

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Título del trabajo

DISEÑO DE NAVE INDUSTRIAL PARA FERRETERÍA B&Z

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

David Anthony Baldeón Zambrano

María José Zúñiga Delgado

GUAYAQUIL - ECUADOR

I PAO 2023

DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a nuestros padres, profesores y compañeros que han velado por nuestro crecimiento como profesionales. Sus consejos, sabiduría y paciencia hacen posible alcanzar cada escalón al éxito que afrontamos con empeño, pasión y dedicación.

David Baldeón y María José Zúñiga

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la oportunidad de demostrar nuestro conocimiento y su fe inquebrantable, pilar que nos mantiene en constante desarrollo.

David Baldeón

Le agradezco a mis padres, hermanos y amigos, quienes han estado presentes en cada paso de esta hermosa etapa, que nunca me dejaron de creer y fueron formando mi mejor versión.

María José Zúñiga

Declaración Expresa

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; María José Zúñiga Delgado y Anthony David Baldeón Zambrano damos nuestro consentimiento para que la ESPOl realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



María José Zúñiga
Delgado



David Anthony Baldeón
Zambrano

EVALUADORES

.....
MSc Lenin Dender

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
MSc. Walter Hurtares

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto integrador tiene como objetivo diseñar una nave industrial para la fabricación, almacenamiento y distribución de bloques, bajo los parámetros estructurales establecidos en las normas ecuatorianas de construcción prevaleciendo la máxima eficiencia posible. Por medio de la combinación de estructura metálica y hormigón estructural se presentó un diseño óptimo capaz de prestar la mayor funcionalidad al cliente constructor y usuario, al emplear elementos estructurales resistentes a combinaciones de cargas permanentes y variables con un correcto dimensionamiento, se optó por columnas de hormigón de 2025 centímetros cuadrados y una cubierta de sección constante de vigas IPE180 de 20 metros de luz, en conjunto con el diseño de dos plantas destinadas a oficinas dentro de la nave con vigas a peraltadas y losas nervadas en una dirección. Dando como resultado una estructura sísmo resistente a cargas de momento, cortante y sísmicas producidas por las distintas combinaciones de cargas definidas por la NEC. Se concluyó estableciendo que un diseñador estructural debe evaluar todas las alternativas de materiales y diseño de acuerdo con los factores presentes en la zona donde se desarrolla el proyecto.

Palabras clave: Nave industrial, Sísmo resistente, sección constante y combinaciones de carga.

ABSTRACT

This integrative project aims to design an industrial facility for the manufacturing, storage, and distribution of blocks, adhering to the structural parameters established in Ecuadorian construction standards, while emphasizing maximum possible efficiency. Through the combination of steel and structural concrete elements, an optimal design was presented that provides the highest functionality to both the building contractor and user. By utilizing structural elements resistant to combinations of permanent and variable loads, with accurate sizing, concrete columns of 2025 square centimeters and a consistent section roof of IPE180 beams spanning 20 meters were chosen. Additionally, the design includes two floors designated for offices within the facility, featuring pitched beams and ribbed slabs in one direction. The outcome is a seismic-resistant structure capable of withstanding moments, shear forces, and seismic loads generated by the various load combinations defined by the NEC. It was concluded that a structural designer should evaluate all material and design alternatives in accordance with the factors present in the area where the project is being developed.

Keywords: Industrial facility, Seismic resistance, consistent section, load combinations.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Antecedentes	14
1.2. Presentación general de problema.....	15
1.3. Justificación del problema	17
1.4. Objetivos	18
1.4.1. Objetivo General.....	18
1.4.2. Objetivos Específicos.....	18
2. MATERIALES Y MÉTODOS	19
2.1. Revisión de literatura.....	19
2.1.1. Material de construcción	19
2.1.2. El Hormigón como material de construcción.....	19
2.1.3. Acero como material de construcción	19
2.1.4. Normativas empleadas	21
2.1.5. Efectos de segundo orden $P-\Delta$	22
2.2. Área de estudio	23
2.3. Trabajo de campo y laboratorio	27
2.4. Análisis de datos	28
2.5. Análisis de alternativas.....	28
3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	34
3.1. Diseño de cubierta metálica	34
3.1.1. Geometría de la estructura	34
3.1.2. Pre-dimensionamiento de los elementos estructurales.....	35
3.1.3. Dimensionamiento de los elementos estructurales.....	36
3.1.4. Modelamiento estructural en el software de análisis estructural	65

3.1.5.	Creación de secciones.....	67
3.1.6.	Asignación de elementos.....	70
3.1.7.	Verificación de ejes locales.....	71
3.1.8.	Asignación de restricciones.....	72
3.1.9.	Liberación de momentos.....	72
3.1.10.	Carga muerta.....	73
3.1.11.	Carga Viva.....	74
3.1.12.	Carga de viento.....	74
3.1.13.	Carga sísmica.....	75
3.1.14.	Rigidización de la estructura.....	75
3.1.15.	Verificación de derivas.....	77
3.1.16.	Optimización de diseño.....	78
3.2.	Diseño estructura en hormigón.....	81
3.2.1.	Pre-dimensionamiento de los elementos estructurales.....	81
3.2.1.	Modelamiento estructural en el software de análisis estructural.....	85
3.2.1.	Creación de secciones oficina.....	88
3.2.2.	Dimensionamiento de los elementos estructurales.....	90
3.3.	Especificaciones técnicas.....	122
3.3.1.	Normativas y códigos empleados.....	122
3.3.2.	Elementos de hormigón armado.....	122
3.3.3.	Estructura de acero estructural.....	123
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	124
4.1.	Descripción del proyecto.....	124
4.2.	Línea base ambiental.....	125
4.3.	Actividades del proyecto.....	126
4.4.	Identificación de impactos ambientales.....	127

4.5.	Valoración de impactos ambientales	127
4.6.	Medidas de prevención/mitigación	130
5.	PRESUPUESTO	132
5.1.	Estructura Desglosada de Trabajo	132
5.2.	Rubros y análisis de precios unitarios (fusión)	133
5.2.1.	Rubro	133
5.2.2.	Análisis de Precios Unitarios	135
5.3.	Descripción de cantidades de obra	137
5.4.	Valoración integral del costo del proyecto	139
5.5.	Cronograma de obra	140
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	141
6.1.	Conclusiones.....	141
6.2.	Recomendaciones.....	143
7.	BIBLIOGRAFÍA	144
	CCAN. (2015). CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL NACIONAL. LEY DE GESTION AMBIENTAL	144

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
SSC	Electrodo de Plata Cloruro de Plata
CSE	Electrodo de Cobre Sulfato de Cobre
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
CIS	Inspección pasó a paso, medición de potenciales de encendido
MPY	Milésimas de pulgadas por año
AISC	American Institute of Steel Construction

SIMBOLOGÍA

g	Gramo
kg	Kilogramo
m	Metro
mm	Milímetro
m^2	Metro Cuadrado
m^3	Metro Cúbico
km	Kilometro
N	Newton
kN	Kilo newton
T	Tonelada
ha	Hectárea
L	Litros

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Vista del área de construcción.....	16
Figura 1.2 Almacenamiento de materia prima	17
Figura 1.3. Gestión de materia prima y recursos.....	17
Figura 2.1. Vista satelital de la ubicación en el mapa del Ecuador.....	23
Figura 2.2. Capacidad y uso de la Tierra.....	24
Figura 2.3. Mapa de zona sísmica Ecuador	25
Figura 2.4. Terraplén de la topografía.	26
Figura 2.5. Perforación	27
Figura 2.6. Muestras de las 2 perforaciones.....	27
Figura 2.7. Tipos de cubiertas metálicas	29
Figura 2.8. Alternativa 1 Vigas metálicas de sección variable.....	29
Figura 2.9. Alternativa 2 Estructura de cubierta parabólica con columnas metálicas	30
Figura 2.10. Alternativa 3 Sección constante	31
Figura 2.11. Selección de alternativa óptima; Alternativa 3.....	32
Figura 3.1. Geometría de nave industrial principal	35
Figura 3.2 Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z	41
Figura 3.3 Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.	44
Figura 3.4. Espectro de respuesta elástica.....	46
Figura 3.5. Asignación de la carga muerta y viva a la correa de la nave principal	49
Figura 3.6. Diagrama de fuerza cortante de la correa de la nave industrial principal	50
Figura 3.7. Diagrama de momentos de la correa de la nave industrial principal	50
Figura 3.8. Asignación de la carga muerta y viva a la correa de la nave secundaria. ...	50
Figura 3.9. Diagrama de fuerza cortante de la correa de la nave industrial secundaria.	51
Figura 3.10. Diagrama de momentos de la correa de la nave industrial secundaria.	51
Figura 3.11. Catálogo de correas de DIPAC	52
Figura 3.12. Catálogo de correas de DIPAC	54
Figura 3.13. Asignación de carga viva y muerta a la cubierta del eje 3 de la nave principal	56
Figura 3.14. Diagrama de cortante del eje 3 de la nave principal.....	56

Figura 3.15. Diagrama de momentos del eje 3 de la nave principal	56
Figura 3.16. Asignación de carga viva y muerta a la cubierta del eje 4 de la nave principal	57
Figura 3.17. Asignación de carga viva y muerta a la cubierta del eje 4 de la nave principal	57
Figura 3.18. Diagrama de momentos del eje 4 de la nave principal	57
Figura 3.19. Asignación de carga viva y muerta a la cubierta del eje 5 de la nave principal	58
Figura 3.20. Diagrama de cortante del eje 5 de la nave principal.....	58
Figura 3.21. Diagrama de momentos del eje 5 de la nave principal	58
Figura 3.22. Asignación de carga viva y muerta a la cubierta de la nave secundaria ...	59
Figura 3.23. Diagrama de cortante de la nave secundaria	60
Figura 3.24. Diagrama de momentos de la nave secundaria	60
Figura 3.25. Catálogo de IPAC de productos laminados.....	61
Figura 3.26. Catálogo de IPAC de productos laminados.....	62
Figura 3.27. Catálogo de IPAC de productos laminados.....	63
Figura 3.28. Catálogo de IPAC de productos laminados.....	64
Figura 3.29 Acero A36 laminado en frío (ColdFormed)	65
Figura 3.30 Acero A50 laminado en caliente	66
Figura 3.31 Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	67
Figura 3.32 Sección IPE 80 para las vigas metálicas.....	68
Figura 3.33 Sección G100x50x15x2 para las correas	68
Figura 3.34 Columna para la nave 45x45.....	69
Figura 3.35 Sección de viga lateral 35x25.....	69
Figura 3.36 Vista frontal de la nave principal.....	70
Figura 3.37 Vista 3D de las naves industriales.....	71
Figura 3.38 Revisión de ejes locales de las correas.....	71
Figura 3.39 Apoyos empotrados en las bases de las columnas.....	72
Figura 3.40 Apartado del software para liberar momentos.....	72
Figura 3.41 3D de liberación de momentos en las correas.	73
Figura 3.42 Coeficiente sísmico en la base	75
Figura 3.43 Sección tubo rectangular 40x80x3	76

Figura 3.44 Modos de vibración	76
Figura 3.45 Primer modo de vibración.....	76
Figura 3.46 Sismo en X	77
Figura 3.47 Desplazamientos en X.....	78
Figura 3.48 Desplazamientos en Y.....	78
Figura 3.49 ColdFormed diseño con las dimensiones de correas iniciales	79
Figura 3.50 Diseño ColdFormed optimizado	80
Figura 3.51 Diseño de acero laminado en caliente.....	81
Figura 3.52 Prediseño Losa.....	83
Figura 3.53 Cargas.....	85
Figura 3.54: Columna 30x30	88
Figura 3.55 Sección viga 35x25	89
Figura 3.56 Losa nervada.....	89
Figura 3.57 Datos del Software	99
Figura 3.58 Diagrama de interacción y valores de demanda	99
Figura 3.59 Diagrama de interacción M3.....	100
Figura 3.60 Información de fuerzas actuantes en la sección.....	113
Figura 3.61 Diagrama de momentos losas.....	116
Figura 3.62 Diagrama a cortante de Losas.....	117
Figura 4.1. Objetivo de Desarrollo 9.....	125
Figura 4.2. Vista satelital de presencia de cuerpo de agua	125
Figura 5.1 Estructura Desglosada de Trabajo	132
Figura 5.2 Dimensiones de elementos.	137
Figura 5.3 Cronograma de Obra.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Variables de capacidad y uso de tierra.....	24
Tabla 2.2. Resultados del estudio de Suelos.....	28
Tabla 2.3. Análisis de Alternativas.....	33
Tabla 3.1. Dimensiones de estructuras	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 3.2. Elementos prediseñados	35
Tabla 3.3. Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, L_o , y concentradas P_o .	37
Tabla 3.4. Coeficiente de corrección σ	38
Tabla 3.5. Determinación del factor de forma C_f	39
Tabla 3.6 Zona sísmica en Pindal	41
Tabla 3.7 Clasificación de perfiles de suelo.....	42
Tabla 3.8 Tipo de suelo y factores de sitio F_a	43
Tabla 3.9 Tipo de suelo y factores de sitio F_d	43
Tabla 3.10 Tipo de suelo y factores de sitio F_s	44
Tabla 3.11 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.	46
Tabla 3.12 Valores de C_t y α según el tipo de estructura.	48
Tabla 3.13 Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles.	49
Tabla 3.14 Secciones de elementos.....	70
Tabla 3.15 Valores máximos de derivas, expresados como fracción de piso.....	77
Tabla 3.16 Datos iniciales.....	81
Tabla 3.17 Cargas variables para edificio	82
Tabla 3.18 Cargas variables para edificio	82
Tabla 3.19 Prediseño Viga	84
Tabla 3.20 Resultados del peralte de las vigas a diseñar.	85
Tabla 3.21 Análisis de rigidez.....	86
Tabla 3.22 Verificación de derivas.....	87
Tabla 3.23 Verificación de efecto P delta	87
Tabla 3.24 Verificación de efecto Torsión	88
Tabla 3.25 Demandas de diagrama de interacción reducido	99
Tabla 3.26 Dimensión Columna 35*35	108

Tabla 3.27 Dimensión a flexión Viga	113
Tabla 3.28 Dimensión a cortante Viga.....	113
Tabla 3.29 Dimensión a flexión Viga secundaria.....	114
Tabla 3.30 Dimensión a cortante Viga secundaria	114
Tabla 3.31 Resultados de cálculo manual.....	115
Tabla 3.32 Momentos en Losa	117
Tabla 3.33 Valores de Cortante en losa	118
Tabla 4.1. Identificación de impactos cualitativos de acuerdo con las fases del proyecto	127
Tabla 4.2 Categorización de SUIA	127
Tabla 4.3. Valoración Cualitativa de impacto ambiental	128
Tabla 4.4. PMA Plan de Manejo Ambiental	130
Tabla 5.1 Planilla de hierros de vigas.....	138
Tabla 5.2 Valoración integral del costo del proyecto	139

ÍNDICE DE PLANOS

- A101 Elevación Frontal y Posterior
- A102 Vistas Laterales
- A103 Vista 3D
- S101 Planta de Cimentación
- S102 Columnas de Nave Industrial
- S103 Columnas de Oficinas y Escalera
- S104 Vigas N+3.00
- S105 Detalle de Vigas
- S106 Losa Nervada
- S107 Cubierta metálica

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La innovación y desarrollo de participación en el mercado caracteriza el crecimiento de una empresa, presenta objetivos a gran escala con visiones que demandan un establecimiento industrial que permita esta evolución. El uso de un espacio que facilite la elaboración, procesamiento y distribución del producto a fabricar garantiza que la calidad y servicio alcancen los mayores estándares requeridos por el cliente.

La fabricación y venta de bloques en Ecuador es un mercado competitivo por la facilidad de obtención de materia prima. No obstante, al sur del país por falta de desarrollo industrial no presenta productos de calidad, esto afecta a todas las aristas de la construcción en este sector dando como resultado precios bajos del producto, mala gestión de obra, edificios con problemas prematuros en su mampostería, entre otros.

Para una empresa en crecimiento con una alta demanda de su servicio es necesario expandirse con productos competitivos desarrollados en un área que cumpla con todas las exigencias requeridas. Razón por la que en este proyecto se realiza el diseño estructural de una nave industrial para la fabricación de bloques. Este diseño presenta el análisis estructural de las dimensiones y comportamiento del material a emplear para que la nave sea aprovechada al máximo por la empresa garantizando una estructura sólida de larga vida útil cumpliendo con las normas ecuatorianas de la construcción en su diseño y dimensionamiento.

1.1. Antecedentes

B&Z Ferretería es una empresa dedicada a la comercialización de productos y herramientas de construcción de primera calidad, ubicado en la parroquia Pindal del cantón Pindal, provincia de Loja. Tuvo su origen el 10 de enero del 2001, manteniendo como objetivo brindar el mejor servicio a sus clientes con la alta calidad de la gama de productos a disposición. En el año 2002 aplicó al proyecto Holcim Ecuador denominado FRANQUICIA DISENSA; es ahí con gran esfuerzo, dedicación y empeño se logró realizar

los procesos necesarios para convertirse en uno de los primeros franquiciados en la provincia de Loja.

El desarrollo de B&Z se debe a la aceptación y satisfacción de sus clientes, su ubicación, precios competitivos y proveedores dieron paso a que los flujos de venta incrementaran, provocando mayor contratación de personal y libertad de expansión a otras actividades y servicios de construcción.

1.2. Presentación general de problema

Parroquia La Rota del cantón Pindal, provincia de Loja. Se cuenta con un terreno de 3 hectáreas, de las cuales piensa destinar 1000 metros cuadrados para la fábrica. Sus coordenadas son: -17 M 597953.32 m E 9542608.02 m.

Tabla 1.1. Coordenadas UTM del área de construcción

Zona 17M		
Punto	Coordenada Este	Coordenada Norte
1	597954.91 m E	9542632.51 m S
2	597980.93 m E	9542626.93 m S
3	597964.83 m E	9542669.41 m S
4	597990.75 m E	9542663.88 m S

Fuente: Baldeón, Zúñiga 2023

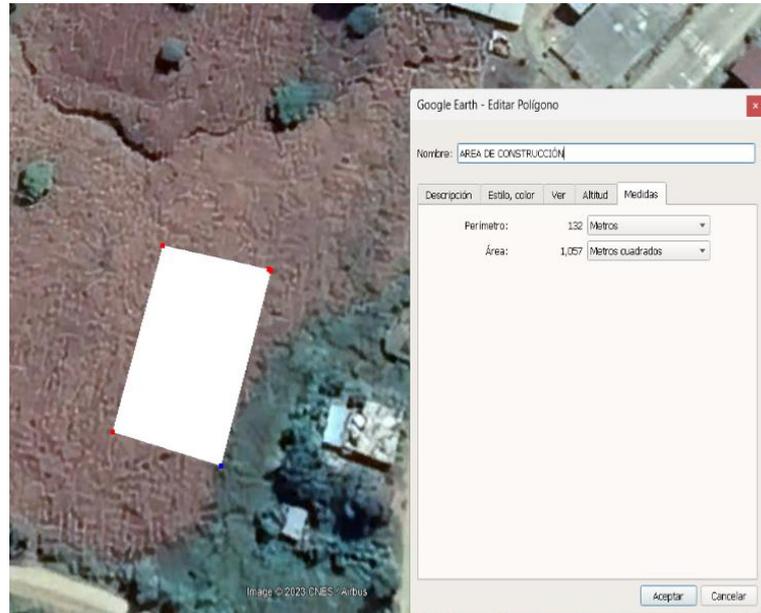


Figura 1.1 Vista del área de construcción

FUENTE: Google earth (2023)

En el año 2012 ferretería B&Z comenzó la ejecución del proyecto de fabricación de bloques, una fábrica pequeña que actualmente por la demanda de su ubicación y cantones aledaños necesita expandirse. Esta empresa crece afrontando nuevos retos y busca dar el mejor servicio a sus clientes, compitiendo a nivel provincial, con la meta de expandirse a nivel nacional. Además, Pindal es un cantón en constante crecimiento, de acuerdo con la disposición municipal se espera que en próximos se establezcan restricciones de ingreso de vehículos de transporte pesado al centro de la ciudad, presentando una limitación emergente.

1.3. Justificación del problema

Con la actual fábrica que tiene se observan problemas de almacenamiento de materia prima por falta de espacio provocando desperdicio y poca eficiencia de producción.



Figura 1.2 Almacenamiento de materia prima

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Se evidencia una mala gestión de los recursos de la fábrica, en conjunto con el espacio sin una distribución adecuada, el uso de un espacio más grande y bajo cubierta permitiría el desarrollo de las actividades sin verse afectado por factores climáticos, temperatura, presencia de lluvias y viento.



Figura 1.3. Gestión de materia prima y recursos.

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una nave industrial para la fabricación, almacenamiento y distribución de bloques, bajo los parámetros estructurales establecidos en las normas ecuatorianas de construcción prevaleciendo la máxima eficiencia posible

1.4.2. Objetivos Específicos

Realizar el dimensionamiento y análisis del comportamiento de estructuras capaces de soportar las cargas requeridas para este tipo de proyecto, mediante herramientas digitales como SAAP, y AutoCAD.

Evaluar los parámetros establecidos bajo la norma ecuatoriana de construcción en el proyecto, sus requerimientos iniciales en conjunto con la relación del dimensionamiento y tipo de material empleado.

Proponer el diseño más eficiente para el cliente, con relación al costo y durabilidad de los materiales empleados para este tipo de proyecto.

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Revisión de literatura

2.1.1. Material de construcción

Un material de construcción debe ser capaz de tener resistencias mecánicas, estabilidad química, estabilidad física, ser seguros en su manipulación y uso, debe funcionar como aislante térmico y acústico, ser cómodo, estético y accesible.

2.1.2. El Hormigón como material de construcción

Su característica principal es la resistencia a la compresión, siempre que sea bien elaborado en cuanto a sus proporciones de agua y cemento, de estas depende su nivel de resistencia y durabilidad frente a agentes agresivos del medio ambiente. (NEC, ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO, 2014)

Este material se ha modificado a lo largo de los años de acuerdo con los requerimientos necesarios de la obra, se puede cuantificar su resistencia y por costo de adquisición junto con la alta oferta de mano de obra es el principal material empleado en obras desde pequeñas villas a edificios de gran envergadura a nivel nacional.

2.1.3. Acero como material de construcción

Este material es versátil, maleable y permite crear diseños resistentes con menor peso en comparación al hormigón. Aporta uniformidad al diseño en conjunto con la elasticidad y cálculo más preciso de los momentos de inercia. En cuanto a durabilidad este dependerá del mantenimiento que se le proporcione, conservando sus propiedades de ductilidad es capaz de soportar deformaciones sin llegar al fallo por tiempo indefinido, caso contrario presentará fuertes desventajas como lo es la corrosión. Necesita de tratamientos periódicos de pintado y limpieza, lo que se traduce en altos costos anuales

de cuidado, además un diseño mal elaborado con este material presentaría susceptibilidad al pandeo, fatiga, fractura frágil, entre otros. (McCormac, 2012)

El acero permite crear diversidad de diseños, por cada propiedad fuerte que presenta se ha convertido en la principal opción de material base en grandes obras a nivel mundial; puentes, edificios y naves industriales, sus tiempos de ensamble dan como resultado procesos constructivos más eficientes, no obstante, es importante considerar su costo en mano de obra, la calidad del material disponible y la accesibilidad dependiendo el lugar donde se desarrollará la construcción.

Cargas

El dimensionamiento de la estructura estará delimitado por la capacidad de resistir las cargas que el diseñador calcule y estime para el proyecto. Estas deben ser estimadas con la precisión y consideración de factores externos que influirán al diseño a lo largo de su vida útil. Se presentan en cargas muertas y vivas, McCormac (2012) define “Las cargas muertas son cargas de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar” y que “las cargas vivas son aquellas que pueden cambiar de lugar y magnitud”.

En cuanto a cargas de viento se conoce que afectan presionando las superficies verticales a barlovento y a sotavento, entendiéndose como succiones o empujes superficiales y presiones negativas o vacíos respectivamente.

Y como ultima carga a analizar se presenta la carga sísmica de acuerdo con la (NEC, Cargas Sísmicas, 2015) menciona que son “fuerzas laterales que resultan de distribuir adecuadamente el cortante basal de diseño en toda la estructura”, Ecuador se conoce como territorio sísmico por su ubicación geográfica, cada diseño debe ser evaluado rigurosamente por norma y las condiciones que presente la ubicación del proyecto.

Diferenciarlas correctamente permite al diseñador proponer distintos materiales, tipos y dimensiones que tendrá la estructura para aprovecharse y rendir al máximo, esto viéndose reflejado en el método de diseño presentará la opción más viable para el proyecto.

2.1.4. Normativas empleadas

En el Ecuador se hace uso de normativas que rigen las bases que garantizan el correcto funcionamiento de una obra, estas delimitan a los diseñadores estableciendo parámetros en dimensión, cargas, tipos de estructura de tal forma que se prevalezca la seguridad estructural.

Para este proyecto se hace uso de las normativas de:

NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas)

Norma que trata las cargas permanentes, variables y combinaciones, se emplea para diseños de última resistencia y esfuerzos de trabajo. (NEC, Cargas no Sísmicas, 2015)

NEC-SE-DS: Peligro Sísmico, diseño sismo resistente

Esta norma comprende 4 partes donde presenta requerimientos y metodologías para diseños sismo resistentes, cuenta con normas extranjeras donde contiene herramientas de cálculo que permitirá al diseñador desarrollar cada etapa del diseño a través de conceptos de ingeniería sísmica. (NEC, Cargas Sísmicas, 2015)

NEC-SE-GC: Geotecnia y Cimentaciones

El análisis de estudio de suelos es de vital importancia para la construcción de todo tipo de estructuras, para este proyecto se emplea el estudio de suelos realizado por el cliente de la zona donde será desarrollado el proyecto, esta norma se emplea para la verificación de cumplimiento de parámetros a evaluar, donde se propone el tipo de cimentación, estados límite de falla, de servicio, asentamientos y estudios geotécnicos. (NEC, Geotecnia y Cimentaciones, 2015)

NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado

Esta normativa evalúa el diseño de edificaciones donde el análisis sismo resistente se compone en pórticos esenciales y muros estructurales de hormigón armado. Analiza las características de los materiales empleados, y requisitos para el tipo de hormigón a emplear de acuerdo se necesite. (NEC, Estructuras de Hormigón Armado, 2015)

NEC-SE-AC: Estructuras de Acero

Esta norma permite al diseñador evaluar las disposiciones sísmicas para edificios de acero estructural y similares, donde se analiza diseño, fabricación y montaje de elementos de acero estructural y conexiones de los sistemas resistentes a cargas sísmicas, empalmes y bases de columna. (NEC, Estructuras de Acero, 2015)

Mediante la NEC-SE-AC se debe cumplir especificaciones técnicas y planos de diseño estructural donde se identifica el sistema resistente a carga sísmica, la configuración de conexiones, la localización de las soldaduras de demanda crítica (SDC) y de zonas protegidas (ZP), conexiones de arriostramiento y requerimientos de soldadura.

Se deben emplear aceros estructurales con especificaciones de ASTM: A36, A53, A500, A501, A572.

Para la elaboración de una nave industrial se deben evaluar factores que influyan en el comportamiento de la estructura, aquellos que puedan alterar su integridad estructural en cimentación, o montaje, y soldadura.

2.1.5. Efectos de segundo orden P-Δ

El estudio de estos efectos permite al diseñador analizar como factores externos influyen en la estructura, de acuerdo con la NEC (2015) estos “corresponden a los efectos adicionales, en las dos direcciones principales de la estructura, causados por efectos de segundo orden que producen un incremento en las fuerzas internas, momentos y derivas de la estructura” donde se considera el cálculo y evaluación de estabilidad estructural global.

Se calcula un índice de estabilidad mediante la siguiente ecuación:

$$Q_i = \frac{P_i \Delta_i}{V_i h_i} \quad (2.1)$$

Esta será analizada por piso y se debe cumplir la condición de ser menor a 0.30 caso contrario la estructura sería inestable. En caso de encontrarse entre valores de 0.1 a 0.3, se debe aplicar un factor de mayoración $f_{P-\Delta}$. Y como último caso de ser menores a 0.1 no son representativos en afectaciones a la estructura.

$$f_{P-\Delta} = \frac{1}{1 - Qt} \quad (2.2)$$

2.2. Área de estudio

El cantón Pindal es conocido a nivel nacional como la capital maicera del Ecuador, un cantón dedicado a la agricultura de siembra de maíz en su mayoría, de acuerdo con estudios de (GAD PINDAL, 2014) la proyección de la población del cantón para el año 2020 fue aproximadamente 10540 habitantes, de los cuales su mayoría se encuentran en la zona rural.



Figura 2.1. Vista satelital de la ubicación en el mapa del Ecuador

FUENTE: Google earth (2023)

Pindal cuenta con una geografía montañosa usada en su mayoría para la siembra de maíz, las grandes extensiones de zona rural no son zonas protegidas, presentan una fauna y flora escasa a consecuencia de la explotación de sus tierras.

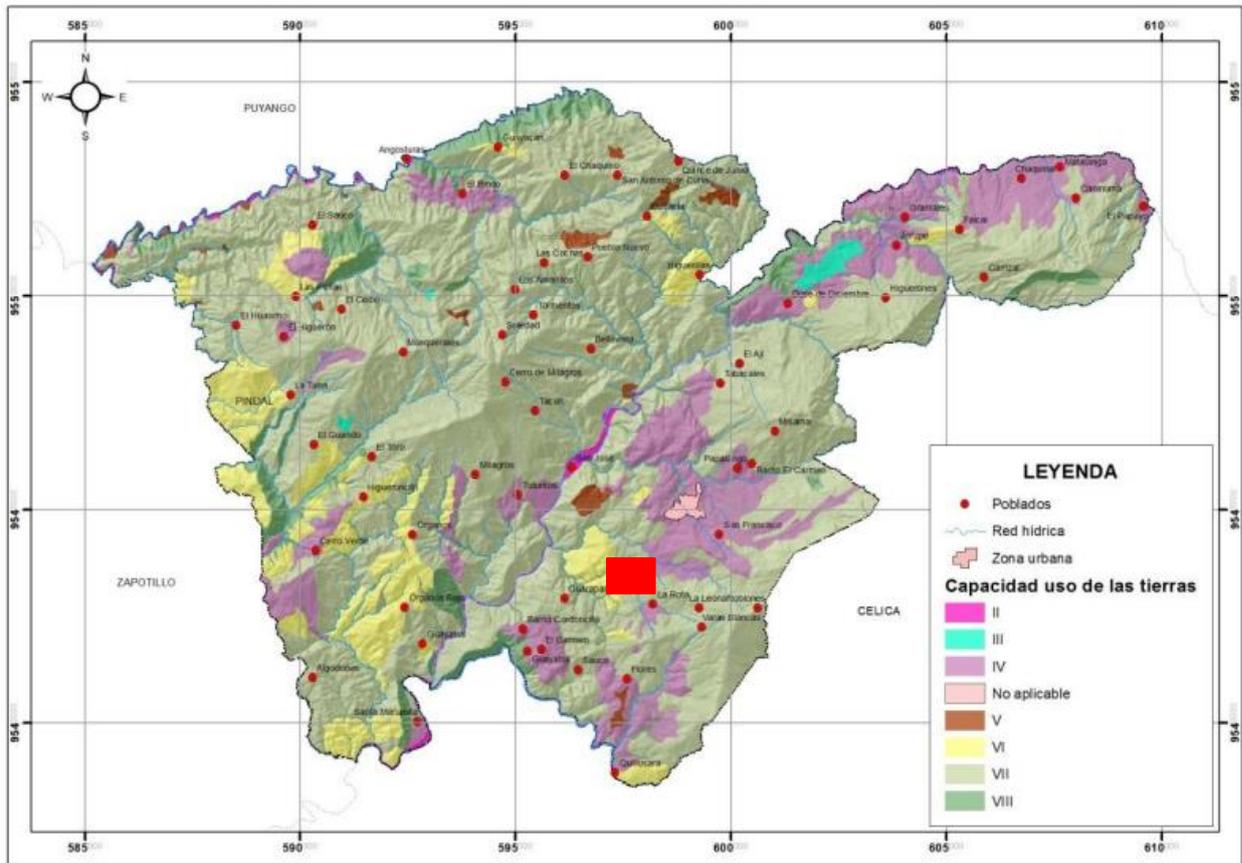


Figura 2.2. Capacidad y uso de la Tierra

Fuente: (GAD PINDAL, 2014)

Tabla 2.1 Variables de capacidad y uso de tierra

ID	CUT	área HA
0	II	108,6005018
1	III	90,68171826
2	IV	2929,939302
3	No aplicable (zona urbana)	134,7033159
4	V	196,9907324
5	VI	1786,235014
6	VII	13633,0623
7	VIII	1372,676343
	TOTAL	20252,88922

Fuente: (GAD PINDAL, 2014)

En la figura 2.2 y la tabla 2.1 se puede observar cómo se encuentra distribuida la capacidad de uso de tierras, en el sector de Rota donde se observa presencia de red hídrica cuenta con una categoría de II de uso de tierra por lo que en comparación a la ciudad de Pindal, se puede decir que es una zona urbana pequeña de poca influencia en estructuras. No obstante, se resalta su potencial uso para la agricultura.

Tipo de suelo

La Geología de la zona ha tenido diferentes eventos tectónicos; plegamientos, fallas y franjas de rocas metamórficas con incrustaciones magnéticas, dando como consecuencia la existencia de rocas ígneas, intrusitas, extrusivas, sedimentarias y metamórficas.

El suelo del área del proyecto es fino estratificado compuesto por arcillas y arenas no consolidadas. La ubicación del área se encuentra en la zona tipo V, de peligro sísmico alto.

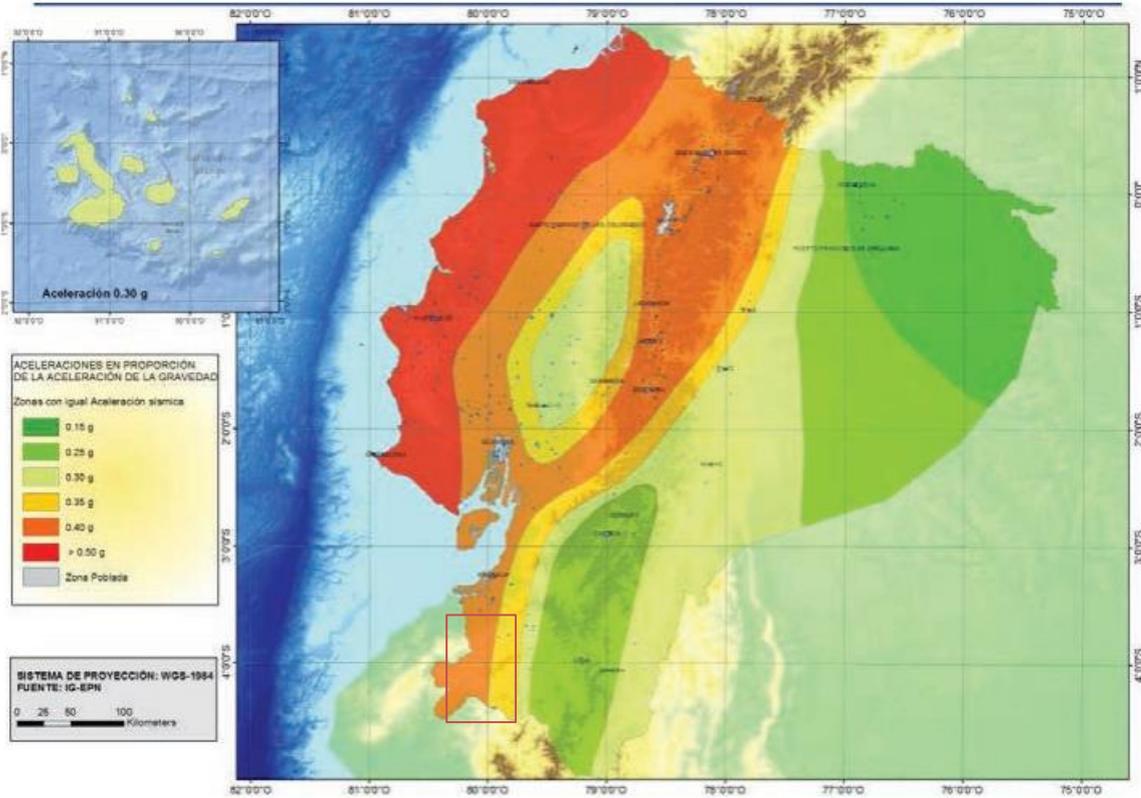


Figura 2.3. Mapa de zona sísmica Ecuador

Fuente: (NEC, Cargas Sísmicas, 2015)

Clima

En esta zona sur del Ecuador a pesar de pertenecer geográficamente a la sierra, presenta un clima tropical con temperaturas de entre 23.39 en meses de invierno a 27.35°C en meses de verano en el día y 18 a 20°C en la noche. En cuanto al promedio de precipitaciones se tiene 3.4 mm/día en meses de invierno. (NASA POWER, 2021)

El área de estudio es localizada al sur occidente del Ecuador en la parroquia de Rota del cantón Pindal, provincia de Loja, ver sección 1.2, para coordenadas. Se encuentra a 3.9 km de distancia del centro de la ciudad de Pindal.

Topografía:

El terreno total de propiedad destinado para el proyecto es de aproximadamente 3 hectáreas, de las cuales destinan 1 hectárea como área de construcción, esta se encuentra terraplenado en los 4 puntos presentados en la figura del capítulo 1, y en la siguiente figura satelital de Nasa power, donde se aprecia mejor el terreno:

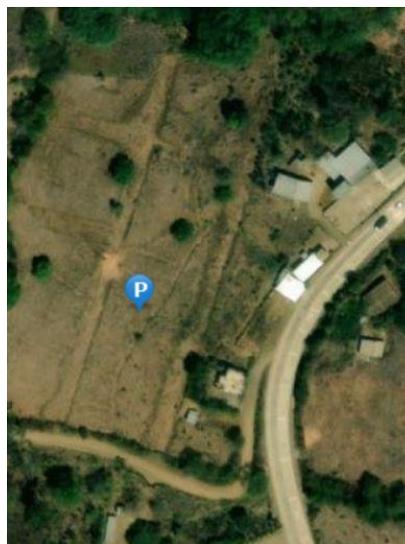


Figura 2.4. Terraplén de la topografía.

FUENTE: (NASA POWER, 2021)

Además, se observa que tiene accesibilidad desde la carretera Troncal de la costa, y un camino de tercer orden que lo rodea, garantizando la circulación de vehículos de carga pesada para el proyecto propuesto.

2.3. Trabajo de campo y laboratorio

El trabajo de campo realizado fue la extracción de muestras para la evaluación del estudio de suelos mediante dos perforaciones.



Figura 2.5. Perforación

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Se tomó la muestra en el terreno natural previamente realizada la limpieza y desbroce de la zona donde irá la nave. Las perforaciones fueron realizadas por rotopercutor, de donde se obtuvo las muestras que fueron llevadas a laboratorio para el respectivo estudio de suelos donde se realizó estudios de límite líquido, plástico, contenido de humedad y penetración estándar (SPT).



Figura 2.6. Muestras de las 2 perforaciones.

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

2.4. Análisis de datos

Los datos obtenidos del estudio de suelos son:

Tabla 2.2. Resultados del estudio de Suelos

Clase de suelo	Clase D
Perfil tipo	S2
Zona sísmica	V
Factor zona z	0.4
Factor en función del perfil y geología del suelo "s"	1.2
Factor en función del perfil y geología del suelo "cm"	3
Fa	1.2
Fd	1.19
Fs	1.28
Capacidad admisible del suelo	1.82 kg/cm ²

FUENTE: CHAGUAY. (2023)

Se encontró un suelo arcilloso, de acuerdo con la norma ecuatoriana de construcción para el diseño sísmico se deben tomar los coeficientes de los factores de Coeficiente de ampliación de suelo en la zona de periodo corto Fa, factor de ampliación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca Fd, y el Factor de comportamiento no lineal Fs expuestos en la tabla 2.4.1. además, que se recomienda una cimentación directa.

2.5. Análisis de alternativas

En este proyecto se contrastó alternativas en cubierta, columnas, y la estructura interna de oficinas para la nave industrial. Para el diseño de naves industriales se conoce que existen diferentes modelos de cubierta donde varía la cantidad de material y la distribución de cargas, la mejor opción se selecciona en base a la estética, materiales y funcionalidad que determinarán el costo total y preferencias del cliente.

Cubierta

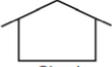
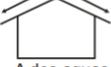
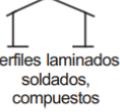
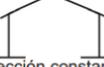
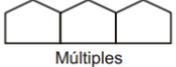
Número de tramos	Techo		Estructura	
	Inclinación	Forma	Pórticos	Forma
 Simple	 A dos aguas	 Plana	 Perfiles laminados, soldados, compuestos	 Sección constante
 Simple con anexo		 Arco		 Atirantado
 Múltiples	 A un agua	 Circular	 Celosía Warren	 Triangular
		 Diente de sierra	 Celosía Pratt	 Trapezoidal
				 Arco
				 Circular

Figura 2.7. Tipos de cubiertas metálicas

Fuente: (Montemayor, 2007)

En la figura previamente mostrada sobre los tipos de configuraciones de naves industriales se puede evidenciar la variedad de opciones de diseño; como lo son las naves con celosía en la cubierta que optimiza las secciones según el momento actuante, o con una sección constante para mejorar la estética de la nave según su uso.

Como ejemplo tenemos:

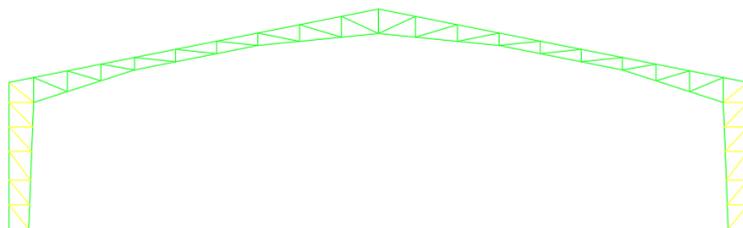


Figura 2.8. Alternativa 1 Vigas metálicas de sección variable

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Alternativa 1: Para este tipo de estructura se mantiene la vigas metálicas para todo el pórtico, donde es conformada de perfiles tipo C soldados con perfiles tipo L en su interior. Es importante considerar la demanda de tiempo de corte y soldadura que genera la mayor cantidad de escoria producto de cada proceso de fabricación. Ocupan dimensiones voluminosas, son estructuras más pesadas por la cantidad de material empleado.

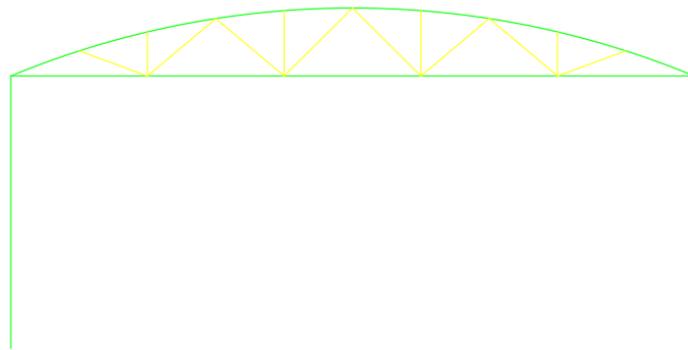


Figura 2.9. Alternativa 2 Estructura de cubierta parabólica con columnas metálicas

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Alternativa 2: Este tipo de estructura permite el uso del espacio interno, se las emplea para cubiertas de centros deportivos como canchas, piscinas, entre otros gracias a que ofrece capacidades arquitectónicas en estética, y se presenta con mayor facilidad a ser impermeable a ruido por su forma cóncava. Al igual que en la opción 1 presenta cortes y secciones para la unión de los perfiles tipo C que irían soldados con los perfiles

tipo L en su interior para garantizar la capacidad de carga, son voluminosos por sus dimensiones.

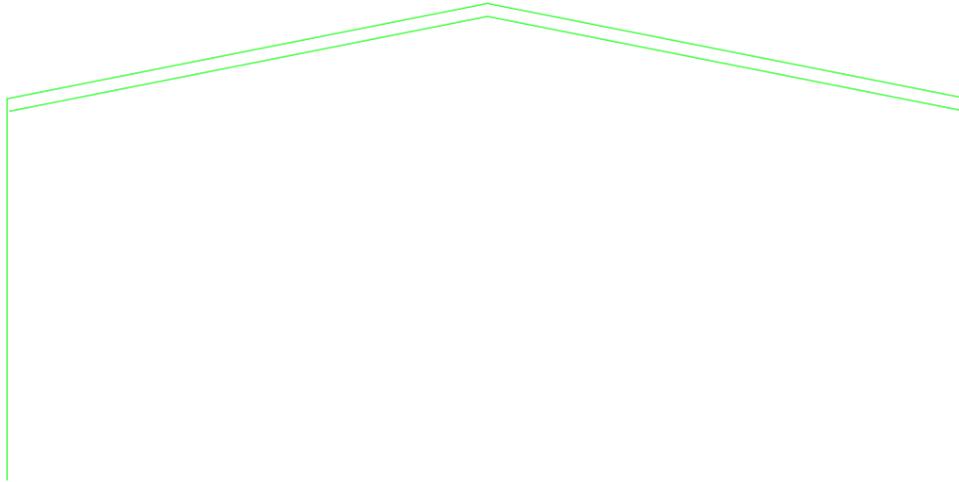


Figura 2.10. Alternativa 3 Sección constante

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Alternativa 3: Este tipo de estructura de sección constante mantiene la característica de poseer una cubierta uniforme de un solo tipo de material, permitiendo facilidad de construcción en tiempo de ensamble, más estética, menos voluble y permite aprovechar en su mayoría espacios internos ya que sus columnas son de material y dimensión uniforme.

Selección de alternativa óptima

Una vez realizado el contraste entre las diferentes opciones para el diseño que demanda una distancia de 20 metros de vano y 5 metros entre cada pórtico se optó por seleccionar la alternativa 3, de columnas de hormigón, cubierta de perfiles tipo I y correas tipo G.

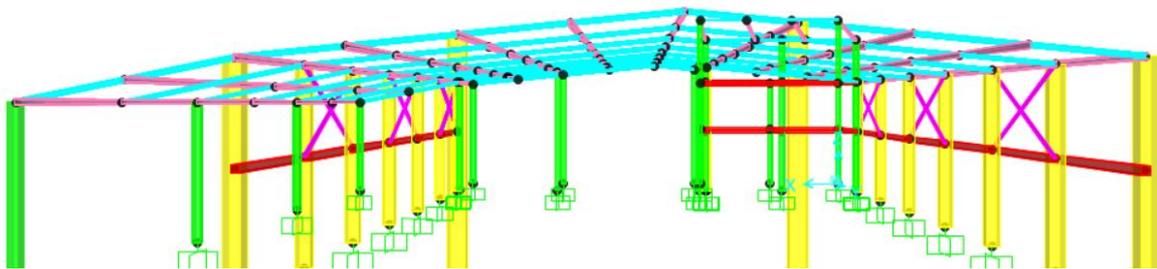


Figura 2.11. Selección de alternativa óptima; Alternativa 3

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Para el análisis de materiales se tomó a consideración la ubicación del proyecto, el acarreo de material, la mano de obra que se verá involucrada, el costo de cada tipo de material empleado, los recursos para soldarlo y la generación de impacto ambiental que este produciría al entorno.

Se optó por columnas de hormigón ya que presentan mayor facilidad en construcción, diseño y dimensionamiento. Optimizan los materiales empleados, reducen la demanda de mano de obra. En cuanto a la cubierta el material de la sección tipo I iría soldado a sus extremos, facilita el proceso de armado de cada pórtico, y tiene la capacidad de ser soldado con las correas tipo G que irán perpendiculares sin pandearse.

En cuanto a la estética, las propiedades de diseño de la sección tipo I permiten ver una estructura más armoniosa en su interior, sin resaltos pronunciados de los peraltes que se tendrían en una cubierta tipo vigas metálicas, se vería un interior más amplio en altitud.

Se aprovecharía más su área libre interna de la nave, considerando que dentro de la misma se contiene una estructura de 3 plantas donde irán oficinas con columnas

de hormigón armado, y losas alivianadas del mismo material que permitirán las actividades administrativas, cuarto de máquinas y control de operación.

Para la determinación de opción más viable el análisis precios unitarios refleja con exactitud cuanto sería el costo de acuerdo con el peso, transporte, dimensiones, maleabilidad y rendimiento de ensamble de la estructura, al trabajar con material metálico, la relación peso costo es directamente proporcional, razón por la cual se escoge el perfil tipo i en comparación a celosías de vigas metálicas.

Estos criterios se los puede contrastar en la siguiente tabla donde se expone las alternativas en función de los criterios mencionados, acompañados con un factor de importancia que determina su influencia y beneficios de ser empleados en obra.

Tabla 2.3. Análisis de Alternativas

Criterio	Factor	Opciones		
		Cubierta		
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Proceso Constructivo	8	7	7	8
Mobilidad De Material	5	3	3	7
Estético	9	5	5	10
Funcionalidad	10	7	8	9
Maleabilidad	8	6	6	10
Económico	10	5	5	6
Impacto Ambiental	9	7	7	9
Total		347	357	500

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

$$Total = \sum (Factor\ i * Valor\ de\ Alternativa\ i) \quad (2.3)$$

Los resultados de las alternativas garantizan la opción más factible para este proyecto, esta tabla es una herramienta de análisis que permite la selección de opciones comparando la influencia de cada criterio escogiendo las alternativas con mayor puntaje.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1. Diseño de cubierta metálica

3.1.1. Geometría de la estructura

Según la alternativa óptima escogida en el capítulo anterior y el área del terreno, para evitar problemas de torsión en planta debido a la irregularidad de la distribución arquitectónica fue necesario diseñar 3 estructuras.

Tabla 3.1 Dimensiones de estructuras

Estructura	Ancho (m)	Longitud (m)
Nave industrial secundaria (entrada)	25	35
Nave industrial principal (fábrica)	12.15	4.56
Edificio de Oficinas	7.5	4.56

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

La geometría de la estructura fue determinada en su inicio con el cliente cumpliendo con sus especificaciones y necesidades teniendo en cuenta que no deben pasar las siguientes dimensiones:

$$L = 20m$$
$$f = \frac{L}{6} = 3.33m \quad (3.1)$$

$$h = \frac{L}{45} a \frac{L}{40} \quad (3.2)$$

$$h = \frac{L}{45} a \frac{L}{40} = 0.44 a 0.5m = 0.5 m$$

$$b_{m\acute{a}x} = 0.65h \quad (3.3)$$

$$b_{m\acute{a}x} = 0.65h = 0.325m = 0.3m$$

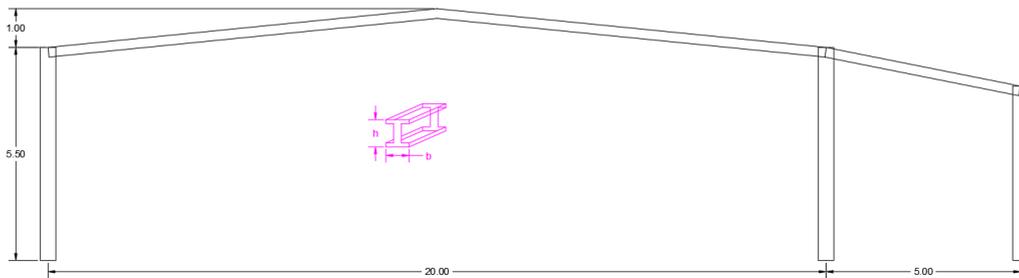


Figura 3.1. Geometría de nave industrial principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Para optimización de los tiempos de construcción se consideraron las mismas dimensiones de la sección 2G de las vigas metálicas para las siguientes, con separación de 5 metros entre vigas metálicas y 2.5 metros entre correas considerando como base las dimensiones mostradas en la figura 3.1 en la parte superior.

3.1.2. Pre-dimensionamiento de los elementos estructurales

El diseño llevado a cabo comprende de a macroestructura a microestructura, teniendo en primera instancia, la estructura ya completa modelada en el programa de análisis estructural por lo que se realiza un diseño de prueba y error con las siguientes secciones.

Asumiendo las siguientes dimensiones:

Tabla 3.2. Elementos prediseñados

Elemento	Material	Tipo de sección	Sección (cm)
Columna	Hormigón	Cuadrado	40x40
Columna	Hormigón	Cuadrado	25x25
Viga	Hormigón	Cuadrado	20x20
Vigas metálicas	Metálico	2G	2G10X5X1.5X0.4
Correa	Metálico	G	G10X5X1.5X0.4
Tensor	Metálico	Cuadrado	40x80x3

Fuente: Ochoa, Zúñiga. (2023)

3.1.3. Dimensionamiento de los elementos estructurales

3.1.3.1. Determinación de cargas.

La ubicación de la estructura se encuentra en Pindal, Loja de Ecuador, considerando las siguientes cargas:

- **Carga permanente (muerta):**

Las cargas muertas incluyen todos los pesos permanentes que se mantendrán a lo largo de la vida útil de la nave industrial, tales como: instalaciones, maquinarias, etc.

Las instalaciones requeridas en la estructura tendrán un peso estimado de 13 kg/m².

La cubierta a utilizar será de acero galvanizado ondulada de espesor 0.5mm con un peso aproximado de 7.14 kg/m².

Las correas que soportarán el peso como prediseño se asumió una sección detallada más adelante la cual tiene un peso de 4.89 kg/m

Peso de la cubierta chapa ondulada 0.5mm: $w_c = 7.14 \frac{kg}{m^2}$

Instalaciones: $w_i = 13.00 \frac{kg}{m^2}$

Peso propio de la correa del prediseño: $w_{pp} = 4.89 \frac{kg}{m}$

Separación entre correas: $s = 2.5m$

Carga muerta total:

$$W_d = (w_c + w_i) * s + w_{pp} \quad (3.4)$$

$$W_d = 55.235 \frac{kg}{m}$$

- **Carga viva (NEC):**

Según el uso de la edificación a diseñar se define su carga viva, dado que incluye el peso de personas, equipos, o cualquier elemento que se vaya a movilizar dentro. El peso dentro de la NEC para cubiertas metálicas indistintamente de su geometría es de 70 kg/m², no obstante, en la Tabla A.2 Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, L_o , y concentradas P_o mostradas a continuación:

Tabla 3.3. Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, Lo, y concentradas Po

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kNm ²)	Carga concentrada (kN)
Bodegas de almacenamiento (serán diseñadas para la mayor carga prevista)		
Livianas	6,00	
Pesada	12,00	
Coliseos (ver estadios y graderíos)		
Comedores y restaurantes	4,80	
Construcción ligera de placa de piso sobre un área de 625 mm²		0,90
Corredores-pasarelas-plataformas para mantenimiento	2,00	1,33
Corredores		
Primer Piso		
Otros pisos de igual ocupación, excepto si existe otra indicación	4,80	
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0,70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3,00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4,80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		i
Toldos y carpas		i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0,24 (no reduc.)	
Todas las demás	1,00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8,90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta, miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular		1,40
Todos los otros usos		1,40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.		
Departamentos (ver Residencias)		
Edificios de oficinas		
Salas de archivo y computación (se diseñará para la mayor carga prevista)		
Áreas de recepción y corredores del primer piso	4,80	9,00
Oficinas	2,40	9,00
Corredores sobre el primer piso	4,00	9,00
Escaleras fijas	Ver la sección 4.5 de la norma ASCE/SEI 7-10	
Escaleras y rutas de escape	4,80	g
Únicamente residencias unifamiliares y bifamiliares	2,00	

Fuente: CPE INEN – NEC-SE-CG-26-1 (2014)

Se indica que para las regiones de una cota mayor de 1000 metros sobre el nivel del mar no se reducirá la carga viva, por ende, nuestro proyecto se encuentra a tan solo 760 m.s.n.m (GAD Pindal, 2020) si necesita una reducción de la carga viva de 70 kg/m², se la reduce a un 60% de la carga previamente indicada, lo que representa 42 kg/m² y por efectos académicos se tomó **45 kg/m²** para ser conservadores.

$$wl = 45 \frac{kg}{m}$$

$$Wl = wl * s \quad (3.5)$$

$$Wl = wl * s = 112.5 \frac{kg}{m}$$

- **Carga por viento**

Para definir la carga por viento se calcula en base a la INEN (Cargas No Sísmicas) anexo en el apartado 6 con las siguientes ecuaciones:

o **Velocidad instantánea máxima del viento**

Dentro de la NEC se indica que en una estructura de hasta 10 metros de altura, dentro de la determinación de la velocidad de diseño, no debe ser menor a 21m/s.

o **Velocidad corregida del viento**

Según la topografía del terreno, y la altura de la estructura, se determina un coeficiente de corrección σ .

$$V_b = V * \sigma \quad (3.6)$$

Donde:

V_b : Velocidad corregida del viento en m/s;

V : Velocidad instantánea máxima del viento en m/s;

σ : Coeficiente de corrección (Tabla ##)

Tabla 3.4. Coeficiente de corrección σ

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0,91	0,86	0,80
10	1,00	0,90	0,80
20	1,06	0,97	0,88
40	1,14	1,03	0,96
80	1,21	1,14	1,06
150	1,28	1,22	1,15

Fuente: NEC, 2015

○ **Cálculo de la presión del viento**

El viento afecta a la estructura ejerciendo presión sobre sus elementos, el cual se resiste a la misma, calculándolo de la siguiente manera:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f \quad (3.7)$$

Donde:

P : Presión de cálculo expresada en Pa;

ρ : Densidad del aire: 1.25 kg/m³;

C_e : Coeficiente de entorno / altura;

C_f : Coeficiente de forma (Tabla 3.5)

Tabla 3.5. Determinación del factor de forma C_f .

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

Fuente: NEC, 2015

Carga para las correas

Presión barlovento: realizando uso de la ecuación (3.7)

$$P_{cb} = 41.34 \frac{N}{m^2}$$

$$W_{cb} = P_{cb} * s \quad (3.8)$$

$$Wcb = 103.36 \frac{N}{m}$$

Presión sotavento: realizando uso de la ecuación (3.7)

$$Pcs = -165.38 \frac{N}{m^2}$$

$$Wcs = Pcs * s = -413.44 \frac{N}{m}$$

Carga para la viga lateral (separación tributaria sl=6m)

Presión barlovento: realizando uso de la ecuación (3.7)

$$Plb = 220.5 \frac{N}{m^2}$$

$$Wlb = Plb * sl \quad (3.9)$$

$$Wlb = 1323 \frac{N}{m}$$

Presión sotavento: realizando uso de la ecuación (3.7)

$$Pls = 0 \frac{N}{m^2}$$

$$Wlb = Pls * sl \quad (3.10)$$

$$Wlb = Pls * sl = 0 \frac{N}{m}$$

- Carga sísmica (NEC,2015):

Para la determinación de la carga sísmica se trabaja con la norma NEC-SE-DS Peligro Sísmico. Cabe recalcar que previamente se realizó un estudio de suelos mediante 2 extracciones de núcleo en lo cual se basa nuestro proyecto.

Zonificación

En el mapa ilustrado se presentan las distintas zonas sísmicas que posee el Ecuador y a su vez el factor (Z).

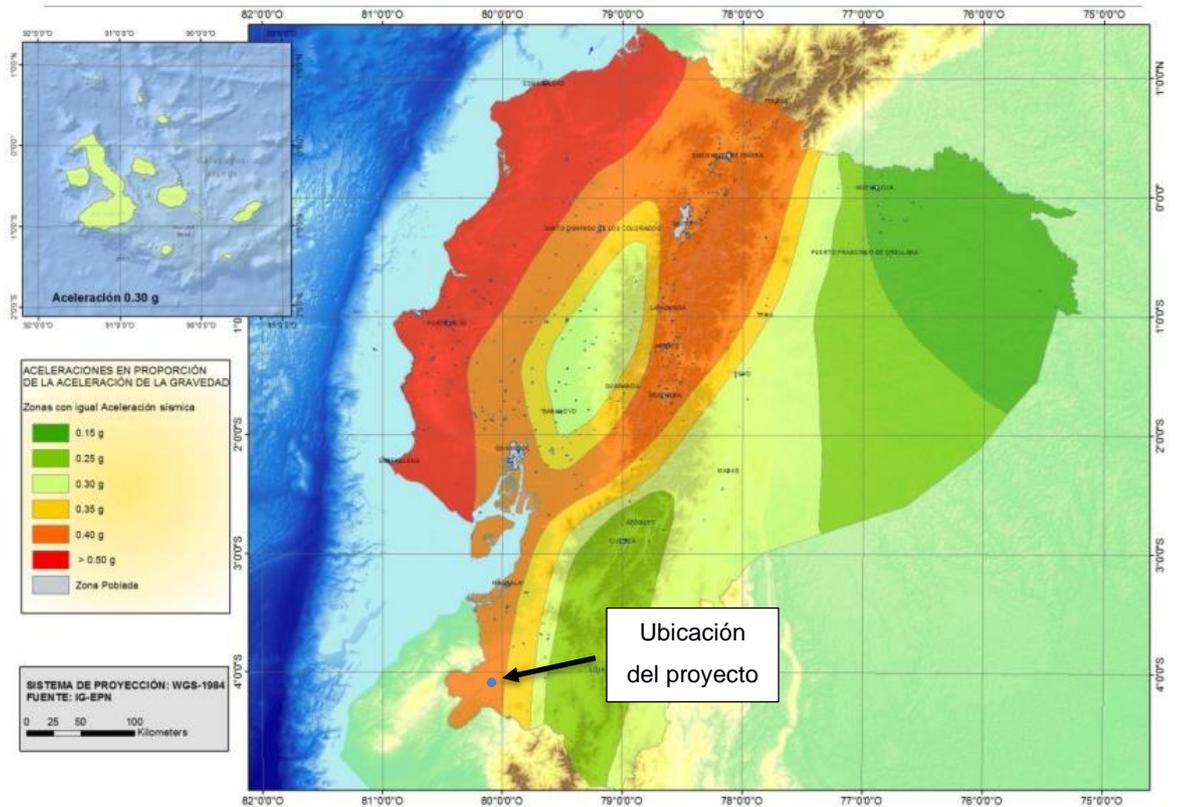


Figura 3.2 Zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z

Fuente: NEC. (2015)

Tabla 3.6 Zona sísmica en Pindal

Ciudad o Cantón	Zona Sísmica	Z (g)
Pindal	V	0.4

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Geología local

Tipo de perfil del suelo

Se clasifican las muestras del ensayo de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), también conocido como “AASHTO” (American Association of State Highway and Transportation Officials).

Según el estudio de suelos realizado y anexo, la zona de investigación comprende de arcillas y limos como:

- Suelos arcillosos de mediana plasticidad
- Suelos arcillosos con limo

Clases de suelos

Acorde con la NEC- Sección Diseño sismo-resistente apartado 6.2.1, se detallan los 6 distintos tipos de perfiles de suelo, correspondiendo como **Tipo D**, con resultados de SPT > 15 golpes/pie en promedio, teniendo el mismo tipo de suelo hasta los 6 metros de profundidad.

Tabla 3.7 Clasificación de perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente.	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media.	1500 m/s > $V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s > $V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios.	$N \geq 50,0$ $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones.	$50 > N \geq 15,0$ 100 kPa > $S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas.	$IP > 20$ $w \geq 40$ % $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7,5 m con índice de Plasticidad IP > 75).	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m).	

Fuente: NEC. (2015)

Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d , F_s

F_a : Corresponde al coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto (NEC, Peligro Sísmico, 2015).

Tabla 3.8 Tipo de suelo y factores de sitio F_a

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	$\geq 0,5$
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,4	1,3	1,25	1,23	1,2	1,18
D	1,6	1,4	1,3	1,25	1,2	1,12
E	1,8	1,4	1,25	1,10	1,00	0,85
F^a						
^a Ver Tabla 3 y A.5.4						

Fuente: NEC. (2015)

F_d : Corresponde al coeficiente de amplificación de las ordenas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca (NEC, Peligro Sísmico, 2015).

Tabla 3.9 Tipo de suelo y factores de sitio F_d

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	$\geq 0,5$
A	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
B	1	1	1	1	1	1
C	1,36	1,28	1,19	1,15	1,11	1,06
D	1,62	1,45	1,36	1,28	1,19	1,11
E	2,1	1,75	1,7	1,65	1,6	1,5
F^a						
^a Ver Tabla 3 y A.5.4						

Fuente: NEC. (2015)

F_s : Indica el comportamiento no lineal de los suelos (NEC, Peligro Sísmico, 2015).

Tabla 3.10 Tipo de suelo y factores de sitio F_s

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	$\geq 0,5$
A	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
B	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C	0,85	0,94	1,02	1,06	1,11	1,23
D	1,02	1,06	1,11	1,19	1,28	1,40
E	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
F ^a						
^a Ver Tabla 3 y A.5.4						

Fuente: NEC. (2015)

Espectro de respuesta elástico de diseño (S_a).

El espectro representa las aceleraciones como fracciones de gravedad con el factor Z, tipo de suelo y factores de amplificación del suelo determinados en los puntos anteriores.

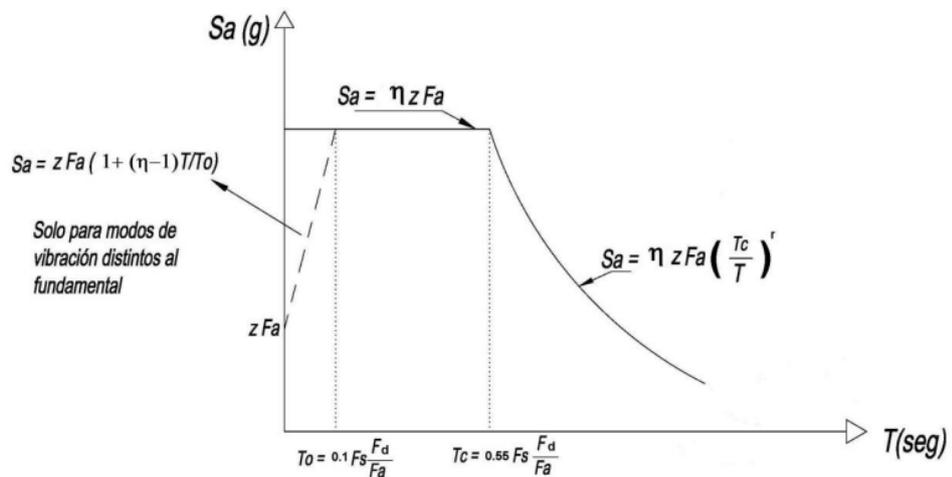


Figura 3.3 Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Fuente: NEC. (2015)

$$S_a = \eta * Z * F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c \quad (3.11)$$

$$S_a = 1.19 \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta * Z * F_a * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad (3.12)$$

$$S_a = \eta * Z * F_a * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_c$$

Donde:

η : 2.48 para provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos.

F_a, F_d, F_s : Coeficientes de suelo y sitio

S_a : Espectro de respuesta elástico de aceleraciones.

T : Período fundamental de vibración de la estructura.

T_o : Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_c : Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a} \quad (3.13)$$

T_L : Período límite de vibración utilizado para la definición del espectro.

$$T_L = 2.4 * F_d \quad (3.14)$$

$$T_L = 2.856 \text{ s}$$

Z : Table 3.6

r : Factor de la geografía del proyecto ($r=1$ para suelos tipo A, B, C y D)

Para determinar los periodos de vibración de frontera

$$T_o = 0.1 * F_s * \frac{F_d}{F_a} = 0.127 \text{ s}$$

$$T_c = 0.698 \text{ s}$$

Utilizando las ecuaciones 3.11 y 3.12 calculamos la aceleración según su rango.

$$Sa = 0.48 g \quad \text{Para } T = 0s$$

$$Sa = 1.19 g \quad \text{Para } 0.127 \leq T \leq 0.698$$

$$Sa = 0.291 g \quad \text{Para } T > 0.698$$

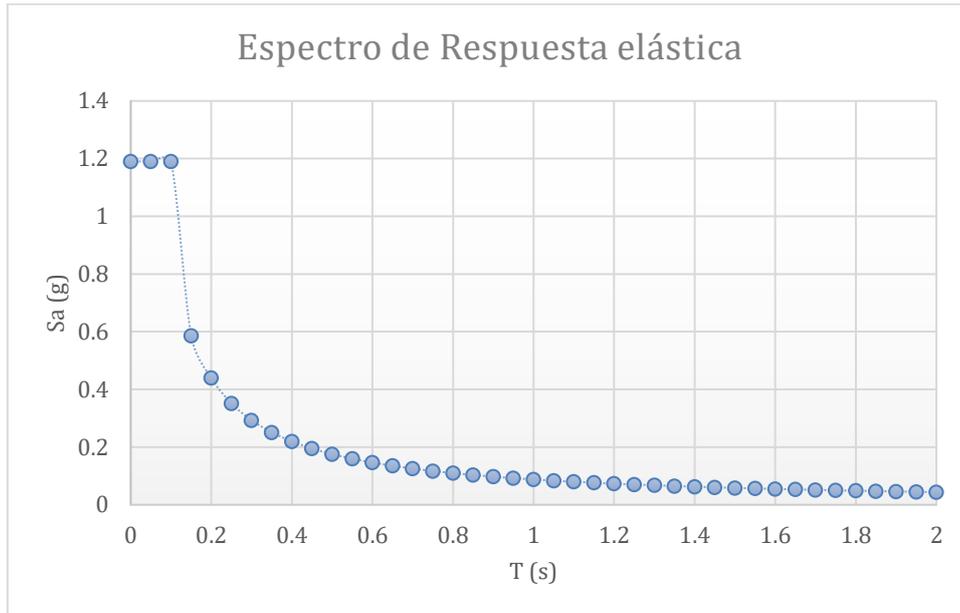


Figura 3.4. Espectro de respuesta elástica

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Categorización del edificio

Según el uso que se le vaya a dar la edificación a construir se la categoriza y se le da un factor de importancia para asegurar y salvaguardar la integridad del diseño para las estructuras esenciales y de uso vital.

Tabla 3.11 Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1,5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1,3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores,	1,0

Fuente: NEC. (2015)

Inercias de secciones agrietadas

Para la determinación de la rigidez y de las derivas los valores de las inercias serán afectados de la siguiente manera:

- $0.5I_g$ para vigas.
- $0.8I_g$ para columnas.
- $0.6I_g$ para muros estructurales.

Carga sísmica reactiva W

La carga sísmica reactiva en la norma se indica como la carga reactiva por el sismo.

$$W = D \quad (3.15)$$

Donde:

D: Carga muerta total de la estructura.

Cortante basal de diseño V

$$V = \frac{I * S_a(T_a)}{R * \phi_P * \phi_E} * W \quad (3.16)$$

Donde:

$S_a(T_a)$: Espectro de aceleración

$\phi_P * \phi_E$: Coeficientes de configuración en planta y elevación

I: Coeficiente de importancia

R: Factor de reducción de resistencia sísmica

V: Cortante basal de diseño

W: Carga sísmica reactiva

T_a : Período de vibración

Período de vibración T

Durante el análisis de las estructuras del presente proyecto se determina el período de vibración **T** mediante el método 1 de la NEC-sección diseño sismorresistente, para efectos simplificados.

$$T_{\alpha} = C_t * h_n^{\alpha} \quad (3.17)$$

Donde:

T_{α} : Período fundamental de vibración.

C_t : Coeficiente según el tipo de edificio

h_n : Altura máxima de la edificación de n cantidad de pisos.

Tabla 3.12 Valores de C_t y α según el tipo de estructura.

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0,072	0,8
Con arriostramientos	0,073	0,75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0,055	0,9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural.	0,055	0,75

Fuente: NEC. (2015)

Calculando con la ecuación 3.17 se obtiene el periodo fundamental:

$$T_{\alpha} = 0.224 \text{ s}$$

Tabla 3.13 Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles.

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones.	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Fuente: NEC. (2015)

Con la ecuación 3.12 se calcula lo siguiente:

$$S_a = 3.712 g \text{ Para } T_\alpha$$

De acuerdo con la ecuación 3.17 se calcula el cortante basal

$$V = 0.464W = C_s * W$$

Cs: coeficiente sísmico inelástico, el cual se ingresa en el software.

3.1.3.2. Análisis estructural de la correa en el software.

a. Nave industrial principal



Figura 3.5. Asignación de la carga muerta y viva a la correa de la nave principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Se modeló por separado la correa simulando cada pórtico en los apoyos, y aplicando las distintas cargas.

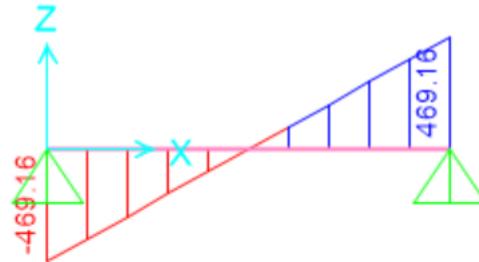


Figura 3.6. Diagrama de fuerza cortante de la correa de la nave industrial principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

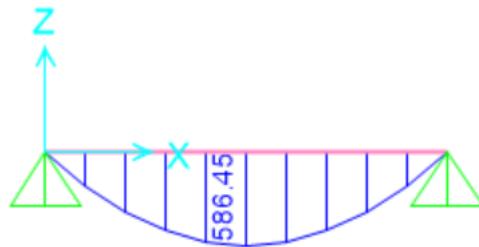


Figura 3.7. Diagrama de momentos de la correa de la nave industrial principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

b. Nave industrial secundaria

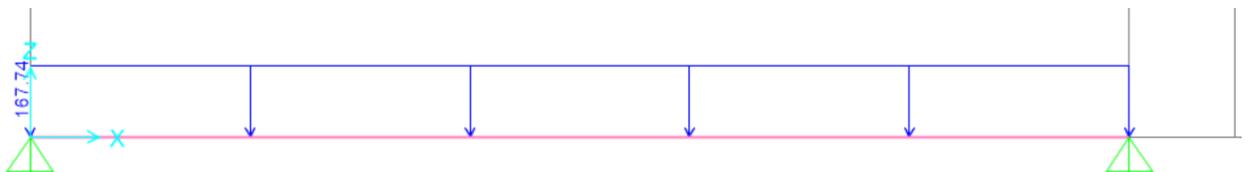


Figura 3.8. Asignación de la carga muerta y viva a la correa de la nave secundaria.

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

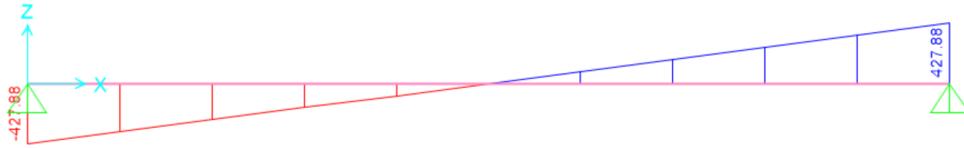


Figura 3.9. Diagrama de fuerza cortante de la correa de la nave industrial secundaria.

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)



Figura 3.10. Diagrama de momentos de la correa de la nave industrial secundaria.

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

c. Edificio de oficinas

3.1.3.3. Diseño de las correas.

a. Nave industrial principal

Tomaron en cuenta las cargas mencionadas en el apartado 3.1.3.1, determinar la carga distribuida se ha calculado con la suma de ambos tipos de carga:

$$W_c = W_d + W_l \quad (3.18)$$

$$W_c = 167.74 \frac{kg}{m}$$

Por consiguiente, el mayor momento que tendrá que soportar es el siguiente:

$$M_{max} = \frac{W_c * l^2}{8} \quad (3.19)$$

$$M_{max} = \frac{167.74 * 5^2}{8} = 524.172 \text{ kg} * m$$

Continuando con los módulos elásticos dependientes del momento máximo en 2 de sus direcciones:

$$S_x = \frac{M_x}{fy} \quad (3.20)$$

$$S_y = \frac{M_y}{f_y} \quad (3.21)$$

Siendo α el ángulo a determinar para poder calcular los momentos cada dirección, el valor σ_{ad} no debe ser mayor a $0.6 * f_y$

$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{hcubierta}{Luz/2}\right) \quad (3.22)$$

$$\alpha = 5.71^\circ$$

$$M_x = M_{max} * \text{Cos}(\alpha) \quad (3.23)$$

$$M_y = M_{max} * \text{Sin}(\alpha) \quad (3.24)$$

$$M_x = 521.57 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_y = 52.18 \text{ kg} * \text{m}$$

Procedemos a calcular los módulos de la sección para así poder elegir un elemento que soporte la carga y no esté sobredimensionado con las ecuaciones (3.13) y (3.14)

$$S_x = 12.42 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 1.24 \text{ cm}^3$$

DIMENSIONES				PESOS			SECCION	EJE X-X			PROPIEDADES		
A	B	C	e	6metros	1metro	I		W	I	I	W	I	
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm2	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12	
60	30	10	2	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09	
60	30	10	3	16.98	2.83	3.61	18.9	6.3	2.29	3.87	3.69	1.04	
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51	
80	40	15	2	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51	
80	40	15	3	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46	
100	50	15	2	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86	
100	50	15	3	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80	

Figura 3.11. Catálogo de correas de DIPAC

Fuente: DIPAC. (2023)

Se escoge el perfil G100x50x15x2 del catálogo de DIPAC con las siguientes propiedades:

$$\text{Área} = 4.34 \text{ cm}^2$$

$$wpp = 3.40 \frac{kg}{m}$$

$$S_{xcorrea} = 13.80 \text{ cm}^3$$

$$S_{ycorrea} = 4.57 \text{ cm}^3$$

Se recalcula la carga con el nuevo peso y verificamos si los módulos cumplen y si $0.6 * fy$ también está dentro de lo permisible.

$$Wc = (wc + wi) * s + wpp + Wl = 166.245 \frac{kg}{m}$$

$$M_{max} = \frac{Wc * l^2}{8} = \frac{166.245 * 5^2}{8} = 519.52 \text{ kg} * m$$

$$M_{xdiseño} = 516.94 \text{ kg} * m$$

$$M_{ydiseño} = 51.69 \text{ kg} * m$$

$$S_{xdiseño} = 12.31 \text{ cm}^3$$

$$S_{ydiseño} = 1.23 \text{ cm}^3$$

$$S_{xdiseño} \geq S_{xcorrea}; \text{ Si cumple}$$

$$S_{ydiseño} \geq S_{ycorrea}; \text{ Si cumple}$$

$$\sigma_{ad} = \frac{M_{xdiseño}}{S_{xcorrea}} + \frac{M_{ydiseño}}{S_{ycorrea}} \geq 0.6 * fy; \text{ Si cumple}$$

Los cálculos detallados se encuentran anexados en la hoja de Mathcad en la sección de anexos de este documento.

b. Nave industrial secundaria

La metodología del cálculo es la misma que la del apartado anterior acerca de la nave industrial principal, tal cual se detalla a continuación:

$$Wc = Wd + Wl = 167.74 \frac{kg}{m}$$

$$M_{max} = \frac{Wc * l^2}{8} = \frac{167.74 * 4.56^2}{8} = 435.98 \text{ kg} * m$$

$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{hcubierta}{Luz/2}\right) = 5.71^\circ$$

$$M_x = M_{max} * \text{Cos}(\alpha) = 433.81 \text{ kg} * m$$

$$M_y = M_{max} * \text{Cos}(\alpha) = 43.38 \text{ kg} * m$$

$$S_x = 10.33 \text{ cm}^3$$

$$S_y = 1.03 \text{ cm}^3$$

DIMENSIONES				PESOS			PROPIEDADES					
A	B	C	e	6metros	1metro	SECCION	EJE X-X			I	W	I
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	I	W	I	I	W	I
							cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12
60	30	10	2	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09
60	30	10	3	16.98	2.83	3.61	18.9	6.3	2.29	3.87	3.69	1.04
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51
80	40	15	2	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51
80	40	15	3	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46

Figura 3.12. Catálogo de correas de DIPAC

Fuente: DIPAC. (2023)

Se escoge el perfil 80x40x15x3 con las siguientes propiedades:

$$\text{Área} = 5.11 \text{ cm}^2$$

$$w_{pp} = 4.01 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$S_{x\text{correa}} = 12.30 \text{ cm}^3$$

$$S_{y\text{correa}} = 4.27 \text{ cm}^3$$

Se recalcula la carga con el nuevo peso y verificamos si los módulos cumplen y si $0.6 * f_y$ también está dentro de lo permisible.

$$Wc = (w_c + w_i) * s + w_{pp} + Wl = 166.855 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$M_{max} = \frac{Wc * l^2}{8} = \frac{166.855 * 4.56^2}{8} = 433.54 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{x\text{diseño}} = 431.54 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{y\text{diseño}} = 43.15 \text{ kg} * \text{m}$$

$$S_{x\text{diseño}} = 10.28 \text{ cm}^3$$

$$S_{y\text{diseño}} = 1.03 \text{ cm}^3$$

$$S_{x\text{diseño}} \geq S_{x\text{correa}}; \text{ Si cumple}$$

$$S_{y\text{diseño}} \geq S_{y\text{correa}}; \text{ Si cumple}$$

$$\sigma_{ad} = \frac{M_{x\text{diseño}}}{S_{x\text{correa}}} + \frac{M_{y\text{diseño}}}{S_{y\text{correa}}} \geq 0.6 * f_y; \text{ Si cumple}$$

c. Edificio de oficinas

Los diseños deben aplicarse a la alternativa más conveniente. Debe incluir memoria de cálculo, hojas de cálculo, descripción y discusión de resultados, planos y anexos.

3.1.3.4. Análisis estructural de la cubierta en el software.

a. Nave industrial principal

Se sigue una metodología similar a la de las correas, sin embargo, en la nave principal existe una distinción entre vigas metálicas, por ende, se realizarán 3 diseños, uno para la cara frontal del eje 3, otro para el eje 4 y otro para el eje 5, que compartirán diseño con sus similares detallados más adelante, las cargas siguen siendo las mismas sin embargo no todas tienen la misma cantidad de columnas debido al diseño arquitectónico.

Las cargas aplicadas son las siguientes:

- Carga muerta:

$$\text{Carga de instalaciones: } w_i = 13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Cubierta metálica: } w_c = 7.14 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso propio: } w_{pp} = 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso de las correas: } w_{correas} = 4.89 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 11 = 37.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga viva:

Se mantiene la carga de las correas:

$$w_l = 45 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

La carga distribuida a aplicada se calculó con la suma de las cargas permanentes y vivas multiplicadas por su ancho tributario que en el caso de las vigas metálicas es de 5m de separación:

$$W_{cubierta} = (w_i + w_c + w_{pp}) * s + w_{correas} + (w_l * s) = \mathbf{(3.25)}$$

$$W_{cubierta} = 479.48 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Ejes 3 y 9

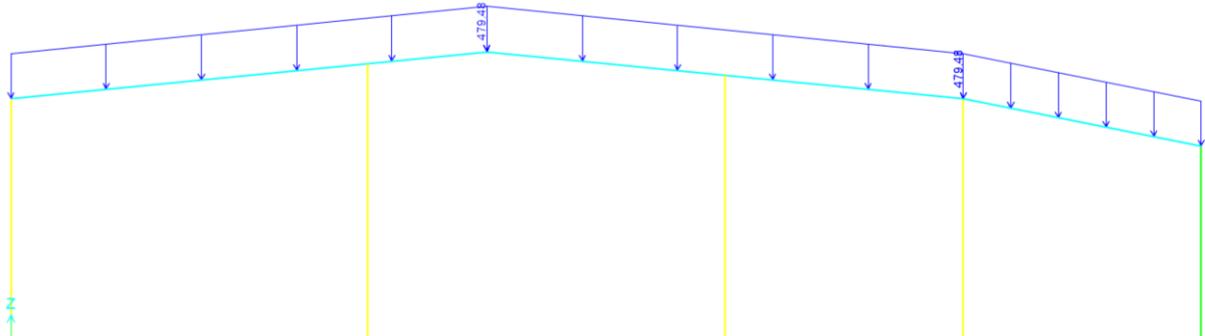


Figura 3.13. Asignación de carga viva y muerta a la cubierta del eje 3 de la nave principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

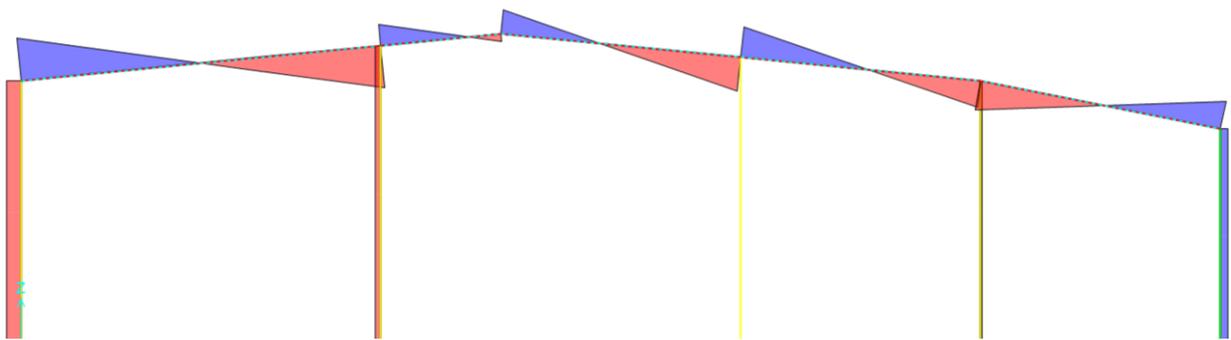


Figura 3.14. Diagrama de cortante del eje 3 de la nave principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

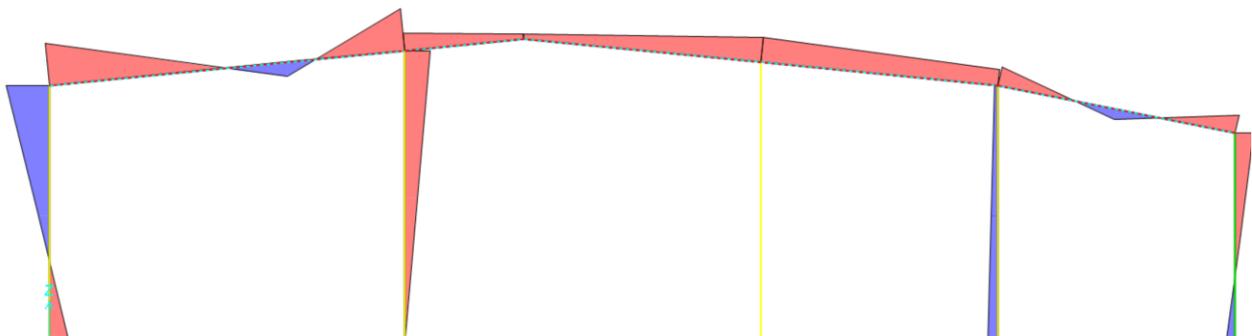


Figura 3.15. Diagrama de momentos del eje 3 de la nave principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

- Ejes 4, 6 y 8

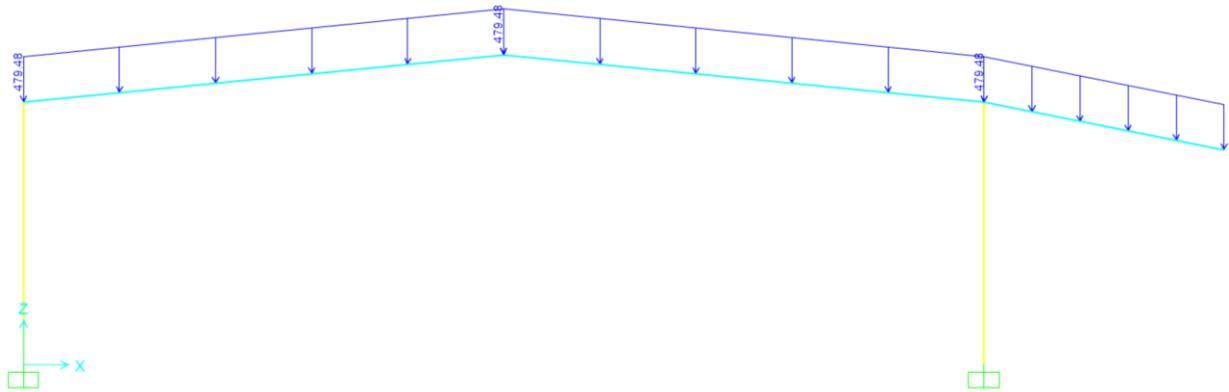


Figura 3.16. Asignación de carga viva y muerta a la cubierta del eje 4 de la nave principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

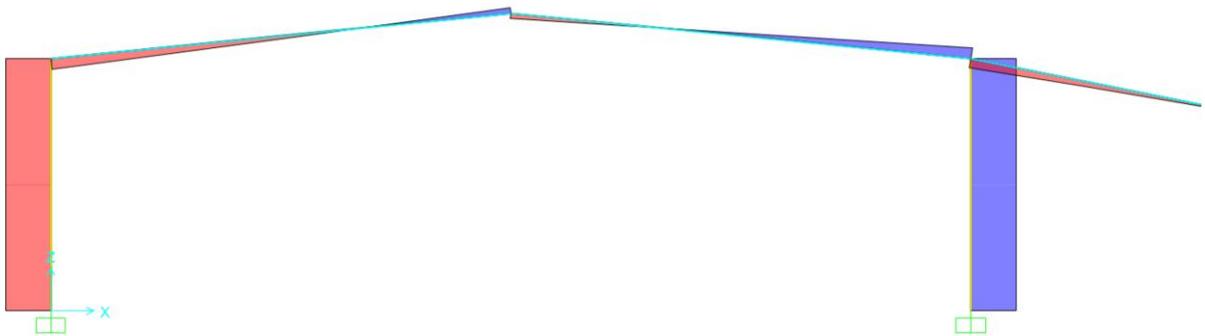


Figura 3.17. Asignación de carga viva y muerta a la cubierta del eje 4 de la nave principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)



Figura 3.18. Diagrama de momentos del eje 4 de la nave principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

- Eje 5 y 7

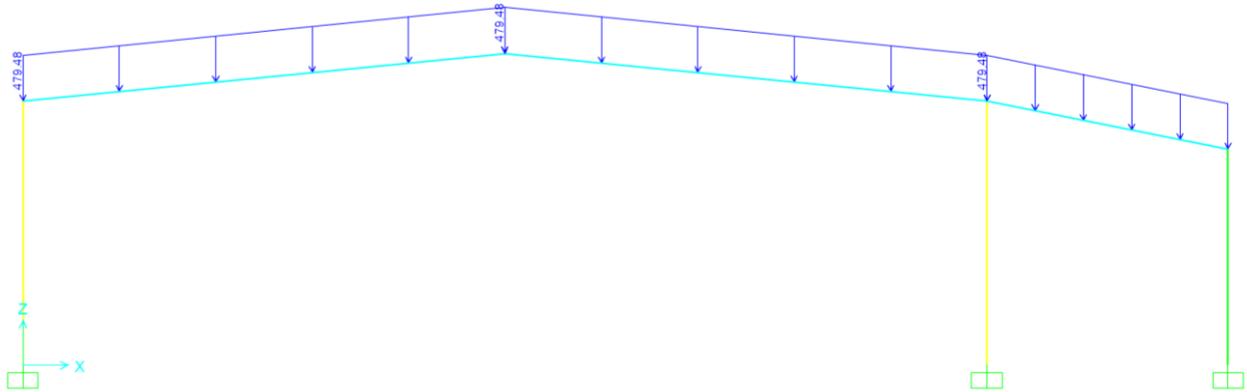


Figura 3.19. Asignación de carga viva y muerta a la cubierta del eje 5 de la nave principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

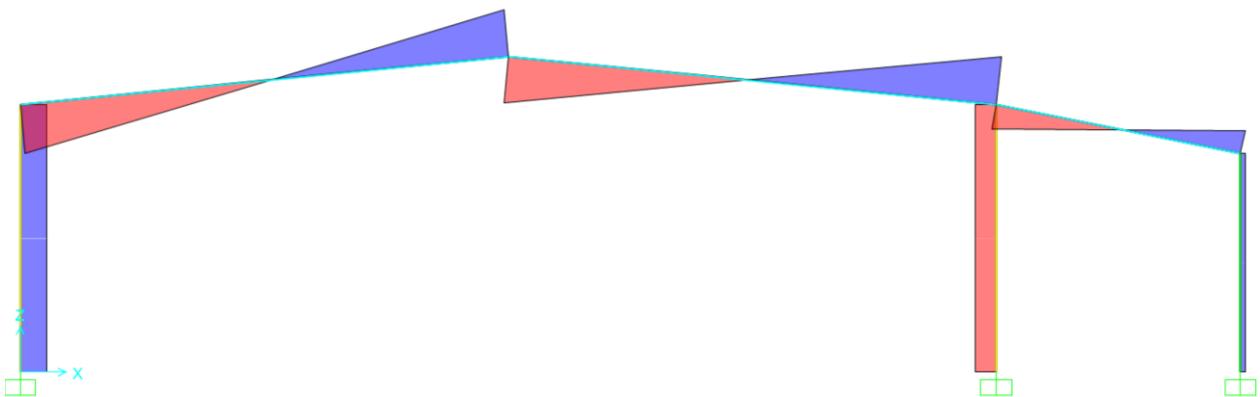


Figura 3.20. Diagrama de cortante del eje 5 de la nave principal

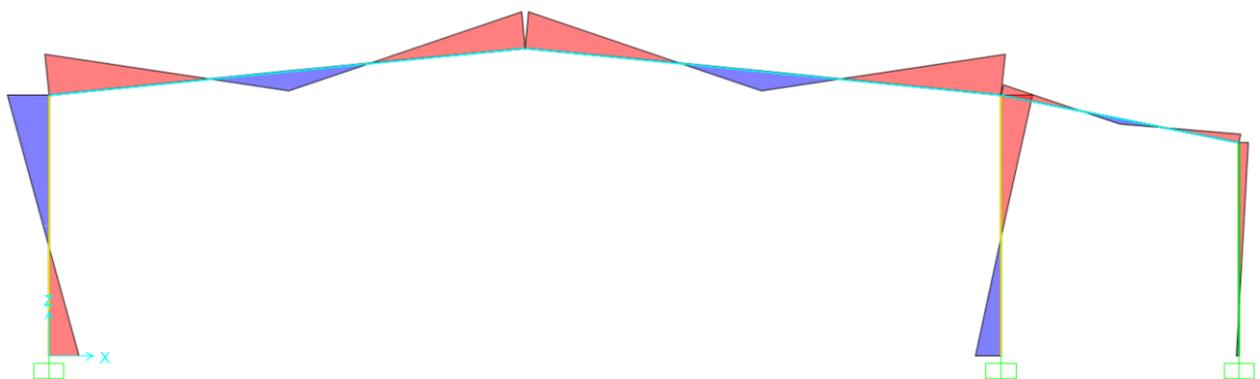


Figura 3.21. Diagrama de momentos del eje 5 de la nave principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

b. Nave industrial secundaria

La nave industrial secundaria lleva un diseño uniforme y regular, por ende, los 2 ejes trabajan de la misma manera, consta de solo 2 pórticos separados por 4.56 m con las siguientes cargas:

- Carga muerta:

$$\text{Carga de instalaciones: } w_i = 13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Cubierta metálica: } w_c = 7.14 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso propio: } w_{pp} = 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso de las correas: } w_{correas} = 4.01 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 6 = 24.06 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga viva:

Se mantiene la carga de las correas:

$$w_l = 45 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

La carga distribuida a aplicada se calculó con la suma de las cargas permanentes y vivas multiplicadas por su ancho tributario que en el caso de las vigas metálicas es de 4.56m se separación con la ecuación (3.18):

$$W_{cubierta} = 412.29 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

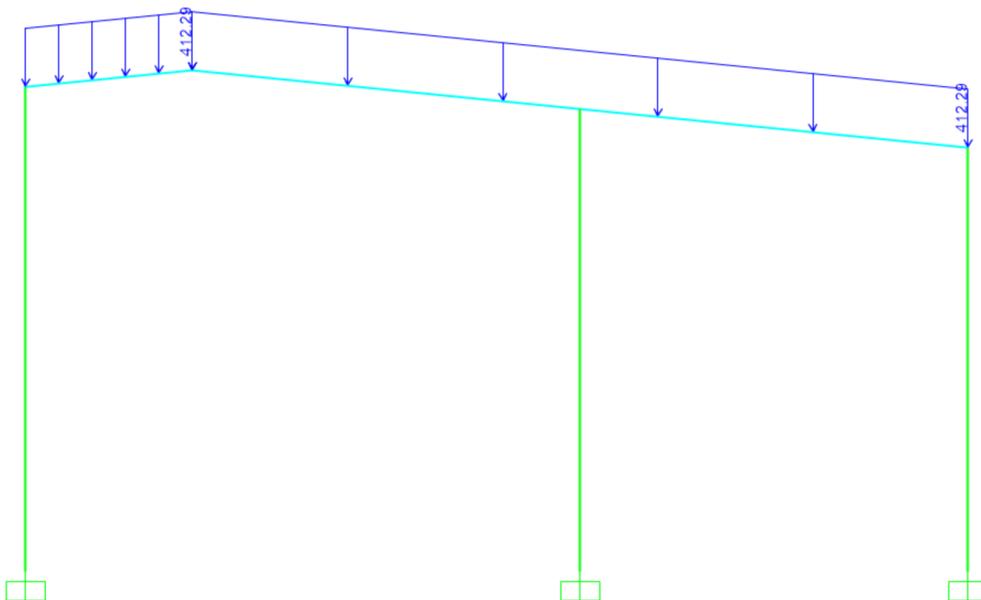


Figura 3.22. Asignación de carga viva y muerta a la cubierta de la nave secundaria

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

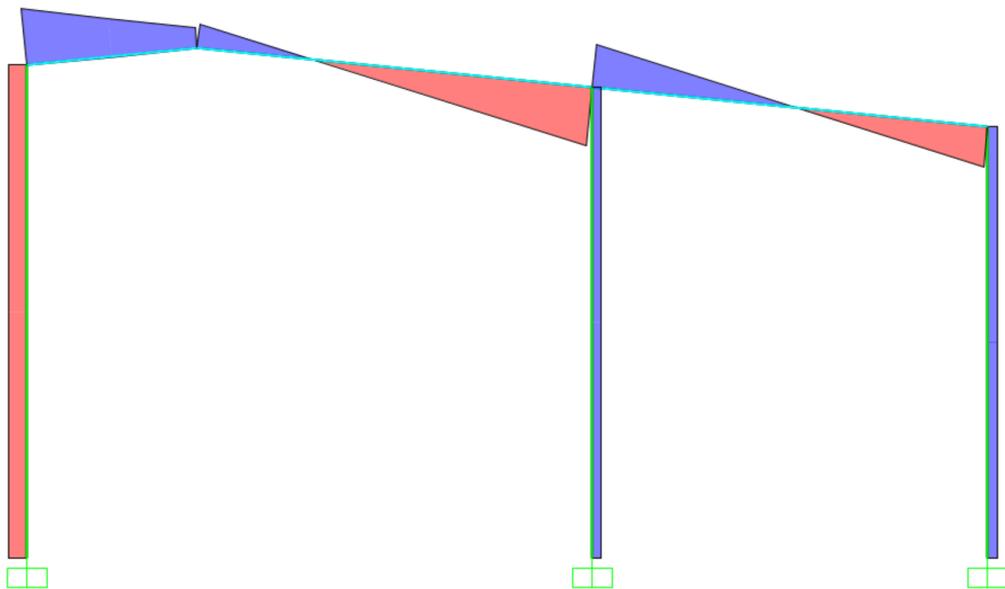


Figura 3.23. Diagrama de cortante de la nave secundaria

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

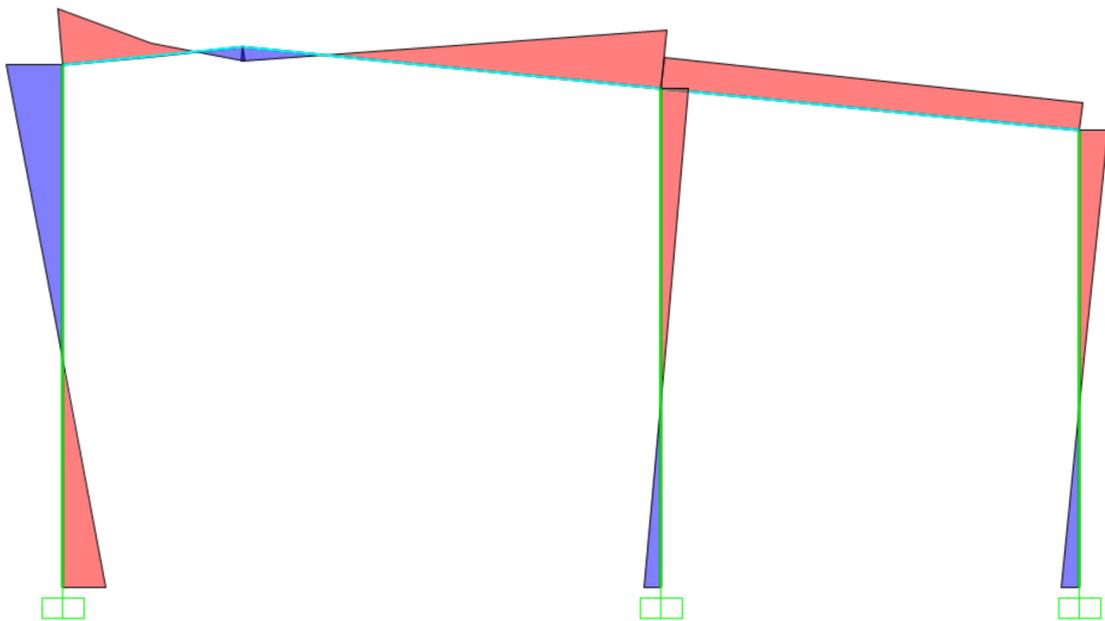


Figura 3.24. Diagrama de momentos de la nave secundaria

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

c. Edificio de oficinas

3.1.3.5. Diseño de la cubierta.

a. Nave industrial principal

Como es mencionado en el apartado anterior, se realizaron 3 diseños para la nave principal según la ubicación de los pórticos a lo largo de los 30 metros de longitud de este.

Todos los ejes se calcularon de la misma manera, se detalla el cálculo a continuación con el primer eje:

Ejes 3 y 9

Tomando como referencia el momento obtenido del diagrama proyectado del programa de análisis estructural y las dimensiones del peralte obtenido en el prediseño, se calculó el área requerida del perfil:

$$Mc = 2308.89 \text{ kg} * m$$

$$h = d = \frac{Luz}{45} = \frac{7.5m}{45} = 0.18m = 0.2m$$

Calculando la fuera axial sobre el cordón:

$$F_c = \frac{Mc}{d} = 4617.78 \text{ kg}$$

Con dicho peralte se obtiene el perfil más ligero A50 ya que se está trabajando con elementos a flexo compresión, por consiguiente, el esfuerzo admisible será el 60% del esfuerzo del acero A50.

$$A_{requerida} = \frac{F_c}{0.6 * f_y} = \frac{4617.78 \text{ kg}}{2109.21 \text{ kg/cm}^2} = 5.47 \text{ cm}^2$$

Designación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico	Cons Tors	
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x					
	h	s	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry	Zx	Zy	Jt
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/mt	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴	
IPE 80	80,00	3,80	46,00	5,20	5,00	69,60	59,60	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80	0,70
IPE 100	100,00	4,10	55,00	5,70	7,00	88,60	74,60	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10	1,20

Figura 3.25. Catálogo de IPAC de productos laminados

Fuente: IPAC. (2023)

En el catálogo de IPAC, se toma en cuenta que, en Ecuador, el perfil W no se consigue y utilizar 2G o 2C en lugar de aportarnos peralte para aguantar los

momentos, nos va a sumar solo peso y tendremos secciones muy anchas, es por eso por lo que se decidió en seleccionar una sección IPE laminada en caliente. Se selecciona un laminado IPE 80 que cumple con el área mínima requerida.

$$A_{IPE} \geq A_{requerida}; \text{ Si cumple}$$

$$7.64 \text{ cm}^2 \geq 3.04 \text{ cm}^2$$

Ejes 4, 6 y 8

$$Mc = 8819.62 \text{ kg} * m$$

$$h = d = \frac{Luz}{45} = \frac{20m}{45} = 0.5m$$

$$F_c = \frac{Mc}{d} = 8819.62 \text{ kg}$$

$$A_{requerida} = \frac{F_c}{0.6 * fy} = 8.36 \text{ cm}^2$$

Designación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico	Cons Tors			
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x							
	h	s	b	t	r1	r2	d			lx	Sx	rx	ly	Sy	ry			Zx	Zy	Jt
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm			cm ³	cm ³	cm ⁴
IPE 80	80,00	3,80	46,00	5,20	5,00	69,60	59,60	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80	0,70		
IPE 100	100,00	4,10	55,00	5,70	7,00	88,60	74,60	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10	1,20		
IPE 120	120,00	4,40	64,00	6,30	7,00	107,40	93,40	13,20	10,40	318,00	53,00	4,90	27,70	8,60	1,45	60,70	13,60	1,74		

Figura 3.26. Catálogo de IPAC de productos laminados

Fuente: IPAC. (2023)

Se selecciona un laminado IPE 100 que cumple con el área mínima requerida.

$$A_{IPE} \geq A_{requerida}; \text{ Si cumple}$$

$$10.30 \text{ cm}^2 \geq 8.36 \text{ cm}^2$$

Ejes 5 y 7

$$Mc = 4389.59 \text{ kg} * m$$

$$h = d = \frac{Luz}{45} = \frac{20m}{45} = 0.5m$$

$$F_c = \frac{Mc}{d} = 8779.18 \text{ kg}$$

$$A_{requerida} = \frac{Fc}{0.6 * fy} = 4.16 \text{ cm}^2$$

Designación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico		Cons Tors
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x			Zx	Zy	Jt
	h	s	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry	Zx	Zy	Jt
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴
IPE 80	80,00	3,80	46,00	5,20	5,00	69,60	59,60	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80	0,70
IPE 100	100,00	4,10	55,00	5,70	7,00	88,60	74,60	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10	1,20
IPE 120	120,00	4,40	64,00	6,30	7,00	107,40	93,40	13,20	10,40	318,00	53,00	4,90	27,70	8,60	1,45	60,70	13,60	1,74

Figura 3.27. Catálogo de IPAC de productos laminados

Fuente: IPAC. (2023)

Se selecciona un laminado IPE 80 que cumple con el área mínima requerida.

$$A_{IPE} \geq A_{requerida}; \text{ Si cumple}$$

$$7.64 \text{ cm}^2 \geq 4.16 \text{ cm}^2$$

b. Nave industrial secundaria

Los cálculos están detallados en la hoja de MathCad adjuntada en anexos, dado que son repetitivos a los de la nave industrial principal. En el caso de la nave secundaria, es totalmente regular en toda su sección, lo que conlleva a que solo se haga un análisis para su diseño.

$$Mc = 1766.53 \text{ kg} * m$$

$$h = d = \frac{Luz}{45} = \frac{7.15m}{45} = 0.159m = 0.20m$$

$$Fc = \frac{Mc}{d} = 8832.65 \text{ kg}$$

$$A_{requerida} = \frac{Fc}{0.6 * fy} = 4.19 \text{ cm}^2$$

Designación	Dimensiones							Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico		Cons Tors
	Altura		Ala		Distancias					Eje y-y			Eje x-x			Zx	Zy	Jt
	h	s	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry	Zx	Zy	Jt
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ⁴
IPE 80	80,00	3,80	46,00	5,20	5,00	69,60	59,60	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80	0,70
IPE 100	100,00	4,10	55,00	5,70	7,00	88,60	74,60	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10	1,20
IPE 120	120,00	4,40	64,00	6,30	7,00	107,40	93,40	13,20	10,40	318,00	53,00	4,90	27,70	8,60	1,45	60,70	13,60	1,74

Figura 3.28. Catálogo de IPAC de productos laminados

Fuente: IPAC. (2023)

Se selecciona un laminado IPE 80 que cumple con el área mínima requerida.

$$A_{IPE} \geq A_{requerida}; \text{ Si cumple}$$

$$7.64 \text{ cm}^2 \geq 4.19 \text{ cm}^2$$

c. Edificio de oficinas

3.1.3.6. Diseño de columnas

Según el Código ACI 318.14, se establece que, para base del diseño de las columnas, el mínimo de su sección debe de ser de 30 cm para poder tener una resistencia al sismo, la determinación de la geometría de las columnas incluye todas las combinaciones de carga, dentro del predimensionamiento de la misma, se definió con el cliente columnas de 40x40 por facilidades de cálculo. Sin embargo, se verificó que cumplan con todos los apartados de la normativa.

3.1.3.6.1. Esbeltez

$$P_c = \frac{\pi^2 * E * I}{L^2} \quad (3.26)$$

Donde:

P_c : Carga crítica de Euler

E : Módulo de elasticidad

I : Módulo de inercia

L : Longitud de la columna

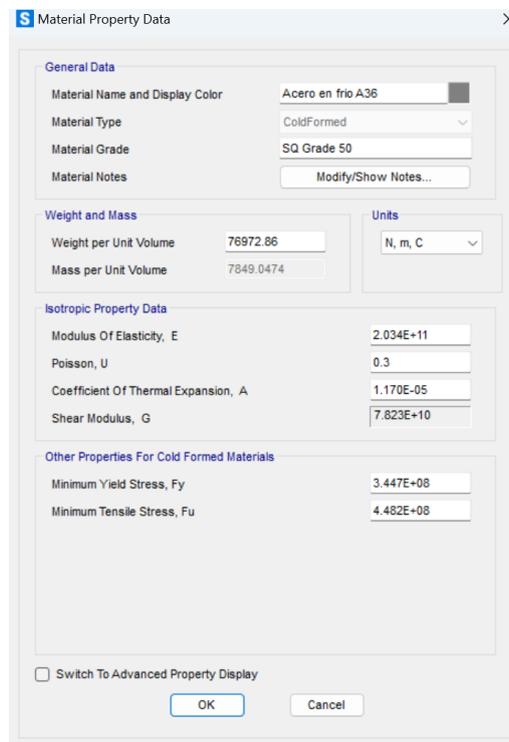
$$P_c =$$

3.1.4. Modelamiento estructural en el software de análisis estructural

Dentro de este apartado se detalla paso a paso el modelamiento de las naves en el software de análisis.

3.1.4.1. Creación de materiales

Dentro de la sección metálica de proyecto se trabajaron con distintos aceros dada la necesidad del perfil, por ejemplo, las correas G se trabajan con laminado en frío con acero A36 a diferencia de los perfiles IPE laminados en calientes con acero A50.



The image shows a software dialog box titled "Material Property Data" for "Acero en frío A36". The dialog is organized into several sections:

- General Data:** Material Name and Display Color (Acero en frío A36), Material Type (ColdFormed), Material Grade (SQ Grade 50), and Material Notes (Modify/Show Notes...).
- Weight and Mass:** Weight per Unit Volume (76972.86) and Mass per Unit Volume (7849.0474).
- Units:** A dropdown menu set to "N, m, C".
- Isotropic Property Data:** Modulus Of Elasticity, E (2.034E+11), Poisson, U (0.3), Coefficient Of Thermal Expansion, A (1.170E-05), and Shear Modulus, G (7.823E+10).
- Other Properties For Cold Formed Materials:** Minimum Yield Stress, Fy (3.447E+08) and Minimum Tensile Stress, Fu (4.482E+08).

At the bottom, there is a checkbox for "Switch To Advanced Property Display" (unchecked) and "OK" and "Cancel" buttons.

Figura 3.29 Acero A36 laminado en frío (ColdFormed)

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

S Material Property Data ✕

General Data

Material Name and Display Color: A992Fy50 ■

Material Type: Steel ▼

Material Grade: Grade 50

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76972.86

Mass per Unit Volume: 7849.0474

Units: N, m, C ▼

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 1.999E+11

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 7.690E+10

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 3.447E+08

Minimum Tensile Stress, Fu: 4.482E+08

Expected Yield Stress, Fye: 3.792E+08

Expected Tensile Stress, Fue: 4.930E+08

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Figura 3.30 Acero A50 laminado en caliente

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: f'c 210

Material Type: Concrete

Material Grade: f'c 210 kg/cm2

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 2.400E-03

Mass per Unit Volume: 2.447E-06

Units: Kgf, cm, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 218819.78886746

Poisson, U: 0.2

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 9.900E-06

Shear Modulus, G: 91174.91

Other Properties For Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 210

Expected Concrete Compressive Strength: 210.

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor:

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Figura 3.31 Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.1.5. Creación de secciones

En el software se recurre a la opción de creación de “Frame Sections” donde se pueden crear los diferentes perfiles y a su vez brindarles sus características.

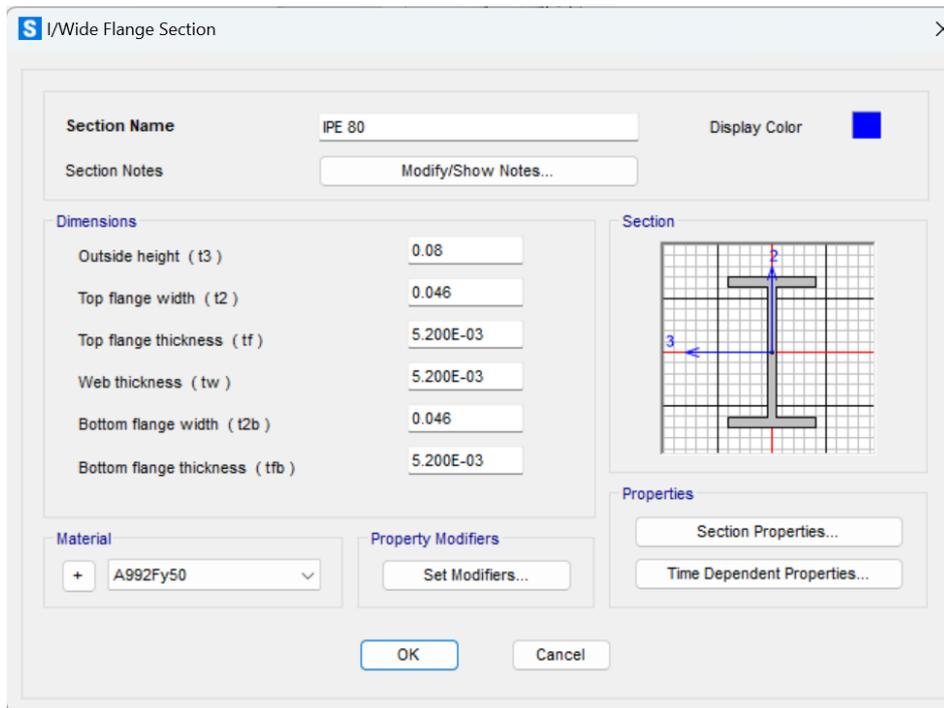


Figura 3.32 Sección IPE 80 para las vigas metálicas

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

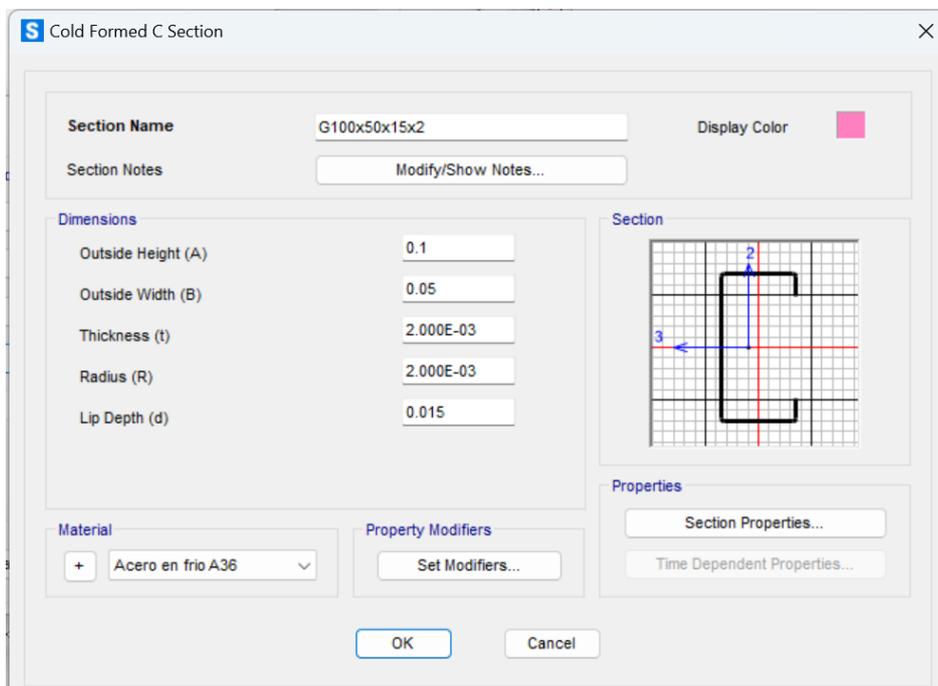


Figura 3.33 Sección G100x50x15x2 para las correas

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

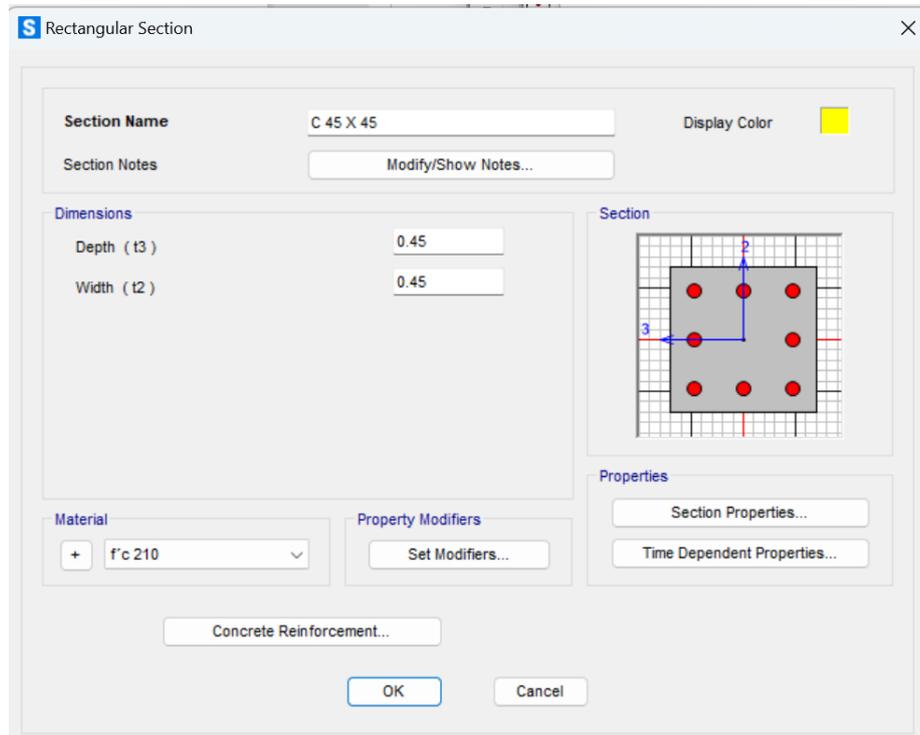


Figura 3.34 Columna para la nave 45x45

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

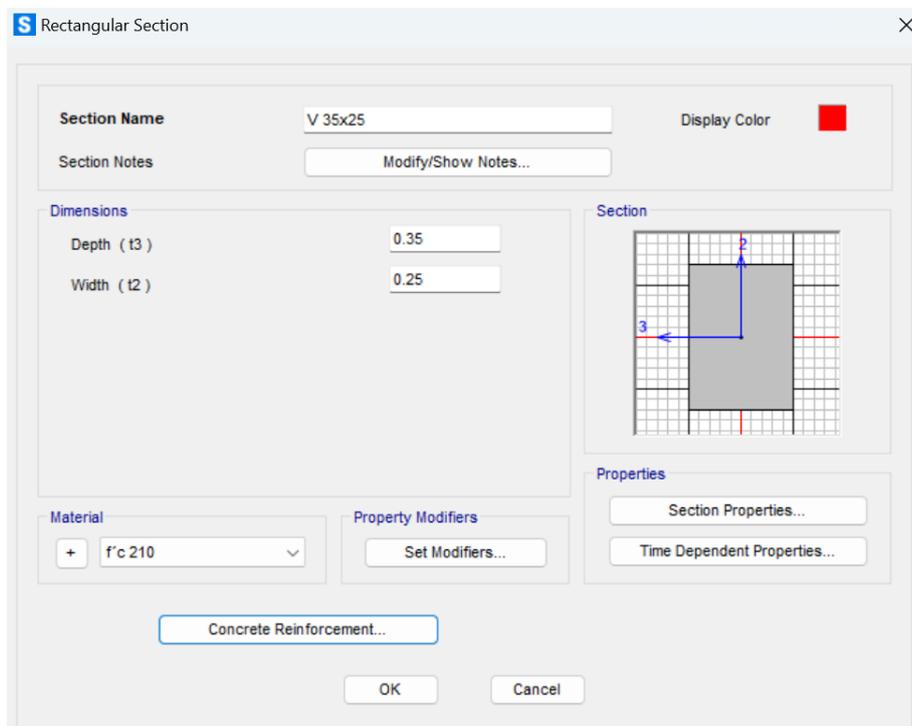


Figura 3.35 Sección de viga lateral 35x25

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Tabla 3.14 Secciones de elementos

Elementos	Sección
Columna Naves	45 x 45 cm
Vigas metálicas	IPE 80 e IPE 100
Correas	G100x50x15x2 y G80x40x15x3
Viga	35 x 25 cm

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.1.6. Asignación de elementos

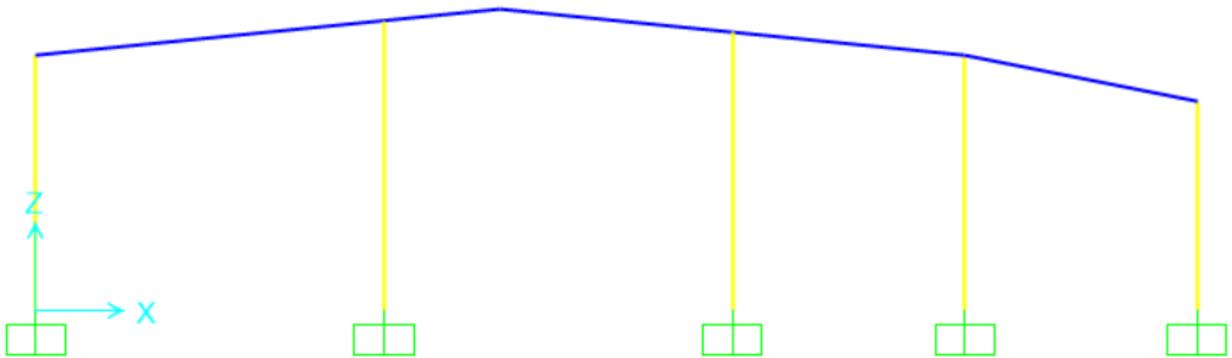


Figura 3.36 Vista frontal de la nave principal

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

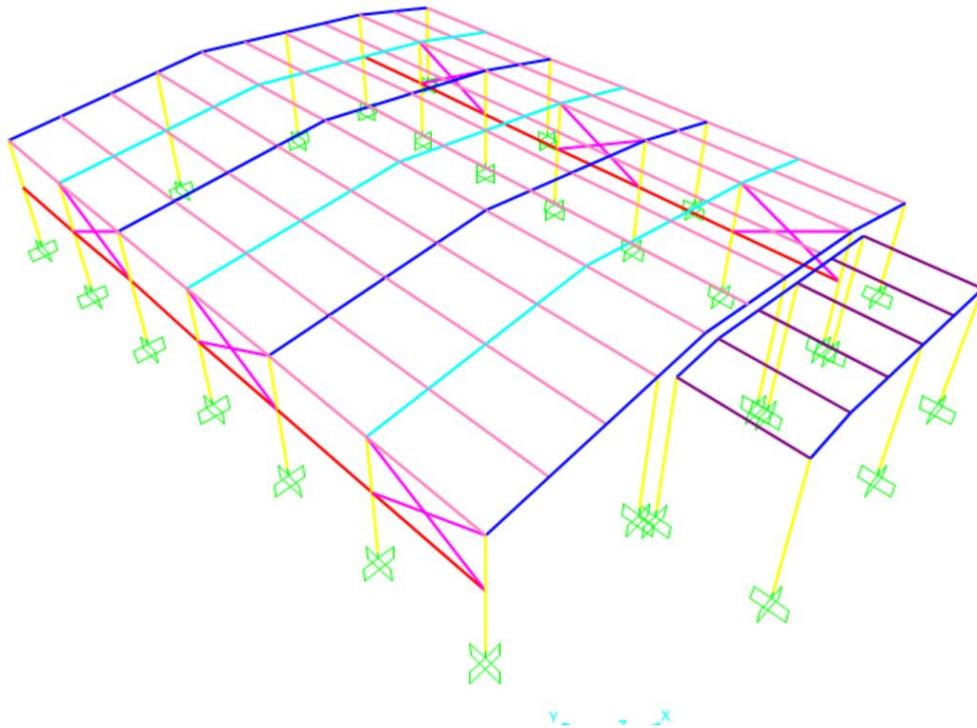


Figura 3.37 Vista 3D de las naves industriales

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.1.7. Verificación de ejes locales

Es importante verificar los ejes locales de las secciones debido que influyen en su comportamiento y el soporte a las cargas.

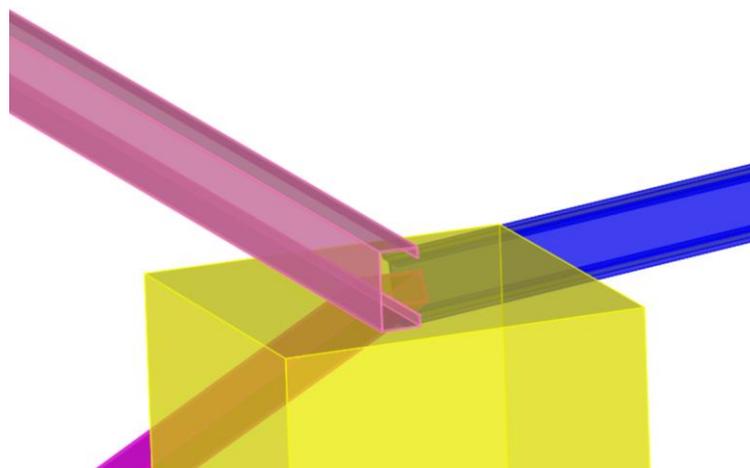


Figura 3.38 Revisión de ejes locales de las correas.

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.1.8. Asignación de restricciones

Los apoyos de las naves industriales analizadas se mantienen con apoyos empotrados.



Figura 3.39 Apoyos empotrados en las bases de las columnas

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.1.9. Liberación de momentos

Parte importante dentro de la modelación de momentos en las correas, debido a que si no se lo hace, actúa con apoyos empotrados cuando son simplemente apoyados, trabajando con cargas cortantes y axiales.

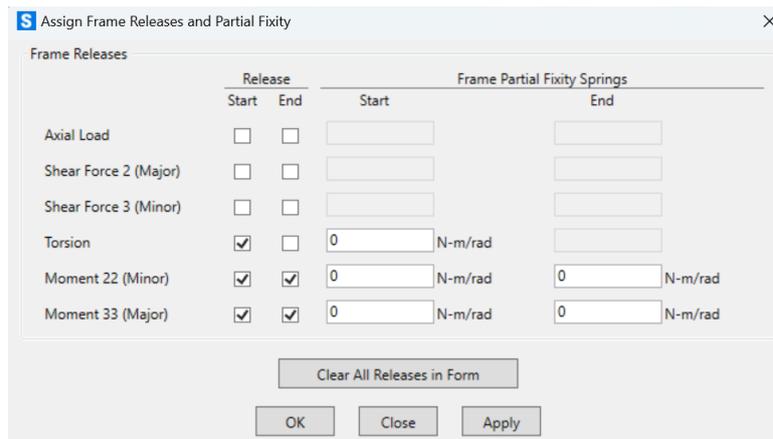


Figura 3.40 Apartado del software para liberar momentos

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

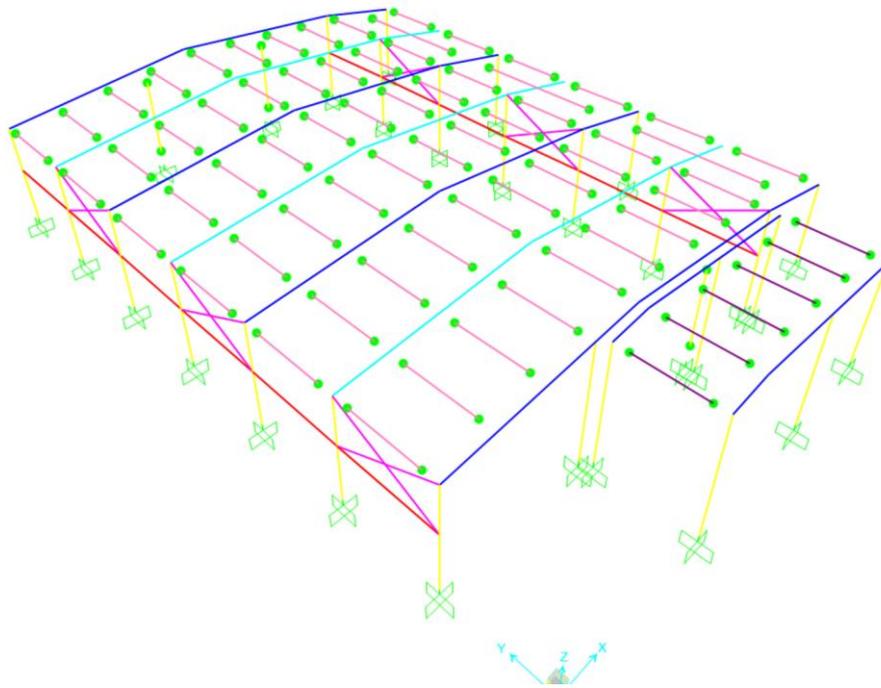
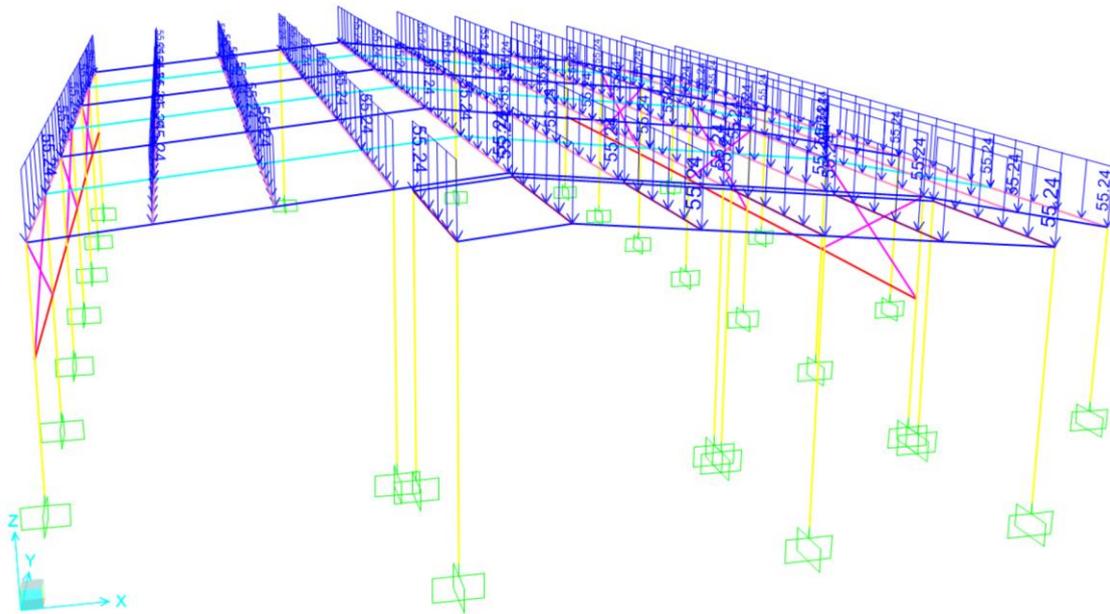


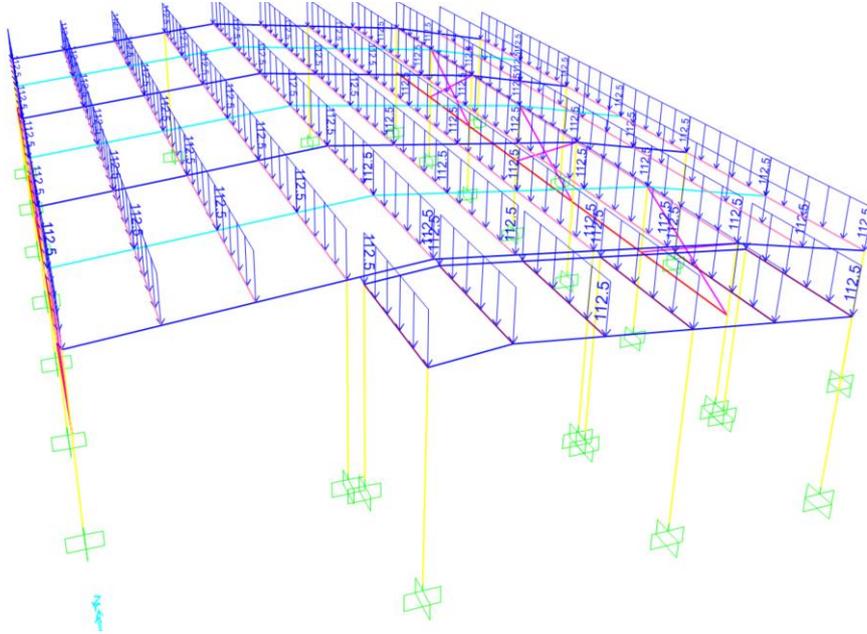
Figura 3.41 3D de liberación de momentos en las correas.

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

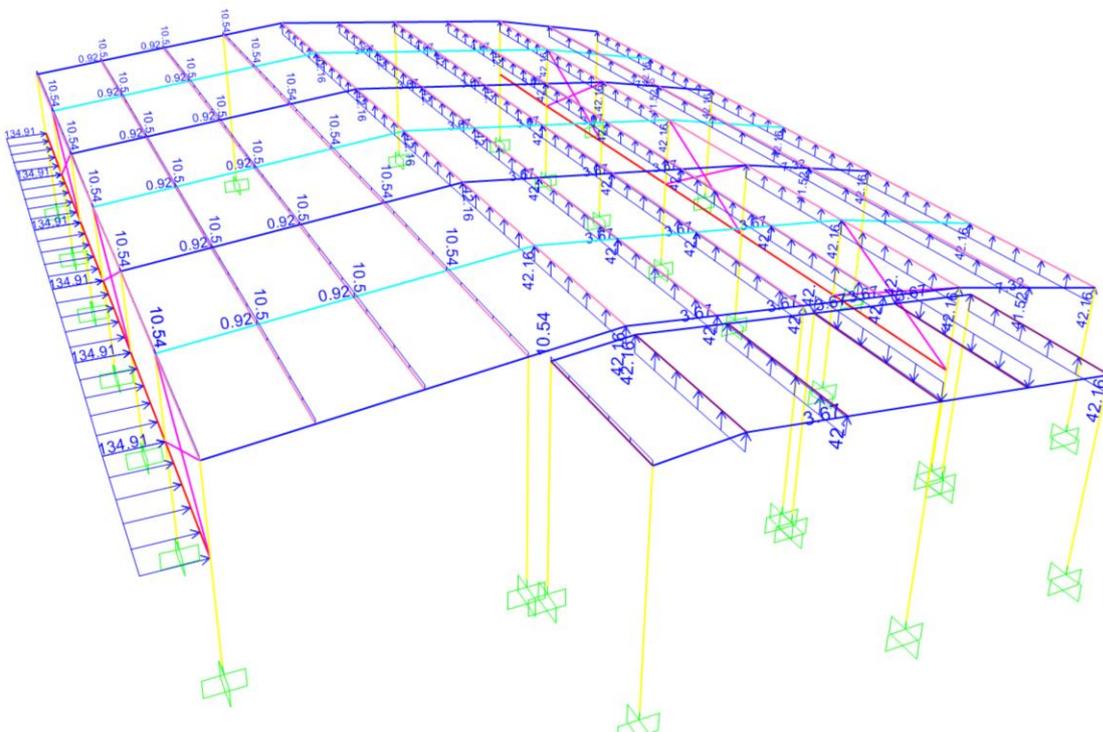
3.1.10. Carga muerta



3.1.11. Carga Viva



3.1.12. Carga de viento



3.1.13. Carga sísmica

Calculado anteriormente el coeficiente sísmico, se lo ingresa al software.

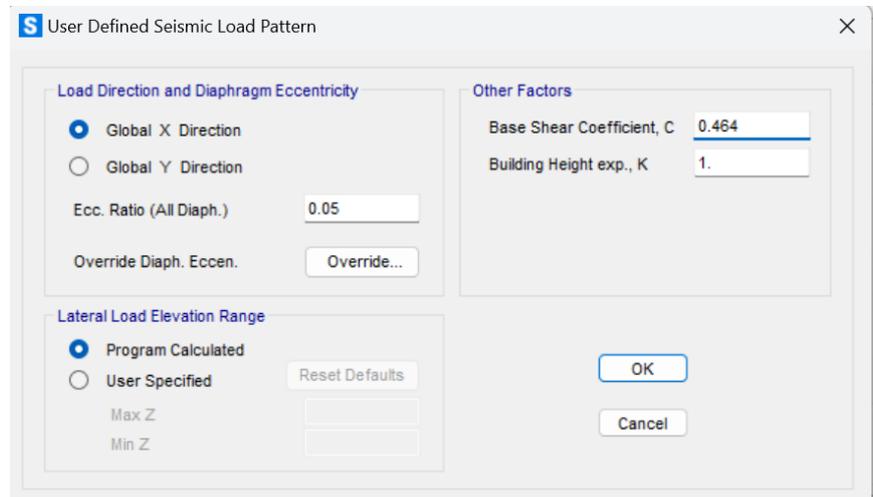


Figura 3.42 Coeficiente sísmico en la base

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.1.14. Rigidización de la estructura

Dentro del proceso se recurrieron a alternativas para rigidizar la estructura y a su vez, que las paredes debido a su altura puedan sostenerse, por lo que se recurrió a un tubo rectangular.

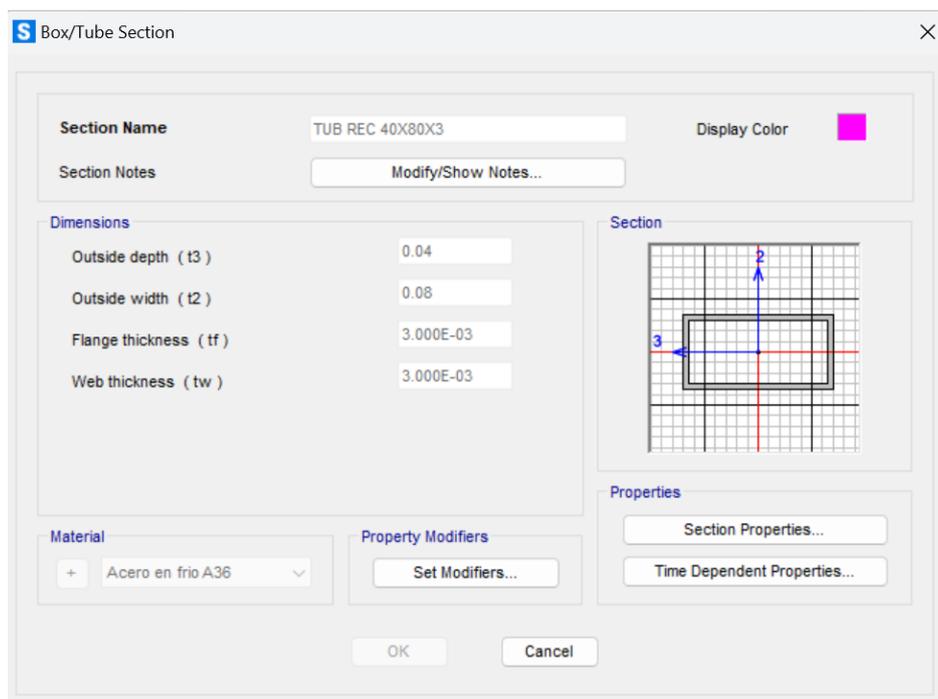


Figura 3.43 Sección tubo rectangular 40x80x3

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Se chequean los modos de vibración:

S Modal Periods And Frequencies

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Periods And

Filter:

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
▶	MODAL	Mode	1	2.951818	0.33877427...	2.12858152...	4.53085931...
	MODAL	Mode	2	0.710478	1.40750333...	8.84360427...	78.2093365...
	MODAL	Mode	3	0.46181	2.16539481...	13.6055768...	185.111722...
	MODAL	Mode	4	0.383322	2.60877553...	16.3914201...	268.678653...
	MODAL	Mode	5	0.373722	2.67578352...	16.8124437...	282.658264...
	MODAL	Mode	6	0.373451	2.67772631...	16.8246506...	283.068868...
	MODAL	Mode	7	0.35808	2.79267449...	17.5468913...	307.893395...
	MODAL	Mode	8	0.320344	3.12164491...	19.6138734...	384.704032...
	MODAL	Mode	9	0.317355	3.15104676...	19.7986107...	391.984986...
	MODAL	Mode	10	0.315873	3.16582713...	19.8914785...	395.670919...
	MODAL	Mode	11	0.278358	3.59249646...	22.5723210...	509.509676...
	MODAL	Mode	12	0.278263	3.59371882...	22.5800013...	509.856460...

Figura 3.44 Modos de vibración

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

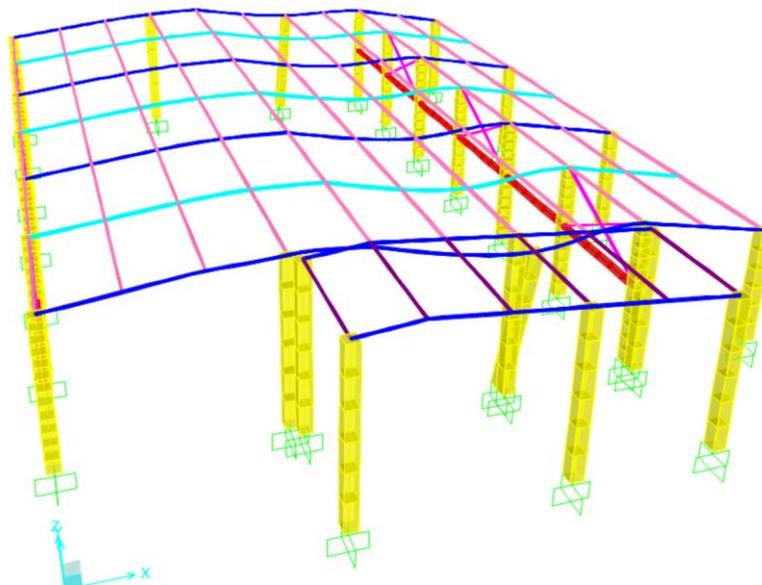


Figura 3.45 Primer modo de vibración

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

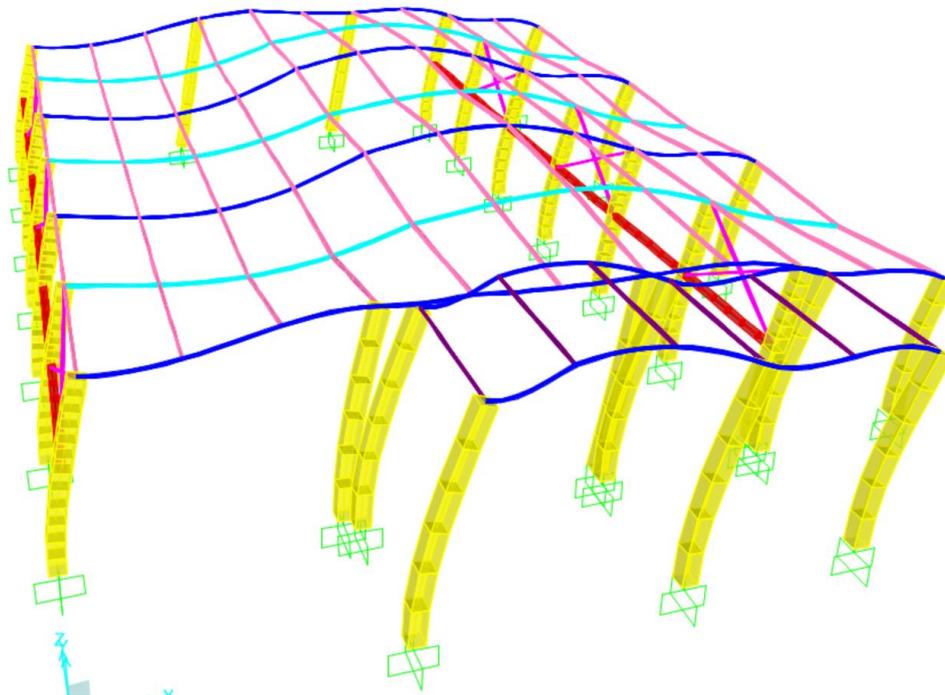


Figura 3.46 Sismo en X

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.1.15. Verificación de derivas

Las derivas dentro de la estructura no deben exceder los valores indicados en la siguiente tabla tomadas como porcentaje de la altura del piso, sin embargo, al ser una nave industrial, es el porcentaje de la altura de la estructura neta.

Tabla 3.15 Valores máximos de derivas, expresados como fracción de piso

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: NEC. (2015)

$$\Delta_{max} = 0.02 * 6.5m = 0.13m$$

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 cm	U2 cm	U3 cm	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
118	COMB2	Combination		1.10197	-0.000323	-11.757076	5.773E-05	-0.00202	-4.782E-07
118	COMB3	Combination		1.10197	-0.000323	-11.757076	5.773E-05	-0.00202	-4.782E-07
118	ENVOLVENTE	Combination	Min	0.35897	-0.00189	-11.757076	-1.6E-05	-0.00277	-2.346E-06
113	COMB2	Combination		1.101625	-0.000323	-11.754568	5.326E-06	-0.002019	-5.184E-07
113	COMB3	Combination		1.101625	-0.000323	-11.754568	5.326E-06	-0.002019	-5.184E-07
113	ENVOLVENTE	Combination	Min	0.366772	-0.001888	-11.754568	-1.6E-05	-0.002751	-2.394E-06
120	COMB2	Combination		1.101754	-0.000323	-11.754562	6.356E-06	-0.002019	-4.338E-07
120	COMB3	Combination		1.101754	-0.000323	-11.754562	6.356E-06	-0.002019	-4.338E-07
120	ENVOLVENTE	Combination	Min	0.350848	-0.001887	-11.754562	-1.5E-05	-0.002789	-2.265E-06
41	COMB2	Combination		1.04027	-4.6E-05	-10.940783	4.159E-06	0.008735	-6.142E-07
41	COMB3	Combination		1.04027	-4.6E-05	-10.940783	4.159E-06	0.008735	-6.142E-07
41	ENVOLVENTE	Combination	Min	0.303512	-0.000252	-10.940783	-6.775E-06	0.003754	-1E-05
39	COMB2	Combination		1.04008	-4.5E-05	-10.938447	4.662E-06	0.008733	-5.584E-07
39	COMB3	Combination		1.04008	-4.5E-05	-10.938447	4.662E-06	0.008733	-5.584E-07
39	ENVOLVENTE	Combination	Min	0.29516	-0.000249	-10.938447	-6.441E-06	0.003753	-9.936E-06
43	COMB2	Combination		1.039946	-4.5E-05	-10.938446	3.897E-06	0.008734	-6.424E-07

Figura 3.47 Desplazamientos en X

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Los desplazamientos fueron ordenados de mayor a menor, por lo que en la Figura 3.40, se puede observar el mayor dentro de la estructura en el nodo 118:

$$\Delta x = 11.76 \text{ cm}$$

$$\Delta x \leq \Delta_{max}$$

$$11.76 \text{ cm} \leq 13 \text{ cm} ; \text{Cumple}$$

Figura 3.48 Desplazamientos en Y

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

$$\Delta y \leq \Delta_{max}$$

$$0.009 \text{ m} \leq 0.13 \text{ m} ; \text{Cumple}$$

3.1.16. Optimización de diseño

Al final del diseño de la nave industrial es importante realizar un chequeo para la optimización de diseño, se basa en la relación demanda/capacidad.

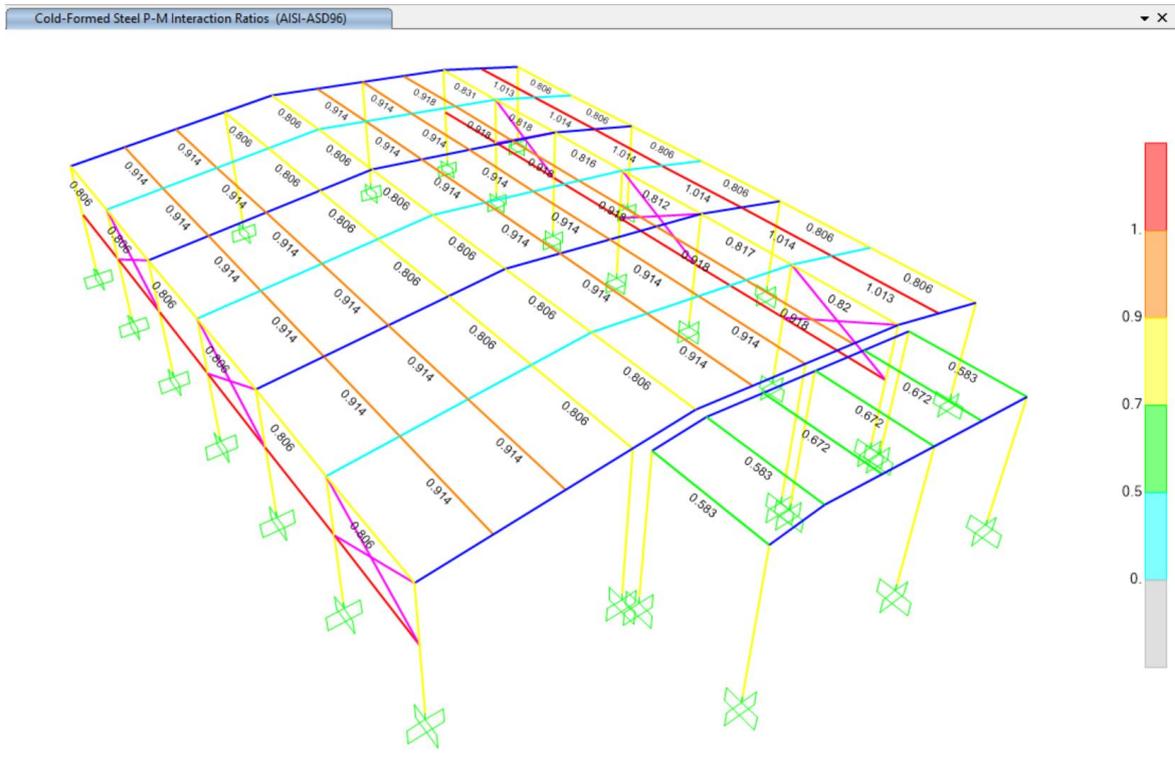


Figura 3.50 Diseño ColdFormed optimizado

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Con el mismo proceso que se realizó con las correas, se optimizaron las dimensiones de las vigas metálicas obteniendo como resultados 2 secciones de vigas metálicas:

- IPE 180 para ejes 1,2,3 y 9
- IPE 300 para ejes 4,5,6,7,8

Con estas secciones se garantiza que los desplazamientos sean menores a 13cm con un máximo de 11cm.

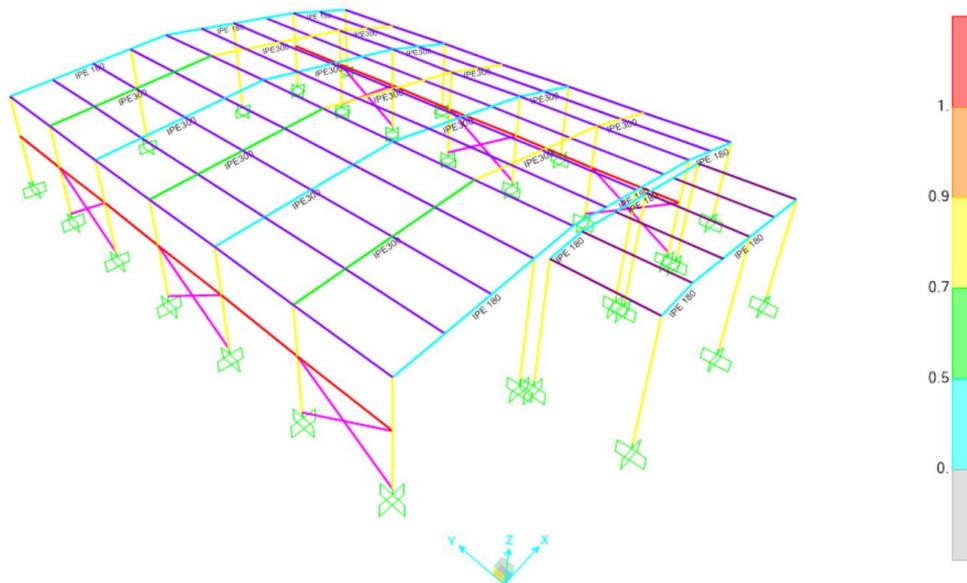


Figura 3.51 Diseño de acero laminado en caliente

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2. Diseño estructura en hormigón.

3.2.1. Pre-dimensionamiento de los elementos estructurales.

Cargas aplicadas:

Tabla 3.16 Datos iniciales

Tipo de Estructura	OFICINAS	
f_y	414	MPa
f'_c	21	MPa
E	21540	MPa
γ_{ca}	25	kN/m ³
Sistema estructural	Pórtico especial resistente a momentos	

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Cargas Variables:

Tabla 3.17 Cargas variables para edificio

Cubierta	Uso cubierta	0.7	kn/m ²
	CV cubierta	0.7	kn/m ²
Piso	Uso de piso	2	kn/m ²
	CV p	2	kn/m ²
sobrecarga	Contrapiso 2cm	0.44	kn/m ²
	Tumbado	0.2	kn/m ³
	Paredes	0.5	kn/m ⁴
	Instalaciones	0.1	kn/m ⁵
	CP sin PP Piso	1.24	kn/m ⁶
	CP sin PP Cubierta	0.3	kn/m ⁷
TOTAL		8.18	kn/m ⁸

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Cargas accidentales (Sísmicas)

Tabla 3.18 Cargas variables para edificio

DATOS DEL PROYECTO	
SUELO TIPO	CLASE D
USO	OFICINAS
PROVINCIA	LOJA
CIUDAD	PINDAL
qAdm	1.82
Z	0.4
Fa	1.2
Fd	1.19
n	2.48
r	1
To	0.1
Tc	0.56

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2.1.1. Predimensionamiento Losa

$$ql = 0.7 \frac{kN}{m^2}$$

Longitud mínima de nervios ACI 9.3

Longitud máxima: 3.75m

refuerzo: 1cm

recubrimiento vigueta: 2cm

$$\frac{L}{18.5} = 0.20 m$$

Peralte: 0.20 m

Ancho mínimo: 0.1m

Verificación ACI9.8.1.3

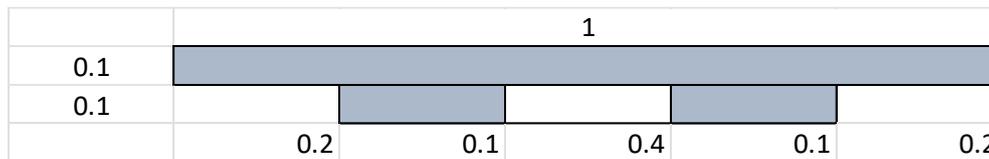


Figura 3.52 Prediseño Losa

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2.1.1. Predimensionamiento columna

Para el dimensionamiento de las columnas se propuso las siguientes dimensiones:

Columna nave industrial	40X40
Columna oficina	30X30

Donde se conoce por norma que la dimensión mínima de las secciones de concreto debe ser mayor e igual a 30cm, por lo que ambos casos cumplen.

Para el análisis de su comportamiento al ser sometidas a las distintas combinaciones de carga se propuso áreas de acero mínimas donde:

$$A_{smin} = 1\%A_g \quad (3.27)$$

Y la cantidad de varillas se la obtiene:

$$N_{varillas} = \frac{A_{smin}}{A_{\phi varilla}} \quad (3.28)$$

Se propuso trabajar con varillas de 14 y 18 milímetros para las oficinas y nave respectivamente.

3.2.1.2. Predimensionamiento viga

En el caso de las vigas de la estructura donde van las oficinas se propuso:

$$\text{Peralte de nervios} = \frac{L}{18.5} \quad (3.29)$$

$$\text{rec: } 4 \text{ cm}$$

$$d = \text{Peralte de nervios} - \text{rec}$$

Se verifica que cumpla:

$$L > 4d$$

$$B_w = 0.3 * \text{Peralte aplicado} \quad (3.30)$$

$$B_{wmin} = 0.3 * \text{rec}$$

$$Q_{viga} = 21 \text{Mpa} * B_{w\text{aplicado}} * \text{Peralte aplicado}$$

$$Q_m = \text{anchotributario} * D$$

$$D, L = \text{Carga permanente, Carga variable}$$

$$QL = \text{anchotributario} * L$$

Donde L es la longitud de la viga y se analiza en sentido x e Y.

Tabla 3.19 Prediseño Viga

PERALTE DE VIGAS	PISO 1	
	VX	VY
L/18.5	3.75	5
L	3.75	5
PERALTE DE VIGAS	0.202702703	0.27027027
PERALTE APLICADO	0.25	0.35
REC	0.04	0.04
d	0.21	0.31
LN>4d	Cumple	Cumple
BW	0.075	0.105
BWMIN	0.012	0.012
BW APLICADO	0.1	0.1
QVIGA	0.063	0.0882
ANCHO TRIBUTARIO	3.75	3.75
Qm	16.938	16.9632
Qv	2.625	2.625

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Tabla 3.20 Resultados del peralte de las vigas a diseñar.

Piso	H entrep	Qvx	Qvy	Qvig+pil	ΣQ	0,2fc	A	lad reCOMENDADO	lado adoPTADO
-	m	kN	kN	kN	kN	kPa	m2	m	m
2	3	74.7	100.65	175.35	175.35	4200	0.04175	0.25	0.3
1	3	75.09375	101.175	176.53875	351.88875	4200	0.08378304	0.29	0.35

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2.1. Modelamiento estructural en el software de análisis estructural.

3.2.1.1. Estados de carga considerados:

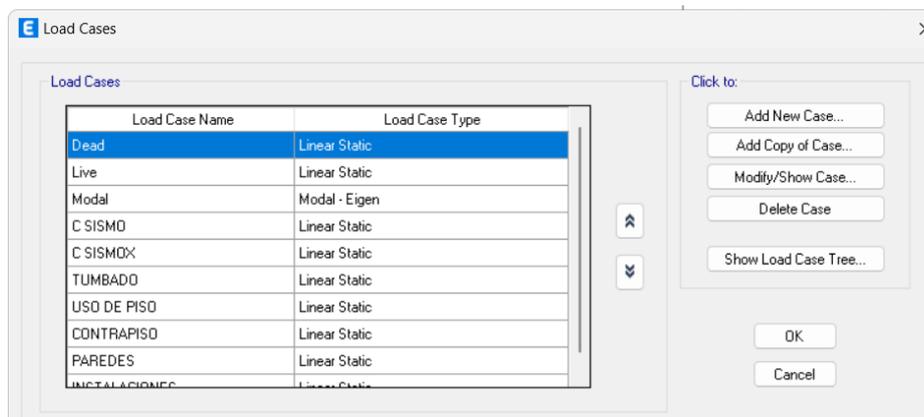


Figura 3.53 Cargas

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

El diseño de la estructura de concreto corresponde al diseño orientado a la máxima resistencia de los elementos sujetos a cargas incrementadas, mediante la aplicación de normas establecidas en el código del ACI 318-19.

Donde se consideran los resultados del análisis que arroja el sistema, para flexión, cortante y fuerza axial, una vez aplicadas las combinaciones de carga de los casos expuestos en la figura 3.44.

3.2.1.2. Análisis de rigidez.

El análisis de un edificio para determinar el centro de masas se idealiza que la losa de entrepiso sea más rígida que los demás componentes, considerando que el entrepiso como un solo elemento rígido. Este punto de rigidez se conoce como punto pivote ya que al aplicar la fuerza horizontal experimenta traslación experimentando movimiento paralelo al mismo, mientras los demás elementos se desplazan y rotan al aplicar fuerza horizontal en cualquier otro punto distinto al centro de rigidez.

Tabla 3.21 Análisis de rigidez.

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cum Mass X	Cum Mass Y	XCCM	YCCM	XCR	YCR	Seccion	E	I	He	k
		kg	kg	m	m	kg	kg	m	m	m	m	lado	Mpa	Inercia	altura entre p	rigidez
												m		m ⁴	m	kn/m
Story2	D1	12749.88	12749.88	3.6966	2.953	12749.88	12749.88	3.6966	2.953	3.7471	2.5941	0.3		0.000675	3	6462
Story1	D1	14931.8	14931.8	3.7633	2.9182	27681.68	27681.68	3.7326	2.9342	3.7491	2.5401	0.35		0.00125052	3	11972

TABLE: Assembled Joint Masses																
Story	Label	Point Element	UX	UY	UZ	X	Y	Z	Kx	Ky	y Kx	x Ky	X cr	Y cr		
			tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	tonf-s ² /m	m	m	m	kn/m	kn/m	kn/m	kn/m	m	m		
Story1	47	125	0.01356	0.01356	0	0.9375	5	3	11972	11972	0	0	11.8483966	12.2958419		
Story1	51	130	0.01356	0.01356	0	2.8125	5	3	11972	11972	0	0	413568			
Story1	65	134	0.01356	0.01356	0	4.6875	5	3	11972	11972	0	0	930528			
Story1	69	138	0.01356	0.01356	0	6.5625	5	3	11972	11972	0	0	1344096			
Story1	67	142	0.01356	0.01356	0	6.5625	2.5	3	11972	11972	0	0	1861056			
Story1	68	143	0.02711	0.02711	0	6.5625	3.75	3	11972	11972	516960	0				
Story1	66	144	0.02711	0.02711	0	5.625	3.75	3	11972	11972	516960	413568				
Story1	70	145	0.01356	0.01356	0	7.5	3.75	3	11972	11972	516960	930528				
Story1	49	146	0.02711	0.02711	0	2.8125	2.5	3	11972	11972	516960	1344096				
Story1	50	147	0.02711	0.02711	0	2.8125	3.75	3	11972	11972	516960	1861056				
Story1	48	148	0.02711	0.02711	0	1.875	3.75	3	11972	11972	1033920	0				
Story1	52	149	0.02711	0.02711	0	3.75	3.75	3	11972	11972	1033920	413568				
Story1	44	150	0.02711	0.02711	0	0.9375	2.5	3	11972	11972	29929.1319	11223.4245				
Story1	45	151	0.02711	0.02711	0	0.9375	3.75	3	11972	11972	44893.6979	11223.4245				
Story1	46	152	0.01356	0.01356	0	0	3.75	3	11972	11972	44893.6979	0				
Story1	53	153	0.01356	0.01356	0	0.9375	0	3	11972	11972	0	11223.4245				
Story1	54	154	0.02711	0.02711	0	0.9375	1.25	3	11972	11972	14964.566	11223.4245				
Story1	55	155	0.01356	0.01356	0	0	1.25	3	11972	11972	14964.566	0				
Story1	56	156	0.02711	0.02711	0	1.875	1.25	3	11972	11972	14964.566	23446.849				
Story1	57	157	0.01356	0.01356	0	2.8125	0	3	11972	11972	0	33670.2734				
Story1	58	158	0.02711	0.02711	0	2.8125	1.25	3	11972	11972	14964.566	33670.2734				
Story1	59	159	0.02711	0.02711	0	3.75	1.25	3	11972	11972	14964.566	44893.6979				
Story1	60	160	0.01356	0.01356	0	4.6875	0	3	11972	11972	0	56117.1224				
Story1	61	161	0.02711	0.02711	0	4.6875	1.25	3	11972	11972	14964.566	56117.1224				
Story1	62	162	0.02711	0.02711	0	4.6875	2.5	3	11972	11972	29929.1319	56117.1224				
Story1	63	163	0.01356	0.01356	0	5.625	1.25	3	11972	11972	14964.566	67340.5469				
Story1	64	164	0.02711	0.02711	0	4.6875	3.75	3	11972	11972	44893.6979	56117.1224				
Story1	8	23	4.97516	4.97516	0	3.8421	2.5068	3	11972	11972	30010.5392	45996.2871				
Base	9	24	0.27013	0.27013	0	3.75	2.5	0	11972	11972	29929.1319	44893.6979				
									239433	239433	2944031	2836898				

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Mediante las herramientas del software empleado se exportan los resultados para obtener su centro de masa y rigidez.

3.2.1.3. Control de derivas de oficina.

Tabla 3.22 Verificación de derivas.

Story	Diaphragm	Output Case	UX	UY	RZ	UY INELASTICA	he	DERIVA ABS Y	DERIVA RELAT	Deriva lim	Cumple
			mm	mm	rad	mm	mm				
Story2	D1	C SISMO y	24.082	2.264	0.000166	13.58	3000	7.16	0.002388	0.02	si
Story1	D1	C SISMO y	13.091	1.07	6.10E-05	6.42	3000	6.42	0.00214	0.02	si
Story	Diaphragm	Output Case	UX	UY	RZ	UX	he	DERIVA ABS Y	DERIVA RELATIVA Y	Deriva lim	Cumple
			mm	mm	rad	mm	mm				
Story2	D1	C SISMOX	1.759	0.001	-5.30E-05	10.55	3000	10.54	0.003514	0.02	si
Story2	D1	C SISMOX	0.002	2.301	-1.20E-05	0.01	3000	-10.61	-0.003536	0.02	si
Story2	D1	C SISMOX	1.77	0.002	-8.10E-05	10.62	3000	10.68	0.00356	0.02	si
Story2	D1	C SISMOX	-0.01	2.299	2.20E-05	-0.06	3000	-10.55	-0.003518	0.02	si
Story2	D1	C SISMOX	1.749	-0.001	-2.40E-05	10.49	3000	10.40	0.003468	0.02	si
Story2	D1	C SISMOX	0.015	2.303	-4.70E-05	0.09	3000	-5.28	-0.00176	0.02	si
Story1	D1	C SISMOX	0.895	-0.001	-2.70E-05	5.37	3000	5.36	0.001788	0.02	si
Story1	D1	C SISMOX	0.001	1.078	-6.00E-06	0.01	3000	-5.39	-0.001798	0.02	si
Story1	D1	C SISMOX	0.9	-0.001	-4.10E-05	5.40	3000	5.43	0.00181	0.02	si
Story1	D1	C SISMOX	-0.005	1.078	1.10E-05	-0.03	3000	-5.37	-0.00179	0.02	si
Story1	D1	C SISMOX	0.89	-0.001	-1.30E-05	5.34	3000	5.30	0.001766	0.02	si
Story1	D1	C SISMOX	0.007	1.078	-2.30E-05	0.04	3000	0.04	0.000014	0.02	si

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2.1.4. Efecto P delta

La verificación se realiza mediante la ecuación (2.1)

Tabla 3.23 Verificación de efecto P delta

Story	Output Case	he	UX	VX	P	Deriva abs	Q	Cumple
		mm	mm	kN	kN	-	-	<0.1
Story2	Sismo X	3000	24.08	229	586.13	10.54	0.01	si
Story1	Sismo X	3000	13.09	459	117.8	5.36	0.000459	si
Story	Output Case	he	UY	VY	P	Deriva abs	Q	Cumple
		mm	mm	kN	kN	-	-	<0.1
Story2	Sismo Y	3000	2.26	65	586.13	5.36	0.02	si
Story1	Sismo Y	3000	1.07	100	117.8	0.00	0.000000	si

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Se emplean los desplazamientos inelásticos y derivas absolutas, considerando relaciones de compatibilidad y equilibrio del sistema estructural cuando está sometido a su configuración deformada. Teniendo como objetivo verificar si las deformaciones resultantes no llegan a romper las relaciones de compatibilidad lineal presentes en el sistema.

3.2.1.5. Control de torsión.

El análisis de torsión se toma del desfase entre centro de masa y rigidez, considerando una torsión accidental del 5%, junto con la amplificación del factor A, verificando que sea menor e igual a 1.

Tabla 3.24 Verificación de efecto Torsión

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	DESP ELASTICO MAX	DESP ELASTICO MIN	Desp. Inlas. Max	Desp. Inlas. Min	Desp. Prom	A	Cumple
				mm	mm	mm	mm	mm	-	A<=1
Story2	D1	C SISMO Y	LinStatic	11.32	11.32	68	68	68	0.69	si
Story1	D1	C SISMO Y	LinStatic	4.83	4.83	29	29	29	0.69	si

Story	Diaphragm	Output Case	Case Type	DESP ELASTICO MAX	DESP ELASTICO MIN	Desp. Inlas. Max	Desp. Inlas. Min	Desp. Prom	A	Cumple
				mm	mm	mm	mm	mm	-	A<=1
Story2	D1	C SISMO X	LinStatic	7.519	7.444	45	45	45	0.70	si
Story1	D1	C SISMO X	LinStatic	3.564	3.531	21	21	21	0.70	si

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2.1. Creación de secciones oficina.

Mediante el software empleado se crea “Frame sections” para la creación de cada elemento estructural. Cada elemento fue prediseñado para analizar su comportamiento al ser sometidas a las distintas combinaciones de carga.

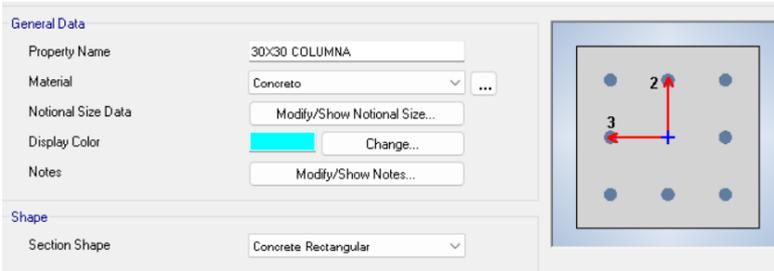


Figura 3.54: Columna 30x30

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

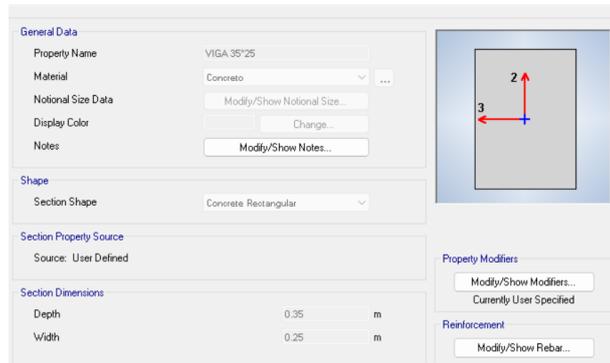


Figura 3.55 Sección viga 35x25

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)



Figura 3.56 Losa nervada

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2.2. Dimensionamiento de los elementos estructurales.

3.2.2.1. Diseño zapatas.

Para el diseño de las zapatas de toda la estructura se basó en los resultados del estudio de suelos brindados por el cliente, donde proponen las dimensiones ideales para la nave y elementos estructurales internos.

Para el diseño de zapatas se empleó la norma NEC, geotecnia y cimentaciones, junto con la ACI capítulo 21.

3.2.2.1.1. Zapatas Nave:

Datos:

$$\text{Recubrimiento } r = 7.5 \text{ cm}$$

$$\text{Espesor zapata } h = 0.35 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad de desplante } Df = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Diametro de varilla } \phi v = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Hormigón, } \gamma_c = 2.4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Carga Admisible } Q_{adm} = 18.22 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso específico del suelo } \gamma_m = 1.907 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Carga axial de servicio } P = 14.32 \text{ ton}$$

$$\text{Momento de servicio } M = 16.99 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$\text{Columna } a = 45 \text{ b} = 45$$

$$\text{Resistencia del hormigón } f'c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Resistencia a la fluencia del acero } = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

De acuerdo con ACI 318-19 13.3.1.2

Peralte:

$$d = H - r - \frac{\phi v}{2} \quad (3.31)$$

$$d = 0.266m$$

Excentricidad:

$$e = \frac{M}{P} \quad (3.32)$$

$$e = 1.283m$$

Carga neta

$$Q_{neta} = Q_{admin} - \gamma m * H_s - \gamma c * H \quad (3.33)$$

$$Q_{neta} = 15.47 \frac{ton}{m^2}$$

Área de cimentación

$$A = \frac{1.2P}{Q_{neta}} \quad (3.34)$$

$$A = 1.13m^2$$

Dimensiones de Zapata:

Estas fueron propuestas por el estudio de suelos.

$$L = 2 m$$

$$B = 1.5 m$$

Carga última:

$$Q_u = \frac{P}{A} \pm M * \frac{e}{I} \quad (3.35)$$

$$Q_{u+} = \frac{P}{A} + M * \frac{e}{I} = 23.8 \frac{ton}{m^2}$$

$$Q_{u-} = \frac{P}{A} - M * \frac{e}{I} = 1.988 \frac{ton}{m^2}$$

Cumple con ser menores que la carga admisible.

Diseño a flexión:

En X

$$L = \frac{B-b}{2} \quad (3.36)$$

$$L = 0.52 \text{ m}$$

$$Mu = Qu * \frac{L^2}{2} \quad (3.37)$$

$$Mu = 3.28 \text{ ton} * \text{m}$$

$$c = 0.003 * \frac{d}{0.003+0.002} \quad (3.38)$$

$$c = 0.16 \text{ m}$$

$$a = 0.85 * c = 0.21 \text{ m}$$

$$Asmin = 0.0018 * 1.5 \text{ m} * 0.35 \text{ m} = 9.45 \text{ cm}^2$$

$$As = \frac{Mu}{0.75 * fy * (d - \frac{a}{2})} \quad (3.39)$$

$$As = 4.76 \text{ cm}^2$$

$$Nvarillas = \frac{Asmin}{Avarilla} = 8$$

$$s = \frac{Avarilla}{Asmin} = 0.141 \quad (3.40)$$

Espesor bloques de esfuerzo

$$an = As \frac{fy}{0.85 * fy * L} = 0.049 \text{ m} \quad (3.41)$$

Verificación por momento:

$$Mn = As * fy * (d - \frac{a}{2}) = 20.07 \text{ ton} * \text{m} \quad (3.42)$$

$$\phi Mn = 0.9 * Mn = 18.065 \text{ ton} * \text{m} \quad (3.43)$$

$$Mu = 1.854 \text{ ton} * \text{m}$$

$$\phi Mn \geq Mu \text{ cumple}$$

En el eje y

$$Asmin = 0.0018 * 2 \text{ m} * 0.35 \text{ m} = 12.6 \text{ cm}^2$$

$$Nvarillas = \frac{Asmin}{Avarilla} = 9$$

$$s = \frac{Avarilla}{Asmin} = 0.10$$

$$L = \frac{L - b}{2} = 0.775 \text{ m}$$

$$M_u = Q_u * \frac{L^2}{2} = 7.14 \text{ ton} * m$$

Verificación por momento:

$$M_n = A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) = 20.07 \text{ ton} * m \text{ (3.44)}$$

$$\phi M_n = 0.9 * M_n = 18.065 \text{ ton} * m \text{ (3.45)}$$

$$\phi M_n \geq M_u \text{ cumple}$$

3.2.2.1.2. Zapatas oficina:

$$\text{Columna } a = 35 \text{ b} = 35$$

$$\text{Carga axial de servicio } P = 35.4 \text{ ton}$$

$$\text{Momento de servicio } M = 14 \text{ ton} * m$$

Peralte:

$$d = H - r - \frac{\phi v}{2}$$

$$d = 0.264m$$

Excentricidad:

$$e = \frac{M}{P} \text{ (3.46)}$$

$$e = 0.424m$$

Carga neta

$$Q_{neta} = Q_{admin} - \gamma m * H_s - \gamma c * H$$

$$Q_{neta} = 15.47 \frac{\text{ton}}{m^2}$$

Área de cimentación

$$A = \frac{1.2P}{Q_{neta}}$$

$$A = 2.74m^2$$

Dimensiones de Zapata:

Estas fueron propuestas por el estudio de suelos.

$$L = 2 m$$

$$B = 1.5 \text{ m}$$

Carga última:

$$Qu = \frac{P}{A} \pm M * \frac{e}{I}$$

$$Qu+ = \frac{P}{A} + M * \frac{e}{I} = 16.07 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

$$Qu- = \frac{P}{A} - M * \frac{e}{I} = 9.71 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Cumple con ser menores que la carga admisible.

Diseño a flexión:

En X

$$L = \frac{B-b}{2}$$

$$L = 0.575 \text{ m}$$

$$Mu = Qu * \frac{L^2}{2}$$

$$Mu = 2.65 \text{ ton} * \text{m}$$

$$c = 0.003 * \frac{d}{0.003+0.002}$$

$$c = 0.16 \text{ m}$$

$$a = 0.85 * c = 0.136 \text{ m}$$

$$As_{min} = 0.0018 * 1.5 \text{ m} * 1 \text{ m} = 0.003 \text{ m}^2$$

$$As = \frac{Mu}{0.75 * fy * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$As = 1.681 \text{ cm}^2$$

$$Nvarillas = \frac{As_{min}}{Avarilla} = 8$$

$$s = \frac{Avarilla}{As_{min}} = 0.141$$

Espesor bloques de esfuerzo

$$an = As \frac{fy}{0.85 * fy * L} = 0.049 \text{ m}$$

Verificación por momento:

$$Mn = As * fy * \left(d - \frac{a}{2}\right) = 46.918 \text{ ton} * \text{m}$$

$$\phi Mn = 0.9 * Mn = 42.21 \text{ ton} * \text{m}$$

$$Mu = 1.767 \text{ ton} * m$$

$$\phi Mn \geq Mu \text{ cumple}$$

En el eje y

$$As = 7.91 \text{ cm}^2$$

$$Nvarillas = \frac{As_{min}}{Avarilla} = 7$$

$$s = \frac{Avarilla}{As_{min}} = 0.14$$

$$L = \frac{L - b}{2} = 0.825 \text{ m}$$

$$Mu = Qu * \frac{L^2}{2} = 5.47 \text{ ton} * m$$

$$\phi Mn \geq Mu \text{ cumple}$$

Para el diseño de las zapatas de la oficina, a pesar de que las zapatas aisladas funcionaban, al momento de unir el edificio de oficinas con la nave, se vio necesario implementar zapatas combinadas de donde se obtuvo las siguientes dimensiones, ver anexo zapatas combinadas.

Tabla 3.25 DIMENSIONES ZAPATAS COMBINADAS

DIMENSIÓN [m]	
L	7
B	1
H	0.35

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2.2.2. Diseño de cadenas

Para el diseño de cadenas se empleó la normativa NEC, y consideraciones como su profundidad en la NEC-SE.

Cálculo de relación modular

$$\eta = \frac{2.1 * 10^6}{15000 * \sqrt{210}} = 9.66$$

Cálculo de dimensiones

$$\phi = 0.9$$

$$\frac{1.5Pu}{f'c} - \frac{(\eta - 1) * 0.15Pu}{0.9 * fy} = 148 \text{ cm}^2$$

Se asume $b=30\text{cm}$ y $h=30\text{cm}$

$$b * h = 900\text{cm}^2 > 148\text{cm}^2 \text{ cumple}$$

Peralte efectivo d

$$d = h - 6\text{cm} = 24\text{cm}$$

Acerio mínimo por tensión

$$As_{min} = \frac{14}{4200} * b * d = 2.4\text{cm}^2$$

Diseño por momento flector

$$a = d - \sqrt{d^2 - 2 * \frac{Mu}{0.9 * 0.85 * b * f'c}} = 2.30\text{cm}$$

$$As = \frac{Mu}{0.9 * fy * (d - \frac{a}{2})} = 2.945 \text{ cm}^2$$

Refuerzo total A_{total}

$$A_{total} = 2.94\text{cm}^2 + 2.4\text{cm}^2 = 5.34\text{cm}^2$$

Con varillas de 14 mm

$$Ab = 1.54\text{cm}^2$$

$$As' = 6 * Ab = 9.24\text{cm}^2$$

Para estribos de 10mm

$$S = \frac{d}{2} = 12 \text{ cm}, \text{ Se escoge cada } 20$$

3.2.2.3. Columna 45x45 Nave Industrial.

Para el diseño de columnas se empleó la ACI capítulo 10.

$$Pu = 730524\text{kg}$$

$$Mx = 248 \text{ kg} * m$$

$$My = 176 \text{ kg} * m$$

$$a = 45 \text{ cm}$$

$$b = 45 \text{ cm}$$

$$\phi_{estribo} = 10 \text{ mm}$$

$$\phi_{var} = 18 \text{ mm}$$

$$\gamma = \frac{a - 2rec - 2\phi_{estribo} - \phi_{var}}{b} = 0.722 \text{ (3.47)}$$

$$d = a - rec - \phi_{estribo} - \frac{\phi_{var}}{2} = 0.388 \text{ (3.48)}$$

$$Ag = a * b = 0.203 \text{ m}^2 \text{ (3.49)}$$

$$I = \frac{b^2}{12} = 3.4 * 10^5 \text{ cm}^4 \text{ (3.50)}$$

$$L = 5.5 \text{ m}$$

Efecto de esbeltez:

$$cm = 1 \phi = 0.7$$

$$Pc = \frac{\pi^2 * Ec * I}{L^2} = 3.1 * 10^3 \text{ ton (3.51)}$$

$$d = \frac{1}{\frac{Pu}{1 - \frac{0.7}{Pc}}} = 1.58 \text{ (3.52)}$$

$$\rho = 0.025$$

$$As = Ag * \rho = 0.005 \text{ m}^2 \text{ (3.53)}$$

$$Aminacero = Ag * 1\% = 20.25 \text{ cm}^2$$

$$\#varillas = \frac{Amin}{A\phi 18} = 8$$

$$Mux = d * Mx = 393.936 \text{ kg} * m \text{ (3.54)}$$

$$Muy = d * My = 279.56 \text{ kg} * m$$

Separación de varillas:

$$sb = \frac{45 \text{ cm} - 2 * rec - 2 * 10 \text{ mm} - 22 \text{ mm}}{4 - 1} = 0.10 \text{ m (3.55)}$$

Separación mínima:

$$smin = 1.5 * \phi_{var} = 0.038 \text{ m (3.56)}$$

$S_{min}=4cm$

Diseño de cortante

$$V_u = 4541kg$$

$$V_u = 0.85 * 0.53\sqrt{4.2 * 10^7} * \left(1 + \frac{730524}{140*45*45}\right) * 0.45 * 0.388 = 1823kg \quad (3.57)$$

$$V_s = \frac{V_u}{0.85} - V_c = 3.5 * 10^3kg \quad (3.58)$$

Para los estribos:

$$A_{vs} = \frac{V_s}{f_y * d} = 0.527cm^2 \quad (3.59)$$

$$A_v = 4 * A_{var} = 3.16 cm^2 \quad (3.60)$$

$$\emptyset v_{arestribo} = 10mm$$

Zona de confinamiento

$$L_o = 45cm$$

$$S = 10cm$$

$$S_2 = 0.5 * 0.45m = 0.225m$$

$$\#estribos = \frac{L_o}{S_o} = 0.668 \quad 5@10cm$$

$$\#estribos_2 = \frac{5.5 - 2 * L_o}{S_2} = 20 \quad 20@25cm$$

Diagrama de interacción

Se obtuvo los valores de las demandas del caso más crítico de la nave, de donde se obtuvo:

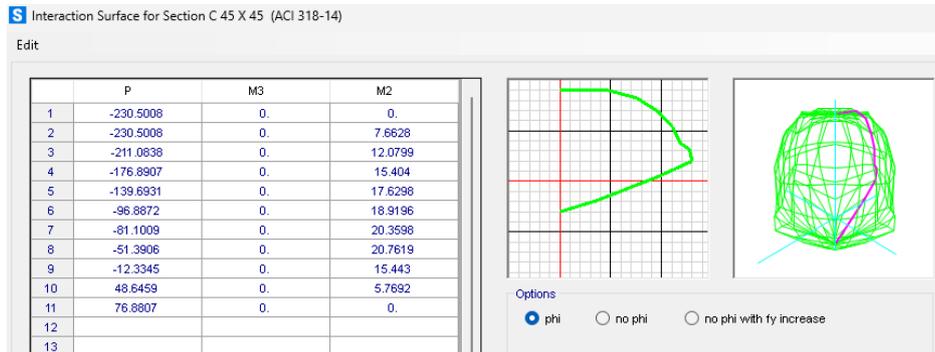


Figura 3.57 Datos del Software

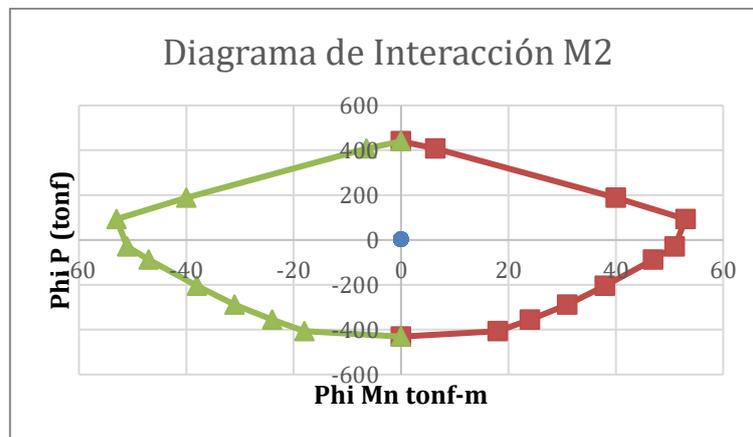
Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Tabla 3.26 Demandas de diagrama de interacción reducido

Point	P tonf	M2 tonf-m	M3 tonf-m
1	-431	0	0
2	-407	18	18
3	-356	24	24
4	-289	31	31
5	-204	38	38
6	-88	47	47
7	-29	51	51
8	93	53	53
9	188	40	40
10	408	6.41	8.41
11	440	0	0

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Figura 3.58 Diagrama de interacción y valores de demanda



Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

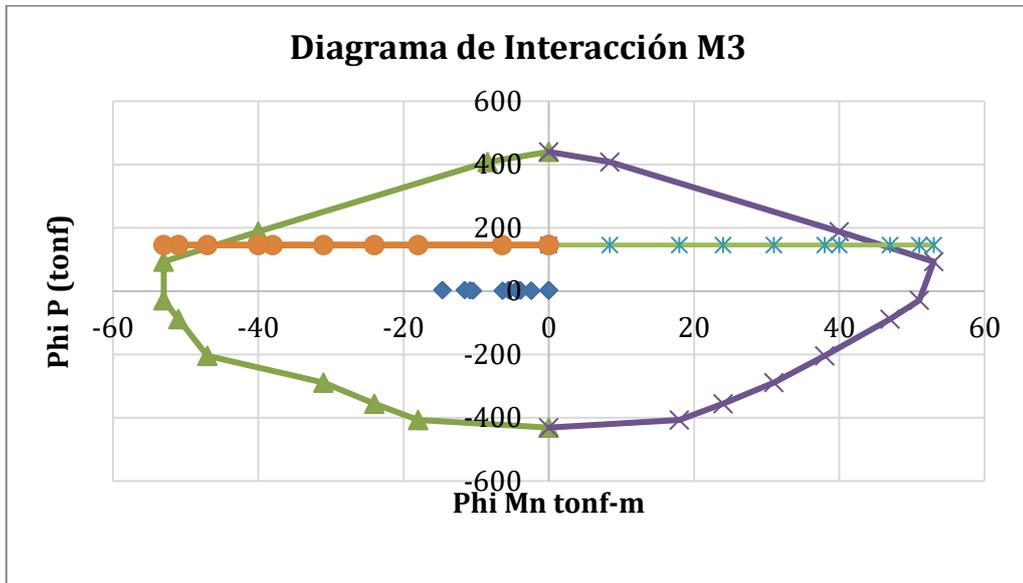


Figura 3.59 Diagrama de interacción M3

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2.2.4. Diseño de placa de anclaje

Para el diseño de la placa de anclaje se empleó el capítulo 17 de la ACI, Anclaje al concreto.

$$Pu = 13.24 \text{ ton}$$

$$Mu = 1350589 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$Vu = 3.65 \text{ ton}$$

$$A1 = 0.203 \text{ m}^2$$

$$A2 = 0.203 \text{ m}^2$$

$$tf = 1 \text{ cm}$$

$$Leh = 6 \text{ cm}$$

$$Lev = 6 \text{ cm}$$

$$C = 5 \text{ cm}$$

$$a = 2.5 \text{ cm}$$

$$b = 2.5 \text{ cm}$$

$$Nmin = d + 2C + dLeh = 0.313 \text{ m}$$

$$A2min = (B + 2a) * (Nmin + 2b) = 0.164m^2$$

$$Bmin = \frac{2}{3} * N = 0.267m \quad Nmin = \sqrt{\max(A1, A2min)} = 0.3m$$

Dimensión placa de anclaje

$$N = 45 \text{ cm}$$

$$B = 45 \text{ cm}$$

Distancia entre pernos

$$S2 = 8.873 \text{ cm}$$

$$S1 = N - 2Leh = 0.28m$$

$$\text{Excentricidad } e = \frac{Mu}{Pu} = 102 \text{ cm}$$

$$\text{Excentricidad crítica } e_{crit} = \frac{N}{2} - \frac{Pu}{q_{max}} = 22 \text{ cm}$$

Si e > e_{crit}: "Se debe diseñar con momento grande"

Longitud de apoyo Y Tensión del perno Tu

$$f = \frac{N}{2} - Leh = 0.14m$$

$$Y: f + N/2 - \sqrt{\left(f + \frac{N}{2}\right)^2 - \left(\frac{2Pu(e + f)}{q_{max}}\right)} = 0.067 \text{ cm} \quad (3.61)$$

$$Tu = q_{max} * Y - Pu = 265039 \text{ kg}$$

Espesor mínimo de la placa base.

$$m = \frac{N - 0.95d}{2} = 0.08m$$

$$n = \frac{B - 0.8bf}{2} = 0.19m$$

Se comprueba con Y < max(m, n)

$$fp = \frac{Pu}{B * Y} = 4402 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$tp1min = 2.11 * \sqrt{\frac{fp * Y * \left(n - \frac{Y}{2}\right)}{fy}} = 2.2 \text{ cm}$$

Tensión cara interna datos del perno

$$x = \left(f - \frac{d}{2}\right) + \frac{tf}{2} = 2 \text{ cm}$$

$$tp2min = 2.11 * \sqrt{\frac{Tu * x}{B * fyperno}} = 1.41 \text{ cm}$$

El espesor mínimo a escoger es: $tpmin = \max(tp1min, tp2min) = 2.21$

Características del perno A36

$$Fu = \frac{4200 \text{ kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\phi_{perno} = 30 \text{ mm}$$

$$futa = Fu \text{ Área útil del perno}$$

$$Aneta = \pi * \frac{\phi_{perno}^2}{4} = 7.09 \text{ cm}^2$$

Cargas a tracción:

1. Resistencia del Acero de un anclaje en tracción Nsa ACI318 cap17

$$Nu = \frac{Tu}{8} = 3378 \text{ kg}$$

$$\phi Nsa = 0.75 * Ase * futa = 22266.8 \text{ kg}$$

$$Nu < Nsa \text{ cumple}$$

2. Resistencia al arrancamiento del concreto de un anclaje en tracción $Ncbg$

Fuerza de tracción sobre el grupo de pernos $Nuag$

$$Nuag = Nu * npernos = 10134 \text{ kg}$$

Distancia de Eje del perno al borde del pedestal en x, $Ca1$

$$Ca1 = Leh + b = 8.5 \text{ cm}$$

Distancia de Eje del perno al borde del pedestal en y, $Ca2$

$$Ca2 = Lev + a = 8.5 \text{ cm}$$

$$Camin = \min(Ca1, Ca2) = 8.5 \text{ cm}$$

Separación entre pernos en X $S1 = 0.28 \text{ m}$

Separación entre pernos en Y $S2 = 0.089 \text{ m}$

Longitud de empotramiento Modificado hef

$$hef = \max\left(\frac{Ca1}{3}, \frac{Ca2}{3}, \frac{S1}{3}, \frac{S2}{3}\right) = 0.11 \text{ m}$$

Factor de modificación por pernos preinstalados $\psi_{cN} = 1.25$

Factor de modificación por pernos post instalados $\psi_{cpN} = 1$

Factor de modificación por efecto de borde $\psi_{edN} = 0.882$

Área proyectada de superficie de falla para uno o un grupo de pernos $ANc = 1414\text{cm}^2$

Área proyectada de superficie de falla para un solo anclaje $ANc0 = 9 * hef^2 = 0.78\text{cm}^2$

Factor de modificación por pernos para grupo de anclajes sometidos a cargas

excéntricas de tensión $\psi_{ecN} = \frac{1}{1 + \frac{2 * e}{3 * hef}} = 0.553$

Resistencia de arrancamiento del concreto Nb

$$Nb = kc * \lambda_1 * (\sqrt{f'c}) * hef^{1.5} = 13162 \text{ kg}$$

$$Ncbg = 0.75 * \frac{ANc}{ANc0} * \psi_{cN} * \psi_{edN} * \psi_{cpN} * \psi_{ecN} * Nb = 11120 \text{ kg}$$

$$Nuag < Ncbg \text{ Cumple}$$

3. Resistencia a la extracción por deslizamiento en tracción de un anclaje preinstalado o post instalado de expansión, o con sobre perforación en su base

Npn

Área de la cabeza del perno

$$Abrg = 13.03\text{cm}^2$$

$$Np = 0.8 * Abrg * f'c = 3360 \text{ kg}$$

Factor de modificación por fisuras, para pernos donde existen fisuras de cargas de servicio se considerar 1.4, caso contrario 1

$$\psi_{cp} = 1.4$$

$$\phi Npn = 0.75 * \psi_{cp} * Np = 3528 \text{ kg}$$

$$Nu < \phi Npn \text{ cumple}$$

4. Resistencia del acero de anclaje sometido a cortante Vsa

$$Vu1 = \frac{Vu}{2} = 3650\text{kg}$$

$$Vsa = 0.65 * Ase * futa = 19297.23 \text{ kg}$$

$$Vsa > Vu \text{ Cumple}$$

3.2.2.5. Diseño de base de viga.

Para el dimensionamiento y análisis de estos elementos se empleó McCormac, capítulo 5 y 6. Y se tomó como referencia de dimensiones el catálogo de DIPAC

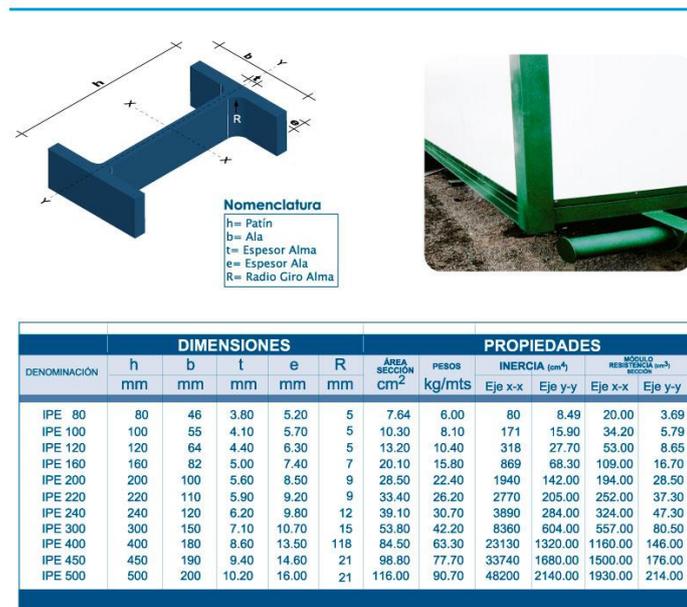


Figura 3.60 Catálogo IPAC

Fuente: IPAC. (2023)

Relación KL/r

$$\frac{KL}{r} = 50$$

$$Es = 29000ksi$$

$$Se\ verifica\ que\ \frac{KL}{r} < 4.71 * \sqrt{\frac{Es}{fy}} \quad (3.62)$$

La longitud que tendrá será de 0.50 m

Con un K=0.65

Esfuerzo elástico efectivo

$$F_e = \frac{\pi^2 * E_s}{50} = 8043 \frac{kg}{cm^2}$$

Esfuerzo crítico

$$F_{cr} = 0.658 \frac{f_y}{F_e} * f_y = 287.14 MPa$$
$$\varphi = 0.9$$

Área bruta

$$A_g = \frac{P_u}{\varphi * F_{cr}} = 8.29 cm^2$$

Datos de la sección escogida IPE 180

$$A_g = 13.2 cm^2$$

$$e = t_f = 8 mm$$

$$S = t_w = 5.3 mm$$

$$h = 180 mm$$

$$b_f = 91 mm$$

Verificaciones

$$\frac{h}{t_w} = 33.92 < 1.49 \sqrt{\frac{E_s}{f_y}} = 35.88$$

$$\frac{b_f}{2t_f} = 5.68 < 1.49 \sqrt{\frac{E_s}{f_y}} = 13.48$$

Resistencia a la compresión

$$K = 0.65$$

$$L_n = 0.5 m$$

$$r_y = 2.05 cm$$

$$relación\ real = K * \frac{L_n}{r_y}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * E_s}{relación\ real^2} = 7852 MPa$$

$$F_{cr} = 0.658 \frac{f_y}{F_e} * f_y = 338.46 \text{ MPa}$$

Resistencia

$$P_r = 0.9 * A_g * F_{cr} = 41001 \text{ kg}$$

Por lo que:

$$P_r > P_u$$

$$I_x = 1317 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 101 \text{ cm}^4$$

$$C_w = 4.79$$

Efecto flexotorsión

$$F_e = \frac{\pi^2 * E_s * C_w}{(K * L_n)^2} * \frac{1}{I_x + I_y} = 6.311 \text{ Mpa}$$

3.2.2.6. Columna 30x30 Oficina segundo piso.

Para el diseño de columnas se empleó la ACI capítulo 10.

$$P_u = 3.6 \text{ ton}$$

$$M_x = 248 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_y = 176 \text{ kg} * \text{m}$$

$$a = 30 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$\phi_{estribo} = 10 \text{ mm}$$

$$\phi_{var} = 14 \text{ mm}$$

$$\gamma = \frac{a - 2 \text{rec} - 2\phi_{estribo} - \phi_{var}}{b} = 0.583$$

$$d = a - \text{rec} - \phi_{estribo} - \frac{\phi_{var}}{2} = 0.238$$

$$A_g = a * b = 0.09 \text{ m}^2$$

$$I = \frac{b^2}{12} = 6.75 * 10^4 \text{ cm}^4$$

$$L = 3 \text{ m}$$

Efecto de esbeltez:

$$cm = 1 \quad \phi = 0.7$$

$$Pc = \frac{\pi^2 * Ec * I}{L^2} = 2.062 * 10^3 \text{ ton}$$

$$d = \frac{1}{1 - \frac{\phi P_u}{Pc}} = 1.014$$

$$\rho = 0.025$$

$$As = Ag * \rho = 0.002 \text{ m}^2 \quad (3-63)$$

$$Aminacero = Ag * 1\% = 9 \text{ cm}^2$$

$$\#varillas = \frac{As}{A\phi 14} = 8$$

$$Mux = d * Mx = 61453 \text{ kg} * m$$

$$Muy = d * My = 6272 \text{ kg} * m$$

Separación de varillas:

$$sb = \frac{45\text{cm} - 2 * rec - 2 * 10\text{mm} - 22\text{mm}}{4 - 1} = 0.10\text{m}$$

Separación mínima:

$$smin = 1.5 * \phi var = 0.038\text{m} \quad (3.64)$$

Smin=4cm

Diseño de cortante

$$Vu = 5.55\text{ton}$$

$$Vc = 0.85 * 0.53 \sqrt{4.2 * 10^7} * \left(1 + \frac{19670}{140 * 45 * 45} \right) * 0.45 * 0.388 = 545.12\text{kg}$$

$$Vs = \frac{Vu}{0.85} - Vc = 5.37 * 10^3 \text{ kg}$$

Para los estribos:

$$Avs = \frac{Vs}{fy * d} = 1.263 \text{ cm}^2$$

$$A_v = 4 * A_{var} = 3.16 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{varestribo} = 10\text{mm}$$

Zona de confinamiento

$$L_o = 45\text{cm}$$

$$S = 10\text{cm}$$

$$S_2 = 0.5 * 0.45\text{m} = 0.225\text{m}$$

$$\#estribos = \frac{L_o}{S_o} = 0.668 \text{ } 5@10\text{cm}$$

$$\#estribos2 = \frac{5.5-2*L_o}{S_2} = 20 \text{ } 20@25\text{cm}$$

3.2.2.7. Columna 35x35 Oficina primer piso.

Tabla 3.27 Dimensión Columna 35*35

b	h	Area	Φ var	A Φ var	A min	cant min	cant adop	A adop.	A max	CUMPLE
mm	mm	mm ²	mm	mm ²	mm ²	u	u	mm ²	mm ²	-
350	350	122500	14	153.94	1225	7.96	8	1231.50	7350	SI CUMPLE

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

En el análisis de esta columna se comprobó en el caso más desfavorable la columna central que se debe realizar la verificación de columna fuerte viga débil, de acuerdo con ACI 18.7.3

$$P_u = 315\text{kN}$$

$$A_g * f'_c = 257\text{kN}$$

$$Si P_u \geq A_g * f'_c = \text{no cumple}$$

Por lo que se debe verificar el criterio Columna fuerte, viga débil:

$$M_{nv1} = 42\text{kN} * m$$

$$M_{nv2} = 67\text{kN} * m$$

$$\sum M_{nv} = 96 \text{ kN}$$

$$M_{nc1} = 78\text{kN} * m$$

$$M_{nc2} = 66\text{kN} * m$$

$$\sum M_{nc} = 143 \text{ kN}$$

$$M_{nc} \geq \frac{6}{5} M_{nv}$$

$$174 \geq 124 \text{ cumple}$$

3.2.2.8. Vigas principales 35x25

Para el dimensionamiento y cálculos de las vigas se empleó ACI318-19 capítulo 18

$$\text{Ancho: } b = 25\text{cm}$$

$$\text{Altura: } h = 35\text{cm}$$

$$\text{Recubrimiento: } rec = 4\text{cm}$$

$$\text{Diametro de estribo: } dv = 10\text{mm}$$

$$\text{Resistencia del concreto: } f'c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Fluencia del acero: } fy = 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Elasticidad del acero: } Es = 2 * 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Momento superior e inferior

$$M_{sup} := \begin{bmatrix} 2.7 \\ 1.6 \\ -1.66 \end{bmatrix} \text{ tonnef} \cdot \text{m} \quad M_{inf} := \begin{bmatrix} 1.924 \\ -0.099 \\ 4.93 \end{bmatrix} \text{ tonnef} \cdot \text{m}$$

Cálculo de A_s , β_1 , ρ_b

$$\text{Diámetro para análisis } db_a = 16\text{mm}$$

$$\text{Peralte efectivo } d' = rec + dv + \frac{db_a}{2}$$

$$d = h - d' = 29.2\text{cm}$$

Cálculo A_{smin}

$$A_{smin} = \max \left(\frac{0.08 * \sqrt{f'c}}{fy} * b * d, \frac{14 * b * d}{fy} \right)$$

$$a_{min} = \frac{A_{smin} * fy}{0.85 * f'c * b} = 2.29\text{cm}$$

$$M_{urmin} = 0.9 A_{smin} * f_y * \left(d - \frac{a_{min}}{2} \right) = 2.58 \text{ ton} * m$$

Cálculo β_1 (tabla 22.2.2.4.3)

$$\beta_1 = \left[170 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq f'c \leq 280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] = 0.85$$

$$\beta_1 = \left[280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \leq f'c \leq 550 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right] = 0.85 - \frac{0.05 * (f'c - 280)}{70}$$

$$\beta_1 = 0.65$$

$$\beta_1 \text{ escogido} = 0.85$$

Cálculo de cuantía ρ_b

$$\rho_b = \beta_1 * 0.85 * \frac{f'c}{f_y} * \left(\frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} \right) = 0.021$$

$$\rho_{bmax} = 0.75 \rho_b = 0.016$$

Cálculo de A_{smax}

$$A_{smax} = b * d * \rho_{bmax} = 11.63 \text{ cm}^2$$

$$a_{max} = \frac{A_{smax} * f_y}{0.85 * f'c * b} = 10.95 \text{ cm}$$

$$M_{urmax} = 0.9 A_{smax} * f_y * \left(d - \frac{a_{max}}{2} \right) = 10.434 \text{ ton} * m$$

Diseño por flexión

$$\phi = 0.9 \text{ Factor de reducción para diseño por flexión asumida}$$

Momento superior izquierdo.

$$M_{sup}(0) = 2.7 \text{ ton} * m$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_{sup}(0)}{\phi * \beta_1 * f'c * b}} = 2.401 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sup}(0)}{\phi * f_y * \left(d - \frac{a_1}{2} \right)} = 2.55 \text{ cm}^2$$

Momento inferior izquierdo:

$$M_{inf}(2) = 4.93 \text{ ton} * m$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_{sup}(0)}{\phi * \beta_1 * f'c * b}} = 4.56 \text{ cm}$$

$$As1 = \frac{M_{sup}(0)}{\phi * f_y * (d - \frac{a1}{2})} = 4.845 \text{ cm}^2$$

Verificación de ϕ (Tabla 21.2.2)

Deformación del concreto (cap 22.2.2.1)

$$\epsilon_c = 0.003$$

$$c = \frac{a_{min}}{\beta_1}$$

$$\epsilon_t = \epsilon_c * \left(\frac{d - c}{c} \right) = 0.03 \text{ deformación neta a tracción.}$$

$\epsilon_t \leq \epsilon_c$ "Controlada por tracción"

$$\phi = 0.9$$

$$As = 4.84 \text{ cm}^2$$

$$A_{var} = 2.011 \text{ cm}^2$$

$$N_{varillas} = 3$$

$$M_{radop} = 0.9 * A_{sadoptado} * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right) = 6.011 \text{ ton} * m$$

$$M_{us} = M_{sup}(0) = 2.7 \text{ ton} * m$$

$$M_{us} \leq M_{radop} = \text{cumple}$$

Diseño por corte:

$\phi = 0.7$ Factor de reducción para diseño por corte asumido (cap 9.5.1.1, 22.5.1.1)

$V_c =$ Aporte del concreto

$V_u =$ Cortante último

$V_s =$ Aporte de refuerzo transversal

$$L_n = 5 \text{ m}$$

$$V_{estatico} = 5.18 \text{ ton}$$

Cálculo del esfuerzo resistente proporcionada por el esfuerzo "Vs" cap22.5.8.1

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c = 5.907 \text{ ton}$$

$$V_n = V_c + V_s = 10.112 \text{ ton}$$

Área de acero a corte

$N_{ramas} = \text{ramas verticales del estribo}$

$$N_{ramas} = 2$$

$$A_b = \frac{\pi * d^2}{4} = 0.785 \text{ cm}^2$$

$$A_v = N_{ramas} * A_b = 1.57 \text{ cm}^2$$

$$\phi V_n \geq V_u = \text{Cumple}$$

Separación:

$$S_{21} = \frac{A_v * f_y * d}{V_s} = 25 \text{ cm}$$

As min

$$A_{vmin} = \max\left(0.2 * \sqrt{f'_c} * \frac{b}{f_y}, 3.5 * \frac{b}{f_y}\right) = 0.021 \text{ cm}$$

$$S_{22} = \frac{A_v}{A_{vmin}} \text{ Cap(18.6.4.1)}$$

$$A = A_{vmin} * S_{22} = 1.571 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento S0

$$S_0 = 5 \text{ cm}$$

Espaciamiento S2

$$S_2 = \min\left(\frac{A_v * f_y * d}{V_s}, \frac{A_v}{A_{vmin}} * \frac{d}{2}\right) = 25 \text{ cm}$$

Longitud de zona de confinamiento

$$L_c = 2 * h = 70 \text{ cm}$$

$$U = \frac{L_c}{S_1} = 25$$

1 @ S0=9cm

El resto se reparten en S2=25cm

b	h	rec	d	Φ var-long	Ln	V sism	Vu	Vc	Vs	s max	s adop
mm	mm	mm	mm	mm	m	kN	kN	kN	kN	mm	mm
250	300	40	250	16	4	53.41	82.81	0	110.41	62.5	90

Figura 3.61 Separación estribos

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2.2.9. Vigas secundarias 20x25 primer piso

Datos del software:



Figura 3.62 Información de fuerzas actuantes en la sección

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Resultados a flexión

Tabla 3.28 Dimensión a flexión Viga

Eje	Posición	b	h	c	d	As min	Ø var	A var	# var	As corregido	a	Ø Mn	Mu	Cumple
-	Acero	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	-	[mm ²]	[mm]	[kN*m]	[kN*m]	Ø Mn ≥ Mu
Y	Superior	200	250	40	200	135	14	154	1	154	18	11	4.41	Sí
Eje	Posición	b <td>h <td>c <td>d <td>As min <td>Ø var <td>A var <td># var <td>As corregido</td> <td>a <td>Ø Mn <td>Mu <td>Cumple</td> </td></td></td></td></td></td></td></td></td></td>	h <td>c <td>d <td>As min <td>Ø var <td>A var <td># var <td>As corregido</td> <td>a <td>Ø Mn <td>Mu <td>Cumple</td> </td></td></td></td></td></td></td></td></td>	c <td>d <td>As min <td>Ø var <td>A var <td># var <td>As corregido</td> <td>a <td>Ø Mn <td>Mu <td>Cumple</td> </td></td></td></td></td></td></td></td>	d <td>As min <td>Ø var <td>A var <td># var <td>As corregido</td> <td>a <td>Ø Mn <td>Mu <td>Cumple</td> </td></td></td></td></td></td></td>	As min <td>Ø var <td>A var <td># var <td>As corregido</td> <td>a <td>Ø Mn <td>Mu <td>Cumple</td> </td></td></td></td></td></td>	Ø var <td>A var <td># var <td>As corregido</td> <td>a <td>Ø Mn <td>Mu <td>Cumple</td> </td></td></td></td></td>	A var <td># var <td>As corregido</td> <td>a <td>Ø Mn <td>Mu <td>Cumple</td> </td></td></td></td>	# var <td>As corregido</td> <td>a <td>Ø Mn <td>Mu <td>Cumple</td> </td></td></td>	As corregido	a <td>Ø Mn <td>Mu <td>Cumple</td> </td></td>	Ø Mn <td>Mu <td>Cumple</td> </td>	Mu <td>Cumple</td>	Cumple
-	Acero	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	-	[mm ²]	[mm]	[kN*m]	[kN*m]	Ø Mn ≥ Mu
Y	Inferior	200	250	40	200	135	12	113	2	226	26	16	6.27	Sí

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Resultados de cortante

Tabla 3.29 Dimensión a cortante Viga

V grav	f'c	fy	b	h	rec	d	Ø var-long	Ln	V sism	Vu	Vc
kN	Mpa	Mpa	mm	mm	mm	mm	mm	m	kN	kN	kN
13.14	21	414	200	250	40	200	0	5	0.00	13.14	0
Vs	s max	s adop	Av min	Av req	Ø var	cant. req.	cant. Adop.	Av adop.	s central	l conf	s central adop
kN	mm	mm	mm ²	mm ²	mm	u	u	mm ²	mm	mm	mm
17.52	0	90	15.2	19.04	10	0.24	2	157.08	100	500	270

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2.2.10. Vigas secundarias segundo piso 20x20

Resultados a flexión

Tabla 3.30 Dimensión a flexión Viga secundaria

Eje	Posición	b	h	c	d	As min	Ø var	A var	# var	As corregido	a	Ø Mn	Mu	Cumple
-	Acero	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	-	[mm ²]	[mm]	[kN*m]	[kN*m]	Ø Mn ≥ Mu
Y	Superior	200	200	40	150	101	10	79	2	157	18	8	4.61	Si
Eje	Posición	b	h	c	d	As min	Ø var	A var	# var	As corregido	a	Ø Mn	Mu	Cumple
-	Acero	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm]	[mm ²]	-	[mm ²]	[mm]	[kN*m]	[kN*m]	Ø Mn ≥ Mu
Y	Inferior	200	200	40	150	101	14	154	1	154	18	8	6.31	Si

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Resultados de cortante

Tabla 3.31 Dimensión a cortante Viga secundaria

V grav	f'c	fy	b	h	rec	d	Φ var-long	Ln	V sism	Vu	Vc
kN	Mpa	Mpa	mm	mm	mm	mm	mm	m	kN	kN	kN
11.82	21	414	200	200	40	150	0	5	0.00	11.82	0
Vs	s max	s adop	Av min	Av req	Φ var	cant. req.	cant. Adop.	Av adop.	s central	l conf	s central adop
kN	mm	mm	mm ²	mm ²	mm	u	u	mm ²	mm	mm	mm
15.76	0	90	15.2	22.84	10	0.29	2	157.08	75	400	270

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

3.2.2.11. Losa nervada

Tabla 3.32 Resultados de cálculo manual

P1		
Verificacion diseño losa	NEC 4.2	
ql	0.7	kN/m2
longitud minima nervios	ACI 9.3	
Longitud max	3.75	m
refuerzo=	1	cm
recubrimiento vigueta=	2	cm
L/18,5	0.20	m
peralte	0.20	m
ancho minimo	0.1	m
verificacion 3,5b	VERDADERO	ACI 9.8.1.3
relación=	nervios*(b/b analizado)	
relación=	0.2	
densidadhormigon=	25	kN/m3
CARGAS PERMANENTES		
nervios=	$\gamma(h)*h$ vigueta*relacion	
nervios=	0.76	kN/m2
losa=	$\gamma(h)*$ espesor	
losa=	1.25	kN/m2
CARGAS VIVAS		
Cubierta=	0.7	kN/m2
COMBINACION CARGAS	1,2ql+1,6qd	
wu=	4.06	kN/m2
waproximado=	2.03	kN/m2
MOMENTOS POSITIVOS APROXIMADOS		
wuln2/11=	0.65	kN/m2
wuln2/16=	0.45	kN/m2
MENTOS NEGATIVOS APROXIMADOS		
(1)wuln2/10=	0.65	kN/m2
(2)wuln2/10=	0.65	kN/m2
CORTANTE		
Vu(+)=	6.12	kN/m
Vu(-)=	6.74	kN/m
DISEÑO		
d=	17.77	cm
$Vu < 0,5*\Phi*Vc$	FALSO	0.81
$\Phi*Vc = \Phi*0,53*\sqrt{f_c}*b*d$	9.94	kN
$1,1*\Phi*Vc =$	10.93	kN
$0,5*\Phi*Vc =$	5.47	kN

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

El diseño de losas fue elaborado en base a la normativa ACI, donde mediante un predimensionamiento acompañado con el cálculo estructural sometido a momentos y

cargas aplicadas por medio del software empleado se obtuvo la validación su correcto funcionamiento.

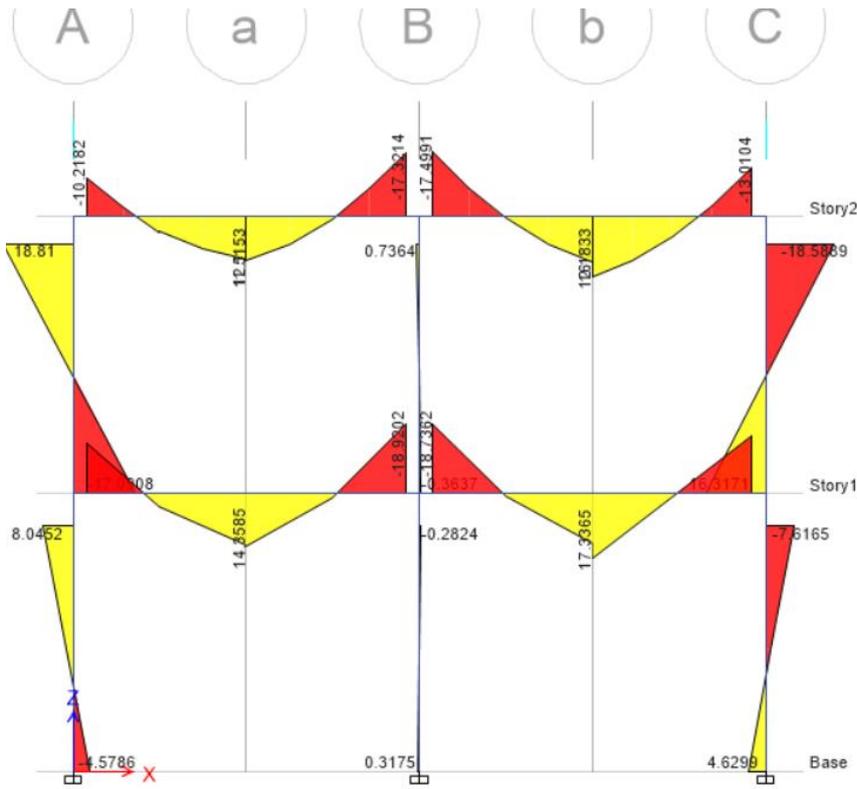


Figura 3.63 Diagrama de momentos lasas

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Diagrama de momentos aplicados en la losa.

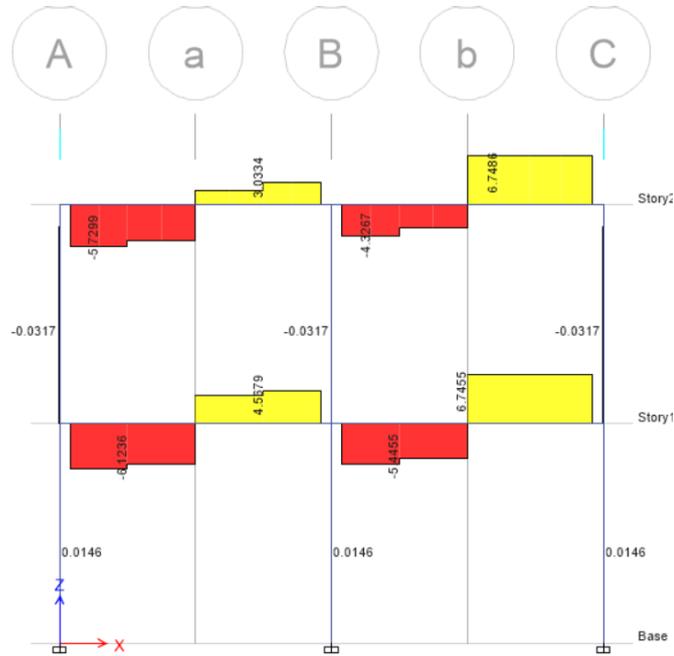


Figura 3.64 Diagrama a cortante de Losas

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Momentos resultados de las figuras 3.57

Tabla 3.33 Momentos en Losa

PISO 2				UNIDADES
M-	10.21	17.32	13.01	[KN*m]
M+	12.51	12.1		[KN*m]
PISO 1				UNIDADES
M-	17.09	18.92	16.31	[KN*m]
M+	14.35	17.33		[KN*m]

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

$$d = 17.5 \text{ cm}$$

Cálculos de As

$$A_s = \frac{Mu}{0.9 * 0.9 * f_y * d} = 0.73cm^2$$

Cortantes obtenidos de la figura 3-58

Tabla 3.34 Valores de Cortante en losa

PISO 2				
Vu	5.72	4.32	6.74	[KN]
PISO 1				
Vu	6.12	6.74	6.72	[KN]

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Para los diámetros mayores de As- y As+ se emplea diámetro de varilla de 12 mm en el piso 2 y 12 mm en el piso 1.

Para diseño a flexión:

$$\rho_b = \frac{\beta_1 * 0.85 * f'_c}{f_y} * \left(\frac{0.003}{0.003 + \frac{f_y}{E_s}} \right) = 0.036$$

$$\rho_{min} = \max \left(0.8 * \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y}, \frac{14}{f_y} \right) = 0.003$$

$$\rho_{max} = 0.75 * \rho_b = 0.027$$

Diseño por retracción y temperatura

$$\rho_{min} = 0.0018 * \frac{f'_c}{f_y} = 0.0009$$

$$A_{st} = \rho_{min} * b * h = 0.023$$

Malla de Ø8c/20cm

3.2.2.12. Diseño de escalera.

Para el diseño de la escalera se empleó la normativa NTE INEN 2249, de donde se obtuvo las bases para el dimensionamiento, mientras que para la parte estructural se empleó la ACI para cálculo de varillas.

Tramo 1

$$\text{Capacidad portante del suelo: } 1.82 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$rec = 2\text{cm}$$

Factores de reducción de flexión y corte 0.9 y 0.85

Datos geométricos

Longitud contra piso C_p : 0.16m

Longitud de paso $P=0.30\text{m}$

Ancho de la escalera $b=1\text{m}$

Longitud a caras de los apoyos $L_n=2.46\text{m}$

Longitud de descanso a eje $L_1=1.9\text{m}$

Longitud de tramo inclinado $L_2=0.8\text{m}$

Longitud total de análisis $L=2.7\text{m}$

Ángulo de inclinación

$$\theta := \arccos\left(\frac{P}{\sqrt{P^2 + C_p^2}}\right) = 0.49$$

Cálculos de cortantes y momentos

$$W_u = 1644 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$W_{u2} = 1180 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Reacciones

$$R_b = \frac{W_{u1} * \left(\frac{L_1^2}{2}\right) + W_{u2} * L_2 \left(\frac{L_2}{2} + L_1\right)}{L_1 + L_2} = 1903\text{kg}$$

$$R_a = (W_{u1} * L_1 + W_{u2} * L_2) - R_b = 2164 \text{ kg}$$

Momentos flectores

$$M1(x) := Ra \cdot x - Wu1 \cdot \left(\frac{x^2}{2}\right)$$

$$M2(x) := Ra \cdot x - Wu1 \cdot L1 \cdot \left(x - \frac{L1}{2}\right) - Wu2 \cdot \frac{(x - L1)^2}{2}$$

$$Mmax = 2235kg * m$$

Momento positivo diseño

$$\alpha = 0.9 \text{ Viga aperaltada}$$

$$Mdiseño = 0.9 * Mmax = 2012kg * m$$

Momento negativo de diseño

$$Mnegativo = 0.5 * Mdiseño = 1006 kg * m$$

Acero de refuerzo

Diametro de varilla: 12mm

$$A = 1.131cm^2$$

Peralte efectivo

$$d = t - rec - \frac{12mm}{2} = 0.124 m$$

Asmin

$$Asmin = 0.0018 * b * d = 2.23 cm^2$$

Refuerzos positivo

Se escoge una varilla de 14 mm con área de:

$$Avar: 1.53 cm^2$$

$$As1 = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} = 5.11cm^2$$

Separación

$$S = \frac{b - 2rec - 14mm}{\frac{5.11cm^2}{1.53}} = 0.285m$$

Cada 30 cm

Refuerzo negativo

Se escoge una varilla de 10 mm con área de:

$$Avar: 0.785 cm^2$$

Separación

$$S = \frac{b - 2rec - 10mm}{\frac{2.23 \text{ cm}^2}{0.785}} = 0.33m$$

Cada 35cm

Cálculo de retracción por temperatura

$$Ast = 0.0018 * 100cm * t = 2.7cm^2$$

$$S = \frac{0.50cm^2}{Ast} = 0.185m$$

Malla de 8x20cm

Verificación al cortante

Cortante concreto

$$Vc = 0.9 - 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d = 8640kg$$

Cortante actuante

$$Vud = Wu1 * \frac{L}{2} - Wu1 * d = 2014kg$$

$$V'ud = Vud * \cos(\theta) = 1777 \text{ kg}$$

Cortante nominal

$$Vn = \frac{V'ud}{0.9} = 1974 \text{ kg}$$

$Vc > Vn$ cumple.

Presión producida

$$Pdv = 1102 \frac{kg}{m}$$

$$Pt = Pdv(L1 + L2) = 2975kg$$

$$Ancho = 0.42m$$

$$Area = Ancho * b = 0.42 \text{ m}^2$$

$$Pr = \frac{Pt}{Area} = 0.708 \frac{kg}{cm^2}$$

3.3. Especificaciones técnicas

3.3.1. Normativas y códigos empleados

El proceso del diseño de la nave industrial propuesta se determinó en base a las siguientes normativas y códigos:

- “Cargas (No Sísmicas)” del código NEC-SE-CG
- “Peligro Sísmico-Diseño Sismo Resistente” del código NEC-SE-CG
- “Geotecnia y Cimentaciones” del código NEC-SE-GC:
- “Estructuras de Hormigón Armado” del código NEC-SE-HM
- “Estructuras de Acero” del código NEC-SE-AC

3.3.2. Elementos de hormigón armado

- Los recubrimientos según los elementos son los siguientes:
 - Para vigas, columnas y losas: rec= 4 cm
 - Para zapatas: 7.5 cm
- El acero de refuerzo corrugado tiene un esfuerzo de fluencia de $F_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$
- La resistencia a la compresión del hormigón se detalla según los siguientes elementos:
 - Para las zapatas, vigas, losas y columnas: $F'c = 210 \frac{kg}{cm^2}$
 - Para el replantillo de 5 cm de espesor: $F'c = 140 \frac{kg}{cm^2}$
- La soldadura de los elementos se procederá tipo como tipo filete.
- Los diámetros de los aceros de refuerzo se encuentran enlistados:
 - Barras longitudinales de 22mm de diámetro para las zapatas.

- Barras longitudinales de 18mm de diámetro para las vigas, columnas y losas.
- Estribos de 10mm para todos los elementos de hormigón armado.

Dicho hacer antes mencionado necesita pasar por verificaciones como:

- El diámetro interior de la barra longitudinal de 3/8" a 5/8" no puede ser menor a 6 veces el diámetro de la barra y si el diámetro está entre 1/8" a 3/8", no debe ser menor a 8 veces el diámetro de la barra. NEC. (2015).
- Ensayos de tracción en laboratorio de acuerdo la norma ASTM.

3.3.3. Estructura de acero estructural

Las secciones seleccionadas en el catálogo de IPAC y DIPAC, cumplirán con las normas internacionales ANSI y ASTM.

Los aceros de los perfiles se detallan de la siguiente manera:

- Para las correas se utilizó con un acero A36 conformado en frío.
- Para las vigas metálicas se tomó un acero A50 laminado en caliente, así como para los tubos rectangulares utilizados como tensores.
- Los pernos de la placa de anclaje cumplen con la norma ASTM A325.
- La cubierta se conforma por una chapa ondulada de acero galvanizado de 0.5mm.
- Los electrodos implementados en la producción para la cubierta metálica son E-6011 con la finalidad de tener un acabado agradable a la vista del usuario dado su uso será en ambiente abierto.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Descripción del proyecto

Este proyecto se basa en el diseño estructural de una nave industrial para una fábrica de bloque, por medio de herramientas digitales que permiten dimensionar y evaluar las características de este, estas actividades no tienen influencia directa sobre el medio ambiente. No obstante, el considerar impactos ambientales del tipo de material y sus cantidades beneficiará a la disminución de afectación ambiental en procesos constructivos y de mantenimiento alineándonos así con el objetivo de desarrollo sostenible 9 “Industria, Innovación e Infraestructura”, que fomenta la evolución de las infraestructuras resilientes, sostenibles e inclusivas además de la generación de empleo, lo cual nuestro proyecto presenta un papel significativo para el apoyo a este objetivo, dado los siguientes puntos:

- La construcción de naves industriales juega un papel fundamental en actividades como producción, almacenamiento y distribución de productos. Planificándolo y diseñándolo de manera sostenible, fomenta una producción más eficiente y respetuosa con el medio ambiente, generando un entorno ideal para impulsar el crecimiento económico y competitividad de las empresas.
- Las infraestructuras resilientes son capaces de resistir y recuperarse frente a desastres naturales o situaciones extremas. La incorporación de tecnologías y materiales apropiados a la zona ayudan a reducir riesgos y mínimos daños potenciales, garantizando la continuidad de las operaciones industriales incluso en circunstancias adversas.



Figura 4.1. Objetivo de Desarrollo 9

Fuente: Org. (2015)

4.2. Línea base ambiental

La ubicación geográfica destinada al proyecto no involucra afectaciones en flora y fauna del sector, ya que se usaba anteriormente para producción de maíz. Dentro del terreno existe una vertiente de agua que se hace presente solo en temporada invernal, en este sector no existe presencia de animales y plantas silvestres a consecuencia de la agricultura en todo el sector.

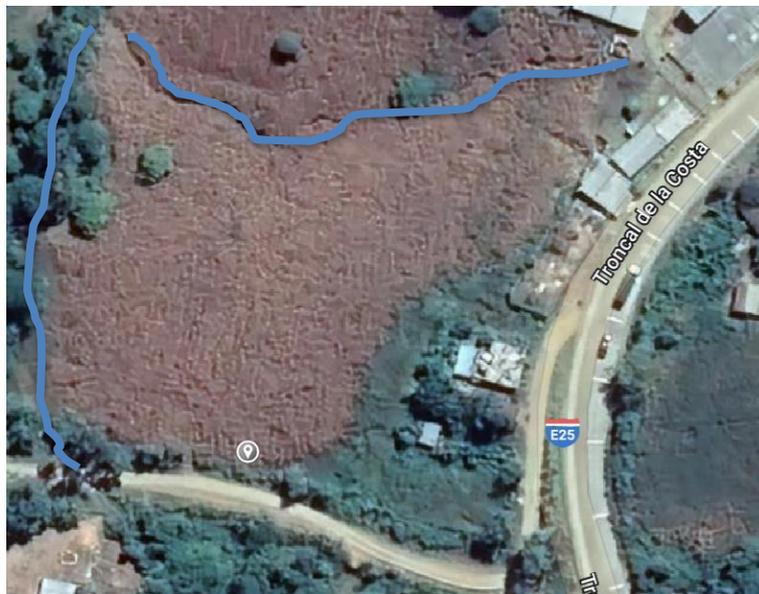


Figura 4.2. Vista satelital de presencia de cuerpo de agua

FUENTE: Google earth (2023)

4.3. Actividades del proyecto

La nave industrial será destinada al almacenamiento de material volcánico como lo es el chasqui, polvo volcánico y arena, para la fabricación de bloques, donde además se considera el uso de agua y cemento. Tanto los materiales como el proceso de fabricación si generan impactos ambientales, por lo que contar con un espacio donde sea correctamente manipulados disminuirá el desperdicio, y generación de productos tóxicos.

Las actividades involucradas son detalladas a continuación en sus distintas fases:

- Fase Constructiva:
 - Movimiento de tierra: envuelve la excavación y acarreo del material natural en sitio, disminuyendo las áreas verdes de la zona, afectando el aire limpio alrededor.
 - Hormigonado de elementos armados: Tanto como las maquinarias que se utilizan para la movilización, mezcla y vertido del hormigón, como el proceso de su elaboración; generan dióxido de carbono al ambiente como lo es la acumulación de desperdicios.
 - Soldadura de elementos de acero: Generan restos de escoria, sin embargo, dependiendo del proceso de soldadura, como es al aire libre, se necesita un soldador calificado que no genere tantos gases dañinos.
 - Acabados (Pintura): Los químicos utilizados en la pintura, generan una contaminación al aire.
- Fase Operativa:
 - Producción del bloque: Involucra distintas áreas de la contaminación, como lo es de forma auditiva por el ruido de las máquinas; al aire por los escombros generados en el proceso.
- Fase Cierre:
 - Desmantelamiento de la estructura: Utilización de maquinaria pesada para desarmar la estructura y la generación de desperdicios de materiales con una vida útil corta.

4.4. Identificación de impactos ambientales

Tabla 4.1. Identificación de impactos cualitativos de acuerdo con las fases del proyecto

Fase	Labor	Acción
Construcción	Movimiento de tierra	Limpieza y desbroce del terreno excavación Relleno de material de mejoramiento y compactación.
	Hormigonado de columna y muros	Generación de escombros de mezcla de hormigón, restos de metal
	Soldadura	Restos de escoria
	Pintura	Contaminación al aire
Operación	Producción de bloque	Generación de ruido, contaminación aérea por los materiales
Abandono	Desmantelamiento de estructura	Reciclaje de piezas estructurales

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

4.5. Valoración de impactos ambientales

De acuerdo con la categorización ambiental nacional CCAN (2015) la construcción de este proyecto se encuentra en categoría IV, impactos altos. Al encontrarse en esta categoría la construcción de este proyecto deberá ser regularizada a través de la licencia ambiental por medio de la SUIA.

Tabla 4.2 Categorización de SUIA

23.3.3	Construcción de edificios no residenciales	
23.3.3.1	Construcción y/o operación de centros comerciales y edificios institucionales	II
23.3.3.2	Construcción de parques industriales	IV
23.3.3.3	Construcción de ecoparques industriales	II

FUENTE: (CCAN, 2015)

De acuerdo con un análisis cualitativo de (LOPEZ, 2013) se obtuvo un valor IT, valor de impacto para cada caso de acción de contaminación de la siguiente tabla:

Tabla 4.3. Valoración Cualitativa de impacto ambiental

Acción		Limpieza y desbroce del terreno excavación relleno de material de mejoramiento y compactación	Generación de escombros de mezcla de hormigón, restos de metal	Restos de escoria	Contaminación al aire	Generación de ruido	Contaminación aérea por los materiales	Reciclaje de piezas
Característica		Valor						
E	Extensión	1	5	5	5	5	5	5
D	Distribución	1	1	1	1	1	2	1
O	Oportunidad	2	2	2	1	2	2	1
T	Temporalidad	2	2	2	2	2	2	2
R	Reversible	2	2	2	2	2	2	1
S	Signo	1	1	1	1	1	1	-1
M	Magnitud	3	3	3	3	3	3	1
Índice total del impacto IT		18	26	26	24	26	36	-8

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Donde se evalúa mediante los siguientes parámetros el nivel de contaminación (LOPEZ, 2013):

$$IT = ((M \times T + O) + (E \times D)) \times R \times S \quad (4.1)$$

$E = Extensión (puntual(1), media(3), amplia(5))$

$D = Distribución(puntual(0.5), continua(1))$

$O = Oportunidad (oportunas(1), inoportunas(2))$

$T = Temporalidad (infrecuente(0.5), frecuente(1), permanente(2))$

$R = Reversibilidad (Reversible(1), Irreversible(2))$

$S = Signo(+, -)$

$M = Magnitud (baja (1), media(2), alta(3))$

El valor de IT se valora el impacto de acuerdo con:

(30-50) Critico

(15-30) Severo

(5-15) Moderado

(<5) Compatible

- **Extensión:**

- La limpieza a lo largo del proyecto resulta puntual dado que el terreno ya se encuentra limpio y nivelado, solo se deben limpiar las pocas malezas que aparecieron en los últimos meses. Recordando que el proyecto ocupa aproximadamente 1 hectárea. Así mismo se califica de acuerdo con los otros aspectos

- **Distribución:**

- Durante esta acción se involucra el tránsito de materiales, su camino para llegar a su uso determinado, por tal razón no genera mayor impacto.

- **Oportunidad:**

- La acción se define entra oportuna o inoportuna, sim embargo todas las actividades a evaluar fueron previamente planificadas por lo que son oportunas, sin embargo, un exceso de limpieza, de restes y demás, genera mayor impacto no planificado y resulta inoportuno.

- **Temporalidad:**

- La permanencia de las actividades a lo largo de los procedimientos constructivos es indispensable dado que cada uno genera lo mencionado, estarán presentes durante toda la obra.

- **Reversible:**

- El efecto al medio ambiente no tiene marcha atrás, lo único posible es compensarlo para que no tenga un impacto considerable y reemplazando con áreas verdes y ayuda al mismo.

- **Signo:**

- Se representa si el impacto al medio ambiente es positivo (mayor impacto) o negativo (menor impacto) sobre las acciones realizadas en obra.

- **Magnitud:**

- Indica si la magnitud de importancia es alta o baja, y al ser contaminantes al ambiente, se categorizan como de gran importancia la mayoría de las acciones.

4.6. Medidas de prevención/mitigación

Una vez analizados las acciones que generarán contaminación en la ejecución de este proyecto se plantea medidas de mitigación que permitan controlarlas.

Por lo cual se presenta el siguiente plan de manejo ambiental:

Tabla 4.4. PMA Plan de Manejo Ambiental

PMA PLAN DE MANEJO AMBIENTAL							
FACTOR AMBIENTAL	MEDIO SOCIO ECONOMICO. CALIDAD DE AIRE. PAISAJE.	MOMENTO DE APLICACIÓN	CONSTRUCCIÓN	ENTORNO	GENERAL	IMPORTANCIA	OBLIGATORIA
ACCION CONTAMINANTE		MEDIDAS PREVENTIVAS		MEDIDAS COMPESTORIAS		MEDIDAS CORRECTORAS	
GENERACIÓN DE ESCOMBROS DE MEZCLA DE HORMIGÓN, RESTOS DE METAL		Constante limpieza y recolección de los escombros.		Programas de Reciclaje dentro de la comunidad		Depositar escombros en contenedores de plástico impermeables, separarlos según su tipología	
EMISIÓN DE CO2		Optimizar el uso de maquinarias dentro de la obra para no generar CO2 en exceso		Implementación de áreas verdes alrededor del proyecto		Riego constante del los caminos que no esten pavimentados por donde transita la maquinaria	

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

El PMA de este proyecto se lo desarrolla para el momento de aplicación en la etapa constructiva ya que el diseño se elabora mediante cálculos y software, no obstante, su importancia es primordial para el impacto medioambiental. En la tabla 4.3 se detalla de acuerdo con la acción contaminante cada medida preventiva, compensatoria y correctora. De medidas mencionadas anteriormente se basaron en la actual situación de la locación del proyecto, se entiende que es una comunidad pequeña sin embargo se encuentra en crecimiento, dado esto, las medidas preventivas se limitan al trabajo dentro de la obra; recolectar constantemente los escombros como lo es optimizar el uso de maquinaria que emana CO₂, este último aparte de ayudar al medio ambiente, aporta al rendimiento de la obra. Las medidas compensatorias incluyen a la comunidad dentro y fuera de la obra, es por eso que a cambio del impacto ambiental causado, se realizarán

programas de reciclaje dentro de la misma, como lo es la implementación de áreas verdes también, Dado que el daño de todas formas estará causado, para corregirlo dentro del proceso se determinaron medidas correctoras, tales como la distinción de escombros según su tipología para aprovechar los futuros usos que se puedan dar y el riego constante de las zonas que no se encuentran pavimentadas en las que pasan las maquinarias, para así evitar las nubes de polvo agresivas.

Este plan se realiza en cuanto al impacto que puede tener en el medio socio económico, la calidad de aire y paisaje de la zona en la cual se construirá este proyecto, donde se estima que debe ser obligatoria su aplicación y seguimiento.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1. Estructura Desglosada de Trabajo

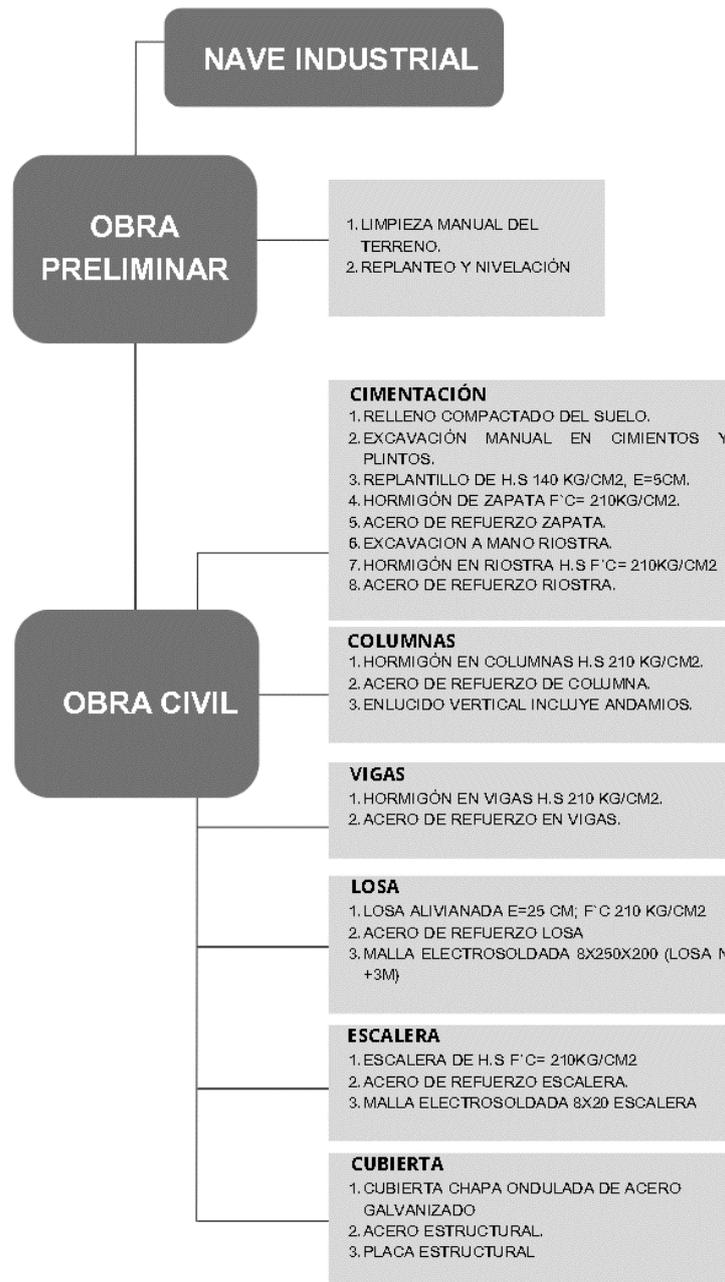


Figura 5.1 Estructura Desglosada de Trabajo

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

5.2. Rubros y análisis de precios unitarios (fusión)

5.2.1. Rubro

5.2.1.1. Obras Preliminares

- i. Limpieza manual del terreno.

Este rubro se refiere a la limpieza de forma manual de los peones del terreno a construir, quitar restos de sembríos de maíz en la zona, etc.

- ii. Replanteo y nivelación con equipo topográfico.

En este rubro se incluye a un topógrafo calificado con sus respectivos equipos, tales como el teodolito, estación total, y su equipo de fotografía.

5.2.1.2. Obra Civil

- a. Cimentación

En esta sección se especifican las siguientes actividades:

- i. Relleno compactado con suelo natural

Se concentra en mejorar las condiciones del terreno utilizando su mismo suelo, compartiendo sus características, incluye el uso de retroexcavadora, camiones, etc.

- ii. Excavación manual en cimientos y plintos

Los peones se encargan de excavar sin hacer uso de maquinarias específicamente en la zona de la cimentación, manteniendo las condiciones de seguridad necesarias.

- iii. Replanteo de H.S 140 kg/cm², e=5cm.

Se vierte el hormigón para generar una base geométricamente estable.

- iv. Acero de refuerzo zapata

Se realiza el armado de las zapatas en conjunto con su encofrado tomando en cuenta los traslapes señalados en los planos.

- v. Hormigón de zapata $f'c=210$ kg/cm²

Se tiene mayor cuidado con el vibrador durante el vertido del hormigón, sin tocar el acero de refuerzo.

vi. Excavación a mano riostra

Se deja el espacio a lo largo de la nave, excavando para las riostras tanto longitudinales como transversales.

vii. Acero de refuerzo en riostra

Se suministra el acero de refuerzo y se trata de tener amarrados los estribos a parte para luego solo colocarlo en el encofrado y así optimizar tiempo.

viii. Hormigón en riostra H.S $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

Simular el vertido como el de una viga de cimentación.

b. Columna

i. Hormigón en columna $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

ii. Acero de refuerzo de columna

iii. Enlucido vertical incluye andamios

c. Vigas

i. Hormigón en vigas $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

ii. Acero de refuerzo en vigas

iii. Mampostería de bloque $e=20\text{cm}$. Mortero 1:6, $e=30\text{cm}$

d. Losa

i. Losa alivianada $e=25\text{cm}$ $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

ii. Acero de refuerzo losa

iii. Malla electrosoldada $8 \times 250 \times 200$ (losa $N+3.00\text{m}$)

e. Escalera

i. Escalera de H.S $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

ii. Acero de refuerzo escalera

iii. Malla electrosoldada $8 \text{ c}/20\text{cm}$

f. Cubierta

i. Paca estructural

Se descabezan las columnas 50 cm desde su cota de punta para abajo, para colocar la placa de anclaje empernada y a ella soldarle el mismo perfil estructural de las vigas metálicas para

poder garantizar el nudo rígido y que el comportamiento de la estructura se de en conjunto.

ii. Acero estructural

El montaje de todos los perfiles estructurales, empezando por las vigas metálicas soldadas al anclaje a la columna, seguido de las correas y por último los tensores.

iii. Cubierta chapa ondulada de acero galvanizado

Implementación de la cubierta que descansará sobre la estructura metálica garantizando la pendiente para descarga de aguas lluvias.

La secuencia de obra se detalla más adelante en el apartado de “Cronograma de Obra”. Se detallan las actividades del apartado de “Cimentación”, en las actividades posteriores como en las columnas, vigas, losa y escalera se toman en cuenta las mismas descripciones.

Se asume que el suministro de los distintos materiales se acelera debido a la mima bodega del cliente, dado que ellos distribuyen dichos materiales, por lo que no se toma en cuenta en el cálculo del rubro.

5.2.2. Análisis de Precios Unitarios

El análisis de precios unitarios se tomó en cuenta lo ofertado en el mercado, pero también lo disponible en la zona de trabajo, a continuación, se muestra un ejemplo, el APU completo se encuentra en anexos.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 1 de 25

Rubro:

1.2

Unidad: m2

Detalle: LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO

EQUIPOS					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Implementos de seguridad industrial (5% MO)					0.06480
Herramienta menor (5% MO)					0.06480
Subtotal M					0.12960
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO H/U	COSTO
	A	B	C = A x B	R	D = C x R
Peón	1	4.05	4.05	0.32	1.29600
Subtotal N					1.29600
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal O					0.00000
TRANSPORTE					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		A	B	C = A x B	
Subtotal P					0.00000
					TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)
					1.42560
					INDIRECTOS 20 %
					0.28512
					UTILIDAD 10 %
					0.14256
					COSTO TOTAL DEL RUBRO
					1.85328
					VALOR OFERTADO
					1.85

Son: UN dólar con OCHENTA Y CINCO centavos

5.3. Descripción de cantidades de obra

La cuantificación de los rubros se realizó por medio del software Revit, este presenta tablas con valores de acuerdo con el tipo material según sea el caso; longitud en metros, área en metros cuadrados o volumen en metros cúbicos.

<Tipos de Vigas N+3.00>			
A	B	C	D
Nivel de Referencia	Tipo	Longitud	Cantidad
Nivel 1	HSS 40X80X3	5.19	1
Nivel 1	HSS 40X80X3	5.06	1
Nivel 1	VIGA10X20	4.61	1
Nivel 1	VIGA10X20	4.61	1
Nivel 1	VIGA10X20	4.61	1
Nivel 1	VIGA10X20	4.61	1
Nivel 1	VIGA10X20	4.61	1
Nivel 1	VIGA10X20	4.61	1
Nivel 1	VIGA10X20	4.54	1
Nivel 1	VIGA10X20	4.61	1
Nivel 1	VIGA10X20	2.58	1
Nivel 1	VIGA10X20	2.58	1
Nivel 1	VIGA10X20	4.61	1
Nivel 1	VIGA10X20	4.61	1
V1			
Nivel 1	VIGA35X25	4.58	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.58	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.58	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.58	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.58	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.58	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.58	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.58	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.58	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.58	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.58	1
V2			
Nivel 1	VIGA35X25	4.66	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.66	1
Nivel 1	VIGA35X25	4.66	1
V3			
Nivel 1	VIGA35X25	7.40	1
Nivel 1	VIGA35X25	7.60	1
VS			
Nivel 1	VIGA25X20	4.66	1
Nivel 1	VIGA25X20	4.66	1

Figura 5.2 Dimensiones de elementos.

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Para la cuantificación de cantidad de acero empleado por elemento se realizó planilla de hierros.

Tabla 5.1 Planilla de hierros de vigas

Marca	Diámetro (mm)	Tipo	Cantidad	Dimensión						Long. Parc.	Long. Total	Peso Unit. (kg / m)	Peso total (kg)
				a	b	c	d	e	gs				
V1	16		72	5.34	0.25	0.25	0	0	0	5.84	420.48	1.58	664.36
E1	10		576	0.17	0.17	0.27	0.27	0.14	0	1.02	587.52	0.62	364.26

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

Donde se especifica la cantidad, el diámetro de la varilla, sus longitudes sumadas, el peso unitario, obteniendo un peso total en kilogramos. Se debe considerar los pesos unitarios de acuerdo con el diámetro de la varilla ya que se verá reflejado en el costo unitario por kilogramo, como se muestra en la figura 5-3 donde se presenta la planilla de hierros de las vigas y sus estribos.

5.4. Valoración integral del costo del proyecto

Tabla 5.2 Valoración integral del costo del proyecto

PROYECTO	NAVE INDUSTRIAL B&Z				
UBICACIÓN	PINDAL-LOJA				
FECHA	18/8/2023				
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	OBRA PRELIMINAR				
1.2	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	875	1.85	1618.75
1.3	REPLANTEO y NIVELACION con EQUIPO TOPOGRAFICO	m2	875	2.96	2590.00
2	OBRA CIVIL				
2.1	CIMENTACIÓN				
2.1.1	RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	m3	1575	11.72	18459.00
2.1.2	EXCAVACIÓN MANUAL EN CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	84	15.13	1270.92
2.1.3	REPLANTILLO DE H.S 140 Kg/CM2, e=5cm	m3	4.2	179.31	753.10
2.1.4	HORMIGÓN DE ZAPATA F'c= 210kg/cm2	m3	29.4	341.74	10047.16
2.1.5	ACERO DE REFUERZO ZAPATA	kg	67.26	2.13	143.26
2.1.6	EXCAVACION A MANO RIOSTRA	m3	14.08	9.79	137.84
2.1.7	HORMIGÓN EN RIOSTRA H.S f'c= 210Kg/cm2	m3	14.08	232.78	3277.54
2.1.8	ACERO DE REFUERZO RIOSTRA	kg	1813.75	2.13	3863.29
2.2	COLUMNNA				
2.2.1	HORMIGÓN EN COLUMNAS H.S 210 Kg/cm2	m3	23.67	297.27	7036.38
2.2.2	ACERO DE REFUERZO DE COLUMNA	kg	2418.84	2.13	5152.13
2.2.3	ENLUCIDO VERTICAL INCLUYE ANDAMIOS	m2	314.74	14.07	4428.39
2.3	VIGAS				
2.3.1	HORMIGÓN EN VIGAS H.S 210 Kg/cm2	m3	8.2	273.87	2245.73
2.3.2	ACERO DE REFUERZO EN VIGAS	kg	1201.02	2.13	2558.17
2.3.3	MAMPOSTERIA DE BLOQUE e = 20 cm. MORTERO 1:6, e = 3.0 cm.	m2	288	21.50	6192.00
2.4	LOSA				
2.4.1	LOSA ALIVIANADA e=25 cm; f'c 210 kg/cm2	m2	63.84	46.45	2965.37
2.4.2	ACERO DE REFUERZO LOSA	kg	409.94	2.13	873.17
2.4.3	MALLA ELECTROSOLDADA 8x250X200 (losa N +3m)	m2	54.85	11.44	627.48
2.5	ESCALERA				
2.5.1	ESCALERA DE H.S f'c= 210Kg/cm2	m3	4.18	228.43	954.84
2.5.2	ACERO DE REFUERZO ESCALERA	kg	83.24	2.13	177.30
2.5.3	MALLA ELECTROSOLDADA 8x20 ESCALERA	m2	9	11.44	102.96
2.6	CUBIERTA				
2.6.1	CUBIERTA CHAPA ONDULADA DE ACERO GALVANIZADO	m2	1162.99	17.77	20666.33
2.6.2	ACERO ESTRUCTURAL.	kg	7645.6	3.62	27677.07
2.6.3	PLACA ESTRUCTURAL	kg	60.43	81.55	4928.07
Total USD \$					128746.25

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

5.5. Cronograma de obra

Los tiempos estimados fueron decididos en conjunto con el cliente según su necesidad y viabilidad; realizado en Microsoft Project, herramienta para generar cronogramas y realizar seguimiento del mismo.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Nombres de los recursos
Nave Industrial para Ferreteria B&Z	292.61 días	octubre 17 2023	noviembre 28 2024		
Inicio del Proyecto	0 días	octubre 17 2023	octubre 17 2023		
OBRA PRELIMINAR	50.31 días	octubre 17 2023	diciembre 26 2023		Transporte
LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	35 días	octubre 17 2023	diciembre 4 2023		Peón; Herramienta menor[0.2]; Impleme
REPLANTEO Y NIVELACION con EQUIPO TOPOGRAFICO	15.31 días	diciembre 5 2023	diciembre 26 2023	4	Cadenero; TOPOGRAFO 2: titulo exper mayor a 5 años (Estr. Oc.
OBRA CIVIL	242.3 días	diciembre 26 2023	noviembre 28 2024		Transporte
RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	131.91 días	diciembre 26 2023	junio 27 2024	5	Agua[47.25 m3]; Maestro mayor en ejecución de obras
EXCAVACIÓN MANUAL EN CIMIENTOS Y PLINTOS	10.5 días	junio 27 2024	julio 11 2024	7	Maestro mayor en ejecución de obras civiles[0.1]; Peón[2.5]; Herramienta
REPLANTILLO DE H. S 140 Kg/CM2, e=	0.66 días	julio 11 2024	julio 12 2024	8	Agua[1.01 m3]; Arena gruesa[2.73 m3];
HORMIGÓN DE ZAPATA F'c= 210kg/c	7.28 días	julio 12 2024	julio 23 2024	9	Aditivo plastocrete 161 HE[32.34 kg]; A
ACERO DE REFUERZO ZAPATA	0.34 días	julio 23 2024	julio 23 2024	10	Acero de refuerzo[70.62 kg]; Alambre g
EXCAVACION A MANO RIOSTRA	1.41 días	julio 24 2024	julio 25 2024	11	Maestro mayor en ejecución de obras c
HORMIGÓN EN RIOSTRA H. S f'c= 210Kg/cm2	0.88 días	julio 25 2024	julio 26 2024	12	Agua[3.1 m3]; Arena gruesa[9.15 m3]; Cemento[5,075.84
ACERO DE REFUERZO RIOSTRA	9.07 días	julio 26 2024	agosto 8 2024	13	Acero de refuerzo[1,904.44 kg]; Alambre
HORMIGÓN EN COLUMNAS H. S 210 Kg/cm2	3.64 días	agosto 28 2024	septiembre 2 2024	16	Agua[5.21 m3]; Arena gruesa[15.39 m3]; Cemento[8,533.04
ACERO DE REFUERZO DE COLUMNA	13.77 días	agosto 8 2024	agosto 28 2024	14	Acero de refuerzo[2,890.92 kg]; Alambre
ENLUCIDO VERTICAL INCLUYE ANDAMIOS	25.18 días	agosto 28 2024	octubre 2 2024	16	Agua[2.2 m3]; Arena[8.56 m3]; Cementina (saco=25 kg)[904.88
HORMIGÓN EN VIGAS H. S 210 Kg/cm	1.26 días	septiembre 16 2024	septiembre 18 2024	19	Agua[1.8 m3]; Arena gruesa[5.33 m3]; C
ACERO DE REFUERZO EN VIGAS	10.03 días	septiembre 2 2024	septiembre 16 2024	15	Acero de refuerzo[2,106.22 kg]; Alambre
MAMPOSTERIA DE BLOQUE e = 20 cm. MORTERO 1:6, e = 3.0 cm.	19.08 días	septiembre 18 2024	octubre 15 2024	18	Agua[2.88 m3]; Arena[10.94 m3]; Bloque pesado de
LOSA ALIVIANADA e=25 cm; f'c 210 kg/cm2	1.28 días	septiembre 19 2024	septiembre 20 2024	23	Aditivo plastocrete 161 HE[255.36 kg]; Agua[1.47 m3]; Arena gruesa[3.96
ACERO DE REFUERZO	2.05 días	septiembre 16 2024	septiembre 18 2024	19	Acero de refuerzo[430.44 kg]; Alambre
MALLA ELECTROSOLDADA 8x250X200 (losa N +3m)	0.34 días	septiembre 18 2024	septiembre 19 2024	22	Alambre de amarre[0.55 kg]; Malla M 8 15 (6.25x2.40)[4.39
CUBIERTA CHAPA ONDULADA DE ACERO GALVANIZADO	31.98 días	octubre 15 2024	noviembre 28 2024	25	Arandelas de neopreno[3,488.97 u]; Pernos autopercantes
ACERO ESTRUCTURAL.	57.34 días	julio 26 2024	octubre 15 2024	13	Diluyente. [61.16 gl]; Esmalte[30.58 gl];
PLACA ESTRUCTURAL	0.45 días	julio 26 2024	julio 26 2024	13	Arandela[24.17 u]; Diluyente. [0.48 gl]; L
Fin del Proyecto	0 días	noviembre 28 2024	noviembre 28 2024	24	

Figura 5.3 Cronograma de Obra

Fuente: Baldeón, Zúñiga. (2023)

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Previo a diseñar una estructura se debe analizar el medio donde se desarrollará, la funcionalidad que tendrá, y la optimización de sus dimensiones siempre debe ser bajo las especificaciones técnicas establecidas en el país donde se ubicará el proyecto, puesto que estas darán la garantía del correcto comportamiento frente a posibles amenazas sísmicas.

En este proyecto se ha realizado el diseño estructural de la combinación de dos tipos de estructuras; hormigón estructural y estructura metálica. A través de predimensionamiento y diseño basado en las especificaciones técnicas se estableció las dimensiones de todos los elementos. Por medio de cálculos manuales se efectuó comprobaciones del correcto comportamiento de las estructuras con los valores obtenidos de momento y cortante que el software presentó al aplicar las diferentes combinaciones de carga.

La optimización del diseño de cada elemento se ve reflejado en el presupuesto donde se analiza la cantidad y tipo de material previamente definido. Acotando la importancia del efecto que tienen tanto los procesos constructivos y el tipo de material en el medio ambiente se seleccionó la alternativa menos nociva para la zona donde se construirá el proyecto, considerando factor ambiental, urbano y económico.

Se obtuvo un diseño de una Nave industrial eficiente en su comportamiento, resistencia, costo y el uso de recursos disponibles a nivel nacional para su construcción. Lo que facilitará al cliente en los procesos de fabricación, almacenamiento y distribución de bloques.

Cabe destacar el contraste de las alternativas para el diseño de la nave donde al proponer una cubierta de sección constante se consiguió emplear materiales menos volumétricos como lo son los perfiles IPE 180 con la misma resistencia frente a las cargas

permanentes y variables que afectarán a lo largo de su vida útil, dando como resultado un mejor comportamiento con una estructura más ligera.

Es importante resaltar las decisiones tomadas a lo largo del proyecto para poder enfrentar problemáticas en condiciones no ideales, como lo es la implementación del laminado IPE, las correas 2G como vigas metálicas solo generaban peso y no combatían el momento, sin embargo al cambiarlo por perfiles W, se confirmó que no existen en el mercado ecuatoriano, para abaratar costos y preservar la eficiencia de la estructura, se escogieron los perfiles IPE aun cuando no fueron la primera opción, pero si la más accesible.

Para la unión entre estructura metálica de la cubierta y hormigón estructural de las columnas de la nave se empleó placas de anclaje diseñadas para resistir los grandes momentos efectuados por la carga axial y distancia horizontal de la cubierta, se contempla el correcto funcionamiento de este diseño al trabajar como nudo rígido a una altura de 5 metros.

En cuanto al cálculo estructural de las dos plantas internas destinadas a oficinas de la nave se destaca un diseño que a luces de 5 metros entre columnas permitirá el máximo aprovechamiento de sus espacios. Esta presenta vigas a peraltadas, y losa nervada en una dirección capaces de resistir los momentos y efectos cortantes generados por la combinación envolvente de las cargas aplicadas.

Los diseños estructurales de solo estructura metálica ofrecen mayor rapidez de construcción, permiten edificar grandes obras con capacidad y resistencia similar al hormigón. No obstante, se debe considerar todos los factores que influirán en el progreso de la obra, desde el transporte hasta la calidad de mano de obra presentes en la zona, estos factores aumentarán el costo de construcción y pueden llegar a afectar el desarrollo y calidad de la obra. El trabajar con hormigón es más factible en este caso por facilidad de construcción, por la disposición de materiales en el sector y por la confiabilidad y confort del cliente constructor al emplear este tipo de material.

Frente a la síntesis de los resultados de investigación y calculo para edificación de este proyecto se puede concluir destacando la importancia del criterio del diseñador, al analizar todas las alternativas disponibles permitirá obtener la mejor opción en cada proceso, desde la selección de materiales hasta los métodos constructivos.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar mayor número de sesiones con el cliente involucrado para evitar cambios grandes en el diseño ya finalizando el proyecto; de esta manera se optimiza el tiempo y rendimiento de los diseñadores, así como la satisfacción final del cliente.
- Rigidizar la cubierta metálica con tensores o varillas, para que ayude a actuar como un solo cuerpo y reducir el periodo fundamental.
- Se recomienda verificar más alternativas con respecto al diseño de las losas en el edificio de oficinas, comparar los costos entre la losa nervada en una dirección con la de dos direcciones, teniendo en cuenta que la segunda opción reducirá el espesor de esta.
- Verificar con anterioridad los perfiles estructurales comercialmente cerca de la zona del proyecto, Pindal, Loja, esto minimizará costos y tiempos de suministros.
- Se recomienda adaptar los accesos a la nave industrial, dado que tendrá un uso fábrica de bloques, tanto el personal como los camiones de distribución de materiales deben contar con un acceso seguro a su zona laboral.
- Contrastar el uso de softwares de análisis estructural, enfocándose en su precisión y en si el usuario lo encuentra amigable, mejorando el rendimiento del diseñador.
- Practicar alternativas de anclaje entre elementos de hormigón armado y elementos de acero estructural, tomando en cuenta que también se pueden realizar camisas de fuerzas con placas metálicas alrededor del descabezado de la columna.
- Explorar más a fondo las nuevas tecnologías y estrategias sostenibles para reducir el consumo de energía y minimizar el impacto ambiental.

7. BIBLIOGRAFÍA

- CCAN. (2015). *CATEGORIZACIÓN AMBIENTAL NACIONAL*. LEY DE GESTION AMBIENTAL .
- DIPAC. (2023). *CATÁLOGO* .
- GAD PINDAL. (2014). *PROCESOS DE ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN PINDAL*. PINDAL.
- GONZALEZ, L. (Dirección). (2020). *Losa Maciza* [Película].
- INEN. (2016). *NORMA TECNICA ECUATORIANA*. QUITO: SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN .
- IPAC. (2023). *CATÁLAGO PRODUCTOS*.
- LOPEZ. (2013). VALORACION CUALITATIVA. *ESTUDIO Y EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL EN INGENIERÍA CIVIL*. CLUB UNIVERSITARIO: ALICANTE.
- McCormac. (DICIEMBRE de 2012). *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO*. (QUINTA EDICIÓN). (I. Pearson Education, Ed.) México, D.F., MEXICO.
- Montemayor, F. &. (2007). *Proyecto y Construcción de Galpones Modulares*. Caracas: Sidetur.
- NASA POWER. (2021). Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- NEC. (2014). *ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO*. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- NEC. (2015). *Cargas no Sísmicas*. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- NEC. (2015). *Cargas Sísmicas*. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- NEC. (2015). *Estructuras de Acero*. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- NEC. (2015). *Estructuras de Hormigón Armado*. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- NEC. (2015). *Geotecnica y Cimentaciones*. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- NEC. (2015). Peligro Sísmico. En NEC. Quito: INEN.
- ONU. (17 de Septiembre de 2015). *ORG*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Zuñiga, M., Suarez, T., Ochoa, D., & Paredes, J. (2022). *Diseño de una nave industrial*. Guayaquil.

PLANOS Y ANEXOS