	14,8	5,6	2,25	50	266,88	319,05	873,84		
26	15,53	6,05	2,59						
27	16,3	6,54	2,88						
28	17,13	7,07	3,29						
29	18,03	7,66	3,76						
30	18,99	8,31	4,39						
31	20,03	9,03	4,83						
32	21,16	9,82	5,51						
33	22,39	10,69	6,32						
34	23,72	11,67	7,22						
35	25,18	15,32	10,9						
36	26,77	13,97	9,41						
37	28,51	15,32	10,9						
38	30,43	16,85	12,75						
39	32,53	18,56	14,71						
40	34,87	20,5	17,22						
41	37,45	22,7	19,75						
42	40,33	25,21	22,5						
43	43,54	28,06	26,25						
44	47,13	31,34	30,4						
45	51,17	35,11	36						
46	55,73	39,48	41,7						
47	60,91	44,45	49,3						
48	66,8	50,46	59,25						
49	73,55	57,41	71,45						
50	81,31	65,6	85,75						



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





Cuadro de Valores de Capacidad Portante para Zapatas Cuadradas

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		q _d (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	Detalle
			W	W'			
-1.50	1.50	1.0	1.00	1.00	3.75	1.25	Zapata Cuadrada
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	3.94	1.31	
-1.50	1.50	2.0	1.00	1.00	4.14	1.38	
-1.50	1.50	2.5	1.00	1.00	4.33	1.44	
-2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	4.87	1.62	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	5.07	1.69	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	5.07	1.69	
-2.00	2.00	2.0	1.00	1.00	5.26	1.75	
-2.50	2.50	1.0	1.00	1.00	5.99	2.00	
-2.50	2.50	1.5	1.00	1.00	6.19	2.06	
-2.50	2.50	2.0	1.00	1.00	6.38	2.13	
-2.50	2.50	2.5	1.00	1.00	6.57	2.19	
-3.00	3.00	1.0	1.00	1.00	7.11	2.37	
-3.00	3.00	1.5	1.00	1.00	7.31	2.44	
-3.00	3.00	2.0	1.00	1.00	7.50	2.50	
-3.00	3.00	2.5	1.00	1.00	7.70	2.57	

de Valores de Capacidad Portante para Cimientos rectangular

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		q _d (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	Detalle
			W	W'			
-1.50	1.50	1.0	1.00	1.00	3.65	1.22	Cimiento Rectangular
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	3.90	1.30	
-1.50	1.50	2.0	1.00	1.00	4.16	1.39	
-1.50	1.50	2.5	1.00	1.00	4.42	1.47	
-2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	4.69	1.56	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	4.95	1.65	
-2.00	2.00	2.0	1.00	1.00	5.21	1.74	
-2.00	2.00	2.5	1.00	1.00	5.46	1.82	
-2.50	2.50	1.0	1.00	1.00	5.73	1.91	
-2.50	2.50	1.5	1.00	1.00	5.99	2.00	
-2.50	2.50	2.0	1.00	1.00	6.25	2.08	
-2.50	2.50	2.5	1.00	1.00	6.51	2.17	
-3.00	3.00	1.0	1.00	1.00	6.77	2.26	
-3.00	3.00	1.5	1.00	1.00	7.03	2.34	
-3.00	3.00	2.0	1.00	1.00	7.29	2.43	
-3.00	3.00	2.5	1.00	1.00	7.55	2.52	

6.4 CALCULO DE ASENTAMIENTO

Para la determinación de los asentamientos se ha empleado la siguiente relación:

$$S = \frac{q_{ad} \cdot B(1 - \mu^2)}{E} \cdot I_w$$

Donde:

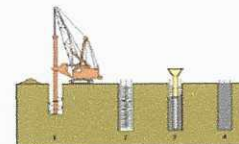
- S = Asentamiento Total en cm.
- q_{ad} = Capacidad admisible de carga en T/cm²
- E = Módulo de elasticidad



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 58157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





m	=	Módulo de Poisson
B	=	Ancho de Zapata en m.
lw	=	factor de Influencia
df	=	Profundidad

6.5 PARAMETROS BASICOS DE SUELOS PARA EL CALCULO DE ASENTAMIENTOS

6.5.1 Coeficiente de Poisson.

Todo material incluyendo al suelo, cuando es sometido a esfuerzos sufre deformaciones. Si se sigue aumentando los esfuerzos se llegará a alcanzar un punto en el cual el material falla al no poder resistir un nuevo incremento de esfuerzos.

En ese punto de falla todo material reacciona de diferentes maneras, unos se desintegran y otros sólo se deforman. En el caso específico de los suelos que de naturaleza granular y que están compuestos de tres fases, presentan una amplia variedad de deformaciones muy características y la falla que se produce es mucho más compleja que cualquier otro tipo de material.

Los incrementos de esfuerzos a parte de la falla, también producen una deformación o combadura en las direcciones laterales en el sentido del eje X y el eje Y, siendo dichas deformaciones laterales correspondientes y la deformación vertical Z. a la relación entre las deformaciones laterales y la vertical directa ϵ_z es lo que se denomina módulo o coeficiente de Poisson. Este coeficiente de Poisson se puede asumir mediante la Tabla N° 1401 planteada y que se pone a consideración, su valor depende del tipo de suelo.

6.5.2 Modulo de Elasticidad

El módulo de elasticidad del suelo, también se conoce como módulo del suelo o el módulo de Young, es una característica del suelo que mide cuánto se puede estirar o exprimir y se debe tomar en cuenta, sobre todo en proyectos de construcción, ingeniería y paisajismo. Varios factores influyen en módulos de suelo y diferentes tipos de suelo presentan diferentes módulos.

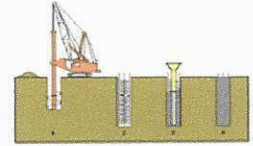
6.5.3 FACTORES QUE INFLUENCIAN EL MÓDULO DEL SUELO

El suelo con partículas estrechamente empaquetadas tiende a tener un módulo más alto. Esto puede determinarse mirando la densidad o porosidad seca del suelo. Sin embargo, dos muestras de suelo pueden tener la misma densidad en seco pero diferentes estructuras, como suelta o densa, y por lo tanto tienen diferentes módulos.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO





El contenido de agua también afecta a los módulos. A bajos contenidos de agua el agua une las partículas, aumenta el estrés y la succión entre las partículas y da lugar a un alto módulo de suelo. Esto es especialmente evidente cuando se considera la rigidez de arcilla seca. Sin embargo, esto no es cierto para los suelos de grano grueso. Si el contenido de agua se eleva demasiado, las partículas son empujadas aparte y el módulo se reduce. Si el suelo ha sido sometido a un estiramiento en el pasado, tendrá un impacto en el módulo. Un suelo consolidado tendrá generalmente un módulo más alto que en el mismo suelo normalmente consolidado.

Los suelos pueden ver cementación, o un efecto de cola, entre las partículas de cualquiera de bajo contenido de agua o la cementación química desarrollada en los contactos. Esta cementación conduce a un aumento en el módulo.

6.5.4 Módulo típico de varios suelos

El módulo típico de elasticidad de los suelos limosos es 35 a 150 MPa o 5.000 a 20.000 psi; suelos de arcilla es de 35 a 100 MPa o 5.000 a 15.000 psi, y de piedra triturada es de 150 a 300 MPa o 20.000 a 40.000 psi.

El Modulo de elasticidad se puede asumir mediante la Tabla N° 1402 planteada y que se pone a consideración, su valor depende del tipo de suelo.

TIPO DE SUELO	Es (ton/m ²)	TIPO DE SUELO	μ (C)
ARCILLA MUY BLANDA	30 - 300	ARCILLA SATURADA	0.4 - 0.5
BLANDA	200 - 400	NO SATURADA	0.1 - 0.3
MEDIA	450 - 900	ARENOSA	0.2 - 0.3
DURA	700 - 2000	LIMO	0.3 - 0.35
ARCILLA ARENOSA	3000 - 4250	ARENA: DENSA	0.2 - 0.4
SUELOS GRACIARES	1000 - 16000	DE GRANO GRUESO	0.15
LOESS	1500 - 6000	DE GRANO FINO	0.25
ARENA LIMOSA	500 - 2000	ROCA	0.1 - 0.4
ARENA: SUELTA	1000 - 2500	LOESS	0.1 - 0.3
DENSA	5000 - 10000	HIELO	0.36
GRAVA ARENOSA: DENSA	8000 - 20000	CONCRETO	0.15
SUELTA	6000 - 14 000		
ARCILLA ESQUISTOSA	14000 - 140000		
LIMOS	200 - 2000		

FORMA DE LA ZAPATA	VALORES DE LÍMITES			
	MAYOR		MENOR	
	CENTRO	ESQ.	MEDIO	ESQ.
RECTANGULAR L/B = 2	153	77	130	120
L/B = 3	210	106	183	170
L/B = 10	254	127	225	210
CUADRADA	112	56	95	82
CIRCULAR	100	64	85	85

FORMULAS : PARA ESTIMAR Es:

ARENAS: Es = 50 (N + 15) ton/m²

ARENA ARCILLOSA Es = 30 (N + 5) ton/m²

ARCILLAS SENSIBLES NORMALMENTE CONSOLIDADAS Es = (125 - 250) qu

ARCILLAS POCO SENSIBLES Es = 500 qu

N : SPT

qu : COMPRESION SIMPLE (ton/m²)

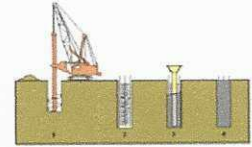
02 CIMENTACIONES SUPERFICIALES Dr. Jorgo E. Alva Hurtado



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 84157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





✦ **CALCULO DEL ASENTAMIENTO DE CIMENTACIONES**

CALCULO DE ASENTAMIENTO CIMENTACIÓN CUADRADA

G.- ASENTAMIENTO (S _i)		Zapata Cuadrada		
Presión por carga admisible	q _{adm}	=	1.62 Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.30	
Módulo de Elasticidad	E _s	=	220 Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	S _{i (max)}	=	2.54 cm	
Ancho de la cimentación	B	=	1.00 m	$S_i = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$
Factor de forma	I _f	=	0.93 m/m	
Asentamiento	S _i	=	0.006 m	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{\beta_z}$
Asentamiento	S _i	=	0.58 cm	
Presión por carga	q _{adm}	=	1.62 Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q _{adm}	=	1.50 Kg/cm ²	
	S _i	=	0.62 cm	OK !
	S _i	=	0.58 cm	OK !

CALCULO DE ASENTAMIENTO CIMENTACIÓN RECTANGULAR

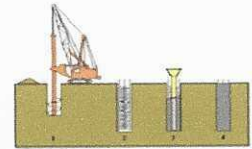
G.- ASENTAMIENTO (S _i)		Cimiento Rectangular		
Presión por carga admisible	q _{adm}	=	1.56 Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.30	
Módulo de Elasticidad	E _s	=	220 Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	S _{i (max)}	=	2.54 cm	
Ancho de la cimentación	B	=	1.00 m	$S_i = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$
Factor de forma	I _f	=	0.67 m/m	
Asentamiento	S _i	=	0.004 m	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{\beta_z}$
Asentamiento	S _i	=	0.42 cm	
Presión por carga	q _{adm}	=	1.56 Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q _{adm}	=	1.50 Kg/cm ²	
	S _i	=	0.43 cm	OK !
	S _i	=	0.42 cm	OK !



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





7.0 ANALISIS QUIMICO DE SALES AGRESIVAS AL CONCRETO

La evaluación de la agresividad del suelo, se determinó con los resultados de los análisis químicos de suelos, para el caso de las estructuras de concreto y en el caso de la corrosión se complementa con los resultados de análisis de cloruros. La agresividad del suelo al concreto, es función directa del contenido de sales totales, sulfatos, cloruros y pH.

Para la determinación del grado de agresividad del suelo al concreto, se establecerá la comparación con los valores permisibles establecidos por las normas internacionales, para lo cual se adjunta el cuadro de valores estándares que se utiliza en el desarrollo de los proyectos con estructuras de concreto. Valores permisibles para uso de concreto.

CUADRO N°4

Presencia en el suelo	ppm	Grado de Agresividad	Observaciones
Sulfatos Solubles en agua	0-1000	Leve	Ataque directo al concreto de las estructuras
	1000-2000	Moderado	
	2000-20000	Severo	
	>20000	Muy severo	
Cloruros	>1000	Perjudicial	Ocasiona corrosión a los elementos metálicos
Sales solubles totales	>15000	Perjudicial	Ocasiona perdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación

TABLA N° 2
TIPO DE CEMENTO REQUERIDO PARA EL CONCRETO EXPUESTO
AL ATAQUE DE LOS SULFATOS

GRADO DE ATAQUE DE LOS SULFATOS	PORCENTAJE DE SULFATOS SOLUBLES (SO ₄) EN LA MUESTRA DE SUELO (%)	PARTES POR MILLON DE SULFATOS (SO ₄) EN AGUA (p.p.m.)	TIPO DE CEMENTO	RELACION AGUA/CEMENTO MAXIMA (concreto normal)
Despreciable	0 a 0.10	0 a 150	I	
Moderado	0.10 a 0.20	150 a 1,500	II	0.50
Agresivo	0.20 a 2.00	1,500 a 10,000	V	0.45
Muy Agresivo	> de 2.00	> 10,000	V + puzolana	0.45

P.C.A. Asociación Cemento Portland



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E. I. R. L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

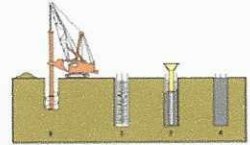




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



CUADRO DE ENSAYOS QUIMICOS

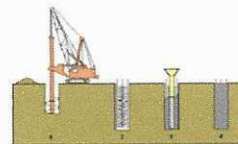
SALES SOLUBLES TOTALES (NTP 339.152 / BS 1377-Part 3)	1578	p.p.m.
	0.158	%
SULFATOS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)	1636	p.p.m.
	0.164	%
CONTENIDO DE CLORUROS SOLUBLES (NTP 339.177 / AASHTO T291)	1044	p.p.m.
	0.1044	%



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En base a los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se puede concluir lo siguiente:

- Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico del área de estudio, se ejecutaron 02 calicatas de exploración, mediante excavación final a cielo abierto, hasta una profundidad de 3.00 m. está conformado por un primer estrato de arena mal graduada (SP), de color beige claro, de compacidad media, moderadamente húmeda, con partículas finas no plásticas, seguida de un segundo estrato arena mal graduada (SP), de color beige oscuro, de compacidad media, moderadamente húmeda, con partículas finas no plásticas.
- La capacidad portante para las calicatas se ha realizado en base al ángulo de fricción obtenido por el ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL) señalamos que el tipo de suelo predominante a partir de los 0.10 m de profundidad es del tipo arena mal graduada (SP).
- En resumen la capacidad portante calculada para diferentes profundidades y ancho de cimentación:

✚ CAPACIDAD PORTANTE

Cuadro de Valores de Capacidad Portante para Zapatas Cuadradas

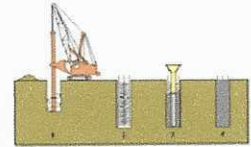
COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		q _u (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)
			W	W'		
-1.50	1.50	1.0	1.00	1.00	3.75	1.25
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	3.94	1.31
-1.50	1.50	2.0	1.00	1.00	4.14	1.38
-1.50	1.50	2.5	1.00	1.00	4.33	1.44
-2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	4.87	1.62
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	5.07	1.69
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	5.07	1.69
-2.00	2.00	2.0	1.00	1.00	5.26	1.75
-2.50	2.50	1.0	1.00	1.00	5.99	2.00
-2.50	2.50	1.5	1.00	1.00	6.19	2.06
-2.50	2.50	2.0	1.00	1.00	6.38	2.13
-2.50	2.50	2.5	1.00	1.00	6.57	2.19
-3.00	3.00	1.0	1.00	1.00	7.11	2.37
-3.00	3.00	1.5	1.00	1.00	7.31	2.44
-3.00	3.00	2.0	1.00	1.00	7.50	2.50
-3.00	3.00	2.5	1.00	1.00	7.70	2.57



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





Cuadro de Valores de Capacidad Portante para Cimientos Corridos

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		q _d (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)
			W	W'		
-1.50	1.50	1.0	1.00	1.00	3.65	1.22
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	3.90	1.30
-1.50	1.50	2.0	1.00	1.00	4.16	1.39
-1.50	1.50	2.5	1.00	1.00	4.42	1.47
-2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	4.69	1.56
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	4.95	1.65
-2.00	2.00	2.0	1.00	1.00	5.21	1.74
-2.00	2.00	2.5	1.00	1.00	5.46	1.82
-2.50	2.50	1.0	1.00	1.00	5.73	1.91
-2.50	2.50	1.5	1.00	1.00	5.99	2.00
-2.50	2.50	2.0	1.00	1.00	6.25	2.08
-2.50	2.50	2.5	1.00	1.00	6.51	2.17
-3.00	3.00	1.0	1.00	1.00	6.77	2.26
-3.00	3.00	1.5	1.00	1.00	7.03	2.34
-3.00	3.00	2.0	1.00	1.00	7.29	2.43
-3.00	3.00	2.5	1.00	1.00	7.55	2.52

- La capacidad portante para los cálculos será tomada la más crítica a una profundidad de mínima de 2.00 m, medidos a partir del nivel de terreno actual, cuyo valor es: **Qadm= 1.56 Kg/cm²**.
- Basado en los trabajos de campo, resultados de laboratorio, registros estratigráficos y característica de la estructura a construir, se recomienda cimentar sobre el terreno conformado por arenas mal graduadas de compacidad media, a la profundidad mínima de 2.00 m, medidos a partir del terreno natural. Por qué de acuerdo a los cálculos, a mayor profundidad de desplante de la cimentación existe mayor capacidad portante del terreno.
- Se recomienda por el tipo de suelo encontrado arenas mal graduadas, y de consistencia semi media y ligeramente húmedo que se deberá compactar el fondo de cimentación al 95% de su máxima densidad seca del proctor modificado, seguido de un solado de 0.10 m. de espesor de 1:8, para evitar el ataque a los sulfatos, para así darle una mayor durabilidad a dicha estructura.
- Se recomienda utilizar el tipo de cimentación por medio de zapatas conectadas con vigas de cimentación, por el tipo de estructura proyectada y el terreno de cimentación encontrado.
- Se recomienda que las excavaciones que se encuentren por debajo de la rasante del suelo y se produzcan por cortes, contarán con un talud de reposo natural que asegure la



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

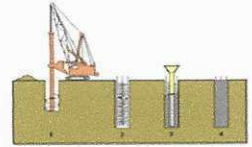




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



estabilidad y seguridad de no poner en riesgo al personal y las instalaciones adyacentes a la zona.

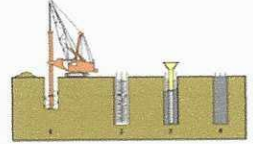
- Por los resultados de los ensayos químicos en suelo de agresividad moderada al concreto y acero. Pero por precaución ante filtración de aguas servidas por tuberías en deterioro, y aniegos en época de lluvias, como medida preventiva se recomienda el uso de cemento Portland tipo II o su similar.
- Se recomienda en la etapa constructiva realizar una compactación adecuada del suelo, para mejorar sus condiciones de compacidad.
- En las zonas donde el material se encuentre contaminado con material de relleno no controlado y/o materia orgánica, se recomienda que estos se tendrán cortar en su totalidad luego reemplazar con material de préstamo, seleccionado de cantera de la clasificación AASHTO: A1-a (0), A1 -b (0) y/o A-2-4, debidamente compactado, con un porcentaje mínimo del 95% con respecto a su Proctor modificado.
- ✦ Las conclusiones y recomendaciones solamente son para la zona en estudio.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 86157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





8.1 La estructura de los pisos, patios y veredas tendrá el siguiente diseño:

Se recomienda cortar hasta eliminar en todo el material de relleno no controlado y contaminado con materia orgánica luego reemplazar con material granular de préstamo sin finos plásticos, seleccionado de cantera de la clasificación AASHTO: A1-a (0), A1 -b (0) y/o A-2-4, debidamente compactado hasta alcanzar el nivel de subrasante, con un porcentaje mínimo del 95% con respecto a su Proctor modificado. Luego vendrá una base, en el cual se empleara material tipo granular seleccionado A1-a (0), o A1-b(0), de la clasificación ASTHO, con un CBR ≥ 30 %, en un espesor de 0.10 m, compactado al 95% de su máxima densidad seca del Proctor Modificado.

Losa de concreto; el concreto a utilizar tendrá una resistencia de 175 kg/cm² y un espesor mínimo de 0.10 m, siguiendo las normas C.E. Pavimentos Urbanos Vigente.

Los materiales utilizados para Base del concreto deberán cumplir los valores establecidos por la norma C.E. Pavimentos Urbanos Vigente.

Se recomienda el control de la compactación de la Base, por medio de los ensayos de Densidad de Campo, la Compactación mínima requerida será del 100%. de la compactación con respecto a su Proctor Modificado.

Los Resultados y ensayos realizados solamente son para la zona en estudio.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



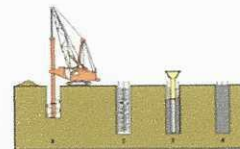


Tabla 303-1

Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	—	—
25 mm (1")	—	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (N° 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (N° 10)	15 – 40	20 – 45		40 – 70
4.25 um (N° 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (N° 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Fuente: ASTM D 1241

Sub-Base Granular

Requerimientos de Ensayos Especiales

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				< 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Abrasión	MTC E 207	C 131	T 96	50 % máx	50 % máx
CBR (1)	MTC E 132	D 1883	T 193	40 % mín	40 % mín
Límite Líquido	MTC E 110	D 4318	T 89	25% máx	25% máx
Índice de Plasticidad	MTC E 111	D 4318	T 89	6% máx	4% máx
Equivalente de Arena	MTC E 114	D 2419	T 176	25% mín	35% mín
Sales Solubles	MTC E 219			1% máx.	1% máx.
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MTC E 211	D 4791		20% máx	20% máx



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



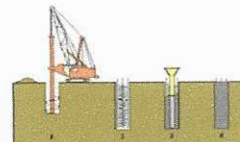


Tabla 305-1

Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 - 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm (N° 4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2.0 mm (N° 10)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
4.25 um (N° 40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 um (N° 200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15
Valor Relativo de Soporte, CBR (1)		Tráfico Ligero y Medio		Mín 80%
		Tráfico Pesado		Mín 100%

Tabla 305-2

Requerimientos Agregado Grueso

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimientos	
				Altitud	
				< Menor de 3000 msnm	≥ 3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821		80% min.	80% min.
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821		40% min.	50% min.
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	C 131	T 96	40% máx	40% max
Partículas Chatas y Alargadas (1)	MTC E 221	D 4791		15% máx.	15% máx.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	D 1888		0.5% máx.	0.5% máx.
Pérdida con Sulfato de Sodio	MTC E 209	C 88	T 104	--	12% máx.
Pérdida con Sulfato de Magnesio	MTC E 209	C 88	T 104	--	18% máx.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECHIA



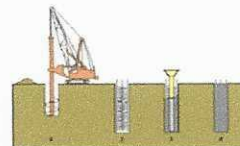


Tabla 305-2

Requerimientos Agregado Fino

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		< 3 000 m.s.n.m.	> 3 000 m.s.n.m
Indice Plástico	MTC E 111	4% máx.	2% máx.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles totales	MTC E 219	0,55% máx.	0,5% máx.
Indice de durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

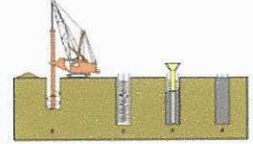




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



ANEXO



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

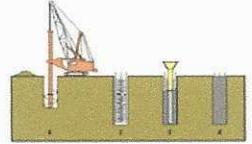




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



REGISTRO DE SONDAJE



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com
RUC : 20611382481 CEL:914175104

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA

FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CALICATA: 1 **PROFUNDIDAD :** 3.00 mts **N. FREATICA:** no presenta

PROFUNDIDAD (m)	ESTRATO	SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
0.00 - 0.10				Suelo conformado por material de relleno no seleccionado, compuesto por arena contaminado con materia organica(raices), restos de concreto
0.10 - 1.20	M1	SP		Suelo conformado de arena mal graduada, de color beige claro compacidad media, con particulas finas no plasticas, ligera humedad
1.20 - 3.00	M2	SP		Suelo conformado mal graduada, de color beige oscuro, compacidad media, con particulas finas no plasticas, ligera humedad



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

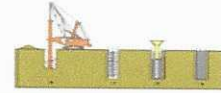
ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com
RUC : 20611382481 CEL:914175104

PERFIL ESTRATIGRAFICO

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA

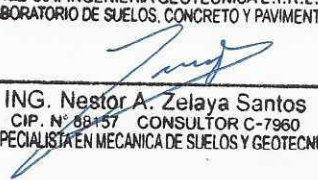
FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CALICATA: 2 **PROFUNDIDAD :** 3.00 mts **N. FREATICA:** no presenta

PROFUNDIDAD (m)	ESTRATO	SIMBOLO	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO
0.00 - 0.10				Suelo conformado por material de relleno no seleccionado, compuesto por arena contaminado con materia organica(raices), restos de concreto
0.10 - 1.00	M1	SP		Suelo conformado de arena mal graduada, de color beige claro compacidad media, con particulas finas no plasticas, ligera humedad
1.00 - 3.00	M2	SP		Suelo conformado mal graduada, de color beige oscuro, compacidad media, con particulas finas no plasticas, ligera humedad



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

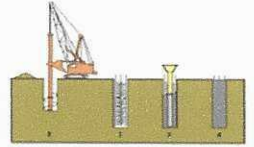

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



ANALISIS GRANULOMETRICO



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E. I. R. L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88457 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

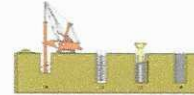




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingenieria y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com

RUC : 20611382481 CEL:914175104

ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO (NTP 339.128:1999)

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA

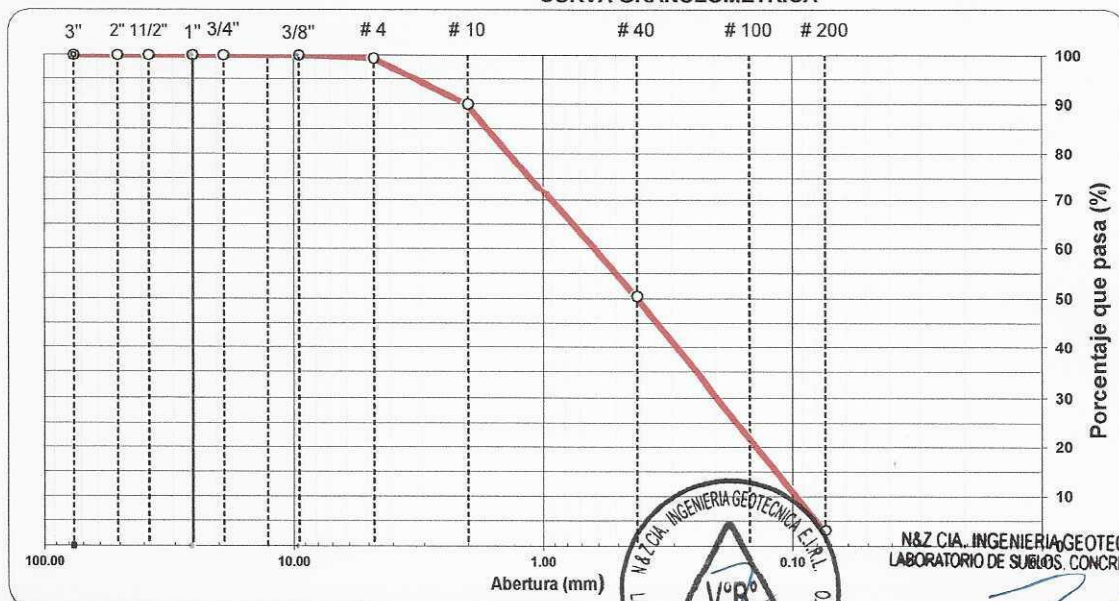
FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CALIGATA : 1		MUESTRA : 1					PROF (m) : 0.10 - 1.20	
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. PARCIAL	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 862.8 gr	
2 1/2"	63.500						PESO MAT. < # 4 = 857.4 gr	
2"	50.800		0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO SECO = 835.8 gr	
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO = 0.0 %	
1"	25.400		0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO = N.P. %	
3/4"	19.100		0.0	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICO = N.P. %	
1/2"	12.700		0.0	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO = A-1-b (0)	
3/8"	9.520		0.0	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCCS = SP	
1/4"	6.350		0.0	0.0	0.0	100.0	GRAVA 3" - N° 4 : 0.62 %	
# 4	4.760	5.36	5.4	0.6	0.6	99.4	ARENA N°4 - N° 200 : 96.25 %	
# 8	2.360		0.0	0.0	0.6	99.4		
# 10	2.000	81.25	81.3	9.4	10.0	90.0	MALLA # 200 = 3.13 %	
# 20	0.840	121.14	121.1	14.0	24.1	75.9	CONTENIDO DE HUMEDAD	
# 30	0.600	95.62	95.6	11.1	35.2	64.8	Peso Tara (g) 24.25	
# 40	0.420	123.36	123.4	14.3	49.5	50.5	Peso Tara + Suelo Húmedo (g) 162.25	
# 50	0.300	161.25	161.3	18.7	68.2	31.9	Peso Tara + Suelo Seco (g) 160.69	
# 100	0.150	112.36	112.4	13.0	81.2	18.8	Peso del Agua (g) 1.56	
# 200	0.074	135.48	135.5	15.7	96.9	3.1	Peso del Suelo Seco (g) 136.44	
< # 200	FONDO	26.96	27.0	3.1	100.0		Humedad (%) 1.14	
FRACCION FINA		857.42					Coef. Uniformidad 5.27492	
TOTAL		862.78					Coef. Curvatura 1.38	

Descripción del suelo:
Condicion como Subrasante :

Arena pobremente gradada
BUENO

CURVA GRANULOMETRICA



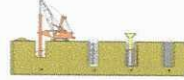
N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88-157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N° 10165 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com
RUC : 20611382481 CEL:914175104

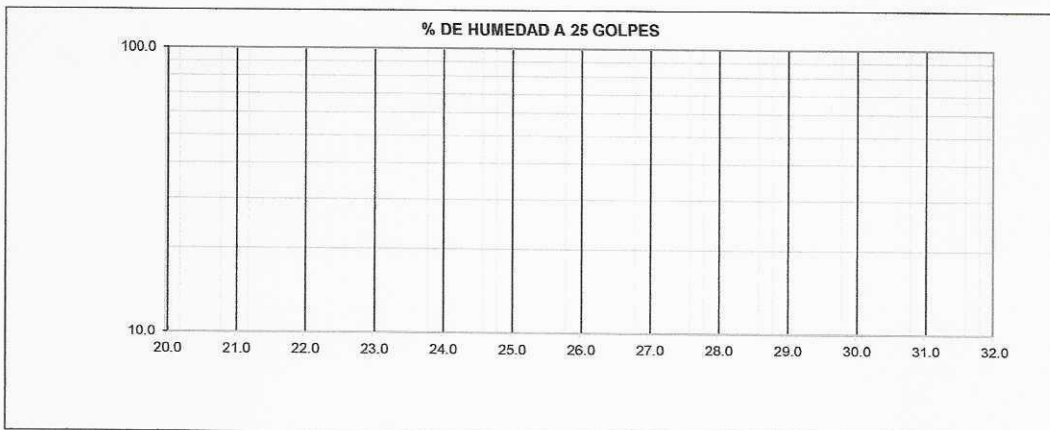
ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129:1999)

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS
Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA
SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos
UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA
FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CALICATA : 1 MUESTRA : 1 PROF (m) : 0.10 - 1.20

LIMITE LIQUIDO					
Nº TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
PESO DEL TARRO		NO PRESENTA			
PESO DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
Nº DE GOLPES					

LIMITE PLASTICO					
Nº TARRO					
TARRO + SUELO HUMEDO					
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
PESO DEL TARRO		NO TIENE			
PESO DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	0.0
LIMITE PLASTICO	N.P.
INDICE DE PLASTICIDAD	N.P.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

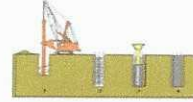
ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



P.J 3 DE OCTUBRE MZ U1 LT.6 CALLE HUASKAR - NUEVO CHIMBOTE
RUC : 20611382481 CEL:914175104

e-mail: zelaya3100@gmail.com

ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO (NTP 339.128:1999)

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS
Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

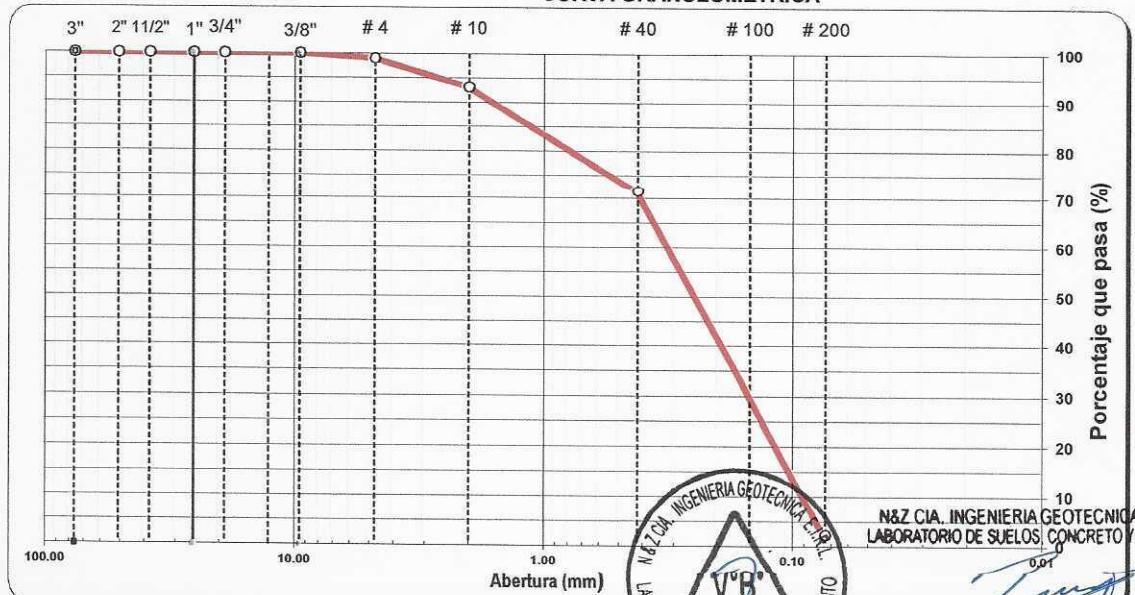
UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA

FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CALICATA : 1			MUESTRA : 2				PROF (m) : 1.20 - 3.00	
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. PARCIAL	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL =	900.9 gr
2 1/2"	63.500						PESO MAT. < # 4 =	891.6 gr
2"	50.800		0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO SECO	881.3 gr
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO =	0.0 %
1"	25.400		0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO =	N.P. %
3/4"	19.100		0.0	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICO =	N.P. %
1/2"	12.700		0.0	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO =	A-3 (0)
3/8"	9.520		0.0	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCCS =	SP
1/4"	6.350		0.0	0.0	0.0	100.0	GRAVA 3" - Nº 4 :	1.03 %
# 4	4.760	9.32	9.3	1.0	1.0	99.0	ARENA Nº4 - Nº 200 :	96.78 %
# 8	2.360		0.0	0.0	1.0	99.0		%
# 10	2.000	52.12	52.1	5.8	6.8	93.2	MALLA # 200 =	2.19 %
# 20	0.840	65.25	65.3	7.2	14.1	85.9	CONTENIDO DE HUMEDAD	
# 30	0.600	78.14	78.1	8.7	22.7	77.3	Peso Tara	(g) 28.32
# 40	0.420	51.25	51.3	5.7	28.4	71.6	Peso Tara + Suelo Húmedo	(g) 133.36
# 50	0.300	158.66	158.7	17.6	46.0	54.0	Peso Tara + Suelo Seco	(g) 132.25
# 100	0.150	345.26	345.3	38.3	84.4	15.7	Peso del Agua	(g) 1.11
# 200	0.074	121.25	121.3	13.5	97.8	2.2	Peso del Suelo Seco	(g) 103.93
< # 200	FONDO	19.69	19.7	2.2	100.0		Humedad	(%) 1.07
FRACCION FINA		891.62					Coef. Uniformidad	3.01908
TOTAL		900.94					Coef. Curvatura	1.01

Descripción del suelo: **Arena pobremente gradada**
Condicion como Subrasante : **BUENO**

CURVA GRANULOMETRICA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

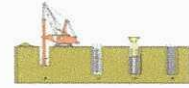
ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com
RUC : 20611382481 CEL:914475104

ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129:1999)

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS
Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA

FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CALICATA : 1 MUESTRA : 2 PROF (m) : 1.20 - 3.00

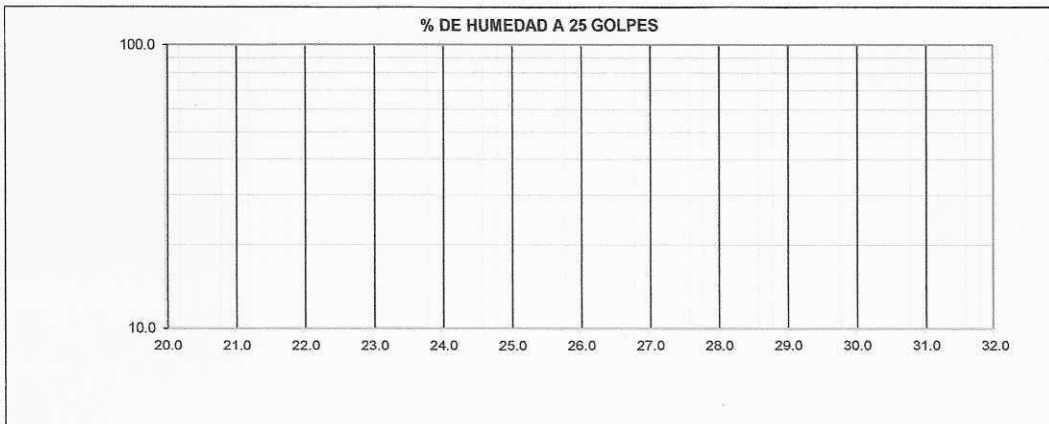
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO		NO PRESENTA		
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
N° DE GOLPES				

LIMITE PLASTICO

N° TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO		NO TIENE		
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	0.0
LIMITE PLASTICO	N.P.
INDICE DE PLASTICIDAD	N.P.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

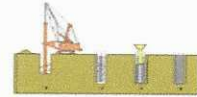
ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com
RUC : 20611382481 CEL:914175104

ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO (NTP 339.128:1999)

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

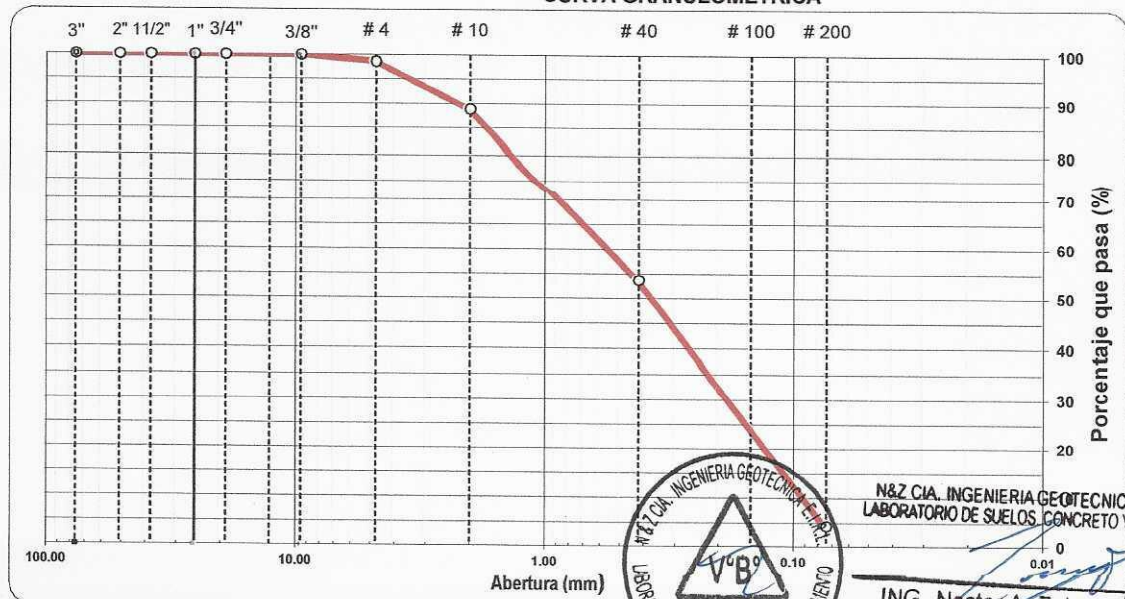
UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA

FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CALICATA : 2			MUESTRA : 1				PROF (m) : 0.10 - 1.00	
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. PARCIAL	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL =	838.3 gr
2 1/2"	63.500						PESO MAT. < # 4 =	827.1 gr
2"	50.800		0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO SECO	802.6 gr
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO =	0.0 %
1"	25.400		0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO =	N.P. %
3/4"	19.100		0.0	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICO =	N.P. %
1/2"	12.700		0.0	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO =	A-3 (0)
3/8"	9.520		0.0	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCCS =	SP
1/4"	6.350		0.0	0.0	0.0	100.0	GRAVA 3" - N° 4 :	1.34 %
# 4	4.760	11.25	11.3	1.3	1.3	98.7	ARENA N°4 - N° 200 :	94.41 %
# 8	2.360		0.0	0.0	1.3	98.7		%
# 10	2.000	82.14	82.1	9.8	11.1	88.9	MALLA # 200 =	4.25 %
# 20	0.840	98.64	98.6	11.8	22.9	77.1	CONTENIDO DE HUMEDAD	
# 30	0.600	79.62	79.6	9.5	32.4	67.6	Peso Tara	(g) 22.15
# 40	0.420	115.58	115.6	13.8	46.2	53.8	Peso Tara + Suelo Húmedo	(g) 156.36
# 50	0.300	161.24	161.2	19.2	65.4	34.6	Peso Tara + Suelo Seco	(g) 154.25
# 100	0.150	112.36	112.4	13.4	78.8	21.2	Peso del Agua	(g) 2.11
# 200	0.074	141.80	141.8	16.9	95.8	4.3	Peso del Suelo Seco	(g) 132.10
< # 200	FONDO	35.69	35.7	4.3	100.0		Humedad	(%) 1.60
FRACCION FINA		827.07					Coef. Uniformidad	5.24059
TOTAL		838.32					Coef. Curvatura	1.21

Descripción del suelo: **Arena pobremente gradada**
Condicion como Subrasante : **BUENO**

CURVA GRANULOMETRICA



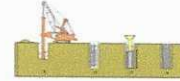
N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88167 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com
RUC : 20611382481 CEL:914175104

ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129:1999)

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS
Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA
SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
-Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos
UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA
FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CALICATA : 2 MUESTRA : 1 PROF (m) : 0.10 - 1.00

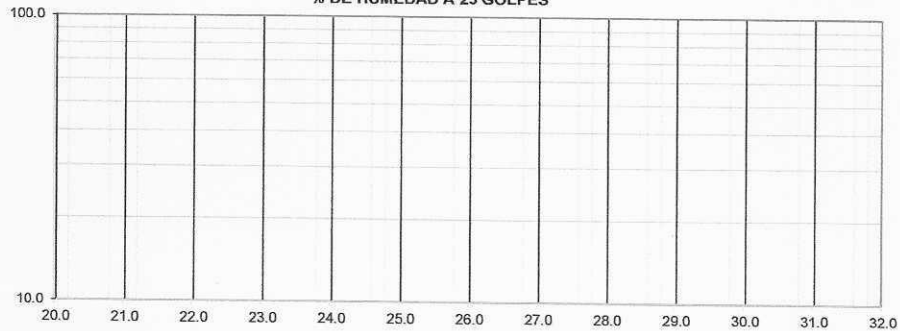
LIMITE LIQUIDO

Nº TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO		NO PRESENTA		
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
Nº DE GOLPES				

LIMITE PLASTICO

Nº TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO		NO TIENE		
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	0.0
LIMITE PLASTICO	N.P.
INDICE DE PLASTICIDAD	N.P.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

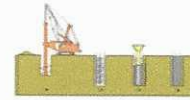
[Signature]
ING. Nector A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com
RUC : 20611382481 CEL:914175104

ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO (NTP 339.128:1999)

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

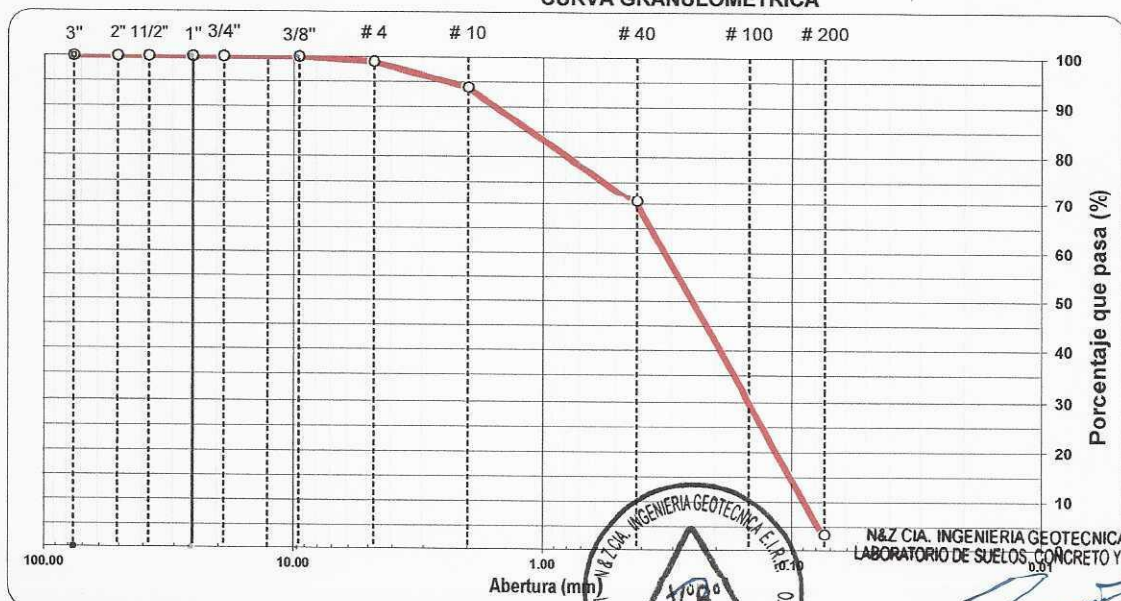
UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA

FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CALICATA : 2			MUESTRA : 2				PROF (m) : 1.00 - 3.00	
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET. PARCIAL	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL =	978.1 gr
2 1/2"	63.500						PESO MAT. < # 4 =	968.8 gr
2"	50.800		0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO SECO	945.7 gr
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO =	0.0 %
1"	25.400		0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO =	N.P. %
3/4"	19.100		0.0	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICO =	N.P. %
1/2"	12.700		0.0	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO =	A-3 (0)
3/8"	9.520		0.0	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCCS =	SP
1/4"	6.350		0.0	0.0	0.0	100.0	GRAVA 3" - N° 4 :	0.95 %
# 4	4.760	9.26	9.3	1.0	1.0	99.1	ARENA N°4 - N° 200 :	95.75 %
# 8	2.360		0.0	0.0	1.0	99.1		%
# 10	2.000	49.25	49.2	5.0	6.0	94.0	MALLA # 200 =	3.3 %
# 20	0.840	82.15	82.1	8.4	14.4	85.6	CONTENIDO DE HUMEDAD	
# 30	0.600	92.36	92.4	9.4	23.8	76.2	Peso Tara	(g) 25.15
# 40	0.420	54.36	54.4	5.6	29.4	70.6	Peso Tara + Suelo Húmedo	(g) 139.62
# 50	0.300	169.36	169.4	17.3	46.7	53.3	Peso Tara + Suelo Seco	(g) 137.85
# 100	0.150	369.35	369.3	37.8	84.5	15.5	Peso del Agua	(g) 1.77
# 200	0.074	119.62	119.6	12.2	96.7	3.3	Peso del Suelo Seco	(g) 112.70
< # 200	FONDO	32.36	32.4	3.3	100.0		Humedad	(%) 1.57
FRACCION FINA		968.81					Coef. Uniformidad	3.13613
TOTAL		978.07					Coef. Curvatura	1.03

Descripción del suelo:
Condicion como Subrasante :

Arena pobremente gradada
BUENO
CURVA GRANULOMETRICA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

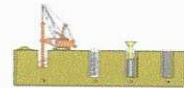
ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N° 10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE

e-mail: zelaya3100@gmail.com

RUC : 20611382481

CEL: 914175104

ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA (NTP 339.129:1999)

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA

FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CALICATA : 2

MUESTRA : 2

PROF (m) : 1.00 - 3.00

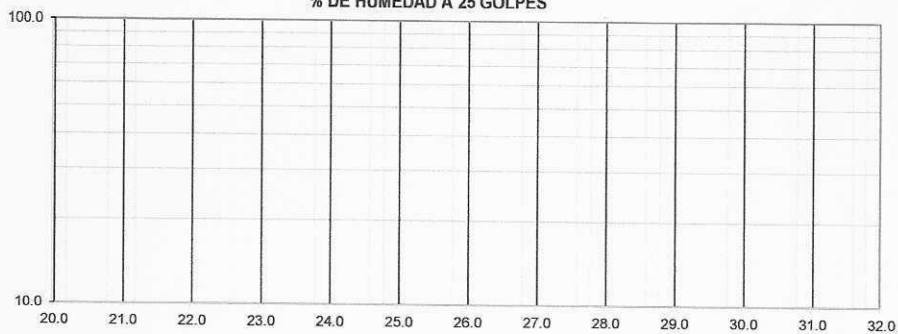
LIMITE LIQUIDO

N° TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO		NO PRESENTA		
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
N° DE GOLPES				

LIMITE PLASTICO

N° TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO		NO TIENE		
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

% DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	0.0
LIMITE PLASTICO	N.P.
INDICE DE PLASTICIDAD	N.P.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

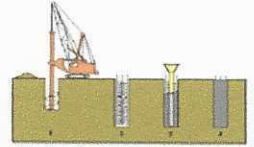
ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88187 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

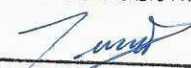
Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



ENSAYO DE DPL (PENETRACION DINAMICA LIGERA)



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

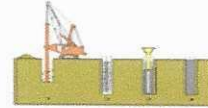




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com

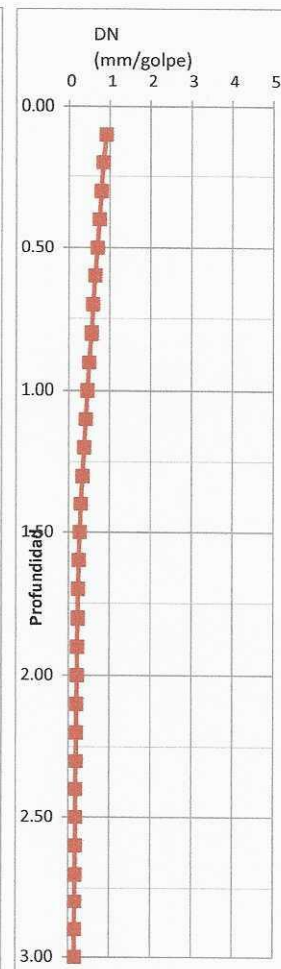
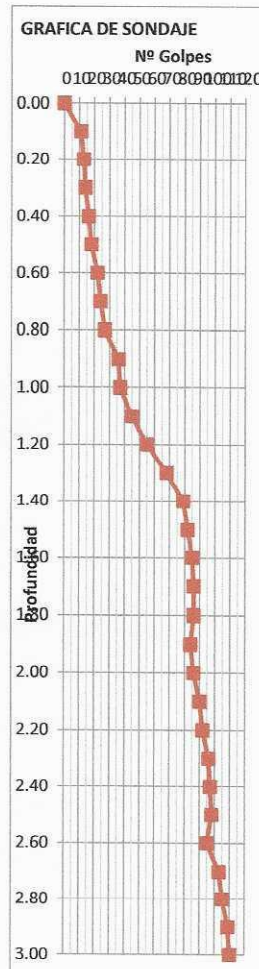
RUC : 20611382481 CEL:914175104

PROYECTO : : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS
 : Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA
 SOLICITANTE : : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
 : - Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos
 UBICACIÓN : : DISTRITO DE NAZCA
 FECHA : : SETIEMBRE DEL 2025
 MUESTRA : : DPL 01

ENSAYO DE PENETRACION LIGERA (DIN - 4094)

Prof. Inicio : 0.00 m

Nivel	Nº DPL @ 10 cm.	Golpes acumulado	DN (mm/golpe)	Nº SPT
0.00	0	0		0.0
0.10	11	11	0.91	6.7
0.20	13	24	0.83	7.9
0.30	14	38	0.79	8.5
0.40	16	54	0.74	9.8
0.50	18	72	0.69	11.0
0.60	22	94	0.64	13.4
0.70	24	118	0.59	14.6
0.80	27	145	0.55	16.5
0.90	36	181	0.50	22.0
1.00	37	218	0.46	22.6
1.10	45	263	0.42	27.5
1.20	55	318	0.38	33.6
1.30	68	386	0.34	41.5
1.40	79	465	0.30	48.2
1.50	82	547	0.27	50.0
1.60	85	632	0.25	51.9
1.70	86	718	0.24	52.5
1.80	86	804	0.22	52.5
1.90	84	888	0.21	51.2
2.00	86	974	0.21	52.5
2.10	90	1064	0.20	54.9
2.20	92	1156	0.19	56.1
2.30	96	1252	0.18	58.6
2.40	97	1349	0.18	59.2
2.50	98	1447	0.17	59.8
2.60	95	1542	0.17	58.0
2.70	103	1645	0.16	62.8
2.80	105	1750	0.16	64.1
2.90	109	1859	0.16	66.5
3.00	110	1969	0.15	67.1
3.10				
3.20				
3.30				
3.40				
3.50				
3.60				
3.70				
3.80				
3.90				
4.00				



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

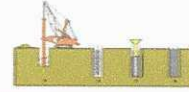
ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88152 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com
RUC : 20611382481 CEL:914175104

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA
SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos
UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA
FECHA : SETIEMBRE DEL 2025
MUESTRA : DPL 01

DESCRIPCION	Df (mts.)	Numero de Golpes/30 Cm	N SPT (correlacionado)	COMPACIDAD RELATIVA	Estado de compacidad	ANGULO DE FRICCIÓN
DPL 01	0.90	29	17.7	46.54	suelta	30.2
	1.20	46	27.9	61.79	Medianamente densa	32.9
	1.50	76	46.6	81.56	Densa	35.8
	1.80	86	52.3	88.39	Muy densa	36.5
	2.10	87	52.9	89.30	Muy densa	36.6
	2.40	95	58.0	96.93	Muy densa	37.1
	2.70	99	60.2	90.00	Muy densa	37.3
	3.00	108	65.9	90.00	Muy densa	37.8

OBS: La estimación del estado de compacidad relativa para suelos granulares se realizó de acuerdo al criterio de Terzaghi & Peck (1967), modificado por Skemton (1968).

N Golpes	Cr	Estado de compacidad
de 0 a 4	de 0 a 15	Muy suelta
de 4 a 10	de 15 a 35	suelta
de 10 a 30	de 35 a 65	Medianamente densa
de 30 a 50	de 65 a 85	Densa
Mayor de 50	de 85 a 100	Muy densa



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

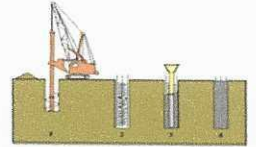
ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



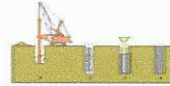
CAPACIDAD PORTANTE



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA





PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA
SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
 - Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos
UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA
FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Superficial

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (ϕ)	36.6	grados
Cohesión (c)	0.00	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	Local	
Ángulo de Fricción Interna corregido (ϕ_c)	26	grados
Cohesión corregida (c) _c	0.00	kg/cm ²
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ_2)	1.54	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	0.50	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.00	m
Incremento de base (Δb)	0.50	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	0.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.50	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S.assume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	SP	
Cimentación sugerida		Cimiento Rectangular

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_c = 22.811 \quad N_{c'} = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_q = 12.294 \quad N_q = \gamma z^2 (45 + \frac{\phi}{2}) e^{0.175 \phi}$$

$$N_y = 8.388 \quad N_y = 2(N_q + 1) \gamma z \phi$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$S_c = 1.269 \quad S_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$$

$$S_q = 1.248 \quad S_q = 1 + 0.4 \frac{B}{L}$$

$$S_y = 0.800 \quad S_y = 1 + \frac{B}{L} \gamma z \phi$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 \quad i_c = i_q = (1 - \frac{\beta}{90})^2$$

$$i_q = 1.000$$

$$i_y = 1.000 \quad i_y = (1 + \frac{\beta}{\phi})^2$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$K_a = 0.385$$

$$K_p = 2.595$$

$$K_o = 0.556$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		q _a	q _{adm}	Detalle
			W	W'	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	
-1.50	1.50	1.0	1.00	1.00	3.65	1.22	Cimiento Rectangular
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	3.90	1.30	
-1.50	1.50	2.0	1.00	1.00	4.16	1.39	
-1.50	1.50	2.5	1.00	1.00	4.42	1.47	
-2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	4.69	1.56	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	4.95	1.65	
-2.00	2.00	2.0	1.00	1.00	5.21	1.74	
-2.00	2.00	2.5	1.00	1.00	5.46	1.82	
-2.50	2.50	1.0	1.00	1.00	5.73	1.91	
-2.50	2.50	1.5	1.00	1.00	5.99	2.00	
-2.50	2.50	2.0	1.00	1.00	6.25	2.08	
-2.50	2.50	2.5	1.00	1.00	6.51	2.17	
-3.00	3.00	1.0	1.00	1.00	6.77	2.26	
-3.00	3.00	1.5	1.00	1.00	7.03	2.34	
-3.00	3.00	2.0	1.00	1.00	7.29	2.43	
-3.00	3.00	2.5	1.00	1.00	7.55	2.52	



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L. LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

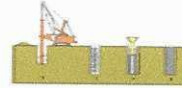
ING. Nestor A. Zelaya Santos
 CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com

RUC : 20611382481 CEL:914175104

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA

FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

G.- ASENTAMIENTO (S_i)

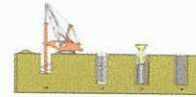
Cimiento Rectangular

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	1.56	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.30		
Módulo de Elasticidad	E_s	=	220	Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	$S_{i(max)}$	=	2.54	cm	
Ancho de la cimentación	B	=	1.00	m	$S_i = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$
Factor de forma	I_f	=	0.67	m/m	
Asentamiento	S_i	=	0.004	m	$I_f = \sqrt{\frac{L}{B}}$
Asentamiento	S_i	=	0.42	cm	
Presión por carga	q_{adm}	=	1.56	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	1.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.43	cm	OK !
	S_i	=	0.42	cm	OK !



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA
SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
 - Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos
UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA
FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Superficial

A.- DATOS GENERALES

Ángulo de Fricción Interna (Φ)	36.6	grados
Cohesión (c)	0.00	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	Local	
Ángulo de Fricción Interna corregido (Φ_c)	26	grados
Cohesión corregida (c) _c	0.00	kg/cm ²
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ_2)	1.54	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.00	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.00	m
Incremento de base (Δb)	0.50	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	0.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.50	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.50	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S. asume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	SP	
Cimentación sugerida	Zapata Cuadrada	

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_c = 22.811 \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_q = 12.294 \quad N_q = \frac{1}{2} \gamma \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_\gamma = 8.388 \quad N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$S_c = 1.539 \quad S_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$$

$$S_q = 1.495 \quad S_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$$

$$S_\gamma = 0.600 \quad S_\gamma = 1 + 0.4 \frac{B}{L}$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 \quad i_c = i_q = \left(1 - \frac{B}{90} \right)^2$$

$$i_q = 1.000$$

$$i_\gamma = 1.000 \quad i_\gamma = \left(1 + \frac{B}{\phi} \right)^2$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$K_a = 0.385$$

$$K_p = 2.595$$

$$K_o = 0.556$$

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

Cimentación sugerida **Zapata Cuadrada**

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		q _d (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	Detalle
			W	W'			
-1.50	1.50	1.0	1.00	1.00	3.75	1.25	Zapata Cuadrada
-1.50	1.50	1.5	1.00	1.00	3.94	1.31	
-1.50	1.50	2.0	1.00	1.00	4.14	1.38	
-1.50	1.50	2.5	1.00	1.00	4.33	1.44	
-2.00	2.00	1.0	1.00	1.00	4.87	1.62	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	5.07	1.69	
-2.00	2.00	1.5	1.00	1.00	5.07	1.69	
-2.00	2.00	2.0	1.00	1.00	5.26	1.75	
-2.50	2.50	1.0	1.00	1.00	5.99	2.00	
-2.50	2.50	1.5	1.00	1.00	6.19	2.06	
-2.50	2.50	2.0	1.00	1.00	6.38	2.13	
-2.50	2.50	2.5	1.00	1.00	6.57	2.19	
-3.00	3.00	1.0	1.00	1.00	7.11	2.37	
-3.00	3.00	1.5	1.00	1.00	7.31	2.44	
-3.00	3.00	2.0	1.00	1.00	7.50	2.50	
-3.00	3.00	2.5	1.00	1.00	7.70	2.57	



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

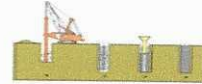
ING. Nestor A. Zelaya Santos
 CIP. N° 68157 CONSULTOR C-7960
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com

RUC : 20611382481 CEL:914175104

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
- Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA

FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

G.- ASENTAMIENTO (S _i)		Zapata Cuadrada		
Presión por carga admisible	q _{adm}	=	1.62	Kg/cm ²
Relación de Poisson	μ	=	0.30	
Módulo de Elasticidad	E _s	=	220	Kg/cm ²
Asentamiento permisible	S _{i(max)}	=	2.54	cm
Ancho de la cimentación	B	=	1.00	m
Factor de forma	I _f	=	0.93	m/m
$S_i = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$				
Asentamiento	S _i	=	0.006	m
Asentamiento	S _i	=	0.58	cm
$I_f = \frac{\sqrt{L}}{\beta_z}$				
Presión por carga	q _{adm}	=	1.62	Kg/cm ²
Presión de carga asumida por asentamiento	q _{adm}	=	1.50	Kg/cm ²
	S _i	=	0.62	cm
	S _i	=	0.58	cm
				OK !
				OK !



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

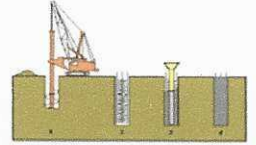

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



ANALISIS QUIMICO



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. Néstor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

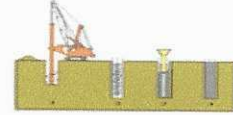




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE

e-mail: zelaya3100@gmail.com

RUC : 20611382481

CEL:914175104

INFORME

ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA

PROYECTO : ANALISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METALICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

SOLICITANTE : -Bach.MEZARINA MENDOZA Carlos Darsy
-Bach.PONCE DELGADO Juan Carlos

UBICACIÓN : DISTRITO DE NAZCA

FECHA : SETIEMBRE DEL 2025

MUESTRA : TERRENO NATURAL

Código de Muestra : ---
Sondaje / Calicata : C-1
N° de Muestra : M-2
Progresiva : ---
Profundidad: 1.20 - 3.00

SALES SOLUBLES TOTALES (NTP 339.152 / BS 1377-Part 3)	1578 p.p.m.
	0.158 %

SULFATOS SOLUBLES (NTP 339.178 / AASHTO T290)	1636 p.p.m.
	0.164 %

CONTENIDO DE CLORUROS SOLUBLES (NTP 339.177 / AASHTO T291)	1044 p.p.m.
	0.1044 %

OBSERVACIONES:

- * SP - Arena mal graduada no plastica de color beige oscuro
- * Sin presencia de materiales extraños ajenos al suelo.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

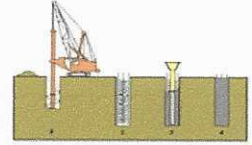
ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



PANEL FOTOGRAFICO



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88187 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

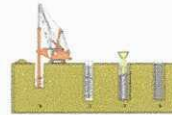




N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10185 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com

RUC : 20611382481 CEL:914175104



FOTO N° 05,06: CALICATA 02.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

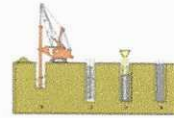
ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N° 18105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com

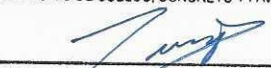
RUC : 20611382481 CEL:914175104



FOTO N° 07,08: CALICATA 02.



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E. I. R. L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

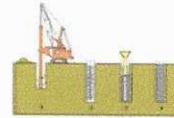

ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88187 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA



N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.

MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Laboratorio de Ensayo de Materiales Ingeniería y Construcción



UB: PAR. PARCELA N°10105 LT. 25 SECTOR LOS ALAMOS - NUEVO CHIMBOTE e-mail: zelaya3100@gmail.com

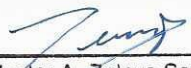
RUC : 20611382481 CEL:914175104

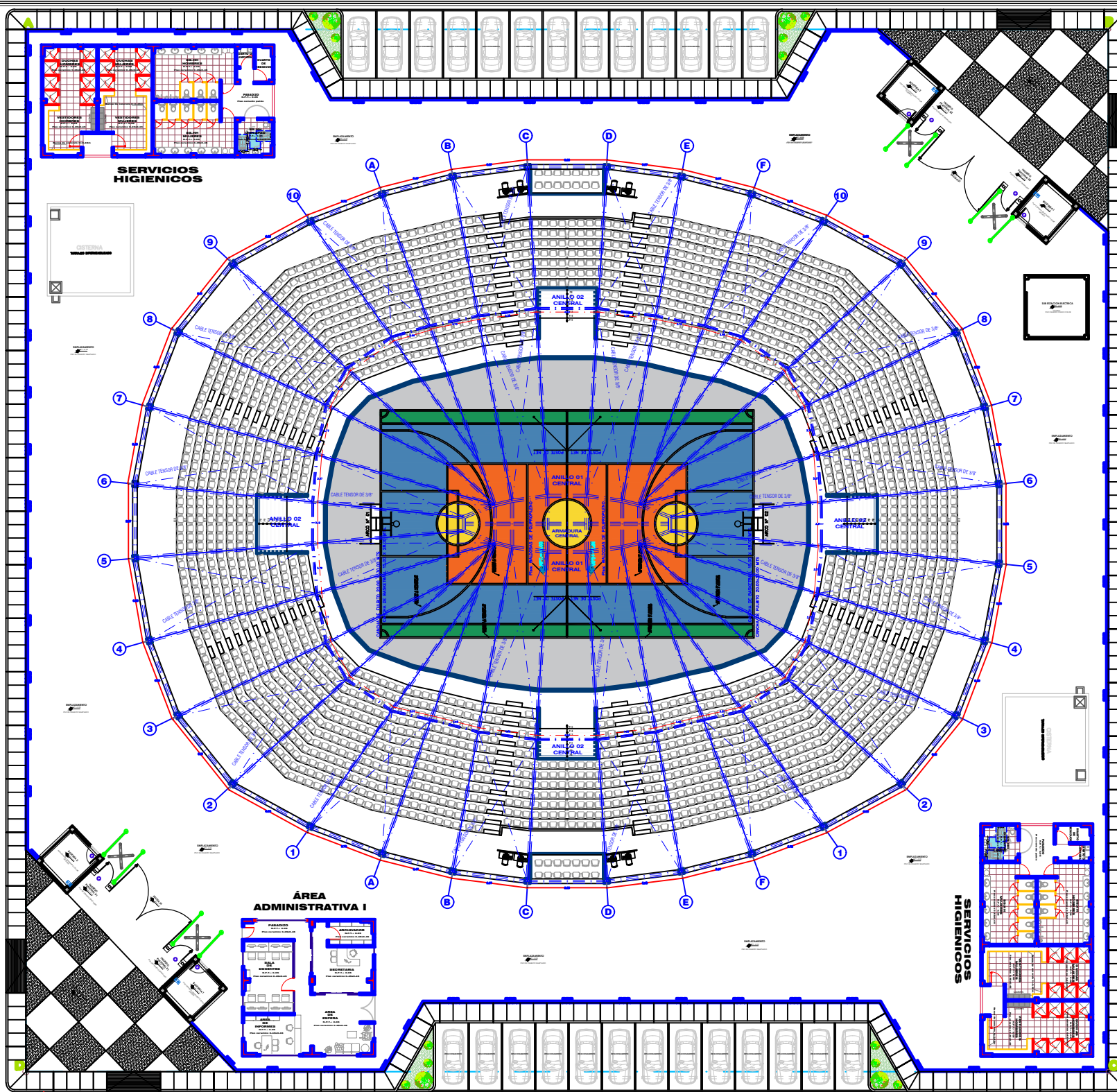


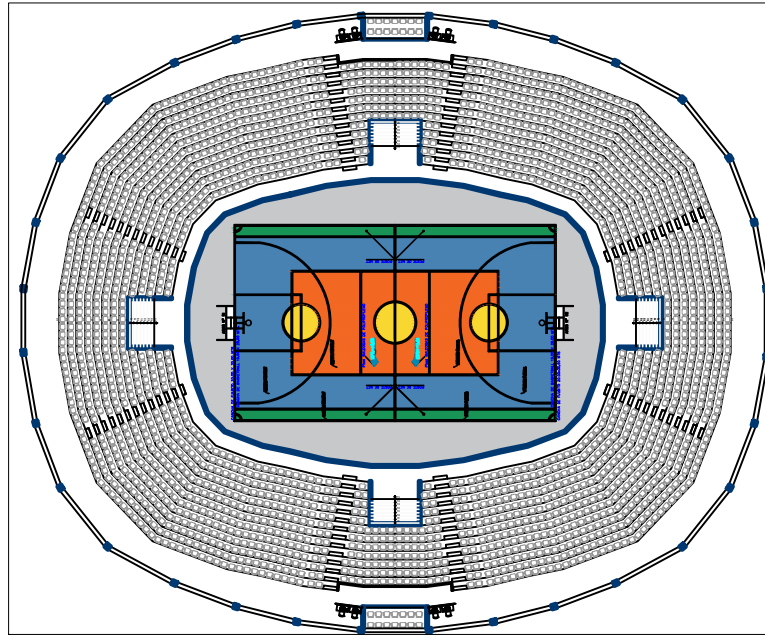
FOTO N° 09,10: ENSAYO DPL 01.



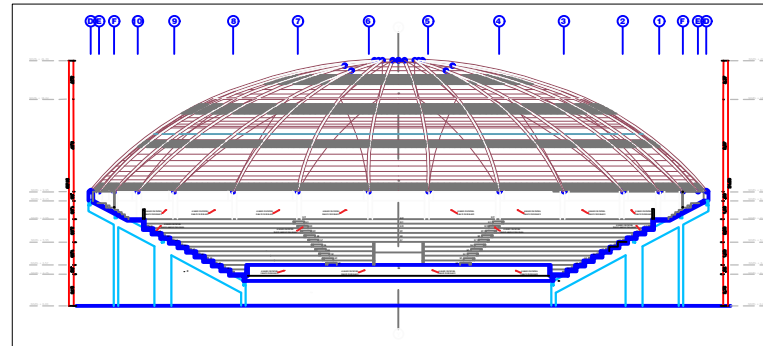
N&Z CIA. INGENIERIA GEOTECNICA E.I.R.L.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO


ING. Nestor A. Zelaya Santos
CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

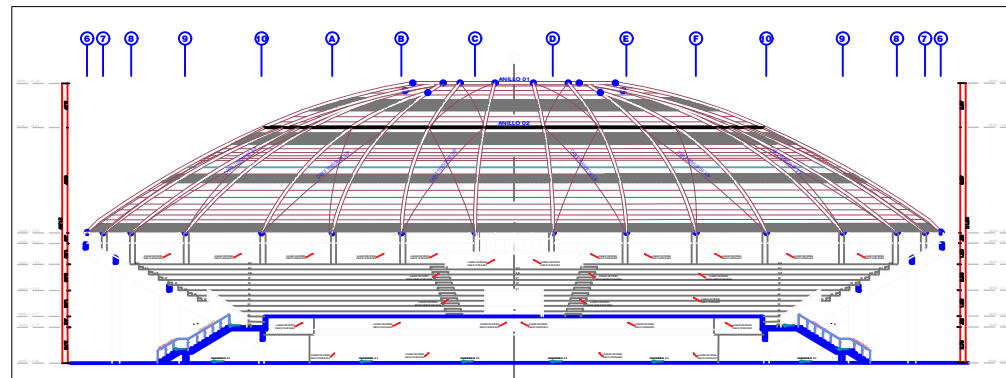




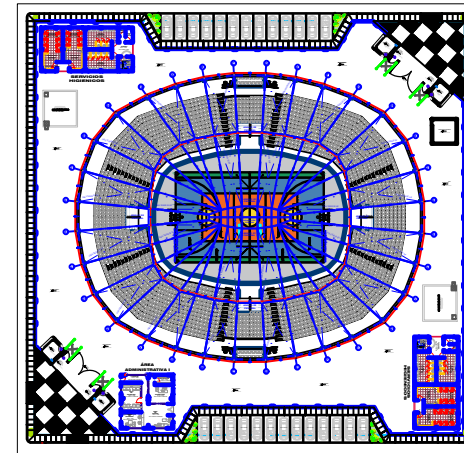
PLANTA COLISEO
ESC: 1/500



CORTE 2-2
ESC: 1/500



CORTE 1-1
ESC: 1/500



DISTRIBUCION GENERAL
ESC: 1/1000



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO:

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURA METÁLICA CON LUZ LIBRE DE 65 METROS Y COBERTURA DE TENSOMEMBRANA, DISTRITO DE NAZCA

TESISTAS:

BACHILLER JUAN CARLOS PONCE DELGADO

BACHILLER MEZARINA MENDOZA CARLOS DARSY

DISTRITO:

NUEVO CHIMBOTE

PROVINCIA:

DEL SANTA

DEPARTAMENTO:

ANCASH

PLANO:

PLANO DE ARQUITECTURA - CORTES GENERALES

ESPECIALIDAD:

ARQUITECTURA

FECHA:

OCTUBRE - 2025

DOCENTE RESPONSABLE:

ING. VILLAVICENCIO GONZÁLEZ, FELIPE ELEUTERIO

LÁMINA:

A-02