

Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción

“DISEÑO SÍSMICO DE NAVE INDUSTRIAL DE ACERO SITUADA EN EL BARRIO LAS COLINAS DEL DEPARTAMENTO DE MANAGUA, USANDO PÓRTICOS ARRIOSTRADOS CONCÉNTRICAMENTE, EMPLEANDO LA NORMATIVA DE AISC 2016”.

Proyecto de Graduación para optar al título de
Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. John Steven Talavera González
Carnet: 2015-0372N

Tutor:

Msc. Ing. Marco Antonio Palma Cerrato

14 de abril de 2026
Managua, Nicaragua



Universidad
Nacional de
Ingeniería

AVAL DEL TUTOR(A)

1. Datos del Estudiante

Nombre del estudiante: John Steven Talavera González

Programa académico: Proyecto de culminación de estudio

Carné: 2015-0372N

2. Datos del Tutor(a) Académico(a)

Nombre del tutor(a): M.Sc. Marco Antonio Palma Cerrato

Área de conocimiento o CUR: Arquitectura y construcción (DACAC)

Correo institucional: marco.palma@uni.edu.ni

3. Datos del Asesor(a) Académico(a)

Nombre del asesor(a) académico(a)

Área de conocimiento o CUR

Correo institucional:

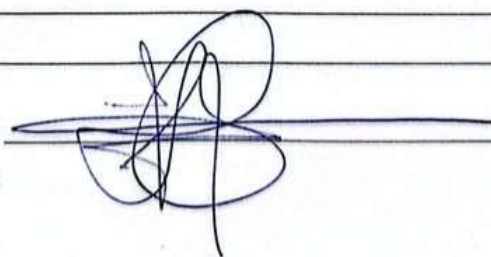
Declaración del Tutor(a)

Yo, **Marco Antonio Palma Cerrato**, en calidad de tutor(a) certifico que he revisado la propuesta presentada por el estudiante descrito en este formulario y:

☒ Avalo la propuesta para su desarrollo.

☐ No avalo la propuesta (requiere ajustes).

Observaciones (si aplica):

Firma del Tutor(a): 
Fecha: 07/03/2026



Managua, Nicaragua, lunes 15 de diciembre de 2025
REF/CULM.EST/TFCE/CIV/047-2025

John Steven Talavera González
Sus manos. –

Estimado (s) Bachiller (es), reciba (n) cordiales saludos.

En el marco de la **Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)** se le(s) comunica que el Tema y objetivos de Proyecto de Graduación titulado "DISEÑO SÍSMICO DE NAVE INDUSTRIAL DE ACERO SITUADA EN EL BARRIO LAS COLINAS DEL DEPARTAMENTO DE MANAGUA, USANDO PÓRTICOS ARRIOSTRADOS CONCÉNTRICAMENTE, EMPLEANDO LA NORMATIVA DE AISC 2016". Ha sido aprobado y se le ha asignado como Tutor(a) al (a la) **MSc. Marco Antonio Palma Cerrato**

La ejecución, entrega y defensa del Proyecto de Graduación tendrá una duración máxima de 05 meses, a partir de la fecha de aprobación de la Dirección, siendo el periodo establecido del **01 de diciembre del 2025 al 30 de abril del 2026**.

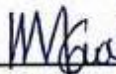
Por lo tanto, ud (s) deberá(n) cumplir en el periodo mencionado con lo siguiente:

- Desarrollar el Cronograma de Ejecución y realizar las actividades en correspondencia con el mismo, en el cual se tienen que programar los periodos de encuentros con el tutor, pre defensa y defensa.
- Presentar al tutor **semanalmente** los avances obtenidos en el proceso de ejecución conforme el cronograma.
- Cumplir con al menos el 90% de asistencia en los encuentros programados con el tutor asignado.
- Realizar al menos una pre defensa del Trabajo Monográfico en versión borrador, según el cronograma establecido en el marco de la **Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)**, con el objetivo de garantizar en todos los aspectos el éxito de la defensa.

Igualmente, se le(s) recuerda que no hay prórroga para el cumplimiento de este proceso y que a través de la firma de la carta compromiso reconoce que esta es la última oportunidad para realizar la culminación de estudios.

Sin más a que hacer referencia y deseándole éxito en su Proyecto de Graduación para optar al título de Ingeniero Civil, se despide.

Atentamente,



Ma. Marcela Carolina Galán Gaitán
Directora

Cc. Expediente Culminación de Estudios

DEDICATORIA

El presente proyecto de culminación de estudio decidí dedicarlo en primer lugar a Dios, por brindarnos la vida y la determinación para poder culminar este trabajo con perseverancia en medio de tantas dificultades y retos que nos ha presentado la vida. A mi madre, tío, hijo y personas que me apoyaron, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años. Gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Es un orgullo y un privilegio ser su hijo, son mi mayor motivación y esto va por ustedes. A todas las personas que nos han brindado su tiempo y apoyo a lo largo de nuestra carrera como estudiantes, en especial a mi tutor. MSC. ING. Marco Palma Cerrato por guiarme en la elaboración de esta investigación y siempre darme las bases desde donde desarrollar el contenido adecuado para elaborar este trabajo con la calidad que se espera.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por bendecirme la vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias a mi madre: Maricela González Dávila, Noel y Doraldina, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me han inculcado. Agradezco a nuestros docentes de la facultad de tecnología de la construcción de la Universidad Nacional de ingeniería, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de esta profesión, de manera especial, al ing. Máster Marco Palma Cerrato tutor de este proyecto quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

INDICE

Contenido

I.	Generalidades	1
I.1	Introducción	1
	Antecedentes	2
II.	Objetivos	3
II.1.1	Objetivo General	3
II.1.2	Objetivo Especifico	3
II.2	Ubicación y localización	4
II.2.1	Macro localización	4
II.2.2	Micro localización	5
II.3	justificación	6
III.	Fundamentos técnicos	7
III.1.1	Placas base	7
III.1.2	Columnas y vigas	7
III.1.3	Tubos rectangulares	7
III.1.4	Acciones Variables	8
III.1.5	Acciones Permanentes	9
III.1.6	Combinaciones de carga	9
III.1.7	Acciones Accidentales	10
III.2	Criterios Para Diseño Sísmico según Su zona	10
III.2.1	Tabla 5.1.1. del NSCM	10
III.2.2	Tabla 5.2.1- Factor de Importancia NSCM	11
III.2.3	Suelo tipo C, D, E	11
III.2.4	Tabla 6.3.1 - Clasificación por tipo de suelo NSCM	11
III.2.5	Tabla 5.5.1 Coeficientes y factores de diseño para sistemas resistentes a fuerzas sísmicas NSCM	12
III.2.6	Peso Específico del acero	14
III.2.7	Deriva	14
III.2.8	Rigidez	15
III.2.9	zonificación sísmica	15

III.2.10	Tabla 6.4.1 - Factores de amplificación vertical por tipo de suelo NSCM.	17
III.2.11	Tabla 6.5.1 - Factor de ajuste espectral FS para Tb y Tc NSCM.....	17
III.2.12	Factor de comportamiento Sísmico	17
III.2.13	Espectro de respuesta elástico	18
III.2.14	Espectro de Diseño Reducido	19
III.2.15	Cortante Basal	20
III.2.16	Coefficiente Sísmico.....	20
III.2.17	análisis dinámico Modal Espectral.....	20
IV.	Metodología.....	25
V.	Resultados.....	25
V.1	Análisis sísmico	25
V.1.1	elaboración de modelo	26
V.1.2	construcción del espectro de respuesta con NSCM-22	30
V.1.3	Categoría de Riesgo	30
V.1.4	Categoría de Diseño Sísmico	31
V.1.5	clasificación por material y estructural	31
V.1.6	zonificación sísmica	32
V.1.7	aceleración del suelo	32
V.1.8	clasificación de Tipo de Suelo	32
V.1.9	Factor de ampliación por tipo de suelo Fas	32
V.1.10	Coefficiente sísmico	32
V.1.11	Secciones estructurales	33
V.1.12	Factores de ajuste espectral.....	34
V.1.13	Espectro de Diseño reducido.....	34
V.1.14	Periodos y masas participativas con Excel	35
V.1.15	Modos de Vibraciones	36
V.1.16	Fuerzas sísmicas.....	36
V.1.17	Cortante Basal	37
V.1.18	Desplazamientos máximos y su rotación	37
V.1.19	Demanda y capacidad (Ratio).....	38
V.1.20	Rigidez de la estructura.....	41
V.2	Diseño y generalidades	41

V.2.1	AISC 360-16	41
V.2.2	Secciones Propuestas	41
V.2.3	Diseño sismorresistente de elementos estructurales	49
V.3	Distorsiones.....	50
VI.	Conclusiones.....	52
VII.	Recomendaciones.....	54
VIII.	Bibliografía.....	55
IX.	Anexos	56

Índice de tabla

Tabla 1 Cargas variables	9
Tabla 2 Categoría de Riesgo	10
Tabla 3 Factor de importancia.....	11
Tabla 4 Clasificación por tipo de Suelo.....	11
Tabla 5 Coeficientes y factores de Diseño	12
Tabla 6 Combinaciones de cargas	13
Tabla 7 Factores de amplificación	17
Tabla 8 Factor de ajuste espectral FS para Tb y Tc Fuente: NSCM-22.....	17
Tabla 9 Secciones estructurales	33
Tabla 10 Masas participativas Fuente: SAP2000	35
Tabla 11 Reacciones en Base.....	37
Tabla 12 Tabla de cálculo de distorsiones con desplazamientos máximos en X	51
Tabla 13.....	51
Tabla 14 Tabla de cálculo de distorsiones con desplazamientos máximos en Y	51
Tabla 15 Factores de participación de Masas	52

índice de ilustraciones

Ilustración 1: Mapa de División Política-Nicaragua, Municipio de Managua.	4
Ilustración 3: Micro localización del municipio de Managua, sitio de Estudio, ubicación 4Q46+48 Managua	5
Ilustración 4 deriva – fuente andresceballos2019	14
Ilustración 5 Mapa de zonificación sísmica para nicaragua Fuente: NSCM-22	16
Ilustración 6 Mapa de aceleraciones para Nicaragua (a_0) para un periodo de retorno de 475 años Fuente: NSCM-22	16
Ilustración 7 ecuación de Espectro de respuesta elástica	18
Ilustración 8 Tipo de espectro por suelo	19
Ilustración 9 Perfil - larguero de techo	21
Ilustración 10 Marco transversal	22
Ilustración 11 Arriostre lateral	22
Ilustración 12 Tensores de techo (Sag-rod)	23
Ilustración 13 Tensores contraventeo	23
Ilustración 14 Vista 3D Nave-industrial de acero Fuente: SAP2000	26
Ilustración 15 Vista 3D edificio incluyendo interfaz SAP2000	27
Ilustración 16 Vista en planta del edificio.	27
Ilustración 17 Vista en planta del edificio-Secciones	28
Ilustración 18 Vista en elevación del eje E del edificio. Fuente: SAP2000	28
Ilustración 19 Vista en elevación del eje 1 del edificio. Fuente: SAP2000	29
Ilustración 20 Ajuste del caso dinámico en la dirección X del modelo Fuente: SAP2000 ..	29
Ilustración 21 Ajuste del caso dinámico en la dirección Y del modelo Fuente: SAP2000 ..	30
Ilustración 22 Categoría de Diseño para Marcos ordinarios arriostrados concéntricamente	31
Ilustración 23 Grafica de Espectro de Respuesta	34
Ilustración 24 Modos de vibraciones $T=0.0226453s$. Fuente: SAP2000	36
Ilustración 25 desplazamiento en X	38
Ilustración 26 Desplazamiento en Y	38
Ilustración 27 Demanda y capacidad Columna 12x65	39
Ilustración 28 Demanda y capacidad Viga 4x8	39
Ilustración 29 Demanda y capacidad Arriostre 6x6	40
Ilustración 30 Demanda y capacidad Nave-Industrial	40
Ilustración 31 Columnas Perfil W10x49	42
Ilustración 32 Fuerza axial producida por fuerza sísmica en la columna de enlace. Fuente: SAP2000	42
Ilustración 33 15 Fuerza Cortante producida por fuerza sísmica en la columna de enlace. Fuente: SAP2000	42
Ilustración 34 Momento actuante producido por fuerza sísmica en la columna de enlace. Fuente: SAP2000	43

Ilustración 35 dimensión de Viga 8x4.....	44
Ilustración 36 dimensión de Viga 6x6.....	44
Ilustración 37 Fuerza Axial producida por fuerza sísmica en la viga de enlace. Fuente: SAP2000.....	44
Ilustración 38 Fuerza Cortante producido por fuerza sísmica en la viga de enlace. Fuente: SAP2000.....	45
Ilustración 39 Momento actuante producido por fuerza sísmica en la columna de enlace. Fuente: SAP2000	45
Ilustración 40 Arriostre 6x6	46
Ilustración 41 Ejemplo de placa base con pernos rectos.....	48
Ilustración 42 Detalles de Columna.....	48
Ilustración 43 Detalles de Placa Base.....	56
Ilustración 44 Detalles de Pernos de anclaje.....	56
Ilustración 45 Detalles de CM1	57
Ilustración 46 Detalles de Viga 6x6.....	57
Ilustración 47 Detalles de Viga 4x8.....	57
Ilustración 48 Detalles de unión columna placa base.....	58
Ilustración 49 Detalles de union de viga	58
Ilustración 50 Detalles de Arriostre.....	59
Ilustración 51 Detalles de Eje D.....	59
Ilustración 52 Detalles de unión de entrepiso	60
Ilustración 53 Detalles de Tensor de Techo	60
Ilustración 54 Detalles de Clavadores.....	60
Ilustración 55 Detalles de Elementos estructurales índice de aprobación.....	61
Ilustración 56 Sketchup Frontal.....	61
Ilustración 57 Sketchup 3D	62
Ilustración 58 Sketchup Parte trasera	62
Ilustración 59 Detalles de entrepiso Sketchup	63

I. Generalidades

I.1 Introducción

Se le denomina nave industrial a un proyecto constructivo, destinado generalmente para un uso industrial, que puede ser almacenamiento, producción y desarrollo de una gran variedad de productos.

Las naves industriales se diseñan dependiendo del propósito, por ejemplo, si son almacenes grandes, para poder albergar la mayor cantidad de producto, o una distribución de espacio de producción.

También se les puede emplear como oficinas, debido a que en ocasiones suele ser menos costoso acondicionar que edificios o casas.

Estos proyectos buscan una construcción rápida, que no genere mucho gasto en su construcción, es por esto por lo que muchas naves industriales cuentan con una estructura de acero, como sus componentes de Placas, columnas, vigas y un sistema de arriostre.

Debido al alto índice de sismos en managua, deben diseñarse y construirse para resistir temblores, esto implica que deben cumplir con normas técnicas para garantizar su comportamiento sismorresistente y la seguridad de las personas y los productos que albergan.

Nicaragua se encuentra en un área tectónicamente activa, donde Managua particularmente, tiene un alto riesgo sísmico

Para la realización del estudio; se aplicó el uso de las normativas AISC para el diseño de la nave industrial de acero, basados en el NSCM, cumpliendo con los criterios y especificaciones necesarias, dicha metodología aporta elementos técnicos que se deben tomar en cuenta para realizar diseños de construcción con mayor durabilidad y sismo resistencia.

Antecedentes

La nave industrial se remonta a la necesidad de combinar en un solo espacio la funcionalidad de una bodega de almacenamiento con la de una oficina administrativa, respondiendo a las exigencias de flexibilidad y eficiencia de distintas empresa, especialmente pequeñas y medianas. Este concepto crece como solución inmobiliaria que permite optimizar operaciones, permitiendo a las empresas expandirse en un entorno competitivo y con costos accesibles.

También llamadas como ofibodegas, surgieron para ofrecer una solución con doble propósito, abarcando las necesidades de operaciones logísticas y espacio para una gestión administrativa.

La evolución en el mercado inmobiliario tiene un impacto significativo en nicaragua impulsando el comercio electrónico y la distribución rápida de mercancías, al estar ubicadas en sitios estratégicos, ayudan a las expansiones de negocios, sobre todo micronegocios que son fundamentales en la economía nicaragüense.

Dichas naves se diseñan en acero principalmente por su alta resistencia sísmica, alta durabilidad y flexibilidad de diseño, donde al estar situadas en una zona altamente sísmica tiene un impacto positivo si están bien diseñadas y construidas correctamente, ya que el uso de acero es un material dúctil que puede absorber y dispersar energía de manera mas efectiva que otros materiales, sin embargo su comportamiento real dependerá de la correcta aplicación de las normativas sísmicas vigentes para su diseño donde no existan deterioros como corrosiones en las estructuras.

Los elementos de acero se fabrican en el taller de La Empresa INDENICSA, lo que garantiza una mayor precisión y calidad en sus uniones, como las empernadas o soldadas, que son cruciales para el comportamiento sismorresistente

II.Objetivos

II.1.1 Objetivo General

1. Efectuar el diseño sísmico de Nave Industrial de acero situada en el barrio 18 de mayo sector Las Colinas del departamento de Managua, usando pórticos arriostrados concéntricamente, empleando las normativas de AISC 2016.

II.1.2 Objetivo Especifico

1. Realizar análisis Dinámico modal espectral (DME), Usando programa SAP2000 guiado por las normativas sismorresistente para la ciudad de managua (NSCM-22).
2. Desarrollar el diseño sísmico en los elementos que compone la estructura, (vigas, columnas arriostres) usando SAP2000, aplicando las normativas AISC 2016.
3. Evaluar comportamiento de la estructura haciendo uso de la normativa del NSCM-22.

II.2 Ubicación y localización

La Nave industrial se encontrara en Las Colinas, en el departamento de managua, en el distrito V de esta ciudad, su funciones entre bodega y oficinas, que permitirá ejercer de una manera más organizada la distribución, el almacenamiento, la logística y la fabricación de producto, el diseño en acero es una de las mejores opciones en el departamento de managua por su zona altamente sísmica, debido a su capacidad de absorción de energía, su ductilidad, su resistencia a las fatigas, su flexibilidad de Diseño y sus conexiones fuertes aparte de ser una estructura más liviana que el hormigón.

II.2.1 Macro localización



Ilustración 1: Mapa de División Política-Nicaragua, Municipio de Managua.

Fuente: Instituto Nacional de Turismo. (INTUR)

II.2.2 Micro localización



Ilustración 2: Micro localización del municipio de Managua, sitio de Estudio, ubicación 4Q46+48 Managua

Fuente: Elaboración Propia (2025)

II.3 justificación

Nicaragua, por su ubicación geográfica es un país vulnerable ante la amenaza sísmica.

Los movimientos telúricos son comunes sobre todo en la zona del Pacífico de Nicaragua, ya que este se encuentra sobre la cordillera volcánica y al oeste la zona de subducción, que es donde chocan las placas continentales Coco y Caribe.

INETER, brinda como información que demuestra que al año ocurren aproximadamente entre 1900 a 2200 sismos de diferentes magnitudes y profundidades.

En nicaragua han ocurrido varios terremotos, siendo el más devastador el del 23 de diciembre de 1972, cuyo saldo fue de 10000 muertos en managua, donde, existe una red de 28 fallas sísmicas activas, de las que 18 son de sumo cuidado.

Debido a esta problemática tome la decisión de un diseño sísmico en acero de una nave industrial, el cual es un tipo de estructura metálica de uso razonable y extendido en el país por ser requerida por todas las industrias en donde laboran muchas personas. Entre los problemas más comunes que se dan en el diseño están: la distribución de la edificación tomada por el arquitecto sin considerar irregularidades, estilos de diseño arquitectónico en los que no se toman en cuenta los efectos sísmicos que se podrían producir, el uso de tolerancias muy grandes en el diseño puede ser devastador. donde analizare mediante el programa de SAP2000 O ETABS que me permite modelar sísmicamente, analizar y diseñar para resistir sismos mediante la aplicación, donde obtendré los puntos críticos de la estructura guiados por las normativas del NSCM22 y dicho programa donde se evaluara el comportamiento.

III. Fundamentos técnicos

III.1.1 Placas base

Es una placa de metal plana, generalmente rectangular, que funciona como una base de cimentación para elementos estructurales verticales como columnas o postes. Su función principal es distribuir la carga de manera uniforme sobre una superficie mayor, como una base de concreto, para evitar sobrecargas y garantizar la estabilidad. Son perfectas para transferir fuerzas de la estructura a los cimientos, especialmente durante eventos sísmicos.

III.1.2 Columnas y vigas

Se utilizarán columnas tipo W (Wide Flange) o (vigas de ala ancha) son estructuras metálicas en forma de H, sus ala interior y exterior son paralelas, la profundidad de la viga es al menos igual a la anchura del ala, las alas son más gruesas que el alma, lo que ayuda a resistir los esfuerzos de flexión, son más resistentes y pesan menos que otros materiales como el hormigón, soportan mayor esfuerzo de compresión y de tracción. Se diferencian por la altura del alma y por el peso de la viga.

III.1.3 Tubos rectangulares

designare tubos rectangulares para vigas de techo, estos se caracterizan por su textura resistente, estructura estable y capacidad para soportar pesos pesados. Por lo tanto, en el campo de la construcción, el uso de tubos rectangulares no sólo puede garantizar la resistencia y estabilidad de la estructura del edificio, sino también mejorar la capacidad de carga, la vida útil del edificio, para techo con menor distancia columnas puede resultar en una estructura más sólida y resistente a la flexión.

III.1.4 Acciones Variables

III.1.4.1 Carga Viva

La carga viva es la que se debe a la operación y uso de la construcción. Incluye, por tanto, todo aquello que no tiene una posición fija y definitiva dentro de la misma y no puede considerarse como carga muerta. Entran así la carga viva del peso y las cargas debido a muebles, mercancías, equipos y personas. La carga viva es la principal acción variable que debe considerarse en el diseño.

Según el NSCM-22 para la aplicación de las cargas vivas unitarias se deberá tomar en cuenta las siguientes disposiciones (ver Anexo 1):

- 1) la carga viva máxima CV se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como en el diseño estructural de las cimentaciones ante cargas gravitacionales.
- 2) La carga viva incidental o reducida CVR se deberá usar para análisis por sismo y por viento.
- 3) Cuando el efecto de la carga viva sea favorable para la estabilidad de la estructura, como en los casos de flotación, de volteo y de succión por viento, su intensidad se considerará nula sobre toda el área.
- 4) Las cargas vivas uniformes de la tabla 1(Cargas vivas unitarias mínimas) se considerarán distribuidas sobre el área tributaria de cada elemento, entendiéndose por área tributaria el área que incide con su carga unitaria sobre el elemento de referencia, de acuerdo con el tipo de losa o cubierta que se trate.

III.1.5 Acciones Permanentes

III.1.5.1 Tabla 7.1.1 Cargas Variables Unitarias Mínimas kg/m²

DESTINO		MÁXIMO (CV)	NOTAS
Bodegas:	Ligero	450	(2)
	Semipesado	650	(2)
	Pesado	1,000	(2)

Tabla 1 Cargas variables

III.1.5.2 Carga Muerta

Las cargas muertas, también conocidas como cargas permanentes o estáticas, son aquellas que se mantienen relativamente constantes a lo largo del tiempo, por ejemplo, el peso de los elementos estructurales de un edificio, como vigas, muros, techos, forjados, arriostres. Las cargas muertas también pueden incluir tabiques permanentes no estructurales, elementos finos e incluso armarios empotrados

III.1.6 Combinaciones de carga

Una estructura debe de ser sometida a verificación de su estado en los casos de combinaciones de cargas estáticas considerando efectos por sismos, según el método de diseño que se utilice.

En la Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua (NSCM-16), especifica que, para la definición de las combinaciones de carga a considerarse, deben de considerarse los factores de mayor importancia de las combinaciones de carga básicos para los casos de cargas estáticas y para los casos de cargas sísmicas estarán en dependencia de la ubicación departamental de la estructura (aceleración del suelo) y tipo de suelo considerado.

III.1.7 Acciones Accidentales

III.1.7.1 Carga sísmica

Son acciones accidentales que solamente se presentan en la estructura por periodos cortos, en toda la vida útil de la estructura, estas se calculan para analizar el comportamiento del edificio, para el caso de las cargas sísmicas se considera el 100% del efecto que actúa en esa dirección y el 30% del que obra perpendicularmente a ella y estas se determinarán conforme lo establecido.

III.1.7.2 Cargas de Viento

son acciones que generan presiones (empujes o succiones) producidas por el viento que actúa sobre las superficies de la construcción y estas son transmitidas al sistema estructural, para el caso de estas cargas se considera el 100% de las fuerzas que se generan en esa dirección y se determinan conforme lo establecido en el NSMC

III.2 Criterios Para Diseño Sísmico según Su zona

Las estructuras se clasificarán en uno de los grupos de importancia que se establecen en la tabla que corresponden a una categoría de riesgo, la cual, se encuentra directamente relacionada a un sismo de diseño tal como se indica en la Tabla

III.2.1 Tabla 5.1.1. del NSCM

Grupo de Importancia	Categoría de Riesgo	Sismo de diseño
Estructuras no destinadas a habitación	I	Sismo de servicio.
Estructuras de ocupación normal	II	Sismo de diseño
Estructuras de ocupación especial	III	Sismo extremo I.
Estructuras esenciales	IV	Sismo extremo II.

Tabla 2 Categoría de Riesgo

III.2.2 Tabla 5.2.1- Factor de Importancia NSCM

Se asignará un Factor de Importancia de acuerdo con la categoría de riesgo

Categoría de riesgo	I
I	0.75
II	1.0
III	1.3
IV	1.65

Tabla 3 Factor de importancia

III.2.3 Suelo tipo C, D, E

La existencia de suelos tipo C, D y E se clasificará mediante los siguientes métodos: Velocidades de ondas de corte V_s y/o el número de golpes del ensayo de penetración estándar N o usando la resistencia al corte sin drenar, S_u . Esta norma sugiere el estudio de geofísica para la clasificación del tipo de suelo.

III.2.4 Tabla 6.3.1 - Clasificación por tipo de suelo NSCM

Clasificación del sitio	Descripción	Definición		
		Velocidad de onda de corte V_s (m/s)	Resistencia de penetración estándar N	Resistencia al corte del suelo sin drenar S_u (kg/cm ²).
A	Roca rígida	$V_s > 1500$	N/A	N/A
B	Roca	$760 < V_s \leq 1500$	N/A	N/A
C	Suelo muy Denso y Roca Blanda	$360 < V_s \leq 760$	$N > 50$	$S_u \geq 1.0$
D	Suelo Rígido	$180 < V_s \leq 360$	$15 \leq N \leq 50$	$0.5 \leq S_u \leq 1.0$
E	Suelo Blando	$V_s < 180$	$N < 15$	$S_u < 0.5$
E	-	Además, se considerará un suelo tipo E, cualquier capa de suelo con más de 3m que tenga las siguientes características. 1. Índice de Plasticidad $PI > 20$ 2. Contenido de humedad $w \geq 40\%$ 3. Resistencia al cortante sin drenar $S_u < 0.2 \text{ kg/cm}^2$		

Tabla 4 Clasificación por tipo de Suelo

III.2.5 Tabla 5.5.1 Coeficientes y factores de diseño para sistemas resistentes a fuerzas sísmicas NSCM

Sistema Estructural	Coeficiente de modificación de respuesta, R^a	Factor de sobrerresistencia, Ω_s^b	Coeficiente de deflexión, C_d	Distorsión Máxima De piso γ_{max}	Limitaciones del sistema estructural Incluyendo el límite de altura (m) ^c			
					Categoría de diseño sísmico			
					A	B	C	D
B. SISTEMAS DE MUROS ESTRUCTURALES Y MARCOS ARRIOSTRADOS								
1. Marcos de acero con arriostramiento excéntrico	8	2	4	0.025	SL	SL	SL	50
2. Marcos especiales de acero arriostrados concéntricamente	6	2	5	0.020	SL	SL	SL	50
3. Marcos ordinarios de acero arriostrados concéntricamente	3 ½	2	3 ½	0.015	SL	SL	SL	NP ^d
4. Muros de corte de concreto reforzado especiales	6	2 ½	5	0.02	SL	SL	SL	50
5. Muros de corte de concreto reforzado ordinario	5	2 ½	4 ½	0.01	SL	SL	SL	NP
6. Muros de corte intermedios prefabricados	5	2 ½	4 ½	0.015	SL	SL	SL	12
7. Muros de corte ordinarios prefabricados	4	2 ½	4	0.01	SL	SL	NP	NP
8. Marco compuesto con arriostramiento excéntrico ^d	8	2 ½	4	0.025	SL	SL	SL	50
9. Marcos especiales compuestos arriostrados concéntricamente ^d	5	2	4 ½	0.02	SL	SL	SL	50
10. Marcos arriostrados ordinarios compuestos	3	2	3	0.015	SL	SL	SL	NP
11. Muros de corte de mampostería reforzada especial	5 ½	2 ½	4	0.01	SL	SL	SL	50
12. Muros de corte de mampostería reforzada intermedia	4	2 ½	4	0.006	SL	SL	SL	NP
13. Muros de corte de mampostería reforzada ordinarios	2	2 ½	2	0.002	SL	SL	50	NP
14. Paredes de estructura ligera (madera) revestidas con paneles estructurales de madera clasificados para resistencia al corte	7	2 ½	4 ½	0.015	SL	SL	SL	18
15. Paredes de estructura ligera (acero conformado en frío) revestidas con paneles estructurales de madera clasificado para resistencia al corte o láminas de acero	7	2 ½	4 ½	0.015	SL	SL	SL	18
16. Paredes de estructura ligera (acero conformado en frío) revestida con paneles estructurales de otro material con resistencia al corte.	2 ½	2 ½	2 ½	0.01	SL	SL	SL	9
17. Marcos de acero arriostrado con pandeo restringido	8	2 ½	5	0.025	SL	SL	SL	50

Tabla 5 Coeficientes y factores de Diseño

Suelo tipo C, D, E. La existencia de suelos tipo C, D y E se clasificará mediante los siguientes métodos: Velocidades de ondas de corte V_s y/o el número de golpes del ensayo de penetración estándar N o usando la resistencia al corte sin drenar, S_u . Esta norma sugiere el estudio de geofísica para la clasificación del tipo de suelo.

III.2.5.1 Tabla de Combinaciones de carga

Combinaciones de carga de Servicio	Combinaciones de carga de diseño
Cs1=CM+H	Cu1=1.4CM+H
Cs2=CM+CV+H	Cu2=1.2CM+1.6CV+0.5CVT+H
Cs3=CM+CVT+H	Cu3=1.2CM+1.6CVT+0.5V+H
Cs4=CM+0.75CV+0.75CVT+H	Cu4=1.2CM+CV+V+0.5CVT+V
Cs8(1)=1.0721CM+0.75SX+0.21SY	Cu5=0.9CM+V+H
Cs8(2)=1.0721CM+0.75SX-0.21SY	Cu6(1)=1.303CM+CV+SX+0.3SY
Cs8(3)=1.0721CM-0.75SX+0.21SY	Cu6(2)=1.303CM+CV+SX-0.3SY
Cs8(4)=1.0721CM-0.75SX-0.21SY	Cu6(3)=1.303CM+CV-SX+0.3SY
Cs8(5)=1.0721CM+0.75SY+0.21SX	Cu6(4)=1.303CM+CV-SX-0.3SY
Cs8(6)=1.0721CM+0.75SY-0.21SX	Cu6(5)=1.303CM+CV+SY+0.3SX
Cs8(7)=1.0721CM-0.75SY+0.21SX	Cu6(6)=1.303CM+CV+SY-0.3SX
Cs8(8)=1.0721CM-0.75SY-0.21SX	Cu6(7)=1.303CM+CV-SY+0.3SX
Cs9(1)=1.054CM+0.75CV+0.525SX+0.158SX	Cu6(8)=1.303CM+CV-SY-0.3SX
Cs9(2)=1.054CM+0.75CV+0.525SX-0.158SX	Cu7(1)=0.797CM+SX+0.3SY
Cs9(3)=1.054CM+0.75CV-0.525SX+0.158SX	Cu7(2)=0.797CM+SX-0.3SY
Cs9(4)=1.054CM+0.75CV-0.525SX-0.158SX	Cu7(3)=0.797CM-SX+0.3SY
Cs9(5)=1.054CM+0.75CV+0.525SY+0.158SX	Cu7(4)=0.797CM-SX-0.3SY
Cs9(6)=1.054CM+0.75CV+0.525SY-0.158SX	Cu7(5)=0.797CM+SY+0.3SX
Cs9(7)=1.054CM+0.75CV-0.525SY+0.158SX	Cu7(6)=0.797CM+SY-0.3SX
Cs9(8)=1.054CM+0.75CV-0.525SY-0.158SX	Cu7(7)=0.7979CM-SY+0.3SX
Cs10(1)=0.528CM+0.75SX+0.21SY	Cu7(8)=0.7979CM-SY-0.3SX
Cs10(2)=0.528CM+0.75SX-0.21SY	
Cs10(3)=0.528CM-0.75SX+0.21SY	
Cs10(4)=0.528CM-0.75SX-0.21SY	
Cs10(5)=0.528CM+0.75SY+0.21SX	
Cs10(6)=0.528CM+0.75SX-0.21SY	
Cs10(7)=0.528CM-0.75SX+0.21SY	
Cs10(8)=0.528CM-0.75SX-0.21SY	

Tabla 6 Combinaciones de cargas

Abreviatura:

CM: Carga Muerta

CV: Carga Variable

CVT: Carga Variable de Techo

H: Empuje del suelo, presión lateral del agua o presión de material almacenado

V: Carga de Viento

Para el caso del edificio en estudio, se considerará su ubicación en la ciudad de Managua, considerando un tipo de suelo rígido

III.2.6 Peso Específico del acero

El peso específico (o densidad) del acero es de aproximadamente

7,850 kg/m³ comma 850 space k g / m cubed

7,850 kg/m³

(o 7.85 g/cm³ 7.85 space g / c m cubed

7.85 g/cm³). Este valor puede variar ligeramente dependiendo del tipo específico de acero, sus aleaciones y el tratamiento térmico que haya recibido.

III.2.7 Deriva

Es desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos colocados en la misma línea vertical, en dos pisos o niveles consecutivos de la edificación, si bien la norma brinda

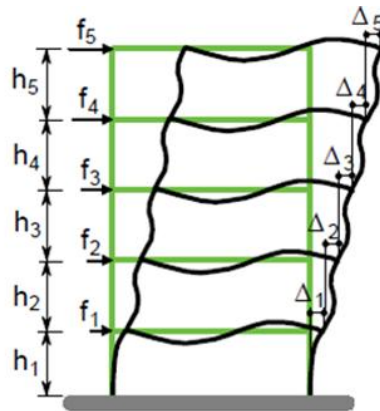


Ilustración 3 deriva – fuente andresceballos2019

limitaciones y excepciones para el chequeo de derivas, es importante tener en cuenta cual es la razón detrás de ello, para que el ingeniero diseñador, con un adecuado criterio, garantice que la estructura es lo suficientemente rígida para cumplir con las expectativas del cliente y así avanzar al diseño de los elementos estructurales.

Δ_i = Deriva de piso

$\Delta_i/h_i = d_i$

δ_i = Desplazamiento total

i = Nivel aju consideración

III.2.8 Rigidez

La rigidez en estructuras de acero en la ingeniería civil nicaragüense se refiere a la resistencia de la estructura a la deformación bajo carga, especialmente sismos, y se calcula según normativas como el **Código Nicaragüense de Construcción (RNC 07)**. Se determina por la geometría (sección transversal) y propiedades del material, La rigidez es crucial para la estabilidad y seguridad de los edificios, puentes y otras infraestructuras en el país.

III.2.9 zonificación sísmica

La peligrosidad sísmica nacional está definida en el mapa de la peligrosidad sísmica. Este expresa la a_o , expresado con relación al valor de la gravedad, g, la aceleración sísmica básica, a_o y el coeficiente de contribución F_{as} , que manifiesta la influencia de los distintos tipos de suelos.



Ilustración 4 Mapa de zonificación sísmica para nicaragua Fuente: NSCM-22

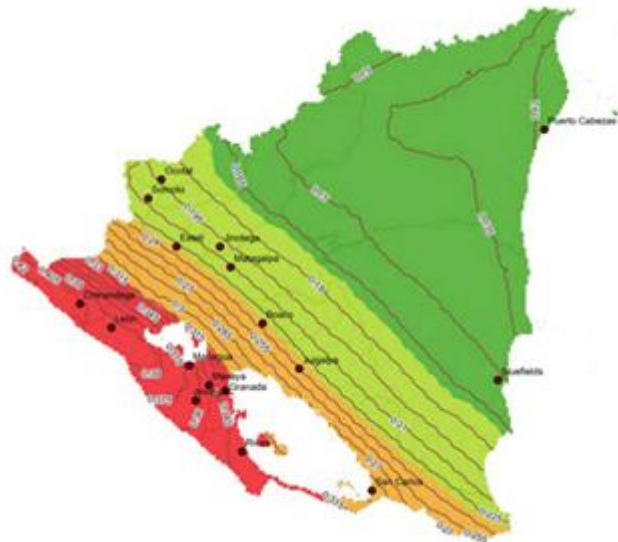


Ilustración 5 Mapa de aceleraciones para Nicaragua (a_0) para un periodo de retorno de 475 años Fuente: NSCM-22

III.2.10 Tabla 6.4.1 - Factores de amplificación vertical por tipo de suelo NSCM

En reglamento se especifica una asignación como factor de amplificación de respuesta en función al tipo de suelo y a la ubicación de la estructura.

Zona Sísmica	Tipo de Suelo				
	A	B	C	D	E
Z_1	0.8	1	1.4	1.7	2.2
Z_2	0.8	1	1.4	1.6	2.0
Z_3	0.8	1	1.4	1.5	ver nota
Z_4	0.8	1	1.3	1.4	ver nota

Tabla 7 Factores de amplificación

III.2.11 Tabla 6.5.1 - Factor de ajuste espectral FS para T_b y T_c NSCM

La finalidad de este factor es generar un ajuste en los valores del período que definen la meseta del espectro de diseño, en el cual toma en cuenta el incremento de la abscisa del espectro de respuesta debido a la pérdida de rigidez del suelo.

Clasificación del sitio	FS_{T_b}	FS_{T_c}
A	1	5/6
B	1	1
C	1	4/3
D	2	5/3

Tabla 8 Factor de ajuste espectral FS para T_b y T_c Fuente: NSCM-22

III.2.12 Factor de comportamiento Sísmico

Este factor ajusta los valores del periodo que definen la meseta del espectro de diseño, en el cual toma en cuenta el incremento en la abscisa del espectro de respuesta debido a la pérdida de rigidez del suelo.

$$R_o = R \Phi_p \Phi_E$$

Φ_E : Factor de corrección por irregularidad en elevación.

Φ_p : Factor de corrección por irregularidad en planta.

R: Coeficiente de reducción de fuerza sísmica por ductilidad.

El coeficiente de modificación de respuesta R para los distintos sistemas estructurales mostrados en la Tabla 5.5.1, dependen de la ductilidad, sobrerresistencia, redundancia y amortiguamiento en función de cada sistema estructura, En ningún caso Ro deberá de ser menor que la unidad.

III.2.13 Espectro de respuesta elástico

Esta Norma establece un espectro normalizado de respuesta elástica de aceleraciones $A(T)$ en la superficie libre del terreno (Figura 6.7 1), para aceleraciones horizontales expresada como fracción de la gravedad, correspondiente a un oscilador lineal simple con un amortiguamiento de referencia del 5% respecto al crítico, definido por los siguientes valores:

6.7.1 NSCM

$$A(T) = \begin{cases} A_0 \left[1 + \frac{T}{FS_{T_b} \cdot T_b} (\beta - 1) \right] & 0 \leq T \leq FS_{T_b} \cdot T_b \\ \beta A_0 & FS_{T_b} \cdot T_b \leq T \leq FS_{T_c} \cdot T_c \\ \beta A_0 \left(\frac{FS_{T_c} \cdot T_c}{T} \right)^p & FS_{T_c} \cdot T_c \leq T \leq T_d \\ \beta A_0 \left(\frac{FS_{T_c} \cdot T_c}{T} \right)^p \left(\frac{T_d}{T} \right)^q & T_d \leq T \end{cases}$$

Ilustración 6 ecuación de Espectro de respuesta elástica

Donde: **A_0** = a_0 **Fas** **T_b** = 0.05 s **β** = 2.4 **T_c** = 0.3 s **p** = 0.8 **T_d** = 2 s **q** = 2

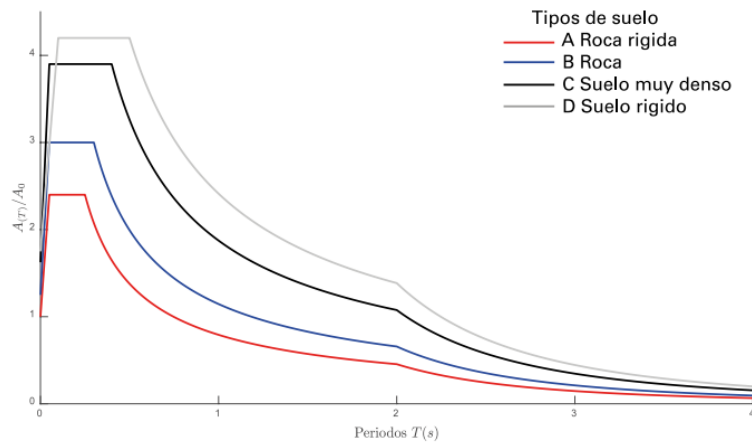


Ilustración 7 Tipo de espectro por suelo

III.2.13.1 Espectro de diseño elástico normalizado para las distintas zonas sísmicas (NSCM-22)

III.2.14 Espectro de Diseño Reducido

La reducción del espectro es realizada con propósitos de diseño, realizándose la división del espectro de diseño elástico por el factor de comportamiento sísmico.

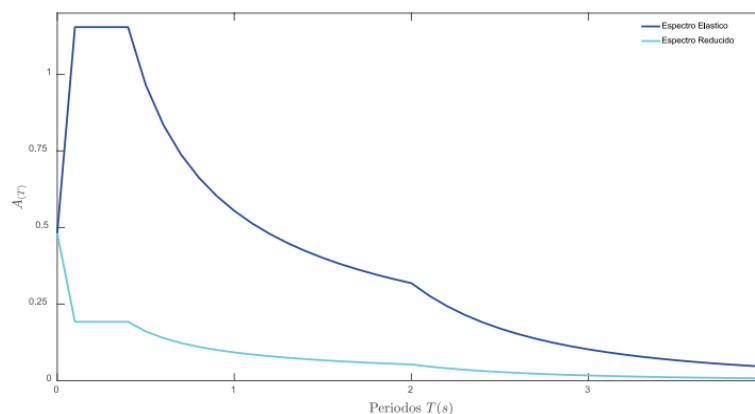
$A_{(T)}/R_o$ Excepto para la primera rama ascendente, cuyo valor sería:

$$A_{(T)} = \left[\frac{A_0 T}{FS_{Tb} T_b} \left(\frac{\beta}{R_o} - 1 \right) \right] + A_0$$

(2.4.3; NSCM-22) Válido para períodos comprendidos en:

$$0 \leq T \leq FS_{Tb} T_b$$

III.2.14.1 Espectro de diseño elástico y reducido (NSCM-22)



III.2.15 Cortante Basal

Es la fuerza sísmica total que se transmite del suelo a la base de una estructura durante un terremoto. En el contexto de Managua, Nicaragua, es un parámetro crucial en el diseño de edificaciones sismorresistentes, según la normativa local, para garantizar la seguridad y evitar pérdidas humanas en una zona con alta actividad sísmica.

$$V_b = C_s \cdot W \quad (2.4.4; NSCM-22)$$

Donde:

C_s = Coeficiente sísmico

III.2.16 Coeficiente Sísmico

Este será calculado considerando las siguientes condiciones:

$$C_s = \begin{cases} \frac{\beta A_0}{R_0} & 0 \leq T \leq FS_{Tc} \cdot T_c \\ \frac{\beta A_0}{R_0} \left(\frac{FS_{Tc} T_c}{T} \right)^P & FS_{Tc} \cdot T_c \leq T \leq T_d \\ \frac{\beta A_0}{R_0} \left(\frac{FS_{Tc} T_c}{T} \right)^P \left(\frac{T_d}{T} \right)^q & T_d \leq T \end{cases} \quad (2.4.5; NSCM-22)$$

III.2.17 análisis dinámico Modal Espectral

El análisis modal espectral es una técnica súper práctica que se utiliza en ingeniería para entender cómo una estructura se comporta cuando enfrenta fuerzas dinámicas, como las causadas por un terremoto. En pocas palabras, este método descompone la respuesta de la estructura en diferentes “modos de vibración”, que son formas específicas en las que puede moverse o deformarse. Cada modo tiene su propia frecuencia y contribuye de manera distinta al movimiento total de la estructura.

En lugar de analizar directamente el terremoto completo, permite calcular la respuesta combinando estos modos, usando el espectro de respuesta. Esto hace

sique sea más sencillo identificar qué modos son los más críticos y tomar decisiones inteligentes para reforzar la estructura, priorizando las áreas que más lo necesitan.

Es una forma eficiente de diseñar estructuras más seguras y resistentes a los movimientos sísmicos

III.2.17.1 Largueros de techo

Son vigas formadas en general por perfiles metálicos laminados en caliente o conformados en frío que reciben directamente la cubierta de techo, transmitiendo su peso y demás cargas actuantes a los marcos transversales.

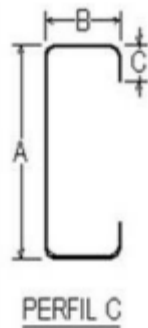


Ilustración 8 Perfil - languero de techo

Marcos transversales: Formados por un sistema de armaduras y columnas o por pórticos a dos aguas contruidos con piezas de alma llena de sección constante o variable, por lo general a base de perfiles W. Estos elementos tienen la función de soportar directamente las cargas verticales permanentes, muertas, vivas y accidentales que actúan sobre la estructura, además contribuyen a la rigidez de conjunto.



Ilustración 9 Marco transversal

Arriostre lateral: Estos elementos se instalan entre los marcos transversales para restringir transaccionalidad lateral ocasionada por los empujes longitudinales provocados por el viento debido a su presión sobre los cerramientos frontales y también las fuerzas de los sismos en la dirección longitudinal.



Ilustración 10 Arriostre lateral

Tensores de techo (Sag-rod): estos se utilizan debido a que los largueros en general son débiles en la dirección paralela a la superficie del techo, y si la pendiente es mayor que unos cuantos grados, entonces los tensores vienen a acortar el claro y reducir el momento flexionante en esta dirección, por lo general estos son de varillas lisas de 3/8" a 5/8" de diámetro con los extremos roscados en caso de utilizar sistema empernado o con dobleces para ser soldados. Estos se colocan al centro del alma de los largueros o en la parte superior de estos quedando directamente debajo de la cubierta del techo a todo lo largo del techo al centro de cada claro entre marcos transversales.

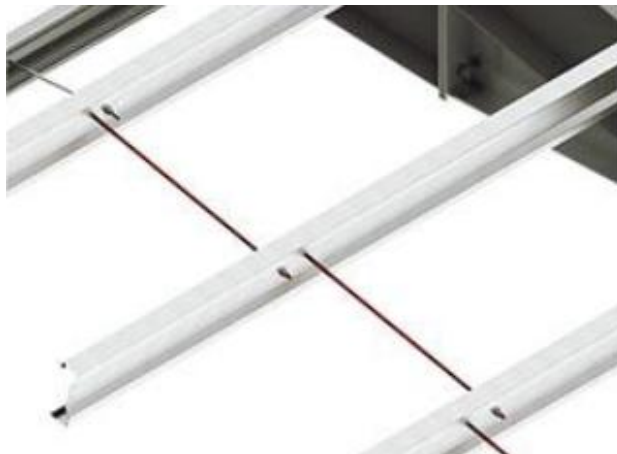


Ilustración 11 Tensores de techo (Sag-rod)

Tensores Contraventeo: se considera contraventeo a todos los elementos situados verticalmente, horizontales y inclinados que no forman parte de la estructura principal, pero que contribuyen a resistir las fuerzas horizontales que actúan sobre ella, las cuales son provocadas por sismos o vientos, estos evitan deflexiones o el pandeo de elementos que componen la estructura, dándole mayor rigidez lateral.



Ilustración 12 Tensores contraventeo

III.2.17.2 Las Estructuras Metálicas en la Construcción

Las estructuras metálicas dan muchas ventajas para naves industriales ya que esta puede ser preparada en taller, por lo que los elementos llegan a obra prácticamente elaborados, necesitando un mínimo de operaciones para quedar terminados. Es decir, ofrecen una rapidez de montaje que se traduce en tiempo y costo. La forma de fijación al suelo es en la gran mayoría de los casos mediante zapatas y pedestales de concreto reforzado, por lo que es necesario el uso del concreto. También en el piso industrial a utilizar por lo general se utiliza el concreto reforzado o algún prefabricado como adoquines.

Adicionalmente a todas las ventajas presentadas anteriormente, el acero consta también de otras añadidas:

- Alta resistencia por unidad de peso lo que permite estructuras relativamente livianas y en consecuencia espacios más diáfanos, con menor número de apoyos
- Dimensiones menores de los elementos estructurales.
- Se producen grandes deformaciones antes del colapso debido a que el material es dúctil, lo que permite la evacuación a tiempo de los seres humanos ocupando la edificación, así como señales de daño en la estructura.
- Uniformidad ya que las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo. • Homogeneidad del material.
- Posibilidad de reforma de manera más sencilla para adaptarse a nuevos usos del edificio lo cual es más habitual en el caso de equipamientos, edificios de oficinas, naves industriales.
- La prefabricación en taller logra una mayor exactitud.
- Gran capacidad de laminarse con diversos tamaños y formas.
- Reutilización del acero.

IV. Metodología

En el presente proyecto se realizó la investigación siguiendo el enfoque cuantitativo para el análisis y diseño sísmico de una nave industrial de acero. La metodología se subdivide en 4 fases:

1. Recopilación de información geotécnica y criterios de la normativa sismorresistente para la ciudad de managua, donde definimos las cargas muertas, vivas y accidentales, procediendo a crear el espectro de diseño sísmico (DME) obteniendo los resultados para poder predecir como se comportará la estructura.
2. Realizar Propuesta de elementos estructurales principales (columnas, vigas, marcos ordinarios arriostrados concéntricamente, mezanine, Clavadores) con la orientación de la normativa AISC-16 siendo esta la que establece los estándares de diseño, fabricación y montajes de naves de acero.
3. Modelado estructural mediante de un software en este caso SAP2000 especializado para realizar un análisis sísmico, evaluando derivas y fuerzas cortantes de la estructura.
4. verificación del diseño estructural por estado límite de falla o servicio llamadas distorsiones, garantizando la seguridad ante eventos sísmicos teniendo así estabilidad y funcionamiento de la nave.

V. Resultados

Abordare el proceso requerido para el desarrollo del diseño y análisis sísmico de la nave industrial considerado el cual es completamente teórico y se encuentra ubicado en la ciudad de Managua, en el sector de las colinas, por lo cual permite la aplicación de la Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua (NSCM-22

V.1 Análisis sísmico

La nave industrial considerada, esta destinada para el uso de bodegas semipesada, compuesta de acero con dimensiones de 25 mts y 23mts, proporcionando un área

constructiva de 565 m², compuesto por pórticos arriostrados concéntricamente en ambas direcciones como sistema estructural principal, considerando una altura total de 9 mts.

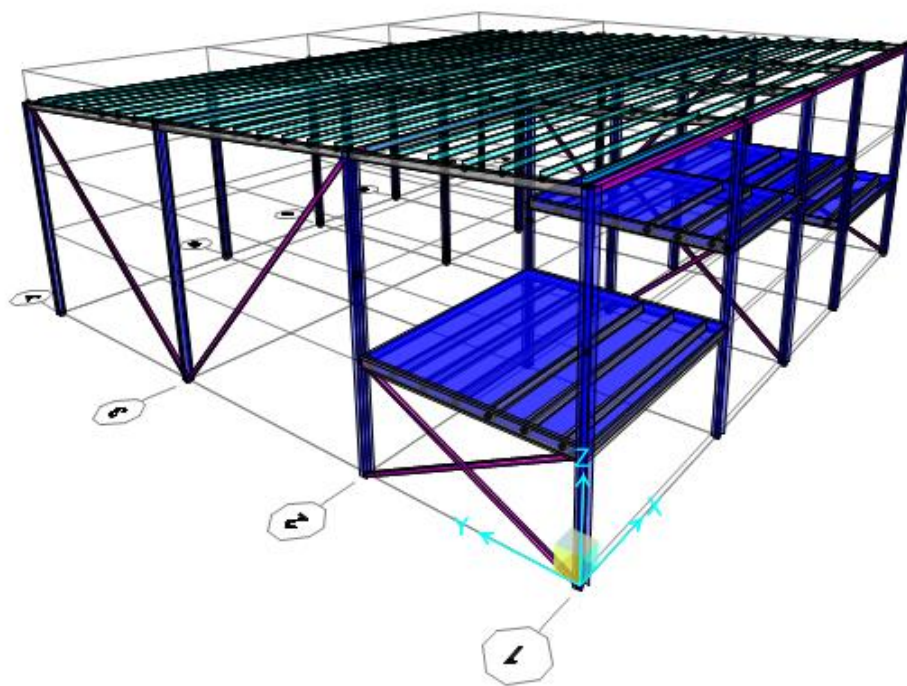


Ilustración 13 Vista 3D Nave-industrial de acero Fuente: SAP2000

Propone la configuración de arriostres a como se muestra en la figura, esto debido a que es necesario realizar una distribución apta en las rigideces en las direcciones de análisis para que se pueda producir un comportamiento modal dinámico. Considerando la configuración geométrica del edificio, se realiza la propuesta.

V.1.1 elaboración de modelo

Se generó un modelado del edificio en el software SAP2000, en el cual se implementó el uso de los parámetros de análisis sísmico de la Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua (NSCM-22).

Ilustración 14 Vista 3D edificio incluyendo interfaz SAP2000

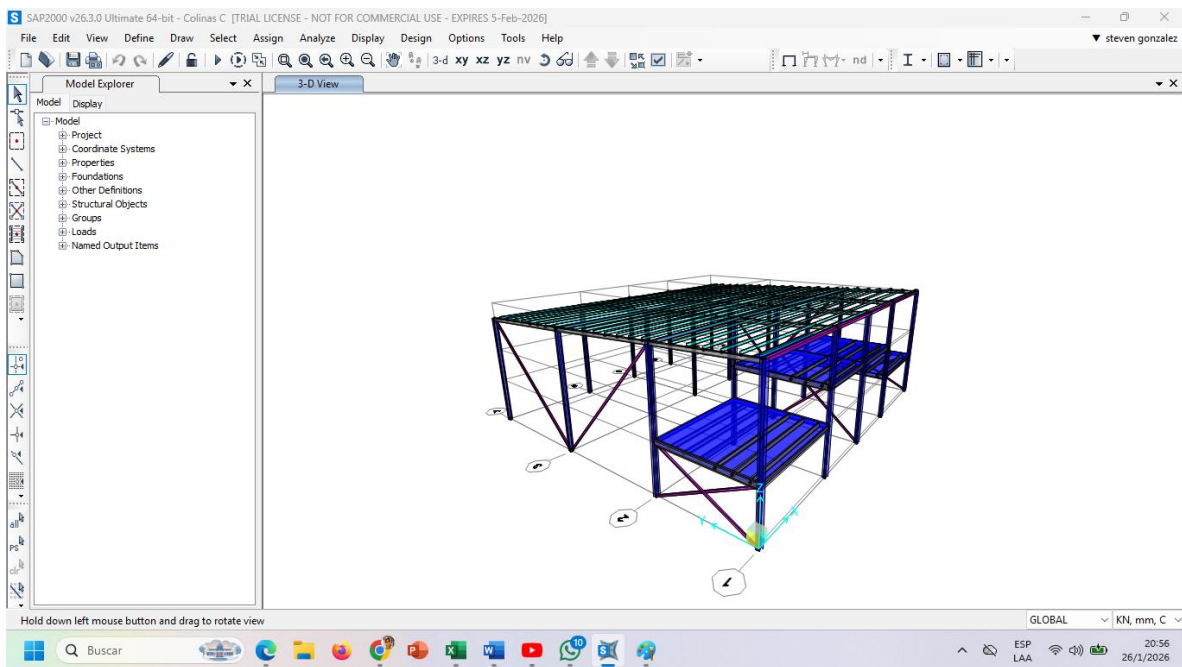
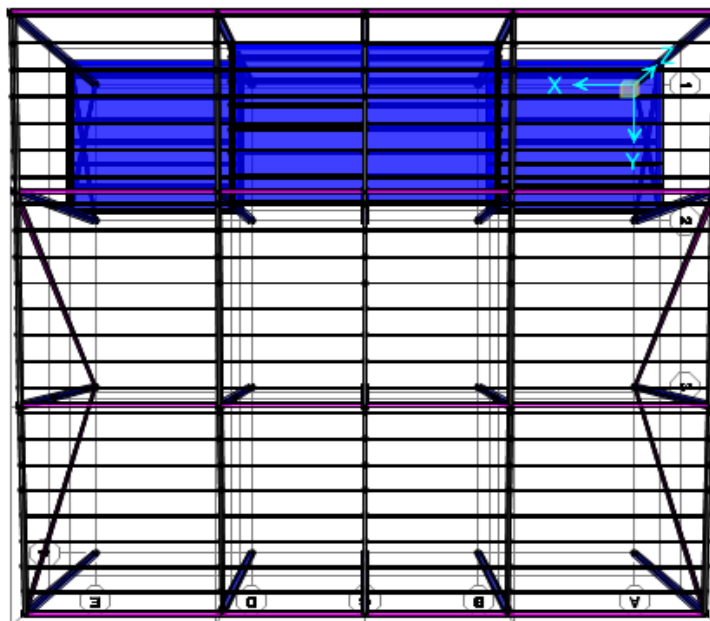
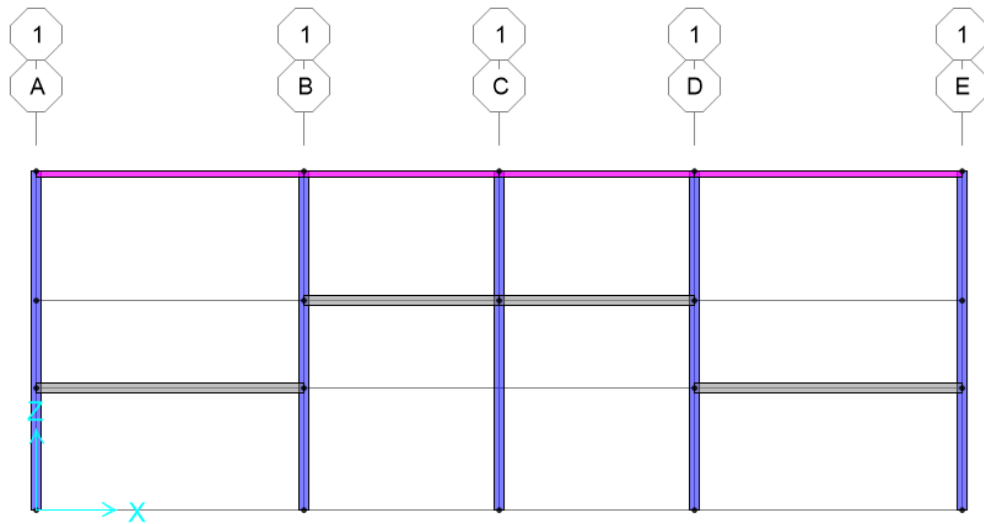


Ilustración 15 Vista en planta del edificio.



[illegible]

Ilustración 18 Vista en elevación del eje 1 del edificio. Fuente: SAP2000



Considere las combinaciones de carga especificadas en el NSCM-22, llevando a cabo las composiciones de Cargas, masas sísmicas, espectro de respuesta y ubicación de arriostres en la nave industrial, con un factor gravitacional de 9.81m/s^2 tanto en X como en Y

Ilustración 19 Ajuste del caso dinámico en la dirección X del modelo Fuente: SAP2000

S Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name
DEAD Set Def Name Modify/Show...

Modal Combination
☒ CQC GMC f1 1.
☐ SRSS GMC f2 0.
☐ Absolute
☐ GMC Periodic + Rigid Type SRSS
☐ NRC 10 Percent
☐ Double Sum

Modal Load Case
 Use Modes from this Modal Load Case ACASE1
☒ Standard - Acceleration Loading
☐ Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SPECTRUM	1
Accel	U1	SPECTRUM	1

Add Modify Delete

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters
 Modal Damping Constant at 0.05 Modify/Show...

Load Case Type
 Response Spectrum Design...

Directional Combination
☒ SRSS
☐ CQC3
☐ Absolute
 Scale Factor

Mass Source
 Previous (MASAS)

Diaphragm Eccentricity
 Eccentricity Ratio 0.
 Override Eccentricities Override...

OK Cancel

Ilustración 20 Ajuste del caso dinámico en la dirección Y del modelo Fuente: SAP2000

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: SISMY **Set Def Name** **Notes:** **Modify/Show...**

Load Case Type: Response Spectrum **Design...**

Modal Combination:
☒ CQC **GMC f1:** 1. **GMC f2:** 0.
☐ SRSS **Periodic + Rigid Type:** SRSS
☐ Absolute
☐ GMC
☐ NRC 10 Percent
☐ Double Sum

Directional Combination:
☒ SRSS
☐ CQC3
☐ Absolute
Scale Factor:

Mass Source: Previous (MASAS)

Modal Load Case:
Use Modes from this Modal Load Case: DEAD
☒ Standard - Acceleration Loading
☐ Advanced - Displacement Inertia Loading

Diaphragm Eccentricity:
Eccentricity Ratio: 0.
Override Eccentricities: Override...

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SPECTRUM	1.
Accel	U1	SPECTRUM	1

Add **Modify** **Delete**

☐ Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:
Modal Damping: Constant at 0.05 **Modify/Show...**

OK **Cancel**

V.1.2 construcción del espectro de respuesta con NSCM-22

El espectro de respuesta es un paso primordial para poder realizar el análisis sísmico debido a una construcción, el espectro de respuesta me permite obtener parámetros para el coeficiente sísmico, como para el desarrollo de la fuerza sísmica dinámica, el cual permite visualizar el comportamiento en la estructura



V.1.3 Categoría de Riesgo

En la NSCM-22, tabla 5.2.2, especifica las categorías de riesgo de las estructuras, por lo que considerando las características de la estructura, que es destinada como un centro logístico y de Bodegas podrá albergar a más de 500 personas y este no tiene el propósito de ser estación policial, militar, bomberos, defensa civil ni estación telefónica, este no es designado para la categoría es **Estructura de ocupación Normal**.

En consecuencia, a este se le designa en el grupo de importancia como **Estructura de Ocupación Normal**. Por lo que nos proporcionaría una categoría de riesgo II (Tabla 2.3.1 y 2.3.2).

V.1.4 Categoría de Diseño Sísmico

Esta categoría está definida en función tanto del nivel de amenaza sísmica provocado por la ubicación a como también por el nivel de importancia que puede esta tener. Por lo que considerando que tenemos una estructura con una categoría de riesgo II y una aceleración de suelo de 0.375 en Managua, definimos una categoría de diseño **D**. (Tabla 2.4.3)

V.1.5 clasificación por material y estructural

En esta clasificación, tanto el material de la estructura como el sistema estructural en cada dirección de análisis, tiene una influencia en las características de absorción y disipación de energía. Por lo que se requiere que se definan los valores del sistema estructural tales como:

- Coeficiente de modificación de respuesta (R)
- Factor de sobrerresistencia (Ω_o)
- Factor de amplificación de la deflexión (C_d)
- Capacidad de máxima de altura de la estructura en función de su categoría de diseño, expresado en (m)
- Distorsión máxima de piso (γ_{max})

Lo cuales son referenciados de la tabla 5.5.1 del NSCM-22.

Ilustración 21 Categoría de Diseño para Marcos ordinarios arriostrados concéntricamente

Sistema Estructural	R	Ω_o	C_d	γ_{max}	Categoría de Diseño D (m)
Marcos ordinarios de acero arriostrados concéntricamente	3 ¼	2	3 ¼	0.015	NPF

V.1.6 zonificación sísmica

En el territorio nacional se presentan lo que son las cuatro zonas de peligrosidad sísmica. La ubicación del edificio en estudio se encuentra en Managua, lo cual nos da la pauta de estar en la **zona 4**.

V.1.7 aceleración del suelo

Se considero una aceleración del suelo de 0.36667, con finalidad conservadora para diseños. (Figura 2.4.2)

V.1.8 clasificación de Tipo de Suelo

El tipo de suelo considerado en es de tipo **D**, proporcionando una condición conservadora en el hecho del comportamiento del suelo. (Tabla 2.4.5)

V.1.9 Factor de ampliación por tipo de suelo Fas

En función al tipo de suelo que se consideró y a la zona de peligrosidad sísmica en la que se encuentra ubicado en los apartados anteriores, tenemos que el factor de amplificación quedaría en **1.4**. (Tabla 2.4.6)

V.1.10 Coeficiente sísmico

Este se calcula considerando los parámetros especificados anteriormente en la sección 2.3.17.2 del presente documento, considerando el período fundamental obtenido en el análisis del modelo en SAP2000 y los parámetros de construcción del espectro:

FS-Tb*Tb=	0.1	sec
FS-Tc*Tc=	0.5	

Aplicando lo especificado en el NSCM-22, secciones de la 8.2.1.1 a la 8.2.1.5, la estructura cae en la primer condicionante para cálculo del coeficiente sísmico, debido a que los períodos fundamentales son menores al período máximo calculado, en consecuencia, se utilizan los períodos obtenidos del análisis, lo que lleva a aplicar el caso:

$$C_s = \frac{\beta A_0}{R_0} = \frac{(2.4)(0.513338)}{(3.25)} = \mathbf{0.3791}$$

Coeficiente sísmico	0.3791
----------------------------	---------------

El coeficiente sísmico calculado aplica para ambas direcciones debido a que el período fundamental en ambas direcciones es menor de 0.5 seg, por lo que aún permanecen en el primer parámetro de cálculo del coeficiente sísmico.

Calculando coeficiente sísmico mínimo:

$$C_{s_min} = FS_{Tc} \beta \frac{A_0}{2R_0} = (1.667)(2.4) \left(\frac{(0.513338)}{(2)(3.25)} \right) = \mathbf{0.3159}$$

Se utiliza el coeficiente sísmico calculado, debido a que este cumple con ser mayor que el coeficiente mínimo.

V.1.11 Secciones estructurales

TABLE: Frame Section Properties 01 - General						
SectionName	Material	Shape	t3	t2	tf	tw
Text	Text	Text	m	m	m	m
ARRIOSTRE	A500GrB46	Box/Tube	0.1016	0.1016	0.003175	0.003175
Clavador	A36	Channel	0.1524	0.0508	0.003175	0.003175
CM3 12x65	A572Gr50	I/Wide Flange	0.254	0.254	0.015875	0.009525
CM3 10X49	A572Gr50	I/Wide Flange	0.254	0.254	0.015875	0.009525
VE-12X30	A992Fy50	I/Wide Flange	0.314325	0.1651	0.011113	0.00635
VM-4 6X6	A500GrB46	Box/Tube	0.1524	0.1524	0.004763	0.004763
VM2-10X22	A992Fy50	I/Wide Flange	0.257175	0.13335	0.009525	0.00635
VM3-4X8	A992Fy50	Box/Tube	0.2032	0.1016	0.004763	0.004763

Tabla 9 Secciones estructurales

V.1.12 Factores de ajuste espectral

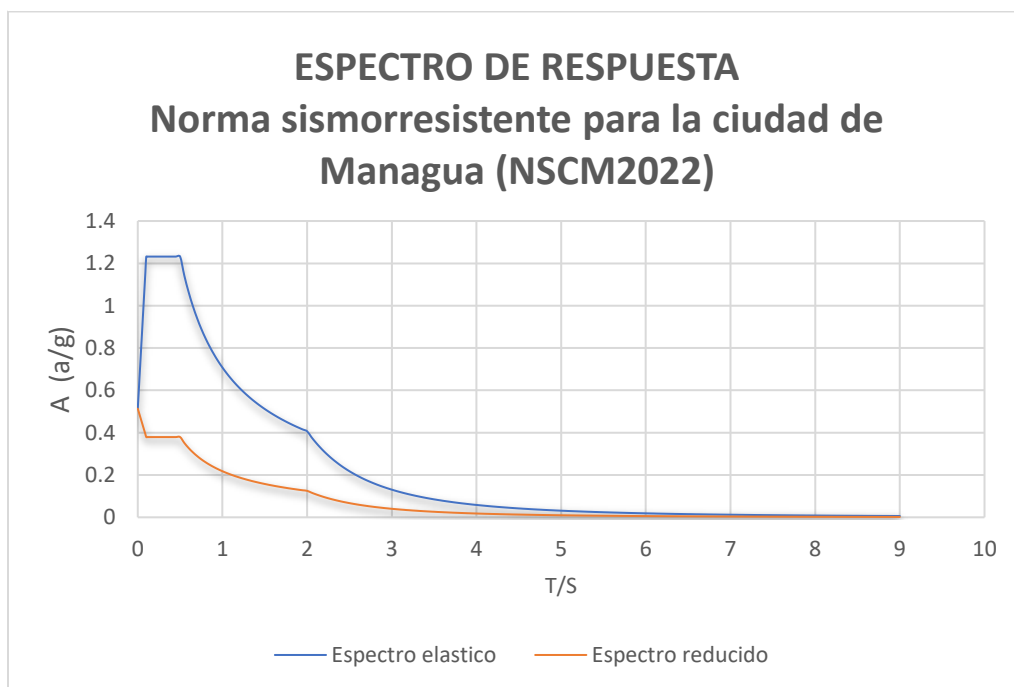
Se considera la clasificación del suelo en el sitio como tipo **D**, lo que genera los factores de ajuste espectral en la construcción del espectro de respuesta.

Tabla 6.5.1	$F_s-T_b=$	2
	$F_s-T_c=$	1.67

V.1.13 Espectro de Diseño reducido

Con los valores definidos anteriormente y con los especificados por norma en su sección 6.7 y 6.9, se realiza la construcción del espectro de diseño reducido.

Ilustración 22 Grafica de Espectro de Respuesta



Fuente: Elaboración en Excel

V.1.14 Periodos y masas participativas con Excel

Es notable en la tabla 3.1 los períodos de cada modo de vibración de la estructura, extraídos del modelo de SAP2000, resultando que los períodos fundamentales de vibración son 0.226453s, 0.166838s y 0.163398s, para las direcciones Y, X y rotación respectivamente. Permaneciendo que en estos modos se alcanza más del 90 % de las masas participativas desde el primer modo en dirección X, por lo que cumple con el criterio establecido en la NSCM-22 en su sección 8.2.2.2.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios				
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless
ACASE2	Mode	1	0.226453	0.939173
ACASE2	Mode	2	0.166838	0.010083
ACASE2	Mode	3	0.163398	0.000342
ACASE2	Mode	4	0.162986	0.000002029
ACASE2	Mode	5	0.115001	0.000719
ACASE2	Mode	6	0.113671	0.000681
ACASE2	Mode	7	0.113151	0.000021
ACASE2	Mode	8	0.111532	0.001242
ACASE2	Mode	9	0.102583	0.000792
ACASE2	Mode	10	0.100242	0.005413
ACASE2	Mode	11	0.097462	0.001839
ACASE2	Mode	12	0.096489	0.000003247

Tabla 10 Masas participativas Fuente: SAP2000

V.1.15 Modos de Vibraciones

Deformed Shape (modal) - Mode 1; T = 0.22645; f = 4.41593

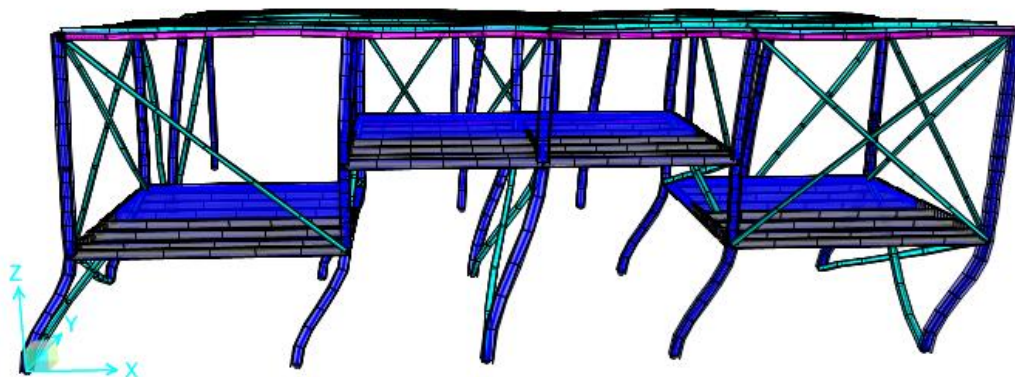


Ilustración 23 Modos de vibraciones $T=0.226453s$. Fuente: SAP2000

V.1.16 Fuerzas sísmicas

En la sección que conforma la obtención de la fuerza sísmica dinámica generada en el edificio, se considera lo planteado en el inciso 2.3.17, anteriormente mencionado, en donde refiere la necesidad de definir primeramente el peso de la estructura, por lo que, se presenta el peso del edificio:

OutputCase	CaseType	GlobalFZ
Text	Text	Tonf
DEAD	LinStatic	85.0671

Se considera la construcción del espectro y la definición del coeficiente sísmico, con el cual se determina el cortante basal estático, esto en función las características del caso presente. Por lo que se presenta la respuesta de piso, por parte de la fuerza dinámica generada.

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalF X	GlobalF Y	GlobalM X	GlobalM Y
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m
SDINX	LinRespSpec	Max	28.3791	0.0689	0.1645	138.844
	ec					79
SDINY	LinRespSpec	Max	0.0689	25.0133	62	124.545
	ec					4.15309
					124.710	142.997
			28.448	25.0822	12	88

Tabla 11 Reacciones en Base

V.1.17 Cortante Basal

En la sección 8.2.1.2 del NSCM-22, hace referencia al cálculo del cortante basal dinámico de la estructura provocado por las acciones sísmicas, el cual también resultaría como referencia de alcance en función del cortante basal estático, el cual resultaría como:

$$V_b = C_s W$$

$$V_{bx} = (0.3791)(85.015ton) = 32.279ton$$

$$V_{by} = (0.3791)(85.015ton) = 32.279ton$$

Obteniendo este resultado, considero lo establecido en la sección 8.2.2.7 de la NSCM-22 por lo que no se lleva a cabo el escalado de fuerzas cortantes.

V.1.18 Desplazamientos máximos y su rotación

El comportamiento de los desplazamientos de la nave considerando los puntos o nodos clave con los ajustes finales al cortante donde se puede observar que son totalmente nulos.

Donde el desplazamiento más alto es en el nodo 58 en dirección x es de 0.795cm y su rotación es de 0.000028

Ilustración 24 desplazamiento en X

Joint Object 58		Joint Element 58		
	1	2	3	
Trans	0.794	0.011	0.017	
Rotn	0.000028	0.000165	0.000276	

La observación en el desplazamiento en Y es casi similar al desplazamiento en X la cual provoca tan solo un desplazamiento de 0.495cm y su rotación es de 0.000882

Ilustración 25 Desplazamiento en Y

Joint Object 155		Joint Element 155		
	1	2	3	
Trans	0.001	0.495	2.052E-04	
Rotn	0.000882	0.000001	0.000011	

V.1.19 Demanda y capacidad (Ratio)

Es un indicador numérico que compara la carga o esfuerzo aplicado a un elemento estructural (demanda) con su resistencia máxima (capacidad).

- **Ratio < 1.0:** El elemento es seguro y tiene capacidad de reserva
- **Ratio = 1.0:** El elemento está justo en el límite de su resistencia, utilizando el 100% de su capacidad.
- **Ratio > 1.0:** El elemento es inestable o deficiente, ya que la demanda supera su capacidad de carga

Determine por el área tributaria y con mayor masa de carga de la nave estructural.

Donde cada color representa el estado limite del elemento, siendo el rojo el estado mas critico y el color cian el elemento mas seguro de este.

- **Rojo/Magenta:** Ratio < 1
 . Fallo estructural o el elemento supera la capacidad diseñada (sobrecarga).
- **Amarillo/Verde:** Ratio entre 0.5 y 1
 . Diseño satisfactorio, cerca de la capacidad nominal.
- **Cian/Azul:** Ratio < 0.5
 . Elemento eficiente o subutilizado, con baja demanda de carga.

Columna 12x65

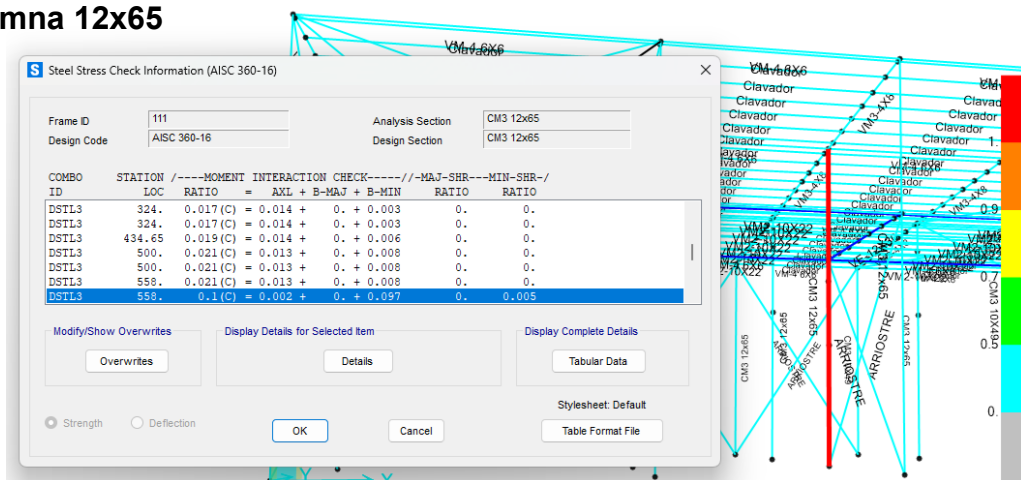


Ilustración 26 Demanda y capacidad Columna 12x65

Viga 4x8

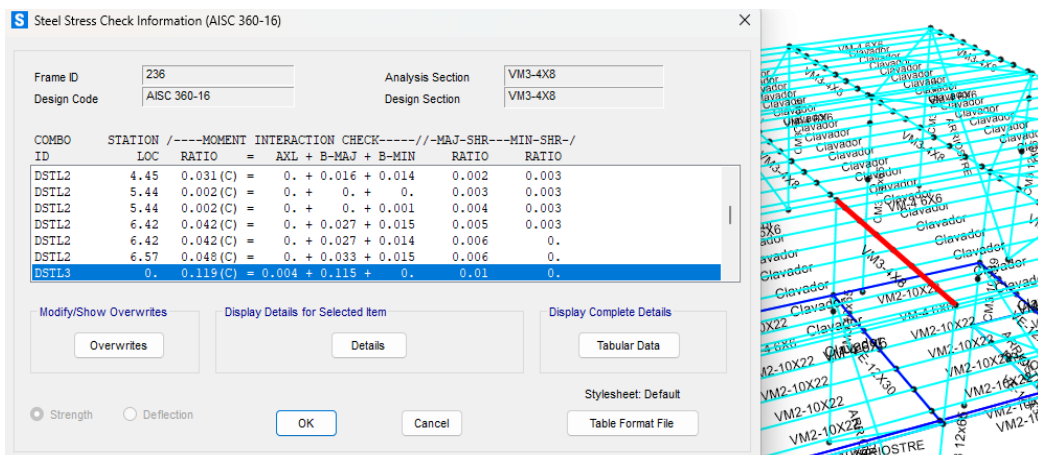


Ilustración 27 Demanda y capacidad Viga 4x8

ARRIOTRE 6X6

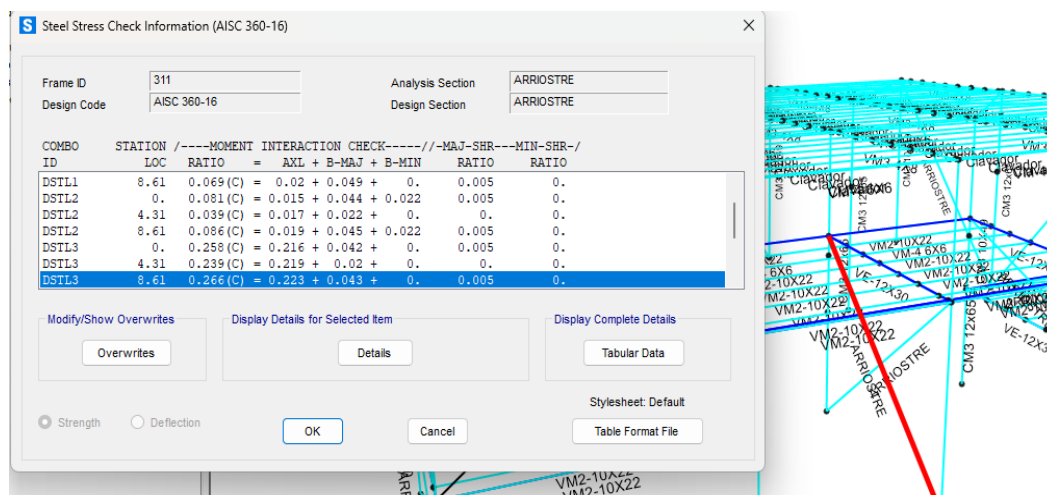


Ilustración 28 Demanda y capacidad Arriostre 6x6

Nave-estructural:

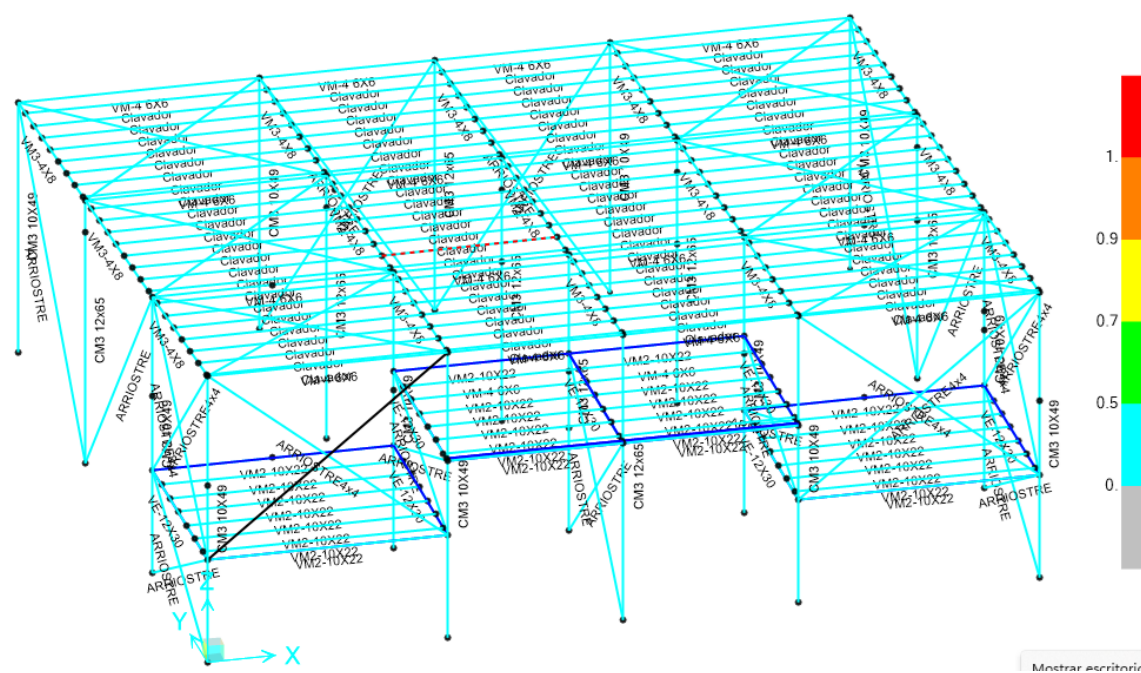


Ilustración 29 Demanda y capacidad Nave-Industrial

Debido a los valores obtenidos en el software sap2000 con las diferentes secciones con mayor área tributaria tienes un ratio mínimo donde el NSCM22 nos dice que si el valor es menor que 1 es una estructura con una demanda segura y una excelente capacidad de reserva siendo este un diseño de nave estructural con sistema ordinario de arriostramiento concéntricamente. Cumpliendo cada uno de los criterios establecidos por la normativa de managua.

V.1.20 Rigidez de la estructura

Como se planteaba en el capítulo 2, la configuración de los pórticos del edificio genera un aumento de rigidez, realizando una comparativa del mismo edificio sin arriostres, el cual debido a la altura de las columnas provocaban desplazamientos de entre 3-5cm tanto en x como y se decidió utilizar arriostres laterales e internos provocando disminución entre 1.5 a 2.5 cm donde decidí aumentar su rigidez colocando tensores de techo así logrando una estructura con una rigidez muy alta.

En este apartado se aborda el diseño de los elementos estructurales de los pórticos concéntricos considerando los efectos del evento sísmico.

V.2 Diseño y generalidades

V.2.1 AISC 360-16

Se diseño bajo la normativa AISC 360-16 (Especificación for Structural Steel Buildings) establece los requisitos técnicos obligatorios para el diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero estructural en edificios. Garantiza la seguridad y eficiencia estructural mediante métodos LRFD y ASD, cubriendo miembros, conexiones y el análisis directo.

V.2.2 Secciones Propuestas

Esta nave industrial esta compuesta por elementos principales como:

V.2.2.1 Columnas Perfil W10x49

El diseño de una columna de acero bajo el método LRFD (Load and Resistance Factor Design) se rige principalmente por la norma del AISC Este enfoque busca que la resistencia de diseño del elemento sea mayor o igual a las cargas mayoradas aplicadas.

Se deberá Determinar la carga última usando combinaciones LRFD, se seleccionará el tipo de perfil a utilizar según la normativa en este caso yo decidí utilizar este perfil por experiencia en campo y funcionalidad para el cliente. Hay un punto clave donde si la dimensión utilizada no se encuentra en inventario en el país se asume la superior. O se procede hacer embalaje en caliente.

Dimensions		Section
Outside height (t3)	10 in	
Top flange width (t2)	10 in	
Top flange thickness (tf)	0.625 in	
Web thickness (tw)	0.375 in	
Bottom flange width (t2b)	10 in	
Bottom flange thickness (tfb)	0.625 in	
Fillet Radius	0.25 in	
		Properties

Ilustración 30 Columnas Perfil W10x49

V.2.2.2 Cargas actuantes



- Axiales:
 $P_u = 1.234 \text{ Kip}$

Ilustración 31 Fuerza axial producida por fuerza sísmica en la columna de enlace.
Fuente: SAP2000

- *Cortante*

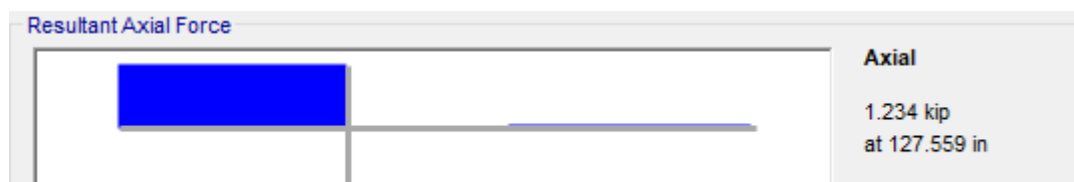


Ilustración 32 15 Fuerza Cortante producida por fuerza sísmica en la columna de enlace. Fuente: SAP2000

$$V_{uy} = 6.681 \text{ kip}$$

- Momento



Ilustración 33 Momento actuante producido por fuerza sísmica en la columna de enlace. Fuente: SAP2000

$$M_{ux} = 18.45 \text{ kip} - \text{in}$$

La determinación del área mínima del alma para una columna tipo H de acero se basa principalmente en resistir la fuerza cortante y prevenir el pandeo local, calculándose como el producto de la altura neta del alma por su espesor.

El espesor debe cumplir con los límites de esbeltez para evitar el pandeo local bajo carga como lo determina el LRFD.

Se deberá tener en cuenta la revisión de ductilidad moderada, pueden cumplir con las exigencias de este parámetro, implementando la revisión por cortante, flexión, compresión, relación esbeltez, tracción, demanda y capacidad.

V.2.2.3 Viga y arriostre Perfil 4X8-6X6

STEEL PIPE AND STRUCTURAL TUBING o tubería de aceros y estructuras son secciones huecas de alta resistencia, clasificadas generalmente como perfiles HSS (Hollow structural sections) pueden ser redondos o rectangulares como el designado de 6x6, estos perfiles se diferencian por sus normas de fabricación ASTM 500Gr46.

dimensión Viga 8X4

Dimensions	
Outside depth (t3)	8 in
Outside width (t2)	4 in
Flange thickness (tf)	0.1875 in
Web thickness (tw)	0.1875 in
Corner Radius	0 in

Section

Ilustración 34 dimensión de Viga 8x4

Dimensión viga 6x6

Dimensions	
Outside depth (t3)	6 in
Outside width (t2)	6 in
Flange thickness (tf)	0.1875 in
Web thickness (tw)	0.1875 in
Corner Radius	0 in

Section

Ilustración 35 dimensión de Viga 6x6

V.2.2.4 Cargas actuantes

- Axial
 $P_u = 0.031 \text{ kip}$

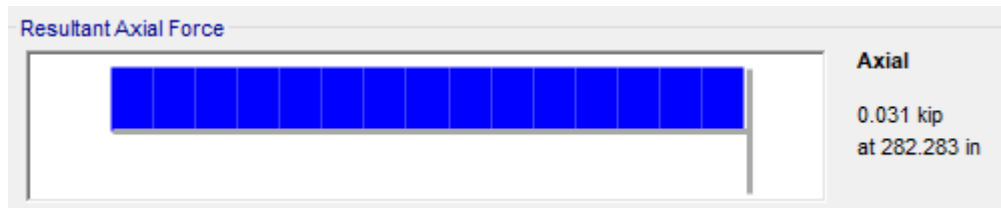


Ilustración 36 Fuerza Axial producida por fuerza sísmica en la viga de enlace.
Fuente: SAP2000

- Cortante

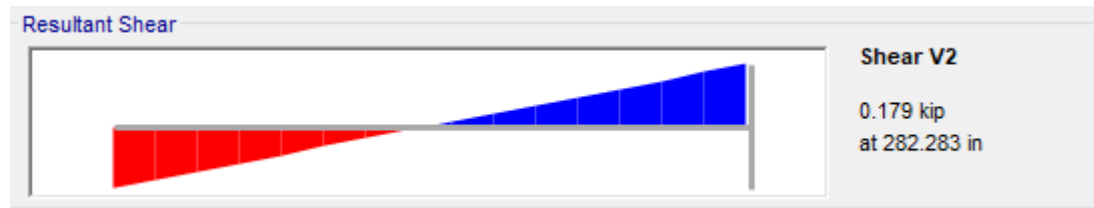


Ilustración 37 Fuerza Cortante producido por fuerza sísmica en la viga de enlace. Fuente: SAP2000

$$V_{uy} = 0.179 \text{ kip}$$

- Momento

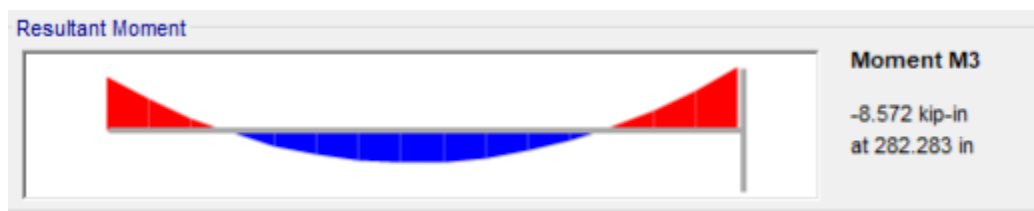


Ilustración 38 Momento actuante producido por fuerza sísmica en la columna de enlace. Fuente: SAP2000

$$M_{ux} = -8.572 \text{ kip} - \text{in}$$

El diseño de vigas Hss esta sometido al mismo proceso De diseño mediante LDRF

- **Normativa:** Principalmente AISC 360, utilizando métodos de estados límites para flexión, cortante y carga axial combinada.
- **Esbeltez Local (Relación Ancho-Espesor)**

Es crítico verificar que la relación (ancho/espesor) o (peralte/espesor) no exceda los límites de pandeo local para secciones compactas, no compactas o esbeltas.

- **Capacidad a Flexión**

Calculada basada en el módulo de sección plástico o elástico considerando el pandeo local del patín (flujo comprimido).

- **Capacidad a Cortante**

Se evalúa la resistencia del alma, donde las secciones HSS son muy eficientes, a menudo sin necesidad de rigidizadores.

- **Torsión:** Alta resistencia debido a su forma cerrada, ideal para vigas con carga excéntrica.
- **Dimensiones Estándar:** Tamaños rectangulares comunes van desde 4" x 4" hasta 24" x 12".
- **Espesores (t):** Varían de 1/8" (3.17 mm) a 1" (25.4 mm).
- **Material:** Comúnmente acero ASTM A500 Grado B (o A1085).

Consideraciones Adicionales:

- **Conexiones:** Las conexiones HSS a HSS requieren atención al pandeo local en la cara de la columna (rotación o cortante).
- **Longitud:** Generalmente 6.10 m (20 pies) y 12.20 m (40 pies).
- **Eficiencia:** Permite alta resistencia estructural con menor

Arriostre 6x6

Dimensions		Section
Outside depth (t3)	6 in	
Outside width (t2)	6 in	
Flange thickness (tf)	0.126 in	
Web thickness (tw)	0.126 in	
Corner Radius	0 in	

Ilustración 39 Arriostre 6x6

- Axial

$$P_u = -0.774 \text{ kip}$$

- Cortante

$$V_{uy} = 0.002 \text{ kip}$$

- Momento

$$M_{ux} = 0.554 \text{ kip} - \text{in}$$

V.2.2.5 Placa base

Las placas base son usadas principalmente en estructuras de acero tanto livianas como pesadas, son diseñadas para soportar cargas gravitacionales y funcionan como un sistema resistente a fuerzas laterales, la conexión entre columna y placa base como interfaz crítica entre acero y cimentación en concreto reforzado.

Para la colocación de placa base, existen diferentes tipos de anclajes para la colocación de placa base.

Preinstalados:

- Pernos de cabeza: Varillas roscadas con una cabeza hexagonal o placa de arandela soldada en el extremo inferior para mejorar el anclaje.
- Pernos de gancho tipo J o L: Los pernos con gancho tipo **J** y **L** son anclajes mecánicos diseñados para empotrarse en concreto fresco, diferenciándose principalmente por su forma y capacidad de retención. Los pernos tipo **J** ofrecen mayor resistencia a la extracción vertical, mientras que los tipos **L** son el estándar para fijaciones residenciales y conexiones en ángulo recto.
- Pernos rectos: barras de acero diseñadas para fijar estructuras metálicas, maquinaria pesada o postes a cimentaciones de concreto, A diferencia de los pernos tipo "L" o "J", su forma recta permite una instalación versátil mediante embebido directo en el concreto fresco o mediante inserción química con resinas en concreto

En el nuestro se usaron pernos rectos de $\frac{3}{4}$ " x 700mm con una placa base de 14" x 14"

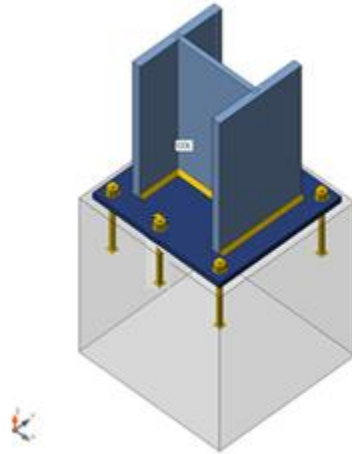


Ilustración 40 Ejemplo de placa base con pernos rectos

Nombre	Material	Dibujo	
1 – W 10x49	A572		
Nombre	Conjunto de tornillo	Diámetro [in]	fu [ksi]
3/4 A193	3/4 194/A	3/4	125

Ilustración 41 Detalles de Columna

Resumen

Nombre	Valor	Estado de la verificación
Análisis	100,0%	OK
Placas	0,0 < 5,0%	OK
Anclajes	0,0 < 100%	OK
Soldaduras	78,4 < 100%	OK
Cortante	7,5 < 100%	OK
Pandeo	53,38	

V.2.3 Diseño sismorresistente de elementos estructurales

El diseño de elementos estructurales es el proceso de ingeniería que define la forma, tamaño, material y refuerzo de componentes (vigas, columnas, losas) para asegurar que una estructura sea estable, funcional y segura ante cargas como el peso propio, sismos o viento. Combina principios físicos, matemáticos y normativas técnicas para garantizar la durabilidad y eficiencia del proyecto.

Donde utilice el embalaje de molino de la empresa metalúrgica indenicsa.sa

El diseño de columnas de acero para molinos industriales (como los de bolas o SAG en minería) se caracteriza por su robustez extrema para soportar cargas dinámicas y vibraciones constantes

Propiedades de los materiales

A992: es un acero estructural de alta resistencia y baja aleación (HSLA), reconocido como el estándar moderno más utilizado para vigas de ala ancha.

A36: es un acero estructural al carbono de bajo contenido (inferior al 0,3%) estándar, ampliamente utilizado en la construcción y fabricación general por su excelente soldabilidad, ductilidad y alta resistencia

A572Gr50: es un acero estructural de alta resistencia y baja aleación (HSLA) con un límite elástico mínimo diseñado para ofrecer una excelente relación resistencia-peso, buena soldabilidad y durabilidad.

A706Gr60: es una barra de refuerzo corrugada de baja aleación, diseñada con alta ductilidad y soldabilidad, con un límite de fluencia mínimo, es ideal para estructuras sismorresistentes, puentes y aplicaciones críticas que requieren absorción de energía

V.3 Distorsiones

La verificación de los desplazamientos se realizará por medio de lo establecido en la sección 8.2.2.3 de la NSCM-22, la cual señala que la diferencia entre los desplazamientos laterales del piso no será mayor que γ veces la diferencia entre la elevación correspondiente.

$$\gamma_{max} = 0.015 \text{ (Tabla 5.5.1, NSCM-22)}$$

$$C_d = 3.25 \text{ (Tabla 5.5.1, NSCM-22)}$$

La sección 10.4 de la NSCM-22, hace referencia de que, si la estructura a ser analizada debe de ser considerado un porcentaje de la distorsión máxima permitida, en función de la clasificación en la que corresponda, por lo que se toma en cuenta que la estructura cae en la categoría de riesgo **II**, la distorsión máxima permitida será la misma que se obtuvo de la tabla 5.5.1:

$$\gamma_{max} = 0.015$$

Por lo que se procede con el cálculo de la distorsión de piso:

$$\gamma_{xI} = 0.0795 \text{ cm}$$

$$H = 300 \text{ cm}$$

$$\gamma_{xI} = \frac{\frac{C_{dx}\delta_I}{I}}{H} = \frac{\frac{(3.25)(0.795 \text{ cm})}{(1)}}{(902.1 \text{ cm})} = 0.0028641 < 0.015 \therefore \textbf{CUMPLE}$$

Cálculo de Ddistorsión de piso en X					
Piso	δ_i (cm)	$\delta_i - \delta_{i-1}$ (cm)	H(cm)	γ_i	Estatus
NPT+001_Total	0.1911	0.795	902.1	0.0028641	CUMPLE

Tabla 12 Tabla de cálculo de distorsiones con desplazamientos máximos en X

Por consiguiente, se repite el proceso en Y:

Cálculo de Ddistorsión de piso en Y					
Piso	δ_i (cm)	$\delta_i - \delta_{i-1}$ (cm)	H(cm)	γ_i	Estatus
NPT+001_Total	0.1801	0.495	902.1	0.001783	CUMPLE

Tabla 13

Tabla 14 Tabla de cálculo de distorsiones con desplazamientos máximos en Y

VI. Conclusiones

En el presente documento se muestran la ejecución del procedimiento de análisis y diseño sismo-resistente aplicado a un edificio considerando pórticos arriostrados concéntricamente como sistema estructural.

1. Se observa el cumplimiento de los valores, En el análisis del comportamiento modal se obtiene que desde el primer modo de vibración alcanza una participación de masa 93.91% con un periodo de vibración de 0.226453s en la dirección en X y del 94.26% con un periodo de vibración de 0.113151s en dirección en Y lo que me lleva al cumplimiento del inciso 8.2.2.2 del NSCM-22, donde me indica que es requerido de que en el análisis se incluyan el numero vibración necesarios en los cuales se alcance un mínimo del 90% de la masa participativa en cada dirección. Con la configuración de pórticos efectuado en el edificio, obtuve un aumento significativo de la rigidez lateral del edificio en ambas direcciones sin comprometer la disipación de energía por medio del enlace de conexión en la viga del pórtico. Esto debido a la comparativa del edificio sin arriostres mediante el programa de sap2000, lo que me indica que muestra que aumenta en más de un 100% de la rigidez lateral en la dirección en X y dirección Y.

Factores de participacion de masas			
Case	Mode	Period	UX
		sec	
Mode	1	0.226453	0.939173
Mode	2	0.166838	0.010083
Mode	3	0.163398	0.000342
Mode	4	0.162986	2.029E-06
Mode	5	0.115001	0.000719
Mode	6	0.113671	0.000681
Σ			0.95100003

Tabla 15 Factores de participación de Masas

2. Realic el diseño estructural de los elementos principales de la nave industrial con el software SAP2000 aplicando las cargas obtenidas con las normativas del NSCM-22, donde procedí a realizar los cálculos con el método Fuerza lateral equivalente (FLE), el cual me permite calcular de manera sencilla y rápida las fuerzas sísmicas horizontales (cortante basal) que actúa sobre la estructura, distribuyendo el cortante total permitiéndome hacer la revisión de diseño con la normativa AISC360-16 comprobando los cumplimientos estructurales.

3. Concl o que la evaluación del comportamiento estructural bajo la NSCM-22 permitiéndome validar la seguridad y estabilidad de la edificación ante el evento sísmico de diseño. El cumplimiento de las derivas de entrepiso y la adecuada participación de masa modal confirman que la estructura posee la ductilidad y rigidez necesarias para disipar energía de manera eficiente, minimizando el riesgo de colapso y protegiendo la integridad de los ocupantes en la ciudad de Managua.

VII. Recomendaciones

- Como recomendación se necesita realizar tanto un desarrollo de los cálculos en programas estructurales capaces de proporcionar una fiabilidad de cálculo, a como también revisiones manuales para tener certeza constante de que el proceso de cálculo se está llevando de forma óptima.
- La implementación del uso de perfiles W en el diseño de porticos concéntricos, ya que estas a diferencia de las secciones caja, pueden generar una mejor visualización de los detallados constructivos y mucho mayor control con una selección del alma en el caso de las secciones W por medio del uso de los rigidizadores a ambos lados.
- Se recomienda la implementación de secciones HSS para la configuración de arriostramiento, ya que estos proporcionan mayor control de rigideces laterales del edificio lo que conlleva a una mayor certeza del control del comportamiento modal.

VIII. Bibliografía

American Institute of Steel Construction. (2016). *“Especificación para construcciones de acero”* (ANSI/AISC 360-16).

Br. Bryan Dalí López Morales. Br. Milton Aarón Álvarez Meza. Enero 2019. “DISEÑO DE EDIFICIO DE ACERO DE OCHO NIVELES CON SISTEMAS DE MARCOS ARRIOSTRADOS CONCENTRICAMENTE” (SCBF)

American Institute of Steel Construction. (2016). *Vibrations of steel-framed structural systems due to human activity (AISC Design Guide 11, 2nd ed.)*.

Alcaldía de Managua. (2022). Norma Sismorresistente para la Ciudad de Managua (NSCM-22). Managua, Nicaragua: ALMA.

Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2007). *Reglamento nacional de la construcción* (RNC-07).

Reyes M., Rojas B., 2014. Tesis monográfica: *“Análisis y diseño sismo-resistente de edificio de acero de cuatro niveles con sistemas de marcos arriostrados excéntricamente (ebf)”*. Br. Guillermo Amancio Reyes Martínez, Br. Hugo Benjamín Rojas Bonilla. Universidad Nacional de Ingeniería (UNI - Managua).

Asociación Latinoamericana del Acero (2018). *Diseño Sismorresistente de Construcciones de Acero*. Quinta edition. Argentina.

IX. Anexos

Detalles Elementos estructurales

Placa Base

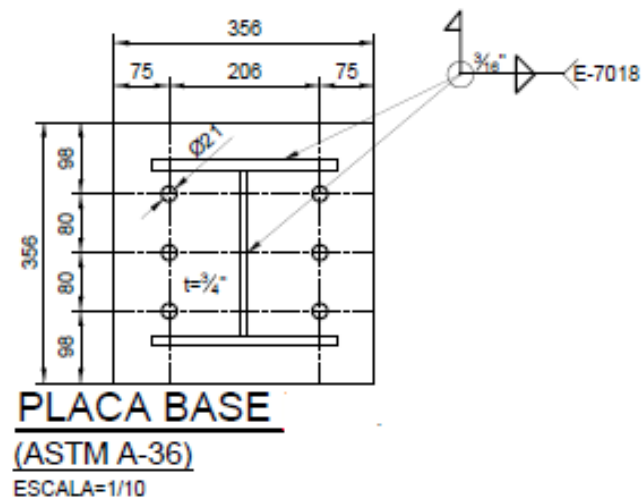


Ilustración 42 Detalles de Placa Base

Anclaje de pedestal

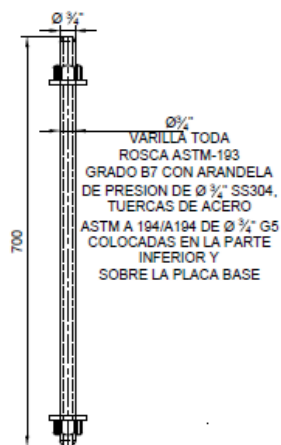


Ilustración 43 Detalles de Pernos de anclaje

CM1 10X49

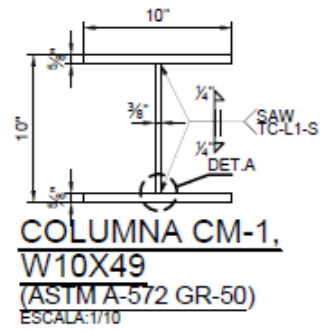


Ilustración 44 Detalles de CM1

Viga de 6x6

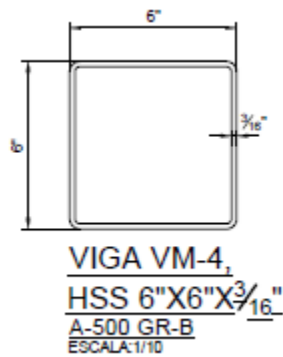


Ilustración 45 Detalles de Viga 6x6

Viga de 4x8

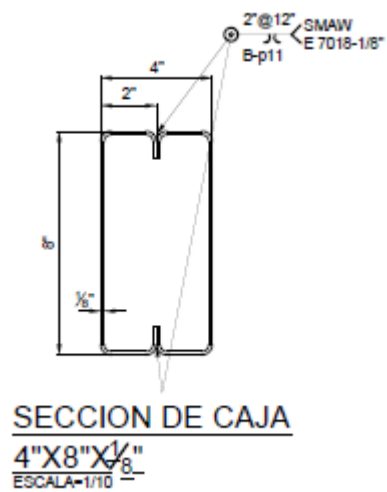


Ilustración 46 Detalles de Viga 4x8

Detalle de unión de columna con placa base

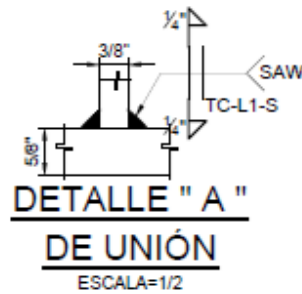


Ilustración 47 Detalles de unión columna placa base

Detalles de unión de viga

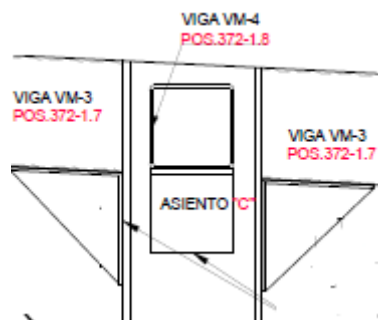
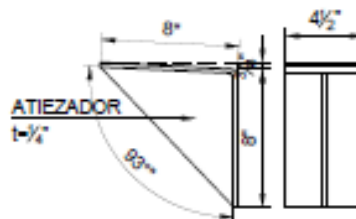


Ilustración 48 Detalles de unión de viga



Detalles de arriostre

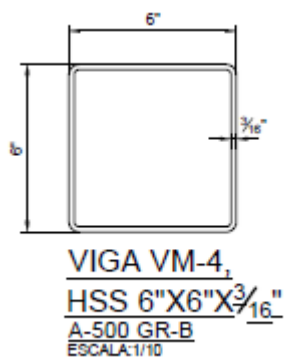


Ilustración 49 Detalles de Arriostre

Detalle de perfil

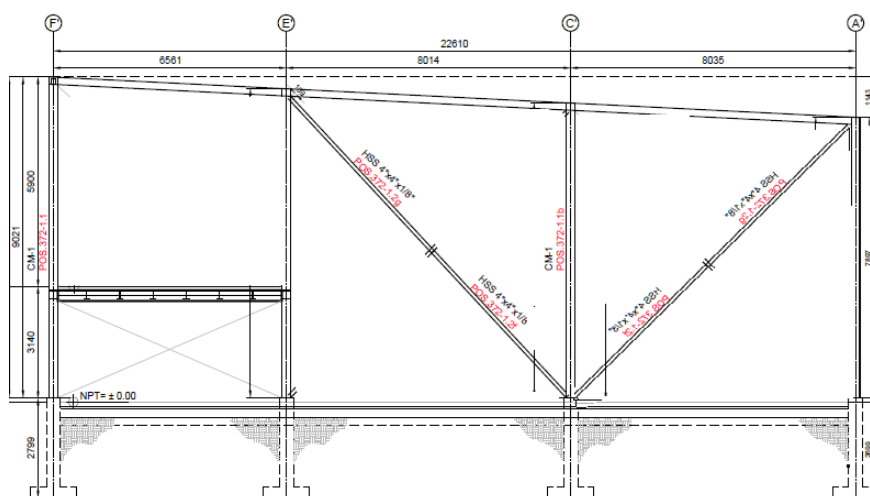


Ilustración 50 Detalles de Eje D

Detalle de unión de entrepiso

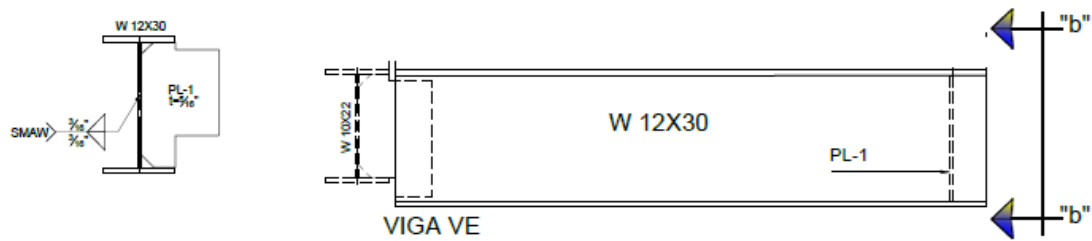


Ilustración 51 Detalles de unión de entrepiso

Tensor de Techo

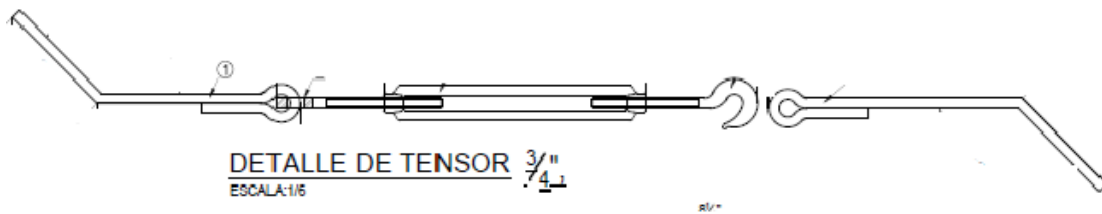


Ilustración 52 Detalles de Tensor de Techo

Detalle de Clavadores

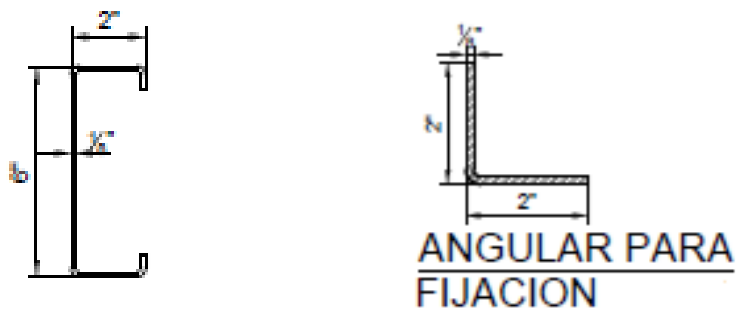


Ilustración 53 Detalles de Clavadores

Elementos estructurales índice de aprobación

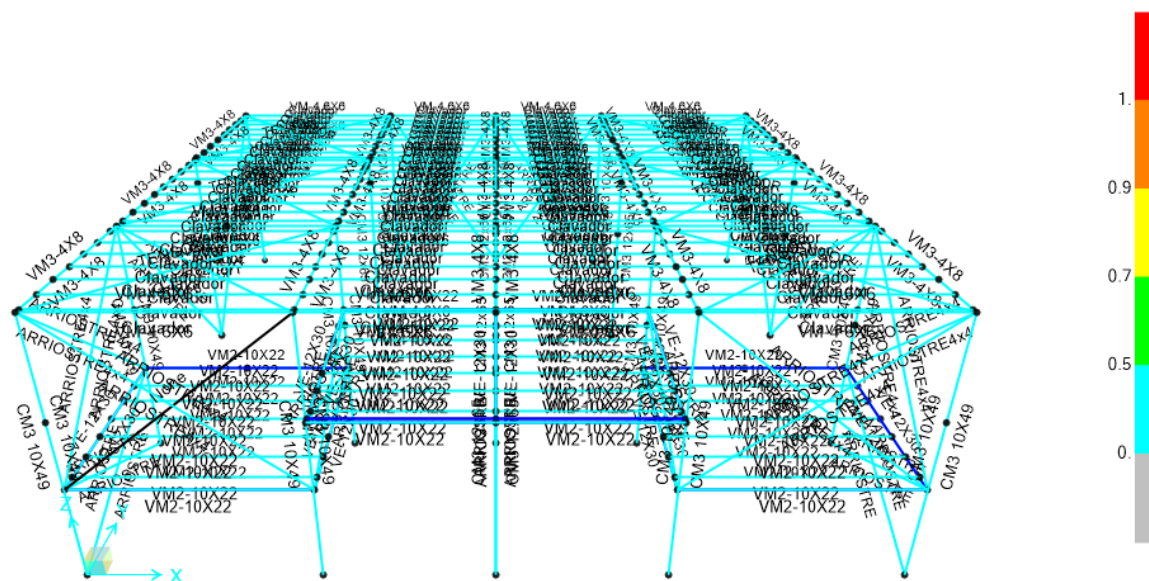


Ilustración 54 Detalles de Elementos estructurales índice de aprobación

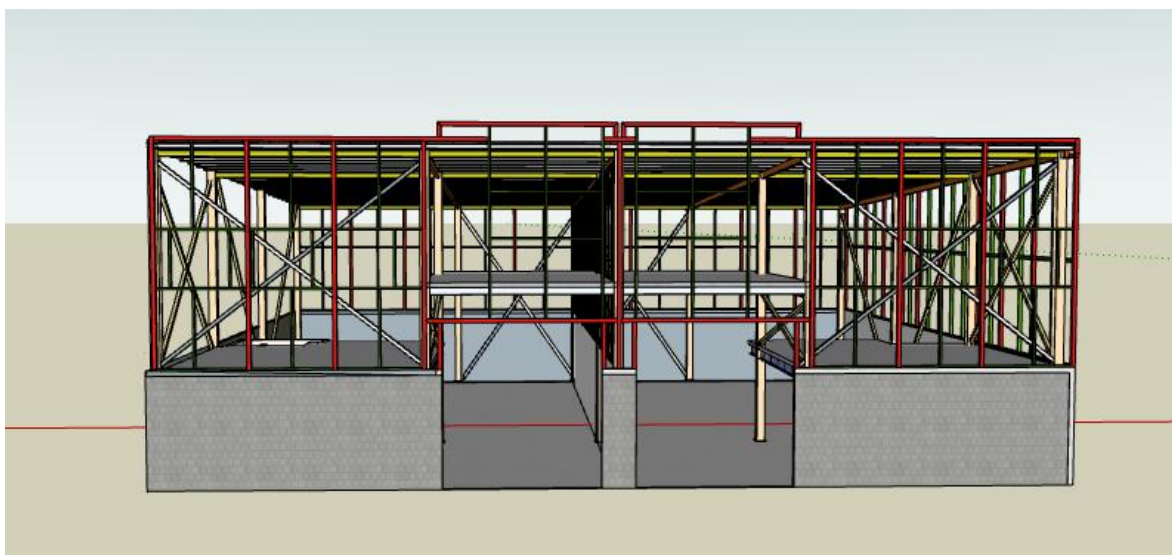


Ilustración 55 Sketchup Frontal

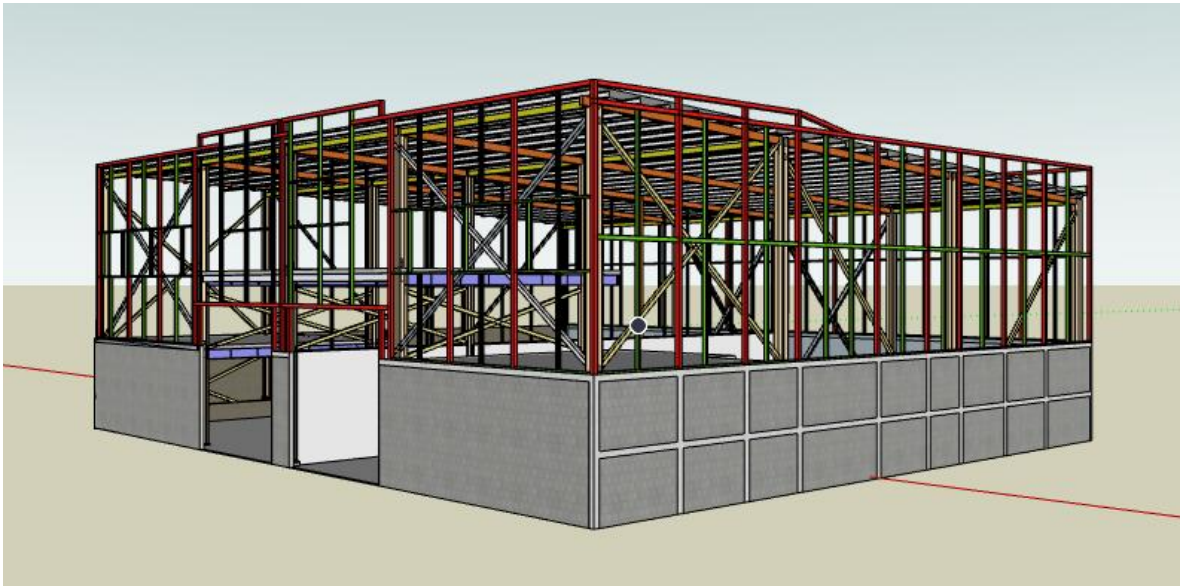


Ilustración 56 Sketchup 3D

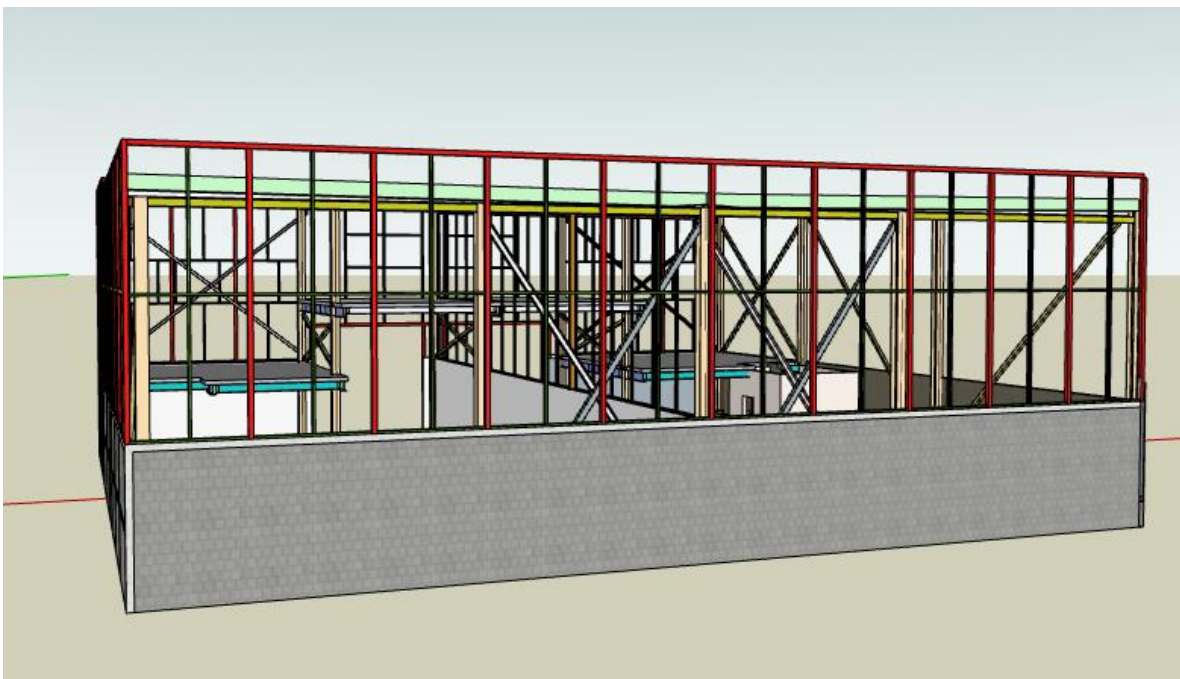


Ilustración 57 Sketchup Parte trasera

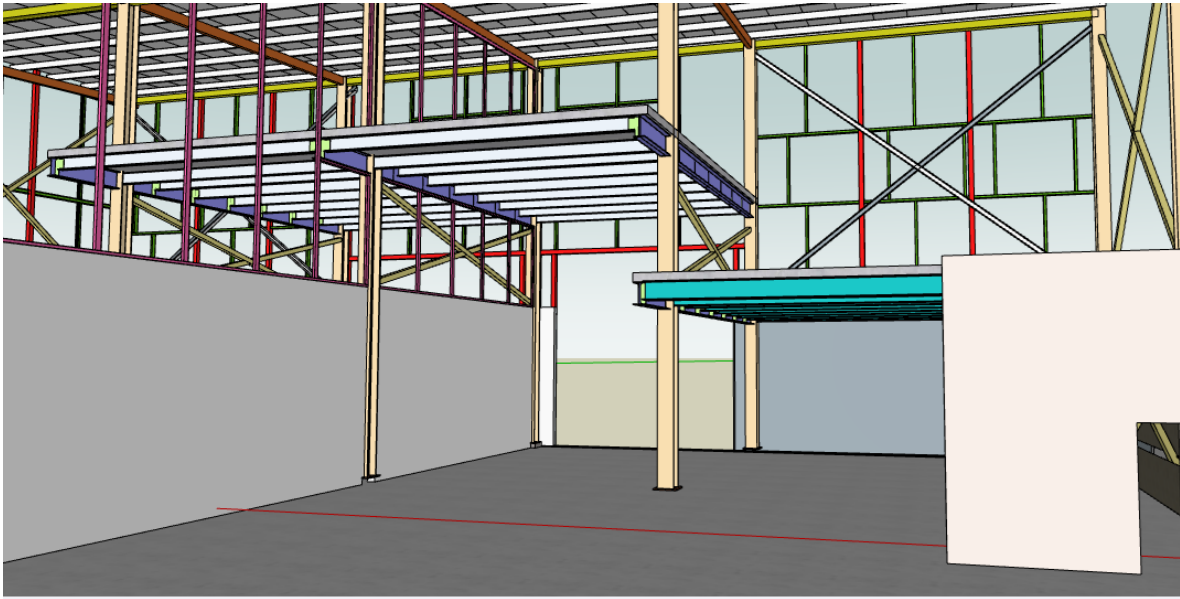


Ilustración 58 Detalles de entrepiso Sketchup



Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

SECRETARIA DE ÁREA ACADÉMICA

F-8: CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA

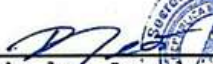
El Suscrito Secretario del **AREA DE CONOCIMIENTO
ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN** hace constar que:

TALavera GONZÁLEZ JOHN STEVEN

Carné: **2015-0372N** Turno: **Diurno** Plan de Asignatura: **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, ha aprobado todas las asignaturas correspondientes a la carrera de **INGENIERIA CIVIL**, en el año 2020 y solo tiene pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio.

Se extiende la presente **CARTA DE FINALIZADO PLAN DE ASIGNATURA**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los nueve días del mes de octubre del año dos mil veinte y cinco.

Atentamente,


MSc. Beatriz de los Angeles Torrez Rodríguez
SECRETARIO DE AREA ACADÉMICA



Teléfono (505) 83798901



Recinto Universitario Simón Bolívar.
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 09-oct.-2025

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1
REPOSICIÓN HOJA DE MATRÍCULA

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6A-00B83-3		
NOMBRE	TALAVERA GONZÁLEZ JOHN STEVEN		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	SEXO	M
AÑO MATRICULADO	6	GRUPO	SIFCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	AÑO ING. EDUC. SUP	2015

E. M	AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
M	6	SIFCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en <https://singa.setec.edu.ni/>

FECHA: 04/03/2026

Creado Por: 6A00B833
Actualizado Por: ETORRES