UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS DEL VIENTO APLICADAS EN EL DISEÑO DE LA I.E. 1220, PUCALLPA 2025

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO CIVIL

ABEL EMILIO, CORDERO TINEO

Pucallpa, Perú

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 038-2026

GRADUANDO : **Bach. CORDERO TINEO ABEL EMILIO**

TEMA : **"DETERMINACION Y EVALUACION DE LAS VELOCIDADES MAXIMAS DEL VIENTO APLICADAS EN EL DISEÑO DE LA I.E 1220, PUCALLPA 2025".**

ASESOR : **Dr.DONAYRE HERNANDEZ DEVYN OMAR**

CRITERIOS	PUNTAJE			
	3	2	1	0
I- PRESENTACIÓN				
* MOTIVACIÓN		X		
* TONO DE VOZ		X		
* CALIDAD DE MATERIAL AUDIOVISUAL		X		
II- DESARROLLO DE CONTENIDO				
* SECUENCIA		X		
* DOMINIO DE VOZ		X		
* USO ADECUADO DEL MATERIAL		X		
* VALIDEZ DE LOS HALLAZGOS		X		
III- ABSOLUCIÓN DE PREGUNTAS				
* RESPONDE A LAS PREGUNTAS FORMULADAS POR EL JURADO		X		
IV- APORTE CIENTIFICO Y TECNOLOGICO				
* AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD		X		
* A LA PROFESIÓN		X		

EVALUACIÓN

- EXCELENCIA 26 A 30 PUNTOS
- UNANIMIDAD 21 A 25 PUNTOS
- MAYORIA 16 A 20 PUNTOS
- DESAPROBADO 15 A MENOS

CALIFICACIÓN FINAL :
PUNTAJE : 20 / 30

CONCLUSIONES:
APROBADO POR : MAYORIA
DESAPROBADO POR :

JURADO EVALUADOR

Dr.GONZALEZ MANRIQUE DE LARA, DAVID ABEL	Dr.ROMAN CLAROS, WALTER GILBERTO	Mg.MERCADO ROJAS, MIJAEL GABRIEL
PRESIDENTE	**PRIMER MIEMBRO**	**SEGUNDO MIEMBRO**

Dra. RIOS HIDALGO DE CERNA, CLOTILDE
SECRETARIA ACADÉMICA

PUCALLPA, 27 DE AGOSTO DEL 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

TESIS TITULADA:

"DETERMINACION Y EVALUACION DE LAS VELOCIDADES MAXIMAS DEL VIENTO APLICADAS EN EL DISEÑO DE LA I.E 1220, PUCALLPA 2025"

ELABORADO POR:

BACH. CORDERO TINEO, ABEL EMILIO

APROBADO POR:

DR. GONZALEZ MANRIQUE DE LARA, DAVID ABEL
Presidente

DR. ROMAN CLAROS, WALTER GILBERTO
Primer Miembro

MG. MERCADO ROJAS, MIJAEL GABRIEL
Segundo Miembro

DR. DONAYRE HERNANDEZ, DEVYN OMAR
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TESIS

Nº V/093-2026.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que la Tesis titulada:

"DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS DEL VIENTO APLICADAS EN EL DISEÑO DE LA I.E. 1220, PUCALLPA 2025"

Autor(es)	:	**CORDERO TINEO, ABEL EMILIO**
Facultad	:	**INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL**
Escuela	:	**ING. CIVIL**
Asesor(a)	:	**Dr. DONAYRE HERNANDEZ, DEVYN OMAR**

Presenta un **porcentaje de similitud de 7%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO.

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica: "todo trabajo de investigación no debe superar el 10%". **En tal sentido, se declara, que la TESIS presenta un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 16/02/2026

Dr. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, ABEL EMILIO CORDERO TINEO

Autor de la tesis titulada : DETERMINACION Y EVALUACIÓN DE LAS VELOCIDADES MAXIMAS DEL VIENTO APLICADAS EN EL DISEÑO DE LA I.E. 1220, PUCALLPA 2025

Sustentada el año: 2026

Asesor(a): DONAYRE HERNANDEZ, DEVYN OMAR

Facultad: INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL

Escuela Profesional: INGENIERIA CIVIL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 05/11/26

Email: Abelcorderotineo99@gmail.com Firma:

Teléfono: 922148420 DNI: 77050968

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la constancia necesarias para culminar este trabajo.

Asimismo, dedico este logro a mi esposa y a mi familia, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación permanente a lo largo de mi formación profesional.

ABEL CORDERO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la sabiduría y la oportunidad de culminar la presente investigación.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi esposa y a mi familia, por su respaldo constante y su comprensión durante todo este proceso académico.

De manera especial, agradezco a la Universidad Nacional de Ucayali, a la Facultad de Ingeniería de Sistemas y de Ingeniería Civil, a la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, así como a los docentes de la carrera, por la formación académica y técnica brindada.

RESUMEN

La presente investigación trata de las velocidades máximas del viento que inciden en el comportamiento estructural y en el diseño final de la cobertura metálica circular de la I.E. 1220, ubicada en la ciudad de Pucallpa, frente a la posible insuficiencia del valor establecido por la Norma E.020. El objetivo general fue determinar y evaluar las velocidades máximas del viento aplicadas en el diseño estructural del caso de estudio. La metodología correspondió a una investigación aplicada, de enfoque cuantitativo, nivel descriptivo-comparativo y diseño no experimental de corte transversal. La muestra estuvo conformada por la cobertura metálica circular de la I.E. 1220, evaluada mediante modelamiento computacional, comparando el escenario normativo de 75 km/h con un escenario crítico de 85 km/h. Los resultados evidenciaron un registro máximo puntual de 78.0 km/h, superior al valor normativo. Asimismo, la estación principal de validación, Pucallpa Manual, estimó mediante distribución de Gumbel una velocidad de 80.43 km/h para un periodo de retorno de 50 años. En función de ello, se adoptó una velocidad crítica de verificación de 85 km/h. La simulación de este escenario mostró un incremento de 28.4 % en la presión de viento, mientras que el ratio demanda/capacidad, conforme a la Norma E.090, aumentó de 0.77 a 1.00 en la viga principal. Se concluye que el diseño cumple con la normativa vigente; sin embargo, bajo el escenario crítico, la sección tubular Ø300 mm opera en condición límite, sin admitir reducción de espesores ni márgenes adicionales frente a incertidumbres climáticas o constructivas.

Palabras clave: Velocidad de diseño, presión de viento, análisis estructural, ratio demanda/capacidad, seguridad estructural.

ABSTRACT

This study examines the influence of maximum wind speeds on the structural response and final design of the circular steel roof of Educational Institution No. 1220, located in Pucallpa, considering the possible insufficiency of the value established by Peruvian Standard E.020. The main objective was to determine and evaluate the maximum wind speeds applied to the structural design of the case study. The methodology corresponded to applied research, with a quantitative approach, descriptive-comparative scope, and a non-experimental cross-sectional design. The sample consisted of the circular steel roof of I.E. 1220, evaluated through computational structural modeling by comparing the normative scenario of 75 km/h with a critical scenario of 85 km/h. The results showed a maximum point record of 78.0 km/h, exceeding the normative value. In addition, the main validation station, Pucallpa Manual, estimated a wind speed of 80.43 km/h for a 50-year return period using the Gumbel distribution. Based on these findings, a critical verification speed of 85 km/h was adopted. The simulation of this scenario showed a 28.4% increase in wind pressure, while the demand-to-capacity ratio, according to Standard E.090, increased from 0.77 to 1.00 in the main beam. It is concluded that the design complies with current code provisions; however, under the critical scenario, the Ø300 mm tubular section operates at a limiting condition, without allowing reductions in thickness or additional margins against climatic or construction uncertainties.

Keywords: Design speed, wind pressure, structural analysis, demand/capacity ratio, structural safety.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

RESUMEN viii

ABSTRACT ix

ÍNDICE GENERAL x

INDICE DE TABLAS xiv

INDICE DE FIGURAS xv

INTRODUCCIÓN xvi

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 17

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA 17

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 23

1.2.1 Problema general 23

1.2.2 Problemas específicos 23

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 23

1.3.1 Objetivo general 23

1.3.2 Objetivos específicos 23

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 24

1.4.1 Justificación 24

1.4.2 Importancia 26

1.5 HIPÓTESIS 27

1.5.1 Hipótesis general 27

1.5.2 Hipótesis secundarias 27

1.6 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACION 28

1.6.1 Delimitación espacial 28

1.6.2 Delimitación social 28

1.6.3 Delimitación temporal 28
1.6.4 Delimitación conceptual 29
1.7 VARIABLES 30
1.7.1 Definición conceptual 30
1.7.2 Definición operacional 31
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO 33
2.1 Antecedentes de la investigación 33
2.1.1 Antecedentes internacionales 33
2.1.2 Antecedentes nacionales 40
2.1.3 Antecedentes locales 43
2.2 Bases teóricas 44
2.2.1 Viento como fenómeno atmosférico 45
2.2.2 Magnitud, variabilidad y medición del viento 46
2.2.3 Teoría de presión dinámica 46
2.2.4 Periodo de retorno y estadística de valores extremos 48
2.2.5 Normativa E.020 del RNE y antigüedad del criterio eólico 51
2.2.6 Condiciones climáticas de Pucallpa 52
2.3 Definición de términos básicos 53
2.4 Análisis y diseño de estructuras 57
2.4.1 Acción del viento en edificaciones 57
2.4.2 Efectos del viento en edificaciones 57
2.4.3 Cargas de viento y parámetros de análisis estructural 58
2.4.4 Seguridad estructural y verificación resistente 59
2.4.5 Relación teórica entre las variables del estudio 60
CAPÍTULO III METODOLOGÍA 62
3.1 METODO DE INVESTIGACION 62

3.1.1 Tipo de investigación....62
3.1.2 Nivel de investigación....62
3.1.3 Diseño de investigación....63
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA....65
3.2.1 Población. 65
3.2.2 Muestra. 66
3.3 TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCION DE DATOS 67
3.3.1 Técnicas....67
3.3.2 Instrumentos 67
3.4 TRATAMIENTO DE DATOS....68
3.4.1 Criterio de selección analítica....68
3.4.2 Alcance probabilístico de los datos....68
3.4.3 Presentación de datos....69
CAPÍTULO IV: PRESENTACION DE RESULTADOS....70
4.1 DETERMINACIÓN DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS DEL VIENTO QUE INCIDEN EN EL DISEÑO DE LA I.E. 1220....70
4.1.1. Velocidad del viento según la Norma Técnica E.020 Cargas 70
4.1.2. Ubicación y caracterización de las estaciones meteorológicas....71
4.1.3. Criterios de homogenización 72
4.1.4. Cálculo del periodo de retorno de velocidades máximas de viento....74
4.1.5. Análisis de frecuencia de eventos mediante percentiles....76
4.2 ANÁLISIS INDIVIDUAL DE ESTACIONES....78
4.2.1. Estación Pucallpa manual 1994 – 2025....78
4.2.2. Estación Callería automática 2015 - 2025....83
4.2.3. Estación Pucallpa automática 2018 - 2025....86
4.2.4. Velocidad máxima registrada (SENAMHI – REGISTROS PUNTUALES) 89

4.2.5. Velocidad máxima registrada (ESTACION PROPIA)..... 90

4.2.6. Comparativa de velocidades 91

4.3 DETERMINACION DE LAS CARGAS QUE INCIDEN EN EL DISEÑO DE LA I.E. 1220 92

4.3.1. Escenario 1: Parámetros de Carga con Velocidades Normativa (Línea Base) 95

4.3.2. Escenario 2: Parámetros de Carga con Velocidad Crítica 96

4.3.3. Análisis comparativo del incremento de carga..... 97

4.4 EFECTO DE LAS CARGAS DE VIENTO EN LOS PARÁMETROS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA I.E. 1220, PUCALLPA 2025 99

4.4.1. Análisis de la variación en fuerza axial 99

4.4.2. Análisis de la variación en fuerza cortante 101

4.4.3. Análisis de la variación de los momentos flectores..... 102

4.5 IMPACTO DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS DEL VIENTO EN LOS PARÁMETROS DE DISEÑO FINAL DE LA I.E. 1220. 104

4.5.1. Verificación de desplazamientos (Rigidez) 104

4.5.2. Verificación de ratios de diseño estructural. 107

4.6 RESUMEN DE VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS..... 114

4.7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... 115

CONCLUSIONES 119

RECOMENDACIONES..... 121

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍCAS..... 122

ANEXOS..... 124

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables, dimensiones e indicadores 31

Tabla 2: Características del caso de estudio 66

Tabla 3: *Velocidad de diseño según mapa eólico de la Norma E.020 Cargas* ...70

Tabla 4: Resumen de estaciones analizadas. 71

Tabla 5: Tabla de factores de ráfaga 73

Tabla 6: Parámetros requeridos para la distribución de Gumbel 74

Tabla 7: Tabla de velocidades máximas anuales 78

Tabla 8: Tabla de P95 correspondientes por año 81

Tabla 9: Tabla de velocidades máximas por año 84

Tabla 10: Tabla de P95 86

Tabla 11: Tabla de velocidades máximas por año 87

Tabla 12: Tabla de P95 89

Tabla 13: *Cronología de eventos extremos de viento reportados por SENAMHI (Récords Históricos 2016-2023)* 90

Tabla 14: Registros de velocidades con estación propia 91

Tabla 15: Resumen de análisis 92

Tabla 16: Comparativa de presión dinámica según velocidad de diseño 98

Tabla 17: Comparativa de fuerza axial 99

Tabla 18: Comparativa de fuerza cortante 101

Tabla 19: *Comparativa de momentos flectores* 102

Tabla 20: *Comparativa de desplazamiento Uz (flecha) máximo* 104

Tabla 21: *Comparativa de ratios de interacción máximos (Demanda/Capacidad)* 107

Tabla 22: Resumen de validación de hipótesis 114

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Grafico de velocidades máximas durante el periodo 1994 - 2025 79

Figura 2: Diagrama de velocidades con P95 82

Figura 3: Proyección para un periodo de 25 años 83

Figura 4: Grafico de velocidades máximas durante el periodo 2015 - 2025 84

Figura 5: Grafico de velocidades vs P95 86

Figura 6: Grafico de velocidades máximas durante el periodo 2018 - 2025 87

Figura 7: Grafico de velocidades vs P95 89

Figura 8: Diagrama de flujo de definición de escenarios de carga 94

Figura 9: Relación no lineal entre velocidad de viento y presión dinámica 97

Figura 10: Comparativa de amplificación de carga 98

Figura 11: Deformada de la estructura bajo cargas de servicio 105

Figura 12: Evolución de los Ratios D/C ante el incremento de viento 108

Figura 13: Desglose de la verificación de interacción Axial-Flexión (P-M) para la viga principal arco bajo escenario crítico 109

Figura 14: Mapa de distribución de Ratios Para Correas según AISC 360-16 (V = 85 Km/h) 111

Figura 15: Mapa de distribución de Ratios Para Vigas según AISC 360-16 (V = 85 Km/h) 111

Figura 16: Mapa de distribución de Ratios Para Columnas según AISC 360-16 (V = 85 Km/h) 112

INTRODUCCIÓN

La evaluación de las cargas de viento constituye un aspecto importante del análisis y diseño estructural, debido a su influencia en la seguridad y estabilidad de las edificaciones. Su adecuada determinación requiere información meteorológica representativa del lugar donde se proyecta la estructura. En Pucallpa, las características del clima tropical y la ocurrencia de vientos fuertes asociados con fenómenos como los friajes hacen pertinente examinar los parámetros empleados para estimar estas acciones.

La problemática de esta investigación se relaciona con la posible diferencia entre las velocidades de viento utilizadas como referencia para el diseño y aquellas determinadas a partir de los registros disponibles para la ciudad. Esta diferencia puede influir en la estimación de las cargas y, consecuentemente, en las decisiones de dimensionamiento estructural. Por ello, resulta necesario contrastar la información meteorológica con el valor de referencia de la Norma Técnica E.020 Cargas y evaluar las implicancias de su variación en un caso concreto.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo determinar y evaluar el efecto de las velocidades máximas del viento aplicadas en el diseño estructural de la I.E. 1220, Pucallpa 2025. El estudio se centra en una cobertura metálica circular y comprende el análisis de registros meteorológicos y la evaluación de su respuesta estructural. Su importancia radica en aportar información técnica local para valorar la representatividad de la velocidad empleada y comprender su relación con las cargas, los esfuerzos internos y los parámetros de diseño, contribuyendo a fundamentar decisiones orientadas a la seguridad y eficiencia de las construcciones.

La tesis se organiza en cuatro capítulos. El primero desarrolla el planteamiento del problema, los objetivos, la justificación y las hipótesis. El segundo presenta los antecedentes y las bases teóricas. El tercero describe la metodología y el tratamiento de los datos. El cuarto expone los resultados y su discusión. Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

El análisis de las cargas de viento constituye un aspecto fundamental en el campo de la ingeniería estructural, ya que influye directamente en la seguridad y la estabilidad de las edificaciones y la infraestructura. A nivel internacional, esta problemática adquiere especial relevancia si se considera que la Organización Meteorológica Mundial informó que entre 1970 y 2021 los eventos meteorológicos, climáticos e hidrológicos ocasionaron cerca de 12 000 desastres y pérdidas económicas reportadas por US$ 4.3 billones, mientras que en 2024 señaló que las tormentas concentraron el 59 % de los costos globales asociados a desastres climáticos, lo que evidencia la importancia técnica de estimar adecuadamente las acciones de viento en las edificaciones (WMO, 2023; WMO, 2024). La correcta evaluación de estas cargas permite diseñar estructuras capaces de resistir las fuerzas generadas por el viento, previniendo fallas que podrían comprometer la integridad de la construcción y la seguridad de sus ocupantes (Dibujante estructural CDMX, 2023). Este principio es universalmente reconocido en la práctica de la ingeniería estructural y se encuentra integrado en los códigos de construcción a nivel mundial (International Code Council, 2021). En esa misma línea, la norma ASCE/SEI 7-22 incorpora expresamente actualizaciones en las cargas de viento dentro de los requisitos mínimos para edificios y otras estructuras, confirmando que su consideración forma parte del diseño estructural contemporáneo (ASCE, 2022). La actualización o la evaluación inadecuada de las cargas de viento puede tener consecuencias catastróficas, resultando en el colapso de estructuras y la pérdida de vidas (Grupo Argenia, s.f.).

Más allá de la prevención del colapso, una evaluación precisa de las cargas de viento es crucial para garantizar la funcionalidad y la comodidad de los ocupantes de las edificaciones. En edificios de gran altura, por ejemplo, las vibraciones inducidas por el viento pueden generar incomodidad e incluso afectar la operación de equipos sensibles (Zhu, Li, & Feng, 2025). Por lo tanto, la ingeniería estructural moderna busca diseños que no solo resistan las fuerzas extremas del viento, sino que también aseguren la operatividad y el confort bajo condiciones eólicas normales (Steenbergen, Koster, & Geurts, 2012 y Eastern Engineering Group, 2022).

En el ámbito nacional, esta preocupación se vincula con el hecho de que el Reglamento Nacional de Edificaciones es de cumplimiento obligatorio para las edificaciones proyectadas y ejecutadas en el territorio peruano, y que la Norma Técnica E.020 Cargas establece los criterios para determinar la acción del viento en el diseño estructural, por lo que la representatividad de la información meteorológica utilizada constituye un aspecto técnico clave para la confiabilidad del diseño (MVCS, 2021; SENCICO, 2020). Por ello, el reglamento vigente no debe sustentarse únicamente en apreciaciones generales desfasadas sobre las velocidades de viento, sino en fuentes confiables, datos actuales y antecedentes cuantificables que permitan justificar si la velocidad de diseño usualmente empleada sigue siendo representativa en el Perú.

La situación problemática central de este estudio radica en la posible discrepancia entre las velocidades máximas de viento utilizadas tradicionalmente para el diseño estructural en la ciudad de Pucallpa —basadas en datos históricos que podrían estar desactualizados o ser insuficientemente representativos de las

condiciones locales— y las condiciones eólicas reales actuales y futuras. Esta discrepancia podría conducir a un subdimensionamiento de las estructuras, comprometiendo su seguridad, o a un sobredimensionamiento, generando costos innecesarios.

La ciudad de Pucallpa, ubicado en la región Ucayali de la Amazonía peruana, presenta un contexto geográfico y climatológico particular. Su clima tropical se caracteriza por una alta humedad, precipitaciones significativas y la ocurrencia de eventos de viento fuerte, especialmente aquellos asociados con fenómenos meteorológicos como los "friajes". De acuerdo con la Municipalidad Provincial de Coronel Portillo, Pucallpa registra una humedad relativa anual media de 84.24 %, una temperatura promedio de 26.44 °C, temperaturas máximas observadas de hasta 41 °C y una precipitación anual de 1,752.8 mm; asimismo, los vientos usuales oscilan entre 3 y 5 nudos (1.34-2.23 m/s), pudiendo alcanzar y superar los 20 nudos durante pasajes frontales, con predominio del norte en verano y del sur-este en invierno (Municipalidad Provincial de Coronel Portillo, 2017). El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) ha reportado consistentemente la presencia de fuertes vientos y "friajes" que afectan la región Ucayali, incluyendo la ciudad de Pucallpa. Estos reportes (como los que detallan ráfagas de viento que superan velocidades considerables, ocasionando daños a la infraestructura y representando riesgos para la población) subrayan la importancia de un análisis detallado de las cargas de viento en esta zona. Asimismo, reportes oficiales del INDECI registraron que el 1 de noviembre de 2022 se presentaron temporales con vientos fuertes y lluvias que afectaron viviendas, instituciones educativas, establecimientos de salud y la red de energía eléctrica en la provincia de Coronel

Portillo; del mismo modo, en febrero de 2024 se reportaron daños materiales en la infraestructura del Hospital Regional de Pucallpa y en octubre de 2024 daños materiales en viviendas del distrito de Manantay, evidenciando que la afectación por vientos fuertes en el entorno local no constituye una suposición, sino un hecho documentado (INDECI, 2022; INDECI, 2024a; INDECI, 2024b). Dada la proximidad geográfica y las características climáticas compartidas, es razonable inferir que la ciudad de Pucallpa experimenta condiciones eólicas similares.

El diseño estructural en la ciudad de Pucallpa, se basa en normativas y datos históricos de las cargas ambientales, incluyendo las velocidades máximas del viento. Sin embargo, la teoría del diseño estructural establece que las cargas de diseño deben representar fielmente las solicitaciones reales. Si la variable "velocidades máximas del viento" está subestimada o sobrestimada debido a datos desactualizados, la variable "análisis y diseño de estructuras" podría resultar en elementos estructurales con capacidad o eficiencia inadecuadas, comprometiendo la seguridad o la economía según los principios de resistencia de materiales y estabilidad estructural. En tal sentido, el problema de la investigación no se centra en describir el comportamiento observado de una estructura existente ni en desarrollar un experimento de campo, sino en verificar técnicamente si la velocidad de diseño del viento empleada como referencia normativa resulta suficientemente representativa para el contexto de Pucallpa y cómo su eventual variación puede incidir en las cargas y en las decisiones de análisis y diseño estructural. El clima y los patrones de viento no son estáticos, y pueden experimentar variaciones significativas a lo largo del tiempo debido a factores como el cambio climático y la disponibilidad de datos de medición más recientes y precisos. A nivel global, existe

una creciente preocupación sobre el impacto del cambio climático en los patrones de viento, con estudios que sugieren un potencial aumento en las velocidades del viento y la intensidad de los eventos climáticos extremos, incluyendo en regiones tropicales.

La disponibilidad de mediciones de velocidad del viento más recientes y potencialmente más precisas brinda la oportunidad de refinar la comprensión de los patrones de viento en Pucallpa y por lo tanto a diseños más adecuados y modelos más representativos. Por lo tanto, esta investigación tiene la intención de actualizar la información disponible sobre las velocidades máximas del viento en la ciudad de Pucallpa y evaluar cómo estas actualizaciones impactan en los procedimientos de análisis y diseño de las estructuras, buscando con ello contribuir a la seguridad y eficiencia económica de las construcciones en la zona.

Las normativas peruanas de construcción, como la Norma Técnica E.020 Cargas, la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente y la Norma Técnica E.060 Concreto Armado, establecen directrices para el diseño estructural. La Norma E.020 aborda específicamente las cargas de viento, proporcionando fórmulas y mapas para determinar las velocidades de diseño del viento, enfatizando a menudo la necesidad de utilizar datos meteorológicos actualizados. La presente investigación busca proporcionar información actual sobre la velocidad del viento para Pucallpa, utilizando para su análisis herramientas como software de análisis estructural (SAP2000, ROBOT) y datos obtenidos de SENAMHI o mediante el uso de anemómetros. Fenómenos climáticos regionales como los "friajes" pueden provocar aumentos significativos en las velocidades del viento, representando un riesgo si se diseñan estructuras con datos desactualizados.

En resumen, la situación problemática es la potencial inexactitud de los datos de velocidad de viento utilizados para el diseño estructural en Pucallpa y sus consecuencias. El estudio de las velocidades del viento es un factor fundamental que aplica a todo tipo de edificaciones, con especial énfasis en estructuras metálicas y de gran altura, que por sus características son más susceptibles a los efectos del viento. Para ello, se aplicarán las normativas peruanas vigentes y se utilizarán herramientas de análisis modernas para investigar cómo la actualización de los datos de velocidad del viento influye en el diseño de estas estructuras. En este sentido, la investigación apunta a determinar si la información empleada como referencia para el diseño resulta técnicamente representativa y a evaluar el impacto que su variación puede generar en las cargas de viento, en el análisis estructural y en el diseño de una cobertura metálica proyectada. Este enfoque es crucial para fortalecer la resiliencia de la comunidad local frente a fenómenos eólicos.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la determinación y evaluación de las velocidades máximas del viento aplicadas en el diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025?

1.2.2 Problema específico

- ¿Cuáles son las velocidades máximas del viento determinadas para su aplicación en el diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025?
- ¿Cuál es el efecto de las velocidades máximas del viento determinadas en las cargas de diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025?
- ¿Cuál es el efecto de las cargas de viento en los parámetros de análisis estructural de la I.E. 1220, Pucallpa 2025?
- ¿Cuál es el efecto de los resultados del análisis estructural en el diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Determinar y evaluar el efecto de las velocidades máximas del viento aplicadas en el diseño estructural de la I.E. 1220, Pucallpa 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar las velocidades máximas del viento aplicadas en el diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025
- Determinar el efecto de las velocidades máximas del viento en las cargas de diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025.

- Analizar el efecto de las cargas de viento en los parámetros de análisis estructural de la I.E. 1220, Pucallpa 2025.
- Evaluar el efecto de los resultados del análisis estructural en el diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.4.1 Justificación

La presente investigación se justifica primordialmente por la necesidad crítica de actualizar la información sobre las velocidades máximas del viento en la ciudad de Pucallpa. El porqué de esta investigación radica en el riesgo inherente de utilizar datos históricos que podrían no reflejar con precisión las condiciones eólicas actuales y futuras, especialmente considerando factores como el cambio climático y la disponibilidad de mediciones más recientes y precisas. El para qué es evaluar el impacto de esta actualización en el diseño estructural, con el fin de proporcionar bases técnicas sólidas para la toma de decisiones en la ingeniería local.

Desde una perspectiva teórica, el análisis preciso de las cargas de viento es un pilar fundamental de la ingeniería estructural. Los códigos y normas de construcción, como la Norma E.020 en Perú, y la ASCE 7-22 a nivel internacional, se fundamentan en la mejor comprensión disponible de las fuerzas actuantes. Esta investigación contribuye a la base teórica al buscar mejorar la precisión de los datos de entrada para el diseño de estructuras resistentes al viento en Pucallpa, alineándose con el principio de utilizar datos científicos actualizados para garantizar la validez y aplicabilidad de dichos códigos. La falta de normativa actualizada puede llevar a criterios de diseño que no reflejen condiciones reales.

Socialmente, esta investigación tiene una alta relevancia social, pues

impacta directamente en la seguridad y bienestar de la comunidad de Pucallpa. Un subdimensionamiento estructural debido a datos obsoletos incrementa el riesgo de colapso o daños significativos ante vientos extremos, poniendo en peligro vidas y generando pérdidas materiales. Eventos como los "friajes" pueden causar daños considerables. Asegurar que las edificaciones resistan estas fuerzas es crucial para la resiliencia comunitaria y la protección de sus medios de vida. Además, contribuye a la tranquilidad de los habitantes al saber que las construcciones son seguras frente a las condiciones climáticas locales.

Práctica y económicamente, la actualización de datos de viento tiene implicaciones económicas significativas. El sobredimensionamiento por datos inciertos resulta en costos de construcción innecesariamente altos, mientras que el subdimensionamiento puede generar costos mayores a largo plazo por fallas, reparaciones y pérdidas por interrupción de actividades. Al proporcionar datos actualizados y precisos, esta investigación permite a los ingenieros diseñar de manera más eficiente, optimizando recursos y garantizando seguridad sin gastos excesivos. Esto se traduce en construcciones más seguras y económicas.

En términos metodológicos, el estudio aportará una metodología validada para la recopilación, análisis y aplicación de datos de velocidad del viento en el contexto específico la ciudad de Pucallpa, que podrá ser replicada o adaptada para otras localidades con características similares en la región amazónica.

Desde el punto de vista ambiental, un diseño estructural optimizado, que evite el sobredimensionamiento innecesario de elementos, conlleva un uso más eficiente de los materiales de construcción (cemento, acero, agregados). Esto reduce la demanda de recursos naturales y la energía asociada a su producción y

transporte, disminuyendo la huella de carbono de las construcciones.

Tecnológicamente, la investigación promoverá el uso de herramientas de software de análisis estructural y técnicas de análisis de datos meteorológicos para la toma de decisiones en el diseño, fomentando la adopción de prácticas de ingeniería más avanzadas en el ámbito local.

1.4.2 Importancia

La investigación es viable dado que los objetivos están claramente definidos y la metodología cuantitativa es factible con los recursos disponibles y el cronograma planteado. La sostenibilidad del impacto de la investigación radica en que la información generada (datos de viento actualizados y su influencia en el diseño) servirá de base para futuras normativas locales o para la práctica profesional continua, promoviendo construcciones más seguras y duraderas, lo cual es un pilar de la sostenibilidad del entorno construido.

Los resultados de esta investigación beneficiarán directamente a:

- Ingenieros civiles y diseñadores estructurales que laboran en la ciudad de Pucallpa.
- Empresas constructoras, al permitir diseños más eficientes.
- Autoridades municipales y regionales encargadas de la planificación urbana, la gestión de riesgos y la regulación de construcciones.
- La comunidad académica, al aportar conocimiento específico sobre el comportamiento del viento en la región.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1 Hipótesis general

Las velocidades máximas del viento actualizadas para Pucallpa generan un impacto significativo en el diseño estructural de la I.E. 1220, modificando las exigencias de resistencia y estabilidad de la edificación.

1.5.2 Hipótesis secundarias

- Las velocidades máximas del viento determinadas para Pucallpa son superiores a los valores referenciales establecidos en la norma para el diseño de la I.E. 1220.
- Las cargas de viento obtenidas a partir de las velocidades máximas determinadas para Pucallpa son superiores a las cargas calculadas con los valores referenciales de la norma en el diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025.
- Los parámetros de análisis estructural obtenidos a partir de las cargas de viento actualizadas son superiores a los calculados con los valores referenciales de la norma en la I.E. 1220, Pucallpa 2025.
- Las exigencias de diseño estructural derivadas de la aplicación de las velocidades máximas del viento actualizadas son superiores a las consideradas con los valores referenciales de la norma en la I.E. 1220, Pucallpa 2025

1.6 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

1.6.1 Delimitación espacial

La investigación se desarrolló en la ciudad de **Pucallpa, región Ucayali, Perú**, tomando como caso de estudio la cobertura metálica circular de la **Institución Educativa N.° 1220**. El análisis se concentró en las velocidades máximas del viento correspondientes al entorno geográfico de Pucallpa y en su influencia sobre el comportamiento y diseño estructural de dicha cobertura.

Los resultados no se generalizaron a todas las instituciones educativas ni a otras ciudades, debido a que cada zona presenta condiciones meteorológicas, topográficas y estructurales particulares.

1.6.2 Delimitación social

La investigación se desarrolló dentro del ámbito de la ingeniería civil y estuvo orientada a profesionales, investigadores y estudiantes relacionados con la meteorología aplicada, el análisis estructural y el diseño de estructuras metálicas.

No se realizaron encuestas ni entrevistas a la población. La unidad de análisis estuvo constituida por los registros de velocidad del viento y por el modelo estructural de la cobertura metálica circular de la I.E. N.° 1220.

1.6.3 Delimitación temporal

La investigación consideró registros históricos de velocidades máximas del viento disponibles para Pucallpa, correspondientes a los periodos analizados de las estaciones meteorológicas del SENAMHI: Pucallpa Manual, Callería Automática y Pucallpa Automática, con información registrada hasta el año 2025.

Asimismo, se consideraron registros puntuales de SENAMHI y mediciones obtenidas mediante una estación propia de monitoreo. El análisis del caso de estudio correspondió al periodo de investigación establecido para el año 2025, con énfasis en los meses de agosto a octubre, considerados relevantes para la ocurrencia de ráfagas desfavorables.

1.6.4 Delimitación conceptual

La investigación se limitó a determinar y evaluar las velocidades máximas del viento y su efecto en las cargas, el comportamiento y el diseño estructural de la cobertura metálica circular de la I.E. N.° 1220.

El análisis comprendió la comparación entre la velocidad normativa de **75 km/h** y una velocidad crítica de verificación de **85 km/h**. Se calcularon las presiones y fuerzas de viento, así como las variaciones en las fuerzas axiales, fuerzas cortantes, momentos flectores, desplazamientos y ratios de demanda/capacidad, aplicando la Norma Técnica E.020, la Norma Técnica E.090 y los criterios de la AISC 360-16.

El estudio se realizó mediante modelamiento computacional y no incluyó ensayos físicos en túnel de viento. Tampoco comprendió el análisis detallado de otras acciones ambientales, como sismos, lluvias o temperatura; el estudio de fatiga por cargas cíclicas; la influencia específica de edificaciones vecinas; ni el diseño completo de las cimentaciones.

1.7 VARIABLES

1.7.1 Definición conceptual

Variable Independiente: Velocidades máximas del viento

Dimensión 1: Velocidad máxima

Variables dependientes: Comportamiento y diseño estructural

Dimensión 1: Cargas de viento

Dimensión 2: Parámetros de análisis estructural

Dimensión 3: Parámetros de diseño estructural

1.7.2 Definición operacional

Tabla 1: Operacionalización de variables, dimensiones e indicadores

Variable	Definición Operacional	Dimensiones	Sub dimensiones	Indicadores	Unidad	Tipo de variable	Escala de Medición	Instrumento/Fuente
V.I. **Velocidades máximas del viento**	Comprende el análisis de registros de velocidades máximas de ráfaga provenientes de estaciones meteorológicas, fuentes oficiales y medición propia en Pucallpa, a partir de los cuales se determinó la velocidad de viento de referencia o crítica utilizada en la evaluación estructural comparativa del caso de estudio.	Velocidad máxima	Magnitud	Velocidades máximas de ráfaga recopiladas de datos históricos y recientes.	km/h	Cuantitativa	Razón continua	Estaciones meteorológicas, Anemómetros, Registros de datos del SENAMHI

V.D. **Cargas de viento, Parámetros de Análisis y Diseño estructural**	Comprende la evaluación de los efectos de las velocidades de viento consideradas sobre las cargas aplicadas, las solicitaciones internas, los desplazamientos y la verificación de los perfiles estructurales de la cobertura metálica circular proyectada.	Cargas de viento	Presiones	Presiones de viento sobre las superficies de la estructura	tonf/m2	Cuantitativa	Razón continua	Software de modelado estructural
		Parámetros de Análisis	Solicitaciones internas	Fuerza axial	tonf	Cuantitativa	Razón continua	Software de análisis estructural, Norma E.020
				Momentos flectores	tonf*m	Cuantitativa	Razón continua	Software de análisis estructural, Norma E.020
				Fuerzas cortantes.	tonf	Cuantitativa	Razón continua	Software de análisis estructural, Norma E.020
		Parámetros de Diseño	Deformaciones	Desplazamientos máximos de la estructura.	mm	Cuantitativa	Razón continua	Software de análisis estructural.
			Dimensionamiento de elementos	Ratios de demanda y capacidad.	Adimensional	Cuantitativa	Razón	Normativa E090

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Antecedentes internacionales

La investigación de Cabrera Acevedo y Salinas Ruiz (2024) realizada en un contexto andino “Análisis del comportamiento dinámico por cargas de viento por cargas de viento en una estructura de altura con sistema dual”, buscaron determinar la respuesta estructural de un edificio de 14 niveles (37.9 m) ante perfiles de viento actualizados según la ASCE 7-22. El estudio correlacional, mediante modelado en ETABS aplicando ráfagas variables con la altura mostró resultados críticos: en los niveles superiores, los desplazamientos laterales por viento (derivas de 0.004) alcanzaron magnitudes que competían con las solicitaciones sísmicas en términos de confort (aceleraciones). La conclusión principal determinó que las normativas locales desactualizadas subestiman significativamente las fuerzas de succión en las esquinas superiores de edificaciones de mediana altura, recomendado factores de amplificación para el diseño de fachadas y elementos de cierre.

Rodríguez Fernández et al. (2024), en su artículo científico “Procedimiento para la simulación de las cargas de viento extremo en alas cubiertas ligeras metálicas” tuvieron el objetivo de modelar el comportamiento de cubiertas ante huracanes utilizando el método de elementos finitos. El enfoque fue cuantitativo-explicativo con simulaciones dinámicas. Los resultados revelaron que las tensiones máximas de Von Mises se concentran críticamente en el perímetro de los agujeros de las fijaciones (tornillos), superando el límite de fluencia del acero

en ráfagas de 3 segundos, esto provoca el inicio del fallo por desgarramiento local de la chapa. Concluyeron que el diseño estático tradicional es insuficiente para eventos extremos, sugiriendo reforzar la densidad de fijaciones en las zonas perimetrales y esquinas de la cobertura para evitar el colapso por succión.

Hintermaier y Lin (2024) en su artículo *"An Investigation of Climate Change Effects on Design Wind Speeds along the US East and Gulf Coasts"* se propusieron investigar el aumento esperado en las velocidades de diseño del viento debido al aumento de la actividad de ciclones tropicales (CT) como consecuencia del cambio climático, y los niveles de riesgo resultantes si este efecto no se tiene en cuenta en los mapas de velocidad de diseño del viento de la ASCE 7. La metodología empleó métodos no estacionarios utilizando datos sintéticos de CT reducidos de las últimas proyecciones climáticas globales (CMIP6) para el escenario de altas emisiones (SSP5-8.5). El diseño se caracterizó como una investigación cuantitativa basada en simulaciones, utilizando proyecciones de modelos climáticos y métodos estadísticos para modelar y analizar el impacto del cambio climático en las velocidades de diseño del viento. La muestra consistió en 881 condados que experimentaron más de 100 CT pasando a menos de 200 km tanto en simulaciones climáticas pasadas como futuras. Los instrumentos utilizados incluyeron datos sintéticos de ciclones tropicales generados a partir de CMIP6 bajo el escenario de emisiones SSP5-8.5, el modelo de viento gradiente de Holland (1980) para calcular las velocidades del viento, una distribución de Pareto generalizada (GPD) para modelar las velocidades máximas del viento de los CT sintéticos y datos de velocidad del viento no relacionados con CT obtenidos de Pintar et al. (2015). Los resultados

mostraron que, a lo largo del siglo XXI, los vientos con un período de retorno de 50 años aumentarían en promedio alrededor del 10 % a lo largo de las costas del Golfo y del Atlántico de EE. UU. Las velocidades de diseño del viento (dirigidas a la probabilidad de excedencia de por vida) se proyectan que aumentarán en promedio entre un 3 % y un 6 % para todos los condados estudiados y entre un 6 % y un 15 % para los condados costeros. Una proporción significativa de estructuras de las categorías de riesgo II a IV experimentarían probabilidades de excedencia de por vida proyectadas que serían al menos dos categorías de riesgo demasiado bajas si no se considera el cambio climático en el diseño. En conclusión, el cambio climático probablemente causará un aumento significativo en las velocidades de diseño del viento a lo largo de las costas este y del Golfo de EE. UU., y que los mapas de velocidad del viento de diseño actuales de la ASCE 7, que no consideran el cambio climático, pueden llevar a que muchas estructuras se diseñen con niveles de riesgo inaceptablemente altos. Por lo tanto, existe la necesidad de actualizar los códigos de construcción y las prácticas de diseño para tener en cuenta los efectos del cambio climático en los eventos de viento extremo.

Subramaniam et al. (2024) en su investigación *"Influence of Across-Wind on Rectangular Tall Buildings"*, investigaron el efecto de las cargas de viento, específicamente el cortante basal y el momento a través del viento, en edificios altos rectangulares con varias relaciones de aspecto. La metodología empleó métodos experimentales, el diseño consistió en seis modelos con secciones rectangulares. Tres modelos midieron 20 m × 60 m con diferentes alturas (140 m, 160 m y 180 m), lo que resultó en relaciones de aspecto de 1:3:7, 1:3:8 y 1:3:9.

Los otros tres modelos midieron 20 m × 80 m con las mismas alturas variables, lo que resultó en relaciones de aspecto de 1:4:7, 1:4:8 y 1:4:9. Se realizaron pruebas tanto en terrenos abiertos como urbanos. La muestra consistió en seis modelos a escala de edificios altos rectangulares con diferentes relaciones de aspecto. Como instrumento se usó un túnel de viento de capa límite en RWDI, Trivandrum, India, donde se empleó el método de equilibrio de fuerzas de alta frecuencia para medir las cargas de viento en los modelos rígidos, y el software Ansys Fluent 2024 para las simulaciones numéricas, utilizando el modelo de turbulencia k-Ɛ. Los resultados mostraron que la relación de aspecto y la altura de los edificios rectangulares tenían un impacto significativo en las fuerzas a través del viento. A medida que aumentaba la relación de aspecto o la altura, las fuerzas generalmente aumentaban. El terreno influyó en las fuerzas, con variaciones observadas entre las disposiciones de los códigos australiano e indio y los resultados experimentales. Se desarrolló una nueva fórmula para estimar el coeficiente del espectro a través del viento, que mostró una buena correlación con los valores de los códigos indio y australiano. Los resultados del CFD también concordaron con los momentos y las fuerzas obtenidos de estos códigos.

Gambia Leiva (2023), en su investigación “Guía práctica para la estimación de cargas de viento en estructuras y desarrollo de herramienta computacional”, planteó como objetivo estandarizar al cálculo de presiones eólicas comparando el reglamento nacional con estándares internacionales para su aplicación en consultoría estructural. La investigación aplicada analizó factores de forma y topográficos, validando una herramienta de automatización en casos reales. Los resultados validaron que la aplicación rigurosa de coeficientes de presión externa

(Cp) y factores de ráfaga *(G)* según la geometría especifica puede variar la carga de diseño en ±15 % respecto a métodos simplificados manuales. Se concluyó que la automatización del análisis de viento es crucial para evitar errores humanos en la interpretación de mapas eólicos actualizados y topografías complejas.

La investigación de Das Gupta, et al. (2020) titulada *"Structural Analysis of a High-Rise Building under Strong Winds Using ETABS"* planteó el objetivo de analizar y comparar la severidad del efecto de las fuerzas del viento en un edificio de gran altura, aplicando el Código Nacional de Construcción de Bangladesh (BNBC 2006), con ello buscó predecir el desplazamiento y la deriva entre pisos, así como la funcionalidad de un edificio de hormigón armado (RC) bajo diferentes velocidades de viento. La metodología consistió en analizar el plano de un edificio de diez pisos utilizando el software informático ETABS (versión 9.6.0). Se consideraron doce variaciones de velocidad del viento, que oscilaron entre 150 km/h y 260 km/h. El edificio se modeló en tres dimensiones con soportes fijos, y el análisis se llevó a cabo de acuerdo con el código BNBC 2006. El diseño involucró un edificio de RC de diez pisos con una altura total de 110 pies (planta baja de 10 pies y una altura típica de cada piso de 10 pies). Los elementos estructurales (columnas, vigas y losas) se diseñaron considerando las cargas gravitatorias con un factor de seguridad para las cargas laterales. La resistencia del hormigón (f'c) se consideró de 4000 psi y la resistencia a la fluencia del acero dulce (fy) de 60 ksi. Las cargas de diseño (carga muerta, pared divisoria, acabado del piso y carga viva) se determinaron según las disposiciones del BNBC. El edificio se consideró un marco especial resistente a momentos (SMRF) para la resistencia a las fuerzas laterales. La muestra consistió en el plano de un único

edificio de diez pisos en Bangladesh. Los resultados revelaron que el desplazamiento máximo ocurrió a una velocidad del viento de 260 km/h, con un valor de 12.9 pulgadas y una deriva del piso superior de 0.0191 a 110 pies. El desplazamiento más bajo (8.875 pulgadas) y el valor de deriva (0.0153) se encontraron a una velocidad del viento de 150 km/h para la misma altura. El incremento máximo en la deflexión fue aproximadamente del 46.20 % a 260 km/h en comparación con 150 km/h. La deriva entre pisos aumentó tanto con la velocidad del viento como con la altura de la estructura, mostrando un patrón de variación similar para todas las velocidades de viento consideradas. En conclusión, el incremento de desplazamiento para diferentes velocidades de viento con el aumento de la altura muestra un patrón similar. El desplazamiento máximo y la deriva del piso superior se observaron a la velocidad del viento más alta de 260 km/h. Las derivas entre pisos siguieron una tendencia similar con el aumento de la velocidad del viento para la altura de la estructura. Los hallazgos sugieren que el desplazamiento y la deriva entre pisos de los edificios de RC diseñados según el BNBC 2006 se pueden predecir con una precisión razonable para velocidades de viento que oscilan entre 150 km/h y 260 km/h.

Park et al. (2019) realizaron la investigación *"Wind Effects on a Tall Building with Square Cross-Section and Mid-Side Base Columns: Database-Assisted Design Approach"*. El objetivo de este trabajo fue ilustrar la aplicación del método de diseño asistido por base de datos (DAD) al diseño eólico de edificios de gran altura, comparando las respuestas de un edificio de gran altura con sección transversal cuadrada y columnas de base laterales medias a vientos de esquina y vientos frontales. El diseño de la investigación se centró en un edificio de 49 pisos

con una sección transversal horizontal cuadrada, similar al Citicorp Building, y comparó dos direcciones principales del viento: vientos frontales (viento normal a una cara del edificio, 0°, 90°, 180°, 270°) y vientos de esquina (viento actuando a un ángulo de 45° con respecto a una cara, 45°, 135°, 225°, 315°). La muestra consistió en un modelo numérico de un edificio alto basado en el sistema estructural del Citicorp Building, con datos aerodinámicos derivados de un modelo de túnel de viento probado en la Universidad Politécnica de Tokio. Los instrumentos principales fueron los datos de presión del túnel de viento de la base de datos aerodinámica de la TPU, que proporcionaron historiales de tiempo de las presiones del viento en 500 ubicaciones de tomas de presión en un modelo de edificio, y el software de análisis numérico (SAP 2000) para realizar el análisis estructural, incluido el análisis dinámico y el cálculo de los momentos de vuelco y los DCI. Los resultados indicaron que los vientos de esquina eran menos exigentes que los vientos frontales para la configuración del edificio estudiada, con momentos de vuelco a lo largo del viento y a través del viento aproximadamente un 20 % y un 50 % más bajos, respectivamente, y fuerzas axiales máximas en las columnas inducidas por los vientos de esquina un 20 % - 30 % más bajas que las causadas por los vientos frontales. Las conclusiones fueron que, para el edificio analizado, los vientos frontales resultan en demandas estructurales más críticas que los vientos de esquina, lo que respalda la interpretación del código de construcción de la ciudad de Nueva York de principios de la década de 1970, que permitía que el diseño para viento de estructuras con planta cuadrada se realizara asumiendo que las cargas de viento actuaban normalmente a una cara del edificio.

2.1.2 Antecedentes nacionales

No se identificó investigaciones que se enfoquen directamente en el impacto de las velocidades del viento en el análisis y diseño estructural en Perú; sin embargo, se encontraron algunos resultados relacionados con energía eólica y el impacto del viento en diversos aspectos las que se detallan:

La investigación de Anchapuri et al. (2023) titulado “Determinación de la velocidad máxima de viento a partir de iteraciones de carga en torre auto soportada en el proceso análisis estructural aplicando el software MS Tower” se centraron en la determinación de la velocidad máxima de viento que pueden resistir las torres de telecomunicaciones auto soportadas con diferentes perfiles de sección. La metodología de investigación se basó en el análisis estructural de torres auto soportadas con montantes de sección tubular, las cuales fueron sometidas a cambios de sección UV. Los instrumentos de recolección de datos fueron el software MS Tower para el análisis estructural y la normativa TIA/EIA 222 G. La muestra analizada comprendió tres modelos de torres específicos con alturas de 36m, 48m y 60m. El software MS Tower fue el instrumento principal para la realización del análisis estructural y la iteración de cargas. Los resultados determinaron las velocidades máximas de viento que las torres podían resistir. Los modelos modificados con elementos angulares solo soportaban una fracción de la carga de viento especificada en los estándares cubanos (NC 285: 2003), lo que equivalía a velocidades máximas de viento de estimándose en 144 km/h, 96 km/h y 80 km/h para las torres de 36 m, 48 m y 60 m respectivamente. En conclusión, se evidencia las limitaciones estructurales de los modelos de torres analizados bajo cargas de viento y la importancia de un análisis detallado para garantizar la

seguridad y la estabilidad de la infraestructura de telecomunicaciones en Perú.

Dávila y Orihuela (2023) en su investigación “Cálculo y diseño estructural de una nave industrial aplicando la normativa AISC en la ciudad de Juliaca” se plantearon diseñar una estructura capaz de resistir las cargas combinadas de granizo y viento fuerte. La investigación descriptiva-aplicada utilizó el método LRFD, reveló en sus resultados que los elementos secundarios (arriostres laterales y correas de techo) trabajaban al 85 % de su capacidad debido exclusivamente a la succión y presión del viento, superando las demandas sísmicas. La conclusión principal resaltó que, en naves industriales ligeras, la carga de viento gobierna el diseño de los elementos de cierre y conexiones; por tanto, el dimensionamiento de estos componentes no debe regirse por gravedad sino por la envolvente de vientos máximos para evitar fallas locales.

La investigación de Poma y Mendoza (2023) titulada “Influencia de las fuerzas de viento basado en un análisis virtual CFD de túnel de viento y su análisis comparativo según la normativa E.020 y ASCE/SEI 7-16 en la respuesta estructural de edificios altos en la ciudad de Lima”, se centró en determinar la influencia de las cargas dinámicas de viento en el diseño estructural de edificios altos a través de un análisis CFD y un ensayo virtual de túnel de viento en el software “Robot Structural” aplicado a modelos de edificaciones altas de 30, 40 y 45 niveles en la ciudad de Lima. La metodología implicó la realización de simulaciones virtuales de túnel de viento en edificios altos en Lima. Los instrumentos de recolección de datos fueron el software Robot Structural para simulaciones CFD, la norma peruana E.020 y la norma americana ASCE/SEI 7-16. En los resultados, las fuerzas de la simulación de túnel de viento tuvieron

mayor incidencia en las torres de 40 y 45 niveles, incrementando las fuerzas cortantes hasta un 15 % más que las fuerzas de sismo. Los momentos de volteo se incrementaron hasta en un 20 % más respecto a la acción del viento. Las simulaciones de viento en las direcciones de 45 y 135 grados generaron momentos torres considerables en las estructuras analizadas, aunque los momentos torres por la acción del sismo predominaron en todas las torres. Las fuerzas encontradas para el diseño de los elementos estructurales de concreto armado sufrieron variaciones considerables en las torres de 40 y 45 niveles, con incrementos de momento en las combinaciones de diseño que aumentaron hasta 800 % y 700 % respectivamente. La torre de 30 niveles tuvo los menores incrementos. Las fuerzas de viento calculadas por la NTP E.020 sobrestiman las cargas calculadas en comparación con el ensayo virtual de túnel de viento, mientras que el código americano ASCE7/16 subestima las cargas calculadas por simulación. En conclusión, las fuerzas de viento simuladas en túnel de viento virtual tuvieron una mayor incidencia en las torres de 40 y 45 niveles en comparación con la torre de 30 niveles. Estas fuerzas de viento incrementaron las fuerzas cortantes y los momentos de volteo en mayor medida que las fuerzas sísmicas en los edificios más altos. Además, se observó que la normativa peruana E.020 sobreestima las cargas de viento en comparación con la simulación virtual, mientras que el código americano ASCE7/16 las subestima. Así mismo, si bien los momentos torres fueron generados por el viento, predominaron los momentos torres por la acción sísmica. Finalmente, se determinó que los desplazamientos y las derivas no representaron un riesgo estructural significativo para los edificios analizados.

Jara (2022) realizó el estudio “Evaluación de dos soluciones de sistemas de coberturas metálicas para edificaciones industriales de 30 metros de luz en Lima”. El objetivo fue mitigar los daños por cargas de viento mediante el diseño de conexiones. El estudio experimental analizó 174 grupos de muestras de conexión. Los resultados determinaron que el uso de apoyos deslizantes en forma de “L” permite disipar mejor la energía del viento, reduciendo la transferencia de momentos a las columnas en un 20 % comparado con conexiones rígidas. Concluyó que la flexibilidad controlada en los apoyos de la cobertura evita la fatiga del material ante cargas cíclicas de viento.

2.1.3 Antecedentes locales

No se han encontrado investigaciones específicas realizadas en Ucayali, Perú, que se centren directamente en las actualizaciones e impacto de las velocidades máximas del viento para el análisis y diseño de estructuras dentro del periodo 2015-2025, utilizando los términos de búsqueda y las fuentes proporcionadas. La búsqueda en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali y otros recursos no arrojó resultados que coincidieran con estos criterios específicos; sin embargo, se hace referencia estas investigaciones:

Carrasco Arévalo (2025) en su investigación “Propuesta de diseño de cobertura metálica parabólica con cercha triangular para el Polideportivo de San Pablo de Tushmo, Ucayali”, buscó optimizar la estructura de techo ante las condiciones climáticas de la selva. El estudio aplicativo-descriptico diseño una cobertura de gran luz (30 m) bajo las condiciones climáticas reales de la zona. Mediante el modelado comparativo, los resultados demostraron que la configuración de cercha triangular (tri-articulada) permitió una reducción del peso

estructural de acero en un 24.13 % respecto a la propuesta original de vigas de alma llena, cumpliendo estrictamente con los límites de deriva y deflexión ante la velocidad normativa de vientos de la región (75 km/h normativo). Concluyo que la geometría parabólica no solo es eficiente mecánicamente, sino que actúa como un disipador aerodinámico natural, favoreciendo el flujo del viento y el drenaje pluvial inmediato, factores determinantes críticos para la durabilidad en Ucayali.

Guadalupe-Zevallos et al. (2024), en su estudio “Conservación del ambiente y conciencia ecológica en adolescentes de la Amazonía Peruana”, aportaron el marco contextual sobre la sostenibilidad de las infraestructuras educativa en la selva. El estudio descriptivo con una muestra de 120 estudiantes evidenció la necesidad urgente de contar con infraestructuras resilientes capaces de resistir el entorno climático cambiante sin interrumpir el servicio educativo. Aunque su enfoque cualitativo, sus conclusiones contextualizan la importancia de aplicar factores de seguridad robustos en el diseño de Instituciones Educativas como la I.E. 1220, estableciendo que la resistencia ante eventos extremos es un componente fundamental de la adaptación al cambio climático y la continuidad del servicio escolar en la Amazonía.

2.2 BASES TEÓRICAS

Las bases teóricas del presente estudio se organizan de acuerdo con las variables de investigación: (i) velocidades máximas del viento, como variable independiente, y (ii) análisis y diseño de estructuras, como variable dependiente. Esta organización permite explicar, de manera lógica y técnica, la cadena causal que sustenta la investigación: la velocidad del viento condiciona la presión dinámica; la presión dinámica se transforma en carga de viento; la carga de viento

modifica las solicitaciones internas y desplazamientos; y dichas variaciones terminan incidiendo en la verificación y el diseño final de la estructura.

2.2.1 Viento como fenómeno atmosférico

El viento es el movimiento del aire originado principalmente por diferencias de presión atmosférica entre dos regiones. Estas diferencias están asociadas al calentamiento desigual de la superficie terrestre, la rotación del planeta, la rugosidad del terreno y la configuración topográfica local. Desde el punto de vista de la ingeniería, el interés no se concentra únicamente en la dirección del flujo, sino en su intensidad, variabilidad temporal y capacidad para producir presiones y succiones sobre las superficies expuestas. Por ello, el viento se estudia como una acción ambiental variable, de naturaleza dinámica, cuyo efecto puede amplificarse cuando interactúa con cubiertas livianas, estructuras metálicas, elementos esbeltos o configuraciones geométricas sensibles a la succión (ASCE, 2022; Holmes, 2015).

En términos prácticos, es importante distinguir entre velocidad media, ráfaga y velocidad extrema. La velocidad media representa un valor promedio medido en un intervalo determinado; la ráfaga corresponde a un pico instantáneo de corta duración; y la velocidad extrema alude a los valores máximos observados o estimados dentro de una serie temporal, generalmente asociados a periodos de retorno específicos. En diseño estructural, esta diferencia es decisiva porque las fallas locales y globales no son producidas por el viento promedio, sino por las acciones máximas que generan estados críticos de carga sobre la estructura.

2.2.2 Magnitud, variabilidad y medición del viento

La magnitud del viento suele expresarse en m/s o km/h y se mide mediante anemómetros instalados en estaciones meteorológicas o en puntos de observación específicos. Sin embargo, el valor registrado depende de la altura del sensor, el entorno inmediato, la categoría de exposición, la rugosidad del terreno y el intervalo de promediación empleado. Por esa razón, los datos de viento no pueden interpretarse de manera aislada. Una misma ciudad puede presentar diferencias apreciables entre registros según la localización de las estaciones, la presencia de edificaciones circundantes o el comportamiento estacional de la atmósfera.

La variabilidad del viento se explica por factores de escala regional y local. En la Amazonía peruana, por ejemplo, la circulación atmosférica se ve influenciada por procesos convectivos, lluvias intensas, pasajes frontales y eventos de friaje. En este contexto, la variabilidad adquiere relevancia ingenieril porque obliga a verificar si la velocidad normativa utilizada para diseño continúa siendo representativa o si, por el contrario, el comportamiento observado sugiere la necesidad de revisar el valor de referencia empleado. Desde esta perspectiva, actualizar velocidades máximas no significa sustituir arbitrariamente la norma, sino contrastar su representatividad frente a información más reciente, confiable y localmente pertinente.

2.2.3 Teoría de presión dinámica

La teoría de presión dinámica constituye uno de los fundamentos físicos del diseño por viento. En mecánica de fluidos, la energía cinética del aire en movimiento se traduce en una presión capaz de actuar sobre una superficie

expuesta. De manera simplificada, la presión dinámica se expresa mediante la relación:

$$q = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$$

donde q es la presión dinámica, ρ es la densidad del aire y V es la velocidad del viento. Esta expresión demuestra que la presión no crece linealmente con la velocidad, sino con su cuadrado. En consecuencia, un aumento relativamente pequeño en la velocidad puede producir un incremento mucho mayor en la presión actuante. Este principio explica por qué la determinación correcta de la velocidad de diseño es esencial para el cálculo estructural.

En el caso peruano, la Norma Técnica E.020 del Reglamento Nacional de Edificaciones traduce ese principio físico en expresiones de cálculo aplicables al diseño. Para la velocidad a una altura h establece la relación:

$$Vh = V \cdot \left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

y para la presión o succión exterior del viento dispone la expresión:

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

donde Vh es la velocidad de diseño a la altura h, V es la velocidad de diseño hasta 10 m de altura, C es el factor de forma adimensional y Ph es la presión o succión del viento. Estas expresiones confirman que la variable independiente del estudio -las velocidades máximas del viento- incide directamente en la cuantificación de la carga eólica que se aplicará posteriormente en el modelo estructural (MVCS, 2006).

2.2.4 Periodo de retorno y estadística de valores extremos

El análisis de velocidades máximas de viento no se limita a identificar valores aislados, sino que requiere interpretar su frecuencia de ocurrencia y su probabilidad de excedencia. Para ello se emplea la estadística de valores extremos, disciplina que trabaja con series de máximos anuales o con eventos extremos seleccionados bajo criterios de independencia temporal e hidrometeorológica. En este marco, el periodo de retorno T representa el intervalo medio esperado entre eventos que igualan o superan una determinada magnitud y se relaciona con la probabilidad anual de excedencia p mediante la expresión:

$$T = \frac{1}{p}$$

Debe precisarse que un periodo de retorno de 50 años no significa que el evento ocurra exactamente cada 50 años, sino que, en promedio, la probabilidad anual de excedencia es de 1/50. En ingeniería de viento, este concepto permite vincular el nivel de amenaza con el nivel de diseño adoptado, razón por la cual su uso es frecuente en normas y estudios probabilísticos de acciones ambientales extremas.

Para modelar extremos suelen emplearse distribuciones como Gumbel o, de manera más general, la familia de distribuciones de valor extremo generalizado (GEV), que incluye a la propia Gumbel, Fréchet y Weibull como casos particulares. En forma simplificada, el cuantil asociado a un periodo de retorno T en una distribución de Gumbel puede expresarse como:

$$xT = \mu - \beta * ln\left[-ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right]$$

donde xT es el valor extremo asociado al periodo de retorno T, μ es el parámetro de localización y β el parámetro de escala. Esta formulación permite estimar una velocidad extrema teórica asociada a una probabilidad anual de excedencia determinada, siempre que se disponga de una base de datos suficientemente homogénea y extensa.

No obstante, la aplicación rigurosa de la estadística de valores extremos exige series históricas continuas, comparables y técnicamente consistentes. En estudios de viento, ello supone contar con registros obtenidos bajo procedimientos de medición uniformes, instrumentos con resolución adecuada para captar ráfagas máximas, datos sin censura instrumental y series temporales suficientemente extensas para representar la variabilidad natural del fenómeno. Cuando la base de datos presenta vacíos temporales, cambios en el tipo de instrumentación o diferencias en la forma de registro, la estimación probabilística del periodo de retorno pierde robustez y debe interpretarse con cautela.

En el caso de la presente investigación, la información histórica disponible presentó limitaciones asociadas a la discontinuidad temporal, la existencia de registros manuales, diferencias entre estaciones automáticas y manuales, registros puntuales de eventos extremos y posibles límites de medición instrumental. Estas condiciones impiden asumir los resultados como una actualización normativa definitiva de la velocidad básica de viento para Pucallpa. Sin embargo, sí permiten desarrollar una estimación referencial y comparativa de velocidades extremas, siempre que los resultados sean interpretados dentro de sus restricciones técnicas.

Por tal motivo, en esta investigación se aplicó la distribución de Gumbel mediante el método de momentos sobre las series de máximos anuales disponibles, con la finalidad de estimar velocidades asociadas a un periodo de retorno de 50 años. Este procedimiento fue utilizado como criterio técnico de contraste frente al valor normativo de 75 km/h establecido por la Norma Técnica E.020 Cargas, y no como sustitución del mapa eólico nacional ni como propuesta normativa oficial.

Los valores obtenidos mediante Gumbel se interpretaron como estimaciones referenciales de apoyo para la selección de una velocidad crítica de verificación estructural. En ese sentido, la estación Pucallpa Manual fue considerada como fuente principal de validación por contar con la serie histórica más extensa, mientras que las estaciones automáticas fueron empleadas como fuentes de control para contrastar la tendencia de los resultados. Asimismo, cuando se identificaron registros con límites de medición o datos censurados, estos fueron reconocidos como una fuente de incertidumbre que puede inducir una subestimación de las velocidades extremas reales.

En consecuencia, la presente investigación no pretende reemplazar un estudio probabilístico integral de amenaza eólica para Pucallpa, sino aportar evidencia técnica sobre la posible insuficiencia del valor normativo de referencia y sustentar la necesidad de verificar estructuras ligeras expuestas al viento con escenarios conservadores. En esa línea, la construcción futura de una base de datos continua, homogénea y de mayor cobertura temporal permitiría perfeccionar la caracterización probabilística del viento extremo en la zona de estudio y definir con mayor precisión velocidades de diseño locales.

2.2.5 Normativa E.020 del RNE y antigüedad del criterio eólico

En el Perú, la referencia normativa principal para cargas de viento es la Norma Técnica E.020 Cargas, incorporada al Reglamento Nacional de Edificaciones mediante el Decreto Supremo N.° 011-2006-VIVIENDA. El Reglamento Nacional de Edificaciones es de cumplimiento obligatorio para las entidades públicas y para las personas naturales o jurídicas que proyecten o ejecuten edificaciones en el territorio nacional. Dentro de la E.020, la velocidad de diseño hasta 10 m de altura debe tomarse de acuerdo con la zona de ubicación de la edificación y no puede ser menor de 75 km/h. La misma norma establece, además, el cálculo de la velocidad con la altura y de la presión exterior del viento mediante las expresiones señaladas anteriormente (MVCS, 2006; MVCS, 2021).

Desde el punto de vista teórico, la observación crítica no recae solo en la vigencia legal de la norma, sino en la actualidad del criterio eólico empleado como base de diseño. La versión legal vigente del RNE data de 2006; sin embargo, el mapa eólico utilizado en la E.020 responde a un enfoque técnico de larga data, por lo que su representatividad debe contrastarse con información meteorológica más reciente cuando esta exista y sea confiable. Este punto es relevante porque la propia E.020 precisa que el mapa eólico sirve de guía y que, si hubiera mediciones confiables en la zona en cuestión, podrá adoptarse la velocidad proveniente del estudio. En consecuencia, la investigación no se opone a la norma, sino que se sitúa dentro de su lógica técnica: verificar si la velocidad empleada para diseño continúa siendo representativa para el caso estudiado.

Como referente internacional, las disposiciones de cargas de diseño se actualizan de forma periódica. ASCE señala que la norma ASCE/SEI 7-22 es la edición vigente de su estándar de cargas mínimas y que el desarrollo de estándares se realiza, en general, bajo ciclos de revisión de cinco años. Asimismo, en la difusión técnica de ASCE 7-22 se destacan cambios recientes en los procedimientos de viento, en los coeficientes externos y en el tratamiento de ciertos sistemas expuestos. Este contraste evidencia que, en el ámbito internacional, la acción del viento es objeto de actualización continua (ASCE, 2022).

2.2.6 Condiciones climáticas de Pucallpa

La caracterización climática local es indispensable para que la variable 'velocidades máximas del viento' no sea tratada de manera abstracta. En el caso de Pucallpa, la Municipalidad Provincial de Coronel Portillo reporta una humedad relativa anual media de 84.24 %, una temperatura promedio de 26.44 °C, una temperatura máxima observada de 41 °C y una precipitación anual de 1,752.8 mm. Asimismo, señala que los vientos son generalmente flojos con eventos extremos ocasionales, con magnitudes entre 3 y 5 nudos (1.34-2.23 m/s), aunque durante pasajes frontales algunas veces alcanzan 30 nudos. La dirección predominante del viento es al norte durante el verano y al sur-este durante el invierno. Esta misma caracterización describe la influencia de los friajes en los meses de julio, agosto y septiembre, asociados a vientos secos y fríos provenientes del sur (Municipalidad Provincial de Coronel Portillo, 2017).

Por su parte, el SENAMHI ha advertido, en avisos de friaje para la selva, que estos eventos pueden presentarse con lluvias, descargas eléctricas y ráfagas de viento de más de 45 km/h (SENAMHI, 2025). Aunque dichos valores no equivalen por sí solos a la velocidad de diseño de la estructura, sí demuestran que el entorno climático de Pucallpa presenta episodios atmosféricos que modifican temporalmente la demanda por viento. En tal sentido, las condiciones climáticas locales funcionan como sustento contextual para la revisión técnica de la velocidad empleada en el diseño.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- Análisis estructural: Es el conjunto de procedimientos mediante los cuales se determinan las fuerzas internas (como esfuerzos y momentos) y las deformaciones que experimenta una estructura bajo la acción de cargas externas, como las cargas de viento. El análisis estructural es un paso fundamental en el proceso de diseño (Kassimali, 2011).
- Anemómetro: Instrumento utilizado para medir la velocidad del viento. (World Meteorological Organization, 2018).
- Carga de viento: Es la fuerza total ejercida por el viento sobre una estructura o sus componentes. Esta carga se calcula típicamente como una presión (fuerza por unidad de área) actuando sobre las superficies expuestas de la estructura (MVCS, 2006a).
- Coeficiente de forma (o factor de forma): Parámetro adimensional utilizado en el cálculo de la carga de viento que depende de la forma y orientación de la estructura o elemento estructural con respecto a la dirección del viento (MVCS, 2006a).

- Coeficiente de presión: Valor adimensional que representa la relación entre la presión del viento en un punto de la superficie de una estructura y la presión dinámica del viento de referencia (Holmes, 2015).
- Diseño estructural: Es el proceso integral de planificación y dimensionamiento de los elementos portantes de una estructura, con el objetivo de que puedan resistir las cargas aplicadas de manera segura y económica. Este proceso se basa en principios de la mecánica estructural, la resistencia de materiales y las normativas de construcción vigentes (McCormac & Brown, 2018).
- Factor de carga: Es un coeficiente multiplicador que se aplica a las cargas nominales o de servicio en el diseño estructural. Su propósito es tener en cuenta las incertidumbres asociadas con la magnitud y distribución de las cargas, así como la variabilidad en el uso de la estructura. Los factores de carga se especifican en los códigos de diseño estructural (American Society of Civil Engineers [ASCE], 2022).
- Factor de resistencia: Es un coeficiente multiplicador que se aplica a la resistencia nominal de un elemento estructural. Su objetivo es considerar las incertidumbres relacionadas con las propiedades de los materiales, las tolerancias de construcción y el nivel de confianza en las ecuaciones de resistencia utilizadas. Los factores de resistencia también se definen en los códigos de diseño estructural (ASCE, 2022).
- Friaje: Es un fenómeno meteorológico característico de la región amazónica, incluyendo Ucayali, que se manifiesta como un descenso repentino y significativo de la temperatura ambiente. Este evento suele ir

acompañado de fuertes vientos y precipitaciones, tal como se documenta en informes de SENAMHI y artículos de noticias locales (SENAMHI, 2019, p. 21).

- Periodo de retorno: Tiempo promedio estadístico entre la ocurrencia de eventos (como vientos de cierta magnitud) iguales o superiores a una magnitud de referencia (Chow, Maidment, & Mays, 1988).
- Presión de viento: Es la fuerza que ejerce el viento por unidad de área, actuando de manera perpendicular a la superficie sobre la cual incide. La presión del viento es un componente clave en el cálculo de la carga de viento total y está directamente relacionada con la velocidad del viento a través de principios aerodinámicos (MVCS, 2006a).
- Ráfaga de viento (Racha máxima): Máximo valor de la velocidad instantánea del viento, registrada en un intervalo de tiempo convencional (SENAMHI, 2019, p. 34).
- Sobredimensionamiento: Se refiere al diseño de un elemento o sistema estructural con una capacidad de resistencia significativamente mayor a la necesaria para soportar las cargas esperadas. Si bien el sobredimensionamiento puede aumentar la seguridad, también puede resultar en costos de construcción innecesariamente elevados (Hibbeler, 2018).
- Subdimensionamiento: Se refiere al diseño de un elemento o sistema estructural con una capacidad de resistencia inferior a la requerida para soportar las cargas a las que estará sometido durante su vida útil. El

subdimensionamiento puede comprometer la seguridad de la estructura y aumentar el riesgo de fallos (Hibbeler, 2018).

- Velocidad de diseño del viento: Velocidad del viento utilizada en los cálculos de diseño estructural, usualmente basada en análisis estadísticos de velocidades máximas registradas y asociada a un periodo de retorno específico, ajustada por factores de altura, topografía y exposición (MVCS, 2006a).
- Velocidad máxima del viento: La velocidad más alta del viento registrada en un intervalo específico. Para fines de diseño, se considera la velocidad máxima probable asociada a un periodo de retorno, como la "velocidad de diseño" definida en la Norma E.020 Cargas (MVCS, 2006a; SENAMHI, 2019).

2.4 ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS

2.4.1 Acción del viento en edificaciones

La acción del viento en edificaciones se manifiesta mediante presiones y succiones sobre fachadas, cubiertas y componentes expuestos. Cuando el flujo de aire impacta una superficie, se produce una zona de sobrepresión en barlovento; al rodear la geometría, aparecen zonas de depresión o succión en sotavento y en bordes críticos. Por ello, la respuesta de la estructura depende no solo de la velocidad del viento, sino también de la forma, inclinación, rugosidad, esbeltez, exposición y continuidad del sistema resistente. En cubiertas ligeras, por ejemplo, las zonas de borde, alero y cumbrera suelen presentar succiones importantes que pueden gobernar el diseño de correas, uniones y elementos de anclaje.

La E.020 incorpora este comportamiento mediante factores de forma C, los cuales modifican la presión calculada según el tipo de superficie y su posición respecto al viento. Así, una superficie vertical, una cubierta inclinada o una estructura circular no reciben la misma acción aerodinámica. Esta consideración es especialmente pertinente para la presente investigación, ya que la estructura evaluada es una cobertura metálica de geometría circular o curva, tipología en la que la distribución de presión y succión puede diferir sustancialmente de la de un edificio prismático convencional.

2.4.2 Efectos del viento en edificaciones

Los efectos del viento en edificaciones pueden clasificarse en globales y locales. Los efectos globales incluyen el empuje horizontal total, el volcamiento, los desplazamientos laterales y la redistribución de esfuerzos en el sistema

resistente principal. Los efectos locales comprenden la succión sobre cubiertas, el desprendimiento de elementos de cerramiento, la sobrecarga en uniones, la deformación de correas, la inestabilidad de elementos esbeltos y la pérdida de servicio por vibraciones o excesos de flecha.

Desde el punto de vista estructural, el viento puede aumentar momentos flectores, fuerzas cortantes, fuerzas axiales, torsiones y desplazamientos. Cuando la estructura es liviana o posee grandes luces, como ocurre con muchas coberturas metálicas, la acción del viento puede resultar tan o más determinante que otras acciones gravitatorias en algunos elementos específicos. Por ello, la evaluación del efecto del viento no debe limitarse a constatar que 'existe carga', sino a cuantificar cómo cambia la respuesta estructural cuando se modifica la velocidad de diseño empleada.

2.4.3 Cargas de viento y parámetros de análisis estructural

En el análisis estructural, la carga de viento calculada con la E.020 se transforma en acciones aplicadas al modelo numérico. A partir de dichas acciones se obtienen los parámetros de respuesta que interesan al proyecto: reacciones, fuerzas axiales, fuerzas cortantes, momentos flectores, torsiones, desplazamientos y, de ser el caso, estados de esfuerzo o razones demanda/capacidad. En consecuencia, existe una relación directa entre la velocidad de diseño adoptada y los resultados del análisis. Si la velocidad aumenta, la presión se incrementa aproximadamente con el cuadrado de dicha velocidad y la respuesta interna de la estructura tiende a amplificarse en magnitud.

Esta relación justifica que el estudio compare escenarios de velocidad y no se limite a una única corrida de cálculo. La comparación entre un escenario normativo y un escenario actualizado permite observar si el cambio de velocidad afecta de manera material las solicitaciones internas y si dichas variaciones obligan a modificar secciones, espesores, conexiones o criterios de verificación en el diseño final.

2.4.4 Seguridad estructural y verificación resistente

La seguridad estructural implica que la estructura conserve estabilidad, resistencia y aptitud de servicio durante su vida útil bajo las acciones previsibles. En términos generales, ello exige que la demanda producida por las combinaciones de carga no exceda la resistencia disponible de los elementos estructurales. Para una estructura metálica, esta verificación comprende, entre otros aspectos, la revisión de flexión, compresión, corte, interacción de esfuerzos, pandeo y deformaciones admisibles, de acuerdo con la norma específica del material, como la E.090 Estructuras Metálicas.

De manera resumida, este criterio puede representarse mediante una razón de utilización o eficiencia:

$$\eta = \frac{Demanda}{Capacidad}$$

debiendo cumplirse, en términos conceptuales, que η ≤ 1.0 para considerar satisfactorio el elemento. Cuando la velocidad del viento adoptada en el cálculo aumenta, la demanda estructural también puede incrementarse; por ello, un perfil que cumple con holgura bajo una velocidad podría quedar cerca del límite o exigir ajustes bajo una velocidad mayor.

2.4.5 Relación teórica entre las variables del estudio

La relación teórica entre las variables de la investigación puede resumirse así: la velocidad máxima del viento constituye el dato de entrada principal para el cálculo de la presión dinámica y, por medio de la E.020, para la determinación de la carga exterior de viento. Esa carga actúa sobre el modelo estructural y modifica sus parámetros de análisis, tales como fuerzas internas y desplazamientos. Finalmente, dichos parámetros condicionan la decisión de diseño, expresada en la selección de perfiles, la verificación resistente y el grado de seguridad estructural alcanzado.

En consecuencia, el sustento teórico del estudio demuestra que la revisión de la velocidad de diseño no es una discusión meramente meteorológica, sino una cuestión de ingeniería estructural aplicada. Determinar si la velocidad de referencia continúa siendo representativa para Pucallpa resulta fundamental porque de ella dependen las cargas utilizadas, la respuesta obtenida en el análisis y la suficiencia del diseño propuesto para la cobertura metálica evaluada.

Referencias de apoyo sugeridas para esta sección:

- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2022). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI 7-22.
- Holmes, J. D. (2015). Wind Loading of Structures (3rd ed.). CRC Press.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.020 Cargas. Decreto Supremo N.° 011-2006-VIVIENDA.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2021).

Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE.

- Municipalidad Provincial de Coronel Portillo. (2017). Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Pucallpa: memoria descriptiva.
- National Institute of Standards and Technology (NIST). (s. f.). Extreme wind speeds software and guidance.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2025). Avisos y notas informativas sobre friajes en la selva peruana.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA

3.1 METODO DE INVESTIGACION

3.1.1 Tipo de investigación

3.1.1.1 Tipo de investigación determinada.

La presente investigación fue de tipo aplicada, porque utilizó conocimientos de ingeniería estructural, normativa de cargas de viento y herramientas de modelamiento computacional para resolver un problema técnico concreto: verificar la suficiencia del valor de velocidad de viento de referencia utilizado en el diseño y evaluar su incidencia en una cobertura metálica circular proyectada para la losa multideportiva de la I.E. N.° 1220.

3.1.1.2 Enfoque de investigación.

El enfoque fue cuantitativo, debido a que se trabajó con datos numéricos de velocidad del viento, presiones, fuerzas internas y desplazamientos.

3.1.2 Nivel de investigación.

El nivel fue descriptivo-comparativo. Fue descriptivo porque caracterizó la información meteorológica recopilada de distintas fuentes relevantes para Pucallpa y el comportamiento estructural del caso de estudio. Fue comparativo porque contrastó los resultados del análisis y diseño estructural obtenidos con la velocidad normativa base y con la velocidad actualizada o crítica determinada a partir de la revisión de registros y de la evaluación técnica desarrollada en la investigación.

3.1.3 Diseño de investigación

3.1.3.1 Diseño metodológico.

El diseño de la investigación fue no experimental y transversal. Fue no experimental porque no se manipuló físicamente ninguna estructura ni se intervino en condiciones de campo sobre una edificación ejecutada; el estudio se desarrolló a partir de información existente, registros recopilados y modelamiento computacional del proyecto. Fue transversal porque la información fue analizada dentro de un periodo delimitado de investigación, sin seguimiento longitudinal continuo del fenómeno.

3.1.3.2 Esquema de la investigación.

El esquema de la investigación respondió a una lógica secuencial, técnica y comparativa. En primer lugar, se definió el caso de estudio, constituido por la cobertura metálica circular proyectada de la losa multideportiva de la I.E. N.° 1220, a nivel de expediente técnico. En segundo lugar, se recopiló, depuró y evaluó la información meteorológica disponible proveniente de fuentes oficiales y registros complementarios, con la finalidad de identificar una velocidad de viento de referencia a contrastar con la velocidad normativa establecida por la Norma E.020. Posteriormente, se desarrolló el modelamiento estructural de la cobertura metálica mediante software especializado, aplicando dos escenarios de análisis: el escenario base normativo y el escenario actualizado o crítico. Finalmente, se compararon los resultados obtenidos en términos de presiones de viento, cargas aplicadas, solicitaciones internas, desplazamientos y verificación de perfiles estructurales, a fin de evaluar el impacto de la variación de la velocidad de viento en el análisis y diseño estructural.

Esquema de investigación:

$$M \rightarrow O1$$
$$M \rightarrow O2$$
$$O1 < O2$$

Donde:

- **M = caso de estudio**
- **O1 = análisis con velocidad normativa**
- **O2 = análisis con velocidad actualizada o crítica**

Esquema de investigación detallado:



3.1.3.3 Diseño de ingeniería.

El diseño de ingeniería consistió en el modelamiento y análisis estructural de la cobertura metálica circular proyectada, aplicando la normativa peruana vigente para cargas de viento y criterios de diseño estructural. El software principal utilizado fue Autodesk Robot Structural Analysis para el análisis y diseño de la cobertura, empleándose SAP2000 de forma complementaria en la revisión del comportamiento sísmico del conjunto estructural.

3.1.3.4 Modalidad de estudio.

La investigación se desarrolló principalmente en gabinete bajo la modalidad de estudio de caso técnico, tomando como caso de aplicación la cobertura metálica circular proyectada para la losa multideportiva de la I.E. N.° 1220, a nivel de expediente técnico.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población.

La población de referencia estuvo conformada por proyectos de coberturas metálicas y estructuras ligeras expuestas a la acción del viento en el ámbito urbano de Pucallpa, cuyo diseño estructural depende de la velocidad de viento adoptada como parámetro de entrada. Se trata de soluciones constructivas para las cuales la determinación de la carga de viento puede modificar el comportamiento estructural y el dimensionamiento de sus elementos.

3.2.2 Muestra.

La muestra fue no probabilística e intencional, y estuvo constituida por la cobertura metálica circular proyectada de la losa multideportiva de la I.E. N.° 1220, seleccionada como caso de estudio por contar con información técnica disponible a nivel de expediente, accesibilidad a los planos y memorias de cálculo, y pertinencia para evaluar la incidencia de distintas velocidades de viento sobre el análisis y diseño estructural.

Tabla 2: Características del caso de estudio

Criterio	Descripción
Unidad de análisis	Cobertura metálica circular proyectada de la losa multideportiva de la I.E. N.° 1220
Ubicación de referencia	Ciudad de Pucallpa, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali
Estado del proyecto	Expediente técnico / proyecto no ejecutado
Tipo de estudio	Caso de estudio técnico desarrollado en gabinete
Software principal	Autodesk Robot Structural Analysis; uso complementario de SAP2000 para verificación sísmica
Criterios de selección	Disponibilidad de información técnica, acceso al expediente, representatividad de una cobertura ligera sensible a cargas de viento y viabilidad para comparación de escenarios de diseño

Nota. La elección de un único caso de estudio no limita la pertinencia del análisis, debido a que la investigación no tuvo como finalidad estimar diferencias entre instituciones educativas, sino evaluar el efecto que produce la variación de la velocidad de viento de diseño sobre una estructura representativa dentro del mismo contexto eólico regional.

3.3 TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCION DE DATOS

3.3.1 Técnicas

Se emplearon la revisión documental, la recopilación y análisis de registros meteorológicos, la observación instrumental complementaria mediante anemometría de apoyo, y la modelación y simulación computacional del comportamiento estructural. Estas técnicas permitieron sustentar la determinación de la velocidad de diseño evaluada y cuantificar su efecto sobre las cargas, las solicitaciones internas y el diseño final de la estructura.

3.3.2 Instrumentos

La información se recopiló a partir de cinco fuentes principales: a) registros y reportes meteorológicos obtenidos o solicitados al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI); b) información solicitada a CORPAC para el ámbito del aeródromo de Pucallpa; c) registros disponibles de la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Ucayali; d) revisión de reportes periodísticos y notas informativas sobre eventos de viento fuerte y friajes en la zona; y e) medición instrumental propia de apoyo, efectuada con un anemómetro profesional durante aproximadamente dos a tres meses en un punto urbano de Pucallpa, instalado a cielo abierto en la azotea de un edificio de cuatro niveles, con la finalidad de complementar la información disponible sobre la variabilidad local del viento.

Criterio de uso de la medición propia.

La medición instrumental propia no sustituyó a los registros institucionales, sino que cumplió una función complementaria de apoyo, su propósito fue contrastar y enriquecer la información obtenida de las fuentes formales.

3.4 TRATAMIENTO DE DATOS

Los registros recopilados fueron organizados en una base de datos digital, homogenizando unidades de medida, fechas, procedencia de la información y tipo de registro. Posteriormente, se efectuó una depuración orientada a identificar duplicidades, inconsistencias, vacíos y diferencias en la resolución temporal de los datos, distinguiendo entre registros manuales, automáticos y reportes puntuales de eventos extremos.

3.4.1 Criterio de selección analítica.

Para el análisis se priorizaron los registros máximos, los valores cercanos o superiores al umbral normativo y los eventos asociados a condiciones atmosféricas relevantes para la zona, como friajes o vientos fuertes. Esta selección permitió centrar la evaluación en la suficiencia del valor de diseño de referencia y en la determinación de un escenario de velocidad actualizado o crítico para el caso de estudio.

3.4.2 Alcance probabilístico de los datos.

Se realizó una estimación referencial de periodos de retorno mediante la distribución de Gumbel, considerando las limitaciones de longitud, continuidad, tipo de registro y posible censura instrumental de cada estación. Por ello, los resultados fueron utilizados como criterio comparativo y no como actualización normativa definitiva

3.4.3 Presentación de datos.

La información procesada se presentó mediante tablas comparativas, cuadros de resumen, figuras y salidas del software de análisis estructural, priorizando la claridad de la comparación entre escenarios y la trazabilidad de las decisiones técnicas adoptadas durante la investigación.

Para fines operativos, el tratamiento, análisis y presentación de datos se desarrolló mediante las siguientes etapas:

- **Etapa 1. Organización de la base de datos.** Se consolidaron los registros disponibles en una matriz digital, identificando fecha, fuente, tipo de estación, unidad de medida, magnitud registrada y observaciones relevantes.
- **Etapa 2. Control y depuración de registros.** Se revisó la consistencia interna de la información, se unificaron unidades y se diferenciaron registros automáticos, manuales y puntuales, priorizando aquellos útiles para la evaluación del problema investigado.
- **Etapa 3. Definición de escenarios de velocidad.** Se estableció el escenario normativo de referencia y se definió el escenario actualizado o crítico a contrastar, evitando asumir a priori el valor del segundo escenario antes del análisis de la información recopilada.
- **Etapa 4. Modelamiento estructural.** Se modeló la cobertura metálica circular en el software principal, incorporando geometría, propiedades mecánicas, condiciones de apoyo, combinaciones de carga y acción del viento conforme a la normativa aplicable.
- **Etapa 5. Análisis comparativo.** Se compararon los resultados de ambos escenarios en términos de presiones de viento, solicitaciones internas, desplazamientos y exigencia de diseño, evaluando la magnitud y sentido de las variaciones observadas.
- **Etapa 6. Presentación e interpretación.** Los resultados se organizaron en tablas, figuras y cuadros comparativos, acompañados de una interpretación técnica orientada a responder los objetivos e hipótesis de la investigación.

CAPÍTULO IV:
PRESENTACION DE RESULTADOS

4.1 DETERMINACIÓN DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS DEL VIENTO QUE INCIDEN EN EL DISEÑO DE LA I.E. 1220

Este acápite tiene por finalidad determinar las velocidades máximas de viento aplicables al análisis estructural de la I.E. N.° 1220. Para ello, se realizó una comparación técnica entre la velocidad normativa de diseño establecida por la Norma E.020 Cargas y los registros obtenidos de fuentes oficiales, estaciones meteorológicas cercanas, mediciones propias y reportes de eventos extremos en Pucallpa.

4.1.1. Velocidad del viento según la Norma Técnica E.020 Cargas

El primer valor de referencia para todo diseño estructural en el país se estipula en la Norma Técnica de Edificación E.020 Cargas, en su Mapa Eólico que zonifica el territorio nacional se ubica a la ciudad de Pucallpa dentro de la Zona 3.

Tabla 3: *Velocidad de diseño según mapa eólico de la Norma E.020 Cargas*

Zona	Ubicación	Velocidad de diseño
1	Selva central	75 – 95 km/h
2	Costa Norte	75 - 120 km/h
3	Sierra Sur y Selva	75 - 130 km/h

Fuente: Norma Técnica E.020 Cargas (Mapa Eólico)

Para esta zona, la norma prescribe una velocidad de diseño V de 75 Km/h equivalente a 20.83 m/s. Este es el valor mínimo obligatorio que debe utilizarse en el diseño de cualquier edificación en la localidad, incluyen a la I.E. Nº1220. Este valor servirá como línea base p ara la evaluación comparativa.

4.1.2. Ubicación y caracterización de las estaciones meteorológicas

Tabla 4: Resumen de estaciones analizadas.

Estación	**Fuente**	**Periodo**	**Latitud**	**Longitud**	**Altitud**	**Tipo**	**Intervalo de registro**	**Observación**
Pucallpa	SENAMHI	1994–2025	8°24’47.62”	74°34’18.67”	162 m.s.n.m.	Manual	Diario	Serie principal más extensa
Las Palmeras	SENAMHI	1997–2020	08°4'56.98''	74°51'58.07''	170 m.s.n.m	Manual	Diario	Serie con datos incompletos
Callería	SENAMHI	2015–2025	07°53' 53.7''	74° 29' 55.9''	165 m.s.n.m	Automático	Horario	Serie de control
Pucallpa	SENAMHI	2018–2025	8°24’47.62”	74°34’18.67”	162 m.s.n.m.	Automático	Horario	Serie de control

4.1.3. Criterios de homogenización

Los registros de velocidad de viento recopilados no presentan una misma base de medición, debido a que algunas estaciones reportan valores instantáneos, mientras que otras registran velocidades medias horarias, promedios de intervalo o lecturas puntuales. Esta diferencia impide comparar directamente todos los valores como si representaran la misma magnitud física.

Según Durst (1960), las velocidades de viento medidas en distintos tiempos de promediación no son equivalentes entre sí, por lo que propuso una curva de factores de ráfaga para relacionar velocidades medias de mayor duración con velocidades máximas de corta duración. Este criterio ha sido ampliamente utilizado en ingeniería de viento para convertir registros obtenidos con diferentes intervalos de medición y llevarlos a una base común de comparación. Durst, C. S. (1960). *Wind speeds over short periods of time*. Meteorological Magazine, 89, 181–186.

La relación general adoptada fue:

$$Vr = G \cdot Vm$$

Donde:

Vr: Velocidad equivalente de ráfaga

G: Coeficiente de ráfaga adoptado

Vm: Velocidad media, horaria o promedio registrada

Los coeficientes se aplicaron únicamente a las estaciones automáticas ya que estas registran la velocidad media horaria, por lo cual es necesario aplicar el coeficiente de ráfaga correspondiente según la siguiente tabla:

Tabla 5: Tabla de factores de ráfaga

Tipo de registro disponible	Criterio optimista	Criterio recomendado	Criterio conservador	Aplicación en la investigación
Ráfaga máxima o valor instantáneo extremo	1.00	1.00	1.00	Se usa directamente
Velocidad media de 10 minutos	1.35	1.40	1.45	Se ajusta a ráfaga equivalente
Velocidad media horaria	1.45	1.50	1.55	Se ajusta a ráfaga equivalente
Promedio diario o dato muy agregado	1.55	1.65	1.75	Solo como referencia complementaria
Lectura manual puntual sin indicación de máximo	—	—	—	No se ajusta automáticamente; se usa como evidencia secundaria

Nota. Los coeficientes de ráfaga tienen carácter referencial y se emplean únicamente para homogenizar registros con diferente intervalo de medición. Su aplicación no reemplaza una medición directa de ráfaga máxima, debido a que el valor real depende de la altura del sensor, rugosidad del terreno, turbulencia local, tipo de estación y condiciones meteorológicas del evento.

4.1.4. Cálculo del periodo de retorno de velocidades máximas de viento

El periodo de retorno T se define como el intervalo promedio, expresado en años, en el que se espera que un evento de determinada magnitud sea igualado o superado al menos una vez. Su relación con la probabilidad anual de excedencia PPP se expresa mediante:

$$\boldsymbol{T = \frac{1}{P}}$$

Donde:

T: Periodo de retorno, en años

P: Probabilidad anual de excedencia

Debe precisarse que un periodo de retorno de 50 años no significa que el evento ocurrirá exactamente cada 50 años, sino que existe una probabilidad anual de excedencia equivalente a:

$$\boldsymbol{P = \frac{1}{50} = 0.02 = 2\%}$$

Para el cálculo de los periodos de retorno según Gumbel requeriremos los siguientes datos:

Tabla 6: Parámetros requeridos para la distribución de Gumbel

Parámetro	***Símbolo***	***Descripción***
Número de datos	n	*Cantidad de años con registros válidos*
Promedio	$\bar{V}$	*Media aritmética*
Desviación estándar	S	*Medida de dispersión de los datos*
Periodo de retorno	T	*Tiempo para una probabilidad de excedencia*
Parámetro de escala	α	*Parámetro de escala de Gumbel*
Parámetro de ubicacion	u	*Parámetro de ubicacion de Gumbel*
Variable reducida	Y_T	*Parámetro asociado al periodo de retorno*

$Factor\ de\ frecuencia$	K_T	$Factor\ que\ permite\ estimar\ el\ valor\ extremo$
$Velocidad\ estimada$	(V_T)	$Velocidad\ máxima\ para\ el\ periodo\ de\ retorno$

Parámetro de escala: α

El parámetro de escala de **Gumbel** se calcula mediante:

$$\alpha = S * \frac{\sqrt{6}}{\pi}$$

Donde:

S : Desviación estándar

Parámetro de ubicación: u

El parámetro de escala de **Gumbel** se calcula mediante:

$$u = \bar{V} - 0.5772\ \alpha$$

Donde:

$\bar{V}$: Promedio

Variable reducida de Gumbel:

La variable reducida de **Gumbel** se calcula mediante:

$$Y_t = -\ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right]$$

Donde:

Y_t : Variable reducida de Gumbel

T : Periodo de retorno analizado

Velocidad estimada para un periodo de retorno

La velocidad máxima asociada a un periodo de retorno se calculó mediante la siguiente expresión general:

$$VT = u + \alpha\ Y_T$$

4.1.5. Análisis de frecuencia de eventos mediante percentiles

Los percentiles fueron utilizados para caracterizar la frecuencia relativa de las velocidades máximas dentro de cada estación meteorológica. Este criterio permite identificar qué valores pertenecen al comportamiento ordinario, alto o extremo de la serie, evitando que el análisis dependa únicamente del máximo absoluto registrado. En particular, el percentil 95 (P95) representa el valor por debajo del cual se encuentra el 95 % de los datos, por lo que solo el 5 % de los registros supera dicha magnitud.

Para calcular un percentil, primero se ordenan los datos de menor a mayor:

$$\mathbf{V_1 \leq V_2 \leq V_3 \leq \ldots \leq V_n}$$

Donde:

$\boldsymbol{V_i}$: Velocidad ubicada en la posición i de la serie ordenada

$\boldsymbol{n}$: Número total de datos de la serie

La posición teórica del percentil puede estimarse mediante:

$$\mathbf{i = (k/100)(n + 1)}$$

Donde:

$\boldsymbol{i}$: Posición teórica del percentil dentro de la serie ordenada

$\boldsymbol{k}$: Percentil que se desea calcular

$\boldsymbol{n}$: Número total de datos

Para el percentil 95, la posición teórica se expresa como:

$$\mathbf{i_{95} = 0.95(n + 1)}$$

El valor obtenido indica la posición aproximada dentro de la serie ordenada. Cuando

la posición no es un número entero, el percentil se obtiene por interpolación entre los dos valores más cercanos:

$$\mathbf{P_k = V_i + d(V_{i+1} - V_i)}$$

Donde:

P_k : Percentil k de la serie

V_i : Valor inferior más cercano a la posición calculada

V_{i+1} : Valor superior más cercano a la posición calculada

D : Parte decimal de la posición teórica

Para el caso específico del percentil 95:

$$\mathbf{P_{95} = Q(0.95)}$$

Donde:

P_{95} : Percentil 95 de la serie de velocidades máximas

Q (0.95) : Cuantil correspondiente al 95 % de frecuencia acumulada

El P95 indica que el 95 % de los registros se encuentra por debajo de dicho valor y que solo el 5 % de los datos presenta velocidades superiores. Por ello, este indicador permite filtrar eventos aislados y reconocer el rango superior característico de la serie analizada.

En esta investigación, los percentiles fueron utilizados como complemento del análisis de máximos anuales y del cálculo de periodos de retorno. Su finalidad fue evaluar la frecuencia relativa de las velocidades críticas dentro de cada estación y observar si los valores altos se concentran en eventos puntuales o si forman parte de una tendencia creciente dentro del periodo evaluado.

4.2 ANÁLISIS INDIVIDUAL DE ESTACIONES

4.2.1 Estación Pucallpa manual 1994 – 2025

Esta estación fue adoptada como la principal fuente de validación del análisis, debido a que presenta la serie de registros más extensa y completa de la investigación. Al contar con valores instantáneos de velocidad del viento, sus datos pueden compararse directamente con la velocidad normativa de referencia.

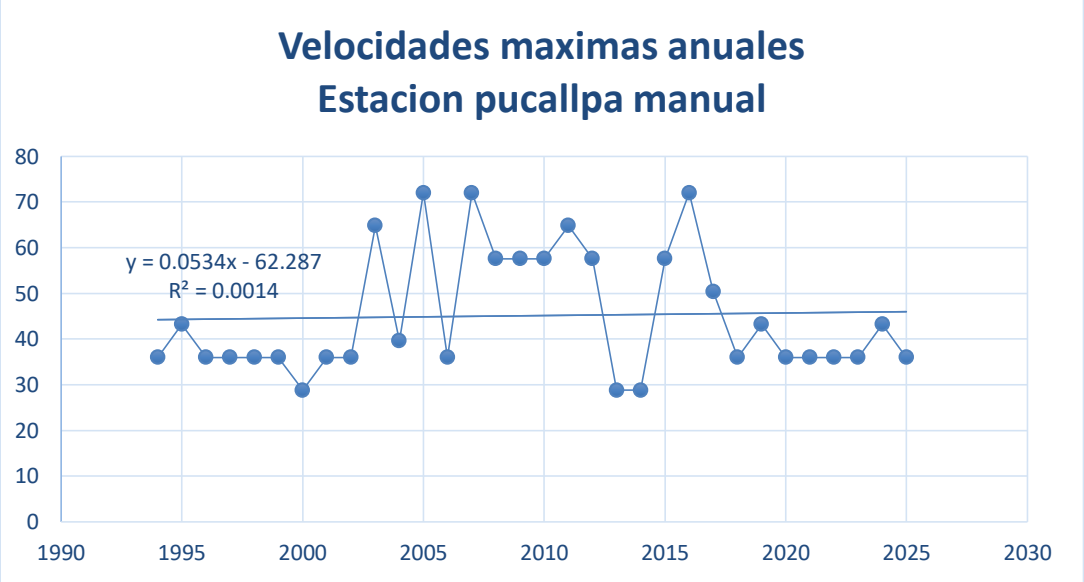
Tabla 7: Tabla de velocidades máximas anuales

Año	Vel. Max. Km/h
1994	36
1995	43.2
1996	36
1997	36
1998	36
1999	36
2000	28.8
2001	36
2002	36
2003	64.8
2004	39.6
2005	>72
2006	36
2007	>72
2008	57.6
2009	57.6
2010	57.6
2011	64.8
2012	57.6
2013	28.8
2014	28.8
2015	57.6
2016	>72
2017	50.4
2018	36
2019	43.2
2020	36
2021	36
2022	36
2023	36
2024	43.2

2025	36

Observación. La estación tiene un límite máximo de registro de 20 m/s (72 km/h); por tanto, los valores que alcanzan dicho umbral deben considerarse datos censurados y no necesariamente como máximos reales. Esta limitación puede generar una subestimación de las velocidades extremas y, en consecuencia, introducir un margen de error hacia valores menores en los periodos de retorno estimados. Esto indica que las velocidades estimadas con la presente estación pueden ser ligeramente superiores.

Figura 1: Grafico de velocidades máximas durante el periodo 1994 - 2025



La ecuación de línea de tendencia indica una tendencia positiva de las velocidades máximas, esto quiere decir que las velocidades máximas anuales tienden a aumentar con el paso de los años.

4.2.1.1 Velocidad de diseño para un periodo de retorno de 50 años

Para la estimación de velocidades máximas asociadas a periodos de retorno se aplicó la distribución de Gumbel mediante el método de momentos.

A partir de la serie de máximos anuales se obtuvo un total de 32 datos de los cuales se extrajeron los siguientes parámetros:

$$\bar{V} = \mathbf{45.11}\ \boldsymbol{km/h}$$

$$\boldsymbol{S = 13.62\ km/h}.$$

Con estos valores se calcularon los parámetros de escala **α** y ubicación **u**, obteniéndose

$$\boldsymbol{\alpha = 10.62}$$

$$\boldsymbol{u = 38.98}.$$

Para un periodo de retorno de 50 años, la variable reducida de Gumbel fue:

$$\boldsymbol{Y_{50} = 3.90}.$$

En consecuencia, la velocidad máxima estimada para dicho periodo fue:

$$\boldsymbol{V_{50} = 80.43\ km/h}.$$

Este valor supera **la velocidad normativa de 75 km/h** establecida por la Norma Técnica E.020 Cargas, lo que evidencia que, bajo el ajuste estadístico aplicado, la velocidad extrema esperada para un periodo de retorno de 50 años resulta mayor que el valor normativo de referencia.

4.2.1.2 Análisis de frecuencia de eventos críticos con percentil 95

Los percentiles fueron empleados para complementar el análisis de máximos anuales. Los percentiles permiten evaluar la distribución de las velocidades y reconocer qué valores representan rangos altos dentro del conjunto de datos.

Tabla 8: Tabla de P95 correspondientes por año

TABLA DE P95 POR AÑO	
Año	P95
1994	25.2
1995	21.6
1996	28.8
1997	28.8
1998	28.8
1999	21.6
2000	21.6
2001	21.6
2002	21.6
2003	21.6
2004	21.6
2005	21.6
2006	21.6
2007	28.8
2008	21.6
2009	21.6
2010	28.8
2011	21.6
2012	24.48
2013	21.6
2014	21.6
2015	27.36
2016	28.8
2017	21.6
2018	28.8
2019	28.8
2020	28.8
2021	28.8
2022	21.6
2023	21.6
2024	27

2025	28.8

Figura 2: Diagrama de velocidades con P95

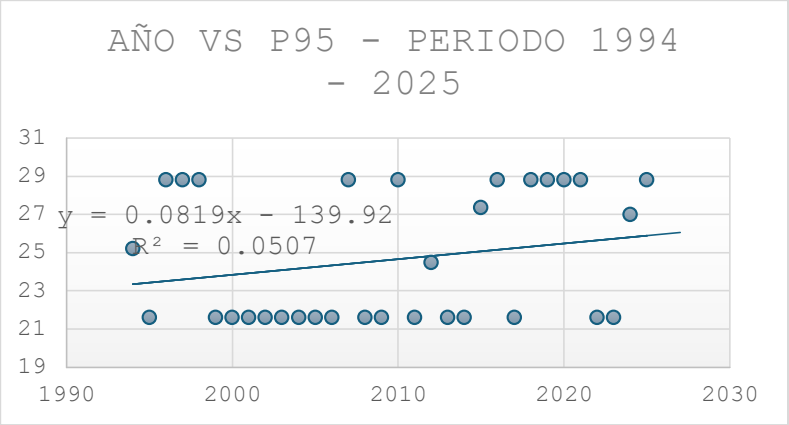
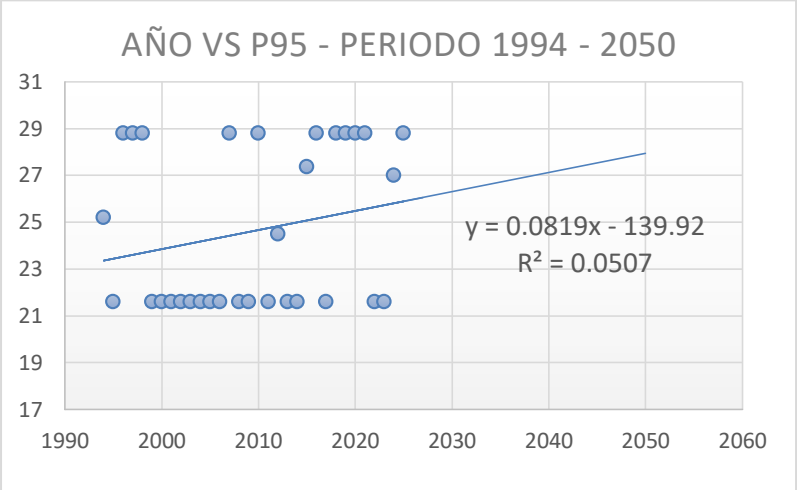


Figura 3: Proyección para un periodo de 25 años



Observación: Se visualiza una tendencia positiva con respecto al paso de los años, esto indica un aumento de los eventos moderados y violentos con el paso del tiempo.

4.2.2 Estación Callería automática 2015 - 2025

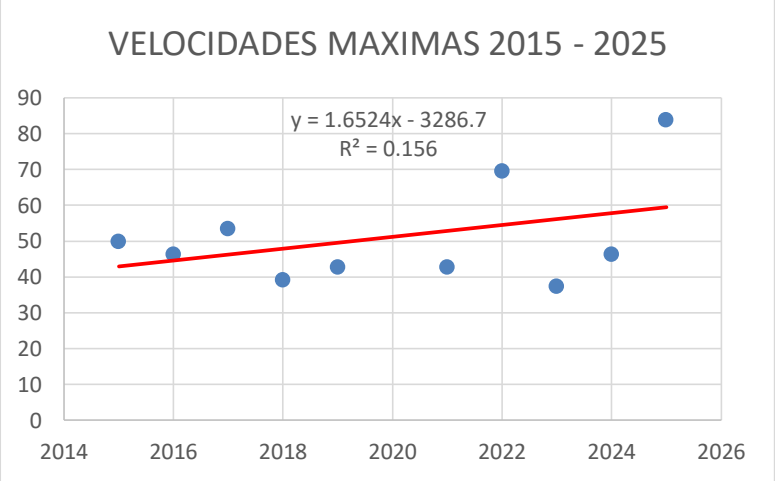
Esta estación fue adoptada como **estación de control**, debido a que presenta la serie de registros menores a la estación de Pucallpa manual y porque sus valores no son directamente velocidades máximas o instantáneas si no promedios horarios, por lo cual se aplicó un coeficiente de ráfaga recomendado de 1.5 sobre los promedios horarios registrados.

Tabla 9: Tabla de velocidades máximas por año

Año	Vel.max
2015	49.896
2016	46.332
2017	53.46
2018	39.204
2019	42.768
2021	42.768
2022	69.498
2023	37.422
2024	46.332
2025	83.754

Observación: No se registraron mediciones en el año 2020 debido a la crisis mundial de la pandemia del Covid-19

Figura 4: Grafico de velocidades máximas durante el periodo 2015 - 2025



La ecuación de línea de tendencia indica una tendencia positiva de las velocidades máximas, esto quiere decir que las velocidades máximas anuales tienden a aumentar con el paso de los años.

4.2.2.1 Velocidad de diseño para un periodo de retorno de 50 años

Para la estimación de velocidades máximas asociadas a periodos de retorno se aplicó la distribución de Gumbel mediante el método de momentos.

A partir de la serie de máximos anuales se obtuvo un total de 10 datos de los cuales

se extrajeron los siguientes parámetros:

$$\bar{V} = \mathbf{51.14}\ \boldsymbol{km/h}$$

$$\boldsymbol{S = 14.62\ km/h.}$$

Con estos valores se calcularon los parámetros de escala **α** y ubicación **u**, obteniéndose

$$\boldsymbol{\alpha = 11.40}$$

$$\boldsymbol{u = 44.56}$$

Para un periodo de retorno de 50 años, la variable reducida de Gumbel fue:

$$\boldsymbol{Y_{50} = 3.90}$$

En consecuencia, la velocidad máxima estimada para dicho periodo fue:

$$\boldsymbol{V_{50} = 89.05\ km/h.}$$

Este valor **supera la velocidad normativa de 75 km/h** establecida por la Norma Técnica E.020 Cargas, lo que evidencia que, bajo el ajuste estadístico aplicado, la velocidad extrema esperada para un periodo de retorno de 50 años resulta mayor que el valor normativo de referencia.

4.2.2.2 Análisis de frecuencia de eventos críticos con percentil 95

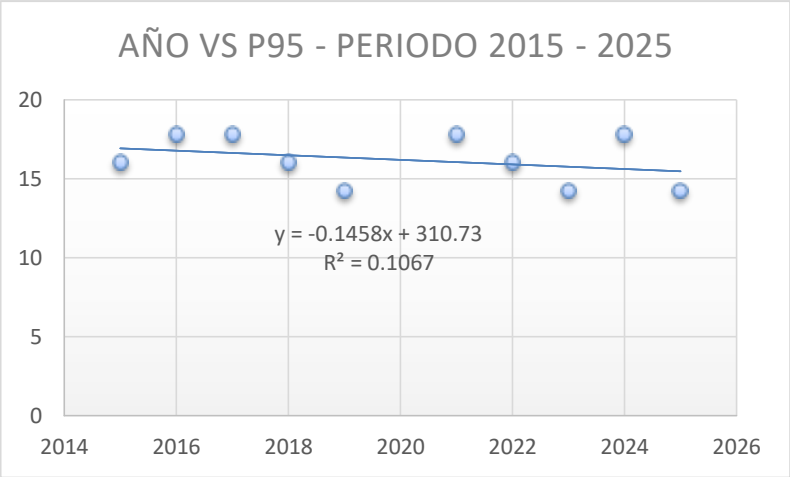
Los percentiles fueron empleados para complementar el análisis de máximos anuales, debido a que el valor máximo absoluto no describe por sí solo el comportamiento general de la serie. Mientras el máximo permite identificar el evento más severo registrado, los percentiles permiten evaluar la distribución de las velocidades y reconocer qué valores representan rangos altos dentro del

conjunto de datos.

Tabla 10: Tabla de P95

Año	P95
2015	16.038
2016	17.82
2017	17.82
2018	16.038
2019	14.256
2021	17.82
2022	16.038
2023	14.256
2024	17.82
2025	14.256

Figura 5: Grafico de velocidades vs P95



Observación: La tendencia percentilar de la estación Callería Automática Horaria muestra una pendiente ligeramente negativa entre 2015 y 2020, lo que indica que los vientos moderados a fuertes no fueron más recurrentes en dicho periodo. No obstante, la tendencia positiva de los máximos anuales evidencia que los eventos extremos puntuales sí tienden a incrementarse. Por tanto, el comportamiento local muestra menor recurrencia de vientos altos frecuentes, pero mayor intensidad en los eventos extremos aislados.

4.2.3 Estación Pucallpa automática 2018 - 2025

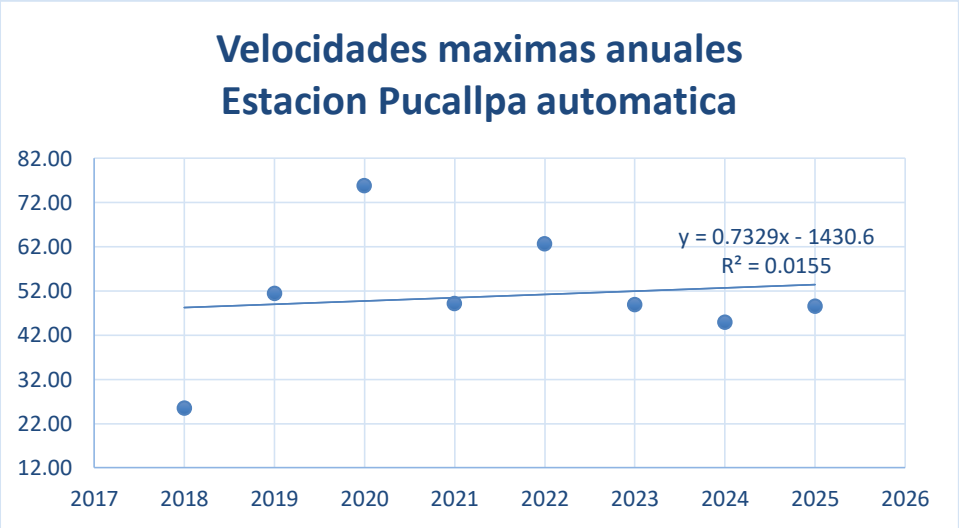
Esta estación fue adoptada como **estación de control secundario**, debido a que presenta la serie de registros menores a la estación de Pucallpa manual y menor que la de Callería automática y porque sus valores no son directamente velocidades máximas o instantáneas si no promedios horarios, por lo cual se

aplicó un coeficiente de ráfaga recomendado de 1.2 sobre los promedios horarios.

Tabla 11: Tabla de velocidades máximas por año

Año	Vel.max
2018	25.49
2019	51.41
2020	75.86
2021	49.12
2022	62.64
2023	48.95
2024	44.93
2025	48.51

Figura 6: Grafico de velocidades máximas durante el periodo 2018 - 2025



Observación: La ecuación de línea de tendencia indica una tendencia positiva de las velocidades máximas, esto quiere decir que las velocidades máximas anuales tienden a aumentar con el paso de los años.

4.2.3.1 Velocidad de diseño para un periodo de retorno de 50 años

Para la estimación de velocidades máximas asociadas a periodos de retorno se aplicó la distribución de Gumbel mediante el método de momentos.

A partir de la serie de máximos anuales se obtuvo un total de 8 datos de los cuales se extrajeron los siguientes parámetros:

$$\bar{V} = \mathbf{50.86}\ \boldsymbol{km/h}$$

$$\boldsymbol{S = 14.42\ km/h.}$$

Con estos valores se calcularon los parámetros de escala **α** y ubicación **u**, obteniéndose

$$\boldsymbol{\alpha = 11.24}$$

$$\boldsymbol{u = 44.37}$$

Para un periodo de retorno de 50 años, la variable reducida de Gumbel fue:

$$\boldsymbol{Y_{50} = 3.90}$$

En consecuencia, la velocidad máxima estimada para dicho periodo fue:

$$\boldsymbol{V_{50} = 88.24\ km/h.}$$

Este valor **supera la velocidad normativa de 75 km/h** establecida por la Norma Técnica E.020 Cargas, lo que evidencia que, bajo el ajuste estadístico aplicado, la velocidad extrema esperada para un periodo de retorno de 50 años resulta mayor que el valor normativo de referencia.

4.2.3.2 Análisis de frecuencia de eventos críticos con percentil 95

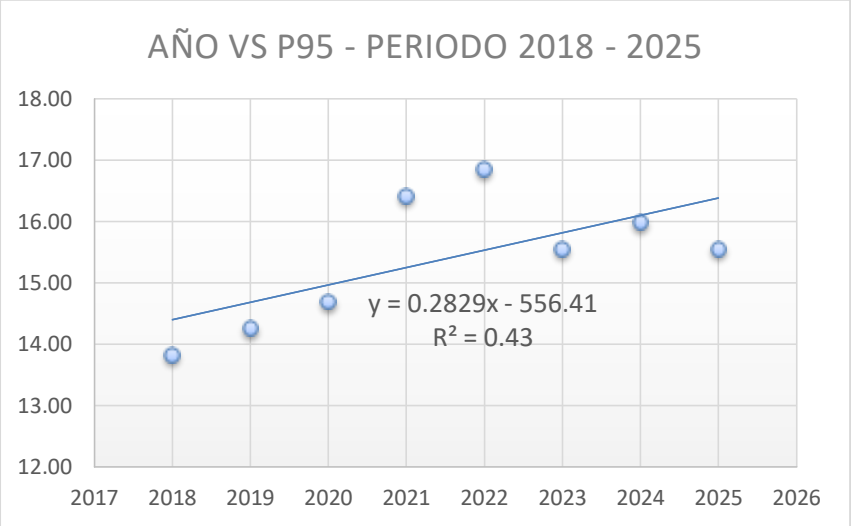
Los percentiles fueron empleados para complementar el análisis de máximos anuales, debido a que el valor máximo absoluto no describe por sí solo el comportamiento general de la serie. Los percentiles permiten evaluar la distribución de las velocidades y reconocer qué valores representan rangos altos

dentro del conjunto de datos.

Tabla 12: Tabla de P95

Año	P95
2017	13.82
2018	14.26
2019	14.69
2021	16.42
2022	16.85
2023	15.55
2024	15.98
2025	15.55

Figura 7: Grafico de velocidades vs P95



Observación: Esta estación presentó la mayor pendiente positiva y el mayor ajuste estadístico del conjunto analizado, con **R^2=0.43**. Aunque este valor representa una correlación moderada, permite identificar una tendencia creciente de las velocidades altas y críticas durante el periodo evaluado. En consecuencia, los resultados sugieren que los eventos de viento significativos tienden a ser más recurrentes con el paso de los años en esta estación.

4.2.4 Velocidad máxima registrada (SENAMHI – REGISTROS PUNTUALES)

La noticia de la agencia Andina (2016) SENAMHI preciso reportes de

vientos superiores a los 72 km/h para el evento del 27 de abril de 2016 que causaron daños en la ciudad. El 19 de agosto de 2022, registró también una ráfaga de viento que alcanzó los 78.0 km/h.

La Nota de prensa de SENAMHI Ucayali emitida el 21 de octubre de 2023 informó que el día 20 de octubre de 2023, la estación Coronel Portillo registró una ráfaga de viento de 77.8 km/h. Este evento, cuya magnitud fue cubierta por medios locales estableció un récord histórico para la ciudad.

Tabla 13: *Cronología de eventos extremos de viento reportados por SENAMHI (Récords Históricos 2016-2023)*

Fecha	Velocidad registrada (km/h)	Fuente
27 de abril 2016	72.0	Nota de Prensa SENAMHI
19 de agosto 2022	78.0	Nota de Prensa SENAMHI
20 de octubre 2023	77.8	Nota de Prensa SENAMHI

Fuente: SENAMHI Ucayali (2022-2023) y Andina (2016)

4.2.5 Velocidad máxima registrada (ESTACION PROPIA)

Los registros meteorológicos utilizados corresponden a mediciones propias realizadas entre el **29 de agosto y el 21 de octubre**, obtenidas mediante una **estación meteorológica propia, instalada y operada por el investigador**. La estación fue implementada con fines de monitoreo local, registrando la **velocidad**

del viento a intervalos regulares durante el periodo de estudio.

Tabla 14: Registros de velocidades con estación propia

Fecha	Máximo Valor	Unidad
2025-08-29	12.93	km/h
2025-09-02	26.8992	km/h
2025-09-03	57.06	km/h
2025-09-04	56.52	km/h
2025-09-05	19.386	km/h
2025-09-08	18.378	km/h
2025-09-09	11.1204	km/h
2025-09-11	12.39	km/h
2025-09-12	19.57	km/h
2025-09-13	14.12	km/h
2025-09-14	16.57	km/h
2025-09-15	11.12	km/h
2025-09-17	30.3408	km/h
2025-10-09	21.2292	km/h
2025-10-10	12.6576	km/h
2025-10-11	17.0712	km/h
2025-10-13	15.1236	km/h
2025-10-16	53.568	km/h
2025-10-17	18.4	km/h
2025-10-20	43.85	km/h
2025-10-21	54.06	km/h

4.2.6 Comparativa de velocidades

El análisis comparativo de las tres fuentes de datos (Norma E.020, datos SENAMHI y registros puntuales

Tabla 15: Resumen de análisis

Fuente	$V_{(50)}$	Comparación	Observación
Norma E.020 Cargas	75.00 km/h		Valor de diseño obligatorio
ESTACION PUCALLPA MANUAL	80.43 km/h	+ 7.24 %	Estación Principal
ESTACION DE CALLERIA AUTOMATICA	89.05 km/h	+18.78%	De control primaria
ESTACION PUCALLPA AUTOMATICA	88.24 km/h	+17.65 %	De control secundaria

Fuente: Elaboración propia

Estación Las Palmeras: exclusión del análisis estadístico principal.

Observación: La tabla muestra que las velocidades estimadas para un periodo de retorno de 50 años superan el valor normativo de 75 km/h en todas las estaciones analizadas. La Estación Pucallpa Manual, considerada como estación principal por contar con la serie histórica más extensa, arrojó una V_{50} de **80.43 km/h**, equivalente a un incremento de 7.24 %. Las estaciones automáticas de control también presentaron valores superiores, alcanzando 89.09 km/h en Callería y 88.24 km/h en Pucallpa Automática. En conjunto, estos resultados evidencian que la velocidad normativa de la E.020 resulta menor que las velocidades extremas estimadas mediante Gumbel para el ámbito de estudio.

4.3 DETERMINACION DE LAS CARGAS QUE INCIDEN EN EL DISEÑO DE LA I.E. 1220

La velocidad establecida de viento con un periodo de retorno de 50 años para la ciudad de Pucallpa que se determino fue de **80.43 Km/h** lo cual supera el

valor de diseño de la Norma E.020 (75 Km/h); sin embargo, para efectos de seguridad estructural y proyección ante el cambio climático, en esta sección se adoptará una velocidad de verificación de **85 Km/h**. Esta sección cuantifica cómo dicha diferencia afecta directamente al parámetro fundamental del análisis estructural: la Presión de Diseño (***Ph***).

La Norma Técnica E.020 (Cargas), en su artículo 12 establece que la presión estática del viento sobre una superficie se determina mediante la expresión:

$$\boldsymbol{Ph = 0.005 * C_h * V^2}$$

Donde:

$\boldsymbol{P_h}$: Presión de diseño (kg(m²)

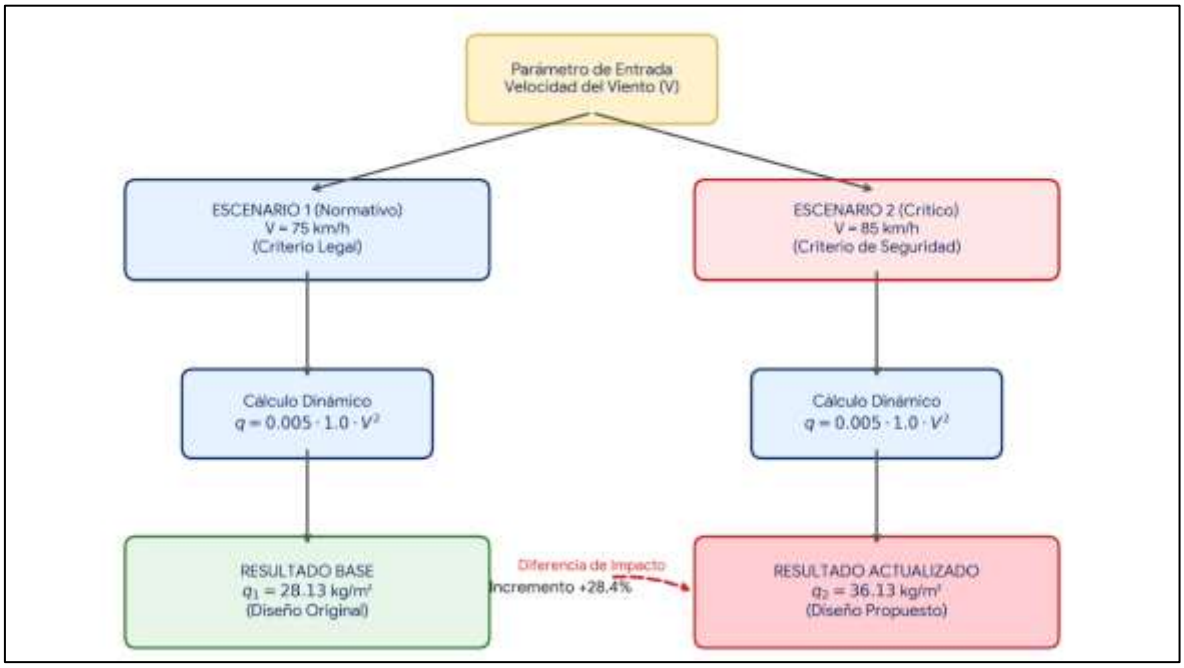
$\boldsymbol{C_h}$: Factor de forma (adimensional)

$\boldsymbol{V}$: Velocidad de diseño del viento a la altura estudiada (km/h)

0.005: Factor de conversión de unidades (densidad del aire estándar)

Para el análisis estructural, $\boldsymbol{V}$ es el parámetro de carga de entrada. Un incremento en $\boldsymbol{V}$ no genera un incremento lineal, sino cuadrático en la presión que debe resistir la estructura. A continuación, se calculan y comparan los parámetros de presión para ambos escenarios:

Figura 8: Diagrama de flujo de definición de escenarios de carga



Nota. Ecuación de ala presión dinámica: $\boldsymbol{q = 0.005 \, . V^2}$

La figura 8 ilustra la bifurcación del análisis estructural, se observa como la variación en el parámetro de entrada (velocidad del viento, V), entre el criterio normativo y el criterio de seguridad propuesto, se amplifica a través de la formula cuadrática indicada (q) en la nota, resultando en una diferencia sustancial en la presión de diseño final.

4.3.1 Escenario 1: Parámetros de Carga con Velocidades Normativa (Línea Base)

En el primer escenario se utiliza la velocidad de diseño establecida por la Norma E.020 Cargas, que es el valor con el que la I.E. 1220 debió ser diseñada originalmente.

$$\boldsymbol{Velocidad\ de\ diseño\ (V_{norma})} = 75\ \text{km/h} \approx 20.83\ \text{m/s}$$

Para aislar el efecto de la velocidad en esta comparativa, se calcula la presión dinámica. Al aplicar este valor a la componente principal de la fórmula de presión ($\mathbf{0.005} * \boldsymbol{V^2}$), se obtiene la presión básica de diseño (para una altura donde $\boldsymbol{C} = \mathbf{1.0}$:

$$\boldsymbol{Ph_{base} = 0.005\ x\ (75)^2 = \ 28.125\ kg/m^2}$$

Este valor representa la carga teórica mínima según la norma vigente. Cualquier presión real por debajo de ese valor sería incorrecto, y cualquier valor por encima indicaría que la estructura estaría sobredimensionada según los estándares actuales de seguridad.

4.3.2 Escenario 2: Parámetros de Carga con Velocidad Crítica

En el segundo escenario, se considera la evidencia física de que la velocidad del viento ya alcanzó los 78 Km/h (superando la norma). Para absorber las incertidumbres climáticas y evitar diseñar al límite de la falla, se establece un margen de seguridad ingenieril del 13.3 % sobre la norma, definiendo la siguiente velocidad de verificación:

$$\boldsymbol{Velocidad\ de\ dise\tilde{n}o\ (V_{crítica}) = 85\ km/h}$$

$$Manteniendo\ el\ criterio\ de\ comparación\ (\boldsymbol{C = 1.0})$$

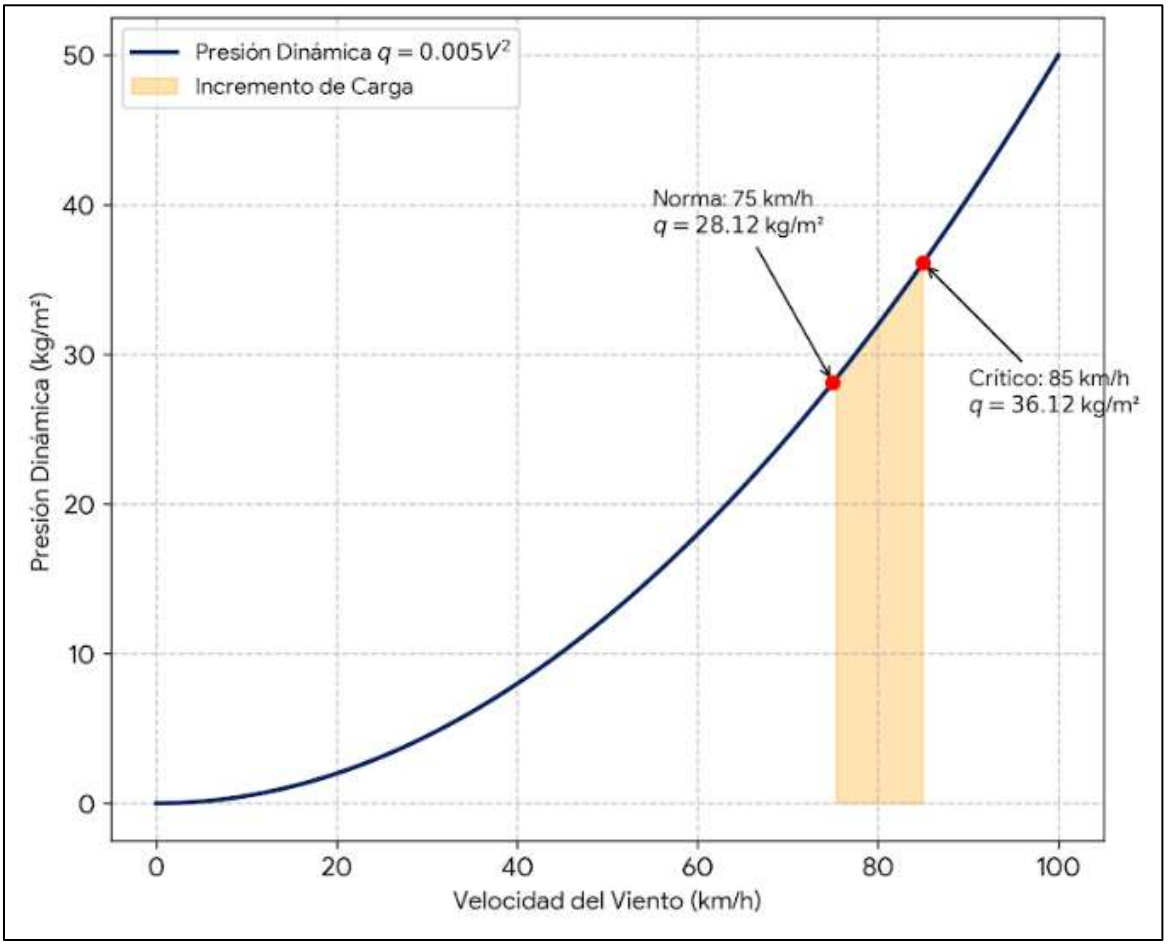
$$se\ \ recalcula\ la\ presión\ básica\ de\ dise\tilde{n}o\ con\ este\ valor\ se\ obtiene:$$

$$\boldsymbol{Ph_{crítica} = 0.005\ x\ (85)^2 = \ 36.125\ kg/m^2}$$

Este valor representa la presión máxima probable y define el Estado Límite de Servicio y Resistencia real que la estructura debe ser capaz de soportar para garantizar su operatividad en los próximos años, superando la obsolescencia de la normativa vigente.

4.3.3 Análisis comparativo del incremento de carga

Figura 9: Relación no lineal entre velocidad de viento y presión dinámica



El comportamiento gráfico mostrado en la figura 9 ratifica la relación no lineal del fenómeno. La curva parabólica evidencia que la sensibilidad de la carga aumenta exponencialmente con la velocidad. La pendiente de la curva en el tramo analizado (zona sombreada) en este rango de velocidades (75-85 Km/h), cada unidad adicional de velocidad genera un impacto de fuerza mucho mayor que en velocidades bajas. Esto confirma que subestimar la velocidad en esta zona de la gráfica conlleva un error de carga amplificado.

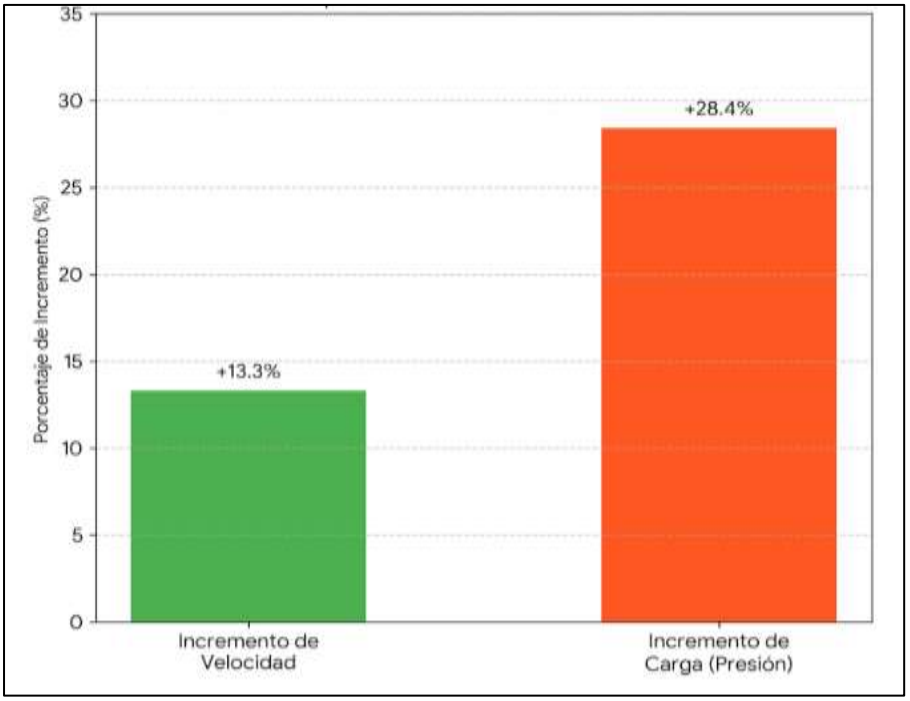
Tabla 16: Comparativa de presión dinámica según velocidad de diseño

Parámetro	Escenario 1	Escenario 2	Diferencia
Velocidad de viento ($\boldsymbol{V}$)	75 km/h	85 km/h	+10.0 km/h
Incremento de velocidad	-	-	+13.3 %
Presión de diseño ($\boldsymbol{Ph}$)	28.13 kg/m^2	36.13 kg/m^2	+8.00 kg/m^2
Incremento de presión	-	-	+28.4 %

Fuente: Elaboración propia a partir del modelado en ROBOT 2025.

El análisis de la tabla 16 es concluyente, un incremento del 13.3 % en la velocidad del viento (de 75 a 85 Km/h) resulta en un aumento desproporcionado de la carga. Debido a la relación cuadrática, el parámetro de análisis $\boldsymbol{Ph}$ se incrementa en 28.4 %. Este 28.4 % es el incremento de carga real que se aplicará al modelo estructural de la I.E. 1220 en la siguiente sección. Este dato es vital, ya que explica por qué las fuerzas internas (cortantes y momentos) aumentarán en una magnitud similar (~ 30%), justificando la verificación del diseño bajo un escenario crítico.

Figura 10: Comparativa de amplificación de carga



La figura 10 de barras cuantifica la desproporción física entre causa y efecto; se demuestra visualmente cómo un incremento moderado del 13.3 % en el parámetro de entrada (velocidad) se traduce en una amplificación significativa del 28.4 % en la carga de diseño resultante (presión) más que duplicando el impacto porcentual.

Se confirma la hipótesis de vulnerabilidad: el sistema estructural recibirá un impacto de fuerza casi 30 % superior, a pesar de que la velocidad solo subió un 13 %. Este exceso de carga externa se transferirá directamente a los elementos estructurales, incrementando los momentos flectores y cortantes que la I.E. 1220 debe resistir.

4.4 EFECTO DE LAS CARGAS DE VIENTO EN LOS PARÁMETROS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LA I.E. 1220, PUCALLPA 2025

Estando establecido un incremento del 28.4 % en la carga de viento (presión dinámica) se procede a aplicar ambas cargas al modelo estructural de la I.E. 1220 para cuantificar el impacto en las fuerzas internas y desplazamientos.

4.4.1 Análisis de la variación en fuerza axial

Tabla 17: Comparativa de fuerza axial

Elemento Estructural	V = 75 Km/h (Normativa)	V = 85 Km/h ()	Variación Absoluta	Variación (%)
Viga Principal	20.864 Tonf	20.965 Tonf	0.101 Tonf	+ 0.48
Columnas	17.075 Tonf	17.267 Tonf	0.192 Tonf	+ 1.12
Correas	9.545 Tonf	12.502 Tonf	2.957 Tonf	+ 30.98

Fuente: Elaboración propia a partir del Anexo 3

El análisis de la variación de la fuerza axial presenta un comportamiento diferenciado según la función del elemento en el sistema estructural:

1. La variación de la carga axial es marginal. En la viga principal, el incremento es apenas 0.48 % (de 20.86 a 20.97 Tonf), y en las columnas es de 1.12 %. Esto indica que la carga axial en los pórticos principales está condicionada casi exclusivamente por las cargas gravitatorias (peso propio y carga viva), las cuales permanecen constantes en ambos escenarios, pero no incrementa significativamente su compresión vertical.
2. A diferencia de los elementos principales, las correas experimentan un aumento considerable en su carga axial, subiendo un 30.98 % (de 9.55 a 12.50 Tonf).
3. Para vigas y columnas, el diseño por carga axial no es crítico ante el aumento del viento; su vulnerabilidad depende del momento flector. Este incremento indica que las correas no solo trabajan a flexión soportando la cobertura, sino que actúan como elementos de arriostre o puntales dentro del diafragma de la cubierta, transmitiendo las fuerzas laterales del viento hacia los pórticos. Al aumentar la presión de viento en un 28.4 %, la componente de fuerza que se transfiere axialmente a través de las correas aumenta en una proporción similar (~ 31 %).
4. Para las correas, el aumento del 31 % en la carga axial es significativo y debe verificarse en el diseño de sus conexiones, ya que una falla por pandeo o en la unión podría ocurrir si solo se consideran cargas gravitatorias.

4.4.2 Análisis de la variación en fuerza cortante

Tabla 18: Comparativa de fuerza cortante

Elemento Estructural	Eje	V = 75 Km/h (Normativa)	V = 85 Km/h (Investigación)	Variación (%)
Correas	Fy (Eje débil)	0.629 Tonf	0.639 Tonf	+1.59
(200x10mm)	Fz (Eje fuerte)	0.709 Tonf	0.744 Tonf	+4.94
Viga Principal	Fy (Eje débil)	5.505 Tonf	7.137 Tonf	+29.65
(300x10mm)	Fz (Eje fuerte)	3.997 Tonf	5.236 Tonf	+31.00
Columnas	Fy (Eje transv.)	1.393 Tonf	1.532 Tonf	+9.98
(350x700x10mm)	Fz (Eje long.)	18.598 Tonf	18.846 Tonf	+1.33

Fuente: Elaboración propia a partir del modelado en ROBOT 2025.

La tabla 18 revela el comportamiento no lineal en la respuesta de la estructura. Se destacan tres hallazgos técnicos principales:

El elemento más afectado es la viga principal experimentado un incremento drástico del 31 % en el eje V3 y 29.65 % en el eje V2. Este resultado es físicamente consistente, al aumentar la presión de viento un 28.4 %, las vigas que reciben directamente esta carga sobre el área tributaria de la cobertura experimentan un aumento de fuerzas casi proporcional.

En las columnas la variación en el eje principal (V3) es (+1.33 %). Esto indica que la fuerza cortante basal en el sentido longitudinal está gobernada mayoritariamente por las cargas de gravedad (peso propio + carga viva) y la rigidez sísmica, siendo poco sensibles al incremento de la carga de viento en este eje.

El aumento del 30 % en el cortante de la viga principal es el dato más relevante para el diseño de las conexiones soldadas o apernadas. Una conexión

diseñada estrictamente con la norma (V = 75 Km/h) estaría trabajando con un factor de seguridad reducido ante un evento de 85 Km/h.

Las correas muestran un incremento moderado (+4.94 %) en su eje vertical, consistente con el aumento de la carga de succión (elevación) en la cobertura, pero sin llegar a niveles críticos.

4.4.3 Análisis de la variación de los momentos flectores

El momento flector es el parámetro determinante para el diseño de las conexiones. La variación de estos esfuerzos se detalla:

Tabla 19: *Comparativa de momentos flectores*

Elemento Estructural	Eje	V = 75 Km/h (Normativa)	V = 85 Km/h (Crítica)	Variación (%)
Correas	My (Eje fuerte)	1.232 Tonf·m	1.597 Tonf·m	+29.63
	Mz (Eje débil)	1.344 Tonf·m	1.818 Tonf·m	+35.27
Viga Principal	My (Eje débil)	3.740 Tonf·m	4.879 Tonf·m	+30.45
	Mz (Eje fuerte)	11.384 Tonf·m	14.838 Tonf·m	+30.35
Columnas	My (Principal)	93.852 Tonf·m	96.193 Tonf·m	+2.49
	Mz (Transversal)	4.123 Tonf·m	5.400 Tonf·m	+30.97

Fuente: Elaboración propia a partir del modelamiento estructural en Autodesk Robot Structural Analysis.

La tabla 19, evidencia un comportamiento crítico que difiere de las fuerzas cortantes. Se destacan las siguientes observaciones:

- A diferencia de las fuerzas cortantes, los momentos flectores muestran un incremento uniforme cercano al 30 % en casi todos los elementos horizontales (vigas y correas). Específicamente, el momento M3 en la viga principal, que define

su resistencia lateral, aumenta un 30.35 %, pasando de 11.3 a 14.8 Tonf-m. Este es el dato más relevante para el diseño, pues obliga a verificar si la sección tubular propuesta tiene la capacidad plástica suficiente.

- Se observa un aumento severo (+35.27 %) en el eje débil de las correas (M2). Esto indica que el viento no solo genera succión vertical, sino un fuerte empuje lateral sobre elementos delgados. Técnicamente, las correas están sometidas a flexión biaxial, lo cual suele ser la causa principal de fallo por pandeo lateral-torsional en techos ligeros.

- Las columnas (HSS 350X700) confirman su rol estabilizador. Aunque el viento aumenta, su momento principal (My) solo varía un 2.49 % (de 93.8 a 96.2 Tonf-m). Esto confirma que el pórtico es robusto y que las columnas actúan como elementos estabilizadores eficaces, absorbiendo la energía del viento sin comprometer la seguridad global del sistema.

- El análisis del comportamiento de las combinaciones de carga muestra un cambio crítico: para V = 75 Km/h, el diseño estaba controlado por la gravedad (1.2D + 1.6L), pero para V = 85 Km/h, la combinación de viento (1.2D + 1.0W + L), pasó a regir el diseño con un Ratio de 0.98. Esto significa que, bajo las condiciones climáticas reales de Pucallpa, la estructura ha dejado de ser dominada por peso propio para pasar a ser dominada por cargas laterales.

4.5 IMPACTO DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS DEL VIENTO EN LOS PARÁMETROS DE DISEÑO FINAL DE LA I.E. 1220.

Se verificó los elementos estructurales bajo los criterios de la Norma E.090 Estructuras Metálicas, evaluando la interacción de cargas axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores para el escenario critico de verificación (V = 85 Km/h).

4.5.1 Verificación de desplazamientos (Rigidez)

Se verificó que las deformaciones ante las ráfagas de 85 Km/h no excedan los límites de servicio para garantizar la integridad de los acabados**.**

Tabla 20: *Comparativa de desplazamiento Uz (flecha) máximo*

Tipo de control	Eje	Valor calculado	Límite Normativo	Ratio	Estado
Flecha Vertical (Carga Viva)	Δ_L	1.10 cm	*L/*360 = 7.75 cm	0.14	Cumple
Flecha Vertical (Total)	Δ_{D+L}	8.25 cm	*L/*240 = 11.62 cm	0.71	Cumple
Deriva Lateral (Sismo X)	Δ_X/H	0.0024	0.0100 (E.030)	0.24	Cumple
Deriva Lateral (Sismo Y)	Δ_Y/H	0.0031	0.0100 (E.030)	0.31	Cumple

Nota. Valores obtenidos del análisis en Estado Límite de Servicio. El valor de 8.25 cm corresponde a la deflexión máxima en la clave del arco verificada.

El análisis de la tabla 20 es independiente a los escenarios de estudio ya que su valor no depende de las cargas de viento, es para corroborar y verificar la viabilidad de la estructura sin considerar las cargas, evitando hacer un diseño sobre una estructura potencialmente inestable:

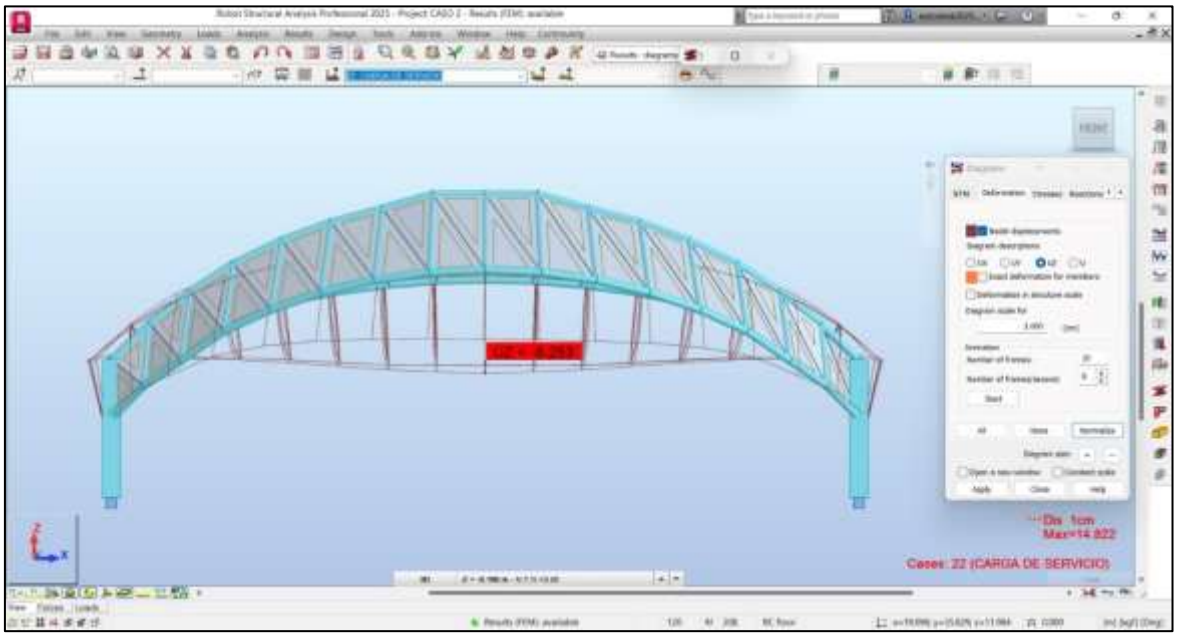
- La deflexión máxima acumulada bajo cargas de servicio es de 8.25 cm. Aunque este valor es considerable debido a la gran luz del arco, se mantiene dentro del rango elástico permitido, con un Ratio de 0.71 respecto al límite normativo (L/240). Esto garantiza que las vigas principales, a pesar de estar exigidas en

resistencias, poseen la inercia suficiente para evitar curvaturas perceptibles que pueden generar inseguridad visual o daños en falsos cielos rasos.

- Los desplazamientos laterales son el indicador directo de la acción del viento. Se obtuvieron derivas de 0.0024 y 0.0031 (H/400 y H/300 respectivamente), las cuales representan apenas el 24 % y 31 % del límite máximo permitido por la norma sismorresistente (0.0100).

Estos resultados confirman que el incremento de velocidad del viento (de 75 a 85 km/h) no compromete la servicialidad. La estructura es lo suficientemente rígida para que las ráfagas de viento no generan vibraciones excesivas ni deformaciones laterales perceptibles.

Figura 11: Deformada de la estructura bajo cargas de servicio



Como parte de la validación integral del diseño ante los nuevos parámetros climáticos, se verificó el comportamiento de la estructura en el Estado Límite de Servicio (ELS). La figura 11 ilustra la deformada global del sistema bajo la combinación de cargas de servicio la cual representa las condiciones operativas

normales de la edificación (Cargas de Gravedad + Cargas Vivas de Techo).

El análisis por elementos finitos arroja un desplazamiento vertical máximo (flecha) en la clave del arco de: $\Delta_{máx}(U_Z)$ = -8.253 cm; este resultado permite concluir dos aspectos fundamentales sobre la influencia de la velocidad de diseño en la rigidez del sistema:

Control de deflexiones por rigidez geométrica. El uso de perfiles tubulares de sección CC-Φ300mm en los arcos principales necesarios para resistir las presiones críticas de viento de 85 km/h verificadas en la sección anterior, la cual aporta una rigidez a flexión considerable. Esto permite que, aun bajo cargas gravitatorias máximas, la estructura mantenga sus deformaciones controladas, evitando vibraciones excesivas o percepción de inseguridad visual.

Verificación de funcionalidad. El desplazamiento vertical obtenido (8.25 cm) se encuentra dentro de los rangos admisibles para estructuras metálicas de grandes luces. Eso garantiza la correcta evacuación de aguas pluviales (evitando el empozamiento en la cobertura) y asegura que la estructura no sufra deformaciones permanentes que comprometan los acabados o instalaciones suspendidas.

En síntesis, el incremento de la robustez de los perfiles para satisfacer la demanda de viento (Resistencia) ha resultado en una estructura con una rigidez transversal superior, satisfaciendo holgadamente los criterios de servicio (Deformación).

4.5.2 Verificación de ratios de diseño estructural.

Tabla 21: *Comparativa de ratios de interacción máximos (Demanda/Capacidad)*

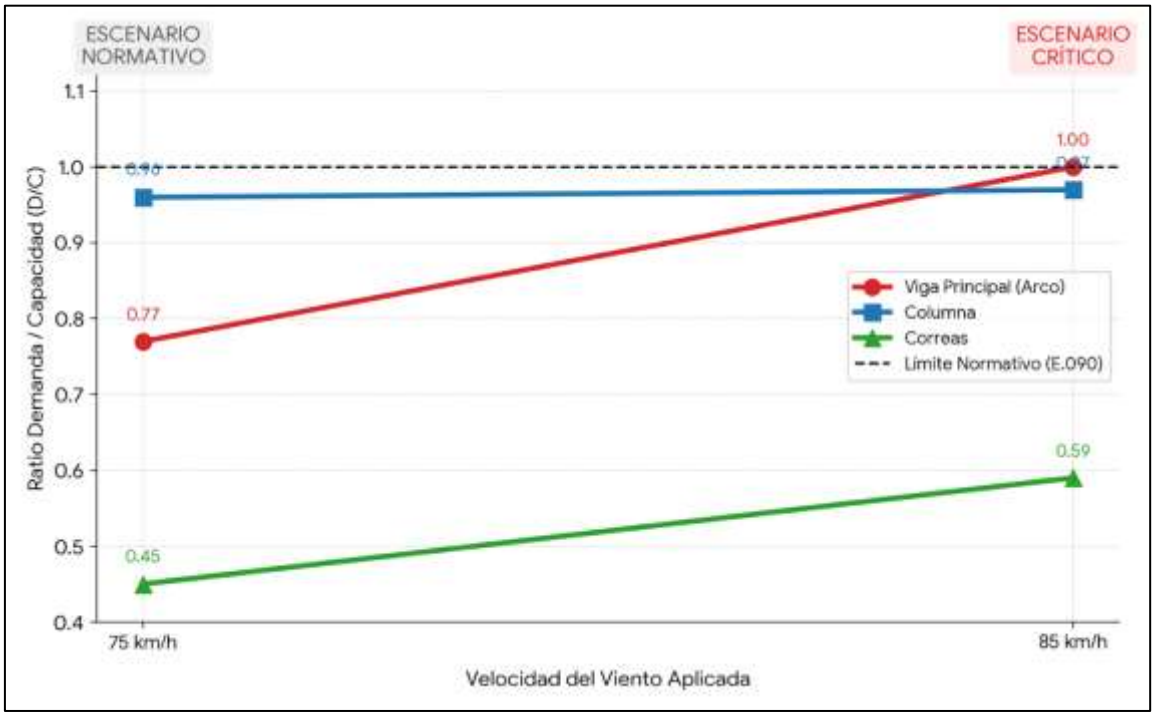
Elemento estructural	Sección (mm)	Ratio D/C (V_{75})	Ratio D/C (V_{85})	Incremento de exigencia	Estado del diseño
Viga Principal	Tubo Ø300x10	0.77	1.00	+29.9 %	Límite Ok
Columna	HSS 350x700x10	0.96	0.97	+1.0 %	Límite Ok
Correas	CHS Ø 200x10	0.45	0.59	+31.1 %	Holgado Ok

Fuente: Elaboración propia, basada en la Memoria de Cálculo

La tabla 21 resume las ratios de demanda/capacidad obtenidos mediante el cálculo manual de comprobación, validando la suficiencia de las secciones propuestas.

- La viga principal, es el elemento más sensible al incremento de la velocidad del viento. Su ratio de eficiencia aumenta significativamente del 0.77 al 1.00, lo que indica que la sección tubular Ø300 mm trabaja al 100 % de su capacidad bajo el escenario de viento de 85 km/h. Esto confirma que el diseño es seguro, pero no admite reducción de espesores.
- Las columnas muestran una variación mínima (+1 %), manteniéndose en 0.97. Esto se debe a que su diseño está gobernado principalmente por cargas de gravedad y sismo, siendo la carga de viento en la cobertura un factor secundario para su estabilidad global.
- En cuanto a las correas, aunque experimentan un aumento de carga del orden del 30 %, se mantienen en un rango holgado de seguridad, trabajando apenas al 59 % de su capacidad.
-

Figura 12: Evolución de los Ratios D/C ante el incremento de viento



La figura 12 permite visualizar la sensibilidad de cada componente ante el cambio climático:

- La curva de la viga principal presenta una pendiente pronunciada, evidenciando que es un elemento altamente sensible a la presión del viento. El gráfico demuestra como el diseño pasa de una zona de confort (0.77) al límite exacto de la falla normativa (1.00) con el aumento de velocidad.
- La curva de la columna es prácticamente horizontal. Reforzar las columnas por motivos de viento sería innecesario e ineficiente, ya que su exigencia no proviene de esta carga ambiental.

El análisis cruzado de tabla 21 y figura 12 permite establecer la configuración final de la I.E. 1220, confirmando que la actualización de las velocidades máximas del viento no obliga a modificar la sección finalmente adoptada, pero sí elimina la holgura de diseño. El diseño final validado queda

configurado de la siguiente manera:

- Vigas: Tubo circular Ø300 mm x 10 mm (Trabajando al 100 % de capacidad).
- Columnas: Sección cajón 350x700 mm x 10 mm (trabajando al 97 % de capacidad).
- Acero: ASTM A36 (*Fy* = 36 ksi/2530 kgf/cm^2).

La estructura es segura y cumple con la normativa E.090, soportando las velocidades reales de campo sin necesidad de incorporar refuerzos estructurales costosos.

Figura 13: Desglose de la verificación de interacción Axial-Flexión (P-M) para la viga principal arco bajo escenario crítico



Como se evidenció en la figura 13, El elemento 256 Viga Principal experimentó el incremento más severo en su ratio de trabajo llegando a 1.00 según el diseño de la E090 y a 0.98 por el diseño según el AISC 360-16, se evidencia el desglose detallado de la verificación normativa que explica este resultado, mostrando el diagrama de interacción Axial-Flexión para sección

tubular (CHS Ø 300x10 mm) bajo la combinación de carga crítica que incluye el viento de 85 km/h.

El diagrama P-M revela que la respuesta estructural está dominada por la flexión, confirmando que la estructura funciona principalmente como un arco biarticulado sometido a grandes momentos flectores:

1. Demanda de flexión predominante: El punto de diseño se ubica en una zona de alta demanda de momento flector consumiendo el 83 % de la capacidad a flexión de la sección (*Ratio M* = 0.83).
2. Baja demanda axial: En contraste, la carga axial de compresión es relativamente baja (Pu = 10.91 Tonf), representando solo un 4 % de la capacidad axial pura del perfil (*Ratio P* = 0.04). Esto indica que el fallo potencial no sería por aplastamiento o pandeo global puro, sino por inestabilidad flexionante.
3. La combinación de ambos efectos, según la ecuación de interacción de la Norma E.090, resulta en un Ratio de Interacción Global de 1.00.

Este análisis demuestra que el ratio de demanda/capacidad converge exactamente al valor límite de 1.00. Este resultado evidencia que, bajo el escenario crítico de 85 km/h, la sección tubular agota la totalidad de su reserva resistente permitida por la normativa. Se verifica el cumplimiento estricto del criterio de estabilidad, el margen de seguridad remanente es nulo, indicando que la estructura opera al máximo de su capacidad elástica sin presentar holguras ante solicitaciones adicionales.

Figura 14: Mapa de distribución de Ratios Para Correas según AISC 360-16 (V = 85 Km/h)

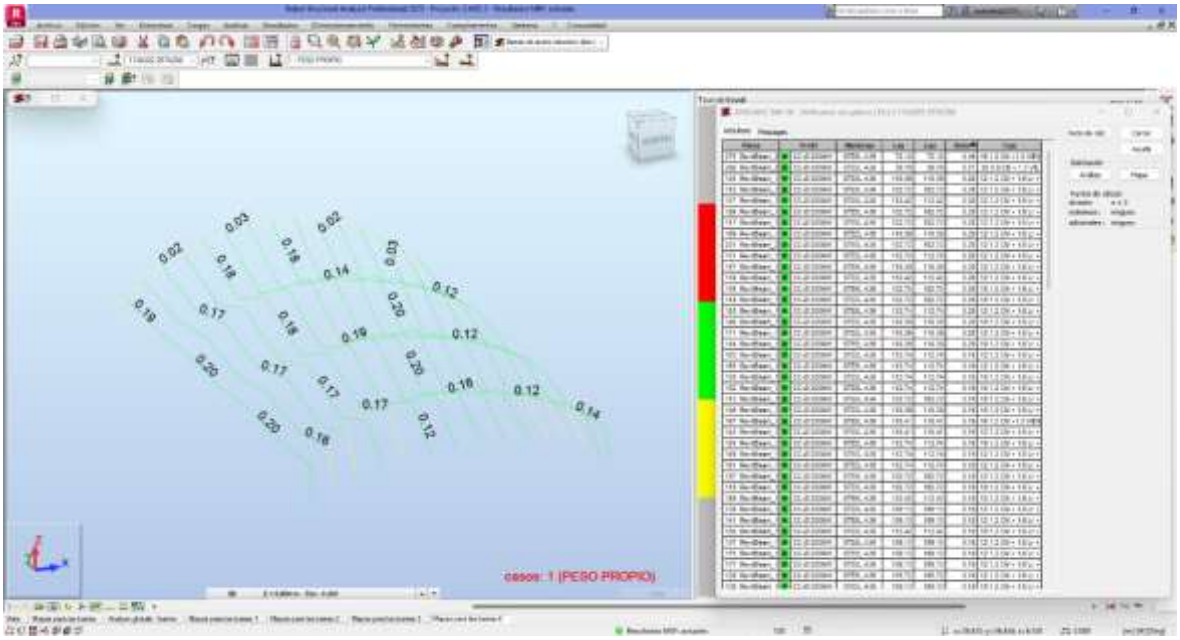


Figura 15: Mapa de distribución de Ratios Para Vigas según AISC 360-16 (V = 85 Km/h)

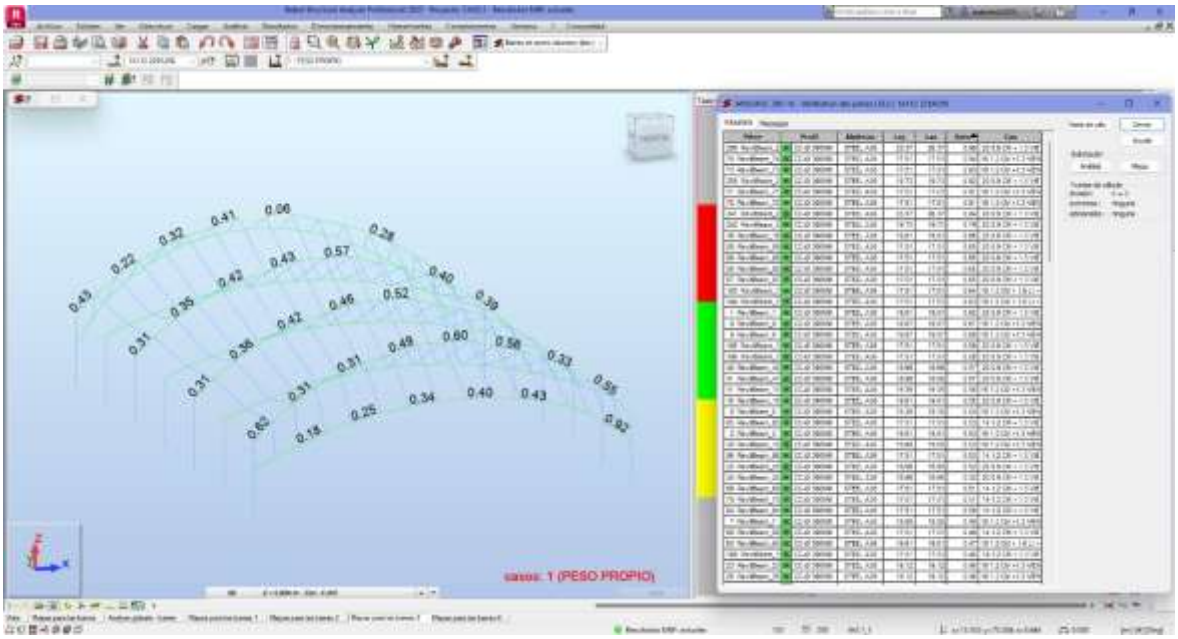
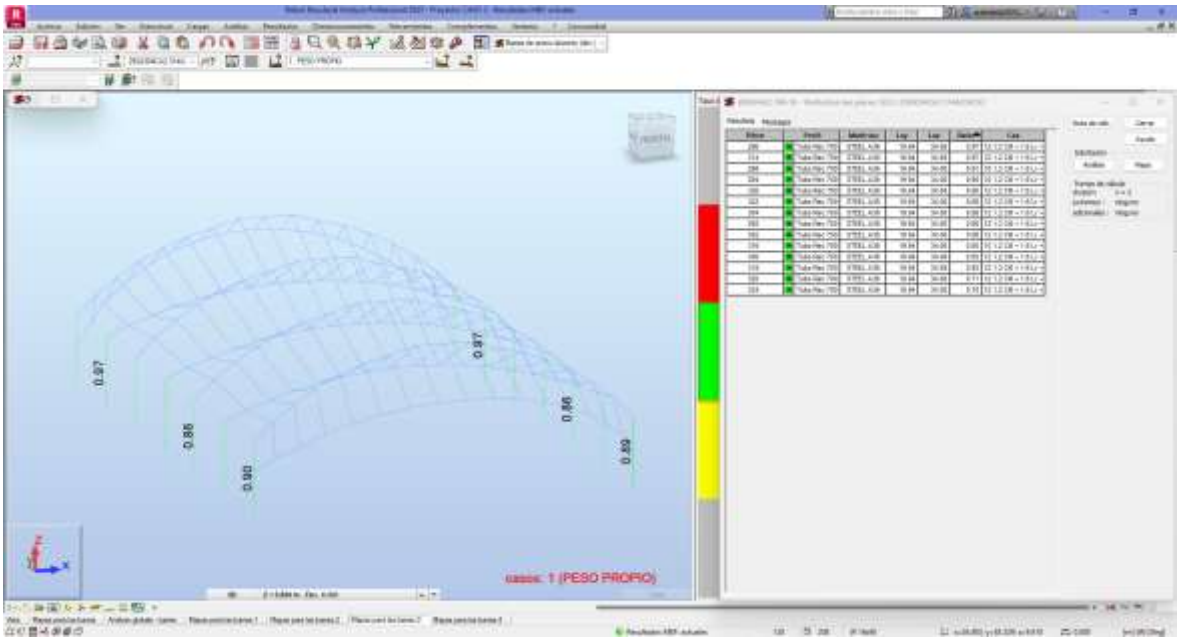


Figura 16: Mapa de distribución de Ratios Para Columnas según AISC 360-16 (V = 85 Km/h)



El análisis de la respuesta estructural bajo el escenario de velocidad de viento máxima (V = 85 km/h) revela que los arcos principales son los elementos más solicitados del sistema resistente. La verificación normativa realizada bajo la Norma E.090 identifica una concentración de esfuerzos críticos en el arranque y la curvatura del arco principal (**Perfil** Tubular CC- Ø300 mm).

Para la combinación de carga última (ULS) donde la acción del viento es predominante (Combinación: 1.2D + 1.6W + 0.5Lr según la envolvente de diseño), el elemento registra un ratio de eficiencia máximo de 1.00.

Este valor, situado en el límite superior del rango de seguridad (R ≤ 1.00), indica:

- Optimización del diseño, la estructura está trabajando al 100 % de su capacidad resistente en el escenario más desfavorable. Esto demuestra que la sección de 300 mm no está sobredimensionada, sino que representa la sección ajustada al límite de verificación necesaria para resistir las cargas laterales incrementadas.
- Sensibilidad al viento, la diferencia significativa entre los ratios de las correas (0.59), y el arco (1.00) evidencia la estabilidad de la cobertura depende directamente de la rigidez del arco principal frente a las presiones dinámicas del viento lateral.
- Cumplimiento normativo. A pesar de la severidad del escenario climático (85 km/h), el ratio alcanza la unidad, manteniéndose en el límite admisible de diseño por lo que no se producirá plastificación generalizada ni fallo del acero, validando así la seguridad estructural de proyecto bajo los parámetros actualizados.

4.6 RESUMEN DE VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

A continuación, se presenta el resumen de validación de hipótesis, en función de los criterios técnicos y evidencias obtenidas en la investigación.

Tabla 22: Resumen de validación de hipótesis

Hipótesis	**Criterio de validación**	**Evidencia**	**Decisión**
H1	Comparación velocidad determinada V_{50} vs 75 km/h	V_{50} = 80.43 km/h > 75 km/h	Se acepta
H2	Comparación de presión para un viento de 75 km/h vs 85 km/h	Incremento de un 28.4 %	Se acepta
H3	Comparación solicitaciones internas	Axial (correas) +30.98 % Cortante (Viga principal) +31.00 % Momento (Viga principal) +30.35 %	Se acepta
H4	Comparación de diseño: ratios D/C	En viga principal el ratio aumento de 0.77 a 1.00	Se acepta

En consecuencia, los resultados obtenidos validan las hipótesis planteadas, debido a que la velocidad crítica considerada produjo incrementos verificables en la presión de viento, en las solicitaciones internas y en los ratios de diseño estructural. Por tanto, se confirma que la variación de la velocidad máxima del viento incide directamente en el análisis y diseño de la cobertura metálica circular de la I.E. 1220.

4.7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- El objetivo general buscó evaluar el impacto de las velocidades máximas del viento en el diseño final de la I.E. 1220, se demostró que la actualización de la velocidad de diseño de 75 km/h (normativo) a 85 km/h (critico) tiene un impacto determinante en la seguridad estructural, reduciendo la holgura resistente del sistema hasta una condición límite de diseño. Globalmente, el impacto se cuantifica como la transición de una estructura con holgura (Ratio 0.77) a una estructura en estado límite (Ratio 1.00).

- Este resultado general valida la hipótesis de que los parámetros convencionales de la Norma E.020 son insuficientes para garantizar la resiliencia en la zona de Ucayali. El hallazgo se alinea de manera contundente con la investigación local de Carrasco Arévalo (2025), quien concluyó que adaptar el diseño a las condiciones eólicas y pluviales específicas de Pucallpa es la única ruta para lograr infraestructuras seguras y económicamente viables. Al igual que en su propuesta de optimización, la presente tesis confirma que el diseño eficiente en la selva no permite sobredimensionamientos por incertidumbre ni subdimensionamiento por norma; requiere un cálculo exacto basado en datos reales.

- Finalmente, la evaluación global ratifica lo expuesto por Dávila y Orihuela (2023) y Rodríguez Fernández et al. (2024): en estructuras ligeras de gran luz como la I.E. 1220, la carga de viento no es un factor secundario, sino la solicitación dominante que define la geometría y el espesor de los

elementos. Ignorar el incremento de velocidad histórico (78 km/h) hubiera resultado en un diseño con un falso factor de seguridad, vulnerable ante las ráfagas extremas que hoy son frecuentes debido a la variabilidad climática.

- En el primer objetivo se determinó que la velocidad máxima histórica real en Pucallpa alcanzó los 78 km/h (Registrados SENAMHI 2022-2023), superando el valor normativo de diseño de 75 km/h establecido en la Norma E.020. Este hallazgo de insuficiencia normativa coincide plenamente con lo advertido internacionalmente por Hintermaier y Lin (2024), quienes en su investigación demostraron que los mapas eólicos estáticos de códigos vigentes tienden a subestimar las velocidades reales futuras debido al cambio climático, incrementando el riesgo de falla en estructuras de categorías II a IV.

- Asimismo, la variabilidad detectada en los registros locales se alinea con la investigación de Gamboa Leiva (2023), quien concluyó que la aplicación rigurosa de coeficientes de ráfaga y factores topográficos puede variar la carga de diseño en un ±15 % respecto a los métodos simplificados. En el contexto estudiado, la diferencia del 7.24 % entre el histórico V_{50} (80.43 km/h) y la norma (75 km/h) valida la necesidad de actualizar los parámetros de entrada, tal como sugiere Gamboa para evitar errores de interpretación en zonas con data desactualizada.

- Respecto al segundo objetivo, el análisis comparativo evidenció que un incremento moderado del 13.3 % en la velocidad de viento (de 75 a 85 km/h) generó un aumento desproporcionado del 28.4 % en la presión

dinámica y del 30 % en los momentos flectores de la viga principal. Este comportamiento no lineal corrobora los hallazgos de Das Gupta et al. (2020), quienes al analizar edificios bajo vientos fuertes demostraron que los desplazamientos y derivas crecen exponencialmente ante variaciones de velocidad, siendo la carga de viento el factor gobernante en el diseño de elementos esbeltos.

- Sin embargo, nuestros resultados difieren parcialmente de lo observado por Poma y Mendoza (2023) en Lima, quienes concluyeron que la norma E 0.20 tiende a sobrestimar las cargas en edificios altos comparado con ensayos de túnel de viento. En cambio, los resultados en esta investigación para una edificación de baja altura en Pucallpa, la normativa E.020 resultó subestimar la demanda real. Esto sugiere que la precisión de la norma peruana es variable según la zona geográfica y la tipología estructural, siendo crítica y deficiente para estructuras ligeras en la selva peruana expuestas a ráfagas tropicales.

- Adicionalmente, los resultados obtenidos sobre la criticidad de los esfuerzos en los nudos concuerdan con lo expuesto por Rodríguez Fernández et al. (2024), Su estudio reveló que las tensiones máximas ante ráfagas extremas se concentran en las conexiones, superando el límite de fluencia en segundos. Similarmente, en la presente investigación, el incremento del 30 % en los momentos flectores de la viga principal pone en riesgo la estabilidad de las uniones si estas se diseñan solo con la norma E.020, la cual, a diferencia de lo observado por Poma y Mendoza (2023) en edificios altos de Lima, en las coberturas

ligeras de Pucallpa tiende a subestimar la demanda real de succión y presión.

- Para el tercer objetivo, se estableció que bajo el escenario crítico (V = 85 km/h), el Ratio de Demanda/Capacidad (D/C) de la viga principal se elevó drásticamente de 0.77 a 1.00, llevándola a su límite elástico. Este resultado valida la postura de Dávila y Orihuela (2023), quienes en su diseño de naves industriales encontraron que los elementos trabajan a capacidades elevadas (superiores al 85 %) gobernadas exclusivamente por el viento.
- Finalmente, la eficiencia de nuestra propuesta (Ratio 1.00) dialoga con la investigación local de Carrasco Arévalo (2025); mientras dicho autor logró reducir el peso en un 24 % mediante el uso de geometrías parabólicas optimizadas, esta investigación advierte el límite de dicha optimización: la sección tubular de Ø300 mm propuesta trabaja al 100 % de su capacidad. Esto confirma que, si bien se busca la economía, no existe margen de reducir espesores o secciones más allá de lo planteado, ratificando lo concluido por Anchapuri et al. (2023) sobre la obligatoriedad de verificar perfiles específicos ante velocidades reales para evitar el fallo estructural.

CONCLUSIONES

- Se determinó que las velocidades máximas del viento en Pucallpa superan el valor normativo de 75 km/h establecido por la Norma Técnica E.020 Cargas. Los registros oficiales reportaron eventos de hasta 78.0 km/h en 2022 y 77.8 km/h en 2023; además, la estimación mediante Gumbel para un periodo de retorno de 50 años arrojó valores de 80.43 km/h en la Estación Pucallpa Manual, 89.05 km/h en Callería Automática Horaria y 88.24 km/h en Pucallpa Automática. La estación Pucallpa Manual fue tomada como principal referencia por poseer la serie histórica más extensa, mientras que las estaciones automáticas permitieron corroborar la excedencia normativa. En consecuencia, se adoptó una velocidad crítica de verificación de 85 km/h para el análisis estructural de la I.E. N.° 1220, incorporando un margen conservador frente a las condiciones reales e incertidumbre climática local.

- Se comprobó que el incremento de la velocidad de viento de 75 km/h a 85 km/h genera un aumento significativo en las cargas de diseño aplicadas a la estructura. Debido a la relación cuadrática entre velocidad y presión, el incremento de 13.3 % en la velocidad produjo una amplificación de 28.4 % en la presión de diseño, pasando de 28.13 kg/m² a 36.13 kg/m². Esto demuestra que una diferencia aparentemente moderada en la velocidad del viento produce un efecto considerable en la solicitación estructural y confirma la necesidad de emplear parámetros actualizados para el diseño en Pucallpa.

- Se estableció que el incremento de las cargas de viento modifica de manera significativa los parámetros de análisis estructural de la I.E. 1220. Los mayores efectos se observaron en los elementos horizontales de la cobertura, especialmente

en la viga principal, donde la fuerza cortante aumentó hasta en 31.00 % y el momento flector máximo se incrementó en 30.35 %. Asimismo, la combinación con viento pasó a gobernar el diseño estructural frente a las combinaciones gravitatorias, evidenciando que la respuesta del sistema es altamente sensible a la acción eólica y que el viento constituye la solicitación dominante en este tipo de estructura ligera de gran luz.

- Se concluye que la actualización de las velocidades máximas del viento impacta directamente en los parámetros de diseño final de la I.E. 1220. Bajo el escenario crítico de 85 km/h, la viga principal tubular Ø300 × 10 mm alcanzó una ratio Demanda/Capacidad de 1.00, mientras que con la velocidad normativa de 75 km/h presentaba un ratio de 0.77. Este resultado evidencia que la sección propuesta cumple estrictamente con la Norma E.090, pero trabaja en condición límite, por lo que no admite reducción adicional de espesor ni optimización geométrica sin comprometer la seguridad estructural. En consecuencia, el diseño final no requiere redimensionamiento respecto a la propuesta validada, pero sí exige ser verificado con parámetros de viento actualizados y conservadores.
- Se concluye finalmente que la determinación y evaluación de las velocidades máximas del viento aplicadas al diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025, generan un impacto significativo en el comportamiento estructural, ya que modifican las cargas de diseño, alteran los parámetros de análisis y llevan a los elementos principales a condiciones límite de resistencia. Por tanto, el uso exclusivo del valor normativo de **75 km/h** resulta insuficiente para representar las condiciones reales de viento de la ciudad, siendo necesario adoptar criterios de verificación más conservadores para garantizar la seguridad y estabilidad de la estructura.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los proyectistas adoptar una velocidad de diseño de 85 km/h para edificaciones similares en Pucallpa, como criterio conservador de seguridad frente a la variabilidad climática y a la ocurrencia de ráfagas que superan el valor normativo establecido en la Norma E.020.
- Se recomienda a las entidades competentes actualizar los términos de referencia (TDR) de los proyectos de inversión pública en Ucayali, exigiendo el análisis de series históricas de viento con información local actualizada del SENAMHI, en lugar de basarse únicamente en la aplicación determinista de los mapas eólicos normativos, a fin de asegurar parámetros de diseño acordes con las condiciones reales del entorno.
- Se recomienda desarrollar investigaciones complementarias que amplíen el análisis hacia el diseño de conexiones, placas base y cimentaciones, considerando que el presente estudio se centró en correas, vigas y columnas. Dado que se identificó un incremento significativo en los esfuerzos internos, resulta necesario verificar la transmisión de dichas demandas en nudos, anclajes y apoyos, para garantizar la integridad global del sistema estructural.
- Se recomienda ampliar el registro histórico de velocidades de viento en Pucallpa mediante campañas de medición más continuas, incorporación de datos faltantes y uso de fuentes complementarias, a fin de contar con una base estadística más sólida. Esto permitirá que futuras investigaciones definan con mayor precisión velocidades de diseño, periodos de retorno y escenarios extremos, los cuales podrían incluso superar los valores identificados en la presente investigación

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍCAS

American Society of Civil Engineers. (2022). *Minimum design loads and associated criteria for buildings and other structures (ASCE/SEI 7-22).* ASCE.

Anchapauri Chambilla, Y. A., Andrada Palomino, D. G., & Benavides Paredes, N. R. (2023). *Determinación de la velocidad máxima de viento a partir de iteraciones de carga en torre autosoportada en el proceso de análisis estructural aplicando el software MS Tower* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/6510

Cabrera Acevedo, L. A., & Salinas Ruiz, W. A. (2024). *Análisis del comportamiento dinámico por cargas de viento en una estructura de 14 niveles con sistema dual, Trujillo 2023* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/149679

Gamboa Leiva, G. E. (2023). *Guía práctica para la estimación de cargas de viento en estructuras: Casos de estudio de la empresa EstructurArt Consultores S.A.* [Trabajo final de graduación, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/15074

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.*

Hibbeler, R. C. (2018). *Structural analysis (10th ed.).* Pearson.

Holmes, J. D. (2015). *Wind loading of structures.* CRC Press.

Itusaca Maldonado, D. R., Choquehuanca Yapura, E. R., & Montesinos Tamara, R. S. (2022). *Evaluación de la presión del viento en edificios de poca altura con coberturas metálicas a escala real en la ciudad de Juliaca* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión].

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Norma técnica E.020: Cargas. Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.*

Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2018). *Applied statistics and probability for engineers (7th ed.).* Wiley.

Poma Munguia, Y. M., & Mendoza Espino, H. J. (2023). *Influencia de las fuerzas de viento basado en un análisis virtual CFD de túnel de viento y su análisis comparativo según la normativa E.020 y ASCE/SEI 7-16 en la respuesta estructural de edificios altos en la ciudad de Lima* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/671050/Poma_MY.pdf

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (s. f.). *Descarga de datos.* https://www.senamhi.gob.pe/site/descarga-datos/

World Meteorological Organization. (2018). *Guide to meteorological instruments and methods of observation (WMO-No. 8).* World Meteorological Organization.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Título: Determinación y evaluación de las velocidades máximas del viento aplicadas en el diseño de la I.E 1220, Pucallpa 2025

OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS/ FUENTES	METODOLOGÍA
Objetivo general: Determinar y evaluar el efecto de las velocidades máximas del viento aplicadas en el diseño estructural de la I.E. 1220, Pucallpa 2025.	Hipótesis general: Las velocidades máximas del viento actualizadas para Pucallpa generan un impacto significativo en el diseño estructural de la I.E. 1220, modificando las exigencias de resistencia y estabilidad de la edificación.	Variable independiente:				**Tipo:** Aplicada, enfoque cuantitativo. **Nivel:** Descriptivo - comparativo **Diseño:** No experimental, transversal, de caso de estudio comparativo. **Población:** Coberturas metálicas educativas de interés estructural en Pucallpa. **Muestra**: Cobertura metálica circular de la I.E. 1220 seleccionada intencionalmente como caso de estudio. **Técnicas:** revisión documental, recopilación de registros meteorológicos, medición propia, modelamiento estructural comparativo. Recolección y depuración de registros; contraste entre fuentes; selección del valor de verificación **Metodología:** Definición de escenarios de velocidad; cálculo comparativo de presión/carga Modelamiento comparativo entre escenario normativo y escenario crítico Verificación resistente y de servicio; comparación del diseño entre ambos escenarios
Objetivo específico a): Determinar las velocidades máximas del viento aplicadas en el diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025.	Hipótesis específica a): Las velocidades máximas del viento determinadas para Pucallpa son superiores a los valores referenciales establecidos en la norma para el diseño de la I.E. 1220.	V.I.: Velocidades máximas del viento	Velocidad máxima del viento	Récord histórico de velocidades, máximos anuales, periodos de retorno.	Registros SENAMHI, CORPAC, estación propia, tablas comparativas	
Objetivo específico b): Determinar el efecto de las velocidades máximas del viento en las cargas de diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025.	Hipótesis específica b): Las cargas de viento obtenidas a partir de las velocidades máximas determinadas para Pucallpa son superiores a las cargas calculadas con los valores referenciales de la norma en el diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025.	Variable dependiente: Comportamiento y diseño estructural	Dimensión 1: Cargas de viento	Presión dinámica; presión de diseño; incremento porcentual de carga	Norma E.020, hojas de cálculo, software de modelado estructural	
Objetivo específico c): Analizar el efecto de las cargas de viento en los parámetros de análisis estructural de la I.E. 1220, Pucallpa 2025.	Hipótesis específica c): Los parámetros de análisis estructural obtenidos a partir de las cargas de viento actualizadas son superiores a los calculados con los valores referenciales de la norma en la I.E. 1220, Pucallpa 2025.	V.D.: Comportamiento y diseño estructural	Dimensión 2: Parámetros de análisis estructural	Fuerza axial máxima; fuerza cortante máxima; momento flector máximo; desplazamiento máximo	Software de análisis estructural, Norma E.020, tablas de resultados	
Objetivo específico d): Evaluar el efecto de los resultados del análisis estructural en el	Hipótesis específica d): Las exigencias de diseño estructural derivadas de la aplicación de las velocidades máximas del viento	V.D.: Comportamiento y diseño estructural	Dimensión 3: Parámetros de diseño estructural	Ratio demanda/capacidad; verificación de desplazamientos; suficiencia de sección;	Norma E.090, software de análisis estructural, memoria de cálculo	

diseño de la I.E. 1220, Pucallpa 2025.	actualizadas son superiores a las consideradas con los valores referenciales de la norma en la I.E. 1220, Pucallpa 2025.			condición de diseño final		

Anexo 2. Memoria De Cálculo

PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

ANÁLISIS DINÁMICO

A nivel general, se verifico el comportamiento dinámico de la estructura frente a cargas sísmicas mediante un análisis modal espectral indicado en la Norma correspondiente, con ese propósito se generan modelos matemáticos para el análisis respectivo. En estos modelos fueron realizados usando el programa de cálculo de estructuras SAP2000 V25.3.1. para el cálculo de derivas y el programa ROBOT STRUCTURAL V25 para el análisis estructural.

VERIFICACIÓN DE LOS DESPLAZAMIENTOS

Se verificarán los desplazamientos obtenidos en el programa ROBOT STRUCTURAL V25 con los permisibles de la Norma correspondiente.

OBTENCIÓN DE ESFUERZOS

Entre los parámetros que intervienen en el DISEÑO DE LA ESTRUCTURA se encuentran la resistencia a la tracción, corte, compresión, flexión y módulo de compatibilidad en correas vigas y columnas.

CRITERIO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

Se realizará el análisis sísmico dinámico de la estructura reglamentado por la NTP E.030. Para el diseño de los elementos en concreto armado se tomará en cuenta las combinaciones de carga de la Norma Técnica E.060.

Se ha seguido un análisis dinámico por el método de superposición modal espectral para la verificación de modos de vibrar. El conjunto es analizado como un modelo de comportamiento inelástico, y para el diseño estructural se tomarán los efectos producidos por carga axial, flexión, corte y torsión. Se verificará el comportamiento dúctil de los elementos confinados, así como la resistencia ante la acción de cargas combinadas especificadas por la norma, de los elementos más esforzados de concreto armado.

HIPÓTESIS DE ANÁLISIS

El análisis de la edificación se hizo con el programa SAP2000. Las estructuras fueron analizadas como modelos tridimensionales. En el análisis se supuso un comportamiento lineal y elástico. Los modelos se analizaron considerando solo los elementos estructurales, sin embargo, los elementos no estructurales han sido ingresados en el modelo como solicitaciones de carga, debido a que ellos no son importantes en la contribución de la rigidez y resistencia de la edificación.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Para el cálculo de la estructura se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- El método de diseño de los elementos de concreto será según la E.060.
- El concreto de las vigas, columnas y zapatas de concreto armado será de f'c 210 kg/cm^2.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Concreto

- Resistencia a la compresión (f'_c) : 210 kg/cm^2
- Módulo de elasticidad (E_c) : 217370.65 kg/cm^2
- Módulo de corte ($G_c=E_c/2(\mu_c+1)$) : 94508.98 kg/cm^2
- Módulo de Poisson (μ_c) : 0.15

Acero de refuerzo

- Esfuerzo de fluencia (fy) : 4200 kg/cm2
- Módulo de elasticidad (Es) : 2000000 kg/cm2

Acero Estructural A36 (perfiles)

- Esfuerzo de fluencia (fy) : 2530 kg/cm2
- Módulo de elasticidad (Es) : 2000000 kg/cm2

METRADO DE CARGAS

CARGA MUERTA

- Peso propio elementos de concreto armado : 2400 kg/m2

- Cobertura + accesorios : 10 kg/m2

CARGA VIVA

- Sobrecarga en techos con cobertura liviana (E020) :30 kg/m^2

CARGAS DE VIENTO

La carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual actúa. Se calculará mediante la expresión: $Ph = 0.005 * C * Vh^2$

Para el cálculo de la velocidad de diseño utilizaremos la siguiente formula:

$$Vh = V\left(\frac{h}{10}\right)^{0.22}$$

Tabla 1

Factores de forma (C)

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0,8	-0,6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0,3 -0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0,7 -0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0,8	-0,6
Superficies verticales o inclinadas (planas o curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7

CASO 1: V = 75 Km/h

$\mathrm{V_h} = 78.283\ \mathrm{Km/h}$

$P_h =$

- $Presión\ del\ viento\ (BARLOVENTO - 1)$: $21.449\ kg/m2$
- $Presión\ del\ viento\ (BARLOVENTO - 2)$: $-\ 9.192\ kg/m2$
- $Presión\ del\ viento\ (SOTAVENTO)$: $-18.385\ kg/m2$

CASO 2: V = 85 Km/h

$\mathrm{V_h} = 88.72\ \mathrm{Km/h}$

$P_h =$

- $Presión\ del\ viento\ (BARLOVENTO - 1)$: $27.550\ kg/m2$
- $Presión\ del\ viento\ (BARLOVENTO - 2)$: $-11.807\ kg/m2$
- $Presión\ del\ viento\ (SOTAVENTO)$: $-23.614\ kg/m2$

RESUMEN DE CARGAS

CARGAS Y FACTORES

CASO 1: V = 75 Km/h

Las combinaciones de carga empleadas en el análisis estructural se han definido conforme a los lineamientos establecidos por la Norma E.020 – Cargas y la Norma E.030 – Diseño Sismorresistente, aplicando los factores de mayoración y reducción prescritos para cargas permanentes, variables y de viento.

Dado que el modelo estructural contempla dos casos de viento frontal y dos casos de viento lateral, cada uno evaluado de manera independiente (direcciones EO y NS, para ambos sentidos), las combinaciones se construyeron de la siguiente manera:

Tabla 2

Factores de forma (C)

N°	Descripción	Kg
1	Peso propio	-----
2	Peso de cobertura + accesorios	10
3	S/C cobertura	30

Tabla 3

Factores de forma (C)

N°	Descripción	Barlovento (kg/m^2)	Sotavento (kg/m^2)
4	Viento lateral 1	21.449	-18.385
5	Viento lateral 2	-9.192	-18.385
6	Viento frontal 1	21.449	-18.385
7	Viento frontal 2	-9.192	-18.385

*(-): succión y (+): presión

Figura 1

Viento Lateral 1: VIENTO E-O 1

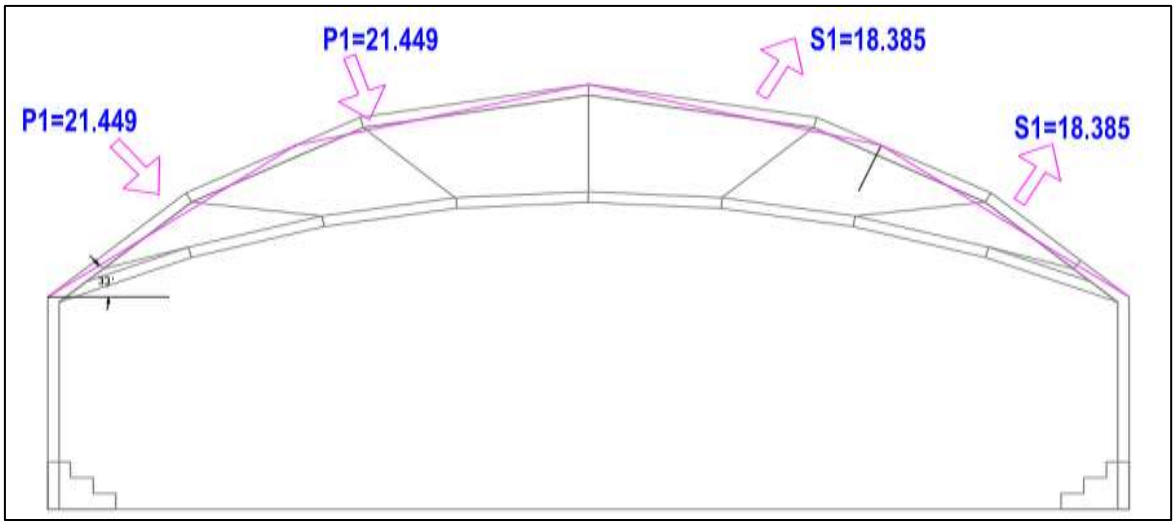


Figura 2

Viento Lateral 2: VIENTO E-O 2

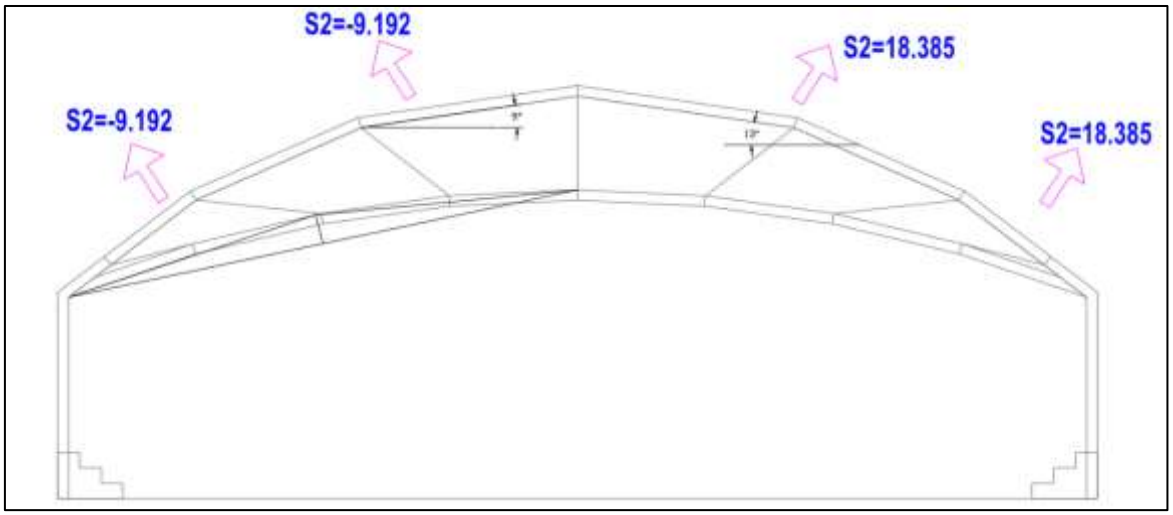


Figura 3

Viento Frontal 1: VIENTO N-S 1

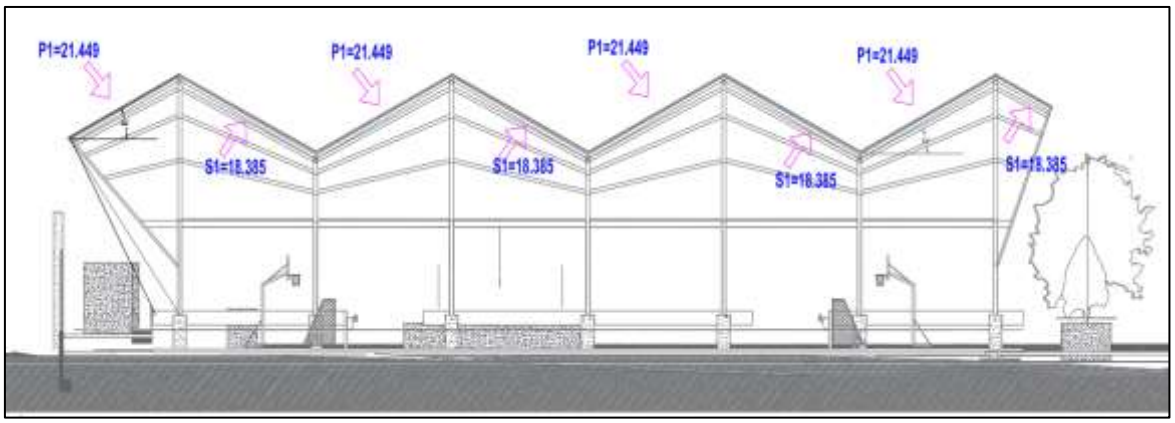


Figura 4

Viento Frontal 2: VIENTO N-S 2



CARGAS Y FACTORES

CASO 2: V = 85 Km/h

Las combinaciones de carga empleadas en el análisis estructural se han definido conforme a los lineamientos establecidos por la Norma E.020 – Cargas y la Norma E.030 – Diseño Sismorresistente, aplicando los factores de mayoración y reducción prescritos para cargas permanentes, variables y de viento. Dado que el modelo estructural contempla dos casos de viento frontal y dos casos de viento lateral, cada uno evaluado de manera independiente (direcciones EO y NS, para ambos sentidos), las combinaciones se construyeron de la siguiente manera:

Tabla 4

Factores de forma (C)

N°	Descripción	Kg
1	Peso propio	-----
2	Peso de cobertura + accesorios	10
3	S/C cobertura	30

Tabla 5

Factores de forma (C)

N°	Descripción	Barlovento (kg/m^2)	Sotavento (kg/m^2)
4	Viento lateral 1	27.55	-23.614
5	Viento lateral 2	-11.807	-23.614
6	Viento frontal 1	27.55	-23.614
7	Viento frontal 2	-11.807	-23.614

*(-): succión y (+): presión

Figura 5

Caso 4: Viento Lateral 1: VIENTO E-O 1

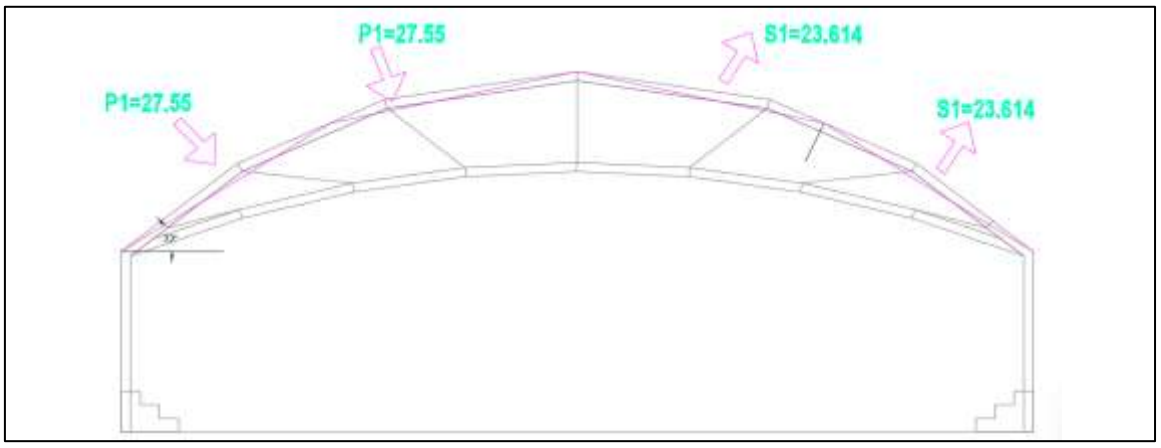


Figura 6

Caso 5: Viento Lateral 2: VIENTO E-O 2

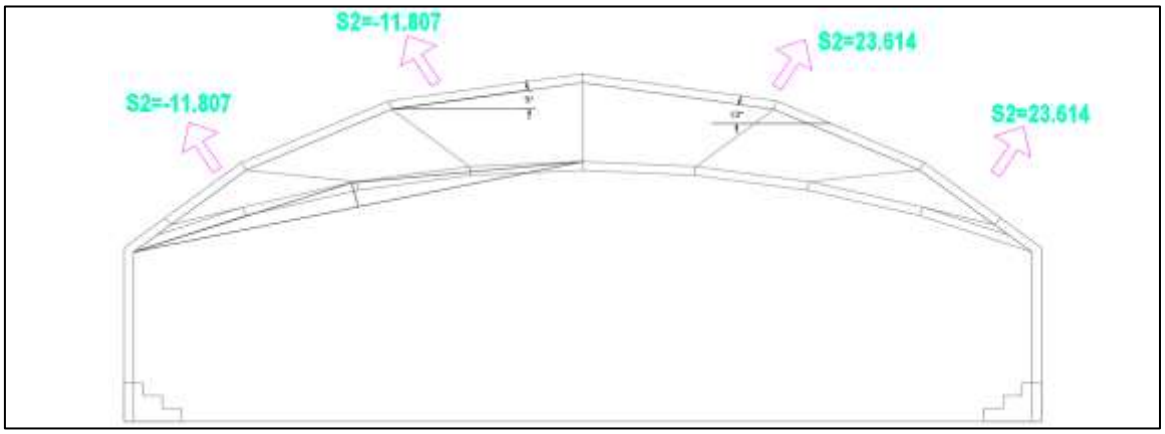


Figura 7

Caso 6: Viento Frontal 1: VIENTO N-S 1

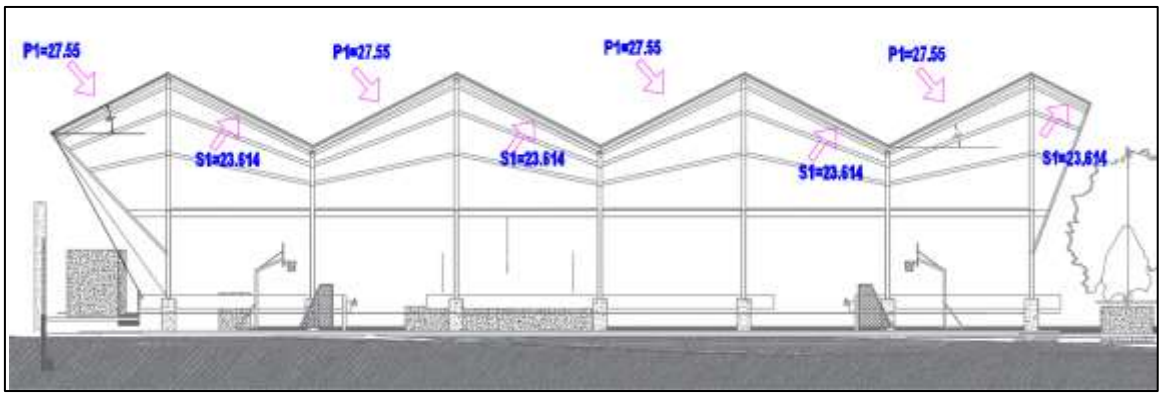


Figura 8

Caso 7: Viento Frontal 2: VIENTO N-S 2



MODELO ESTRUCTURAL ADOPTADO

El estudio desarrolla la evaluación estructural de una edificación metálica de un nivel, considerando acciones de viento y verificaciones sísmicas requeridas por la normativa aplicable. La estructura está conformada por vigas principales tubulares circulares CHS Ø300×10 mm, correas CHS Ø200×10 mm y columnas

rectangulares huecas HSS 350×700×10 mm. Las uniones de la cubierta se modelan como articuladas, mientras que las bases de las columnas se consideran empotradas mediante placas base diseñadas para asegurar la transmisión de momento. El análisis principal se realiza mediante modelos estáticos equivalentes aplicados en Autodesk Robot, con el fin de determinar las solicitaciones internas, rigideces y desplazamientos inducidos por las presiones de viento sobre la cubierta y elementos verticales. Paralelamente, se emplea SAP2000 para efectuar la verificación sísmica de acuerdo con el reglamento, garantizando la coherencia entre las acciones laterales y la respuesta global del sistema resistente.

El modelo estructural integra las propiedades geométricas y mecánicas reales de los perfiles, permitiendo obtener esfuerzos, deformaciones y reacciones en las bases bajo combinaciones de carga representativas. Los resultados permiten evaluar la suficiencia de vigas, correas, columnas y conexiones, asegurando el cumplimiento de los estados límite de resistencia y servicio establecidos en la normativa.

Figura 9

Planta de la estructura

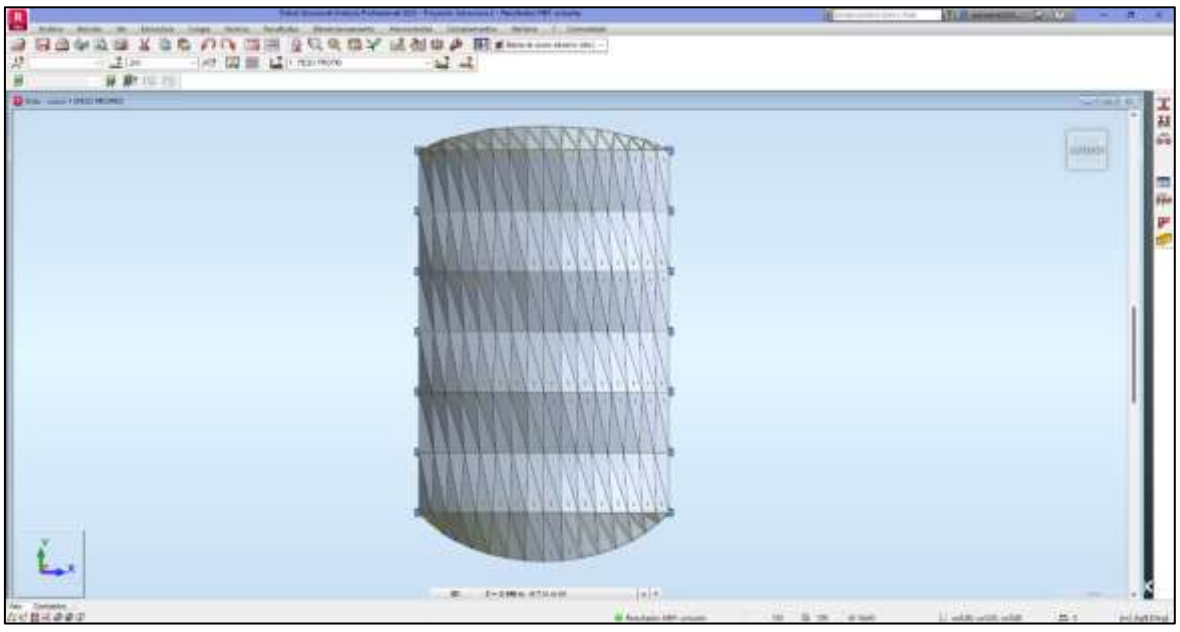
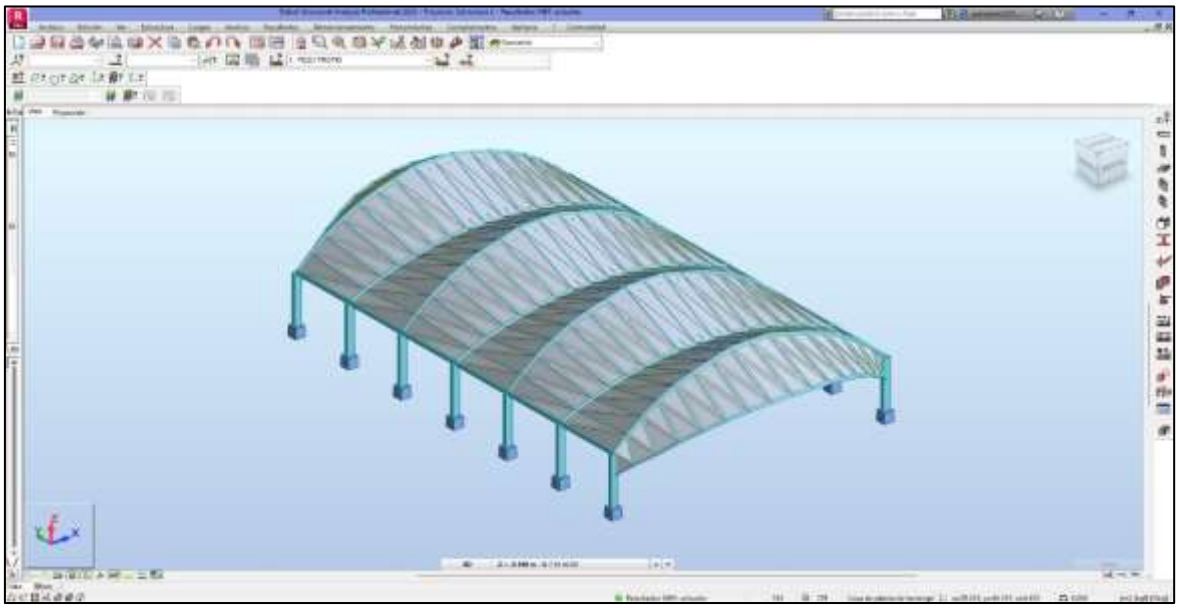


Figura 10

Elevación de la estructura



VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

El sistema estructural del presente módulo corresponde a un pórtico metálico resistente a momento ordinario (OMF, Ordinary Moment Frame). Aunque las columnas y vigas son elementos flexo-axiales cuya interacción resiste los momentos flectores inducidos por sismo, las uniones no están concebidas como conexiones de alta ductilidad o como articulaciones plásticas de momento: en la práctica transmiten principalmente esfuerzos de compresión, tensión y cortante. Esto se debe, en parte, al uso de perfiles tubulares (RHS/CHS) que, por su geometría y espesores de pared, no permiten fácilmente la continuidad de alas ni el anclaje típico necesario para desarrollar una conexión a momento con la ductilidad y rigidez equivalentes a las uniones de perfiles tipo W/I. En consecuencia, el comportamiento global se modela y se verifica como OMF, con las comprobaciones de rigidez, desplazamientos y capacidad axial/cortante correspondientes.

PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA

Para el cálculo de la masa de la estructura se consideró los pesos específicos de la norma E – 020. En el siguiente cuadro se muestra las cargas calculadas por el programa SAP2000.

Tabla 6

Masa por pisos

MASS SUMMARY BY STORY			
Story	**FX**	**FY**	**FZ**
	tonnef	**tonnef**	**tonnef**
Piso N° 01	154.81561	154.81561	0
TOTAL	154.81561	154.81561	0

ANÁLISIS MODAL DE LA ESTRUCTURA

El programa SAP2000 calcula las frecuencias naturales todos los modos de vibración considerados por ser los más representativos de la estructura y porque la suma de masas efectivas es mayor al 90 % de la masa total. En la tabla se muestran los periodos de vibración con su porcentaje de masa participante que indicará la importancia de cada modo en su respectiva dirección.

Figura 11

Periodos de los modos

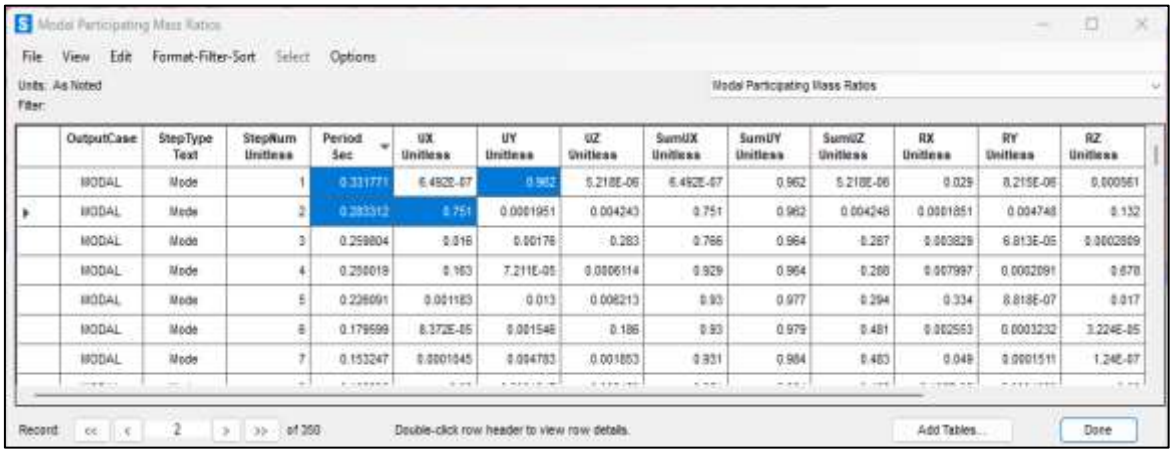


Figura 12

Periodo 02 T x-x = 0.2833

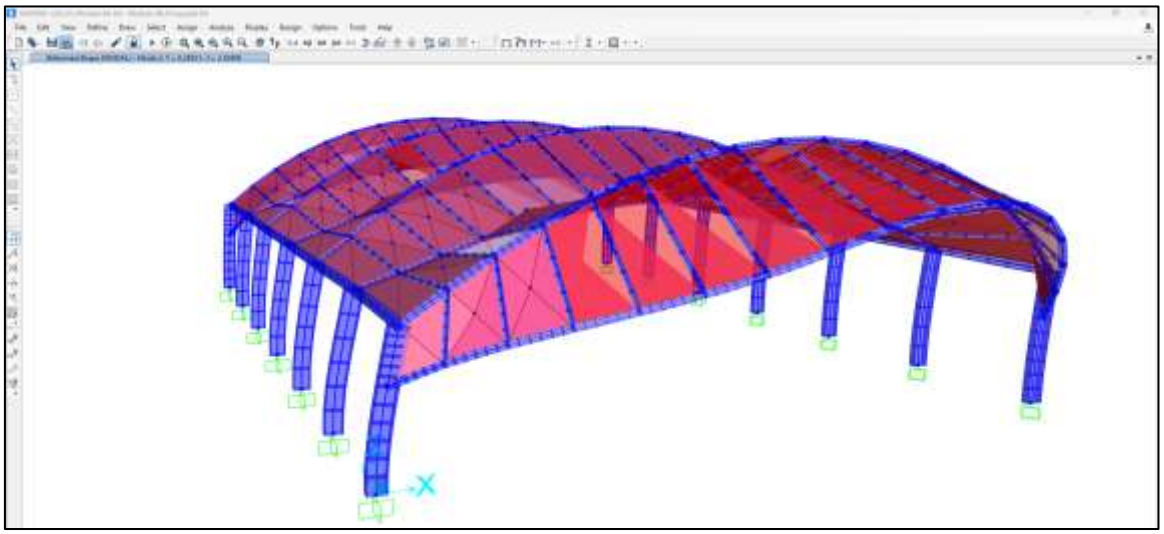
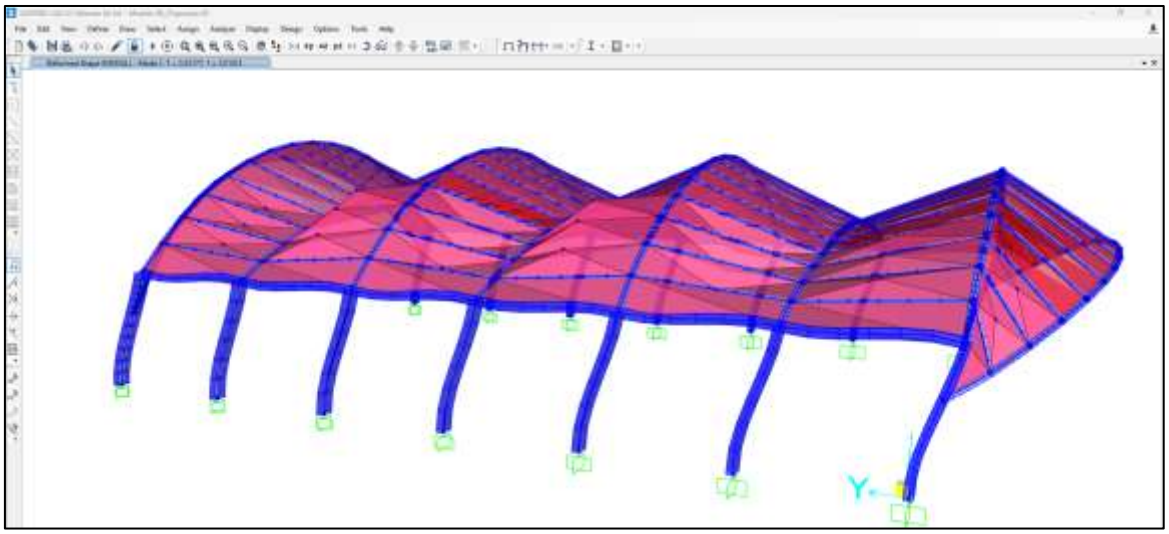


Figura 13

Periodo 01 T y-y = 0.3317



ANÁLISIS DINÁMICO

Para edificaciones convencionales, se realiza el análisis dinámico por medio de combinaciones espectrales, mostradas anteriormente dadas por la NormaE.030. De acuerdo con ello se muestran a continuación los espectros de pseudo aceleraciones sísmicas empleadas en el Programa SAP2000, para considerar las cargas sísmicas en las direcciones X-X e Y-Y.

Figura 14

Análisis estático o de fuerzas equivalentes – Dirección X-X

Modificar datos:
Cálculos automáticos:

Parámetros Sísmicos - Dirección X-X		
Zonificación	Zona	2
	Z	0.25
Parámetros de Sitio	Suelo	S2
	S	1.20
	Tp (seg)	0.60
	T_L (seg)	2.00
Factor de Amplificación Sísmica	T_x (seg)	0.480
	C	2.50
Uso	Categoría	A
	U	1.50
Factor de Reducción Sísmica	Acero	
	R_o	4
	I_a	1.00
	I_p	1.00
	R	4.00
$\frac{ZUCS}{R}$	0.2813	



Artículo 28.2.2.		Artículo 28.3.2.	
C/R	0.625	Kx	1.000
Verificación	Si Cumple		

Figura 15.

Análisis estático o de fuerzas equivalentes – Dirección Y-Y

Modificar datos:
Cálculos automáticos:

Parámetros Sísmicos - Dirección Y-Y		
Zonificación	Zona	2
	Z	0.25
Parámetros de Sitio	Suelo	S2
	S	1.20
	Tp (seg)	0.60
	TL (seg)	2.00
Factor de Amplificación Sísmica	Ty (seg)	0.431
	C	2.50
Uso	Categoría	A
	U	1.50
Factor de Reducción Sísmica	Acero	
	Ro	4.00
	Ia	1.00
	Ip	1.00
	R	4.00
$\frac{ZUCS}{R}$	0.2813	



Artículo 28.2.2.		Artículo 28.3.2.	
C/R	0.625	Ky	1.000
Verificación	Si Cumple		

DESPLAZAMIENTO Y DISTORSIONES

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso calculado según el análisis lineal elástico con las solicitaciones sísmicas reducidas por el coeficiente R, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso según el tipo de material predominante.

Límites para la distorsión de Entrepiso:

$$\delta_X = 0.75 \cdot R_X \cdot \frac{\Delta_i}{h_{ei}} \leq 0.01 \; ; \; \delta_Y = 0.75 \cdot R_Y \cdot \frac{\Delta_i}{h_{ei}} \leq 0.01$$

La Norma Técnica de Diseño Sismorresistente E.030 del RNE, establece como distorsión máxima de entrepiso el valor de 0.01 para sistemas de concreto armado, esto se cumplirá en las direcciones X-X y Y-Y respectivamente. Teniendo en cuenta los resultados del programa SAP2000 se verifican y controlan las derivas del bloque en el siguiente cuadro:

Tabla 7

Desplazamientos laterales por sismo dinámico

Estructura de Tipo	Regular
Sistema Estructural "x"	OMF
Irregularidad en Altura (I_{ax})	1.00
Irregularidad en Planta (I_{px})	1.00
Factor de Reducción "R_x"	4

Tabla 8

Máximas distorsiones por cada nivel de entrepiso en dirección "X"

Nivel	Análisis elástico		Altura de entrepiso "h_{ei}"	Tipo de estructura
	Δ Absoluto	Δ Relativo		Regular
	(m)	(m)	(m)	0.75R
Piso N° 01	0.0050	0.0050	6.00	3.00
NTN	0.0000	0.0000	0.0000	-

Análisis inelástico		Distorsión del entrepiso		Verificación
Δ Absoluto	Δ Relativo	Δ Relativo/h_{ei}		
(m)	(m)	Obtenido	Límite	
0.0150	0.0150	0.0025	0.0100	Cumple

0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	-

Tabla 9

Desplazamientos laterales por sismo dinámico

Estructura de Tipo	Regular
Sistema Estructural "y"	OMF
Irregularidad en Altura (Iay)	1.00
Irregularidad en Planta (Ipy)	1.00
Factor de Reducción "Ry"	4

Tabla 10

Máximas distorsiones por cada nivel de entrepiso en dirección "Y

Nivel	Análisis elástico		Altura de entrepiso "h_{ei}"	Tipo de estructura
	Δ Absoluto	Δ Relativo		Regular
	(m)	(m)	(m)	0.75R
Piso N° 01	0.0070	0.0070	6.00	3.00
NTN	0.0000	0.0000	0.0000	-

Análisis inelástico		Distorsión del entrepiso		Verificación
Δ Absoluto	Δ Relativo	Δ Relativo/h_{ei}		
(m)	(m)	Obtenido	Límite	
0.0210	0.0210	0.0035	0.0100	Cumple
0.0000	0.0000	0.0000	0.0100	-

DISEÑO ESTRUCTURAL

CRITERIOS DE COMBINACION

De acuerdo con el estudio realizado se observaron algunos puntos críticos en las estructuras los cuales serán analizados en esta sección para determinar que se cumpla con lo exigido en el Reglamento Nacional de Edificaciones. De acuerdo con el inciso 1.4.1 de la norma E-0.90 del RNE, cuando en el diseño se considera carga de sismo la resistencia requerida será como mínima:

- Combo 1 = 1.4 D
- Combo 2 = 1.2 D + 1.6 L + 0.5 Lr
- Combo 3 = 1.2 D + 1.6 Lr + 0.8 VIENTO

- Combo 4 = 1.2 D + 1.3 VIENTO + 0.5 Lr
- Combo 5 = 0.9 D +- 1.3 VIENTO

U_{Envol1} = Envolvente (Combo1, Combo2, Combo3, Combo4, Combo5,)

Dónde:

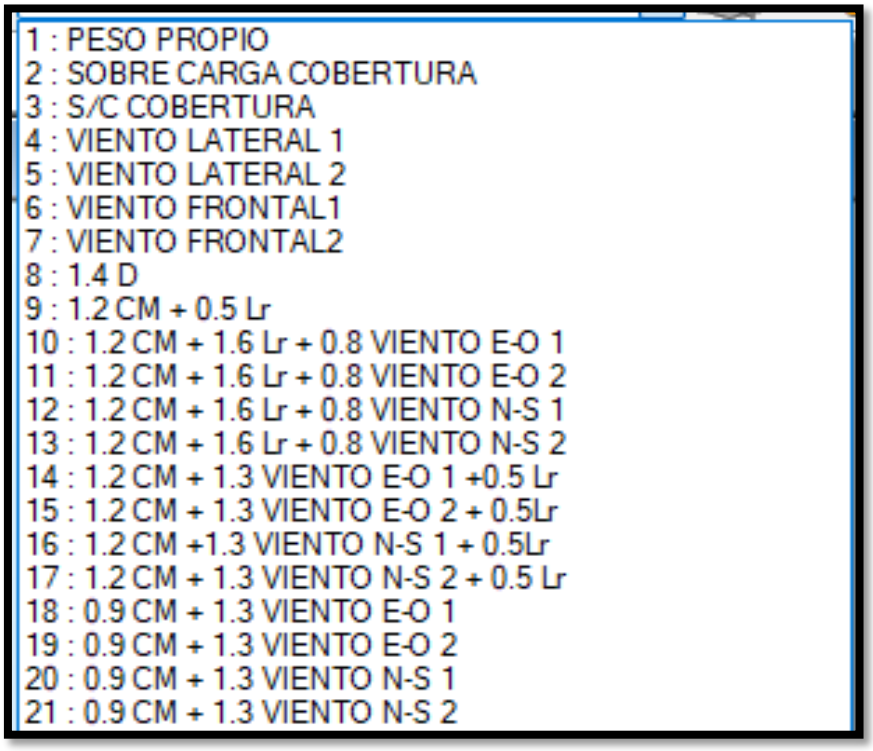
- *D* : Carga muerta por Peso Propio
- *Lr* : Cargas viva de Techo
- *VIENTO* : Carga de Viento X e Y

RESUMEN DE COMBINACIONES UTILIZADAS

N°	Combinación
8	1.4 D
9	1.2 CM + 0.5 Lr
10	1.2 CM + 1.6 Lr + 0.8 Viento EO-1
11	1.2 CM + 1.6 Lr + 0.8 Viento N-S 1
12	1.2 CM + 1.6 Lr + 0.8 Viento EO-2
13	1.2 CM + 1.6 Lr + 0.8 Viento N-S 2
14	1.2 CM + 1.3 Viento EO + 0.5 Lr
15	1.2 CM + 1.3 Viento N-S 1 + 0.5 Lr
16	1.2 CM + 1.3 Viento EO + 0.5 Lr
17	1.2 CM + 1.3 Viento N-S 2 + 0.5 Lr
18	0.9 CM + 1.3 Viento EO-1
19	0.9 CM + 1.3 Viento N-S 1
20	0.9 CM + 1.3 Viento EO-2
21	0.9 CM + 1.3 Viento N-S 2

Figura 16

Combinaciones de carga para diseño Robot V- 2025.



RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL

PARA EL CASO DE CARGAS CON VIENTO = 75 KM/H

DIAGRAMA DE FUERZA AXIAL

COLUMNAS

Figura 17

Diagrama de Fuerza Axial Fx - ENVOLVENTE

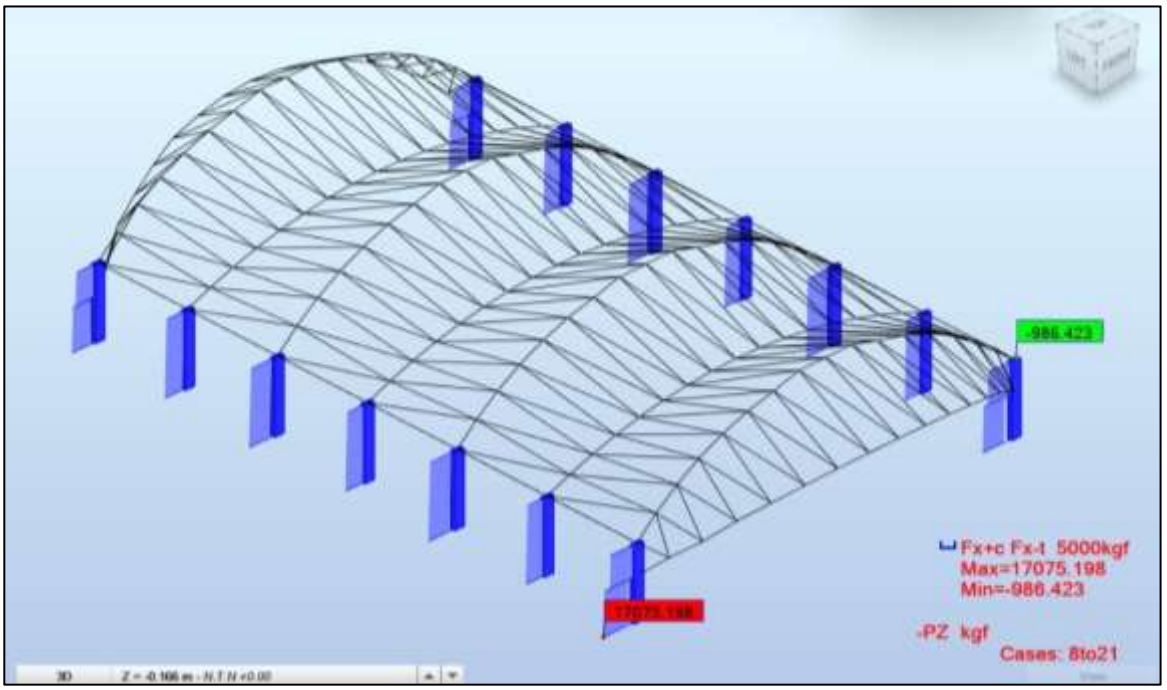
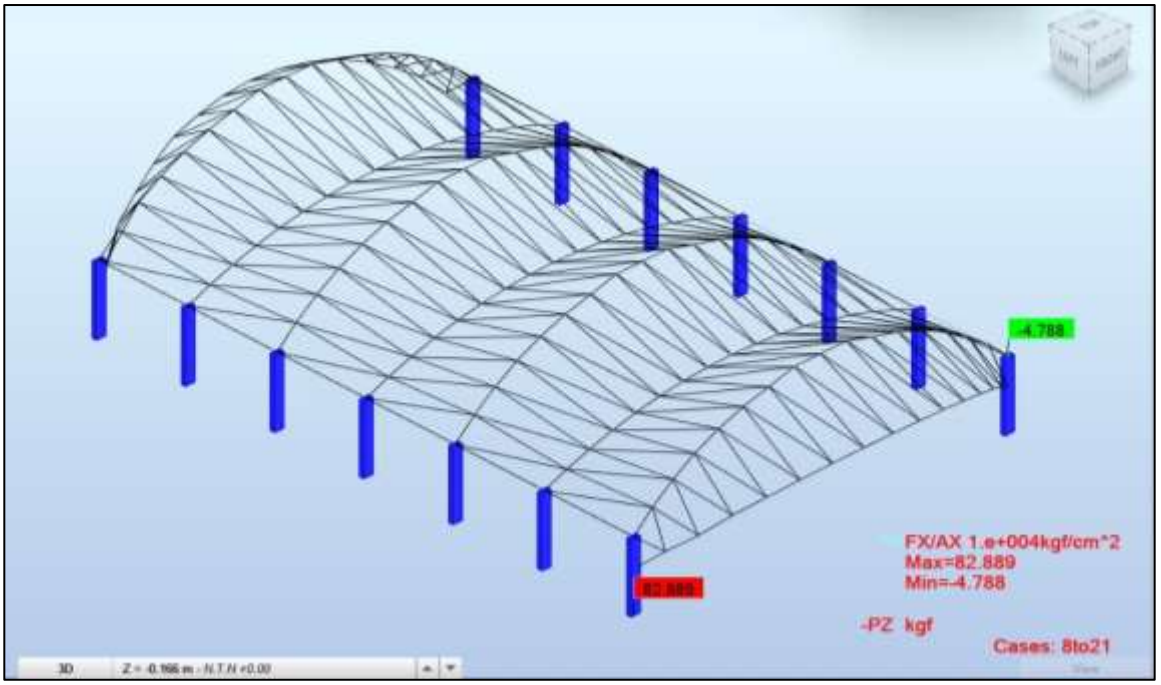


Figura 18

Diagrama de Esfuerzo Axial Fx - ENVOLVENTE



VIGAS PRINCIPALES

Figura 19

Diagrama de Fuerza Axial Fx - ENVOLVENTE

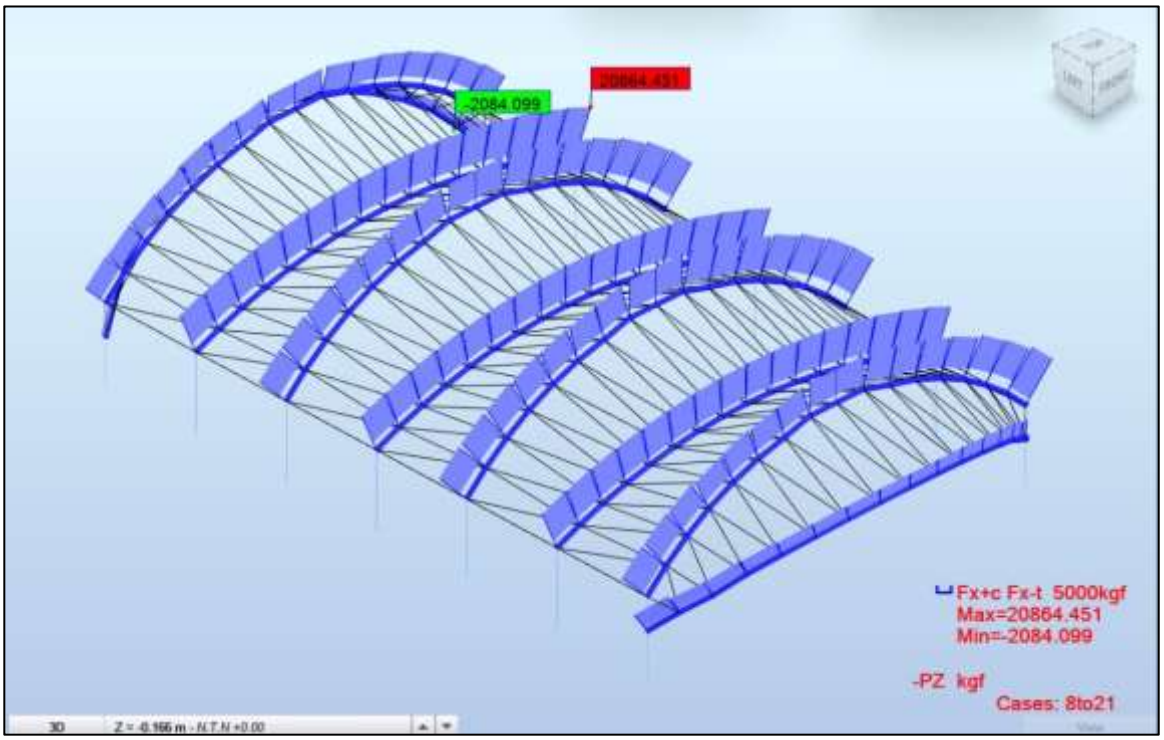
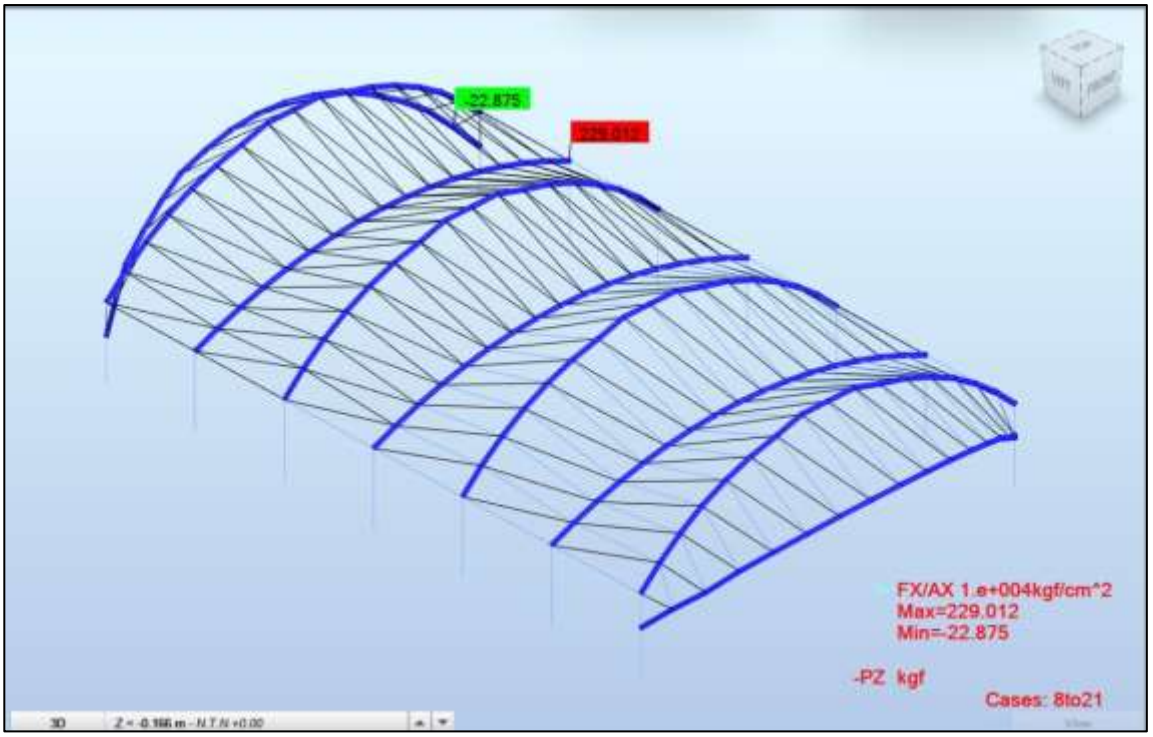


Figura 20

Diagrama de Esfuerzo Axial Fx - ENVOLVENTE



CORREAS

Figura 21

Diagrama de Fuerza Axial Fx - ENVOLVENTE

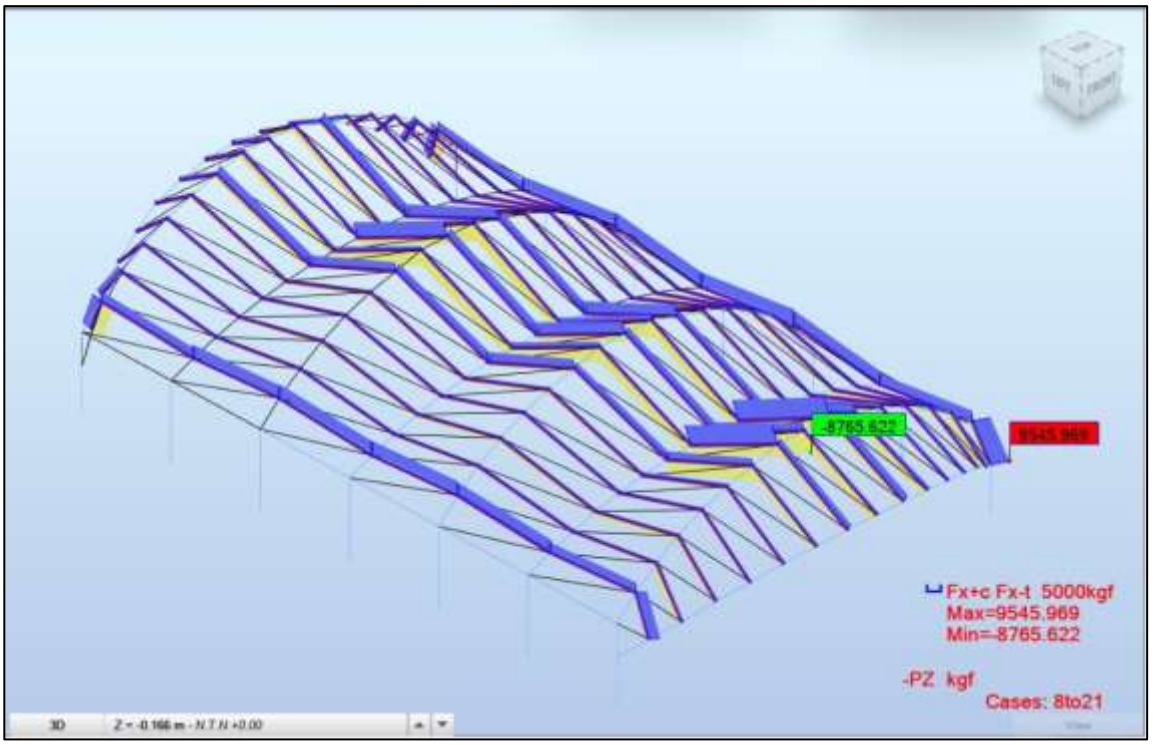


Figura 22

Diagrama de Esfuerzo Axial Fx - ENVOLVENTE

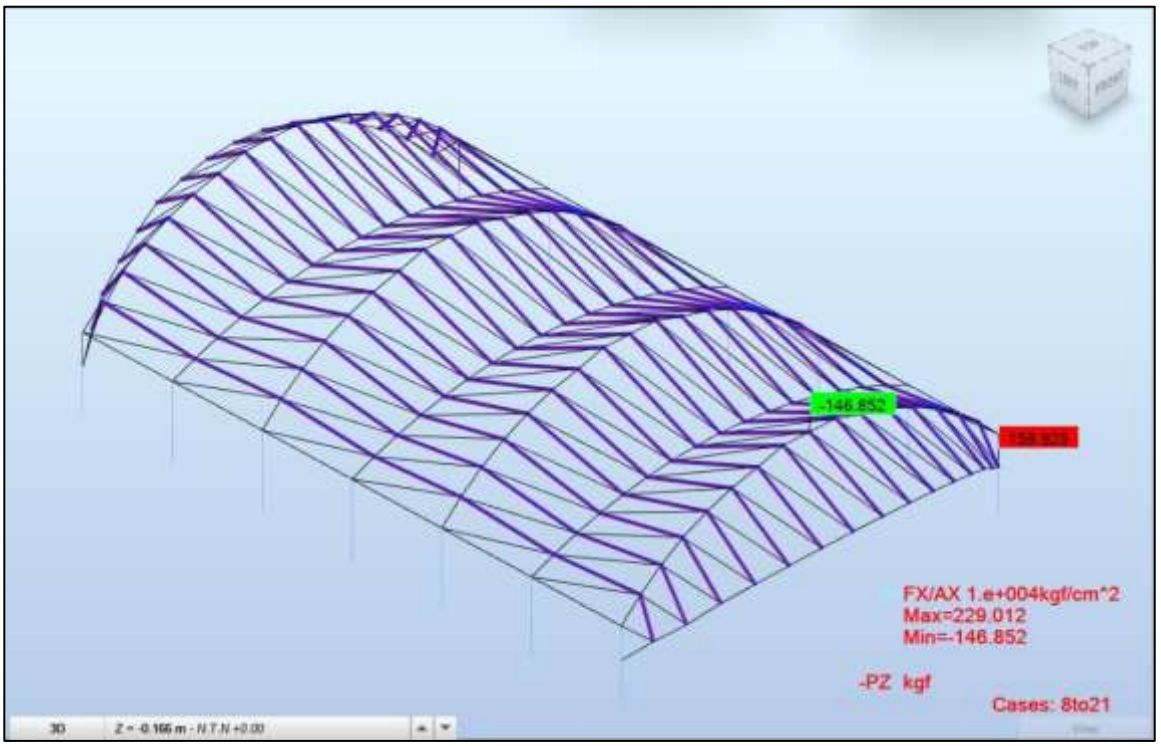


DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE

COLUMNAS

Figura 23

Diagrama de fuerza cortante Fy - ENVOLVENTE

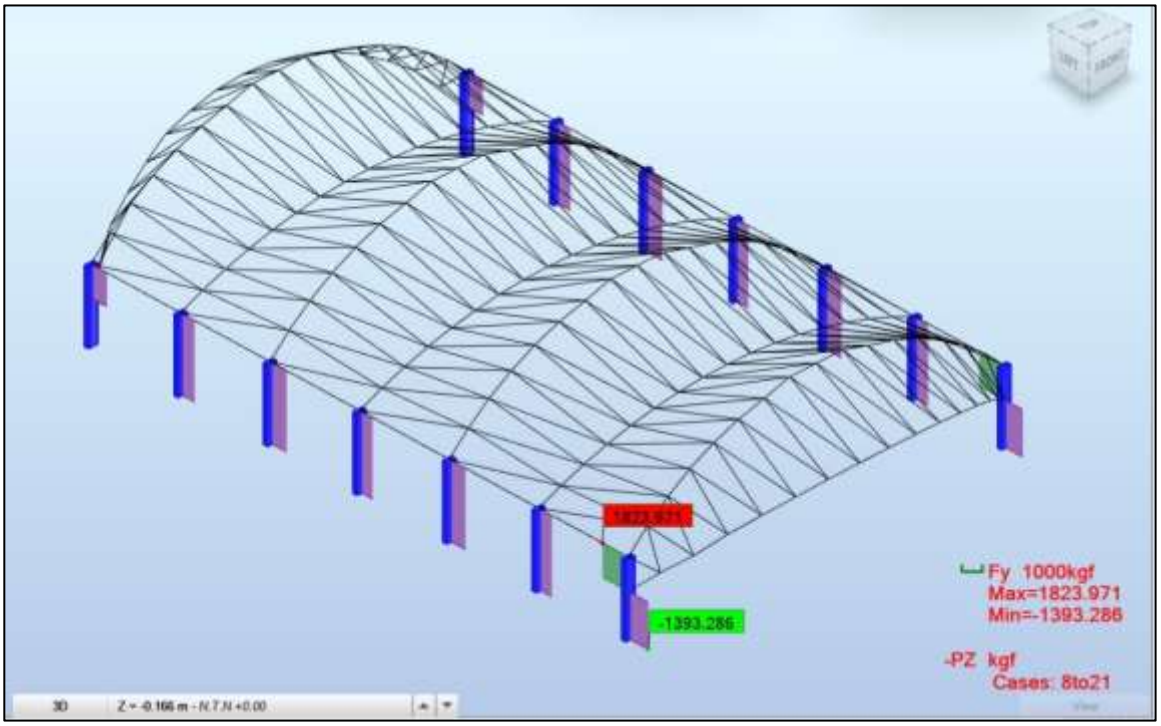
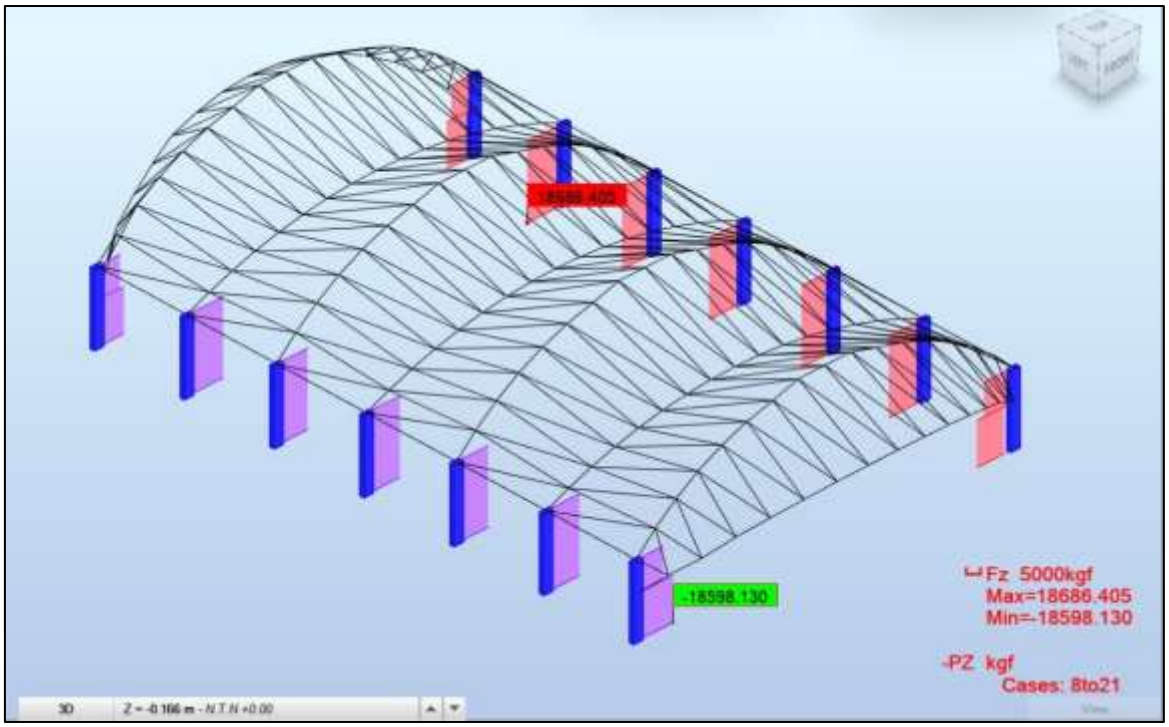


Figura 24

Diagrama de fuerza cortante Fz - ENVOLVENTE



VIGAS PRINCIPALES

Figura 25

Diagrama de fuerza cortante Fy - ENVOLVENTE

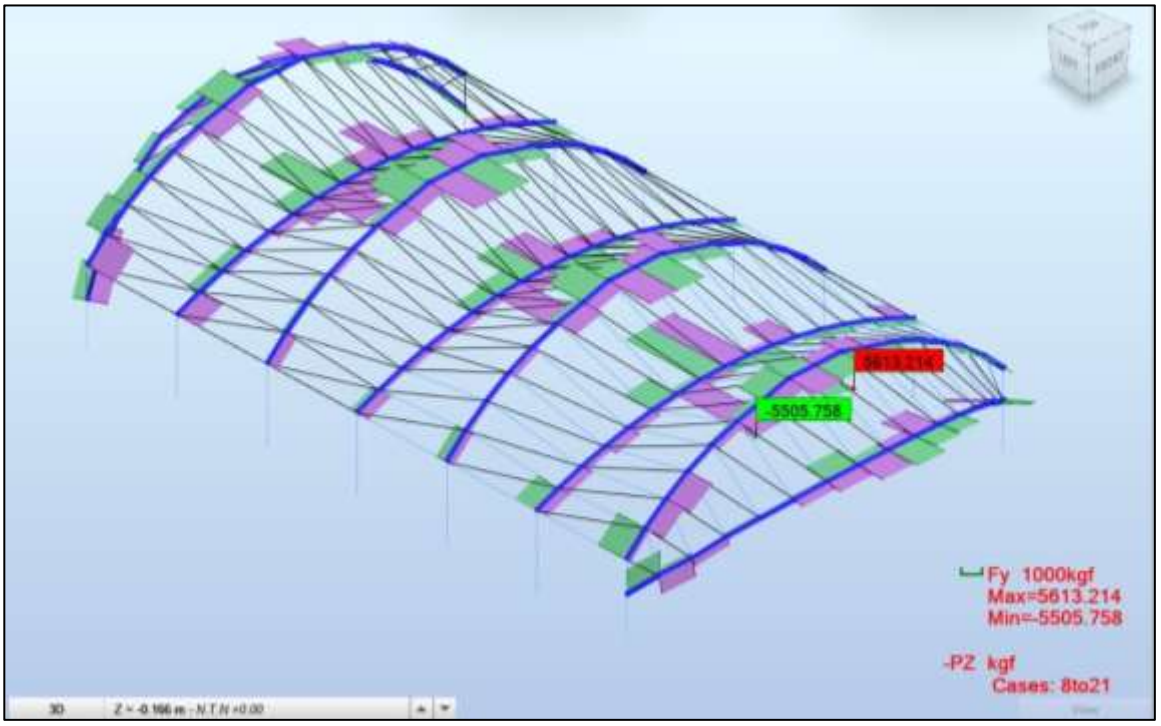
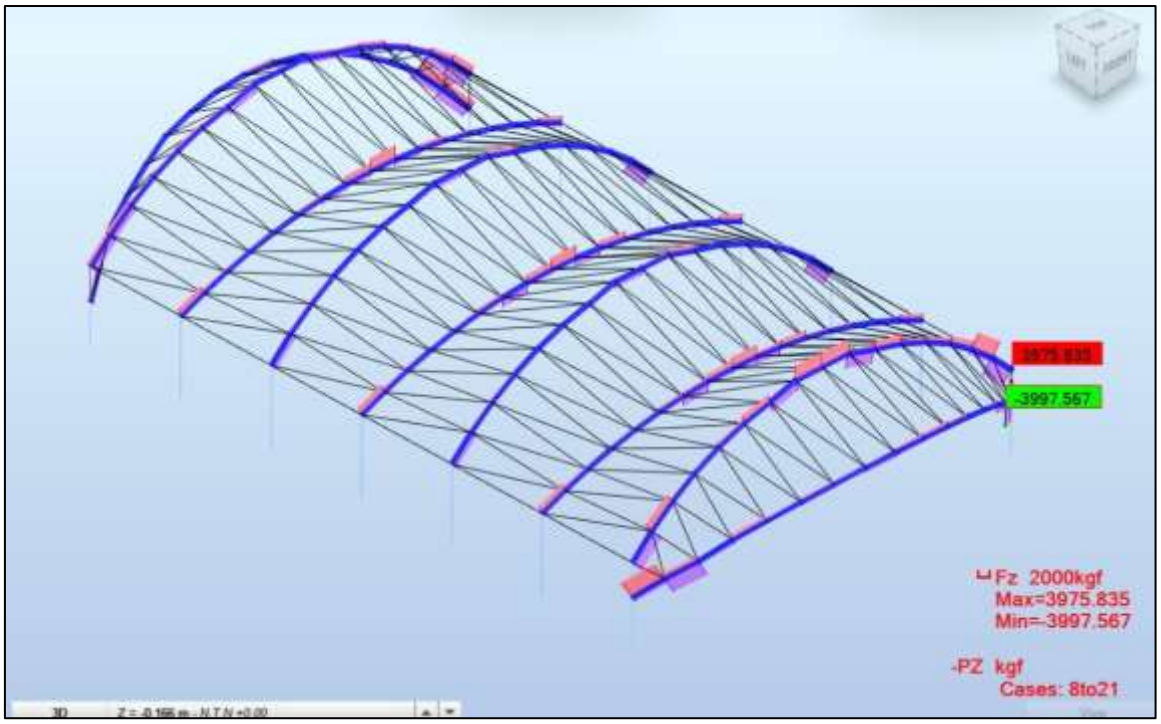


Figura 26

Diagrama de fuerza cortante Fz - ENVOLVENTE



CORREAS

Figura 27

Diagrama de fuerza cortante Fy - ENVOLVENTE

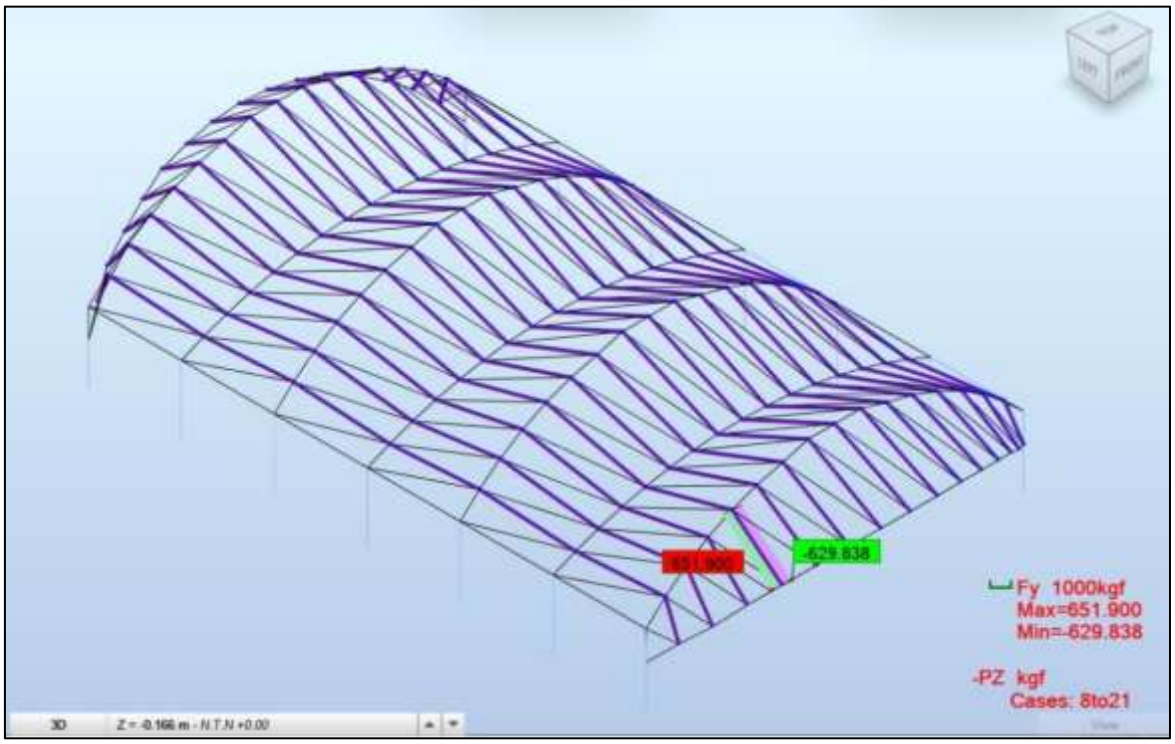


Figura 28

Diagrama de fuerza cortante Fz - ENVOLVENTE

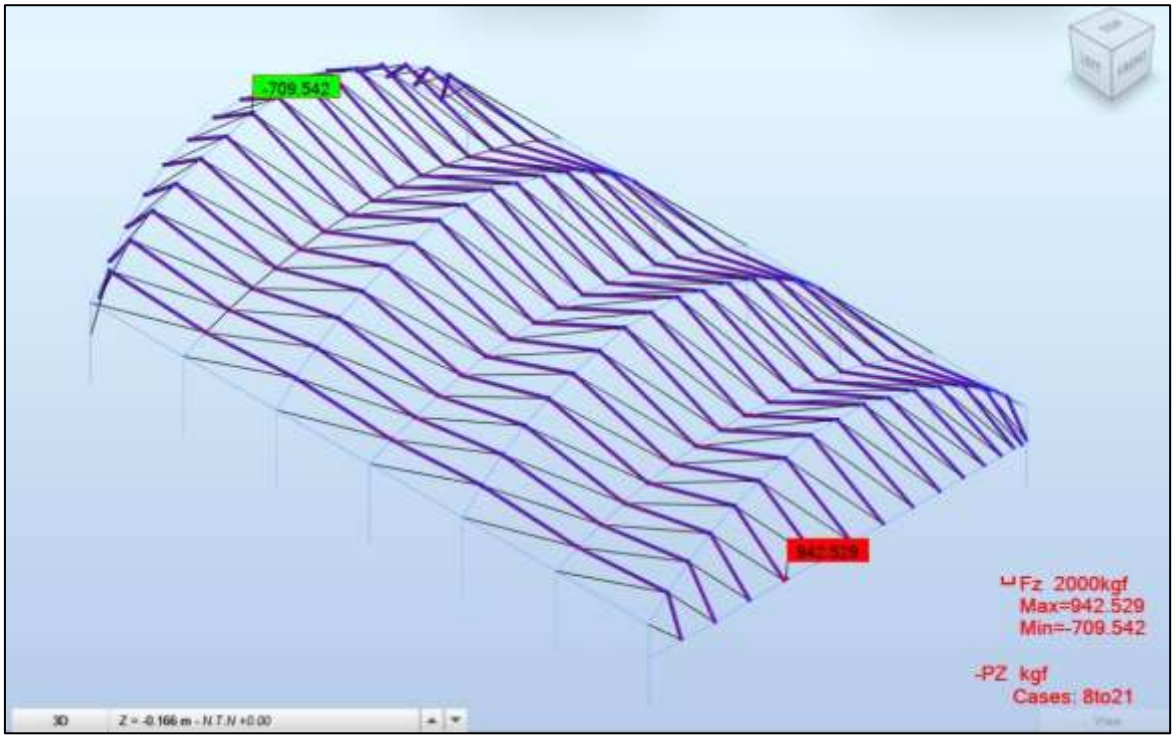


DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR

COLUMNAS

Figura 29

Diagrama de Momento Flector Mx (momento torsor)- ENVOLVENTE

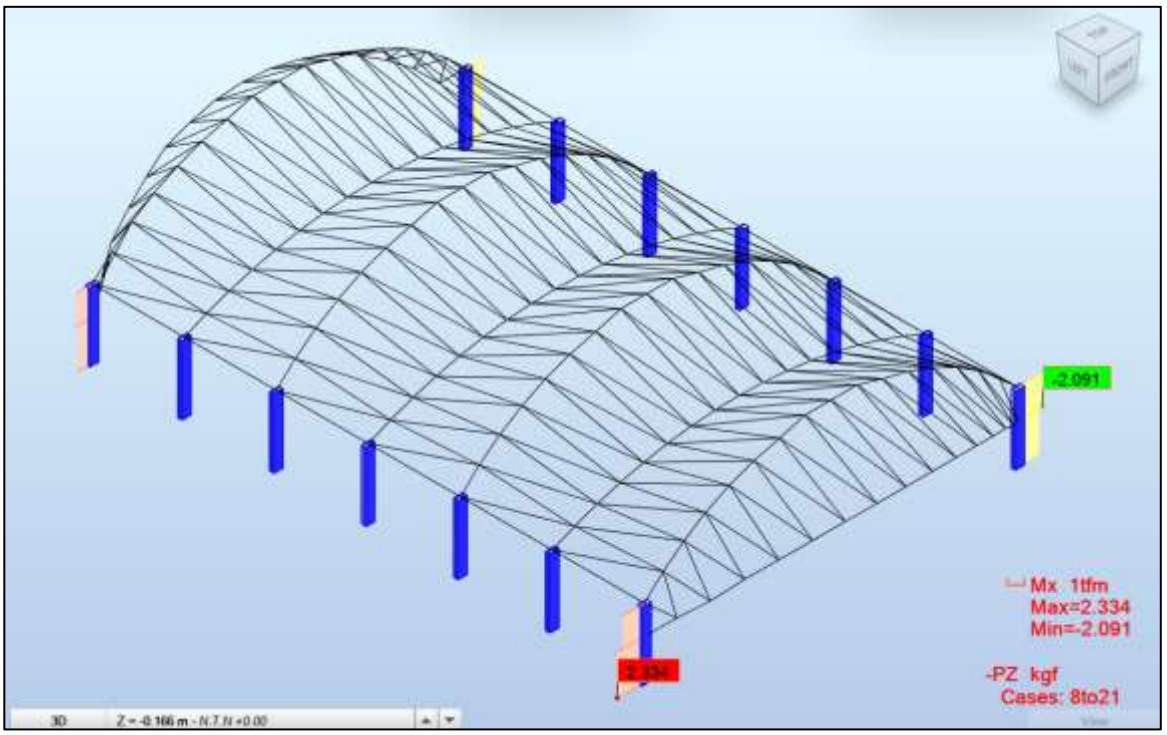


Figura 30

Diagrama de Momento Flector My (Eje principal)- ENVOLVENTE

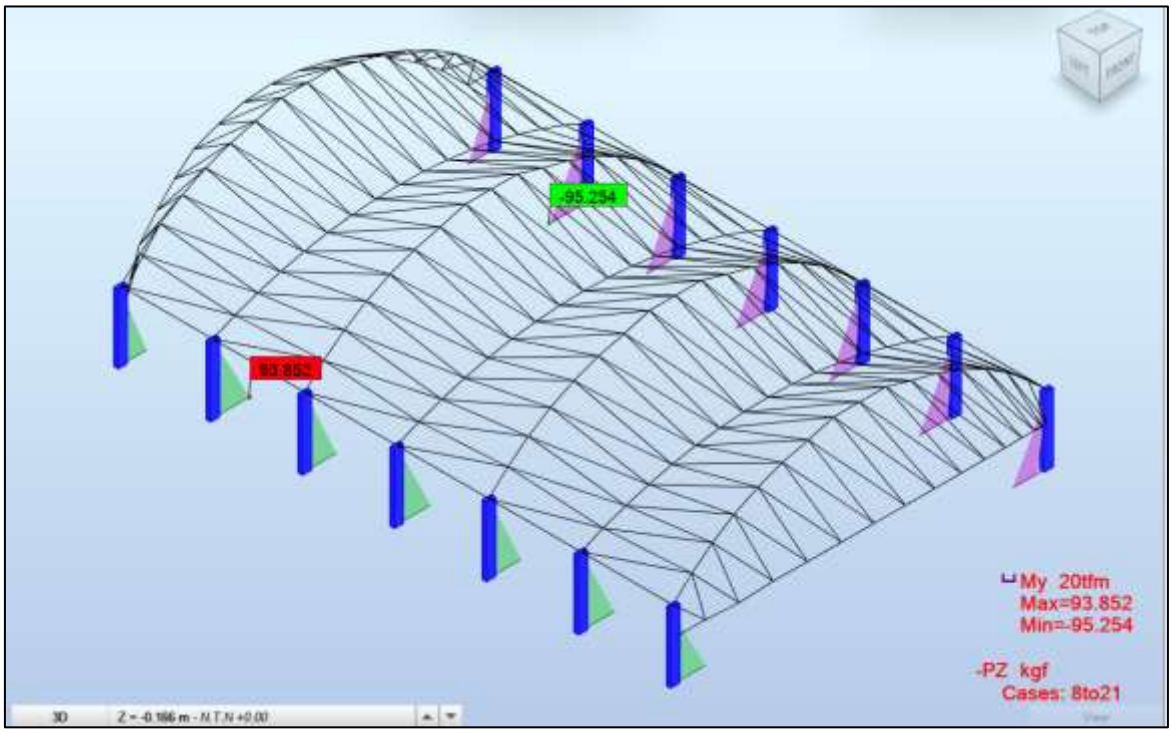
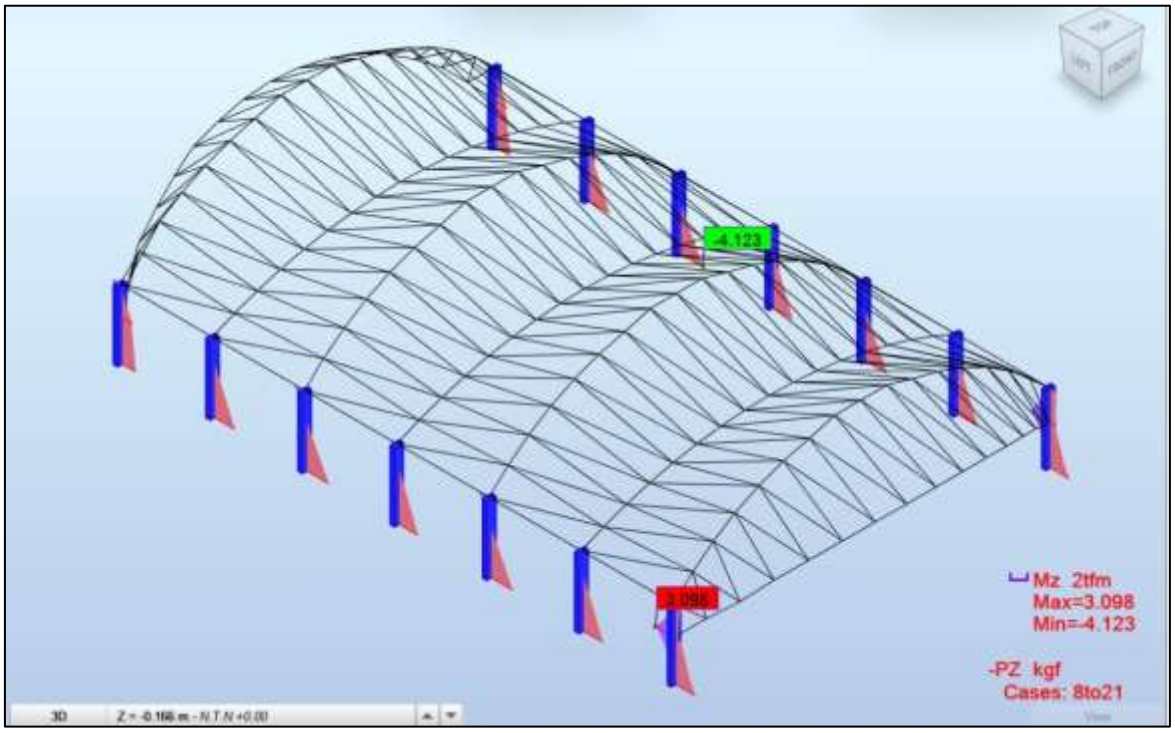


Figura 31

Diagrama de Momento Flector Mz (Eje secundario)- ENVOLVENTE



VIGA PRINCIPAL

Figura 32

Diagrama de Momento Flector Mx (Momento torsor)- ENVOLVENTE

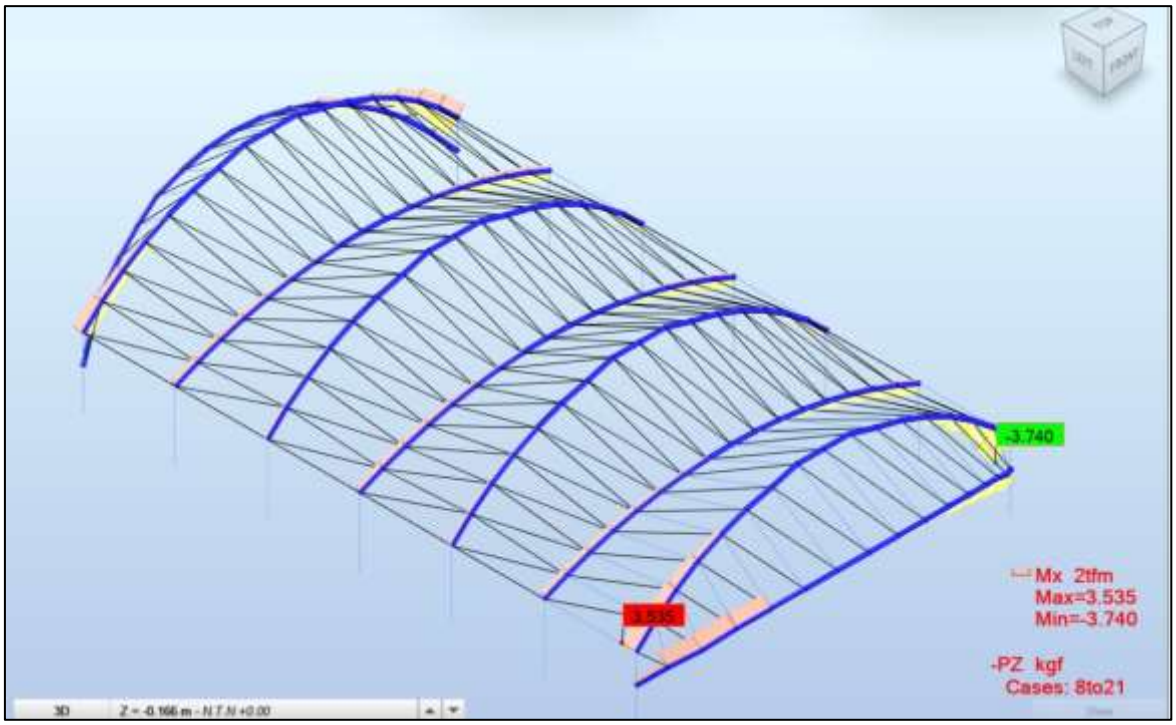


Figura 33

Diagrama de Momento Flector My (Eje principal)- ENVOLVENTE

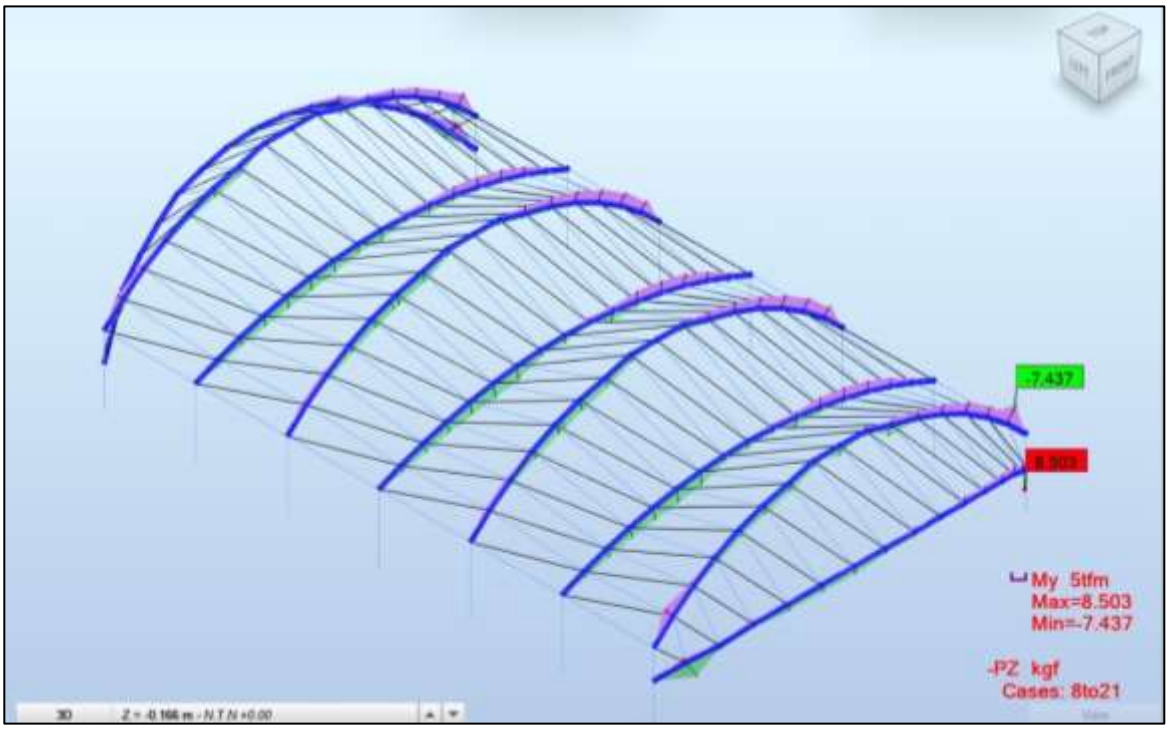
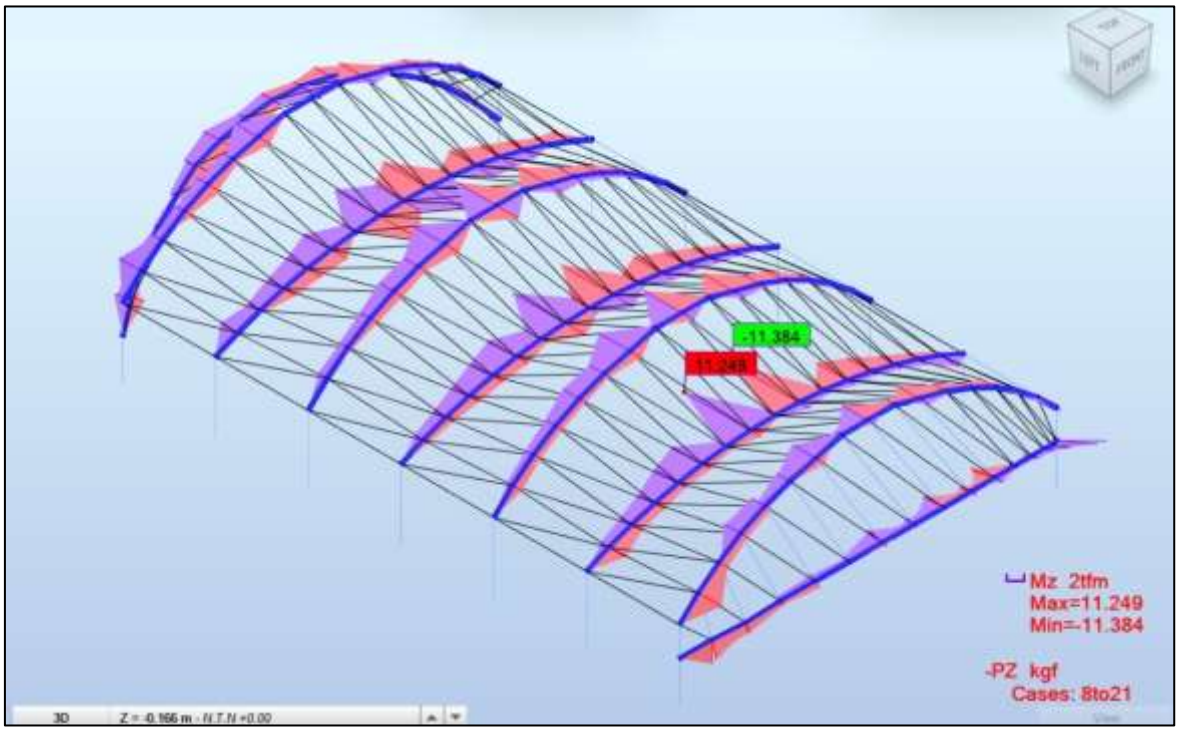


Figura 34

Diagrama de Momento Flector Mz (Eje secundario)- ENVOLVENTE


-11.384
11.249
Mz 2tfm
Max=11.249
Min=-11.384
-PZ kgf
Cases: 8to21

CORREAS

Figura 35

Diagrama de Momento Flector Mx (Momento torsor)- ENVOLVENTE

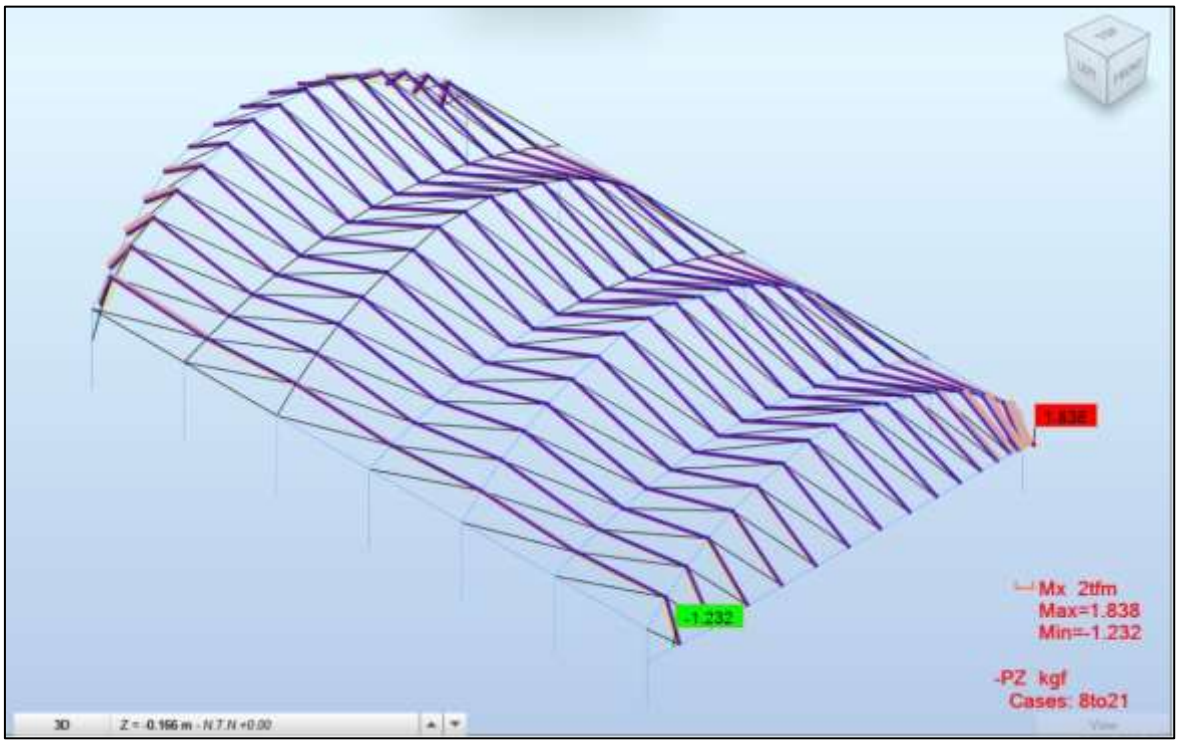


Figura 36

Diagrama de Momento Flector My (Eje principal)- ENVOLVENTE

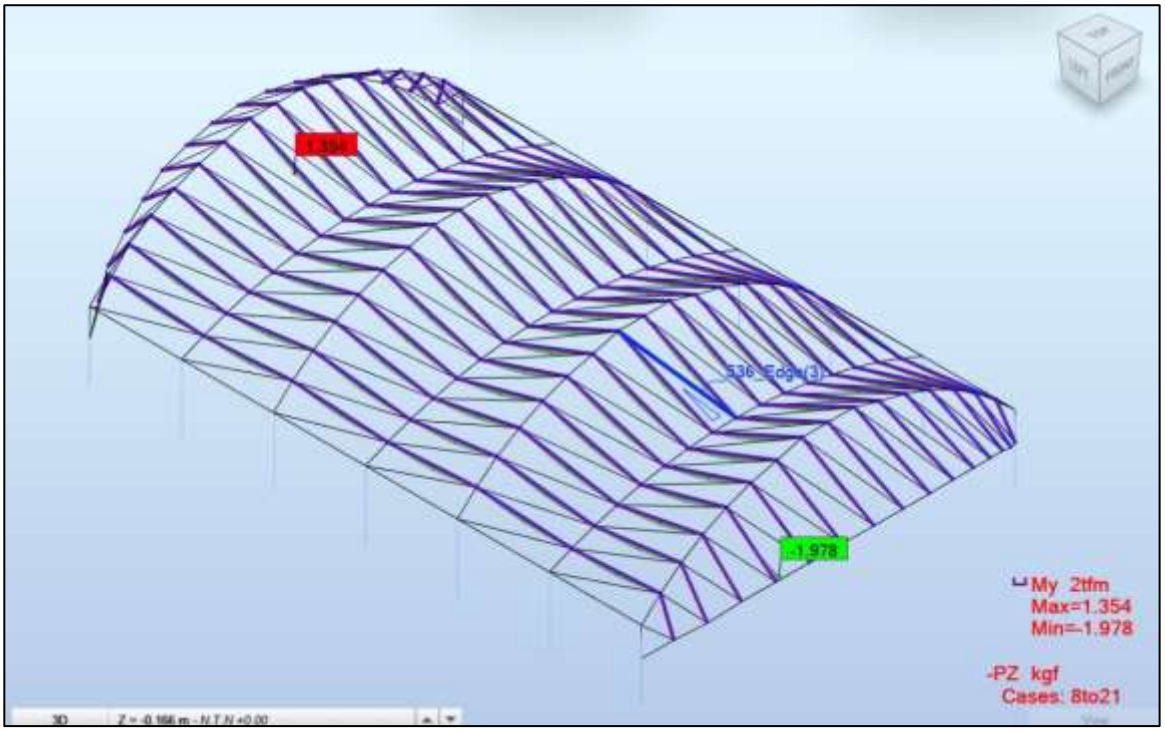
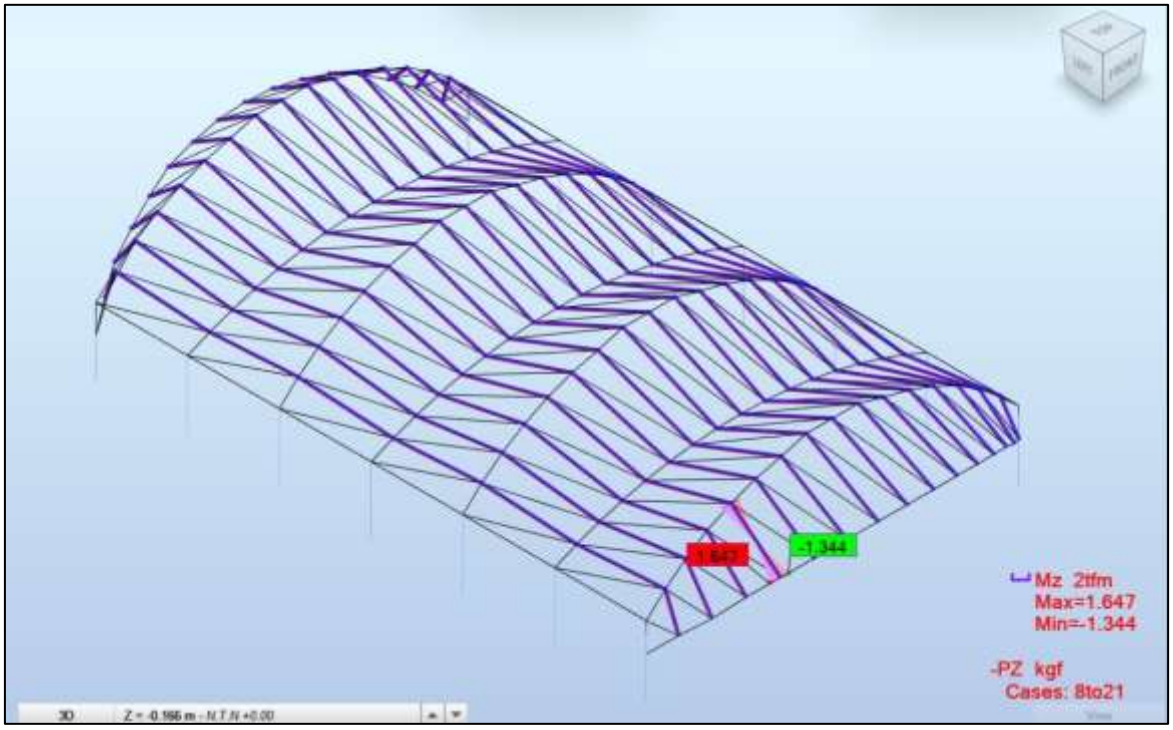


Figura 37

Diagrama de Momento Flector Mz (Eje secundario)- ENVOLVENTE



DEZPLAZAMIENTOS

Figura 38

Diagrama de Deformaciones máximas nodales Uz – CARGA VIVA

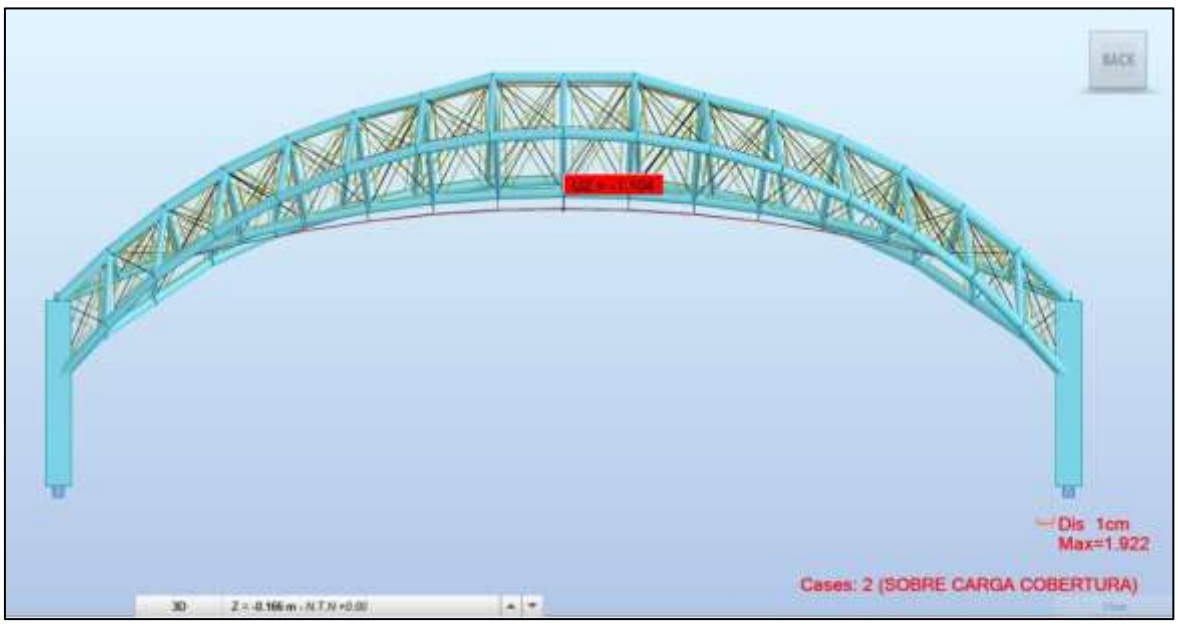
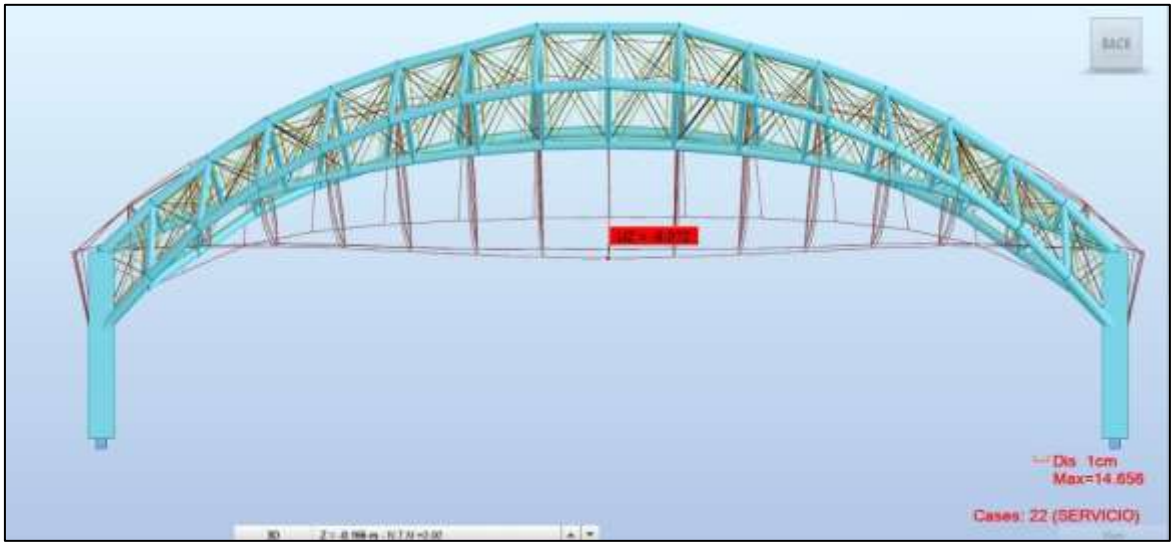


Figura 39

Diagrama de Deformaciones máximas nodales Uz – CARGA SERVICIO: D+L



REACCIONES

Figura 40

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo Fx – ENVOLVENTE

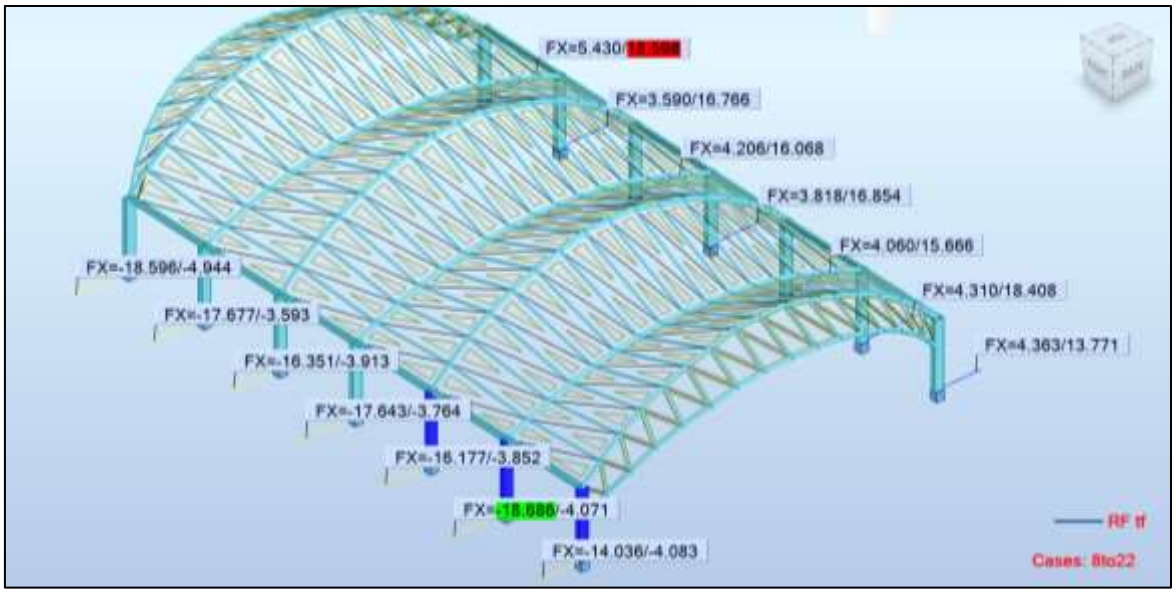


Figura 41

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo Fy – ENVOLVENTE

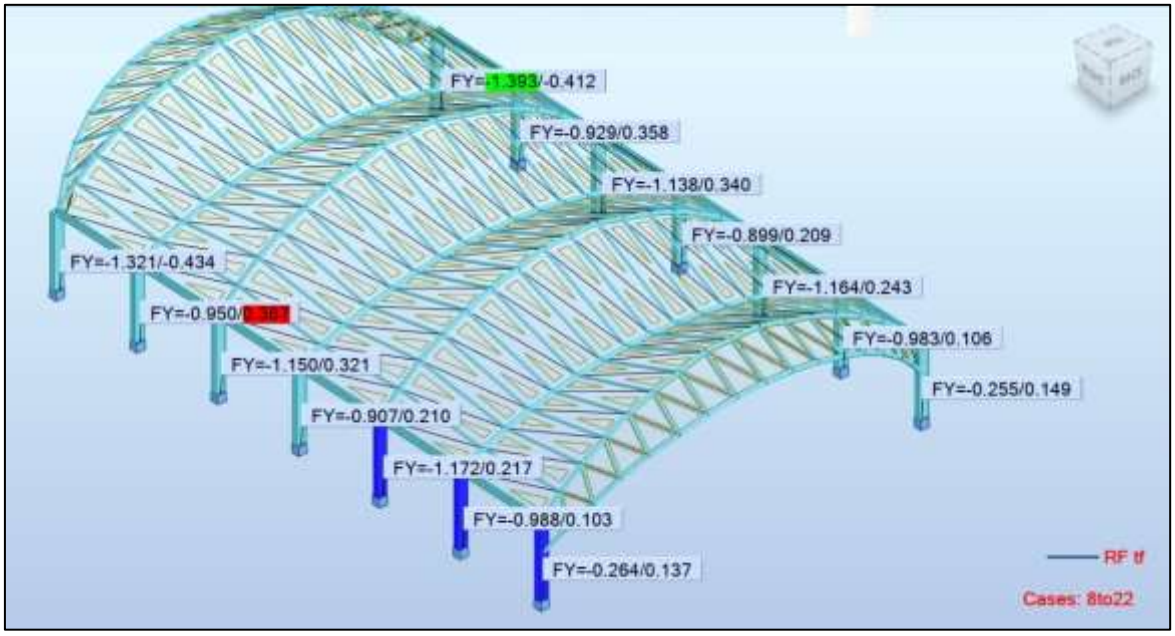


Figura 42

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo Fz – ENVOLVENTE

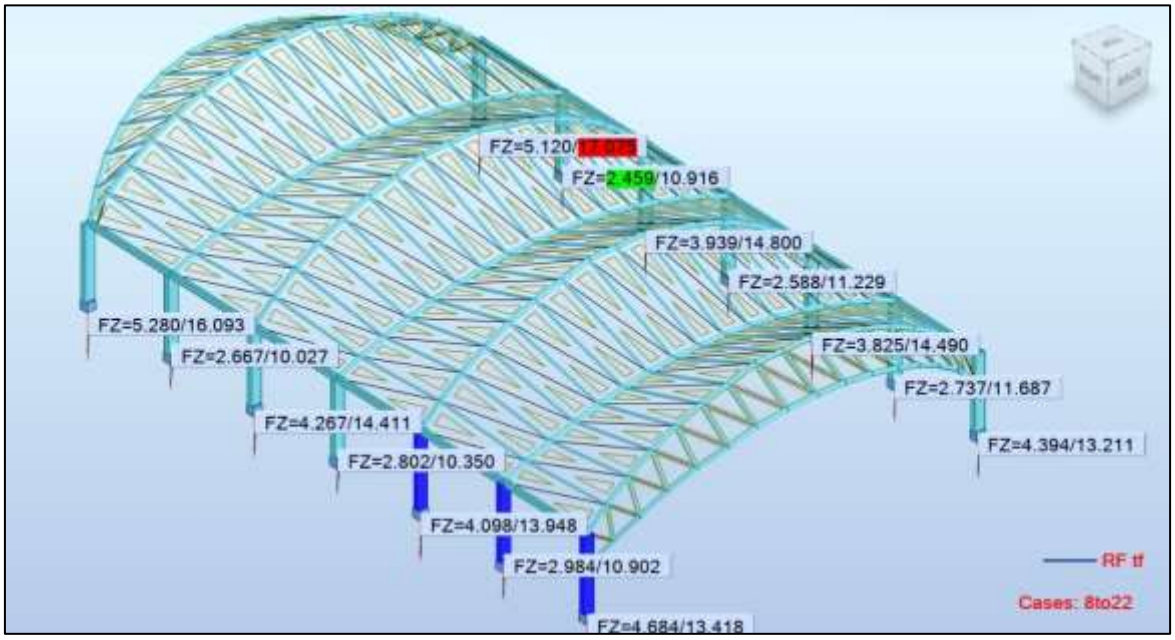


Figura 43

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo Mx – ENVOLVENTE

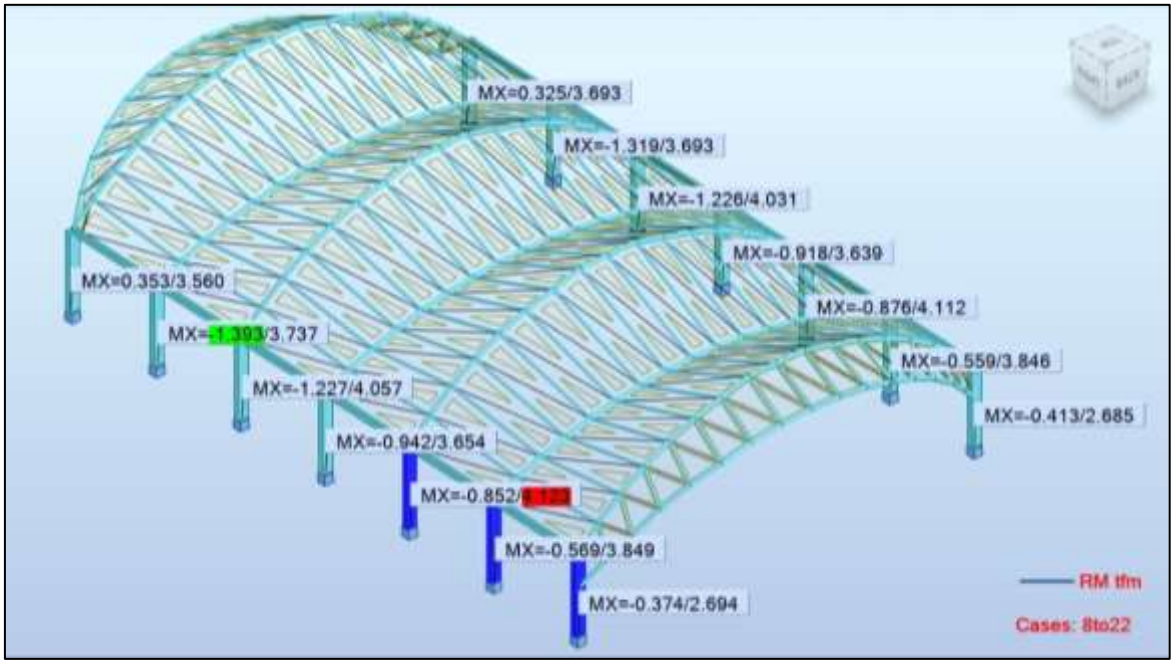


Figura 44

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo My – ENVOLVENTE

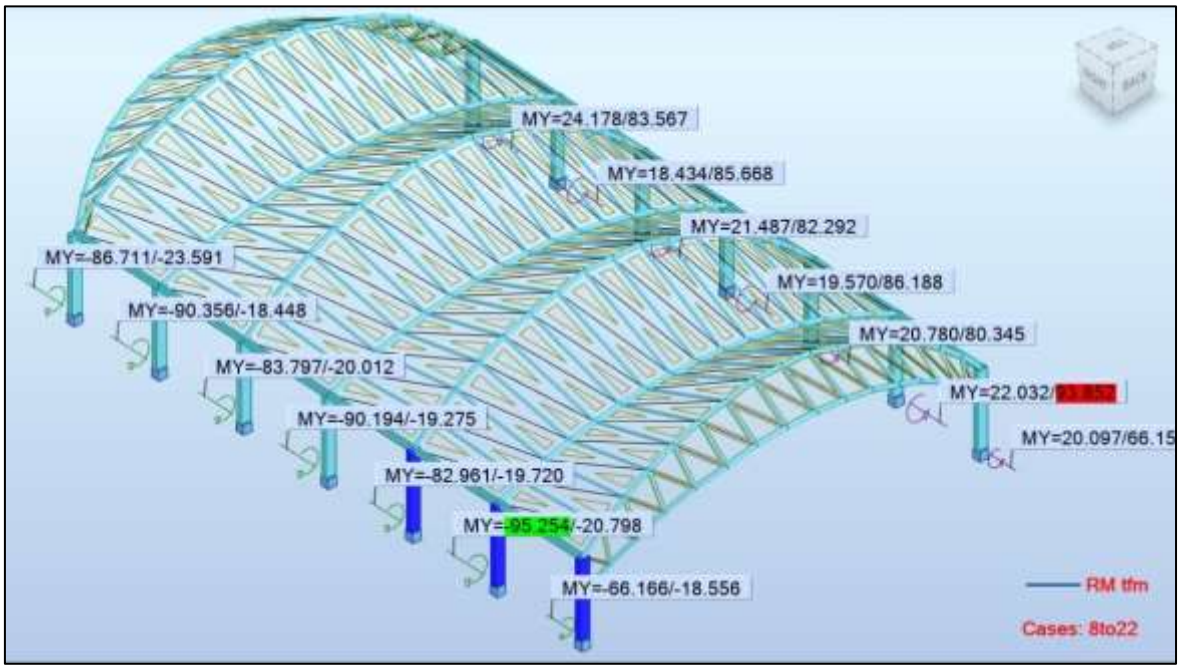
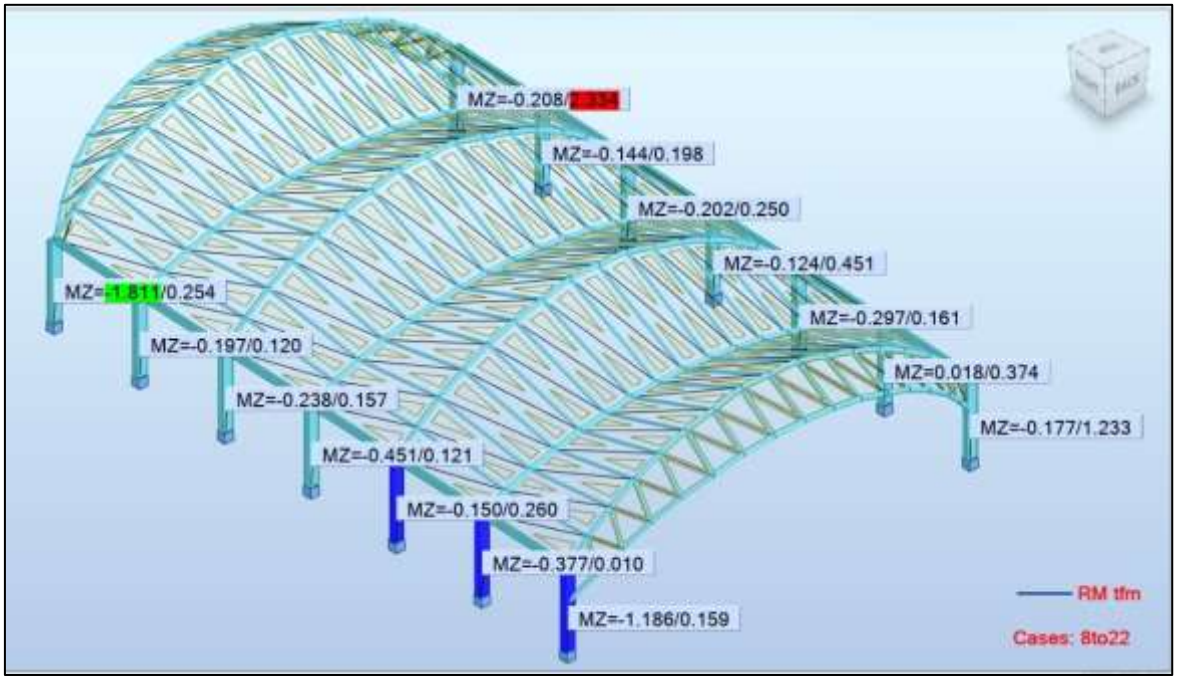


Figura 45

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo Mz – ENVOLVENTE



NUDOS

Figura 46

Diagrama de Reacciones Máximas del Nodo Viga Columna – ENVOLVENTE

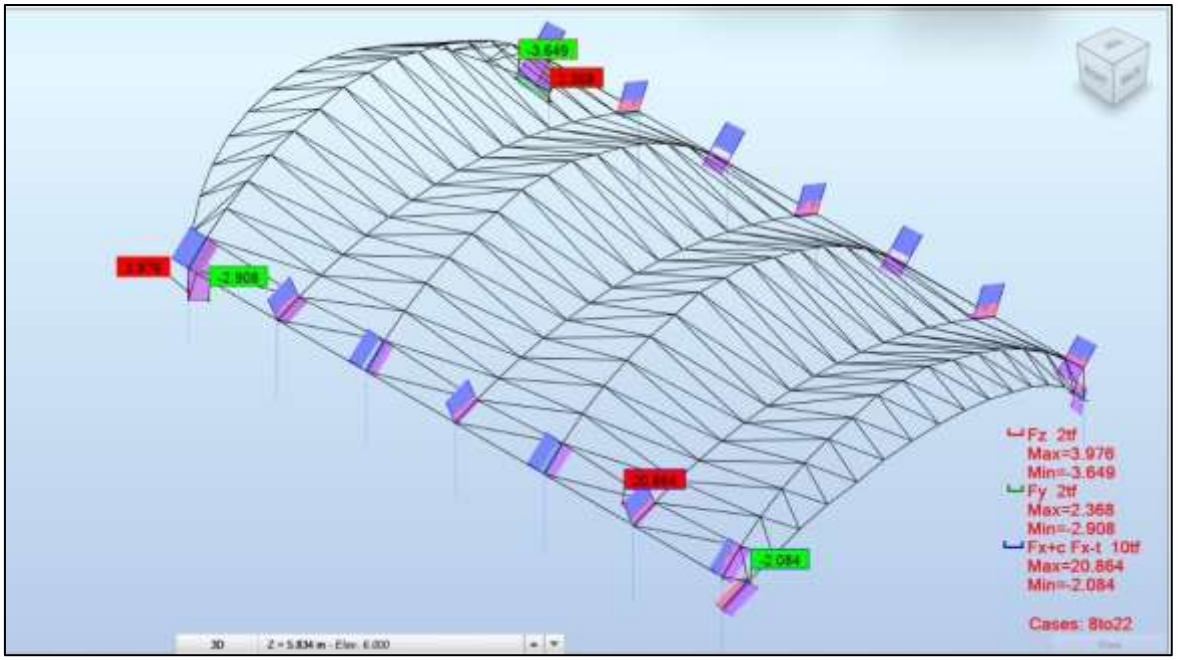
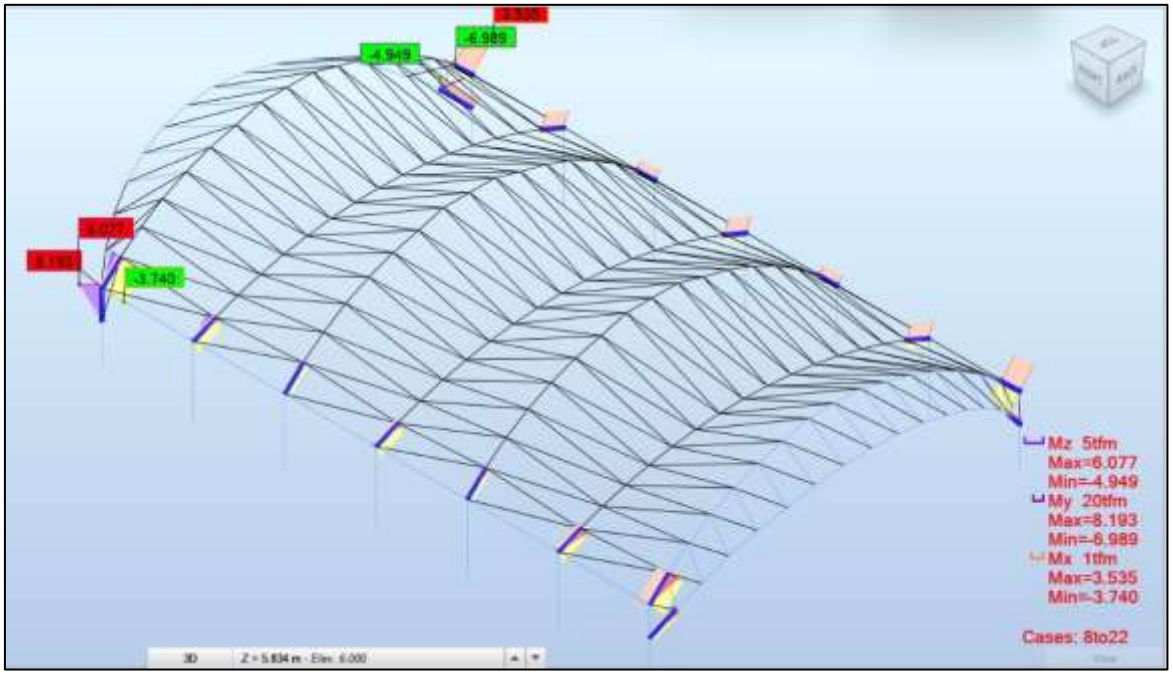


Figura 47

Diagrama de Reacciones Máximas del Nodo Viga Columna – ENVOLVENTE



PARA EL CASO DE CARGAS CON VIENTO = 85 KM/H

DIAGRAMA DE FUERZA AXIAL

COLUMNAS

Figura 48

Diagrama de Fuerza Axial Fx - ENVOLVENTE

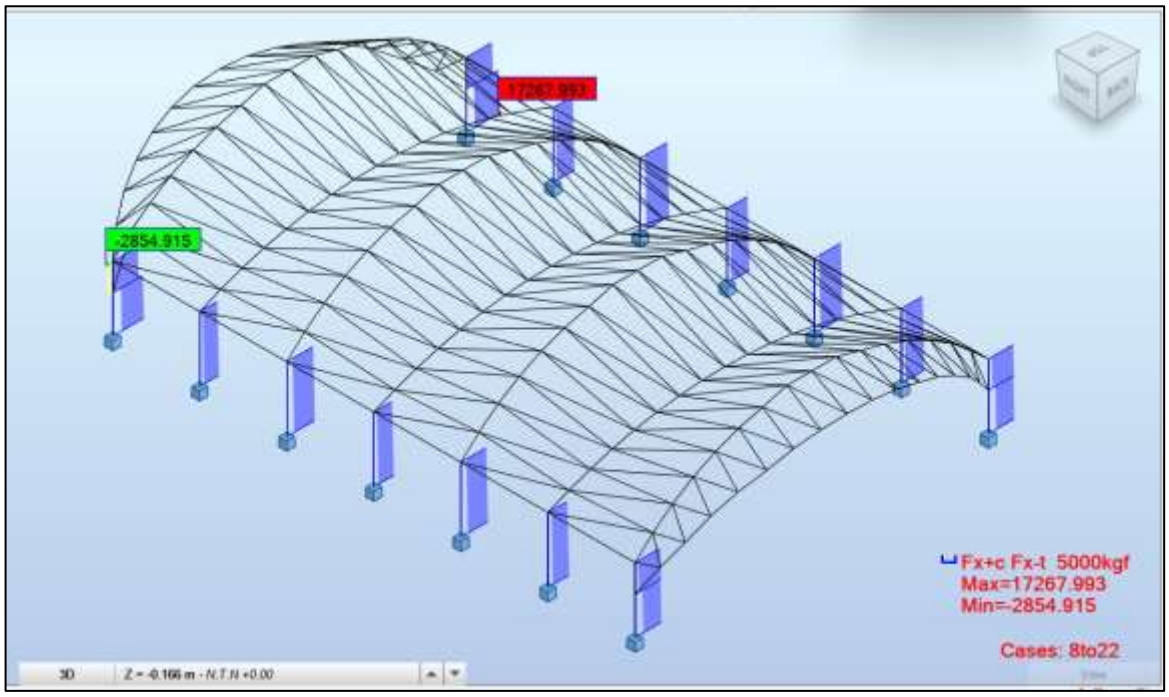
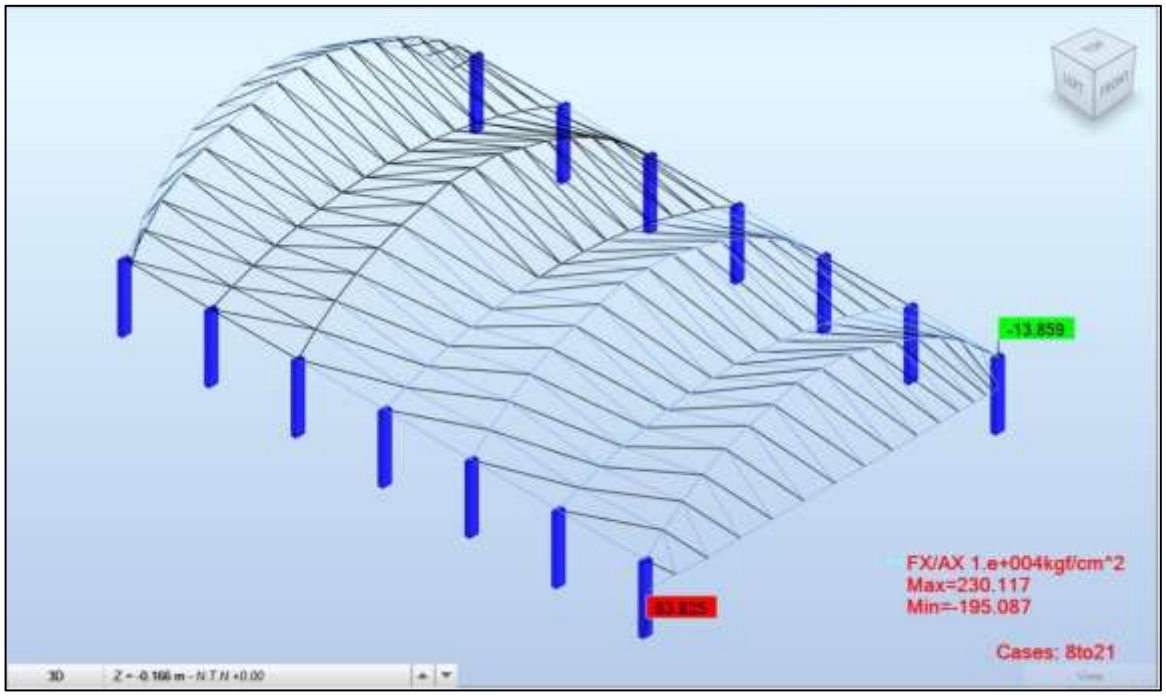


Figura 49

Diagrama de Esfuerzo Axial Fx - ENVOLVENTE



VIGAS PRINCIPALES

Figura 50

Diagrama de Fuerza Axial Fx - ENVOLVENTE

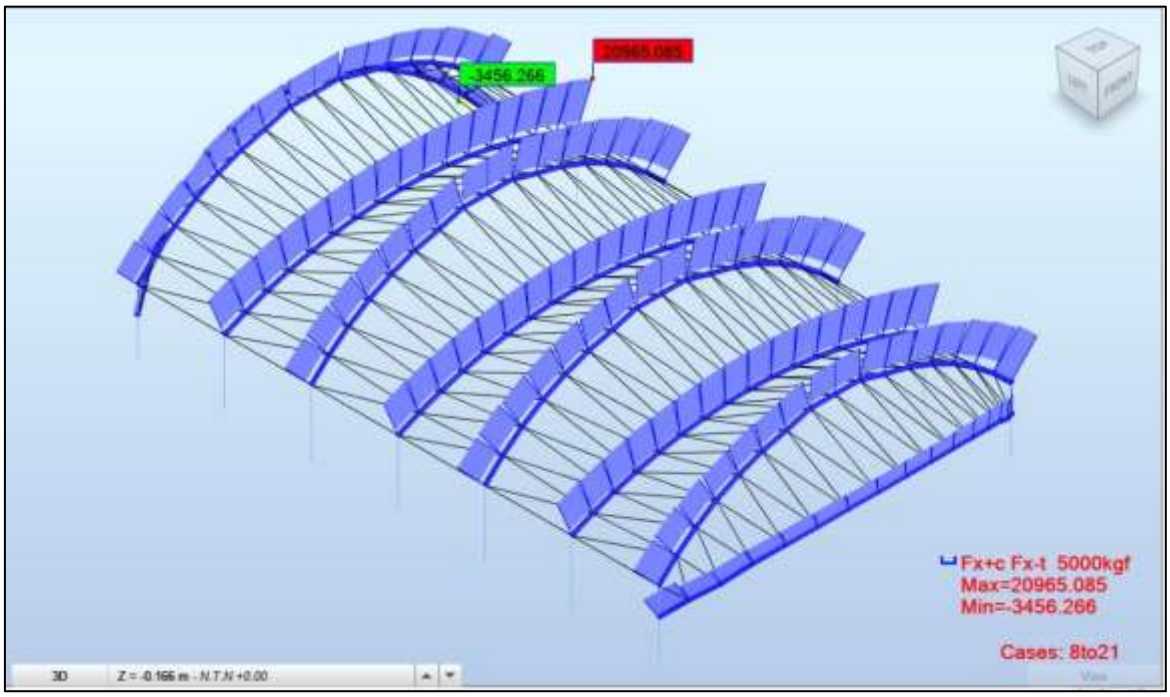
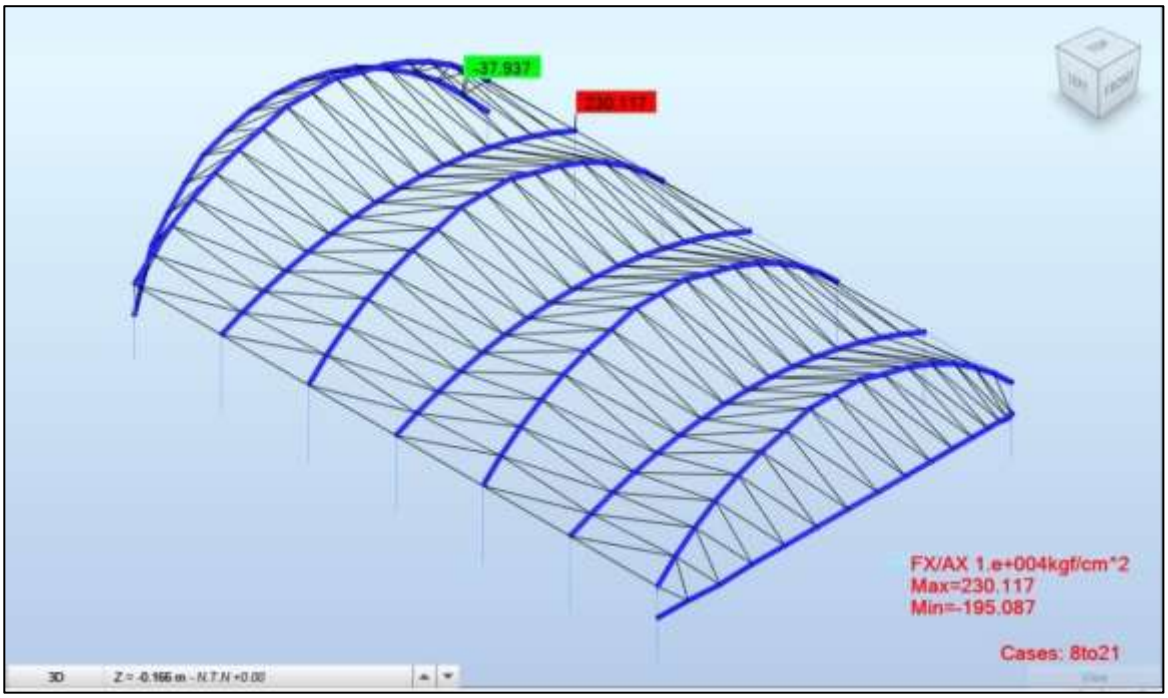


Figura 51

Diagrama de Esfuerzo Axial Fx - ENVOLVENTE



CORREAS

Figura 52

Diagrama de Fuerza Axial Fx - ENVOLVENTE

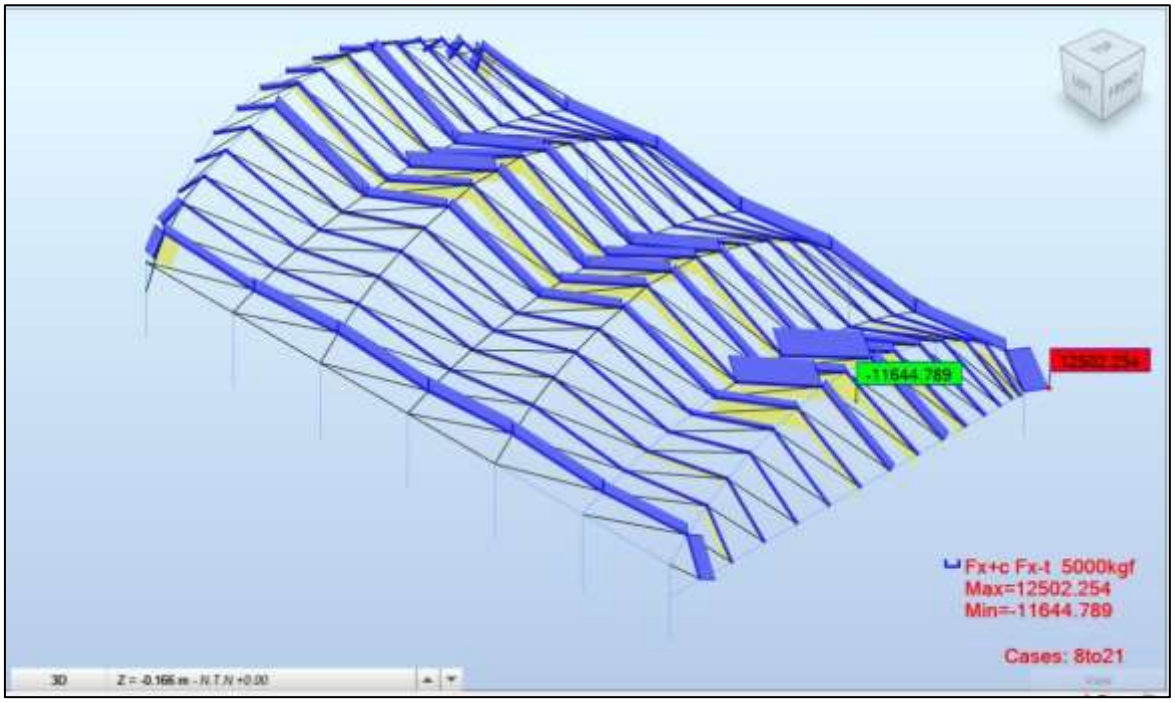


Figura 53

Diagrama de Esfuerzo Axial Fx – ENVOLVENTE

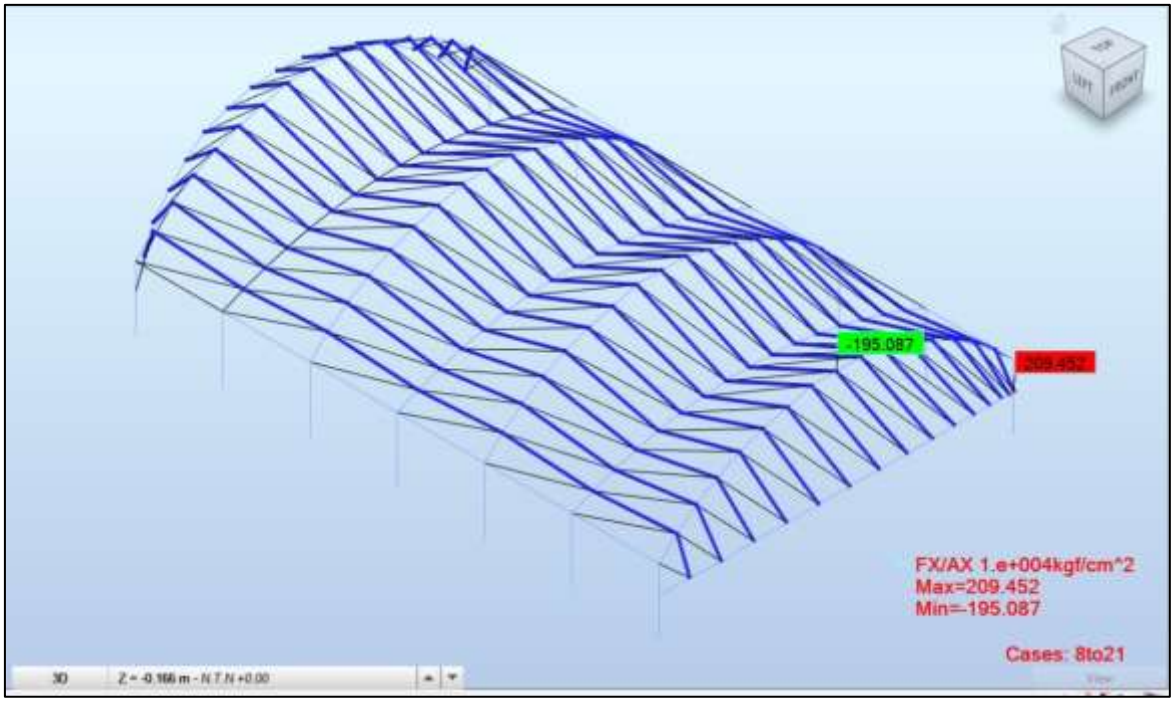


DIAGRAMA DE FUERZA CORTANTE

COLUMNAS

Figura 54

Diagrama de fuerza cortante Fy - ENVOLVENTE

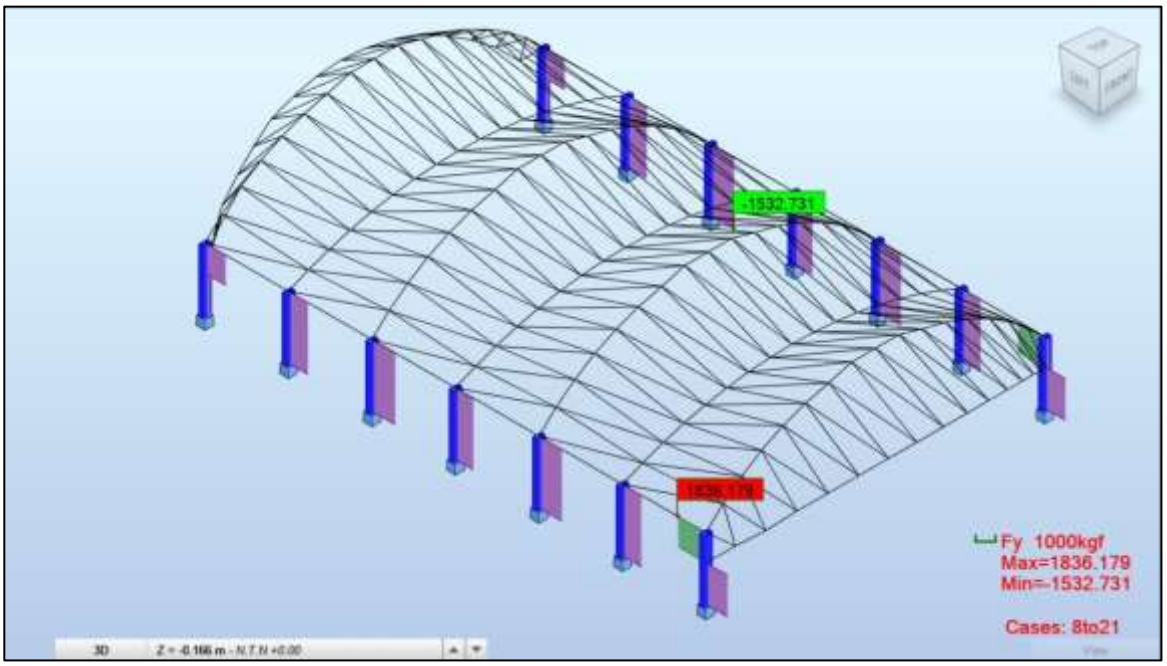
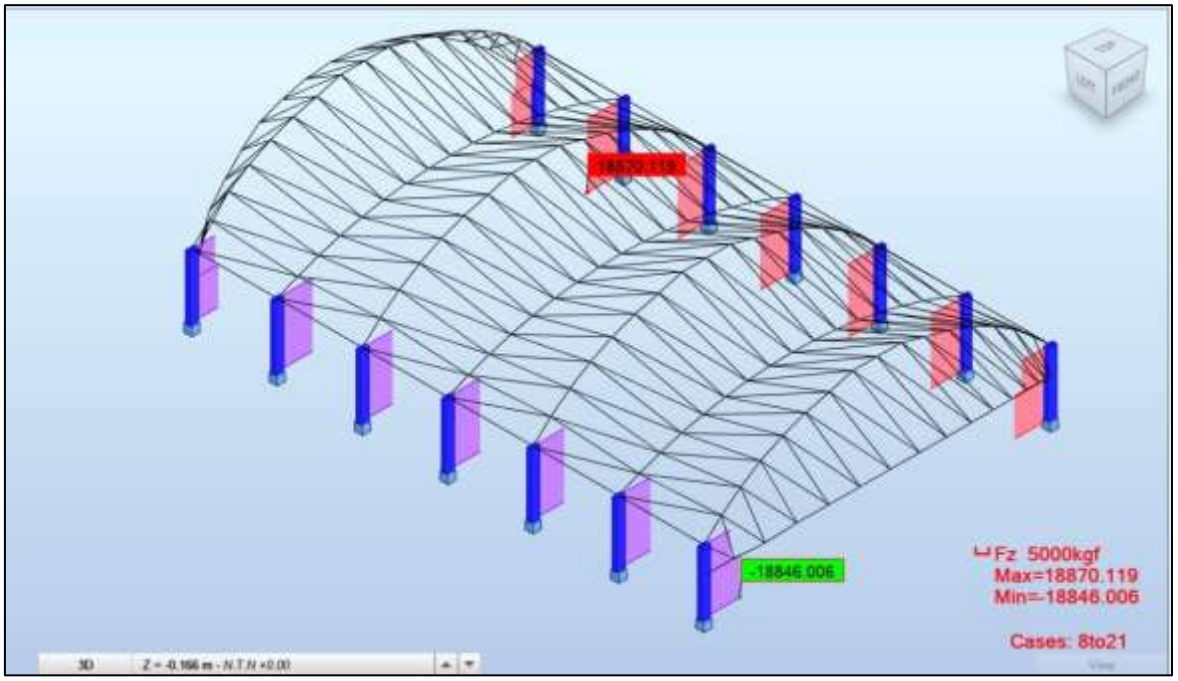


Figura 55

Diagrama de fuerza cortante Fz - ENVOLVENTE



VIGAS PRINCIPALES

Figura 56

Diagrama de fuerza cortante Fy - ENVOLVENTE

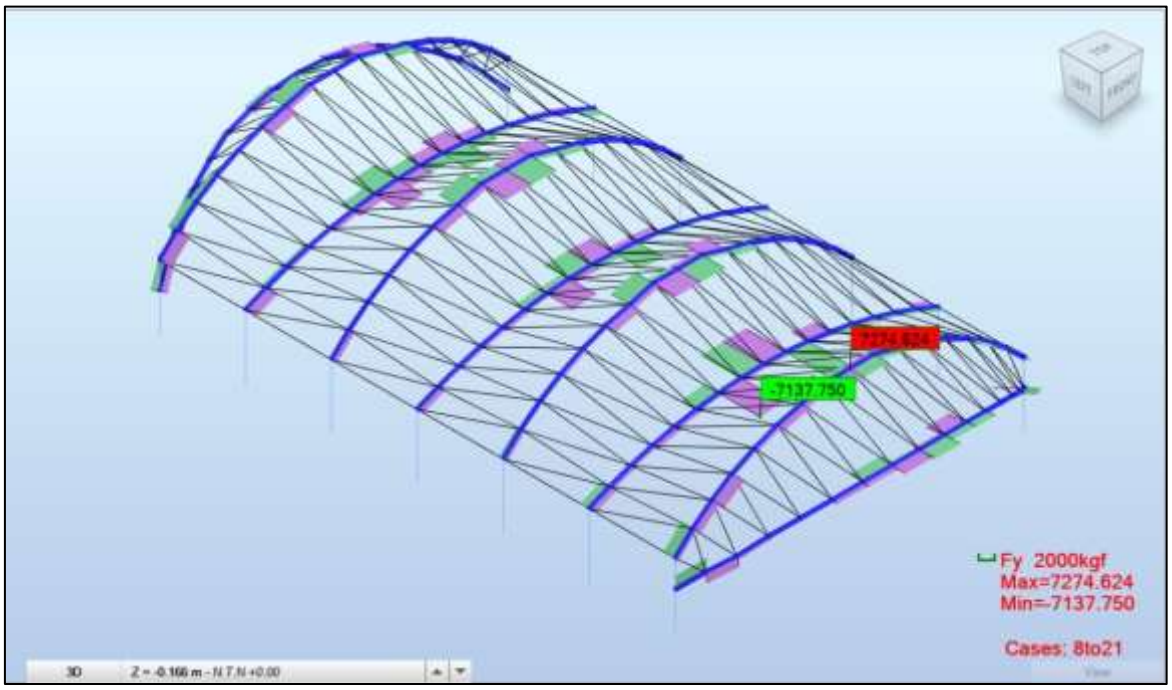
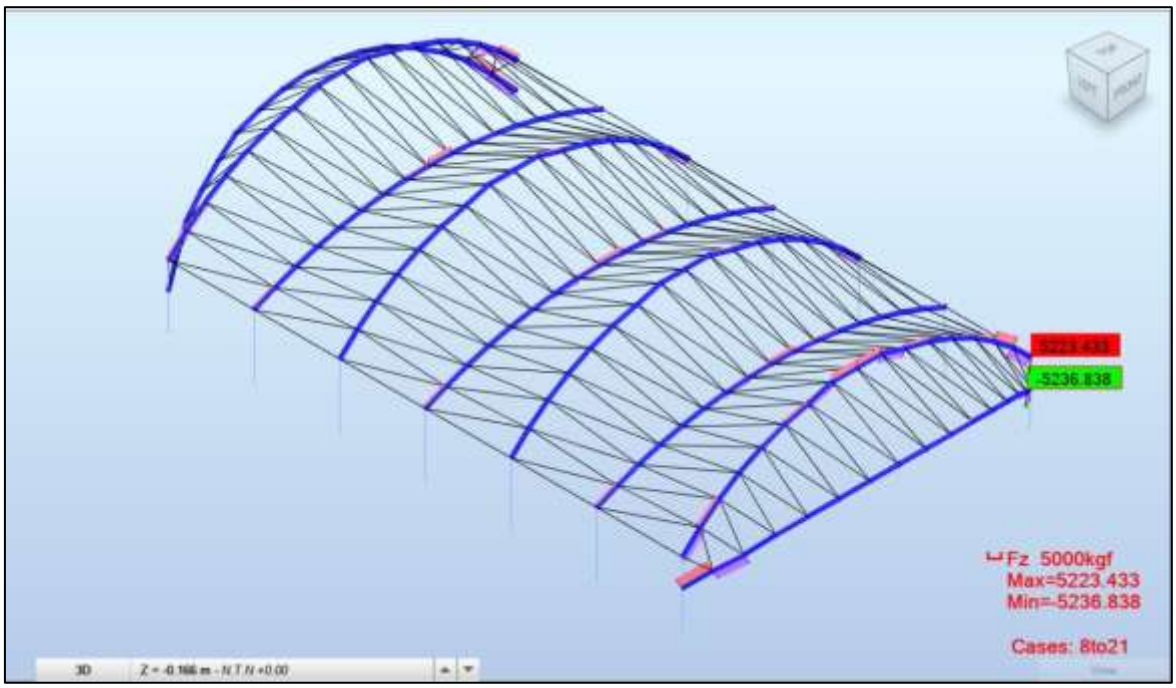


Figura 57

Diagrama de fuerza cortante Fz - ENVOLVENTE



CORREAS

Figura 58

Diagrama de fuerza cortante Fy - ENVOLVENTE

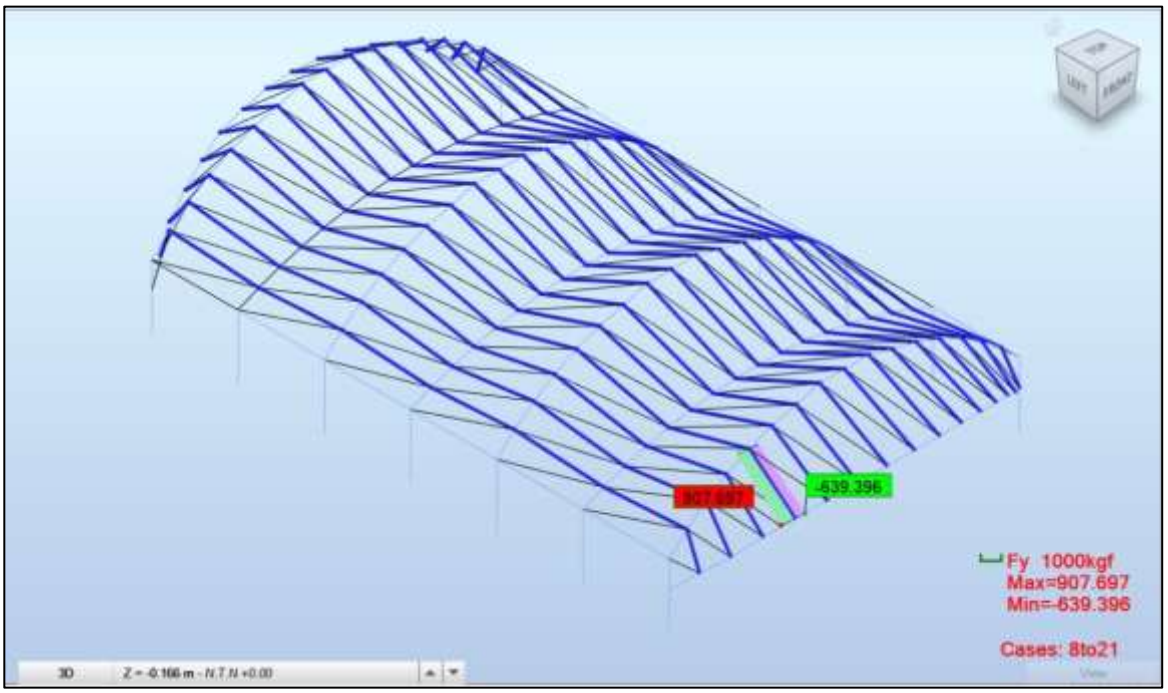


Figura 59

Diagrama de fuerza cortante Fz - ENVOLVENTE

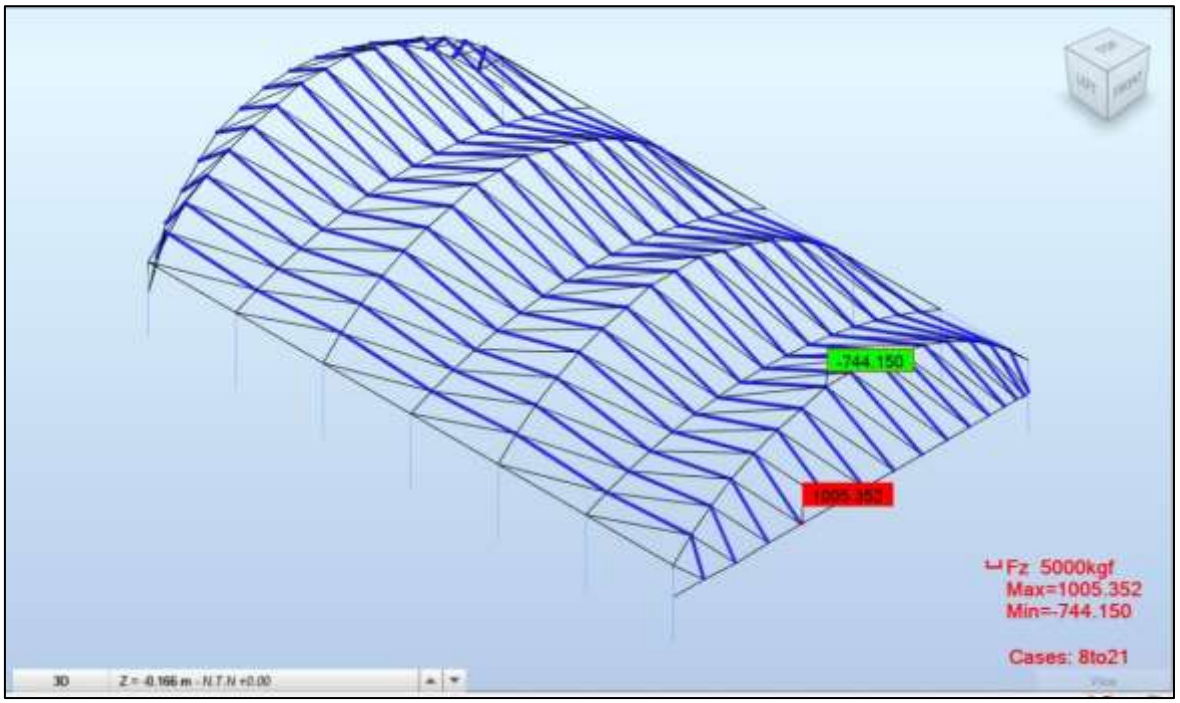


DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR

COLUMNAS

Figura 60

Diagrama de Momento Flector Mx (Momento torsor)- ENVOLVENTE

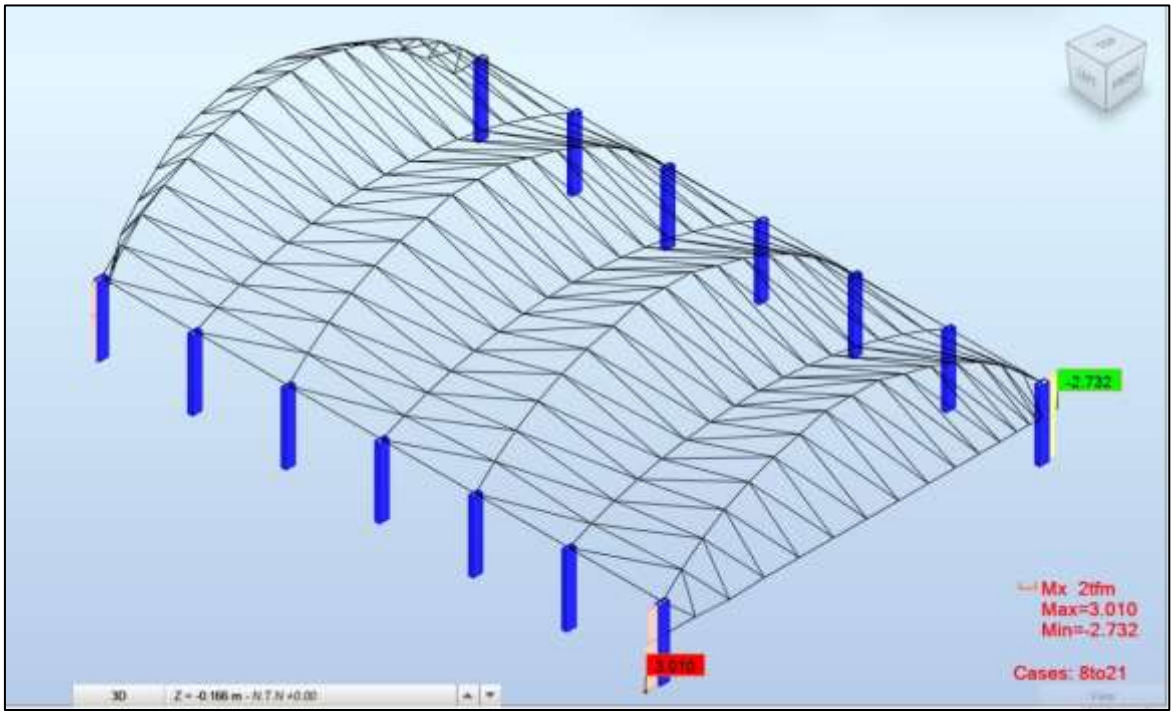


Figura 61

Diagrama de Momento Flector My (Eje principal)- ENVOLVENTE

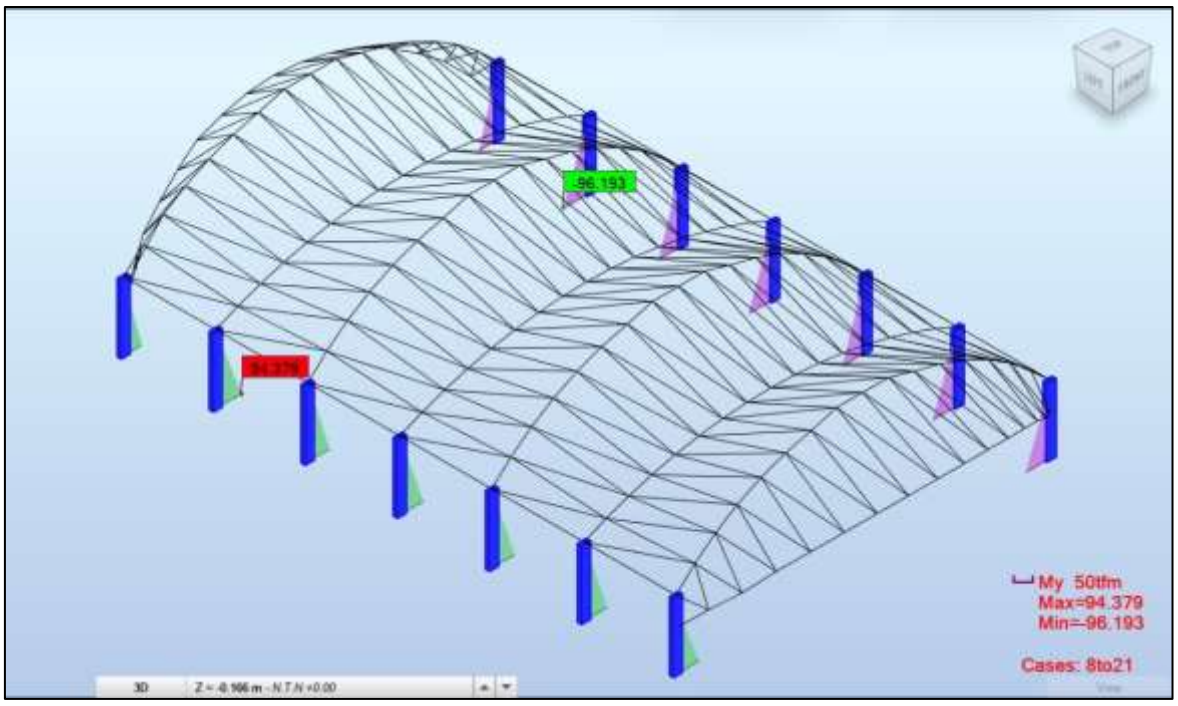
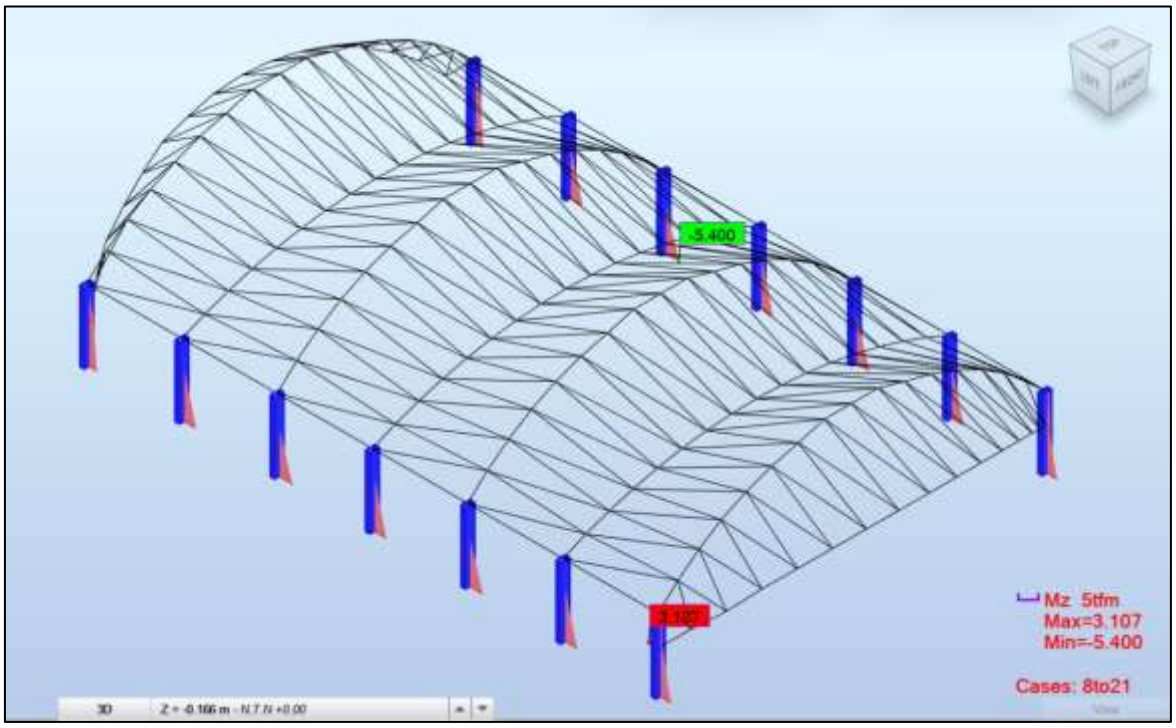


Figura 62

Diagrama de Momento Flector Mz (Eje secundario)- ENVOLVENTE



VIGA PRINCIPAL

Figura 63

Diagrama de Momento Flector Mx (Momento torsor)- ENVOLVENTE

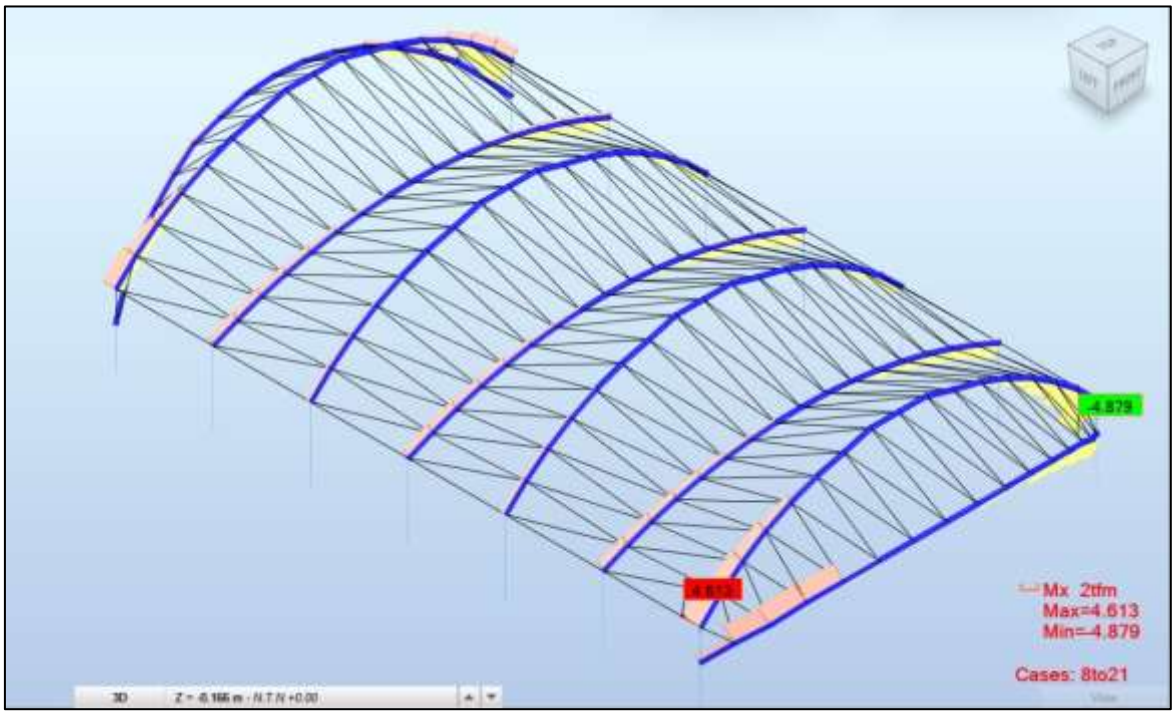


Figura 64

Diagrama de Momento Flector My (Eje principal)- ENVOLVENTE

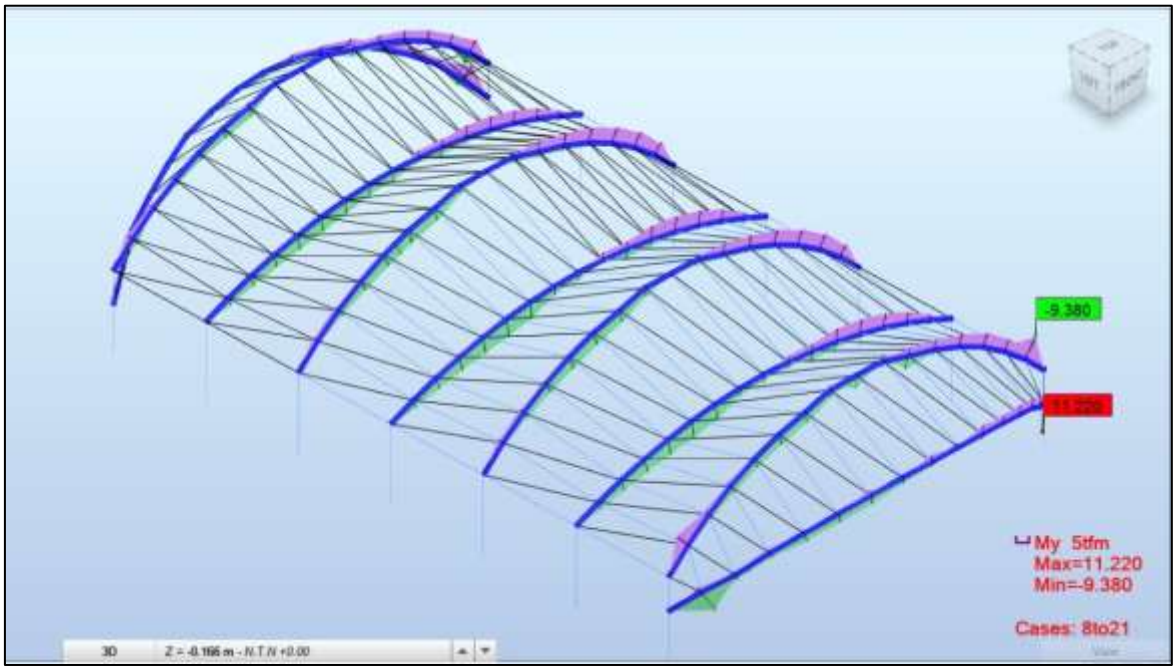
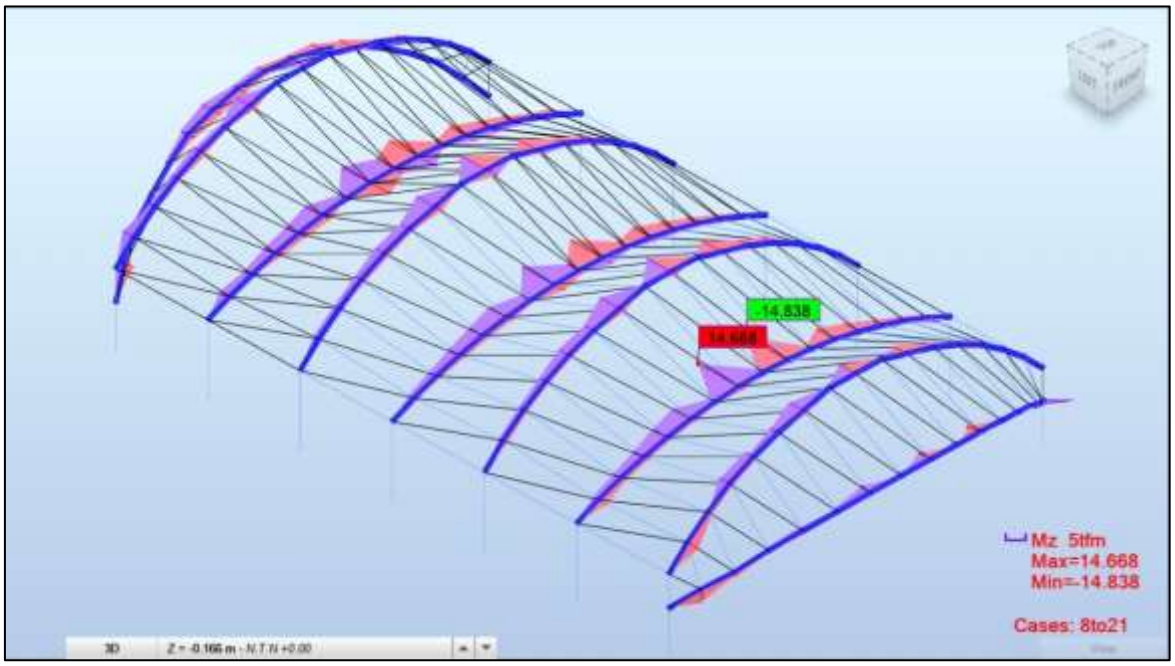


Figura 65

Diagrama de Momento Flector Mz (Eje secundario)- ENVOLVENTE


-14.838
Mz 5tfm
Max=14.668
Min=-14.838
Cases: 8to21

CORREAS

Figura 66

Diagrama de Momento Flector Mx (Momento torsor)- ENVOLVENTE

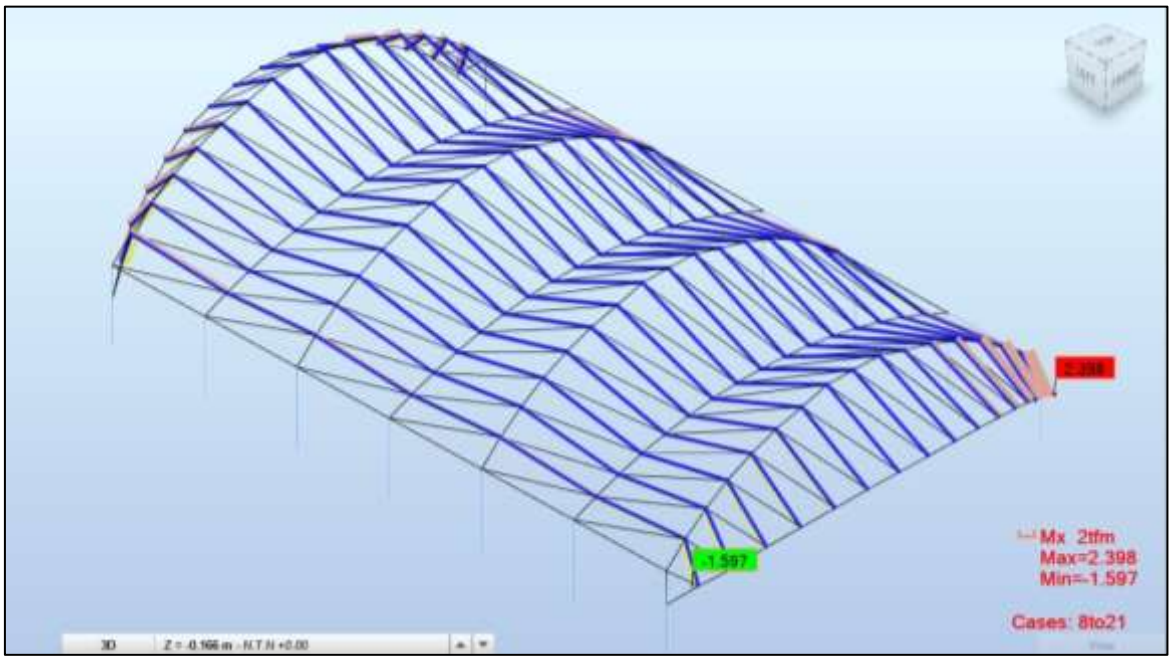


Figura 67

Diagrama de Momento Flector My (Eje principal)- ENVOLVENTE

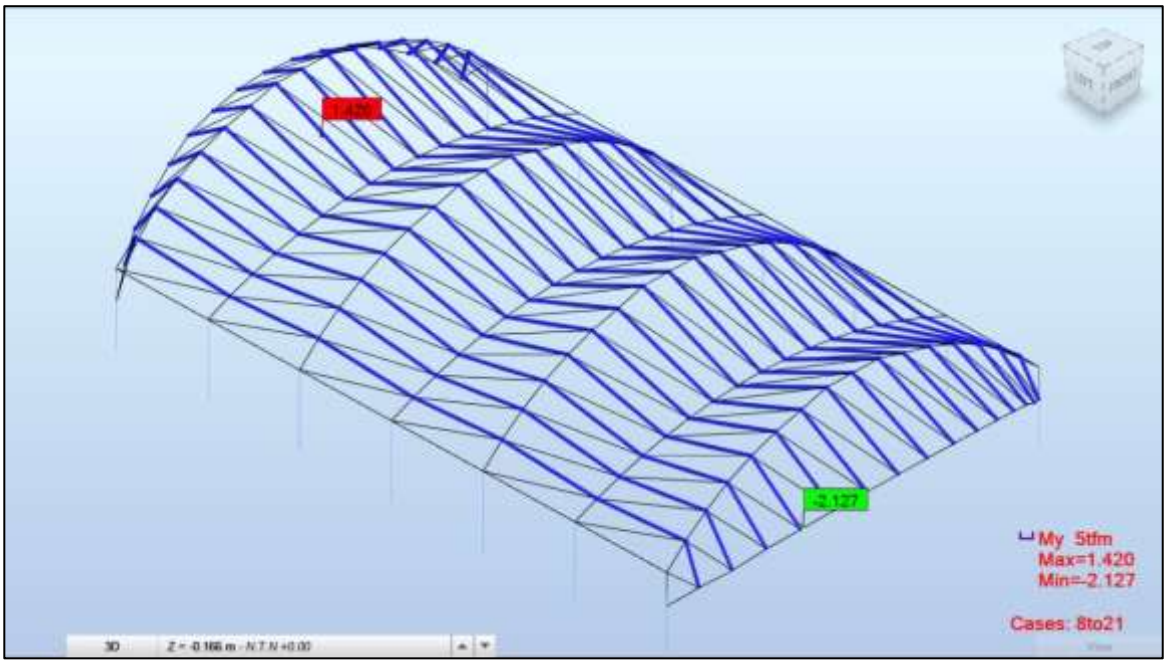
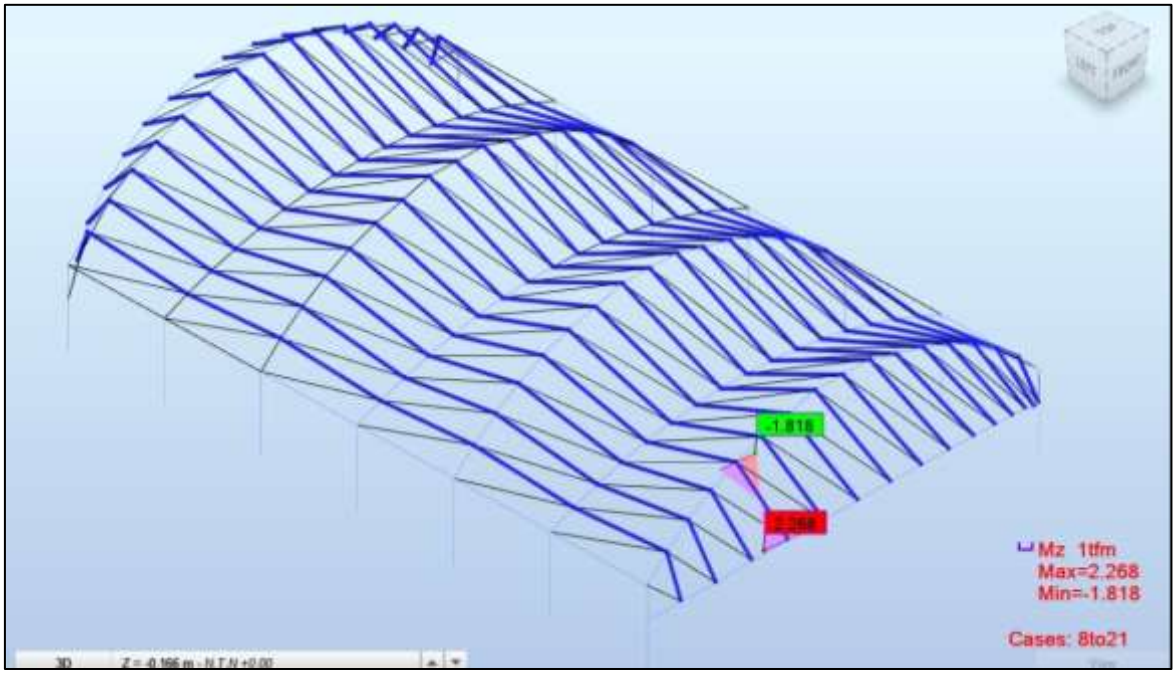


Figura 68

Diagrama de Momento Flector Mz (Eje secundario)- ENVOLVENTE



DEZPLAZAMIENTOS

Figura 69

Diagrama de Deformaciones máximas nodales Uz – CARGA VIVA

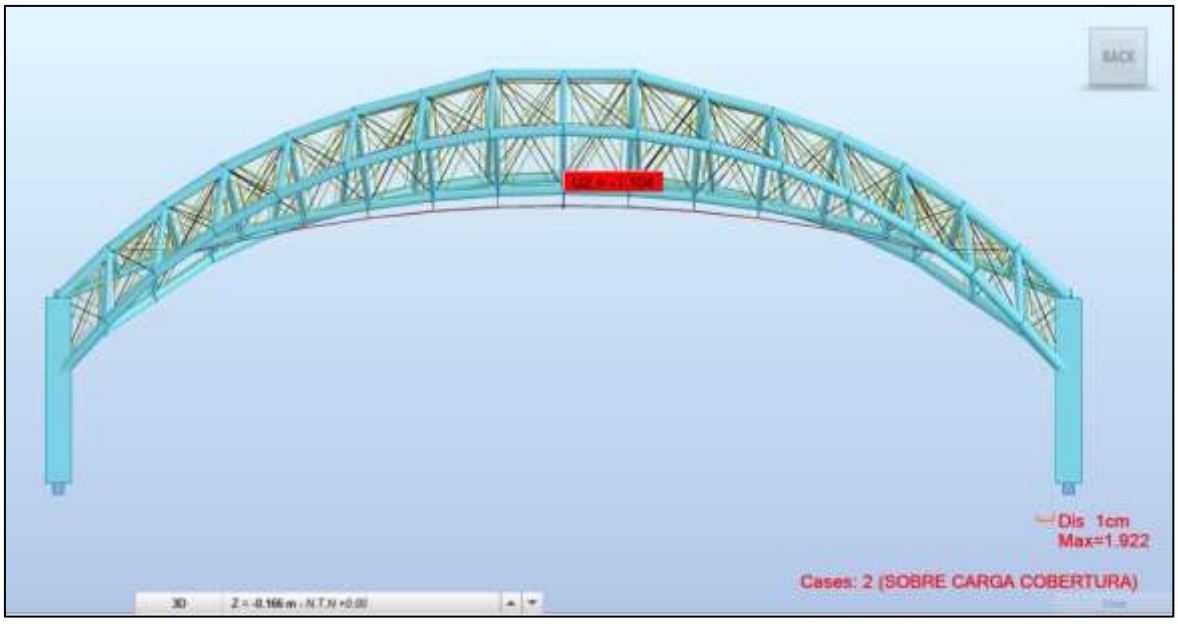
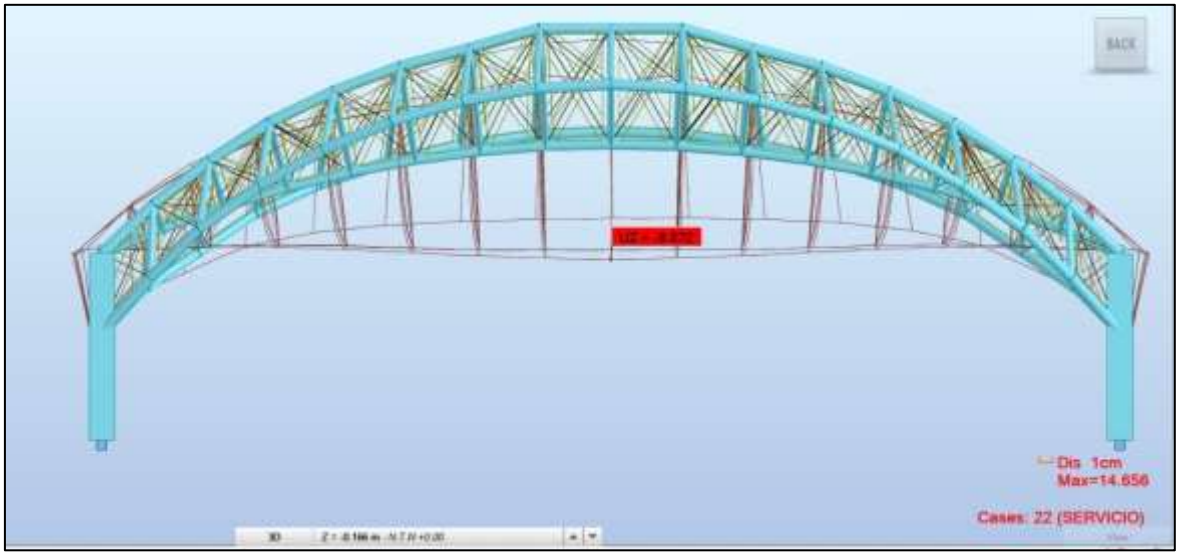


Figura 70

Diagrama de Deformaciones máximas nodales Uz – CARGA SERVICIO: D+L



REACCIONES

Figura 71

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo Fx – ENVOLVENTE

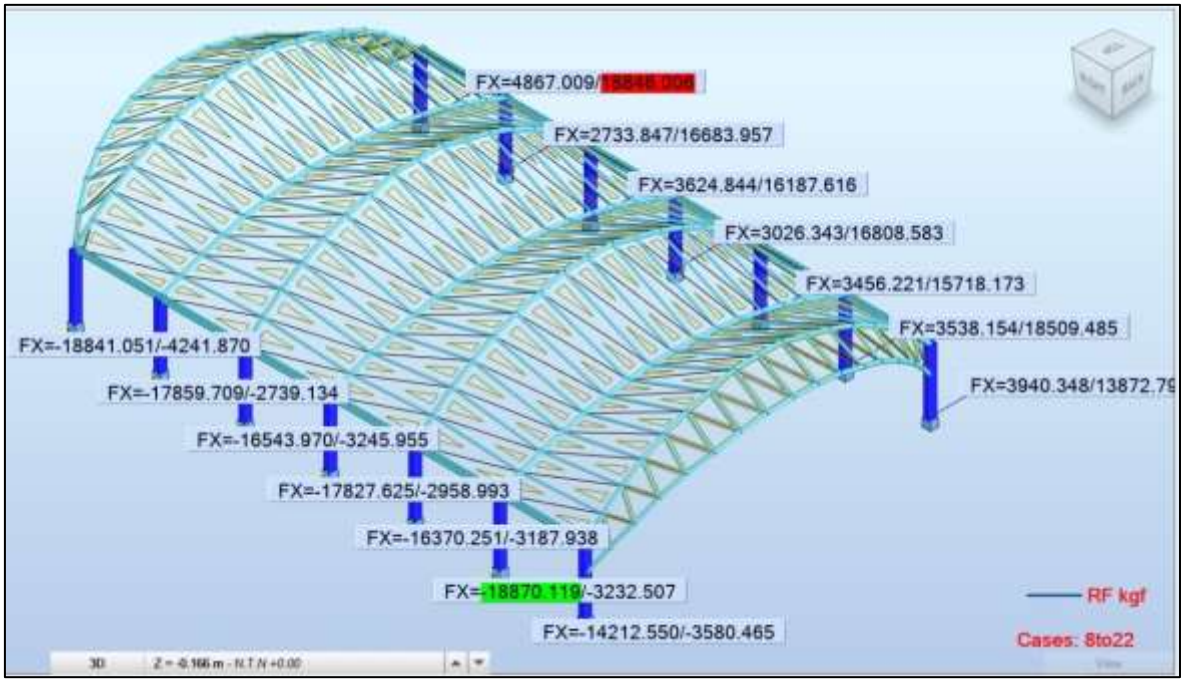


Figura 72

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo Fy – ENVOLVENTE

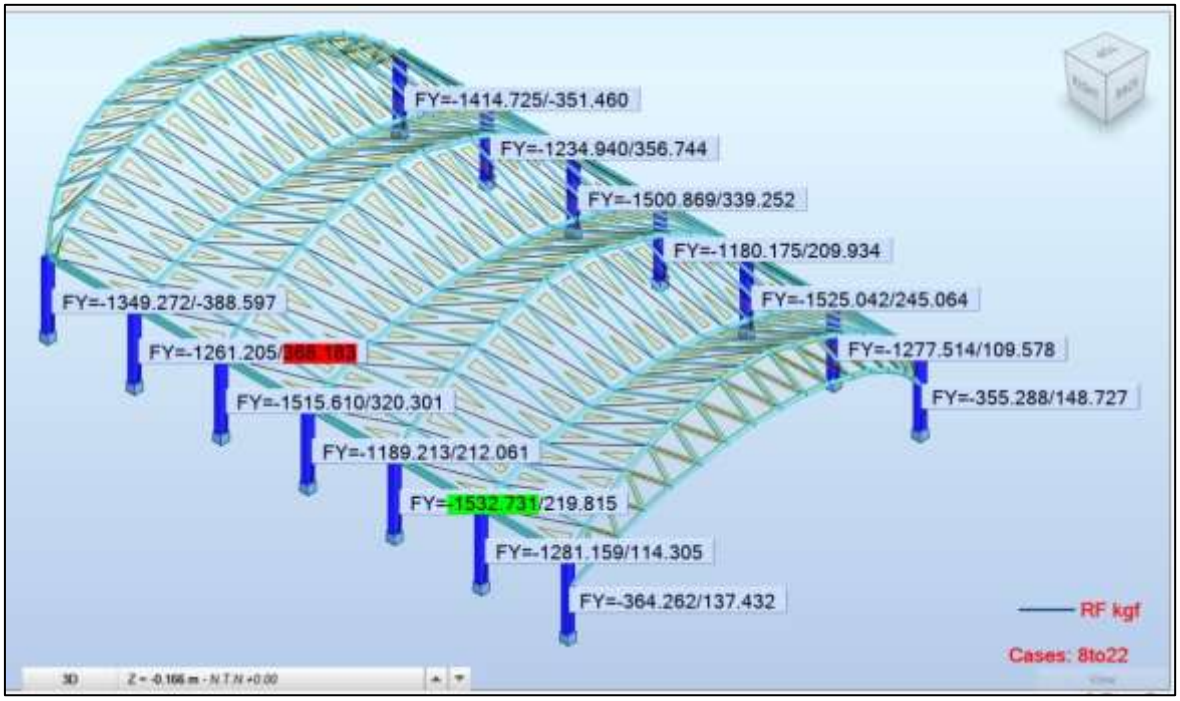


Figura 73

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo Fz – ENVOLVENTE

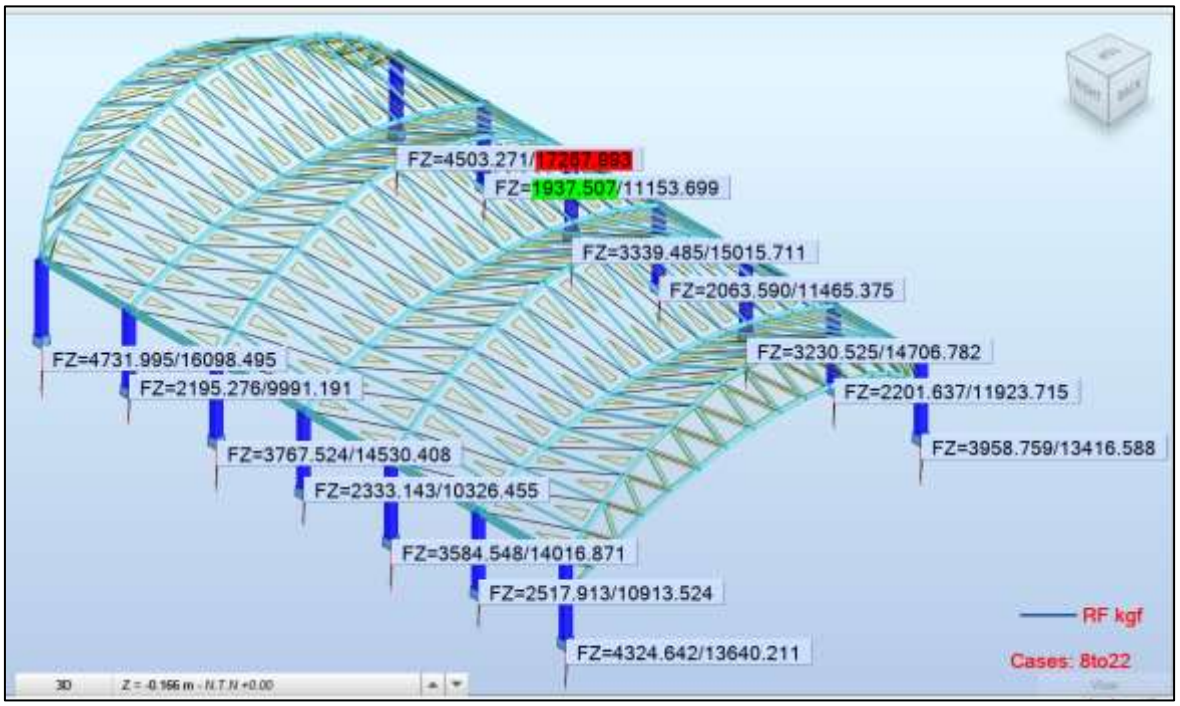


Figura 74

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo Mx – ENVOLVENTE

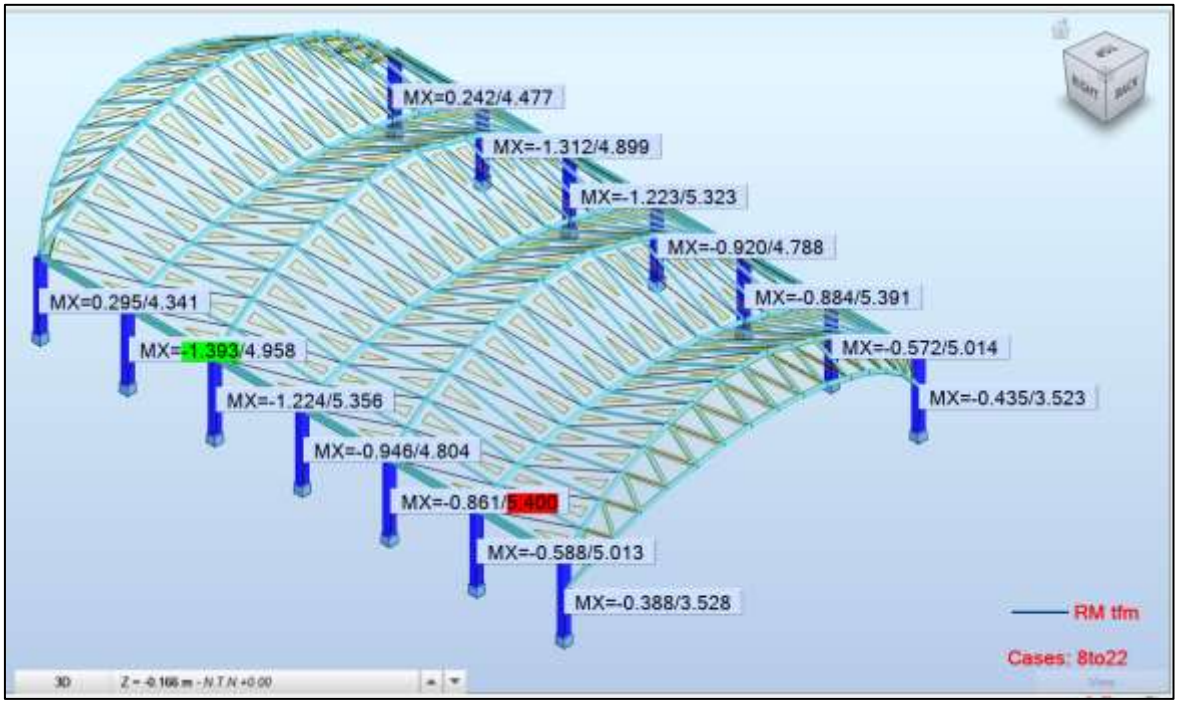


Figura 75

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo My – ENVOLVENTE

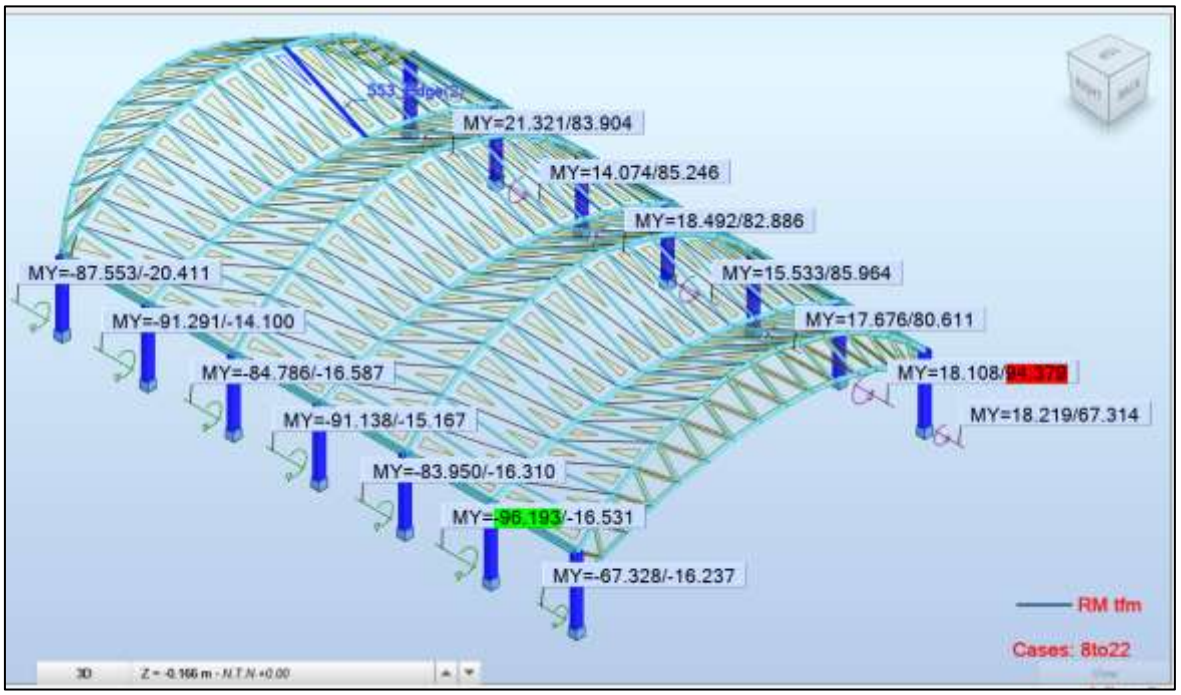
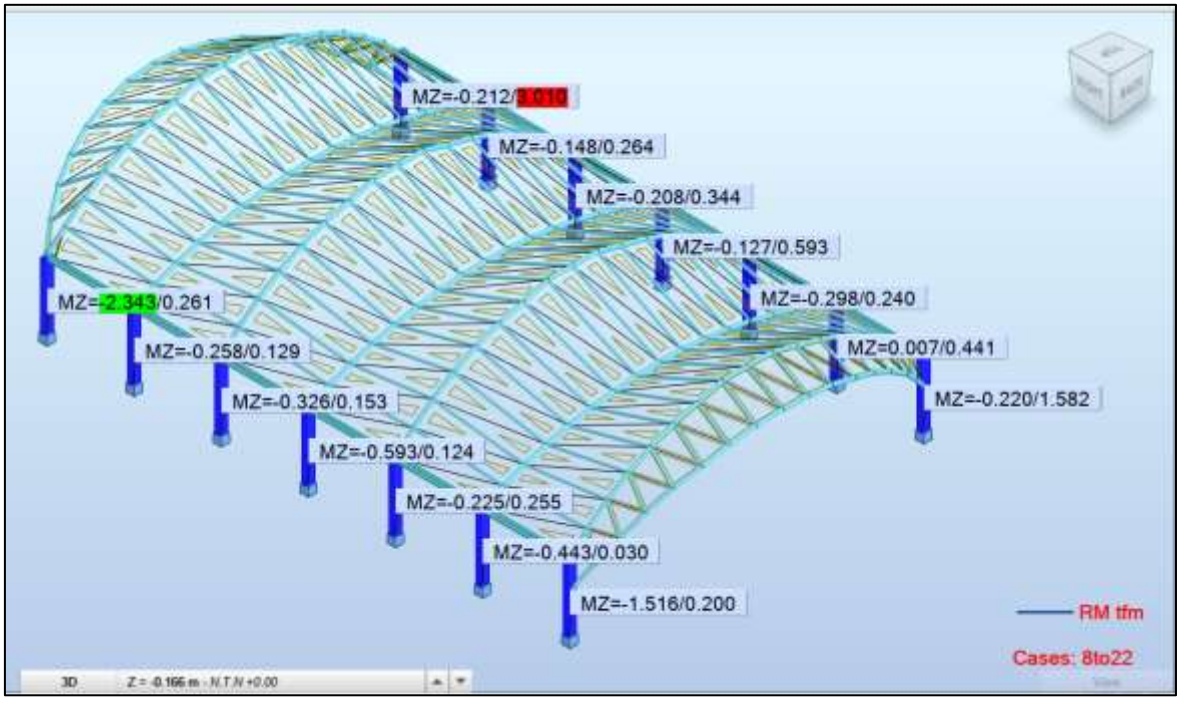


Figura 76

Diagrama de Reacciones Máximas del Apoyo Mz – ENVOLVENTE



NUDOS

Figura 77

Diagrama de Reacciones Máximas del Nodo Viga Columna – ENVOLVENTE

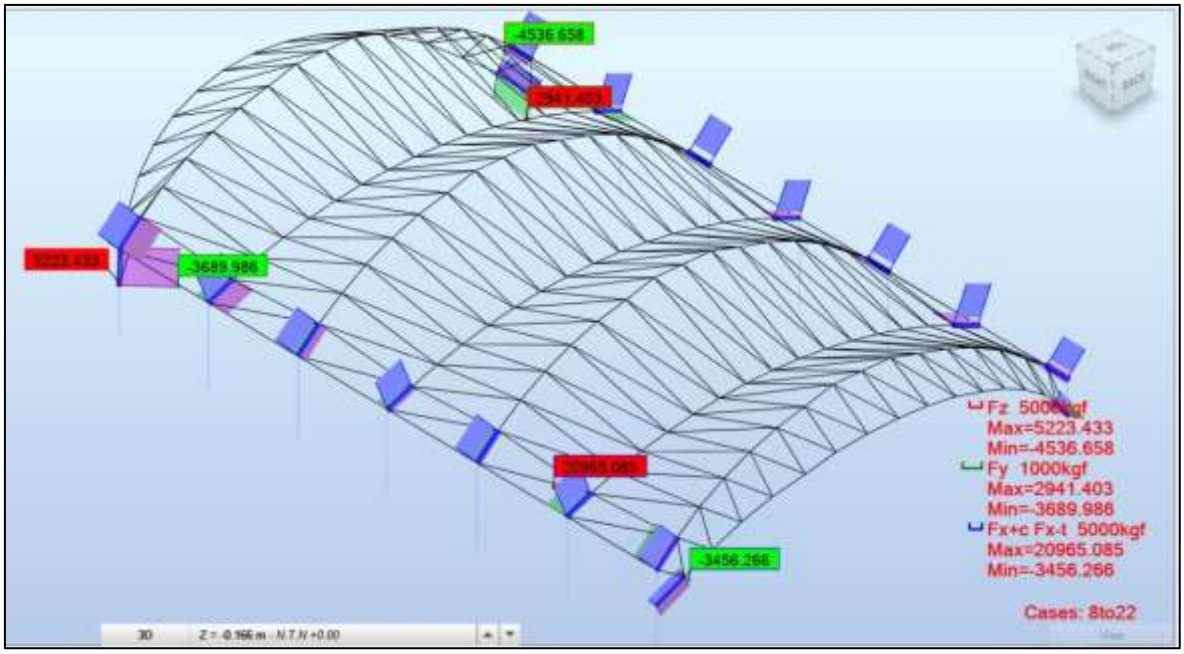
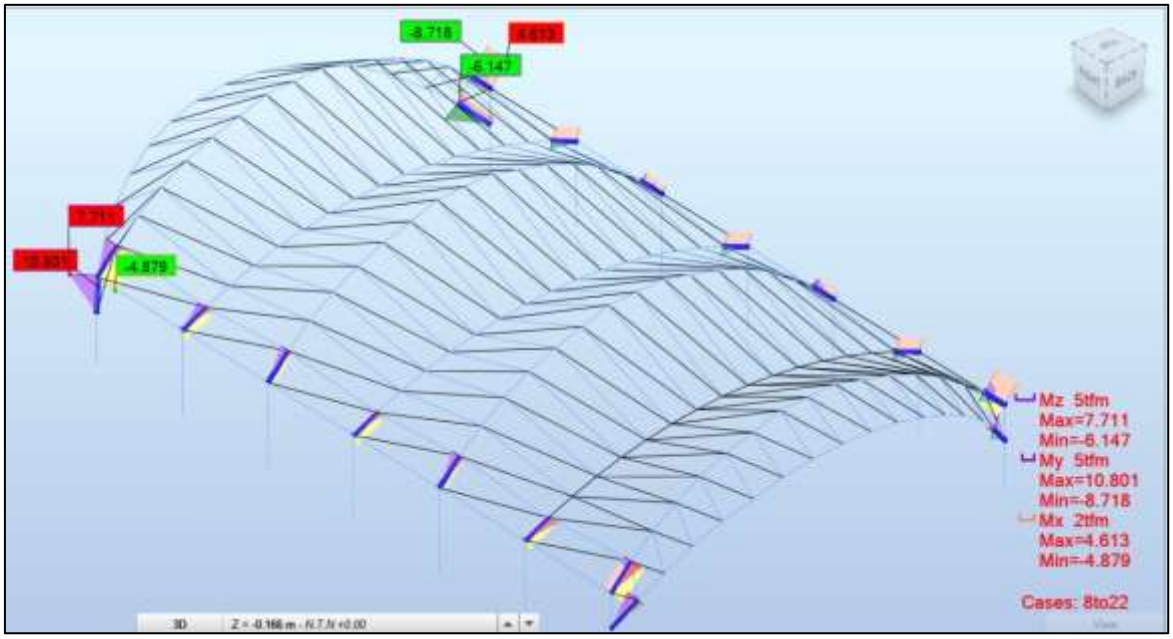


Figura 78

Diagrama de Reacciones Máximas del Nodo Viga Columna – ENVOLVENTE



RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANALISIS ESTRUCTURAL

CORREAS

Elemento	Descripción	Eje	Valores por Caso		Und	Aumento
			V= 75 km/h	V= 85 km/h		
CORREAS D= 200x10mm	Fuerza Axial	Fx	-8.765	-11.644	Tnf	+ 32.85%
			9.545	12.502	Tnf	+ 30.98%
	Fuerza Cortante	Fy	-0.629	-0.639	Tnf	+ 1.59%
			0.651	0.907	Tnf	+ 39.32%
		Fz	-0.709	-0.744	Tnf	+ 4.94%
			0.942	1.005	Tnf	+ 6.69%
	Momento Flector	Mx	-1.232	-1.597	$Tnf * m$	+ 29.63%
			1.838	2.398	$Tnf * m$	+ 30.47%
		My	-1.978	-2.127	$Tnf * m$	+ 7.53%
			1.345	1.420	$Tnf * m$	+ 5.58%
		Mz	-1.344	-1.818	$Tnf * m$	+ 35.27%
			1.647	2.268	$Tnf * m$	+ 37.71%

VIGA PRINCIPAL

Elemento	Descripción	Eje	Valores por caso		Und	Aumento
			V= 75 km/h	V= 85 km/h		
VIGA PRINCIPAL D= 300 x 10mm	Fuerza Axial	Fx	-2.084	-3.456	Tnf	+ 65.84%
			20.864	20.965	Tnf	+ 0.48%
	Fuerza Cortante	Fy	-5.505	-7.137	Tnf	+ 29.65%
			5.613	7.274	Tnf	+ 29.60%
		Fz	-3.997	-5.236	Tnf	+ 31.00%
			3.975	5.223	Tnf	+ 31.41%
	Momento Flector	Mx	-3.740	-4.879	$Tnf * m$	+ 30.45%
			3.535	4.613	$Tnf * m$	+ 30.50%
		My	-7.437	-9.380	$Tnf * m$	+ 26.12%
			8.503	11.220	$Tnf * m$	+ 31.95%
		Mz	-11.384	-14.838	$Tnf * m$	+ 30.35%
			11.249	14.668	$Tnf * m$	+ 30.39%

COLUMNAS

Elemento	Descripción	Eje	Valores por caso		Und	Aumento
			V= 75 km/h	V= 85 km/h		
COLUMNA RECTANGULAR 350x700x10mm	Fuerza Axial	Fx	-0.986	-2.854	Tnf	+ 189.40 %
			17.075	17.267	Tnf	+ 1.12 %
	Fuerza Cortante	Fy	-1.393	-1.532	Tnf	+ 9.98 %
			1.823	1.836	Tnf	+ 0.71 %
		Fz	-18.598	-18.846	Tnf	+ 1.33 %
			18.686	18.870	Tnf	+ 0.99 %
	Momento Flector	Mx	93.852	-96.193	$Tnf * m$	+ 30.67 %
			-95.252	94.379	$Tnf * m$	+ 28.97 %
		My	-2.091	-2.732	$Tnf * m$	+ 0.99 %
			2.334	3.010	$Tnf * m$	+ 0.56 %
		Mz	-4.123	-5.400	$Tnf * m$	+ 30.97 %
			3.098	3.107	$Tnf * m$	+ 0.29 %

DESPLAZAMIENTOS

Elemento	Descripción	Eje	Valores por caso		Limite		Check
			V= 75 km/h	V= 85 km/h	L = 27.90 m		
Estructura	Flecha (Ll)	Ux Cm	-1.104	-1.104	L/360	7.75	Cumple
	Flecha Servicio (Dl+Ll)	Ux Cm	-8.072	-8.072	L/240	11.62	Cumple

REACCIONES

Elemento	Descripción	Eje	Valores por Casos		Und	Aumento
			V= 75 km/h	V= 85 km/h		
Columna Rec. 50x700x10mm	Reacción en apoyo de columnas empotradas	Fx	-18.686	-18.870	Tnf	+ 0.98 %
			18.598	18.846	Tnf	+ 1.33 %
		Fy	-1.393	-1.532	Tnf	+ 9.98 %
			0.367	0.368	Tnf	+ 0.27 %
		Fz	2.459	1.937	Tnf	+ -21.23 %
			17.075	17.267	Tnf	+ 1.12 %
		Mx	-1.393	-1.393	$Tnf * m$	+ 0.00 %
			4.123	5.400	$Tnf * m$	+ 30.97 %
		My	-95.254	-96.193	$Tnf * m$	+ 0.99 %
			93.582	94.379	$Tnf * m$	+ 0.85 %
		Mz	-1.811	-2.343	$Tnf * m$	+ 29.38 %
			2.334	3.010	$Tnf * m$	+ 28.96 %

NODOS

Elemento	Descripción	Eje	Valores por Casos		Und	Aumento
			V= 75 km/h	V= 85 km/h		
VIGA PRINCIPAL D= 300mm X10mm	Reacción En Las Uniones De Viga Columna Para El Diseño De Nudos	Fx	-2.084	-3.456	Tnf	+ 65.83 %
			20.864	20.965	Tnf	+ 0.48 %
		Fy	-2.908	-3.689	Tnf	+ 26.86 %
			2.368	2.941	Tnf	+ 24.20 %
		Fz	-3.649	-4.536	Tnf	+ 24.31 %
			3.976	5.223	Tnf	+ 31.36 %
		Mx	-3.740	-4.879	$Tnf * m$	+ 30.45 %
			3.535	4.613	$Tnf * m$	+ 30.50 %
		My	-6.989	-8.718	$Tnf * m$	+ 24.74 %
			8.193	10.807	$Tnf * m$	+ 31.91 %
		Mz	-4.949	-6.147	$Tnf * m$	+ 24.21 %

			6.077	7.711	$Tnf * m$	+ 26.89 %

DATOS DE DISEÑO

CORREAS

- *Tipo : Tubo circular (CHS)*
- *Diámetro exterior: D = 200 mm = 20.0 cm*
- *Espesor : t = 10 mm = 1.0 cm*
- *Diámetro interior : d = D - 2t = 180 mm = 18.0 cm*
- *Radio exterior : R = D/2 = 100 mm = 10.0 cm*
- *Longitud libre : L = 7.58 m = 758.0 cm*
- *Factor : K = 1.0*

Área Bruta: $\boldsymbol{Ag = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)} = 59.69\ cm^2$

- $D^2 = 20.0^2 = 400.00\ \text{cm}^2$
- $d^2 = 18.0^2 = 324.00\ \text{cm}^2$
- $D^2 - d^2 = 76.00\ \text{cm}^2$
- $\frac{\pi}{4} \approx 0.7853981633974483$

Momento de Inercia: $\boldsymbol{I = \frac{\pi}{64}\left(D^4 - d^4\right)} = 2700.9842\ \text{cm}^4$

- $D^4 = 20.0^4 = 160000.00\ \text{cm}^4$
- $d^4 = 18.0^4 = 104976.00\ \text{cm}^4$
- $D^4 - d^4 = 55024.00\ \text{cm}^4$
- $\frac{\pi}{64} \approx 0.049087385212341516$

Momento Polar: $\boldsymbol{Jp = (I_{xx} + I_{yy})}$: $J_p = 2I = 5401.968\ \text{cm}^4$

Radio de Giro: $\boldsymbol{r_g = \sqrt{\frac{I}{A}}} = \sqrt{\frac{2700.9842}{59.6902}} = 6.7268\ \text{cm}$

Módulo de Sección (sección externa, para flexión): $S = \frac{I}{c}$ con $c = R = 10.0\ \text{cm}$

$$S = 270.0984\ \ \text{cm}^3$$

Modulo Plástico (sección circular hueca): $Z = \left(\frac{\pi}{32}\right)(D^3 - d^3) = 361.333\ cm^3$

Esbeltez $= \frac{KL}{r_g} = \frac{1.0 \times 758.0\ \text{cm}}{6.726812023536856\ \text{cm}} = 112.68$

Perímetro Externo: $\boldsymbol{p = 2\pi r} = 2\pi \times 10 = 62.830\ \text{cm}$

VIGA PRINCIPAL

- *Tipo : Tubo circular (CHS)*
- *Diámetro exterior: D = 300 mm =30.0 cm*
- *Espesor : t = 10 mm =1.0 cm*
- *Diámetro interior : d = D -2t = 280 mm =28.0 cm*
- *Radio exterior : R = D/2 = 150 mm =15.0 cm*
- *Longitud libre : L = 2.09 m = 209.0 cm*
- *Factor : K = 1.0*

Área Bruta: $\boldsymbol{Ag = \frac{\pi}{4}\left(D^2 - d^2\right)} = 91.1061\ cm^2$

- $D^2 = 30.0^2 = 900.00$ cm^2
- $d^2 = 28.0^2 = 784.00$ cm^2
- $D^2 - d^2 = 116.00$ cm^2
- $\frac{\pi}{4} \approx 0.7853$

Momento de Inercia: $\boldsymbol{I = \frac{\pi}{64}\left(D^4 - d^4\right)} = 9588.926176$ cm^4

- $D^4 = 20.0^4 = 810000.00$ cm^4
- $d^4 = 18.0^4 = 614976.00$ cm^4
- $D^4 - d^4 = 195344.00$ cm^4
- $\frac{\pi}{64} \approx 0.049087385212341516$

Momento Polar $(\boldsymbol{Jp = I_{xx} + I_{yy}})$: $J_p = 2I = 19177.8523$ cm^4

Radio de Giro: $\boldsymbol{r_g = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{9588.926176}{91.1061}}} = 10.259142$ cm

Módulo de Sección (sección externa, para flexión): $S = \frac{I}{c}$; $c = R = 10.0$ cm

$$S = 639.2617 \quad \text{cm}^3$$

Modulo Plástico (sección circular hueca): $Z = \left(\frac{\pi}{32}\right)(D^3 - d^3) = 841.333\ cm^3$

Esbeltez $= \frac{KL}{r_g} = \frac{1.0 \times 209.0 \text{ cm}}{10.2591422 \text{ cm}} = 20.3720$

Perímetro Externo: $\boldsymbol{p = 2\pi r} = 2\pi \times 15 = 94.2454$ cm

COLUMNA

Sección: columna rectangular hueca (sección rectangular con pared uniforme)

Dimensiones: $B = 70.0\ cm\ (lado\ mayor);\ H = 35.0\ cm\ (lado\ menor)$

Espesor: $t = 1.0\ cm\ (10\ mm)$

Dimensiones interiores: $B = 68.0\ cm;\ H = 33.0\ cm$

- *Área exterior:* $A_{ext} = B \cdot H = 70.0 \times 35.0 = 2450.0$ ***cm***^{2}
- *Área interior:* $A_{int} = B \cdot H = 68.0 \times 33.0 = 2244.0$ ***cm***^{2}
- *Área neta de la sección:* $A = A_{ext} - A_{int} = 206.0$ ***cm***^{2}

Altura libre (L): $5.118\ m = 511.8\ cm$

Factor de pandeo: $\boldsymbol{asumido\ K = 1.0}$

Momento de Inercia X. *Respecto al eje horizontal centroidal — usar H como dimensión vertical:*

$$\boldsymbol{I_{xx}} = \frac{\boldsymbol{B\ H^3}}{\boldsymbol{12}} - \frac{\boldsymbol{b\ h^3}}{\boldsymbol{12}} = 250\ 104.166 - 203\ 643.0 = 46\ 461.166\ \text{cm}^4$$

Momento de Inercia Y. *Respecto al eje vertical centroidal — usar B como dimensión horizontal:*

$$\boldsymbol{I_{yy}} = \frac{\boldsymbol{H\ B^3}}{\boldsymbol{12}} - \frac{\boldsymbol{h\ b^3}}{\boldsymbol{12}} = 135\ 728.66666666663\ \text{cm}^4$$

Momento Polar: $\boldsymbol{J_p = I_{xx} + I_{yy}} = 182\ 189.83333333328$ ***cm***^{4}

Radio de giro. *Respecto a cada eje:*

$$\boldsymbol{r_x} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{I_{xx}}}{\boldsymbol{A}}} = \sqrt{\frac{46\ 461.16666666666}{206.0}} = 15.01797736091465\ \text{cm}$$

$$\boldsymbol{r_y} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{I_{yy}}}{\boldsymbol{A}}} = \sqrt{\frac{135\ 728.66666666663}{206.0}} = 25.668599935596827\ \text{cm}$$

Módulos de sección: Usar H/2 para Sx, (cm³) y B/2 para Sy (cm³)

$$S_x = \frac{I_{xx}}{H/2} = \frac{46\,461.16666666666}{17.5} = 2\,654.923809523809 \text{ cm}^3$$

$$S_y = \frac{I_{yy}}{B/2} = \frac{135\,728.66666666663}{35.0} = 3\,877.9619047619035 \text{ cm}^3$$

Módulo plástico

Para un rectángulo macizo: $Z_p = \frac{bh^2}{4}$

Para sección hueca: $Z_p = \frac{bh^2}{4} - \frac{b_i h_i^2}{4}$

Módulo plástico respecto al eje débil (35 cm): $Z_{p,x} = \frac{70 \cdot 35^2}{4} - \frac{68 \cdot 33^2}{4} = 2\,924.5 \text{ cm}^3$

Módulo plástico respecto al eje fuerte (70 cm): $Z_{p,y} = \frac{35 \cdot 70^2}{4} - \frac{33 \cdot 68^2}{4} = 4\,727 \text{ cm}^3$

Esbeltez

En cada dirección (usando L en cm y K = 1.0):

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{1.0 \times 511.8}{15.01797736091465} = 34.07915644699238$$

$$\frac{KL}{r_y} = \frac{1.0 \times 511.8}{25.668599935596827} = 19.938757909824428$$

Verificación de elemento compacto

Para HSS rectangulares, la norma usa: $\boxed{\frac{b}{t}}$ donde b = ancho libre de la pared comprimida.

CÁLCULO DEL ANCHO LIBRE: b

Según E.090 / AISC, para tubos rectangulares: $\boxed{b = \text{dimensión exterior} - 3t}$

Lado largo (controla): $b = 700 - 3(10) = \boxed{670 \text{ mm}}$

(El lado corto sería 350 − 30 = 320 mm, no controla)

Relación b/t del elemento: $\frac{b}{t} = \frac{670}{10} = \boxed{67.0}$

LÍMITES NORMATIVOS (E.090 – Tabla de esbeltez)

Fila aplicable: **“Alas de secciones estructurales huecas, cuadradas y rectangulares, sometidas a compresión”**

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{F_y}};\ \lambda_r = \frac{625}{\sqrt{F_y}}$$

CÁLCULO DE LOS LÍMITES: $\sqrt{F_y} = \sqrt{250} = 15.81$

- **Límite no esbelto:** $\lambda_p = \frac{500}{15.81} = \boxed{31.6}$
- **Límite esbelto:** $\lambda_r = \frac{625}{15.81} = \boxed{39.5}$

COMPARACIÓN FINAL: $\boxed{31.6 < 67.0 > 39.5}$

Elemento no compacto y esbelto localmente.

RESUMEN DE DATOS

CORREAS

Propiedad	Valor
Sección	HSS 200X10
Área Bruta (Ag)	59.6903 cm²
Luz libre (L)	7.58 m
Momento de inercia (I)	2700.9843 cm⁴
Momento polar (Jp)	5401.9686 cm⁴
Radio de giro (r)	6.7268 cm
Módulo de sección (S)	270.0984 cm³

Propiedad	Valor
Módulo Plástico (Mz)	361.333 cm³
Esbeltez (KL/r)	112.6834
Perímetro (p)	59.6903 cm
Espesor (t)	1.0 cm
Diámetro exterior (D)	20.0 cm
Diámetro interior (d)	18.0 cm

VIGAS PRINCIPALES

Propiedad	Valor
Sección	HSS 300X10
Área Bruta (Ag)	91.1062 cm²
Momento de inercia (I)	9,588.9262 cm⁴
Momento polar (Jp)	19,177.8524 cm⁴
Radio de giro (r)	10.2591 cm
Módulo de sección (S)	639.2617 cm³

Propiedad	Valor
Módulo plástico (Mz)	841.333 cm³
Esbeltez (KL/r)	20.3721
Perímetro (p)	94.2454 cm
Espesor (t)	1.0 cm
Diámetro exterior (D)	20.0 cm
Diámetro interior (d)	18.0 cm

COLUMNAS

Propiedad	Valor
Sección	HSS 700X350X10
Área Bruta (Ag)	206.0 cm²
Altura libre (L)	5.118 m
Momento de inercia (Ixx)	46 461.166 cm⁴
Momento de inercia (Iyy)	135 728.666 cm⁴

Propiedad	Valor
Radio de giro (ry)	25.668 cm
Módulo de sección (Sx)	2 654.9238 cm³
Módulo de sección (Sy)	3 877.961 cm³
Módulo plástico (Mzx)	2942.5 cm³
Módulo plástico (Mzy)	4727 cm³

Momento polar (J p)	182 189.833 cm⁴
Radio de giro (rx)	15.0179 cm

Esbeltez critica (KL/rx)	34.079
Perímetro (p)	19.938

DISEÑO

DISEÑO DE CORREAS

Descripción	*Símbolo*	*Valor*
Diámetro	*D*	200 mm
Espesor	*t*	10 mm
Fluencia del Acero	*Fy*	2530 kg/cm²
Rotura del Acero	*Fu*	4080 kg/cm²
Módulo de Elasticidad	*E*	2x10^ (6) kg/cm²
Resistencia del Concreto	*F'c*	210 kg/cm²
Phi Fluencia	*ϕ_f*	0.9
Phi Rotura	*ϕ_r*	0.75
Phi Corte	*ϕ_corte*	0.75
Phi Compresión	*ϕ_c*	0.85
Phi Flexión	*ϕ_b*	0.90

DISEÑO POR TRACCIÓN

Resistencia de Fluencia: $\boldsymbol{\phi_f Pn = \phi_f * fy * Ag = 0.9 * 2530 * 59.69 = 135.91\ Tnf}$

Resistencia a la Rotura: $\boldsymbol{\phi_r Pn = \phi_r * fu * Ae = 0.75 * 4080 * 59.69 = 182.65\ Tnf}$

$* \ El\ área\ efectiva\ "Ae"\ para\ conexiones\ soldadas\ es\ igual\ a\ "Ag"$

Resultado

Diseño controlado por la resistencia a la fluencia: $\phi_f Pn = 135.91\ Tnf$

- Caso 1: V= 75 km/h: $Pu = 8.765\ Tonf < 135.91\ Tonf;\ \frac{D}{C} = 6.45\%$

- Caso 2: V= 85 km/h: $Pu = 11.644\ Tonf < 135.91\ Tonf;\ \frac{D}{C} = 8.56\%$

DISEÑO POR CORTE

Perímetro de Soldadura: $\boldsymbol{L = \pi \times D = 3.1416\ x\ 200 = 62.83\ cm}$

Especificaciones de Soldadura

- Proceso: $SMAW\ /\ FCAW$
- Normativa: $AWS\ D1.1 - NTE\ E.090$
- Tipo de unión: $Filete\ perimetral\ continuo$
- Electrodo: $E70XX\ (E7018)$
- Resistencia última del electrodo: $FEXX = 70\ Ksi = 4920\ kg/cm$

Datos del Filete de Soldadura

- Tamaño del filete: $w = 6\ mm = 0.60\ cm$
- Garganta efectiva: $teff = 0.707 \times w = 0.707 \times 0.60 = 0.424\ cm$

Resistencia Nominal del Metal de Soldadura, según $\boldsymbol{NTE\ E.090 - Sección\ 10.2.5}$:

$$Fw = 0.60 * F_{EXX}Fw = 0.60 * 4920 = 2952\ kg/cm^2$$

Área Efectiva de Soldadura: $\boldsymbol{Aw = t_{eff} * L\ Aw = 0.424 * 62.83\ Aw = 26.65\ cm^2}$

Resistencia de Diseño de la Soldadura

$$\phi_c * Rn = \phi_{corte} * Fw * Aw = 0.75 * 2952 * 26.65 = 59.00\ Tonf$$

Resultado

- Caso 1: V = 75 km/h: $Vu = 0.942\ Tonf < 59\ Tonf;\ \frac{D}{C} = 1.59\ \%$
- Caso 2: V = 85 km/h: $Vu = 1\ Tonf < 59\ Tonf;\ \frac{D}{C} = 1.69\ \%$

DISEÑO POR COMPRESIÓN

Cálculo de Esbeltez: $\boldsymbol{\lambda c = \left(\frac{KL}{r}\right)\sqrt{\frac{Fy}{(\pi^2 E)}} = 112.8 * \sqrt{\frac{2530}{(\pi^2 * 2.00 * 10^6)}} = 1.278}$

Cálculo de Factor: $\boldsymbol{Fcr = 0.658^{\lambda c^2} \cdot Fy = 0.658^{1.278^2} \cdot 250 = 126.20\ MPa}$

Como $\lambda c = 1.278 < 1.5$; $Fórmula\ en\ Mpa;\ 1Tonf = 10\ MPa$

$$Considerando: 1\ MPa = .01\frac{tonf}{cm2} \rightarrow F_{cr} = 1.262\ \frac{tonf}{m2}$$

Cálculo de Resistencia: $\boldsymbol{\phi Pn = \phi * Fcr \cdot A_{cm2} = 0.85 * 1.262 \times 59.69 = 64.24\ Tonf}$

Resultado

- Caso 1: V = 75 km/h: $P_u = 9.54\ Tonf < 64.24\ Tonf;\ \frac{D}{C} = 14.85\ \%$
- Caso 2: V = 85 km/h: $P_u = 12.50\ Tonf < 64.24\ Tonf;\ \frac{D}{C} = 19.45\ \%$

DISEÑO POR FLEXIÓN

Relación Ancho/Espesor: $\frac{D}{t} = \frac{200}{10} = 20$

Para desarrollar las rotulas plásticas en el diseño plástico: $\frac{D}{t} < \frac{900}{Fy}$

$$20 < 38.29 \; ; CUMPLE$$

Resistencia: $\phi Mn = \phi_b * Fy * Z = 0.9 * 2350 * 361.33 = 7.64\ Tonf * m$

Resultado

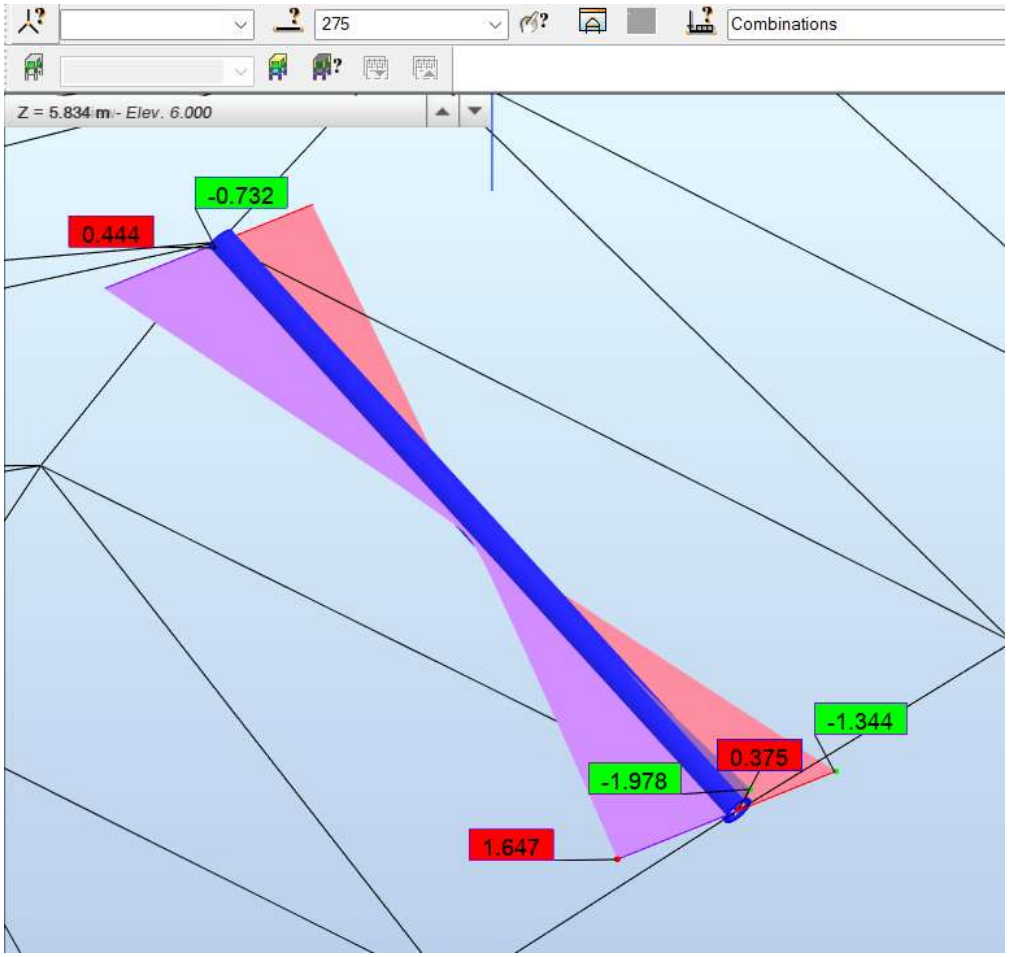
- Caso 1: V = 75 km/h: $M_u = 1.978\ Tonf * m < 7.64\ Tonf * m$; $\frac{D}{C} = 25.89\ \%$
- Caso 2: V = 85 km/h: $M_u = 2.268\ Tonf * m < 7.64\ Tonf * m$; $\frac{D}{C} = 26.68\ \%$

DISEÑO POR COMPATIBILIDAD FLEXOCOMPRESIÓN

DATOS DE DISEÑO

Para determinar los esfuerzos axiales y momentos últimos en el eje fuerte (Mux) y en el eje débil no se debe confundir el eje X y Y con los ejes locales del elemento la que el Mux en el análisis corresponde a torción y para efectos de la norma y aplicabilidad de las fórmulas, Mx y My corresponde a los momentos en el eje local fuerte y del eje local débil y ambos junto a la carga axial ultima Pu tienen que corresponder a un mismo elemento.

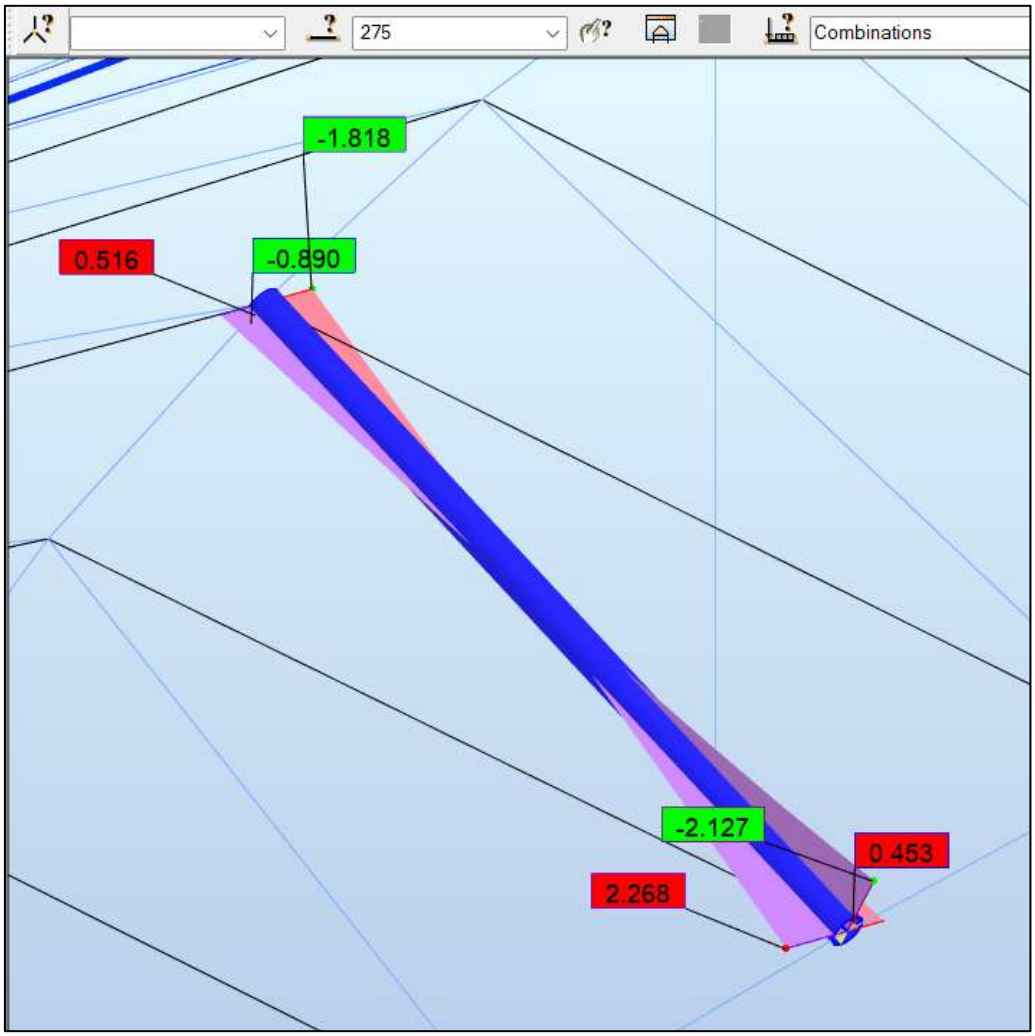
$Para\ el\ Caso\ 1\colon\ V = 75\ km/h$



- $Pu = 0.732\ Tonf$
- $\phi Pn = 64.24\ Tonf$
- $Mux = 1.98\ Tonf \cdot m$
- $Muy = 1.65\ Tonf \cdot m$

- $\phi Mn = 7.64\, Tonf \cdot m$

Para el Caso 2: $V = 85\ km/h$



- $Pu = 0.89\, Tonf$
- $\phi Pn = 64.24\, Tonf$
- $Mux = 2.12\, Tonf \cdot m$
- $Muy = 2.26\, Tonf \cdot m$
- $\phi Mn = 7.64\, Tonf \cdot m$

Relación de Compresión

- Caso 1: V= 75 km/h: $\frac{Pu}{\phi Pn} = \frac{0.73}{64.24} = 0.01$
- Caso 2: V= 85 km/h: $\frac{Pu}{\phi Pn} = \frac{0.89}{64.24} = 0.01$

Selección de la Ecuación de Interacción

$$Como\ en\ ambos\ casos: \frac{Pu}{\phi Pn} = 0.013 \leq 0.20$$

Corresponde usar la ecuación de interacción para baja compresión:

Ecuación de Interacción Aplicable: $\boldsymbol{\frac{Pu}{2\phi Pn} + \left[\left(\frac{Mux}{\phi Mn}\right) + \left(\frac{Muy}{\phi Mn}\right)\right] \leq 1.0}$

Término axial

- Caso 1: V = 75 km/h: $\frac{Pu}{2\phi Pn} = \frac{0.73}{128.86} = 0.01$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\frac{Pu}{2\phi Pn} = \frac{0.89}{128.86} = 0.01$

Término por flexión en eje fuerte

- Caso 1: V = 75 km/h: $\frac{Mux}{\phi Mn} = \frac{1.98}{7.64} = 0.26$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\frac{Mux}{\phi Mn} = \frac{2.12}{7.64} = 0.28$

Término por flexión en eje débil

- Caso 1: V = 75 km/h: $\frac{Muy}{\phi Mn} = \frac{1.65}{7.64} = 0.22$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\frac{Muy}{\phi Mn} = \frac{2.26}{7.64} = 0.30$

Suma de términos de flexión

- Caso 1: V = 75 km/h: $Flexión\ total = 0.26 + 0.22 = 0.48$
- Caso 2: V = 85 km/h: $Flexión\ total = 0.28 + 0.30 = 0.58$

Verificación Final

- Caso 1: V = 75 km/h: $\left(\frac{Pu}{2\phi Pn}\right) + (Flexión\ Total) = 0.01 + 0.48 = 0.49$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\left(\frac{Pu}{2\phi Pn}\right) + (Flexión\ Total) = 0.01 + 0.58 = 0.59$

Resultado

- Caso 1: V= 75 km/h: $0.49 \leq 1.00 \Rightarrow CUMPLE$

- Caso 2: V= 85 km/h: $0.59 \leq 1.00 \Rightarrow CUMPLE$

DISEÑO DE VIGA PRINCIPAL

Descripción	Símbolo	Valor
Diámetro	D	300 mm
Espesor	t	10 mm
Fluencia del Acero	Fy	2530 kg/cm²
Rotura del Acero	Fu	4080 kg/cm²
Módulo de Elasticidad	E	2x10^(6) kg/cm²
Resistencia del Concreto	$F'c$	210 kg/cm²
Phi Fluencia	ϕ_f	0.9
Phi Rotura	ϕ_r	0.75
Phi Corte	ϕ_{corte}	0.75
Phi Compresión	ϕ_c	0.85
Phi Flexión	ϕ_b	0.90

DISEÑO POR TRACCIÓN

Resistencia de Fluencia: $\boldsymbol{\phi_f Pn = \phi_f * fy * Ag = 0.9 * 2530 * 91.10 = 207.43\ Tnf}$

Resistencia a la Rotura: $\boldsymbol{\phi_r Pn = \phi_r * fu * Ae = 0.75 * 4080 * 91.10 = 278.76\ Tnf}$

$* \ El\ área\ efectiva\ "Ae"\ para\ conexiones\ soldadas\ es\ igual\ a\ "Ag"$

Resultado

Diseño controlado por la resistencia a la fluencia: $\phi_f Pn = 207.43\ Tnf$

- Caso 1: V = 75 km/h: $Pu = 2.08\ Tnf < 207.43\ Tonf$; $\frac{D}{C} = 1.00\%$
- Caso 2: V = 85 km/h: $Pu = 3.456\ Tnf < 207.43\ Tonf$; $\frac{D}{C} = 1.66\%$

DISEÑO POR CORTE

Perímetro de Soldadura:

$$\boldsymbol{L = \pi \times D = 3.1416\ x\ 30 = 94.24\ cm}$$

Especificaciones de Soldadura

- Proceso: $SMAW\ /\ FCAW$
- Normativa: $AWS\ D1.1\ -\ NTE\ E.090$
- Tipo de unión: $Filete\ perimetral\ continuo$
- Electrodo: $E70XX\ (E7018)$
- Resistencia última del electrodo: $FEXX = 70\ Ksi = 4920\ kg/cm$

Datos del Filete de Soldadura

- Tamaño del filete: $w = 6\ mm = 0.60\ cm$
- Garganta efectiva: $teff = 0.707 \times w = 0.707 \times 0.60 = 0.424\ cm$

Resistencia Nominal del Metal de Soldadura:

Según NTE E.090 – Sección 10.2.5:

$$Fw\ =\ 0.60 *\ F_{EXX}Fw\ =\ 0.60 *\ 4920\ =\ 2952\ kg/cm^2$$

Área Efectiva de Soldadura

$$Aw\ =\ t_{eff} *\ L\ Aw\ =\ 0.424 *\ 94.24\ =\ 39.95\ cm^2$$

Resistencia de Diseño de la Soldadura

$$R = \phi_{corte} * Rn\ =\ \phi_{corte} *\ Fw * Aw$$

$$\phi Rn =\ 0.75 *\ 2952 *\ 39.95\ =\ 88.44\ Tonf$$

Resultado

- Caso 1: V = 75 km/h: $Vu\ =\ 0.942\ Tonf < 88.44\ Tonf; \frac{D}{C} = 6.36\%$
- Caso 2: V = 85 km/h: $Vu\ =\ 7.27\ Tonf < 88.44\ \ Tonf;\ \frac{D}{C} = 8.22\%$

DISEÑO POR COMPRESIÓN

Cálculo de esbeltez:

$$\boldsymbol{\lambda c} = \left(\frac{\boldsymbol{KL}}{\boldsymbol{r}}\right)\sqrt{\frac{\boldsymbol{Fy}}{(\boldsymbol{\pi^2 E})}} = \mathbf{20.37} * \sqrt{\frac{\mathbf{2530}}{(\boldsymbol{\pi^2} * \mathbf{2.00} * \mathbf{10^6})}} = \mathbf{0.2307}$$

Cálculo de Factor:

$$\boldsymbol{Fcr} = \mathbf{0.658}^{\boldsymbol{\lambda c^2}} * \boldsymbol{Fy} = 0.658^{0.23^2} * 250 = 244.52 \text{ MPa}$$

Como $\lambda c = 0.23 < 1.5; Formula\ en\ Mpa; 1Tonf = 10\ MPa$

$$Considerando: 1\ MPa = .01\ \frac{tonf}{cm2} \rightarrow F_{cr} = 2.44\ Tonf/cm2$$

Cálculo de Resistencia:

$$\boldsymbol{\phi Pn} = \boldsymbol{\phi} * \boldsymbol{FcrA} = \mathbf{0.85} * \mathbf{2.44} \times \mathbf{91.10} = \mathbf{188.94}\ \boldsymbol{Tonf}$$

Resultado

- Caso 1: V = 75 km/h: $P_u = 20.86\ Tonf < 188.94\ Tonf; \frac{D}{C} = 11.04\ \%$
- Caso 2: V = 85 km/h: $P_u = 20.96\ Tonf < 188.94\ Tonf; \frac{D}{C} = 11.09\ \%$

DISEÑO POR FLEXIÓN

Relación Ancho/Espesor: $\frac{\boldsymbol{D}}{\boldsymbol{t}} = \frac{\mathbf{300}}{\mathbf{10}} = \mathbf{30}$

Para desarrollar las rotulas plásticas en el diseño plástico: $\frac{D}{t} < \frac{900}{Fy}$

$$30 < 38.29\ ; CUMPLE$$

Resistencia:

$$\boldsymbol{\phi Mn = \phi_b * Fy * Z = 0.9 * 2530 * 841.33 = 19.15\ Tonf * m}$$

Resultado

- Caso 1: V = 75 km/h: $M_u = 11.38\ Tonf * m < 19.15\ Tonf * m$; $\frac{D}{C} = 59.42\ \%$

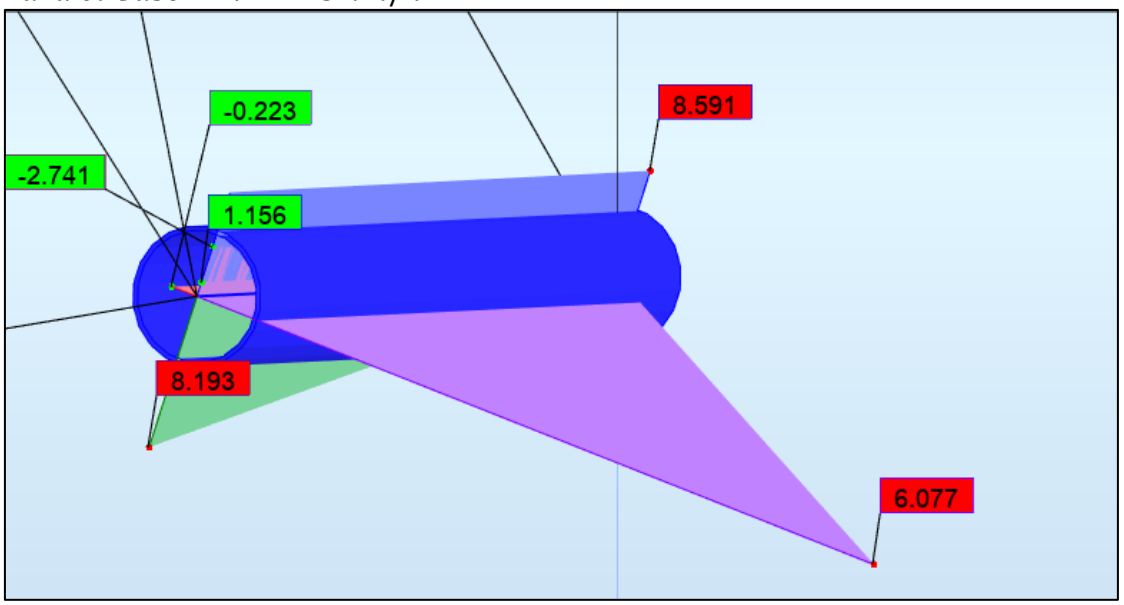
- Caso 2: V = 85 km/h: $M_u = 14.83\ Tonf * m < 19.15\ Tonf * m$; $\frac{D}{C} = 77.44\ \%$

DISEÑO POR COMPATIBILIDAD FLEXOCOMPRESIÓN

Datos de diseño

Para determinar los esfuerzos axiales y momentos últimos en el eje fuerte (Mux) y en el eje débil no se debe confundir el eje X y Y con los ejes locales del elemento la que el Mux en el análisis corresponde a torción y para efectos de la norma y aplicabilidad de las fórmulas, Mx y My corresponde a los momentos en el eje local fuerte y del eje local débil y ambos junto a la carga axial ultima Pu tienen que corresponder a un mismo elemento.

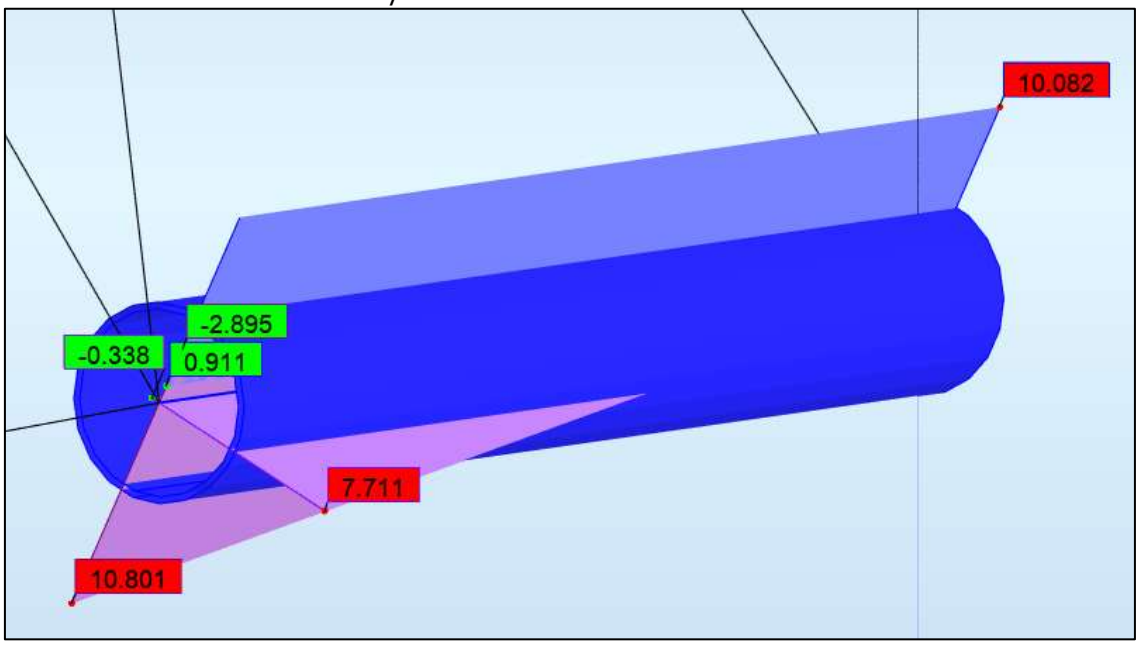
$Para\ el\ Caso\ 1\colon\ V = 75\ km/h$



- $Pu = 8.59\ Tonf$
- $\phi Pn = 189.32\ Tonf$
- $Mux = 8.19\ Tonf \cdot m$
- $Muy = 6.07\ Tonf \cdot m$

- $\phi Mn = 19.15\ Tonf \cdot m$

Para el Caso 2: $V = 85\ km/h$



- $Pu = 10.08\ Tonf$
- $\phi Pn = 189.32\ Tonf$
- $Mux = 10.80\ Tonf \cdot m$
- $Muy = 7.71\ Tonf \cdot m$
- $\phi Mn = 19.15\ Tonf \cdot m$

Relación de Compresión

- Caso 1: V = 75 km/h: $\frac{Pu}{\phi Pn} = \frac{8.59}{188.94} = 0.05$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\frac{Pu}{\phi Pn} = \frac{10.08}{188.94} = 0.05$

Selección de la ecuación de interacción

$$Como\ en\ ambos\ casos: \frac{Pu}{\phi Pn} = 0.05 \leq 0.20$$

Corresponde usar la ecuación de interacción para baja compresión:

Ecuación de Interacción Aplicable:

$$\frac{Pu}{2\phi Pn} + \left[\left(\frac{Mux}{\phi Mn}\right) + \left(\frac{Muy}{\phi Mn}\right)\right] \leq 1.0$$

Término axial

- Caso 1: V = 75 km/h: $\frac{Pu}{2\phi Pn} = \frac{8.59}{377.88} = 0.02$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\frac{Pu}{2\phi Pn} = \frac{10.08}{377.88} = 0.03$

Término por flexión en eje fuerte

- Caso 1: V = 75 km/h: $\frac{Mux}{\phi Mn} = \frac{8.19}{19.15} = 0.43$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\frac{Mux}{\phi Mn} = \frac{10.80}{19.15} = 0.57$

Término por flexión en eje débil

- Caso 1: V = 75 km/h: $\frac{Muy}{\phi Mn} = \frac{6.07}{19.15} = 0.32$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\frac{Muy}{\phi Mn} = \frac{7.71}{19.15} = 0.40$

Suma de términos de flexión

- Caso 1: V = 75 km/h: $Flexion\ total = 0.43 + 0.32 = 0.75$
- Caso 2: V = 85 km/h: $Flexion\ total = 0.57 + 0.40 = 0.97$

Verificación Final

- Caso 1: V = 75 km/h: $\left(\frac{Pu}{2\phi Pn}\right) + (Flexión\ Total) = 0.02 + 0.75 = 0.77$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\left(\frac{Pu}{2\phi Pn}\right) + (Flexión\ Total) = 0.03 + 0.97 = 1.00$

Resultado

- Caso 1: V = 75 km/h: $0.77 \leq 1.00 \Rightarrow CUMPLE$
- Caso 2: V = 85 km/h: $1.00 \leq 1.00 \Rightarrow CUMPLE$

DISEÑO DE COLUMNAS

Descripción	Símbolo	Valor
Ancho	B	350 mm
Largo	L	700 mm
Espesor	t	10 mm
Fluencia del Acero	Fy	2530 kg/cm²
Rotura del Acero	Fu	4080 kg/cm²
Módulo de Elasticidad	E	2x10^ (6) kg/cm²
Resistencia del Concreto	$F'c$	210 kg/cm²
Phi Fluencia	ϕ_f	0.90
Phi Rotura	ϕ_r	0.75
Phi Corte	ϕ_{corte}	0.75
Phi Compresión	ϕ_c	0.85
Phi Flexión	ϕ_b	0.90

DISEÑO POR TRACCIÓN

Resistencia de Fluencia:

$$\phi_f Pn = \phi_f * fy * Ag = 0.9 * 2530 * 206 = 469.062\ Tnf$$

Resistencia a la Rotura:

$$\phi_r Pn = \phi_r * fu * Ae = 0.75 * 4080 * 206 = 639.540\ Tnf$$

$* \ El\ área\ efectiva\ "Ae"\ para\ conexiones\ soldadas\ es\ igual\ a\ "Ag"$

Resultado

Diseño controlado por la resistencia a la fluencia: $\phi_f Pn = 469.062\ Tnf$

- Caso 1: V = 75 km/h: $Pu = 0.986\ Tonf < 469.062\ Tonf$; $\frac{D}{C} < 1.00\%$
- Caso 2: V = 85 km/h: $Pu = 2.85\ Tonf < 469.062\ Tonf$; $\frac{D}{C} < 1.00\%$

DISEÑO POR COMPRESIÓN

Cálculo de esbeltez:

$$\boldsymbol{\lambda c} = \left(\frac{\boldsymbol{KL}}{\boldsymbol{r}}\right)\sqrt{\frac{\boldsymbol{Fy}}{(\boldsymbol{\pi^2 E})}} = 34.079 * \sqrt{\frac{2530}{(\pi^2 * 2.00 * 10^6)}} = 0.39$$

Cálculo de Factor:

$$\boldsymbol{Fcr = 0.658^{\lambda c^2} * Fy = 0.938 * 250 = 234.50\ MPa}$$

Como $\lambda c = 0.39 < 1.5$; $Fórmula\ en\ Mpa;\ 1Tonf = 10\ MPa$

$$Considerando: 1\ MPa = .01\ \frac{tonf}{cm2} \rightarrow F_{cr} = 2.35\ Tonf/cm2$$

IDENTIFICAR LA PLACA CRÍTICA

Placas del tubo:

- Lado largo → controla: $b = H - 3t = 700 - 30 = \boxed{670\ mm}$ sección 2.5 E090
- Espesor: $t = 10\ mm$

La resistencia se obtiene implementando los criterios de la AISC 360, norma base de la E.090, el cual contempla la reducción por esbeltez local de secciones rectangulares que no está estipulada en la norma nacional.

PARÁMETRO DE ESBELTEZ DE PLACA (CRITERIO AISC B4.1)

Para la columna de sección rectangular hueca (HSS) de 350 x 700 x 10 mm, se identificó que las paredes del lado mayor sufren pandeo local antes de alcanzar la fluencia global. Se aplicó el procedimiento de reducción de área según normativa AISC.

1. ***Identificación del Elemento Crítico***
   - Sección: 700 x 350 x 10 mm
   - Lado que controla (pared más ancha): h = 700 mm
   - Ancho libre (b): Se descuentan 3 veces el espesor según norma.

$$b = 700 - 3(10) = 670\ mm$$

- Relación ancho/espesor (b/t): $\frac{b}{t} = \frac{670}{10} = 67$

2. Tensión Crítica de Pandeo Global (Fcr)

Previo al cálculo local, se determinó la tensión crítica de la columna completa (considerando su longitud L = 5.11 m). Según tu memoria:

- Esbeltez global calculada: 0.39
- Esfuerzo crítico calculado (Fcr): 234.50 MPa (2.35 Tonf/cm²).

3. Parámetro de Esbeltez Local Normalizada

La norma determina qué tan "esbelta" es la pared relacionando su geometría con la tensión a la que está sometida (Fcr).

- Fórmula aplicada*:* $\boldsymbol{\lambda = \frac{b}{t} x \sqrt{\frac{F_{cr}}{E}}} = 67x\sqrt{\frac{234.5}{200\,000}} = 2.29$
-

4. Factor de efectividad (ρ)

Como $\boldsymbol{\lambda}$ (2.29) > 0.673, la placa es esbelta y "deja de trabajar" en su totalidad. Se calcula qué porcentaje de la placa es efectivo:

- Fórmula (Curva de Winter): $\rho = \frac{1-0.22/\lambda}{\lambda} = \frac{1-0.22/2.29}{2.29} = 0.39$

5. Área efectiva y Resistencia Final:

Debido a la esbeltez, no usas los 206 cm² de acero que compraste, sino solo el 39% de ellos para resistir compresión pura.

- Área efectiva: $\boldsymbol{A_e} = \rho * A_g = 0.39 * 206 = 80.34\ \text{cm}^2$

- ***Resistencia de Diseño:*** $\emptyset \boldsymbol{Pn} = \boldsymbol{0.85} * \boldsymbol{A_e} * \boldsymbol{F_{cr}}$

$= \boldsymbol{0.85} * \boldsymbol{80.34} * \boldsymbol{2.35}\ \boldsymbol{Tnf/cm^2}$

$$= \boldsymbol{160.47}\ \boldsymbol{Tonf}$$

Resultado

- Caso 1: V = 75 km/h: $P_u = 17.08\ Tonf < 160.47\ Tonf;\ \frac{D}{C} = 10.64\ \%$
- Caso 2: V = 85 km/h: $P_u = 17.27\ Tonf < 160.47\ Tonf;\ \frac{D}{C} = 10.76\ \%$

DISEÑO POR FLEXIÓN EJE LADO FUERTE

Según **AISC 360** (adoptado por E.090):

$$M_n = \begin{cases} F_y\ Z & \text{si la flexión está gobernada por alas no esbeltas} \\ F_y\ S & \text{si el elemento crítico es no compacto o esbelto} \end{cases}$$

Como en el eje x la flexión lo determinas las alas paralelas a ese eje entonces se utiliza Z a pesar que el elemento sea esbelto localmente.

Resistencia:

$$\boldsymbol{\phi Mn} = \boldsymbol{\phi_b} * \boldsymbol{Fy} * \boldsymbol{Z} = \boldsymbol{0.9} * \boldsymbol{2530} * \boldsymbol{4727} = \boldsymbol{107.63}\ \boldsymbol{Tonf} * \boldsymbol{m}$$

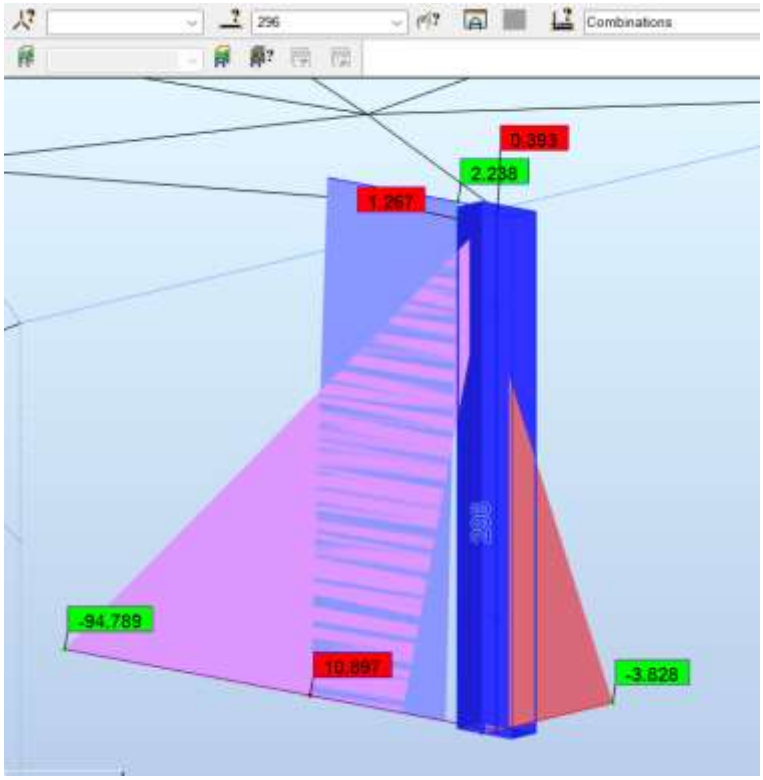
Resultado

- Caso 1: V = 75 km/h: $M_u = 95.25\ Tonf * m < 107.63\ Tonf * m;\ \frac{D}{C} = 88.49\ \%$
- Caso 2: V = 85 km/h: $M_u = 96.19\ Tonf * m < 107.63\ Tonf * m;\ \frac{D}{C} = 89.37\ \%$

DISEÑO POR COMPATIBILIDAD FLEXOCOMPRESIÓN

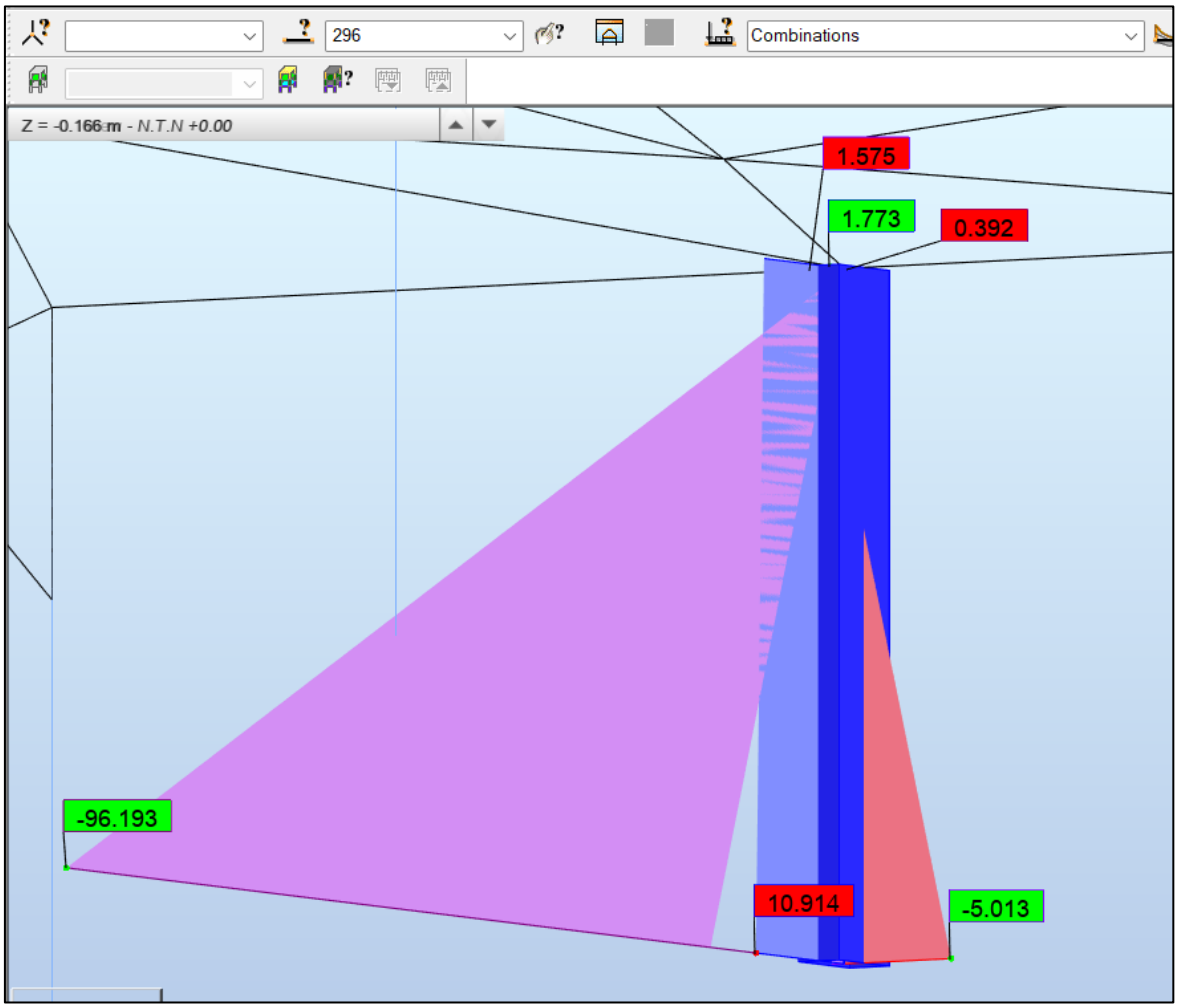
Datos de Diseño

Para el Caso 1: V = 75 km/h:



- $Pu = 10.90\ Tonf$
- $\phi Pn = 160.47\ Tonf$
- $Mux = 94.79\ Tonf \cdot m$
- $Muy = 3.83\ Tonf \cdot m$
- $\phi Mn = 107.63\ Tonf \cdot m$

Para el Caso 2: V = 85 km/h:



- $Pu = 10.91\ Tonf$
- $\phi Pn = 160.47\ Tonf$
- $Mux = 96.19\ Tonf \cdot m$
- $Muy = 5.01\ Tonf \cdot m$
- $\phi Mn = 107.63\ Tonf \cdot m$

Relación de Compresión

- Caso 1: V = 75 km/h: $\frac{Pu}{\phi Pn} = \frac{10.90}{160.47} = 0.07$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\frac{Pu}{\phi Pn} = \frac{10.91}{160.47} = 0.07$

Selección de la Ecuación de Interacción:

$$Como\ en\ ambos\ casos: \frac{Pu}{\phi Pn} = 0.07 \leq 0.20$$

Corresponde usar la ecuación de interacción para baja compresión:

Ecuación de Interacción Aplicable: $\frac{\boldsymbol{Pu}}{\boldsymbol{2\phi Pn}} + \left[\left(\frac{\boldsymbol{Mux}}{\boldsymbol{\phi Mn}}\right) + \left(\frac{\boldsymbol{Muy}}{\boldsymbol{\phi Mn}}\right)\right] \leq \mathbf{1.0}$

Término axial

- Caso 1: V = 75 km/h: $\frac{Pu}{2\phi Pn} = \frac{10.90}{320.94} = 0.04$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\frac{Pu}{2\phi Pn} = \frac{10.91}{378.64} = 0.04$

Término por flexión en eje fuerte

- Caso 1: V = 75 km/h: $\frac{Mux}{\phi Mn} = \frac{94.79}{107.63} = 0.88$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\frac{Mux}{\phi Mn} = \frac{96.19}{107.63} = 0.89$

Término por flexión en eje débil

- Caso 1: V = 75 km/h: $\frac{Muy}{\phi Mn} = \frac{3.83}{107.63} = 0.04$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\frac{Muy}{\phi Mn} = \frac{5.01}{107.63} = 0.05$

Suma de términos de flexión

- Caso 1: V = 75 km/h: $Flexion\ total = 0.88 + 0.04 = 0.92$
- Caso 2: V = 85 km/h: $Flexion\ total = 0.89 + 0.05 = 0.94$

Verificación Final

- Caso 1: V = 75 km/h: $\left(\frac{Pu}{2\phi Pn}\right) + (Flexión\ Total) = 0.04 + 0.92 = 0.96$
- Caso 2: V = 85 km/h: $\left(\frac{Pu}{2\phi Pn}\right) + (Flexión\ Total) = 0.04 + 0.94 = 0.98$

Resultado

- Caso 1: V = 75 km/h: $0.96 \leq 1.00 \Rightarrow CUMPLE$
- Caso 2: V = 85 km/h: $0.98 \leq 1.00 \Rightarrow CUMPLE$

DISEÑO AUTOMATIZADO ANSI/AISC 360-16 PARA

Correas

CASO 1: V= 75 Km/h

ANSI/AISC 360-16 - Member Verification (ULS) 113to202 257to286

Results Messages

Member	Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
275 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	72.12	72.12	0.38	16 1.2 CM +1.3 VIE
115 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
199 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
145 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
117 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
201 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
157 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.42	112.42	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
116 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.19	10 1.2 CM + 1.6 Lr
114 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.19	10 1.2 CM + 1.6 Lr
146 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.19	10 1.2 CM + 1.6 Lr
169 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
147 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
159 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.42	112.42	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
151 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
153 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
144 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.19	10 1.2 CM + 1.6 Lr
171 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
150 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.18	10 1.2 CM + 1.6 Lr
152 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.18	10 1.2 CM + 1.6 Lr
163 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.18	12 1.2 CM + 1.6 Lr
148 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.18	10 1.2 CM + 1.6 Lr
165 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.18	12 1.2 CM + 1.6 Lr
113 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.18	10 1.2 CM + 1.6 Lr
154 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.18	10 1.2 CM + 1.6 Lr
156 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.42	112.42	0.18	10 1.2 CM + 1.6 Lr
149 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.18	12 1.2 CM + 1.6 Lr
167 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.41	110.41	0.17	12 1.2 CM + 1.6 Lr
143 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.41	110.41	0.17	12 1.2 CM + 1.6 Lr
197 RevitBeam_	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.17	12 1.2 CM + 1.6 Lr
161 RevitBeam	OK CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.17	12 1.2 CM + 1.6 Lr

Caso 2: V= 85 Km/h

ANSI/AISC 360-16 - Member Verification (ULS) 113to202 257to286

Results | Messages

Member		Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
275 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	72.12	72.12	0.49	16 1.2 CM +1.3 VIE
286 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	38.79	38.79	0.21	20 0.9 CM + 1.3 VI
145 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
115 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
157 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.42	112.42	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
199 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
117 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
169 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
201 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
151 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
147 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
159 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.42	112.42	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
116 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.20	10 1.2 CM + 1.6 Lr
114 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.20	10 1.2 CM + 1.6 Lr
153 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
146 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.20	10 1.2 CM + 1.6 Lr
171 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.20	12 1.2 CM + 1.6 Lr
144 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.20	10 1.2 CM + 1.6 Lr
163 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
165 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
150 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.19	10 1.2 CM + 1.6 Lr
152 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.19	10 1.2 CM + 1.6 Lr
113 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	102.72	102.72	0.19	10 1.2 CM + 1.6 Lr
148 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.39	110.39	0.19	10 1.2 CM + 1.6 Lr
167 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.41	110.41	0.19	16 1.2 CM +1.3 VIE
143 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	110.41	110.41	0.19	12 1.2 CM + 1.6 Lr
154 RevitBeam_	OK	CC-Ø 200MM	STEEL A36	112.74	112.74	0.19	10 1.2 CM + 1.6 Lr

Viga principal

CASO 1: V= 75 Km/h

ANSI/AISC 360-16 - Member Verification (ULS) 1to112 225to256

Results | Messages

Member	Section		Material	Lay	Laz	Ratio	Case
256 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	20.37	20.37	0.76	20 0.9 CM + 1.3 VI
74 RevitBeam_7	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.73	16 1.2 CM +1.3 VIE
73 RevitBeam_7	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.72	16 1.2 CM +1.3 VIE
255 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.73	19.73	0.71	20 0.9 CM + 1.3 VI
71 RevitBeam_7	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.71	16 1.2 CM +1.3 VIE
72 RevitBeam_7	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.70	16 1.2 CM +1.3 VIE
241 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	20.37	20.37	0.65	20 0.9 CM + 1.3 VI
103 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.61	10 1.2 CM + 1.6 Lr
242 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.73	19.73	0.61	20 0.9 CM + 1.3 VI
104 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.60	10 1.2 CM + 1.6 Lr
90 RevitBeam_9	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.50	20 0.9 CM + 1.3 VI
89 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.50	20 0.9 CM + 1.3 VI
88 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.49	20 0.9 CM + 1.3 VI
87 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.49	20 0.9 CM + 1.3 VI
16 RevitBeam_1	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.01	19.01	0.49	20 0.9 CM + 1.3 VI
106 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.49	11 1.2 CM + 1.6 Lr
8 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.07	19.07	0.48	16 1.2 CM +1.3 VIE
105 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.48	11 1.2 CM + 1.6 Lr
9 RevitBeam_9	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.07	19.07	0.47	16 1.2 CM +1.3 VIE
15 RevitBeam_1	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.01	19.01	0.46	12 1.2 CM + 1.6 Lr
63 RevitBeam_6	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.01	19.01	0.46	10 1.2 CM + 1.6 Lr
64 RevitBeam_6	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.01	19.01	0.46	10 1.2 CM + 1.6 Lr
2 RevitBeam_2	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.01	19.01	0.45	12 1.2 CM + 1.6 Lr
85 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.45	14 1.2 CM + 1.3 VI
86 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.45	14 1.2 CM + 1.3 VI
1 RevitBeam_1	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.01	19.01	0.45	12 1.2 CM + 1.6 Lr
11 RevitBeam_1	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.39	19.39	0.44	16 1.2 CM +1.3 VIE
69 RevitBeam_6	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.43	14 1.2 CM + 1.3 VI
70 RevitBeam_7	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.43	14 1.2 CM + 1.3 VI
40 RevitBeam_4	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	18.99	18.99	0.43	20 0.9 CM + 1.3 VI
49 RevitBeam_4	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.01	19.01	0.43	10 1.2 CM + 1.6 Lr
41 RevitBeam_4	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	18.99	18.99	0.43	20 0.9 CM + 1.3 VI
6 RevitBeam_6	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.39	19.39	0.43	16 1.2 CM +1.3 VIE
84 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.42	14 1.2 CM + 1.3 VI

Caso 2: V = 85 Km/h

ANSI/AISC 360-16 - Member Verification (ULS) 1to112 225to256

Results Messages

Member	Section		Material	Lay	Laz	Ratio	Case
256 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	20.37	20.37	0.98	20 0.9 CM + 1.3 VI
74 RevitBeam_7	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.94	16 1.2 CM +1.3 VIE
73 RevitBeam_7	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.93	16 1.2 CM +1.3 VIE
255 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.73	19.73	0.92	20 0.9 CM + 1.3 VI
71 RevitBeam_7	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.91	16 1.2 CM +1.3 VIE
72 RevitBeam_7	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.91	16 1.2 CM +1.3 VIE
241 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	20.37	20.37	0.84	20 0.9 CM + 1.3 VI
242 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.73	19.73	0.79	20 0.9 CM + 1.3 VI
16 RevitBeam_1	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.01	19.01	0.66	20 0.9 CM + 1.3 VI
89 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.65	20 0.9 CM + 1.3 VI
88 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.65	20 0.9 CM + 1.3 VI
90 RevitBeam_9	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.65	20 0.9 CM + 1.3 VI
87 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.65	20 0.9 CM + 1.3 VI
103 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.64	10 1.2 CM + 1.6 Lr
104 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.63	10 1.2 CM + 1.6 Lr
1 RevitBeam_1	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.01	19.01	0.62	20 0.9 CM + 1.3 VI
8 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.07	19.07	0.61	16 1.2 CM +1.3 VIE
9 RevitBeam_9	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.07	19.07	0.60	16 1.2 CM +1.3 VIE
105 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.59	20 0.9 CM + 1.3 VI
106 RevitBeam_	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.58	20 0.9 CM + 1.3 VI
40 RevitBeam_4	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	18.99	18.99	0.57	20 0.9 CM + 1.3 VI
41 RevitBeam_4	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	18.99	18.99	0.57	20 0.9 CM + 1.3 VI
11 RevitBeam_1	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.39	19.39	0.56	16 1.2 CM +1.3 VIE
15 RevitBeam_1	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.01	19.01	0.55	20 0.9 CM + 1.3 VI
6 RevitBeam_6	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.39	19.39	0.54	16 1.2 CM +1.3 VIE
85 RevitBeam_8	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	17.51	17.51	0.53	14 1.2 CM + 1.3 VI
2 RevitBeam_2	OK	CC-Ø 300MM	STEEL A36	19.01	19.01	0.53	16 1.2 CM +1.3 VIE

Columnas

CASO 1: V = 75 Km/h

ANSI/AISC 360-16 - Member Verification (ULS) 292to304By2 314to326By2

Results | Messages

Member	Section		Material	Lay	Laz	Ratio	Case
296	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.95	12 1.2 CM + 1.6 Lr
314	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.95	12 1.2 CM + 1.6 Lr
298	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.90	10 1.2 CM + 1.6 Lr
294	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.89	10 1.2 CM + 1.6 Lr
322	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.88	12 1.2 CM + 1.6 Lr
326	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.88	12 1.2 CM + 1.6 Lr
304	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.87	12 1.2 CM + 1.6 Lr
316	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.86	10 1.2 CM + 1.6 Lr
292	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.85	10 1.2 CM + 1.6 Lr
302	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.84	12 1.2 CM + 1.6 Lr
300	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.83	12 1.2 CM + 1.6 Lr
318	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.83	12 1.2 CM + 1.6 Lr
320	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.68	12 1.2 CM + 1.6 Lr
324	OK	Tubo Rec 70	STEEL A36	19.94	34.08	0.68	12 1.2 CM + 1.6 Lr

CASO 2: V = 85 Km/h

ANSI/AISC 360-16 - Member Verification (ULS) 292to304By2 314to326By2

Results | Messages

Member	Section		Material	Lay	Laz	Ratio	Case
296	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.98	12 1.2 CM + 1.6 Lr
314	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.98	12 1.2 CM + 1.6 Lr
298	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.91	10 1.2 CM + 1.6 Lr
294	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.90	10 1.2 CM + 1.6 Lr
326	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.90	12 1.2 CM + 1.6 Lr
322	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.89	12 1.2 CM + 1.6 Lr
304	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.88	12 1.2 CM + 1.6 Lr
292	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.86	12 1.2 CM + 1.6 Lr
302	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.86	12 1.2 CM + 1.6 Lr
316	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.86	10 1.2 CM + 1.6 Lr
300	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.85	12 1.2 CM + 1.6 Lr
318	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.85	12 1.2 CM + 1.6 Lr
320	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.71	12 1.2 CM + 1.6 Lr
324	OK	Tubo Rec 700	STEEL A36	19.94	34.08	0.70	12 1.2 CM + 1.6 Lr

RESUMEN DE DISEÑO

Elementos	Diseño	Demanda/Capacidad	
		CASO 2: V=85 km/h	CASO 2: V=85 km/h
Correa	Tracción	6.46 %	8.56 %
	Corte	1.59 %	1.69 %
	Compresión	1.59 %	1.69 %
	Flexión	25.89 %	26.68 %
	Compatibilidad	49 %	59 %
Viga	Tracción	1.00 %	1.66 %
	Corte	6.36 %	8.22 %
	Compresión	11.04 %	11.09 %
	Flexión	59.42 %	77.44 %
	Compatibilidad	77 %	100 %
Columna	Tracción	1 %	1 %
	Corte	No aplica	No aplica
	Compresión	10.64 %	17.76 %
	Flexión	88.49 %	89.37 %
	Compatibilidad	96 %	98 %

Anexo 3. Solicitud CORPAC ONLINE

CORPAC S.A.

SISTEMA DE GESTION DE TRAMITE DOCUMENTARIO

CONSTANCIA DE REGISTRO DE DOCUMENTO POR MESA DE PARTES VIRTUAL

03/09/2025 17:21:50

DATOS DEL REMITENTE

Tipo Doc. Identidad: **DNI**
N° Doc. Identidad: **77050968**
Nombre / Razon Social: **CORDERO TINEO ABEL EMILIO**
Dirección: **JR. TRUJILLO 289**
REPRESENTANTE:
Tipo Doc. Identidad: **DNI**
N° Doc. Identidad: **77050968**
Apellidos y Nombres: **CORDERO TINEO ABEL EMILIO**
Cargo: **BACHILLER DE INGENERIA CIVIL**
Correo Electrónico: **ab.em.cor99@hotmail.com**
Código de Pais: **+51**
Teléfono: **922148420**
Anexo:

DATOS DEL DESTINATARIO

Mesa de Partes: **MESA PARTES-LIMA**
Organo Administrativo: **AREA DE METEOROLOGIA**

DATOS DEL DOCUMENTO

N° Expediente: **25-036753**
Fecha de Inicio de Trámite: **04/09/2025**
Fecha y Hora de Registro: **03/09/2025 17:16:49**
Tipo Documento: **SOLICITUD**
N° Documento: **1**
Fecha Documento: **03/09/2025**
El documento es: **PUBLICO**
Asunto: **SOLICITUD DE INFORMACIÓN HISTÓRICA SOBRE VELOCIDADES MÁXIMAS DE VIENTO Y DE RAFAGAS EN PUCALLPA – FINES ACADÉMICOS**
Comentario: **Solicito respetuosamente información histórica sobre las velocidades máximas de viento registradas en la ciudad de Pucallpa. Dichos datos serán utilizados con fines académicos y de diseño estructural, en el marco de un estudio relacionado con la normativa técnica vigente.**

ARCHIVOS ADJUNTOS

SOLICITUD_VELOCIDADES MAXIMAS_VIENTOS_CORPAC_ABEL.pdf

Avisos Legales

El horario administrativo de atención de la Mesa de Partes Virtual es de LUNES A VIERNES de 08:30 a 16:30 horas. Pasada las 16:00 horas, los usuarios pueden presentar documentación, pero se dará por recibida a partir del día hábil siguiente.
El administrado manifiesta, bajo su responsabilidad, que son ciertos los datos consignados en el formulario contenido en los servicios digitales "Registro de Documento de Trámite Virtual".
El mecanismo "Registro de Documento de Trámite Virtual" se sujeta a las disposiciones contenidas en el TUO de la LEY N° 27444 - Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobado por D.S. N° 004-2019-JUS y demás normas que le sean aplicables. El servicio "Solicitudes de Acceso a la Información Pública" se brinda en el marco del TUO de la Ley 27806 "Ley de Transferencia y Acceso a la Información Pública".

La constancia de presentacion ha sido remitida a la direccion de correo electronico ab.em.cor99@hotmail.com.
Para consultar el estado de su trámite ingrese al link https://extranet.corpac.gob.pe/SRPS/ConsultaPagoProveedores/Index o a través de la página web de CORPAC www.corpac.gob.pe

Anexo 4. Solicitud CORPAC PRESENCIAL

SOLICITUD

Pucallpa, 31 de Julio de 2025

Señores

ACTIVIDAD METEOROLÓGICA - PUCALLPA - CONCESIONADO

Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial - CORPAC S.A.

Presente. -

Asunto: **Solicitud de información histórica sobre velocidades máximas de viento – Fines académicos**

Yo, Abel Emilio Cordero Tineo, identificado con DNI N° 77050968, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional de Ucayali, me dirijo a ustedes de manera respetuosa para solicitar información relacionada a las velocidades máximas de viento registradas en la estación meteorológica del aeropuerto de Pucallpa.

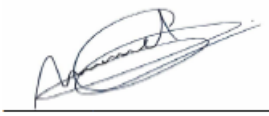
La finalidad de esta solicitud es netamente académica, en el marco del desarrollo de mi trabajo de tesis, el cual consiste en la actualización de los valores máximos de velocidad del viento con fines de diseño estructural. Por ello, agradeceré se me pueda brindar acceso a los registros históricos disponibles, desde la fecha más antigua que se tenga registrada hasta la actualidad.

En caso sea necesario presentar documentación adicional o realizar algún trámite complementario, quedo atento a sus indicaciones.

Sin otro particular, agradezco de antemano su atención y colaboración.

-Anexo acta de aprobación de proyecto.

Atentamente,



Abel Emilio Cordero Tineo

Anexo 5. Solicitud SENAMHI

GERENCIA GENERAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERU – SENAMHI
Presente. -

ABEL EMILIO CORDERO TINEO
(Nombres y Apellidos)

JR. TRUJILLO 289
(Dirección)

con Nº DNI: 77050968 Telf.: 922148420 E-mail ab.em.cor99@hotmail.com

Universidad/ Instituto: UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Carrera/ Profesión: INGENERIA CIVIL

Ante usted me presento y expongo;

Que, (detallar el estudio, nombre del proyecto que están realizando y el motivo de solicitud de los datos)

"Determinación y evaluación de la velocidad máxima de diseño del viento en la ciudad de Pucallpa, departamento de Ucayali",
la cual requiere de información meteorológica histórica de la estación Pucallpa.
Por tal motivo, solicito respetuosamente se me proporcione la información referida a los valores diarios de velocidad del viento, en sus diferentes horarios y escalas, desde el inicio del registro disponible hasta la actualidad, a fin de realizar el análisis técnico correspondiente con fines académicos.

Solicito la siguiente información:

Velocidad de viento diaria a las 07, 13 y 19 horas de la provincia de coronel portillo, en las estaciones de Pucallpa (03), Callería (01) y palmeras (01). También los registros máximos históricos de la velocidad de viento en esas estaciones. En los periodos desde inicio de funcionamiento hasta la actualidad o hasta la fecha de clausura o cierre.

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Pucallpa, 31 de julio del 2025



Firma del Usuario

Anexo 6. Solicitud UNU

Pucallpa, 13 de Octubre de 2025

Señor

Dr. Edgar Juan Díaz Zuñiga

Vicerrector de Investigación

Universidad Nacional de Ucayali

Presente – Ucayali

Asunto: **Solicitud de información de velocidades máximas de viento**

De mi consideración:

Yo, Abel Emilio Cordero Tineo, identificado con DNI N° 77050968, alumno de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ucayali, con proyecto aprobado mediante el Acta N° 2025-266, me dirijo respetuosamente a usted para exponer lo siguiente:

Que en el marco de mi trabajo de tesis, cuyo objetivo es la actualización de los valores máximos de velocidad del viento con fines de diseño estructural, requiero acceder a los registros de las velocidades máximas de viento registradas en la estación meteorológica de la universidad.

Por tanto, solicito atentamente:

1. Que se me facilite copia de los registros históricos de velocidades de viento (máximas), desde la primera fecha registrada hasta la actualidad.
2. Que dicha información esté en el formato disponible —sea en digital o físico— para que pueda usarla conforme a mi propósito académico.

Sin otro particular, y agradeciendo de antemano su atención, quedo a su disposición para cualquier aclaración o trámite adicional que se requiera.

Atentamente,

Anexo 7. Manual de anemómetro GM8902+



CE Version: GM8902+-EN-0

MODEL: GM8902+

AIR FLOW ANEMOMETER INSTRUCTION MANUAL



CONTENTS

1、Before Use

- Check up ----------(01)
- Features ----------(02)
- Diagram of the unit ----------(03)
- LCD Displays----------(05)
- Specifications---------- (07)

2、Operation

- Measurement of wind velocity and temperature--(09)
- Measurement of wind flow ---------- ----------(11)
- Measurement of 2\3 V max wind flow ---------- ----(13)
- Measurement of average wind flow -------- --------(14)
- Measurement of Max/Min wind Flow ----------(16)
- Holding/Storing/Reading and Clearing the data -(17)
- Connection With PC ----------(19)

3、Other Items

- Trouble Shooting ----------(27)
- Maintenance & Warranty ----------(28)

1、Before Use Notice

Check up

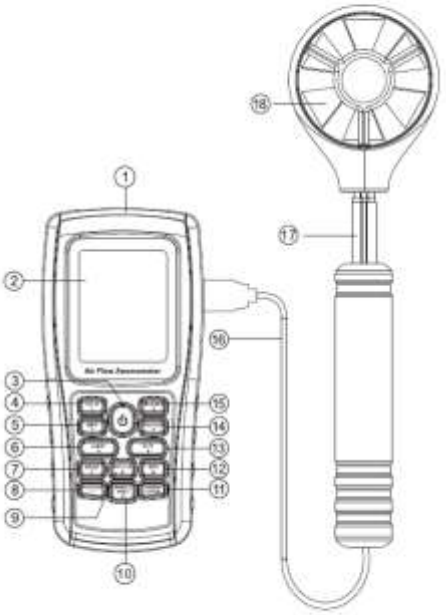
Thank you for purchasing our Air Flow Anemometer ! Carefully unpack your kit and ensure that you have the following Items .In case that any item is missing or if you find any mismatch or damage ,promptly contact your local dealer .

- Air Flow Anemometer unit---------- 1pcs
- Yellow sticker pockt ---------- 1pcs
- Auxiliary Fan ---------- 1pcs
- Software Disc For Anemometer ---------- 1pcs
- USB Computer connecting cable---------- 1pcs
- 1.5V AAA alkaline battery ---------- 4pcs
- English Instruction Manual ----------1pcs
- PP Packing box ----------1pcs

Features

- Measurement of wind velocity, temperature and flow
- Unit conversion of wind velocity, temperature and flow
- Measurement of maximum and minimum wind velocity
- Measurement of 2/3 Vmax and average wind flow
- Data holding, storing and deleting function
- Low battery indicating function
- Auto power off function (power off automatically if no further operation for 10 minutes)
- Memory of 500 records
- Backlight
- Connecting to PC with USB cable
- Audio key pressing alert
- Large LCD display
- Retractable drag rod

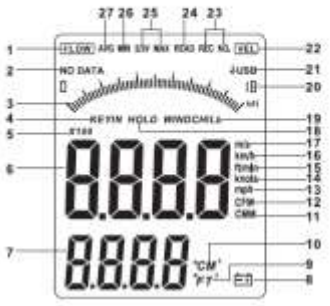
Diagram of the unit



1). USB interface
2). LCD display
3). ⏻ : ON/ OFF key
4). (HOLD) :Data holding key
5). (UNIT) :Unit transform key
6). (LIGHT) :Backlight on/off key
7). (READ) :Data read key
8). (AVG) :Measuring key for average value of wind flow
9). (CLEAR) :Reset key in READ mode/clear recorded
10). (SAMPLE) :Duct area input and sampling time setting key
11). (MAX) :Wind flow AVG 2/3 MAX and figure input
12). (REC) :Data record key
13). (°C/°F) :Temperature unit switch
14). (CFM) :Wind velocity/flow transform key
15). (MIN/MAX) :Max/Min value switch
16). Connecting wire
17). Retractable drag rod
18). Fan

NOTE:
Aforesaid key function descriptions is brief introduction.
pls read operation instructions parts for details.

LCD Display



1. FLOW : Air flow symbol
2. NO DATA : No data store symbol
3. Dynamic indicator bar of velocity or air flow
4. KEYIN : Enter duct area values symbol
5. X100 : Air multiplier
6. Wind velocity and air flow display area
7. Duct area display area/Wind temperature display
8. : Low battery icon
9. °FT² : Indicating duct area in square feet when in flow function ; °F is used to indicate wind temperature in metric;

10. CM² : Indicating duct area in square meter in flow function, "℃" is used to indicate wind temperature in metric.
11. CMM : Wind flow unit (cube meter / minute)
12. CFM : Wind flow unit (cube foot / minute)
13. mph : Wind velocity unit (mile / hour)
14. knots : Wind velocity unit (sea mile / hour)
15. ft/min : Wind velocity unit (foot / minute)
16. km/h : Wind velocity unit (kilometer / hour)
17. m/s : Wind velocity unit (meter / second)
18. HOLD : Data hold
19. WINDCHILL : Windchill symbol
20. 18 : Velocity sampling rate; Sequential number display area of average wind flow
21. USB : When connecting PC with USB cable, this symbol appears
22. : Wind velocity symbol
23. VEL : Recording the using number and signals
24. REC NO. : Read stored data symbol
25. READ 2/3V MAX : 2/3 of maximum value measurement (one of the wind flow measuring method)
26. : Showing minimum values
27. MIN AVG : When measuring average values (one of the wind flow measuring Method) this symbol appears.

Specifications

1. Wind Velocity Range :

Unit	Wind Velocity	Resolution	Lowest Point of start value	Accouracy
m/s	0.0-45.0	0.001	0.3	±3%±0.1
Ft/min	0.0-8600	0.01/0.1/1	60	±3%±20
Knots	0.0-88.0	0.01/0.01	0.6	±3%±0.2
Km/h	0.0-140.0	0.001	1.0	±3%±0.4
Mph	0.0-100	0.001/0.01	0.7	±3%±0.2

2. Wind flow range :
CMM: 0-999900m³ /min
CFM: 0-999900 ft³ /min

Unit	Range	Resolution	Area
CFM(FT^3/MIN)	0-999900	0.001-100	0.001-9999
CMM(M^3/MIN)	0-999900	0.001-100	0.001-9999

3. Unit Conversion :

	m/s	Ft/min	Knots	Km/h	Mph
1m/s	1	196.87	1.944	3.60	2.24
1ft/min	0.00508	1	0.00987	0.01829	0.01138
1knots	0.5144	101.27	1	1.8519	1.1523
1km/h	0.2778	54.69	0.54	1	0.6222
1mph	0.4464	87.89	0.8679	1.6071	1

4.Air Temperature Range :
Wind Temperature

Unit	Scale	Resolution	Accuracy
℃	0.0-45.0	0.1	±1.0℃
℉	32.0-113.0	0.1	±1.8℉

5. Operation Conditions :

	Temperature	Humidity
Host	0-50℃ (32℉-122℉)	≤80% RH
Fan	0-60℃ (32℉-140℉)	

6. Storage Conditions :

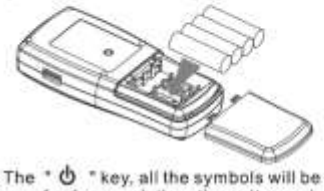
Temperature	-40℃-60℃ (-40℉-140℉)
Humidity	≤80%RH

7、Power supply : AAA 1.5V Alkaline battery *4
8、Low battery indicating : 4.4V±0.2V
9、Stand by current ≤2uA
10、Operating Current ≤18mA
11、Battery use life :20H (Continuous Use)
12、Dimensions:
Meter :77x36x164mm
Vane: 65x29x172mm
13、Net Weight : 330G (Not Included Battery)

2、Operation Instruction

Measurement of Wind Velocity and Temperature

- Open the battery door , and install the batteries properly as shown in following figure:

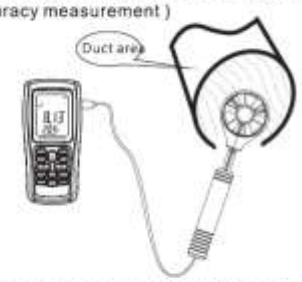


- Press The " ⏻ " key, all the symbols will be shown on the screen for 1 second, then the unit goes into current wind velocity and temperature measuring mode, the LCD screen as shown in following figure:



- Select your desired wind velocity and temperature unit :
  1). Press the " UNIT " key, the wind flow unit changes among m/s 、km/h 、ft/min、knots、mph,(default unit is m/s);
  2). Press the " ℃/ ℉ " 、the temperature changes between ℃/ ℉ mode(defaulted as ℃).

- Hold the Anemometer with your hand , place the vane in the air flow with the air direction matching the direction of the arrows printed on the inner walls of the vane (please do not extrude the fan leaf, which may cause the inaccuracy measurement)



1). Wait for 2 seconds with the unit is ready for use.
2). Place the vane in the same direction of the wind to capture the accurate data ,temperature within 20℃
3). Press light key to open or close the backlight. Backlight will turn on if the vane is rotating or within 7 seconds after a key is pressed.Backlight will turn off if there is no further operation of key for 7 seconds.

- Wind /Air Temperature Measurement:
  1). Small Vanes pattern will showing along with the display of "TEMP" symbol.
  2). Press button ℃/℉(or number 6 key) to Switch ℃/℉ .

Measurement of Windflow

- Press the "VEL/FLOW" key to get into "FLOW" mode, the LCD screen as shown in following figure :

(If the area value has been set before, the last setting will be shown)



- Select your desired unit of wind flow and duct area:
  a. Press the "UNIT" key, the wind flow unit will convert between CMM and CFM (the defaulted unit is CMM)
  b. Press the "UNIT" key, the area unit will convert between M^2 and FT^2 . (the defaulted unit is M^2)
  c. Area unit: M^2 and FT^2 will convert accordingly with the conversion of the wind flow unit.
  If wind flow unit is CMM, the area unit will be M^2;
  If wind flow unit is CFM, the area unit will be FT^2.

- Press the "AREA" key, the 4 digitals on the upper LCD disappears at this time press numeric keys to input a new duct area, such as 1.6, then press the "ENTER" key to confirm. At this time the LCD screen as shown in following figure:



- Place the vane in the duct area to measure current wind flow value right away.
  As shown in following figure:



- Wind Flow Calculate Formula : Flow =velocity *(Free Area)
- Testing Wind velocity : The bar icon (showing on the middle of LCD)changes accordingly with wind Flow/Velocity

Note:
a. failing to enter the duct area leads to failure of measurement of the wind flow.
b. If wind flow is larger than 9999, the LCD screen will show x10 or x100, indicating the measured value multiplied by x10 or x100.

Measurement of 2/3 Vmax Wind Flow

- Press the "VEL/FLOW" key to enter into "FLOW" mode;
- Select your desired unit by pressing the UNIT key,for example: select CMM for wind flow unit,
  M^2 for area unit;
- Press the "AREA" key,letter on the LCD will disappeared at this time you can input duct area, such as 1.6, press "ENTER" key to confirm;
- Press again the "OPTION" key to select "2/3 Vmax", here the LCD screen as shown in following figure:



- Aim the vane of the attached unit at duct area properly, take measurement of 2/3 V max wind flow right away, press again the "OPTION" key exit to measurement of 2/3 max wind flow.
  2/3 Max Wind flow calculate formula:
- FLOW =2/3*Max wind Velocity *duct Area

Measurement Of Average Wind Flow

- Press the "VEL/FLOW" key to get into "FLOW" mode;
- Select your desired unit by pressing the UNIT key,for example: select CMM for wind flow unit, M^2 for area unit;
- Press the "AREA" key, letter on the LCD will disappeared at this time you can input duct area, such as 1.6, press "ENTER" key confirm;
- Press again the "OPTION" key to select "AVG", here the LCD screen as shown in following figure:



- Aim the vane at certain point of duct area properly, press the "NEXT" key, on the right bottom of the LCD will show serial number, in the meantime you can take measurement of the first group wind flow values. As shown in following figure:



- Then select another test point, press the NEXT key to take measurement of the second group average wind flow values.
  Repeat above steps to measure as many as 12 groups of average wind flow values. As shown in following figure:



- Once again press the "OPTION" key exit to measurement of average wind flow.
- Average Wind flow calculate formula
  Flow =1/NΣ (Velocity)*(free Area)

Note
The average vaule only displays by pressing NEXT key ,if there is wind in the duct Area ,then the LCD Screen will shows the measured Average Wind flow

Max and min measurement

- In wind flow and velocity measuring process, press the "MAX/MIN" key to obtain the maximum and minimum values, press again to exit. For example:

  1). When measuring maximum value of wind velocity, a "MAX" will be shown on the upper LCD screen, as shown in following figure:



  2). When measuring minimum value of wind velocity, a "MIN" will be shown on the upper LCD screen, as shown in following figure:



Note:
Operation of Max/Min wind flow measurement is the same as wind velocity.

Date holding /Storeage/Reading and clearing

- Data holding:
  When taking measurement of wind velocity and flow, press the "HOLD" key to freeze the Data , press the "HOLD" key again return to normal operation.

- Data storage:
  1). Instantaneous (one-shot) data storage: under "VEL" state, set the sampling rate=0 by pressing "SAMPLE" key and in put a "0" sampling time and then press "ENTER". Now, each time "REC" is pressed, the present reading will be stored.
  2). Automatic data storage: under "VEL" state, press the " SAMPLE" key and input sampling rate, (the sampling rate from 1~99 seconds using the numeric keys to enter your desire rate,) then press the "ENTER" key to confirm. Press the "REC" key to begin storing readings in every sampling rate. The "REC" icon will appear on the LCD indicating the data storage function being activated. Press again the "REC"key to finish data storage.
  3). Press "REC" Key to stop recording.

- Reading data stored sequentially:
  1). Press the "READ" key, you can read the stored data in memory sequentially, the LCD will first shows serial number then shows the data.
  2). Press "RST" key to return normal operation.
  As shown in following figure:



- Reading Data stored In memory Ramdomly:
  On read Status ,Press the "SAMPLE" Key and enter the number of the record in questions and press "ENTER" Key then the desired data will be displayed Press " RESET" Key to exit As shown in following figure:

- Clearing the Stored data:
  Press down the "CLEAR" Key for 5 seconds then CRL appears on the LCDindicating , all the stored data being Cleared. As shown in following figure:



Note :

a.In instantaneous data storage mode, you should first press "SAMPLE" Key and input "0" second , then press "ENTER" to finish the rate set up.
b.Press the "REC" Key to finish the recording, otherwise the recording will be invalid.
c.The maximum number of readings can be stored 500.
d.If your reading number is bigger than the total quantity of data stored in memory ,the LCD will shows the last stored.

Connection With Pc

1). Requirement of computer configuration:
- CPU : Pentium 600MHZ Or above ;
- One free available USB Connecting Interface;
- The lowest screen resolution of monitor is 800*600 (or much higher),color mode;
- At least 8MB available memory;
- At least 50MB available disk memory;
- Operation system : MICROSOFT WINDOWS 98/ME/ 2000/XP HOME/XP PROFESSIONAL 32BIT

2). Install the software from the disc:
Place the attached Disc in your disc driver open the disc driver plate symbol , double click the " Anemometer setup .exe " .To enter into Program installation window, click "NEXT" , as show in following figure:



- Please follow the install shield wizard and click on "NEXT", and select " Create a desktop icon" .

- Until "Finish" is shown, select "Run Anemometer" to complet software installation, as figure below:



NOTE:
1).Double click the software shortcut on the desktop (to start from menu, the route is Start /Programme / Anemometer) ;
2). If you want to delete this software ,please open " Controlling Panel " then double click "add/delete program" Choose "Anemometer" on the list then click the "delete" button.

3). Software interface:



- Menu introduction as shown in following figure:

File menu bar: Option menu bar: Helpmenu bar:



Order	Order function
Real time measure	Real time data measurement, the measured data will be real time as shown on the computer.
Open	Open measurement data file that is saved as the LAB format
Save	Save real time measurement data
Import	Import data stored in the anemometer to computer
Export	Export the saved data to Excel.
Printe	Printer setup
Print Setup	Print data sheet

Remark:

Language in : English / Traditional Chinese/ Simplified Chinese.The default setting is in English, from English into Simplified Chinese or Traditional Chinese can be setting directly; If change Simplified Chinese or Traditional Chinese into English, you need to re-start running the software.

Tool bar introduction as shown in following figure:



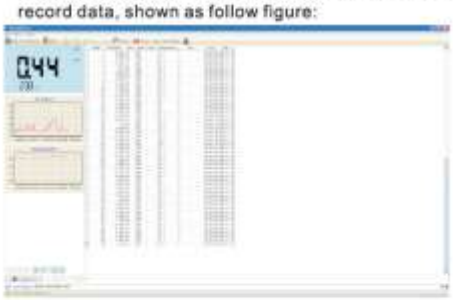
Button	Function
	Real time data measurement, the measured data will be real time as shown on the computer.
	Import data stored in the anemometer to computer
	Open measurement data file that is saved as the LAB format
	Save real time measurement data
	Export the saved data to Excel.
	Print the recorded data
	System setup
	System information
	Close the software

4). Insert one end of the connecting cable into the USB interface of the top anemometer host;
Insert other end of the connecting cable into free interface port of on the computer back,

- If the unit connect with PC: LCD will display USB symbol;
- If the unit dis-connect with PC: USB symbol will not shown.

5). Real time measurement:

- Click on "File/Real Time Measure" or tool bar button to entre real time measurement mode; Press "Start to Measure" button to start measurement and record data, shown as follow figure:

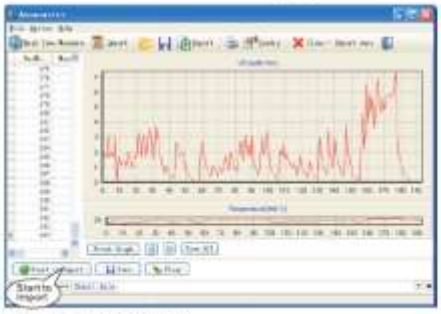


- To stop real time measurement, click on "Stop Measure".

Button introduction:

Button	Function
	Click to start real time measurement
	Click to stop real time measurement
	Click to clear out real time measured data
	Click to store real time measured data, input file name in pop-up window, click to save, then also may click FILE\SAVE. (Saved as LAB format)
	Click to display all wind velocity and temperature wave graphic
	Click to move Wind Velocity and Temperture left side
	Click to move Wind Velocity and Temperture right side
	Click it to print right wind velocity and temperature wave graphic

6). Download of measurement data:
Click the 'Import Data" in "File" menu bar or Import Data button on tool bar will enter download contact interface of measured data, click the start to Import button on bottom to import the stored data into computer, as shown in following figure:



- Button introduction:

BUTTON	Function
Import	Click to download data from anemometer. In download process, please don't switch over the picture in order to avoid appearing over time mistake "Over Time".
Save	Click to save the downloaded data, input file name in pop-up window, click to save then. (Saved as LAB format)

3. Other Items

Familiar trouble shooting

The following is a list of actions to be taken if the unit is not working properly:

1). Screen is blank
Check the battery is inserted correctly. Open the battery door on the bottom rear of the unit. The "+" "-" symbols on the battery should match the corresponding "+" "-" symbols on the inside of the battery compartment.
2). If the unit can not connect to PC normally, please check the USB cable is OK, if the cable can not be used formally, please replace for a new one.
3). If the unit can not read the wind flow value properly, please check if the vane is block or not.
4). If the unit can not read the wind temperature value properly, please check if the heat resistor is fall off or damaged by manual.
5). If the unit can not read data properly, please check it is operated under the rule temperature and humidity situation.

Note:
When not connecting to PC, the unit will power off automatically after 10 minutes if no any operation after power on.

Maintenance & Warranty

1). Maintenance:

- Replacing the battery and product maintenance:
  a. Remove the battery from the unit if it is not required for extended periods of time in order to avoid damage to the battery compartment and the electrode resulting from a leaking battery.
  b. After power on, if a symbol "⊟" appears on the LCD, indicating that you should replace the battery in order to avoid inaccurate measuring reading. Otherwise the battery is very possible leak that will seriously damage the unit life.
  The battery compartment is on the down rear of the unit, open the battery door, replace the old battery for new battery (notice the battery polarity), close the battery door.
- Cleaning the casing:
- Never use alcohol or thinner to clean the unit casing, which will especially erode the LCD surface; just clean the unit lightly as needed with little clean water.
- Never impact the unit or use on humidity condition.
- Do not store or use the unit in following locations where the unit may be subject to:
  a. Splashes of water or high levels of dust.
  b. Air with high salt or sulphur content.
  c. Air with other gases or chemical materials.
  d. High temperature or humidity (above50℃, 90%,) or direct sunlight.

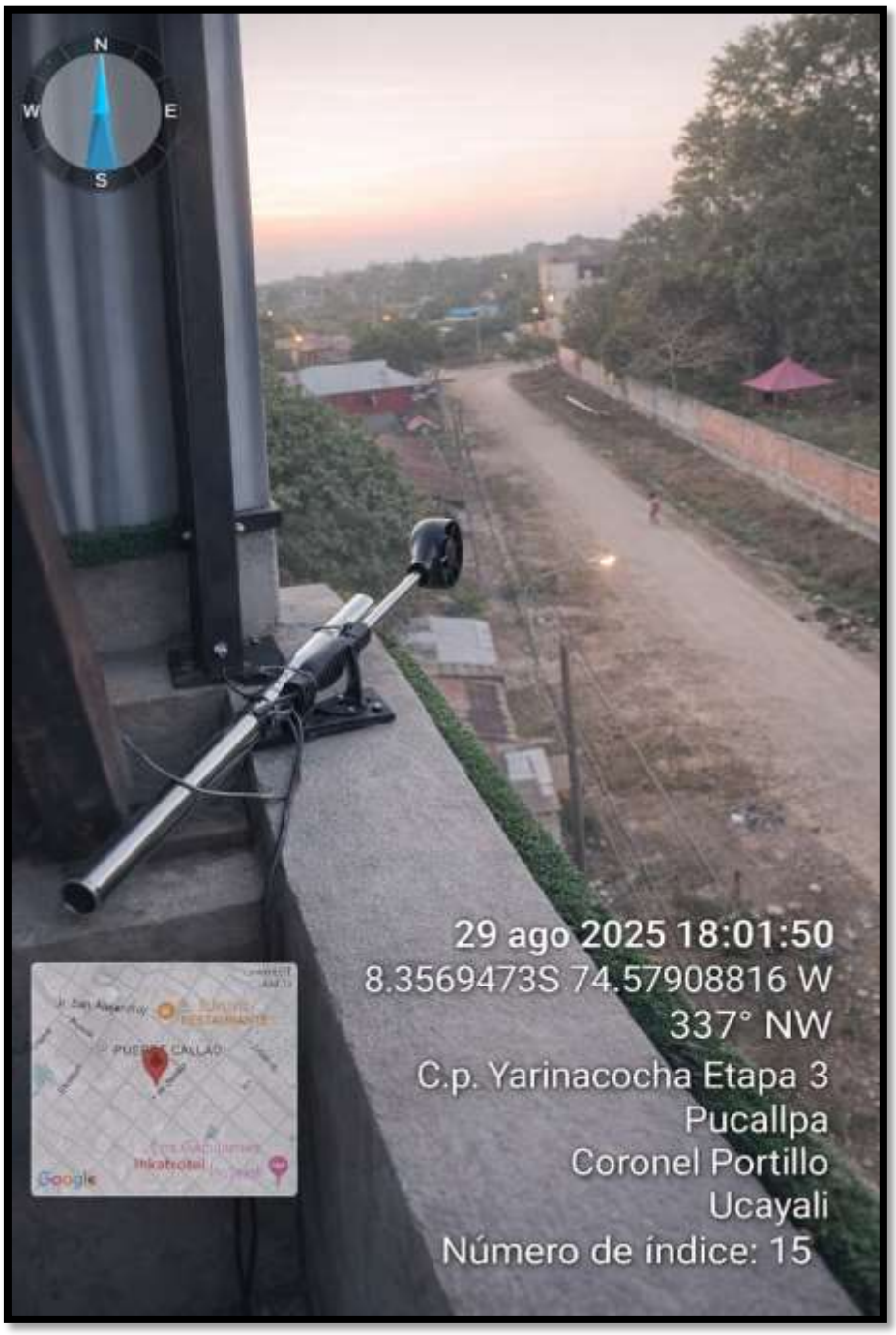
2). Warranty:

About relative warranties please read provided warranty card.

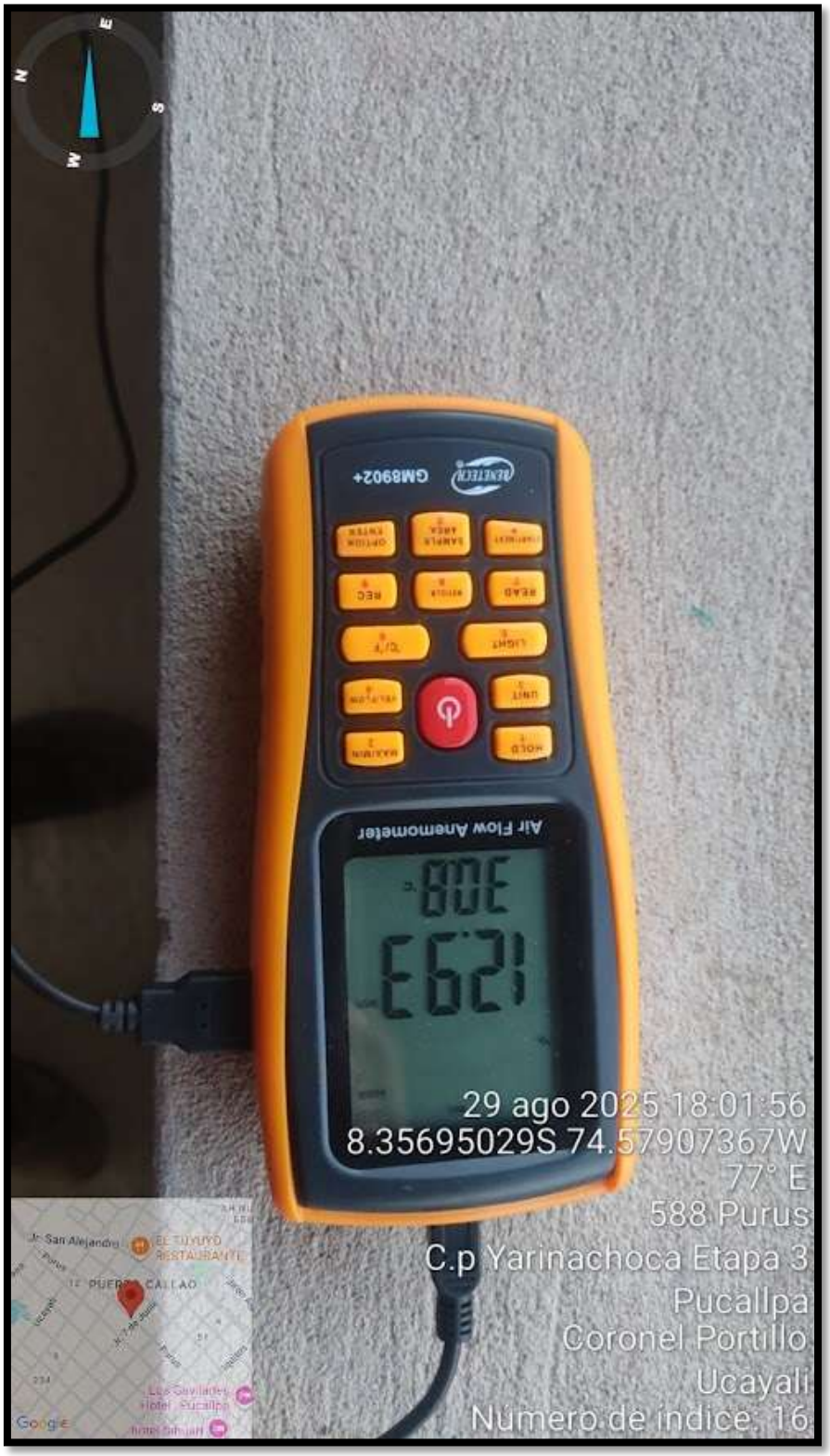
We disclaim any liability due to: transportation damages; incorrect use or operation; manipulation, alterations or repair attempts; without warranty card, invoice.

3). Specific Declarations:
  a. The product design and the manual updating, repairing by technician authorized by us, do not try any alternations or repair attempts.
  b. Disposal of battery should in accordance with local laws and regulations.
  c. Our company shall hold no any responisibility resulting from using output from this product as an direct or indirect evidence.

Anexo 8. Panel fotográfico



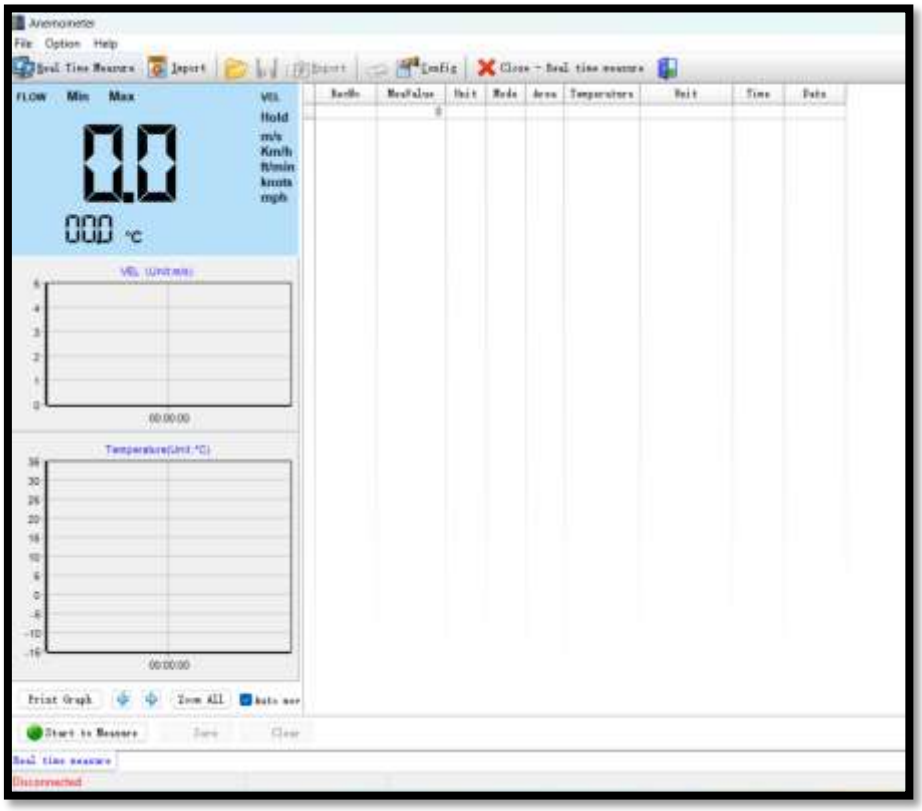
Fotografía 1: Instalación de sonda del anemómetro



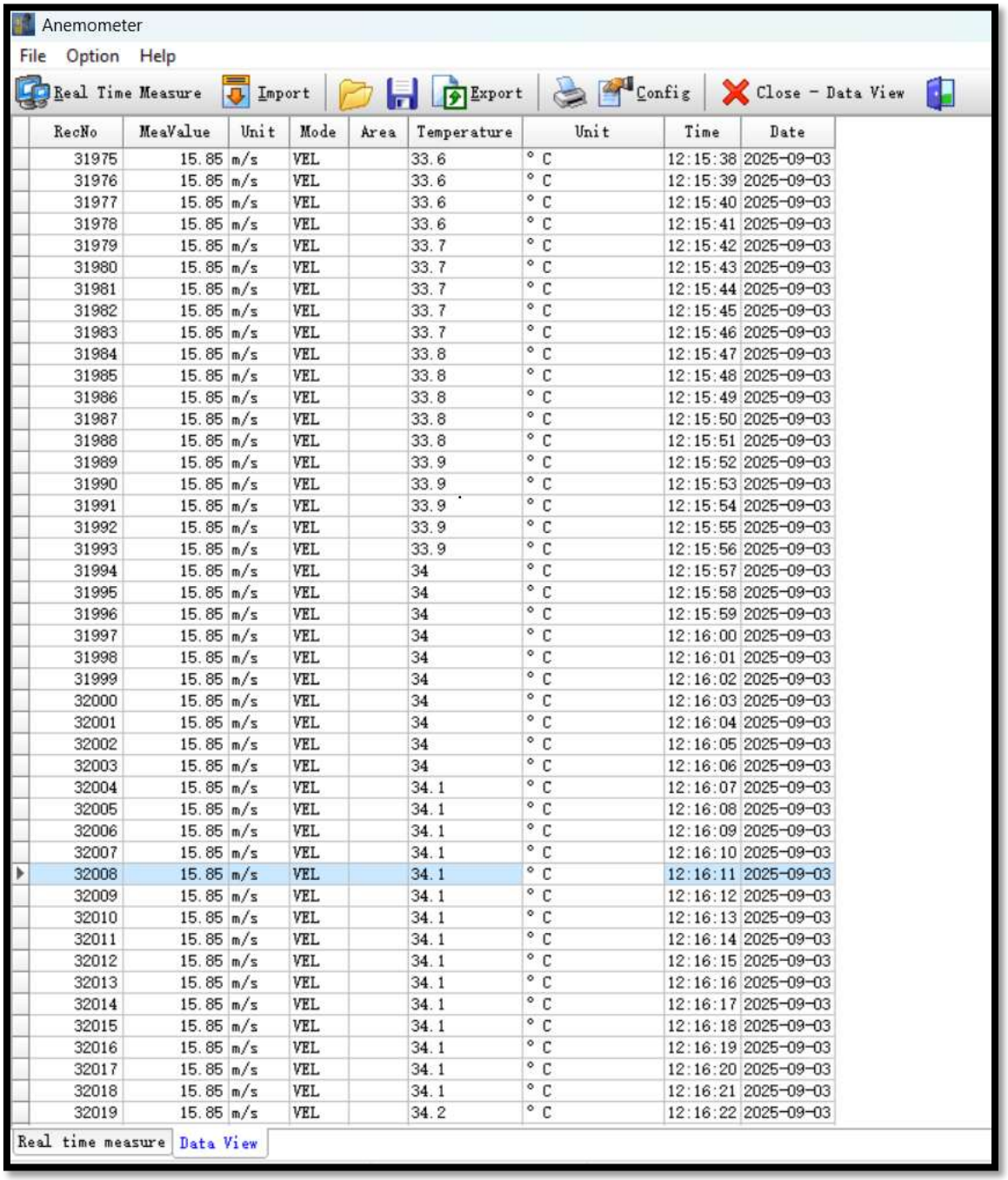
Fotografía 2: Instalación del anemómetro GM8902+ conectado a la computadora y a la sonda receptora.



Fotografía 3: Instalación del software de compatibilidad y registros continuos en tiempo real del anemómetro.

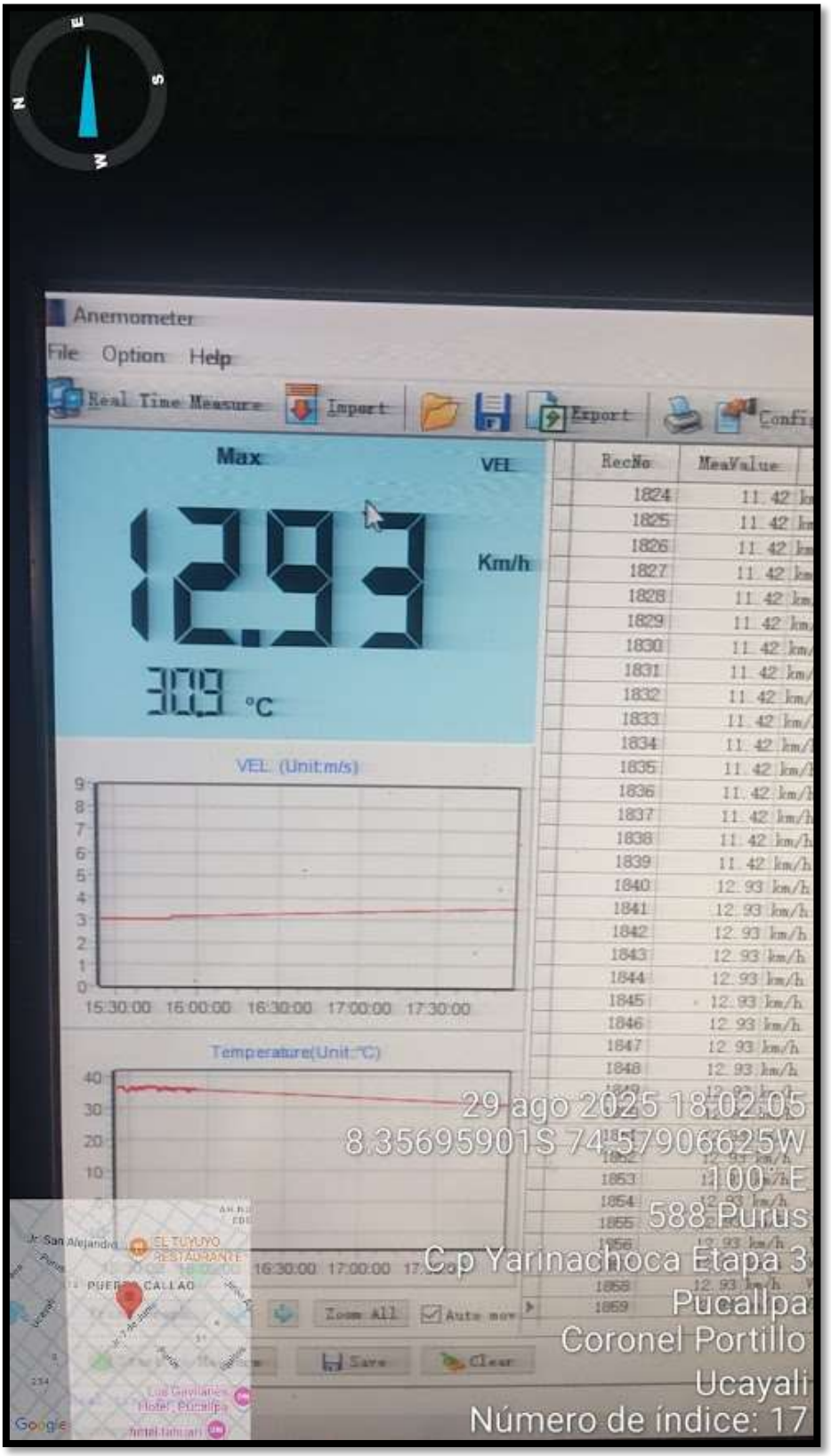


Fotografía 4: Interfaz del software de registro



RecNo	MeaValue	Unit	Mode	Area	Temperature	Unit	Time	Date
31975	15.85	m/s	VEL		33.6	° C	12:15:38	2025-09-03
31976	15.85	m/s	VEL		33.6	° C	12:15:39	2025-09-03
31977	15.85	m/s	VEL		33.6	° C	12:15:40	2025-09-03
31978	15.85	m/s	VEL		33.6	° C	12:15:41	2025-09-03
31979	15.85	m/s	VEL		33.7	° C	12:15:42	2025-09-03
31980	15.85	m/s	VEL		33.7	° C	12:15:43	2025-09-03
31981	15.85	m/s	VEL		33.7	° C	12:15:44	2025-09-03
31982	15.85	m/s	VEL		33.7	° C	12:15:45	2025-09-03
31983	15.85	m/s	VEL		33.7	° C	12:15:46	2025-09-03
31984	15.85	m/s	VEL		33.8	° C	12:15:47	2025-09-03
31985	15.85	m/s	VEL		33.8	° C	12:15:48	2025-09-03
31986	15.85	m/s	VEL		33.8	° C	12:15:49	2025-09-03
31987	15.85	m/s	VEL		33.8	° C	12:15:50	2025-09-03
31988	15.85	m/s	VEL		33.8	° C	12:15:51	2025-09-03
31989	15.85	m/s	VEL		33.9	° C	12:15:52	2025-09-03
31990	15.85	m/s	VEL		33.9	° C	12:15:53	2025-09-03
31991	15.85	m/s	VEL		33.9	° C	12:15:54	2025-09-03
31992	15.85	m/s	VEL		33.9	° C	12:15:55	2025-09-03
31993	15.85	m/s	VEL		33.9	° C	12:15:56	2025-09-03
31994	15.85	m/s	VEL		34	° C	12:15:57	2025-09-03
31995	15.85	m/s	VEL		34	° C	12:15:58	2025-09-03
31996	15.85	m/s	VEL		34	° C	12:15:59	2025-09-03
31997	15.85	m/s	VEL		34	° C	12:16:00	2025-09-03
31998	15.85	m/s	VEL		34	° C	12:16:01	2025-09-03
31999	15.85	m/s	VEL		34	° C	12:16:02	2025-09-03
32000	15.85	m/s	VEL		34	° C	12:16:03	2025-09-03
32001	15.85	m/s	VEL		34	° C	12:16:04	2025-09-03
32002	15.85	m/s	VEL		34	° C	12:16:05	2025-09-03
32003	15.85	m/s	VEL		34	° C	12:16:06	2025-09-03
32004	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:07	2025-09-03
32005	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:08	2025-09-03
32006	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:09	2025-09-03
32007	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:10	2025-09-03
32008	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:11	2025-09-03
32009	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:12	2025-09-03
32010	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:13	2025-09-03
32011	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:14	2025-09-03
32012	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:15	2025-09-03
32013	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:16	2025-09-03
32014	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:17	2025-09-03
32015	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:18	2025-09-03
32016	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:19	2025-09-03
32017	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:20	2025-09-03
32018	15.85	m/s	VEL		34.1	° C	12:16:21	2025-09-03
32019	15.85	m/s	VEL		34.2	° C	12:16:22	2025-09-03

Fotografía 5: Formato de valores registrados en el software



Fotografía 6: Registro en tiempo real de la estación de monitoreo



Fotografía 7: Anemómetro y sonda de registro continúo instalados es la estación de monitoreo.



Fotografía 8: Anemómetro y sonda de registro continúo instalados es la estación de monitoreo conectados a la computadora en tiempo real.