

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE SISTEMAS
ESTRUCTURALES DE PÓRTICOS PARA GALPONES DE
GRANDES LUCES APLICANDO NORMA AISC-341**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

ASESOR: MsCs. Ing° Tito Chilón Camacho

BACHILLER: Rodrigo Miguel Mamani Aliaga

Cajamarca, Perú

-2013-



DEDICATORIA

A MI MADRE

AIDE ALIAGA CHACÓN, eje fundamental de mi vida, de quien aprendí el esfuerzo para lograr mis metas, me dio educación, comprensión, apoyo, y sabios consejos a lo largo de toda mi vida y carrera profesional.

A MI PADRE

TEÓFILO MAMANI CAHUATA, quien supo comprenderme y apoyarme, y estar conmigo en las buenas y malas, quien enrumbo mi camino por el sendero del bien.

A MIS HERMANOS

CARLOS, EZIO, Quienes me acompañan en todo momento con sus consejos y apoyo incondicional.



AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Que a través de sus docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, logre los conocimientos necesarios para brindar un servicio profesional a la comunidad cajamarquina y peruana.

A MI ASESOR

MsSc. Ing. Tito Chilón Camacho.

Por su paciencia y sabios consejos, y perseverancia, enrumbo la realización de esta tesis.

AL INGENIERO SILER MEZA

Quien con su amplio conocimiento en el tema, supo dar aportes significativos a la realización de este trabajo.



ÍNDICE

| Contenido | Página |
|---|--------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimientos..... | iii |
| Índice..... | iv |
| Índice de Tablas | vii |
| Índice de Figuras | viii |
| Resumen | xii |
| Abstract | xiii |
| FUNDAMENTOS DE LA TESIS | |
| Introducción..... | 1 |
| Problema de la investigación..... | 2 |
| Planteamiento del Problema | 2 |
| Formulación del Problema..... | 3 |
| Justificación de la investigación | 3 |
| Alcances y Limitaciones | 4 |
| Objetivos | 5 |
| Hipótesis y Variables | 5 |
| Diseño Metodológico | 6 |
| Tipo de Investigación | 6 |
| Descripción del diseño | 7 |
| Población | 7 |
| Muestra..... | 7 |
| Análisis de Datos | 8 |



| | |
|---|----|
| CÁPITULO I. MARCO TEÓRICO | 9 |
| Antecedentes | 9 |
| Bases Teóricas..... | 10 |
| Tipos de Perfiles Estructurales | 10 |
| Tipos de Estructuras de Acero | 12 |
| Las especificaciones AISC como Reglamento de Diseño | 13 |
| Tipos de Naves Industriales | 15 |
| Especificaciones y Consideraciones para estructuras Metálicas | 19 |
| Cargas de Diseño | 29 |
| Carga Muerta..... | 29 |
| Carga Viva | 30 |
| Carga de Nieve..... | 31 |
| Carga de Viento..... | 32 |
| Cargas Sísmicas..... | 33 |
| Combinaciones de Carga | 34 |
| Consideraciones de diseño | 35 |
| Materiales | 42 |
| CÁPITULO II. MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA | 43 |
| Análisis de pórticos..... | 44 |
| Materiales | 44 |
| Normas y documentos de Referencia | 44 |
| Herramientas de cómputo | 45 |
| Estados de Carga | 45 |
| Combinaciones de Carga..... | 55 |



| | |
|--|------------|
| Límites Permisibles | 56 |
| Factores de Reducción | 57 |
| Análisis de Pórtico con Nudos Rígidos | 57 |
| Introducción de Datos al Programa | 59 |
| Análisis Estructural..... | 64 |
| Análisis de Miembros Estructurales..... | 65 |
| Análisis de Ratios..... | 72 |
| Análisis de Pórtico Reticulado | 73 |
| Cargas Sometidas en el Modelo | 75 |
| Fuerzas Internas | 77 |
| Análisis de Ratios..... | 78 |
| CAPÍTULO III. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS..... | 79 |
| Presentación de Resultados Pórtico con Nudos Rígidos | 79 |
| Desplazamientos..... | 81 |
| Fuerzas Internas y Esfuerzos..... | 83 |
| Presentación de Resultados Pórtico Reticulado | 94 |
| Desplazamientos..... | 97 |
| Fuerzas Internas y Esfuerzos..... | 99 |
| Análisis de Resultados | 112 |
| Desplazamientos por Sismo..... | 112 |
| Deflexiones por Cargas de Servicio | 113 |
| Relación Luz y peso de la estructura..... | 115 |
| CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 116 |
| Conclusiones..... | 116 |



| | |
|---|------------|
| Recomendaciones..... | 119 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 120 |
| ANEXOS | 121 |

ÍNDICE DE TABLAS

| <u>Contenido</u> | <u>Página</u> |
|---|---------------|
| Tabla 01: Propiedades del Acero..... | 21 |
| Tabla 02: Deflexiones en Monoriel | 35 |
| Tabla 03: Pefiles W Comerciales..... | 42 |
| Tabla 04: Reacciones Globales | 54 |
| Tabla 05: Límites para Deflexiones | 57 |
| Tabla 06: Reacciones Globales Pórtico Rígido..... | 79 |
| Tabla 07: Desplazamiento por Sismo x Pórtico Rígido | 81 |
| Tabla 08: Desplazamiento por Viento x Pórtico Rígido | 81 |
| Tabla 09: Desplazamiento por Carga de Nieve Pórtico Rígido | 82 |
| Tabla 10: Desplazamiento por Sobrecarga Lr Pórtico Rígido | 82 |
| Tabla 11: Desplazamientos por Carga Muerta Pórtico Rígido | 82 |
| Tabla 12: Fuerzas Internas Pórtico Rígido..... | 94 |
| Tabla 13: Reacciones Globales Pórtico Reticulado | 94 |
| Tabla 14: Desplazamiento por Sismo x Pórtico Reticulado..... | 97 |
| Tabla 15: Desplazamiento por Viento x Pórtico Reticulado..... | 97 |
| Tabla 16: Desplazamiento por Carga de Nieve Pórtico Reticulado..... | 97 |
| Tabla 17: Desplazamiento por Sobrecarga Lr Pórtico Reticulado | 98 |
| Tabla 18: Desplazamientos por Carga Muerta Pórtico Reticulado | 98 |



| | |
|--|-----|
| Tabla 19: Fuerzas internas Pórtico Reticulado | 107 |
| Tabla 20: Desplazamientos Pórtico de 12 metros..... | 114 |
| Tabla 21: Desplazamientos Pórticos diferentes luces..... | 114 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| <u>Contenido</u> | <u>Página</u> |
|--|---------------|
| Figura 01: Perfiles laminados en caliente y perfiles plegados..... | 11 |
| Figura 02: Tipos de Estructuras de Acero..... | 12 |
| Figura 03: Pórticos de nudos Rígidos | 16 |
| Figura 04: Tipos de Estructuras reticuladas..... | 18 |
| Figura 05: Sistema de pórticos reticulados | 18 |
| Figura 06: Tolerancias de Fabricación en acero | 27 |
| Figura 07: Tolerancias de Fabricación en acero 2 | 27 |
| Figura 08: Acción del viento sobre una construcción..... | 33 |
| Figura 09: Fenómeno de Pandeo | 37 |
| Figura 10: Pórtico Reticulado | 43 |
| Figura 11: Pórtico Rígido..... | 43 |
| Figura 12: Esquema Cargas..... | 46 |
| Figura 13: Vista en Elevación eje X caso 1..... | 48 |
| Figura 14: Vista en Elevación eje Y caso 1..... | 48 |
| Figura 15: Vista en Elevación eje X caso 2..... | 49 |
| Figura 16: Vista en Elevación eje Y caso 2..... | 49 |
| Figura 17: Vista en Elevación eje Y presiones caso1 | 50 |
| Figura 18: Vista en Elevación eje X presiones caso1 | 50 |



| | |
|--|----|
| Figura 19: Sismo en la dirección del eje X..... | 52 |
| Figura 20: Sismo en la dirección del eje Y..... | 53 |
| Figura 21: Vista 3D Modelo Pórtico rígido | 58 |
| Figura 22: Pórtico rígido Típico | 58 |
| Figura 23: Carga Muerta (D) en pórtico rígido | 61 |
| Figura 24: Sobrecarga en el Techo (Lr) en pórtico rígido..... | 61 |
| Figura 25: Carga de Nieve Balanceada (Sb) en pórtico rígido | 62 |
| Figura 26: Carga de Viento en el eje x (Wx1) en pórtico rígido..... | 62 |
| Figura 27: Carga de Nieve Desbalanceada (Sd) en pórtico rígido | 63 |
| Figura 28: Carga de Viento en el eje x (Wx2) en pórtico rígido..... | 63 |
| Figura 29: Desplazamiento por sismo en X en pórtico rígido | 64 |
| Figura 30: Deflexión de viga debida a Cargas de Servicio..... | 65 |
| Figura 31: Columna con mayor momento flector | 65 |
| Figura 32: Diagrama de Momentos Flectores debidos a Comb. C23..... | 66 |
| Figura 33: Diagrama de momentos flectores (valores) | 66 |
| Figura 34: Diagrama de Momentos Flectores debidos a Comb. C11..... | 71 |
| Figura 35: Ratios Demanda Capacidad, pórtico rígido..... | 72 |
| Figura 36: Vista 3D Modelo pórtico reticulado | 73 |
| Figura 37: Pórtico reticulado Típico | 74 |
| Figura 38: Pórtico Típico Elementos frame..... | 74 |
| Figura 39: Carga Muerta (D) en pórtico reticulado | 75 |
| Figura 40: Sobrecarga en el Techo (Lr) en pórtico reticulado | 75 |
| Figura 41: Viento en la dirección X modo 1(Wx1)..... | 76 |
| Figura 42: Viento en la dirección X modo 2 (Wx2)..... | 76 |



| | |
|--|-----|
| Figura 43: Carga de Nieve Desbalanceada (Sd) | 77 |
| Figura 44: Fuerzas internas Tracción y Compresión..... | 78 |
| Figura 45: Relación demanda Capacidad (Ratios de Resistencia) | 78 |
| Figura 46: Fuerza Axial en el pórtico rígido..... | 79 |
| Figura 47: Momento Flector en el pórtico rígido..... | 80 |
| Figura 48: Fuerza Cortante en el pórtico rígido..... | 80 |
| Figura 49: Ratios Demanda Capacidad Pórtico Rígido | 81 |
| Figura 50: Fuerza Axial en Pórtico Reticulado | 95 |
| Figura 51: Momento Flector en ángulos extremos de Pórtico Reticulado | 95 |
| Figura 52: Fuerza Cortante en Pórtico Reticulado | 96 |
| Figura 53: Ratios Demanda Capacidad Pórtico Reticulado | 96 |
| Figura 54: Pórticos Reticulados a modelar geometría | 107 |
| Figura 55: Pórticos Rígidos a modelar geometría..... | 108 |
| Figura 56: Pórtico Rígido de 20 m. de luz..... | 108 |
| Figura 57: Pórtico Rígido de 30 m. de luz..... | 109 |
| Figura 58: Pórtico Rígido de 40 m. de luz..... | 109 |
| Figura 59: Pórtico Rígido de 50 m. de luz..... | 109 |
| Figura 60: Pórtico Rígido de 60 m. de luz..... | 110 |
| Figura 61: Pórtico Reticulado de 20 m. de luz | 110 |
| Figura 62: Pórtico Reticulado de 30 m. de luz | 110 |
| Figura 63: Pórtico Reticulado de 40 m. de luz | 111 |
| Figura 64: Pórtico Reticulado de 50 m. de luz | 111 |
| Figura 65: Pórtico Reticulado de 60 m. de luz | 111 |
| Figura 66: Desplazamiento por sismo en x, luz 12 metros port. Rígido..... | 112 |



| | |
|---|-----|
| Figura 67: Desplazamiento por sismo en x, 12 metros port. Rígido | 112 |
| Figura 68: Deflexiones por cargas de servicio (cm) pórtico rígido..... | 113 |
| Figura 69: Deflexiones por cargas de servicio (cm) pórtico reticulado | 113 |
| Figura 70: Gráfica Luz vs Peso..... | 115 |



RESUMEN

El presente trabajo desarrolla el análisis de sistemas estructurales de pórticos para galpones, utilizando pórticos con nudos rígidos y pórticos a base de reticulados.

En la presente investigación se compara dos tipos de pórticos:

Pórtico con Nudos Rígidos: Pórtico metálico, de perfiles de alma llena, específicamente perfiles tipo W, ASTM A36, la selección del perfil se hizo de acuerdo a los requerimientos de resistencia y lineamientos de la norma AISC 341, usando el método LRFD, las deflexiones y desplazamientos laterales debidas al sismo serán comparados de acuerdo a la Norma E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Pórtico Reticulado: Pórtico metálico, que consta de armaduras con miembros que trabajan a compresión y tracción, los cuales fueron perfiles laminados en caliente, se usaron L y 2L, el material es acero ASTM A36, la selección de los perfiles L se hizo de acuerdo a los requerimientos de resistencia y lineamientos como control de esbelteces de la Norma AISC 341, usando el método LRFD, para miembros que trabajan en compresión y tracción, así como también los desplazamientos como un todo del pórtico en dos direcciones fueron comparados con la Norma E-030.

La comparación entre ambos sistemas fue en condiciones de resistencia y ratios que fueron determinados mediante el programa sap 2000, se obtuvo como resultados menores desplazamientos deflexiones y deformaciones en el sistema de pórticos reticulados, quedando este como el óptimo estructuralmente, para las condiciones de carga y luz establecidas.

Palabras Clave: Comparación, estabilidad estructural, Resistencia, pórticos.



ABSTRACT

This paper develops the analysis of structural systems for sheds porches, using frames and frames with rigid joints based on crosslinked.

In the present study compared two types of frames:

Porch with Hard Knots: Porch metal, soul full profiles, profiles specifically type W, ASTM A36, profile selection was made according to the requirements of strength and guidance of AISC 341, using the LRFD method, the deflections and lateral displacement due to the earthquake will be compared according to the Standard E-030 National Building Regulations.

Lattice Porch: Porch metallic armor consisting of members who work in compression and traction, which were hot rolled, we used L and 2L, the material is ASTM A36 steel, the selection of the profiles L was made according the strength requirements and guidelines as slenderness control AISC Standard 341, using LRFD to members working in compression and tension, as well as displacements as a whole gantry in two directions were compared with the standard E -030.

The comparison between the two systems was in a position of resistance and ratios were determined by the program sap 2000, less displacement results obtained as deflections and deformations in porches crosslinked system, leaving this as the structurally optimal for the loading conditions and light set

Keywords: Comparison, structural stability, resistance, porches.



FUNDAMENTOS DE LA TESIS

1. INTRODUCCIÓN:

El presente trabajo de Investigación se desarrolla teniendo en cuenta el análisis de una estructura tipo galpón conformada esencialmente por estructuras metálicas, las cuales están siendo utilizadas con mayor demanda en estos tiempos dentro de nuestra industria, por lo que es necesario realizar investigaciones y análisis en este tema, tal como tiene por objetivo esta tesis, de establecer parámetros comparativos entre variables de luz, es decir cubrir grandes claros, llevando a obtener las soluciones más pertinentes, las que generen menores recursos, y las que sean viables a determinados límites de luces.

Se tiene como pregunta principal ¿Cuál de los sistemas estructurales, entre un pórtico reticulado y un pórtico de nudos rígidos, tiene mejor comportamiento estructural? Teniendo como hipótesis la misma que deriva de la pregunta general, “El sistema estructural compuesto por pórticos de nudos rígidos tiene mejor comportamiento estructural que los pórticos compuestos por armaduras o reticulados, para las condiciones de geometría y parámetros establecidos a conveniencia y criterio”.

El trabajo constará de análisis teóricos, de la estructura bajo los criterios del Reglamento del AISC-341, utilizaremos este Reglamento por ser el Reglamento que rige a nivel de América Latina, y siendo nuestra Norma Peruana elaborada en base a los lineamientos del AISC y no haber realizado una investigación profunda en el tema así como no contar con especificaciones de estructuras metálicas, así como también se establecerá



parámetros indicados en la Norma Peruana, para el cálculo de parámetros de cargas, como lo establecido en la Norma Peruana E.020 y E.030. Se realizarán los análisis con ayuda mediante software Sap 2000 para generar un modelo matemático de la estructura.

El análisis de este tipo de estructuras aportará información acerca del comportamiento estructural de dos distintos sistemas estructurales, que podrá ser útil para profesionistas y estudiantes que requieran realizar proyectos semejantes.

2. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Planteamiento del problema

Una de las principales actividades que promueven la economía de nuestra comunidad es el sector industrial, y dentro de este está el desarrollo de la ingeniería que da soluciones óptimas para estructuras correspondientes a galpones que cubren grandes luces, en especial cubiertas metálicas, basadas en pórticos, metálicos, reticulados, etc., sin embargo existe poca información respecto a su comportamiento a grandes luces, así como cuál de ellos posee un mejor comportamiento estructural sometido a los mismos parámetros y cargas establecidas

La necesidad de conocer los comportamientos estructurales de pórticos de diferentes sistemas en base a acero, sometidos a los mismos parámetros, y tener como variable la luz o claro a defender, bajo las mismas solicitaciones de carga.



Debido a una falta de información e investigación en nuestro país sobre estructuras de acero y la demanda en el sector industrial, es necesario ampliar nuestros conocimientos dentro de este campo de la ingeniería, específicamente en el diseño de galpones y los sistemas estructurales que pueden usarse y nos lleva al siguiente cuestionamiento: ¿Los sistemas de pórticos con nudos rígidos tienen un mejor comportamiento estructural que los pórticos reticulados?

2.2. Formulación del problema

Pregunta general

¿Cuál de los sistemas estructurales, entre un pórtico reticulado y un pórtico de nudos rígidos, tiene mejor comportamiento estructural?

Preguntas específicas

¿En qué medida influye el peso de la estructura sometida a diferentes luces, sobre un sistema estructural de pórticos?

¿Cómo se comporta estructuralmente el sistema reticulado?

¿Cómo se comporta estructuralmente el sistema con nudos rígidos?

2.3. Justificación de la investigación

Los galpones y naves industriales hoy en día son utilizados para dar solución a estructuras de grandes luces utilizando diversos sistemas estructurales, sin embargo se realiza poca investigación acerca de su comportamiento.



Esta tesis va dirigida a los profesionales y estudiantes de ingeniería civil, como un aporte al conocimiento en este campo de la ingeniería, que son las estructuras metálicas, específicamente el análisis y diseño de galpones y estructuras similares aplicadas en su gran mayoría en el sector industrial.

Esto sumado a la falta de investigación en nuestro medio sobre estructuras metálicas justifica la realización de este trabajo de investigación.

La justificación se da por cuatro razones:

- Mejora el conocimiento: en esta nueva área de las estructuras metálicas.
- Porque innova.
- Porque mejora procesos, sistemas, etc.
- Porque reduce la vulnerabilidad.
- Porque mejora las condiciones en la calidad de vida.

2.4. Alcances y limitaciones

Al realizar este estudio se pretende, brindar un aporte al conocimiento sobre el análisis de pórticos de acero para Galpones.

Con este desarrollo de tesis, se pretende llegar a los estudiantes y profesionales de la carrera de ingeniería civil como un aporte al conocimiento de esta rama de la ingeniería.

Por motivos de tiempo, la investigación se limitó a analizar los sistemas estructurales compuestos por nudos rígidos compuestos por perfiles



laminados en caliente, y sistemas reticulados, se dejó para un estudio posterior los sistemas compuestos por estructuras laminadas en frío.

Debido a que tomamos geometrías, y disposición de elementos en cada sistema estructural personalizados y definidos para un caso, no se puede generalizar los resultados obtenidos, ya que existen variedad de sistemas de pórticos, tecnologías modernas y distintas geometrías.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- ❖ Analizar el comportamiento estructural de un sistema compuesto por nudos rígidos, y de un sistema compuesto por armaduras o reticulados.

3.2. Objetivos Específicos

- ❖ Realizar el análisis estructural para el sistema Estructural en base a pórticos con nudos rígidos.
- ❖ Realizar el análisis estructural para el sistema estructural en base a armaduras o reticulados.
- ❖ Establecer una relación entre la variable Luz y Peso de la estructura.

4. HIPÓTESIS y VARIABLES

4.1. Hipótesis

“El sistema estructural compuesto por pórticos de nudos rígidos tiene mejor comportamiento estructural que los pórticos compuestos por armaduras o reticulados para configuración geométrica y parámetros establecidos”.



4.2. Variables

Variable Dependiente:

- ❖ Comportamiento estructural

Variable Independiente:

- ❖ Pórticos compuestos por nudos rígidos.
- ❖ Pórticos compuestos por armaduras o reticulados

Variables Intervinientes:

- ❖ Luz, peso.

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1. Tipo de investigación: Explicativa

Es explicativa porque se intenta comprender el por qué el sistema estructural de pórticos con nudos rígidos tiene mejor comportamiento estructural que el pórtico reticulado y además es eficiente respecto a las luces grandes y al peso.

Esta teoría nos conducirá a un sistema explicativo global que apunta hacia la comprensión de la realidad del comportamiento estructural para pórticos de grandes luces, en el marco de la norma AISC-341.

La causa efecto en nuestro tema se avizora, porque la elección del tipo de pórtico, dará lugar a plasmar el efecto de tener un mejor comportamiento estructural, en galpones.

La investigación realizada, a la luz de las normas va a explicar el comportamiento estructural de los dos sistemas propuestos, en base a las



variables intervinientes de peso, luz libre; que permita al ingeniero estructural tener idea de que sistema elegir ante las solicitaciones de carga y variable luz.

5.2. Descripción del diseño

Se realizará una descripción de los detalles individuales (geometría, fuerzas, esfuerzos, deformaciones y reacciones) de cada una de las estructuras planteadas.

Se hará la modelación de los dos pórticos en SAP2000, y se hará la descripción de resultados estructurales de ambos.

Se evaluarán los parámetros estructurales como son deformaciones, esfuerzos, desplazamientos, reacciones y cargas de los dos sistemas estructurales, considerados en la presente investigación y a la luz de las normas de ingeniería en acero estructural, se tomará la mejor opción.

Finalmente sistematizaremos la información de los resultados y decisiones adoptadas.

5.3. Población

Se consideró como población a analizar, los galpones de acero estructural con alturas y luces variables.

5.4. Muestra

Las muestras seleccionadas que son por juicio o conveniencia, se consideran:

- Los pórticos de acero estructural en base a armaduras o reticulados.
- Los pórticos de acero estructural compuestos por nudos rígidos.



5.5. Análisis de datos

En la investigación a realizar, se hará un análisis cuantitativo, llegando a hacer un análisis ligado a la hipótesis, es decir llegar a hacer la comparación estructural de los sistemas de pórticos propuestos para llegar a una sola conclusión, saber qué sistema estructural tiene mejor comportamiento en relación al peso y comportamiento estructural.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

Tesis referentes a este trabajo en nuestro medio son muy pocas.

En la actualidad se presentan estudios acerca de pórticos rígidos en particular, mas no se han realizado investigaciones sobre el análisis y comparación con sistemas reticulados.

Por lo que se parte de procedimientos y metodologías adquiridos con la experiencia y con la inquietud de dar a conocer el comportamiento de los pórticos para galpones, utilizando sistemas estructurales distintos.

Sin embargo existen algunos proyectos e investigaciones relacionadas al tema, como la citada en la Universidad Carlos III de Madrid, Diseño y Calculo de Nave Industrial para la Fabricación de Aerogeneradores, que tiene como objetivos el diseño de un pórtico que cumpla los requisitos estipulados, tales como forma tamaño y resistencia, análisis crítico de los resultados obtenidos con el pórtico dimensionado y estudio de posibles alternativas.

Existen también investigaciones, ya no enfocadas tanto al diseño de estructuras metálicas, sino más bien a la cuantificación de costos, como es la investigación realizada en la Universidad de San Carlos de Guatemala – Facultad de Arquitectura, llamada “Cuantificación y costo de las Estructuras de acero en la Construcción”, presentada por Luis Napoleón Ponce Santa Cruz, en el cual se pretende plantear un esquema general de costos de construcción, pero principalmente presentar una guía para analizar los costos de construcciones cubiertas de grandes luces, como bodegas, hangares,



edificaciones deportivas y otras que cubran grandes luces que tengan como común material constructivo el acero.

En el Perú se han realizado trabajos del carácter de proyecto de tesis, en su gran mayoría, como diseño y análisis de estructuras metálicas, como el presentado en la Universidad de Piura la tesis que tiene por nombre "Diseño Estructural de un Auditorio de Estructuras Metálicas, presentada por el Bach. Felix Javier Correa Vigo, esta tesis trata sobre el diseño estructural y la evaluación económica del proyecto. Teniendo en cuenta las características arquitectónicas se optó por emplear un sistema reticular en acero el cual se diseñó por carga muerta, viva y de viento. Asimismo, se efectuaron análisis complementarios de sismo y temperatura para estudiar su efecto.

Luego de realizar los análisis correspondientes se llega a la conclusión que el efecto del sismo en comparación al viento es despreciable. Sin embargo, es importante que se realice para descartar la posibilidad de problemas dinámicos por vibración y resonancia.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. TIPOS DE PERFILES ESTRUCTURALES

Hay varios tipos de elementos de acero que se emplean en las construcciones. Los llamados Productos Laminados en Caliente y que pueden ser productos no planos (perfiles ángulos, canales, perfiles alas anchas, tubos, varillas lisas, etc.) y los productos planos, que son las planchas.

De las planchas, sean éstas laminadas en caliente o en frío, se obtienen los llamados Perfiles Plegados, y los Perfiles Soldados que son un segundo tipo de perfiles más empleado en la práctica.

De las planchas o de los perfiles laminados en caliente o plegados o soldados se pueden formar Secciones Combinadas soldándolos o uniéndolos; estas secciones integran un tercer tipo.¹

Cuando cualquiera de los perfiles mencionados arriba se unen con el concreto se dice que se forman Secciones Compuestas. Hay vigas compuestas y columnas compuestas. Estos elementos integran un cuarto tipo².

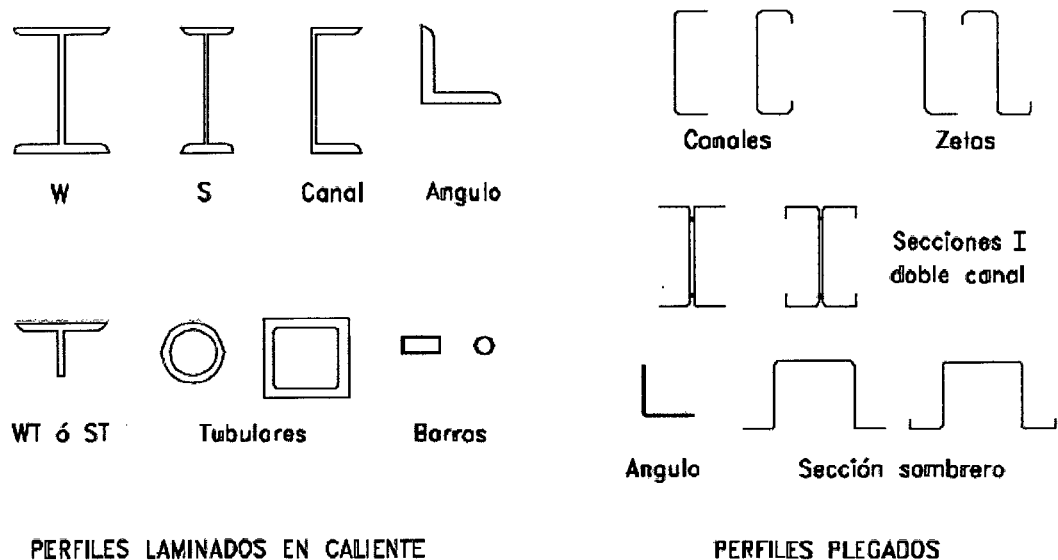


Figura N° 01: Perfiles laminados en caliente y perfiles plegados

Los perfiles laminados en caliente tienen una designación para su apropiada descripción, así C6x10.5, significa un canal de 6" de peralte y un peso de 10.5 lb/pie, o un ángulo L2"x2"x3/ 16, o un perfil W18x40 que es

¹Diseño estructural en acero, Zapata Baglietto, Pág. 1-17

²Diseño estructural en acero, Zapata Baglietto, Pág. 1-17

un perfil alas anchas de 18" de peralte y de 40 lb/pie, etc. Esta nomenclatura corresponde a la designación de perfiles recomendada por el AISC.

Los perfiles soldados, usados en Perú, tiene la designación adoptada por ITINTEC 341-154. Estos perfiles fueron estudiados en la UNÍ (3).

1.2.2. TIPOS DE ESTRUCTURAS DE ACERO

En general tres son los tipos de estructuras de acero más conocidos: Los Pórticos, las Armaduras, y las Estructuras Laminares. Todas ellas contienen esqueletos formados de miembros de alma llena o de alma de celosía.

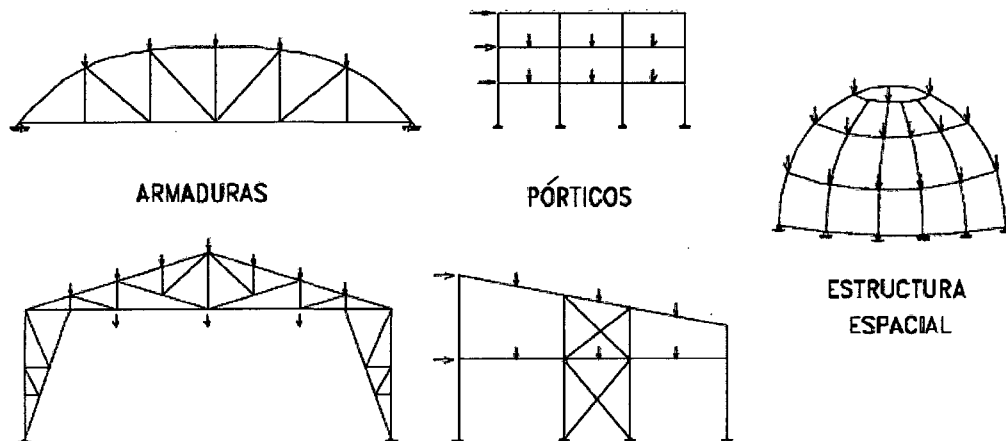


Figura N° 02: Tipos de Estructuras de Acero³

³ Estructuras de Acero Comportamiento y LRFD, Sriramulu Vinakota, Pág. 20-22



1.2.3. LAS ESPECIFICACIONES AISC COMO REGLAMENTO DE DISEÑO

En primer lugar, para apreciar un documento tan importante, se debe conocer qué es el Instituto Americano de la Construcción en Acero (AISC).⁴

Se trata de un instituto de investigación, redacción de normas y de divulgación de los conocimientos sobre el uso del acero que se van adquiriendo. Fue fundado en 1912 y desde 1921 ha elaborado 9 versiones de las "Especificaciones para el Diseño, Construcción y Montaje de Estructuras de Acero para Edificaciones". El AISC está integrado por los productores de perfiles, por los usuarios y por individuos que se encuentran interesados en el desarrollo del acero como material para la construcción.

Una Especificación es un conjunto de reglas que tienen por objeto conseguir una estructura segura y estable en el tiempo. Es imposible que las especificaciones involucren todos los aspectos de la seguridad de una estructura particular por lo que se dice que "el diseñador es el que tiene la última responsabilidad para una estructura segura".

Las Especificaciones AISC mencionadas anteriormente son reconocidas en Perú a falta de unas Especificaciones nacionales, de acuerdo a lo indicado por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Dos son los enfoques del Diseño estructural en acero conforme a lo disponible a la fecha:

⁴Diseño estructural en acero, Zapata Baglietto, Pág. 18



"Diseño por Esfuerzos Permisibles", conocido por sus siglas ASD (Allowable Stress Design)

"Diseño por Estados Límites", conocido por sus siglas LRFD (Load and Resistance Factor Design).

Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Factores de Carga y Resistencia (LRFD)

El diseño de acuerdo con las disposiciones de Diseño en Base a Factores de Carga y Resistencia (LRFD) satisface los requisitos de esta Especificación cuando la resistencia de diseño de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga LRFD. Se aplican todas las disposiciones de esta Especificación excepto las de la Sección B3.4.

El diseño se realizará de acuerdo con la ecuación B3-1:

$$R_u \leq \phi * R_n \quad (B3-1)$$

Dónde:

R_u = resistencia requerida (LRFD)

R_n = resistencia nominal, según se especifica en los Capítulos B a K

ϕ = factor de resistencia, según se especifica en los Capítulos B a K

$\phi * R_n$ = resistencia de diseño⁵

Diseño por Resistencia Usando Diseño en Base a Resistencias Admisibles (ASD)

El diseño de acuerdo con las disposiciones de Diseño en Base a Resistencias Admisibles (ASD) satisface los requisitos de esta

⁵ Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero Pág. 76



Especificación cuando la resistencia admisible de cada componente estructural es mayor o igual a la resistencia requerida determinada de acuerdo con las combinaciones de carga ASD. Se aplican todas las disposiciones de esta Especificación excepto las de la Sección B3.3.

El diseño se realizará de acuerdo con la ecuación B3-2:

$$R_a \geq R_n/Q \quad (B3-2)$$

Dónde:

R_a = resistencia requerida (ASD)

R_n = resistencia nominal, según se especifica en los Capítulos B a K

Q = factor de seguridad, según se especifica en los Capítulos B a K

R_n/Q = resistencia admisible⁶

1.2.4. TIPOS DE NAVES INDUSTRIALES

Una Nave Industrial es un conjunto de elementos que se combinan para la construcción periférica de grandes almacenes, depósitos, plantas talleres, etc. En la fabricación de una nave industrial se requiere de estructura metálicas techos aligerados y equipos.

Existen diversos tipos de naves industriales que dependen de un sistema estructural que sea seguro y económico. Esta es la fase más difícil y a la vez la más importante de la Ingeniería Estructural. A menudo se requieren varios estudios independientes de diferentes soluciones antes de decidir cuál es la forma (marco, armadura, arco, etc.) más apropiada. Una vez

⁶ Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero Pag. 77

tomada la decisión, se especifican las cargas, materiales, disposición de los miembros y de sus dimensiones de conjunto.

Las formas estructurales mayormente utilizadas para solucionar el problema de diseñar una nave industrial, se reducen a las siguientes⁷.

A. Marcos Rígidos.

Los marcos rígidos se usan a menudo en edificios y se componen de vigas y columnas que están articuladas o bien son rígidas en sus cimentaciones.

Los marcos pueden ser bidimensionales o tridimensionales. La carga en un marco ocasiona flexión en sus miembros, y debido a las conexiones entre barras rígidas, esta estructura es generalmente "indeterminada" desde el punto de vista del análisis⁸.

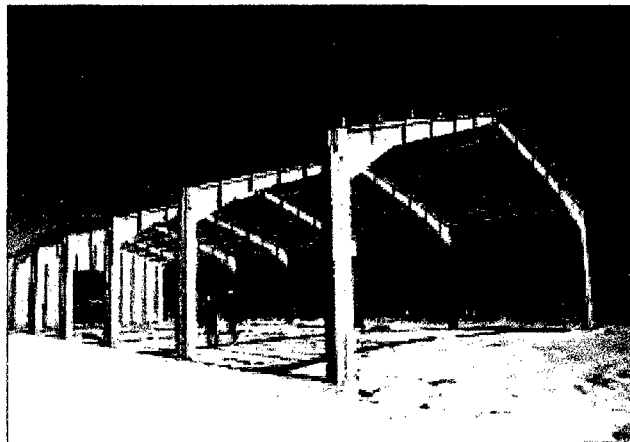


Figura N° 03: Pórticos de nudos Rígidos

⁷ Estructuras de Acero - Calculo, Ramón Arguelles Alvarez, Pág. 26-27

⁸ Estructuras de Acero - Calculo, Ramón Arguelles Alvarez, Pág. 42



Figura N° 03': Pórticos de nudos Rígidos

B. Armaduras y columnas.

Cuando se requiere que el claro de una estructura sea grande y su altura no es criterio importante de diseño, puede seleccionarse una armadura. Las armaduras consisten en barras en tensión y elementos esbeltos tipo columna, usualmente dispuestos en forma triangular. Las armaduras planas se componen de miembros situados en el mismo plano y se usan a menudo para puentes y techos, mientras que las armaduras espaciales tienen miembros en tres dimensiones y son apropiadas para grúas y torres. Debido al arreglo geométrico de sus miembros, las cargas que causan la flexión en las armaduras se convierten en fuerza de tensión o compresión en los miembros, y por esto una de las ventajas de la armadura, respecto a una viga, que utiliza menos material para soportar una carga dada, pudiéndose adaptar de varias maneras para soportar una carga impuesta. En las armaduras de cubiertas de naves industriales la carga se transmite a través de los nudos por medio de una serie de largueros. La armadura de cubiertas junto con sus columnas de soporte se llama marco.

Ordinariamente, las armaduras de techo están soportadas por columnas de acero, concreto reforzado o por muros de mampostería⁹.

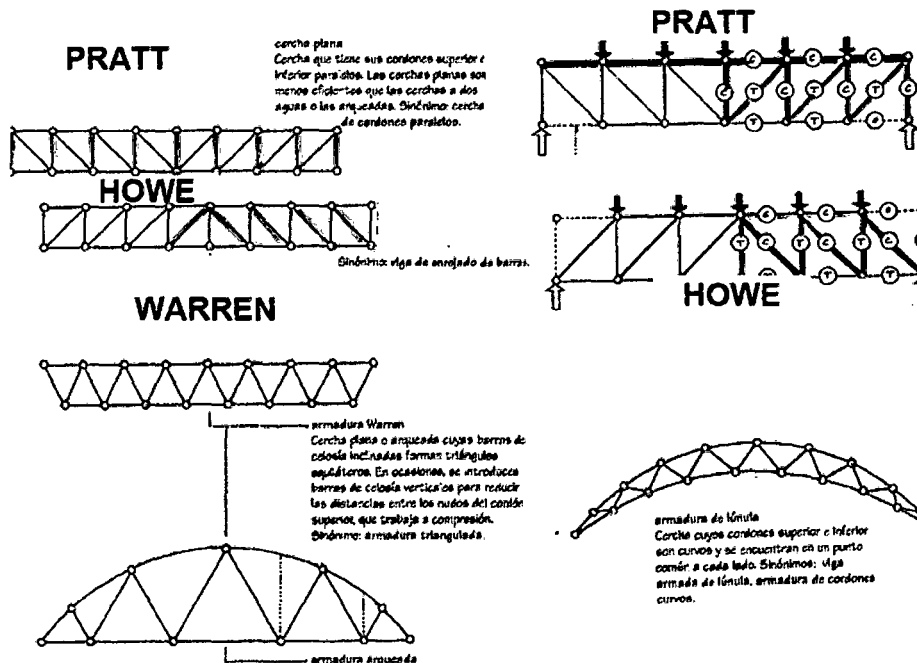


Figura N° 04: Tipos de Estructuras reticuladas

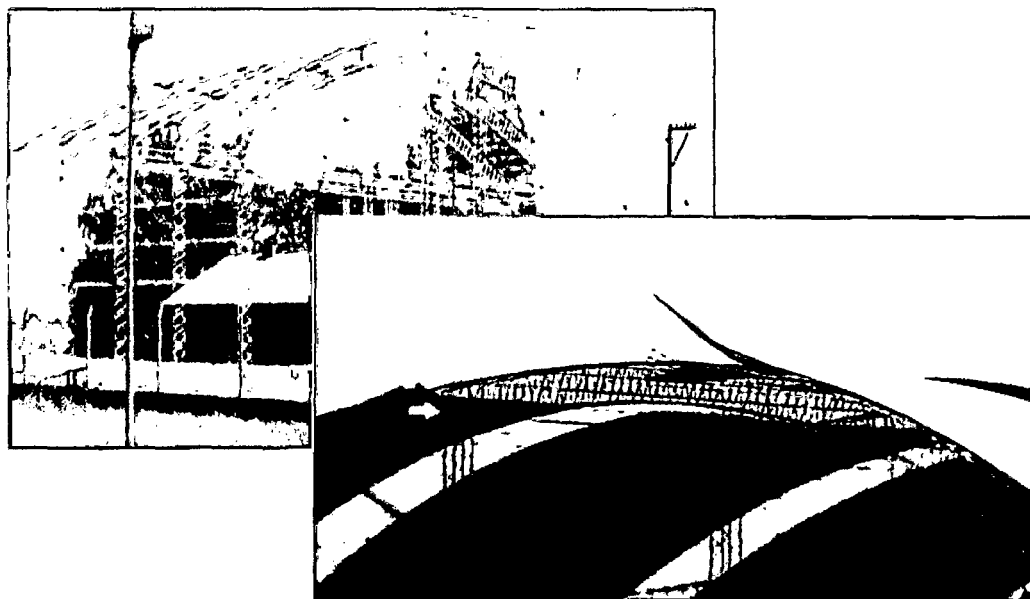


Figura N° 05: Sistema de pórticos reticulados

⁹ DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS Estados Límites LRFD, María Graciela Fratelli, Pág. 24



C. Otros sistemas estructurales.

Los arcos se constituyen como otra solución. Estas son generalmente utilizadas para cubiertas de naves industriales o hangares, como también en estructuras de puentes.

Al igual que los cables, los arcos pueden usarse para reducir los momentos flexionantes en estructuras de grandes claros. Esencialmente un arco es un cable invertido, por lo que recibe su carga principal en compresión aunque, debido a su rigidez debe resistir cierta flexión y fuerza cortante dependiendo de cómo esté cargado y conformado¹⁰.

Debido a que se ha hecho una comparación entre dos sistemas estructurales no tan parecidos, entonces es necesario conocer a qué tipo de esfuerzos está sometido cada uno de ellos, debido a las solicitaciones dadas, es por ello que veremos en general los distintos esfuerzos a los que están sometidos dichos miembros en cada sistema.

2. ESPECIFICACIONES Y CONSIDERACIONES PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS

2.1. NORMAS CONSIDERADAS EN EL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS

- **RNE:** Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. (E.020 Cargas, E.030 Diseño Sismoresistente).
- **AISC:**
 - S303: Code of Standard Practice for Steel Building and Bridges.
 - S316: Standard Specification for Open Web Steel Joists, Longspan Steel Joists and Deep Longspan Steel Joists.
 - S329: Allowable Stress Design Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts.

¹⁰ *Estructuras para Grandes Claros, Neftalí Rodríguez, Pág. 1-25*



S360: Specification for Structural Steel Building.
S341: Seismic Provisions for Structural Steel Building.
M013: Detailing For Steel Construction.
M014: Engineering for Steel Construction.
M016: Manual of Steel Construction, Allowable Stress Design.

- **AISI:**
SG03: Cold-Formed Steel Design Manual.
- **ASTM:**
A1: Specification for Carbon Steel Tee Rails.
A36/A36M: Specification for Structural Steel and Seamless.
A563: Carbon and Alloy Steel Nuts.
F436M: Specification for Hardened Steel Washers.
- **AWS:**
D1.1: Structural Welding Code – Steel.
D1.3: Structural Welding Code – Sheet Steel.
- **ANSI:** American National Standards Institute.
- **RCSC:** Research Council on Structural Connections.
- **SSPQC:** The Society for Protective Coatings.

2.2. MATERIALES

2.2.1. ACERO PARA ESTRUCTURAS

Todos los elementos de acero cumplirán con las siguientes Normas:

- ASTM A36, para perfiles de acero Estructural.
- ASTM A500 Grado B, para elementos tubulares cuadrados o rectangulares.
- ASTM A53 Grado B, para tubos de sección circular.

Los perfiles W y sus planchas de conexión y rigidizadores tendrán un espesor mínimo de 6mm. Los ángulos, canales estructurales y perfiles tubulares tendrán un espesor mínimo de 4.5mm.



Los canales rolados en frío tendrán un espesor mínimo de 3mm.

Todas las conexiones de taller serán soldadas y las conexiones de campo serán empernadas.¹¹

Las conexiones empernadas emplearán como mínimo 02 pernos de alta resistencia de $\frac{3}{4}$ " ASTM A325, a menos que se indique lo contrario en los planos. Las tuercas y arandelas a emplearse con los pernos de alta resistencia ASTM A325 deben cumplir con las especificaciones ASTM A563 y ASTM F436 respectivamente.

2.2.2. PERFILES

Los perfiles laminados y planchas serán de acero al carbono, calidad estructural, conforme a la norma ASTM A36.

Los perfiles formados en frío se fabricarán a partir de flejes de acero al carbono, calidad estructural, conforme a la Norma ASTM A570, Gr.36.

Las propiedades mecánicas mínimas de estos aceros se indican a continuación:

| Propiedad | A36 | A570 |
|--|-------|--------|
| - Esfuerzo de Fluencia (Kg. /mm ²) | 25 | 25 |
| - Resistencia en tensión (Kg. /mm ²) | 41-56 | 37 |
| - Alargamiento de rotura (%) | 23% | 17-22% |

Tabla N° 01:Propiedades del Acero

¹¹Especificaciones Técnicas de Acero, Publicaciones Revista Alacero, Pág. 1-15



Las propiedades y dimensionales de los perfiles serán las indicadas en las Tablas de Perfiles de la Norma ASTM A6: "*Standard Specification for General Requirements for Rolled Steel Plates, Shapes, Sheet Piling, and Bars for Structural Use*". Cualquier variación de estas propiedades deberá limitarse a las tolerancias establecidas en la misma Norma.¹²

2.2.3. PERNOS

Los pernos pueden, ser de cabeza y tuerca hexagonal convencionales. Para garantizar el mayor tiempo de vida útil de la estructura y sobretodo de la uniones, los pernos serán galvanizados en caliente y sus propiedades se ajustarán a lo indicado en las Norma ASTM A325 para el caso de pernos de alta resistencia, y a lo indicado en la Norma ASTM A307 para el caso de pernos corrientes de baja resistencia.

Las dimensiones de los pernos y sus tuercas estarán de acuerdo a lo indicado en las Normas ANSI B18.2.1-1981 y ANSI B18.2.2-1972 respectivamente. Las características de la rosca se ajustarán a lo indicado en la Norma ANSI B1.1-1982 para roscas de la serie UNC (gruesa), clase 2A.

Calidades:

Pernos de alta resistencia (elementos estructurales)

Los pernos de alta resistencia (PAR) serán calidad ASTM-A325.

Pernos corrientes y templadores (elementos no estructurales)

Los pernos corrientes serán de acero calidad ASTM A307.

Los templadores serán de acero calidad ASTM A36.

¹²Especificaciones Técnicas de Acero, Publicaciones Revista Alacero, Pág. 25



2.2.4. SOLDADURA

La soldadura será de arco eléctrico y/o alambre tubular. El material de los electrodos será del tipo E60xx o E70xx con una resistencia mínima a la tensión (F_u) de 4,200 kg/cm² y 4,900 kg/cm² respectivamente. El material de soldadura deberá cumplir con los requerimientos prescritos en las Normas AWS A5.1 ó AWS A5.17 de la American Welding Society.

2.3. FABRICACIÓN

La habilitación y fabricación de las estructuras de acero se efectuará en concordancia a lo indicado en el Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges del AISC, última edición.

2.3.1. Materiales

Todos los materiales serán de primer uso y deberán encontrarse en perfecto estado. La calidad y propiedades mecánicas de los materiales serán los indicados en este documento y en los planos de fabricación de las estructuras, pero en caso de controversia, estas especificaciones tendrán precedencia.

Las propiedades dimensionales de los perfiles serán las indicadas por la designación correspondiente de la Norma ASTM A6, y cualquier variación en las mismas deberá encontrarse dentro de las tolerancias establecidas por la misma Norma para tal efecto.

2.3.2. Conformado en frío

El conformado en frío se efectuará mediante prensas, dobladoras, cilindradoras, rebordeadoras, curvadoras de perfiles o maquinas especiales



que lleven gradualmente el material hasta la forma requerida, sin aumentar desmedidamente su acritud (endurecimiento o fragilidad que experimentan algunos metales al ser trabajados en frío). No se permitirá el conformado mediante golpes de machos o martinetes.

2.3.3. Perforaciones de huecos

Las perforaciones o agujeros se efectuarán mediante punzonado, taladrado, mecanizado o mediante una secuencia de ellos. No se permitirá efectuar perforaciones mediante soplete oxigas.

Las perforaciones se marcarán mediante trazados o plantillas, para reducir el riesgo de superar la tolerancia de precisión para su ubicación.

En las perforaciones por punzonado, el juego entre el punzón y la sufridera será controlado para obtener un corte limpio, libre de desgarros y sin deformación excesiva en las superficies perforadas.¹³

2.3.4. Soldaduras

Las soldaduras serán ejecutadas cumpliendo estrictamente un procedimiento calificado y empleando materiales y fungibles que cumplan la última revisión de la Especificación Técnica de Soldadura. En caso de haber contradicción con lo especificado a continuación de este ítem, prevalecerá la condición más restrictiva.

Las soldaduras serán realizadas por operadores que posean Certificado de Calificación correspondiente al procedimiento empleado.

Los procedimientos de soldadura estarán documentados en un registro que

¹³Especificaciones Técnicas de Acero, Publicaciones Revista Alacero, Pág. 36



contendrá todas las variables esenciales: material base a soldar, métodos de soldadura, especificación del material de aporte, electrodos, fundentes, gases y fungibles en general, diámetro de los electrodos, polaridad y rango de amperajes, secuencia de las capas de relleno, método de limpieza y remoción de escorias, perfil y dimensión de los cordones, uso de planchas de respaldo y tratamientos térmicos, si son requeridos.

2.3.5. Conexiones

El fabricante deberá cumplir estrictamente con los perfiles, secciones, espesores, tamaños, pesos y detalles de fabricación que muestren los planos. La sustitución de materiales o la modificación de detalles se harán solamente con la aprobación del Supervisor.

En general las conexiones de taller serán soldadas y las de campo serán empernadas, salvo indicación contraria en los planos.

No se permitirán conexiones en que la resistencia depende de la combinación entre soldaduras con pernos.

Bajo cualquier circunstancia, los empalmes longitudinales de perfiles que formen columnas y vigas se diseñarán para resistir el 100% de la resistencia en flexo tracción efectiva del elemento más débil conectado.¹⁴

2.3.6. Tolerancias de fabricación

Los elementos estructurales y misceláneos serán fabricados con las dimensiones nominales indicadas en los planos de fabricación, dentro de

¹⁴Especificaciones Técnicas de Acero, Publicaciones Revista Alacero, Pág. 40



las tolerancias dimensionales para cada caso.

Vigas, Costaneras, Diagonales, Puntales, Enrejados y Cerchas

- Largo L del elemento, definido como la distancia entre caras de conexión, o como la distancia entre los centros de gravedad de las baterías de perforaciones de las conexiones de ambos extremos.

Dimensiones en milímetros:

| | | |
|-------------|--------|--------------------|
| $L \pm 0.5$ | cuando | $L \leq 3000$ |
| $L \pm 1.5$ | cuando | $3000 < L < 10000$ |
| $L \pm 2.5$ | cuando | $L \geq 10000$ |

Columnas

- Largo total de la columna o tramo de columna, entre extremos cepillados.

$$L \pm 1.0 \text{ mm}$$

- Largo total de la columna o tramo de columna, entre la placa base y el extremo cepillado.

$$L' \pm 1.5 \text{ mm}$$

Largo total de la columna entre la placa base y el extremo no cepillado.

$$L'' \pm 3.0 \text{ mm}$$

Vigas Carrileras

Todas las tolerancias de fabricación deberán cumplir lo siguiente:

- La desviación máxima en horizontal y vertical, medida en cada una de las alas, no excederá $1/2400$ de la luz de la viga.
- La tolerancia de desviación angular vertical de los atiesadores de apoyo queda definida por:

$$\alpha = (2) / 1000 \sqrt{H}$$

Donde H es la altura de la viga expresada en metros.¹⁵

Para mayor claridad, ver las siguientes figuras:

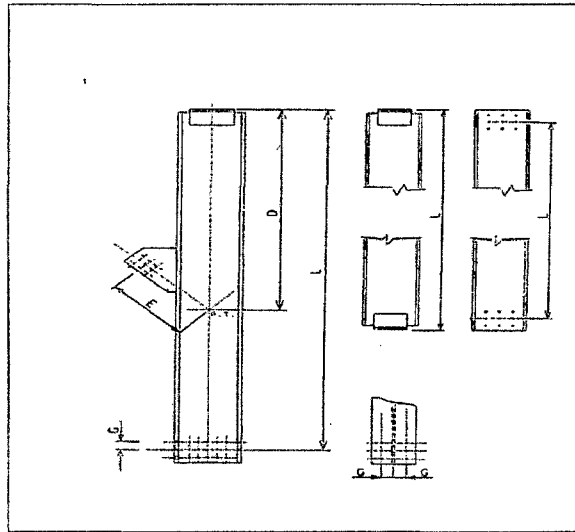


Figura N°1

Figura N° 06: Tolerancias de Fabricación en acero

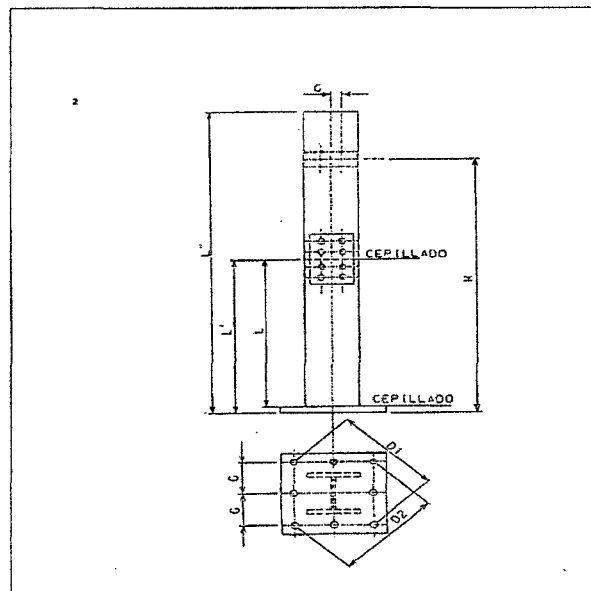


Figura N°2

Figura N° 07: Tolerancias de Fabricación en acero

¹⁵Especificaciones Técnicas de Acero, Publicaciones Revista Alacero, Pág. 50



2.4. MONTAJE

2.4.1. Consideraciones Generales

Antes de empezar con los trabajos de montaje, el Contratista de Montaje deberá efectuar un replanteo en Obra, con el fin de detectar incompatibilidades entre los planos de montaje y las estructuras existentes. En caso de existir incompatibilidades, deberá hacer un reporte al Supervisor para que se tomen las medidas respectivas al caso.

2.4.2. Instalación de los pernos de anclaje

Las tolerancias en su ubicación respecto de lo indicado en los Planos de Montaje no serán mayores que:

1. 1/8" entre centros de cualesquiera dos pernos dentro de un grupo de pernos de anclaje.
2. 1/4" entre centros de grupos de pernos de anclaje adyacentes.
3. 1/2" para el nivel del extremo superior de los pernos de anclaje.

2.4.3. Instalación de los pernos de la estructura

Los pernos estarán provistos de tuerca y arandela plana. En aquellas conexiones donde las superficies exteriores de los elementos conectados no son perpendiculares al eje del perno, deberán usarse arandelas biseladas.

La parte roscada del perno no debería estar incluida, preferiblemente, en el plano de corte de los elementos que conectan.

Las llaves de tuercas utilizadas para la instalación de los pernos deben ser de las dimensiones precisas para no producir daños en la cabeza o la



tuerca de los pernos.¹⁶

3. CARGAS DE DISEÑO

Se tiene que pensar, antes de todo, que la determinación de las cargas que actúan sobre las estructuras no puede ser exacta en magnitud y en ubicación: aun cuando se conozca la exacta posición de la carga y su magnitud, queda siempre la interrogante de cómo se transmiten las cargas en los apoyos del miembro, por lo que muchas veces, son necesarias suposiciones que ponen en duda el sentido de la exactitud buscada. Se procede a definir algunas de las cargas más conocidas.

Para este caso se determinaran parámetros de carga similares para ambos sistemas estructurales.

3.1 CARGA MUERTA

Es una carga de gravedad fija en posición y magnitud, y se define como el peso de todos aquellos elementos que se encuentran permanentemente en la estructura o adheridos a ella, como tuberías, conductos de aire, aparatos de iluminación, acabados de superficie, cubiertas de techos, cielos rasos suspendidos, etc. Se completa la información de estas cargas cuando se ha terminado el diseño. En la práctica, los reglamentos de construcción proporcionan tablas que ayudan al diseñador a tener una mejor idea de la magnitud de las mismas.

Incluye el peso propio de todos los elementos que conforman el sistema estructural a analizar así como las cargas que actúan permanentemente,

¹⁶Especificaciones Técnicas Acero, Memoria Descriptiva General BISA, Pag. 30



como el peso de las coberturas, para techos y piso industriales, parrillas, barandas, tabiquería, parapetos, etc.

Los siguientes valores del peso unitario (γ) son usados para:

Acero 7850 kg/m³.

3.2. CARGA VIVA

Es aquella carga de gravedad que actúa sobre la estructura cuando ésta se encuentra ya en servicio y que puede variar en posición y valor durante la vida útil de la estructura. Algunos ejemplos pueden ser, las personas, muebles, equipo móvil, vehículos, y mercadería en depósito, etc.

Comprenden las cargas que actuarán sobre la estructura en forma variable y que no son permanentes. Tenemos entre estas a las sobrecargas en techos, entrepisos, en plataformas de trabajo, escaleras de acceso, cargas de los materiales de transporte acumulados sobre la estructura, peso de los equipos electromecánicos el material que estos pudieran transportar o acumular, puentes grúa, elevadores(huinches), partes de equipos desmontables, etc.

Las cargas viva mínimas en Techos serán las siguientes:

- Para los techos con una inclinación hasta de 9° con respecto a la horizontal (100kg/m²).
- Para techos con inclinación mayor de 9°, con respecto a la horizontal (100kg/m²) reducida en (5kg/m²), por cada grado de pendiente por encima de 9°, hasta un mínimo de (50kg/m²).



Adicionalmente tenemos:

- En techos $S/C = 30 \text{ kg/m}^2$
- En plataformas de operación $S/C = 500 \text{ kg/m}^2$
- En pasillos de acceso del personal $S/C = 400 \text{ kg/m}^2$
- Escaleras y rampas. $S/C = 500 \text{ kg/m}^2$
- Losa de piso. $S/C = 1500 \text{ kg/m}^2$
- Baranda y guarda vías IBC 1607.7

Las cargas vivas de diseño o sobrecargas deben indicarse en los planos de diseño. Los valores que se tomarán para las cargas serán los indicados en el presente documento, pero estos no resultarán menores a los prescritos en la Norma de Cargas del RNE (E-020).

3.3. CARGA DE NIEVE

Aunque en Perú la mayoría de las estructuras se construyen en zonas donde la nieve no es significativa, es recomendable que los techos de las estructuras que se encuentren a una altitud de más de 3000 m. sean diseñados para una sobrecarga de nieve de un peso específico no menor de 150 kg/m^3 , y un espesor no menor de 30 cm.

La estructura y todos los elementos de techo que estén expuestos a la acción de carga de nieve serán diseñados para resistir las cargas producidas por la posible acumulación de la nieve o granizo en el techo.

Para determinar este valor, deberá tomarse en cuenta las condiciones geográficas y climáticas de la región donde se ubicara la estructura.



3.4. CARGAS DE VIENTO

Todas las estructuras están sujetas a la acción del viento y en especial las de más de 2 o 3 pisos de altura o en aquellas en las zonas donde la velocidad del viento es significativa o en las que debido a su forma, son más vulnerable a los efectos aerodinámicos. En el caso de las estructuras de acero, por su peso propio relativamente bajo y grandes superficies expuestas a la acción del viento, las cargas del viento pueden ser más importantes que las cargas debidas al sismo.

Aunque el viento tiene naturaleza dinámica, es satisfactorio tratar al viento como una carga estática. Se entiende mejor los factores que actúan sobre la presión estática mediante la ecuación siguiente:

$$P = c_p \cdot c_r \cdot q$$

Dónde:

- p = Intensidad de la presión estática equivalente;
- C_p = Coeficiente que depende de la forma de la estructura;
- C_r = Coeficiente que depende de la magnitud de la velocidades de las ráfagas del viento y de la flexibilidad vertical.
- q = Intensidad de la acción dinámica del viento, donde $q = 0.5 p \cdot v^2$
- " p_2 = densidad del aire;
- v = velocidad del viento de diseño a la altura H sobre el suelo en la cual p se calcula, o una altura característica de la estructura.¹⁷

¹⁷ Diseño estructural en acero, Zapata Baglietto, Pág. 10-25

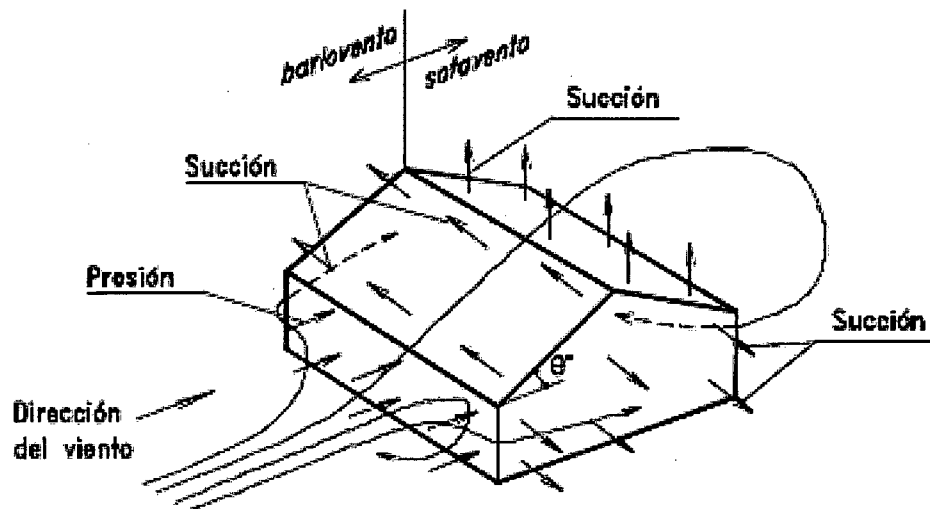


Figura N° 08: Acción del Viento sobre una construcción con techo a dos aguas.

Las estructuras deben ser diseñadas para cargas de viento determinadas de acuerdo al RNE. Las cargas de viento se calcularán en función de las condiciones generales correspondientes a la obra y al tipo de estructura, se tendrá presente el siguiente parámetro para el diseño (Según Mapa Eólico del Perú.

- Velocidad básica del viento: 100Km/h (Hasta una altura de 10m y 4250msnm)

3.5. CARGAS SÍSMICAS

Las estructuras deben ser diseñadas para cargas sísmicas determinadas de acuerdo al RNE:

- Para el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE E.030, se considerara zona 3, a la cual le corresponde un $Z = 0.4$.¹⁸

Cortante Basal para Análisis Estático

¹⁸ Diseño estructural en acero, Zapata Baglietto, Pág. 10



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

Aceleración Basal para Análisis Dinámico:

$$S_a = \frac{ZUCS \times g}{R}$$

Dónde:

Z = Factor de Zona (Ver anexo1)

U = Tipo de Edificación

S = Parámetro de suelo (Según estudio de suelos).

C = mínimo {2.5 (Tp / T), 2.5}

Tp= Período del Suelo

T = Periodo fundamental de la estructura.

R = Coeficiente de reducción. (De acuerdo al sistema estructural)

P = Peso del Edificio.¹⁹

4. COMBINACIONES DE CARGAS

De acuerdo a la condición de diseño que se esté verificando se emplearán las siguientes combinaciones de carga:

- Para el diseño de estructura metálica por factores de carga, se consideran las siguientes combinaciones de carga, del método LRFD:
 - C.1 1.4 D
 - C.2 1.2 D+ 1.6L + 0.5(S ó Lr ó R |
 - C.3 1.2D+ 1.6(Lr ó S ó R) + {0.8W ó 0.5L}
 - C.4 1.2 D + 1.3 W + 0.5 L +0.5 (Lr ó S ó R)
 - C.5 1.2 D + 1.5 E + (0.5 L ó 0.2 S)
 - C.60.9 D-(1.3 W ó 1.5 E)²⁰

¹⁹Diseño estructural en acero, Zapata Baglietto, Pág. 15

²⁰Criterios de Diseño, Criterios de Diseño BISA, pag.25



Dónde:

D, Carga Muerta

L, Carga Viva

Lr, Carga Viva en techo

E, Carga de Sismo

W, Carga de Viento

H, Presión de tierra

S, Nieve

En casos particulares de cargas se emplearán combinaciones adicionales que considere apropiada el ingeniero estructural para los casos más críticos.

5. CONSIDERACIONES DE DISEÑO

5.1 DEFLEXIONES ADMISIBLES

Las deflexiones verticales, en los elementos estructurales como vigas y losas de concreto armado y elementos de acero, causadas por las cargas de gravedad, permanentes y vivas no excederán de los siguientes valores.

- 1.- Correas de techo y elementos secundarios: L/200
- 2.- Vigas de de Pórticos soporte de Correas de Techo: L/360
- 3.- Vigas de Plataformas: L/360
- 4.- Vigas de Plataformas – Soporte de Equipos Vibratorios: L/800
- 5.- Vigas carrileras (puente grúa) y vigas para monorraíles (Sin impacto):

| Monorails | Deflection Limit |
|------------|------------------|
| Vertical | L/450 |
| Horizontal | L/400 |

Tabla N° 02: Deflexiones en Monoriel

Las deflexiones laterales en los elementos estructurales verticales



causadas por las cargas de gravedad, permanentes y vivas no excederán los valores límites indicados:

- | | |
|---|--------------|
| 1.- Por Sismo, (Ver R.N.E.) | H/100 |
| 2.- Por Viento, en pórticos con nudos rígidos en la dirección del pórtico. | H/240 |
| 3.- Por Viento, en la dirección transversal al pórtico: | H/240 |
| 4.- Los límites admisibles de deformación lateral para edificios con puente grúa, | H/400 ó 50mm |

H es la altura del edificio, medida hasta el tope de la viga carrilera o altura máxima del elemento estructural vertical.

5.2 FACTOR DE RESISTENCIA ϕ

| Valor de ϕ | Miembro o Conector |
|-----------------|--------------------------------------|
| 0.90 | Sección total en tracción |
| 0.75 | Sección neta de conexión en tracción |
| 0.90 | Miembros en flexión |
| 0.85 | Miembros en compresión axial |
| 0.75 | Pernos en tracción |

¿Por qué usar el Método AISC-LRFD?

Se presenta, aquí, algunas de sus ventajas:

1. Es una herramienta adicional para que el diseñador no difiera en su concepto de solución que emplea en diseño de concreto armado, por ejemplo.
2. LRFD aparece más racional y por lo tanto se acerca más a la realidad de lo que ocurre en la vida útil de la estructura.
3. El uso de varias combinaciones de cargas conduce a economía de la solución, porque se acerca con más exactitud a lo que ocurra.
4. Facilita el ingreso de las bases de diseño conforme más información esté disponible.



5. Es posible introducir algunos cambios en los factores cuando se conoce con mayor exactitud la naturaleza de las cargas. Esto tiene importancia cuando existen cargas no usuales o mejor conocimiento de la resistencia.
6. Futuros ajustes y calibraciones serán más fáciles de hacer.²¹

5.3 MIEMBROS EN COMPRESIÓN AXIAL

EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO DE PANDEO

Se define como fenómeno del Pandeo aquella situación que se produce en un elemento prismático cuando la carga actuante P de compresión alcanza un valor crítico P_a (carga crítica de pandeo), causando una deformación lateral de magnitud indeterminada. En la Fig. N°09 se muestra, en un dominio P vs. d este fenómeno.

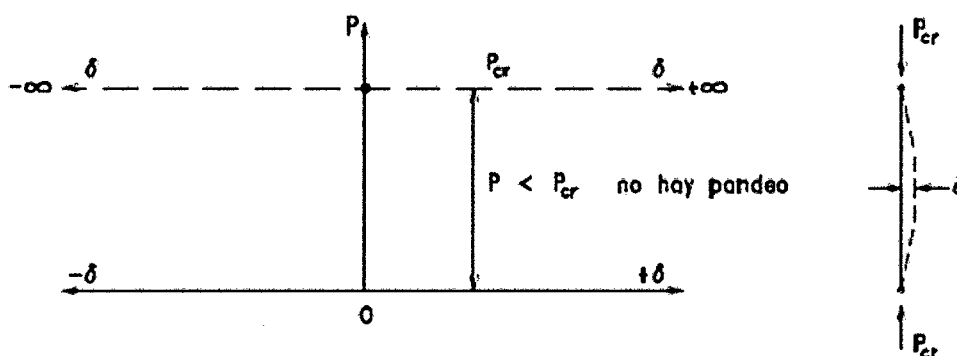


Figura N° 09: Fenómeno de Pandeo.

²¹ Diseño estructural en acero, Zapata Baglietto, Pág. 25



5.4 FÓRMULAS DEL AISC-LRFD PARA ELEMENTOS CARGADOS AXIALMENTE

La resistencia de diseño en compresión, $\phi_c P_n$, o la resistencia admisible en compresión. P_u/Q_c deben ser determinadas de la siguiente manera.

La resistencia de compresión nominal, P_n , es el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites que aplican pandeo por flexión, pandeo torsional, y pandeo flexo-torsional.

El requerimiento de resistencia de una columna cargada axialmente. de acuerdo a lo indicado por LRFD-E2 puede declararse como sigue:²²

$$\phi_c = 0.90 \text{ (LRFD)} \quad \Omega_c = 1.67 \text{ (ASD)}$$

Para el cálculo general en columnas se considera:

$$\phi_c P_n \geq P_u$$

Dónde:

$$\phi_c = 0.85$$

P_n resistencia nominal = $A_g \cdot F_c$

P_u : Carga factonzada

F_a Esfuerzo crítico de pandeo, dado como sigue:

a) Cuando $\lambda_c \leq 1.5$ $F_c = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y$ E2-2

b) Cuando $\lambda_c > 1.5$ $F_c = \frac{(0.877)}{\lambda_c^2} F_y$ E2-3

$$\lambda_c = Kl/r \cdot \sqrt{F_y / \pi^2 E} = \sqrt{F_y / F_c}$$

²² Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero Pág. 98



LONGITUD EFECTIVA

El factor de longitud efectiva, K , para calcular la esbeltez de columna, KL/r , donde:

L = longitud no arriostrada lateralmente del miembro, cm (m).

r = radio de giro, cm (mm).

Nota: Para miembros diseñados sólo en compresión, se recomienda que la razón de esbeltez KL/r no sea mayor que 200.²³

PANDEO POR FLEXIÓN DE MIEMBROS SIN ELEMENTOS ESBELTOS

Esta sección aplica para miembros solicitados en compresión con secciones compactas y no compactas, como se define en para elementos en compresión uniforme.

Nota: Cuando la longitud torsional no arriostrada es mayor que la longitud lateral no arriostrada, esta sección puede controlar el diseño de columnas de ala ancha y formas similares.

La resistencia de compresión nominal, P_n , debe ser determinada basada en el estado límite de pandeo por flexión:²⁴

$$P_n = F_y A_g$$

5.5 MIEMBROS EN TRACCIÓN

LÍMITES DE ESBELTEZ

No existe límite de esbeltez máxima para miembros en tracción.

²³ Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero Pág. 99

²⁴ Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero Pág. 90



Nota: Para miembros diseñados básicamente en tracción, la razón de esbeltez L/r es preferible que no exceda de 300. Esta sugerencia no se aplica a barras o colgadores en tracción.

La resistencia de diseño en tracción, $\phi_c P_n$, o la resistencia admisible en tracción, P/Q_t de miembros traccionados debe ser el menor valor obtenido de acuerdo con los estados límites de fluencia en tracción calculado en la sección bruta y ruptura en tracción calculado en la sección neta.

(a) Para fluencia en tracción en la sección bruta:²⁵

$$P_n = F_y A_g$$
$$\phi_t = 0,90 \text{ (LRFD)} \quad \Omega_t = 1,67 \text{ (ASD)}$$

(b) Para ruptura en tracción en la sección neta:

$$P_n = F_u A_e$$
$$\phi_t = 0,75 \text{ (LRFD)} \quad \Omega_t = 2,00 \text{ (ASD)}$$

Donde:

A_e = área neta efectiva, cm^2 (mm^2).

A_g = área bruta del miembro, cm^2 (mm^2).

F_y = tensión de fluencia mínima especificada, kgf/cm^2 (MPa).

F_u = tensión última mínima especificada, kgf/cm^2 (MPa).

5.6 PANDEO POR FLEXIÓN DE MIEMBROS SIN ELEMENTOS ESBELTOS

Esta sección aplica para miembros solicitados en compresión con secciones compactas y no compactas, como se define en Sección B4 para elementos en compresión uniforme.

²⁵ Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero Pág. 91



Nota: Cuando la longitud torsional no arriostrada es mayor que la longitud lateral no arriostrada, esta sección puede controlar el diseño de columnas de ala ancha y formas similares.

La resistencia de compresión nominal, P , debe ser determinada basada en el estado límite de pandeo por flexión:

$$P_n = F_{cr} A_g$$

La tensión de pandeo por flexión, , se determina como sigue:

(a) Cuando $\frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (o $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$)

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

(b) Cuando $\frac{KL}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ (o $\frac{F_y}{F_e} > 2,25$)

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

Donde

F = tensión de pandeo elástico, determinada de acuerdo con un análisis de pandeo elástico, cuando es aplicable, kgf/cm^2 (MPa).²⁶

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

²⁶ Diseño estructural en acero, Zapata Baglietto, Pág. 56



MATERIALES

PERFILES COMERCIALES:

Los perfiles comerciales que se utilizarán en primera instancia para el sistema de nudos rígidos, que son perfiles laminados en caliente, son los que se presentan a continuación, utilizando los perfiles correspondientes al AISC en caso se requiera mayores propiedades y secciones:

| PERFILES W COMERCIALES | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|------------------|----------|----------|---------|------------|---------|--------|--------------|
| DESIGNACIÓN | d mm | ALMA Tw mm | ALA | | T mm | DISTANCIAS | | | PESO Kg/m |
| | | | bf mm | Tf mm | | K mm | K1 m | g m | |
| W 6 X 12 | 153 | 6 | 102 | 7 | 127 | 13 | 14 | 60 | 18 |
| W 6 X 15 | 152 | 6 | 152 | 7 | 124 | 14 | 14 | 90 | 22 |
| W 6 X 20 | 157 | 7 | 153 | 9 | 123 | 17 | 14 | 90 | 30 |
| W 6 X 25 | 162 | 8 | 154 | 12 | 124 | 19 | 14 | 90 | 37 |
| W 8 X 18 | 207 | 6 | 133 | 8 | 175 | 16 | 14 | 70 | 27 |
| W 8 X 21 | 210 | 6 | 134 | 10 | 174 | 18 | 14 | 70 | 31 |
| W 8 X 24 | 201 | 6 | 165 | 10 | 161 | 20 | 14 | 100 | 36 |
| W 8 X 28 | 205 | 7 | 166 | 12 | 161 | 22 | 16 | 100 | 42 |
| W 8 X 31 | 203 | 7 | 203 | 11 | 161 | 21 | 19 | 140 | 46 |
| W 8 X 35 | 200 | 8 | 204 | 13 | 161 | 23 | 21 | 140 | 52 |
| W 10 X 22 | 259 | 6 | 146 | 9 | 225 | 17 | 16 | 70 | 33 |
| W 10 X 26 | 262 | 7 | 147 | 11 | 224 | 19 | 17 | 70 | 39 |
| W 10 X 33 | 247 | 7 | 202 | 11 | 199 | 24 | 19 | 140 | 49 |
| W 10 X 49 | 253 | 9 | 254 | 14 | 199 | 27 | 21 | 140 | 73 |
| W 12 X 22 | 312 | 7 | 102 | 11 | 276 | 18 | 16 | 60 | 33 |
| W 12 X 26 | 310 | 6 | 165 | 10 | 275 | 17 | 19 | 90 | 39 |
| W 12 X 35 | 318 | 8 | 167 | 13 | 276 | 21 | 19 | 90 | 52 |
| W 12 X 40 | 302 | 7 | 203 | 13 | 250 | 26 | 22 | 140 | 60 |
| W 12 X 53 | 307 | 9 | 251 | 15 | 247 | 30 | 24 | 140 | 79 |
| W 12 X 65 | 307 | 10 | 305 | 15 | 246 | 30 | 25 | 140 | 97 |
| W 12 X 72 | 312 | 11 | 305 | 17 | 248 | 32 | 27 | 140 | 107 |
| W 14 X 30 | 351 | 7 | 171 | 10 | 311 | 20 | 19 | 90 | 45 |
| W 14 X 38 | 358 | 8 | 172 | 13 | 312 | 23 | 21 | 90 | 57 |
| W 14 X 43 | 348 | 8 | 203 | 13 | 291 | 28 | 25 | 140 | 64 |
| W 14 X 61 | 353 | 10 | 254 | 16 | 290 | 31 | 25 | 140 | 91 |
| W 16 X 36 | 404 | 7 | 178 | 11 | 362 | 21 | 19 | 90 | 54 |
| W 16 X 45 | 409 | 9 | 179 | 14 | 359 | 25 | 21 | 90 | 68 |
| W 16 X 57 | 417 | 11 | 181 | 18 | 361 | 28 | 22 | 90 | 86 |
| W 16 X 67 | 414 | 10 | 259 | 17 | 344 | 35 | 25 | 140 | 101 |
| W 18 X 55 | 460 | 10 | 191 | 16 | 408 | 26 | 21 | 90 | 90 |
| W 21 X 73 | 538 | 12 | 211 | 19 | 476 | 31 | 22 | 140 | 109 |

Tabla N° 03: Perfiles W Comerciales.

CAPÍTULO II. MODELAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

El modelamiento de los pórticos se realizó mediante el programa Sap 2000 vs 15, los modelamientos y resultados se presentan a continuación

Esquemas de Pórticos a Modelar

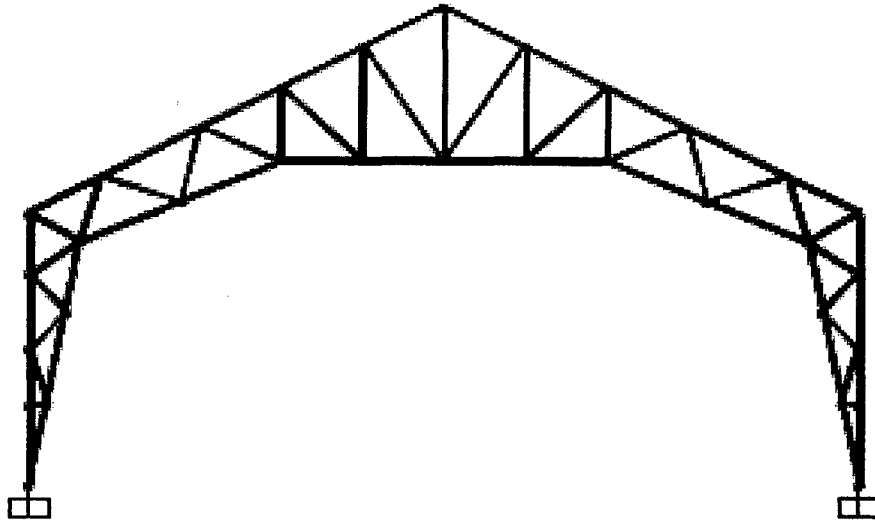


Figura N° 10: Pórtico Reticulado.

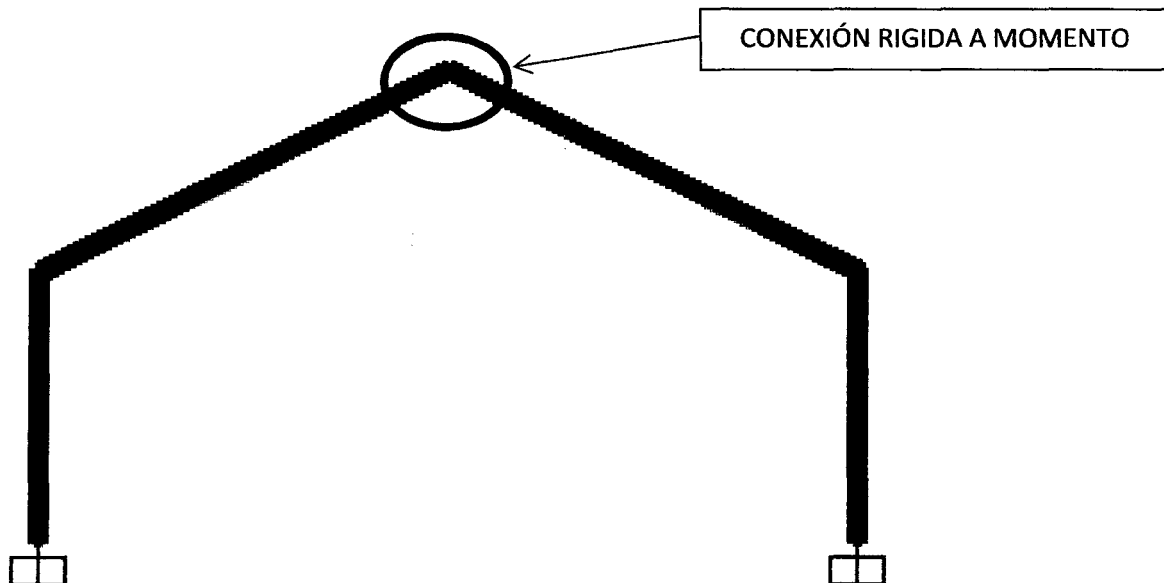


Figura N° 11: Pórtico Rígido



2,0 Análisis de Pórticos

2,1 Materiales

Acero estructural

Se utilizarán aceros ASTM-A36

- Módulo de elasticidad $E= 2,04E+06 \text{ kg/cm}^2$
- Acero estructural según norma ASTM-A36 $F_y= 2530 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico $g= 7850 \text{ kg/m}^3$

| Acero | F_y (kg/cm ²) | F_u (kg/cm ²) |
|----------|--------------------------------|--------------------------------|
| ASTM A36 | 2530 | 4080 |

Otros aceros utilizados en estructuras metálicas:

| | F_y (kg/cm ²) | F_u (kg/cm ²) |
|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ASTM A242 grado 42 | 2950 | 4430 |
| ASTM A242 grado 46 | 3230 | 4710 |
| ASTM A242 grado 50 | 3520 | 4920 |
| ASTM A615 grado 40 | 2800 | |
| ASTM A615 grado 60 | 4200 | |
| ASTM A572 grado 42 | 2950 | 4430 |
| ASTM A572 grado 50 | 3520 | 4570 |
| ASTM A572 grado 60 | 4220 | 5270 |
| ASTM A572 grado 65 | 4570 | 5620 |

Los perfiles estructurales seran de acero ASTM A36

Pernos de conexión:

- Se utilizarán pernos de conexión A325 para las conexiones principales. □
- Se utilizarán pernos de conexión A307 para las conexiones secundarias.

2,2 Normas y documentos de referencia.

Códigos y normas:

- RNE Reglamento Nacional de Edificaciones, Perú (última edición)
 - E.020 Norma de Cargas.
 - E.030 Norma de Diseño Sismo Resistente.



- IBC 2006 International Building Code.
International Code Council, Inc

- ASCE / SEI7-05 American Society of Civil Engineers.
Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.

- AISC-11 American Institute of Steel Construction 14Th Edición 2011
Manual of Steel Construction - 2005

- AWS D1.1 Structural Welding Code Steel
American Welding Society. 18th 2004

- AISE TR N° 13 Guide for the design and construction of Mill Buildings
Association of Iron & Steel Engineers. 2003.

El diseño de las estructuras de acero y sus conexiones se realizarán con las especificaciones LRFD - AISC -2005 "Load and Resistance Factor Design for Structural Steel" del American Institute of Steel Construction.

2,3 Herramientas de cómputo.

- SAP2000 Versión 15.0.0
- Excel Versión 2010

2,4 Estados de carga.

2,4,1 Cargas de diseño

- **Carga Muerta (D)**

El peso propio de los elementos estructurales será considerado de forma intrínseca en el modelo (todo elemento presente en el modelo), además de ello se adicionarán las siguientes cargas muertas:

| | | |
|------------------------|---|----------------------|
| - Paneles de cobertura | = | 5 Kg/m ² |
| - Instalaciones/otros | = | 10 Kg/m ² |
| | | <hr/> |
| | | 15 Kg/m ² |

El peso propio de la estructura no es considerada en el modelo.

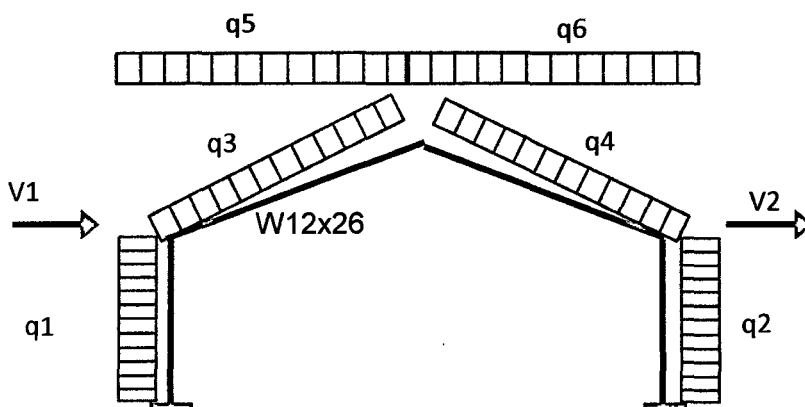


Figura N° 12 : Esquema

Peso Propio W12x26 = 40,22 Kg/m
 Perfil Zeta 8" x 3" x 3.0 mm = 40,74 Kg/m

$$q5 = 15\text{Kg/m}^2 \times 5\text{m} + 0\text{Kg/m} + 40.74\text{Kg/m} = 115,74 \text{ Kg/m}$$

$$q6 = q5 = 115,74 \text{ Kg/m}$$

• **Carga Viva de Techo (Lr)**

- S/C Techo base = 30 Kg/m²

$$q5 = 30 \text{ Kg/m}^2 \times 5 \text{ m} = 150,00 \text{ Kg/m}$$

$$q6 = q5 = 150,00 \text{ Kg/m}$$

• **Carga de Nieve (S)**

- Qb (Carga Básica) = 80 Kg/m²

- Qt (Carga de Nieve sobre el techo) = 64 Kg/m²

La pendiente de techo es de 27 °

Por lo tanto se aplicara reducciones de carga de acuerdo a la NTE 020 subtítulo 3.6.3



• Carga de Viento (W)

La estructura, los elementos de cierre y los componentes exteriores de todas las edificaciones expuestas a la acción del viento, serán diseñados para resistir las cargas (presiones y succiones) exteriores e interiores debidas al viento, suponiendo que este actúa en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí. En la estructura la ocurrencia de presiones y succiones exteriores serán consideradas simultáneamente.

Clasificación de la Edificación **Tipo 1**

$$V_h = V \left(\frac{h}{10} \right)^2$$

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

$$V = 110 \text{ Km/h}$$

$$h = 4 \text{ m}$$

$$V_h = 110 \text{ Km/h}$$

Carga Exterior de viento

$$P_h = 0.005 C V_h^2$$

Donde:

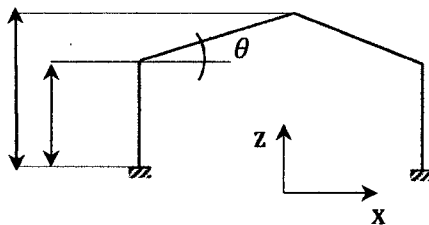
P_h : Presión o succión del viento a una altura h en kg/m²

C : Factor de forma

Geometría de la Nave

Pendiente del techo (θ): 27°

Altura de la cara lateral (h_0): 4.0 m.

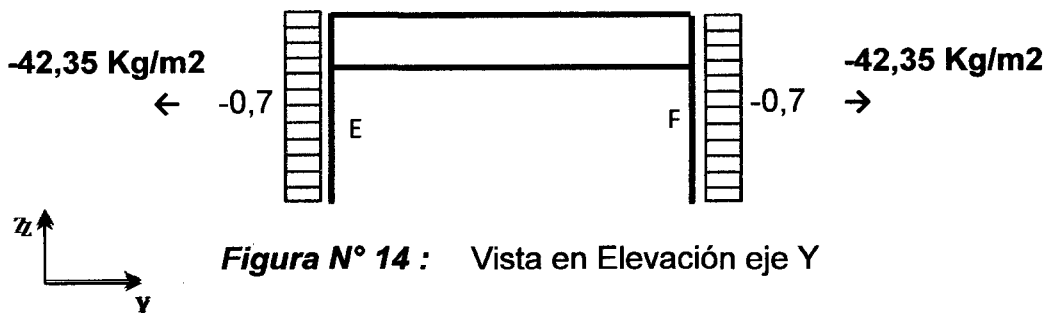
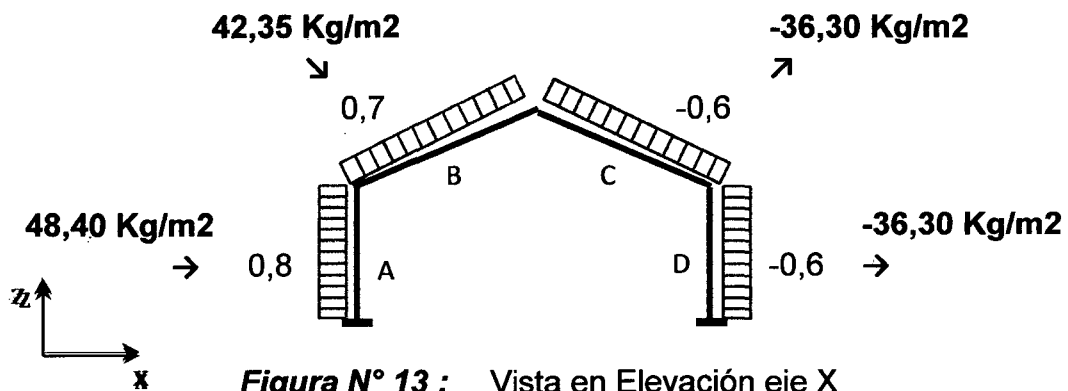
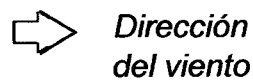


• Dirección del viento en sentido del eje X:

Factores de forma

| Cara | Caso 1 | Caso 2 |
|------|--------|--------|
| A | 0,8 | 0,8 |
| B | 0,7 | -0,3 |
| C | -0,6 | -0,3 |
| D | -0,6 | -0,6 |
| E | -0,7 | -0,7 |
| F | -0,7 | -0,7 |

Presiones para el Caso 1



Presiones para el Caso 2

➔ Dirección del viento

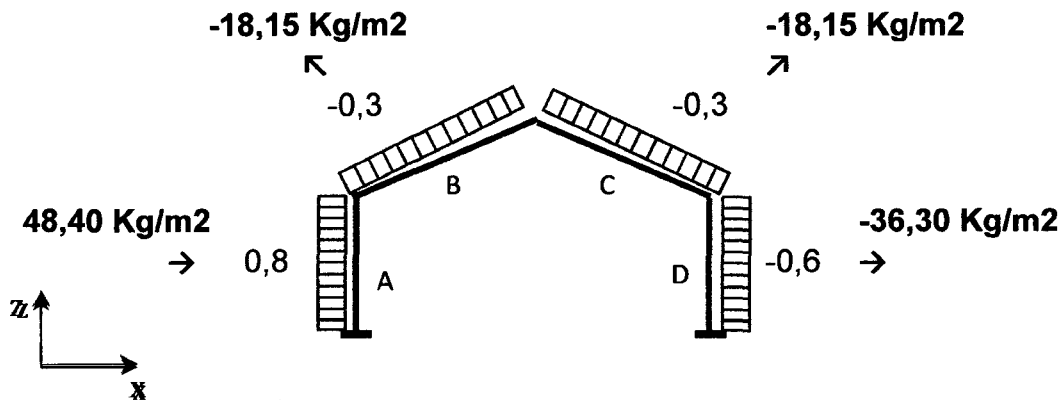


Figura N° 15 : Vista en Elevación eje X

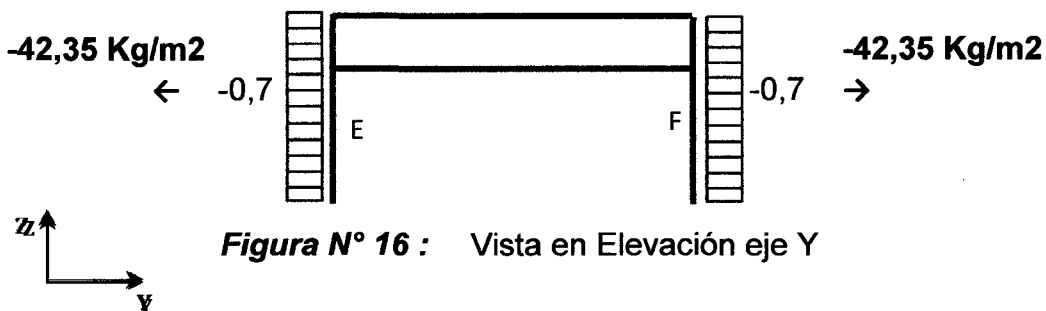


Figura N° 16 : Vista en Elevación eje Y

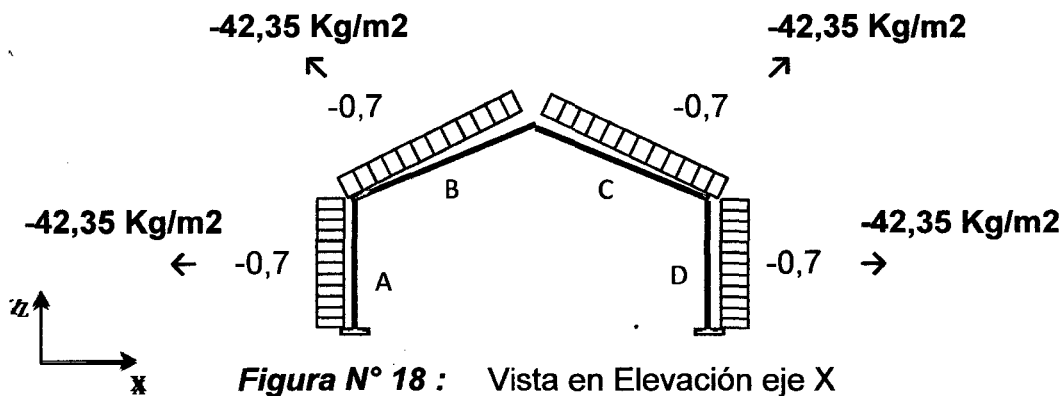
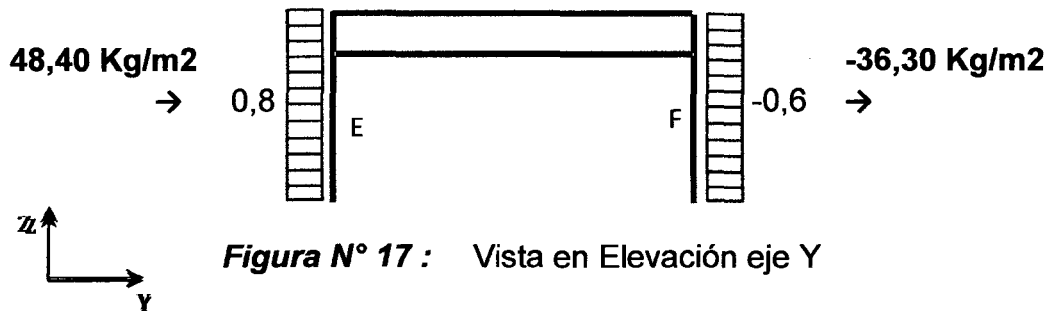
Dirección del viento en sentido del eje Y:

Factores de forma

| Cara | Caso 1 | Caso 2 |
|------|--------|--------|
| A | -0,7 | -0,7 |
| B | -0,7 | -0,7 |
| C | -0,7 | -0,7 |
| D | -0,7 | -0,7 |
| E | 0,8 | 0,8 |
| F | -0,6 | -0,6 |

Presiones para el Caso 1

➔ *Dirección del viento*



CASO 1

$$q_1 = 48.4 \text{ Kg/m}^2 \times 5\text{m} = 242,00 \text{ Kg/m}$$

$$q_2 = 42.35 \text{ Kg/m}^2 \times 5\text{m} = 211,75 \text{ Kg/m}$$

$$q_3 = -36.3 \text{ Kg/m}^2 \times 5\text{m} = -181,50 \text{ Kg/m}$$

$$q_4 = -36.3 \text{ Kg/m}^2 \times 5\text{m} = -181,50 \text{ Kg/m}$$

CASO 2

$$q_1 = 48.4 \text{ Kg/m}^2 \times 5\text{m} = 242,00 \text{ Kg/m}$$

$$q_2 = -18.15 \text{ Kg/m}^2 \times 5\text{m} = -90,75 \text{ Kg/m}$$

$$q_3 = -18.15 \text{ Kg/m}^2 \times 5\text{m} = -90,75 \text{ Kg/m}$$

$$q_4 = -36.3 \text{ Kg/m}^2 \times 5\text{m} = -181,50 \text{ Kg/m}$$



● Sismo (E)

Cálculo de las aceleraciones y espectros sísmicos

Norma E-030 Diseño Sismo resistente

Parámetros:

- Zona : 3
- Categoría : B
- Suelo : S2

Coefficientes Sísmicos:

$$\begin{aligned} Z &= 0,4 \\ U &= 1,3 \\ S &= 1,2 \quad ; \quad T_p = 0,60 \text{ s} \end{aligned}$$

Tipo de Estructura: Regular

$$\begin{aligned} \text{En x: Pórticos Acero} & \quad R_x = 9,5 \\ \text{En y: Arriostres en cruz de acero} & \quad R_y = 6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_x &= 0,32 \text{ s (Periodo fundamental del análisis modal en esta dirección)} \\ T_y &= 0,16 \text{ s (Periodo fundamental del análisis modal en esta dirección)} \end{aligned}$$

Luego:

$$\begin{aligned} C_x &= 2,5 & C_x / R_x &= 0.263 > 0.125 & \dots \text{Ok} \\ C_y &= 2,5 & C_y / R_y &= 0.417 > 0.125 & \dots \text{Ok} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 2.5(T_p/T) \\ S_a &= \frac{ZUSC}{R} g \end{aligned}$$

Espectro en la dirección X-X

| T | Sa |
|------|------|
| 0,00 | 1,61 |
| 0,60 | 1,61 |
| 0,70 | 1,38 |
| 0,80 | 1,21 |
| 0,90 | 1,07 |
| 1,00 | 0,97 |
| 1,10 | 0,88 |
| 1,20 | 0,81 |
| 1,30 | 0,74 |
| 1,40 | 0,69 |
| 1,50 | 0,64 |
| 1,60 | 0,60 |
| 1,70 | 0,57 |
| 1,80 | 0,54 |
| 1,90 | 0,51 |
| 2,00 | 0,48 |
| 2,10 | 0,46 |
| 2,20 | 0,44 |
| 2,30 | 0,42 |
| 2,40 | 0,40 |
| 2,50 | 0,39 |
| 2,60 | 0,37 |
| 2,70 | 0,36 |
| 2,80 | 0,35 |
| 2,90 | 0,33 |
| 3,00 | 0,32 |
| 3,10 | 0,31 |
| 3,20 | 0,30 |
| 3,30 | 0,29 |
| 3,40 | 0,28 |
| 3,50 | 0,28 |
| 3,60 | 0,27 |
| 3,70 | 0,26 |
| 3,80 | 0,25 |
| 3,90 | 0,25 |
| 4,00 | 0,24 |

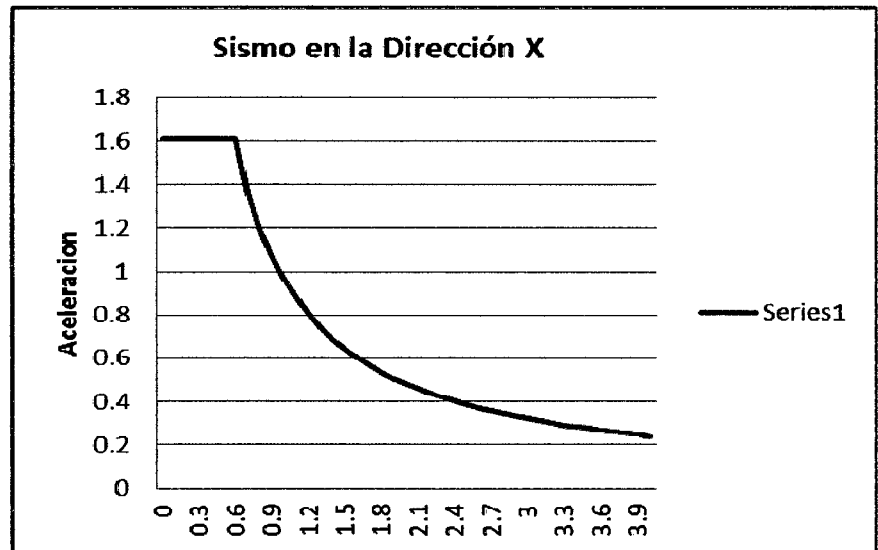


Figura N° 19 : Sismo en la dirección del eje X

Espectro en la dirección Y-Y

| T | Sa |
|------|------|
| 0,00 | 2,55 |
| 0,60 | 2,55 |
| 0,70 | 2,19 |
| 0,80 | 1,91 |
| 0,90 | 1,70 |
| 1,00 | 1,53 |
| 1,10 | 1,39 |
| 1,20 | 1,28 |
| 1,30 | 1,18 |
| 1,40 | 1,09 |
| 1,50 | 1,02 |
| 1,60 | 0,96 |
| 1,70 | 0,90 |
| 1,80 | 0,85 |
| 1,90 | 0,81 |
| 2,00 | 0,77 |
| 2,10 | 0,73 |
| 2,20 | 0,70 |
| 2,30 | 0,67 |
| 2,40 | 0,64 |
| 2,50 | 0,61 |
| 2,60 | 0,59 |
| 2,70 | 0,57 |
| 2,80 | 0,55 |
| 2,90 | 0,53 |
| 3,00 | 0,51 |
| 3,10 | 0,49 |
| 3,20 | 0,48 |
| 3,30 | 0,46 |
| 3,40 | 0,45 |
| 3,50 | 0,44 |
| 3,60 | 0,43 |
| 3,70 | 0,41 |
| 3,80 | 0,40 |
| 3,90 | 0,39 |
| 4,00 | 0,38 |

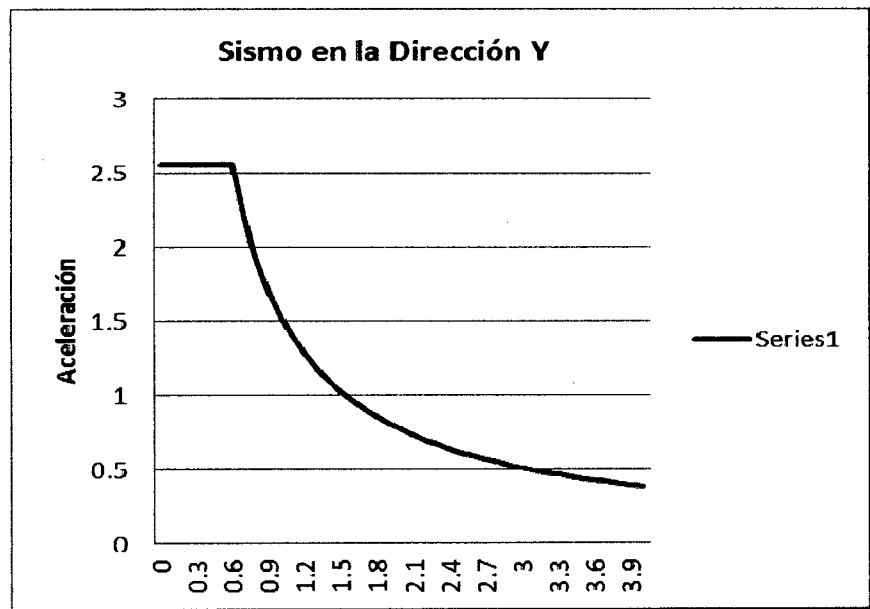


Figura N° 20 : Sismo en la dirección del eje Y



Cálculo de la Fuerza estática equivalente:

Pesos contribuyentes al sismo:

| | | |
|-----------------------------------|--------------|----|
| - Peso de estructura modelada = | 10,03 | Tn |
| - Carga Muerta (D) = | 7,76 | " |
| - s/c en losa de techo (Al 50%) = | 5,03 | " |
| P= | <u>22,81</u> | Tn |

$$Z = 0,4$$

$$U = 1,3$$

$$S = 1,2$$

$$C = 2.5(Tp/T)$$

$$R_x = 9,5$$

$$R_y = 6$$

$$T_x = 0,26 \text{ s (Periodo fundamental del análisis modal en esta dirección)}$$

$$T_y = 0,25 \text{ s (Periodo fundamental del análisis modal en esta dirección)}$$

Luego:

$$C_x = 2,5$$

$$C_y = 2,5$$

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

$$V_x = 0,164 \times P = 0,164 \times 22,81 = 3,74 \text{ Tn}$$

$$V_y = 0,260 \times P = 0,260 \times 22,81 = 5,93 \text{ Tn}$$

Factor de Amplificación Dinámica

Cortante Dinámico:

Obtenemos el cortante dinámico dados por el programa sap 2000

TABLE: Base Reactions

| Caso Carga | CaseType | StepType | FX | FY | FZ |
|---------------|------------|----------|--------|-------|--------|
| | | | Tonf | Tonf | Tonf |
| DEAD | LinStatic | | 0,00 | 0,00 | 10,03 |
| D | LinStatic | | 0,00 | 0,00 | 7,76 |
| Lr | LinStatic | | 0,00 | 0,00 | 10,06 |
| Sb | LinStatic | | 0,00 | 0,00 | 21,47 |
| Wx1 | LinStatic | | -14,37 | 0,00 | 0,91 |
| Wy | LinStatic | | 0,00 | -7,47 | -12,71 |
| Ex | LinRespSpe | Max | 3,28 | 0,00 | 0,00 |
| Ey | LinRespSpe | Max | 0,00 | 4,74 | 0,00 |
| Sd | LinStatic | | 0,00 | 0,00 | 13,95 |
| Wx2 | LinStatic | | -9,04 | 0,00 | -8,17 |

Tabla N° 4 : Reacciones Globales



$$V_{dx} = 3,28 \text{ Tn}$$

$$V_{dy} = 4,74 \text{ Tn}$$

Cortante Estático:

En el sentido x
 $ZUCS_x / R_x = 0,16$

En el sentido y
 $ZUCS_x / R_y = 0,26$

Peso de la estructura = 22,82 Tn

$$V_{ex} = 3,74 \text{ Tn}$$

$$V_{ey} = 5,93 \text{ Tn}$$

Factor de Amplificación

Comparación de los cortantes en la base

Tipo de Estructura: Regular

| | Vdinámico | | 80% Ve | F.A. |
|-------------|-----------|---|---------|------|
| Dirección X | 3,28 Tn | > | 2,99 Tn | 1,00 |
| Dirección Y | 4,74 Tn | < | 4,75 Tn | 1,00 |

Si el factor de amplificación es 1 no se mayor los cortantes en el análisis dinámico, de lo contrario se amplificará con este factor el cortante dinámico.

2,5 Combinaciones de carga.

Las combinaciones de carga serán las utilizadas por el metodo LRFD:

- Para el método de fuerzas (Método LRFD)

- C 1 : 1.4D
- C 2 : 1.2D+0.5Lr
- C 3 : 1.2D+0.5Sb
- C 4 : 1.2D+0.5Sd
- C 5 : 1.2D+1.6Lr
- C 6 : 1.2D+1.6Sb
- C 7 : 1.2D+1.6Sd
- C 8 : 1.2D+1.6Lr+0.8Wx1
- C 9 : 1.2D+1.6Lr+0.8Wx2



- C 10 : $1.2D+1.6Lr+0.8Wy$
- C 11 : $1.2D+1.6Sb+0.8Wx1$
- C 12 : $1.2D+1.6Sb+0.8Wx2$
- C 13 : $1.2D+1.6Sd+0.8Wx1$
- C 14 : $1.2D+1.6Sd+0.8Wx2$
- C 15 : $1.2D+1.6Sb+0.8Wy$
- C 16 : $1.2D+1.6Sd+0.8Wy$
- C 17 : $1.2D+0.8Wx1$
- C 18 : $1.2D+0.8Wx2$
- C 19 : $1.2D+0.8Wy$
- C 20 : $1.2D+1.6Wx1+0.5Lr$
- C 21 : $1.2D+1.6Wx2+0.5Lr$
- C 22 : $1.2D+1.6Wy+0.5Lr$
- C 23 : $1.2D+1.6Wx1+0.5Sb$
- C 24 : $1.2D+1.6Wx2+0.5Sb$
- C 25 : $1.2D+1.6Wx1+0.5Sd$
- C 26 : $1.2D+1.6Wx2+0.5Sd$
- C 27 : $1.2D+1.6Wy+0.5Sb$
- C 28 : $1.2D+1.6Wy+0.5Sd$
- C 29 : $1.2D+1.6Wx1$
- C 30 : $1.2D+1.6Wx2$
- C 31 : $1.2D+1.6Wy$
- C 32 : $1.2D+1Ex+0.2Sb$
- C 33 : $1.2D+1Ex+0.2Sd$
- C 34 : $1.2D+1Ey+0.2Sb$
- C 35 : $1.2D+1Ey+0.2Sd$
- C 36 : $0.9D+1.6Wx1$
- C 37 : $0.9D+1.6Wx2$
- C 38 : $0.9D+1.6Wy$
- C 39 : $0.9D+1Ex$
- C 40 : $0.9D+1Ey$

2,6 Límites permisibles

Desplazamientos laterales

Las deflexiones laterales en los elementos estructurales verticales causadas por las cargas de gravedad, permanentes y vivas no excederán los valores límites indicados:

- | | |
|--|-------|
| 1 Por Sismo. | H/100 |
| 2 Por Viento, en pórticos con nudos rígidos en la dirección del pórtico. | H/240 |
| 3 Por Viento, en la dirección transversal al pórtico: | H/240 |

4 Los límites admisibles de deformación lateral para edificios con puente grúa, H/400 o 50mm
 H es la altura del edificio, medida hasta el tope de la viga carrilera o altura máxima del elemento estructural vertical.

Desplazamientos Verticales

- | | |
|--|-------|
| 1.- Correas de techo y elementos secundarios: | L/200 |
| 2.- Vigas de de Pórticos soporte de Correas de Techo: | L/360 |
| 3.- Vigas de Plataformas: | L/360 |
| 4.- Vigas de Plataformas – Soporte de Equipos Vibratorios: | L/800 |
| 5.- Vigas carrileras (puente grúa) y vigas para monorraíles (Sin impacto): | |

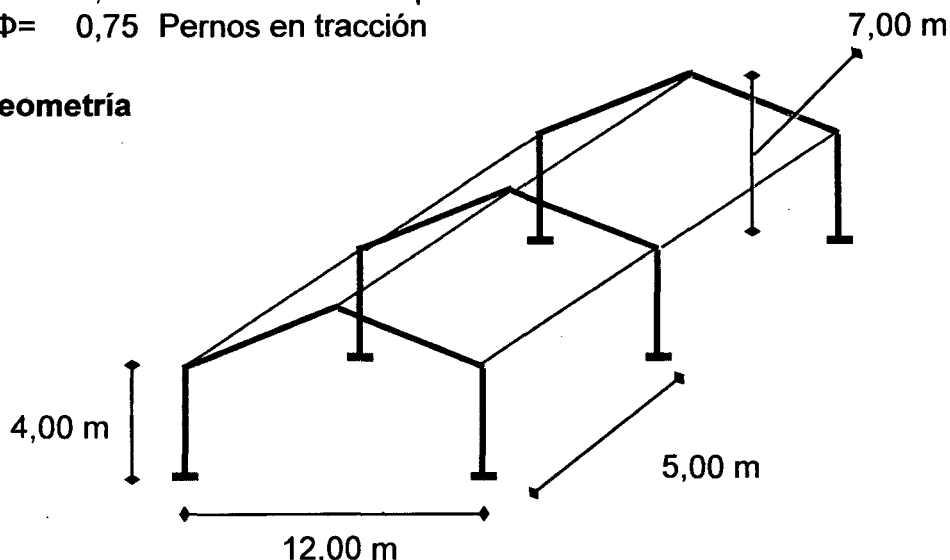
| Monorails | Deflection Limit |
|------------|------------------|
| Vertical | L/450 |
| Horizontal | L/400 |

Tabla N° 5 : Límites para Deflexiones

2,7 Factores de Reducción para el metodo LRFD del AISC 341

- Φ= 0,90 Sección total en Tracción
- Φ= 0,75 Sección neta de conexión en tracción
- Φ= 0,90 Miembros en flexión
- Φ= 0,85 Miembros en compresión axial
- Φ= 0,75 Pernos en tracción

2,8 Geometría



- Se partió con una luz de 12 metros para luego variar la luz aumentandola cada intervalo de 10 metros hasta llegar a 80 metros.
- Ángulo de Inclinación del techo (θ) = 27°
- Número de correas = 6 (En Toda la longitud por tramo)
- Espaciamiento entre correas = 1,30 m

2,9 Cálculos

2,9,1 Pórtico Rígido

2,9,2 Modelo 3D

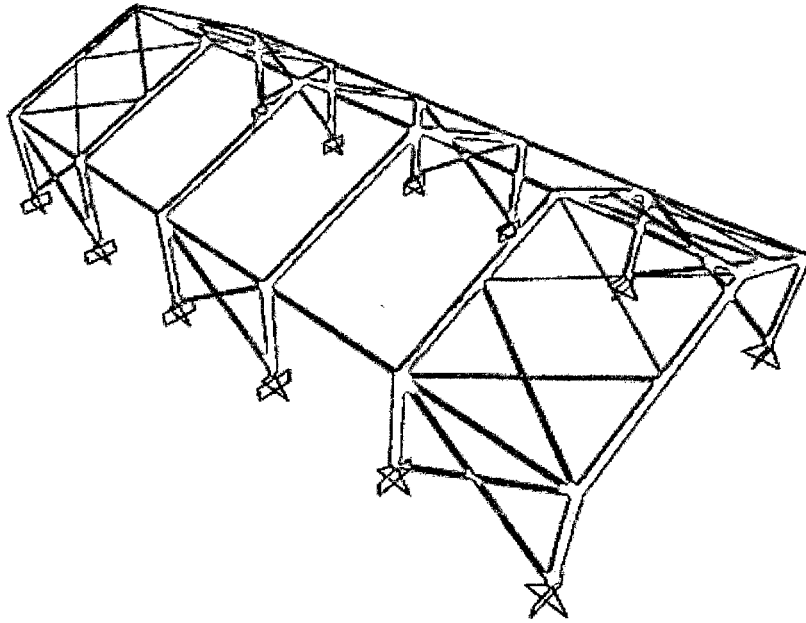


Figura N° 21 : Vista 3D Modelo

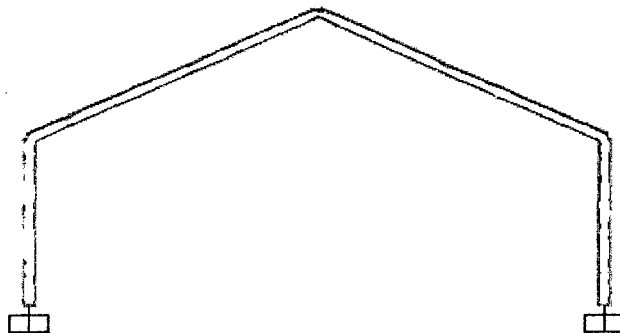
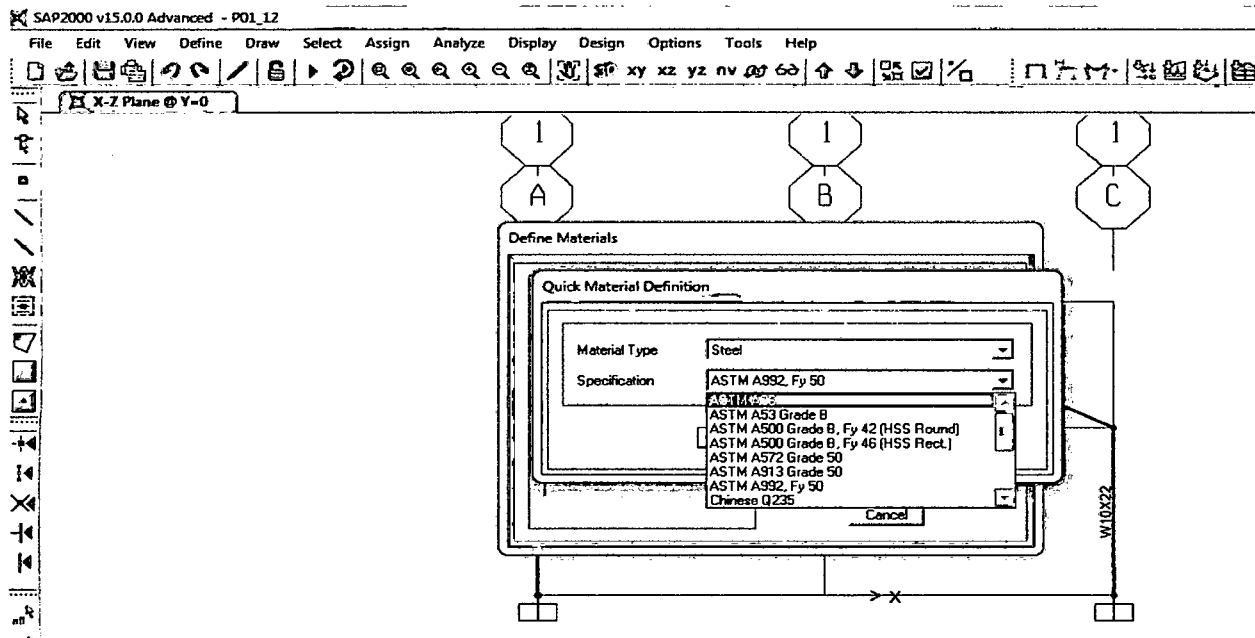
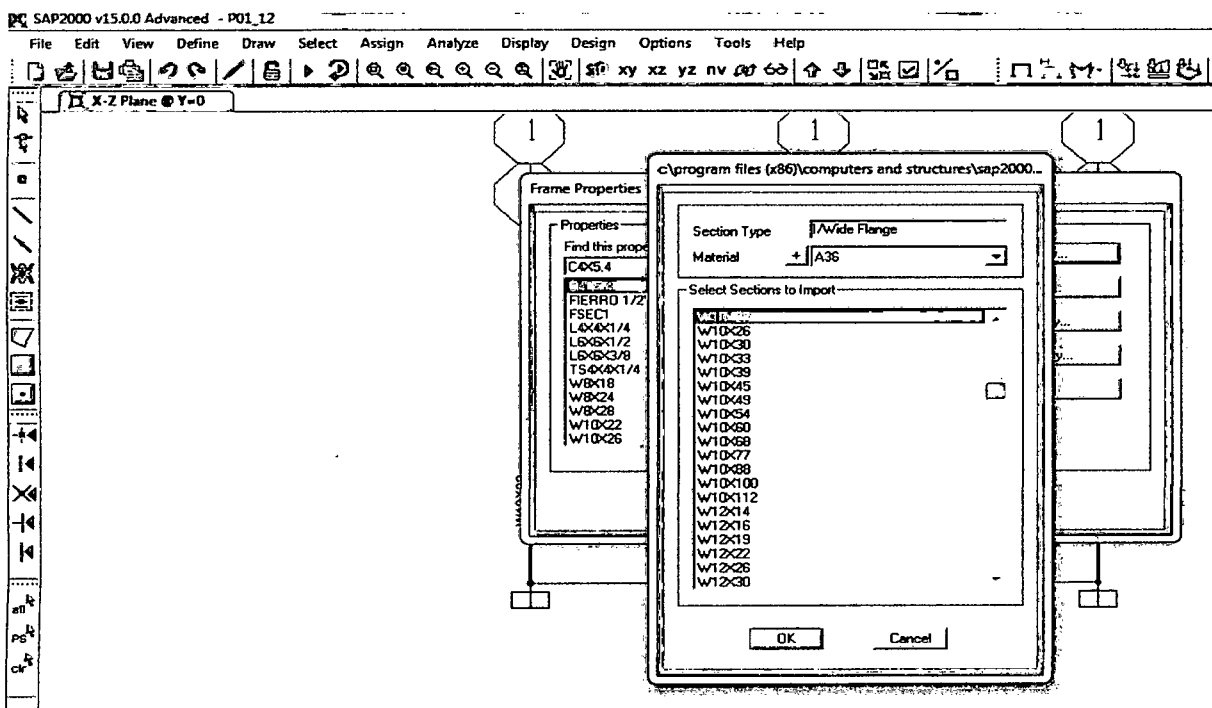


Figura N° 22 : Pórtico Típico

2,9,3 Introducción de datos al programa Sap 2000

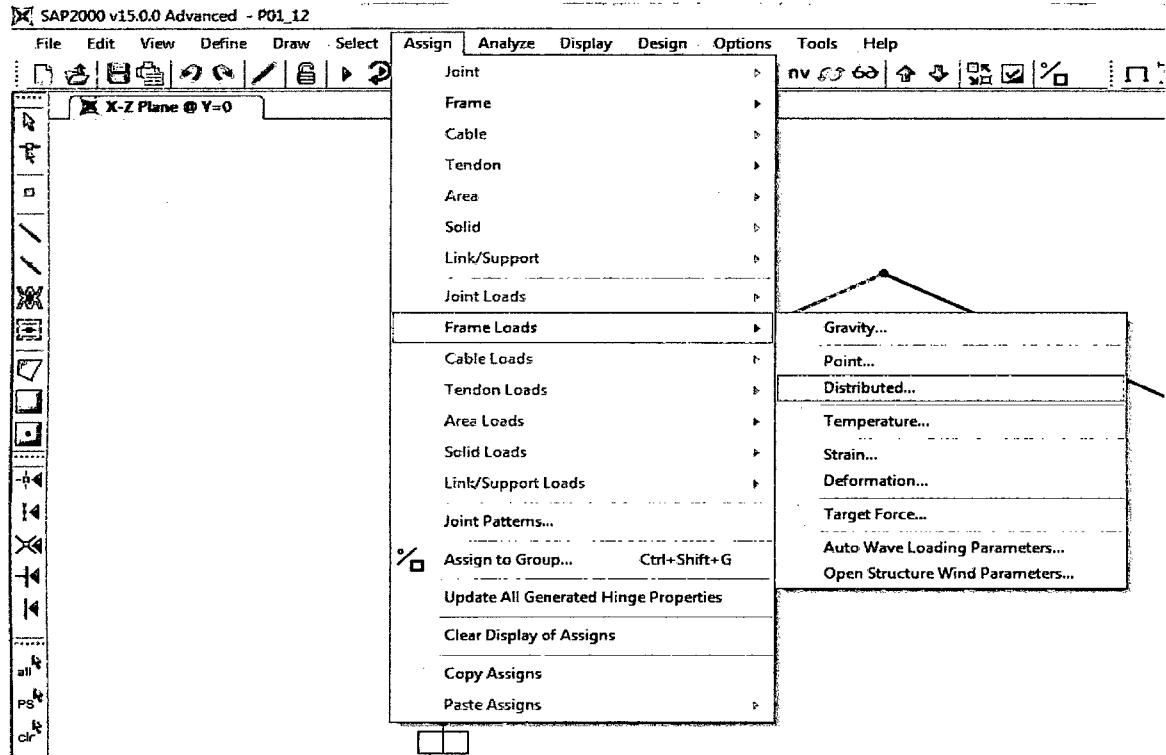


Definimos materiales con el comando define, el material es acero estructural ASTM A36

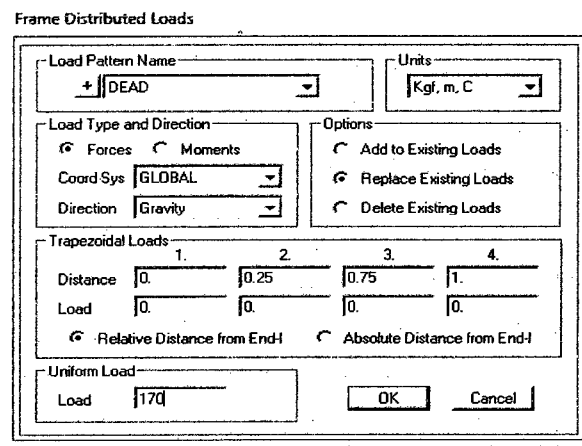


Introducimos la sección de los perfiles laminados con las secciones predefinidas por el programa, con la característica del material antes definido

Introducción de Cargas



Introducimos una carga distribuida, calculada anteriormente a lo largo de la viga en Kg/m



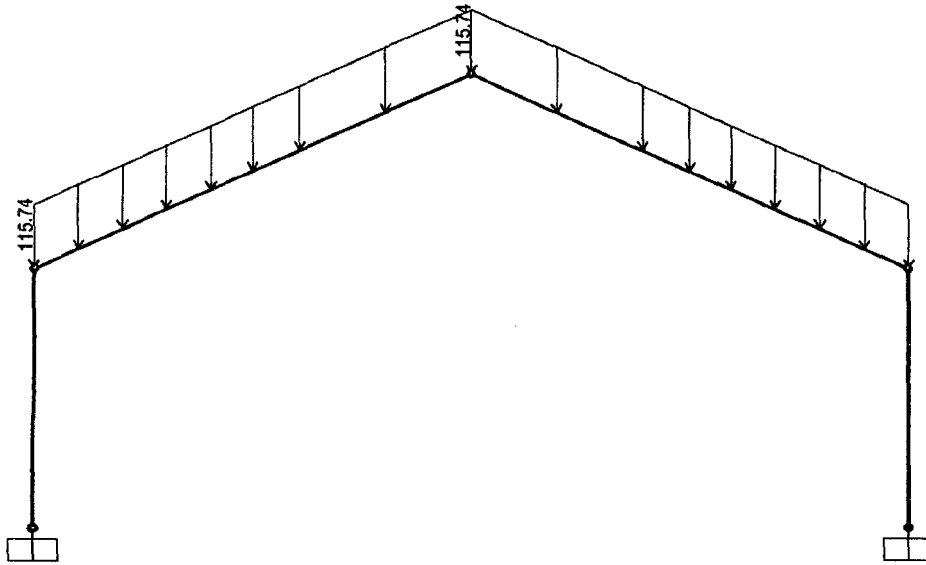


Figura N° 23 : Carga Muerta (D)

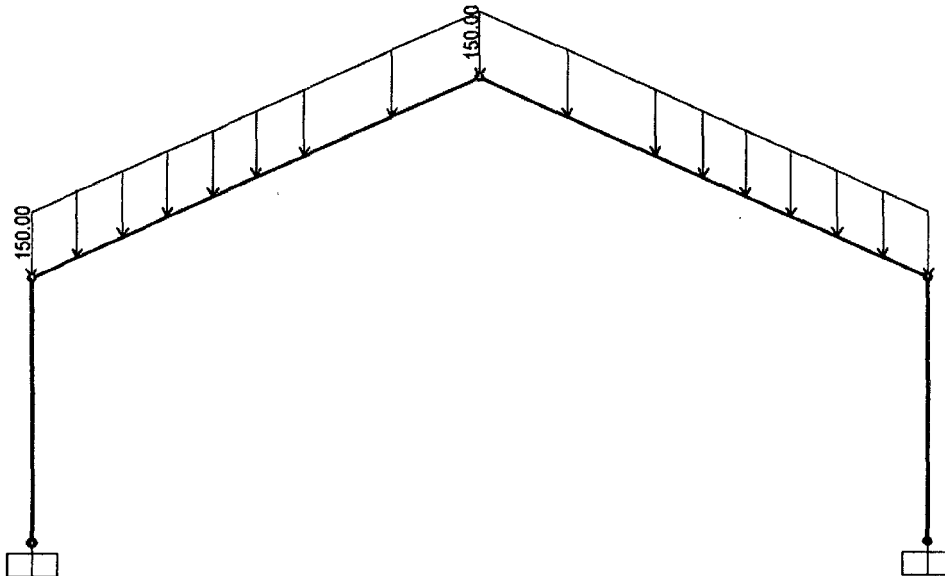


Figura N° 24 : Sobrecarga en el Techo (Lr)

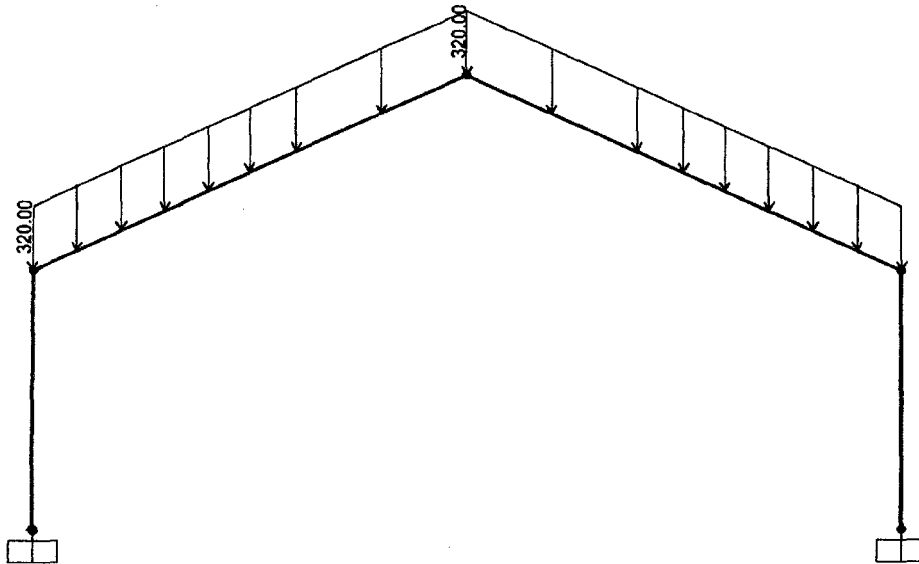


Figura N° 25 : Carga de Nieve Balanceada (S_b)

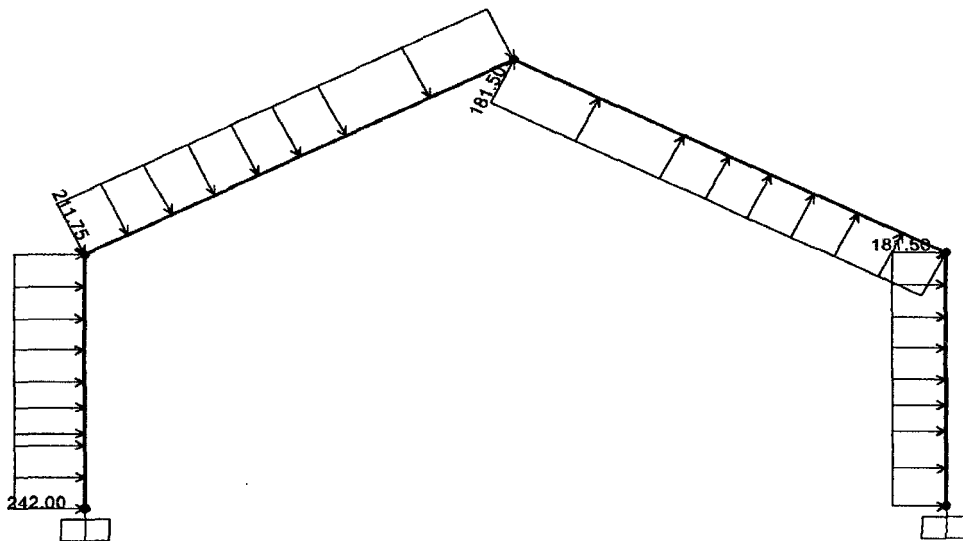


Figura N° 26 : Carga de Viento en el eje x (W_{x1})

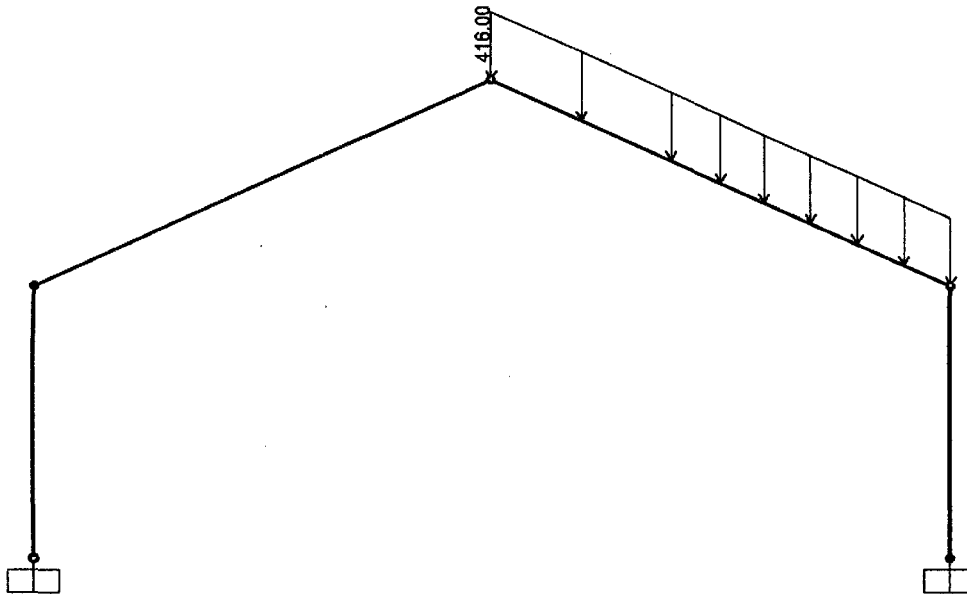


Figura N° 27 : Carga de Nieve Desbalanceada (S_d)

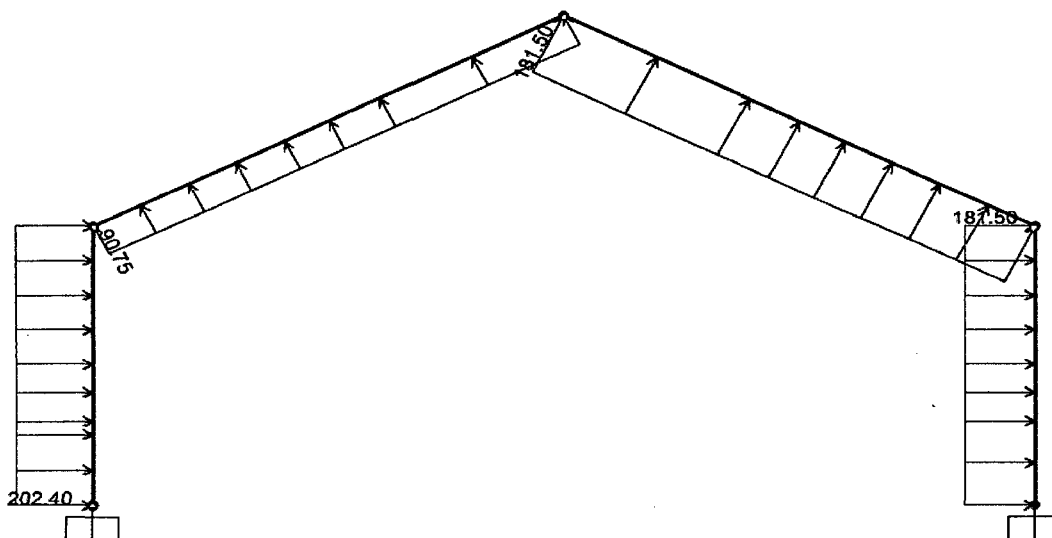


Figura N° 28 : Carga de Viento en el eje x (W_x2)

De manera similar se procede a cargar los pórticos reticulados, a continuación se desarrollan los cálculos para la selección de los perfiles adecuados, bajo la norma AISC-341

2.9.4 Análisis Estructural

- Verificación de Desplazamientos Laterales:

La verificación de estos desplazamientos son tomados según norma E-030, en el caso de disponer de parámetros estipulados en los criterios de diseño, se tomaron estos parámetros para determinar las máximas deflexiones y desplazamientos.

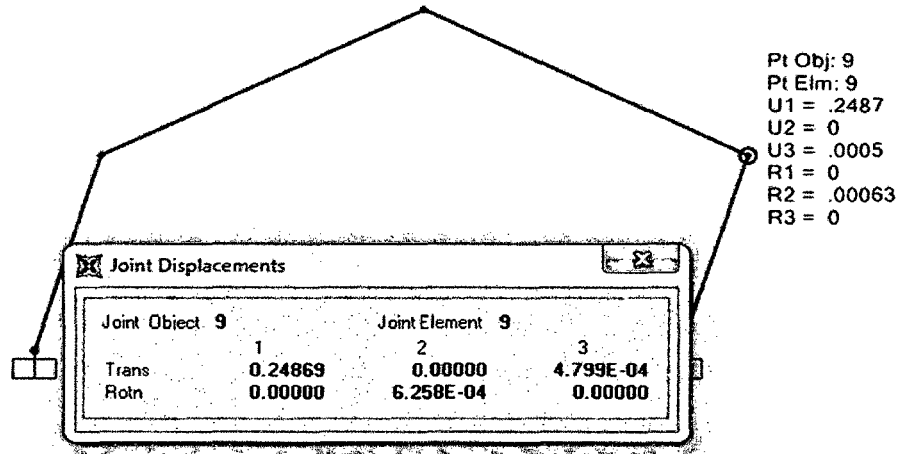


Figura N° 29 : Desplazamiento por sismo en X

Desplazamiento por sismo X

Nivel + 4.00 m
 $\Delta x = 0.25$ cm
 H = 4.00 m

$$\frac{0.75 \times \Delta \times R_x}{H} = 0.0045 < 0.010 \quad \text{Ok}$$

- Verificación de Deflexiones:

Para el cálculo de las deflexiones verticales se utilizarán las combinaciones de carga en servicio, las cuales se calcularán con el programa sap 2000

En viga de pórtico principal

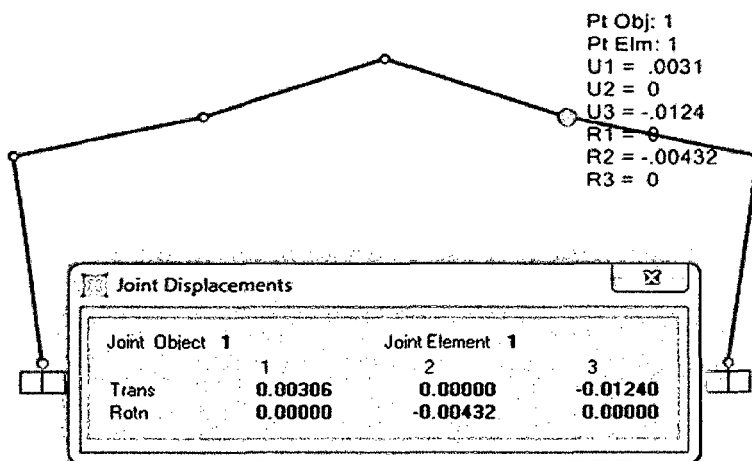


Figura N° 30 : Deflexión de viga debida a Cargas de Servicio

L = 6.70 m
 Δ = 1.24 cm

$\Rightarrow \Delta = 1.09 < \frac{L}{360} = 1.86 \text{ Ok}$

2.9.5 Análisis de Columnas

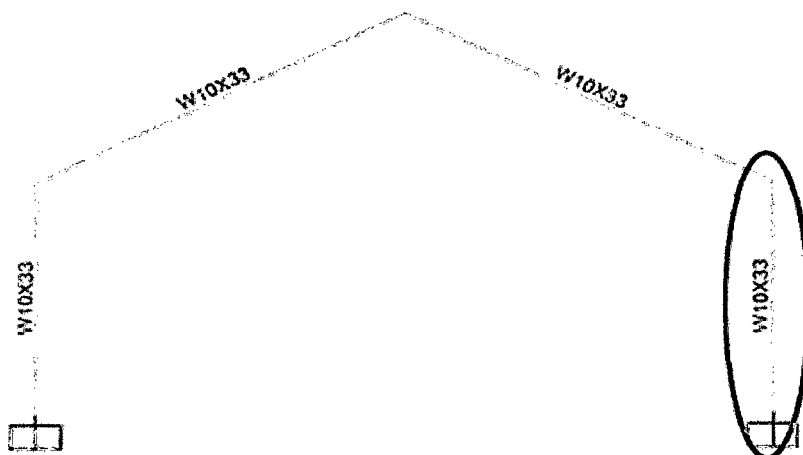


Figura N° 31 : Columna con mayor momento flector

● **Columna con mayor Momento Flector**



Figura N° 32 : Diagrama de Momentos Flectores debidos a Comb. C23

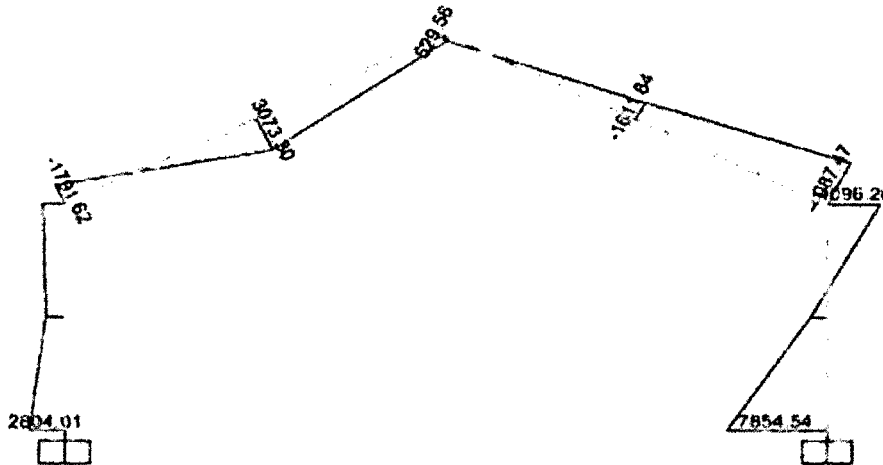
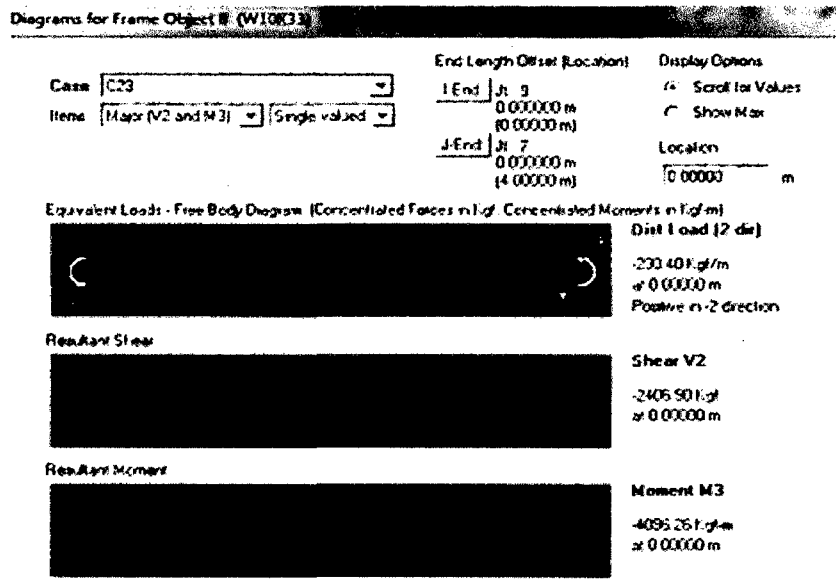


Figura N° 33 : Diagrama de momentos flectores (valores)



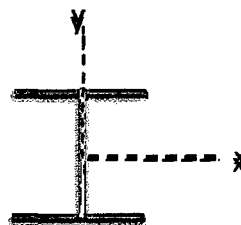


Combinación: C23

$P_u = 2130 \text{ Kg}$

$M_u = 7674 \text{ Kg-m}$

Suponiendo Perfil: W W10x26



Propiedades del perfil

$f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$ (Esfuerzo de fluencia del acero)
 $E = 2040000 \text{ Kg/cm}^2$ (Módulo de Elasticidad del acero)

$A = 49,10 \text{ cm}^2$

| | |
|------------------------------|-----------------------------|
| $I_x = 5993,73 \text{ cm}^4$ | $I_y = 586,89 \text{ cm}^4$ |
| $S_x = 457,20 \text{ cm}^3$ | $S_y = 80,13 \text{ cm}^3$ |
| $r_x = 11,05 \text{ cm}$ | $r_y = 3,45 \text{ cm}$ |
| $Z_x = 512,92 \text{ cm}^3$ | $Z_y = 122,90 \text{ cm}^3$ |
| $d = 26,16 \text{ cm}$ | $bf = 14,66 \text{ cm}$ |
| $tw = 0,66 \text{ cm}$ | $tf = 1,12 \text{ cm}$ |

- Diseño por Compresión:

Esbelteces:

| | |
|-----------------------------|---|
| $L_x = 4,00 \text{ m}$ | $bf/2tf = 6,56$ Esbeltez del ala |
| $L_y = 4,00 \text{ m}$ | $\lambda_p = 10,8$ Límite sección compacta |
| $G_{ax} = 1,0$ (Empotrado) | $\lambda_r = 28,4$ Límite sección no compacta |
| $G_{bx} = 0,9$ | $d/tw = 39,6$ Esbeltez del alma |
| $K_x = 1,3$ | $\lambda_p = 107$ Límite sección compacta |
| $K_y = 1,0$ (Empotrado) | $\lambda_r = 162$ Límite sección no compacta |
| $KL_x/r_x = 47$ | |
| $KL_y/r_y = 116$ (Controla) | |

$$\Phi P_n > P_u$$

$$F_e = 1502 \text{ kg/cm}^2 > 0.44F_y = 1113 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ok}$$

$$F_{cr} = 1250 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = 61363 \text{ kg}$$

$$\Phi P_n = 52159 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\Phi P_n} = \frac{2130 \text{ Kg}}{52159 \text{ kg}} = 0,04 < 0,2 \quad \text{Ok}$$



- Diseño por Flexión:

Estado limite de pandeo local

Pandeo local del alma

Relacion ancho espesor del alma

$$d/t_w = 39,6 < l_p = 106,7 \quad \text{Ok}$$

$$M_n = M_p = 12977 \text{ Kg-m}$$

Pandeo local del ala

$$b_f/2t_f = 6,56 < l_p = 10,8 \quad \text{Ok}$$

$$M_n = M_p = 12977 \text{ Kg-m}$$

Pandeo Lateral Torsional

$$L_b = 4,00 \text{ m}$$

$$L_p = 1,73 \text{ m}$$

$$h = 26,16 \text{ cm}$$

$$C_w = 100424 \text{ cm}^6$$

$$J = 9,19 \text{ cm}^4$$

$$r_{ts}^2 = 16,79 \text{ cm}^2$$

$$L_r = 5,17 \text{ m}$$

$$L_b = 4,00 \text{ m} < L_r = 5,17 \text{ m} \quad \text{Ok}$$

Conservadoramente:

$$C_b = 1,0$$

$$M_n = 9753 \text{ Kg-m} < M_n = M_p = 12977 \text{ Kg-m}$$

Luego:

$$M_n = 9753 \text{ Kg-m}$$

$$fM_n = 8778 \text{ Kg-m}$$

$$\frac{M_u}{fM_n} = \frac{7674 \text{ Kg-m}}{8778 \text{ Kg-m}} = 0,87$$

Evaluamos la siguiente ecuación de interacción:

$$0,5 \frac{P_u}{fP_n} + \frac{M_u}{fM_n} = 0,02 + 0,87 = 0,89 < 1,0 \quad \text{Ok}$$

Por lo tanto usamos: **W10x26**

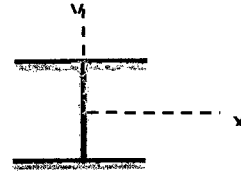


• Para la columna con mayor Carga axial

Combinación: C11

$P_u = 5192 \text{ Kg}$

$M_u = 4837 \text{ Kg-m}$



Suponiendo Perfil: W W10x26

Propiedades del perfil

$f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$ (Esfuerzo de fluencia del acero)
 $E = 2040000 \text{ Kg/cm}^2$ (Módulo de Elasticidad del acero)

$A = 49,10 \text{ cm}^2$

| | |
|------------------------------|-----------------------------|
| $I_x = 5993,73 \text{ cm}^4$ | $I_y = 586,89 \text{ cm}^4$ |
| $S_x = 457,20 \text{ cm}^3$ | $S_y = 80,13 \text{ cm}^3$ |
| $r_x = 11,05 \text{ cm}$ | $r_y = 3,45 \text{ cm}$ |
| $Z_x = 512,92 \text{ cm}^3$ | $Z_y = 122,90 \text{ cm}^3$ |
| $d = 26,16 \text{ cm}$ | $b_f = 14,66 \text{ cm}$ |
| $t_w = 0,66 \text{ cm}$ | $t_f = 1,12 \text{ cm}$ |

- Diseño por Compresión:

Esbelteces:

$L_x = 4,00 \text{ m}$

$L_y = 4,00 \text{ m}$

$G_{ax} = 1,0$ (Empotrado)

$G_{bx} = 0,9$

$K_x = 1,3$

$K_y = 1,0$ (Empotrado)

$KL_x/r_x = 47$

$KL_y/r_y = 116$ (Controla)

$b_f/2t_f = 6,56$ Esbeltez del ala

$\lambda_p = 10,8$ Límite sección compacta

$\lambda_r = 28,4$ Límite sección no compacta

$d/t_w = 39,6$ Esbeltez del alma

$\lambda_p = 107$ Límite sección compacta

$\lambda_r = 162$ Límite sección no compacta

$$\Phi P_n > P_u$$

$$F_e = 1502 \text{ kg/cm}^2 > 0.44F_y = 1113 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Ok}$$

$F_{cr} = 1250 \text{ kg/cm}^2$

$P_n = 61363 \text{ kg}$

$\Phi P_n = 52159 \text{ kg}$

$$\frac{P_u}{\Phi P_n} = \frac{5192 \text{ Kg}}{52159 \text{ kg}} = 0,10 < 0,2 \quad \text{Ok}$$



- Diseño por Flexión:

Estado limite de pandeo local

Pandeo local del alma

Relacion ancho espesor del alma

$$d/t_w = 39,6 < l_p = 106,7 \quad \text{Ok}$$

$$M_n = M_p = 12977 \text{ Kg-m}$$

Pandeo local del ala

$$b_f/2t_f = 6,56 < l_p = 10,8 \quad \text{Ok}$$

$$M_n = M_p = 12977 \text{ Kg-m}$$

Pandeo Lateral Torsional

$$L_b = 4,00 \text{ m}$$

$$L_p = 1,73 \text{ m}$$

$$h = 26,16 \text{ cm}$$

$$C_w = 100424 \text{ cm}^6$$

$$J = 9,19 \text{ cm}^4$$

$$r_{ts}^2 = 16,79 \text{ cm}^2$$

$$L_r = 5,17 \text{ m}$$

$$L_b = 4,00 \text{ m} < L_r = 5,17 \text{ m} \quad \text{Ok}$$

Conservadoramente:

$$C_b = 1,0$$

$$M_n = 9753 \text{ Kg-m} < M_n = M_p = 12977 \text{ Kg-m}$$

Luego:

$$M_n = 9753 \text{ Kg-m}$$

$$fM_n = 8778 \text{ Kg-m}$$

$$\frac{M_u}{fM_n} = \frac{4837 \text{ Kg-m}}{8778 \text{ Kg-m}} = 0,55$$

Evaluamos la siguiente ecuación de interacción:

$$0,5 \frac{P_u}{fP_n} + \frac{M_u}{fM_n} = 0,05 + 0,55 = 0,60 < 1,0 \quad \text{Ok}$$

Por lo tanto usamos: **W10x26**

2.9.6 Diseño de Vigas

- Viga de pórtico principal

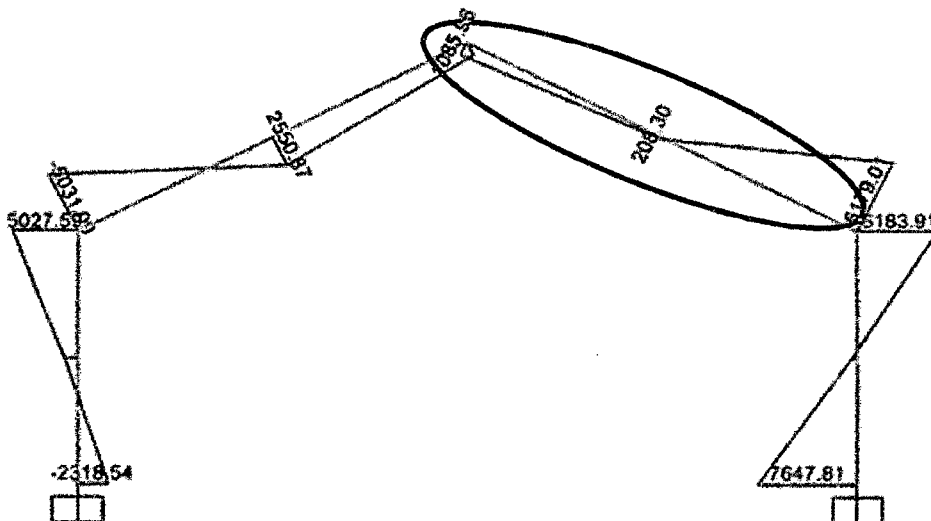


Figura N° 34 : Diagrama de Momentos Flectores debidos a Comb. C11

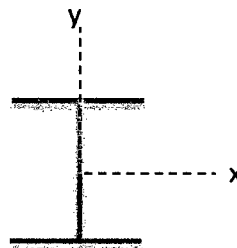
Combinación: C11

$P_u = 4904 \text{ Kg}$

$M_u = 6179 \text{ Kg-m}$

$V_u = 2725 \text{ Kg}$

Suponiendo Perfil: W W10x33



Propiedades del perfil

$A = 62.65 \text{ cm}^2$

$I_x = 7117.56 \text{ cm}^4$

$S_x = 573.55 \text{ cm}^3$

$r_x = 10.64 \text{ cm}$

$Z_x = 635.82 \text{ cm}^3$

$d = 24.71 \text{ cm}$

$t_w = 0.74 \text{ cm}$

$I_y = 1523.41 \text{ cm}^4$

$S_y = 150.76 \text{ cm}^3$

$r_y = 4.93 \text{ cm}$

$Z_y = 229.42 \text{ cm}^3$

$bf = 20.22 \text{ cm}$

$tf = 1.10 \text{ cm}$

Esbelteces:

$L_x = 3.68 \text{ m}$

$L_y = 3.68 \text{ m}$

$G_{ax} = 1.0$ (Empotrado)

$G_{bx} = 0.9$

$K_x = 1.3$

$K_y = 1.0$ (Empotrado)

$KL_x/r_x = 45$

$KL_y/r_y = 75$ (Controla)



- Diseño por Flexión:

Estado límite de pandeo local

Pandeo local del alma

$$\begin{aligned} \text{Relación ancho espesor del alma} \\ d/t_w = 33.6 < l_p = 106.7 \quad \text{Ok} \\ M_n = M_p = 16086 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

Pandeo local del ala

$$\begin{aligned} b_f/2t_f = 9.15 < l_p = 10.8 \quad \text{Ok} \\ M_n = M_p = 16086 \text{ Kg-m} \end{aligned}$$

Pandeo Lateral Torsional

$$\begin{aligned} L_b &= 1.00 \text{ m} \quad (\text{Conservadoramente}) \\ L_p &= 2.46 \text{ m} \\ L_b &< L_p \end{aligned}$$

Luego:

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= 16086 \text{ Kg-m} \\ \phi M_n &= 14478 \text{ Kg-m} > M_u = 6179 \text{ Kg-m} \quad \text{Ok} \\ \text{Ratio} &= 0.43 \end{aligned}$$

Por lo tanto usamos: **W10x22**

2.9.7 Análisis de ratios

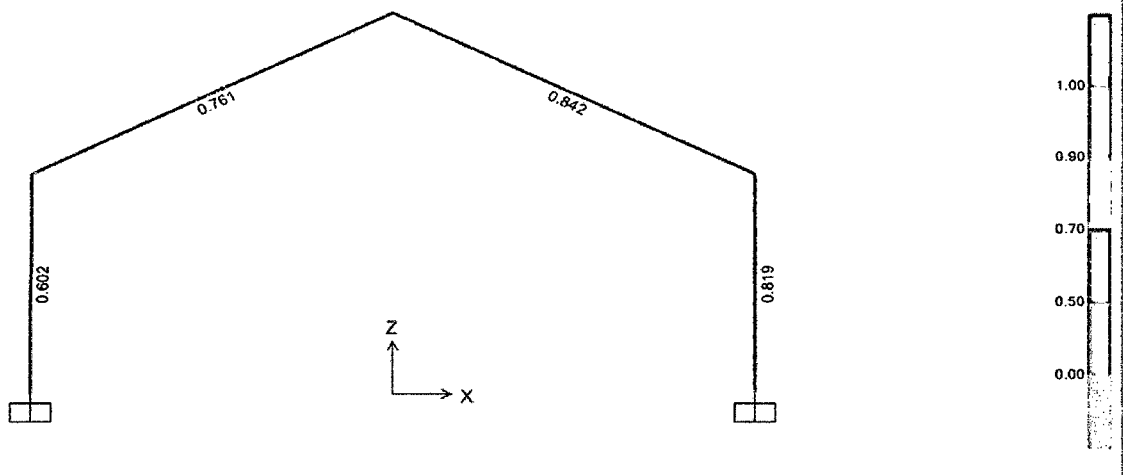
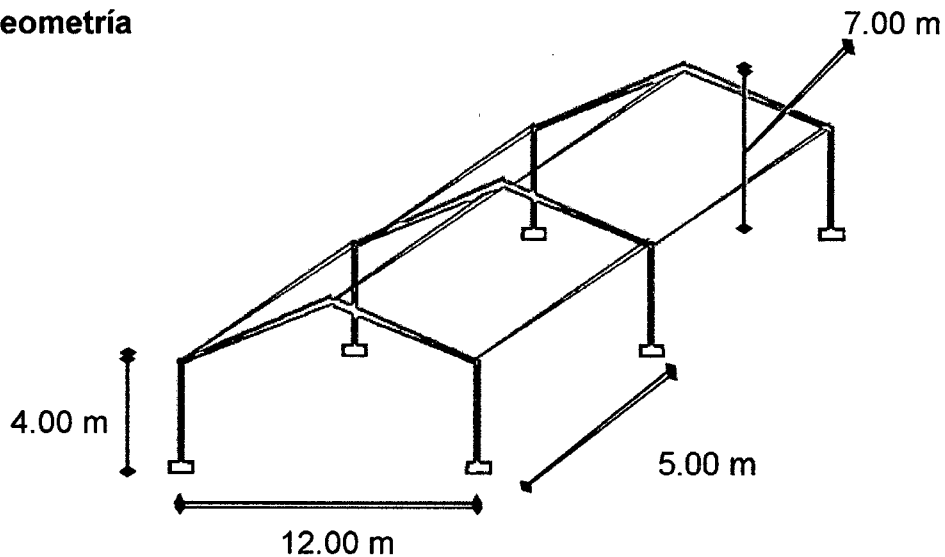


Figura N° 35 : Ratios Demanda Capacidad, pórtico rígido

3.0 Análisis de Pórtico Reticulado

3.1 Geometría



- Ángulo de Inclinación del techo (Θ) = 27°
- Número de correas = 6 (En Toda la longitud por tramo)
- Espaciamiento entre correas = 1.30 m

3.2 Cálculos

3.2.1 Pórtico Reticulado

3.2.2 Modelo 3D

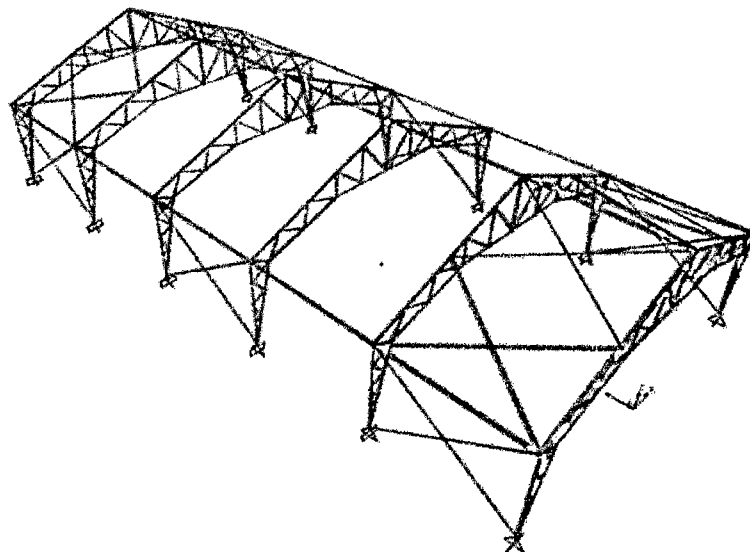


Fig. 36. Vista 3D Modelo

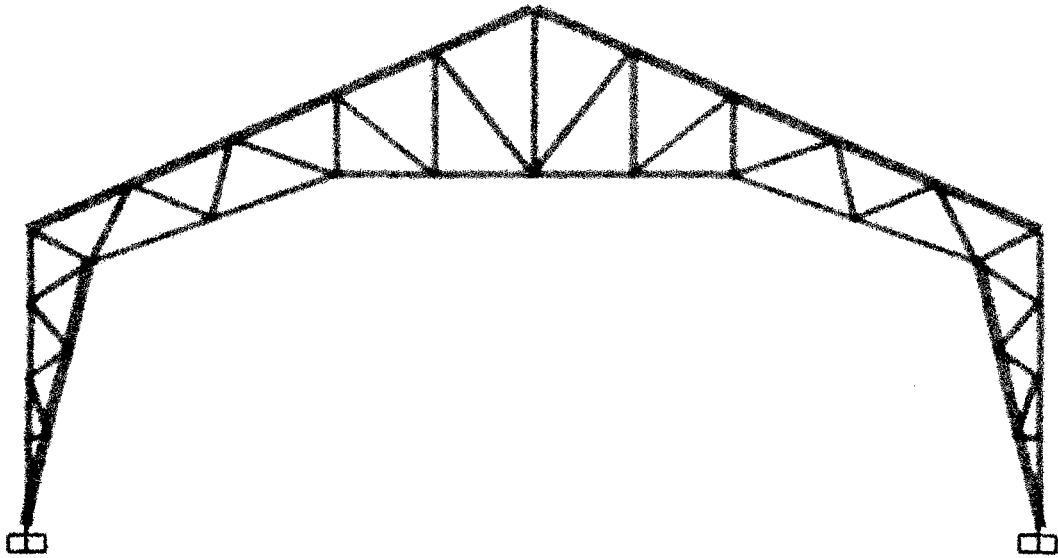


Fig. 37. Pórtico Típico

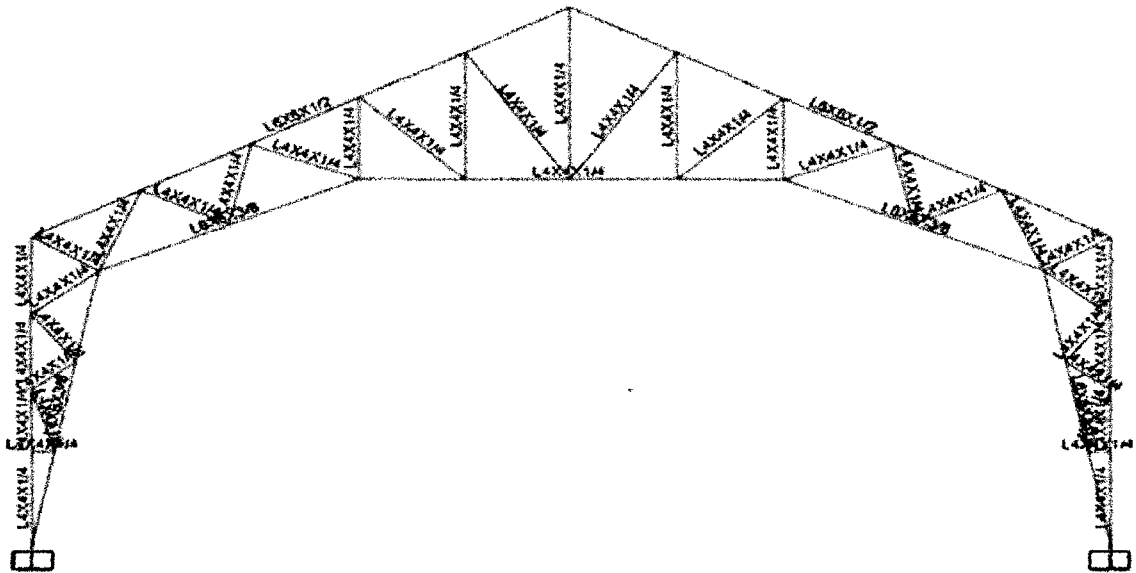


Fig. 38. Pórtico Típico Elementos frame

3.2.3 Cargas Sometidas en el modelo

- Carga Muerta (D)

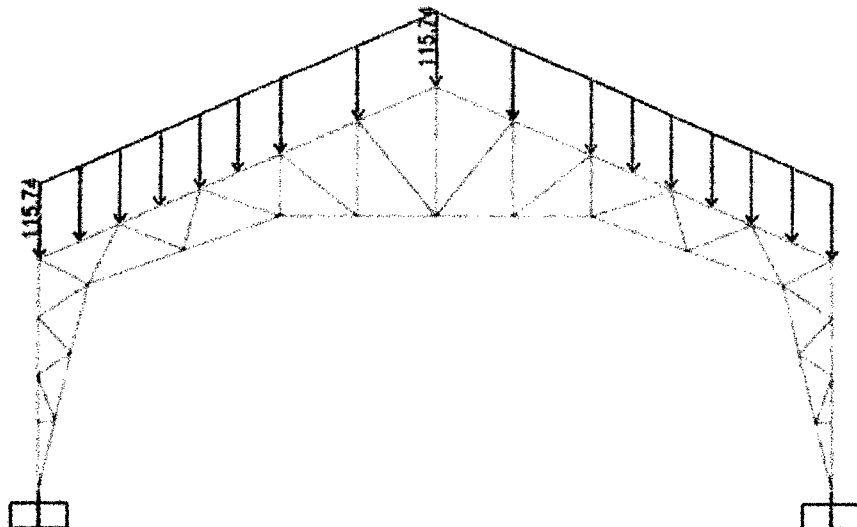


Fig. 39. Carga Muerta (D)

- Sobrecarga en el Techo (Lr)

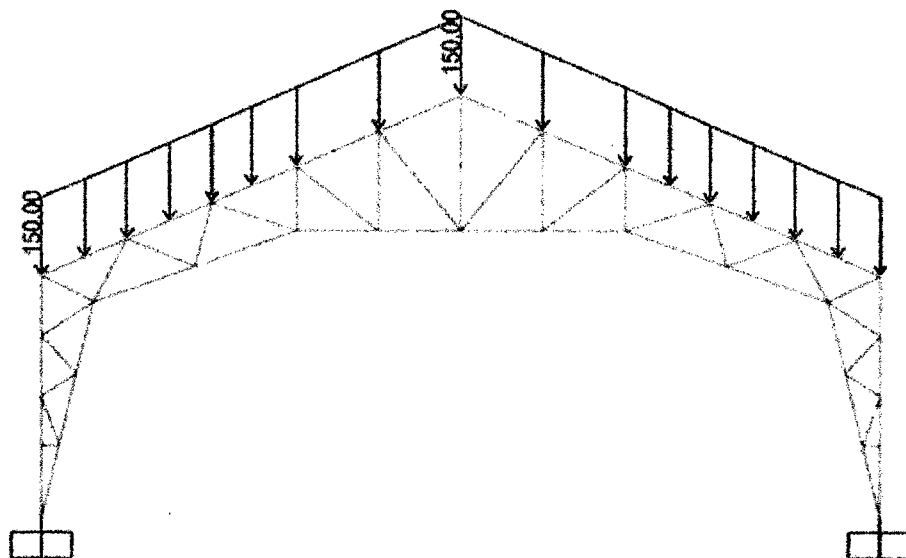


Fig. 40. Sobrecarga en el Techo (Lr)

● Viento en la dirección X modo 1(Wx1)

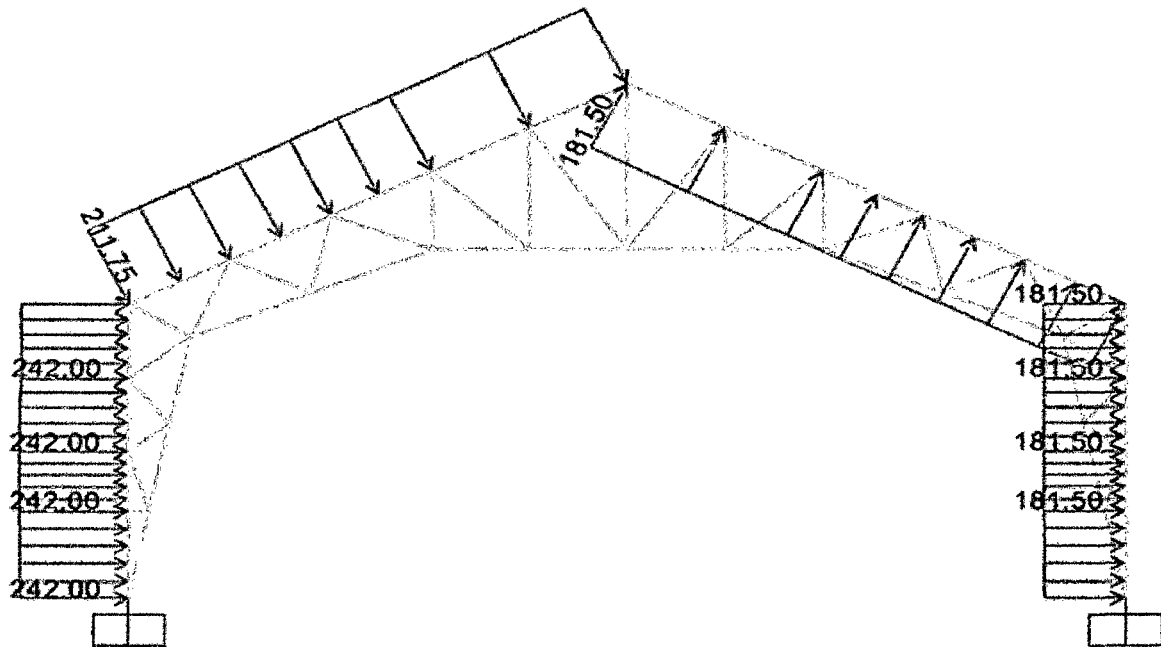


Fig. 41. Viento en la dirección X modo 1(Wx1)

● Viento en la dirección X modo 2 (Wx2)

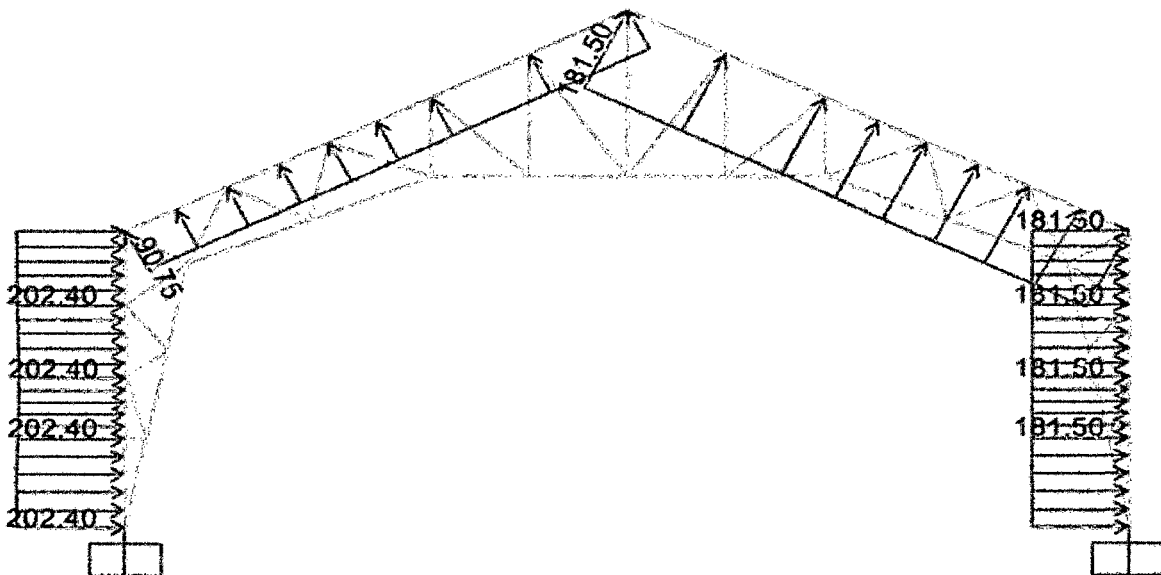


Fig. 42. Viento en la dirección X modo 2 (Wx2)

● Carga de Nieve Desbalanceada (Sd)

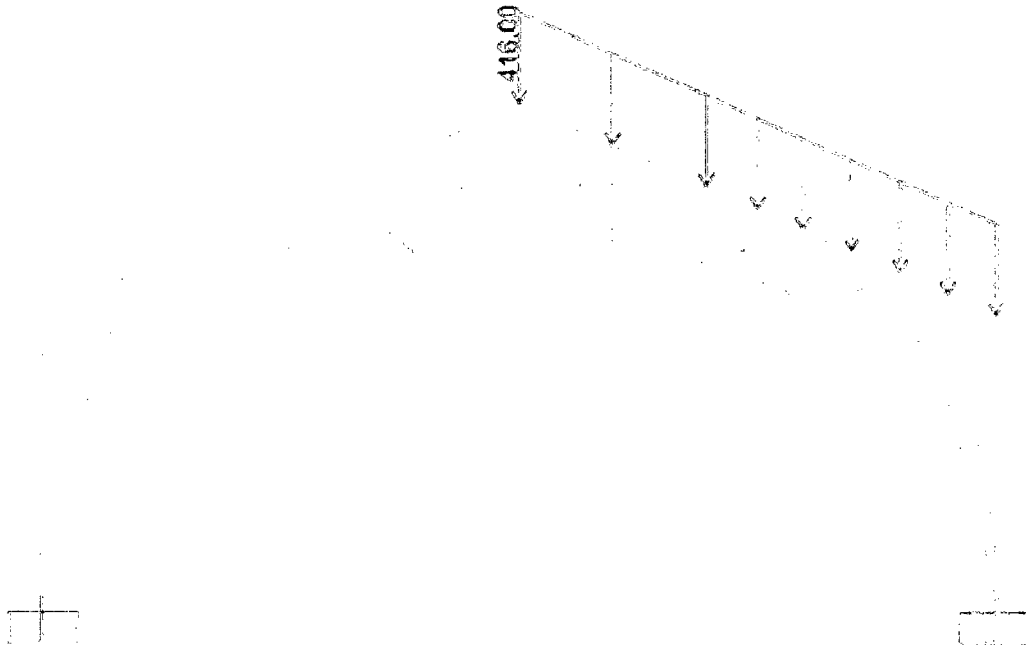
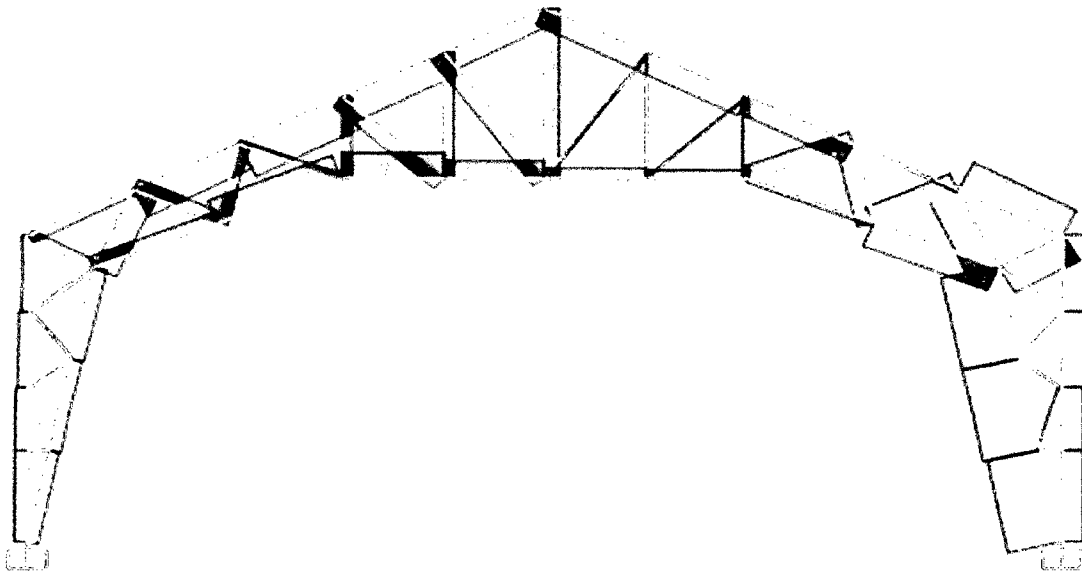


Fig. 43. Carga de Nieve Desbalanceada (Sd)

3.2.4 Fuerzas internas Tracción y compresión



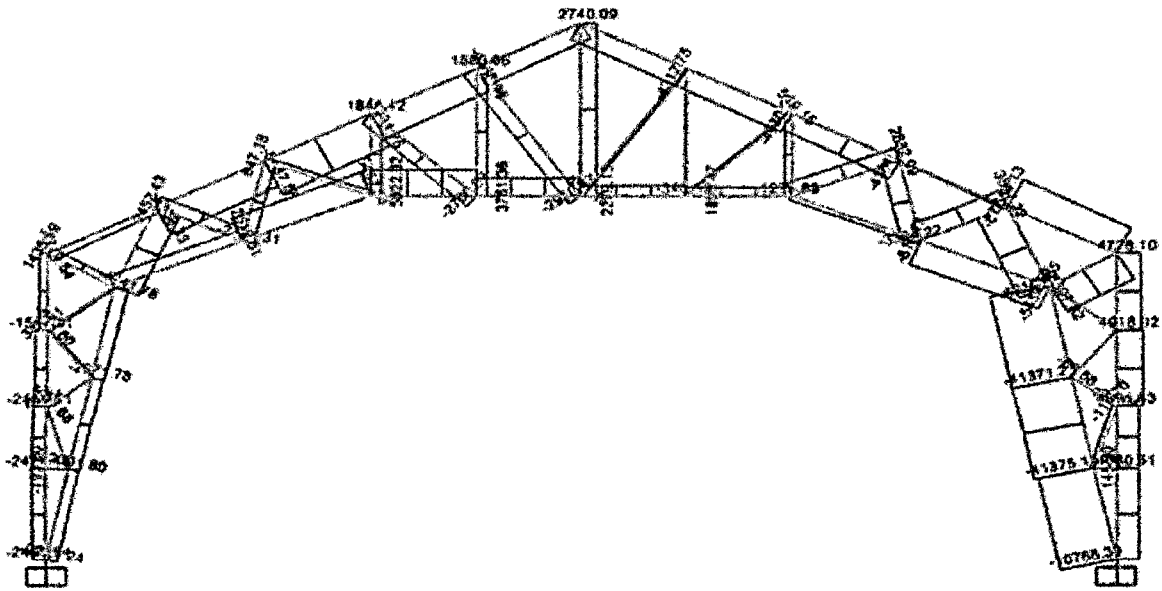


Fig. 44. Fuerzas internas Tracción y Compresión

3.2.5 Relación demanda Capacidad (Ratios de Resistencia)

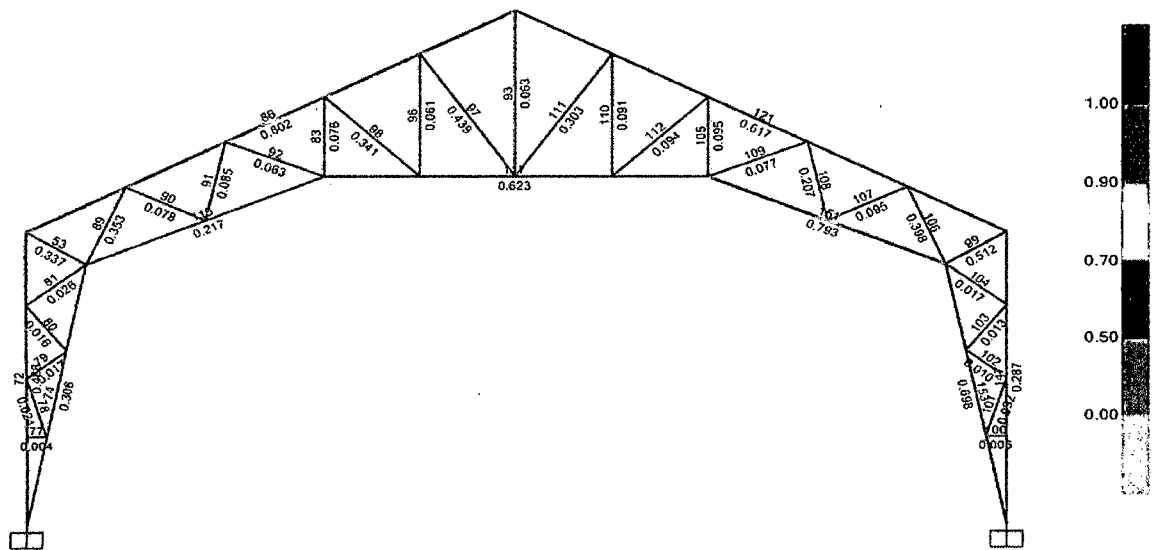


Fig. 45. Relación demanda Capacidad (Ratios de Resistencia)

CAPÍTULO III. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los siguientes resultados, son datos obtenidos del programa sap 2000.

PÓRTICO CON NUDOS RÍGIDOS

PESO DE LA ESTRUCTURA

| TABLE: Base Reactions | | | | | |
|-----------------------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| OutputCase | CaseType | StepType | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ |
| Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf |
| DEAD | LinStatic | | 0.00 | 0.00 | 825.31 |
| D | LinStatic | | 0.00 | 0.00 | 1552.82 |
| Lr | LinStatic | | 0.00 | 0.00 | 2012.46 |
| Sb | LinStatic | | 0.00 | 0.00 | 4293.25 |
| Wx1 | LinStatic | | -2873.75 | 0.00 | 181.50 |
| Ex | LinRespSpec | Max | 498.05 | 0.00 | 0.00 |
| Sd | LinStatic | | 0.00 | 0.00 | 2790.61 |
| Wx2 | LinStatic | | -1807.85 | 0.00 | -1633.50 |
| CS | Combination | | 0.00 | 0.00 | 8683.83 |

Tabla N° 6 : Reacciones Globales Pórtico Rígido

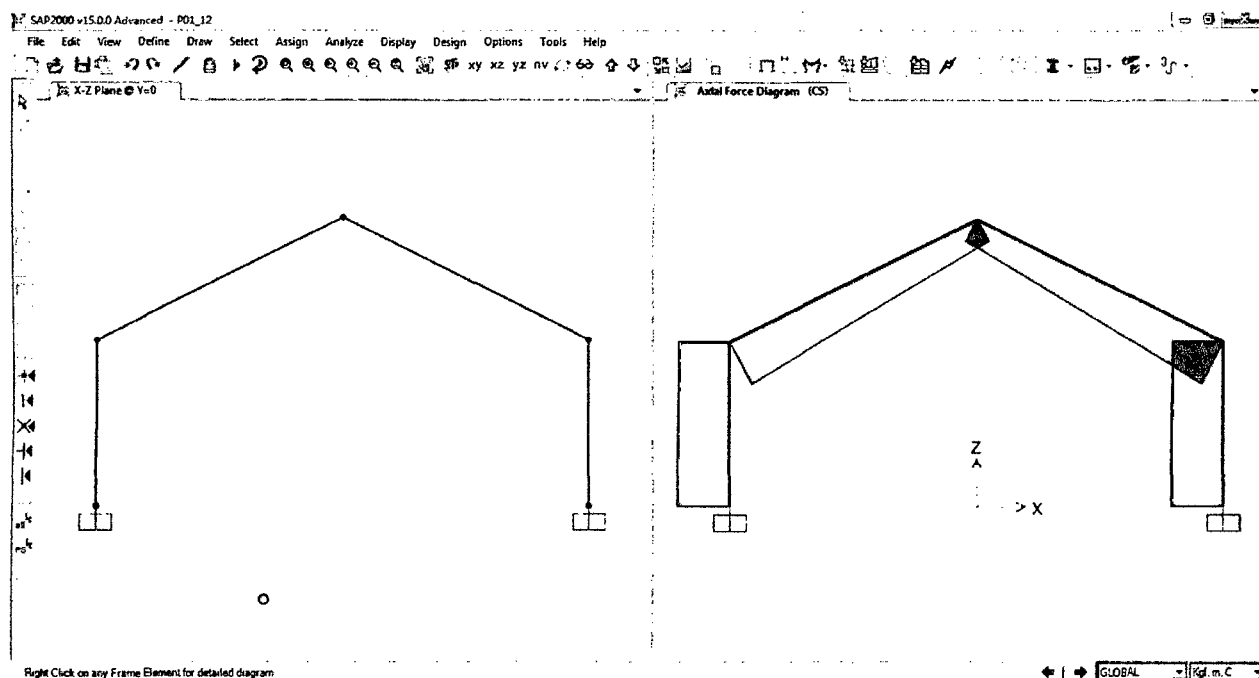


Fig. 46. Fuerza Axial en el pórtico

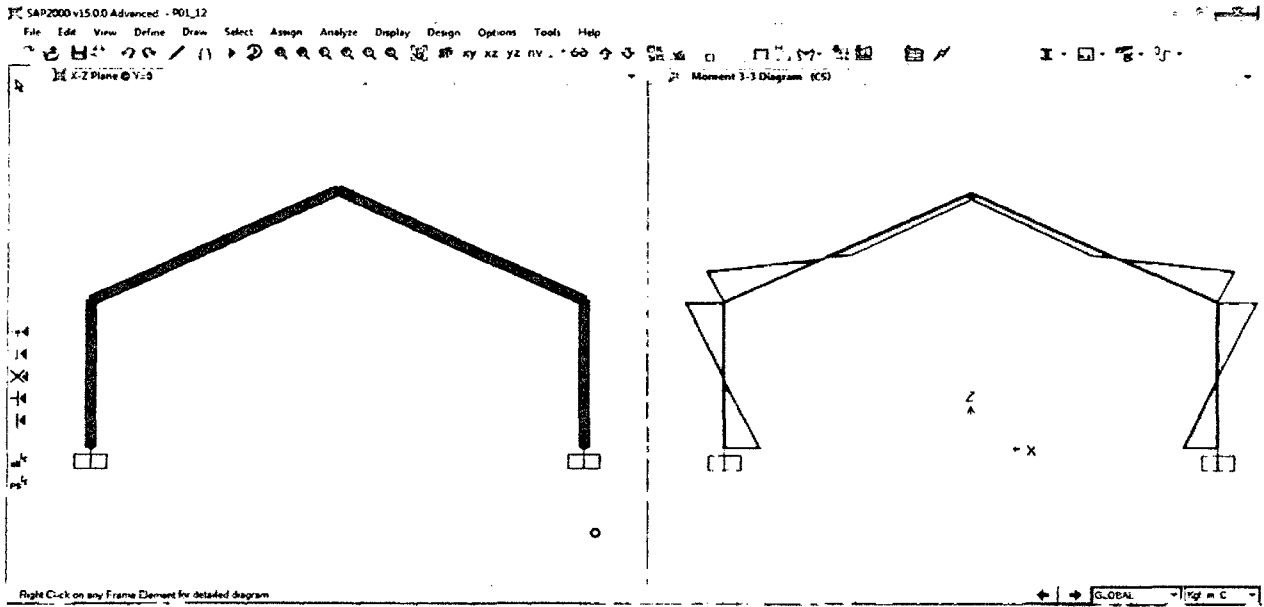


Fig. 47. Momento Flector en el pórtico

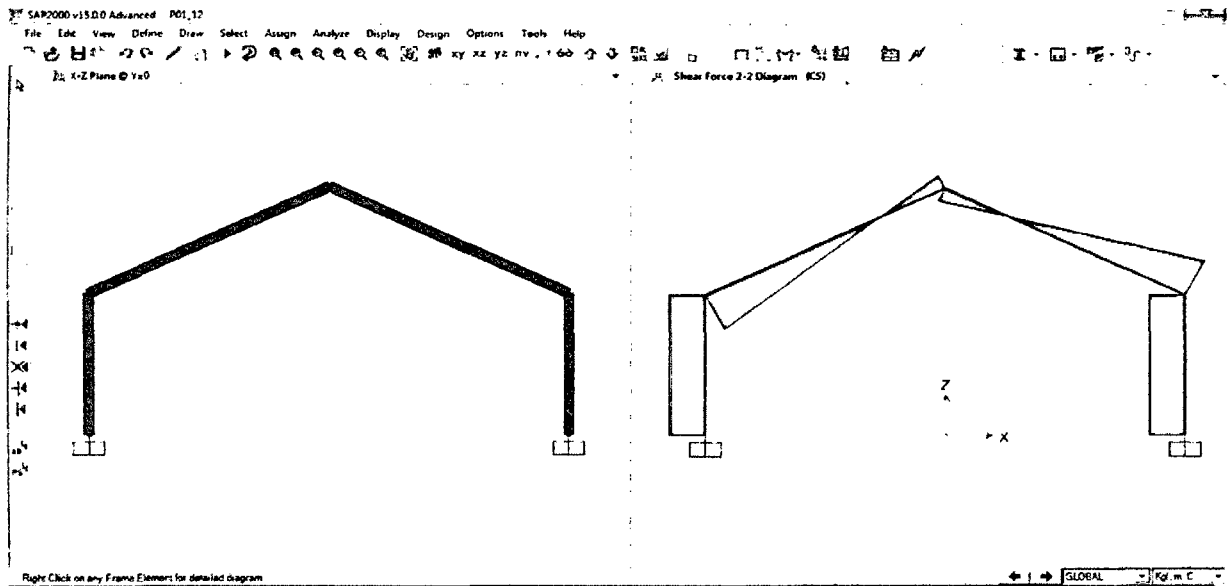


Fig. 48. Fuerza Cortante en el pórtico

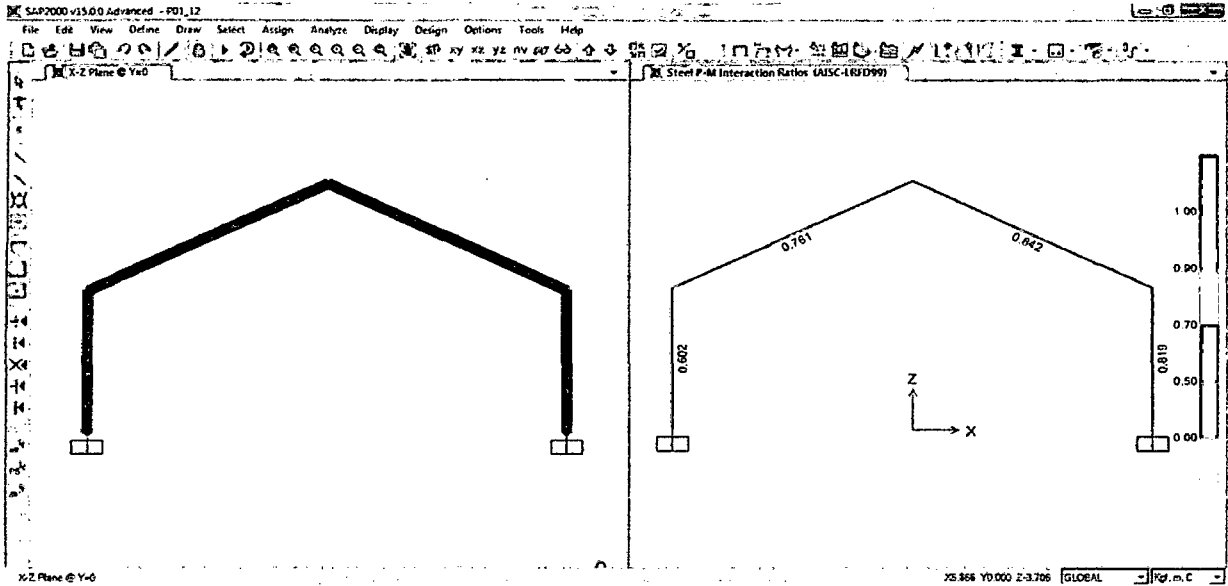


Fig. 49. Ratios Demanda Capacidad Pórtico Rígido

Desplazamientos

Desplazamientos por Sismo en X

| TABLE: Joint Displacements | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Joint | Outca | Case | Step | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
| Text | Text | Text | Text | cm | cm | cm | Rad | Rad | Rad |
| 8 | Ex | LinEsp | Max | 0.261 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| 9 | Ex | LinEsp | Max | 0.261 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| 10 | Ex | LinEsp | Max | 0.262 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Tabla N° 7 : Desplaz. Por Sismo x

Desplazamientos por Viento en X

| TABLE: Joint Displacements | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|---------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--|
| Joint | Outca | Case | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 | |
| Text | Text | Text | cm | cm | cm | Rad | Rad | Rad | |
| 8 | Wx1 | LinStat | 1.141 | 0.000 | -0.002 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | |
| 8 | Wx2 | LinStat | 0.621 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | |
| 9 | Wx1 | LinStat | 1.143 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | |
| 9 | Wx2 | LinStat | 0.353 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | |
| 10 | Wx1 | LinStat | 1.144 | 0.000 | -0.004 | 0.000 | -0.003 | 0.000 | |
| 10 | Wx2 | LinStat | 0.488 | 0.000 | 0.282 | 0.000 | -0.001 | 0.000 | |

Tabla N° 8 : Desplaz. Por Viento x



Desplazamientos por carga de Nieve

| TABLE: Joint Displacements | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|---------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Joint | Outca | Case | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
| Text | Text | Text | cm | cm | cm | Rad | Rad | Rad |
| 8 | Sb | LinStat | -0,464 | 0,000 | -0,009 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 8 | Sd | LinStat | -0,546 | 0,000 | -0,003 | 0,000 | -0,001 | 0,000 |
| 9 | Sb | LinStat | 0,464 | 0,000 | -0,009 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 9 | Sd | LinStat | 0,057 | 0,000 | -0,009 | 0,000 | -0,001 | 0,000 |
| 10 | Sb | LinStat | 0,000 | 0,000 | -0,959 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 10 | Sd | LinStat | -0,243 | 0,000 | -0,623 | 0,000 | 0,002 | 0,000 |

Tabla N° 9 : Desplaz. Por Carga de Nieve

Desplazamientos por Sobrecarga Lr

| TABLE: Joint Displacements | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|---------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Joint | Outca | Case | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
| Text | Text | Text | cm | cm | cm | Rad | Rad | Rad |
| 8 | Lr | LinStat | -0,217 | 0,000 | -0,004 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 9 | Lr | LinStat | 0,217 | 0,000 | -0,004 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 10 | Lr | LinStat | 0,000 | 0,000 | -0,449 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Tabla N° 10 : Desplaz. Por Sobrecarga Lr

Desplazamientos por carga Muerta

| TABLE: Joint Displacements | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|---------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Joint | Outca | Case | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
| Text | Text | Text | cm | cm | cm | Rad | Rad | Rad |
| 8 | DEAD | LinStat | -0,056 | 0,000 | -0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 8 | D | LinStat | -0,168 | 0,000 | -0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 9 | DEAD | LinStat | 0,056 | 0,000 | -0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 9 | D | LinStat | 0,168 | 0,000 | -0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 10 | DEAD | LinStat | 0,000 | 0,000 | -0,116 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 10 | D | LinStat | 0,000 | 0,000 | -0,347 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Tabla N° 11 : Desplazamientos por Carga Muerta



Fuerzas Internas de los elementos Frames

| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 72 | 0 | DEAD | LinStatic | | -352 | -120 | -228 |
| 72 | 2 | DEAD | LinStatic | | -286 | -120 | 13 |
| 72 | 4 | DEAD | LinStatic | | -220 | -120 | 253 |
| 72 | 0 | D | LinStatic | | -776 | -423 | -803 |
| 72 | 2 | D | LinStatic | | -776 | -423 | 44 |
| 72 | 4 | D | LinStatic | | -776 | -423 | 891 |
| 72 | 0 | Lr | LinStatic | | -1006 | -549 | -1040 |
| 72 | 2 | Lr | LinStatic | | -1006 | -549 | 57 |
| 72 | 4 | Lr | LinStatic | | -1006 | -549 | 1155 |
| 72 | 0 | Sb | LinStatic | | -2147 | -1171 | -2219 |
| 72 | 2 | Sb | LinStatic | | -2147 | -1171 | 123 |
| 72 | 4 | Sb | LinStatic | | -2147 | -1171 | 2464 |
| 72 | 0 | Wx1 | LinStatic | | -413 | 1491 | 3362 |
| 72 | 2 | Wx1 | LinStatic | | -413 | 1007 | 865 |
| 72 | 4 | Wx1 | LinStatic | | -413 | 523 | -665 |
| 72 | 0 | Ex | LinRespSpec | | 117 | 257 | 699 |
| 72 | 2 | Ex | LinRespSpec | | 117 | 257 | 185 |
| 72 | 4 | Ex | LinRespSpec | | 117 | 257 | 329 |
| 72 | 0 | Sd | LinStatic | | -635 | -761 | -1816 |
| 72 | 2 | Sd | LinStatic | | -635 | -761 | -294 |
| 72 | 4 | Sd | LinStatic | | -635 | -761 | 1228 |
| 72 | 0 | Wx2 | LinStatic | | 783 | 1314 | 2390 |
| 72 | 2 | Wx2 | LinStatic | | 783 | 909 | 168 |
| 72 | 4 | Wx2 | LinStatic | | 783 | 504 | -1246 |
| 72 | 0 | C1 | Combination | | -1580 | -761 | -1443 |
| 72 | 2 | C1 | Combination | | -1488 | -761 | 80 |
| 72 | 4 | C1 | Combination | | -1396 | -761 | 1602 |
| 72 | 0 | C2 | Combination | | -1857 | -927 | -1757 |
| 72 | 2 | C2 | Combination | | -1778 | -927 | 97 |
| 72 | 4 | C2 | Combination | | -1699 | -927 | 1951 |
| 72 | 0 | C3 | Combination | | -2427 | -1238 | -2346 |
| 72 | 2 | C3 | Combination | | -2348 | -1238 | 130 |
| 72 | 4 | C3 | Combination | | -2270 | -1238 | 2605 |
| 72 | 0 | C4 | Combination | | -1672 | -1033 | -2145 |
| 72 | 2 | C4 | Combination | | -1593 | -1033 | -79 |
| 72 | 4 | C4 | Combination | | -1514 | -1033 | 1987 |
| 72 | 0 | C5 | Combination | | -2964 | -1531 | -2901 |
| 72 | 2 | C5 | Combination | | -2885 | -1531 | 160 |
| 72 | 4 | C5 | Combination | | -2806 | -1531 | 3221 |
| 72 | 0 | C6 | Combination | | -4789 | -2526 | -4787 |
| 72 | 2 | C6 | Combination | | -4710 | -2526 | 264 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 72 | 4 | C6 | Combination | | -4631 | -2526 | 5316 |
| 72 | 0 | C7 | Combination | | -2371 | -1870 | -4142 |
| 72 | 2 | C7 | Combination | | -2292 | -1870 | -402 |
| 72 | 4 | C7 | Combination | | -2213 | -1870 | 3338 |
| 72 | 0 | C8 | Combination | | -3294 | -338 | -211 |
| 72 | 2 | C8 | Combination | | -3215 | -725 | 852 |
| 72 | 4 | C8 | Combination | | -3137 | -1112 | 2690 |
| 72 | 0 | C9 | Combination | | -2337 | -479 | -988 |
| 72 | 2 | C9 | Combination | | -2259 | -803 | 294 |
| 72 | 4 | C9 | Combination | | -2180 | -1127 | 2225 |
| 72 | 0 | C11 | Combination | | -5119 | -1333 | -2097 |
| 72 | 2 | C11 | Combination | | -5040 | -1720 | 956 |
| 72 | 4 | C11 | Combination | | -4961 | -2107 | 4784 |
| 72 | 0 | C12 | Combination | | -4162 | -1475 | -2875 |
| 72 | 2 | C12 | Combination | | -4083 | -1798 | 398 |
| 72 | 4 | C12 | Combination | | -4004 | -2122 | 4319 |
| 72 | 0 | C13 | Combination | | -2701 | -677 | -1452 |
| 72 | 2 | C13 | Combination | | -2622 | -1065 | 290 |
| 72 | 4 | C13 | Combination | | -2543 | -1452 | 2806 |
| 72 | 0 | C14 | Combination | | -1744 | -819 | -2230 |
| 72 | 2 | C14 | Combination | | -1665 | -1143 | -268 |
| 72 | 4 | C14 | Combination | | -1586 | -1467 | 2342 |
| 72 | 0 | C17 | Combination | | -1684 | 540 | 1453 |
| 72 | 2 | C17 | Combination | | -1606 | 153 | 760 |
| 72 | 4 | C17 | Combination | | -1527 | -234 | 841 |
| 72 | 0 | C18 | Combination | | -728 | 399 | 676 |
| 72 | 2 | C18 | Combination | | -649 | 75 | 202 |
| 72 | 4 | C18 | Combination | | -570 | -249 | 377 |
| 72 | 0 | C20 | Combination | | -2518 | 1458 | 3623 |
| 72 | 2 | C20 | Combination | | -2439 | 684 | 1481 |
| 72 | 4 | C20 | Combination | | -2360 | -90 | 887 |
| 72 | 0 | C21 | Combination | | -604 | 1175 | 2068 |
| 72 | 2 | C21 | Combination | | -525 | 528 | 365 |
| 72 | 4 | C21 | Combination | | -446 | -120 | -42 |
| 72 | 0 | C23 | Combination | | -3088 | 1147 | 3034 |
| 72 | 2 | C23 | Combination | | -3009 | 373 | 1513 |
| 72 | 4 | C23 | Combination | | -2930 | -401 | 1542 |
| 72 | 0 | C24 | Combination | | -1174 | 864 | 1479 |
| 72 | 2 | C24 | Combination | | -1095 | 217 | 398 |
| 72 | 4 | C24 | Combination | | -1017 | -431 | 612 |
| 72 | 0 | C25 | Combination | | -2332 | 1352 | 3235 |
| 72 | 2 | C25 | Combination | | -2254 | 578 | 1305 |
| 72 | 4 | C25 | Combination | | -2175 | -197 | 924 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 72 | 0 | C26 | Combination | | -419 | 1069 | 1680 |
| 72 | 2 | C26 | Combination | | -340 | 421 | 190 |
| 72 | 4 | C26 | Combination | | -261 | -226 | -6 |
| 72 | 0 | C29 | Combination | | -2015 | 1733 | 4143 |
| 72 | 2 | C29 | Combination | | -1936 | 958 | 1452 |
| 72 | 4 | C29 | Combination | | -1857 | 184 | 310 |
| 72 | 0 | C30 | Combination | | -101 | 1450 | 2588 |
| 72 | 2 | C30 | Combination | | -22 | 802 | 337 |
| 72 | 4 | C30 | Combination | | 57 | 154 | -620 |
| 72 | 0 | C32 | Combination | | -1667 | -630 | -981 |
| 72 | 2 | C32 | Combination | | -1588 | -630 | 278 |
| 72 | 4 | C32 | Combination | | -1509 | -630 | 2195 |
| 72 | 0 | C32 | Combination | | -1900 | -1144 | -2380 |
| 72 | 2 | C32 | Combination | | -1821 | -1144 | -92 |
| 72 | 4 | C32 | Combination | | -1742 | -1144 | 1537 |
| 72 | 0 | C33 | Combination | | -1364 | -548 | -900 |
| 72 | 2 | C33 | Combination | | -1285 | -548 | 195 |
| 72 | 4 | C33 | Combination | | -1207 | -548 | 1948 |
| 72 | 0 | C33 | Combination | | -1598 | -1062 | -2299 |
| 72 | 2 | C33 | Combination | | -1519 | -1062 | -176 |
| 72 | 4 | C33 | Combination | | -1440 | -1062 | 1290 |
| 72 | 0 | C36 | Combination | | -1676 | 1896 | 4452 |
| 72 | 2 | C36 | Combination | | -1617 | 1121 | 1435 |
| 72 | 4 | C36 | Combination | | -1558 | 347 | -33 |
| 72 | 0 | C37 | Combination | | 237 | 1613 | 2897 |
| 72 | 2 | C37 | Combination | | 297 | 965 | 320 |
| 72 | 4 | C37 | Combination | | 356 | 317 | -963 |
| 72 | 0 | C39 | Combination | | -899 | -232 | -228 |
| 72 | 2 | C39 | Combination | | -840 | -232 | 236 |
| 72 | 4 | C39 | Combination | | -780 | -232 | 1359 |
| 72 | 0 | C39 | Combination | | -1132 | -746 | -1627 |
| 72 | 2 | C39 | Combination | | -1073 | -746 | -134 |
| 72 | 4 | C39 | Combination | | -1014 | -746 | 701 |
| 72 | 0 | CS | Combination | | -4281 | -2263 | -4290 |
| 72 | 2 | CS | Combination | | -4215 | -2263 | 237 |
| 72 | 4 | CS | Combination | | -4150 | -2263 | 4763 |
| 86 | 0 | DEAD | LinStatic | | -206 | -143 | -253 |
| 86 | 3,354 | DEAD | LinStatic | | -157 | -45 | 63 |
| 86 | 6,708 | DEAD | LinStatic | | -108 | 54 | 48 |
| 86 | 0 | D | LinStatic | | -726 | -505 | -891 |
| 86 | 3,354 | D | LinStatic | | -552 | -158 | 221 |
| 86 | 6,708 | D | LinStatic | | -379 | 189 | 168 |
| 86 | 0 | Lr | LinStatic | | -941 | -655 | -1155 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 86 | 3,354 | Lr | LinStatic | | -716 | -205 | 286 |
| 86 | 6,708 | Lr | LinStatic | | -491 | 245 | 217 |
| 86 | 0 | Sb | LinStatic | | -2007 | -1396 | -2464 |
| 86 | 3,354 | Sb | LinStatic | | -1527 | -436 | 610 |
| 86 | 6,708 | Sb | LinStatic | | -1047 | 524 | 464 |
| 86 | 0 | Wx1 | LinStatic | | 283 | -603 | 665 |
| 86 | 3,354 | Wx1 | LinStatic | | 283 | 107 | 1497 |
| 86 | 6,708 | Wx1 | LinStatic | | 283 | 817 | -54 |
| 86 | 0 | Ex | LinRespSpec | | 163 | 49 | 329 |
| 86 | 3,354 | Ex | LinRespSpec | | 163 | 49 | 164 |
| 86 | 6,708 | Ex | LinRespSpec | | 163 | 49 | 0 |
| 86 | 0 | Sd | LinStatic | | -965 | -228 | -1228 |
| 86 | 3,354 | Sd | LinStatic | | -965 | -228 | -463 |
| 86 | 6,708 | Sd | LinStatic | | -965 | -228 | 301 |
| 86 | 0 | Wx2 | LinStatic | | 801 | 475 | 1246 |
| 86 | 3,354 | Wx2 | LinStatic | | 801 | 171 | 163 |
| 86 | 6,708 | Wx2 | LinStatic | | 801 | -134 | 101 |
| 86 | 0 | C1 | Combination | | -1305 | -908 | -1602 |
| 86 | 3,354 | C1 | Combination | | -993 | -284 | 396 |
| 86 | 6,708 | C1 | Combination | | -681 | 340 | 301 |
| 86 | 0 | C2 | Combination | | -1589 | -1105 | -1951 |
| 86 | 3,354 | C2 | Combination | | -1209 | -345 | 483 |
| 86 | 6,708 | C2 | Combination | | -829 | 414 | 367 |
| 86 | 0 | C3 | Combination | | -2122 | -1476 | -2605 |
| 86 | 3,354 | C3 | Combination | | -1615 | -461 | 645 |
| 86 | 6,708 | C3 | Combination | | -1107 | 554 | 490 |
| 86 | 0 | C4 | Combination | | -1601 | -892 | -1987 |
| 86 | 3,354 | C4 | Combination | | -1333 | -357 | 108 |
| 86 | 6,708 | C4 | Combination | | -1066 | 178 | 409 |
| 86 | 0 | C5 | Combination | | -2624 | -1825 | -3221 |
| 86 | 3,354 | C5 | Combination | | -1996 | -571 | 797 |
| 86 | 6,708 | C5 | Combination | | -1369 | 684 | 606 |
| 86 | 0 | C6 | Combination | | -4330 | -3012 | -5316 |
| 86 | 3,354 | C6 | Combination | | -3294 | -941 | 1315 |
| 86 | 6,708 | C6 | Combination | | -2259 | 1130 | 1000 |
| 86 | 0 | C7 | Combination | | -2662 | -1143 | -3338 |
| 86 | 3,354 | C7 | Combination | | -2395 | -608 | -402 |
| 86 | 6,708 | C7 | Combination | | -2127 | -73 | 740 |
| 86 | 0 | C8 | Combination | | -2398 | -2308 | -2690 |
| 86 | 3,354 | C8 | Combination | | -1770 | -485 | 1994 |
| 86 | 6,708 | C8 | Combination | | -1143 | 1338 | 563 |
| 86 | 0 | C9 | Combination | | -1983 | -1446 | -2225 |
| 86 | 3,354 | C9 | Combination | | -1355 | -434 | 927 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 86 | 6,708 | C9 | Combination | | -728 | 577 | 687 |
| 86 | 0 | C11 | Combination | | -4104 | -3495 | -4784 |
| 86 | 3,354 | C11 | Combination | | -3068 | -856 | 2513 |
| 86 | 6,708 | C11 | Combination | | -2033 | 1783 | 957 |
| 86 | 0 | C12 | Combination | | -3689 | -2633 | -4319 |
| 86 | 3,354 | C12 | Combination | | -2654 | -805 | 1446 |
| 86 | 6,708 | C12 | Combination | | -1618 | 1022 | 1081 |
| 86 | 0 | C13 | Combination | | -2436 | -1626 | -2806 |
| 86 | 3,354 | C13 | Combination | | -2168 | -522 | 796 |
| 86 | 6,708 | C13 | Combination | | -1901 | 581 | 698 |
| 86 | 0 | C14 | Combination | | -2021 | -763 | -2342 |
| 86 | 3,354 | C14 | Combination | | -1754 | -472 | -271 |
| 86 | 6,708 | C14 | Combination | | -1486 | -180 | 822 |
| 86 | 0 | C17 | Combination | | -892 | -1261 | -841 |
| 86 | 3,354 | C17 | Combination | | -625 | -158 | 1537 |
| 86 | 6,708 | C17 | Combination | | -357 | 946 | 215 |
| 86 | 0 | C18 | Combination | | -478 | -398 | -377 |
| 86 | 3,354 | C18 | Combination | | -210 | -107 | 470 |
| 86 | 6,708 | C18 | Combination | | 57 | 185 | 339 |
| 86 | 0 | C20 | Combination | | -1136 | -2071 | -887 |
| 86 | 3,354 | C20 | Combination | | -756 | -174 | 2877 |
| 86 | 6,708 | C20 | Combination | | -376 | 1722 | 281 |
| 86 | 0 | C21 | Combination | | -307 | -346 | 42 |
| 86 | 3,354 | C21 | Combination | | 73 | -73 | 743 |
| 86 | 6,708 | C21 | Combination | | 453 | 200 | 529 |
| 86 | 0 | C23 | Combination | | -1670 | -2441 | -1542 |
| 86 | 3,354 | C23 | Combination | | -1162 | -290 | 3039 |
| 86 | 6,708 | C23 | Combination | | -655 | 1861 | 404 |
| 86 | 0 | C24 | Combination | | -840 | -717 | -612 |
| 86 | 3,354 | C24 | Combination | | -333 | -189 | 905 |
| 86 | 6,708 | C24 | Combination | | 175 | 339 | 652 |
| 86 | 0 | C25 | Combination | | -1148 | -1857 | -924 |
| 86 | 3,354 | C25 | Combination | | -881 | -186 | 2503 |
| 86 | 6,708 | C25 | Combination | | -613 | 1485 | 323 |
| 86 | 0 | C26 | Combination | | -319 | -132 | 6 |
| 86 | 3,354 | C26 | Combination | | -52 | -84 | 369 |
| 86 | 6,708 | C26 | Combination | | 216 | -36 | 571 |
| 86 | 0 | C29 | Combination | | -666 | -1743 | -310 |
| 86 | 3,354 | C29 | Combination | | -398 | -72 | 2734 |
| 86 | 6,708 | C29 | Combination | | -131 | 1599 | 173 |
| 86 | 0 | C30 | Combination | | 163 | -18 | 620 |
| 86 | 3,354 | C30 | Combination | | 431 | 30 | 601 |
| 86 | 6,708 | C30 | Combination | | 698 | 78 | 421 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 86 | 0 | C32 | Combination | | -1357 | -1008 | -1537 |
| 86 | 3,354 | C32 | Combination | | -994 | -281 | 626 |
| 86 | 6,708 | C32 | Combination | | -630 | 446 | 351 |
| 86 | 0 | C32 | Combination | | -1683 | -1106 | -2195 |
| 86 | 3,354 | C32 | Combination | | -1319 | -380 | 297 |
| 86 | 6,708 | C32 | Combination | | -956 | 347 | 351 |
| 86 | 0 | C33 | Combination | | -1149 | -775 | -1290 |
| 86 | 3,354 | C33 | Combination | | -881 | -240 | 412 |
| 86 | 6,708 | C33 | Combination | | -614 | 295 | 319 |
| 86 | 0 | C33 | Combination | | -1474 | -873 | -1948 |
| 86 | 3,354 | C33 | Combination | | -1207 | -338 | 83 |
| 86 | 6,708 | C33 | Combination | | -939 | 197 | 319 |
| 86 | 0 | C36 | Combination | | -386 | -1549 | 33 |
| 86 | 3,354 | C36 | Combination | | -186 | -11 | 2649 |
| 86 | 6,708 | C36 | Combination | | 15 | 1527 | 108 |
| 86 | 0 | C37 | Combination | | 443 | 176 | 963 |
| 86 | 3,354 | C37 | Combination | | 644 | 90 | 516 |
| 86 | 6,708 | C37 | Combination | | 844 | 5 | 356 |
| 86 | 0 | C39 | Combination | | -676 | -535 | -701 |
| 86 | 3,354 | C39 | Combination | | -476 | -133 | 419 |
| 86 | 6,708 | C39 | Combination | | -275 | 268 | 194 |
| 86 | 0 | C39 | Combination | | -1001 | -633 | -1359 |
| 86 | 3,354 | C39 | Combination | | -801 | -231 | 90 |
| 86 | 6,708 | C39 | Combination | | -600 | 170 | 194 |
| 86 | 0 | CS | Combination | | -3880 | -2699 | -4763 |
| 86 | 3,354 | CS | Combination | | -2952 | -844 | 1179 |
| 86 | 6,708 | CS | Combination | | -2024 | 1012 | 896 |
| 121 | 0 | DEAD | LinStatic | | -108 | -54 | 48 |
| 121 | 3,354 | DEAD | LinStatic | | -157 | 45 | 63 |
| 121 | 6,708 | DEAD | LinStatic | | -206 | 143 | -253 |
| 121 | 0 | D | LinStatic | | -379 | -189 | 168 |
| 121 | 3,354 | D | LinStatic | | -552 | 158 | 221 |
| 121 | 6,708 | D | LinStatic | | -726 | 505 | -891 |
| 121 | 0 | Lr | LinStatic | | -491 | -245 | 217 |
| 121 | 3,354 | Lr | LinStatic | | -716 | 205 | 286 |
| 121 | 6,708 | Lr | LinStatic | | -941 | 655 | -1155 |
| 121 | 0 | Sb | LinStatic | | -1047 | -524 | 464 |
| 121 | 3,354 | Sb | LinStatic | | -1527 | 436 | 610 |
| 121 | 6,708 | Sb | LinStatic | | -2007 | 1396 | -2464 |
| 121 | 0 | Wx1 | LinStatic | | -484 | 717 | -54 |
| 121 | 3,354 | Wx1 | LinStatic | | -484 | 108 | -1436 |
| 121 | 6,708 | Wx1 | LinStatic | | -484 | -501 | -777 |
| 121 | 0 | Ex | LinRespSpec | | 163 | 49 | 0 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 121 | 3,354 | Ex | LinRespSpec | | 163 | 49 | 164 |
| 121 | 6,708 | Ex | LinRespSpec | | 163 | 49 | 329 |
| 121 | 0 | Sd | LinStatic | | -397 | -909 | 301 |
| 121 | 3,354 | Sd | LinStatic | | -1021 | 339 | 1256 |
| 121 | 6,708 | Sd | LinStatic | | -1645 | 1587 | -1975 |
| 121 | 0 | Wx2 | LinStatic | | 588 | 561 | 101 |
| 121 | 3,354 | Wx2 | LinStatic | | 588 | -48 | -758 |
| 121 | 6,708 | Wx2 | LinStatic | | 588 | -657 | 424 |
| 121 | 0 | C1 | Combination | | -681 | -340 | 301 |
| 121 | 3,354 | C1 | Combination | | -993 | 284 | 396 |
| 121 | 6,708 | C1 | Combination | | -1305 | 908 | -1602 |
| 121 | 0 | C2 | Combination | | -829 | -414 | 367 |
| 121 | 3,354 | C2 | Combination | | -1209 | 345 | 483 |
| 121 | 6,708 | C2 | Combination | | -1589 | 1105 | -1951 |
| 121 | 0 | C3 | Combination | | -1107 | -554 | 490 |
| 121 | 3,354 | C3 | Combination | | -1615 | 461 | 645 |
| 121 | 6,708 | C3 | Combination | | -2122 | 1476 | -2605 |
| 121 | 0 | C4 | Combination | | -782 | -746 | 409 |
| 121 | 3,354 | C4 | Combination | | -1361 | 413 | 968 |
| 121 | 6,708 | C4 | Combination | | -1941 | 1572 | -2361 |
| 121 | 0 | C5 | Combination | | -1369 | -684 | 606 |
| 121 | 3,354 | C5 | Combination | | -1996 | 571 | 797 |
| 121 | 6,708 | C5 | Combination | | -2624 | 1825 | -3221 |
| 121 | 0 | C6 | Combination | | -2259 | -1130 | 1000 |
| 121 | 3,354 | C6 | Combination | | -3294 | 941 | 1315 |
| 121 | 6,708 | C6 | Combination | | -4330 | 3012 | -5316 |
| 121 | 0 | C7 | Combination | | -1218 | -1746 | 740 |
| 121 | 3,354 | C7 | Combination | | -2484 | 786 | 2349 |
| 121 | 6,708 | C7 | Combination | | -3750 | 3318 | -4533 |
| 121 | 0 | C8 | Combination | | -1756 | -111 | 563 |
| 121 | 3,354 | C8 | Combination | | -2384 | 657 | -352 |
| 121 | 6,708 | C8 | Combination | | -3011 | 1425 | -3843 |
| 121 | 0 | C9 | Combination | | -899 | -236 | 687 |
| 121 | 3,354 | C9 | Combination | | -1526 | 532 | 191 |
| 121 | 6,708 | C9 | Combination | | -2154 | 1300 | -2882 |
| 121 | 0 | C11 | Combination | | -2646 | -556 | 957 |
| 121 | 3,354 | C11 | Combination | | -3682 | 1028 | 166 |
| 121 | 6,708 | C11 | Combination | | -4717 | 2612 | -5938 |
| 121 | 0 | C12 | Combination | | -1789 | -681 | 1081 |
| 121 | 3,354 | C12 | Combination | | -2824 | 903 | 709 |
| 121 | 6,708 | C12 | Combination | | -3860 | 2487 | -4976 |
| 121 | 0 | C13 | Combination | | -1605 | -1172 | 698 |
| 121 | 3,354 | C13 | Combination | | -2871 | 872 | 1200 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 121 | 6,708 | C13 | Combination | | -4137 | 2917 | -5155 |
| 121 | 0 | C14 | Combination | | -748 | -1297 | 822 |
| 121 | 3,354 | C14 | Combination | | -2014 | 748 | 1743 |
| 121 | 6,708 | C14 | Combination | | -3280 | 2792 | -4194 |
| 121 | 0 | C17 | Combination | | -971 | 282 | 215 |
| 121 | 3,354 | C17 | Combination | | -1238 | 330 | -809 |
| 121 | 6,708 | C17 | Combination | | -1506 | 377 | -1995 |
| 121 | 0 | C18 | Combination | | -113 | 157 | 339 |
| 121 | 3,354 | C18 | Combination | | -381 | 205 | -267 |
| 121 | 6,708 | C18 | Combination | | -648 | 253 | -1034 |
| 121 | 0 | C20 | Combination | | -1604 | 732 | 281 |
| 121 | 3,354 | C20 | Combination | | -1984 | 518 | -1816 |
| 121 | 6,708 | C20 | Combination | | -2364 | 304 | -3195 |
| 121 | 0 | C21 | Combination | | 111 | 483 | 529 |
| 121 | 3,354 | C21 | Combination | | -269 | 268 | -730 |
| 121 | 6,708 | C21 | Combination | | -649 | 54 | -1272 |
| 121 | 0 | C23 | Combination | | -1882 | 593 | 404 |
| 121 | 3,354 | C23 | Combination | | -2389 | 634 | -1654 |
| 121 | 6,708 | C23 | Combination | | -2897 | 675 | -3849 |
| 121 | 0 | C24 | Combination | | -167 | 343 | 652 |
| 121 | 3,354 | C24 | Combination | | -674 | 384 | -568 |
| 121 | 6,708 | C24 | Combination | | -1182 | 425 | -1926 |
| 121 | 0 | C25 | Combination | | -1556 | 401 | 323 |
| 121 | 3,354 | C25 | Combination | | -2136 | 586 | -1331 |
| 121 | 6,708 | C25 | Combination | | -2715 | 770 | -3605 |
| 121 | 0 | C26 | Combination | | 159 | 151 | 571 |
| 121 | 3,354 | C26 | Combination | | -421 | 336 | -245 |
| 121 | 6,708 | C26 | Combination | | -1000 | 521 | -1682 |
| 121 | 0 | C29 | Combination | | -1358 | 855 | 173 |
| 121 | 3,354 | C29 | Combination | | -1626 | 416 | -1959 |
| 121 | 6,708 | C29 | Combination | | -1893 | -23 | -2617 |
| 121 | 0 | C30 | Combination | | 357 | 605 | 421 |
| 121 | 3,354 | C30 | Combination | | 89 | 166 | -873 |
| 121 | 6,708 | C30 | Combination | | -178 | -273 | -694 |
| 121 | 0 | C32 | Combination | | -630 | -347 | 351 |
| 121 | 3,354 | C32 | Combination | | -994 | 380 | 626 |
| 121 | 6,708 | C32 | Combination | | -1357 | 1106 | -1537 |
| 121 | 0 | C32 | Combination | | -956 | -446 | 351 |
| 121 | 3,354 | C32 | Combination | | -1319 | 281 | 297 |
| 121 | 6,708 | C32 | Combination | | -1683 | 1008 | -2195 |
| 121 | 0 | C33 | Combination | | -500 | -424 | 319 |
| 121 | 3,354 | C33 | Combination | | -893 | 360 | 755 |
| 121 | 6,708 | C33 | Combination | | -1285 | 1145 | -1439 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 121 | 0 | C33 | Combination | | -825 | -523 | 319 |
| 121 | 3,354 | C33 | Combination | | -1218 | 262 | 427 |
| 121 | 6,708 | C33 | Combination | | -1610 | 1047 | -2097 |
| 121 | 0 | C36 | Combination | | -1212 | 928 | 108 |
| 121 | 3,354 | C36 | Combination | | -1413 | 355 | -2043 |
| 121 | 6,708 | C36 | Combination | | -1613 | -218 | -2274 |
| 121 | 0 | C37 | Combination | | 503 | 678 | 356 |
| 121 | 3,354 | C37 | Combination | | 302 | 105 | -958 |
| 121 | 6,708 | C37 | Combination | | 102 | -467 | -351 |
| 121 | 0 | C39 | Combination | | -275 | -170 | 194 |
| 121 | 3,354 | C39 | Combination | | -476 | 231 | 419 |
| 121 | 6,708 | C39 | Combination | | -676 | 633 | -701 |
| 121 | 0 | C39 | Combination | | -600 | -268 | 194 |
| 121 | 3,354 | C39 | Combination | | -801 | 133 | 90 |
| 121 | 6,708 | C39 | Combination | | -1001 | 535 | -1359 |
| 121 | 0 | CS | Combination | | -2024 | -1012 | 896 |
| 121 | 3,354 | CS | Combination | | -2952 | 844 | 1179 |
| 121 | 6,708 | CS | Combination | | -3880 | 2699 | -4763 |
| 147 | 0 | DEAD | LinStatic | | -220 | -120 | -253 |
| 147 | 2 | DEAD | LinStatic | | -286 | -120 | -13 |
| 147 | 4 | DEAD | LinStatic | | -352 | -120 | 228 |
| 147 | 0 | D | LinStatic | | -776 | -423 | -891 |
| 147 | 2 | D | LinStatic | | -776 | -423 | -44 |
| 147 | 4 | D | LinStatic | | -776 | -423 | 803 |
| 147 | 0 | Lr | LinStatic | | -1006 | -549 | -1155 |
| 147 | 2 | Lr | LinStatic | | -1006 | -549 | -57 |
| 147 | 4 | Lr | LinStatic | | -1006 | -549 | 1040 |
| 147 | 0 | Sb | LinStatic | | -2147 | -1171 | -2464 |
| 147 | 2 | Sb | LinStatic | | -2147 | -1171 | -123 |
| 147 | 4 | Sb | LinStatic | | -2147 | -1171 | 2219 |
| 147 | 0 | Wx1 | LinStatic | | 231 | -657 | -777 |
| 147 | 2 | Wx1 | LinStatic | | 231 | -1020 | 900 |
| 147 | 4 | Wx1 | LinStatic | | 231 | -1383 | 3303 |
| 147 | 0 | Ex | LinRespSpec | | 117 | 257 | 329 |
| 147 | 2 | Ex | LinRespSpec | | 117 | 257 | 185 |
| 147 | 4 | Ex | LinRespSpec | | 117 | 257 | 699 |
| 147 | 0 | Sd | LinStatic | | -2155 | -761 | -1975 |
| 147 | 2 | Sd | LinStatic | | -2155 | -761 | -453 |
| 147 | 4 | Sd | LinStatic | | -2155 | -761 | 1069 |
| 147 | 0 | Wx2 | LinStatic | | 850 | 232 | 424 |
| 147 | 2 | Wx2 | LinStatic | | 850 | -131 | 323 |
| 147 | 4 | Wx2 | LinStatic | | 850 | -494 | 949 |
| 147 | 0 | C1 | Combination | | -1396 | -761 | -1602 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 147 | 2 | C1 | Combination | | -1488 | -761 | -80 |
| 147 | 4 | C1 | Combination | | -1580 | -761 | 1443 |
| 147 | 0 | C2 | Combination | | -1699 | -927 | -1951 |
| 147 | 2 | C2 | Combination | | -1778 | -927 | -97 |
| 147 | 4 | C2 | Combination | | -1857 | -927 | 1757 |
| 147 | 0 | C3 | Combination | | -2270 | -1238 | -2605 |
| 147 | 2 | C3 | Combination | | -2348 | -1238 | -130 |
| 147 | 4 | C3 | Combination | | -2427 | -1238 | 2346 |
| 147 | 0 | C4 | Combination | | -2274 | -1033 | -2361 |
| 147 | 2 | C4 | Combination | | -2353 | -1033 | -295 |
| 147 | 4 | C4 | Combination | | -2432 | -1033 | 1771 |
| 147 | 0 | C5 | Combination | | -2806 | -1531 | -3221 |
| 147 | 2 | C5 | Combination | | -2885 | -1531 | -160 |
| 147 | 4 | C5 | Combination | | -2964 | -1531 | 2901 |
| 147 | 0 | C6 | Combination | | -4631 | -2526 | -5316 |
| 147 | 2 | C6 | Combination | | -4710 | -2526 | -264 |
| 147 | 4 | C6 | Combination | | -4789 | -2526 | 4787 |
| 147 | 0 | C7 | Combination | | -4645 | -1870 | -4533 |
| 147 | 2 | C7 | Combination | | -4723 | -1870 | -793 |
| 147 | 4 | C7 | Combination | | -4802 | -1870 | 2947 |
| 147 | 0 | C8 | Combination | | -2621 | -2056 | -3843 |
| 147 | 2 | C8 | Combination | | -2700 | -2347 | 560 |
| 147 | 4 | C8 | Combination | | -2779 | -2637 | 5543 |
| 147 | 0 | C9 | Combination | | -2126 | -1345 | -2882 |
| 147 | 2 | C9 | Combination | | -2205 | -1635 | 99 |
| 147 | 4 | C9 | Combination | | -2284 | -1926 | 3660 |
| 147 | 0 | C11 | Combination | | -4446 | -3051 | -5938 |
| 147 | 2 | C11 | Combination | | -4525 | -3342 | 455 |
| 147 | 4 | C11 | Combination | | -4603 | -3632 | 7429 |
| 147 | 0 | C12 | Combination | | -3951 | -2340 | -4976 |
| 147 | 2 | C12 | Combination | | -4029 | -2630 | -6 |
| 147 | 4 | C12 | Combination | | -4108 | -2921 | 5546 |
| 147 | 0 | C13 | Combination | | -4459 | -2396 | -5155 |
| 147 | 2 | C13 | Combination | | -4538 | -2686 | -74 |
| 147 | 4 | C13 | Combination | | -4617 | -2976 | 5589 |
| 147 | 0 | C14 | Combination | | -3964 | -1684 | -4194 |
| 147 | 2 | C14 | Combination | | -4043 | -1975 | -535 |
| 147 | 4 | C14 | Combination | | -4122 | -2265 | 3706 |
| 147 | 0 | C17 | Combination | | -1011 | -1178 | -1995 |
| 147 | 2 | C17 | Combination | | -1090 | -1468 | 651 |
| 147 | 4 | C17 | Combination | | -1169 | -1759 | 3879 |
| 147 | 0 | C18 | Combination | | -516 | -467 | -1034 |
| 147 | 2 | C18 | Combination | | -595 | -757 | 190 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 147 | 4 | C18 | Combination | | -674 | -1048 | 1995 |
| 147 | 0 | C20 | Combination | | -1329 | -1978 | -3195 |
| 147 | 2 | C20 | Combination | | -1408 | -2559 | 1342 |
| 147 | 4 | C20 | Combination | | -1487 | -3140 | 7041 |
| 147 | 0 | C21 | Combination | | -339 | -556 | -1272 |
| 147 | 2 | C21 | Combination | | -418 | -1137 | 421 |
| 147 | 4 | C21 | Combination | | -496 | -1717 | 3274 |
| 147 | 0 | C23 | Combination | | -1899 | -2289 | -3849 |
| 147 | 2 | C23 | Combination | | -1978 | -2870 | 1310 |
| 147 | 4 | C23 | Combination | | -2057 | -3451 | 7630 |
| 147 | 0 | C24 | Combination | | -909 | -867 | -1926 |
| 147 | 2 | C24 | Combination | | -988 | -1448 | 388 |
| 147 | 4 | C24 | Combination | | -1067 | -2028 | 3864 |
| 147 | 0 | C25 | Combination | | -1903 | -2084 | -3605 |
| 147 | 2 | C25 | Combination | | -1982 | -2665 | 1144 |
| 147 | 4 | C25 | Combination | | -2061 | -3246 | 7055 |
| 147 | 0 | C26 | Combination | | -913 | -662 | -1682 |
| 147 | 2 | C26 | Combination | | -992 | -1243 | 223 |
| 147 | 4 | C26 | Combination | | -1071 | -1823 | 3289 |
| 147 | 0 | C29 | Combination | | -826 | -1704 | -2617 |
| 147 | 2 | C29 | Combination | | -905 | -2284 | 1371 |
| 147 | 4 | C29 | Combination | | -984 | -2865 | 6521 |
| 147 | 0 | C30 | Combination | | 164 | -281 | -694 |
| 147 | 2 | C30 | Combination | | 86 | -862 | 449 |
| 147 | 4 | C30 | Combination | | 7 | -1443 | 2754 |
| 147 | 0 | C32 | Combination | | -1509 | -630 | -1537 |
| 147 | 2 | C32 | Combination | | -1588 | -630 | 92 |
| 147 | 4 | C32 | Combination | | -1667 | -630 | 2380 |
| 147 | 0 | C32 | Combination | | -1742 | -1144 | -2195 |
| 147 | 2 | C32 | Combination | | -1821 | -1144 | -278 |
| 147 | 4 | C32 | Combination | | -1900 | -1144 | 981 |
| 147 | 0 | C33 | Combination | | -1510 | -548 | -1439 |
| 147 | 2 | C33 | Combination | | -1589 | -548 | 26 |
| 147 | 4 | C33 | Combination | | -1668 | -548 | 2150 |
| 147 | 0 | C33 | Combination | | -1744 | -1062 | -2097 |
| 147 | 2 | C33 | Combination | | -1823 | -1062 | -344 |
| 147 | 4 | C33 | Combination | | -1902 | -1062 | 751 |
| 147 | 0 | C36 | Combination | | -527 | -1541 | -2274 |
| 147 | 2 | C36 | Combination | | -586 | -2121 | 1388 |
| 147 | 4 | C36 | Combination | | -645 | -2702 | 6212 |
| 147 | 0 | C37 | Combination | | 463 | -118 | -351 |
| 147 | 2 | C37 | Combination | | 404 | -699 | 466 |
| 147 | 4 | C37 | Combination | | 345 | -1280 | 2445 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|-------|-------|
| Frame | Stati | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 147 | 0 | C39 | Combination | | -780 | -232 | -701 |
| 147 | 2 | C39 | Combination | | -840 | -232 | 134 |
| 147 | 4 | C39 | Combination | | -899 | -232 | 1627 |
| 147 | 0 | C39 | Combination | | -1014 | -746 | -1359 |
| 147 | 2 | C39 | Combination | | -1073 | -746 | -236 |
| 147 | 4 | C39 | Combination | | -1132 | -746 | 228 |
| 147 | 0 | CS | Combination | | -4150 | -2263 | -4763 |
| 147 | 2 | CS | Combination | | -4215 | -2263 | -237 |
| 147 | 4 | CS | Combination | | -4281 | -2263 | 4290 |

Tabla N° 12 Fuerzas Internas Pórtico Rígido

PORTICO RETICULADO

PESO

| TABLE: Base Reactions | | | | | |
|-----------------------|-------------|----------|-----------|----------|-----------|
| OutputCase | CaseType | StepType | GlobalFX | GlobalFY | GlobalFZ |
| Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf |
| DEAD | LinStatic | | 0,000 | 0,000 | 790,610 |
| D | LinStatic | | 0,000 | 0,000 | 1552,820 |
| Lr | LinStatic | | 0,000 | 0,000 | 2012,460 |
| Sb | LinStatic | | 0,000 | 0,000 | 4293,250 |
| Wx1 | LinStatic | | -2873,750 | 0,000 | 181,500 |
| Ex | LinRespSpec | Max | 523,760 | 0,000 | 0,000 |
| Sd | LinStatic | | 0,000 | 0,000 | 2790,610 |
| Wx2 | LinStatic | | -1807,850 | 0,000 | -1633,500 |
| CS | Combination | | 0,000 | 0,000 | 8649,140 |

Tabla N° 13 Reacciones Globales Pórtico Reticulado

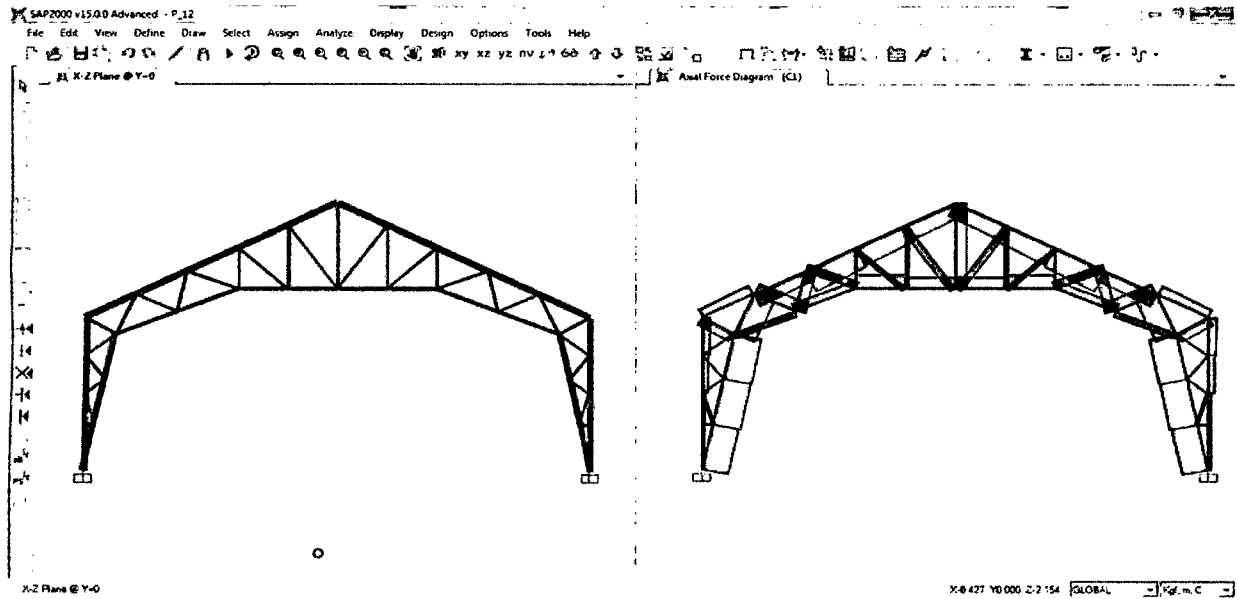


Fig. 50. Fuerza Axial en Pórtico Reticulado

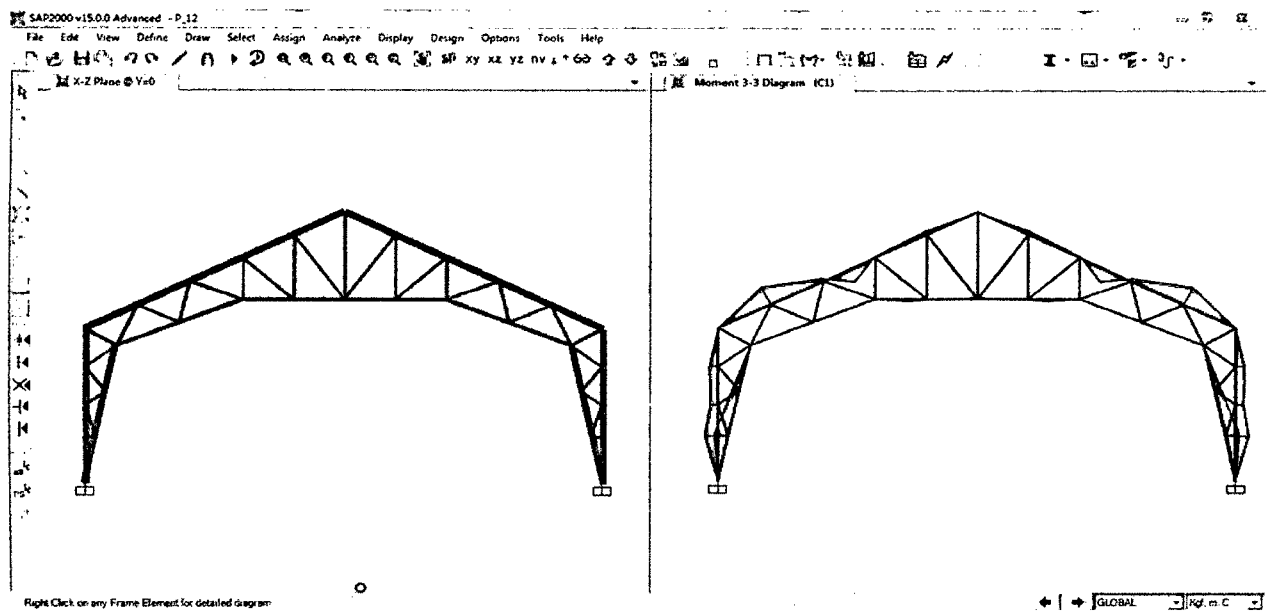


Fig. 51. Momento Flector en ángulos extremos de Pórtico Reticulado

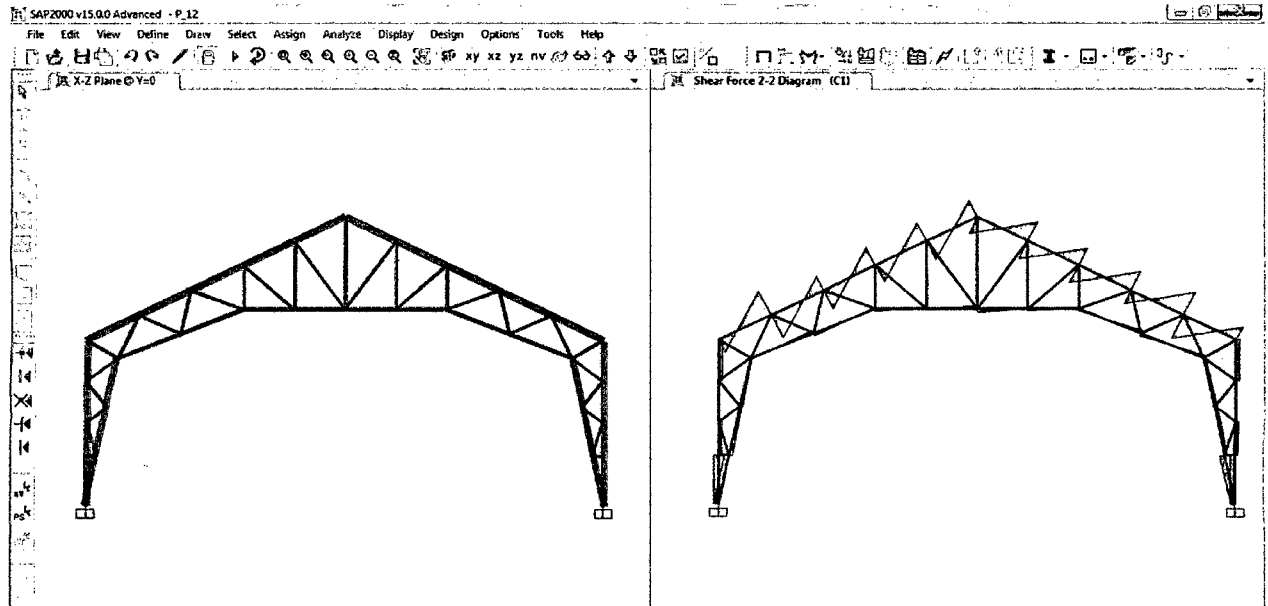


Fig. 52. Fuerza Cortante en Pórtico Reticulado

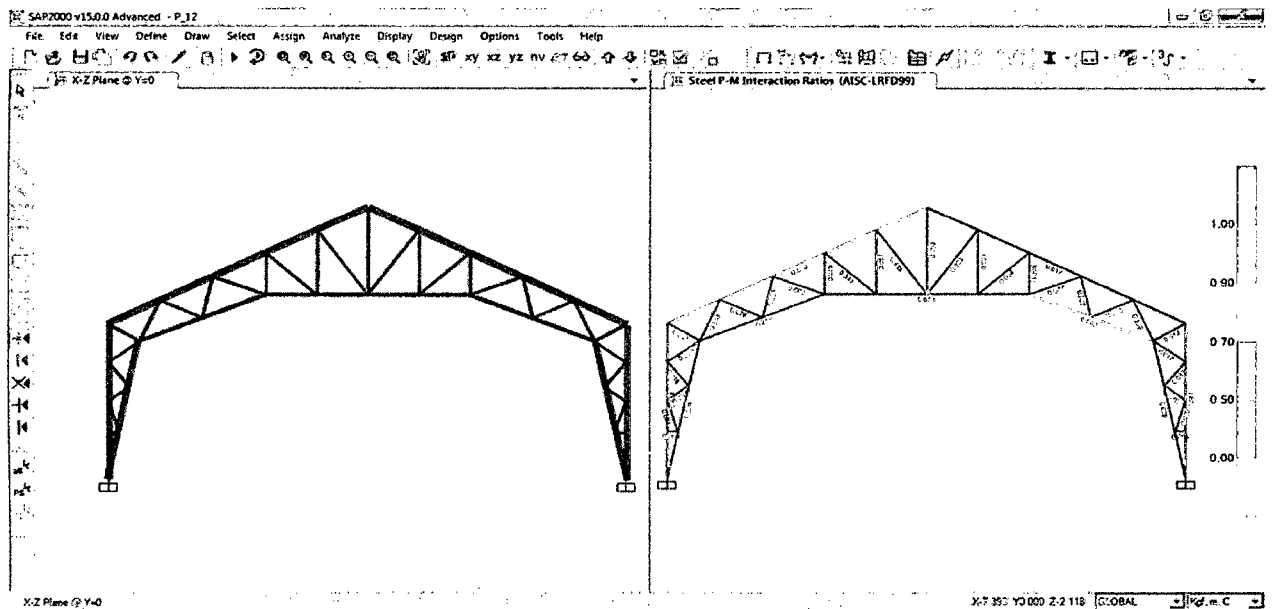


Fig. 53. Ratios Demanda Capacidad Pórtico Reticulado



DESPLAZAMIENTOS

Desplazamientos por Sismo en X

| TABLE: Joint Displacements | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Joint | Outca | Case | Step | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
| Text | Text | Text | Text | cm | cm | cm | Rad | Rad | Rad |
| 8 | Ex | LinRes | Max | 0,188 | 0,000 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 9 | Ex | LinRes | Max | 0,188 | 0,000 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 10 | Ex | LinRes | Max | 0,170 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Tabla N^o 14 Desplaz. Por Sismo en x

Desplazamientos por Viento en X

| TABLE: Joint Displacements | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Joint | Outca | Case | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
| Text | Text | Text | cm | cm | cm | Rad | Rad | Rad |
| 8,00 | Wx1 | LinStat | 0,897 | 0,000 | -0,042 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 8,00 | Wx2 | LinStat | 0,482 | 0,000 | -0,026 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 9,00 | Wx1 | LinStat | 0,896 | 0,000 | 0,041 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 9,00 | Wx2 | LinStat | 0,435 | 0,000 | 0,020 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 10,00 | Wx1 | LinStat | 0,804 | 0,000 | -0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 10,00 | Wx2 | LinStat | 0,413 | 0,000 | 0,072 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Tabla N^o 15 Desplaz. Por viento en x

Desplazamientos por carga de Nieve

| TABLE: Joint Displacements | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|---------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Joint | Outca | Case | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
| Text | Text | Text | cm | cm | cm | Rad | Rad | Rad |
| 8,00 | Sb | LinStat | -0,067 | 0,000 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 8,00 | Sd | LinStat | -0,166 | 0,000 | 0,011 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 9,00 | Sb | LinStat | 0,067 | 0,000 | 0,008 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 9,00 | Sd | LinStat | -0,079 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 10,00 | Sb | LinStat | 0,000 | 0,000 | -0,193 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 10,00 | Sd | LinStat | -0,100 | 0,000 | -0,125 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

Tabla N^o 16 Desplaz. Por nieve



Desplazamientos por Sobrecarga Lr

| TABLE: Joint Displacements | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|---------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Joint | Outca | Case | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
| Text | Text | Text | cm | cm | cm | Rad | Rad | Rad |
| 8.00 | Lr | LinStat | -0.031 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 9.00 | Lr | LinStat | 0.031 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10.00 | Lr | LinStat | 0.000 | 0.000 | -0.090 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Tabla N^a 17 Desplaz. Por Sobrecarga Lr

Desplazamientos por carga Muerta

| TABLE: Joint Displacements | | | | | | | | |
|----------------------------|-------|---------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Joint | Outca | Case | U1 | U2 | U3 | R1 | R2 | R3 |
| Text | Text | Text | cm | cm | cm | Rad | Rad | Rad |
| 8.00 | DEAD | LinStat | -0.007 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 8.00 | D | LinStat | -0.024 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 9.00 | DEAD | LinStat | 0.007 | 0.000 | 0.001 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 9.00 | D | LinStat | 0.024 | 0.000 | 0.003 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10.00 | DEAD | LinStat | 0.000 | 0.000 | -0.022 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 10.00 | D | LinStat | 0.000 | 0.000 | -0.070 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Tabla N^o 18 Desplazamientos Pórtico Reticulado



FUERZAS INTERNAS EN LOS ELEMENTOS DE PÓRICO RETICULADO

| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-----------|------|--------|--------|-------|
| Frame | Stat | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 72 | 0 | DEAD | LinStatic | | -17,92 | -5,51 | 0 |
| 72 | 1,189 | DEAD | LinStatic | | 8,33 | -5,51 | 6,55 |
| 72 | 1,189 | DEAD | LinStatic | | 9,24 | 2,38 | 6,55 |
| 72 | 2 | DEAD | LinStatic | | 27,14 | 2,38 | 4,62 |
| 72 | 2 | DEAD | LinStatic | | 86,81 | -0,36 | 4,62 |
| 72 | 3 | DEAD | LinStatic | | 108,9 | -0,36 | 4,98 |
| 72 | 3 | DEAD | LinStatic | | 146,3 | 4,98 | 4,98 |
| 72 | 4 | DEAD | LinStatic | | 168,4 | 4,98 | 0 |
| 72 | 0 | D | LinStatic | | 184,1 | -13,67 | 0 |
| 72 | 1,189 | D | LinStatic | | 184,1 | -13,67 | 16,26 |
| 72 | 1,189 | D | LinStatic | | 184,1 | 9,13 | 16,26 |
| 72 | 2 | D | LinStatic | | 184,1 | 9,13 | 8,85 |
| 72 | 2 | D | LinStatic | | 282,4 | -1,35 | 8,85 |
| 72 | 3 | D | LinStatic | | 282,4 | -1,35 | 10,2 |
| 72 | 3 | D | LinStatic | | 310,1 | 10,2 | 10,2 |
| 72 | 4 | D | LinStatic | | 310,1 | 10,2 | 0 |
| 72 | 0 | Lr | LinStatic | | 238,6 | -17,72 | 0 |
| 72 | 1,189 | Lr | LinStatic | | 238,6 | -17,72 | 21,07 |
| 72 | 1,189 | Lr | LinStatic | | 238,6 | 11,84 | 21,07 |
| 72 | 2 | Lr | LinStatic | | 238,6 | 11,84 | 11,47 |
| 72 | 2 | Lr | LinStatic | | 366 | -1,75 | 11,47 |
| 72 | 3 | Lr | LinStatic | | 366 | -1,75 | 13,22 |
| 72 | 3 | Lr | LinStatic | | 401,8 | 13,22 | 13,22 |
| 72 | 4 | Lr | LinStatic | | 401,8 | 13,22 | 0 |
| 72 | 0 | Sb | LinStatic | | 509,1 | -37,81 | 0 |
| 72 | 1,189 | Sb | LinStatic | | 509,1 | -37,81 | 44,95 |
| 72 | 1,189 | Sb | LinStatic | | 509,1 | 25,25 | 44,95 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|-------|--------|--------|
| Frame | Stat | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 72 | 2 | Sb | LinStatic | | 509,1 | 25,25 | 24,47 |
| 72 | 2 | Sb | LinStatic | | 780,9 | -3,73 | 24,47 |
| 72 | 3 | Sb | LinStatic | | 780,9 | -3,73 | 28,2 |
| 72 | 3 | Sb | LinStatic | | 857,2 | 28,2 | 28,2 |
| 72 | 4 | Sb | LinStatic | | 857,2 | 28,2 | 0 |
| 72 | 0 | Wx1 | LinStatic | | -4896 | 275,3 | 0 |
| 72 | 1,189 | Wx1 | LinStatic | | -4896 | -12,46 | -156,2 |
| 72 | 1,189 | Wx1 | LinStatic | | -4896 | -50,48 | -156,2 |
| 72 | 2 | Wx1 | LinStatic | | -4896 | -246,8 | -35,68 |
| 72 | 2 | Wx1 | LinStatic | | -5276 | 154,2 | -35,68 |
| 72 | 3 | Wx1 | LinStatic | | -5276 | -87,83 | -68,85 |
| 72 | 3 | Wx1 | LinStatic | | -4759 | 52,15 | -68,85 |
| 72 | 4 | Wx1 | LinStatic | | -4759 | -189,9 | 0 |
| 72 | 0 | Ex | LinRespSpec | | 891,5 | 28,21 | 0 |
| 72 | 1,189 | Ex | LinRespSpec | | 891,5 | 28,21 | 33,53 |
| 72 | 1,189 | Ex | LinRespSpec | | 891,4 | 26,88 | 33,53 |
| 72 | 2 | Ex | LinRespSpec | | 891,4 | 26,88 | 11,74 |
| 72 | 2 | Ex | LinRespSpec | | 1088 | 10,33 | 11,74 |
| 72 | 3 | Ex | LinRespSpec | | 1088 | 10,33 | 22,06 |
| 72 | 3 | Ex | LinRespSpec | | 1113 | 22,06 | 22,06 |
| 72 | 4 | Ex | LinRespSpec | | 1113 | 22,06 | 0 |
| 72 | 0 | Sd | LinStatic | | 941,1 | -34,48 | 0 |
| 72 | 1,189 | Sd | LinStatic | | 941,1 | -34,48 | 40,99 |
| 72 | 1,189 | Sd | LinStatic | | 941,1 | 30,25 | 40,99 |
| 72 | 2 | Sd | LinStatic | | 941,1 | 30,25 | 16,45 |
| 72 | 2 | Sd | LinStatic | | 1194 | -10,41 | 16,45 |
| 72 | 3 | Sd | LinStatic | | 1194 | -10,41 | 26,86 |
| 72 | 3 | Sd | LinStatic | | 1250 | 26,86 | 26,86 |
| 72 | 4 | Sd | LinStatic | | 1250 | 26,86 | 0 |
| 72 | 0 | Wx2 | LinStatic | | -3003 | 209,2 | 0 |
| 72 | 1,189 | Wx2 | LinStatic | | -3003 | -31,45 | -105,7 |
| 72 | 1,189 | Wx2 | LinStatic | | -3003 | -15,9 | -105,7 |
| 72 | 2 | Wx2 | LinStatic | | -3003 | -180,1 | -26,18 |
| 72 | 2 | Wx2 | LinStatic | | -3162 | 114,9 | -26,18 |
| 72 | 3 | Wx2 | LinStatic | | -3162 | -87,53 | -39,85 |
| 72 | 3 | Wx2 | LinStatic | | -2709 | 61,35 | -39,85 |
| 72 | 4 | Wx2 | LinStatic | | -2709 | -141,1 | -4E-14 |
| 72 | 0 | CS | Combination | | 914 | -74,71 | 0 |
| 72 | 1,189 | CS | Combination | | 940,2 | -74,71 | 88,83 |
| 72 | 1,189 | CS | Combination | | 941,1 | 48,6 | 88,83 |
| 72 | 2 | CS | Combination | | 959 | 48,6 | 49,41 |
| 72 | 2 | CS | Combination | | 1516 | -7,19 | 49,41 |
| 72 | 3 | CS | Combination | | 1538 | -7,19 | 56,59 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|--------|--------|--------|
| Frame | Stat | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 72 | 3 | CS | Combination | | 1715 | 56,59 | 56,59 |
| 72 | 4 | CS | Combination | | 1738 | 56,59 | 0 |
| 86 | 0 | DEAD | LinStatic | | 187,5 | -11,2 | 0 |
| 86 | 1,358 | DEAD | LinStatic | | 205,2 | 24,16 | -8,8 |
| 86 | 1,358 | DEAD | LinStatic | | -269,3 | -24,66 | -8,8 |
| 86 | 2,715 | DEAD | LinStatic | | -251,6 | 10,7 | 0,68 |
| 86 | 2,715 | DEAD | LinStatic | | -468,7 | -18,2 | 0,68 |
| 86 | 3,354 | DEAD | LinStatic | | -460,4 | -1,56 | 6,99 |
| 86 | 4,073 | DEAD | LinStatic | | -451 | 17,16 | 1,39 |
| 86 | 4,073 | DEAD | LinStatic | | -404,1 | -16,88 | 1,39 |
| 86 | 5,39 | DEAD | LinStatic | | -387 | 17,44 | 1,01 |
| 86 | 5,39 | DEAD | LinStatic | | -327,1 | -16,39 | 1,01 |
| 86 | 6,708 | DEAD | LinStatic | | -309,9 | 17,93 | -1E-14 |
| 86 | 0 | D | LinStatic | | 359,6 | -50,71 | 0 |
| 86 | 1,358 | D | LinStatic | | 429,9 | 89,83 | -26,55 |
| 86 | 1,358 | D | LinStatic | | -564,3 | -85,48 | -26,55 |
| 86 | 2,715 | D | LinStatic | | -494 | 55,05 | -5,9 |
| 86 | 2,715 | D | LinStatic | | -967 | -71,34 | -5,9 |
| 86 | 3,354 | D | LinStatic | | -934 | -5,19 | 18,55 |
| 86 | 4,073 | D | LinStatic | | -896,8 | 69,2 | -4,45 |
| 86 | 4,073 | D | LinStatic | | -815,7 | -65,55 | -4,45 |
| 86 | 5,39 | D | LinStatic | | -747,4 | 70,86 | -7,94 |
| 86 | 5,39 | D | LinStatic | | -658,1 | -74,24 | -7,94 |
| 86 | 6,708 | D | LinStatic | | -589,9 | 62,18 | -6E-14 |
| 86 | 0 | Lr | LinStatic | | 466,1 | -65,72 | 0 |
| 86 | 1,358 | Lr | LinStatic | | 557,2 | 116,4 | -34,41 |
| 86 | 1,358 | Lr | LinStatic | | -731,3 | -110,8 | -34,41 |
| 86 | 2,715 | Lr | LinStatic | | -640,2 | 71,35 | -7,64 |
| 86 | 2,715 | Lr | LinStatic | | -1253 | -92,45 | -7,64 |
| 86 | 3,354 | Lr | LinStatic | | -1210 | -6,72 | 24,05 |
| 86 | 4,073 | Lr | LinStatic | | -1162 | 89,68 | -5,76 |
| 86 | 4,073 | Lr | LinStatic | | -1057 | -84,96 | -5,76 |
| 86 | 5,39 | Lr | LinStatic | | -968,7 | 91,84 | -10,29 |
| 86 | 5,39 | Lr | LinStatic | | -852,9 | -96,21 | -10,29 |
| 86 | 6,708 | Lr | LinStatic | | -764,5 | 80,59 | -1E-13 |
| 86 | 0 | Sb | LinStatic | | 994,3 | -140,2 | 0 |
| 86 | 1,358 | Sb | LinStatic | | 1189 | 248,4 | -73,41 |
| 86 | 1,358 | Sb | LinStatic | | -1560 | -236,3 | -73,41 |
| 86 | 2,715 | Sb | LinStatic | | -1366 | 152,2 | -16,3 |
| 86 | 2,715 | Sb | LinStatic | | -2674 | -197,2 | -16,3 |
| 86 | 3,354 | Sb | LinStatic | | -2582 | -14,34 | 51,3 |
| 86 | 4,073 | Sb | LinStatic | | -2479 | 191,3 | -12,29 |
| 86 | 4,073 | Sb | LinStatic | | -2255 | -181,2 | -12,29 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|--------|--------|--------|
| Frame | Stat | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 86 | 5,39 | Sb | LinStatic | | -2067 | 195,9 | -21,96 |
| 86 | 5,39 | Sb | LinStatic | | -1820 | -205,3 | -21,96 |
| 86 | 6,708 | Sb | LinStatic | | -1631 | 171,9 | -9E-14 |
| 86 | 0 | Wx1 | LinStatic | | -4907 | -187,3 | 0 |
| 86 | 1,358 | Wx1 | LinStatic | | -4907 | 100,2 | 59,11 |
| 86 | 1,358 | Wx1 | LinStatic | | -3800 | -96,85 | 59,11 |
| 86 | 2,715 | Wx1 | LinStatic | | -3800 | 190,6 | -4,53 |
| 86 | 2,715 | Wx1 | LinStatic | | -2486 | -163,7 | -4,53 |
| 86 | 3,354 | Wx1 | LinStatic | | -2486 | -28,41 | 56,85 |
| 86 | 4,073 | Wx1 | LinStatic | | -2486 | 123,8 | 22,6 |
| 86 | 4,073 | Wx1 | LinStatic | | -881,5 | -84,02 | 22,6 |
| 86 | 5,39 | Wx1 | LinStatic | | -881,5 | 195 | -50,53 |
| 86 | 5,39 | Wx1 | LinStatic | | -15,87 | -177,9 | -50,53 |
| 86 | 6,708 | Wx1 | LinStatic | | -15,87 | 101,2 | -3E-13 |
| 86 | 0 | Ex | LinRespSpec | | 1163 | 17,86 | 0 |
| 86 | 1,358 | Ex | LinRespSpec | | 1163 | 17,86 | 24,24 |
| 86 | 1,358 | Ex | LinRespSpec | | 779,5 | 14,1 | 24,24 |
| 86 | 2,715 | Ex | LinRespSpec | | 779,5 | 14,1 | 5,13 |
| 86 | 2,715 | Ex | LinRespSpec | | 451,4 | 4,4 | 5,13 |
| 86 | 3,354 | Ex | LinRespSpec | | 451,4 | 4,4 | 7,94 |
| 86 | 4,073 | Ex | LinRespSpec | | 451,4 | 4,4 | 11,09 |
| 86 | 4,073 | Ex | LinRespSpec | | 122,2 | 11,29 | 11,09 |
| 86 | 5,39 | Ex | LinRespSpec | | 122,2 | 11,29 | 3,78 |
| 86 | 5,39 | Ex | LinRespSpec | | 19,15 | 2,87 | 3,78 |
| 86 | 6,708 | Ex | LinRespSpec | | 19,15 | 2,87 | 2E-14 |
| 86 | 0 | Sd | LinStatic | | 1294 | 20,83 | 0 |
| 86 | 1,358 | Sd | LinStatic | | 1294 | 20,83 | -28,28 |
| 86 | 1,358 | Sd | LinStatic | | 188,7 | -22,65 | -28,28 |
| 86 | 2,715 | Sd | LinStatic | | 188,7 | -22,65 | 2,46 |
| 86 | 2,715 | Sd | LinStatic | | -623,6 | 4,13 | 2,46 |
| 86 | 3,354 | Sd | LinStatic | | -623,6 | 4,13 | -0,17 |
| 86 | 4,073 | Sd | LinStatic | | -623,6 | 4,13 | -3,14 |
| 86 | 4,073 | Sd | LinStatic | | -949,5 | -17,84 | -3,14 |
| 86 | 5,39 | Sd | LinStatic | | -949,5 | -17,84 | 20,36 |
| 86 | 5,39 | Sd | LinStatic | | -1108 | 15,45 | 20,36 |
| 86 | 6,708 | Sd | LinStatic | | -1108 | 15,45 | -4E-15 |
| 86 | 0 | Wx2 | LinStatic | | -2889 | 9,15 | 0 |
| 86 | 1,358 | Wx2 | LinStatic | | -2889 | -114,1 | 71,2 |
| 86 | 1,358 | Wx2 | LinStatic | | -1083 | 104,8 | 71,2 |
| 86 | 2,715 | Wx2 | LinStatic | | -1083 | -18,4 | 12,55 |
| 86 | 2,715 | Wx2 | LinStatic | | 0,38 | 53,19 | 12,55 |
| 86 | 3,354 | Wx2 | LinStatic | | 0,38 | -4,8 | -2,91 |
| 86 | 4,073 | Wx2 | LinStatic | | 0,38 | -70,01 | 23,97 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|--------|--------|--------|
| Frame | Stat | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 86 | 4,073 | Wx2 | LinStatic | | 570,8 | 80,98 | 23,97 |
| 86 | 5,39 | Wx2 | LinStatic | | 570,8 | -38,6 | -3,96 |
| 86 | 5,39 | Wx2 | LinStatic | | 794,4 | 56,79 | -3,96 |
| 86 | 6,708 | Wx2 | LinStatic | | 794,4 | -62,8 | 6E-14 |
| 86 | 0 | CS | Combination | | 2008 | -267,8 | 0 |
| 86 | 1,358 | CS | Combination | | 2381 | 478,8 | -143,2 |
| 86 | 1,358 | CS | Combination | | -3125 | -457,3 | -143,2 |
| 86 | 2,715 | CS | Combination | | -2752 | 289,3 | -29,16 |
| 86 | 2,715 | CS | Combination | | -5363 | -379,2 | -29,16 |
| 86 | 3,354 | CS | Combination | | -5187 | -27,81 | 100,9 |
| 86 | 4,073 | CS | Combination | | -4989 | 367,4 | -21,11 |
| 86 | 4,073 | CS | Combination | | -4532 | -348,6 | -21,11 |
| 86 | 5,39 | CS | Combination | | -4170 | 376,1 | -39,19 |
| 86 | 5,39 | CS | Combination | | -3658 | -392,1 | -39,19 |
| 86 | 6,708 | CS | Combination | | -3295 | 332,6 | -3E-13 |
| 121 | 0 | DEAD | LinStatic | | -309,9 | -17,93 | 0 |
| 121 | 1,318 | DEAD | LinStatic | | -327,1 | 16,39 | 1,01 |
| 121 | 1,318 | DEAD | LinStatic | | -387 | -17,44 | 1,01 |
| 121 | 2,636 | DEAD | LinStatic | | -404,1 | 16,88 | 1,39 |
| 121 | 2,636 | DEAD | LinStatic | | -451 | -17,16 | 1,39 |
| 121 | 3,354 | DEAD | LinStatic | | -460,4 | 1,56 | 6,99 |
| 121 | 3,993 | DEAD | LinStatic | | -468,7 | 18,2 | 0,68 |
| 121 | 3,993 | DEAD | LinStatic | | -251,6 | -10,7 | 0,68 |
| 121 | 5,351 | DEAD | LinStatic | | -269,3 | 24,66 | -8,8 |
| 121 | 5,351 | DEAD | LinStatic | | 205,2 | -24,16 | -8,8 |
| 121 | 6,708 | DEAD | LinStatic | | 187,5 | 11,2 | 0 |
| 121 | 0 | D | LinStatic | | -589,9 | -62,18 | 0 |
| 121 | 1,318 | D | LinStatic | | -658,1 | 74,24 | -7,94 |
| 121 | 1,318 | D | LinStatic | | -747,4 | -70,86 | -7,94 |
| 121 | 2,636 | D | LinStatic | | -815,7 | 65,55 | -4,45 |
| 121 | 2,636 | D | LinStatic | | -896,8 | -69,2 | -4,45 |
| 121 | 3,354 | D | LinStatic | | -934 | 5,19 | 18,55 |
| 121 | 3,993 | D | LinStatic | | -967 | 71,34 | -5,9 |
| 121 | 3,993 | D | LinStatic | | -494 | -55,05 | -5,9 |
| 121 | 5,351 | D | LinStatic | | -564,3 | 85,48 | -26,55 |
| 121 | 5,351 | D | LinStatic | | 429,9 | -89,83 | -26,55 |
| 121 | 6,708 | D | LinStatic | | 359,6 | 50,71 | -3E-14 |
| 121 | 0 | Lr | LinStatic | | -764,5 | -80,59 | 0 |
| 121 | 1,318 | Lr | LinStatic | | -852,9 | 96,21 | -10,29 |
| 121 | 1,318 | Lr | LinStatic | | -968,7 | -91,84 | -10,29 |
| 121 | 2,636 | Lr | LinStatic | | -1057 | 84,96 | -5,76 |
| 121 | 2,636 | Lr | LinStatic | | -1162 | -89,68 | -5,76 |
| 121 | 3,354 | Lr | LinStatic | | -1210 | 6,72 | 24,05 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|--------|--------|--------|
| Frame | Stat | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 121 | 3,993 | Lr | LinStatic | | -1253 | 92,45 | -7,64 |
| 121 | 3,993 | Lr | LinStatic | | -640,2 | -71,35 | -7,64 |
| 121 | 5,351 | Lr | LinStatic | | -731,3 | 110,8 | -34,41 |
| 121 | 5,351 | Lr | LinStatic | | 557,2 | -116,4 | -34,41 |
| 121 | 6,708 | Lr | LinStatic | | 466,1 | 65,72 | -7E-14 |
| 121 | 0 | Sb | LinStatic | | -1631 | -171,9 | 0 |
| 121 | 1,318 | Sb | LinStatic | | -1820 | 205,3 | -21,96 |
| 121 | 1,318 | Sb | LinStatic | | -2067 | -195,9 | -21,96 |
| 121 | 2,636 | Sb | LinStatic | | -2255 | 181,2 | -12,29 |
| 121 | 2,636 | Sb | LinStatic | | -2479 | -191,3 | -12,29 |
| 121 | 3,354 | Sb | LinStatic | | -2582 | 14,34 | 51,3 |
| 121 | 3,993 | Sb | LinStatic | | -2674 | 197,2 | -16,3 |
| 121 | 3,993 | Sb | LinStatic | | -1366 | -152,2 | -16,3 |
| 121 | 5,351 | Sb | LinStatic | | -1560 | 236,3 | -73,41 |
| 121 | 5,351 | Sb | LinStatic | | 1189 | -248,4 | -73,41 |
| 121 | 6,708 | Sb | LinStatic | | 994,3 | 140,2 | -1E-13 |
| 121 | 0 | Wx1 | LinStatic | | -108,3 | 83,63 | 0 |
| 121 | 1,318 | Wx1 | LinStatic | | -108,3 | -155,6 | 47,39 |
| 121 | 1,318 | Wx1 | LinStatic | | 746,7 | 176,4 | 47,39 |
| 121 | 2,636 | Wx1 | LinStatic | | 746,7 | -62,83 | -27,41 |
| 121 | 2,636 | Wx1 | LinStatic | | 2363 | 102,6 | -27,41 |
| 121 | 3,354 | Wx1 | LinStatic | | 2363 | -27,82 | -54,27 |
| 121 | 3,993 | Wx1 | LinStatic | | 2363 | -143,8 | 0,56 |
| 121 | 3,993 | Wx1 | LinStatic | | 3690 | 172,3 | 0,56 |
| 121 | 5,351 | Wx1 | LinStatic | | 3690 | -74,11 | -66,09 |
| 121 | 5,351 | Wx1 | LinStatic | | 4922 | 74,52 | -66,09 |
| 121 | 6,708 | Wx1 | LinStatic | | 4922 | -171,9 | 0 |
| 121 | 0 | Ex | LinRespSpec | | 19,15 | 2,87 | 0 |
| 121 | 1,318 | Ex | LinRespSpec | | 19,15 | 2,87 | 3,78 |
| 121 | 1,318 | Ex | LinRespSpec | | 122,2 | 11,29 | 3,78 |
| 121 | 2,636 | Ex | LinRespSpec | | 122,2 | 11,29 | 11,09 |
| 121 | 2,636 | Ex | LinRespSpec | | 451,4 | 4,4 | 11,09 |
| 121 | 3,354 | Ex | LinRespSpec | | 451,4 | 4,4 | 7,94 |
| 121 | 3,993 | Ex | LinRespSpec | | 451,4 | 4,4 | 5,13 |
| 121 | 3,993 | Ex | LinRespSpec | | 779,5 | 14,1 | 5,13 |
| 121 | 5,351 | Ex | LinRespSpec | | 779,5 | 14,1 | 24,24 |
| 121 | 5,351 | Ex | LinRespSpec | | 1163 | 17,86 | 24,24 |
| 121 | 6,708 | Ex | LinRespSpec | | 1163 | 17,86 | 7E-15 |
| 121 | 0 | Sd | LinStatic | | -1012 | -208 | 0 |
| 121 | 1,318 | Sd | LinStatic | | -1257 | 282,3 | -48,91 |
| 121 | 1,318 | Sd | LinStatic | | -1737 | -272,5 | -48,91 |
| 121 | 2,636 | Sd | LinStatic | | -1982 | 217,8 | -12,84 |
| 121 | 2,636 | Sd | LinStatic | | -2600 | -244,6 | -12,84 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|--------|--------|--------|
| Frame | Stat | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 121 | 3,354 | Sd | LinStatic | | -2733 | 22,78 | 66,86 |
| 121 | 3,993 | Sd | LinStatic | | -2852 | 260,5 | -23,65 |
| 121 | 3,993 | Sd | LinStatic | | -1964 | -220,5 | -23,65 |
| 121 | 5,351 | Sd | LinStatic | | -2217 | 284,6 | -67,14 |
| 121 | 5,351 | Sd | LinStatic | | 251,5 | -302 | -67,14 |
| 121 | 6,708 | Sd | LinStatic | | -1,05 | 203,1 | -6E-14 |
| 121 | 0 | Wx2 | LinStatic | | 775,7 | 100,2 | 0 |
| 121 | 1,318 | Wx2 | LinStatic | | 775,7 | -139 | 25,58 |
| 121 | 1,318 | Wx2 | LinStatic | | 1244 | 142,9 | 25,58 |
| 121 | 2,636 | Wx2 | LinStatic | | 1244 | -96,29 | -5,11 |
| 121 | 2,636 | Wx2 | LinStatic | | 2045 | 114 | -5,11 |
| 121 | 3,354 | Wx2 | LinStatic | | 2045 | -16,46 | -40,14 |
| 121 | 3,993 | Wx2 | LinStatic | | 2045 | -132,4 | 7,43 |
| 121 | 3,993 | Wx2 | LinStatic | | 2338 | 134,4 | 7,43 |
| 121 | 5,351 | Wx2 | LinStatic | | 2338 | -112 | -7,73 |
| 121 | 5,351 | Wx2 | LinStatic | | 2139 | 117,5 | -7,73 |
| 121 | 6,708 | Wx2 | LinStatic | | 2139 | -128,9 | 6E-14 |
| 121 | 0 | CS | Combination | | -3295 | -332,6 | 0 |
| 121 | 1,318 | CS | Combination | | -3658 | 392,1 | -39,19 |
| 121 | 1,318 | CS | Combination | | -4170 | -376,1 | -39,19 |
| 121 | 2,636 | CS | Combination | | -4532 | 348,6 | -21,11 |
| 121 | 2,636 | CS | Combination | | -4989 | -367,4 | -21,11 |
| 121 | 3,354 | CS | Combination | | -5187 | 27,81 | 100,9 |
| 121 | 3,993 | CS | Combination | | -5363 | 379,2 | -29,16 |
| 121 | 3,993 | CS | Combination | | -2752 | -289,3 | -29,16 |
| 121 | 5,351 | CS | Combination | | -3125 | 457,3 | -143,2 |
| 121 | 5,351 | CS | Combination | | 2381 | -478,8 | -143,2 |
| 121 | 6,708 | CS | Combination | | 2008 | 267,8 | -2E-13 |
| 147 | 0 | DEAD | LinStatic | | 168,4 | 4,98 | 0 |
| 147 | 1 | DEAD | LinStatic | | 146,3 | 4,98 | -4,98 |
| 147 | 1 | DEAD | LinStatic | | 108,9 | -0,36 | -4,98 |
| 147 | 2 | DEAD | LinStatic | | 86,81 | -0,36 | -4,62 |
| 147 | 2 | DEAD | LinStatic | | 27,14 | 2,38 | -4,62 |
| 147 | 2,811 | DEAD | LinStatic | | 9,24 | 2,38 | -6,55 |
| 147 | 2,811 | DEAD | LinStatic | | 8,33 | -5,51 | -6,55 |
| 147 | 4 | DEAD | LinStatic | | -17,92 | -5,51 | 6E-15 |
| 147 | 0 | D | LinStatic | | 310,1 | 10,2 | 0 |
| 147 | 1 | D | LinStatic | | 310,1 | 10,2 | -10,2 |
| 147 | 1 | D | LinStatic | | 282,4 | -1,35 | -10,2 |
| 147 | 2 | D | LinStatic | | 282,4 | -1,35 | -8,85 |
| 147 | 2 | D | LinStatic | | 184,1 | 9,13 | -8,85 |
| 147 | 2,811 | D | LinStatic | | 184,1 | 9,13 | -16,26 |
| 147 | 2,811 | D | LinStatic | | 184,1 | -13,67 | -16,26 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-------------|------|--------|--------|--------|
| Frame | Stat | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 147 | 4 | D | LinStatic | | 184,1 | -13,67 | 1E-14 |
| 147 | 0 | Lr | LinStatic | | 401,8 | 13,22 | 0 |
| 147 | 1 | Lr | LinStatic | | 401,8 | 13,22 | -13,22 |
| 147 | 1 | Lr | LinStatic | | 366 | -1,75 | -13,22 |
| 147 | 2 | Lr | LinStatic | | 366 | -1,75 | -11,47 |
| 147 | 2 | Lr | LinStatic | | 238,6 | 11,84 | -11,47 |
| 147 | 2,811 | Lr | LinStatic | | 238,6 | 11,84 | -21,07 |
| 147 | 2,811 | Lr | LinStatic | | 238,6 | -17,72 | -21,07 |
| 147 | 4 | Lr | LinStatic | | 238,6 | -17,72 | 1E-14 |
| 147 | 0 | Sb | LinStatic | | 857,2 | 28,2 | 0 |
| 147 | 1 | Sb | LinStatic | | 857,2 | 28,2 | -28,2 |
| 147 | 1 | Sb | LinStatic | | 780,9 | -3,73 | -28,2 |
| 147 | 2 | Sb | LinStatic | | 780,9 | -3,73 | -24,47 |
| 147 | 2 | Sb | LinStatic | | 509,1 | 25,25 | -24,47 |
| 147 | 2,811 | Sb | LinStatic | | 509,1 | 25,25 | -44,95 |
| 147 | 2,811 | Sb | LinStatic | | 509,1 | -37,81 | -44,95 |
| 147 | 4 | Sb | LinStatic | | 509,1 | -37,81 | 2E-14 |
| 147 | 0 | Wx1 | LinStatic | | 4777 | 166 | 0 |
| 147 | 1 | Wx1 | LinStatic | | 4777 | -15,46 | -75,29 |
| 147 | 1 | Wx1 | LinStatic | | 5122 | 54,44 | -75,29 |
| 147 | 2 | Wx1 | LinStatic | | 5122 | -127,1 | -38,99 |
| 147 | 2 | Wx1 | LinStatic | | 4620 | 213,2 | -38,99 |
| 147 | 2,811 | Wx1 | LinStatic | | 4620 | 65,97 | -152,2 |
| 147 | 2,811 | Wx1 | LinStatic | | 4620 | -20,11 | -152,2 |
| 147 | 4 | Wx1 | LinStatic | | 4620 | -235,9 | 3E-14 |
| 147 | 0 | Ex | LinRespSpec | | 1113 | 22,06 | 0 |
| 147 | 1 | Ex | LinRespSpec | | 1113 | 22,06 | 22,06 |
| 147 | 1 | Ex | LinRespSpec | | 1088 | 10,33 | 22,06 |
| 147 | 2 | Ex | LinRespSpec | | 1088 | 10,33 | 11,74 |
| 147 | 2 | Ex | LinRespSpec | | 891,4 | 26,88 | 11,74 |
| 147 | 2,811 | Ex | LinRespSpec | | 891,4 | 26,88 | 33,53 |
| 147 | 2,811 | Ex | LinRespSpec | | 891,5 | 28,21 | 33,53 |
| 147 | 4 | Ex | LinRespSpec | | 891,5 | 28,21 | 2E-14 |
| 147 | 0 | Sd | LinStatic | | -135,5 | 9,79 | 0 |
| 147 | 1 | Sd | LinStatic | | -135,5 | 9,79 | -9,79 |
| 147 | 1 | Sd | LinStatic | | -178,4 | 5,56 | -9,79 |
| 147 | 2 | Sd | LinStatic | | -178,4 | 5,56 | -15,35 |
| 147 | 2 | Sd | LinStatic | | -279,3 | 2,58 | -15,35 |
| 147 | 2,811 | Sd | LinStatic | | -279,3 | 2,58 | -17,44 |
| 147 | 2,811 | Sd | LinStatic | | -279,3 | -14,67 | -17,44 |
| 147 | 4 | Sd | LinStatic | | -279,3 | -14,67 | 4E-15 |
| 147 | 0 | Wx2 | LinStatic | | 2088 | 111,1 | 0 |
| 147 | 1 | Wx2 | LinStatic | | 2088 | -70,39 | -20,36 |



| TABLE: Element Forces - Frames | | | | | | | |
|--------------------------------|-------|------|-----------|------|------|--------|--------|
| Frame | Stat | Outp | Case | Step | P | V2 | M3 |
| Text | m | Text | Text | Text | Kgf | Kgf | Kgf-m |
| 147 | 1 | Wx2 | LinStatic | | 2540 | 78.88 | -20.36 |
| 147 | 2 | Wx2 | LinStatic | | 2540 | -102.6 | -8.49 |
| 147 | 2 | Wx2 | LinStatic | | 2545 | 149.5 | -8.49 |
| 147 | 2.811 | Wx2 | LinStatic | | 2545 | 2.33 | -70.08 |
| 147 | 2.811 | Wx2 | LinStatic | | 2545 | 48.95 | -70.08 |
| 147 | 4 | Wx2 | LinStatic | | 2545 | -166.8 | 6E-14 |

Tabla N° 19 Fuerzas internas Pórtico Reticulado

Con el procedimiento descrito anteriormente se realizó modelos con similar configuración de elementos, pero variando las luces, analizando cada portico independientemente, aquí se presentaran los principales resultados

Se realizó el análisis de ambos sistemas variando la luz y la altura, se realizan los modelos para luces de: 20, 30, 40, 50, 60 metros para ver el comportamiento de estos sistemas sometidos a diferentes luces,

El procedimiento de análisis es en base a la Norma establecida, se realizó modelos para cada geometría teniendo en cuenta las luces y la configuración supuesta convenientemente al inicio de esta investigación, se realizó las verificaciones y diseños mediante el programa Sap 2000, siguiendo el procedimiento descrito para el análisis del pórtico para 12 metros

PORTICOS RETICULADOS A MODELAR

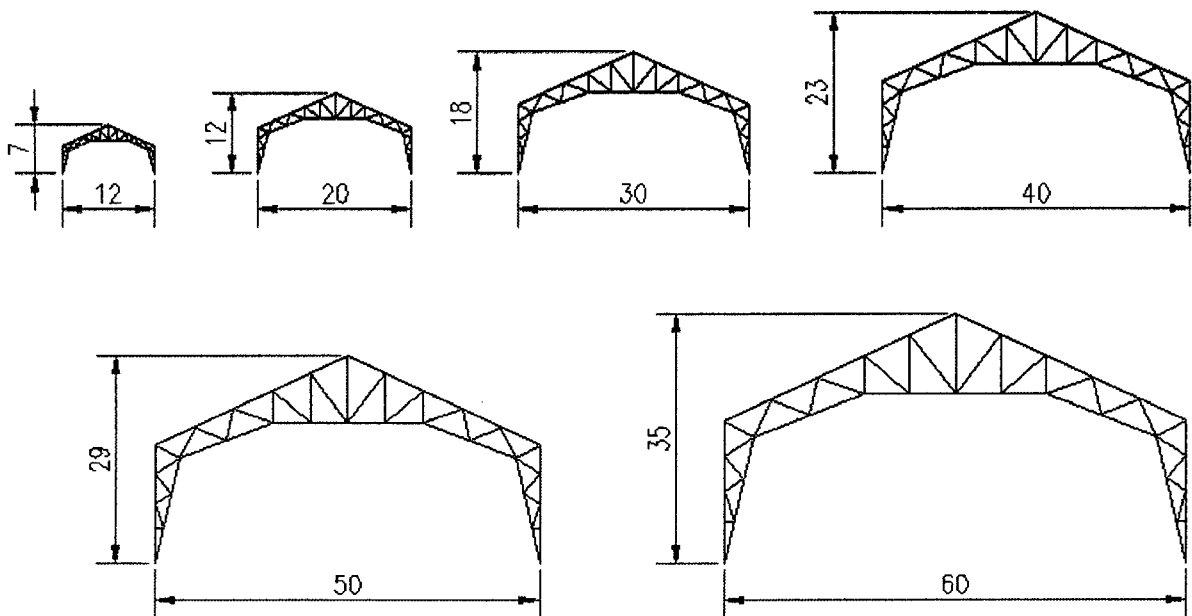


Fig. 54. Pórticos Reticulados

PORTICOS RIGIDOS A MODELAR

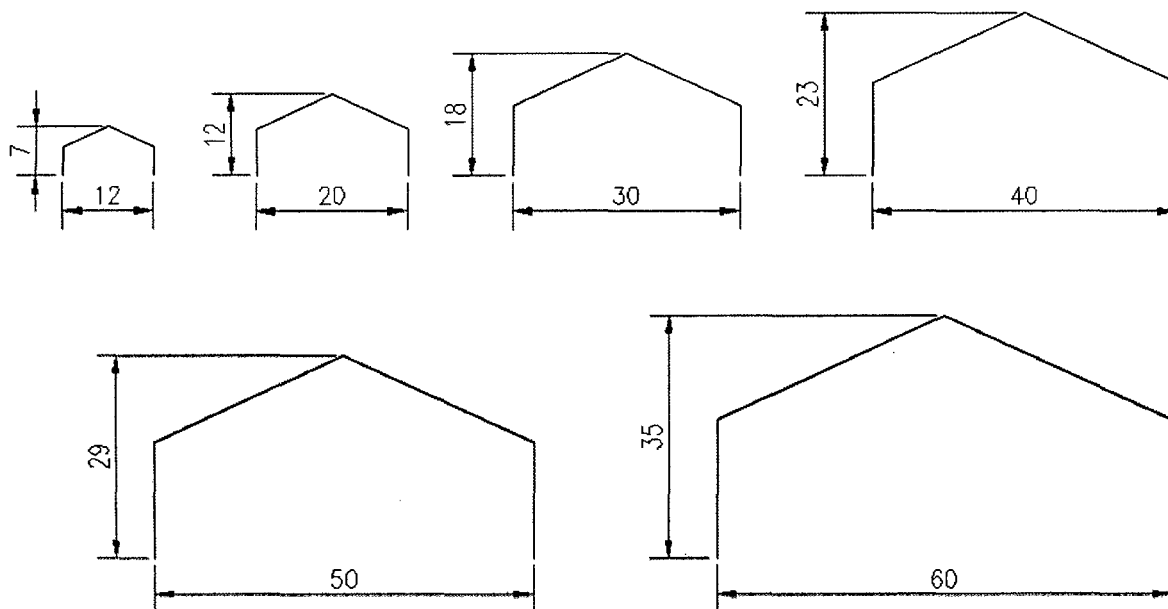


Fig. 55. Pórticos Rígidos

Del Análisis de los pórticos se obtuvo los siguientes elementos calculados en el diseño para cada sistema de porticos

Elementos analizados Porticos Rígidos

Para una Luz de 20 metros:

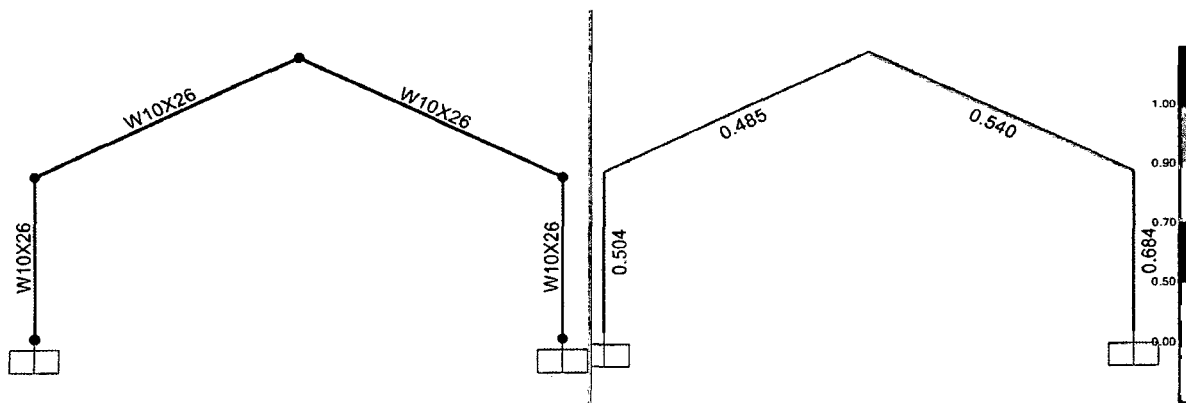


Fig. 56. Pórtico Rígido de 20 m. de luz

Para una luz de 30 metros

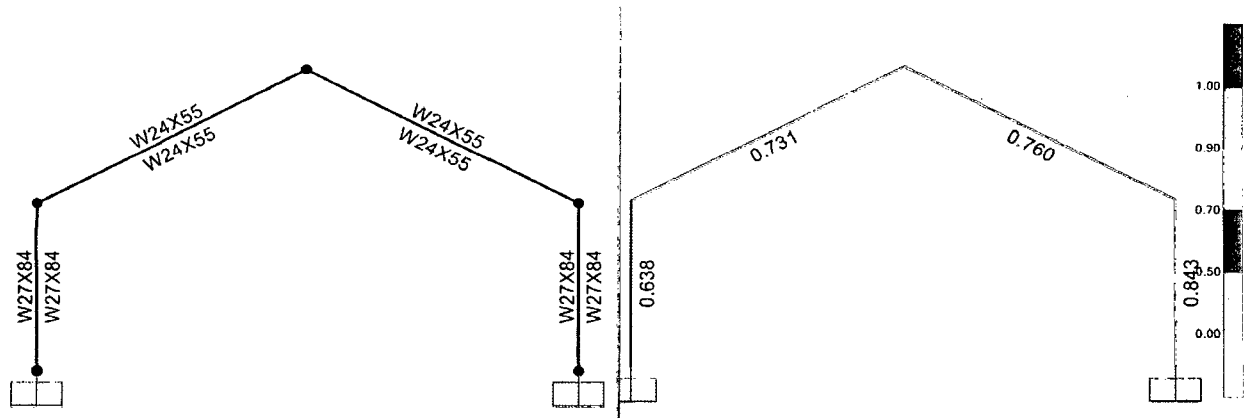


Fig. 57. Pórtico Rígido de 30 m. de luz

Para una luz de 40 metros

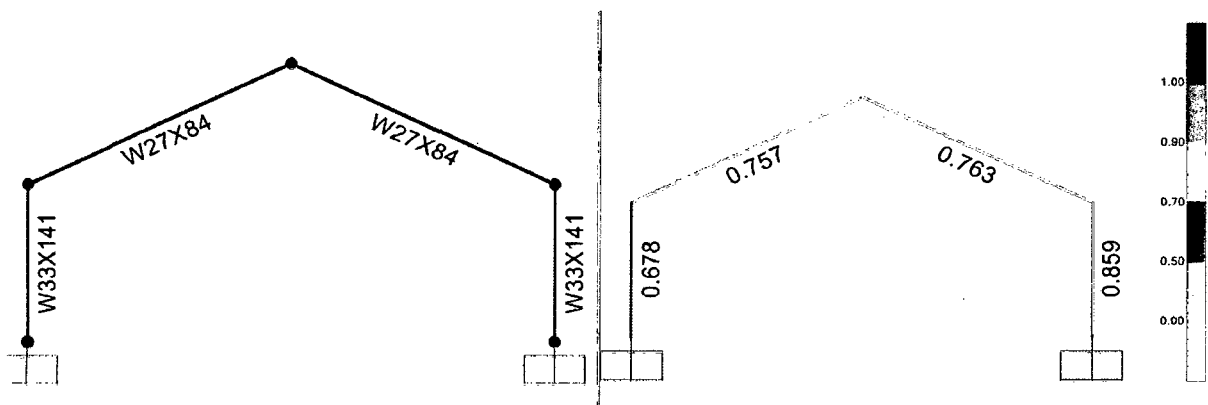


Fig. 58. Pórtico Rígido de 40m. de luz

Para una luz de 50 metros

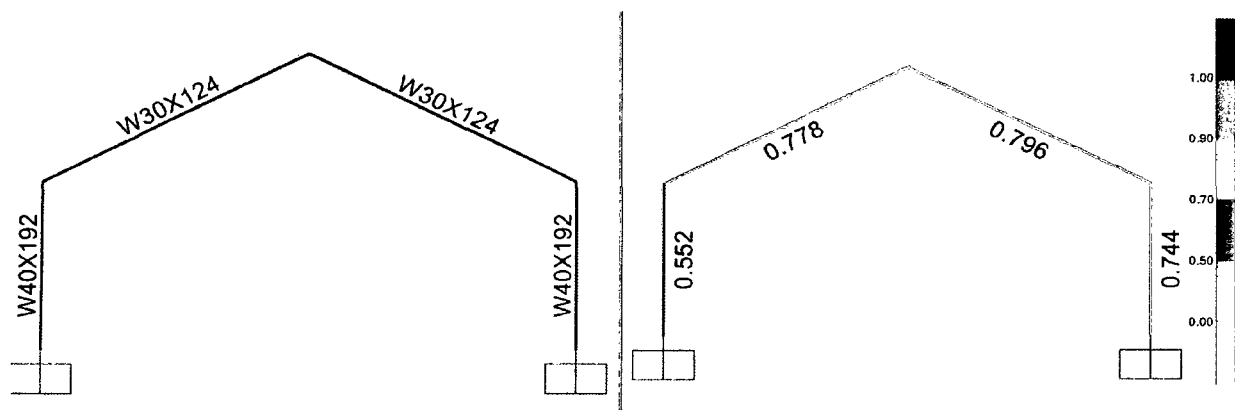


Fig. 59. Pórtico Rígido de 50 m. de luz

Para una luz de 60 metros

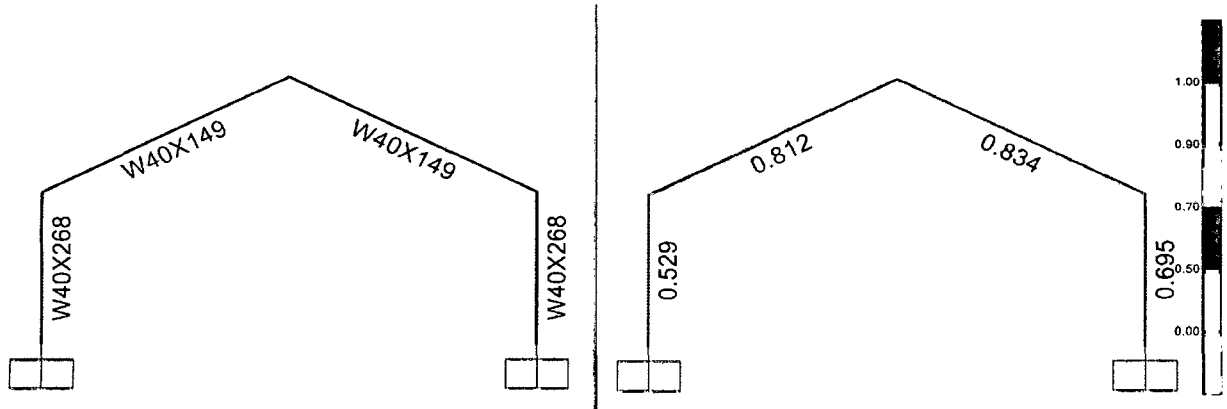


Fig. 60. Pórtico Rígido de 60 m. de luz

PÓRTICOS RETICULADOS

Para una luz de 20 metros

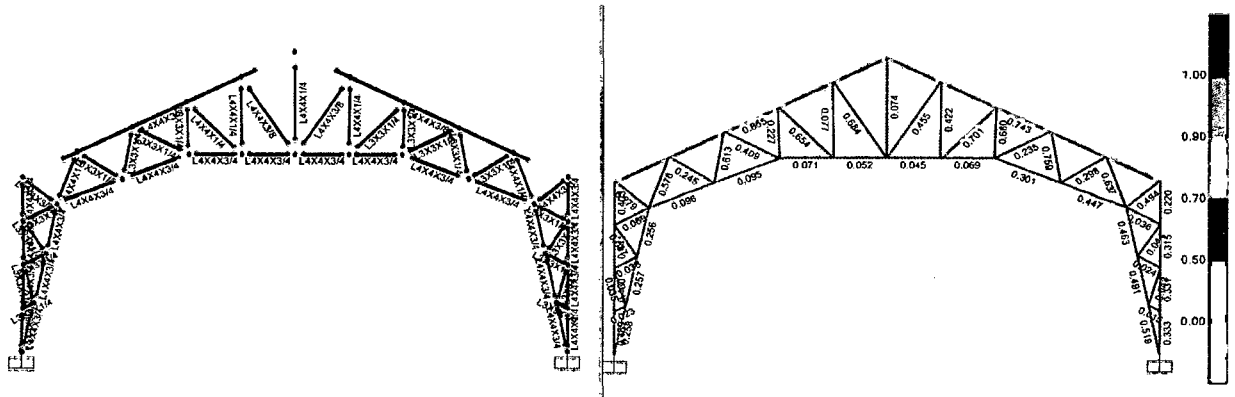


Fig. 61. Pórtico Reticulado de 20 m. de luz

Para una luz de 30 metros

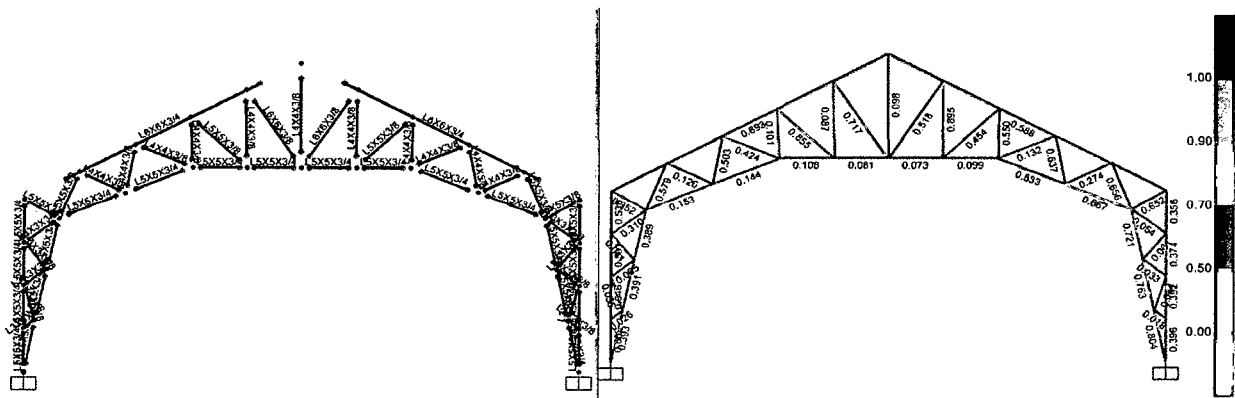


Fig. 62. Pórtico Reticulado de 30 m. de luz

Para una luz de 40 metros

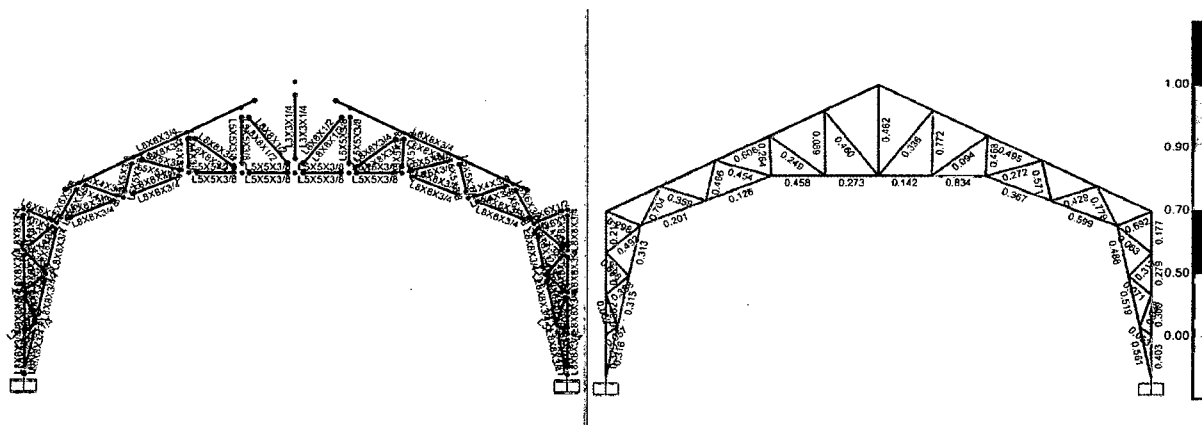


Fig. 63. Pórtico Reticulado de 40 m. de luz

Para una luz de 50 metros

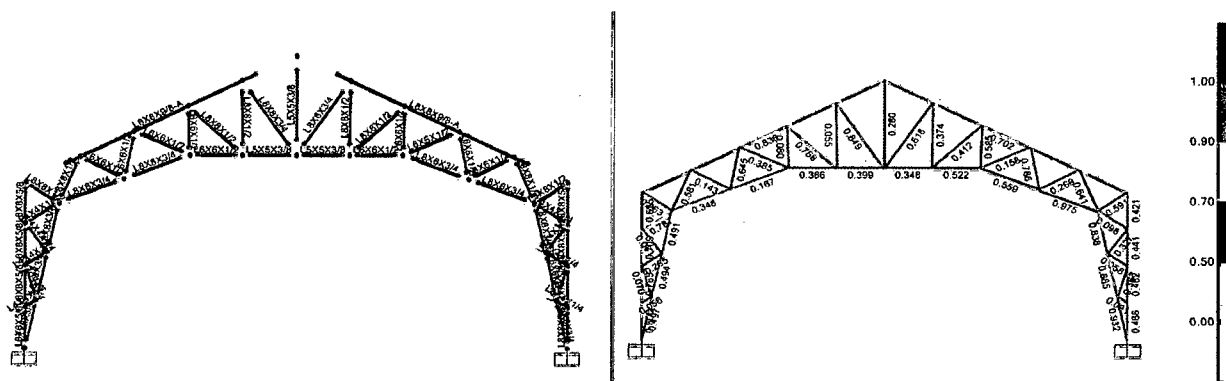


Fig. 64. Pórtico Reticulado de 50 m. de luz

Para una luz de 60 metros

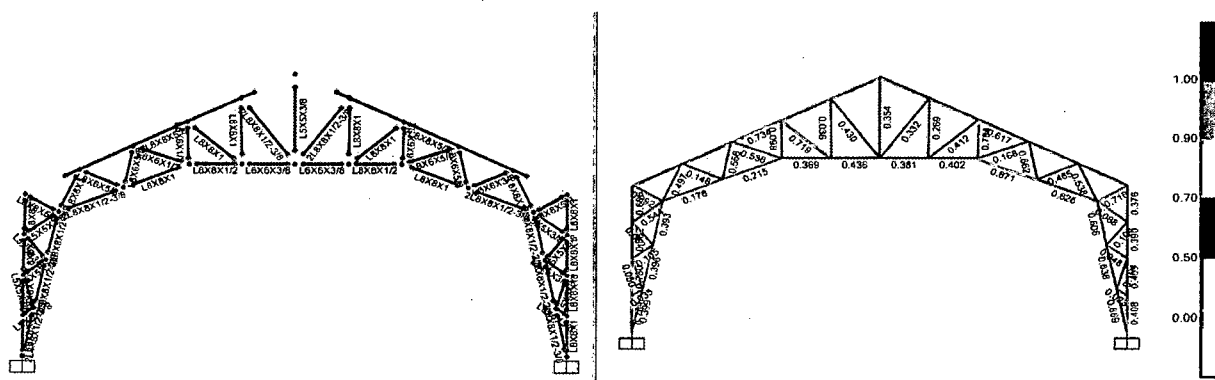


Fig. 65. Pórtico Reticulado de 60 m. de luz

ANÁLISIS DE RESULTADOS

DESPLAZAMIENTO POR SISMO EN X

Como resultados obtenidos en cuanto a desplazamientos obtenemos que los obtenidos debidos a sismo en el portico con nudos rigidos es mayor al desplazamiento por sismo que el portico reticulado. Veamos los resultados para el portico de 12 metros de luz

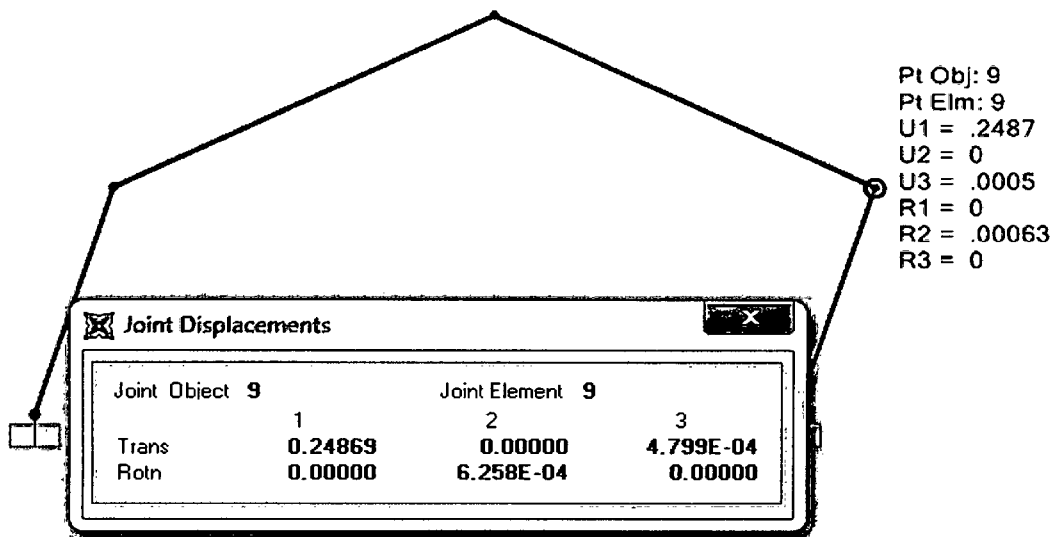


Fig. 66. Desplazamiento por sismo en x

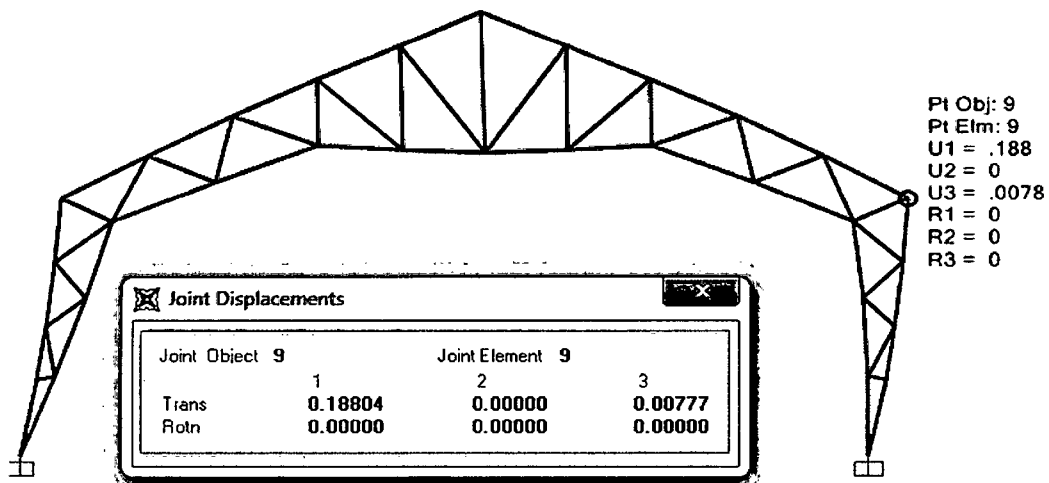


Fig. 67. Desplazamiento por sismo en x

DEFLEXIONES POR CARGAS DE SERVICIO

Como resultados obtenidos en cuanto deflexiones y distorsiones obtenemos que los obtenidos debido a cargas de servicio en el pórtico con nudos rígidos es mucho mayor al desplazamiento por cargas de servicio que en el pórtico reticulado

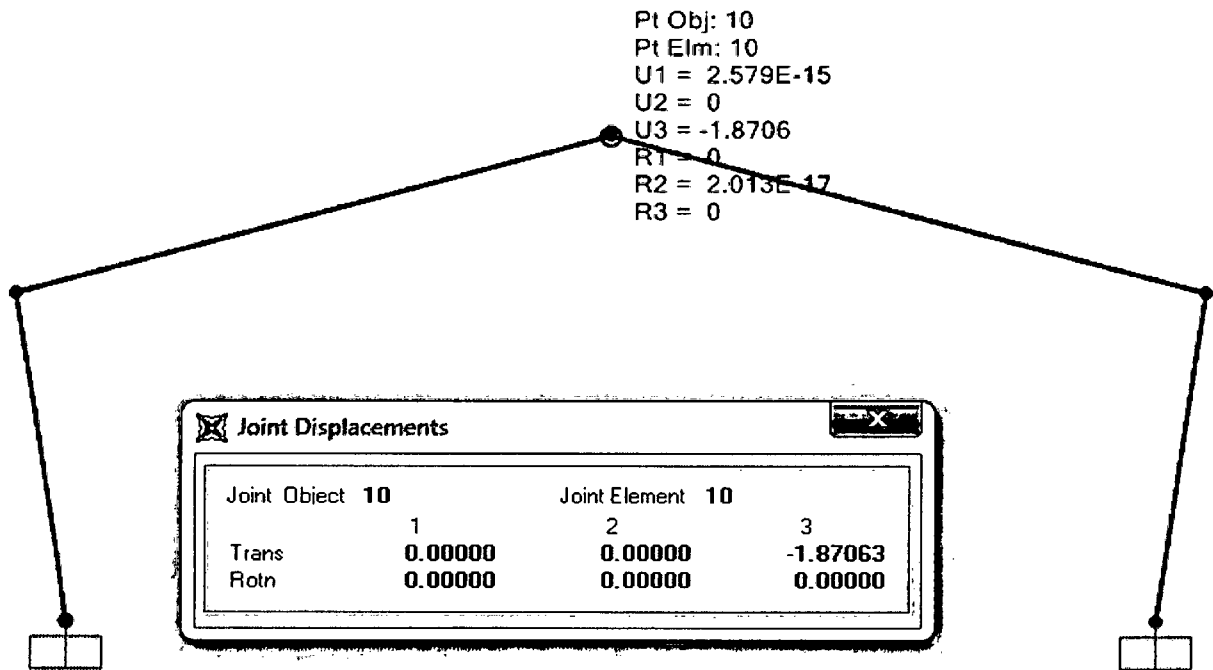


Fig. 68. Deflexiones por cargas de servicio (cm)

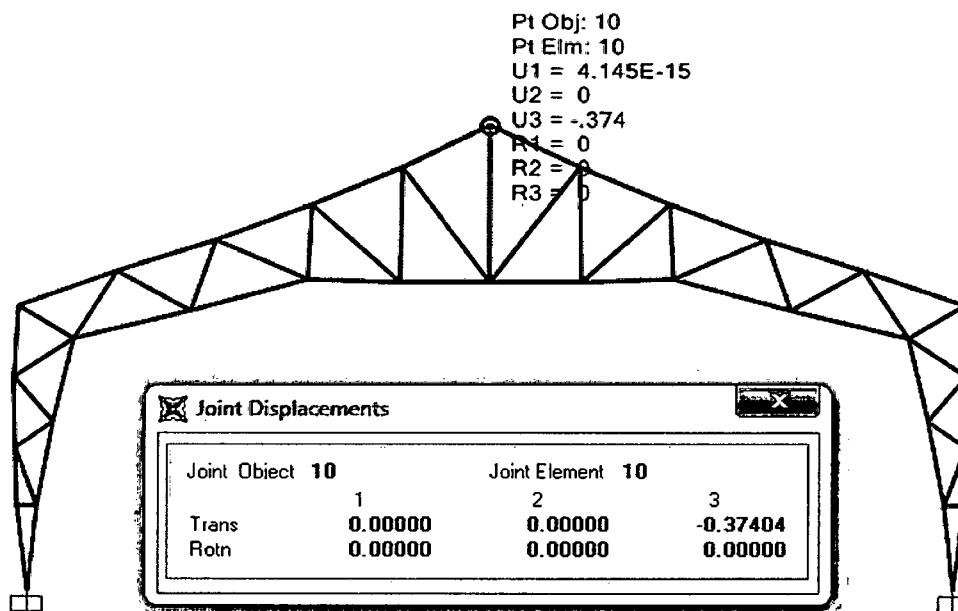


Fig. 69. Deflexiones por cargas de servicio (cm)



Se concluye que para una luz de 12 metros que fue nuestra configuración inicial, en cuanto a geometría, obtenemos resultados favorables al pórtico reticulado en cuanto a desplazamientos, y deflexiones, teniendo por lo tanto un mejor comportamiento estructural, teniendo en cuenta los mismos parámetros para ambos casos.

| Sistema Estructural / Pórtico | Nudos Rígidos | Armadura |
|-------------------------------|---------------|----------|
| Luz (m) | 12 | 12 |
| Desplaz. X (cm) | 0.25 | 0.18 |
| Deflex. Vert. (cm) | 1.87 | 0.37 |

Tabla N° 20 Desplazamientos Portico de 12 metros

Del analisis de todos los porticos se presentan los resultados mas importantes obtenidos mediante el programa

| TABLE: Material List 1 | | | | | Desplazamientos | | |
|------------------------|------------|----------|----------|----------|-----------------|----------|----------|
| Luz (m) | Portico | Obj Text | Mat Text | Peso Kgf | Sismo X | Viento | |
| | | | | | (cm) | Wx1 (cm) | Wx2 (cm) |
| 12 | Rigido | Frame | A36 | 825.31 | 0.248 | 1.143 | 0.352 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 790.61 | 0.188 | 0.896 | 0.435 |
| 20 | Rigido | Frame | A36 | 2872.37 | 0.894 | 3.373 | 1.090 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 2105.58 | 0.363 | 1.584 | 0.816 |
| 30 | Rigido | Frame | A36 | 5300.88 | 0.799 | 3.030 | 0.884 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 5092.47 | 0.710 | 2.523 | 1.260 |
| 40 | Rigido | Frame | A36 | 11093.41 | 1.142 | 3.502 | 0.939 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 9319.28 | 1.020 | 3.164 | 1.547 |
| 50 | Rigido | Frame | A36 | 24144.13 | 1.770 | 5.383 | 1.549 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 14711.66 | 1.491 | 4.140 | 2.109 |
| 60 | Rigido | Frame | A36 | 30840.08 | 2.060 | 6.231 | 1.761 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 23339.14 | 1.854 | 4.426 | 2.210 |

Tabla N° 21 Desplazamientos Porticos diferentes luces

Relación de la Luz y el Peso de la Estructura

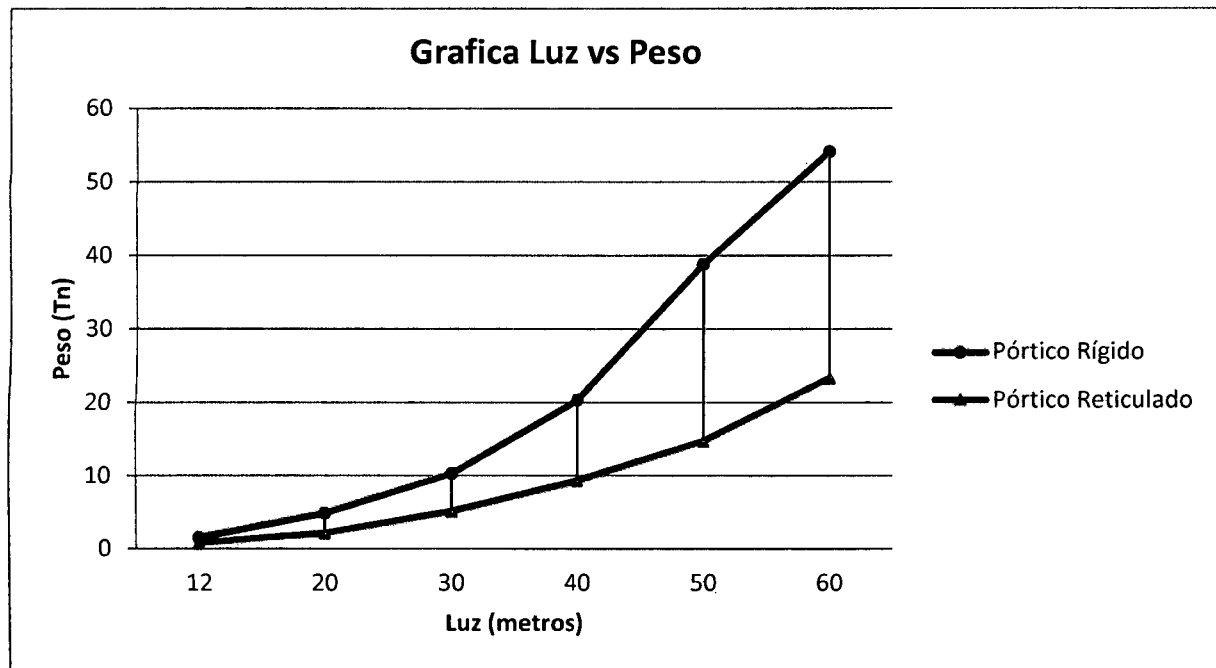


Fig. 70. Gráfica Luz vs Peso

De la grafica podemos observar que a medida aumentamos la luz de la estructura, El sistema compuesto por secciones de alma llena, es decir el de nudos rígidos, se vuelve cada vez mas pesado, esto debido a que cada vez que aumenta la luz las secciones de columnas y vigas del portico, tienen que ser mas robustas, convirtiendose a mayores luces ineficientes estructuralmente, por otro lado los porticos compuestos por armaduras presentan un mejor comportamiento a medida que aumentamos la luz, puesto que aumenta no tan bruscamente como lo hace el sistema de porticos con nudos rígidos



CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Se realizó el análisis estructural para el sistema estructural en base a pórticos con nudos rígidos, estableciendo resultados como desplazamientos laterales, deflexiones en vigas, así como también se analizaron los ratios de demanda capacidad de cada elemento estructural.
Para el primer análisis del pórtico Rígido de 12 metros se obtuvo un desplazamiento lateral debido a sismo en el punto 09 del pórtico de 0.248 cm, una deflexión de 1.87 cm, el peso de esta estructura es de 825.31 Kg, el resultado del análisis de ratios nos arrojan valores menores al 95%, por lo que están desempeñándose eficientemente por resistencia sin presentarse sobreesfuerzos.
2. Se realizó el análisis estructural para el sistema compuesto por pórticos reticulados, estableciendo resultados como desplazamientos laterales, deflexiones del sistema en conjunto, así como también se analizaron los ratios de demanda capacidad de cada elemento estructural.
Para el primer análisis del pórtico reticulado de 12 metros se obtuvo un desplazamiento lateral debido a sismo en el punto 09 de la armadura de 0.188 cm, una deflexión de 0.37cm, el peso de esta estructura es de 790.61 Kg., el resultado del análisis de ratios nos arrojan valores menores al 95%, por lo que están desempeñándose eficientemente por resistencia sin presentarse sobreesfuerzos.



3. Se realizó el análisis estructural de pórticos de 12, 20,30,40,50,60 metros para ambos sistemas estructurales, analizándose cada uno independientemente, obteniendo desplazamientos por sismo y por viento.

| .TABLE: Material List 1 | | | | | Desplazamientos | | |
|-------------------------|------------|-------|------|----------|-----------------|----------|----------|
| Luz (m) | Portico | Obj | Mat | Peso | Sismo X (cm) | Viento | |
| | | Text | Text | Kgf | | Wx1 (cm) | Wx2 (cm) |
| 12 | Rigido | Frame | A36 | 825.31 | 0.248 | 1.143 | 0.352 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 790.61 | 0.188 | 0.896 | 0.435 |
| 20 | Rigido | Frame | A36 | 2872.37 | 0.894 | 3.373 | 1.090 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 2105.58 | 0.363 | 1.584 | 0.816 |
| 30 | Rigido | Frame | A36 | 5300.88 | 0.799 | 3.030 | 0.884 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 5092.47 | 0.710 | 2.523 | 1.260 |
| 40 | Rigido | Frame | A36 | 11093.41 | 1.142 | 3.502 | 0.939 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 9319.28 | 1.020 | 3.164 | 1.547 |
| 50 | Rigido | Frame | A36 | 24144.13 | 1.770 | 5.383 | 1.549 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 14711.66 | 1.491 | 4.140 | 2.109 |
| 60 | Rigido | Frame | A36 | 30840.08 | 2.060 | 6.231 | 1.761 |
| | Reticulado | Frame | A36 | 23339.14 | 1.854 | 4.426 | 2.210 |

En esta tabla podemos observar que los desplazamientos por sismo son mayores en los pórticos con nudos rígidos.

4. Del análisis estructural de ambos sistemas, se estableció una comparación entre estos, a nivel estructural y de resistencia, teniendo el sistema compuesto por reticulados con las condiciones geométricas establecidas inicialmente por conveniencia y criterio, un mejor comportamiento estructural frente a las condiciones de carga, de apoyo, de sitio supuestas en ambos sistemas.
5. A medida que aumenta la luz de la estructura, El sistema compuesto por secciones de alma llena, es decir el de nudos rígidos, se vuelve cada vez más pesado, esto debido a que cada vez que aumenta la luz las secciones de columnas y vigas del pórtico, tienen que ser más robustas,



convirtiéndose a mayores luces ineficientes estructuralmente, por otro lado los pórticos compuestos por armaduras presentan un mejor comportamiento a medida que aumentamos la luz, puesto que el peso no aumenta bruscamente como lo hace el sistema de pórticos con nudos rígidos.

6. Los resultados que se obtuvieron con el desarrollo de esta tesis nos llevan a concluir que el sistema con pórticos reticulados para la geometría establecida por conveniencia y criterio, tiene un mejor comportamiento estructural y mayor estabilidad que el sistema de nudos rígidos bajo las mismas condiciones de geometría y carga.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al momento de cargar el modelo, poner las cargas en las unidades correspondientes, ya que muchas veces se introducen con unidades tergiversadas, esto conlleva a errores no fortuitos durante la modelación.
2. Se recomienda, leer las citas y bibliografías descritas en el desarrollo de la tesis, para ampliar los conocimientos sobre el tema, y más aún al tratarse el tema de esta tesis que es de estructuras metálicas, el cual no es tan difundido en nuestro medio, con el fin de promover el hábito de lectura y de investigación.
3. Se recomienda promover este tipo de investigaciones, no quedando estancada en el conocimiento de una sola persona sino con el fin de masificarla y difundirla en nuestro medio.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero Pág. 77
- Mc Cormac, Diseño de estructuras de Acero, Método LRFD.
2ª Edit., 2ª reimpresión, Edit. Alfaomega Grupo Editor, 1-25 Pág.
- Zapata Baglietto, 2000, Diseño estructural en acero.
1ª Edit., 2ª reimpresión, 1-25 Pág.
- O. De Buen, s. Gerard, Marcos rígidos para edificios Análisis de segundo orden, Febrero 1977. Pág. 01-06.
- Sriramulu Vinakota, Estructuras de Acero Comportamiento y LRFD, Enero 2006. Pág. 86-89.
- Ramón Arguelles Álvarez, Estructuras de Acero - Calculo, Marzo 2005. Pág. 104-109.
- R. C. Hibbeler, Análisis Estructural, Marzo 2005. Pág. 104-109.
- María Graciela Fratelli, DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS Estados Límites LRFD, Marzo 2003. Pág. 24-50.
- Neftalí Rodríguez, Estructuras para Grandes Claros, Enero 1976. Pág. 104-109.



ANEXOS

ANEXO A: ZONIFICACIÓN SÍSMICA

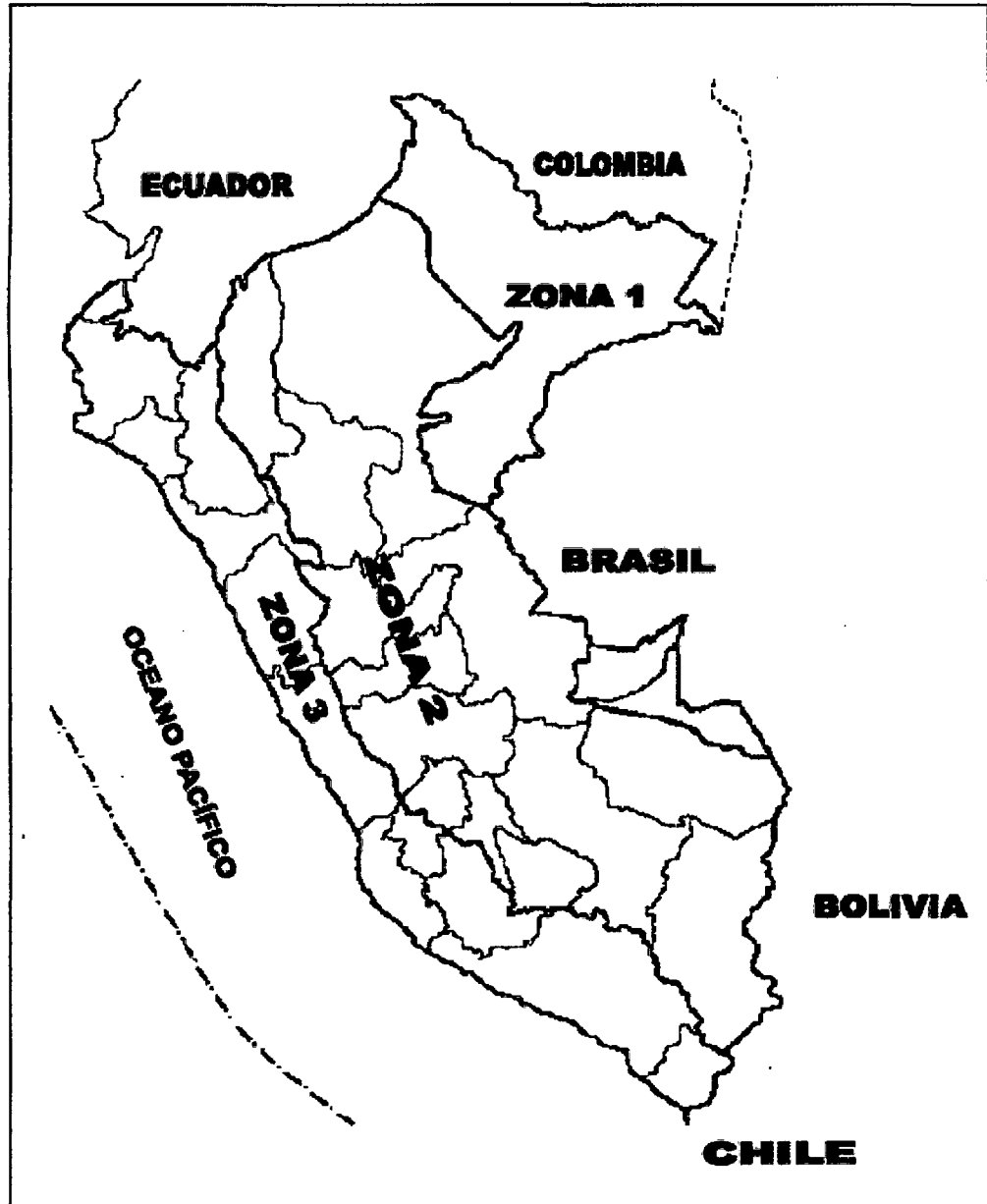


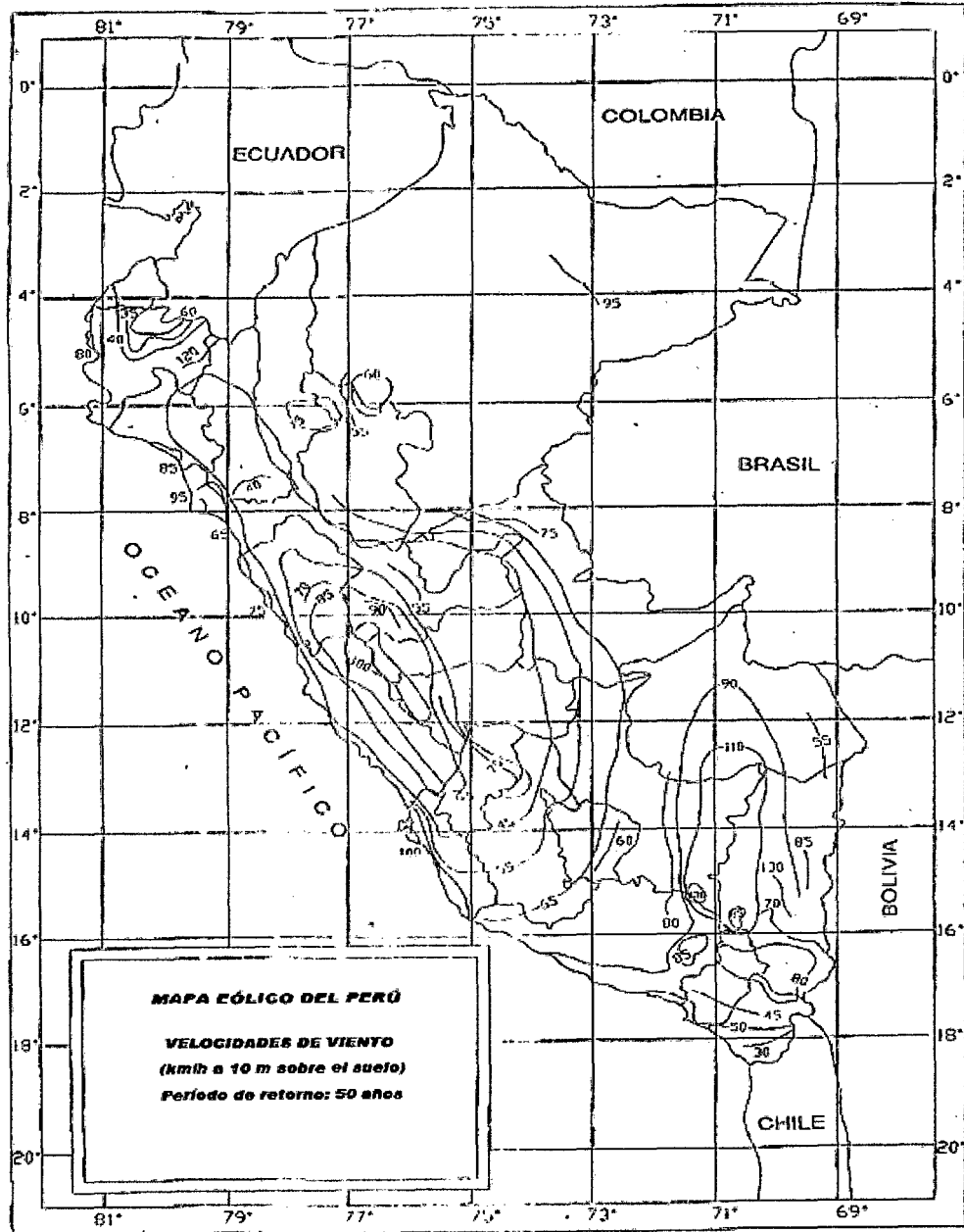
Tabla N°1
FACTORES DE ZONA

| ZONA | Z |
|------|------|
| 3 | 0,4 |
| 2 | 0,3 |
| 1 | 0,15 |

(Ref. "Reglamento Nacional de Edificaciones", Perú 2006)



ANEXO B: CARGAS DE VIENTO



(Ref. "Reglamento Nacional de Edificaciones", Perú 2006)



ANEXO C: Medidas recomendadas para los huecos en placas base.

Tabla 2.3 Medidas recomendadas para los huecos de las varillas de anclaje de las placas base

| Diámetro de la Varilla de Anclaje, pulgadas. | Diámetro del Hueco, pulgadas. | Minima Dimensión de la Arandela, pulgadas | Minimo Espesor de la Arandela, pulgadas |
|--|-------------------------------|---|---|
| $\frac{3}{4}$ | $1\frac{5}{16}$ | 2 | $\frac{1}{4}$ |
| $\frac{7}{8}$ | $1\frac{9}{16}$ | $2\frac{1}{2}$ | $\frac{5}{16}$ |
| 1 | $1\frac{13}{16}$ | 3 | $\frac{3}{8}$ |
| $1\frac{1}{4}$ | $2\frac{1}{16}$ | 3 | $\frac{1}{2}$ |
| $1\frac{1}{2}$ | $2\frac{5}{16}$ | $3\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ |
| $1\frac{3}{4}$ | $2\frac{3}{4}$ | 4 | $\frac{5}{8}$ |
| 2 | $3\frac{1}{4}$ | 5 | $\frac{3}{4}$ |
| $2\frac{1}{2}$ | $3\frac{3}{4}$ | $5\frac{1}{2}$ | $\frac{7}{8}$ |

Notes: 1. Arandelas circulares o cuadrados que cumplen el tamaño de la muestra son aceptables.
2. Debe haber un espacio adecuado para el tamaño de la arandela seleccionado.
3. Véase el uso de la alternativa 1 $\frac{1}{16}$ pulgadas de diámetro del hueco para varillas de $\frac{3}{4}$ pulgadas de diámetro, con placas de menos de $1\frac{1}{4}$ pulgada de espesor.