



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño de nave industrial incorporando la norma E.020 en el análisis de viento de
Robot Structural Analysis 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR(ES):

Zambrano Solorzano, Edan Rijark (ORCID: 0000-0001-7610-3477)

Ñaupari Guadalupe, Eduardo Derian (ORCID: 0000-0001-6243-3555)

ASESOR:

Magister. Arévalo Vidal, Samir Augusto (ORCID: 0000-0002-6559-0334)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

LIMA-PERÚ

2021

Dedicatoria

A mis padres que me apoyaron en todo el desarrollo de la tesis, a mis hermanos para que pueda ser de ejemplo para ellos, tíos y abuelos por animarme con sus palabras a seguir adelante.

Zambrano Solorzano, Edan Rijark

A mis padres y hermano, quienes me han apoyado siempre.

Ñaupari Guadalupe, Eduardo Derian

Agradecimiento

A nuestro asesor Magister. Arévalo Vidal, Samir Augusto por aportar con su experiencia y conocimientos en el tema.

Zambrano Solorzano, Edan Rijark

A mi familia y un agradecimiento sincero a nuestro asesor, por sus consejos y guía durante la elaboración de la tesis.

Ñaupari Guadalupe, Eduardo Derian

Índice de contenidos

| | |
|--|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de contenidos | iv |
| Índice de tablas | v |
| Índice de gráficos y figuras..... | vi |
| Resumen..... | viii |
| Abstract..... | ix |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 3 |
| III. METODOLOGÍA | 21 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 21 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 21 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo..... | 22 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 23 |
| 3.5. Procedimientos | 24 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 24 |
| 3.7. Aspectos éticos..... | 24 |
| IV. RESULTADOS | 25 |
| V. DISCUSIÓN..... | 51 |
| VI. CONCLUSIONES | 55 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 57 |
| REFERENCIAS..... | 59 |
| ANEXOS | 64 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Factores de zona..... | 10 |
| Tabla 2. Factores de uso según la categoría de la edificación..... | 11 |
| Tabla 3. Obtención de los Períodos T_p y T_I | 12 |
| Tabla 4. Factores de Suelo | 13 |
| Tabla 5. Coeficientes de reducción sísmica | 13 |
| Tabla 6. Factores de forma (C) | 15 |
| Tabla 7. Matriz de operacionalización de variables..... | 22 |
| Tabla 8. Caso 1: X – X Presión | 26 |
| Tabla 9. Caso 2: X – X Succión..... | 26 |
| Tabla 10. Caso 3: Y – Y Presión | 27 |
| Tabla 11. Resultados obtenidos del análisis de viento del Caso 1..... | 30 |
| Tabla 12. Resultados obtenidos del análisis de viento del Caso 2..... | 31 |
| Tabla 13. Resultados del análisis de viento del Caso 3 | 32 |
| Tabla 14. Resultado del análisis sísmico (Sismo X)..... | 42 |
| Tabla 14. Resultado del análisis sísmico (Sismo Y)..... | 43 |
| Tabla 16. Primera optimización de secciones | 44 |
| Tabla 17. Segunda optimización de secciones | 47 |
| Tabla 18. Tercera optimización de secciones | 48 |
| Tabla 19. Comparación de secciones optimizadas | 49 |

Índice de gráficos y figuras

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Primera comparación de secciones | 45 |
| Gráfico 2. Comparación de pesos de secciones RB – Grupo 6 | 45 |
| Gráfico 3. Comparación de pesos de secciones RB – Grupo 7 | 46 |
| Gráfico 4. Comparación de pesos de secciones W – Grupo 8 | 46 |
| Gráfico 5. Segunda comparación de secciones | 48 |
| Gráfico 6. Tercera comparación de secciones | 49 |
| Gráfico 7. Comparación pesos de todas las optimizaciones | 50 |
| | |
| Figura 1. Mapa de zonas sísmicas | 10 |
| Figura 2. Vista en planta y elevación de presiones ejercidas | 16 |
| Figura 3. Ejemplo de presiones ejercidas (Barlovento y Sotavento) | 16 |
| Figura 4. Metodología del método análisis modal espectral | 18 |
| Figura 5. Vista general de elementos internos de la estructura | 25 |
| Figura 6. Vista de perfil del diseño | 25 |
| Figura 7. Vista frontal de la estructura | 26 |
| Figura 8. Caso 1: X - X Presión | 27 |
| Figura 9. Caso 2: X - X Succión | 28 |
| Figura 10. Caso 3: Y - Y Presión | 29 |
| Figura 11. Análisis de viento del Caso 1: X - X Presión | 30 |
| Figura 12. Análisis de viento del Caso 2: X - X Succión | 31 |
| Figura 13. Análisis de viento del Caso 3: Y - Y Presión | 32 |
| Figura 14. Secciones óptimas para nave industrial | 33 |
| Figura 15. Detalle de las secciones Grupo: 1 viga-columna | 34 |
| Figura 16. Detalle de las secciones Grupo: 2 arriostres | 35 |
| Figura 17. Detalle de las secciones Grupo: 3 vigueta | 36 |

| | |
|---|----|
| Figura 18. Detalle de las secciones Grupo: 4 viga lateral | 37 |
| Figura 19. Detalle de las secciones Grupo: 5 columnetas | 38 |
| Figura 20. Detalle de las secciones Grupo: 6 varillas..... | 39 |
| Figura 21. Detalle de las secciones Grupo: 7 sección variable | 40 |
| Figura 22. Detalle de las secciones Grupo: 8 sección variable | 41 |
| Figura 23. Análisis sísmico (Sismo X)..... | 42 |
| Figura 24. Análisis sísmico (Sismo Y)..... | 43 |

Resumen

La presente tesis titulada “Diseño de nave industrial incorporando la norma E.020 en el análisis de viento de Robot Structural Analysis 2018”, el problema de la investigación fue realizar un análisis de viento en una nave industrial a dos aguas con la normativa peruana dentro del programa Robot Structural. El objetivo de la investigación fue realizar un análisis de viento en una nave industrial con la norma E.020 - Cargas en Robot Structural Analysis. Por ello, se utilizó el tipo de investigación aplicada. La investigación es de aspecto no experimental. Se realizó el análisis de viento con la norma E.020 - Cargas, calculando manualmente las presiones de viento con los coeficientes según las condiciones de viento de la zona, luego se ingresaron las presiones de viento al programa Robot Structural se aplicaron las cargas de viento generadas por Robot Structural Analysis, obteniendo un análisis en relación a las cargas ingresadas, teniendo como resultado del análisis de viento un desplazamiento de 21.4 mm en la dirección X-X de la presión con una deriva de 0.0917, se optimizaron las secciones generadas por tercera vez, teniendo a las columnas y vigas con un ratio de 0.91 en el modelo de Robot Structural y el modelo generado de la norma E.020, en ambos modelos, se obtiene un resultado similar al 100% con un peso de 178.086 Kg, llegando a la conclusión de poder utilizar el túnel de viento de Robot Structural al optimizar por tercera vez las secciones.

Palabras clave: Robot Structural, Norma E.020, Análisis de viento, Túnel de viento y Nave industrial a dos aguas.

Abstract

This thesis entitled “Industrial build design incorporating the E. 020 standard in the wind analysis of Robot Structural Analysis 2018”, whose research problem was to perform a wind analysis on a two-water industrial build with Peruvian regulations within the program Robot Structural. The objective of the research was to perform a wind analysis on an industrial build with the E. 020 - Loads standard in Robot Structural Analysis. Research is non-experimental in appearance. Research is non-experimental in appearance. Wind analysis was performed with E.020 – Loads, manually calculating wind pressures with coefficients based on the wind conditions in the area, then the wind pressures were entered into the Robot Structural program the wind loads generated by Robot Structural Analysis were applied, obtaining an analysis in relation to the loads entered, resulting in wind analysis a displacement of 21.4 mm in the X-X direction of the pressure with a drift of 0.0917, the sections generated for the third time were optimized, with columns and beams with a ratio of 0.91 in the Robot Structural model and the generated model of the E.020 standard were optimized. In both models, you get a result similar to 100% with a weight of 178,086 Kg, concluding that you can use the Robot Structural wind tunnel by optimizing the sections for the third time.

Keywords: Robot Structural, Standard E.020, Wind analysis, Wind tunnel and two-water Industrial build.

I. INTRODUCCIÓN

La utilización del software Robot Structural Analysis es un tema que varía en un ámbito internacional, depende de diversos factores como los tipos de perfiles metálicos y el clima. Recopilando información de distintos países como: EE.UU., quienes utilizan la norma ASCE 7-10 en la mayoría de sus sistemas. Los laboratorios enfocados en realizar pruebas de túnel de viento en Australia, hacen comparaciones con el túnel de viento generado por el software Robot Structural Analysis y se llegó a la conclusión que con una similar rugosidad se puede conseguir valores aproximados a sus laboratorios. En los países de Europa, existe una mayor cantidad de información de proyectos donde utilizan la herramienta Robot Structural Analysis que les permite agilizar estos proyectos. Otros países en Sudamérica, Como Bolivia debido a que su norma es similar a la americana no tienen problemas en utilizar el software Robot Structural Analysis. Por otro lado, los países de Chile y Ecuador actualizaron sus normas de viento con la finalidad de tener un mejor diseño y en Argentina aplicaron una relación de velocidades de viento para ajustar el programa, Perú requiere investigar más a fondo los simuladores de viento en construcción, siendo el software Robot Structural Analysis, por lo descrito anteriormente una excelente alternativa.

Es por ello que en el distrito de Ataura, departamento de Jauja, provincia de Junín, se propuso la construcción de una nave industrial. También se hizo una evaluación utilizando el software Robot Structural Analysis, esto facilitó el análisis del viento y disminuyó el costo de dicha prueba. Pero debido a que el software no engloba los lineamientos establecidos en la norma peruana, los cálculos realizados por el software fueron adecuados a esta normativa. Esta fue la razón por la cual los cálculos generados fueron adaptados al programa con el uso del artículo 12 "Cargas debidas al viento". Para la determinación de un diseño adecuado, fue necesario proponer una metodología de diseño y análisis de viento para los elementos de la nave industrial.

Con lo mencionado se formuló un problema general: ¿Cómo realizar un análisis de viento en una Nave industrial a dos aguas con la normativa peruana dentro del programa Robot Structural?, y como problemas específicos: ¿Cuáles son las

características de un diseño ideal de una Nave Industrial a dos aguas mediante el uso del Robot Structural?, ¿Cómo realizar un análisis Sísmico con la norma E.030 sobre la nave industrial a dos aguas en el programa Robot Structural?,¿Cuál es la diferencia al diseñar las secciones de la nave industrial usando la carga de viento generado por el Robot Structural con las secciones que se calcularon con la carga de viento de la norma E.020 Cargas?

Como justificación de la investigación, fue fundamental generar información utilizando aplicaciones modernas, también se tuvo en cuenta las herramientas BIM. Esta tesis se propuso en contribuir para la agilización de forma de diseñar, centrado en el análisis de viento y diseño una nave industrial aplicando la norma E.020. Es conveniente realizar los estudios para generar una versión sobre el modo de funcionamiento de un manual para las generaciones futuras, mientras se utiliza la aplicación Robot Structural Analysis. De esta manera, anima a ingenieros a usar el programa y no esperar una modificación del software Robot Structural Analysis con los parámetros de diseño del Perú.

Por lo indicado anteriormente el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general realizar un análisis de viento en la nave industrial con la normativa E.020 en el software y como objetivos específicos se propuso realizar un diseño óptimo de nave industrial mediante el uso del software Robot Structural, realizar un análisis por sismo en la Nave industrial con la Normativa Peruana en el Robot Structural y Comparar las secciones de la nave industrial diseñadas por las cargas de viento del Robot Structural Analysis y la calculada empíricamente por la norma E.020. La respectiva hipótesis principal fue, conociendo las presiones de viento sobre la Nave industrial se logrará un correcto diseño en el Robot Structural Analysis. Las hipótesis específicas indican que si se conocen los parámetros de diseño y normas de la nave industrial entonces se logrará determinar el diseño correcto de las secciones, la siguiente hipótesis específica es si la nave industrial soporta la simulación de sismo el diseño será el correcto y la siguiente hipótesis es las secciones calculadas por las cargas de viento de la norma E.020 tendrán una mayor sección que las calculadas por el software.

II. MARCO TEÓRICO

Como **antecedentes internacionales**, tenemos:

Según Vásquez Carrillo, J. (2018), en su tesis de grado titulada: “Análisis y diseño estructural de una “cubierta tipo” de bambú, para canchas de uso múltiple mediante el uso de los programas Revit, Robot y Etabs”; que fue sustentada en la Universidad Técnica de Ambato. Esta investigación tuvo como objetivo diseñar una cubierta tipo de bambú que cumpla con lo establecido en la normativa código NEC-SE-GUADUA y el código NSR-10 Capítulo G.12 Estructuras de Guadua; La metodología fue de tipo aplicada y el diseño empleado en la investigación fue experimental; El resultado que se obtuvo de la investigación les permitió realizar el análisis comparativo utilizando los softwares, pero no se pudo realizar el diseño de las secciones de los elementos estructurales debido a que el programa no cuenta con normativa referente al diseño de edificaciones de bambú; Tuvo como conclusión que la utilización de softwares de análisis estructural nos proporciona resultados confiables. Debido a que todos los elementos diseñados cumplen con las condiciones de diseño por esfuerzos admisibles.

Según Montoya Martínez, D. (2016), en su investigación para optar por el grado de magister en ingeniería civil opción estructural, sustento en la Universidad Autónoma de Aguascalientes; La tesis: “Optimización de estructuras de naves industriales empleando tecnología BIM”; Esta investigación tuvo como objetivo la optimización del diseño, análisis y elaboración de proyectos de nave industrial usando tecnología BIM; La metodología de la investigación fue de tipo aplicada y el diseño de dicha investigación fue no experimental; El resultado de la investigación que una de las principales ventajas de la tecnología BIM es generar información automática, reduciendo de forma considerable el tiempo para la elaboración de proyectos; Tuvo como conclusión que la utilización del software Robot Structural Analysis, nos permite alterar la estructura y optimizarla, reduciendo el volumen de acero en la estructura.

Como **antecedentes nacionales**, tenemos:

Según Huaraca Ramos, A. (2018), en su tesis titulada: “Análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas”, sustentada en la Universidad Peruana los Andes. Esta investigación tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo utilizando los softwares Etabs y Robot Structural Analysis, con la finalidad de estimar el desempeño estructural de viviendas autoconstruidas en el distrito de Pucará, provincia de Huancayo, en el año 2017; Empleando una metodología de investigación de tipo aplicada y un diseño de investigación no experimental; Tuvo como resultado, que dichas estructuras no tenían un adecuado comportamiento estructural, según lo establecido en la norma del Perú, estas no cumplen con los requerimientos mínimos. Concluyendo que las viviendas no son aceptables según los parámetros mínimos establecidos por la Norma Peruana (E.030, E.060, E.070)

Según Flores Paitan, F. (2018), en su tesis de grado titulada: “Análisis sísmico de un edificio de 7 niveles con 2 sótanos y 1 semi sótano usando Robot Structural 2018-BIM 3D en el distrito de Miraflores-Lima”, que fue sustentada en la Universidad César Vallejo. El objetivo de la investigación fue determinar los esfuerzos y desplazamientos con la finalidad de mejorar el comportamiento estructural ante cargas sísmicas; La metodología de la investigación utilizada fue de tipo aplicada y el diseño de la investigación no experimental; Siendo los resultados obtenidos que utilizando las normas E.020, E.030 y E.060, se pueden adicionar sin inconvenientes, siendo una referencia el ACI 318-11; El estudio tuvo como conclusión que el comportamiento sismorresistente de la estructura tanto para el análisis sísmico dinámico y estático, tiene un adecuado desempeño, interpretando del análisis de los software BIM 3D – Robot Structural, obteniendo un desempeño adecuado ante esfuerzos y desplazamiento.

Según Estrada Salvador Ramírez, J. y Díaz Felices, T. (2019), en su tesis de grado titulada: “Análisis y diseño estructural de una nave industrial con puente grúa en el distrito de Talara, provincia de Piura – año 2019”, que fue sustentada en la Universidad Ricardo Palma. Siendo el objetivo principal de la investigación determinar el diseño de elementos estructurales, enfocándose en las

características mecánicas y geométricas de un puente grúa, bajo consideraciones de carga estática y dinámica; Utilizando una metodología de investigación de tipo básica y diseño no experimental; El resultado obtenido fue que, para lograr el correcto análisis estructural y diseño de sus elementos, es esencial conocer las características geométricas y mecánicas del puente grúa; Concluyeron que para brindar una estructura optima, liviana y una rigidez en planta, era necesario utilizar perfiles de alma llena en la estructura del techo.

Como **teorías relacionadas** con el tema, tenemos:

USO DE ACERO COMO MATERIAL ESTRUCTURAL

El acero es un material de alta resistencia, ductilidad y durabilidad. En el mercado la mayoría de los elementos de acero son prefabricados, haciendo que su utilización en las construcciones sea rápida y fácil. A su vez, se puede encontrar una amplia cantidad de secciones, con distintos pesos y grados, lo que permite optimizar el diseño de una estructura.

Debido a que las naves industriales presentar luces de grandes dimensiones, la utilización de acero en comparación con el concreto, nos original un ahorra significativo en material y tiempo de instalación.

PROPIEDADES DEL ACERO

El acero como elemento estructural tiene las siguientes propiedades:

Peso Especifico (ρ): 7.85kg/m³

Módulo de elasticidad (E) : 2.10x 10⁶ kg/cm²

Esfuerzo de fluencia (Fy): 2.53 Tn/cm²

Esfuerzo de fractura (Fu): 4.08Tn/ cm²

Coefficiente de Poisson (ν): 0.3

Coefficiente de dilatación térmica(α): 1.2x10⁻⁵(°C) ⁻¹

De acuerdo a lo establecido por American Society of Testing Materials (ASTM), los perfiles laminados deben de utilizar ASTM A36.

PERFILES LAMINARES DE ACERO

Las principales secciones de acero utilizadas son de tipo W, S, L, C, WT.

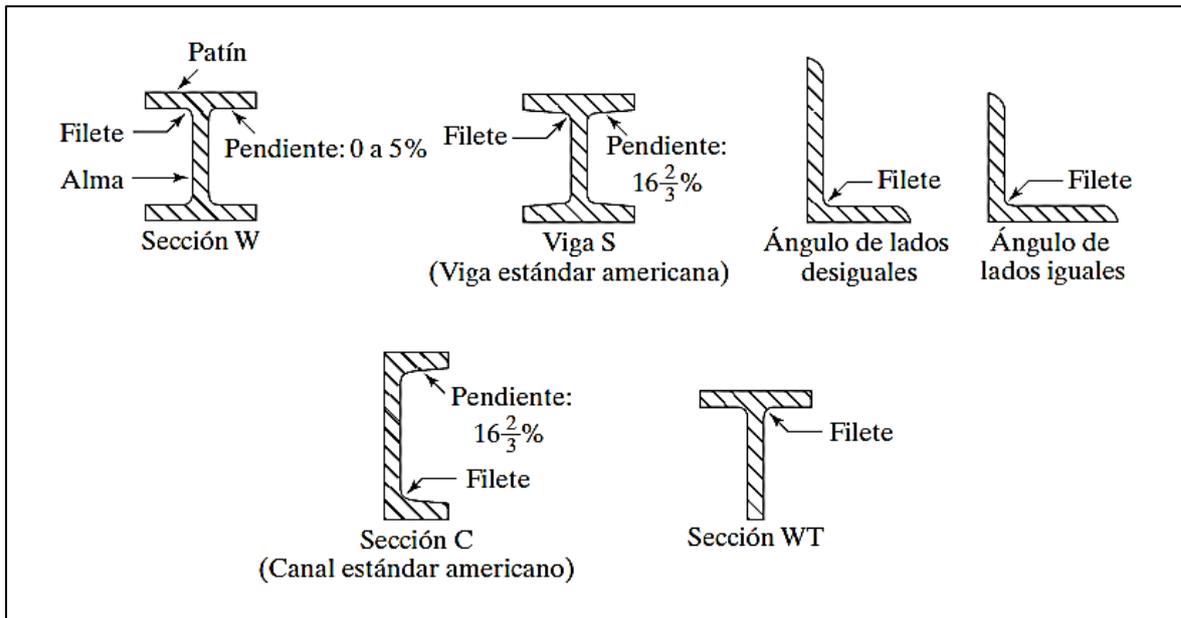


Imagen-Fuente: Jack C. McCormac y Stephen F. Csernak (2012), Diseño estructural de acero.

Perfiles tipo W: Son perfiles caracterizados por estar compuestos de un par de láminas rectangulares horizontales paralelas unidas por un alma (lámina vertical), con filetes que tienen una inclinación no mayor a 5%.

Perfiles tipo S: Son parecidos a los perfiles tipo W, pero con filetes con un ángulo de inclinación de 16%.

Perfiles tipo L: Son perfiles compuestos por dos laminas perpendiculares, estas pueden tener las mismas dimensiones o ser desiguales.

Perfiles tipo C: También identificadas como tipo canal, utilizados en ambientes con un espacio reducido.

Perfiles tipo WT: Son mitades de un perfil tipo W.

DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL

Es una estructura construida para solucionar los problemas de operación y alojamiento de una industrial. Diseñada para la realización de actividades industriales. Así mismo, en la actualidad dichas estructuras también pueden ser utilizadas para realizar actividades recreacionales, de ámbito deportivo, cultural, etc. Teniendo en cuenta dichas actividades es necesario lograr grandes espacios entre columna y columna, descartando la utilización de elementos de apoyo que no se encuentren en los ejes perimetrales de la construcción, con el objetivo de evitar restricciones, haciendo más versátil el uso de la misma.

En vista que el diseño de los elementos que componen la nave industrial, es parecido a conceptos al diseño de una edificación, este se enfoca principalmente en:

- Evaluar los factores externos, condiciones del lugar donde se construirá, considerando su exposición a climas extremos o actividades industriales que deterioren la estructura, debido a que generalmente no se realizan mantenimientos.
- Es importante considerar las condiciones de las cargas supuestas al momento de realizar el análisis de la estructura, debido a que estas estructuras tienden a sufrir modificaciones de forma constante, disminuyendo su estabilidad y resistencia.
- Es importante también tener en cuenta que este tipo de estructuras alberga a una cantidad considerable de personas.

DISEÑO POR RESISTENCIA USANDO DISEÑO EN BASE A FACTORES DE CARGA Y RESISTENCIA (LRFD)

Se utiliza este método cuando la resistencia de diseño de los componentes estructurales es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga.

Este diseño se realiza de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R_u \leq \phi R_n$$

Donde:

R_u = Fuerza factorizada calculada

ϕ = Factor de reducción

R_n = Resistencia nominal

Se debe tener en cuenta que, los factores de reducción dependen del esfuerzo al que es sometido el elemento, por este motivo se presenta la siguiente tabla.

CARGAS, FACTORES DE CARGA Y COMBINACION DE CARGAS

Para la realización el diseño de la estructura se considerarán las siguientes cargas nominales, establecidas como cargas mínimas para el diseño en la norma E.020 Cargas.

Estas combinaciones de carga aplicadas en el método LRFD se hizo considerando las condiciones más desfavorables de los elementos, producidos por acción del viento o la nieve.

Combinación de cargas consideradas:

$$U = 1.4D$$

$$U = 1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0.5L \text{ ó } 0.8W)$$

$$U = 1.2D + 1.3W + 0.5L + 0.5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R)$$

$$U = 1.2D \pm 1.0E + 0.5L + 0.2S$$

$$U = 0.9D \pm (1.3W \text{ ó } 1.0E)$$

Donde:

U = Carga factorizada o de diseño

D = Carga muerta (peso de los elementos)

L = Carga viva (ocupantes y mobiliarios)

L_r = Carga viva en azotea

W = Carga de viento

S = Carga de nieve

E = Carga de sismo de acuerdo a la norma E. 030 Diseño Sismoresistente

R = Carga por lluvia o granizo

CARGAS DE SISMO

Para determinar la fuerza cortante en la base nos basamos en la norma E.030 - Diseño Sismorresistente, quienes plantean la siguiente ecuación:

$$V = \frac{ZUCS}{R}P$$

Donde:

V = Cortante basal

Z = Factor de zona sísmica

U = Factor de uso

C = Factor de amplificación sísmica

S = Factor de tipo de suelo

R = Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas

P = Cargas de gravedad

Factor de zona sísmica (F)

El valor utilizado depende de la zona del Perú donde se encuentre el proyecto.

Figura 1. Mapa de zonas sísmicas



Fuente: E.030 – Diseño Sismorresistente, 2016.

Según la zona donde se encuentre el proyecto se utiliza el factor de zona indicado en la siguiente tabla:

Tabla 1. Factores de zona

| Zona | Z |
|------|------|
| 4 | 0.45 |
| 3 | 0.35 |
| 2 | 0.25 |
| 1 | 0.10 |

Fuente: E.030 – Diseño Sismorresistente, 2016.

Factor de uso (U)

Este factor depende del tipo de uso que cumpla la estructura, buscando que la construcción pueda soportar la mayor cantidad sucesos naturales por más tiempo que otras estructuras.

Tabla 2. Factores de uso según la categoría de la edificación

| Categoría | Descripción | Factor U |
|-----------|--|-----------------------------|
| A | Establecimientos de salud, edificaciones esenciales, todas aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. | 1.5 |
| B | Edificios con gran cantidad de personas como cines, teatros, estadios, centros comerciales, etc. | 1.3 |
| C | Edificaciones comunes tal como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, entre otras. | 1.0 |
| D | Edificaciones temporales como son los depósitos, casetas. | A criterio del proyectista. |

Fuente: E.030 – Diseño Sismorresistente, 2016.

Factor de amplificación sísmica (C)

Se tienen las siguientes condiciones para la asignación del factor de amplificación sísmica.

Si:

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_1 \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_1 \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p \times T_1}{T^2} \right)$$

Los valores de T_p y T_1 se obtienen de la siguiente tabla:

Tabla 3. Obtención de los Períodos T_p y T_l

| Periodo / Suelo | S_0 | S_1 | S_2 | S_3 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| T_p | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 1.0 |
| T_l | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.6 |

Fuente: E.030 – Diseño Sismorresistente, 2016.

El valor del periodo fundamental de vibración (T) es determinado por la siguiente ecuación:

$$T = \frac{h_n}{C_t}$$

Donde:

h_n = Altura de la edificación

C_t =

- 35 En pórticos de concreto armado sin muros de corte y pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos.
- 45 En pórticos de concreto armado con muros ascensor y pórticos de acero con arriostres.
- 60 En edificios de concreto.

Factor de tipo de suelo (S)

Los factores de suelo se dividen en: Perfil tipo S_0 , que son rocas duras, los perfiles tipo S_1 son rocas o suelos muy rígidos, mientras que los perfiles de tipo S_2 son suelos intermedios y finalmente los perfiles de tipo S_3 que son suelos blandos.

El valor asignado a cada perfil está considerado en la siguiente tabla:

Tabla 4. Factores de Suelo

| Zona \ Suelo | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Z ₄ | 0.80 | 1.00 | 1.05 | 1.10 |
| Z ₃ | 0.80 | 1.00 | 1.15 | 1.20 |
| Z ₂ | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.40 |
| Z ₁ | 0.80 | 1.00 | 1.60 | 2.00 |

Fuente: E.030 – Diseño Sismorresistente, 2016.

Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R)

Para determinar el coeficiente a utilizar se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 5. Coeficientes de reducción sísmica

| Sistema Estructural | Coeficiente básico de reducción |
|--|---------------------------------|
| Acero: | |
| Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF) | 8 |
| Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF) | 5 |
| Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF) | 4 |
| Pórticos especiales concéntricamente arriostrados (SCBF) | 7 |
| Pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF) | 4 |
| Pórticos excéntricamente arriostrados (EBF) | 8 |
| Concreto armado: | |
| Pórticos | 8 |
| Dual | 7 |
| De muros estructurales | 6 |
| Muros de ductilidad limitada | 4 |
| Albañilería armada o confinada | 3 |
| Madera | 7 |

Fuente: E.030 – Diseño Sismorresistente, 2016.

Cargas de gravedad (P)

Se calcula adicionando a la carga permanente y total de la edificación un porcentaje de la carga viva, determinada de la siguiente forma:

Si es una edificación de categoría **A** y **B**, se utilizará solo el **50%** de la carga viva. En **almacenes**, solo el **80%** que es posible almacenar. En techos y azoteas, generalmente solo se utiliza el **25%** de la carga viva. Y finalmente en tanques, silos y estructuras similares es considerada el **100%** de la carga que contienen.

CARGAS DEBIDAS AL VIENTO

Debido a que la estructura a diseñar estará expuesta a la acción del viento, es necesario diseñarla para resista cargas (presión y succión) exteriores e interiores.

VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad de diseño del viento para estructuras de hasta 10 m de altura, se determina según su ubicación en el mapa eólico del Perú, siendo la velocidad mínima a considerar de **75 Km/h**.

La velocidad de diseño en cada altura de la edificación es determinada con la siguiente expresión:

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

Donde:

V_h = *Velocidad de diseño en la altura h en Km/h*

V = *Velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h*

h = *Altura sobre el terreno en metros*

CARGA EXTERIOR DE VIENTO

Las cargas exteriores de succión y presión ejercidas por el viento se suponen de forma estática y perpendicular a la superficie sobre la que actúan. Son calculadas mediante la siguiente expresión:

$$P_h = 0.005 C V_h^2$$

Donde:

P_h = Presión o succión del viento en una altura h en Kgf/m²

C = Factor de forma adimensional indicado en la tabla de factores de forma

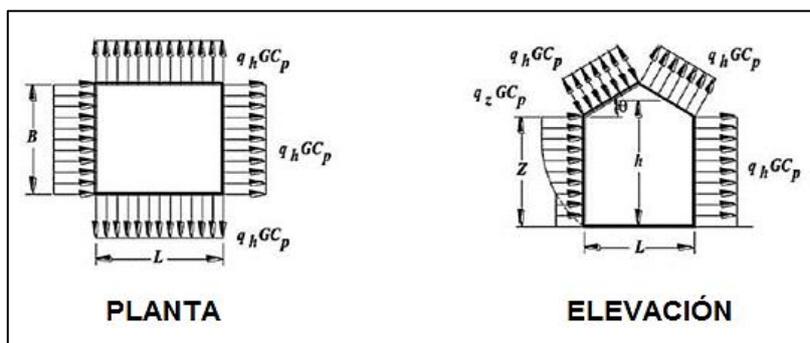
V_h = Velocidad de diseño a la altura H, en Km/h

Tabla 6. Factores de forma (C)

| CONSTRUCCIÓN | BARLOVENTO | SOTAVENTO |
|--|------------|-----------|
| Superficies verticales de edificios. | +0.8 | -0.6 |
| Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección 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 |
| *El signo positivo indica presión y el negativo succión. | | |

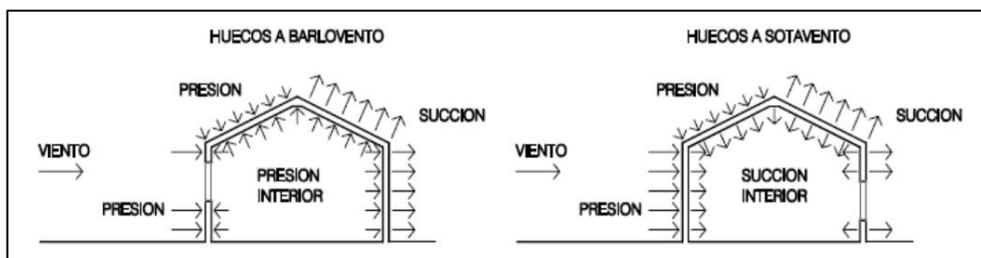
Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006, Artículo 12 Cargas debidas al viento.

Figura 2. Vista en planta y elevación de presiones ejercidas



Fuente: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures (2017, p. 275).

Figura 3. Ejemplo de presiones ejercidas (Barlovento y Sotavento)



Fuente: Código Técnico de la Edificación, Oficina de Viviendas (2007).

CARGAS DE NIEVE

La estructura debe ser diseñada para soportar las cargas de una posible acumulación de nieve sobre la ella. Según indica el RNE, las cargas de nieve deben considerarse como carga viva. A su vez, no es necesario incluir en el diseño el efecto simultaneo de viento y carga de nieve. Es por ello que para para investigación solo realizamos el análisis de viento de la estructura.

DISEÑO DE CONEXIONES

Las fuerzas y deformaciones utilizadas en el diseño deberán tener correlación con el desempeño esperado en la unión y las hipótesis asumidas. Permittedose que las deformaciones inelásticas tengan limites autoimpuestos. Considerando los puntos de apoyo en vigas, deben estar restringidos ante la rotación en su eje longitudinal, excepto que mediante análisis de dichas restricciones no sea necesario.

Tipos de conexiones:

Conexiones simples: Transmite momentos de magnitud despreciable. En el análisis de la estructura, se puede suponer que las conexiones simples permiten la rotación relativa de los miembros que conectan.

La conexión simple tendrá una capacidad de rotación suficiente para acomodar las rotaciones establecidas por el análisis de la estructura.

Conexiones de momento: Son permitidas dos tipos, estas son:

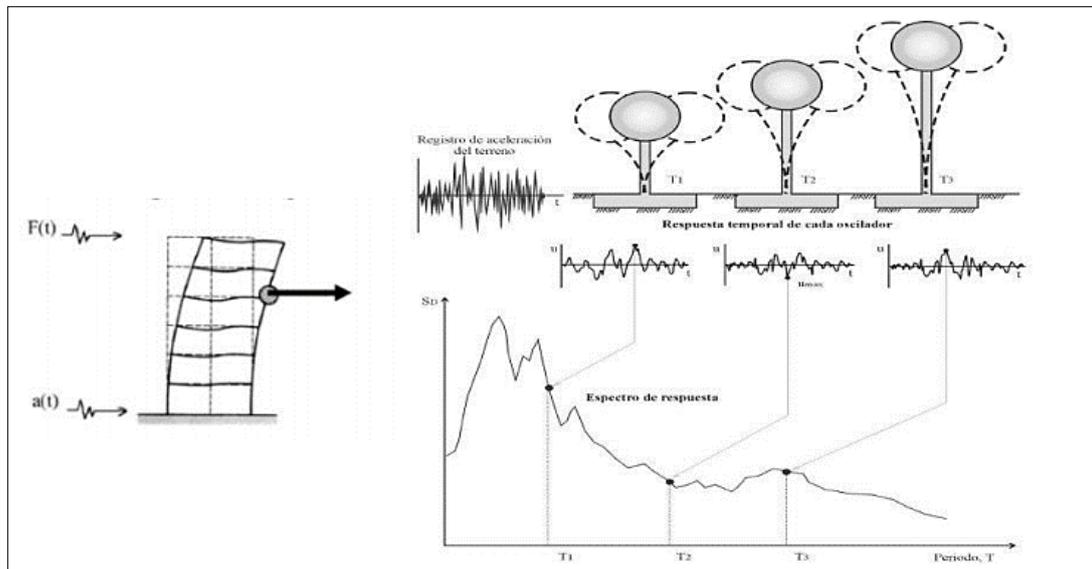
- **Completamente restringidas:** Transmiten momentos con una rotación despreciable entre elementos conectados. Para analizar la estructura, se plantea un supuesto, la conexión no permite la rotación relativa. Estas deben ser lo suficientemente rígida y resistente para mantener el ángulo entre los miembros.
- **Parcialmente restringidas:** Transmiten momentos, pero no se puede despreciar la rotación entre los miembros conectados. Para analizar la estructura se debe incluir la relación fuerza deformación de la conexión y estas al igual que las conexiones completamente restringidas deben tener la deben ser lo suficientemente rígida y resistente para conservar el ángulo entre los elementos.

ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL

Tradicionalmente, el diseño sísmico se enfoca en que una estructura pueda resistir un sismo con una intensidad media, siendo aceptable que la estructura reciba daños reparables en un sismo de mediana intensidad y que no colapse a causa de un sismo de gran intensidad.

Para la estimación de los desplazamientos y esfuerzos en cada elemento estructural, se utiliza el análisis modal espectral. Basándose metodológicamente en que los elementos reciban las vibraciones directamente del suelo. Asimilando el movimiento de la estructura a una serie de péndulos invertidos. Considerando que cada estructura tiene una frecuencia propia, la que se basa en sus rigidez y altura.

Figura 4. Metodología del método análisis modal espectral



Fuente: XFMA, Blog profesional de Francisco Martínez Alonso Ingeniero Estructural.

Para aclarar, la relación entre la aceleración de la base (sismo) y los desplazamientos que experimentan las masas de la estructura, depende únicamente de esta frecuencia propia y del amortiguamiento de la estructura.

Siendo el objetivo inicial de un diseño sismorresistente, cuantificar las fuerzas, simplificando, debido a la complejidad del cálculo utilizando solamente ecuaciones matemáticas. Ya que la aceleración de un sismo no es constante. Recurriendo al “Espectro de diseño”, facilitando el cálculo en función principalmente al tipo de suelo.

Una de las características para realizar el análisis sísmico de una estructura es definir diferentes periodos de vibración, algo característico de estructuras basadas en su configuración geométrica y matriz de rigidez. Esta información es utilizada por los programas de análisis estructural para establecer distintos modos de vibración de la construcción.

Para que el análisis modal sea representativo, quien realiza el análisis deberá establecer las restricciones y consideraciones estructurales correspondientes; es decir, en el caso de una edificación con diafragmas de piso, se deberá considerar las rigideces de los entrepisos, la excentricidad de la masa, etc.

Estas consideraciones modificarán directamente el factor de participación de la masa en cada caso modal.

El método para realizar el cálculo de los valores máximos de desplazamientos y aceleraciones en los distintos modos usando un espectro de diseño con diversas consideraciones adicionales expuestas en los códigos de diseño. Luego se combinan estos valores máximos mediante el método de la combinación cuadrática completa (método CQC), que considera además una correlación entre los valores modales máximos. De este modo, se obtienen los valores más probables de desplazamientos y fuerzas.

ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS

Es un software de diseño y análisis de estructuras desarrollado por Autodesk, el cual permite realizar el análisis no lineal y lineal de modelos de construcción, puentes y estructuras industriales. Permittiéndonos definir una gran variedad de análisis avanzados como estático, sísmico, armónicos, espectrales y de historial de tiempo.

Es un software adecuado para analizar desde armados sencillos hasta complejos elementos estructurales finitos.

Características

- Presenta en modo grafico la estructura diseñada y los resultados obtenidos (desplazamientos, fuerzas, trabajo de forma simultánea en múltiples ventanas, etc.)
- Modelación y cálculo de elementos finitos.
- Análisis dinámico y estático de estructuras.
- Con la posibilidad de crear materiales personalizados y secciones.

Simulación de carga de viento

Robot Structural Analysis permite realizar simulaciones de cargas de viento basándose en la metodología ASCE 07 americana. Es una simulación que utilizada principalmente la velocidad de diseño para generar automáticamente las cargas.

Como **enfoques conceptuales**, tenemos:

Estructura: Conjunto de elementos estructurales contruidos monolíticamente para hacer frente a cargas verticales, sísmicas y de cualquier otra forma. Las estructuras se pueden clasificar en estructuras edificaciones, puentes, tanques, etc.

Comportamiento estructural: Es la manera en que se comporta la estructura ante el accionar de fuerzas externas.

Acero industrial: Es una aleación de hierro con otros elementos como carbono, cobre, magnesio, silicio, níquel, cromo y para ser utilizado como material de construcción debe contener cantidades mínimas de impurezas.

Nave industrial: Son construcciones que sirven para el beneficio de industrias, caracterizándose por carecer de apoyos intermedios, brindando una superficie libre de obstáculos en el interior. Utilizadas principalmente para producción, manufactura y almacenaje. Si bien las naves industriales pueden ser contruidas enteramente de acero, para agilizar la construcción, mayor altura, espacios más iluminados y amplios, también pueden ser contruidas con elementos de concreto, también se puede combinar elementos de acero y concreto para reducir los costos de construcción.

Robot Structural Analysis: Es un software desarrollado por Autodesk para el diseño y análisis de estructuras. Brindando un excelente flujo de trabajo dinámico, permitiendo la realización de simulaciones y analizar distintos tipos de estructuras. Permittiendo analizar elementos finitos, así como simular las acciones dinámicas de sismos y viento.

Túnel de viento: Es una herramienta de simulación que pone a prueba los efectos de un flujo de viento sobre construcciones, para ello solo es necesario proporcionar un flujo de viento constante y una dirección de flujo.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue aplicada, ya que el propósito es dar solución al diseño de una nave industrial utilizando el programa Robot Structural Analysis.

Así como el concepto sobre la investigación aplicada que indica Bunge “Tipo de investigación cuyo propósito es dar solución a situaciones o problemas concretos e identificables” (Bunge, 1971).

La investigación fue de aspecto explicativo y comparativo, ya que se buscó demostrar el diseño correcto de los elementos estructurales de una nave industrial utilizando el programa Robot Structural Analysis, para poder obtener un buen análisis y diseño de sus elementos principales, secundarios y de sus conexiones, así mismo. Se considera comparativo porque buscó determinar las diferencias entre los valores obtenidos utilizando el software Robot Structural Analysis y los valores obtenidos mediante los cálculos empíricos.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Robot Structural Analysis.

Variable dependiente: Diseño de una Nave industrial.

Se puede visualizar la matriz de operacionalización en los anexos.

Tabla 7. Matriz de operacionalización de variables

| "Diseño de nave industrial incorporando la norma E.020 en el análisis de viento de Robot Structural Analysis 2018" | | | | | |
|--|--|--|---|--------------------|------------------------|
| VARIABLES | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | INDICADORES | ESCALA DE MEDICION | INTERVALOS |
| ROBOT STRUCTURAL | Es una herramienta BIM el cual agiliza el cálculo del análisis y diseño de una nave industrial tiene herramientas como análisis de viento que agiliza el cálculo en estructuras metálicas. | ANALISIS DE VIENTO | LA PRESION EXTERIO DE VIENTO | Kgf/m2 | ----- |
| | | | LA VELOCIDAD DE DISEÑO | km/h | 30 a 130 |
| DISEÑO DE UNA NAVE INDUSTRIAL METALICA | El diseño de una nave industrial a dos aguas calculando a partir del analisis de viento y analisis sismico el cual según la combinacion de cargas es diseñada segun los valores indicados por la norma E.020 y la norma E.030. | ANALISIS SISMICO DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON LA NORMA E.030 | DESPLAZAMIENTO DE LA EDIFICACION | mm | ----- |
| | | DISEÑO DE UNA NAVE INDUSTRIAL A 2 AGUAS | DISEÑO DE SECCIONES | NORMA AISC 14TH | ----- |
| | | COMBINACION DE CARGA | SECCIONES CREADAS CON CARGA DE VIENTO GENERADO DEL ROBOT STRUCTURAL | LRFD | DISEÑO DE SECCIONES(A) |
| | | | SECCIONES CREADAS CON CARGA DE VIENTO GENERADO POR LA NORMA E.020 | LRFD | DISEÑO DE SECCIONES(B) |

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población, muestra y muestreo

La población del siguiente estudio fueron las naves industriales ubicadas en el distrito de Ataura, provincia de Jauja, departamento de Junín, por lo que se considera una población finita.

Según Manuel, "Si cada uno de los sujetos de estudio de una investigación tuvieran exactamente las mismas características, el tamaño de muestra requerido seria solo uno; pero al no presentarse el caso, necesitamos establecer un tamaño de muestra que sea mayor de uno, pero menor que la población total o universo. El tamaño de muestra generalmente se limita por el costo que involucra, o por el tiempo disponible para la investigación" (Borja Suárez, 2012, p34).

La muestra corresponde a la estructura a diseñar y analizar, la nave industrial a dos aguas que será construida en el distrito de Ataura, provincia de Jauja y departamento de Junín, el cual será utilizado para almacenar granos de para cultivo y consumo de la zona.

El muestreo fue no probabilístico ya que el siguiente estudio no se enfoca en determinar un resultado en base a un conjunto de naves industriales, sino específicamente al diseño y análisis de una nave industrial que será construida en el distrito de Ataura, provincia de Jauja y departamento de Junín.

La unidad de análisis corresponde a una muestra espontánea, se conoce que el aeropuerto de Jauja se ubica aproximadamente a 4 Km de distancia, donde se construyó un hangar, sin embargo, ante las dificultades de ingreso y adquisición de información, por este motivo el estudio se centró en la nave industrial que se plantea construir en el terreno ubicado dentro del distrito de Ataura.

Fueron considerados los siguientes criterios:

Criterios de inclusión

- Nave industrial a dos aguas.
- Debe estar ubicada en el distrito de Ataura.

Criterios de exclusión

- Otro tipo de estructuras metálica como hangares, cubiertas curvas, paneles publicitarios, etc.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utilizó para recopilar la información es la Observación, se observaron los resultados de la estructura con respecto a las cargas de viento, las fuerzas actuantes, los desplazamientos y se analizaron como estos resultados son los adecuados según la Norma E.020 y E.030, normas que forman parte del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La recolección de datos fue utilizando el software Robot Structural Analysis, este fue el principal instrumento para generar el modelamiento, análisis y diseño, estando aprobado por la empresa Autodesk, el reglamento nacional de

edificaciones que esta validado por el colegio de ingenieros y el estado peruano. Como ultimo instrumento es el Excel de la empresa Office donde se desarrollarán el cálculo de las presiones de viento.

3.5. Procedimientos

El procedimiento consistió en realizar el predimensionamiento según los datos de la zona, una vez predimensionado se procedió al modelamiento utilizando la normativa AISC para las secciones de barras, luego se aplicaron las cargas vivas, muertas y cargas de viento según lo estableció la zona según el mapa eólico del Perú, posteriormente se realizó el análisis modal, se procedió a realizar el análisis sísmico, por último se diseñaron los elementos principales, secundarios y sus conexiones de la nave industrial dentro del programa Robot Structural Analysis, considerando la normativa peruana.

El estudio del análisis de viento y análisis sísmicos generado por el Robot Structural Analysis fueron los resultados finales para el diseño de la nave industrial a dos aguas.

3.6. Método de análisis de datos

El método utilizado para analizar los datos fue descriptivo, debido a que tiene como finalidad describir un conjunto de datos, obtenidos al diseñar la nave industrial a dos aguas en el software Robot Structural Analysis, utilizando la herramienta pudo predimensionar, analizar y diseñar progresivamente para de la siguiente manera demostrar un correcto modelamiento y diseño de la nave industrial

Los resultados obtenidos del análisis se presentarán en tablas donde se visualizan los desplazamientos con respecto al análisis de sismo y el de viento, con el espectro utilizado para el análisis sísmico, así también se presentó una tabla donde se hace una comparativa de las secciones determinadas con las cargas de viento generadas por software Robot Structural Analysis y las secciones calculadas empíricamente.

3.7. Aspectos éticos

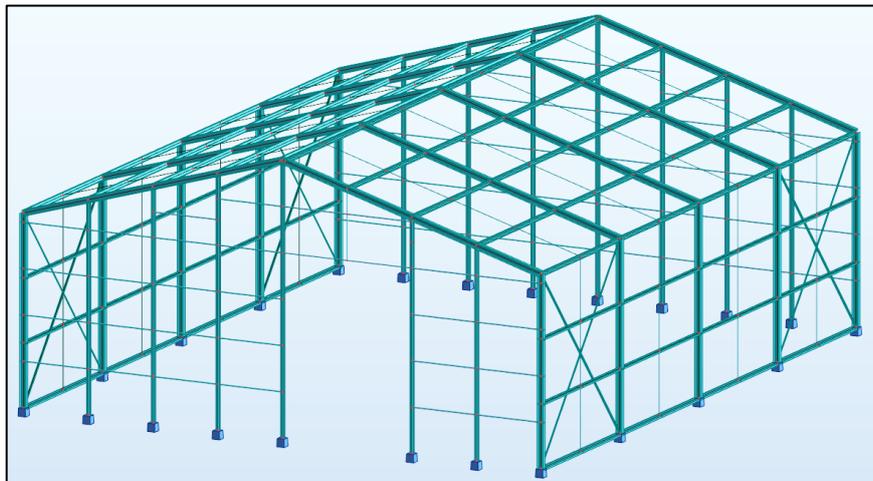
Para la oficina de investigación Lima (UCV, 2016), indicó que “El investigador debe tener compromiso de exponer los resultados con veracidad, respecto por la propiedad intelectual, responsabilidad y ética” p(12). Por su parte, los

investigadores se comprometen a respetar la veracidad de las ponencias de los juicios de experto, es decir, desarrollando los contenidos apropiados para dicha investigación, así como la confiabilidad de los datos obtenidos mediante la recolección de información que se realizarán.

IV. RESULTADOS

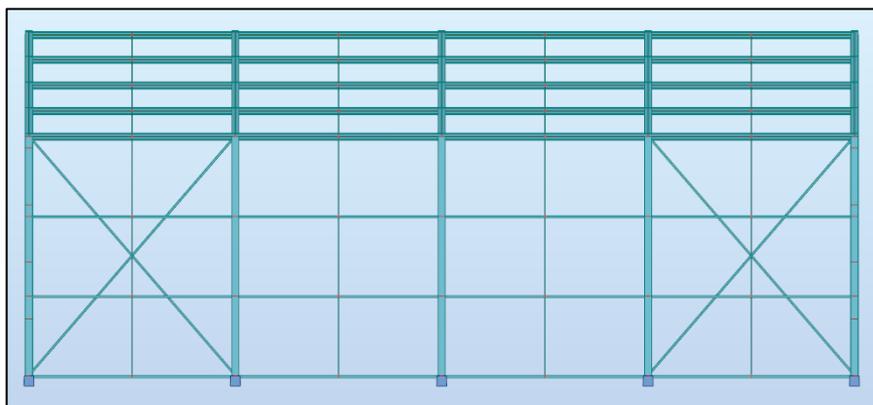
Se realizó el diseño y modelado en el software Robot Structural, en las siguientes imágenes se aprecian las vistas generales y de perfil.

Figura 5. *Vista general de elementos internos de la estructura*



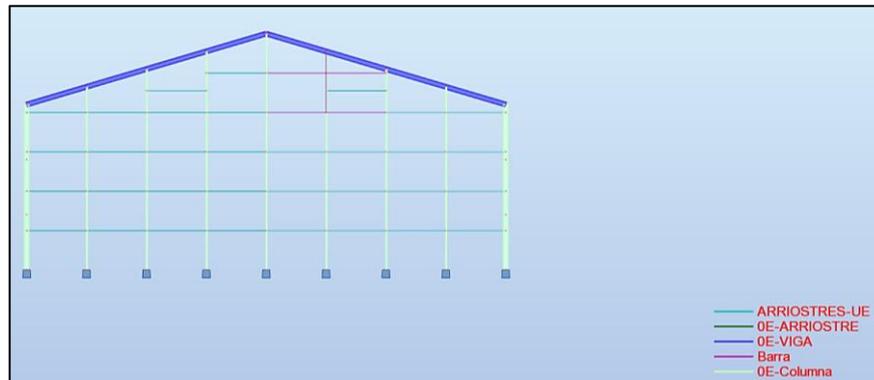
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. *Vista de perfil del diseño*



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Vista frontal de la estructura



Fuente: Elaboración propia.

El resultado del análisis de viento con la norma E.020 - Cargas en el programa Robot Structural se realizó utilizando la velocidad de diseño de diseño de 75 Km/h y con las presiones calculadas según la tabla de factores de forma.

Tabla 8. Caso 1: X – X Presión

| Caso 1: X-X Presión | | | |
|---------------------|------|---------|-------------------|
| Cara afectada | C | Ph | Unidad |
| Cara frontal | 0.8 | 22.500 | Kg/m ² |
| Cara opuesta | -0.6 | -16.875 | Kg/m ² |
| Cara lateral | -0.7 | -19.688 | Kg/m ² |
| Cara inc. opuesta | -0.6 | -16.875 | Kg/m ² |
| Cara inc. frontal | 0.7 | 19.6875 | Kg/m ² |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Caso 2: X – X Succión

| Caso 2: X-X Succión | | | |
|---------------------|------|---------|-------------------|
| Cara afectada | C | Ph | Unidad |
| Cara frontal | 0.8 | 22.500 | Kg/m ² |
| Cara opuesta | -0.6 | -16.875 | Kg/m ² |
| Cara lateral | -0.7 | -19.688 | Kg/m ² |
| Cara inc. opuesta | -0.6 | -16.875 | Kg/m ² |
| Cara inc. frontal | -0.3 | -8.4375 | Kg/m ² |

Fuente: Elaboración propia.

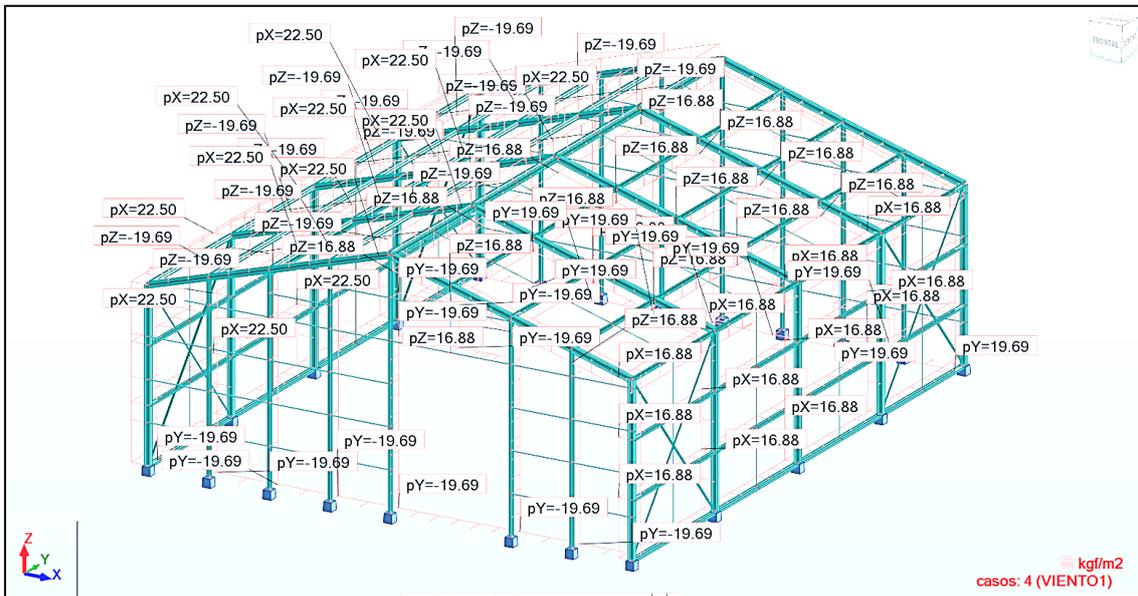
Tabla 10. Caso 3: Y – Y Presión

| Caso 2: Y-Y Presión | | | |
|---------------------|------|---------|--------|
| Cara afectada | C | Ph | Unidad |
| Cara frontal | 0.8 | 22.500 | Kg/m2 |
| Cara opuesta | -0.6 | -16.875 | Kg/m2 |
| Cara lateral | -0.7 | -19.688 | Kg/m2 |

Fuente: Elaboración propia.

Las presiones calculadas en la **Tabla 8**, **Tabla 9** y **Tabla 10** fueron ingresadas al programa Robot Structural como cargas distribuidas sobre la superficie que indican en la tabla lo podemos apreciar como cara frontal, opuesta, lateral, cara inclinada opuesta y cara inclinada frontal, Se puede ver en la Tabla, las presiones calculadas y con su respectivo coeficiente extraído de la tabla de factores de formas que está ubicado en el R.N.E. E.020 - Cargas el siguiente paso se colocaron las presiones como se puede apreciar en la **Figura 8**, **Figura 9** y **Figura 10**.

Figura 8. Caso 1: X - X Presión



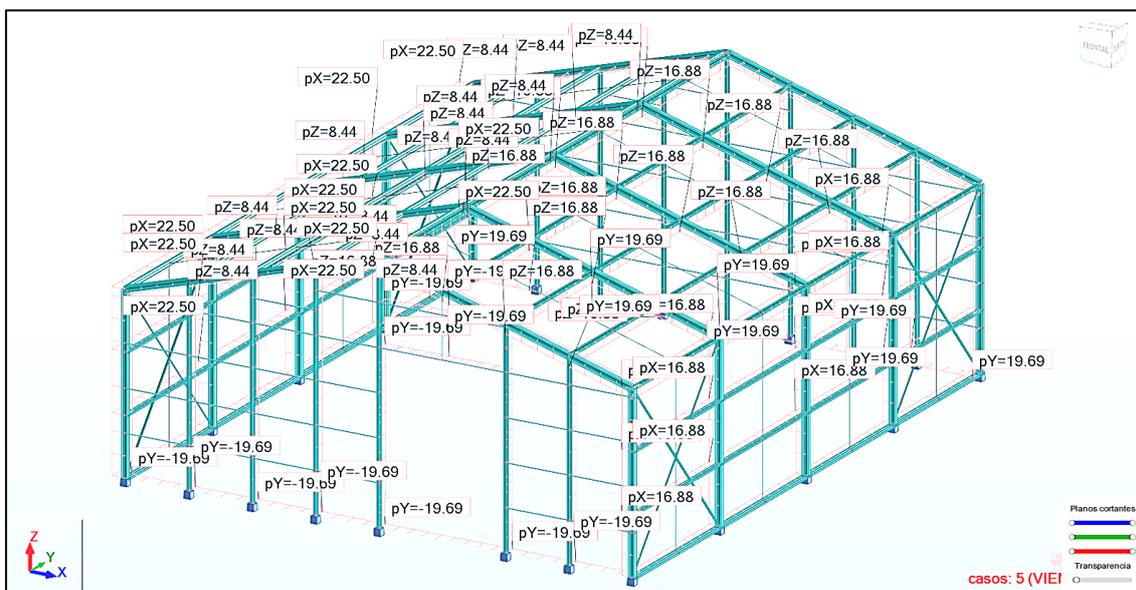
Fuente: Elaboración propia. Se visualiza el modelo de la nave industrial con las presiones ingresadas en el Caso 1: X-X Presión.

Como se puede apreciar en la imagen se ingresan los datos que se indicaron en la **Tabla 8**. Caso 1: X-X Presión, en la cara frontal se aprecia una carga 22.5 Kg/m2 (es la cara con respecto al eje X-X), en la cara opuesta un valor de 16.88 Kg/m2,

en las caras laterales se colocó la presión de 19.69 Kg/m², en la cara inclinada opuesta se colocó la presión 16.88 Kg/m² y en la cara inclinada frontal se colocó una presión de 19.69 Kg/m².

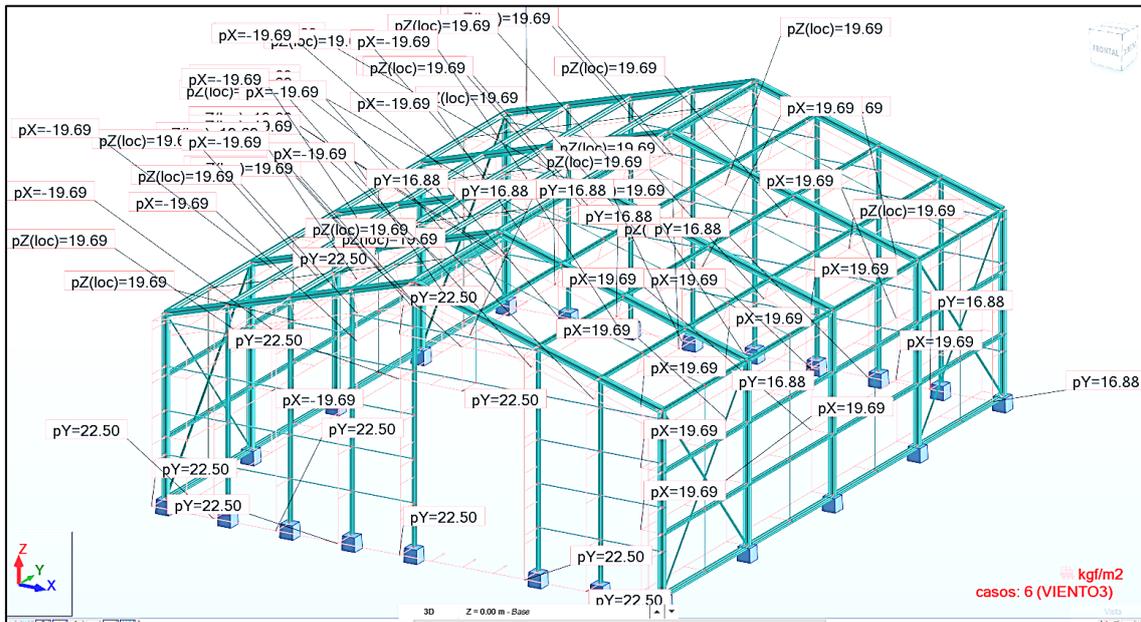
Con estas presiones indicadas se puede hacer el análisis de viento en esta dirección como también podemos averiguar cuanto es el desplazamiento en esta dirección. Cabe recalcar que la cara inclinada frontal según la tabla de factores de forma se tenía 2 coeficientes por lo tanto se realizó también el análisis con el otro caso por succión debido al coeficiente -0.3 establecido en la tabla de factores de forma, en la **Figura 9** se utilizó los valores de la **Tabla 9** Caso 2: X-X Succión en la cara frontal se aprecia una carga 22.5 Kg/m² (es la cara con respecto al eje X-X), en la cara opuesta un valor de 16.88 Kg/m² , en las caras laterales se colocó la presión de 19.69 kg/m², en la cara inclinada opuesta se colocó la presión 16.88 Kg/m² y en la cara inclinada frontal se colocó una presión de 8.44 Kg/m².

Figura 9. Caso 2: X - X Succión



Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Caso 3: Y - Y Presión



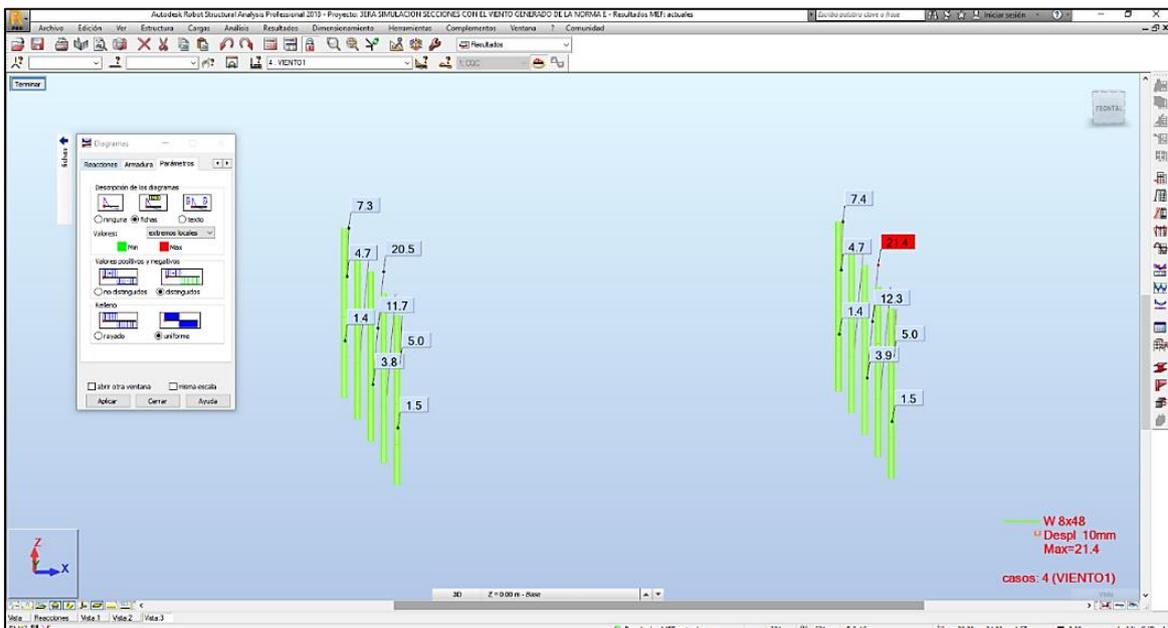
Fuente: Elaboración propia.

El caso 3 se aprecia en la **Figura 10** las presiones que se colocaron están indicados en la **Tabla 10**.

En la cara frontal de la imagen en dirección Y-Y se colocó la presión de 22.5 Kg/m^2 , en la cara frontal opuesta se colocó la presión de 16.8 Kg/m^2 y por último en la superficie lateral se utilizó una presión de 19.69 , estas presiones fueron calculadas según la norma E.020 – Cargas, artículo 12 de viento con las presiones ingresadas al Modelo de Nave industrial a dos aguas en el Robot Structural se procederá a realizar el análisis de viento para evaluar los desplazamientos.

Se realizó el análisis de viento con los casos de viento ingresados previamente con la norma del R.N.E. E.020 – Cargas en el Robot Structural, obteniendo los desplazamientos.

Figura 11. Análisis de viento del Caso 1: X - X Presión



Fuente: Elaboración propia.

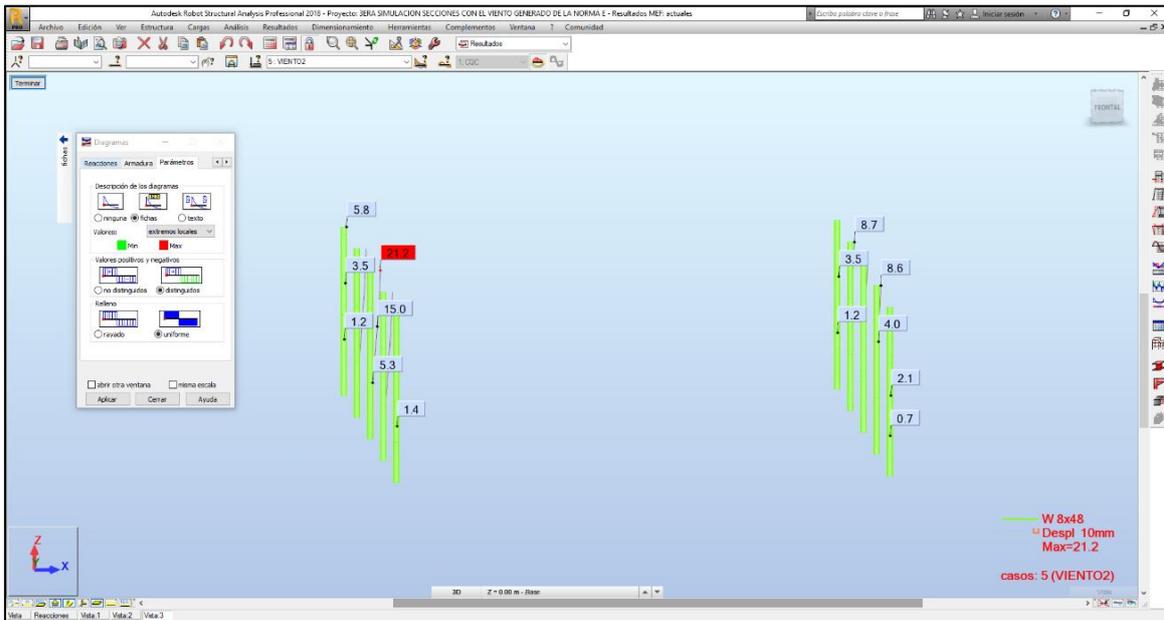
En la **Figura 11** el análisis de viento del **Caso 1** se puede apreciar el desplazamiento de 21.4 mm desplazamiento que utilizamos para calcular la deriva, (la deriva máxima para materiales predominante de acero es 0.010 también se puede utilizar el doble de esta deriva ya que la norma indica que para estructuras de uso industrial son establecidas por el proyectista, pero en ningún caso puede ser el doble) esta deriva dio como resultado 0.00917 teniendo una deriva menor a la permitida.

Tabla 11. Resultados obtenidos del análisis de viento del Caso 1

| | | | |
|----------|-----------------|---------|-----------|
| Viento 1 | Desplazamiento | 21.40 | mm |
| | h (Altura) | 7000 | mm |
| | R (Coeficiente) | 4 | |
| | Deriva | 0.00917 | Si cumple |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Análisis de viento del Caso 2: X - X Succión



Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la **Figura 12** que el análisis de viento en el Caso 2 X-X Succión tiene como máximo desplazamiento 21.2 mm en las columnas izquierdas teniendo como resultado una deriva de 0.009 esta deriva es menor a 0.010 por lo tanto cumple en este caso de viento la estructura puede soportar el viento en esta dirección. También se indican valores como la altura de la columna que es 7 metros y el valor de R (coeficiente básico de reducción) que es extraído del RNE E.030 – Diseño Sismorresistente como pórticos ordinarios concéntricamente arriostrados (OCBF) con un valor de 4.

Tabla 12. Resultados obtenidos del análisis de viento del Caso 2

| | | | |
|----------|-----------------|---------|-----------|
| Viento 2 | Desplazamiento | 21.20 | mm |
| | h (Altura) | 7000 | mm |
| | R (Coeficiente) | 4 | |
| | Deriva | 0.00909 | Si cumple |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Análisis de viento del Caso 3: Y - Y Presión



Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la **Figura 13** análisis de viento de Caso 3 Y-Y Presión. En la columna izquierda sombreada de rojo el mayor desplazamiento con un valor de 6.5 mm al otro extremo se también se observó un desplazamiento de 6.4 para el cálculo de la deriva se utilizará el mayor desplazamiento teniendo como resultado una deriva de 0.00279 siendo menor a la deriva permitida que es 0.010. por lo tanto, se demuestra de esta manera que la nave industrial puede soportar la presión en esta dirección Y-Y según el margen indicado por la norma E.020 – Cargas generadas por el viento.

Tabla 13. Resultados del análisis de viento del Caso 3

| | | | |
|----------|-----------------|---------|-----------|
| Viento 3 | Desplazamiento | 6.50 | mm |
| | h (Altura) | 7000 | mm |
| | R (Coeficiente) | 4 | |
| | Deriva | 0.00279 | Si cumple |

Fuente: Elaboración propia.

Continuando con los objetivos propuestos, se utilizaron los parámetros de diseño de la norma ASCE-15 (ANSI/AISC 360-10), para diseñar las secciones adecuadas, se puede apreciar en las siguientes figuras las secciones óptimas para la nave industrial.

Figura 14. Secciones óptimas para nave industrial

| Barra | Perfil | Material | Lay | Laz | Solicit. | Caso |
|--------------------------------------|--------------|-----------|--------|--------|----------|------------------|
| Grupo : 1 viga-columna(E) | | | | | | |
| 7 | W 8x40 | STEEL A36 | 1.11 | 1.92 | 1.30 | 14 |
| | W 8x48 | | 1.09 | 1.89 | 0.91 | COMB3(1.2d+1.6LR |
| | W 8x58 | | 1.08 | 1.88 | 0.83 | +0.8WCASO1) |
| Grupo : 2 ARRIOSTRES(E) | | | | | | |
| 75 | L 2x2x0.125 | STEEL A36 | 585.04 | 585.04 | 0.62 | 19 |
| 0E-ARRIOSTRE_ | L 2x2x0.1875 | | 592.46 | 592.46 | 0.34 | COMB8(1.2d+1.3W |
| 75 | L 2x2x0.25 | | 599.55 | 599.55 | 0.26 | CASO3+0.5LR) |
| Grupo : 3 VIGUETA | | | | | | |
| 473 | C 7x14.75 | STEEL A36 | 47.12 | 209.98 | 0.57 | 14 |
| | C 8x11.5 | | 38.03 | 189.44 | 0.57 | COMB3(1.2d+1.6LR |
| | C 8x13.75 | | 39.46 | 192.32 | 0.52 | +0.8WCASO1) |
| Grupo : 4 VIGA LATERAL | | | | | | |
| 465 | C 7x14.75 | STEEL A36 | 47.12 | 209.98 | 0.26 | 16 |
| | C 8x11.5 | | 38.03 | 189.44 | 0.28 | COMB5(1.2d+1.6LR |
| | C 8x13.75 | | 39.46 | 192.32 | 0.25 | +0.8WCASO3) |
| Grupo : 5 COLUMNETAS | | | | | | |
| 30 | C 8x18.75 | STEEL A36 | 46.49 | 219.48 | 0.56 | 19 |
| | C 9x13.4 | | 37.68 | 196.91 | 0.62 | COMB8(1.2d+1.3W |
| | C 9x15 | | 38.55 | 199.18 | 0.58 | CASO3+0.5LR) |
| Grupo : 6 VARILLAS(E) | | | | | | |
| 49 | RB 1.9375 | STEEL A36 | 205.23 | 205.23 | 0.54 | 19 |
| | RB 2 | | 198.82 | 198.82 | 0.49 | COMB8(1.2d+1.3W |
| | RB 2.0625 | | 192.79 | 192.79 | 0.45 | CASO3+0.5LR) |
| Grupo : 7 SECCION VARIABLE(e) | | | | | | |
| 57 Barra_57 | RB 1.625 | STEEL A36 | 88.84 | 88.84 | 1.06 | 19 |
| | RB 1.6875 | | 85.54 | 85.54 | 0.95 | COMB8(1.2d+1.3W |
| | RB 1.75 | | 82.49 | 82.49 | 0.85 | CASO3+0.5LR) |
| Grupo : 8 SECCION VARIABLE(e) | | | | | | |
| 57 Barra_57 | RB 1.625 | STEEL A36 | 88.84 | 88.84 | 1.06 | 19 |
| | RB 1.6875 | | 85.54 | 85.54 | 0.95 | COMB8(1.2d+1.3W |
| | RB 1.75 | | 82.49 | 82.49 | 0.85 | CASO3+0.5LR) |

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 15** se aprecia la sección W8x48 esta sección será utilizadas para las vigas y columnas principales, como se puede apreciar el ratio es menor a 1 demostrando de esta manera que soporta la carga a ser diseñada (el ratio es la relación de la carga ultima sobre lo que resiste por lo tanto debe ser menor a 1). También se indicaron los límites de esbeltez máxima en tracción 300 y compresión 200. Teniendo como resultado de esbeltez con respecto al eje Z 1.89 y la esbeltez con respecto al eje Y 1.09.

Figura 15. Detalle de las secciones Grupo: 1 viga-columna

| CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO | | | |
|---|---|---|--|
| NORMA: ANSI/AISC 360-10 An American National Standard, June 22, 2010 TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras | | | |
| GRUPO: 1 viga-columna(E) BARRA: 7 PUNTOS: 1 COORDENADA: x = 0.00 L = 0.00 m | | | |
| CARGAS: <i>Caso de carga más desfavorable:</i> 14 COMB3(1.2d+1.6LR+0.8WCASO1) (1+2)*1.20+3*1.60+4*0.80 | | | |
| MATERIAL: STEEL A36 $F_y = 2531.05 \text{ kgf/cm}^2$ $F_u = 4077.80 \text{ kgf/cm}^2$ $E = 2038902.42 \text{ kgf/cm}^2$ | | | |
|  PARAMETROS DE LA SECCION: W 8x48 | | | |
| d=21.6 cm | $A_y=71.68 \text{ cm}^2$ | $A_z=21.94 \text{ cm}^2$ | $A_x=90.97 \text{ cm}^2$ |
| bf=20.6 cm | $I_y=7658.66 \text{ cm}^4$ | $I_z=2534.85 \text{ cm}^4$ | $J=81.58 \text{ cm}^4$ |
| tw=1.0 cm | $S_y=709.46 \text{ cm}^3$ | $S_z=246.11 \text{ cm}^3$ | |
| tf=1.7 cm | $Z_y=802.97 \text{ cm}^3$ | $Z_z=375.26 \text{ cm}^3$ | |
| PARAMETROS DE LA BARRA: | | | |
|  |  |  | |
| $L_y = 0.10 \text{ m}$ | $L_z = 0.10 \text{ m}$ | $L_b = 0.10 \text{ m}$ | |
| $K_y = 1.00$ | $K_z = 1.00$ | $C_b = 1.04$ | |
| $KL_y/ry = 1.09$ | $KL_z/rz = 1.89$ | | |
| ESFUERZOS INTERNOS: $Tr = -580.59 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ $fr_{vy,mx} = 1238.24 \text{ kgf/cm}^2$ $fr_{vz,mx} = 723.06 \text{ kgf/cm}^2$ | | RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO | |
| $Pr = 5541.68 \text{ kgf}$ | $V_{ry} = -20.26 \text{ kgf}$ | $Fic \cdot P_n = 207180.06 \text{ kgf}$ | |
| $M_{ry} = -2136.40 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ | $V_{rz} = 1859.13 \text{ kgf}$ | $Fib \cdot M_{ny} = 18291.14 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ | $Fiv \cdot V_{ny} = 97972.36 \text{ kgf}$ |
| $M_{rz} = 1780.17 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ | | $Fib \cdot M_{nz} = 8548.31 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ | $1.00 \cdot V_{nz} = 33311.83 \text{ kgf}$ |
| PARÁMETRO DE SEGURIDAD | | | |
| $Fib = 0.90$ | $Fic = 0.90$ | $Fiv = 0.90$ | |
| ELEMENTOS DE LA SECCION: ala = compacto alma = compacto | | | |
| FORMULAS DE VERIFICACION: $Pr/(2 \cdot Fic \cdot P_n) + M_{ry}/(Fib \cdot M_{ny}) + M_{rz}/(Fib \cdot M_{nz}) = 0.34 < 1.00$ LRFD (H1-1b) Verificado $V_{ry}/(Fiv \cdot V_{ny}) + fr_{vy,mx}/(0.6 \cdot Fiv \cdot F_y) = 0.91 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado $V_{rz}/(1.00 \cdot V_{nz}) + fr_{vz,mx}/(0.6 \cdot 1.00 \cdot F_y) = 0.53 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado $K_y \cdot L_y/ry = 1.09 < (K \cdot L/r)_{max} = 200.00$ $K_z \cdot L_z/rz = 1.89 < (K \cdot L/r)_{max} = 200.00$ ESTABLE | | | |
| Perfil correcto !!! | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 16 se puede apreciar el diseño de barra L 2x2x0.1875 esta barra es cumple la función de arriostrar la nave industrial.

Figura 16. Detalle de las secciones Grupo: 2 arriostres

| CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO | | | |
|--|---|----------------------------------|---------------------------------|
| NORMA: ANS/AISC 360-10 An American National Standard, June 22, 2010 | | | |
| TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras | | | |
| GRUPO: 2 ARRIOSTRES(E) | | | |
| BARRA: 75 0E-ARRIOSTRE_75 | | PUNTOS: 3 | COORDENADA: x = 1.00 L = 9.22 m |
| CARGAS: | | | |
| Caso de carga más desfavorable: 19 COMB8(1.2d+1.3WCASO3+0.5LR) (1+2)*1.20+3*0.50+6*1.30 | | | |
| MATERIAL: | | | |
| STEEL A36 Fy = 2531.05 kgf/cm2 Fu = 4077.80 kgf/cm2 E = 2038902.42 kgf/cm2 | | | |
|  | | | |
| PARAMETROS DE LA SECCION: L 2x2x0.1875 | | | |
| d=5.1 cm | Ay=2.42 cm2 | Az=2.42 cm2 | Ax=4.66 cm2 |
| bf=5.1 cm | Iy=11.28 cm4 | Iz=11.28 cm4 | J=0.38 cm4 |
| tw=0.5 cm | Sy=3.09 cm3 | Sz=3.09 cm3 | |
| tf=0.5 cm | Zy=5.54 cm3 | Zz=5.54 cm3 | |
| PARAMETROS DE LA BARRA: | | | |
|  |  | | |
| Ly = 9.22 m | Lz = 9.22 m | | |
| Ky = 1.00 | Kz = 1.00 | | |
| KLy/ry = 592.46 | KLz/rz = 592.46 | | |
| ESFUERZOS INTERNOS: | | RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO | |
| Tr = 0.06 kgf*m | frvy,mx = 7.01 kgf/cm2 | Fity*Pnty = 10610.80 kgf | |
| | frvz,mx = 7.01 kgf/cm2 | Fib*Mny = 105.45 kgf*m | Fiv*Vny = 3306.69 kgf |
| Pr = -569.75 kgf | Vry = -37.93 kgf | Fib*Mnz = 105.45 kgf*m | Fiv*Vnz = 3306.69 kgf |
| Mry = -2.00 kgf*m | Vrz = -3.21 kgf | | |
| Mrz = 30.54 kgf*m | | | |
| PARÁMETRO DE SEGURIDAD | | | |
| Fib = 0.90 | Fity = 0.90 | Fiv = 0.90 | |
| ELEMENTOS DE LA SECCION: | | | |
| ala = compacto | alma = compacto | | |
| FORMULAS DE VERIFICACION: | | | |
| $Pr/(2*Fity*Pnty) + Mry/(Fib*Mny) + Mrz/(Fib*Mnz) = 0.34 < 1.00$ LRFD (H1-1b) Verificado | | | |
| $Vry/(Fiv*Vny) + frvy,mx/(0.6*Fiv*Fy) = 0.02 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| $Vrz/(Fiv*Vnz) + frvz,mx/(0.6*Fiv*Fy) = 0.01 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| Perfil correcto !!! | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 17** se puede apreciar el cálculo de diseño de la vigueta C 8x11.5

Figura 17. Detalle de las secciones Grupo: 3 vigueta

| CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO | | | |
|---|--|--|--------------------------|
| NORMA: ANSI/AISC 360-10 An American National Standard, June 22, 2010 | | | |
| TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras | | | |
| GRUPO: 3 VIGUETA | | | |
| BARRA: 473 | PUNTOS: 1 | COORDENADA: x = 0.00 L = 0.00 m | |
| CARGAS: | | | |
| Caso de carga más desfavorable: 14 COMB3(1.2d+1.6LR+0.8WCASO1) (1+2)*1.20+3*1.60+4*0.80 | | | |
| MATERIAL: | | | |
| STEEL A36 Fy = 2531.05 kgf/cm ² Fu = 4077.80 kgf/cm ² E = 2038902.42 kgf/cm ² | | | |
|  PARAMETROS DE LA SECCION: C 8x11.5 | | | |
| d=20.3 cm | Ay=11.37 cm ² | Az=11.35 cm ² | Ax=21.74 cm ² |
| bf=5.7 cm | Iy=1352.75 cm ⁴ | Iz=54.53 cm ⁴ | J=5.41 cm ⁴ |
| tw=0.6 cm | Sy=133.14 cm ³ | Sz=12.72 cm ³ | |
| tf=1.0 cm | Zy=157.81 cm ³ | Zz=25.73 cm ³ | |
| PARAMETROS DE LA BARRA: | | | |
|  |  |  | |
| Ly = 3.00 m | Lz = 3.00 m | Lb = 3.00 m | |
| Ky = 1.00 | Kz = 1.00 | Cb = 2.11 | |
| KLy/ry = 38.03 | KLz/rz = 189.44 | | |
| ESFUERZOS INTERNOS: | | RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO | |
| Tr = -0.31 kgf*m | frvy,mx = 5.70 kgf/cm ² | Fity*Pnty = 49526.86 kgf | |
| | frvz,mx = 3.22 kgf/cm ² | Fib*Mny = 3594.77 kgf*m | Fiv*Vny = 15544.09 kgf |
| Pr = -1.03 kgf | Vry = -183.97 kgf | Fib*Mnz = 463.51 kgf*m | Fiv*Vnz = 15519.40 kgf |
| Mry = -597.55 kgf*m | Vrz = 655.10 kgf | | |
| Mrz = -188.21 kgf*m | | | |
| PARÁMETRO DE SEGURIDAD | | | |
| Fib = 0.90 | Fity = 0.90 | Fiv = 0.90 | |
| ELEMENTOS DE LA SECCION: | | | |
| ala = compacto | | alma = compacto | |
| FORMULAS DE VERIFICACION: | | | |
| $Pr/(2 \cdot Fity \cdot Pnty) + Mry/(Fib \cdot Mny) + Mrz/(Fib \cdot Mnz) = 0.57 < 1.00$ LRFD (H1-1b) Verificado | | | |
| $Vry/(Fiv \cdot Vny) + frvy,mx/(0.6 \cdot Fiv \cdot Fy) = 0.02 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| $Vrz/(Fiv \cdot Vnz) + frvz,mx/(0.6 \cdot Fiv \cdot Fy) = 0.04 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| $Ky \cdot Ly/ry = 38.03 < (K \cdot L/r)_{max} = 300.00$ $Kz \cdot Lz/rz = 189.44 < (K \cdot L/r)_{max} = 300.00$ ESTABLE | | | |
| Perfil correcto !!! | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 18** se puede apreciar el cálculo de diseño de la viga lateral C 8x11.5

Figura 18. Detalle de las secciones Grupo: 4 viga lateral

| CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO | | | |
|--|---|---|--------------------------|
| NORMA: <i>ANSI/AISC 360-10 An American National Standard, June 22, 2010</i> | | | |
| TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras | | | |
| GRUPO: 4 VIGA LATERAL | | | |
| BARRA: 465 | PUNTOS: 3 | COORDENADA: x = 1.00 L = 3.00 m | |
| CARGAS: <i>Caso de carga más desfavorable:</i> 16 COMB5(1.2d+1.6LR+0.8WCASO3) (1+2)*1.20+3*1.60+6*0.80 | | | |
| MATERIAL: STEEL A36 Fy = 2531.05 kgf/cm ² Fu = 4077.80 kgf/cm ² E = 2038902.42 kgf/cm ² | | | |
|  PARAMETROS DE LA SECCION: C 8x11.5 | | | |
| d=20.3 cm | Ay=11.37 cm ² | Az=11.35 cm ² | Ax=21.74 cm ² |
| bf=5.7 cm | Iy=1352.75 cm ⁴ | Iz=54.53 cm ⁴ | J=5.41 cm ⁴ |
| tw=0.6 cm | Sy=133.14 cm ³ | Sz=12.72 cm ³ | |
| tf=1.0 cm | Zy=157.81 cm ³ | Zz=25.73 cm ³ | |
| PARAMETROS DE LA BARRA: | | | |
|  Ly = 3.00 m |  Lz = 3.00 m |  Cb = 1.12 | |
| Ky = 1.00 | Kz = 1.00 | Lb = 3.00 m | |
| KLy/ry = 38.03 | KLz/rz = 189.44 | | |
| ESFUERZOS INTERNOS: | | RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO | |
| Tr = -0.61 kgf*m | frvy,mx = 11.13 kgf/cm ² | Fity*Pnty = 49526.86 kgf | |
| | frvz,mx = 6.28 kgf/cm ² | Fib*Mny = 2529.46 kgf*m | Fiv*Vny = 15544.09 kg |
| Pr = -23.52 kgf | Vry = -126.08 kgf | Fib*Mnz = 463.51 kgf*m | Fiv*Vnz = 15519.40 kg |
| Mry = -210.93 kgf*m | Vrz = 19.41 kgf | | |
| Mrz = 89.57 kgf*m | | | |
| PARÁMETRO DE SEGURIDAD | | | |
| Fib = 0.90 | Fity = 0.90 | Fiv = 0.90 | |
| ELEMENTOS DE LA SECCION: | | | |
| ala = compacto | alma = compacto | | |
| FORMULAS DE VERIFICACION: | | | |
| $Pr/(2*Fity*Pnty) + Mry/(Fib*Mny) + Mrz/(Fib*Mnz) = 0.28 < 1.00$ LRFD (H1-1b) Verificado | | | |
| $Vry/(Fiv*Vny) + frvy,mx/(0.6*Fiv*Fy) = 0.02 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| $Vrz/(Fiv*Vnz) + frvz,mx/(0.6*Fiv*Fy) = 0.01 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| $Ky*Ly/ry = 38.03 < (K*L/r)_{max} = 300.00$ $Kz*Lz/rz = 189.44 < (K*L/r)_{max} = 300.00$ ESTABLE | | | |
| Perfil correcto !!! | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 19** se puede apreciar el cálculo de diseño de la columneta C 9x13.4

Figura 19. Detalle de las secciones Grupo: 5 columnetas

| CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO | | | |
|--|--------------------------------------|--|-------------------------------------|
| NORMA: ANSI/AISC 360-10 An American National Standard, June 22, 2010 TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras | | | |
| GRUPO: 5 COLUMNETAS BARRA: 30 PUNTOS: 3 COORDENADA: x = 1.00 L = 1.67 m | | | |
| CARGAS: <i>Caso de carga más desfavorable:</i> 19 COMB8(1.2d+1.3WCASO3+0.5LR) (1+2)*1.20+3*0.50+6*1.30 | | | |
| MATERIAL: STEEL A36 $F_y = 2531.05 \text{ kgf/cm}^2$ $F_u = 4077.80 \text{ kgf/cm}^2$ $E = 2038902.42 \text{ kgf/cm}^2$ | | | |
|  PARAMETROS DE LA SECCION: C 9x13.4 | | | |
| d=22.9 cm | $A_y=12.95 \text{ cm}^2$ | $A_z=13.53 \text{ cm}^2$ | $A_x=25.42 \text{ cm}^2$ |
| bf=6.2 cm | $I_y=1989.59 \text{ cm}^4$ | $I_z=72.84 \text{ cm}^4$ | J=6.99 cm ⁴ |
| tw=0.6 cm | $S_y=174.07 \text{ cm}^3$ | $S_z=15.68 \text{ cm}^3$ | |
| tf=1.0 cm | $Z_y=206.48 \text{ cm}^3$ | $Z_z=31.79 \text{ cm}^3$ | |
| PARAMETROS DE LA BARRA: | | | |
|  | |  | |
| $L_y = 1.67 \text{ m}$ | $L_z = 1.67 \text{ m}$ | | |
| $K_y = 2.00$ | $K_z = 2.00$ | | |
| $KL_y/ry = 37.68$ | $KL_z/rz = 196.91$ | | |
| ESFUERZOS INTERNOS: | | RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO | |
| $Tr = 0.06 \text{ kgf}^*m$ | $fr_{vy,mx} = 0.83 \text{ kgf/cm}^2$ | | |
| | $fr_{vz,mx} = 0.47 \text{ kgf/cm}^2$ | | |
| $Pr = 432.65 \text{ kgf}$ | $V_{ry} = -0.57 \text{ kgf}$ | $Fic*P_n = 10412.47 \text{ kgf}$ | $Fiv*V_{ny} = 17698.99 \text{ kgf}$ |
| $M_{ry} = -2792.26 \text{ kgf}^*m$ | $V_{rz} = -803.16 \text{ kgf}$ | $Fib*M_{ny} = 4703.44 \text{ kgf}^*m$ | $Fiv*V_{nz} = 18491.01 \text{ kgf}$ |
| $M_{rz} = 3.61 \text{ kgf}^*m$ | | $Fib*M_{nz} = 571.46 \text{ kgf}^*m$ | |
| PARÁMETRO DE SEGURIDAD | | | |
| $Fib = 0.90$ | $Fic = 0.90$ | $Fiv = 0.90$ | |
| ELEMENTOS DE LA SECCION: | | | |
| ala = compacto | | alma = compacto | |
| FORMULAS DE VERIFICACION: | | | |
| $Pr/(2*Fic*P_n) + M_{ry}/(Fib*M_{ny}) + M_{rz}/(Fib*M_{nz}) = 0.62 < 1.00$ LRFD (H1-1b) Verificado | | | |
| $V_{ry}/(Fiv*V_{ny}) + fr_{vy,mx}/(0.6*Fiv*F_y) = 0.00 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| $V_{rz}/(Fiv*V_{nz}) + fr_{vz,mx}/(0.6*Fiv*F_y) = 0.04 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| $K_y*L_y/ry = 37.68 < (K*L/r)_{max} = 200.00$ $K_z*L_z/rz = 196.91 < (K*L/r)_{max} = 200.00$ ESTABLE | | | |
| Perfil correcto !!! | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 20** se puede apreciar el cálculo de diseño de la varilla RB 2.

Figura 20. Detalle de las secciones Grupo: 6 varillas

| CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO | | | |
|---|--|--|--------------------------|
| NORMA: ANSI/AISC 360-10 An American National Standard, June 22, 2010 | | | |
| TIPO DE ANÁLISIS: Dimensionamiento de grupos de barras | | | |
| GRUPO: 6 VARILLAS(E) | | | |
| BARRA: 49 | PUNTOS: 3 | COORDENADA: x = 1.00 L = 2.52 m | |
| CARGAS: | | | |
| Caso de carga más desfavorable: 19 COMB8(1.2d+1.3WCASO3+0.5LR) (1+2)*1.20+3*0.50+6*1.30 | | | |
| MATERIAL: | | | |
| STEEL A36 Fy = 2531.05 kgf/cm ² Fu = 4077.80 kgf/cm ² E = 2038902.42 kgf/cm ² | | | |
|  PARAMETROS DE LA SECCION: RB 2 | | | |
| d=5.1 cm | Ay=20.27 cm ² | Az=20.27 cm ² | Ax=20.27 cm ² |
| | Iy=32.69 cm ⁴ | Iz=32.69 cm ⁴ | J=65.38 cm ⁴ |
| tw=2.5 cm | Sy=12.87 cm ³ | Sz=12.87 cm ³ | |
| | Zy=21.85 cm ³ | Zz=21.85 cm ³ | |
| PARAMETROS DE LA BARRA: | | | |
|  |  |  | |
| Ly = 2.52 m | Lz = 2.52 m | Lb = 2.52 m | |
| Ky = 1.00 | Kz = 1.00 | Cb = 1.00 | |
| KLy/ry = 198.82 | KLz/rz = 198.82 | | |
| ESFUERZOS INTERNOS: | | RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO | |
| Tr = -66.66 kgf*m | frvy,mx = 258.99 kgf/cm ² | | |
| | frvz,mx = 258.99 kgf/cm ² | | |
| Pr = 74.55 kgf | Vry = 131.33 kgf | Fic*Pn = 8144.05 kgf | Fiv*Vny = 13851.03 kgf |
| Mry = 17.33 kgf*m | Vrz = -3.01 kgf | Fib*Mny = 469.09 kgf*m | Fiv*Vnz = 13851.03 kgf |
| Mrz = -210.14 kgf*m | | Fib*Mnz = 469.09 kgf*m | |
| PARÁMETRO DE SEGURIDAD | | | |
| Fib = 0.90 | Fic = 0.90 | Fiv = 0.90 | |
| ELEMENTOS DE LA SECCION: | | | |
| ala = compacto | | alma = compacto | |
| FORMULAS DE VERIFICACION: | | | |
| $Pr/(2*Fic*Pn) + Mry/(Fib*Mny) + Mrz/(Fib*Mnz) = 0.49 < 1.00$ LRFD (H1-1b) Verificado | | | |
| $Vry/(Fiv*Vny) + frvy,mx/(0.6*Fiv*Fy) = 0.20 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| $Vrz/(Fiv*Vnz) + frvz,mx/(0.6*Fiv*Fy) = 0.19 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| $Ky*Lry/ry = 198.82 < (K*L/r),max = 200.00$ $Kz*Lrz/rz = 198.82 < (K*L/r),max = 200.00$ ESTABLE | | | |
| Perfil correcto !!! | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 21** se puede apreciar el cálculo de diseño de la varilla RB 1.6875

Figura 21. Detalle de las secciones Grupo: 7 sección variable

| CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO | | | |
|--|--|--|--------------------------|
| NORMA: <i>ANSI/AISC 360-10 An American National Standard, June 22, 2010</i> | | | |
| TIPO DE ANÁLISIS: <i>Dimensionamiento de grupos de barras</i> | | | |
| GRUPO: 7 SECCION VARIABLE(e) | | | |
| BARRA: 57 Barra_57 | PUNTOS: 3 | COORDENADA: x = 1.00 L = 0.92 m | |
| CARGAS: | | | |
| <i>Caso de carga más desfavorable:</i> 19 COMB8(1.2d+1.3WCASO3+0.5LR) (1+2)*1.20+3*0.50+6*1.30 | | | |
| MATERIAL: | | | |
| STEEL A36 Fy = 2531.05 kgf/cm ² Fu = 4077.80 kgf/cm ² E = 2038902.42 kgf/cm ² | | | |
|  PARAMETROS DE LA SECCION: RB 1.6875 | | | |
| d=4.3 cm | Ay=14.43 cm ² | Az=14.43 cm ² | Ax=14.43 cm ² |
| | Iy=16.57 cm ⁴ | Iz=16.57 cm ⁴ | J=33.14 cm ⁴ |
| tw=2.1 cm | Sy=7.73 cm ³ | Sz=7.73 cm ³ | |
| | Zy=13.12 cm ³ | Zz=13.12 cm ³ | |
| PARAMETROS DE LA BARRA: | | | |
|  |  |  | |
| Ly = 0.92 m | Lz = 0.92 m | Lb = 0.92 m | |
| Ky = 1.00 | Kz = 1.00 | Cb = 1.00 | |
| KLy/ry = 85.54 | KLz/rz = 85.54 | | |
| ESFUERZOS INTERNOS: | | RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO | |
| Tr = -16.22 kgf*m | frvy,mx = 104.91 kgf/cm ² | | |
| | frvz,mx = 104.91 kgf/cm ² | | |
| Pr = -63.37 kgf | | Fity*Pnty = 32869.14 kgf | |
| Mry = -10.37 kgf*m | Vry = 386.03 kgf | Fib*Mny = 281.77 kgf*m | Fiv*Vny = 9860.74 kgf |
| Mrz = -257.24 kgf*m | Vrz = -17.26 kgf | Fib*Mnz = 281.77 kgf*m | Fiv*Vnz = 9860.74 kgf |
| PARÁMETRO DE SEGURIDAD | | | |
| Fib = 0.90 | Fity = 0.90 | Fiv = 0.90 | |
| ELEMENTOS DE LA SECCION: | | | |
| ala = compacto | | alma = compacto | |
| FORMULAS DE VERIFICACION: | | | |
| Pr/(2*Fity*Pnty) + Mry/(Fib*Mny) + Mrz/(Fib*Mnz) = 0.95 < 1.00 LRFD (H1-1b) Verificado | | | |
| Vry/(Fiv*Vny) + frvy,mx/(0.6*Fiv*Fy) = 0.12 < 1.00 LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| Vrz/(Fiv*Vnz) + frvz,mx/(0.6*Fiv*Fy) = 0.08 < 1.00 LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| Ky*Ly/ry = 85.54 < (K*L/r),max = 300.00 Kz*Lz/rz = 85.54 < (K*L/r),max = 300.00 ESTABLE | | | |
| Perfil correcto !!! | | | |

Fuente: Elaboración propia.

En la **Figura 22** se puede apreciar el cálculo de diseño de la varilla RB 1.6875

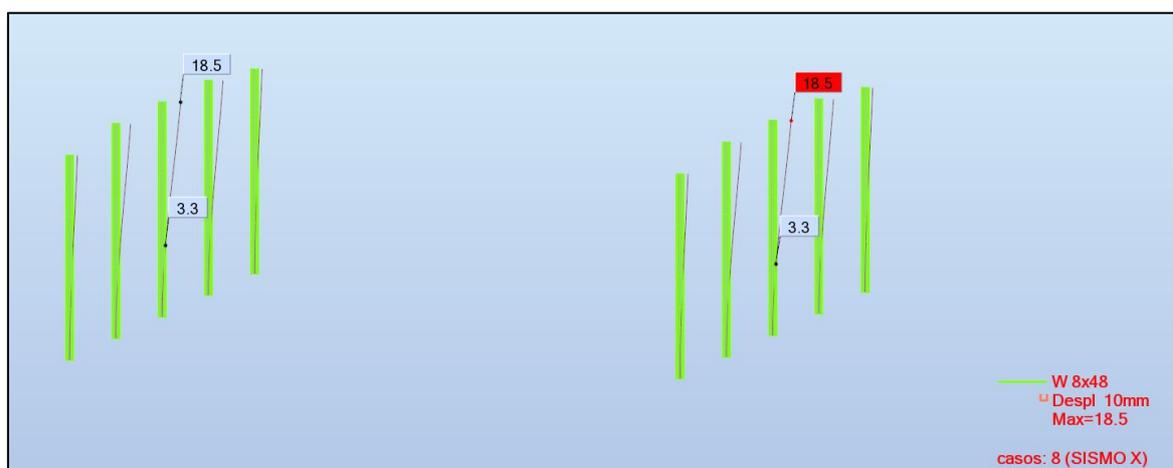
Figura 22. Detalle de las secciones Grupo: 8 sección variable

| CALCULOS DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO | | | |
|--|--|--|--------------------------|
| NORMA: <i>ANSI/AISC 360-10 An American National Standard, June 22, 2010</i> | | | |
| TIPO DE ANÁLISIS: <i>Dimensionamiento de grupos de barras</i> | | | |
| GRUPO: 8 SECCION VARIABLE(e) | | | |
| BARRA: 57 Barra_57 | PUNTOS: 3 | COORDENADA: x = 1.00 L = 0.92 m | |
| CARGAS: <i>Caso de carga más desfavorable:</i> 19 COMB8(1.2d+1.3WCASO3+0.5LR) (1+2)*1.20+3*0.50+6*1.30 | | | |
| MATERIAL: STEEL A36 Fy = 2531.05 kgf/cm ² Fu = 4077.80 kgf/cm ² E = 2038902.42 kgf/cm ² | | | |
|  | | | |
| PARAMETROS DE LA SECCION: RB 1.6875 | | | |
| d=4.3 cm | Ay=14.43 cm ² | Az=14.43 cm ² | Ax=14.43 cm ² |
| | Iy=16.57 cm ⁴ | Iz=16.57 cm ⁴ | J=33.14 cm ⁴ |
| tw=2.1 cm | Sy=7.73 cm ³ | Sz=7.73 cm ³ | |
| | Zy=13.12 cm ³ | Zz=13.12 cm ³ | |
| PARAMETROS DE LA BARRA: | | | |
|  |  |  | |
| Ly = 0.92 m | Lz = 0.92 m | Lb = 0.92 m | |
| Ky = 1.00 | Kz = 1.00 | Cb = 1.00 | |
| KLy/ry = 85.54 | KLz/rz = 85.54 | | |
| ESFUERZOS INTERNOS: | | RESISTENCIAS DE DIMENSIONAMIENTO | |
| Tr = -16.22 kgf*m | frvy,mx = 104.91 kgf/cm ² | Fity*Pnty = 32869.14 kgf | |
| | frvz,mx = 104.91 kgf/cm ² | Fib*Mny = 281.77 kgf*m | Fiv*Vny = 9860.74 kgf |
| Pr = -63.37 kgf | Vry = 386.03 kgf | Fib*Mnz = 281.77 kgf*m | Fiv*Vnz = 9860.74 kgf |
| Mry = -10.37 kgf*m | Vrz = -17.26 kgf | | |
| Mrz = -257.24 kgf*m | | | |
| PARÁMETRO DE SEGURIDAD | | | |
| Fib = 0.90 | Fity = 0.90 | Fiv = 0.90 | |
| ELEMENTOS DE LA SECCION: | | | |
| ala = compacto | alma = compacto | | |
| FORMULAS DE VERIFICACION: | | | |
| $Pr/(2*Fity*Pnty) + Mry/(Fib*Mny) + Mrz/(Fib*Mnz) = 0.95 < 1.00$ LRFD (H1-1b) Verificado | | | |
| $Vry/(Fiv*Vny) + frvy,mx/(0.6*Fiv*Fy) = 0.12 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| $Vrz/(Fiv*Vnz) + frvz,mx/(0.6*Fiv*Fy) = 0.08 < 1.00$ LRFD (G2-1) Verificado | | | |
| $Ky*Ly/ry = 85.54 < (K*L/r)_{max} = 300.00$ $Kz*Lz/rz = 85.54 < (K*L/r)_{max} = 300.00$ ESTABLE | | | |
| Perfil correcto !!! | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Utilizando un espectro de sismo con la E.030 para el distrito de Ataura se realizó el análisis de sismo y se conoció los desplazamientos. Se determinaron sus desplazamientos que están dentro del límite de distorsión permitido.

Figura 23. Análisis sísmico (Sismo X)



Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la **Figura 23** que el mayor desplazamiento de la estructura es 18.5 mm en un sismo de dirección X, teniendo el desplazamiento se calculó si la deriva no excedía de 0.010 valor establecido por el RNE E.030 teniendo como resultado una deriva de 0.00793 que tiene un valor menor por lo tanto el desplazamiento está dentro de lo permitido.

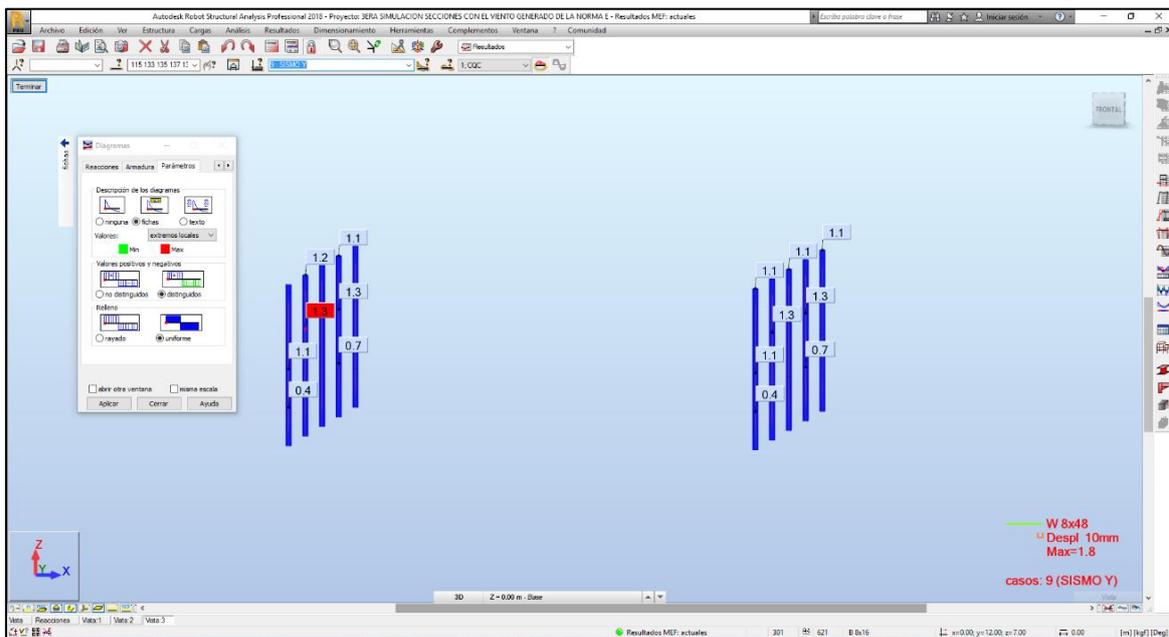
Tabla 14. Resultado del análisis sísmico (Sismo X)

| | | | |
|---------|-----------------|---------|-----------|
| Sismo X | Desplazamiento | 18.50 | mm |
| | h (Altura) | 7000 | mm |
| | R (Coeficiente) | 4 | |
| | Deriva | 0.00793 | Si cumple |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la **Figura 24** que el mayor desplazamiento de la estructura es 1.3 mm en un sismo de dirección Y, teniendo el desplazamiento se calculó si la deriva no excedía de 0.010 valor establecido por el RNE E.030 teniendo como resultado una deriva de 0.00056 que tiene un valor menor por lo tanto el desplazamiento está dentro de lo permitido.

Figura 24. Análisis sísmico (Sismo Y)



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Resultado del análisis sísmico (Sismo Y)

| | | | |
|---------|-----------------|---------|-----------|
| Sismo Y | Desplazamiento | 1.3 | mm |
| | h (Altura) | 7000 | mm |
| | R (Coeficiente) | 4 | |
| | Deriva | 0.00056 | Si cumple |

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una comparación de las secciones de la nave industrial diseñada con una combinación de carga que incluya la carga de viento del Robot Estructural y otro modelo con las secciones diseñadas con una combinación de carga que tiene incorporado el viento generado de la norma E.020. Las secciones calculadas dieron como resultado en la tercera optimización resultados similares como se puede ver en las tablas y gráficos, se compararon sus pesos con respecto a las secciones.

Se tienen 8 tipos de secciones en toda la nave industrial a 2 aguas en la **Tabla 16** se indican las secciones del modelo Robot Structural y las secciones de la norma E.020. la fila 1 son las columnetas la fila 2 se tiene C 8x11.5 representando las viguetas, la fila 3 representan las vigas laterales, la fila 4 representa a los arriostres,

la fila 5,6 y 7 so varillas alrededor de la nave industrial y por último tenemos a las vigas - columnas en la fila 8 con una sección distinta en ambos modelos.

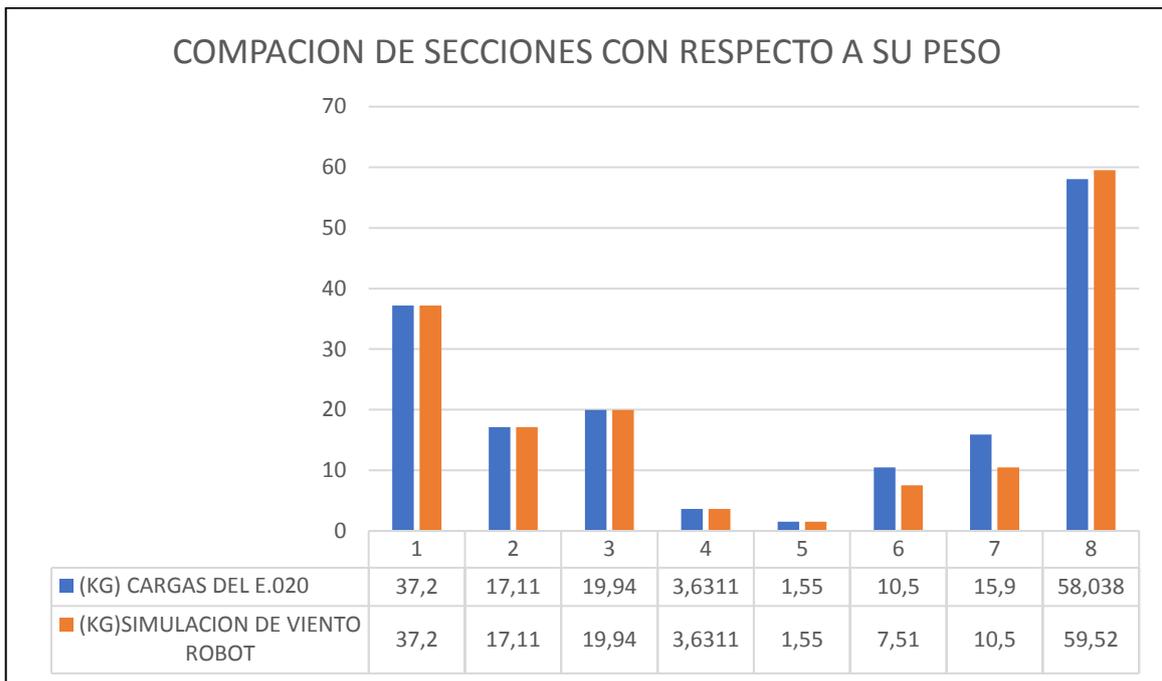
Tabla 16. *Primera optimización de secciones*

| Grupo | Secciones generadas por la norma E.020 | Secciones generadas por Robot Structural |
|-------|--|--|
| 1 | C 10x25 | C 10x25 |
| 2 | C 8x11.5 | C 8x11.5 |
| 3 | C 9x13.4 | C 9x13.4 |
| 4 | L 2x2x0.1875 | L 2x2x0.1875 |
| 5 | RB 0.625 | RB 0.625 |
| 6 | RB 1.625 | RB 1.375 |
| 7 | RB 2 | RB 1.625 |
| 8 | W 10x39 | W 8x40 |

Fuente: Elaboración propia.

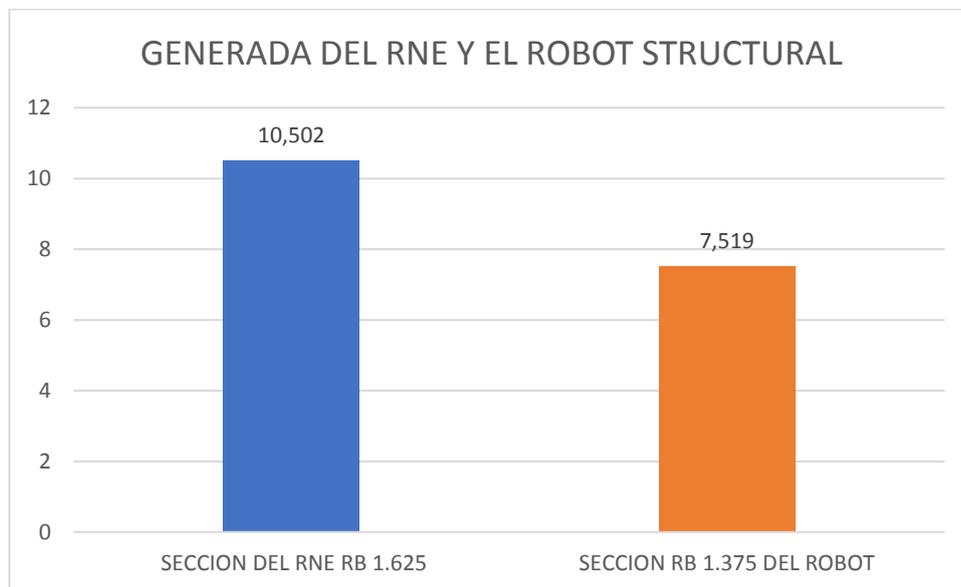
Se puede observar en el **Grafico 1** que en el grupo 1, grupo 2, grupo 3, grupo 4 y grupo 5, se tienen secciones similares con un peso similar en relación con el grupo 6 que tiene una diferente tipo de sección comparando la sección de RNE RB 1.625 disminuye el peso de la barra en un 71.60% comparado con la barra RB 1.375 generada de la combinación de cargas que incluye el viento generado del túnel de viento del Robot Structural, con el grupo 7 se tiene que comparando la secciones de RNE RB2 disminuye el peso de la barra en un 66.04% comparada con la sección del Robot Structural generada de la combinación de cargas con la carga de viento generada del túnel de viento del Robot Structural y en el grupo 8 se obtuvo que comparando la sección de RNE W 10X39 aumenta el peso de la barra en un 2.55% comparado con la barra W 8X40 generada de la combinación de cargas con la carga de viento generada del túnel de viento del Robot Structural que tiene un mayor peso.

Gráfico 1. Primera comparación de secciones



Fuente: Elaboración propia.

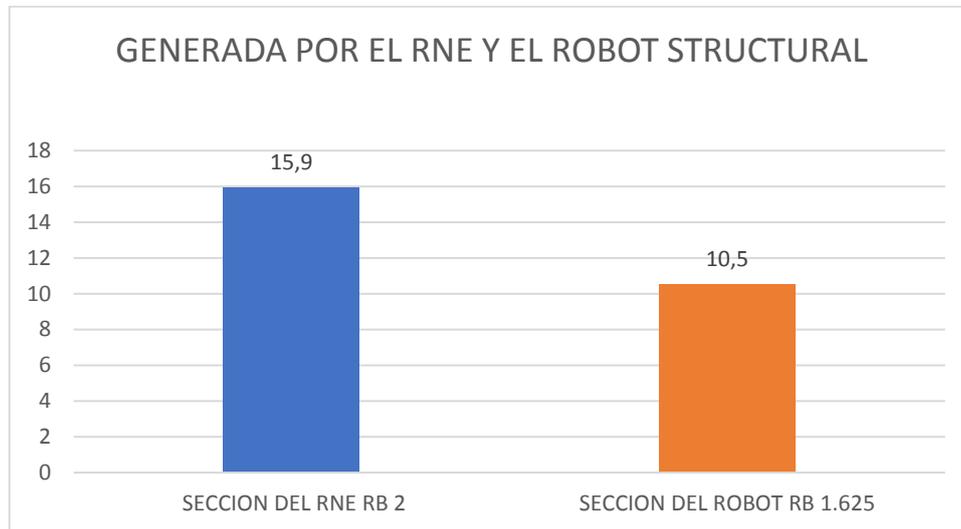
Gráfico 2. Comparación de pesos de secciones RB – Grupo 6



Fuente: Elaboración propia.

Comparando la sección de RNE RB 1.625 disminuye el peso de la barra en un 71.60% comparado con la barra RB 1.375 generada de la combinación de cargas con la carga de viento generada del túnel de viento del Robot Structural.

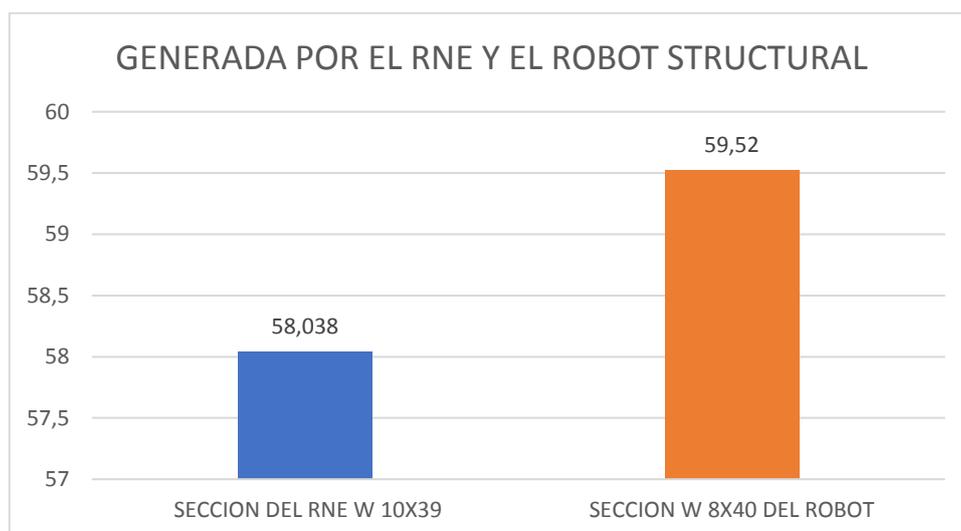
Gráfico 3. Comparación de pesos de secciones RB – Grupo 7



Fuente: Elaboración propia.

Comparando la sección de RNE RB2 disminuye el peso de la barra en un 66.04% comparada con la sección del Robot Structural generada de la combinación de cargas con la carga de viento generada del túnel de viento del Robot Structural.

Gráfico 4. Comparación de pesos de secciones W – Grupo 8



Fuente: Elaboración propia.

Comparando la sección de RNE W 10X39 aumenta el peso de la barra en un 2.55% comparado con la barra W 8X40 generada de la combinación de cargas con la carga de viento generada del túnel de viento del Robot Structural que tiene un mayor peso.

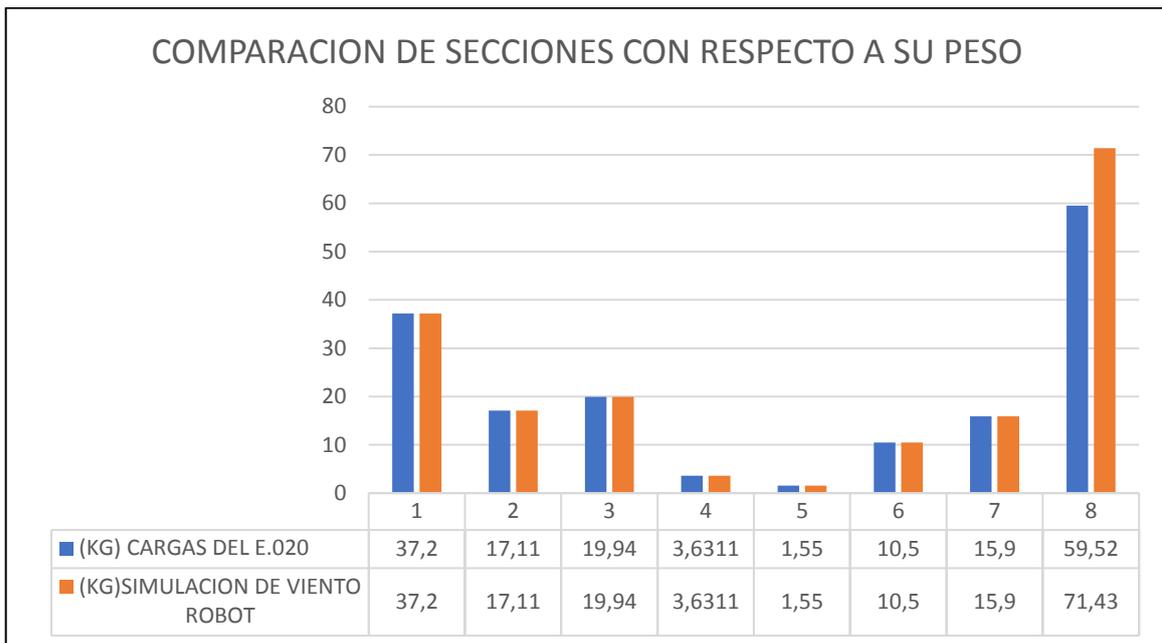
Tabla 17. Segunda optimización de secciones

| Grupo | Secciones generadas por la norma E.020 | Secciones generadas por Robot Structural |
|-------|--|--|
| 1 | C 10x25 | C 10x25 |
| 2 | C 8x11.5 | C 8x11.5 |
| 3 | C 9x13.4 | C 9x13.4 |
| 4 | L 2x2x0.1875 | L 2x2x0.1875 |
| 5 | RB 0.625 | RB 0.625 |
| 6 | RB 1.625 | RB 1.625 |
| 7 | RB 2 | RB 2 |
| 8 | W 8x40 | W 8x48 |

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó una segunda optimización, se visualiza que en los grupos 1,2,3,4,5,6,7 los resultados son similares y solo eran de distintas secciones el grupo 8 comparando la sección de RNE W 8x40(en el grupo8) aumenta el peso de la barra en un 20% comparado con la barra W 8x48 (en el grupo 8) generada de la combinación de cargas con la carga de viento generada del túnel de viento del Robot Structural que tiene un mayor peso es importante mencionar que ese cambio de sección es necesario en ambas secciones para tener el ratio adecuado.

Gráfico 5. Segunda comparación de secciones



Fuente: Elaboración propia.

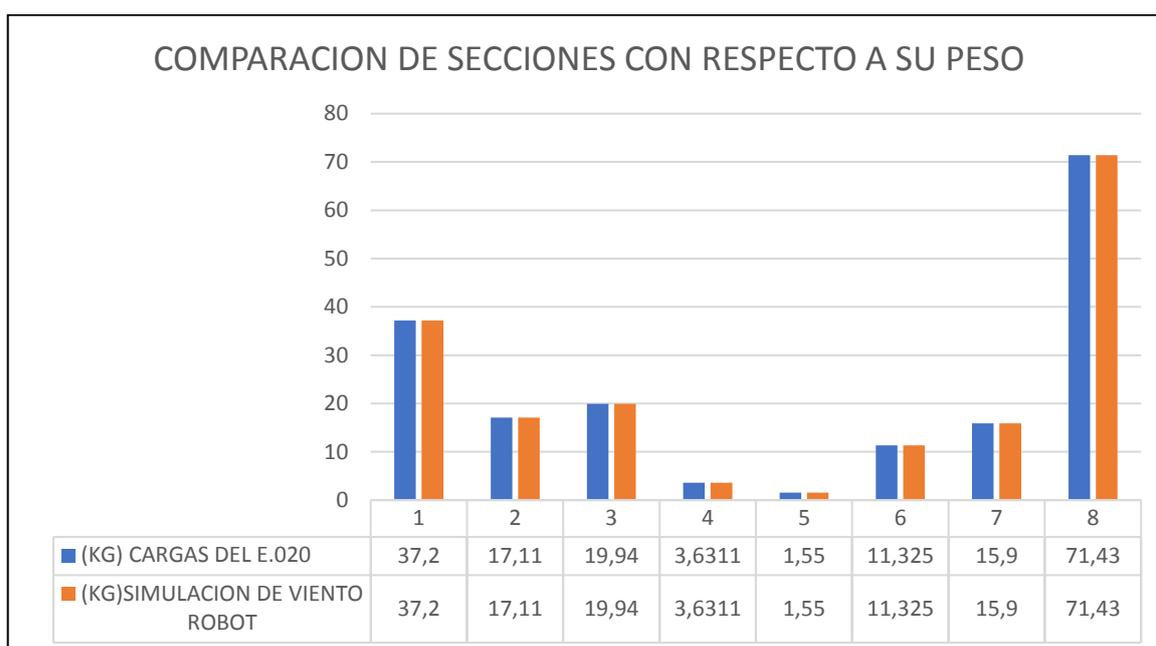
Luego de la segunda optimización de las secciones se optimizó toda la estructura dando como resultado que las secciones calculadas del viento generado por la E.020 tienen un similar peso de 178.086 Kg con respecto a las secciones calculadas en base al viento generado por el Robot Structural con 178.086 kg es importante indicar que ambas tienen secciones similares.

Tabla 18. Tercera optimización de secciones

| Grupo | Secciones generadas por la norma E.020 | Secciones generadas por Robot Structural |
|-------|--|--|
| 1 | C 10x25 | C 10x25 |
| 2 | C 8x11.5 | C 8x11.5 |
| 3 | C 9x13.4 | C 9x13.4 |
| 4 | L 2x2x0.1875 | L 2x2x0.1875 |
| 5 | RB 0.625 | RB 0.625 |
| 6 | RB 1.625 | RB 1.625 |
| 7 | RB 2 | RB 2 |
| 8 | W 8x48 | W 8x48 |

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6. Tercera comparación de secciones



Fuente: Elaboración propia.

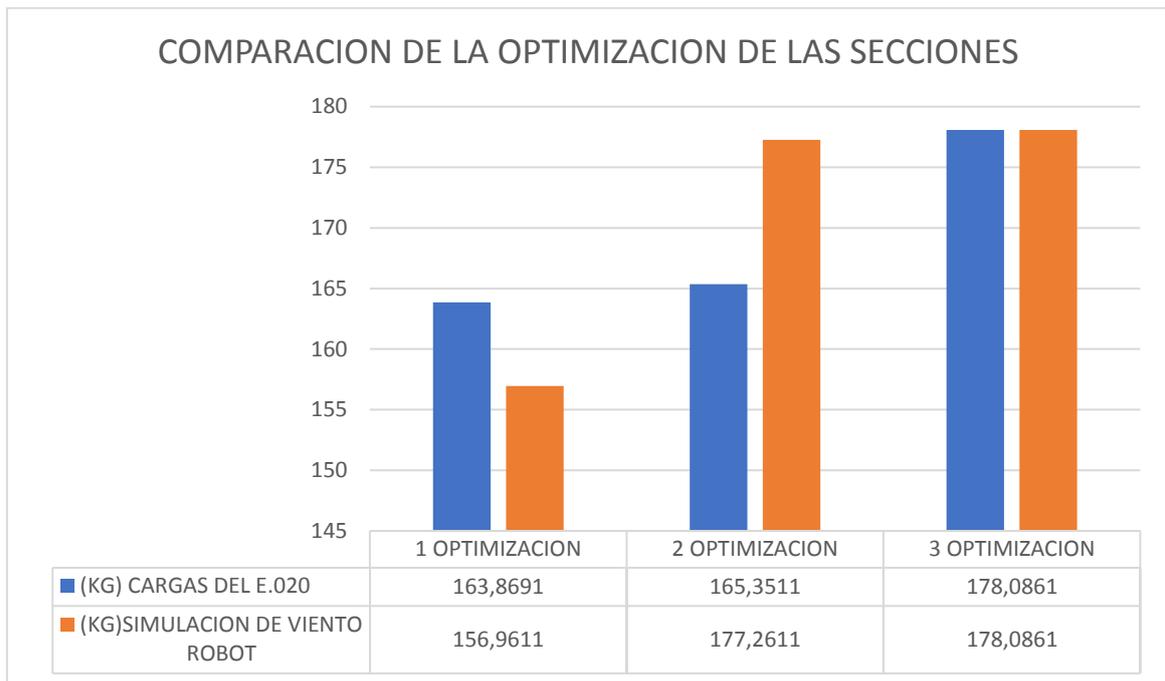
Como se puede apreciar en la **Tabla 19** se comparan las secciones en cada optimización en la primera optimización las secciones generadas por el Robot Structural tenían un 96% de similitud con respecto a las secciones generadas de las cargas E020. Sin embargo, las secciones no cumplían por lo tanto se tenía que volver a optimizar en la segunda optimización de las secciones se ve que el peso crece en las secciones generadas del robot en un 107% superando con un 7% el peso de las cargas generadas de la E.020 sin embargo todavía la sección W en ambos modelos requería ser cambiada así que se optimizo por tercera vez las secciones en la tercera optimización las secciones coincidieron en un 100% con un peso de 178.08 Kg en ambos modelos.

Tabla 19. Comparación de secciones optimizadas

| GRUPOS | E.020 CARGAS (Kg) | SIMULACION DE VIENTO EN ROBOT STRUCTURAL (Kg) | TOTAL |
|------------------|-------------------|---|-------|
| 1ra Optimización | 163.8691 | 156.9611 | 96 % |
| 2da Optimización | 165.3511 | 177.2611 | 107 % |
| 3ra Optimización | 178.0861 | 178.0861 | 100 % |

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 7. Comparación pesos de todas las optimizaciones



Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

En este capítulo discusión. Se realizan las discusiones sobre el resultado del diseño de la nave industrial con la norma E.020 con respecto al documento Autodesk Robot Structural Análisis que se utilizó como referencia para la investigación también se puede apreciar la discusión de los resultados en el análisis sísmico de la estructura, el diseño de las secciones y el análisis de la comparación de la secciones, el criterio para usar las normas y la recomendación para seguir investigando el diseño de estructuras metálicas con la norma E.020 en otras zonas del Perú. De esta manera buscamos aportar a la comunidad de la ingeniería civil y cerrar poco a poco la brecha de un software que no tienen incorporado la normativa peruana.

Los resultados con respecto al diseño de la nave industrial con la norma E.020 en el Robot Structural fueron óptimos los resultados de las presiones de viento. se pudo desarrollar el análisis de viento con la norma E.020 aplicando en el Robot Structural 2018, al utilizar las presiones calculadas con las tablas de coeficientes de barlovento y sotavento. Se aplicaron dentro de la nave industrial indicando cada una de estas presiones creando así la carga de viento para el diseño de la nave industrial. Se logro un resultado similar, pero con un proceso distinto al que indica "En el documento Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2015" cuyo proceso es ingresar una curva de viento generada por la norma ASCE 7-10 indicando mediante una curva de viento la simulación de un túnel de viento en la zona y de esta manera generar la carga de viento para la edificación. En el documento de "AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS PROFESSIONAL 2015" también se comparan las presiones que fueron generadas en un laboratorio enfocado en hacer pruebas de túnel de viento. Comparando con las presiones que generaba el túnel de viento del Robot Structural que afectaban a la edificación, de esta manera al comparar las presiones de viento se ve una aproximación en los valores verificando que el software Robot Structural puede generar un túnel de viento desde una correcta modelación e ingresando la presión o velocidad de diseño. En nuestro caso se realizó la comparación de la presión de viento generada desde el Robot Structural que en su sistema está el ASCE 7-10 con la cual se diseñaron sus secciones y la presión de viento generada manualmente con la norma E.020. con la cual también se diseñaron sus secciones

con la intención de comparar y optimizar las secciones. Demostrando con este proceso la ventaja de tener un software como el Robot Structural que tiene incorporado un simulador de túnel de viento con el cual se agiliza el diseño de una nave industrial en el cálculo de la carga por viento como el diseño y análisis por viento.

Se logro resultados similares como en la tesis de “Análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas”, que utiliza el programa para evaluar el comportamiento adecuado con respecto a los parámetros establecido por la norma peruana. Logrando también el diseño de las secciones de la nave industrial, Se compararon los desplazamientos debido a las fuerzas de sismo en la dirección X y en la dirección Y, estos desplazamientos no fueron mayores a la deriva máxima permitida que tenía un valor de 0.010 por lo tanto los desplazamientos estaban óptimos para la Nave industrial a dos aguas en el pueblo de Ataura.

Otro punto adicional a discutir eran los desplazamientos como se puede observar los desplazamientos en la nave industrial por sismo en x es 18.0 mm son menores a los desplazamientos al momento de analizar por viento con un valor de 21.4 mm demostrando así que considerar el análisis de viento en una nave industrial a dos aguas es más importante que por sismo ya que el desplazamiento es más crítico.

El software Robot Structural en su sistema tiene incorporado la optimización de las secciones, la opción de poder ver lo diagramas de momento y diagrama por corte, es debido a la verificación de los diagramas si al momento de analizar la estructura estas actúan como corresponden se realiza el diseño en caso que no se comporten como es usual(en caso de un pórtico la mayor deformación debe estar en el medio sí que la viga está soportando la carga) se procede a liberar los momento para realizar el comportamiento ideal de la estructura. El siguiente paso es el diseño el cual se realizó estableciendo los límites de tracción según la norma demanda 300, compresión según la norma demanda 200 y el factor de confiabilidad que corresponde a R que tiene el valor de 1 es el ratio máximo (r es la relación de lo que actúa sobre lo que resiste el elemento). Por último, se ingresa la lista de las secciones que se utilizaran en la nave industrial a dos aguas, Ingresando estos valores se procede a indicar al programa que optimice las secciones con la

combinación de cargas de diseño en la nave industrial se utilizó el LRFD como combinación de cargas de diseño.

Así también se consiguió una comparación de las secciones de la nave industrial generadas con una combinación de diseño que incluye las presiones de viento de la norma E.020. Comparando con las secciones de la misma nave industrial, pero con las secciones generadas con una combinación de carga que incluye el viento generado del túnel de viento que tiene el programa Robot Structural. Como se planteó en la hipótesis “Las secciones calculadas por las cargas de viento de la norma E.020 tendrán una mayor sección que las calculadas por el software” inicialmente estas secciones iban a ser diferentes, aunque las dos secciones aun no estaban optimas y tenían algunas secciones similares como es en los arriostres y vigas laterales, al optimizar las secciones y llegar a una tercera optimización para que cumplan con los parámetros de diseño. se concluyó que ambas secciones eran similares y podíamos utilizar el Robot Structural utilizando el túnel de viento, aunque este no incluya todos los parámetros que indica la norma ni los coeficientes de barlovento y sotavento que están indicados en su tabla. Solamente indicando la velocidad de diseño en el Robot Structural nos puede dar un diseño optimo y dentro de los parámetros de diseño, se logró resultados como en la tesis “Optimización de estructuras de naves industriales empleando tecnología BIM”; Esta investigación tuvo como objetivo la optimización del diseño, análisis y elaboración de proyectos de nave industrial usando tecnología BIM, se lograron la optimización de toda la estructura y las secciones se cambiaron automáticamente por la que tiene menos peso, también se corrobora las ventaja de la tecnología BIM al generar información rápida reduciendo de forma considerable los tiempos.

Un tema a discutir era la aplicación de la norma AISC 360 porque utilizamos la norma AISC 360 para el diseño de las secciones y no utilizamos la norma E.090 que indica el diseño de estructuras metálicas. Esto se debe a que la norma E.090 es una traducción de la antigua norma AISC-360 la cual no ha sido actualizada como el AISC-360, que ahora está en la versión 2016. Por esto solemos utilizar la AISC- 360 son las mismas formulas y metodologías.

Se reducido el tiempo de cálculo de las secciones lo más complicado al momento de realizar el trabajo fue el modelamiento ya que se tenía que verificar

constantemente el comportamiento de las deflexiones de la nave industrial para ver cómo estaba interpretando la estructura, al momento de optimizar las secciones el programa también nos pidió corregir las varillas ya que al inicio se comportaban como una barra entera lo cual generaba una mayor deformación por lo tanto se procedió a cortar esa barra para que la carga actúe correctamente cabe recalcar que los problemas en un mal modelamiento serían un cálculo excesivo de acero como también puede ser el comportamiento inadecuado de las barras, también se deberían hacer más pruebas comparativas del túnel de viento del Robot Structural con otros elementos estructural como paneles publicitarios, techo cubierta curva, tanques elevados, etc. También cambiando la zona en donde se está realizando utilizando zonas con una mayor cantidad de viento. Con el fin de verificar la calidad del túnel de viento. en caso se produjera una variabilidad.

VI. CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación fueron las siguientes:

Se realizó un análisis de viento en la nave industrial a dos aguas con la normativa E.020 en Robot Structural Analysis, se determinó el análisis de viento con la norma E.020. calculando las presiones del barlovento y sotavento estas presiones se colocan como fuerza distribuida sobre la superficie. se realiza el análisis de viento de la nave industrial a dos aguas con la normativa E.020 en el programa Robot Structural, obteniendo un análisis de viento en relación a las cargas ingresadas, teniendo como resultado del análisis de viento un desplazamiento de 21.4mm en la dirección X-X de la presión con una deriva de 0.0917 dentro del rango del límite de la distorsión, en el caso de X-X SUCCION un desplazamiento de 21.2 mm con una deriva de 0.009 con un valor permitido y con el viento en dirección Y-Y de la presión con un desplazamiento de 6.5 tiene una deriva de 0.00279 valor que es menor al límite de la distorsión. También se puede utilizar el túnel de viento que tiene incorporado el software Robot Structural creando una carga de viento generada con la velocidad de diseño según indique la norma E.020 para la zona.

Se realizaron los cálculos correctos de las secciones de la nave industrial a dos aguas en el software Robot Structural bajo la normativa AISC 360-10 cuando se termina el modelamiento de la nave industrial, se asignan las cargas correspondientes después se definen los límites de tracción(300), compresión(200) luego se procede a optimizar las secciones teniendo como resultados las siguientes secciones de la Viga y columna W8X48.con un ratio de 0.91, las barras de arriostramientos de un sección L 2X2X0.1875 con un ratio de 0.34, las viguetas con una sección de C 8X11 de un ratio de 0.28, las columnetas con una sección de C 9 X 13.4 con un ratio de 0.62, las varillas(e) con una sección RB2 con un ratio de 0.49, varilla con una sección RB 1.6875 con un ratio de 0.95 y una varilla con una sección RB 1.6875 y un ratio 0.95, como se puede ver las secciones tienen un ratio menor a 1(1 es el ratio mayor permitido según la norma AISC 360-10 es la relación de la sección que actúa sobre la que resiste) demostrando que las secciones son las óptimas para la nave industrial.

Se realizó el análisis sísmico de la nave industrial ingresando el espectro de diseño sísmico de la zona de Ataura el desplazamiento del sismo en dirección x que afecto la nave industrial era de 18.5 con una deriva de 0.00793 estaban en el rango de lo permitido ya que no era mayor al límite de la deriva que era de un valor de 0.010 luego se realizó el análisis en un sismo proveniente en dirección Y el cual desplazo la estructura 1.3mm con una deriva de 0.00056 por lo tanto no era mayor al límite de la deriva demostrando de esta manera que la estructura no tendrá un desplazamiento mayor a lo que indica la norma, cabe recalcar que en naves industriales es más importante calcular el desplazamiento por viento que por sismo ya que la estructura tiene una mayor desplazamiento por viento en la nave industrial también se cumplió esto con un desplazamiento de 21.4mm de la estructura generado por el viento.

Se realizó una comparación de las secciones creadas en base a la combinación de cargas que considera la carga de viento generada desde el Robot Structural, y las secciones creadas con una carga de viento generada desde la norma E.020 CARGAS, al realizar la primera optimización habían secciones similares del grupo 1 al 6 luego el grupo 6,7 y 8 eran distintos en ambos modelos el peso del modelo generado con la Norma E.020 era 163.8691kg y en el modelo del Robot las secciones indicaban un peso de 156.96kg teniendo con un 96% de similitud, el programa indicaba optimizar las sección, se optimizo por segunda vez por lo cual los grupos similares ahora eran del 1 a 7 y el grupo 8 tenía una diferencia de peso en las sección con un 107% de similitud con respecto a las secciones generadas del Robot Structural con un peso de 177.26kg y en la carga E.020 con un peso de 165.35 kg las secciones del Robot eran mayores sin embargo el programa requería optimizar ambas secciones por tercera vez la masa teniendo una similitud del 100% en ambos modelos con un peso de 178.086 kg . Es importante indicar que la tercera optimización era necesaria para que ambos modelos lleguen a tener su diseño dentro del rango permisible con una ratio menor a 1 y cumpliendo con los límites de esbeltez. Llegando a la conclusión que se puede utilizar el túnel de viendo del Robot Structural en una nave industrial utilizando la velocidad de diseño de la norma E.020 ya que se obtendrá un mismo resultado al optimizar las secciones.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda para futuras investigaciones realizar una comparación del túnel de viento del Robot Structural y con las presiones generadas desde la norma E.020 en distintos elementos estructurales como un hangar, panel publicitario, tanque elevado, etc. Como variar la zona en donde se desarrolla con el fin de corroborar la aproximación de las presiones, al realizar perfiles de viento en distintos proyectos se genera un coeficiente con el cual se ajustaría al túnel de viento generado del Robot Structural a la normativa peruana.

Se recomienda diseñar las secciones de la nave industrial con la norma AISC 360-16. Ya que nuestra norma E.090 es similar y solo falta actualizarse también al momento de optimizar las secciones que sea por peso para conseguir la estructura optima con menor tipo de sección y aportar de esa manera en un presupuesto de la estructura.

Se recomienda diseñar las secciones de la nave industrial con la norma AISC 360-16. Ya que nuestra norma E.090 es similar y solo falta actualizarse también al momento de optimizar las secciones que sea por peso para conseguir la estructura optima con menor tipo de sección y aportar de esa manera en un presupuesto de la estructura.

Se recomienda para determinar si los desplazamientos en X e Y están correctos no deben ser mayor a los límites de deriva indicados por la norma E0.30 en caso que la deriva obtenida sea mayor a la deriva máxima permitida modificar las columnas que conforman los pórticos de la nave industrial, se debe tener en cuenta que los límites de deriva en uso de industrial son indicados por el proyectista, sin exceder el doble de estos valores como deriva máxima se recomienda utilizar 0.020. También se debe considerar que el desplazamiento por sismo no debe ser mayor al desplazamiento por viento en una nave industrial.

Se recomienda utilizar el motor de túnel de viento del Robot Structural 2018 aplicando la velocidad de diseño según el tipo de zona y optimizar por tercera vez las secciones para tener el diseño de una nave industrial considerando que su análisis de viento será conforme con la norma E.020. también se recomienda utilizar ese viento como carga para el diseño de las secciones en la combinación de cargas.

REFERENCIAS

- Agüero, A., Atienza, J. (2015). Diseño de estructuras metálicas esbeltas susceptibles de pandear. Definición de la imperfección geométrica. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 33, 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2013.12.004>
- American Society of Civil Engineers (2017). Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. <https://doi.org/10.1061/9780784414248>
- Autodesk Robot Structural Analysis Professional wind simulator validation brief (2015) [Archivo PDF]. <https://bimandbeam.typepad.com/files/robot-structural-analysis-professional-wind-simulator-validation-brief.pdf>
- Aznar López, A., Hernando García, J., Ortiz Herrera, J., Cervera Bravo, J. (2017). Propuesta de unión viga-pilar mediante pernos conectores: Análisis por método de elementos finitos y ensayos experimentales. Hormigón y Acero, 68, 163-169. <https://doi.org/10.1016/j.hya.2017.04.018>
- Balbastro G.C. y Sonzogni V.E. (2012). Uso de CFD para estudio de presiones del viento en cubiertas curvas aisladas. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 28 (1), 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2011.11.003>
- Bezerra, L., de Freitas, C., Matias, W. y Carmona J. (2014). Evaluación numérica del efecto del espesor de la placa de contacto en la acción de palanca en conexión de acero tipo «T». Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 30, 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2012.07.005>
- Borja Suarez, M. (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros.
- Carvalho, D., Rocha, A., Gómez-Gesteira, M. y Santos, C. (2012). A sensitivity study of the WRF model in wind simulation for an area of high wind energy. Environmental Modelling & Software, 33, 23-34. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.01.019>

- Castro H.G., De Bortoli M.E., Paz R.R. y Marighetti J.O. (2015). Una metodología de cálculo para la determinación de la respuesta dinámica longitudinal de estructuras altas bajo la acción del viento. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 31 (4), 235-245. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2014.08.001>
- Cervera, J., Ortiz, J., Vázquez, M., Aznar, A. (2013). Dimensionado en compresión en acero: el peso del pandeo. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 29, 79-91. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2013.04.005>
- Cesario, G., Sardone, L., Greco, R., Cascella, Spinelli y Marano, G. (2020). Parametric Design: formal and structural connection for a pedestrian bridge in the archeological area of Roca Vecchia (IT). *Procedia Manufacturing*, 44, 473-480. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.268>
- De Biagi, V., Chiaia, B., Carlo Marano, G., Fiore, A., Greco, R., Sardone, L., Cucuzza, R., Cascella, G., Spinelli, M., Lagaron, N. (2020). Series solution of beams with variable cross-section. *Procedia Manufacturing*, 44, 489-496. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.265>
- Estrada Salvador Ramírez, J. y Díaz Felices, T. (2019). Análisis y diseño estructural de una nave industrial con puente grúa en el distrito de Talara, provincia de Piura – año 2019. Universidad Ricardo Palma.
- Flores Paitan, F. (2018). Análisis sísmico de un edificio de 7 niveles con 2 sótanos y 1 semi sótano usando Robot Structural 2018-BIM 3D en el distrito de Miraflores-Lima. Universidad César Vallejo.
- García-Elías, A., Aguilar-Meléndez, A., Córdova, A., Antonio, C., Leyton, J., Hernández-Romero, I., y Laguna-Camacho, J. (2014). Aspectos geotécnicos relevantes para el diseño de la cimentación de una nave industrial en Poza Rica, Veracruz. *Revista Iberoamericana de Ciencias*.
- González S., Urcuhuaranga W. y Chiroque J. (2011). Diseño, construcción e instalación de un túnel de viento para pruebas de pequeños aerogeneradores. *Tecnia*, 21, 2. <https://doi.org/10.21754/tecnica.v21i2.99>

- Goñi Vega, D. H., & Cáceres Calle, J. R. (2018). Comparativo técnico-económico de una nave industrial con un sistema de tijerales y de pórticos.
- Huaraca Ramos, A. (2018). Análisis comparativo aplicando el software Robot Structural Analysis y Etabs para evaluar el comportamiento estructural de viviendas autoconstruidas. Universidad Peruana los Andes.
- Irwin, HPAH (1981). El diseño de agujas para simulación de viento. Revista de ingeniería eólica y aerodinámica industrial, 7 (3), 361-366.) [Archivo PDF] https://www.aivc.org/sites/default/files/members_area/medias/pdf/Airbase/airbase_00778.pdf
- Jiang, Y., Alexander, D., Jenkins, H., Arthur, R. y Chen, Q. (2003). Natural ventilation in buildings: measurement in a wind tunnel and numerical simulation with large-eddy simulation. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 91 (3), 331-353. [https://doi.org/10.1016/S0167-6105\(02\)00380-X](https://doi.org/10.1016/S0167-6105(02)00380-X)
- Jordán, F., Ferraz, R. y Sobrino J. (2014). Análisis comparativo del diseño de un puente mixto mediante Eurocódigo y AASHTO LRFD. Hormigón y Acero, 65, 63-70. [https://doi.org/10.1016/S0439-5689\(14\)50007-1](https://doi.org/10.1016/S0439-5689(14)50007-1)
- Mann J. (1998). Wind field simulation. Probabilistic Engineering Mechanics. 13, 269-282. [https://doi.org/10.1016/S0266-8920\(97\)00036-2](https://doi.org/10.1016/S0266-8920(97)00036-2)
- Marañón Di Leo J., M.V. Calandra M.V. y Delnero J.S. (2017). Algoritmos de punto de cambio aplicados a la detección de estructuras vorticosas en flujos turbulentos. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 33(3-4), 225-234. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2016.04.009>
- Montalva Subirats, J. M., Saura Arnau, H., Hospitaler Pérez, A. y Hernández Figueirido, D. (2014). Proyecto estructural de edificio industrial. Diseño y cálculo de estructura metálica. Colección Académica. Editorial UPV.
- Montoya Martínez, D. (2016). Optimización de estructuras de naves industriales empleando tecnología BIM. Universidad Autónoma de Aguascalientes.

- Palacios Siegenthaler, M. (2019). Estudio paramétrico de soluciones para el diseño de naves industriales a dos aguas en base a criterios económicos.
- Peña Tapia, C. (2005). Software educativo para diseño de naves industriales. Tecnológico de Monterrico.
- Rey, J., Vega, P. y Ruiz, J. (2018). Estrategias de intervención estructural sobre edificios del patrimonio histórico industrial de Madrid: realizaciones recientes. Hormigón y Acero, 69, 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.hya.2017.05.009>
- Rojo y Fernandez-Shaw, A. (2009). Centro tecnológico del calzado en Arnedo. La Rioja. EN BLANCO. Revista de Arquitectura, 1(3), 52-67. <https://doi.org/10.4995/eb.2009.7248>
- Ruiz, D., y Sarria, A. (2002). Efecto de las diferentes componentes sísmicas se movimiento sobre las naves industriales de grandes luces. Revista de Ingeniería, (15), 46-55. <http://dx.doi.org/10.16924%2Fria.v0i15.527>
- Swetchine, J. y Leuret, R. (1957). Estructura prefabricada de una nave industrial. Informes de la Construcción, 9(087), 47-55. <https://doi.org/10.3989/ic.1957.v09.i087.5792>
- Tecnotecho TR-4 (2013) [Archivo PDF] https://s3.amazonaws.com/precors-storage/manual/tecnotecho-tr4_1553383481.pdf
- Terrés, J. y Mans, C. (2014). Estudio comparativo de aplicación de la norma EN1991-1-4 para el cálculo de la acción del viento en estructuras singulares. Hormigón y Acero, 65, 151-161. [https://doi.org/10.1016/S0439-5689\(14\)70007-5](https://doi.org/10.1016/S0439-5689(14)70007-5)
- Terrés, J. y Mans, C. (2016). Control operativo frente a los efectos del viento en la construcción del Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz. Hormigón y Acero, 64, 255-260. <https://doi.org/10.1016/j.hya.2016.04.002>
- Vásquez Carrillo, J. (2018). Análisis y diseño estructural de una “cubierta tipo” de bambú, para canchas de uso múltiple mediante el uso de los programas Revit, Robot y Etabs. Universidad Técnica de Ambato.

- Vielma J.C. y Cando M.A. (2017). Evaluación del factor de comportamiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción para estructuras metálicas porticadas. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería, 33 (3-4), 271-279. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2016.09.001>
- Villarroel Bejarano, C. (2016). Análisis y diseño de estructuras con Autodesk Robot Structural Analysis 2016. Santa Cruz, Bolivia.
- Yüçetürk, K., Aktaş, E., Maden, F., Gur S. y Mitropoulou, C. (2020). A Case Study on the Selection of Optimum Loop Units for the Deployable Arch Structures Exposed to Lateral and Non-uniform Gravity Loads. Procedia Manufacturing, 44, 481-488. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.267>
- Zapata, L. (1997). Diseño estructural en acero. Zapata Baglieto, Luis F. Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO 1: Declaratoria de autenticidad (Autores)

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE AUTORES

Nosotros, Edan Rijark Zambrano Solorzano y Eduardo Derian Ñaupari Guadalupe, alumnos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo San Juan de Lurigancho, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada "Diseño de nave industrial incorporando la norma E.020 en el análisis de viento de Robot Structural Analysis 2018", son:

1. De nuestra autoría.
2. La presente Tesis no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. La Tesis no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en la presente Tesis son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 21 de diciembre de 2020.



.....
Zambrano Solorzano Edan Rijark
DNI: 73940663



.....
Ñaupari Guadalupe Eduardo Derian
DNI: 70001113

ANEXO 2: Declaratoria de autenticidad (Asesor)

| | | |
|---|---|---|
|  | ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS | Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 15-03-2021 Página : 1 de 1 |
|---|---|---|

Yo, Mg. Ing. Samir Augusto Arévalo Vidal, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Campus San Juan de Lurigancho revisor de la tesis titulada: "Diseño de nave industrial incorporando la norma E.020 en el análisis de viento de Robot Structural Analysis 2018" de los estudiantes: Zambrano Solorzano, Edan Rijack y Ñaupari Guadalupe, Eduardo Derian.

Constato que la investigación tiene un índice de similitud de 5% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: San Juan de Lurigancho, 15-03-21



Firma

Mg. Ing. Samir Augusto Arévalo Vidal

DNI: 46000342

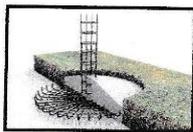
| | | | | |
|--|---|--------|---|---|
|  Elaboró |  Dirección de Investigación | Revisó |  Responsable del SIGC |  Vicerrectorado de Investigación |
|--|---|--------|---|---|

ANEXO 3: Matriz de operacionalización de variables

| "Diseño de nave industrial incorporando la norma E.020 en el análisis de viento de Robot Structural Analysis 2018" | | | | | |
|--|--|--|---|--------------------|------------------------|
| VARIABLES | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | INDICADORES | ESCALA DE MEDICION | INTERVALOS |
| ROBOT STRUCTURAL | Es una herramienta BIM el cual agiliza el cálculo del análisis y diseño de una nave industrial tiene herramientas como análisis de viento que agiliza el cálculo en estructuras metálicas. | ANALISIS DE VIENTO | LA PRESION EXTERIO DE VIENTO | Kgf/m2 | ----- |
| | | | LA VELOCIDAD DE DISEÑO | km/h | 30 a 130 |
| DISEÑO DE UNA NAVE INDUSTRIAL METALICA | El diseño de una nave industrial a dos aguas calculando a partir del analisis de viento y analisis sismico el cual según la combinación de cargas es diseñada segun los valores indicados por la norma E.020 y la norma E.030. | ANALISIS SISMICO DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON LA NORMA E.030 | DESPLAZAMIENTO DE LA EDIFICACION | mm | ----- |
| | | DISEÑO DE UNA NAVE INDUSTRIAL A 2 AGUAS | DISEÑO DE SECCIONES | NORMA AISC 14TH | ----- |
| | | COMBINACION DE CARGA | SECCIONES CREADAS CON CARGA DE VIENTO GENERADO DEL ROBOT STRUCTURAL | LRFD | DISEÑO DE SECCIONES(A) |
| | | | SECCIONES CREADAS CON CARGA DE VIENTO GENERADO POR LA NORMA E.020 | LRFD | DISEÑO DE SECCIONES(B) |

ANEXO 4: Instrumento de recolección de datos

| | | | |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| PROPIETARIOS: RUBEN CARLOS VICUÑA SIMEON. MARGOT YRAIDA ÑAUPARI FLORES. | | | |
| INFORME TECNICO PROYECTO: “DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E.020 EN EL ANALISIS DE VIENTO DE ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2018” | | | |
| AUTORES: EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORZANO EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE | | | |
| UBICACION AV. FERROCARRIL N° 1859 - 1864 VISCAP - ATAURA - JAUJA | | | |
| DISTRITO: ATAURA | PROVINCIA: JAUJA | DEPARTAMENTO: JUNIN | NOVIEMBRE 2,020 |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><p>PLAZA DE ARMAS DEL DISTRITO DE ATAURA - JAUJA <small>Escribe una descripción para tu mapa.</small></p></div> | | | |
| VISCAP - ATAURA - JAUJA - JUNÍN | | | |



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



ÍNDICE

- 1.0 GENERALIDADES.
 - 1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO.
 - 1.2 UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.
 - 1.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA
 - 1.4 ALTITUD DE LA ZONA EN ESTUDIO
 - 1.5 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO
 - 1.6 NORMATIVIDAD
- 2.0 TOPOGRAFIA –GEOLOGIA REGIONAL – GEOLOGIA LOCAL - SISMICIDAD.
 - 2.1 TOPOGRAFIA.
 - 2.2 GEOLOGIA REGIONAL.
 - 2.3 GEOLOGIA LOCAL
 - 2.4 SISMICIDAD.
- 3.0 INVESTIGACIONES EFECTUADAS
 - 3.1 TRABAJOS DE CAMPO.
 - 3.1.1 EXCAVACIÓN DE CALICATAS
 - 3.1.2 RESUMEN DE EXCAVACIONES.
 - 3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.
 - 3.2.1 ENSAYOS ESTÁNDAR
 - 3.2.2 ENSAYOS ESPECIALES
 - 3.2.3 CLASIFICACIÓN DE SUELOS
- 4.0 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO
- 5.0 ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN.
 - 5.1 PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN
 - 5.2 TIPO DE CIMENTACIÓN
 - 5.3 CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE
 - 5.4 CALCULO DE ASENTAMIENTOS
- 6.0 AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN
- 7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- 8.0 ANEXOS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


RAUL JORGE LEON ZAMPOS
TECNICO
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ANEXO 1 : CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.
ANEXO 2 : PANEL FOTOGRAFICO
ANEXO 3 : UBICACIÓN DE CALICATAS


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



INFORME TÉCNICO

1.0 GENERALIDADES

1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO.

El presente Informe Técnico tiene por objeto investigar el subsuelo del terreno asignado para el Diseño de Nave Industrial. Por medio de trabajos de campo a través de pozos de exploración o calicatas "a cielo abierto", ensayos de laboratorio estándar y especiales a fin de obtener las principales características físicas y mecánicas del suelo, sus propiedades de resistencia y deformación y la agresividad química de sus componentes.

El programa seguido para los fines propuestos, fue el siguiente:

- ✓ Reconocimiento del terreno
- ✓ Distribución y ejecución de calicatas.
- ✓ Toma de Muestras Disturbadas.
- ✓ Ejecución de ensayos de laboratorio.
- ✓ Ensayos Especiales.
- ✓ Evaluación de los trabajos de campo y laboratorio
- ✓ Perfil estratigráfico.
- ✓ Análisis de la cimentación.
- ✓ Conclusiones y Recomendaciones

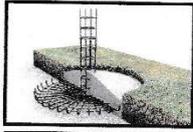
1.2 UBICACIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El Proyecto en mención se encuentra Ubicado en la Av. Ferrocarril N° 1854 – 1859 – Vicap Ataura – Distrito de Jauja.

- Distrito de Jauja
- Provincia de Junín.
- Departamento de Junín.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TÉCNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

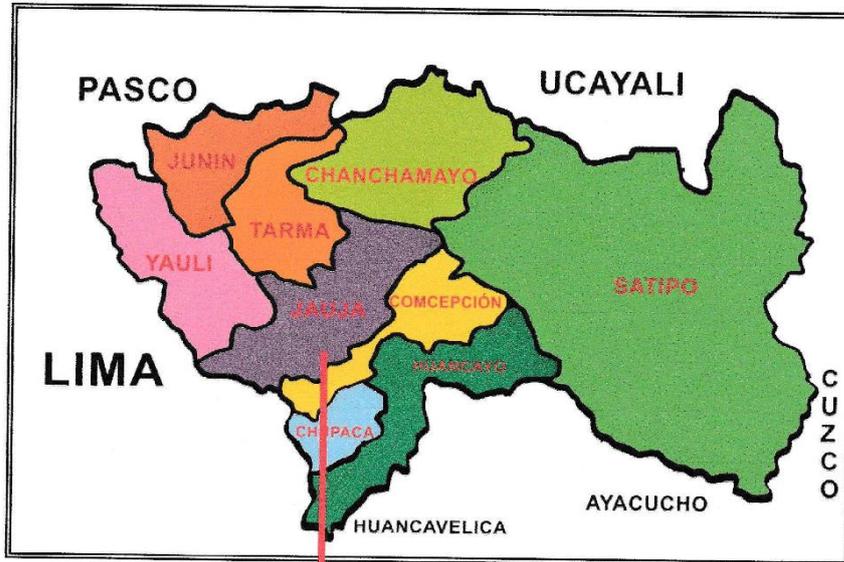

ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
 RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES

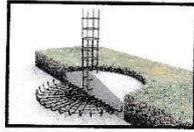


UBICACIÓN DEL AREA ESTUDIOS



Rau Jorge León Campos
 RAU JORGE LEÓN CAMPOS
 TÉCNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elías Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP 52920
 INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



1.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA.

Corresponde a la región sierra siendo variado de acuerdo a las estaciones, templado, seco y lluvioso en los meses de diciembre a abril con una temperatura promedio de 14° a 18° C. y en los meses de mayo a noviembre, corresponde el verano, llegando la temperatura a descender a bajo cero en los meses de junio y julio. Esta característica le otorga al clima de Jauja ser uno de los más benignos de planeta.

1.4 ALTITUD DE LA ZONA EN ESTUDIO.

La zona se encuentra a una altitud de 3,347 m. s. n. m.

1.5 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO.

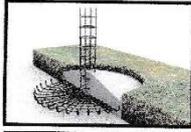
El Proyecto consistirá en la construcción. Diseño de Nave Industrial Incorporada a la Norma E. 020 en el Análisis de Viento Robot Structural Analysis 2018.

1.6 NORMATIVIDAD.

El presente informe está en concordancia con la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones, Norma E-030, Diseño Sismo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones.


RAUL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTÓ
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



2.0 TOPOGRAFIA – GEOLOGIA REGIONAL – GEOLOGIA LOCAL - SISMICIDAD.

2.1 TOPOGRAFÍA.

La topografía del distrito de Yauyos es variada, se caracteriza por ser irregular, con pronunciados desniveles en su sección transversal y suaves pendientes en su sección longitudinal. Esta topografía variada, se debe a que el distrito de Yauyos se encuentra ubicado entre 2 pisos altitudinales o regiones geográficas con sus respectivas características, la región quechua y la región suni. La región quechua localizada entre los 2,500 y 3,500 m.s.n.m. y la región suni localizada entre los 3,500 y 4,100 m.s.n.m.

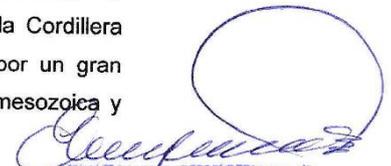
El área urbana que ocupa el distrito de Yauyos se encuentra a 3,410 m.s.n.m., sobre una planicie ligeramente inclinada que se extiende hacia las faldas del cerro Huancas al oeste. Las pendientes transversales varían de 2% a 13% y las longitudinales de 1 % a 3%. La topografía del terreno permite orientar su desarrollo hacia áreas semi-planas que se encuentran al Sur y Sureste del distrito. Por el contrario, hacia el oeste la topografía es más accidentada por la existencia de una cadena de cerros, destacándose entre ellos el cerro

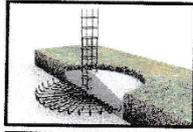
2.2 GEOLOGÍA REGIONAL.

El área de estudio se encuentra ubicada entre las cordilleras Occidental y Oriental de los andes del Perú central, delimitada por los paralelos 11 ° 00' sur y 12° 30'sur y por los meridianos 75°30' y 76° 00'. Zonas Morfoestructurales del Perú Central Incluidas en el Área de Estudio

Los andes del centro del Perú están subdivididos comúnmente en tres zonas que difieren una de otra según su morfología y estructura: la Cordillera Occidental, la Alta Meseta y la Cordillera Oriental. Estas zonas están separadas una de otra por un gran sistema de fallas orientadas de NO-SE cuya historia mesozoica y terciaria muestra varios episodios tectónicos.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



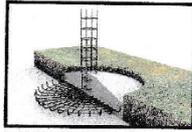
- **La Cordillera Occidental** contiene rocas marinas mesozoicas y encerradas, cubiertas disconformemente por una inclusión moderada para no disturbar las rocas volcánicas terciarias. Más aun, este es el lugar donde ocurre la mayoría de las actividades magmáticas del OligoMioceno. El vulcanismo está ausente en estos momentos debido a la forma subhorizontal de la losa sustraída.
- **Las Altas Mesetas** están formadas por rocas marinas mesozoicas (moderadamente plegadas y encerradas), y por rocas del paleógeno continental, cubiertas por rocas volcánicas del Mioceno.
- **La Cordillera Oriental** está principalmente formada por rocas del Paleozoico y Precambriano falladas y plegadas. El contacto entre las altas mesetas y la Cordillera Oriental está cubierto por cunecas o valles cenozoicos orientados al NO-SE (de norte a sur: los valles de Junín, Huancayo y Ayacucho).

Dentro del área en estudio, viendo las estructuras en gran detalle. Encontramos los **siguientes** datos de **oriente** a occidente:

- **Las Altas Mesetas de los Altos del Mantaro.** - Esta zona presenta una geometría muy simple, con cilíndricos y largos pliegues de longitud de onda cuyos ejes, avanzando de 135° norte a 150° norte, podrían continuar por algo más de decenas de kilómetros.
- **La Zona de Fallas de los Altos del Mantaro.** - Megard (1,978) y Blanc (1,984) proyectaron un sistema discontinuo de fallas sobre el borde sur occidental del valle del Mantaro, los cuales pueden continuar sobre los 12° sur bajando hasta al menos 12° 30' sur. Estas fallas inversas tienen una dirección general de 1400 norte y buza hacia el sur oeste. Ellos no muestran una clara evidencia de actividad reciente.


RADA JORGE LEON CAMPOS
TÉCNICO
SUELOS DE CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



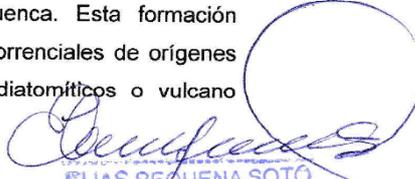
- **El Valle del Mantaro.** - Este es un valle asimétrico cuyo lado sur occidental es más empinado que su lado nor oriental. Las rocas del valle en su lado sur occidental han sido fuertemente deformadas por la actividad de la zona de fallas de los altos del Mantaro durante el último Plioceno Cuaternario. Simultáneamente un levantamiento de la meseta de los altos del Mantaro ocurrió. Sin embargo, el borde nor oriental no muestra una evidencia clara de deformación, y no está separado de la Cordillera Oriental por alguna zona de fractura. La zona de fallas de Rieran y la zona de fallas del Huaytapallana son parte de la Cordillera Oriental.
- **La Zona de Fallas del Huaytapallana.** - Este es un sistema de fallas activo de 30 km. de longitud NO-SE, buzando cerca de los 50° al nor este, ubicado al lado sur occidental de la cordillera del Huaytapallana, la cual tiene una altura final de 5,500 metros. Datos geológicos e imágenes satelitales *indican* que su longitud podría alcanzar hasta 100 km.

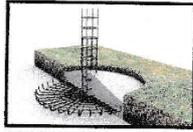
2.3 GEOLOGÍA LOCAL.

Después de haber visto las condiciones geológicas a nivel regional de la cuenca, ahora se tratará sobre las condiciones geológicas de la zona en estudio a nivel local, donde se considerará las condiciones geológicas más reciente (NEOTECTONICA) estudiadas por el geólogo trances Jean le Blanc en 1,984 y en el que propone un nuevo dispositivo estratigráfico para la cuenca de Huancayo.

Al hacer un repaso de los primeros estudios de la geología del Perú central, se observa que a comienzos del año 1940, el geólogo John Harrison, bautizo con el nombre de Formación Jauja al conjunto de sedimentos mas antiguos que rellenan la cuenca. Esta formación reagrupa los conglomerados fluviales o fluvio torrenciales de orígenes diversos y los depósitos lacustres, arenosos diatomíticos o vulcano sedimentarios.


RAUL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



Inicialmente esta formación sería relacionada al Pleistoceno, teoría fundada en la descripción de Mastodontes y Megaterios descubiertos y determinados anteriormente por el investigador Lisson.

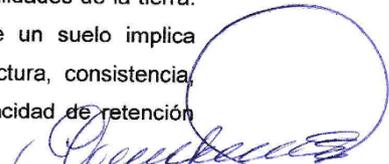
Posteriormente, autores como Oliver Dollfus (en 1965), Francois Megard (en 1968) han completado y profundizado el estudio de la cuenca. El dispositivo general que ellos han descrito está esquematizado en la figura 3a. Según estos autores la Formación Jauja, atribuido al Pleistoceno, se les asigna

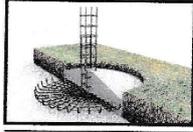
tres conjuntos de terrazas denominadas T3, T2 y T1, del más antiguo al más joven, y que son contemporáneas cada uno a una fase importante de glaciación. Basados en información recopilada en detalle, así como de resultados de dataciones radio cronológicas, permite proponer un dispositivo estratigráfico general diferente y que se ilustra en la figura 3b. Este dispositivo se sustenta en dos teorías, una de las cuales pone al descubierto la discordancia en el seno mismo de la formación Jauja, es decir una fase de plegamiento que separa un conjunto inferior (constituido de coladas fangosas y conglomerados gruesos) de un conjunto superior (formado de depósitos lacustres y fluviales). Es debido a esto, que se cambia la denominación de Formación Jauja por la de Grupo Jauja, que corresponde a la Formación Ushno en la base; y a la Formación Mataula, en la parte superior de la misma.

2.4 SUELOS.

El suelo es uno de los elementos ambientales de mayor sensibilidad frente a los procesos naturales y acciones del hombre. El proceso de seleccionar y clasificar las tierras según su aptitud y vocación para el cultivo es uno de los pasos esenciales. Para ello es indispensable disponer de un levantamiento de suelos como estudio básico, que nos indique las características y cualidades de la tierra. De manera que, para hablar de vocación de un suelo implica conocer la textura, profundidad efectiva, estructura, consistencia, pedregosidad interna y externa, salinidad, capacidad de retención de humedad, etc.


RAUL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



Con esta información básica y elemental se puede proyectar cultivos sistemáticos o alternados en una misma área. Cada uno de los factores físicos poseen un conjunto de características y cualidades que en forma independiente o por su interacción con otros van a determinar la capacidad de las tierras a ser regadas, su método de riego y su "productividad".

Los suelos del distrito de Jauja tienen características variadas, dependiendo de su ubicación geográfica y de los pisos altitudinales en los que se encuentran. De manera general podemos decir que los suelos tienen las siguientes características:

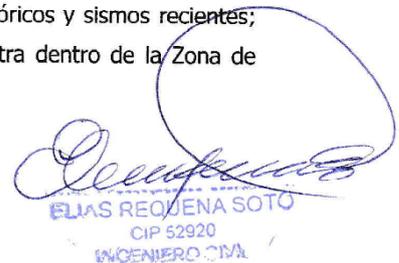
La mayor parte de los suelos del distrito se encuentran dentro de un paisaje montañoso, ocupando laderas y cimas de cerros.

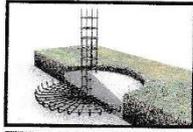
- Entre 3,410 m.s.n.m. y 3,440 m.s.n.m. el suelo es franco, arcilloso y llano con regular pedregosidad.
- Entre 3,440 y 3,500 m.s.n.m. es arcillosos y cascajal, presenta una pendiente pronunciada con poca pedregosidad.
- Por encima de los 3,500 m.s.n.m. es arcilloso, arenoso y cascajal, con una pronunciada pendiente con relativa pedregosidad y ligera corrientilla hacia las partes bajas (en épocas de lluvias).

2.5 SISMICIDAD.

De acuerdo al Nuevo Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según la nueva Norma Sismo Resistente (NTE E-030) y del Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, presentado por Alva Hurtado (1984), el cual se basó en isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes; Se concluye que el área en estudio se encuentra dentro de la Zona de Sismicidad IV.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
INGENIERO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



De acuerdo al reglamento de edificaciones y la Norma Técnica de edificación E-030, diseño sísmoresistente, se deberá de tomar los siguientes valores para el análisis sísmico.

- (a) Factor de Zona 3 _____ Z = 0.35
- (b) Condiciones Geotécnicas:
 - ✓ El suelo investigado, pertenece al perfil Tipo S₂ _____ S = 1.15
- (c) Periodo de Vibración del Suelo _____ T_p = 1.6 seg.
- (d) Factor de Ampliación Sísmica.

Se calcula en base a la expresión siguiente:

| T < T _p | T _p < T < T _L | T _p < T < T _L |
|--------------------|--|--|
| C = 2,5 | $C = 2,5 * \left(\frac{T_p}{T} \right)$ | $C = 2,5 \left(\frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$ |

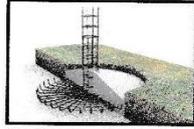
Periodo Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto de la aceleración en el suelo.

- (e) Categoría de la Estructura _____ "C".
- (f) Factor de Uso _____ U = 1.0.
- (g) La fuerza horizontal o cortante a la acción sísmica se determina por la formula siguiente:

Para:

RAÚL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


EUZÉBIO REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



ZONIFICACION PARA EL TIPO DE SUELO

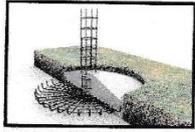
Decreto Supremo que modifica La Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda, Modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-Vivienda.

| ZONA | Z |
|------|------|
| 4 | 0.45 |
| 3 | 0.35 |
| 2 | 0.25 |
| 1 | 0.10 |

| PERFIL | \bar{V}_s | \bar{N}_{60} | \bar{S}_u |
|-----------|---------------------------------------|----------------|------------------|
| S0 | >1500 m/s | -- | -- |
| S1 | 500 m/s a 1500 m/s | >50 | >100 kPa |
| S2 | 180 m/s a 500 m/s | 15 a 50 | 50 kPa a 100 kPa |
| S3 | | <15 | 25 kPa a 50 kPa |
| S4 | Clasificación basada en el EMS | | |


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



V = Cortante Basal

Z = Factor de Zona

U = Factor de Uso

S = Factor de Ampliación del suelo

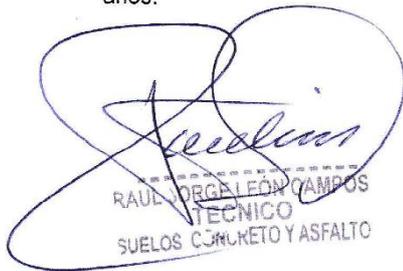
C = Factor de Ampliación Sísmica

R = coeficiente de Reducción

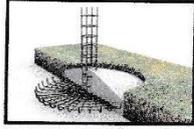
P = Peso de la Edificación

$$\frac{V = Z * U * S * C * P}{R}$$

“El área en estudio, corresponde a la zona 4, el factor de zona se interpreta como una aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser accedida en 50 años.


RAUL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTÓ
CIP 52920
INGENIERO CMA

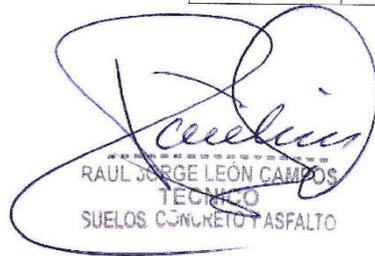


LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES

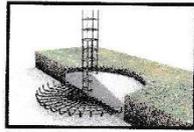


| TABLA N° 3 | | | | |
|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| FACTOR DE SUELOS "S" | | | | |
| SUELO ZONA | S₀ | S₁ | S₂ | S₃ |
| Z₄ | 0.80 | 1.00 | 1.05 | 1.10 |
| Z₃ | 0.80 | 1.00 | 1.15 | 1.20 |
| Z₂ | 0.80 | 1.00 | 1.20 | 1.40 |
| Z₁ | 0.80 | 1.00 | 1.60 | 2.00 |

| TABLA N° 4 | | | | |
|---|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| PERIODOS "T_P" y "T_L" | | | | |
| | PERFIL DEL SUELO | | | |
| | S₀ | S₁ | S₂ | S₃ |
| T_P (S) | 0.3 | 0.4 | 0.6 | 1.0 |
| T_L (S) | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.6 |


RAUL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



3.0 INVESTIGACIONES EFECTUADAS.

3.1 TRABAJOS DE CAMPO.

Los trabajos de exploración de campo se realizaron con la finalidad de definir el perfil estratigráfico en el área de estudio, se ejecutó 02 pozo de exploración a cielo abierto alcanzando el máximo a 3.00 (m) de profundidad. Donde no se encontró el Nivel Freático.

3.1.1 EXCAVACIÓN DE CALICATAS

Con la finalidad de identificar los diferentes estratos de suelo y su composición. Se ejecutó la excavación con maquinaria de 02 Calicatas a cielo abierto a la que denominamos de C-1 y C-2 Alcanzando una profundidad máxima de 3.00 m.

Se tomaron muestras convenientemente para realizar los ensayos y que fueron identificadas y embaladas en bolsas de polietileno, las que fueron remitidas al Laboratorio de Suelos, Para realizar los Ensayos correspondientes. Con las Normas Técnicas Estandarizados.

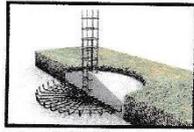
3.1.2 RESUMEN DE EXCAVACIONES

| CALICATA | PROF. ALCANZADA | NAPA FREATICA |
|----------|-----------------|---------------|
| C-1 | 3.00 | N. A. |
| C-2 | 3.00 | N. A. |

N.A. = No Alcanzada.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



3.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.

3.2.1 ENSAYO ESTÁNDAR

Con las muestras alteradas obtenidas procedente de la calicata, se realizaron ensayos estándar de clasificación de suelos, consistente en análisis Granulométrico por tamizado. Límites de Astterberg (índice de plasticidad), contenido de humedad. Dichos ensayos se realizaron en Laboratorio LABCENTERSUELOS SAC. Siguiendo las Normas de la American Society, For and Materials (ASTM).

CUADRO DE ENSAYOS

| ENSAYO | NORMA TECNICA |
|---|---------------|
| Análisis Granulométrico de los Agregados. | ASTM C-422 |
| Límites de Astterberg (Líquido y Plástico) | ASTM D-4318 |
| Clasificación SUCS. | ASTM D-2487 |
| Clasificación AASHTO. | AASHTO M-145 |
| Contenido de Humedad. | ASTM D-2216 |

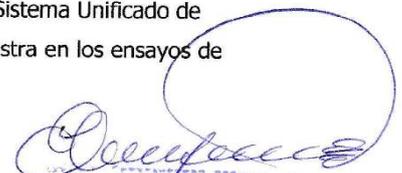
3.2.2 ENSAYOS ESPECIALES.

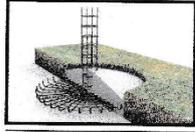
| ENSAYO | NORMA TECNICA |
|-------------------------|---------------|
| Corte Directo. | ASTM D-3080 |
| Sales Solubles Totales. | MTC - E219 |

3.2.3 CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

El Suelo ha sido clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), según muestra en los ensayos de laboratorio.


RAIMUNDO JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTÓ
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES

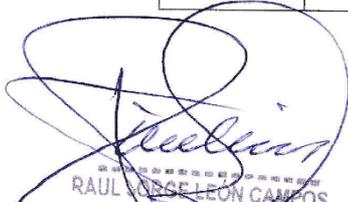


• **ENSAYOS ESTANDAR**

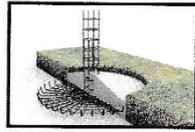
| Calicata | Prof. (m) | Muestra | Granulometría | | | H. N. | I. P. | Clasificación SUCS | Clasificación AASHTO |
|----------|-------------|---------|---------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|----------------------|
| | | | Grava | Arena | finos | | | | |
| C - 1 | 0.40 - 3.00 | M - 1 | 27.6 | 68.6 | 3.8 | 4.2 | NP | SP | A - 1 - b (0) |
| C - 2 | 0.30 - 3.00 | M - 1 | 28.6 | 68.4 | 2.9 | 4.6 | NP | SP | A - 1 - b (0) |

• **ENSAYOS ESPECIALES**

| Calicata | Prof. (m) | CORTE DIRECTO | | Sales Solubles (ppm) |
|----------|-------------|--------------------|----------|----------------------|
| | | Angulo de Fricción | Cohesión | |
| C - 1 | 0.40 - 3.00 | 30.8 | 0.00 | 1010.22 |


RAUL JOSE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO C.M.A.



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



4.0 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

El sub suelo del terreno asignado para el proyecto se encuentra con el siguiente perfil estratigráfico.

- **CALICATA N° 1**

Prof. (m). 0.00 – 0.40

Se encuentra un material de tierra de cultivo, con vegetación superficial.

Prof. (m). 0.40 – 3.00

Se encuentra un material compuesta por Arenas Gravosa, compuesto por Arenas y Gravas hasta de 1" de tamaño, de plasticidad nula, de compacidad compacto, de color medio plomizo, con una humedad de 4.2%.

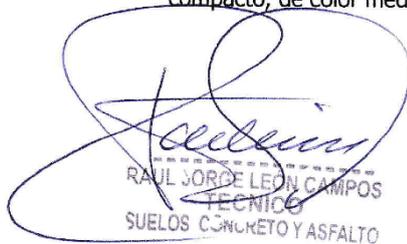
- **CALICATA N° 2**

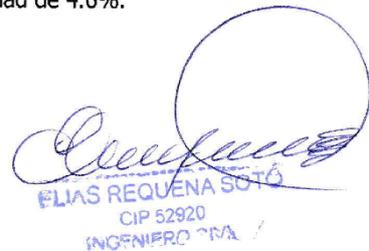
Prof. (m). 0.00 – 0.30

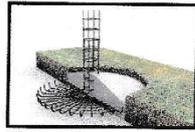
Se encuentra un material de tierra de cultivo, con vegetación superficial.

Prof. (m). 0.30 – 3.00

Se encuentra un material compuesta por Arenas Gravosa, compuesto por Arenas y Gravas hasta de 1" de tamaño, de plasticidad nula, de compacidad compacto, de color medio plomizo, con una humedad de 4.6%.


RAUL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



5.0 ANALISIS DE CIMENTACION

5.1 PROFUNDIDAD DE CIMENTACION.

De acuerdo a las condiciones de Suelo y las características del Proyecto, se analiza una profundidad de Cimentación mínima $D_f = 1.50$ más. A partir de la plataforma de uso, sobre el suelo natural compuesto por un material de Arena Gravosa de clasificación $SUCS = Sp$.

5.2 TIPO DE CIMENTACION.

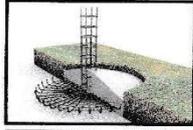
Para el tipo de Construcción se emplearán cimentaciones superficiales convencionales tal como, Zapatas aisladas y cimientos corridos.

5.3 CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE.

Se ha determinado la capacidad portante del terreno en base a las características del sub suelo y se han propuesto dimensiones recomendables para la cimentación.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



CAPACIDAD ADMISIBLE: CIMENTACION CORRIDA

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE:

ECUACION GENERAL CAPACIDAD DE CARGA

| | |
|---------------------------------------|-------|
| ANGULO DE FRICCION INTERNA (ϕ) | 30.80 |
| COHESION (kg/cm ²) : | 0.00 |
| TIPO DE SUELO : | SP |

CIMENTACION CORRIDA : **B=** 0.50 (m).

DATOS

| | | | |
|-----------------------------------|---|---------|-------------------|
| Cohesion © | = | 0.00 | Kg/m ³ |
| Peso Especifico | = | 1765.00 | Kg/m ³ |
| Peso Especifico de Solidos | = | 1765.00 | Kg/m ³ |
| Contenido de Humedad(W) | = | 4.20 | % |
| Angulo de Friccion Interna ϕ | = | 30.80 | 0.538 (Rad) |

| | | | |
|---------------------------------|---|------|----|
| Ancho de Cimentacion(B) | = | 0.00 | m. |
| Profundidad de Cimentacion (Df) | = | 1.50 | m. |
| Factor de Seguridad (Fs) | = | 3.00 | |

$q = 2647.5$

| | |
|----------------------------------|--------------------|
| FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA = | $N_c = 32.16$ |
| | $N_q = 20.18$ |
| | $N_\gamma = 25.27$ |

$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$

$N_q = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) e^{\tau \tan \phi}$

$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$

$q_u = c' N_c + q N_q + 1/2 \gamma B N_\gamma$

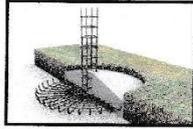
Qu = 64588.41

Qad = 21.53 Tn/cm²

Qad = 2.15 Kg/cm²

[Signature]
 RDA JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

[Signature]
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP 52920
 INGENIERO CIVIL



CAPACIDAD ADMISIBLE: CIMENTACION CUADRADA

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE:

ECUACION GENERAL CAPACIDAD DE CARGA

| | |
|---------------------------------------|-------|
| ANGULO DE FRICCION INTERNA (ϕ) | 30.80 |
| COHESION (kg/cm ²) : | 0.00 |
| TIPO DE SUELO : | SP |

| | | | |
|----------------------|-----------|------|------|
| CIMENTACION CUADRADA | A= | 1.50 | (m). |
|----------------------|-----------|------|------|

DATOS

| | | | |
|-----------------------------------|---|---------|-------------------|
| Cohesion © | = | 0.00 | kg/m ³ |
| Peso Especifico | = | 1765.00 | kg/m ³ |
| Peso Especifico de Solidos | = | 1765.00 | kg/m ³ |
| Contenido de Humedad(W) | = | 4.20 | % |
| Angulo de Friccion Interna ϕ | = | 30.80 | 0.538 (Rad) |

| | | | |
|---------------------------------|---|------|----|
| Ancho de Cimentacion(B) | = | 1.20 | m. |
| Profundidad de Cimentacion (Df) | = | 1.50 | m. |
| Factor de Seguridad (Fs) | = | 3.00 | |

| | | |
|------|---|--------|
| Df/B | = | 1.250 |
| q | = | 2647.5 |

| | | | |
|--------------------------------|---|------------------|-------|
| FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA | = | N _c = | 32.16 |
| | = | N _q = | 20.18 |
| | = | N _γ = | 25.27 |

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_q = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) e^{\gamma \tan \theta}$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

$$q_u = 1.3c'N_c + q N_q + 0.4\gamma B N_\gamma$$

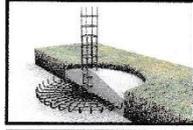
| | | |
|----------------------|---|-----------------|
| Q_u | = | 74847.58 |
|----------------------|---|-----------------|

| | | | |
|-----------------------|---|--------------|--------------------|
| Q_{ad} | = | 24.95 | Tn/cm ² |
|-----------------------|---|--------------|--------------------|

| | | | |
|-----------------------|---|-------------|--------------------|
| Q_{ad} | = | 2.49 | Kg/cm ² |
|-----------------------|---|-------------|--------------------|

Raul Jorge León Campos
RAUL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elías Requena Soto
ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



5.4 CALCULO DEL ASENTAMIENTO

Para el análisis de cimentaciones tenemos los llamados **Asentamientos Totales** y los **Asentamientos Diferenciales**, de los cuales los Asentamientos diferenciales son los que podrían comprometer la Seguridad de la estructura si sobrepasa ($S=L/300$) cm. De donde ($L=300$ cm), por lo tanto, el asentamiento máximo tolerable será ($S=1.00$ cm.), Para estructuras convencionales. El asentamiento de la cimentación se calculará en base a la teoría de la elasticidad (Lambe y Whitman, 1964), considerando los 2 tipos de cimentación superficial recomendado. Se asume que el esfuerzo neto transmitido es uniforme en ambos casos. El asentamiento elástico inicial será:

CALCULO

$$S = \frac{q_s B (1-u^2) I_f}{E_s}$$

Donde:

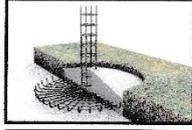
- S** = asentamiento (cm)
- q_s** = esfuerzo neto transmisible (kg/cm²)
- B** = ancho de cimentación (cm)
- E_s** = módulo de Elasticidad (kg/cm²)
- u** = relación de Poisson
- I_f** = factor de influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación.

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de las Tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde irá desplantada la cimentación, en el libro del **ACI** de Cimentaciones de Concreto Armado en edificaciones.

Para este tipo de suelo de Arena Gravosa, donde irá desplantada la cimentación es conveniente considerar un módulo de elasticidad de $E = 800 \text{ Kg/m}^2$ y un coeficiente de Poisson de $u = 0.25$.


PAUL JORGE LEÓN CAMPOS
TÉCNICO
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


ELÍAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación rígida y flexible, se considera además que los esfuerzos transmitidos son iguales a la capacidad admisible de carga.

Calculo: Zapata Cuadrada.

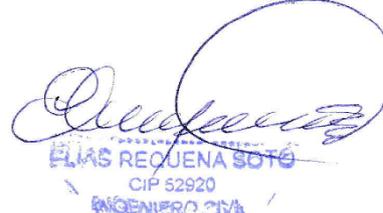
| | | |
|----------------------|---|------|
| $\Delta qs(Kg/cm^2)$ | = | 2.49 |
| B (cm) | = | 120 |
| Es (kg/cm2) | = | 800 |
| If (flexible) | = | 0.95 |
| If (rigido) | = | 0.82 |
| u | = | 0.25 |

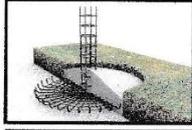
Se tiene :

| | |
|--------------------------|------|
| Cimentacion Flexible S = | 0.33 |
| Cimentacion Rigida S = | 0.29 |

Por tanto, el **Asentamiento Máximo** en esta zona será de **0.33 mm**. La cual es superior a lo permisible (**1.00cm**).


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



6.0 AGRESIÓN DEL SUELO DE CIMENTACIÓN

El suelo bajo el cual se cimienta toda estructura tiene un efecto agresivo a la cimentación. Este efecto está en función de la presencia de elementos químicos que actúan sobre el concreto y el acero de refuerzo, causándole efectos nocivos y hasta destructivos sobre las estructuras (sulfatos y cloruros principalmente).

Sin embargo, la acción química del suelo sobre el concreto sólo ocurre a través del agua subterránea que reacciona con el concreto; de ese modo el deterioro del concreto ocurre bajo el nivel freático, zona de ascensión capilar o presencia de agua infiltrado por otra razón (rotura de tuberías, lluvias extraordinarias e inundaciones, etc.).

Los principales elementos químicos a evaluar son los sulfatos y cloruros por su acción química sobre el concreto y acero del cimiento respectivamente y las sales solubles totales por su acción mecánica sobre el cimiento, al ocasionarle asentamientos bruscos por lixiviación (lavado de sales del suelo con el agua).

ELEMENTO NOCIVO PARA LA CIMENTACIÓN

| Presencia en el Suelo de | p.p.m | Grado de Alteración | Observaciones |
|--------------------------|---------|---------------------|---|
| Sales Solubles Totales | >15,000 | Perjudicial | Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación |

El ensayo de análisis químico de sales se obtiene como resultado lo siguiente:

Sales Solubles Totales (ppm). 1010.22


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El presente estudio fue elaborado con la finalidad de evaluar las características del Estudio de Suelos con fines de Cimentación para el proyecto en mención, el cual es exclusivamente para este fin.
- El sub suelo está conformado en un 95% por un material de Arena Gravosa compuesto por Arenas y Gravas, de clasificación SUCS = SP, desde los 0.40 (m) de profundidad. Hasta el nivel excavado.
- Diseño de la cimentación del proyecto se utilizará en las cimentaciones la cual se deberán de utilizar los siguientes parámetros:

Nivel de cimentación:

1.- Cimentación Corrida

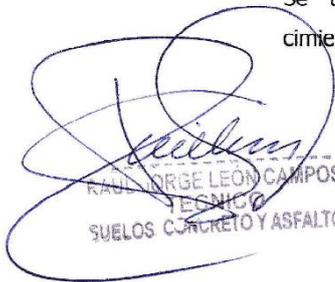
Sobre el suelo natural constituido por un Material de Arena Gravosa de Clasificación SUCS = SP. La profundidad mínima de cimentación será de 1.50 (m). En cimentación corrida.

2.- Zapatas

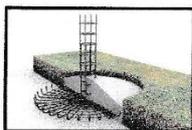
Sobre el suelo natural constituido por un Material de Arena Gravosa de Clasificación SUCS = Sp. La profundidad mínima de cimentación será de 1.50 (m) en Zapatas.

Tipo de cimentación:

Se usarán cimentaciones superficiales convencionales tal como cimientos corridos y zapatas aisladas.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



CAPACIDAD DE CARGA:

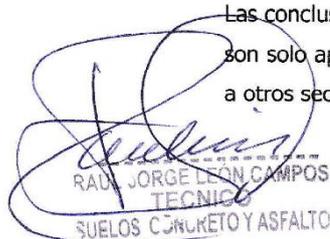
PARAMETROS DE CAPACIDAD DE CARGA PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES.

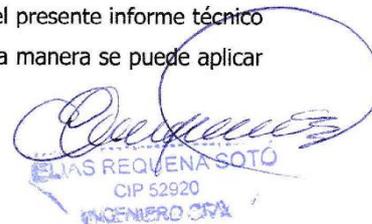
| CALICATA N° | TIPO DE SUELO | ANGULO DE FRICCION | COHESION | TIPO DE CIMENTACION | Df | FS | Q _{ult} kg/cm ² | Q _{adm} Kg/cm ² |
|-------------|---------------|--------------------|----------|---------------------|------|----|-------------------------------------|-------------------------------------|
| C-1 | SP | 30.8 | 0.00 | CORRIDA | 1.50 | 3 | 21.53 | 2.15 |
| | | | | | 2.00 | 3 | 27.47 | 2.75 |
| | | | | | 2.50 | 3 | 33.40 | 3.34 |
| | | | | CUADRADA | 1.50 | 3 | 24.95 | 2.49 |
| | | | | | 2.00 | 3 | 30.89 | 3.09 |
| | | | | | 2.50 | 3 | 36.82 | 3.68 |

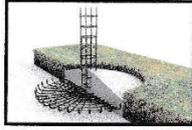
- En caso de no encontrar el estrato firme se podrá utilizar una falsa zapata de concreto ciclópeo hasta llegar a dicho estrato, donde se transmitirá las cargas. En ningún caso se apoyarán en terreno orgánico o relleno.
- NAPA FREÁTICA: No se encontró.
- De acuerdo al área sísmica donde se ubica la zona en estudio existe la posibilidad de que ocurran los sismos de intensidades del orden VII en la escala de Mercalli Modificada. Asimismo, la localidad se encuentra localizada en la zona 3 de alta sismicidad.
- Para la aplicación de las Normas de Diseño Sismo resistente del RNE, debe considerarse que el depósito de suelo donde estará ubicado el proyecto corresponde a un perfil tipo S₂ suelos Intermedios con periodo predominante T_p = 1.5s.
- Se concluye por lo tanto que el estrato de suelo que forma parte del contorno donde irá desplantada la cimentación contiene concentraciones nocivas de **SALES SOLUBLES TOTALES** con potencial DESPRECIABLE, por lo cual se sugiere que se trabaje con cemento **Tipo I**.

NOTA:

Las conclusiones y recomendaciones establecidas en el presente informe técnico son solo aplicables para el área estudiada. De ninguna manera se puede aplicar a otros sectores u otros fines.


RAÚL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELÍAS REQUENA SOTÓ
CIP 52920
INGENIERO CIVIL

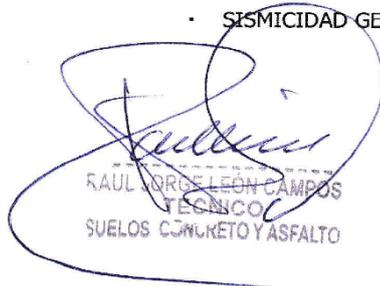


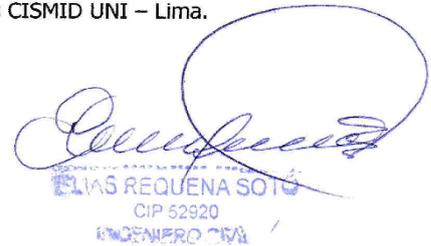
LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES

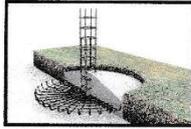


REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

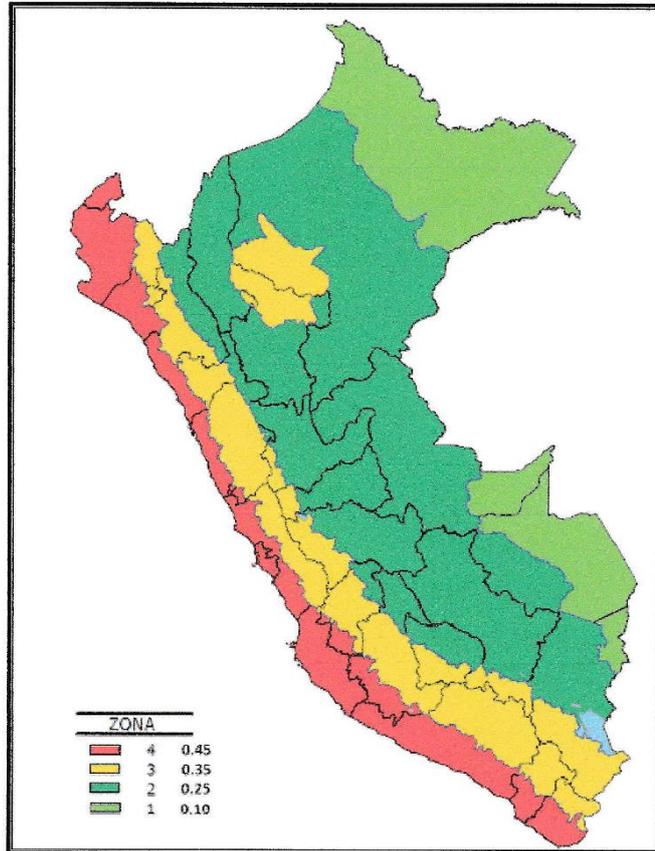
- Norma E-050, Suelos y Cimentaciones.
- Modifica La Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, Aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda, Modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-Vivienda.
- Alva Hurtado J.E., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones - ACI American Concrete Institute. Segunda Edición 1998.
- Geotecnia para Ingenieros, Principios Básicos. Alberto J. Martínez Vargas / CONCYTEC 1990.
- Modifica La Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, Aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-Vivienda, Modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-Vivienda.
- SISMICIDAD GEOLOGIA DE LA ZONA. Fuentes CISMID UNI – Lima.


RAUL JORGE LEÓN CAMPOS
TÉCNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELÍAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES




RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



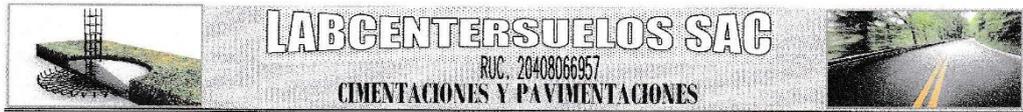
Las estructuras no
trabajan como se
diseñan sino como se
construyen

ANEXOS

ANEXO. 1

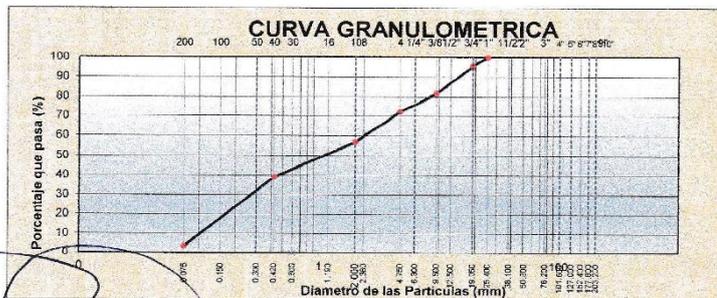
**CERTIFICADOS
DE ENSAYOS
DE LABORATORIO**

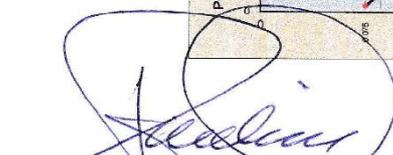
C - 1



CERTIFICADO : LABC-001-2020/EMS-DNI
SOLICITANTE : AUTORES EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORZANO - EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE
PROYECTO : "DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E. 020 EN EL ANALISIS DE VIENTO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2016"
UBICACIÓN : AV. FERROCARRIL N° 1864 – 1859 - VICAP ATAURA.
 DISTRITO DE ATAURA - PROVINCIA DE JAUJA - DEPARTAMENTO DE JUNIN.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING^º : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2.020

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS Y GRUOSOS (MTC E204 - ASTM 136 - AASHTO T27) | | | | | | | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | |
|--|---------------|---------------|------------|--------------------|------------|----------------|---|-------------------------|
| TAMIZ | Abertura (mm) | PESO RETENIDO | % RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIFICACIÓN | DATOS DE LA MUESTRA: | |
| 10" | 254.000 | | | | | | CALICATA : | C - 1 |
| 9" | 228.600 | | | | | | MUESTRA : | M - 1 |
| 8" | 203.200 | | | | | | PROF. (m) : | 0.40 - 3.00 |
| 7" | 177.800 | | | | | | UBICACIÓN : | PARTE DELANTERA TERRENO |
| 6" | 152.400 | | | | | | TAMAÑO DE LA GRAVA | |
| 5" | 127.000 | | | | | | TAM. MAXIMO : | 1" |
| 4" | 101.600 | | | | | | TAM. NOMINAL : | 3/4" |
| 3" | 76.200 | | | | | | PORCENTAJES DE MATERIALES (%) | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | GRAVA : | 27.6 |
| 2" | 50.800 | | | | | | ARENA : | 68.6 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | FINOS : | 3.8 |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | | LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4328) | |
| 3/4" | 19.050 | 256 | 4.5 | 4.5 | 95.5 | | Límite Líquido : | 0.0 |
| 1/2" | 12.700 | 500 | 8.8 | 13.4 | 86.6 | | Límite Plástico : | 0.0 |
| 3/8" | 9.500 | 266 | 4.7 | 18.1 | 81.9 | | Índice de Plasticidad : | 0.0 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | CLASIFICACIÓN | |
| Nº 4 | 4.750 | 540 | 9.5 | 27.6 | 72.4 | | Clasificación (SUCS) : | SP |
| Nº 8 | 2.380 | | | | | | Clasificación (AASHTO) : | A-1-b (0) |
| Nº 10 | 2.000 | 105.8 | 15.3 | 42.9 | 57.1 | | Materia Orgánica : | NO |
| Nº 16 | 1.190 | | | | | | CONTENIDO DE HUMEDAD | |
| Nº 20 | 0.840 | | | | | | 4.2 % | |
| Nº 30 | 0.600 | | | | | | OBSERVACIONES: | |
| Nº 40 | 0.425 | 122.7 | 17.8 | 60.7 | 39.3 | | | |
| Nº 50 | 0.300 | | | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | | | | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | | | | | | | |
| Nº 200 | 0.075 | 245.4 | 35.5 | 96.2 | 3.8 | | | |
| < Nº 200 | FONDO | 26.1 | 3.8 | 100.0 | | | | |




 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TÉCNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP 52920
 INGENIERO CIVIL



CERTIFICADO : LABC-002-2020/EMS-DNI
SOLICITANTE : AUTORES EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORZANO - EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE
PROYECTO : "DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E. 020 EN EL ANALISIS DE VIENTO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2018"
UBICACIÓN : AV. FERROCARRIL N° 1864 – 1859 - VICAP ATAURA.
 DISTRITO DE ATAURA - PROVINCIA DE JAUJA - DEPARTAMENTO DE JUNIN.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING° : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2,020

CLASIFICACION DE SUELOS

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | |
|---------------------|-------------|--------------------|-------------------------|
| CALICATA : | C - 1 | MUESTRA : | M - 1 |
| PROF. (m.) : | 0.40 - 3.00 | UBICACIÓN : | PARTE DELANTERA TERRENO |

| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | PORCENTAJES | |
|-----------------------------|---------------|------------------|--------|
| | | RET. | PASA |
| 6" | 152.400 | - | 100.00 |
| 5" | 127.000 | - | 100.00 |
| 4" | 101.600 | - | 100.00 |
| 3" | 76.200 | - | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.500 | - | 100.00 |
| 2" | 50.800 | - | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | - | 100.00 |
| 1" | 25.400 | - | 100.00 |
| 3/4" | 19.050 | 4.52 | 95.48 |
| 1/2" | 12.700 | 8.83 | 86.65 |
| 3/8" | 9.525 | 4.70 | 81.95 |
| 1/4" | 6.350 | - | 81.95 |
| N° 4 | 4.760 | 9.54 | 72.41 |
| N° 6 | 3.360 | - | 72.41 |
| N° 8 | 2.380 | - | 72.41 |
| N° 10 | 2.000 | 15.32 | 57.09 |
| N° 16 | 1.190 | - | 57.09 |
| N° 20 | 0.840 | - | 57.09 |
| N° 30 | 0.590 | - | 57.09 |
| N° 40 | 0.426 | 17.77 | 39.32 |
| N° 50 | 0.297 | - | 39.32 |
| N° 80 | 0.177 | - | 39.32 |
| N° 100 | 0.149 | - | 39.32 |
| N° 200 | 0.074 | 35.54 | 3.78 |
| - N° 200 | - | 3.78 | -0.00 |
| HUMEDAD NATURAL (%) | | 4.2 | |
| LIMITE LIQUIDO (%) | | 0 | |
| INDICE PLASTICO (%) | | 0 | |
| CLASIFICACION SUCS | | SP | |
| CLASIFICACION AASHTO | | A-1-b (0) | |

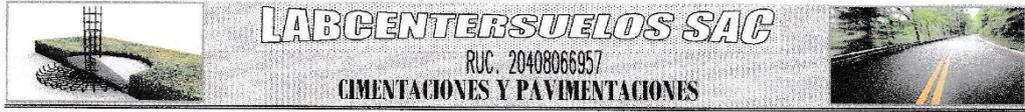

 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP 52920
 INGENIERO CFA

Pje: Quinta Cardenas N° 384 - HUACHO

Telf.: 01-6393630 / Cel. 954661383

E-mail : sueloslab_leon@hotmail.com



CERTIFICADO : LABC-003-2020/EMS-DNI
SOLICITANTE : AUTORES EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORZANO - EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE
PROYECTO : "DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E. 020 EN EL ANALISIS DE VIENTO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 201
UBICACIÓN : AV. FERROCARRIL N° 1864 - 1859 - VICAP ATAURA,
 DISTRITO DE ATAURA - PROVINCIA DE JAUJA - DEPARTAMENTO DE JUNIN.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING*: ELIAS REQUENA SOTO
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2,020

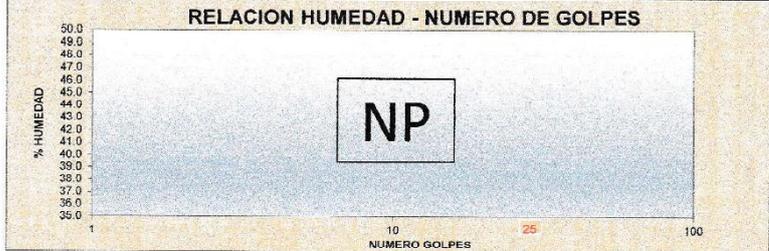
LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
MTCE111 - ASTM D424 - AASHTO T90

| DATOS DE LA MUESTRA | | | |
|---------------------|-------------|--------------------|-------------------------|
| CALICATA : | C - 1 | MUESTRA : | M - 1 |
| PROF. (m). | 0.40 - 3.00 | UBICACION : | PARTE DELANTERA TERRENO |

| DESCRIPCION | UNIDAD | LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO |
|-------------------------------------|--------|----------------|-----------------|
| Nro. de recipiente | | | |
| Peso Recipiente + Suelo humedo (A) | gr. | | |
| Peso recipiente + Suelo seco (B) | gr. | | |
| Peso del recipiente (C) | gr. | | |
| Peso del agua (A-B) | gr. | | |
| Peso del suelo seco (B-C) | gr. | | |
| Cont. Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$ | % | | |
| Nro. DE GOLPES | | | |

| DESCRIPCION | | HUMEDAD NATURAL | LIMITE DE CONTRACCION | |
|-------------------------------------|-----|-----------------|------------------------|-----|
| Nro. de recipiente | | | Nro. de recipiente | |
| Peso Recipiente + Suelo humedo (A) | gr. | | Muestra inalterada | |
| Peso recipiente + Suelo seco (B) | gr. | | Peso del suelo seco | gr. |
| Peso del recipiente (C) | gr. | | Peso molde + mercurio | gr. |
| Peso del agua (A-B) | gr. | | Peso del molde | gr. |
| Peso del suelo seco (B-C) | gr. | | Peso mercurio | gr. |
| Cont. de Hum. $[W=(A-B)/(B-C)*100]$ | % | | Volumen de la pastilla | cc |

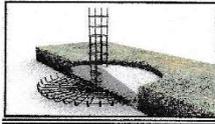
| RESULTADOS / PARAMETROS | LIMITES | | INDICE PLASTICO |
|-------------------------|---------|----------|-----------------|
| | LIQUIDO | PLASTICO | |
| OBTENIDOS | 0.0 | 0.0 | 0.0 |



OBSERVACIONES:

RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

ELIAS REQUENA SOTO
 CIP 52920
 INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066957

CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



REGISTRO DE EXCAVACIONES

PERFIL ESTRATIGRAFICO

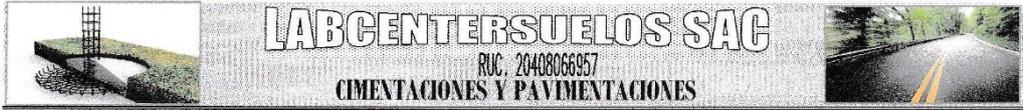
CERTIFICADO : LABC-004-2020/EMS-DNI
SOLICITANTE : AUTORES EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORIZANO - EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE
PROYECTO : "DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E. 020 EN EL ANALISIS DE VIENTO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2018"
UBICACIÓN : AV. FERROCARRIL N° 1884 - 1859 - VICAP ATAURA.
 DISTRITO DE ATAURA - PROVINCIA DE JAUJA - DEPARTAMENTO DE JUNIN.
HECHO POR : RAUL LEON CAMPOS.
REV. POR ING° : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2.020

| DATOS DE LA MUESTRA | | | | | | |
|---------------------|--------------------|----------------|---|--------------------|-----------------------------|--|
| CALCATA : | N° 1 | PROF. MAX. (m) | 3.00 | UBICACION: | PARTE DELANTERA DEL TERRENO | |
| PROF. (m) | TIPO DE EXCAVACION | MUESTRA | DESCRIPCION | CLASIFICACION SUCS | SIMBOLO | |
| 0.05 | A CIELO ABIERTO | M - 1 | Se encuentra un material de tierra de cultivo con vegetacion superficial. | RELLENO | | |
| 0.10 | | | | | | |
| 0.15 | | | | | | |
| 0.20 | | | | | | |
| 0.25 | | | | | | |
| 0.30 | | | | | | |
| 0.35 | | | | | | |
| 0.40 | | | | | | |
| 0.45 | | | | | | |
| 0.50 | | | | | | |
| 0.55 | | | | | | |
| 0.60 | | | | | | |
| 0.65 | | | | | | |
| 0.70 | | | | | | |
| 0.75 | | | | | | |
| 0.80 | | | | | | |
| 0.85 | | | | | | |
| 0.90 | | | | | | |
| 0.95 | | | | | | |
| 1.00 | | | | | | |
| 1.05 | | | | | | |
| 1.10 | | | | | | |
| 1.15 | | | | | | |
| 1.20 | | | | | | |
| 1.25 | | | | | | |
| 1.30 | | | | | | |
| 1.35 | | | | | | |
| 1.40 | | | | | | |
| 1.45 | | | | | | |
| 1.50 | | | | | | |
| 1.55 | | | | | | |
| 1.60 | | | | | | |
| 1.65 | | | | | | |
| 1.70 | | | | | | |
| 1.75 | | | | | | |
| 1.80 | | | | | | |
| 1.85 | | | | | | |
| 1.90 | | | | | | |
| 1.95 | | | | | | |
| 2.00 | | | | | | |
| 2.05 | | | | | | |
| 2.10 | | | | | | |
| 2.15 | | | | | | |
| 2.20 | | | | | | |
| 2.25 | | | | | | |
| 2.30 | | | | | | |
| 2.35 | | | | | | |
| 2.40 | | | | | | |
| 2.45 | | | | | | |
| 2.50 | | | | | | |
| 2.55 | | | | | | |
| 2.60 | | | | | | |
| 2.65 | | | | | | |
| 2.70 | | | | | | |
| 2.75 | | | | | | |
| 2.80 | | | | | | |
| 2.85 | | | | | | |
| 2.90 | | | | | | |
| 2.95 | | | | | | |
| 3.00 | | | | | | |

Raul Leon Campos
 RAUL LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

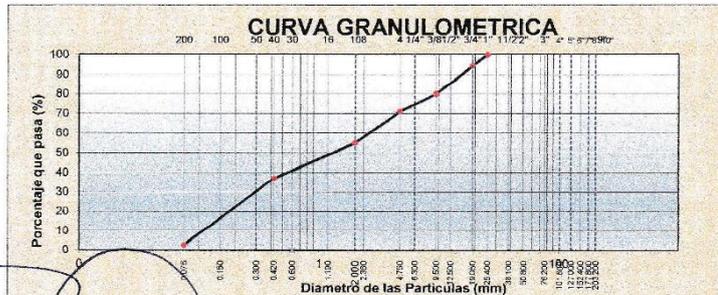
Elias Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP: 51320
 INGENIERO CIVIL

C-2



CERTIFICADO : LABC-005-2020/EMS-DNI
SOLICITANTE : AUTORES EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORZANO - EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE
PROYECTO : "DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E. 020 EN EL ANALISIS DE VIENTO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2016"
UBICACIÓN : AV. FERROCARRIL N° 1864 – 1859 - VICAP ATAURA.
 DISTRITO DE ATAURA - PROVINCIA DE JAUJA - DEPARTAMENTO DE JUNIN.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING°: ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2,020

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS FINOS Y GROSOS (MTC E204 - ASTM 136 - AASHTO T27) | | | | | | | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|---|-------------------|------------------|---------------|----------------------|---------------|----------------|--|
| TAMIZ | Aberturas (mm) | PESO RETENIDO | % RETENIDO | RETENIDO AGREGADO | % QUE PASA | ESPECIFICACION | DATOS DE LA MUESTRA: |
| 10" | 254.000 | | | | | | CALICATA : C - 2 |
| 9" | 228.600 | | | | | | MUESTRA : M - 1 |
| 8" | 203.200 | | | | | | PROF. (m) : 0.30 - 3.00 |
| 7" | 177.800 | | | | | | UBICACIÓN : PARTE FONDO DEL TERRENO |
| 6" | 152.400 | | | | | | TAMAÑO DE LA GRAVA |
| 5" | 127.000 | | | | | | TAM. MAXIMO : 1" |
| 4" | 101.600 | | | | | | TAM. NOMINAL : 3/4" |
| 3" | 76.200 | | | | | | PORCENTAJES DE MATERIALES (%) |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | GRAVA : 28.6 |
| 2" | 50.800 | | | | | | ARENA : 68.4 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | FINOS : 2.9 |
| 1" | 25.400 | | | | 100.0 | | LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4328) |
| 3/4" | 19.050 | 305 | 5.4 | 5.4 | 94.6 | | Limite Liquido : 0.0 |
| 1/2" | 12.700 | 487 | 8.7 | 14.1 | 85.9 | | Limite Plastico : 0.0 |
| 3/8" | 9.500 | 320 | 5.7 | 19.8 | 80.2 | | Indice de Plasticidad : 0.0 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | CLASIFICACION |
| Nº 4 | 4.750 | 492 | 8.8 | 28.6 | 71.4 | | Clasificación (SUCS) : SP |
| Nº 8 | 2.360 | | | | | | Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0) |
| Nº 10 | 2.000 | 113.4 | 16.2 | 44.8 | 55.2 | | Materia Orgánica : NO |
| Nº 16 | 1.190 | | | | | | CONTENIDO DE HUMEDAD |
| Nº 20 | 0.840 | | | | | | 4.2 % |
| Nº 30 | 0.600 | | | | | | OBSERVACIONES: |
| Nº 40 | 0.425 | 125.4 | 17.9 | 62.7 | 37.3 | | |
| Nº 50 | 0.300 | | | | | | |
| Nº 80 | 0.177 | | | | | | |
| Nº 100 | 0.150 | | | | | | |
| Nº 200 | 0.075 | 240.6 | 34.3 | 97.1 | 2.9 | | |
| < Nº 200 | FONDO | 20.6 | 2.9 | 100.0 | | | |




 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP 52920
 INGENIERO "MA"

Pje: Quinta Cardenas N° 384 - HUACHO.

Tel.: 01-6393630 / Cel. 954651383

E-mail: sueloslab_leon@hotmail.com



CERTIFICADO : LABC-006-2020/EMS-DNI
SOLICITANTE : AUTORES EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORZANO - EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE
PROYECTO : "DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E. 020 EN EL ANALISIS DE VIENTO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2018"
UBICACIÓN : AV. FERROCARRIL N° 1864 – 1859 - VICAP ATAURA.
 DISTRITO DE ATAURA - PROVINCIA DE JAUJA - DEPARTAMENTO DE JUNIN.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING° : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2,020

CLASIFICACION DE SUELOS

DATOS DE LA MUESTRA

| | | | |
|--------------------|-------------|--------------------|-------------------------|
| CALICATA : | C - 2 | MUESTRA : | M - 1 |
| PROF. (m) : | 0.30 - 3.00 | UBICACIÓN : | PARTE FONDO DEL TERRENO |

| SERIE AMERICANA | ABERTURA (mm) | PORCENTAJES | |
|-----------------------------|---------------|------------------|--------|
| | | RET. | PASA |
| 6" | 152.400 | - | 100.00 |
| 5" | 127.000 | - | 100.00 |
| 4" | 101.600 | - | 100.00 |
| 3" | 76.200 | - | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.500 | - | 100.00 |
| 2" | 50.800 | - | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | - | 100.00 |
| 1" | 25.400 | - | 100.00 |
| 3/4" | 19.050 | 5.44 | 94.56 |
| 1/2" | 12.700 | 8.69 | 85.87 |
| 3/8" | 9.525 | 5.71 | 80.16 |
| 1/4" | 6.350 | - | 80.16 |
| N° 4 | 4.760 | 8.78 | 71.38 |
| N° 6 | 3.360 | - | 71.38 |
| N° 8 | 2.380 | - | 71.38 |
| N° 10 | 2.000 | 16.19 | 55.19 |
| N°16 | 1.190 | - | 55.19 |
| N° 20 | 0.840 | - | 55.19 |
| N° 30 | 0.590 | - | 55.19 |
| N° 40 | 0.426 | 17.90 | 37.29 |
| N° 50 | 0.297 | - | 37.29 |
| N° 80 | 0.177 | - | 37.29 |
| N° 100 | 0.149 | - | 37.29 |
| N° 200 | 0.074 | 34.35 | 2.94 |
| - N° 200 | - | 2.94 | 0.00 |
| HUMEDAD NATURAL (%) | | 4.2 | |
| LIMITE LIQUIDO (%) | | 0 | |
| INDICE PLASTICO (%) | | 0 | |
| CLASIFICACION SUCS | | SP | |
| CLASIFICACION AASHTO | | A-1-b (0) | |

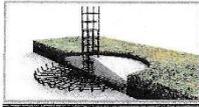

 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP 52920
 INGENIERO CIVIL

Pje: Quinta Cardenas N° 384 - HUACHO

Telf.: 01-6393630 / Cel. 954651383

E-mail : sueloslab_leon@hotmail.com



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



CERTIFICADO : LABC-007-2020/EMS-DNI
SOLICITANTE : AUTORES EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORZANO - EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE
PROYECTO : "DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E. 020 EN EL ANALISIS DE VIENTO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 201
UBICACIÓN : AV. FERROCARRIL N° 1864 - 1859 - VICAP ATAURA.
DISTRITO DE ATAURA - PROVINCIA DE JAUJA - DEPARTAMENTO DE JUNIN.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING°: ELIAS REQUENA SOTO
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2.020

LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
MTC E111 - ASTM D 231 - AASHTO 190

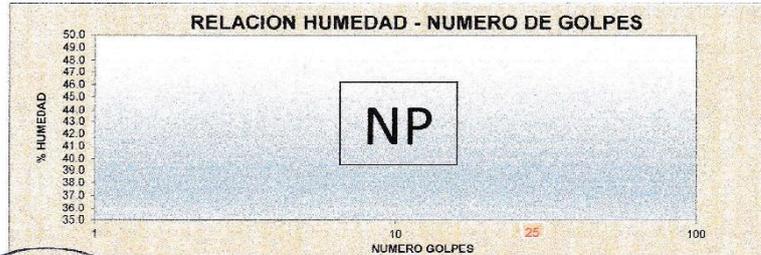
DATOS DE LA MUESTRA

| | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------------------|
| CALICATA : | C - 2 | MUESTRA : | M - 1 |
| PROF. (m) : | 0.30 - 3.00 | UBICACIÓN : | PARTE FONDO DEL TERRENO |

| DESCRIPCION | UNIDAD | LIMITE LIQUIDO | LIMITE PLASTICO |
|-------------------------------------|--------|----------------|-----------------|
| Nro. de recipiente | | | |
| Peso Recipiente + Suelo humedo (A) | gr. | | |
| Peso recipiente + Suelo seco (B) | gr. | | |
| Peso del recipiente (C) | gr. | | |
| Peso del agua (A-B) | gr. | | |
| Peso del suelo seco (B-C) | gr. | | |
| Cont. Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$ | % | | |
| Nro. DE GOLPES | | | |

| DESCRIPCION | UNIDAD | HUMEDAD NATURAL | LIMITE DE CONTRACCION |
|-------------------------------------|--------|-----------------|---------------------------|
| Nro. de recipiente | | | Nro. de recipiente |
| Peso Recipiente + Suelo humedo (A) | gr. | | Muestra inalterada |
| Peso recipiente + Suelo seco (B) | gr. | | Peso del suelo seco gr. |
| Peso del recipiente (C) | gr. | | Peso molde + mercurio gr. |
| Peso del agua (A-B) | gr. | | Peso del molde gr. |
| Peso del suelo seco (B-C) | gr. | | Peso mercurio gr. |
| Cont. de Hum. $[W=(A-B)/(B-C)*100]$ | % | | Volumen de la pastilla cc |

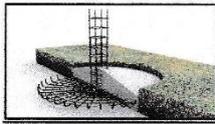
| RESULTADOS / PARAMETROS | LIMITES | | INDICE PLASTICO |
|-------------------------|---------|----------|-----------------|
| | LIQUIDO | PLASTICO | |
| OBTENIDOS | 0.0 | 0.0 | 0.0 |



OBSERVACIONES:

Raul Jorge Leon Campos
RAUL JORGE LEÓN CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Elias Requena Soto
ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC

RUC. 20408066957

CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



REGISTRO DE EXCAVACIONES

PERFIL ESTRATIGRAFICO

CERTIFICADO : LABC-008-2020/EMS-DNI
SOLICITANTE : AUTORES EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORZANO - EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE
PROYECTO : *DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E. 020 EN EL ANALISIS DE VIENTO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2018*
UBICACIÓN : AV. FERROCARRIL N° 1864 – 1859 - VICAP ATAURA.
 DISTRITO DE ATAURA - PROVINCIA DE JAUJA - DEPARTAMENTO DE JUNIN.
HECHO POR : RAUL LEON CAMPOS.
REV. POR ING° : ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2,020

DATOS DE LA MUESTRA

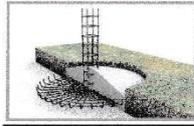
CALICATA : N° 2 **PROF. MAX. (m)** 3.00 **UBICACION:** PARTE DEL FONDO DEL TERRENO

| PROF. (m) | TIPO DE EXCAVACION | MUESTRA | DESCRIPCION | CLASIFICACION SUCS | SIMBOLO |
|-----------|--------------------|---------|---|--------------------|---------|
| 0.00 | A CIELO ABIERTO | M - 1 | Se encuentra un material de tierra de cultivo con vegetacion superficial. | RELLENO | |
| 0.05 | | | | | |
| 0.10 | | | | | |
| 0.15 | | | | | |
| 0.20 | | | | | |
| 0.25 | | | | | |
| 0.30 | | | | | |
| 0.35 | | | | | |
| 0.40 | | | | | |
| 0.45 | | | | | |
| 0.50 | | | | | |
| 0.55 | | | | | |
| 0.60 | | | | | |
| 0.65 | | | | | |
| 0.70 | | | | | |
| 0.75 | | | | | |
| 0.80 | | | | | |
| 0.85 | | | | | |
| 0.90 | | | | | |
| 0.95 | | | | | |
| 1.00 | | | | | |
| 1.05 | | | | | |
| 1.10 | | | | | |
| 1.15 | | | | | |
| 1.20 | | | | | |
| 1.25 | | | | | |
| 1.30 | | | | | |
| 1.35 | | | | | |
| 1.40 | | | | | |
| 1.45 | | | | | |
| 1.50 | | | | | |
| 1.55 | | | | | |
| 1.60 | | | | | |
| 1.65 | | | | | |
| 1.70 | | | | | |
| 1.75 | | | | | |
| 1.80 | | | | | |
| 1.85 | | | | | |
| 1.90 | | | | | |
| 1.95 | | | | | |
| 2.00 | | | | | |
| 2.05 | | | | | |
| 2.10 | | | | | |
| 2.15 | | | | | |
| 2.20 | | | | | |
| 2.25 | | | | | |
| 2.30 | | | | | |
| 2.35 | | | | | |
| 2.40 | | | | | |
| 2.45 | | | | | |
| 2.50 | | | | | |
| 2.55 | | | | | |
| 2.60 | | | | | |
| 2.65 | | | | | |
| 2.70 | | | | | |
| 2.75 | | | | | |
| 2.80 | | | | | |
| 2.85 | | | | | |
| 2.90 | | | | | |
| 2.95 | | | | | |
| 3.00 | | | | | |

Raul Leon Campos
 RAUL LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

Elias Requena Soto
 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP 52920
 INGENIERO CIVIL

**ENSAYO
DE
CORTE DIRECTO
(ASTM – D3080)**



INFORME N° LAB-001-2020/CC-DNI

SOLICITANTE : AUTORES: EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORZANO Y EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE
 PROYECTO "DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E.020 EN EL ANALISIS DE VIENTO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2018
 UBICACIÓN : AV. FERROCARRIL N° 1864 - 1859 - VICAP ATAURA
 : DISTRITO DE ATAURA - PROVINCIA DE JAUJA - DEPARTAMENTO DE JUNIN
 FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2,020

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C - 1
 Muestra : M - 1
 Prof.(m.) : 0.40 - 3.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

| Tamiz | Abertura (mm) | Parcial (%) | (% Acumulado) | |
|---------|---------------|-------------|---------------|-------|
| | | | Retenid | Pasa |
| 3" | 76.200 | - | - | 100.0 |
| 2" | 50.300 | 4.8 | 4.8 | 95.2 |
| 1 1/2" | 38.100 | 7.2 | 12.0 | 88.0 |
| 1" | 25.400 | 4.3 | 16.3 | 83.7 |
| 3/4" | 19.050 | 3.9 | 20.2 | 79.8 |
| 1/2" | 12.700 | 3.0 | 23.2 | 76.8 |
| 3/8" | 9.525 | 1.7 | 24.9 | 75.1 |
| 1/4" | 6.350 | 1.4 | 26.3 | 73.7 |
| N°4 | 4.760 | 3.9 | 30.2 | 69.8 |
| N°10 | 2.000 | 11.9 | 42.1 | 57.9 |
| N°20 | 0.840 | 10.8 | 53.0 | 47.0 |
| N°30 | 0.590 | 7.6 | 60.6 | 39.4 |
| N°40 | 0.426 | 6.6 | 67.2 | 32.8 |
| N°60 | 0.250 | 8.7 | 75.9 | 24.1 |
| N°100 | 0.149 | 10.8 | 86.7 | 13.3 |
| N°200 | 0.074 | 8.7 | 95.4 | 4.6 |
| - N°200 | | 4.6 | | |

PORCENTAJES GRANULOMETRICOS

| | |
|---------|------|
| % grava | 30.2 |
| % arena | 65.1 |
| % finos | 4.6 |

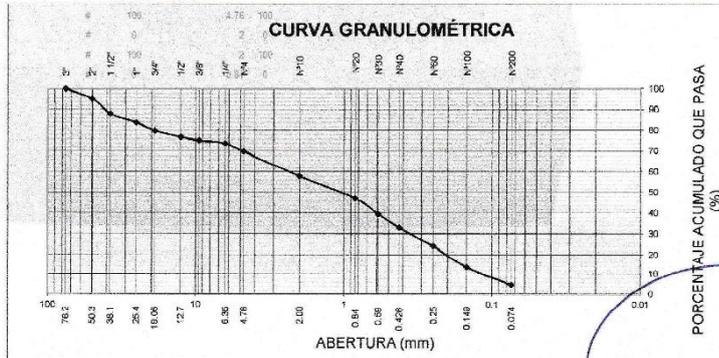
LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318

| | |
|---------------------|----|
| Límite Líquido (%) | NP |
| Límite plástico (%) | NP |
| Índice Plástico (%) | NP |

CLASIFICACION SUCS ASTM D2487

| |
|----|
| SP |
| |
| |
| |

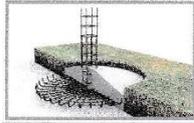
OBSERVACIONES



Raul Jorge Leon Campos
RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TÉCNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante
 Ejecución : Téc. R. Leon C.
 Revisión: Ing. Elias Requena Soto

Elias Requena Soto
ELIAS REQUENA SOTO
 CIP 52920
 INGENIERO CIVIL



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



INFORME N° LAB-001-2020/CC-DNI

SOLICITANTE : AUTORES: EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORZANO Y EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE
PROYECTO : "DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E.020 EN EL ANALISIS DE VIENTO ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS 2018
UBICACIÓN : AV. FERROCARRIL N° 1864 - 1859 - VICAP ATAURA
DISTRITO DE ATAURA - PROVINCIA DE JAUJA - DEPARTAMENTO DE JUNIN
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2,020

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : C - 1
Muestra : M - 1
Prof.(m) : 0.40 - 3.00

| Especimen N° | I | II | III |
|---|-------|-------|-------|
| Diametro del anillo (cm) | 6.36 | 6.36 | 6.36 |
| Altura Inicial de muestra (cm) | 2.16 | 2.16 | 2.16 |
| Densidad húmeda inicial (gr/cm ³) | 1.765 | 1.765 | 1.765 |
| Densidad seca inicial (gr/cm ³) | 1.693 | 1.693 | 1.693 |
| Cont. de humedad inicial (%) | 4.2 | 4.2 | 4.2 |
| Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm) | 2.076 | 2.038 | 1.997 |
| Altura final de muestra (cm) | 2.046 | 2.013 | 1.982 |
| Densidad húmeda final (gr/cm ³) | 2.120 | 2.138 | 2.148 |
| Densidad seca final (gr/cm ³) | 1.788 | 1.817 | 1.845 |
| Cont. de humedad final (%) | 18.6 | 17.6 | 16.4 |
| Esfuerzo normal (kg/cm ²) | 0.5 | 1.0 | 1.5 |
| Esfuerzo de corte maximo (kg/cm ²) | 0.298 | 0.588 | 0.894 |

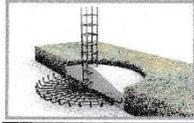
Angulo de friccion interna : **30.8 °**
Cohesion (Kg/cm²) : **0.00**

Muestra remitida e identificada por el solicitante

Realizado por: Téc. R. Leon C.
Revisado por: Ing. Elias Requena Soto.


RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

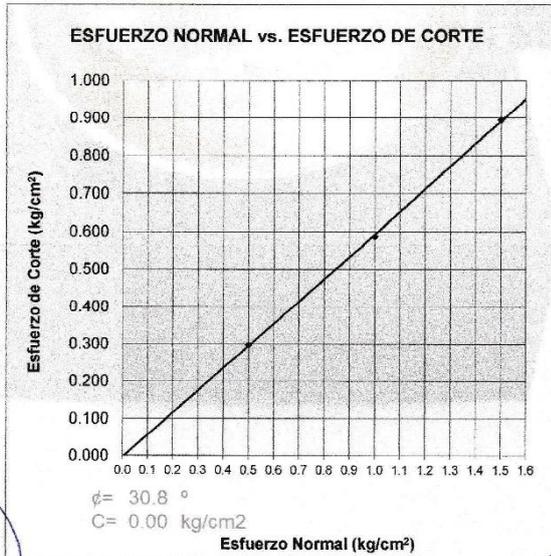
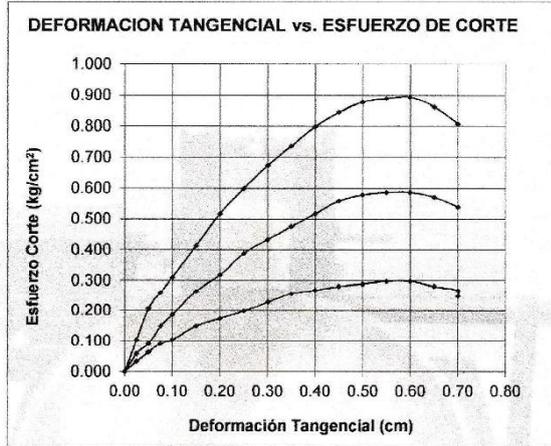

ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



INFORME N° LAB-001-2020/CC-DNI

ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

Estado : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Calicata : C - 1
Muestra : M - 1
Prof.(m) : 0.40 - 3.00




RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL



SALES SOLUBLES TOTALES EN LOS AGREGADOS

(MTC - E219)

CERTIFICADO : LABC-009-2020/SS-DNI
SOLICITANTE: AUTORES: EDAN RIJARK ZAMBRANO SOLORZANO - EDUARDO DERIAN ÑAUPARI GUADALUPE
PROYECTO : "DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL INCORPORANDO LA NORMA E. 020 EN EL ANALISIS DE VIENTO ROBOT STRUCTUR ANALYSIS 2018"
UBICACIÓN : AV. FERROCARRIL N° 1864 - 1859 - VICAP ATAURA.
 DISTRITO DE ATAURA - PROVINCIA DE JAUJA - DEPARTAMENTO DE JUNIN.
HECHO POR : TECNICO RAUL JORGE LEON CAMPOS.
REV. POR ING°: ELIAS REQUENA SOTO.
FECHA : 04 DE NOVIEMBRE DEL 2,020

DATOS DE LA MUESTRA

| | |
|-------------|-------------|
| CALICATA : | C - 1 |
| MUESTRA : | M - 1 |
| PROF. (m) : | 0.40 - 3.00 |

| ENSAYO | RESULTADO (ppm) | NORMA TECNICA |
|-------------------------------------|-----------------|---------------|
| CONTENIDO DE SALES SOLUBLES TOTALES | 1010.22 | MTC E 219 |

OBSERVACIONES:

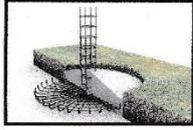
| | | |
|--|--------------|----------|
| CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN EL AGREGADO EN PORCENTAJE = | 0.101 | % |
|--|--------------|----------|


 RAUL JORGE LEON CAMPOS
 TECNICO
 SUELOS CONCRETO Y ASFALTO


 ELIAS REQUENA SOTO
 CIP 52920
 INGENIERO CIVIL

ANEXO. 2

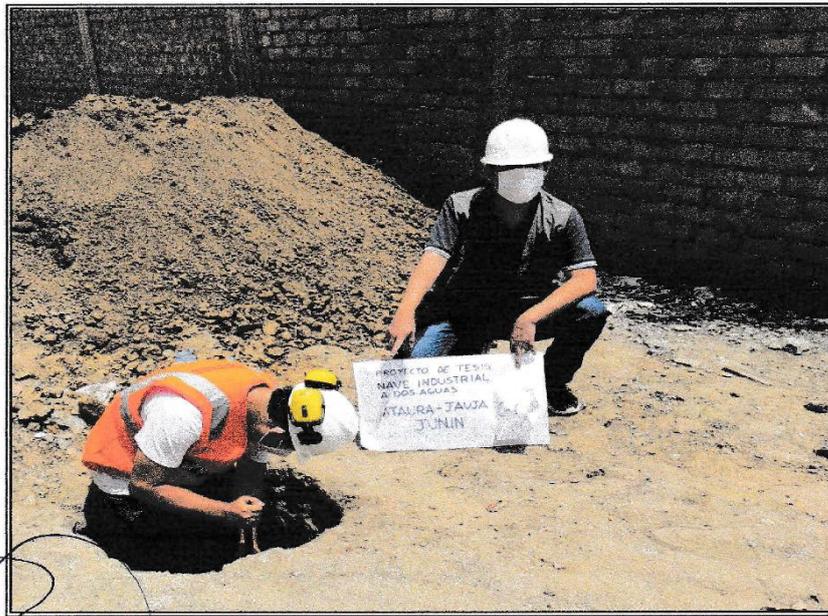
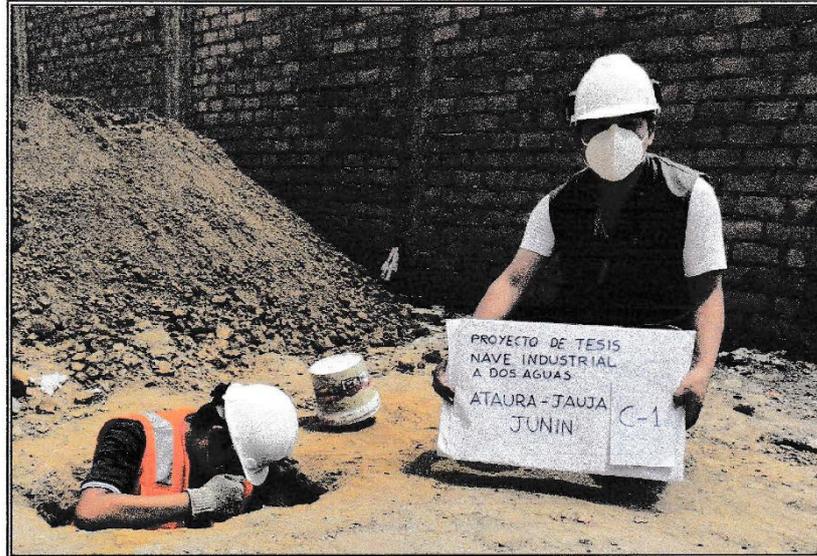
PANEL
FOTOGRAFICO



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



PANEL FOTOGRAFICO



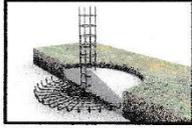
VISTA DE LA EXCAVACION DE LA CALICATA N° 1, EN EL TERRENO ASIGNADO PARA EL ESTUDIO.

Raul Jorge Leon Campos
RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

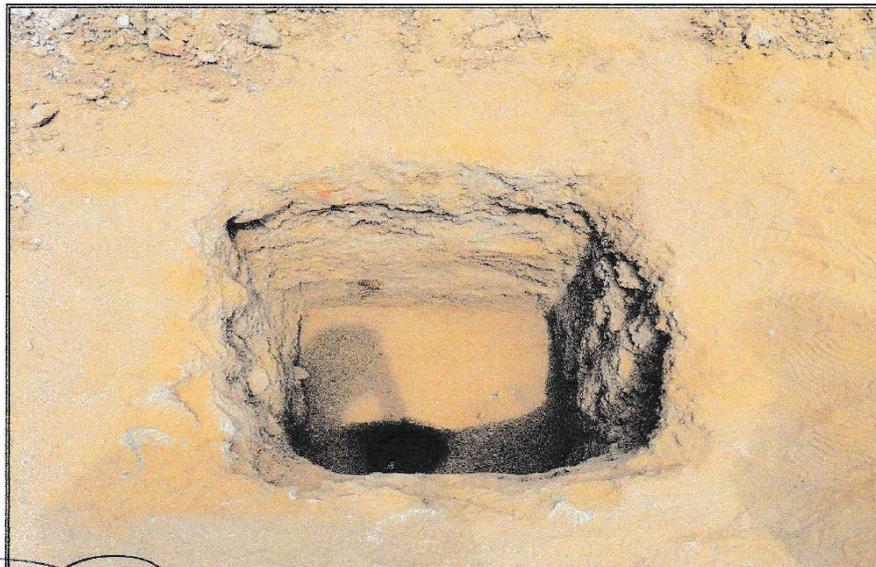
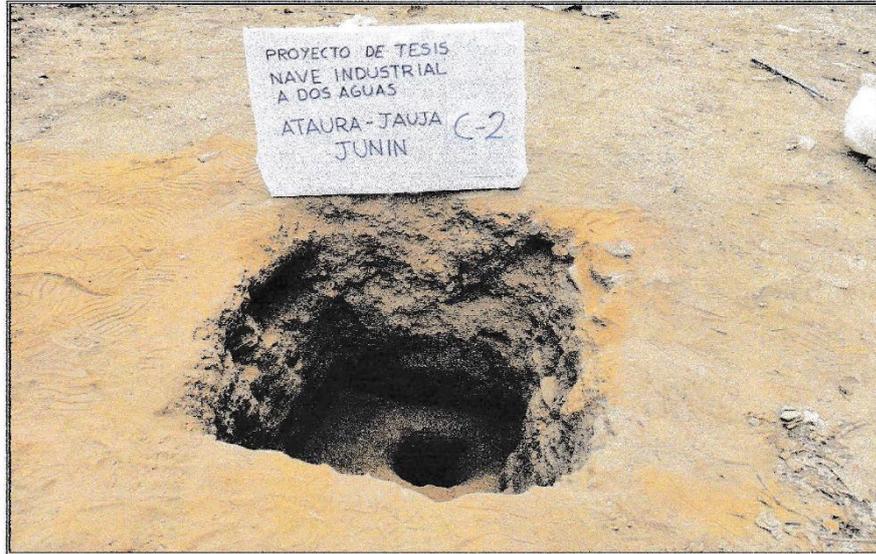
Elías Requena Soto
ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL

ANEXO. 3

**UBICACIÓN
DE
CALICATAS**



LABCENTERSUELOS SAC
RUC. 20408066957
CIMENTACIONES Y PAVIMENTACIONES



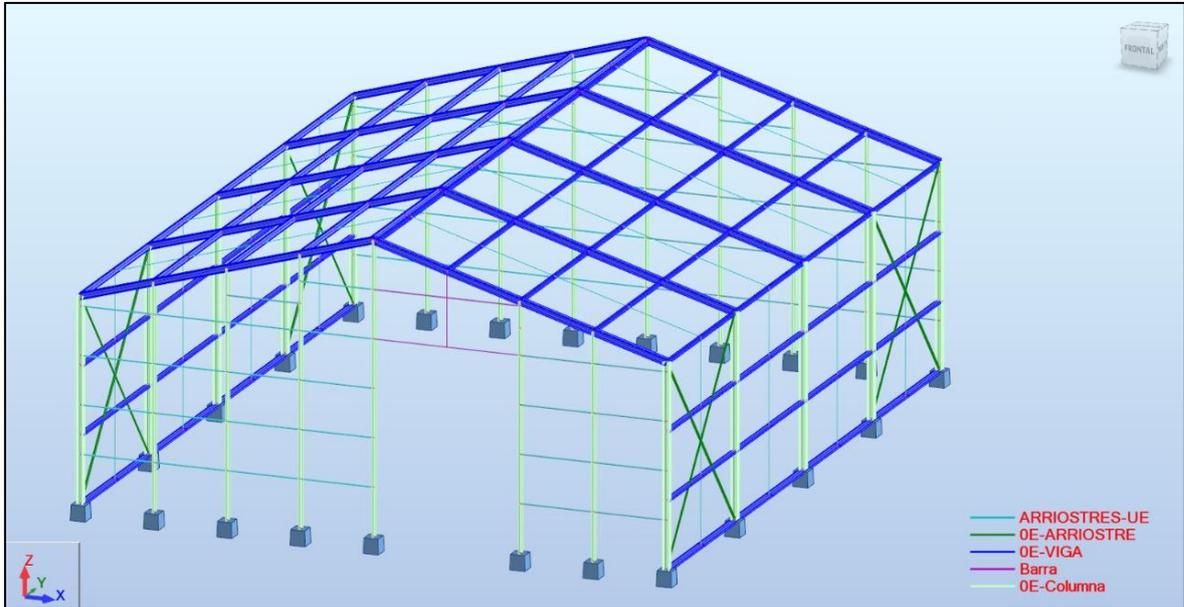
VISTA DE LAS CALICATAS REALIZADAS EN EL TERRENO ASIGNADO PARA EL ESTUDIO DE SUELOS.

RAUL JORGE LEON CAMPOS
RAUL JORGE LEON CAMPOS
TECNICO
SUELOS CONCRETO Y ASFALTO

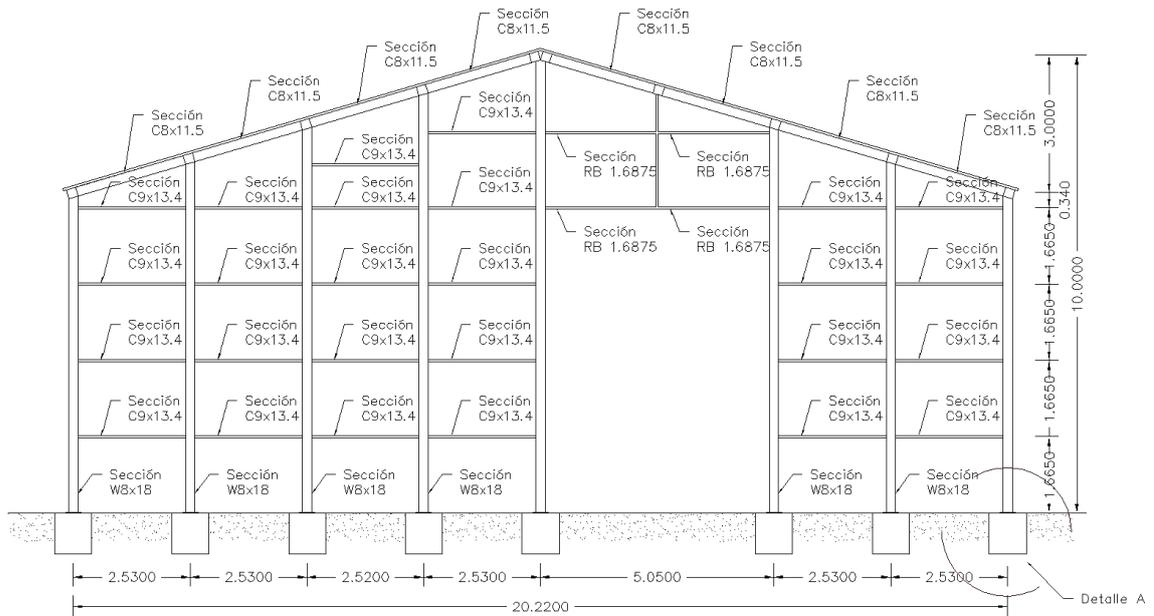
ELIAS REQUENA SOTO
ELIAS REQUENA SOTO
CIP 52920
INGENIERO CIVIL

ANEXO 5: Modelo de nave industrial

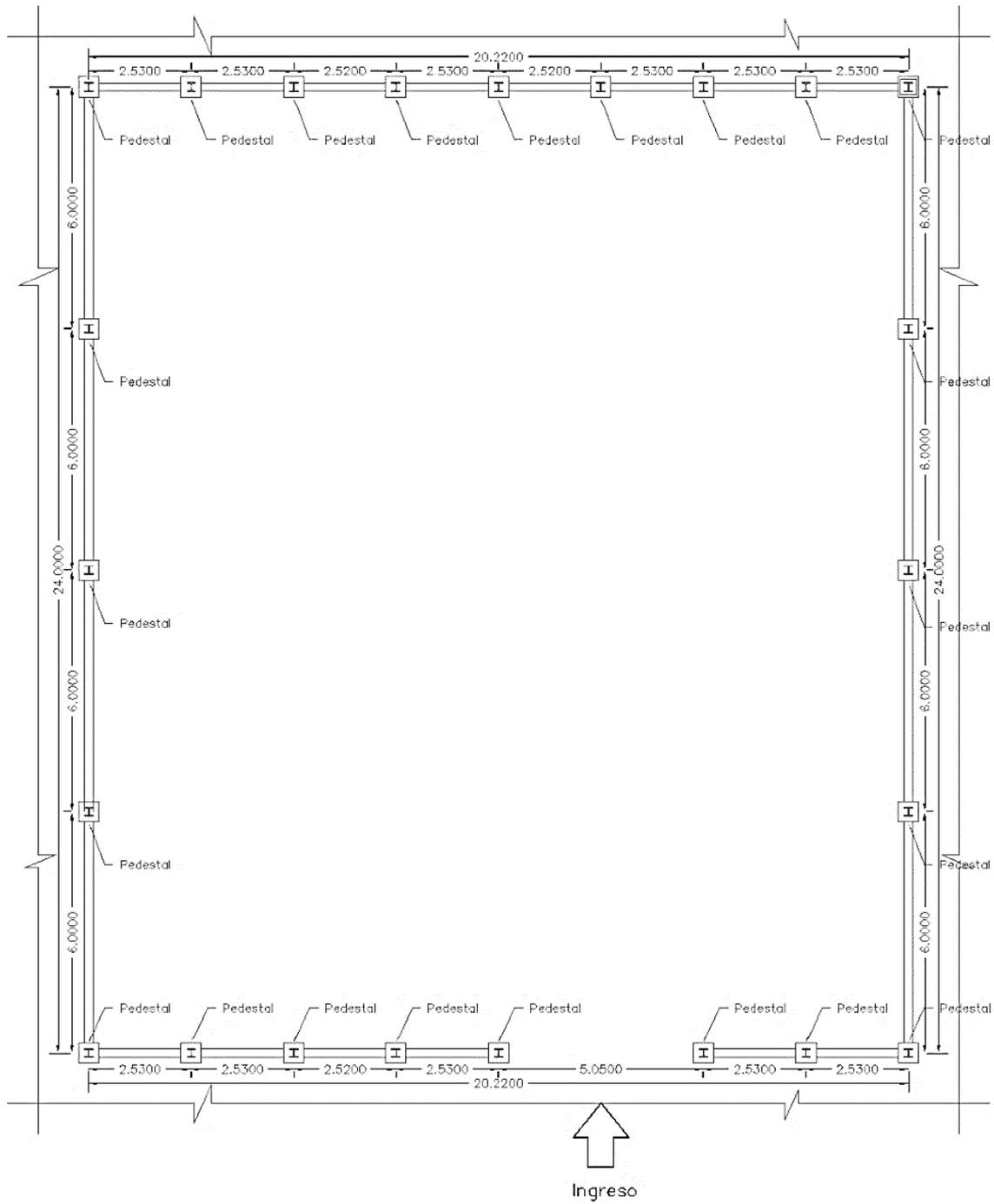
Vista general de la nave industrial.



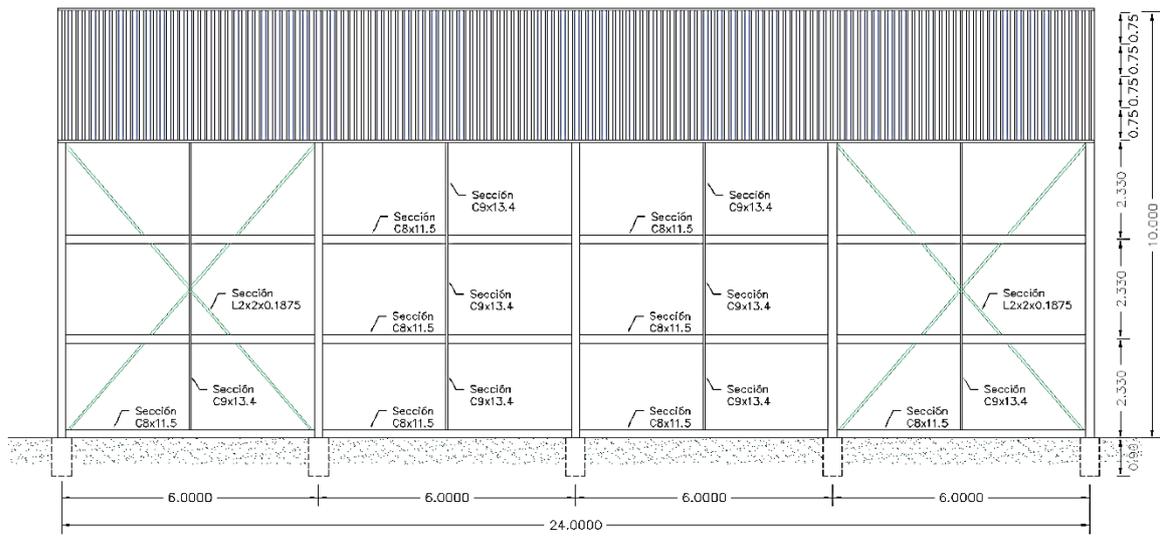
Vista frontal de la nave industrial.



Vista en planta de la nave industrial.

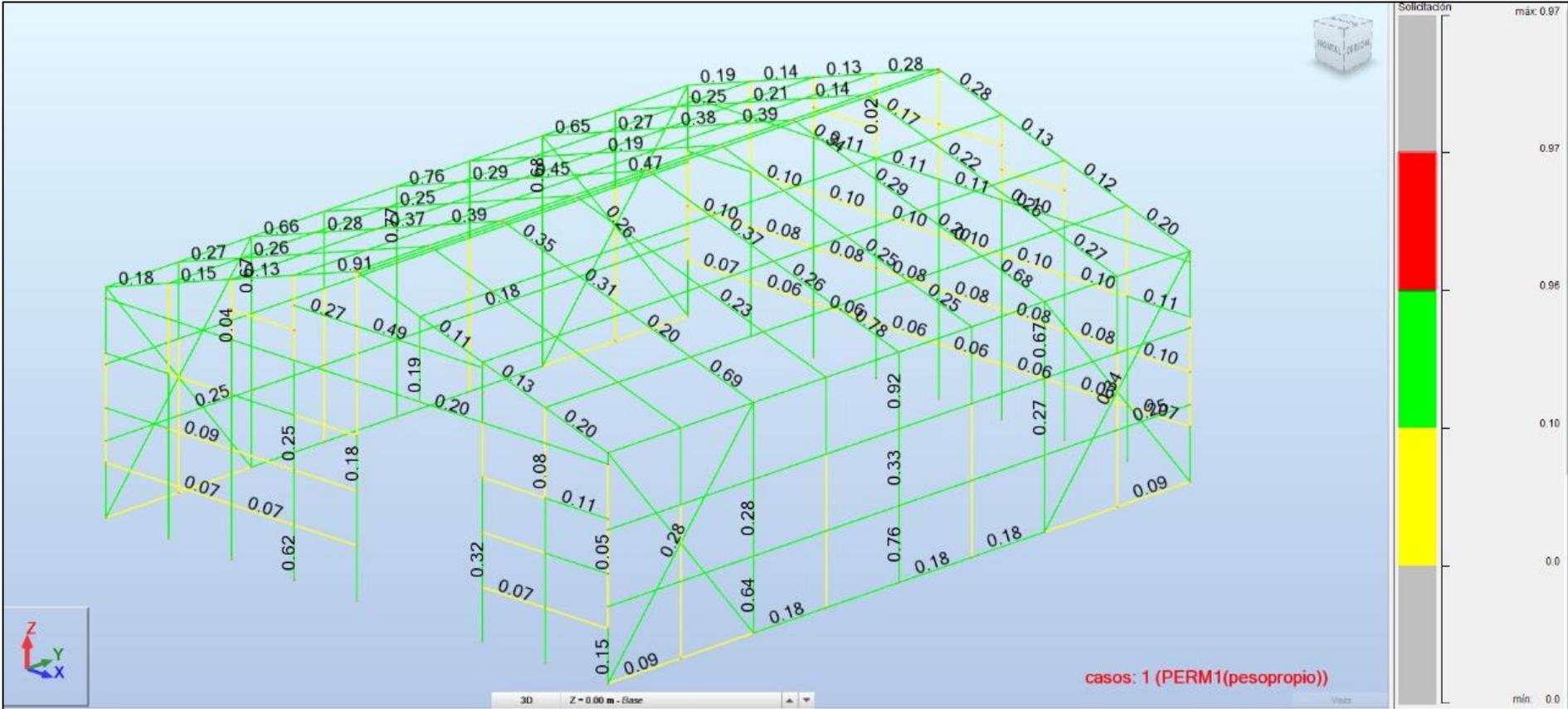


Vista lateral de la nave industrial.

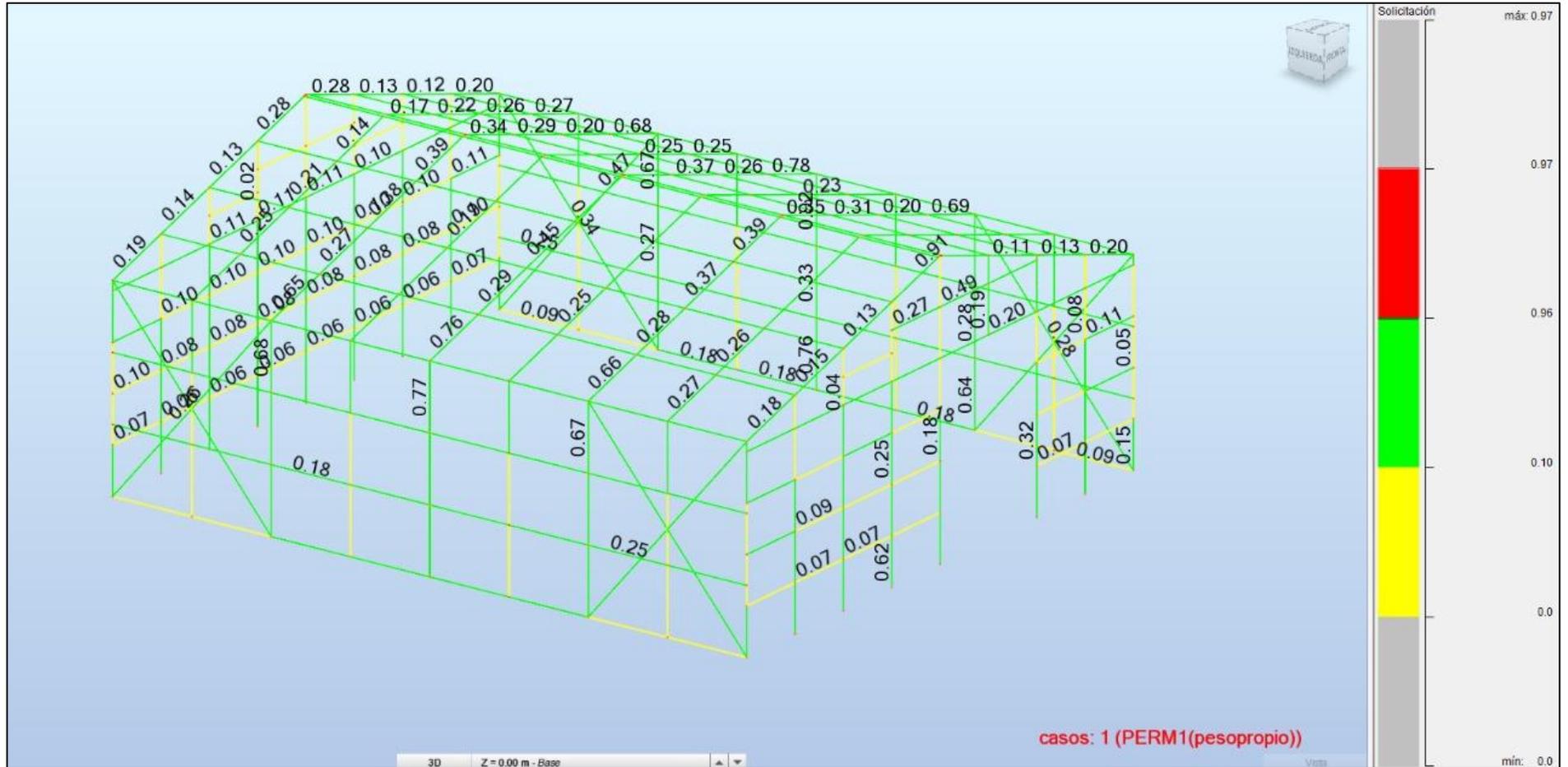


ANEXO 6: Mapa de solicitaciones

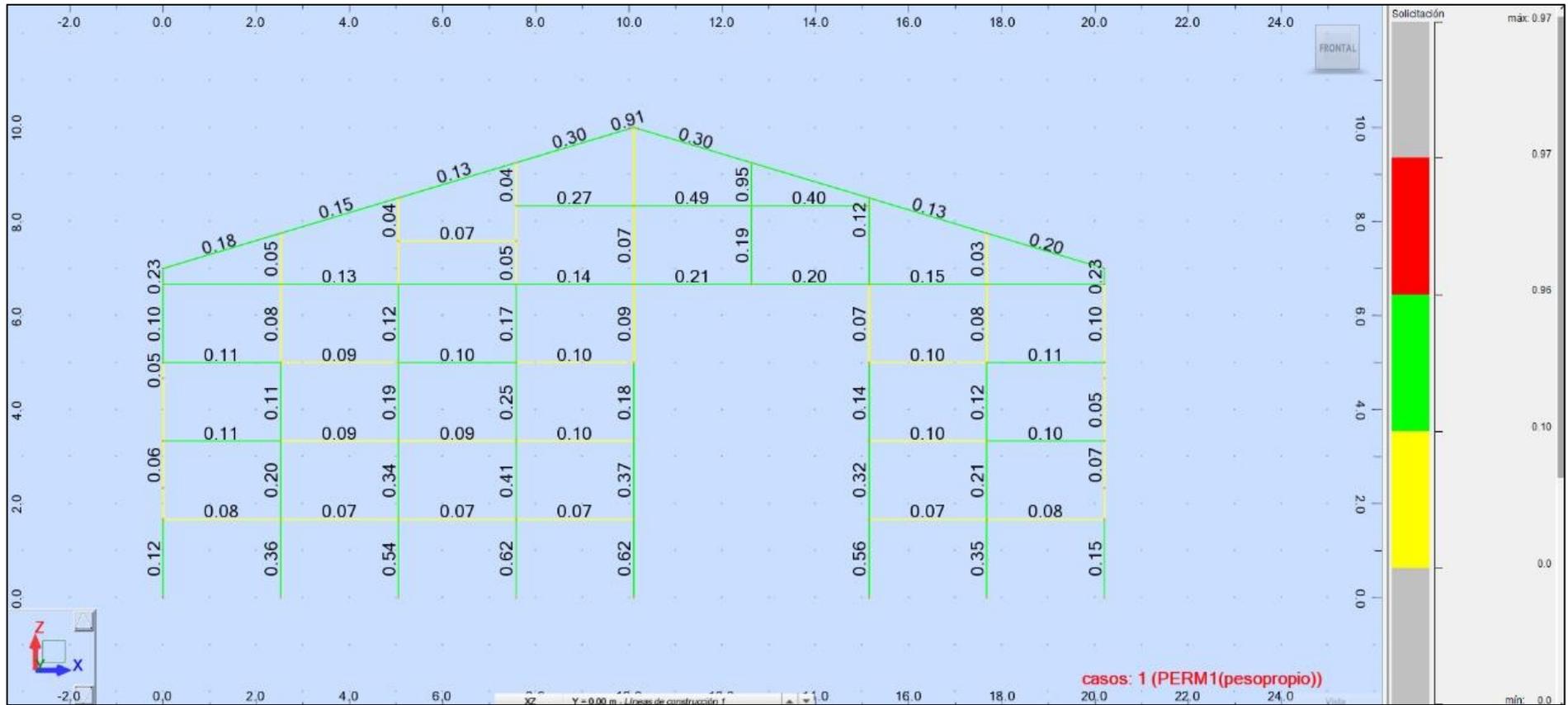
MAPA DE SOLICITACIONES (VISTA GENERAL-01)



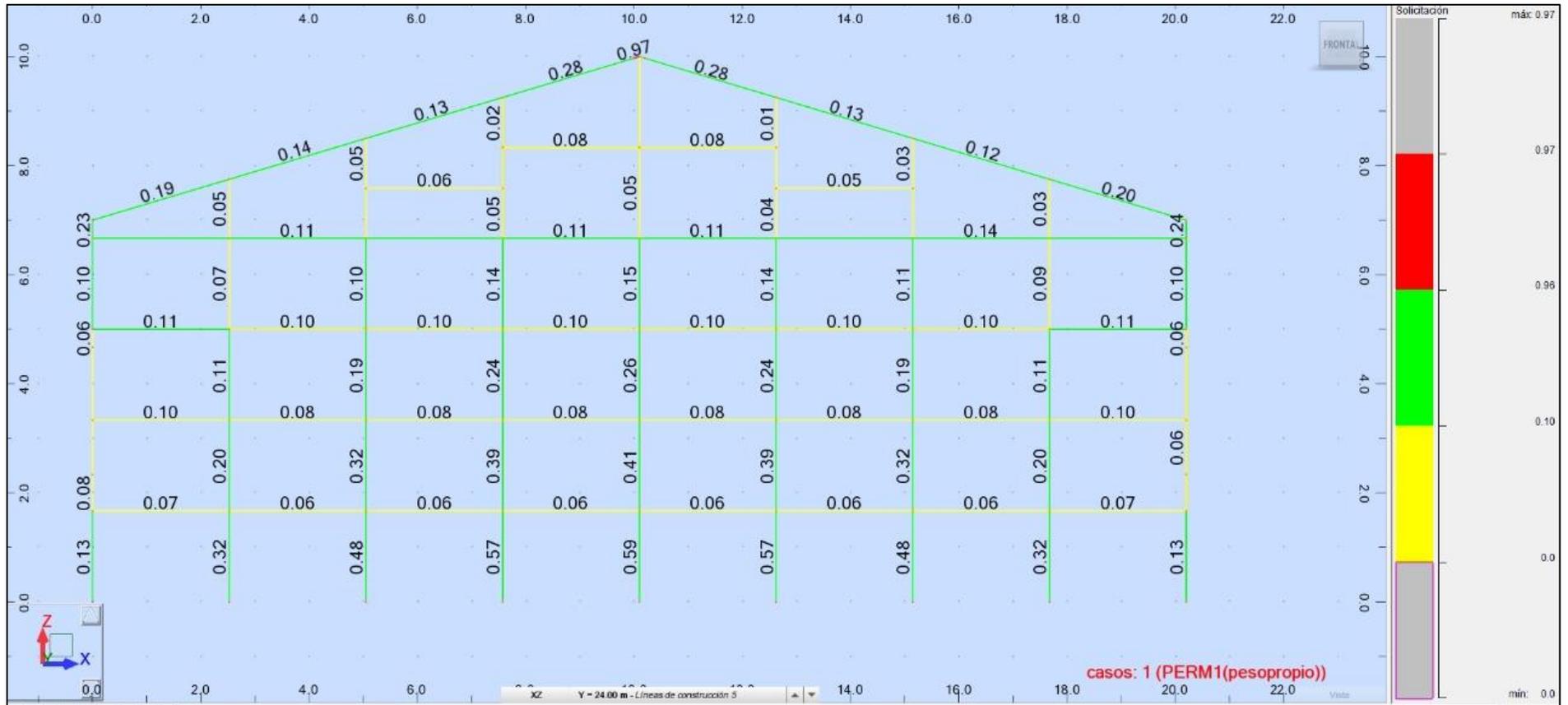
MAPA DE SOLICITACIONES (VISTA GENERAL-02)



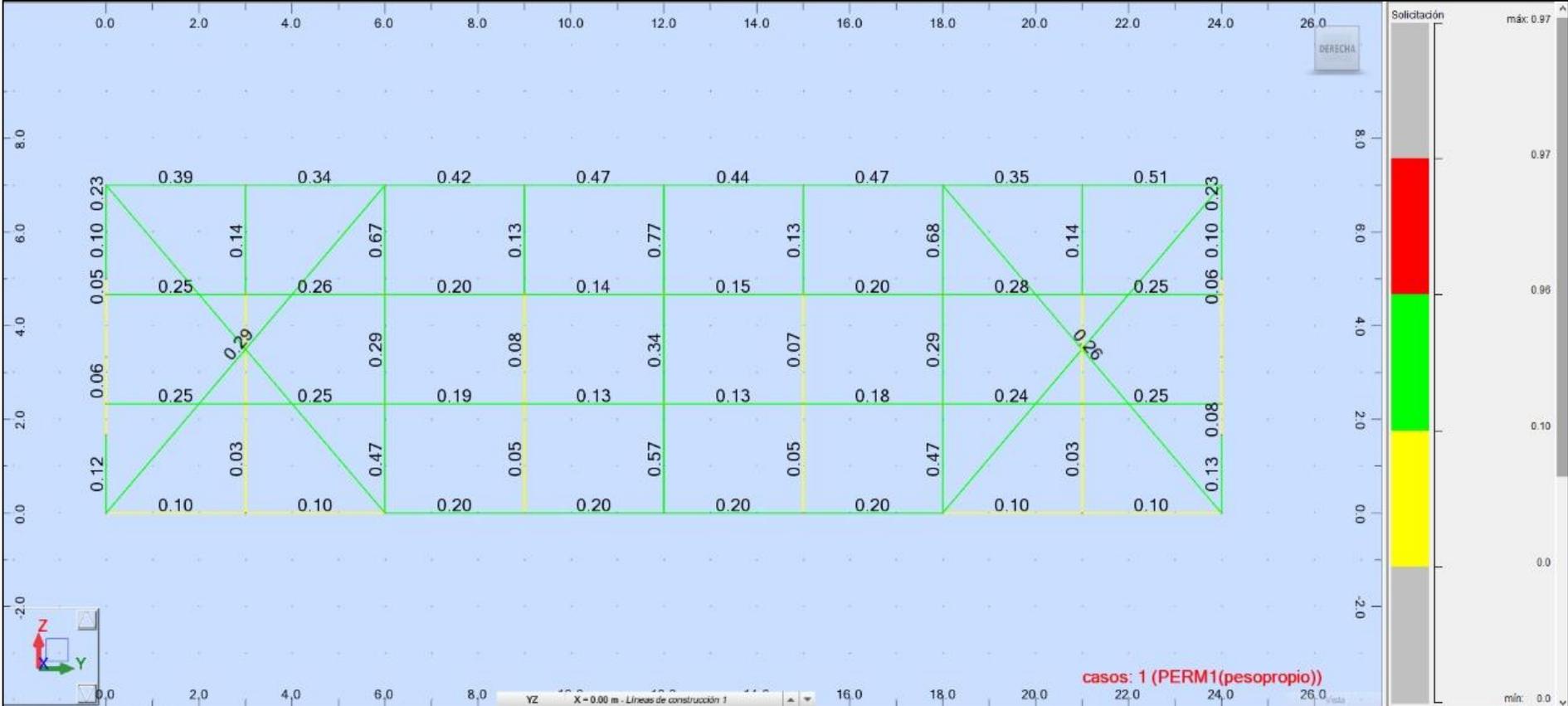
MAPA DE SOLICITACIONES (VISTA FRONTAL)



MAPA DE SOLICITACIONES (VISTA POSTERIOR)



MAPA DE SOLICITACIONES (VISTA LATERAL)



MAPA DE SOLICITACIONES (VISTA EN PLANTA DE LA CUBIERTA)



ANEXO 7: Grupos de secciones utilizadas

GRUPO: 1 VIGA-COLUMNA (E)

BARRA:7, COORDENADA: X = 0.00 m, L = 0.00 m

Características de la sección: W8x48

| Simbolo | Valor | Unidad | Descripción del simbolo | P |
|---------|---------|-----------------|--|---|
| Ax | 90.97 | cm ² | área de la sección | |
| Ay | 71.68 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Y | |
| Az | 21.94 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Z | |
| J | 81.58 | cm ⁴ | constante de torsión | |
| Iy | 7658.66 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Y | |
| Iz | 2534.85 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Z | |
| Zy | 802.97 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Y | |
| Sy | 709.46 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Y | |
| Zz | 375.26 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Z | |
| Sz | 246.11 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Z | |
| d | 21.6 | cm | altura de la sección | |
| bf | 20.6 | cm | anchura de la sección | |
| tf | 1.7 | cm | espesor del ala | |
| tw | 1.0 | cm | espesor del alma | |
| ry | 9.2 | cm | radio de inercia respecto al eje Y | |
| rz | 5.3 | cm | radio de inercia respecto al eje Z | |
| Ax | 90.97 | cm ² | área de la sección | |
| Ay | 71.68 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Y | |
| Az | 21.94 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Z | |

Material:

| | | | |
|--------|------------|---------------------|--|
| Nombre | STEEL A36 | | |
| Fy | 2531.05 | kgf/cm ² | resistencia de material |
| Fu | 4077.80 | kgf/cm ² | límite mínimo de resistencia a la tracción |
| E | 2038902.42 | kgf/cm ² | coeficiente de elasticidad longitudinal |

Método de coeficientes parciales LRFD

| | | |
|-----|------|---|
| Fic | 0.90 | parámetro de resistencia para la compresión |
| Fib | 0.90 | parámetro de resistencia para la flexión |
| Fiv | 0.90 | parámetro de resistencia para el cortante |
| FiT | 0.90 | Coefficiente de resistencia para la ruptura en tracción |

Estabilidad local de la sección

| | | |
|------|-------|--|
| Lamf | 5.92 | Proporción de anchura-espesor para un ala |
| Lamw | 15.85 | Proporción de anchura-espesor para un alma |

Clase de sección en compresión simple

| | | |
|----------|------------|---|
| Lamf_r_N | 15.89 | Esbeltez límite para el ala no esbelta |
| ClassF_N | No esbelto | clase del ala |
| Lamw_r_N | 42.29 | Esbeltez límite para el alma no esbelta |
| ClassW_N | No esbelto | clase del alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento My

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamf_p_My | 10.79 | Esbeltez límite para el ala compacta |
| Lamf_r_My | 28.38 | Esbeltez límite para el ala no compacta |
| ClassF_My | compacto | clase del ala |
| Lamw_p_My | 106.72 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_My | 161.78 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_My | compacto | clase del alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento Mz

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamf_p_Mz | 10.79 | Esbeltez límite para el ala compacta |
| Lamf_r_Mz | 28.38 | Esbeltez límite para el ala no compacta |
| ClassF_Mz | compacto | clase del ala |
| Lamw_p_Mz | 106.72 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_Mz | 161.78 | Esbeltez límite para el alma no compacta |

ClassW_Mz compacto

clase del alma

Parámetros del análisis de pandeo:

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|-------------------|-------------|---------------------|--|
| L_y | 0.10 | m | longitud no protegida contra el pandeo de la barra |
| K_y | 1.00 | | Coefficiente eficaz de longitud de pandeo |
| $K_y * L_y / r_y$ | 1.09 | | esbeltez de cálculo de la barra |
| F_{ey} | 16941908.31 | kgf/cm ² | tensión crítica elástica para el pandeo |
| F_{cry} | 2530.89 | kgf/cm ² | tensión crítica en pandeo por torsión |
| P_{ny} | 230229.16 | kgf | resistencia nominal de la barra en compresión |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|-------------------|------------|---------------------|--|
| L_z | 0.10 | m | longitud no protegida contra el pandeo de la barra |
| K_z | 1.00 | | Coefficiente eficaz de longitud de pandeo |
| $K_z * L_z / r_z$ | 1.89 | | esbeltez de cálculo de la barra |
| F_{ez} | 5607403.35 | kgf/cm ² | tensión crítica elástica para el pandeo |
| F_{crz} | 2530.57 | kgf/cm ² | tensión crítica en pandeo por torsión |

Parámetros del análisis de pandeo lateral

| | | | |
|----------|-------|---|---|
| R_m | 1.00 | | parámetro de asimetría de la sección |
| C_b | 1.04 | | coeficiente de reducción para el pandeo lateral |
| L_b | 0.10 | m | longitud de la barra para el pandeo lateral |
| L_{py} | 2.64 | m | longitud máx. en el estado límite de resistencia |
| L_{ry} | 14.65 | m | longitud máx. en el estado límite de pandeo lateral |

Otros:

| | | | |
|----------|----------|-----------------|---|
| C_w | 249699.4 | cm ⁶ | Constante de pandeo local |
| a | 0.10 | m | Separación de los rigidizadores transversales |
| C_{vy} | 1.00 | | Coef. para el cálculo de las tensiones críticas en cortante |
| C_{vz} | 1.00 | | Coef. para el cálculo de las tensiones críticas en cortante |

Esfuerzos internos

| | | | |
|-----|----------|-------|-------------------------------------|
| Pr | 5541.68 | kgf | resistencia exigida a la compresión |
| Tr | -580.59 | kgf*m | resistencia exigida a la torsión |
| Mry | -2136.40 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Mrz | 1780.17 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Vry | -20.26 | kgf | resistencia exigida al cortante |
| Vrz | 1859.13 | kgf | resistencia exigida al cortante |

Resistencias nominales:

| | | | |
|---------------------------------|-----------|-------|---|
| Pn | 230200.06 | kgf | Resistencia nominal a la compresión: |
| Respecto al eje Y de la sección | | | |
| Mpy | 20323.48 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mny[YD] | 20323.48 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mny[LTB] | 20323.48 | kgf*m | Resistencia nominal al pandeo lateral |
| Mny1[LTB] | 19616.95 | kgf*m | Resistencia nominal al pandeo lateral ($C_b = 1.0$) |
| Mny | 20323.48 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vnz | 33311.83 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|---------|-----------|-------|---|
| Mpz | 9498.12 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mnz[YD] | 9498.12 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mnz | 9498.12 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vny | 108858.17 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Resistencias de dimensionamiento:

| | | | |
|--------|-----------|-----|--|
| Fic*Pn | 207180.06 | kgf | Resistencia de cálculo a la compresión |
|--------|-----------|-----|--|

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|-------------------|----------|-------|--|
| Fib*Mpy | 18291.14 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mny[YD] | 18291.14 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mny[LT B] | 18291.14 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento al pandeo lateral en torsión |
| Fib*Mny1[L TD] | 17655.26 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento al pandeo lateral en torsión |
| Fib*Mny | 18291.14 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| 1.00*Vnz | 33311.83 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|-----------------|----------|-------|--|
| Fib*Mpz | 8548.31 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mnz[YD] | 8548.31 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mnz | 8548.31 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vny | 97972.36 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Tensiones en la sección:

| | | | |
|---------|---------|---------|--|
| frvy,mx | 1238.24 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |
| frvz,mx | 723.06 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |
| Lpdu | 0.00 | M | Distancia máx. entre los arriostramientos laterales del ala superior |
| Lpdl | 0.00 | M | Distancia máx. entre los arriostramientos laterales del ala inferior |

Fórmulas de verificación:

| | | | |
|-----------|------|--|--------------|
| UF[KL/r] | 0.01 | Max($K_y * L_y / r_y / (K * L / r)$, max $K_z * L_z / r_z / (K * L / r)$, max) | ; estable |
| UF(H1_1b) | 0.34 | $P_r / (2 * F_{ic} * P_n) + M_{ry} / (F_{ib} * M_{ny}) + M_{rz} / (F_{ib} * M_{nz})$ | + Verificado |
| UF(G2_1) | 0.91 | $V_{ry} / (F_{iv} * V_{ny}) + f_{rvy, mx} / (0.6 * F_{iv} * F_y)$ | Verificado |
| UF(G2_1) | 0.53 | $V_{rz} / (1.00 * V_{nz}) + f_{rvz, mx} / (0.6 * 1.00 * F_y)$ | Verificado |

Solicitud:

| | | | |
|-----|------|-----------|--------------------|
| RAT | 0.91 | solicitud | Perfil correcto |
|-----|------|-----------|--------------------|

GRUPO: 2 ARRIOSTRES (E)

BARRA: 75, 0E-ARRIOSTRE 75; COORDENADA: X = 1.00 L = 9.22 m

Características de la sección: L 2x2x0.1875

| Simbolo | Valor | Unidad | Descripción del simbolo | P |
|----------------|--------------|-----------------|--|----------|
| Ax | 4.66 | cm ² | área de la sección | |
| Ay | 2.42 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Y | |
| Az | 2.42 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Z | |
| J | 0.38 | cm ⁴ | constante de torsión | |
| Iy | 11.28 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Y | |
| Iz | 11.28 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Z | |
| Zy | 5.54 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Y | |
| Sy | 3.09 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Y | |
| Zz | 5.54 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Z | |
| Sz | 3.09 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Z | |
| d | 5.1 | cm | altura de la sección | |
| bf | 5.1 | cm | anchura de la sección | |
| tf | 0.5 | cm | espesor del ala | |
| tw | 0.5 | cm | espesor del alma | |
| ry | 1.6 | cm | radio de inercia respecto al eje Y | |
| rz | 1.6 | cm | radio de inercia respecto al eje Z | |

Material:

| | | | |
|--------|------------|---------------------|--|
| Nombre | STEEL A36 | | |
| Fy | 2531.05 | kgf/cm ² | resistencia de material |
| Fu | 4077.80 | kgf/cm ² | límite mínima de resistencia a la tracción |
| E | 2038902.42 | kgf/cm ² | coeficiente de elasticidad longitudinal |

Método de coeficientes parciales LRFD

| | | |
|------|------|--|
| Fity | 0.90 | Coefficiente de resistencia para la plastificación en tracción |
| Fitu | 0.75 | Coefficiente de resistencia para la ruptura en tracción |
| Fib | 0.90 | parámetro de resistencia para la flexión |
| Fiv | 0.90 | parámetro de resistencia para el cortante |
| FiT | 0.90 | Coefficiente de resistencia para la ruptura en tracción |

Estabilidad local de la sección

| | | |
|------|-------|--|
| Lamf | 10.67 | Proporción de anchura-espesor para un ala |
| Lamw | 10.67 | Proporción de anchura-espesor para un alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento My

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamf_p_My | 15.33 | Esbeltez límite para el ala compacta |
| Lamf_r_My | 25.83 | Esbeltez límite para el ala no compacta |
| ClassF_My | compacto | clase del ala |
| Lamw_p_My | 15.33 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_My | 25.83 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_My | compacto | clase del alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento Mz

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamf_p_Mz | 15.33 | Esbeltez límite para el ala compacta |
| Lamf_r_Mz | 25.83 | Esbeltez límite para el ala no compacta |
| ClassF_Mz | compacto | clase del ala |
| Lamw_p_Mz | 15.33 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_Mz | 25.83 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_Mz | compacto | clase del alma |

Esbeltez límite para cortante

| | | |
|-----------|-------|--|
| Lamw_p_Vz | 34.20 | Esbeltez límite de cortante para el alma compacta |
| Lamw_r_Vz | 42.60 | Esbeltez límite de cortante para el alma no compacta |

Otros:

| | | | |
|-----------------|------|-----------------|--|
| An/Ag | 1.00 | | Proporción área debilitada (neto) - área no debilitada (bruta) |
| U | 1.00 | | Parámetro del cizallamiento |
| Ae | 4.66 | cm ² | área de superficie efectiva neta |
| a | 9.22 | m | Separación de los rigidizadores transversales |
| kv _y | 1.20 | | coef. de inestabilidad local para el cortante |
| Cv _y | 1.00 | | coef. para el cálculo de las tensiones críticas en cortante |
| kv _z | 1.20 | | coef. de inestabilidad local para el cortante |
| Cv _z | 1.00 | | coef. para el cálculo de las tensiones críticas en cortante |

Esfuerzos internos

| | | | |
|-----------------|---------|-------|-----------------------------------|
| Pr | -569.75 | kgf | Resistencia exigida a la tracción |
| Tr | 0.06 | kgf*m | resistencia exigida a la torsión |
| Mr _y | -2.00 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Mr _z | 30.54 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Vr _y | -37.93 | kgf | resistencia exigida al cortante |
| Vr _z | -3.21 | kgf | resistencia exigida al cortante |

Resistencias nominales:

| | | | |
|------|----------|-----|---|
| Pnty | 11789.78 | kgf | Resistencia nominal a la plastificación en tracción |
| Pntu | 18994.64 | kgf | Resistencia nominal a la rotura en tracción |

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|---------|---------|-------|---|
| Mpy | 140.19 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mny[YD] | 117.17 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mny | 117.17 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vnz | 3674.10 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|---------|---------|-------|---|
| Mpz | 140.19 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mnz[YD] | 117.17 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mnz | 117.17 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vny | 3674.10 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Resistencias de dimensionamiento:

| | | | |
|-----------|----------|-----|---|
| Fity*Pnty | 10610.80 | kgf | Resistencia de dimensionamiento a la plastificación en tracción |
| Fitu*Pntu | 14245.98 | kgf | Resistencia de dimensionamiento a la rotura en tracción |

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|-------------|---------|-------|--|
| Fib*Mpy | 126.17 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mny[YD] | 105.45 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mny | 105.45 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vnz | 3306.69 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|-------------|---------|-------|--|
| Fib*Mpz | 126.17 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mnz[YD] | 105.45 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mnz | 105.45 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vny | 3306.69 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Tensiones en la sección:

| | | | |
|---------|------|---------|---|
| frvy,mx | 7.01 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |
| frvz,mx | 7.01 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |

Fórmulas de verificación:

UF[KL/r]

| | | | |
|-----------|------|--|------------|
| UF(H1_1b) | 0.34 | $\frac{Pr}{(2 \cdot Fity \cdot Pnty)} + \frac{Mry}{(Fib \cdot Mny)} + \frac{Mrz}{(Fib \cdot Mnz)}$ | Verificado |
| UF(G2_1) | 0.02 | $\frac{Vry}{(Fiv \cdot Vny)} + \frac{frvy, mx}{(0.6 \cdot Fiv \cdot Fy)}$ | Verificado |
| UF(G2_1) | 0.01 | $\frac{Vrz}{(Fiv \cdot Vnz)} + \frac{frvz, mx}{(0.6 \cdot Fiv \cdot Fy)}$ | Verificado |

Solicitud:

| | | | |
|-----|------|-----------|--------------------|
| RAT | 0.34 | solicitud | Perfil correcto |
|-----|------|-----------|--------------------|

GRUPO: 3 VIGUETA (E)

BARRA: 473, COORDENADA: X = 0.00 L = 0.00 m

Características de la sección: C 8x11.5

| Simbolo | Valor | Unidad | Descripción del simbolo | P |
|----------------|--------------|-----------------|--|----------|
| Ax | 21.74 | cm ² | área de la sección | |
| Ay | 11.37 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Y | |
| Az | 11.35 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Z | |
| J | 5.41 | cm ⁴ | constante de torsión | |
| Iy | 1352.75 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Y | |
| Iz | 54.53 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Z | |
| Zy | 157.81 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Y | |
| Sy | 133.14 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Y | |
| Zz | 25.73 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Z | |
| Sz | 12.72 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Z | |
| d | 20.3 | cm | altura de la sección | |
| bf | 5.7 | cm | anchura de la sección | |
| tf | 1.0 | cm | espesor del ala | |
| tw | 0.6 | cm | espesor del alma | |
| ry | 7.9 | cm | radio de inercia respecto al eje Y | |
| rz | 1.6 | cm | radio de inercia respecto al eje Z | |

Material:

| | | | |
|--------|------------|---------------------|--|
| Nombre | STEEL A36 | | |
| Fy | 2531.05 | kgf/cm ² | resistencia de material |
| Fu | 4077.80 | kgf/cm ² | límite mínima de resistencia a la tracción |
| E | 2038902.42 | kgf/cm ² | coeficiente de elasticidad longitudinal |

Método de coeficientes parciales LRFD

| | | |
|------|------|--|
| Fity | 0.90 | Coefficiente de resistencia para la plastificación en tracción |
| Fitu | 0.75 | Coefficiente de resistencia para la ruptura en tracción |
| Fib | 0.90 | parámetro de resistencia para la flexión |
| Fiv | 0.90 | parámetro de resistencia para el cortante |
| FiT | 0.90 | Coefficiente de resistencia para la ruptura en tracción |

Estabilidad local de la sección

| | | |
|------|-------|--|
| Lamf | 5.79 | Proporción de anchura-espesor para un ala |
| Lamw | 29.91 | Proporción de anchura-espesor para un alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento My

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamf_p_My | 10.79 | Esbeltez límite para el ala compacta |
| Lamf_r_My | 28.38 | Esbeltez límite para el ala no compacta |
| ClassF_My | compacto | clase del ala |
| Lamw_p_My | 106.72 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_My | 161.78 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_My | compacto | clase del alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento Mz

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamf_p_Mz | 10.79 | Esbeltez límite para el ala compacta |
| Lamf_r_Mz | 28.38 | Esbeltez límite para el ala no compacta |
| ClassF_Mz | compacto | clase del ala |
| Lamw_p_Mz | 106.72 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_Mz | 161.78 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_Mz | compacto | clase del alma |

Esbeltez límite para cortante

| | | |
|-----------|-------|--|
| Lamw_p_Vz | 69.81 | Esbeltez límite de cortante para el alma compacta |
| Lamw_r_Vz | 86.95 | Esbeltez límite de cortante para el alma no compacta |

Parámetros del análisis de pandeo lateral

| | | | |
|-----|------|---|---|
| Rm | 1.00 | | parámetro de asimetría de la sección |
| Cb | 2.11 | | coeficiente de reducción para el pandeo lateral |
| Lb | 3.00 | m | longitud de la barra para el pandeo lateral |
| Lpy | 0.79 | m | longitud máx. en el estado límite de resistencia |
| Lry | 3.22 | m | longitud máx. en el estado límite de pandeo lateral |

Otros:

| | | | |
|-------|--------|-----------------|--|
| An/Ag | 1.00 | | Proporción área debilitada (neto) - área no debilitada (bruta) |
| U | 1.00 | | Parámetro del cizallamiento |
| Ae | 21.74 | cm ² | área de superficie efectiva neta |
| Cw | 5129.5 | cm ⁶ | constante de pandeo local |
| a | 3.00 | m | Separación de los rigidizadores transversales |
| kvy | 1.20 | | coef. de inestabilidad local para el cortante |
| Cvy | 1.00 | | coef. para el cálculo de las tensiones críticas en cortante |
| kvz | 5.00 | | coef. de inestabilidad local para el cortante |
| Cvz | 1.00 | | coef. para el cálculo de las tensiones críticas en cortante |

Esfuerzos internos

| | | | |
|-----|---------|-------|-----------------------------------|
| Pr | -1.03 | kgf | Resistencia exigida a la tracción |
| Tr | -0.31 | kgf*m | resistencia exigida a la torsión |
| Mry | -597.55 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Mrz | -188.21 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Vry | -183.97 | kgf | resistencia exigida al cortante |
| Vrz | 655.10 | kgf | resistencia exigida al cortante |

Resistencias nominales:

| | | | |
|------|----------|-----|---|
| Pnty | 55029.84 | kgf | Resistencia nominal a la plastificación en tracción |
| Pntu | 88659.19 | kgf | Resistencia nominal a la rotura en tracción |

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|-----------|----------|-------|---|
| Mpy | 3994.19 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mny[YD] | 3994.19 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mny[LTB] | 3994.19 | kgf*m | Resistencia nominal al pandeo lateral |
| Mny1[LTB] | 2505.67 | kgf*m | Resistencia nominal al pandeo lateral ($C_b = 1.0$) |
| Mny | 3994.19 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vnz | 17243.77 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|---------|----------|-------|---|
| Mpz | 651.18 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mnz[YD] | 515.02 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mnz | 515.02 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vny | 17271.21 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Resistencias de dimensionamiento:

| | | | |
|-----------|----------|-----|---|
| Fity*Pnty | 49526.86 | kgf | Resistencia de dimensionamiento a la plastificación en tracción |
| Fitu*Pntu | 66494.39 | kgf | Resistencia de dimensionamiento a la rotura en tracción |

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|---------------|----------|-------|--|
| Fib*Mpy | 3594.77 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mny[YD] | 3594.77 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mny[LTB] | 3594.77 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento al pandeo lateral en torsión |
| Fib*Mny1[LTD] | 2255.11 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento al pandeo lateral en torsión |
| Fib*Mny | 3594.77 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vnz | 15519.40 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|-------------|----------|-------|--|
| Fib*Mpz | 586.06 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mnz[YD] | 463.51 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mnz | 463.51 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vny | 15544.09 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Tensiones en la sección:

| | | | |
|---------|------|---------|--|
| frvy,mx | 5.70 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |
| frvz,mx | 3.22 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |
| Lpdu | 0.00 | m | Distancia máx. entre los arriostramientos laterales del ala superior |
| Lpdl | 0.00 | m | Distancia máx. entre los arriostramientos laterales del ala inferior |

Fórmulas de verificación:

| | | | |
|-----------|------|---|------------|
| UF[KL/r] | 0.63 | $\text{Max}(K_y \cdot L_y / r_y / (K \cdot L / r), \text{max} ;$ $K_z \cdot L_z / r_z / (K \cdot L / r), \text{max})$ | estable |
| UF(H1_1b) | 0.57 | $Pr / (2 \cdot Fity \cdot Pnty) + Mry / (Fib \cdot Mny) +$ $Mrz / (Fib \cdot Mnz)$ | Verificado |
| UF(G2_1) | 0.02 | $Vry / (Fiv \cdot Vny) + frvy, mx / (0.6 \cdot Fiv \cdot Fy)$ | Verificado |
| UF(G2_1) | 0.04 | $Vrz / (Fiv \cdot Vnz) + frvz, mx / (0.6 \cdot Fiv \cdot Fy)$ | Verificado |

Solicitud:

| | | | |
|-----|------|-----------|--------------------|
| RAT | 0.57 | solicitud | Perfil correcto |
|-----|------|-----------|--------------------|

GRUPO: 4 VIGA LATERAL

BARRA: 465, COORDENADA: $X = 1.00$ $L = 3.00$ m

Características de la sección: C 8x11.5

| Simbolo | Valor | Unidad | Descripción del simbolo | P |
|---------|---------|-----------------|--|---|
| Ax | 21.74 | cm ² | área de la sección | |
| Ay | 11.37 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Y | |
| Az | 11.35 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Z | |
| J | 5.41 | cm ⁴ | constante de torsión | |
| Iy | 1352.75 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Y | |
| Iz | 54.53 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Z | |
| Zy | 157.81 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Y | |
| Sy | 133.14 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Y | |
| Zz | 25.73 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Z | |
| Sz | 12.72 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Z | |
| d | 20.3 | cm | altura de la sección | |
| bf | 5.7 | cm | anchura de la sección | |
| tf | 1.0 | cm | espesor del ala | |
| tw | 0.6 | cm | espesor del alma | |
| ry | 7.9 | cm | radio de inercia respecto al eje Y | |
| rz | 1.6 | cm | radio de inercia respecto al eje Z | |

Material:

| | | | |
|--------|------------|---------------------|--|
| Nombre | STEEL A36 | | |
| Fy | 2531.05 | kgf/cm ² | resistencia de material |
| Fu | 4077.80 | kgf/cm ² | límite mínima de resistencia a la tracción |
| E | 2038902.42 | kgf/cm ² | coeficiente de elasticidad longitudinal |

Método de coeficientes parciales LRFD

| | | |
|------|------|---|
| Fity | 0.90 | Coeficiente de resistencia para la plastificación en tracción |
| Fitu | 0.75 | Coeficiente de resistencia para la ruptura en tracción |
| Fib | 0.90 | parámetro de resistencia para la flexión |
| Fiv | 0.90 | parámetro de resistencia para el cortante |
| FiT | 0.90 | Coeficiente de resistencia para la ruptura en tracción |

Estabilidad local de la sección

| | | |
|------|-------|--|
| Lamf | 5.79 | Proporción de anchura-espesor para un ala |
| Lamw | 29.91 | Proporción de anchura-espesor para un alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento My

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamf_p_My | 10.79 | Esbeltez límite para el ala compacta |
| Lamf_r_My | 28.38 | Esbeltez límite para el ala no compacta |
| ClassF_My | compacto | clase del ala |
| Lamw_p_My | 106.72 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_My | 161.78 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_My | compacto | clase del alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento Mz

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamf_p_Mz | 10.79 | Esbeltez límite para el ala compacta |
| Lamf_r_Mz | 28.38 | Esbeltez límite para el ala no compacta |
| ClassF_Mz | compacto | clase del ala |
| Lamw_p_Mz | 106.72 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_Mz | 161.78 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_Mz | compacto | clase del alma |

Esbeltez límite para cortante

| | | |
|-----------|-------|--|
| Lamw_p_Vz | 69.81 | Esbeltez límite de cortante para el alma compacta |
| Lamw_r_Vz | 86.95 | Esbeltez límite de cortante para el alma no compacta |

Parámetros del análisis de pandeo lateral

| | | | |
|-----|------|---|---|
| Rm | 1.00 | | parámetro de asimetría de la sección |
| Cb | 1.12 | | coeficiente de reducción para el pandeo lateral |
| Lb | 3.00 | m | longitud de la barra para el pandeo lateral |
| Lpy | 0.79 | m | longitud máx. en el estado límite de resistencia |
| Lry | 3.22 | m | longitud máx. en el estado límite de pandeo lateral |

Otros:

| | | | |
|-------|--------|-----------------|--|
| An/Ag | 1.00 | | Proporción área debilitada (neto) - área no debilitada (bruta) |
| U | 1.00 | | Parámetro del cizallamiento |
| Ae | 21.74 | cm ² | área de superficie efectiva neta |
| Cw | 5129.5 | cm ⁶ | constante de pandeo local |
| a | 3.00 | m | Separación de los rigidizadores transversales |
| kvy | 1.20 | | coef. de inestabilidad local para el cortante |
| Cvy | 1.00 | | coef. para el cálculo de las tensiones críticas en cortante |
| kvz | 5.00 | | coef. de inestabilidad local para el cortante |
| Cvz | 1.00 | | coef. para el cálculo de las tensiones críticas en cortante |

Esfuerzos internos

| | | | |
|-----|---------|-------|-----------------------------------|
| Pr | -23.52 | kgf | Resistencia exigida a la tracción |
| Tr | -0.61 | kgf*m | resistencia exigida a la torsión |
| Mry | -210.93 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Mrz | 89.57 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Vry | -126.08 | kgf | resistencia exigida al cortante |
| Vrz | 19.41 | kgf | resistencia exigida al cortante |

Resistencias nominales:

| | | | |
|------|----------|-----|---|
| Pnty | 55029.84 | kgf | Resistencia nominal a la plastificación en tracción |
| Pntu | 88659.19 | kgf | Resistencia nominal a la rotura en tracción |

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|-----------|----------|-------|---|
| Mpy | 3994.19 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mny[YD] | 3994.19 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mny[LTB] | 2810.51 | kgf*m | Resistencia nominal al pandeo lateral |
| Mny1[LTB] | 2505.67 | kgf*m | Resistencia nominal al pandeo lateral ($C_b = 1.0$) |
| Mny | 2810.51 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vnz | 17243.77 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|---------|----------|-------|---|
| Mpz | 651.18 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mnz[YD] | 515.02 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mnz | 515.02 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vny | 17271.21 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Resistencias de dimensionamiento:

| | | | |
|-----------|----------|-----|---|
| Fity*Pnty | 49526.86 | kgf | Resistencia de dimensionamiento a la plastificación en tracción |
| Fitu*Pntu | 66494.39 | kgf | Resistencia de dimensionamiento a la rotura en tracción |

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|---------------|----------|-------|--|
| Fib*Mpy | 3594.77 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mny[YD] | 3594.77 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mny[LTB] | 2529.46 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento al pandeo lateral en torsión |
| Fib*Mny1[LTD] | 2255.11 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento al pandeo lateral en torsión |
| Fib*Mny | 2529.46 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vnz | 15519.40 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|-------------|----------|-------|--|
| Fib*Mpz | 586.06 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mnz[YD] | 463.51 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mnz | 463.51 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vny | 15544.09 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Tensiones en la sección:

| | | | |
|---------|-------|---------|--|
| frvy,mx | 11.13 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |
| frvz,mx | 6.28 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |
| Lpdu | 0.00 | m | Distancia máx. entre los arriostramientos laterales del ala superior |
| Lpdl | 0.00 | m | Distancia máx. entre los arriostramientos laterales del ala inferior |

Fórmulas de verificación:

| | | | |
|-----------|------|---|------------|
| UF[KL/r] | 0.63 | $\text{Max}(K_y \cdot L_y / r_y / (K \cdot L / r), \text{max} ;$ $K_z \cdot L_z / r_z / (K \cdot L / r), \text{max})$ | estable |
| UF(H1_1b) | 0.28 | $Pr / (2 \cdot F_{ity} \cdot P_{nty}) + M_{ry} / (F_{ib} \cdot M_{ny}) +$ $M_{rz} / (F_{ib} \cdot M_{nz})$ | Verificado |
| UF(G2_1) | 0.02 | $V_{ry} / (F_{iv} \cdot V_{ny}) + f_{rvy, mx} / (0.6 \cdot F_{iv} \cdot F_y)$ | Verificado |
| UF(G2_1) | 0.01 | $V_{rz} / (F_{iv} \cdot V_{nz}) + f_{rvz, mx} / (0.6 \cdot F_{iv} \cdot F_y)$ | Verificado |

Solicitud:

| | | | |
|-----|------|-----------|--------------------|
| RAT | 0.28 | solicitud | Perfil correcto |
|-----|------|-----------|--------------------|

GRUPO: 5 COLUMNETAS

BARRA: 30, COORDENADA: $X = 1.00$ $L = 1.67$ m

Características de la sección: C 9x13.4

| Simbolo | Valor | Unidad | Descripción del simbolo | P |
|---------|---------|-----------------|--|---|
| Ax | 25.42 | cm ² | área de la sección | |
| Ay | 12.95 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Y | |
| Az | 13.53 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Z | |
| J | 6.99 | cm ⁴ | constante de torsión | |
| Iy | 1989.59 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Y | |
| Iz | 72.84 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Z | |
| Zy | 206.48 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Y | |
| Sy | 174.07 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Y | |
| Zz | 31.79 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Z | |
| Sz | 15.68 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Z | |
| d | 22.9 | cm | altura de la sección | |
| bf | 6.2 | cm | anchura de la sección | |
| tf | 1.0 | cm | espesor del ala | |
| tw | 0.6 | cm | espesor del alma | |
| ry | 8.8 | cm | radio de inercia respecto al eje Y | |
| rz | 1.7 | cm | radio de inercia respecto al eje Z | |

Material:

| | | | |
|--------|------------|---------------------|--|
| Nombre | STEEL A36 | | |
| Fy | 2531.05 | kgf/cm ² | resistencia de material |
| Fu | 4077.80 | kgf/cm ² | límite mínima de resistencia a la tracción |
| E | 2038902.42 | kgf/cm ² | coeficiente de elasticidad longitudinal |

Método de coeficientes parciales LRFD

| | | |
|-----|------|---|
| Fic | 0.90 | parámetro de resistencia para la compresión |
| Fib | 0.90 | parámetro de resistencia para la flexión |
| Fiv | 0.90 | parámetro de resistencia para el cortante |
| FiT | 0.90 | Coefficiente de resistencia para la ruptura en tracción |

Estabilidad local de la sección

| | | |
|------|-------|--|
| Lamf | 5.88 | Proporción de anchura-espesor para un ala |
| Lamw | 32.25 | Proporción de anchura-espesor para un alma |

Clase de sección en compresión simple

| | | |
|----------|------------|---|
| Lamf_r_N | 15.89 | Esbeltez límite para el ala no esbelta |
| ClassF_N | No esbelto | clase del ala |
| Lamw_r_N | 42.29 | Esbeltez límite para el alma no esbelta |
| ClassW_N | No esbelto | clase del alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento My

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamf_p_My | 10.79 | Esbeltez límite para el ala compacta |
| Lamf_r_My | 28.38 | Esbeltez límite para el ala no compacta |
| ClassF_My | compacto | clase del ala |
| Lamw_p_My | 106.72 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_My | 161.78 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_My | compacto | clase del alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento Mz

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamf_p_Mz | 10.79 | Esbeltez límite para el ala compacta |
| Lamf_r_Mz | 28.38 | Esbeltez límite para el ala no compacta |
| ClassF_Mz | compacto | clase del ala |
| Lamw_p_Mz | 106.72 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_Mz | 161.78 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_Mz | compacto | clase del alma |

Esbeltez límite para cortante

| | | | |
|-----------|-------|--|--|
| Lamw_p_Vz | 69.81 | | Esbeltez límite de cortante para el alma compacta |
| Lamw_r_Vz | 86.95 | | Esbeltez límite de cortante para el alma no compacta |

Parámetros del análisis de pandeo:

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|----------|----------|---------------------|--|
| Ly | 1.67 | m | longitud no protegida contra el pandeo de la barra |
| Ky | 2.00 | | Coefficiente eficaz de longitud de pandeo |
| Ky*Ly/ry | 37.68 | | esbeltez de cálculo de la barra |
| Fey | 14175.48 | kgf/cm ² | tensión crítica elástica para el pandeo |
| Fcry | 2348.79 | kgf/cm ² | tensión crítica en pandeo por torsión |
| Pny | 59704.71 | kgf | resistencia nominal de la barra en compresión |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|----------|----------|---------------------|--|
| Lz | 1.67 | m | longitud no protegida contra el pandeo de la barra |
| Kz | 2.00 | | Coefficiente eficaz de longitud de pandeo |
| Kz*Lz/rz | 196.91 | | esbeltez de cálculo de la barra |
| Fez | 518.98 | kgf/cm ² | tensión crítica elástica para el pandeo |
| Fcrz | 455.14 | kgf/cm ² | tensión crítica en pandeo por torsión |
| Pnz | 11569.41 | kgf | resistencia nominal de la barra en compresión |

Otros:

| | | | |
|-----|--------|-----------------|---|
| Cw | 8689.1 | cm ⁶ | constante de pandeo local |
| a | 1.67 | m | Separación de los rigidizadores transversales |
| kvy | 1.20 | | coef. de inestabilidad local para el cortante |
| Cvy | 1.00 | | coef. para el cálculo de las tensiones críticas en cortante |
| kvz | 5.00 | | coef. de inestabilidad local para el cortante |
| Cvz | 1.00 | | coef. para el cálculo de las tensiones críticas en cortante |

Esfuerzos internos

| | | | |
|-----|----------|-------|-------------------------------------|
| Pr | 432.65 | kgf | resistencia exigida a la compresión |
| Tr | 0.06 | kgf*m | resistencia exigida a la torsión |
| Mry | -2792.26 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Mrz | 3.61 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Vry | -0.57 | kgf | resistencia exigida al cortante |
| Vrz | -803.16 | kgf | resistencia exigida al cortante |

Resistencias nominales:

| | | | |
|----|----------|-----|--------------------------------------|
| Pn | 11569.41 | kgf | Resistencia nominal a la compresión: |
|----|----------|-----|--------------------------------------|

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|---------|----------|-------|---|
| Mpy | 5226.04 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mny[YD] | 5226.04 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mny | 5226.04 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vnz | 20545.56 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|---------|----------|-------|---|
| Mpz | 804.64 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mnz[YD] | 634.96 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mnz | 634.96 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vny | 19665.54 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Resistencias de dimensionamiento:

| | | | |
|--------|----------|-----|--|
| Fic*Pn | 10412.47 | kgf | resistencia de cálculo a la compresión |
|--------|----------|-----|--|

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|-------------|----------|-------|--|
| Fib*Mpy | 4703.44 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mny[YD] | 4703.44 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mny | 4703.44 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vnz | 18491.01 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|-------------|----------|-------|--|
| Fib*Mpz | 724.18 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mnz[YD] | 571.46 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mnz | 571.46 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vny | 17698.99 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Tensiones en la sección:

| | | | |
|---------|------|---------|---|
| frvy,mx | 0.83 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |
| frvz,mx | 0.47 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |

Fórmulas de verificación:

| | | | |
|-----------|------|--|------------|
| UF[KL/r] | 0.98 | $\text{Max}(K_y \cdot L_y / r_y / (K \cdot L / r), \text{max} ; K_z \cdot L_z / r_z / (K \cdot L / r), \text{max})$ | estable |
| UF(H1_1b) | 0.62 | $\text{Pr} / (2 \cdot \text{Fic} \cdot \text{Pn}) + \text{Mry} / (\text{Fib} \cdot \text{Mny}) + \text{Mrz} / (\text{Fib} \cdot \text{Mnz})$ | Verificado |
| UF(G2_1) | 0.00 | $\text{Vry} / (\text{Fiv} \cdot \text{Vny}) + \text{frvy,mx} / (0.6 \cdot \text{Fiv} \cdot \text{Fy})$ | Verificado |
| UF(G2_1) | 0.04 | $\text{Vrz} / (\text{Fiv} \cdot \text{Vnz}) + \text{frvz,mx} / (0.6 \cdot \text{Fiv} \cdot \text{Fy})$ | Verificado |

Solicitud:

| | | | |
|-----|------|-----------|-----------------|
| RAT | 0.62 | solicitud | Perfil correcto |
|-----|------|-----------|-----------------|

GRUPO: 6 VARILLAS (E)BARRA: 49, COORDENADA: $X = 1.00$ $L = 2.52$ m

Características de la sección: RB 2

| Símbolo | Valor | Unidad | Descripción del símbolo | P |
|----------------|--------------|-----------------|--|----------|
| Ax | 20.27 | cm ² | área de la sección | |
| Ay | 20.27 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Y | |
| Az | 20.27 | cm ² | área eficaz en cortante en la dirección Z | |
| J | 65.38 | cm ⁴ | constante de torsión | |
| Iy | 32.69 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Y | |
| Iz | 32.69 | cm ⁴ | momento de inercia respecto al eje Z | |
| Zy | 21.85 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Y | |
| Sy | 12.87 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Y | |
| Zz | 21.85 | cm ³ | módulo de sección plástico respecto al eje Z | |
| Sz | 12.87 | cm ³ | módulo de sección elástico respecto al eje Z | |
| d | 5.1 | cm | diámetro | |
| tw | 2.5 | cm | espesor del alma | |
| ry | 1.3 | cm | radio de inercia respecto al eje Y | |
| rz | 1.3 | cm | radio de inercia respecto al eje Z | |

Material:

Nombre STEEL A36

| | | | |
|----|------------|---------------------|--|
| Fy | 2531.05 | kgf/cm ² | resistencia de material |
| Fu | 4077.80 | kgf/cm ² | límite mínima de resistencia a la tracción |
| E | 2038902.42 | kgf/cm ² | coeficiente de elasticidad longitudinal |

Método de coeficientes parciales LRFD

| | | |
|-----|------|--|
| Fic | 0.90 | parámetro de resistencia para la compresión |
| Fib | 0.90 | parámetro de resistencia para la flexión |
| Fiv | 0.90 | parámetro de resistencia para el cortante |
| FiT | 0.90 | Coeficiente de resistencia para la ruptura en tracción |

Estabilidad local de la sección

| | | |
|------|------|--|
| Lamf | 0.00 | Proporción de anchura-espesor para un ala |
| Lamw | 2.00 | Proporción de anchura-espesor para un alma |

Clase de sección en compresión simple

| | | |
|----------|------------|---|
| Lamw_r_N | 88.61 | Esbeltez límite para el alma no esbelta |
| ClassW_N | No esbelto | clase del alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento My

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamw_p_My | 56.39 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_My | 249.72 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_My | compacto | clase del alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento Mz

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamw_p_Mz | 56.39 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_Mz | 249.72 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_Mz | compacto | clase del alma |

Esbeltez límite para cortante

| | | |
|-----------|-------|--|
| Lamw_p_Vz | 69.81 | Esbeltez límite de cortante para el alma compacta |
| Lamw_r_Vz | 86.95 | Esbeltez límite de cortante para el alma no compacta |

Parámetros del análisis de pandeo:

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|----------|---------|---------------------|--|
| Ly | 2.52 | m | longitud no protegida contra el pandeo de la barra |
| Ky | 1.00 | | Coefficiente eficaz de longitud de pandeo |
| Ky*Ly/ry | 198.82 | | esbeltez de cálculo de la barra |
| Fey | 509.07 | kgf/cm ² | tensión crítica elástica para el pandeo |
| Fcry | 446.46 | kgf/cm ² | tensión crítica en pandeo por torsión |
| Pny | 9048.94 | kgf | resistencia nominal de la barra en compresión |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|----------|---------|---------------------|--|
| Lz | 2.52 | m | longitud no protegida contra el pandeo de la barra |
| Kz | 1.00 | | Coefficiente eficaz de longitud de pandeo |
| Kz*Lz/rz | 198.82 | | esbeltez de cálculo de la barra |
| Fez | 509.07 | kgf/cm ² | tensión crítica elástica para el pandeo |
| Fcrz | 446.46 | kgf/cm ² | tensión crítica en pandeo por torsión |
| Pnz | 9048.94 | kgf | resistencia nominal de la barra en compresión |

Parámetros del análisis de pandeo lateral

| | | | |
|----|------|---|---|
| Rm | 1.00 | | parámetro de asimetría de la sección |
| Cb | 1.00 | | coeficiente de reducción para el pandeo lateral |
| Lb | 2.52 | m | longitud de la barra para el pandeo lateral |

Otros:

| | | | |
|-------|---------|---------------------|-----------------------------|
| Fcrvy | 1518.63 | kgf/cm ² | tensión crítica en cortante |
| Fcrvz | 1518.63 | kgf/cm ² | tensión crítica en cortante |

Esfuerzos internos

| | | | |
|-----|---------|-------|-------------------------------------|
| Pr | 74.55 | kgf | resistencia exigida a la compresión |
| Tr | -66.66 | kgf*m | resistencia exigida a la torsión |
| Mry | 17.33 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Mrz | -210.14 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Vry | 131.33 | kgf | resistencia exigida al cortante |
| Vrz | -3.01 | kgf | resistencia exigida al cortante |

Resistencias nominales:

| | | | |
|----|---------|-----|--------------------------------------|
| Pn | 9048.94 | kgf | Resistencia nominal a la compresión: |
|----|---------|-----|--------------------------------------|

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|---------|----------|-------|---|
| Mpy | 553.02 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mny[YD] | 521.21 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mny | 521.21 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vnz | 15390.03 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|---------|----------|-------|---|
| Mpz | 553.02 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mnz[YD] | 521.21 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mnz | 521.21 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vny | 15390.03 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Resistencias de dimensionamiento:

| | | | |
|--------|---------|-----|--|
| Fic*Pn | 8144.05 | kgf | resistencia de cálculo a la compresión |
|--------|---------|-----|--|

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|-------------|----------|-------|--|
| Fib*Mpy | 497.72 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mny[YD] | 469.09 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mny | 469.09 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vnz | 13851.03 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|-------------|----------|-------|--|
| Fib*Mpz | 497.72 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mnz[YD] | 469.09 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mnz | 469.09 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vny | 13851.03 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Tensiones en la sección:

| | | | |
|---------|--------|---------|---|
| frvy,mx | 258.99 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |
| frvz,mx | 258.99 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |

Fórmulas de verificación:

| | | | |
|-----------|------|---|------------|
| UF[KL/r] | 0.99 | Max($K_y \cdot L_y / r_y / (K \cdot L / r)$, max ; $K_z \cdot L_z / r_z / (K \cdot L / r)$, max) | estable |
| UF(H1_1b) | 0.49 | $P_r / (2 \cdot F_{ic} \cdot P_n) + M_{ry} / (F_{ib} \cdot M_{ny}) +$ $M_{rz} / (F_{ib} \cdot M_{nz})$ | Verificado |
| UF(G6) | 0.20 | $V_{ry} / (F_{iv} \cdot V_{ny}) + frvy,mx / (0.6 \cdot F_{iv} \cdot F_y)$ | Verificado |
| UF(G6) | 0.19 | $V_{rz} / (F_{iv} \cdot V_{nz}) + frvz,mx / (0.6 \cdot F_{iv} \cdot F_y)$ | Verificado |

Solicitud:

| | | | |
|-----|------|-----------|--------------------|
| RAT | 0.49 | solicitud | Perfil correcto |
|-----|------|-----------|--------------------|

GRUPO: 7 SECCION VARIABLE (E)

BARRA: 57, COORDENADA: X = 1.00 L = 0.92 m

Características de la sección: RB 1.6875

| Simbolo | Valor | Unidad | Descripción del simbolo | P |
|----------------|--------------|---------------|--|----------|
| Ax | 14.43 | cm2 | área de la sección | |
| Ay | 14.43 | cm2 | área eficaz en cortante en la dirección Y | |
| Az | 14.43 | cm2 | área eficaz en cortante en la dirección Z | |
| J | 33.14 | cm4 | constante de torsión | |
| Iy | 16.57 | cm4 | momento de inercia respecto al eje Y | |
| Iz | 16.57 | cm4 | momento de inercia respecto al eje Z | |
| Zy | 13.12 | cm3 | módulo de sección plástico respecto al eje Y | |
| Sy | 7.73 | cm3 | módulo de sección elástico respecto al eje Y | |
| Zz | 13.12 | cm3 | módulo de sección plástico respecto al eje Z | |
| Sz | 7.73 | cm3 | módulo de sección elástico respecto al eje Z | |
| d | 4.3 | cm | diámetro | |
| tw | 2.1 | cm | espesor del alma | |
| ry | 1.1 | cm | radio de inercia respecto al eje Y | |
| rz | 1.1 | cm | radio de inercia respecto al eje Z | |

Material:

| | | | |
|--------|------------|---------|--|
| Nombre | STEEL A36 | | |
| Fy | 2531.05 | kgf/cm2 | resistencia de material |
| Fu | 4077.80 | kgf/cm2 | límite mínima de resistencia a la tracción |
| E | 2038902.42 | kgf/cm2 | coeficiente de elasticidad longitudinal |

Método de coeficientes parciales LRFD

| | | |
|------|------|---|
| Fity | 0.90 | Coeficiente de resistencia para la plastificación en tracción |
| Fitu | 0.75 | Coeficiente de resistencia para la ruptura en tracción |
| Fib | 0.90 | parámetro de resistencia para la flexión |
| Fiv | 0.90 | parámetro de resistencia para el cortante |
| FiT | 0.90 | Coeficiente de resistencia para la ruptura en tracción |

Estabilidad local de la sección

| | | |
|------|------|--|
| Lamf | 0.00 | Proporción de anchura-espesor para un ala |
| Lamw | 2.00 | Proporción de anchura-espesor para un alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento My

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamw_p_My | 56.39 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_My | 249.72 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_My | compacto | clase del alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento Mz

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamw_p_Mz | 56.39 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_Mz | 249.72 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_Mz | compacto | clase del alma |

Esbeltez límite para cortante

| | | |
|-----------|-------|--|
| Lamw_p_Vz | 69.81 | Esbeltez límite de cortante para el alma compacta |
| Lamw_r_Vz | 86.95 | Esbeltez límite de cortante para el alma no compacta |

Parámetros del análisis de pandeo lateral

| | | |
|----|------|---|
| Rm | 1.00 | parámetro de asimetría de la sección |
| Cb | 1.00 | coeficiente de reducción para el pandeo lateral |
| Lb | 0.92 | m longitud de la barra para el pandeo lateral |

Otros:

| | | | |
|-------|---------|---------------------|--|
| An/Ag | 1.00 | | Proporción área debilitada (neto) - área no debilitada (bruta) |
| U | 1.00 | | Parámetro del cizallamiento |
| Ae | 14.43 | cm ² | área de superficie efectiva neta |
| Fcrvy | 1518.63 | kgf/cm ² | tensión crítica en cortante |
| Fcrvz | 1518.63 | kgf/cm ² | tensión crítica en cortante |

Esfuerzos internos

| | | | |
|-----|---------|-------|-----------------------------------|
| Pr | -63.37 | kgf | Resistencia exigida a la tracción |
| Tr | -16.22 | kgf*m | resistencia exigida a la torsión |
| Mry | -10.37 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Mrz | -257.24 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Vry | 386.03 | kgf | resistencia exigida al cortante |
| Vrz | -17.26 | kgf | resistencia exigida al cortante |

Resistencias nominales:

| | | | |
|------|----------|-----|---|
| Pnty | 36521.27 | kgf | Resistencia nominal a la plastificación en tracción |
| Pntu | 58839.82 | kgf | Resistencia nominal a la rotura en tracción |

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|---------|----------|-------|---|
| Mpy | 332.19 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mny[YD] | 313.08 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mny | 313.08 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vnz | 10956.38 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|---------|----------|-------|---|
| Mpz | 332.19 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mnz[YD] | 313.08 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mnz | 313.08 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vny | 10956.38 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Resistencias de dimensionamiento:

| | | | |
|-----------|----------|-----|---|
| Fity*Pnty | 32869.14 | kgf | Resistencia de dimensionamiento a la plastificación en tracción |
| Fitu*Pntu | 44129.86 | kgf | Resistencia de dimensionamiento a la rotura en tracción |

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|-------------|---------|-------|--|
| Fib*Mpy | 298.97 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mny[YD] | 281.77 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mny | 281.77 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vnz | 9860.74 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|-------------|---------|-------|--|
| Fib*Mpz | 298.97 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mnz[YD] | 281.77 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mnz | 281.77 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vny | 9860.74 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Tensiones en la sección:

| | | | |
|---------|--------|---------|---|
| frvy,mx | 104.91 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |
| frvz,mx | 104.91 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |

Fórmulas de verificación:

| | | | |
|-----------|------|---|------------|
| UF[KL/r] | 0.29 | $\text{Max}(K_y \cdot L_y / r_y / (K \cdot L / r), \text{max} ;$ $K_z \cdot L_z / r_z / (K \cdot L / r), \text{max})$ | estable |
| UF(H1_1b) | 0.95 | $Pr / (2 \cdot F_{ity} \cdot P_{nty}) + M_{ry} / (F_{ib} \cdot M_{ny}) +$ $M_{rz} / (F_{ib} \cdot M_{nz})$ | Verificado |
| UF(G6) | 0.12 | $V_{ry} / (F_{iv} \cdot V_{ny}) + fr_{vy, mx} / (0.6 \cdot F_{iv} \cdot F_y)$ | Verificado |
| UF(G6) | 0.08 | $V_{rz} / (F_{iv} \cdot V_{nz}) + fr_{vz, mx} / (0.6 \cdot F_{iv} \cdot F_y)$ | Verificado |

Solicitud:

| | | | |
|-----|------|-----------|--------------------|
| RAT | 0.95 | solicitud | Perfil correcto |
|-----|------|-----------|--------------------|

GRUPO: 8 SECCION VARIABLE (E)

BARRA: 57, COORDENADA: X = 1.00 L = 0.92 m

Características de la sección: RB 1.6875

| Simbolo | Valor | Unidad | Descripción del simbolo | P |
|----------------|--------------|---------------|--|----------|
| Ax | 14.43 | cm2 | área de la sección | |
| Ay | 14.43 | cm2 | área eficaz en cortante en la dirección Y | |
| Az | 14.43 | cm2 | área eficaz en cortante en la dirección Z | |
| J | 33.14 | cm4 | constante de torsión | |
| Iy | 16.57 | cm4 | momento de inercia respecto al eje Y | |
| Iz | 16.57 | cm4 | momento de inercia respecto al eje Z | |
| Zy | 13.12 | cm3 | módulo de sección plástico respecto al eje Y | |
| Sy | 7.73 | cm3 | módulo de sección elástico respecto al eje Y | |
| Zz | 13.12 | cm3 | módulo de sección plástico respecto al eje Z | |
| Sz | 7.73 | cm3 | módulo de sección elástico respecto al eje Z | |
| d | 4.3 | cm | diámetro | |
| tw | 2.1 | cm | espesor del alma | |
| ry | 1.1 | cm | radio de inercia respecto al eje Y | |
| rz | 1.1 | cm | radio de inercia respecto al eje Z | |

Material:

| | | | |
|--------|------------|---------|--|
| Nombre | STEEL A36 | | |
| Fy | 2531.05 | kgf/cm2 | resistencia de material |
| Fu | 4077.80 | kgf/cm2 | límite mínima de resistencia a la tracción |
| E | 2038902.42 | kgf/cm2 | coeficiente de elasticidad longitudinal |

Método de coeficientes parciales LRFD

| | | |
|------|------|---|
| Fity | 0.90 | Coeficiente de resistencia para la plastificación en tracción |
| Fitu | 0.75 | Coeficiente de resistencia para la ruptura en tracción |
| Fib | 0.90 | parámetro de resistencia para la flexión |
| Fiv | 0.90 | parámetro de resistencia para el cortante |
| FiT | 0.90 | Coeficiente de resistencia para la ruptura en tracción |

Estabilidad local de la sección

| | | |
|------|------|--|
| Lamf | 0.00 | Proporción de anchura-espesor para un ala |
| Lamw | 2.00 | Proporción de anchura-espesor para un alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento My

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamw_p_My | 56.39 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_My | 249.72 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_My | compacto | clase del alma |

Clase de sección en flexión simple por el momento Mz

| | | |
|-----------|----------|--|
| Lamw_p_Mz | 56.39 | Esbeltez límite para el alma compacta |
| Lamw_r_Mz | 249.72 | Esbeltez límite para el alma no compacta |
| ClassW_Mz | compacto | clase del alma |

Esbeltez límite para cortante

| | | |
|-----------|-------|--|
| Lamw_p_Vz | 69.81 | Esbeltez límite de cortante para el alma compacta |
| Lamw_r_Vz | 86.95 | Esbeltez límite de cortante para el alma no compacta |

Parámetros del análisis de pandeo lateral

| | | |
|----|------|---|
| Rm | 1.00 | parámetro de asimetría de la sección |
| Cb | 1.00 | coeficiente de reducción para el pandeo lateral |
| Lb | 0.92 | m longitud de la barra para el pandeo lateral |

Otros:

| | | | |
|-------|---------|---------------------|--|
| An/Ag | 1.00 | | Proporción área debilitada (neto) - área no debilitada (bruta) |
| U | 1.00 | | Parámetro del cizallamiento |
| Ae | 14.43 | cm ² | área de superficie efectiva neta |
| Fcrvy | 1518.63 | kgf/cm ² | tensión crítica en cortante |
| Fcrvz | 1518.63 | kgf/cm ² | tensión crítica en cortante |

Esfuerzos internos

| | | | |
|-----|---------|-------|-----------------------------------|
| Pr | -63.37 | kgf | Resistencia exigida a la tracción |
| Tr | -16.22 | kgf*m | resistencia exigida a la torsión |
| Mry | -10.37 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Mrz | -257.24 | kgf*m | resistencia exigida a la flexión |
| Vry | 386.03 | kgf | resistencia exigida al cortante |
| Vrz | -17.26 | kgf | resistencia exigida al cortante |

Resistencias nominales:

| | | | |
|------|----------|-----|---|
| Pnty | 36521.27 | kgf | Resistencia nominal a la plastificación en tracción |
| Pntu | 58839.82 | kgf | Resistencia nominal a la rotura en tracción |

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|---------|----------|-------|---|
| Mpy | 332.19 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mny[YD] | 313.08 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mny | 313.08 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vnz | 10956.38 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|---------|----------|-------|---|
| Mpz | 332.19 | kgf*m | Momento plástico nominal |
| Mnz[YD] | 313.08 | kgf*m | Resistencia nominal a flexión en el estado límite de plastificación |
| Mnz | 313.08 | kgf*m | Resistencia nominal a la flexión |
| Vny | 10956.38 | kgf | Resistencia nominal en cortante |

Resistencias de dimensionamiento:

| | | | |
|-----------|----------|-----|---|
| Fity*Pnty | 32869.14 | kgf | Resistencia de dimensionamiento a la plastificación en tracción |
| Fitu*Pntu | 44129.86 | kgf | Resistencia de dimensionamiento a la rotura en tracción |

Respecto al eje Y de la sección

| | | | |
|-------------|---------|-------|--|
| Fib*Mpy | 298.97 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mny[YD] | 281.77 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mny | 281.77 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vnz | 9860.74 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Respecto al eje Z de la sección

| | | | |
|-------------|---------|-------|--|
| Fib*Mpz | 298.97 | kgf*m | Momento plástico dimensionante |
| Fib*Mnz[YD] | 281.77 | kgf*m | Resistencia de dimensionamiento a la flexión en el estado límite de plastificación |
| Fib*Mnz | 281.77 | kgf*m | resistencia de cálculo a la flexión |
| Fiv*Vny | 9860.74 | kgf | resistencia de cálculo al cortante |

Tensiones en la sección:

| | | | |
|---------|--------|---------|---|
| frvy,mx | 104.91 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |
| frvz,mx | 104.91 | kgf/cm2 | tensión de de cizalladura para torsión simple |

Fórmulas de verificación:

| | | | |
|-----------|------|--|------------|
| UF[KL/r] | 0.29 | $\text{Max}(K_y \cdot L_y / r_y / (K \cdot L / r), \text{max} ;$ $K_z \cdot L_z / r_z / (K \cdot L / r), \text{max})$ | estable |
| UF(H1_1b) | 0.95 | $P_r / (2 \cdot F_{ity} \cdot P_{nty}) + M_{ry} / (F_{ib} \cdot M_{ny}) +$ $M_{rz} / (F_{ib} \cdot M_{nz})$ | Verificado |
| UF(G6) | 0.12 | $V_{ry} / (F_{iv} \cdot V_{ny}) + f_{rvy, mx} / (0.6 \cdot F_{iv} \cdot F_y)$ | Verificado |
| UF(G6) | 0.08 | $V_{rz} / (F_{iv} \cdot V_{nz}) + f_{rvz, mx} / (0.6 \cdot F_{iv} \cdot F_y)$ | Verificado |

Solicitud:

| | | | |
|-----|------|-----------|--------------------|
| RAT | 0.95 | solicitud | Perfil correcto |
|-----|------|-----------|--------------------|

ANEXO 8: Cálculos de empotramientos

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2018

CÁLCULO DEL EMPOTRAMIENTO SOLDADO

VIGA – COLUMNA

EN 1993-1-8:2005/AC:2009

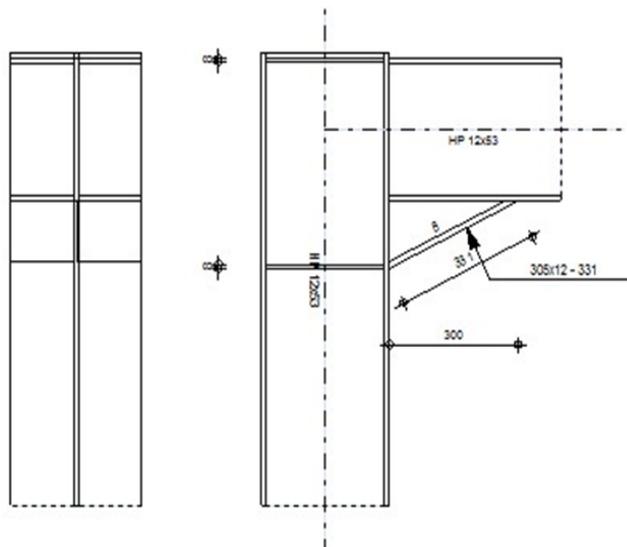
Relación:

0.24

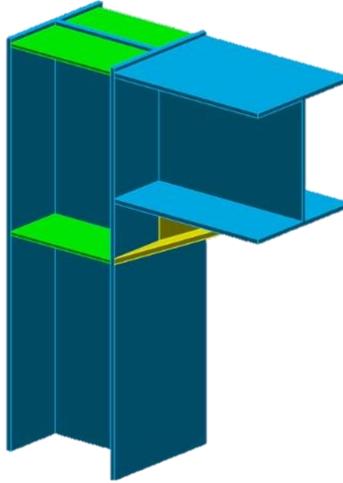
OK

DETALLE DE EMPOTRAMIENTO

DIMENSIONES:



VISTA 3D:



GENERAL

Unión N.º: 1
 Nombre de la unión: Ángulo de pórtico

GEOMETRÍA

PILAR

Perfil: HP 12x53

| | | | |
|------------|---------|--------------------|---|
| $\alpha =$ | -90 | [Deg] | Ángulo de inclinación |
| $h_c =$ | 300 | [mm] | Altura de la sección del pilar |
| $b_{fc} =$ | 305 | [mm] | Anchura de la sección del pilar |
| $t_{wc} =$ | 11 | [mm] | Espesor del alma de la sección del pilar |
| $t_{fc} =$ | 11 | [mm] | Espesor del ala del de la sección del pilar |
| $r_c =$ | 18 | [mm] | Radio del arrendondeado de la sección del pilar |
| $A_c =$ | 100 | [cm ²] | Área de la sección del pilar |
| $I_{xc} =$ | 16357.9 | [cm ⁴] | Momento de inercia de la sección del pilar |

Material: STEEL A53 Gr.B

$f_{yc} =$ 2460.74 [kgf/cm²] Resistencia

VIGA

Perfil: HP 12x53

| | | | |
|---------------------------------|---------|------------------------|---|
| $\alpha =$ | 0 | [Deg] | Ángulo de inclinación |
| $h_b =$ | 300 | [mm] | Altura de la sección de la viga |
| $b_f =$ | 305 | [mm] | Anchura de la sección de la viga |
| $t_{wb} =$ | 11 | [mm] | Espesor del alma de la sección de la viga |
| $t_{fb} =$ | 11 | [mm] | Espesor del ala de la sección de la viga |
| $r_b =$ | 18 | [mm] | Radio del arredondeado de la sección de la viga |
| $r_b =$ | 18 | [mm] | Radio del arredondeado de la sección de la viga |
| $A_b =$ | 100 | [cm ²] | Área de la sección de la viga |
| $I_{xb} =$ | 16357.9 | [cm ⁴] | Momento de inercia de la sección de la viga |
| Material: STEEL A53 Gr.B | | | |
| $f_{yb} =$ | 2460.74 | [kgf/cm ²] | Resistencia |

REFUERZO INTERIOR

| | | | |
|------------------------|---------|------------------------|------------------------|
| $w_d =$ | 305 | [mm] | Anchura de la pletina |
| $t_{fd} =$ | 12 | [mm] | Espesor del ala |
| $h_d =$ | 140 | [mm] | Altura de la pletina |
| $t_{wd} =$ | 8 | [mm] | Espesor del alma |
| $l_d =$ | 300 | [mm] | Longitud de la pletina |
| $\alpha =$ | 25 | [Deg] | Ángulo de inclinación |
| Material: STEEL | | | |
| $f_{ybu} =$ | 2531.05 | [kgf/cm ²] | Resistencia |

RIGIDIZADOR DEL PILAR

- **SUPERIOR**

| | | | |
|------------------------|-----|------|-------------------------|
| $h_{su} =$ | 278 | [mm] | Altura del rigidizador |
| $b_{su} =$ | 147 | [mm] | Anchura del rigidizador |
| $t_{hu} =$ | 8 | [mm] | Espesor del rigidizador |
| Material: STEEL | | | |

$f_{ysu} = 2531.05$ [kgf/cm²] Resistencia

• **INFERIOR**

$h_{sd} = 278$ [mm] Altura del rigidizador

$b_{sd} = 147$ [mm] Anchura del rigidizador

$t_{hd} = 8$ [mm] Espesor del rigidizador

Material: STEEL

$f_{ysu} = 2531.05$ [kgf/cm²] Resistencia

SOLDADURAS DE ÁNGULO

$a_w = 8$ [mm] Soldadura del alma

$a_f = 8$ [mm] Soldadura del ala

$a_s = 8$ [mm] Soldadura del rigidizador

$a_{fd} = 5$ [mm] Soldadura horizontal

COEFICIENTES DE MATERIAL

$\gamma_{M0} = 1$ Coeficiente de seguridad parcial

$\gamma_{M1} = 1$ Coeficiente de seguridad parcial

$\gamma_{M2} = 1.25$ Coeficiente de seguridad parcial

$\gamma_{M3} = 1.25$ Coeficiente de seguridad parcial

CARGAS

Estado límite último

Cálculos

Caso: manuales.

$M_{b1,Ed} = 5098.58$ [kgf*m] Momento flector en la viga derecha

RESULTADOS

RESISTENCIAS DE LA VIGA

- **FLEXIÓN - MOMENTO PLÁSTICO (SIN REFUERZOS)**

$$W_{plb} = 1212.64 \quad [cm^3] \quad \text{Módulo de sección plástica}$$

$$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

Resistencia plástica de la sección en

$$M_{b,pl,Rd} = 29840.04 \quad [kgf*m] \quad \text{flexión (sin refuerzos)}$$

- **FLEXIÓN EN EL PUNTO DE CONTACTO CON LA PLETINA O CON EL ELEMENTO UNIDO**

$$W_{el} = 1743.86 \quad [cm^3] \quad \text{Módulo de sección elástico}$$

$$M_{cb,Rd} = W_{el} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

Resistencia de cálculo de la sección en

$$M_{cb,Rd} = 42912.02 \quad [kgf*m] \quad \text{flexión}$$

$$M_{b1,Ed} / M_{cb,Rd} = 0.12 < 1.00 \quad \text{verificado} \quad -0.12$$

/

$$M_{cb,Rd}$$

$$\leq 1,0$$

- **FLEXIÓN CON FUERZA AXIL EN EL PUNTO DE CONTACTO CON LA PLETINA O CON EL ELEMENTO UNIDO**

$$n = 0 \quad \text{Proporción fuerza axil - resistencia de la sección}$$

$$M_{Nb,Rd} = M_{cb,Rd} (1 - n)$$

$$M_{Nb,Rd} = 42912.02 \quad [kgf*m] \quad \text{Resistencia reducida (fuerza axil) de la sección en flexión}$$

$$M_{b1,Ed} / M_{Nb,Rd} = 0.12 < 1.00 \quad \text{verificado} \quad -0.12$$

/

$$M_{Nb,Rd}$$

$$\leq 1,0$$

- **ALA Y ALMA EN COMPRESIÓN**

| | | | |
|---------------------------------|-----------|---------|---|
| $M_{cb,Rd} =$ | 42912.02 | [kgf*m] | Resistencia de cálculo de la sección en flexión |
| $h_f =$ | 428 | [mm] | Distancia entre los centros de gravedad de las alas |
| $F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$ | | | |
| $F_{c,fb,Rd} =$ | 100361.54 | [kgf] | Resistencia del ala comprimida y del alma |

- **ALMA O ALA DEL REFUERZO EN COMPRESIÓN - NIVEL DEL ALA INFERIOR DE LA VIGA**

apoyo:

| | | | |
|------------------|--------|------------------------|--|
| $b =$ | 0 | [Deg] | Ángulo entre la pletina de tope y la viga |
| $g =$ | 25 | [Deg] | Ángulo de inclinación de la pletina de refuerzo |
| $b_{eff,c,wb} =$ | 195 | [mm] | Anchura eficaz del alma en compresión |
| $A_{vb} =$ | 37.77 | [cm ²] | Área en cizallamiento |
| $w =$ | 0.84 | | Coefficiente de reducción para la interacción con el cortante |
| $s_{com,Ed} =$ | 377.64 | [kgf/cm ²] | Tensión de compresión máxima en el alma |
| $k_{wc} =$ | 1 | | Coefficiente de reducción dependiente de las tensiones de compresión |

$$F_{c,wb,Rd1} = [w k_{wc} b_{eff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / gM_0] \cos(g) / \sin(g - b)$$

| | | | |
|------------------|----------|-------|--------------------------------|
| $F_{c,wb,Rd1} =$ | 95068.85 | [kgf] | Resistencia del ala de la viga |
|------------------|----------|-------|--------------------------------|

Pandeo:

| | | | |
|------------|-----|------|----------------------------|
| $d_{wb} =$ | 242 | [mm] | Altura del alma comprimida |
|------------|-----|------|----------------------------|

$l_p =$ 0.64 Esbeltez del elemento de tipo pletina

$r =$ 1 Coeficiente de reducción en pandeo

$F_{c,wb,Rd2} = [w_{kwc} r_{beff,c,wb} t_{wb} f_{yb} / gM1] \cos(g) / \sin(g - b)$

$F_{c,wb,Rd2} =$ 95068.85 [kgf] Resistencia del ala de la viga

Resistencia final:

$F_{c,wb,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wb,Rd1} , F_{c,wb,Rd2})$

$F_{c,wb,Rd,low}$ 95068.85 [kgf] Resistencia del ala de la viga
=

$N_{low} /$

$F_{c,wb,Rd,low}$ 0.13 < 1.00 **verificado** -0.13

$\leq 1,0$

• FUERZAS AXILES EN CORDONES DE LA VIGA

$h_f =$ 428 [mm] Distancia entre los centros de gravedad de las alas

$e_N =$ -81 [mm] Excentricidad de la fuerza axial

$N_{upp} = N_{b1,Ed} / 2 + (-N_{b1,Ed} e_N + M_{b1,Ed}) / h_f$

$N_{upp} =$ 11924.43 [kgf] Esfuerzo axial en el cordón superior de la viga

$N_{low} = N_{b1,Ed} / 2 - (-N_{b1,Ed} e_N + M_{b1,Ed}) / h_f$

$N_{low} =$ -11924.43 [kgf] Esfuerzo axial en el cordón inferior de la viga

RESISTENCIAS DEL PILAR

• PANEL DEL ALMA EN CORTANTE

$M_{b1,Ed} =$ 5098.58 [kgf*m] Momento flector en la viga derecha

$M_{b2,Ed} =$ 0 [kgf*m] Momento flector en la viga izquierda

| | | | |
|--|----------|---------------------|--|
| $V_{c1,Ed} =$ | 0 | [kgf] | Esfuerzo cortante en el pilar inferior |
| $V_{c2,Ed} =$ | 0 | [kgf] | Esfuerzo cortante en el pilar superior |
| $z =$ | 428 | [mm] | Brazo de palanca |
| $V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$ | | | |
| $V_{wp,Ed} =$ | 11924.43 | [kgf] | Esfuerzo cortante en el panel del alma |
| | | | |
| $A_{vs} =$ | 37.77 | [cm ²] | Área del alma del pilar en cortante |
| $A_{vc} =$ | 37.77 | [cm ²] | Área en cizallamiento |
| $d_s =$ | 432 | [mm] | Distancia entre los centros de gravedad de los rigidizadores |
| $M_{pl,fc,Rd} =$ | 228.91 | [kgf*m] | Resistencia plástica del ala del pilar en flexión |
| $M_{pl,stu,Rd} =$ | 123.43 | [kgf*m] | Resistencia plástica del rigidizador transversal superior en flexión |
| $M_{pl,sti,Rd} =$ | 123.43 | [kgf*m] | Resistencia plástica del rigidizador transversal inferior en flexión |
| $V_{wp,Rd} = 0.9 (A_{vs} * f_{y,wc}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \text{Min}(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s , (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$ | | | |
| $V_{wp,Rd} =$ | 49922.52 | [kgf] | Resistencia del panel del alma del pilar en cortante |
| | | | |
| $V_{wp,Ed} /$ | 0.24 | < verificado | -0.24 |
| $V_{wp,Rd} \leq$ | 1.00 | | |
| | 1,0 | | |

- **ALMA EN COMPRESIÓN TRANSVERSAL - NIVEL DEL ALA INFERIOR DE LA VIGA**

apoyo:

| | | | |
|------------------|-------|--------------------|---------------------------------------|
| $t_{wc} =$ | 11 | [mm] | Espesor eficaz del alma del pilar |
| $b_{eff,c,wc} =$ | 179 | [mm] | Anchura eficaz del alma en compresión |
| $A_{vc} =$ | 37.77 | [cm ²] | Área en cizallamiento |

$w = 0.86$ Coeficiente de reducción para la interacción con el cortante
 $s_{com,Ed} = 0$ [kgf/cm²] Tensión de compresión máxima en el alma
 $k_{wc} = 1$ Coeficiente de reducción dependiente de las tensiones de compresión
 $A_s = 19.55$ [cm²] Área del rigidizador del alma
 $F_{c,wc,Rd1} = w k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$
 $F_{c,wc,Rd1} = 91328.14$ [kgf] Resistencia del alma del pilar

Pandeo:

$d_{wc} = 242$ [mm] Altura del alma comprimida
 $l_p = 0.61$ Esbeltez del elemento de tipo pletina
 $r = 1$ Coeficiente de reducción en pandeo
 $l_s = 2.7$ Esbeltez del rigidizador
 $c_s = 1$ Coeficiente de pandeo del rigidizador
 $F_{c,wc,Rd2} = w k_{wc} r b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s c_s f_{ys} / \gamma_{M1}$
 $F_{c,wc,Rd2} = 91328.14$ [kgf] Resistencia del alma del pilar

Resistencia final:

$F_{c,wc,Rd,low} = \text{Min} (F_{c,wc,Rd1} , F_{c,wc,Rd2})$
 $F_{c,wc,Rd} = 91328.14$ [kgf] Resistencia del alma del pilar

$N_{low} / 0.13 < 1.00$ **verificado** -0.13

$F_{c,wc,Rd,low}$

$\leq 1,0$

- **ALMA EN TRACCIÓN TRANSVERSAL - NIVEL DEL ALA SUPERIOR DE LA VIGA**

$t_{wc} = 11$ [mm] Espesor eficaz del alma del pilar
 $b_{eff,t,wc} = 177$ [mm] Anchura eficaz del alma en compresión

| | | | |
|--|-----------|--------------------|---|
| $A_{vc} =$ | 37.77 | [cm ²] | Área en cizallamiento |
| $\omega =$ | 0.86 | | Coefficiente de reducción para la interacción con el cortante |
| $A_s =$ | 23.5 | [cm ²] | Área del rigidizador del alma |
| $F_{t,wc,Rd,upp} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{yc} / \gamma_{M0}$ | | | |
| $F_{t,wc,Rd} =$ | 100952.56 | [kgf] | Resistencia del alma del pilar |

| | | | |
|------------------------|------|---|------------------|
| $N_{upp} /$ | 0.12 | < | |
| $F_{t,wc,Rd,upp} \leq$ | 1.00 | | verificado -0.12 |
| 1,0 | | | |

RESISTENCIA DE LAS SOLDADURAS

| | | | |
|---|----------|------------------------|---|
| $A_w =$ | 194.1 | [cm ²] | Área de superficie de todas las soldaduras |
| $A_{wy} =$ | 135.05 | [cm ²] | Área de superficie de las soldaduras horizontales |
| $A_{wz} =$ | 59.05 | [cm ²] | Área de superficie de las soldaduras verticales |
| $I_{wy} =$ | 52301.98 | [cm ⁴] | Momento de inercia del sistema de soldaduras respecto al eje hor. |
| $\sigma_{\perp max} = \tau_{\perp max}$ | | | |
| $=$ | 167.56 | [kgf/cm ²] | Tensión normal en la soldadura |
| $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} =$ | 145.02 | [kgf/cm ²] | Tensiones en la soldadura vertical |
| $\tau_{ } =$ | 0 | [kgf/cm ²] | Tensión tangente |
| $\beta_w =$ | 0.85 | | Coefficiente de correlación |

| | | | |
|---------------------------------|---------|---|------------------|
| $\sqrt{[\sigma_{\perp max}^2 +$ | | | |
| $3 * (\tau_{\perp max}^2)]$ | | | |
| \leq | 335.13 | < | verificado -0.08 |
| $f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$ | 3970.28 | | |

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{II}^2)]} \leq 290.04 < \text{verificado} \quad -0.07$$

$$f_u / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 3970.28$$

$$\sigma_{\perp} \leq 167.56 < \text{verificado} \quad -0.06$$

$$0.9 * f_u / \gamma_{M2} = 3037.26$$

RIGIDEZ DE LA UNIÓN

| | | | |
|------------|----------|--------------------|--|
| $A_{vc} =$ | 37.77 | [cm ²] | Área en cizallamiento |
| $\beta =$ | 1 | | Parámetro de la transformación |
| $z =$ | 428 | [mm] | Brazo de palanca |
| $k_1 =$ | 3 | [mm] | Coefficiente de rigidez del panel del alma del pilar |
| $k_2 =$ | ∞ | | Coefficiente de rigidez del alma comprimida del pilar |
| $k_3 =$ | ∞ | | Coefficiente de rigidez del alma traccionada del pilar |

$$S_{j,ini} = E z^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_3)$$

$$S_{j,ini} = 12511302.67 \text{ [kgf*m]} \quad \text{Rigidez inicial en rotación}$$

$$\eta = 2 \quad \text{Coefficiente de rigidez de la unión}$$

$$S_j = S_{j,ini} / \eta \quad [6.3.1.(4)]$$

$$S_j = 6255651.33 \text{ [kgf*m]} \quad \text{Rigidez final en rotación}$$

Clase de la unión respecto a la rigidez.

$S_{j,rig} = 5336344.27$ [kgf*m] Rigidez de la unión rígida
 $S_{j,pin} = 333521.52$ [kgf*m] Rigidez de la unión articulada

$S_{j,ini} \geq S_{j,rig}$ RÍGIDA

COMPONENTE MÁS DÉBIL:

PANEL DEL ALMA DEL PILAR EN CORTANTE

**Unión conforme
con la Norma**

Relación

0.24

Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2018

CÁLCULO DE LA BASE DE COLUMNA EMPOTRADA

Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009 + CEB Design Guide: Design of fastenings in concrete

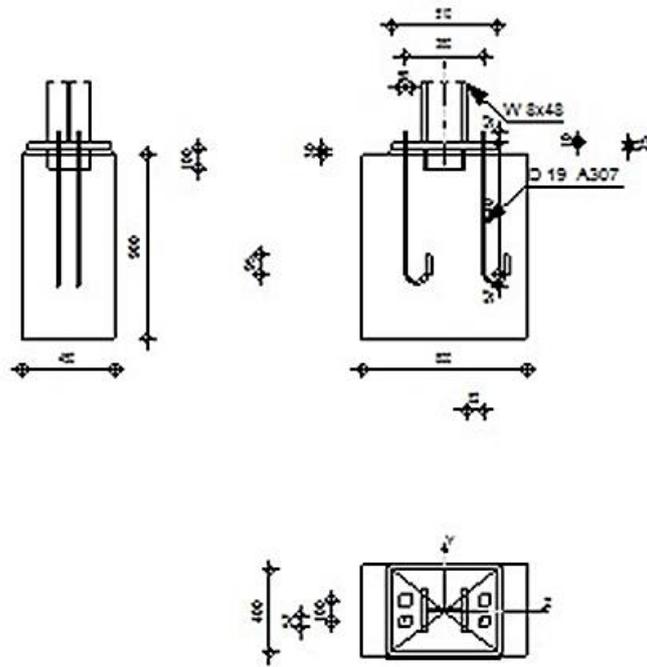
Relación:

0.93

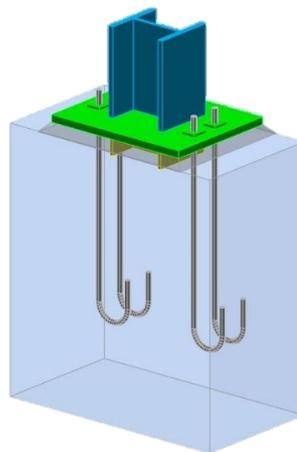
OK

DETALLE DE EMPOTRAMIENTO

DIMENSIONES:



VISTA 3D:



GENERAL

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Unión N.º: | 2 |
| Nombre de la unión: | Pié de pilar engastado |
| Nudo de la estructura: | 41 |
| Barras de la estructura: | 137 |

GEOMETRÍA

PILAR

| | | | |
|----------------------------|---------|------------------------|---|
| $L_c =$ | 2.33 | | |
| $\alpha =$ | 0 | | |
| $h_c =$ | 216 | [mm] | Altura de la sección del pilar |
| $b_{fc} =$ | 206 | [mm] | Anchura de la sección del pilar |
| $t_{wc} =$ | 10 | [mm] | Espesor del alma de la sección del pilar |
| $t_{fc} =$ | 17 | [mm] | Espesor del ala del de la sección del pilar |
| $r_c =$ | 10 | [mm] | Radio del arrendondeado de la sección del pilar |
| $A_c =$ | 90.97 | [cm ²] | Area de la sección del pilar |
| $I_{yc} =$ | 7658.66 | [cm ⁴] | Momento de inercia de la sección del pilar |
| Material: STEEL A36 | | | |
| $f_{yc} =$ | 2531.05 | | |
| $f_{uc} =$ | 4077.8 | [kgf/cm ²] | Límite de resistencia del material |
| $L_c =$ | 2.33 | [m] | Longitud del pilar |
| $\alpha =$ | 0 | [Deg] | Ángulo de inclinación |

CHAPA DEBAJO DE LA BASE DEL PILAR

| | | | |
|---------------------------------|---------|------------------------|------------------------------------|
| $l_{pd} =$ | 510 | [mm] | Longitud |
| $b_{pd} =$ | 400 | [mm] | Anchura |
| $t_{pd} =$ | 25 | [mm] | Espesor |
| Material: STEEL A53 Gr.B | | | |
| $f_{ypd} =$ | 2460.74 | [kgf/cm ²] | Resistencia |
| $f_{upd} =$ | 4218.42 | [kgf/cm ²] | Límite de resistencia del material |

ANCLAJE

El plano de corte atraviesa la parte NO FILETEADA de un tornillo.

| | | | |
|----------------|---------|------------------------|---|
| Clase = | A307 | | Clase de anclajes |
| | | | Límite de plasticidad del material del |
| $f_{yb} =$ | 2531.05 | [kgf/cm ²] | tornillo |
| $f_{ub} =$ | 4218.42 | [kgf/cm ²] | Resistencia del material del tornillo a la tracción |
| $d =$ | 19 | [mm] | Diámetro del tornillo |
| $A_s =$ | 2.85 | [cm ²] | Area de la sección eficaz del tornillo |
| $A_v =$ | 2.85 | [cm ²] | Area de la sección del tornillo |

| | | |
|----------------------------------|----------|---------------------------------|
| $n_H =$ | 2 | Número de columnas de tornillos |
| $n_V =$ | 2 | Número de líneas de tornillos |
| Separación horizontal $e_{Hi} =$ | 380 [mm] | |
| Separación vertical $e_{Vi} =$ | 100 [mm] | |

- **DIMENSIONES DE LOS ANCLAJES**

| | | |
|---------|-----|------|
| $L_1 =$ | 57 | [mm] |
| $L_2 =$ | 640 | [mm] |
| $L_3 =$ | 114 | [mm] |
| $L_4 =$ | 95 | [mm] |

- **PLAQUETA**

| | | | |
|------------|----|------|----------|
| $l_{wd} =$ | 50 | [mm] | Longitud |
| $b_{wd} =$ | 57 | [mm] | Anchura |
| $t_{wd} =$ | 10 | [mm] | Espesor |

CHAVETA

Perfil: HP 8x36

$l_w =$ 100 [mm] Longitud

Material: STEEL A53 Gr.B

$f_{yw} =$ 2460.74 [kgf/cm²] Resistencia

COEFICIENTES DE MATERIAL

| | | |
|-----------------|------|-----------------------------------|
| $\gamma_{M0} =$ | 1 | Coefficiente de seguridad parcial |
| $\gamma_{M2} =$ | 1.25 | Coefficiente de seguridad parcial |
| $\gamma_C =$ | 1.5 | Coefficiente de seguridad parcial |

CIMENTACIÓN

$L =$ 800 [mm] Longitud de la cimentación

B = 450 [mm] Anchura de la cimentación
H = 900 [mm] Altura de la cimentación

• HORMIGÓN

Clase CONCR_4

$f_{ck} = 281.23$ [kgf/cm²] Resistencia característica a la compresión

• CAPA DE ARENA

$t_g = 30$ [mm] Espesor de la capa de arena
 $f_{ck,g} = 122.37$ [kgf/cm²] Resistencia característica a la compresión
 $C_{f,d} = 0.3$ Coef. de rozamiento entre la pletina de base y el hormigón

SOLDADURAS

$a_p = 6$ [mm] Pletina principal del pie del pilar
 $a_w = 8$ [mm] Chaveta

CARGAS

Caso: Cálculos manuales.

$N_{j,Ed} = -1019.72$ [kgf] Esfuerzo axial
 $V_{j,Ed,y} = 1019.72$ [kgf] Esfuerzo cortante
 $V_{j,Ed,z} = 1019.72$ [kgf] Esfuerzo cortante
 $M_{j,Ed,y} = 509.86$ [kgf*m] Momento flector
 $M_{j,Ed,z} = 509.86$ [kgf*m] Momento flector

RESULTADOS

ZONA COMPRIMIDA

• **COMPRESIÓN DE HORMIGÓN**

| | | | |
|--|-----------|------------------------|--|
| $f_{cd} =$ | 187.49 | [kgf/cm ²] | Resistencia de cálculo a la compresión |
| | | | Resistencia de cálculo al apoyo debajo |
| $f_j =$ | 166.04 | [kgf/cm ²] | de la pletina de base |
| $c = t_p \sqrt{(f_{yp}/(3*f_j*\gamma_{M0}))}$ | | | |
| $c =$ | 56 | [mm] | Anchura adicional de la zona de apoyo |
| | | | Anchura eficaz de la zona de apoyo |
| $b_{eff} =$ | 129 | [mm] | debajo de la tabla |
| | | | Longitud eficaz de la zona de apoyo |
| $l_{eff} =$ | 317 | [mm] | debajo del ala |
| | | | Superficie de contacto entre la pletina de |
| $A_{c0} =$ | 407.6 | [cm ²] | base y la cimentación |
| | | | Área de cálculo máxima de la |
| $A_{c1} =$ | 1735.16 | [cm ²] | distribución de la carga |
| $F_{rd,u} = A_{c0}*f_{cd}*\sqrt{(A_{c1}/A_{c0})} \leq 3*A_{c0}*f_{cd}$ | | | |
| $F_{rd,u} =$ | 157672.23 | [kgf] | Resistencia del hormigón al apoyo |
| | | | Coefficiente de reducción para la |
| $\beta_j =$ | 0.67 | | compresión |
| $f_{jd} = \beta_j*F_{rd,u}/(b_{eff}*l_{eff})$ | | | |
| $f_{jd} =$ | 257.89 | [kgf/cm ²] | Resistencia de cálculo al apoyo |
| $A_{c,n} =$ | 900.07 | [cm ²] | Área de apoyo en compresión |
| $A_{c,y} =$ | 407.6 | [cm ²] | Área de apoyo en flexión My |
| $A_{c,z} =$ | 407.6 | [cm ²] | Área de apoyo en flexión Mz |
| $F_{c,Rd,i} = A_{c,i}*f_{jd}$ | | | |
| | | | Resistencia del hormigón al apoyo en |
| $F_{c,Rd,n} =$ | 232115.98 | [kgf] | compresión |
| | | | Resistencia del hormigón al apoyo en |
| $F_{c,Rd,y} =$ | 105114.82 | [kgf] | flexión My |
| | | | Resistencia del hormigón al apoyo en |
| $F_{c,Rd,z} =$ | 105114.82 | [kgf] | flexión Mz |

- **ALA Y ALMA DEL PILAR EN COMPRESIÓN**

| | | | |
|--|----------|--------------------|---|
| CL = | 1 | | Clase de sección |
| $W_{pl,y} =$ | 802.97 | [cm ³] | Módulo de sección plástico |
| $M_{c,Rd,y} =$ | 20323.48 | [kgf*m] | Resistencia de cálculo de la sección en flexión |
| $h_{f,y} =$ | 199 | [mm] | Distancia entre los centros de gravedad de las alas |
| $F_{c,fc,Rd,y} = M_{c,Rd,y} / h_{f,y}$ | | | |
| $F_{c,fc,Rd,y} =$ | 102384.8 | [kgf] | Resistencia del ala comprimida y del alma |
| $W_{pl,z} =$ | 375.26 | [cm ³] | Módulo de sección plástico |
| $M_{c,Rd,z} =$ | 9498.12 | [kgf*m] | Resistencia de cálculo de la sección en flexión |
| $h_{f,z} =$ | 159 | [mm] | Distancia entre los centros de gravedad de las alas |
| $F_{c,fc,Rd,z} = M_{c,Rd,z} / h_{f,z}$ | | | |
| $F_{c,fc,Rd,z} =$ | 59901.35 | [kgf] | Resistencia del ala comprimida y del alma |

- **RESISTENCIA DEL PIÉ DEL PILAR EN LA ZONA COMPRIMIDA**

| | | | |
|--|-----------|-------|---|
| $N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$ | | | |
| $N_{j,Rd} =$ | 232115.98 | [kgf] | Resistencia del pié del pilar a la compresión axial |
| $F_{C,Rd,y} = \min(F_{c,Rd,y}, F_{c,fc,Rd,y})$ | | | |
| $F_{C,Rd,y} =$ | 102384.8 | [kgf] | Resistencia del pié del pilar en la zona comprimida |
| $F_{C,Rd,z} = \min(F_{c,Rd,z}, F_{c,fc,Rd,z})$ | | | |

$F_{C,Rd,z} = 59901.35$ [kgf] Resistencia del pié del pilar en la zona comprimida

ZONA TRACCIONADA

• RUPTURA DE TORNILLO DE ANCLAJE

$A_b = 2.85$ [cm²] 'Area efectivo del tornillo

$f_{ub} = 4218.42$ [kgf/cm²] Resistencia del material del tornillo a la tracción

$Beta = 0.85$ coeficiente de reducción de la resistencia del tornillo

$$F_{t,Rd,s1} = beta * 0.9 * f_{ub} * A_b / \gamma_{M2}$$

$F_{t,Rd,s1} = 7361.91$ [kgf] Resistencia del tornillo a la ruptura

$\gamma_{Ms} = 1.2$ Coeficiente de seguridad parcial
Límite de plasticidad del material del

$f_{yb} = 2531.05$ [kgf/cm²] tornillo

$$F_{t,Rd,s2} = f_{yb} * A_b / \gamma_{Ms}$$

$F_{t,Rd,s2} = 6014.63$ [kgf] Resistencia del tornillo a la ruptura

$$F_{t,Rd,s} = \min(F_{t,Rd,s1}, F_{t,Rd,s2})$$

$F_{t,Rd,s} = 6014.63$ [kgf] Resistencia del tornillo a la ruptura

• ARRANCAMIENTO DEL TORNILLO DE ANCLAJE DEL HORMIGÓN

$f_{ck} = 281.23$ [kgf/cm²] Resistencia característica del hormigón a la compresión

$$f_{ctd} = 0.7 * 0.3 * f_{ck}^{2/3} / \gamma_C$$

$f_{ctd} = 13.03$ [kgf/cm²] Resistencia de cálculo a la tracción

| | | | |
|---|----------|------------------------|---|
| $\eta_1 =$ | 1 | | Coef. dependiente de las condiciones del hormigonado y de la adherencia |
| $\eta_2 =$ | 1 | | Coef. dependiente del diámetro del anclaje |
| $f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}$ | | | |
| $f_{bd} =$ | 29.32 | [kgf/cm ²] | Adherencia admisible de cálculo |
| $h_{ef} =$ | 640 | [mm] | Longitud eficaz del tornillo de anclaje |
| $F_{t,Rd,p} = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot f_{bd}$ | | | |
| $F_{t,Rd,p} =$ | 11230.54 | [kgf] | Resistencia de cálculo para el arrancamiento |

• RUPTURA DEL CONO DE HORMIGÓN

| | | | |
|---|---------|--------------------|---|
| $h_{ef} =$ | 140 | [mm] | Longitud eficaz del tornillo de anclaje |
| $N_{Rk,c^0} = 7.5 [N^{0.5}/mm^{0.5}] \cdot f_{ck} \cdot h_{ef}^{1.5}$ | | | |
| $N_{Rk,c^0} =$ | 6653.07 | [kgf] | Resistencia característica del anclaje |
| $s_{cr,N} =$ | 420 | [mm] | Anchura crítica del cono de hormigón |
| $c_{cr,N} =$ | 210 | [mm] | Distancia crítica al borde de la cimentación |
| $A_{c,N0} =$ | 4160 | [cm ²] | Área máxima del cono |
| $A_{c,N} =$ | 3600 | [cm ²] | Área real del cono |
| $\psi_{A,N} = A_{c,N}/A_{c,N0}$ | | | |
| $\psi_{A,N} =$ | 0.87 | | Coef. dependiente de la separación de los anclajes y de la distancia al borde |
| $c =$ | 175 | [mm] | Distancia mínima entre el anclaje y el borde |
| $\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot c/c_{cr,N} \leq 1.0$ | | | |
| $\psi_{s,N} =$ | 0.95 | | Coef. dependiente de la distancia entre el anclaje y el borde de la cimentación |
| $\psi_{ec,N} =$ | 1 | | Coef. dependiente de la distribución de los esfuerzos de tracción en los anclajes |
| $\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[mm]/200 \leq 1.0$ | | | |

| | | | |
|--|---------|-------|--|
| $\psi_{re,N} =$ | 1 | | Coef. dependiente de la densidad del armado de la cimentación |
| $\psi_{ucr,N} =$ | 1 | | Coef. dependiente del grado de fisuración del hormigón |
| $\gamma_{Mc} =$ | 2.16 | | Coeficiente de seguridad parcial |
| $F_{t,Rd,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ucr,N} / \gamma_{Mc}$ | | | |
| $F_{t,Rd,c} =$ | 2532.22 | [kgf] | Resistencia de cálculo del anclaje a la ruptura del cono de hormigón |

• ROTURA DEL BETÓN

| | | | |
|---|----------|--------------------|---|
| $h_{ef} =$ | 640 | [mm] | Longitud eficaz del tornillo de anclaje |
| $N_{Rk,c}^0 = 7.5 [N^{0.5}/mm^{0.5}] \cdot f_{ck} \cdot h_{ef}^{1.5}$ | | | |
| $N_{Rk,c}^0 =$ | 65027.96 | [kgf] | Resistencia de cálculo para el arrancamiento |
| $s_{cr,N} =$ | 1280 | [mm] | Anchura crítica del cono de hormigón |
| $c_{cr,N} =$ | 640 | [mm] | Distancia crítica al borde de la cimentación |
| $A_{c,N0} =$ | 22908 | [cm ²] | Área máxima del cono |
| $A_{c,N} =$ | 3600 | [cm ²] | Área real del cono |
| $\psi_{A,N} = A_{c,N} / A_{c,N0}$ | | | |
| $\psi_{A,N} =$ | 0.16 | | Coef. dependiente de la separación de los anclajes y de la distancia al borde |
| $c =$ | 175 | [mm] | Distancia mínima entre el anclaje y el borde |
| $\psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot c / c_{cr,N} \leq 1.0$ | | | |
| $\psi_{s,N} =$ | 0.78 | | Coef. dependiente de la distancia entre el anclaje y el borde de la cimentación |
| $\psi_{ec,N} =$ | 1 | | Coef. dependiente de la distribución de los esfuerzos de tracción en los anclajes |
| $\psi_{re,N} = 0.5 + h_{ef}[mm] / 200 \leq 1.0$ | | | |
| $\psi_{re,N} =$ | 1 | | Coef. dependiente de la densidad del armado de la cimentación |

| | | | |
|--|---------------------------------------|--|--|
| $\psi_{ucr,N} =$ | 1 | | Coef. dependiente del grado de fisuración del hormigón |
| $\psi_{h,N} =$ | $(h/(2 \cdot h_{ef}))^{2/3} \leq 1.2$ | | |
| $\psi_{h,N} =$ | 0.79 | | Coef. dependiente de la altura de la cimentación |
| $\gamma_{M,sp} =$ | 2.16 | | Coefficiente de seguridad parcial |
| $F_{t,Rd,sp} = N_{Rk,c} \cdot \psi_{A,N} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ec,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ucr,N} \cdot \psi_{h,N} / \gamma_{M,sp}$ | | | |

| | | | |
|-----------------|---------|-------|---|
| $F_{t,Rd,sp} =$ | 2925.55 | [kgf] | Resistencia de cálculo del anclaje a la rotura del hormigón |
|-----------------|---------|-------|---|

• RESISTENCIA DEL ANCLAJE A LA TRACCIÓN

| | | | |
|---|---------|-------|---------------------------------------|
| $F_{t,Rd} = \min(F_{t,Rd,s} , F_{t,Rd,p} , F_{t,Rd,c} , F_{t,Rd,sp})$ | | | |
| $F_{t,Rd} =$ | 2532.22 | [kgf] | Resistencia del anclaje a la tracción |

• FLEXIÓN DE LA PLETINA DE BASE

Flexión debida al momento $M_{j,Ed,y}$

| | | | |
|--|----------|---------|---|
| $l_{eff,1} =$ | 200 | [mm] | Longitud eficaz para un tornillo para el modo 1 |
| $l_{eff,2} =$ | 200 | [mm] | Longitud eficaz para un tornillo para el modo 2 |
| $m =$ | 75 | [mm] | Distancia entre el tornillo y el borde rigidizado |
| $M_{pl,1,Rd} =$ | 768.98 | [kgf*m] | Resistencia plástica de la pletina para el modo 1 |
| $M_{pl,2,Rd} =$ | 768.98 | [kgf*m] | Resistencia plástica de la pletina para el modo 2 |
| $F_{T,1,Rd} =$ | 40869.76 | [kgf] | Resistencia de la pletina para el modo 1 |
| $F_{T,2,Rd} =$ | 13311.92 | [kgf] | Resistencia de la pletina para el modo 2 |
| $F_{T,3,Rd} =$ | 5064.44 | [kgf] | Resistencia de la pletina para el modo 3 |
| $F_{t,pl,Rd,y} = \min(F_{T,1,Rd} , F_{T,2,Rd} , F_{T,3,Rd})$ | | | |

$$F_{t,pl,Rd,y} = 5064.44 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia de la pletina en tracción}$$

Flexión debida al momento $M_{j,Ed,z}$

$$l_{eff,1} = 255 \quad [\text{mm}] \quad \text{Longitud eficaz para un tornillo para el modo 1}$$

$$l_{eff,2} = 255 \quad [\text{mm}] \quad \text{Longitud eficaz para un tornillo para el modo 2}$$

$$m = 75 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distancia entre el tornillo y el borde rigidizado}$$

$$M_{pl,1,Rd} = 980.45 \quad [\text{kgf}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistencia plástica de la pletina para el modo 1}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 980.45 \quad [\text{kgf}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistencia plástica de la pletina para el modo 2}$$

$$F_{T,1,Rd} = 52108.94 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia de la pletina para el modo 1}$$

$$F_{T,2,Rd} = 16327.29 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia de la pletina para el modo 2}$$

$$F_{T,3,Rd} = 5064.44 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia de la pletina para el modo 3}$$

$$F_{t,pl,Rd,z} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd})$$

$$F_{t,pl,Rd,z} = 5064.44 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia de la pletina en tracción}$$

• RESISTENCIA DEL PIÉ DEL PILAR EN LA ZONA TRACCIONADA

$$F_{T,Rd,y} = F_{t,pl,Rd,y}$$

$$F_{T,Rd,y} = 5064.44 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia de la cimentación en la zona traccionada}$$

$$F_{T,Rd,z} = F_{t,pl,Rd,z}$$

$$F_{T,Rd,z} = 5064.44 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia de la cimentación en la zona traccionada}$$

CONTROL DE LA RESISTENCIA DE LA UNIÓN

$$\frac{N_{j,Ed}}{N_{j,Rd}} \leq \frac{0.00}{1.00} < \text{verificado} \quad 0$$

(6.24)

| | | | |
|----------------|---------|---------|--------------------------------------|
| $e_y =$ | 500 | [mm] | Ecentricidad de la fuerza axial |
| $z_{c,y} =$ | 99 | [mm] | Brazo de la fuerza $F_{C,Rd,y}$ |
| $z_{t,y} =$ | 190 | [mm] | Brazo de la fuerza $F_{T,Rd,y}$ |
| $M_{j,Rd,y} =$ | 1827.69 | [kgf*m] | Resistencia de la unión a la flexión |

$$\frac{M_{j,Ed,y}}{M_{j,Rd,y}} \leq \frac{0.28}{1.00} < \text{verificado} \quad -0.28$$

(6.23)

| | | | |
|----------------|--------|---------|--------------------------------------|
| $e_z =$ | 500 | [mm] | Ecentricidad de la fuerza axial |
| $z_{c,z} =$ | 79 | [mm] | Brazo de la fuerza $F_{C,Rd,z}$ |
| $z_{t,z} =$ | 50 | [mm] | Brazo de la fuerza $F_{T,Rd,z}$ |
| $M_{j,Rd,z} =$ | 778.12 | [kgf*m] | Resistencia de la unión a la flexión |

$$\frac{M_{j,Ed,z}}{M_{j,Rd,z}} \leq \frac{0.66}{1.00} < \text{verificado} \quad -0.66$$

(6.23)

$$\frac{M_{j,Ed,y}}{M_{j,Rd,y}} + \frac{M_{j,Ed,z}}{M_{j,Rd,z}} \leq \frac{0.93}{1.00} < \text{verificado} \quad -0.93$$

(6.23)

CIZALLAMIENTO

- **APOYO DEL TORNILLO DE ANCLAJE EN LA PLETINA DE BASE**

- Esfuerzo cortante $V_j, E_{d,y}$

$\alpha_{d,y} = 2.38$ Coef. de posición de los tornillos en la dirección del cizallamiento

$\alpha_{b,y} = 1$ Coef. para el cálculo de la resistencia $F_{1,vb,Rd}$

$k_{1,y} = 2.5$ Coef. de posición de los tornillos en la dirección perpendicular al cizallamiento

$$F_{1,vb,Rd,y} = k_{1,y} \cdot \alpha_{b,y} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,y} = 40180.43$ [kgf] Resistencia del tornillo de anclaje al apoyo en la pletina de base

- Esfuerzo cortante $V_j, E_{d,z}$

$\alpha_{d,z} = 1.03$ Coef. de posición de los tornillos en la dirección del cizallamiento

$\alpha_{b,z} = 1$ Coef. para el cálculo de la resistencia $F_{1,vb,Rd}$

$k_{1,z} = 2.5$ Coef. de posición de los tornillos en la dirección perpendicular al cizallamiento

$$F_{1,vb,Rd,z} = k_{1,z} \cdot \alpha_{b,z} \cdot f_{up} \cdot d \cdot t_p / \gamma_{M2}$$

$F_{1,vb,Rd,z} = 40180.43$ [kgf] Resistencia del tornillo de anclaje al apoyo en la pletina de base

- **CIZALLAMIENTO DEL TORNILLO DE ANCLAJE**

$\alpha_b = 0.37$ Coef. para el cálculo de la resistencia $F_{2,vb,Rd}$

$A_{vb} = 2.85$ [cm²] Area de la sección del tornillo

$f_{ub} = 4218.42$ [kgf/cm²] Resistencia del material del tornillo a la tracción

$\gamma_{M2} = 1.25$ Coeficiente de seguridad parcial

$$F_{2,vb,Rd} = \alpha_b \cdot f_{ub} \cdot A_{vb} / \gamma_{M2}$$

$$F_{2,vb,Rd} = 3516.01 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia del tornillo al cizallamiento - sin efecto de brazo}$$

$$\alpha_M = 2 \quad \text{Coef. dependiente de la fijación del anclaje en la cimentación}$$

$$M_{Rk,s} = 16.73 \quad [\text{kgf}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistencia característica del anclaje a la flexión}$$

$$l_{sm} = 52 \quad [\text{mm}] \quad \text{Longitud del brazo de palanca}$$

$$\gamma_{Ms} = 1.2 \quad \text{Coeficiente de seguridad parcial}$$

$$F_{v,Rd,sm} = \alpha_M \cdot M_{Rk,s} / (l_{sm} \cdot \gamma_{Ms})$$

$$F_{v,Rd,sm} = 535.81 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia del tornillo al cizallamiento - con efecto de brazo}$$

• RUPTURA DEL HORMIGÓN POR EFECTO DE PALANCA

$$N_{Rk,c} = 5469.59 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia de cálculo para el arrancamiento}$$

$$k_3 = 2 \quad \text{Coef. dependiente de la longitud de anclaje}$$

$$\gamma_{Mc} = 2.16 \quad \text{Coeficiente de seguridad parcial}$$

$$F_{v,Rd,cp} = k_3 \cdot N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$$

$$F_{v,Rd,cp} = 5064.44 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia del hormigón al efecto de palanca}$$

• DESTRUCCIÓN DEL BORDE DEL HORMIGÓN

- Esfuerzo cortante $V_{j,Ed,y}$

$$V_{Rk,c,y}^0 = 20552.35 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia característica del anclaje}$$

$$\psi_{A,V,y} = 0.8 \quad \text{Coef. dependiente de la separación de los anclajes y de la distancia al borde}$$

| | | |
|-----------------------|------|---|
| $\psi_{h,V,y} =$ | 1 | Coef. dependiente del espesor de la cimentación |
| $\psi_{s,V,y} =$ | 0.94 | Coef. de influencia de bordes paralelos al esfuerzo cortante |
| $\psi_{ec,V,y} =$ | 1 | Coef. de irregularidad de la distribución del esfuerzo cortante en el anclaje |
| $\psi_{\alpha,V,y} =$ | 1 | Coef. dependiente del ángulo de la acción del cortante |
| $\psi_{ucr,V,y} =$ | 1 | Coef. dependiente del modo de armar el borde de la cimentación |
| $\gamma_{Mc} =$ | 2.16 | Coeficiente de seguridad parcial |

$$F_{v,Rd,c,y} = V_{Rk,c,y} \cdot \psi_{A,V,y} \cdot \psi_{h,V,y} \cdot \psi_{s,V,y} \cdot \psi_{ec,V,y} \cdot \psi_{\alpha,V,y} \cdot \psi_{ucr,V,y} / \gamma_{Mc}$$

| | | | |
|----------------|---------|-------|--|
| $F_{v,Rd,c,y}$ | 7155.26 | [kgf] | Resistencia del hormigón debido a la destrucción del borde |
| = | | | |

o Esfuerzo cortante V_j, E_d, z

| | | | |
|-----------------------|----------|-------|---|
| $V_{Rk,c,z}^0 =$ | 27016.76 | [kgf] | Resistencia característica del anclaje |
| $\psi_{A,V,z} =$ | 0.56 | | Coef. dependiente de la separación de los anclajes y de la distancia al borde |
| $\psi_{h,V,z} =$ | 1 | | Coef. dependiente del espesor de la cimentación |
| $\psi_{s,V,z} =$ | 0.87 | | Coef. de influencia de bordes paralelos al esfuerzo cortante |
| $\psi_{ec,V,z} =$ | 1 | | Coef. de irregularidad de la distribución del esfuerzo cortante en el anclaje |
| $\psi_{\alpha,V,z} =$ | 1 | | Coef. dependiente del ángulo de la acción del cortante |
| $\psi_{ucr,V,z} =$ | 1 | | Coef. dependiente del modo de armar el borde de la cimentación |
| $\gamma_{Mc} =$ | 2.16 | | Coeficiente de seguridad parcial |

$$F_{v,Rd,c,z} = V_{Rk,c,z} \cdot \psi_{A,V,z} \cdot \psi_{h,V,z} \cdot \psi_{s,V,z} \cdot \psi_{ec,V,z} \cdot \psi_{\alpha,V,z} \cdot \psi_{ucr,V,z} / \gamma_{Mc}$$

$$F_{v,Rd,c,z} = 6022.26 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia del hormigón debido a la destrucción del borde}$$

• DESLIZAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN

$$C_{f,d} = 0.3 \quad \text{Coef. de rozamiento entre la pletina de base y el hormigón}$$

$$N_{c,Ed} = 1019.72 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Fuerza de compresión}$$

$$F_{f,Rd} = C_{f,d} * N_{c,Ed}$$

$$F_{f,Rd} = 305.92 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia al deslizamiento}$$

• CONTACTO CUÑA - HORMIGÓN

$$F_{v,Rd,wg,y} = 1.4 * l_w * b_{wy} * f_{ck} / \gamma_c$$

$$F_{v,Rd,wg,y} = 53469.15 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia al contacto cuña - hormigón}$$

$$F_{v,Rd,wg,z} = 1.4 * l_w * b_{wz} * f_{ck} / \gamma_c$$

$$F_{v,Rd,wg,z} = 54402.53 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia al contacto cuña - hormigón}$$

• CONTROL DEL CIZALLAMIENTO

$$V_{j,Rd,y} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,y}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,y}) + F_{v,Rd,wg,y} + F_{f,Rd}$$

$$V_{j,Rd,y} = 55918.29 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia de la unión al cortante}$$

$$V_{j,Ed,y} / V_{j,Rd,y} \leq \frac{0.02}{1.00} < \text{verificado} \quad -0.02$$

$$V_{j,Rd,z} = n_b * \min(F_{1,vb,Rd,z}, F_{2,vb,Rd}, F_{v,Rd,sm}, F_{v,Rd,cp}, F_{v,Rd,c,z}) + F_{v,Rd,wg,z} + F_{f,Rd}$$

$$V_{j,Rd,z} = 56851.67 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia de la unión al cortante}$$

$$V_{j,Ed,z} / V_{j,Rd,z} \leq \frac{0.02}{1.00} < \text{verificado} \quad -0.02$$

$$\begin{aligned}
 & V_{j,Ed,y} / \\
 & V_{j,Rd,y} + 0.04 < \text{verificado} \quad -0.04 \\
 & V_{j,Ed,z} / 1.00 \\
 & V_{j,Rd,z} \leq \\
 & 1,0 \\
 & V_{j,Rd,z} = 56851.67 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia de la unión al cortante}
 \end{aligned}$$

SOLDADURAS ENTRE EL PILAR Y LA PLETINA DE BASE

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\perp} &= 306.15 \quad [\text{kgf/cm}^2] \quad \text{Tensión normal en la soldadura} \\
 \tau_{\perp} &= 306.15 \quad [\text{kgf/cm}^2] \quad \text{Tensión tangente perpendicular} \\
 \tau_{yII} &= 21.15 \quad [\text{kgf/cm}^2] \quad \text{Tensión tangente paralela a } V_{j,Ed,y} \\
 \tau_{zII} &= 46.92 \quad [\text{kgf/cm}^2] \quad \text{Tensión tangente paralela a } V_{j,Ed,z} \\
 & \text{Coeficiente dependiente de la} \\
 & \text{resistencia} \\
 \beta_w &= 0.85 \\
 \sigma_{\perp} / (0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}) &\leq 0.10 < \text{verificado} \quad -0.1 \\
 & 1.00 \\
 & 1.0 \quad (4.1) \\
 \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{yII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) &\leq 0.16 < \text{verificado} \quad -0.16 \\
 & 1.00 \\
 & 1.0 \quad (4.1) \\
 \sqrt{(\sigma_{\perp}^2 + 3.0 (\tau_{zII}^2 + \tau_{\perp}^2))} / (f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})) &\leq 0.04 < \text{verificado} \quad -0.04 \\
 & 1.00 \\
 & 1.0 \quad (4.1)
 \end{aligned}$$

RIGIDEZ DE LA UNIÓN

Flexión debida al momento $M_{j,Ed,y}$

| | | | |
|---|------------|---------|---|
| $b_{eff} =$ | 129 | [mm] | Anchura eficaz de la zona de apoyo debajo de la tabla |
| $l_{eff} =$ | 317 | [mm] | Longitud eficaz de la zona de apoyo debajo del ala |
| $k_{13,y} = E_c \cdot \sqrt{(b_{eff} \cdot l_{eff}) / (1.275 \cdot E)}$ | | | |
| $k_{13,y} =$ | 20 | [mm] | Coef. de rigidez del hormigón comprimido |
| $l_{eff} =$ | 200 | [mm] | Longitud eficaz para un tornillo para el modo 2 |
| $m =$ | 75 | [mm] | Distancia entre el tornillo y el borde rigidizado |
| $k_{15,y} = 0.850 \cdot l_{eff} \cdot t_p^3 / (m^3)$ | | | |
| $k_{15,y} =$ | 6 | [mm] | Coef. de rigidez de la pletina de base en tracción |
| $L_b =$ | 227 | [mm] | Longitud eficaz del tornillo de anclaje |
| $k_{16,y} = 1.6 \cdot A_b / L_b$ | | | |
| $k_{16,y} =$ | 2 | [mm] | Coef. de rigidez del anclaje en tracción |
| $\lambda_{0,y} =$ | 0.29 | | Esbeltez del pilar |
| $S_{j,ini,y} =$ | 2855591.9 | [kgf*m] | Rigidez inicial en rotación |
| $S_{j,rig,y} =$ | 20076758.7 | [kgf*m] | Rigidez de la unión rígida |

$$S_{j,ini,y} < S_{j,rig,y} \text{ SEMI-RÍGIDA}$$

Flexión debida al momento M_j, E_d, z

| | | | |
|---|----|------|--|
| $k_{13,z} = E_c \cdot \sqrt{(A_{c,z}) / (1.275 \cdot E)}$ | | | |
| $k_{13,z} =$ | 20 | [mm] | Coef. de rigidez del hormigón comprimido |

| | | | |
|--|-----------|---------|--|
| $l_{eff} =$ | 255 | [mm] | Longitud eficaz para un tornillo para el modo 2 |
| $m =$ | 75 | [mm] | Distancia entre el tornillo y el borde rigidizado |
| $k_{15,z} = 0.850 \cdot l_{eff} \cdot t_p^3 / (m^3)$ | | | |
| $k_{15,z} =$ | 8 | [mm] | Coef. de rigidez de la pletina de base en tracción |
| $L_b =$ | 227 | [mm] | Longitud eficaz del tornillo de anclaje |
| $k_{16,z} =$ | | | |
| $1.6 \cdot A_b / L_b$ | | | |
| $k_{16,z} =$ | 2 | [mm] | Coef. de rigidez del anclaje en tracción |
| $\lambda_{0,z} =$ | 0.5 | | Esbeltez del pilar |
| $S_{j,ini,z} =$ | 587241.11 | [kgf*m] | Rigidez inicial en rotación |
| | 6644970.6 | | |
| $S_{j,rig,z} =$ | 8 | [kgf*m] | Rigidez de la unión rígida |
| | | | $S_{j,ini,z} < S_{j,rig,z}$ SEMI-RÍGIDA |

COMPONENTE MÁS DÉBIL:

CIMENTACIÓN - RUPTURA DEL HORMIGÓN DEBIDO AL EFECTO DE PALANCA

**Unión conforme
con la Norma**

Relación

0.93

CÁLCULO DE LA UNIÓN CON CARTELA

EN 1993-1-8:2005/AC:2009

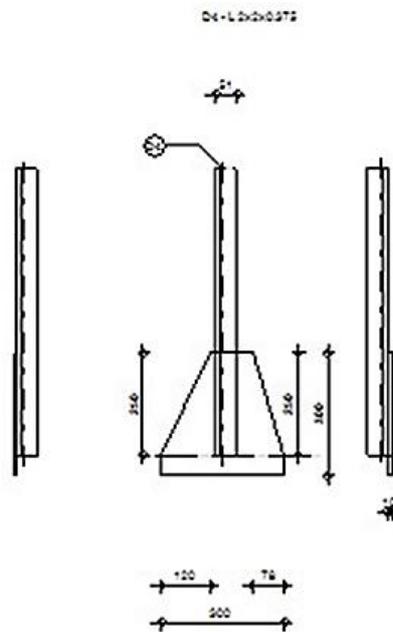
Relación:

0.08

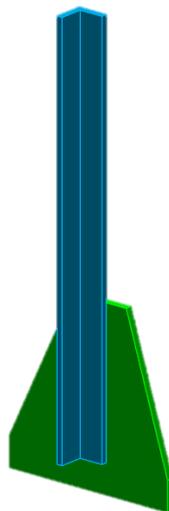
OK

DETALLE DE EMPOTRAMIENTO

DIMENSIONES:



VISTA 3D:



GENERAL

Unión N.º: 3
Nombre de la unión: Dintel - barra simple

GEOMETRÍA

Perfil: L 2x2x0.375

| | | |
|----------------|------|-----------------|
| h | 51 | mm |
| b _f | 51 | mm |
| t _w | 10 | mm |
| t _f | 10 | mm |
| r | 6 | mm |
| A | 8.84 | cm ² |

Material: STEEL A53 Gr.B

| | | |
|----------------|---------|---------------------|
| f _y | 2460.74 | kgf/cm ² |
| f _u | 4218.42 | kgf/cm ² |

Angulo α 90 Deg

SOLDADURAS

- **Soldaduras de las barras**

| | | | |
|------------------|-----|------|--|
| l ₁ = | 100 | [mm] | Longitud 1 de soldadura longitudinal |
| l ₂ = | 40 | [mm] | Longitud 2 de soldadura longitudinal |
| a = | 3 | [mm] | Espesor de las soldaduras de ángulo longitudinales |
| b = | 3 | [mm] | Espesor de la soldadura de ángulo transversal |

- **Soldaduras de ángulo de dintel**

| | | | |
|-----|----|------|---------|
| b = | 12 | [mm] | Borde b |
|-----|----|------|---------|

CARTELA

| | | | |
|---------|-----|------|------------------------|
| $l_p =$ | 300 | [mm] | Longitud de la pletina |
| $h_p =$ | 300 | [mm] | Altura de la pletina |
| $t_p =$ | 10 | [mm] | Espesor de la pletina |

• Parámetros

| | | | |
|---------|-----|------|---------|
| $h_1 =$ | 120 | [mm] | Entalla |
| $v_1 =$ | 250 | [mm] | Entalla |
| $h_2 =$ | 78 | [mm] | Entalla |
| $v_2 =$ | 250 | [mm] | Entalla |
| $h_3 =$ | 0 | [mm] | Entalla |
| $v_3 =$ | 0 | [mm] | Entalla |
| $h_4 =$ | 0 | [mm] | Entalla |
| $v_4 =$ | 0 | [mm] | Entalla |

Centro de gravedad de la pletina respecto al centro de gravedad de las barras (157;125)

$e_v =$ 50 [mm] Distancia vertical entre le borde de la pletina y el punto de intersección de los ejes de las barras

$e_H =$ 149 [mm] Distancia horizontal entre le borde de la pletina y el punto de intersección de los ejes de las barras

Material: STEEL A53 Gr.B

$f_y =$ 2460.74 [kgf/cm²] Resistencia

COEFICIENTES DE MATERIAL

| | | |
|-----------------|------|----------------------------------|
| $\gamma_{M0} =$ | 1 | Coeficiente de seguridad parcial |
| $\gamma_{M2} =$ | 1.25 | Coeficiente de seguridad parcial |

CARGAS

Caso: Cálculos manuales.

$$N_{b4,Ed} = 1019.72 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Esfuerzo axial}$$

RESULTADOS

BARRA 4

- VERIFICACIÓN DE LAS SOLDADURAS

| | | | | |
|---------------|--------|------------------------|---|-----------------------------|
| $e =$ | 1 | [mm] | Excentricidad de la fuerza axial respecto al centro de gravedad del grupo de soldaduras | |
| $M_0 =$ | 1.01 | [kgf*m] | Momento flector real | $M_0 = N_{b4,Ed} * e$ |
| $A_w =$ | 5.74 | [cm ²] | Área de las soldaduras | |
| $I_0 =$ | 84.7 | [cm ⁴] | Momento de inercia polar de las soldaduras | |
| $\tau_N =$ | 177.78 | [kgf/cm ²] | Tensión resultante debida al impacto de la fuerza longitudinal | $\tau_N = N_{b4,Ed} / A_s$ |
| $\tau_{Mx} =$ | 4.19 | [kgf/cm ²] | Tensión componente debida al impacto del momento respecto a la dirección x | $\tau_{Mx} = M_0 * z / I_0$ |
| $\tau_{Mz} =$ | 8.31 | [kgf/cm ²] | Tensión resultante debida al impacto del momento respecto a la dirección z | $\tau_{Mz} = M_0 * x / I_0$ |

| | | | | |
|--------------|---------|------------------------|-----------------------------|---|
| $\tau =$ | 182.16 | [kgf/cm ²] | Tensión resultante | $\tau = \sqrt{[(\tau_N + \tau_{Mx})^2 + \tau_{Mz}^2]}$ |
| $\beta_w =$ | 0.85 | | Coefficiente de correlación | |
| $f_{vw,d} =$ | 2292.24 | [kgf/cm ²] | | $f_{vw,d} = f_u / (\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2})$ |
| $\tau \leq$ | 182.16 | | | |
| | < | verificado | | -0.08 |
| f_{vRd} | 2292.24 | | | |

• **RESISTENCIA DE LA SECCIÓN**

| | | | |
|--------------------|----------|-------------------|---|
| $N_{pl,Rd} =$ | 21749.76 | [kgf] | Resistencia de cálculo plástica de la sección bruta |
| | 1019.72 | | |
| $ N_{b4,Ed} \leq$ | < | verificado | -0.05 |
| $N_{pl,Rd}$ | 21749.76 | | |

FIJACIÓN DE LA PLETINA

• **VERIFICACIÓN DE LAS SOLDADURAS DE ÁNGULO**

| | | | |
|------------|-------|------------------------|---|
| $e =$ | 1 | [mm] | Excentricidad de la fuerza axial respecto al centro de gravedad del grupo de soldaduras |
| $M_0 =$ | 0.72 | [kgf*m] | Momento flector real $M_0 = 0.5 \cdot N_{b1,Ed} \cdot \sin(\alpha) \cdot e$ |
| $A_w =$ | 36 | [cm ²] | Área de la soldadura $A_w = a \cdot l$ |
| $\sigma =$ | 14.56 | [kgf/cm ²] | Tensión normal en la soldadura $\sigma = 0.5 \cdot N_{b1,Ed} \cdot \sin(\alpha) / A_w + M_0 / W_{yw}$ |

| | | | | |
|---|---------|------------------------|--|--------------------------------------|
| $\sigma_{\perp} =$ | 10.3 | [kgf/cm ²] | Tensión normal perpendicular en la soldadura | $\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2}$ |
| $ \sigma_{\perp} \leq$ | 10.30 | | | |
| $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$ | < | verificado | | 0 |
| | 3037.26 | | | |
| $\tau_{\perp} =$ | 10.3 | [kgf/cm ²] | Tensión tangente perpendicular | $\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$ |
| $\beta_w =$ | 0.85 | | Coeficiente de correlación | |
| $\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot \tau_{\perp}^2]} \leq$ | 20.59 | < | | |
| $f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$ | 3970.28 | verificado | | -0.01 |

Unión conforme con la Norma

Relación

0.08

CÁLCULO DEL EMPOTRAMIENTO SOLDADO

VIGA - VIGA

EN 1993-1-8:2005/AC:2009

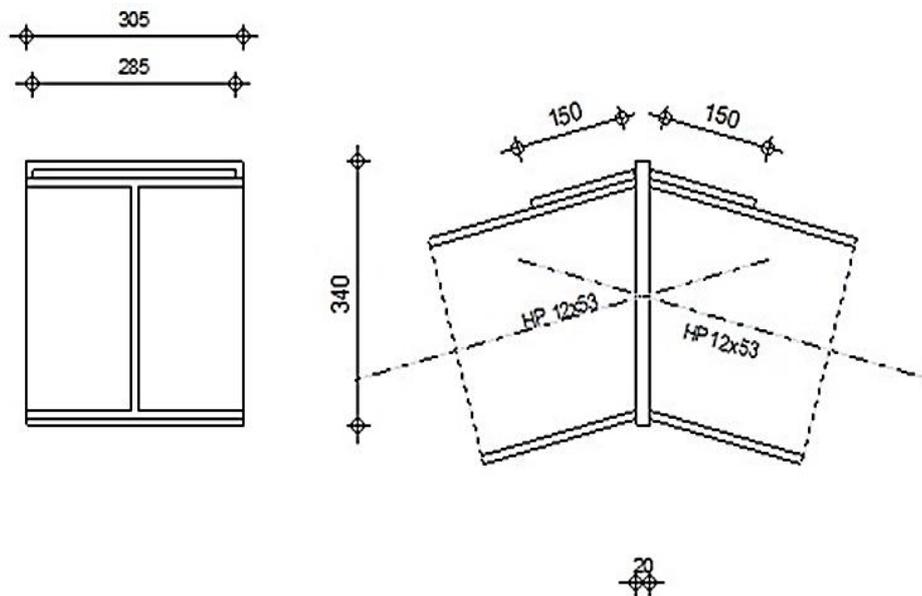
Relación:

0.16

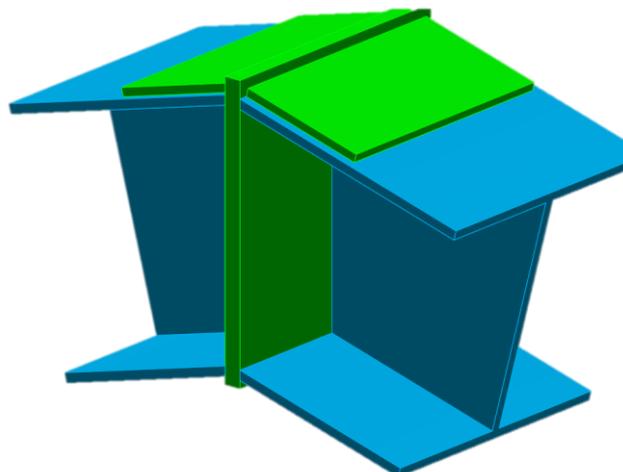
OK

DETALLE DE EMPOTRAMIENTO

DIMENSIONES:



VISTA 3D:



GENERAL

Unión N.º: 4

Nombre de la unión: De topo

GEOMETRÍA

LADO IZQUIERDO (VIGA)

Perfil: HP 12x53

| | | | |
|-------------|----------------|------------------------|---|
| $\alpha =$ | -165 | [Deg] | Ángulo de inclinación |
| $h_{bl} =$ | 300 | [mm] | Altura de la sección de la viga |
| $b_{fbl} =$ | 305 | [mm] | Anchura de la sección de la viga |
| $t_{wbl} =$ | 11 | [mm] | Espesor del alma de la sección de la viga |
| $t_{fbl} =$ | 11 | [mm] | Espesor del ala de la sección de la viga |
| $r_{bl} =$ | 18 | [mm] | Radio del arredondeado de la sección de la viga |
| $A_{bl} =$ | 100 | [cm ²] | Área de la sección de la viga |
| $I_{xbl} =$ | 16357.9 | [cm ⁴] | Momento de inercia de la sección de la viga |
| Material: | STEEL A53 Gr.B | | |
| $f_{yb} =$ | 2460.74 | [kgf/cm ²] | Resistencia |

LADO DERECHO (VIGA)

Perfil: HP 12x53

| | | | |
|-------------|-----|--------------------|---|
| $\alpha =$ | -15 | [Deg] | Ángulo de inclinación |
| $h_{br} =$ | 300 | [mm] | Altura de la sección de la viga |
| $b_{fbr} =$ | 305 | [mm] | Anchura de la sección de la viga |
| $t_{wbr} =$ | 11 | [mm] | Espesor del alma de la sección de la viga |
| $t_{fbr} =$ | 11 | [mm] | Espesor del ala de la sección de la viga |
| $r_{br} =$ | 18 | [mm] | Radio del arredondeado de la sección de la viga |
| $A_{br} =$ | 100 | [cm ²] | Área de la sección de la viga |

$I_{xbr} = 16357.9 \text{ [cm}^4\text{]}$ Momento de inercia de la sección de la viga
Material: STEEL A53 Gr.B
 $f_{yb} = 2460.74 \text{ [kgf/cm}^2\text{]}$ Resistencia

PLETINA

$h_{pr} = 340 \text{ [mm]}$ Altura de la pletina
 $b_{pr} = 305 \text{ [mm]}$ Anchura de la pletina
 $t_{pr} = 20 \text{ [mm]}$ Espesor de la pletina
Material: STEEL A53 Gr.B
 $f_{ypr} = 2460.74 \text{ [kgf/cm}^2\text{]}$ Resistencia

PLETINA DE REFUERZO SUPERIOR

$W_{pu} = 285 \text{ [mm]}$ Altura del rigidizador
 $l_{pu} = 150 \text{ [mm]}$ Longitud del rigidizador vertical
 $t_{pu} = 10 \text{ [mm]}$ Espesor del rigidizador vertical
Material: STEEL A53 Gr.B
 $f_{ypu} = 2460.74 \text{ [kgf/cm}^2\text{]}$ Resistencia

SOLDADURAS DE ÁNGULO

$a_w = 8 \text{ [mm]}$ Soldadura del alma
 $a_r = 8 \text{ [mm]}$ Soldadura del ala

COEFICIENTES DE MATERIAL

$\gamma_{M0} = 1$ Coeficiente de seguridad parcial
 $\gamma_{M1} = 1$ Coeficiente de seguridad parcial
 $\gamma_{M2} = 1.25$ Coeficiente de seguridad parcial
 $\gamma_{M3} = 1.25$ Coeficiente de seguridad parcial

CARGAS

Estado límite último

Caso: Cálculos manuales.

$$M_{b1,Ed} = 5098.58 \quad [\text{kgf}\cdot\text{m}] \quad \text{Momento flector en la viga derecha}$$

RESULTADOS

RESISTENCIAS DE LA VIGA

- FLEXIÓN - MOMENTO PLÁSTICO (SIN REFUERZOS)**

$$W_{plb} = 1212.64 \quad [\text{cm}^3] \quad \text{Módulo de sección plástica}$$

$$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$$M_{b,pl,Rd} = 29840.04 \quad [\text{kgf}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistencia plástica de la sección en flexión (sin refuerzos)}$$

- FLEXIÓN EN EL PUNTO DE CONTACTO CON LA PLETINA O CON EL ELEMENTO UNIDO**

$$W_{el} = 1306.82 \quad [\text{cm}^3] \quad \text{Módulo de sección elástico}$$

$$M_{cb,Rd} = W_{el} f_{yb} / \gamma_{M0}$$

$$M_{cb,Rd} = 32157.6 \quad [\text{kgf}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistencia de cálculo de la sección en flexión}$$

$$\frac{M_{b1,Ed}}{M_{cb,Rd}} \leq \frac{0.16}{1.00} < \text{verificado} < -0.16$$

- FLEXIÓN CON FUERZA AXIL EN EL PUNTO DE CONTACTO CON LA PLETINA O CON EL ELEMENTO UNIDO**

$$n = 0 \quad \text{Proporción fuerza axil - resistencia de la sección}$$

$$M_{Nb,Rd} =$$

$$M_{cb,Rd} (1$$

- n)

$$M_{Nb,Rd} = 32157.6 \quad [\text{kgf}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistencia reducida (fuerza axial) de la sección en flexión}$$

$$M_{b1,Ed} /$$

$$0.16 <$$

$$M_{Nb,Rd} \leq 1.00 \quad \text{verificado}$$

$$1,0$$

$$-0.16$$

• ALA Y ALMA EN COMPRESIÓN

$$M_{cb,Rd} = 32157.6 \quad [\text{kgf}\cdot\text{m}] \quad \text{Resistencia de cálculo de la sección en flexión}$$

$$h_f = 293 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distancia entre los centros de gravedad de las alas}$$

$$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$$

$$F_{c,fb,Rd} = 109568.23 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Resistencia del ala comprimida y del alma}$$

• FUERZAS AXILES EN CORDONES DE LA VIGA

$$h_f = 293 \quad [\text{mm}] \quad \text{Distancia entre los centros de gravedad de las alas}$$

$$e_N = 36 \quad [\text{mm}] \quad \text{Excentricidad de la fuerza axial}$$

$$N_{upp} = N_{b1,Ed} / 2 + (-N_{b1,Ed} e_N + M_{b1,Ed}) / h_f$$

$$N_{upp} = 17372.02 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Esfuerzo axial en el cordón superior de la viga}$$

$$N_{low} = N_{b1,Ed} / 2 - (-N_{b1,Ed} e_N + M_{b1,Ed}) / h_f$$

$$N_{low} = -17372.02 \quad [\text{kgf}] \quad \text{Esfuerzo axial en el cordón inferior de la viga}$$

RESISTENCIA DE LAS SOLDADURAS

$$A_w = 130.26 \quad [\text{cm}^2] \quad \text{Área de superficie de todas las soldaduras}$$

| | | | |
|--|----------|------------------------|---|
| $A_{wy} =$ | 90.12 | [cm ²] | Área de superficie de las soldaduras horizontales |
| $A_{wz} =$ | 40.14 | [cm ²] | Área de superficie de las soldaduras verticales |
| $I_{wy} =$ | 23357.36 | [cm ⁴] | Momento de inercia del sistema de soldaduras respecto al eje hor. |
| $\sigma_{\perp \max} = \tau_{\perp \max}$ = | 258.63 | [kgf/cm ²] | Tensión normal en la soldadura |
| $\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} =$ | -196.6 | [kgf/cm ²] | Tensiones en la soldadura vertical |
| $\tau_{\parallel} =$ | 0 | [kgf/cm ²] | Tensión tangente |
| $\beta_w =$ | 0.85 | | Coefficiente de correlación |

$$\sqrt{[\sigma_{\perp \max}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp \max}^2)]} \leq 517.27 < 3970.28 \quad \text{verificado} \quad -0.13$$

$$\frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} \sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq 393.19 < 3970.28 \quad \text{verificado} \quad -0.1$$

$$\frac{f_u}{(\beta_w \cdot \gamma_{M2})} \sigma_{\perp} \leq 258.63 < 3037.26 \quad \text{verificado} \quad -0.09$$

RIGIDEZ DE LA UNIÓN

$$S_{j,ini} = E z^2 / \sum_i (1 / k_1 + 1 / k_2 + 1 / k_3)$$

$$S_{j,ini} = \infty \quad \text{Rigidez inicial en rotación}$$

$$\eta = 3 \quad \text{Coeficiente de rigidez de la unión}$$

$$S_j = S_{j,ini} / \eta$$

$$S_j = \infty \quad \text{Rigidez final en rotación}$$

Clase de la unión respecto a la rigidez.

$S_{j,rig} = 5336344.27$ [kgf*m] Rigidez de la unión rígida

$S_{j,pin} = 333521.52$ [kgf*m] Rigidez de la unión articulada

$$S_{j,ini} \geq S_{j,rig} \text{ RÍGIDA}$$

COMPONENTE MÁS DÉBIL:

VIGA EN FLEXIÓN

**Unión conforme
con la Norma**

Relación

0.16

ANEXO 9: Simulación de análisis de viento

SIMULACION DE VIENTO X+20.80 m/s

Presión en elementos (kgf/m²)

| |
|--------|
| 27.53 |
| 22.94 |
| 18.35 |
| 13.77 |
| 9.18 |
| 4.59 |
| 0.00 |
| -4.59 |
| -9.18 |
| -13.77 |
| -18.35 |
| -22.94 |
| -27.53 |

Simulación X+
Velocidad del viento 20.80 m/s

Tipo de análisis

| N.º | Nombre | Tipo de análisis |
|-----|----------------------|------------------|
| 1 | PERM1(pesopropio) | Estático lineal |
| 2 | MUERTA | Estático lineal |
| 3 | MTVA | Estático lineal |
| 4 | Simulación de viento | |
| 5 | | |
| 6 | | |
| 7 | | |

Simulación de viento X+ 20.80 m/s
(Generación de cargas automática)

Tiempo simulación: 5.99 (s)

Visualización:
 Presión en elementos Escala de presión

Fuerzas resultantes

| Dirección | Valor (kgf) | dev (%) |
|---------------------------|-------------|------------|
| Compatibilidad con viento | 5360.12 | 0.85 |
| Perpendicular | 78.44 | 0.17 |
| Vertical | 7829.22 | 0.64 |
| | | Max = 0.85 |

Proceso de convergencia

0.50%

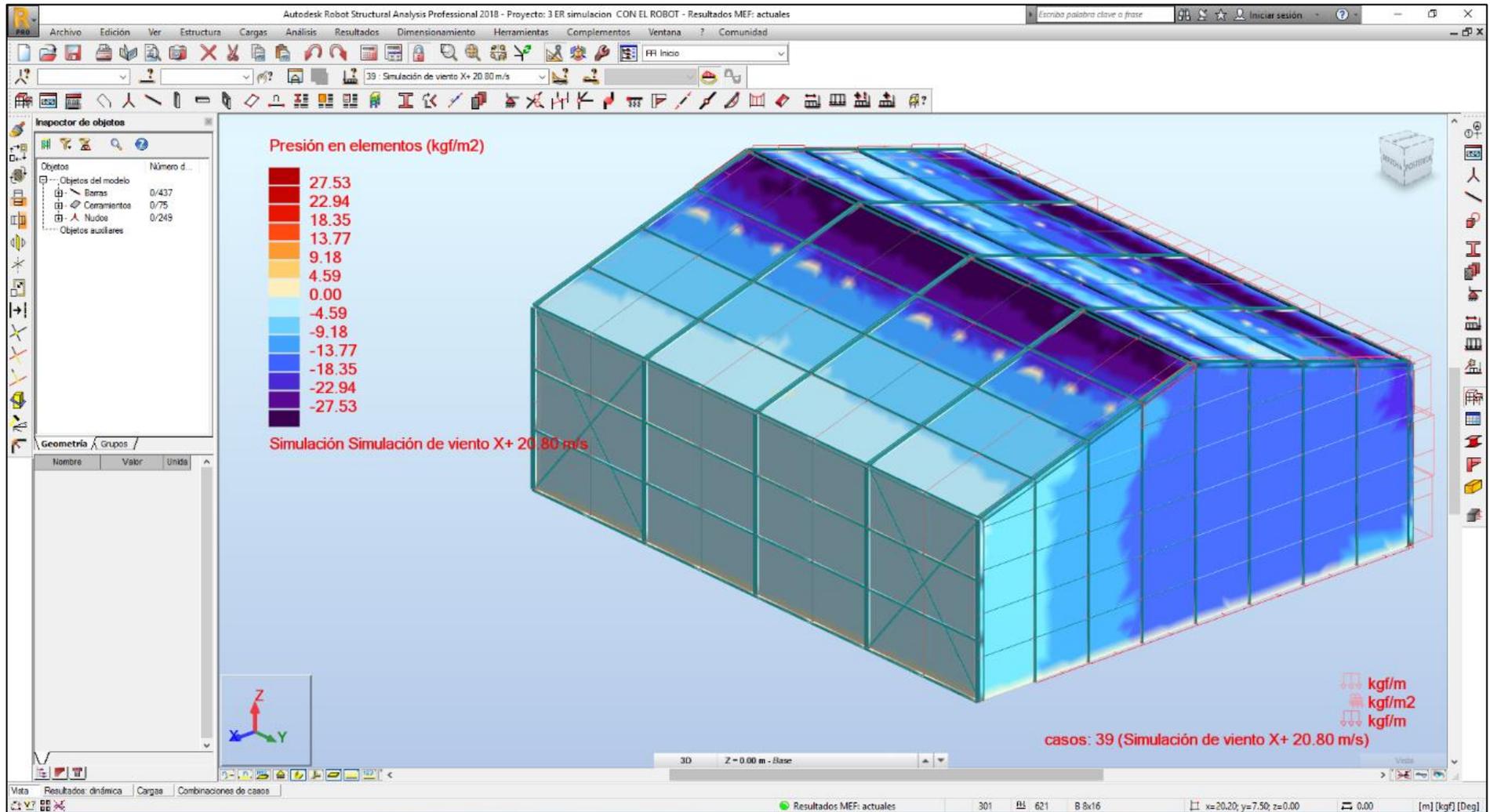
Generar cargas ahora

Estado del proceso

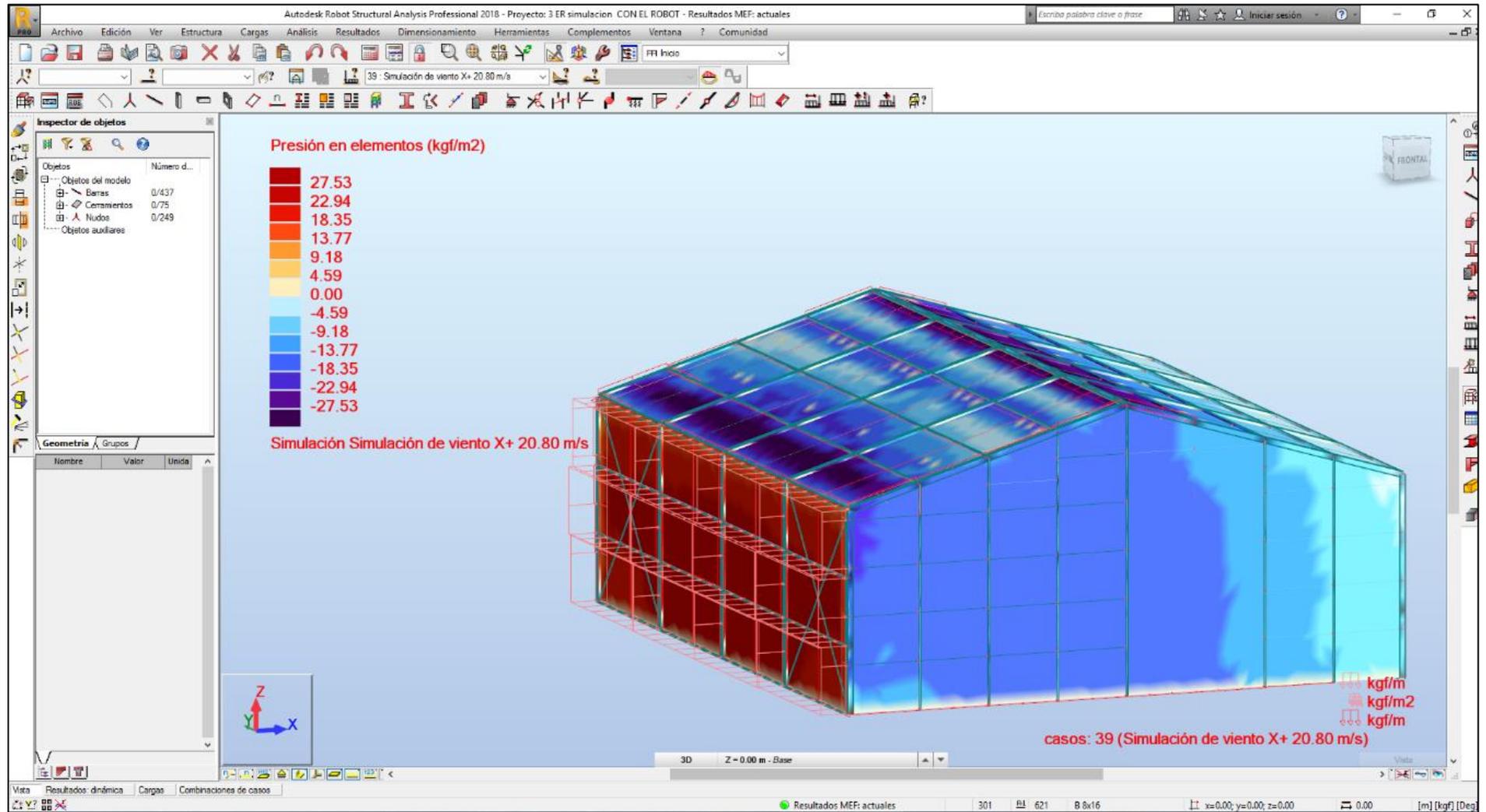
- Mallado
- Simulación (X+)
- Generación de cargas (X+)

Detener Cerrar Ayuda

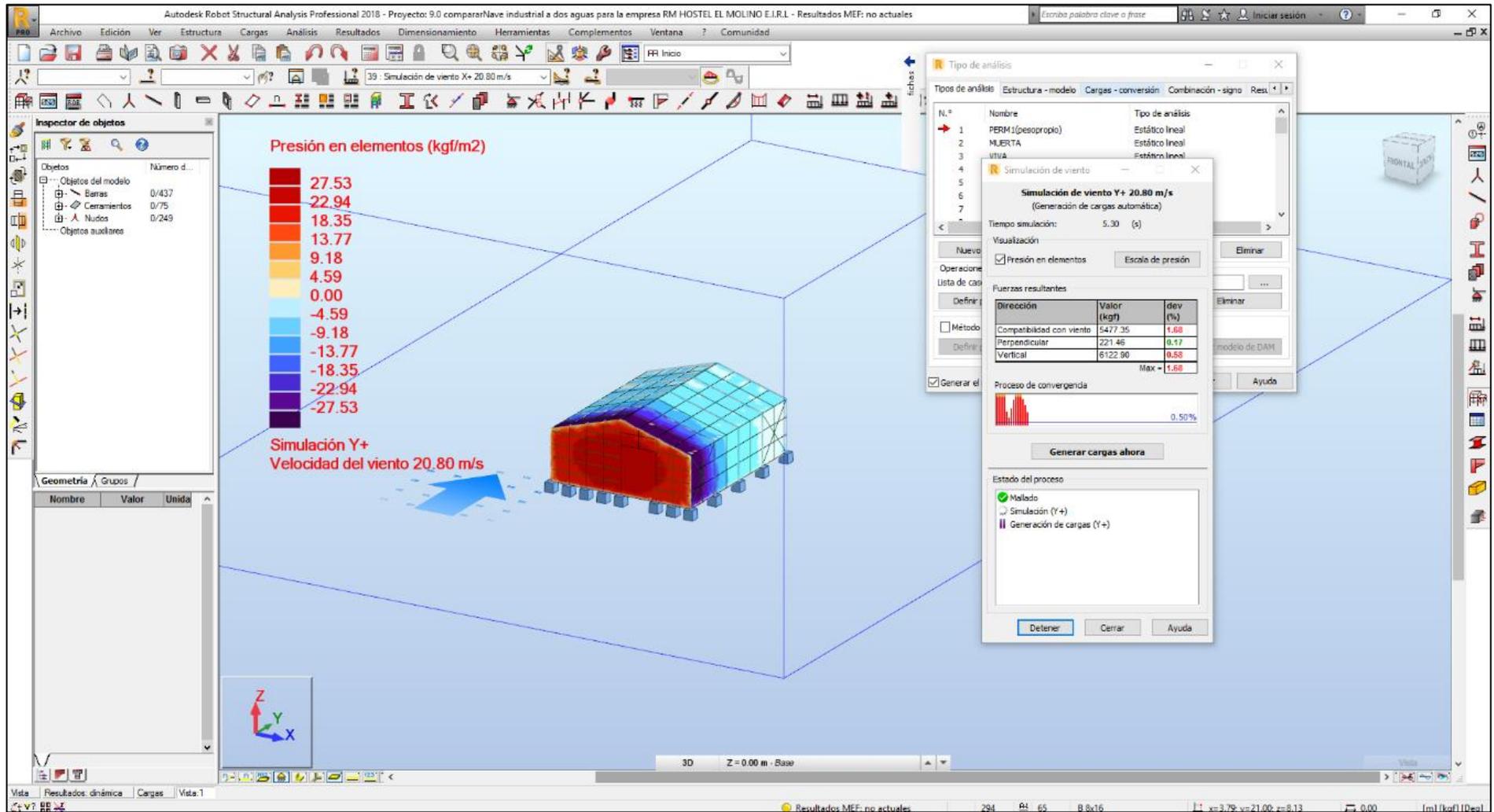
PRESIONES EN LOS ELEMENTOS POR VIENTO X (VISTA 01)



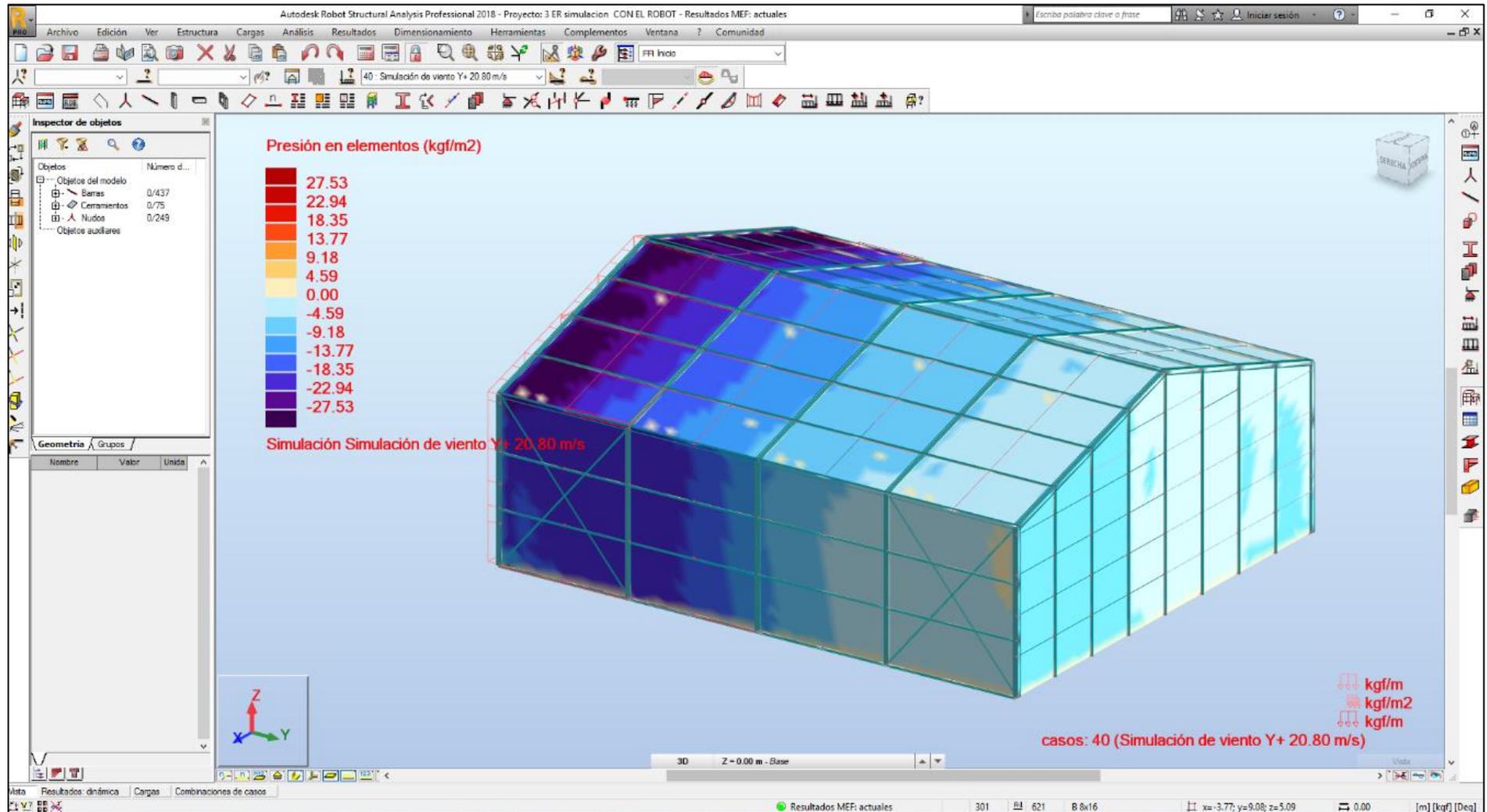
PRESIONES EN LOS ELEMENTOS POR VIENTO X (VISTA 02)



SIMULACION DE VIENTO Y+20.80 m/s



PRESIONES EN LOS ELEMENTOS POR VIENTO Y(VISTA 01)



PRESIONES EN LOS ELEMENTOS POR VIENTO Y(VISTA 02)

