



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Proyecto de prefactibilidad enfocado en el diseño de estructuras metálicas  
en edificaciones de instituciones educativas**

**URIOLA ROBLES CARLOS VINICIO  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Proyecto de prefactibilidad enfocado en el diseño de estructuras  
metálicas en edificaciones de instituciones educativas**

**URIOLA ROBLES CARLOS VINICIO  
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROYECTOS TÉCNICOS**

**Proyecto de prefactibilidad enfocado en el diseño de estructuras  
metálicas en edificaciones de instituciones educativas**

**URIOLA ROBLES CARLOS VINICIO  
INGENIERO CIVIL**

**CAMPUZANO VERA FRESIA LUISANA**

**MACHALA  
2023**

# Seminario de Titulación II

*por* Carlos Uriola

---

**Fecha de entrega:** 28-feb-2024 08:04a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2305446481

**Nombre del archivo:** DOCUMENTO\_DE\_TESIS\_PARA\_REVISI\_N\_-\_CARLOS\_URIOLOA.docx (14.24M)

**Total de palabras:** 14895

**Total de caracteres:** 80801

# Seminario de Titulación II

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

10%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec">repositorio.ucsg.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://aprenderly.com">aprenderly.com</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://inmobiliariadja.files.wordpress.com">inmobiliariadja.files.wordpress.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://pdfslide.net">pdfslide.net</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://www.aisc.org">www.aisc.org</a> Fuente de Internet	1%
9	<a href="http://www.cimeg.org.ec">www.cimeg.org.ec</a> Fuente de Internet	1%

---

10	<b>Submitted to Escuela Politecnica Nacional</b> Trabajo del estudiante	1 %
11	<b>repositorio.utmachala.edu.ec</b> Fuente de Internet	1 %
12	<b>amevirtual.gob.ec</b> Fuente de Internet	1 %
13	<b>Submitted to Universidad Técnica de Machala</b> Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 70 words

Excluir bibliografía

Activo

## **CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL**

El que suscribe, URIOLA ROBLES CARLOS VINICIO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Proyecto de prefactibilidad enfocado en el diseño de estructuras metálicas en edificaciones de instituciones educativas, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



---

URIOLA ROBLES CARLOS VINICIO

1150860961

## **DEDICATORIA**

Cada meta con lleva un gran esfuerzo, y detrás de cada esfuerzo hay sacrificio y dedicación, por ello dedico este trabajo a mis padres, Leoncio y Gladis quienes son mi principal motivo para salir adelante. Su amor incondicional, y ejemplo de perseverancia ante diversas situaciones han iluminado mi camino en este largo viaje académico. A ellos les debo todo lo soy, he logrado y seguiré logrando.

A mis hermanos Lenny, Angel y Lariza que siempre me han demostrado su apoyo incondicional, por su paciencia, comprensión y ánimo en los momentos más difíciles demostrándome su apoyo incondicional en cada paso que he dado. A mi abuelita Irma por sus llamadas demostrándome siempre su apoyo y brindándome sabios consejos.

A mi fiel compañero de cuatro patas “Guti”, cuya lealtad y amor incondicional han llenado de alegría cada día de este viaje, por su compañía en todas mis desveladas siendo su presencia un bálsamo para el alma. A mi gran amigo Santiago que me apoyó con un recurso necesario e importante para poder realizar este trabajo como lo es su computador. A mis amigos que la Universidad me dejó Carolina, Marcos, Gloria y Jostin, cuya amistad ha sido un regalo invaluable en este viaje y un apoyo para sobrellevar momentos difíciles.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme, cuidarme y bendecirme en cada paso que doy, a la Virgen del Cisne por interceder siempre por mí y cubrirme bajo su manto protector.

A toda mi familia y a mis padres que son unos valientes y tomaron la decisión de ir a vivir a otra ciudad, otra provincia y empezar de cero para verme cumplir un objetivo que se plantearon, a mis hermanos en especial a mi hna Lenny que me ha brindado su apoyo emocional y económico para tener las herramientas necesarias para facilitar mi estudio.

A la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala, que con su planta de docentes llevaron mi formación académica y profesional, brindándome conocimiento en diferentes áreas de la ingeniería.

A mi tutora de tesis Arq. Luisana Campusano y al Ing. Paúl Añazco que me brindó recomendaciones técnicas que me ayudaron a tomar decisiones para lograr un adecuado diseño para este proyecto.

## **RESUMEN**

El presente proyecto lleva un enfoque para evaluación de la prefactibilidad en la implementación de estructuras metálicas en edificaciones para instituciones educativas, gracias a sus condiciones de resistencia, durabilidad y flexibilidad resultan altamente viables por su proceso constructivo. Los estudiantes se encuentran expuestos a condiciones climáticas adversas al realizar sus actividades recreativas o programas sociales, afectando a su educación, no se ha solucionado por falta de recursos para realizar la prefactibilidad del proyecto. En consecuencia, este trabajo tiene como objetivo elaborar un proyecto de prefactibilidad del diseño de una cubierta metálica mediante el análisis de su viabilidad técnica, económica y social. Para ello se brindarán recomendaciones basadas en las normas de diseño ANSI/AISC 360-22, ACI 318-19 y la NEC-15, de esta manera guiar en futuras decisiones para la construcción de estructuras metálicas sostenibles, como eficientes en centros educativos respaldado de un presupuesto inicial y planos constructivos, logrando mejorar las condiciones y ambiente escolar.

**Palabras clave:** Estructuras metálicas, galpón metálico, Instituciones educativas, diseño.

## **ABSTRACT**

This project takes an approach to evaluate the prefeasibility in the implementation of metal structures in buildings for educational institutions, thanks to its conditions of strength, durability and flexibility are highly viable for its construction process. Students are exposed to adverse weather conditions when carrying out their recreational activities or social programs, affecting their education, which has not been solved due to lack of resources to carry out the prefeasibility of the project. Consequently, the objective of this work is to elaborate a prefeasibility project for the design of a metal roof by analyzing its technical, economic and social feasibility. Recommendations based on ANSI/AISC 360-22, ACI 318-19 and NEC-15 design standards will be provided to guide future decisions for the construction of sustainable and efficient metallic structures in educational centers, supported by an initial budget and construction plans, thus improving school conditions and environment.

**Key words:** Metal structures, metal shed, educational institutions, design.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	3
CONTENIDO.....	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
INTRODUCCIÓN .....	12
1. CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
1.1. Antecedentes .....	13
1.1.1. Localización .....	13
1.1.2. Población.....	14
1.1.3. Clima.....	14
1.1.4. Precipitaciones.....	15
1.1.5. Suelos.....	16
1.1.6. Uso del Suelo.....	16
1.1.7. Amenazas Sísmicas.....	18
1.1.8. Educación.....	18
1.2. Descripción de la Situación problemática.....	19
1.3. Formulación del problema: preguntas científicas.....	19
1.4. Alcance del proyecto .....	19
1.5. Justificación .....	20
1.6. Objetivos:.....	21
1.6.1. Objetivo General: .....	21

1.6.2. Objetivos específicos: .....	21
2. CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO .....	21
2.1. Antecedentes contextuales .....	21
2.2. Antecedentes referenciales e históricos .....	23
2.3. Antecedentes Conceptuales.....	24
2.3.1. Cubiertas Metálicas.....	24
2.3.2. Tipos de estructuras metálicas .....	24
2.3.3. Tipos de perfiles de acero.....	25
2.3.4. Ventajas de estructuras de Acero .....	26
2.3.5. Desventajas de las estructuras de Acero.....	27
2.3.6. Zonificación sísmica. ....	28
2.3.7. Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico.....	29
2.3.8. Carga Muerta .....	30
2.3.9. Carga Viva.....	30
2.3.10. Carga por Viento.....	30
2.3.11. Cortante basal de diseño.....	32
2.3.12. Coeficientes de perfil de suelo $F_a$ , $F_d$ y $F_s$ .....	32
2.3.13. Categoría de edificio y coeficiente de importancia $I$ .....	34
2.3.14. Factor de reducción de resistencia sísmica $R$ . ....	35
2.3.15. Elementos Atiesados. ....	35
2.3.16. Conexiones Simples.....	40
2.3.17. Conexiones de Momento.....	41

2.3.18.	Conexiones por Soldaduras .....	41
3.	Capítulo III: Metodología .....	42
3.1.	Modalidad básica de la investigación .....	42
3.2.	Tipo de investigación.....	42
3.3.	Descripción de la población y muestra .....	42
3.3.1.	Población.....	42
3.3.2.	Muestra .....	43
3.3.3.	Métodos teórico o empíricos con los materiales utilizados .....	43
4.	CAPITULO 4: ANÁLISIS DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	44
4.1.	Pasos para el diseño de cubierta metálica .....	44
4.1.1.	Dimensionamiento del área de Implantación .....	44
4.1.3.	Pre-dimensionamiento de elementos estructurales .....	47
4.2.	Modelamiento de la estructura en SAP200 .....	60
4.3.	Diseño de Cimentación en SAFE .....	75
4.4.	Diseño de placa base en ANSYS .....	87
5.	CONCLUSIONES.....	91
6.	RECOMENDACIONES.....	92
7.	REFERENCIAS.....	93
	ANEXOS.....	97

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa base de Marcabelí .....	13
Ilustración 2: Mapa de ubicación Colegio Bachillerato Marcabelí.....	14
Ilustración 3: Mapa de temperaturas .....	15
Ilustración 4: Mapa de Ilustraciones .....	16
Ilustración 5: Mapa base Uso del suelo.....	17
Ilustración 6: Evolución del gasto y como porcentaje del PIB 2008-2017 .....	23
Ilustración 7: Ecuador, zonas sísmicas.....	28
Ilustración 8: Alma de sección armada .....	36
Ilustración 9. Soldadura Tope.....	41
Ilustración 10: Soldadura Filete.....	42
Ilustración 11 Implantación .....	44
Ilustración 12: Medidas de Elevación Pórtico .....	45
Ilustración 13: Área tributaria para columna .....	47
Ilustración 14: Área tributaria para Viga .....	50
Ilustración 15: Área tributaria para Correa .....	52
Ilustración 16: Espectro elástico de diseño en aceleraciones .....	59
Ilustración 17: Definición de Acero A-36 en SAP 2000 .....	61
Ilustración 18: Definición de Acero A-50 en SAP 2000 .....	62
Ilustración 19: Perfil circular de diámetro $D= 4 \frac{1}{2}$ in, con un espesor $e=5$ mm .....	63
Ilustración 20: Perfil circular de diámetro $D=3 \frac{1}{2}$ in con un espesor de $e= 5$ mm .....	63
Ilustración 21: Elemento tensor .....	64
Ilustración 22: Definición de Correa G125x50x15x2 .....	64
Ilustración 23: Definición de ejes y elevaciones de la estructura .....	65
Ilustración 24: Modelado del pórtico principal de la estructura .....	65

Ilustración 25. Arriostramiento añadido a la estructura .....	66
Ilustración 26: Vista 3D de la estructura en SAP 2000 .....	66
Ilustración 27: Definición del tipo de apoyo de la estructura .....	67
Ilustración 28: Definición de patrones de cargas .....	67
Ilustración 29: Definición de combinaciones de carga .....	68
Ilustración 30: Definición del espectro sismo de diseño .....	69
Ilustración 31: Asignación de carga sobreimpuesta .....	69
Ilustración 32: Asignación de carga viva .....	70
Ilustración 33. Asignación de carga por Viento caso Wind 1 .....	70
Ilustración 34: Asignación de carga por Viento caso Wind 2 .....	71
Ilustración 35: Desplazamiento vertical por Carga viva .....	71
Ilustración 36: Desplazamiento vertical por Peso Propio.....	72
Ilustración 37: Desplazamiento vertical por Carga Sobreimpuesta .....	72
Ilustración 38: Deriva elástica en la dirección al eje x.....	73
Ilustración 39: Deriva elástica en la dirección al eje Y .....	74
Ilustración 40: Resultado del diseño por resistencia .....	75
Ilustración 41: Exportar modelo a SAFE .....	77
Ilustración 42. Definición de dimensiones de zapata .....	77
Ilustración 43: Definición de dimensión de Riostra.....	78
Ilustración 44: Definición de dimensión de Pedestal .....	78
Ilustración 45: Modelado en SAFE.....	79
Ilustración 46: Vista 3D del Modelado en SAFE.....	79
Ilustración 47: Tipos de Cargas importadas de SAP 2000 .....	80
Ilustración 48: Definición de combinaciones de carga .....	80
Ilustración 49: Evaluación de Presiones de contacto Cimentación.....	81
Ilustración 50: Evaluación de deformaciones de Cimentación.....	81

Ilustración 51: Fuerzas Actuales en Zapatas.....	82
Ilustración 52: Diagrama de Momentos en Riostras .....	86
Ilustración 53: Diagrama de Fuerza Cortante en Riostras .....	86
Ilustración 54: Diagrama de Cortante y Momento.....	87
Ilustración 55: Modelado de placa base y Pedestal.....	89
Ilustración 56: Enmallado - Entorno de trabajo.....	90
Ilustración 57: Deformaciones placa base.....	90
Ilustración 58: Deformaciones Placa base y Pedestal .....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Temperatura promedio .....	15
Tabla 2: Precipitaciones .....	16
Tabla 3: Uso del Suelo .....	17
Tabla 4: Promedio de Estudiantes y docentes por cada año lectivo .....	19
Tabla 5: Valores del factor $Z$ .....	29
Tabla 6: Clasificación perfil de suelo.....	29
Tabla 7: Coeficiente de correlación .....	31
Tabla 8: Factor de Forma .....	31
Tabla 9: Coeficientes de exposición de presión de velocidad .....	32
Tabla 10: Factor de sitio $F_a$ .....	32
Tabla 11: Factores de sitio $F_d$ .....	33
Tabla 12: Factores de comportamiento inelástico del subsuelo $F_s$ .....	33
Tabla 13: Coeficiente de importancia.....	34
Tabla 14: Factores de reducción .....	35
Tabla 15: Elementos no rígidos .....	36
Tabla 16: Elementos rígidos .....	38
Tabla 17: Elementos rígidos .....	39
Tabla 18: Sobrecarga Steel Panel.....	46
Tabla 19: Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, $L0$ , y concentradas $P0$ .....	46
Tabla 20: Características y datos del perfil para Columna .....	47
Tabla 21: Características y datos del perfil para Viga .....	50
Tabla 22: Características y datos del perfil para Correa .....	52
Tabla 23: Datos para obtener presión del viento en Columna .....	54
Tabla 24: Datos para obtener presión del viento en Viga .....	56
Tabla 25: Datos para elaborar espectro Sísmico en Marcabelí .....	58
Tabla 26: Datos para diseño de Pedestal .....	75

Tabla 27: Datos del prediseño de zapata .....	82
Tabla 28: Resumen de comprobaciones - zapatas centrales .....	83
Tabla 29: Resumen de comprobaciones - zapatas laterales.....	84
Tabla 30: Datos para el diseño de placa base .....	87

## **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo se refiere a un Proyecto de Prefactibilidad enfocado en el diseño de estructuras metálicas en edificaciones de Instituciones Educativas. Desde una perspectiva técnica, la implementación de cubiertas metálicas representa una solución altamente viable y eficiente, por sus características de durabilidad (Vega-Ilaquiche et al., 2022). Debido a su capacidad para soportar cargas y proteger contra factores climáticos adversos, es vital para garantizar la continuidad de las actividades educativas y recreativas sin comprometer la seguridad ni el confort de los estudiantes.

La carencia de cubiertas metálicas impide que los estudiantes puedan participar en actividades al aire libre de manera constante, debido a las inclemencias del clima. La exposición excesiva al sol y lluvias limitan la participación de actividades recreativas y deportivas. Esta problemática se ve agravada por la reducción de presupuesto por parte del gobierno a la educación, esto genera una dificultad técnica, económica y social, que afecta a la experiencia educativa y bienestar de los estudiantes. Este proyecto busca la evaluación y propuesta de una solución técnica para la implementación de cubiertas metálicas en las canchas y áreas recreativas.

En este proyecto, se plantea la relación con la línea base de la zona de estudio. Esta relación resulta fundamental para evaluar la viabilidad del proyecto y para diseñar una estructura metálica adecuada y factible. En este capítulo, se presenta la formulación del problema junto con su correspondiente justificación, así como la definición de los objetivos. Sucesivamente, se centra en el análisis de los antecedentes contextuales, referenciales e históricos, respaldado por una fundamentación bibliográfica.

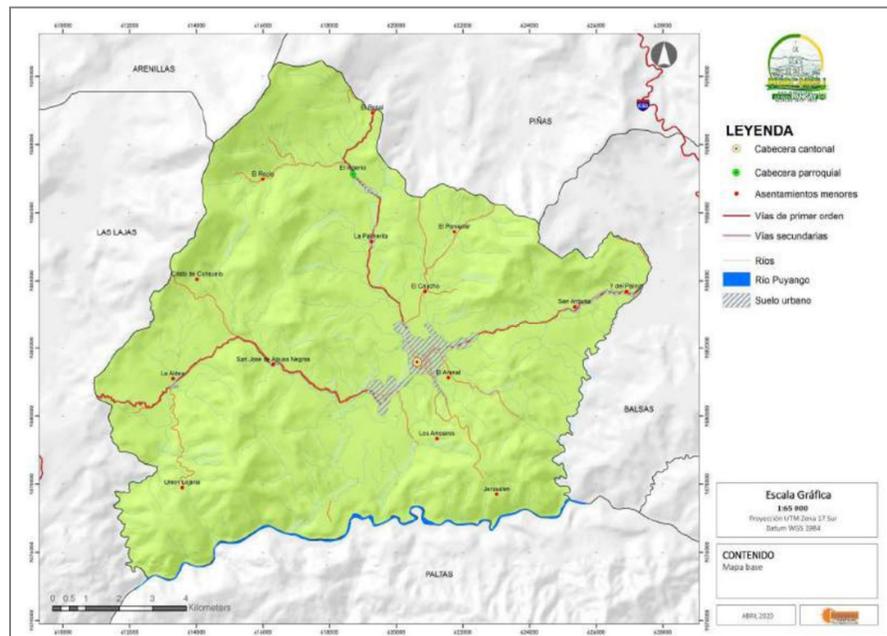
También se establece la modalidad del presente proyecto, logrando determinar la muestra y el área de estudio. Además, se incluyen criterios que aporten a la evaluación, el diseño y análisis de este. Finalmente, con la información obtenida siguiendo recomendaciones de las normas ANSI/AISC 360-22, ACI 318-19 y la NEC-15. Se procede al análisis de parámetros que ayudan a determinar la viabilidad de una cubierta metálica y presentar un diseño definitivo.

# 1. CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Antecedentes

### 1.1.1. Localización

El cantón Marcabelí, se ubica en la región sur de la República del Ecuador, pertenece a la provincia de El Oro, tiene una superficie de 24 785,37 ha, sus límites territoriales son: al norte con el Cantón Piñas y Cantón Arenillas, al sur con la Provincia de Loja delimitado por el río Puyango, al este con el Cantón Balsas delimitado por el curso del río Balsas hasta la quebrada La Esperanza, al oeste con el Cantón Las Lajas, en la ilustración 1 se puede observar el mapa base de ubicación, en la ilustración 2 se presenta el mapa de ubicación del Colegio Bachillerato Marcabelí, cuyas coordenadas son  $-3,7816873$  ;  $-79,9155914$ , ubicado en las Calles Angel R. Ramirez entre Calle 30 de septiembre de la Ciudad, en la ilustración 1 se puede observar el mapa base de la ubicación del cantón Marcabelí, y del colegio Bachillerato Marcabelí en la Ilustración 2.



*Ilustración 1: Mapa base de Marcabelí*

*Fuente: (Consultor, 2015)*



*Ilustración 2: Mapa de ubicación Colegio Bachillerato Marcabellí*

*Fuente: Open Street Map*

### **1.1.2. Población**

La población del Cantón Marcabellí, según la INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo), es de 5450 habitantes, de los cuales 2781 son hombres, representan el 51,02%; y 2669 son mujeres, representan el 48,97%, el factor de crecimiento cada 10 años según la INEC es del 1,11%, para este Cantón. La distribución de la población es tanto en área urbana como rural, 1768 habitantes que representa el 32,44%, residen en el área rural, mientras que 3682 habitantes en el área urbana que representa el 67,56% (Consultor, 2015).

### **1.1.3. Clima**

Las condiciones climáticas corresponden a varios factores naturales, sean, latitud geográfica, dirección de cordilleras, corrientes marinas, vegetación y vientos. El clima de la provincia de El Oro es tropical en gran parte de su territorio y su temperatura promedio alcanza los 28 grados Celsius, esta provincia es muy diversa en su clima al tener dentro de su territorio niveles de altura variables.

El cantón Marcabellí, es parte de la región natural del Litoral, se encuentra al suroccidental de la cordillera de los Andes, por lo cual tiene un clima tropical interandino, es decir, temperaturas cálidas, precipitaciones medias y humedad. Las estaciones al año en este cantón son dos, invierno y verano; el primero comienza en diciembre y termina en mayo, con un clima cálido húmedo con fuertes lluvias, por otro lado, el verano inicia en mayo y termina

los primeros días de diciembre, con un clima templado. El clima con el que se identifica a este cantón es cálido seco. Sus temperaturas varían entre los 20 grados Celsius hasta los 26 grados en promedio como se visualiza en la tabla 1 y en la ilustración 3 el mapa de temperaturas.

Tabla 1: Temperatura promedio

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep.	Oct	Nov	Dic
Min	21,4	21,3	21,9	21,6	21,5	21,3	21,5	21,4	20,9	21,3	21,2	21,8
Max	23,5	24,5	24,7	24	23,9	24,5	23,7	23,7	23,8	23,3	23,4	23,7

Fuente: (Consultor, 2015)

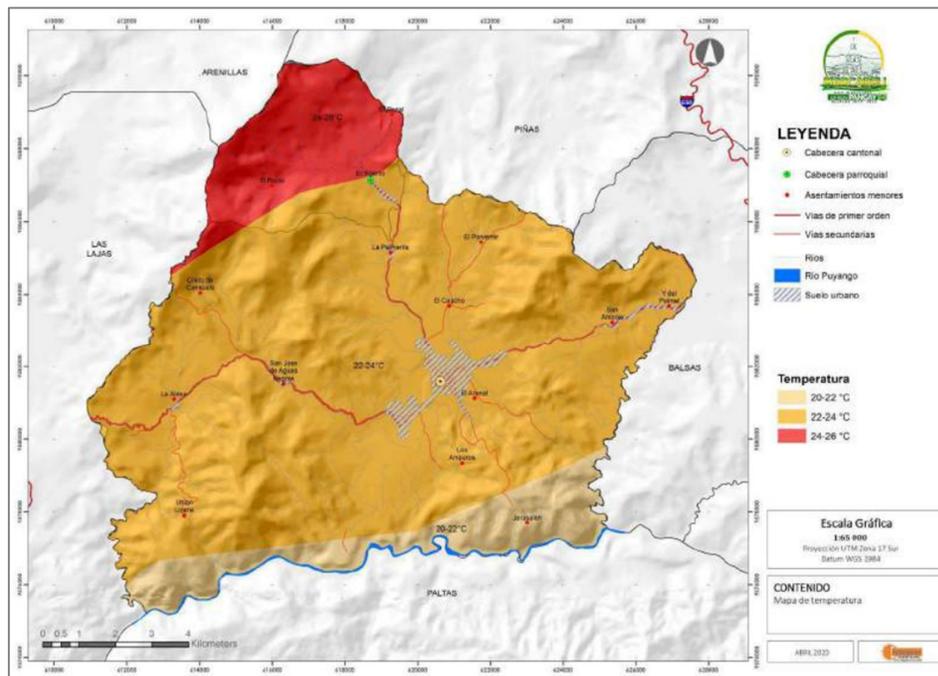


Ilustración 3: Mapa de temperaturas

Fuente: (Consultor, 2015)

#### 1.1.4. Precipitaciones

El INAMHI define a la precipitación como la proporción de agua que proviene de la atmósfera hasta llegar al suelo. La precipitación media anual en el Cantón Marcabellí están entre los 1000 milímetros de precipitación anual, hasta 1750 milímetros, la media de las precipitaciones mensuales se la puede encontrar en la tabla 2, mientras que la dispersión de la precipitación en todo el cantón en la Ilustración 4, aquí se muestra que las zonas surorientales tienen mayor precipitación, en la zona occidental tiene menor precipitación.

Tabla 2: Precipitaciones

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	sep.	Oct	Nov	Dic
Promedio	185,8	291,1	59	360	26,8	37,8	24,3	1,7	7,9	8	15,9	99,3

Fuente: (Consultor, 2015)

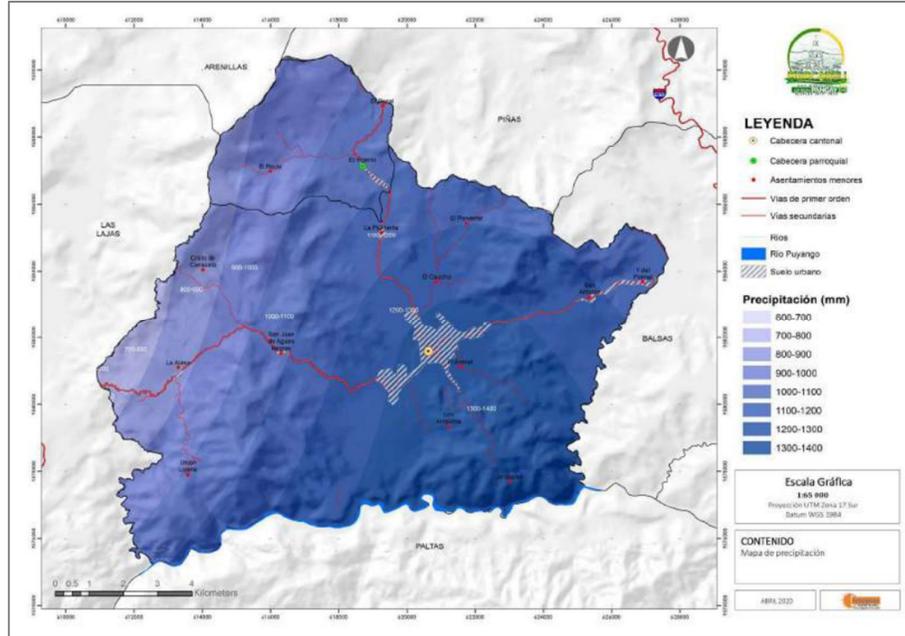


Ilustración 4: Mapa de Ilustraciones

Fuente: (Consultor, 2015)

### 1.1.5. Suelos

El suelo es un recurso natural, para el cantón Marcabellí este se encuentra clasificado de acuerdo con el USDA (United States Department of Agriculture), la presencia del Inceptisol es del 52,53 %, el Alfisol con 43,96% y Entisol de 3,51 %.

### 1.1.6. Uso del Suelo

El uso del suelo en el cantón Marcabellí, que tiene una superficie total de 14 785,37 ha, está cubierto con el 56 % en actividades como la ganadería y la agricultura, el 40,50% cuenta con protección y conservación en bosques, el 3,5 % restante reciben uso antrópico, tierras improductivas, agua, etc. En la tabla 3 se observa detalladamente el uso del suelo en este cantón y en la ilustración 5 se observa un mapa base del uso del suelo.

Tabla 3: Uso del Suelo

Uso	Área (ha)	%
<b>Pecuario</b>	7221,68	48,84
<b>Conservación y protección</b>	5987,94	40,50
<b>Agrícola</b>	594,44	4,02
<b>Agropecuario mixto</b>	539,14	3,65
<b>Conservación y producción</b>	239,14	1,62
<b>Antrópico</b>	131,15	0,89
<b>Avícola</b>	29,49	0,20
<b>Agua</b>	18,22	0,12
<b>Protección o producción</b>	13,45	0,09
<b>Tierras improductivas</b>	7,90	0,05
<b>Sin información</b>	2,27	0,02
<b>Total</b>	<b>14785,37</b>	<b>100</b>

Fuente: (Consultor, 2015)

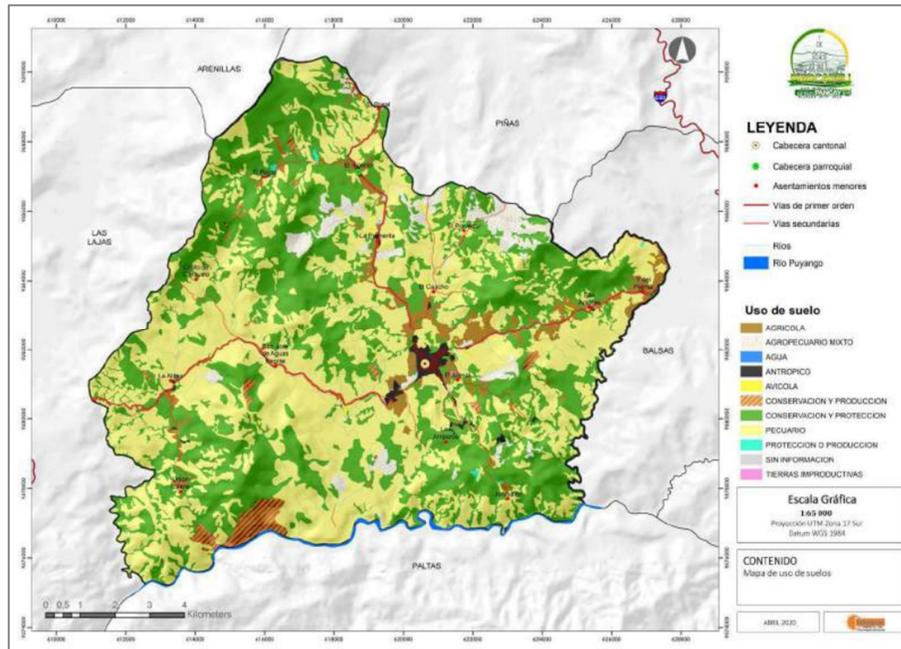


Ilustración 5: Mapa base Uso del suelo

Fuente: (Consultor, 2015)

### **1.1.7. Amenazas Sísmicas**

El Ecuador es uno de los países con amenaza sísmica alta, pertenece al cinturón de fuego del océano Pacífico, lo que implica estar afectado por intensa actividad sísmica, debido a las placas Nazca y Sudamericana, ocasionando fallas locales. El cantón Marcabelí debido a su ubicación territorial en Ecuador tienen una caracterización de peligro sísmico alto, con un factor de aceleración sísmica en roca de 0,35.

### **1.1.8. Educación**

La educación es el pilar fundamental para el desarrollo de un país, esto ayuda que las civilizaciones progresen, con esto se logra conocimientos que se adquieren en cultura, valores, conciencia social y espíritu. Con la educación se logra sociedades más productivas, equitativas y justas, todas las personas tienen derecho a recibirla.

En nivel de instrucción en el cantón Marcabelí según (Consultor, 2015) basándose en el INEC, el 79,1% ha culminado la educación básica general, mientras que el 4,9% no tiene ningún nivel de instrucción académica. La gestión por la educación en Ecuador está enfocada en el fortalecimiento educativo en donde deben de existir ofertas educativas, para lograr coberturas de acuerdo con la demanda de su población.

El cantón Marcabelí cuenta con cuatro establecimientos de educación que son: Escuela de Educación Básica Febres Cordero su nivel de educación es Inicial y EGB, la Escuela de educación Básica Luis Enrique Córdova cuyo nivel de educación es Inicial y EGB su sostenimiento es Fiscomisional, la Escuela de Educación Básica Ciudad de Marcabelí su nivel de Educación es de Inicial y EGB, el Colegio Bachillerato de Marcabelí el nivel de educación es EGB y Bachillerato, en la tabla 4 se muestra el promedio de docentes y estudiantes que existen por año académico en las instituciones educativas de este cantón.

Tabla 4: Promedio de Estudiantes y docentes por cada año lectivo

Nombre de la Institución	Docentes	Estudiantes
Escuela de Educación Básica Febres Cordero	19	435
Escuela de educación Básica Luis Enrique Córdova	15	367
Escuela de Educación Básica Ciudad de Marcabelí	4	91
Colegio de Bachillerato Marcabelí	37	633

Fuente: (Consultor, 2015)

### 1.2.Descripción de la Situación problemática

La Ausencia de una infraestructura adecuada tiene como consecuencia la exposición a altas temperaturas, afectando en actividades extracurriculares que se ven interrumpidas causando menor participación en ella. Una de las razones por las cuales este problema aún no se ha solucionado se centra en la falta de un proyecto de prefactibilidad que ofrezca una solución técnica y viable. Como consecuencia, la insuficiente planificación financiera por parte del gobierno tiene un impacto negativo en el sector de la educación, lo que impide la financiación de estudios y diseños óptimos que garanticen un confort.

### 1.3.Formulación del problema: preguntas científicas.

Realizando el proyecto de prefactibilidad del diseño de una estructura metálica para el colegio Bachillerato Marcabeli, se logrará una mejora significativa en la utilización de los espacios de uso múltiple, obteniendo un ambiente más adecuado para diferentes actividades recreativas, sin estar afectadas por las inclemencias del clima.

### 1.4.Alcance del proyecto

El presente proyecto se enfoca en la institución educativa Colegio Bachillerato Marcabelí ubicado en el cantón Marcabelí, debido a que los estudiantes no puedan participar en actividades al aire libre de manera constante, debido a las inclemencias del clima, por ello se plantea el tema: proyecto de Prefactibilidad en el diseño de estructuras metálicas para instituciones educativas. Los beneficiarios serán los 633 estudiantes que podrán realizar actividades varias

Para realizar el diseño, se realiza un reconocimiento in situ para obtener las dimensiones de la cubierta y realizar un estudio de suelo. Posteriormente, se procede a realizar un pre-dimensionamiento de vigas, columnas y correas para asegurar que estas sean secciones adecuadas a utilizar. Se genera un espectro de diseño con ayuda de un software siguiendo las respectivas normas y datos del estudio de suelo. A continuación, se procede a modelar en el software, con la ayuda de criterios y condiciones establecidas por las normas ANSI/AISC 360-16, ACI 318-19 y la NEC-15, los perfiles laminados en caliente previamente asignados no deben de pasar su límite de resistencia, para obtener un buen diseño.

En la cimentación se utilizará un software, que permita analizar, dimensionar y detallar la cimentación óptima que requiere el presente proyecto para garantizar estabilidad de la estructura, es fundamental generar un buen diseño de cimentación para toda edificación. Al obtener un diseño óptico de cimentación y de la estructura metálica, se procede con la ejecución de planos definitivos y elaboración de presupuesto.

### **1.5. Justificación**

El propósito del presente proyecto es el diseño de estructuras metálicas en edificaciones de Instituciones Educativas como el colegio Bachillerato Marcabeli, al no contar con recursos económicos no se ha podido dar solución, por ello el presente busca una solución técnica donde se aplicarán conceptos y criterios necesarios que aportan con el análisis y diseño. Un proyecto de Prefactibilidad debe de presentar una relevancia técnica y social, la calidad de su infraestructura no solo afecta en el aprendizaje de los estudiantes, también se ve afectada su seguridad y bienestar. La utilización de estructuras metálicas en edificaciones educativas presenta grandes ventajas, como durabilidad, versatilidad y resistencia. Los factores para considerar son: condiciones climáticas, de ubicación, carga estructural, un diseño adecuado y seguro, para brindar un entorno de aprendizaje seguro y cómodo, mejorando el rendimiento académico.

El proyecto, además de estudiar el diseño de una estructura metálica, se realiza para obtener el título de Ingeniero Civil, realizando investigaciones bibliográficas y análisis de datos. Se busca tomar decisiones en base a un criterio sólido con referencia a normativas, dando solución a un problema específico llegando a un aporte a la sociedad.

## **1.6.Objetivos:**

### **1.6.1. Objetivo General:**

Elaborar un proyecto de prefactibilidad del diseño de una cubierta metálica mediante el análisis de su viabilidad técnica, económica y social, con el propósito de un mejoramiento en las condiciones y ambiente escolar del Colegio Bachillerato Marcabelí.

### **1.6.2. Objetivos específicos:**

Fundamentar sobre los factores críticos considerados en el diseño de estructuras metálicas, basado en una investigación de fuentes bibliográficas, proporcionando una base teórica abordando la problemática.

Determinar la capacidad admisible del suelo en el Colegio Bachillerato Marcabeli, mediante un ensayo de campo logrando un reconocimiento geotécnico del proyecto garantizando la seguridad y estabilidad de la edificación.

Proponer un diseño técnico integral para una cubierta metálica, aplicando las normativas ANSI/AISC 360-22, ACI 318-19 y la NEC-15, facilitando la creación de planos constructivos detallados y la elaboración de un presupuesto para el proyecto.

## **2. CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO**

### **2.1.Antecedentes contextuales**

Las estructuras metálicas se han utilizado en varios edificios e instalaciones desde el siglo XII. La evolución de las estructuras metálicas marca un hito importante esta ha estado impulsada por las necesidades cotidiana que se presentan a lo largos de los años y los avances tecnológicos, incluyendo el sector de la industria conllevando que estos avances se realicen de una mejor manera como la tecnología de ingeniería, la metalurgia, la maquinaria de construcción y la ciencia.

Actualmente, la evolución ha llevado al uso de estructuras metálicas, especialmente en edificios con vanos, alturas y cargas importantes siendo años atrás impensables para su futura construcción. El diseño de ingeniería moderna, implementando la ayuda de ordenadores y complejos CAD de alta potencia, combinándolos con software de análisis, ayuda actualizar y variar las formas estructurales de forma eficiente con una reducción de los gastos de materiales y recursos (Gabitov et al., 2021) logrando que de esta manera se genere un sustento ambiental. Su principal uso ayuda a la reducción de tiempos de construcción, recursos económicos y la eficiencia en el confort estructural generando un gran aporte en ámbitos sociales y sobre todo económicos.

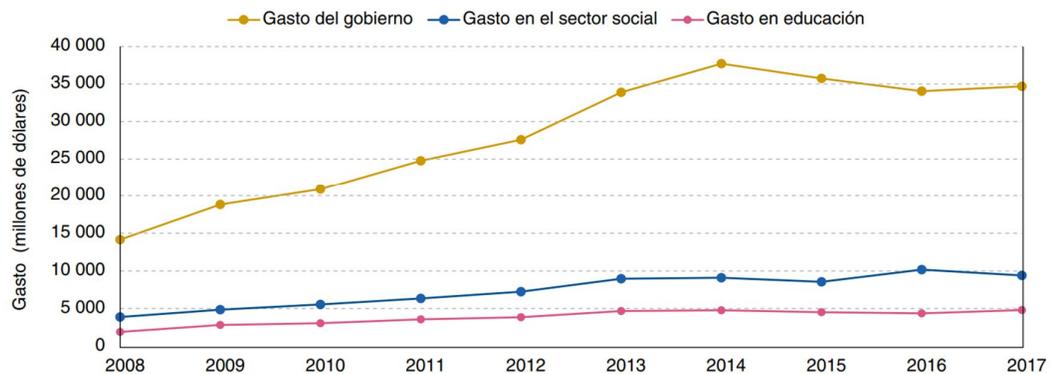
En Colombia según (Carrillo et al., 2021) indica que las estructuras metálicas han sido objetos de grandes y constantes estudios, esto se debe a sus propiedades mecánicas que afectan a un adecuado comportamiento estructural, para asegurar su comportamiento se presentó un estudio de acero debido a que no se cumplían con requisitos del código vigente de la construcción local, ocasionando constantes problemas y obligando a un reforzamiento estructural generando gastos adicionales que no suelen ser contemplados en los proyectos.

El uso principal de las estructuras metálicas ha ido en incremento (Carvajal & Osorio, 2017) menciona que Colombia se convirtió en el único país de Latinoamérica que duplicó su producción en el periodo 2004 – 2012 su incremento pasó de 806 miles de toneladas a 1.42 millones de toneladas logrando estar aun así por debajo de los líderes latinoamericanos que siempre han sido los mayores productores como lo son Brasil, México y Argentina predominando aceros largos, el acero de refuerzo utilizado para construcciones o estructuras tipo galpones, son los que encabezan las listas de materiales requeridos esto es debido a su durabilidad, resistencia y la seguridad que generan a las estructuras garantizando que estas no fallen, por lo distintos problemas presentados en el diseño estructural.

Al hablar del sector metalmeccánico en Ecuador en los últimos años este genera empleo en el país de acuerdo con el INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, un 65%, mientras que su crecimiento en un período de 10 años es del 7% se ha venido desarrollando causando un impacto positivo en la economía del país generando una economía equilibrada dentro de este sector, el encadenamiento productivo, logra grandes ventajas para esta industria, superando así gracias al consumo generado en los últimos años de acero que es del 65% frente al sector manufacturero cuyo porcentaje es del 59% (Jiménez-Cercado & Navarrete-Pilacuan, 2018) esto demuestra la importancia que tiene los derivados de la construcción como lo es el acero un elemento de vital importancia para asegurar que las estructuras se convierten en seguras para casos de emergencia como lo son desastres naturales. Las provincias Guayas, Pichincha, Azuay, Tungurahua y Loja son las que más consumo desarrollan en acero de refuerzo o acero para estructuras tipo galpones.

El país ha implementado reformas e inversiones en el sector educativo en los últimos años, lo que se ha traducido en mejoras en el acceso y la calidad de la educación desde su trinchera (Benítez et al., 2017), menciona que también se ha venido dejando a un lado la existencia de los vacíos que aún existen en la educación. Las actividades de consumo de este tipo de estructuras se están concentrando en instituciones educativas, debido a la reducción del presupuesto por parte del gobierno que en los últimos años va en decrecimiento, afectos en

muchas áreas como lo son en la generación de proyectos para mejorar la educación. Los proyectos de infraestructura educativa en Ecuador han evolucionado significativamente en los últimos años como se muestra en la ilustración 6 donde se encuentra la evolución del gasto PIB el prepuesto a la educación es uno de ellos más bajos comparado a otros sectores.



*Ilustración 6: Evolución del gasto y como porcentaje del PIB 2008-2017*

*Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas, 2018*

## 2.2. Antecedentes referenciales e históricos

En Inglaterra dentro del siglo XVIII y siglo XIX, nace la construcción metálica industrializada, convirtiéndose en un insumo importante dentro de la construcción en el ámbito de la ingeniería civil, pero es el siglo XX donde comenzó a utilizarse el acero para construir estructuras relevantes y más altas que existen convirtiéndolas en un hito de la historia de la construcción algunos ejemplos más relevantes como la Torre Eiffel, el edificio Taipé 101 de Taiwan convirtiéndose en una de las edificaciones más altas del mundo en esa época sus 500 m de altura la respaldaban, entre otras edificaciones (Segura-Barrientos, 2018).

Los proyectos más importantes que se han visto vinculadas las estructuras metálicas se planteaban con una gran visión revolucionando las construcciones, como se plantea en (Cuauhtémoc & Marcela, 2022) con un ejemplo muy claro como la implementación de las primeras construcciones de puentes utilizando hierro, en 1801 el ingeniero Thomas Telford presentó el primer proyecto de un puente de fundición sobre el río Támes con un claro de 283m, convirtiéndose en un proyecto ambicioso y revolucionario para esa época.

Después de la Segunda Guerra Mundial hasta 1975, la producción mundial de acero logró beneficiarse debido a que esta creció un 374% , 11.7% en promedio por 32 años; luego este crecimiento se reduce a 132%, 5.3% en promedio los 25 años siguientes esto se debe a la implementación de normativas de construcción locales, obligando a utilizar el acero con propiedades especificadas para que estos proyectos sean aprobados por los organismos

correspondientes, a inicios del siglo XXI se muestra se genera un vertiginoso desarrollo alcanzando un crecimiento adicional de 179%, 16.3% en promedio por año por más de una década manteniéndose como uno de los materiales de construcción más demandados, esta mismas fechas se observa un pico decreciente en la producción mundial coincidente con la crisis internacional, esto es una clara demostración que las guerras generan perdidas afectando a diferentes sectores siendo la construcción uno de los más afectados (Carvajal & Osorio, 2017)

### **2.3. Antecedentes Conceptuales**

Este proyecto está en el diseño de una cubierta metálica para el Colegio Bachillerato Marcabeli. En la siguiente sección siendo el objeto de estudio estructuras metálicas, se explorarán definiciones y conceptos fundamentales relacionados con este tema.

#### **2.3.1. Cubiertas Metálicas**

Las cubiertas Metálicas se definen como sistemas o componentes que tienen como objetivo cumplir la función de un elemento estructural, de esta manera aportan resistencia y rigidez a la estructura, evitando el de vigas secundarias o correas generando un gasto económico menor, una cubierta ayuda a proteger de las inclemencias del clima como lo define (Páez Redrován & Guerrero Cuasapaz, 2022) cumpliendo una gran función e importancia gracias a su adecuado uso, en cambio (Azzi et al., 2020) menciona que las estructuras metálicas ofrecen un gran aporte en resistencia, durabilidad y adaptabilidad, esto depende de los diversos entornos que se presentan generando una propuesta optima dependiendo de su principal uso.

#### **2.3.2. Tipos de estructuras metálicas**

##### **2.3.2.1. Estructuras Colgantes**

Se define como estructuras colgantes a los techos que se encuentran suspendidos por medio de membranas metálicas, es por ello que se utilizan con menos frecuencia si se comparan con otros tipos de techos suspendidos, uno de los países pioneros que implementa este tipo de estructuras es Rusia (Krivoshapko, 2017).

##### **2.3.2.2. Estructuras Geodésicas**

Las estructuras metálicas geodésicas llevan siendo un tema de interés en varios artículos, uno de ellos es (Siyanov et al., 2019), en donde se desarrolló una técnica integran para analizar la estabilidad de las estructuras sobre todo las cilíndricas que conllevan una forma de rejilla, dentro de sus resultados se obtuvieron relaciones que potencia parámetros de forma

que cumplen plenamente con óptimas condiciones de resistencia como de viento y condiciones de intemperies, estableciendo una estructura eficaz y sobre todo segura,

### **2.3.3. Tipos de perfiles de acero**

#### **2.3.3.1. Perfiles de acero laminados en caliente**

El proceso de fabricación de estos perfiles conlleva un proceso denominado laminación en caliente, la calidad de estos se verá afectada por las propiedades mecánicas, y la limpieza interna en el proceso de fabricación. Los costes de producción de los perfiles de acero laminados en caliente vienen determinados por el tiempo total de calentamiento, que incluye procesos como la carga del horno de arco eléctrico y la fundición continua. Dicho proceso se da en horno de cucharilla desempeñando un importante papel para lograr la composición y limpieza del acero (Goulart et al., 2023) menciona que la termodinámica y la cinética controlan la evolución de los niveles de oxidación durante este proceso, así como la formación de inclusiones no metálicas generando resultados de calidad y que o conlleven a fallos por fabricación.

#### **2.3.3.2. Perfiles de acero laminados en frío**

Los perfiles de acero conformados en frío y de paredes delgadas se usan comúnmente en sistemas logísticos de almacenamiento debido a su recuperación basados en estructuras de estantes, su proceso se ve marcado por la fabricación rentable esto permite que se desarrolle un diseño liviano con un rendimiento mecánico optimizado (Souto et al., 2022). Este proceso ayuda a incrementar y a garantizar resistencia, dureza, pero disminuye su ductilidad, por ello a estos elementos se les realiza un proceso de recosido ayudando a evitar este tipo de inconvenientes antes mencionados.

#### **2.3.3.3. Perfil IPE**

Las vigas del concepto IPE se definen como vigas con secciones transversales híbridas que consisten en piezas de acero y hormigón conectadas con tacos compuestos convirtiéndose en los perfiles más versátiles dentro del área de construcción. Las vigas que se mencionan son utilizadas también en la ingeniería de puentes y requieren un nuevo enfoque para la determinación de las fuerzas internas, para con ello cumplir con un buen diseño de las mismas. (Łukasz Skrętkowicz, 2022).

## **2.3.4. Ventajas de estructuras de Acero**

### **2.3.4.1. Alta resistencia**

El acero de alta resistencia puede soportar altos niveles de tensión sin deformarse ni fallar cumpliendo así con las características necesarias para que un elemento genere su trabajo eficaz para cumplir con su diseño. A menudo se usa en aplicaciones donde la resistencia y la durabilidad son muy cruciales y deben de considerarse sus factores críticos. Dentro de propiedades mecánicas del acero se ha mencionado la alta resistencia (Cheng et al., 2023), indica que la resistencia a la tracción y el alargamiento a la rotura, se pueden mejorar a través de un proceso de adición de elementos conocido como aleación específicos como carbono, silicio, manganeso, cromo, niobio, molibdeno, vanadio, níquel, boro y calcio

### **2.3.4.2. Elasticidad**

Los materiales de acero presentan diferentes propiedades elásticas según su composición y procesamiento que han sido sometidos. En un estudio realizado por (Jagsch et al., 2022), se investigó la rigidez del acero de los raíles de los tranvías mediante ensayos el resultado del módulo de elasticidad oscilaba entre aproximadamente 100 y 300 GPa.

### **2.3.4.3. Durabilidad**

La durabilidad del acero se ha estudiado en varios contextos (Garg & Satyaprakash, 2022) descubrieron que el hormigón fabricado con algunos materiales que con limaduras de acero como sustituto del agregado fino se presentaba una menor trabajabilidad, por ello se desplomaba cuando el porcentaje de limaduras de acero superaba el 40% causando problemas irreparables.

### **2.3.4.4. Ductilidad**

La ductilidad es una característica importante del acero para estructuras metálicas por sus componentes físicos. Se han realizado varios estudios para evaluar y mejorar la ductilidad del acero en diferentes situaciones de diseño. Un estudio se centró en la evaluación de la demanda de ductilidad local y de los pisos en edificios de acero que presenta con diferentes configuraciones de estructura, por ello (Llanes-Tizoc et al., 2019) comprobó que las conexiones semirrigidas al interior de edificios reducen los daños de manera significativa mejorando así su comportamiento estructural y que los fallos no se den por ductibilidad.

## **2.3.5. Desventajas de las estructuras de Acero**

### **2.3.5.1. Corrosión**

La corrosión en las estructuras de acero es un problema importante que puede provocar el deterioro y la disminución de la resistencia de las estructuras es suma importante considerar medidas preventivas para evitar que estas generen un daño que afecte al comportamiento estructural. Se han propuesto varias técnicas de ensayos no destructivos (NDT) para detectar y controlar la corrosión en las estructuras de acero y sus impactos negativos que ocasionan fallos estructurales (Xuelei Jiang & Hang Hu, 2023).

### **2.3.5.2. Protección contra el fuego**

El fuego puede causar grandes daños a las estructuras metálicas, lo que provoca la pérdida de propiedades mecánicas como el límite elástico, la resistencia a la tracción, la tenacidad, la templeabilidad y el módulo de elasticidad ocasionando que se produzcan fallos en su comportamiento por tracción (Henry & Ayob, 2023).

### **2.3.5.3. Pandeo**

El pandeo o doblamiento de las estructuras de acero ha sido una preocupación importante en la ingeniería estructural siendo uno de los principales requisitos por verificar en el proceso de diseño. Se han desarrollado varios métodos y modelos para analizar y diseñar elementos con sistemas de acero para de esta manera garantizar la estabilidad y evitar fallos por deformación, entonces con ayuda del método general se brinda un enfoque de verificación para estructuras de armazón y vigas con cargas en el plano, realizando las debidas verificaciones se puede dar por aprobada dicha estructura (Nonn et al., 2023).

### **2.3.5.4. Fatiga**

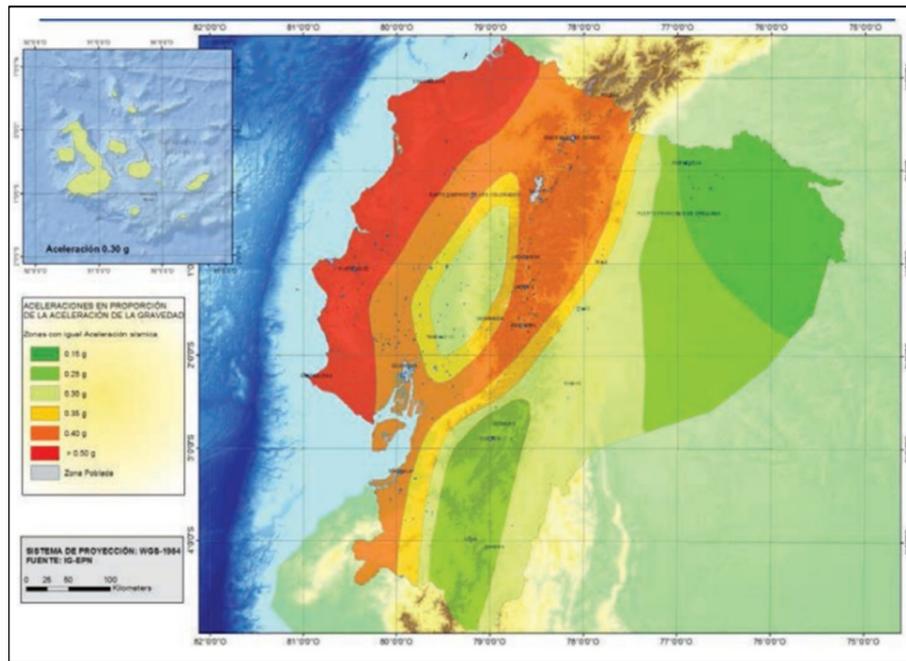
La fatiga en las estructuras metálicas está influenciada por las propiedades del material como el límite elástico, elongación y tenacidad a la fractura; existen algunos parámetros impuestos como las tensiones cíclicas aplicadas, su magnitud, patrón y frecuencia claramente también influyen en la vida útil de la estructura (Zaitsev et al., 2018).

### **2.3.5.5. Fractura frágil**

Las estructuras metálicas pueden verse afectadas por varios factores que influyen en su fragilidad. Un factor es la presencia de cuencas sedimentarias profundas, que pueden aumentar la intensidad de los movimientos del suelo y afectar significativamente a la fragilidad de las estructuras de acero resistentes a los momentos (SMRF), ocasionando que las demandas incrementen y causar fracturas (Parla et al., 2022).

### 2.3.6. Zonificación sísmica.

Para las edificaciones de uso normal, se establece un valor de Z, este representa la aceleración máxima en roca que se espera para el sismo de diseño, este dependerá del lugar donde se construirá la estructura que se encuentra determinada en la (NEC, Peligro sísmico, 2015) existiendo seis zonas sísmicas que se muestran en la ilustración 7 para determinar dicho factor.



*Ilustración 7: Ecuador, zonas sísmicas*

*Fuente: (NEC, Peligro sísmico, 2015)*

Los valores por rescatar en el mapa de zonificación sísmica para diseño provienen del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), este incluye una saturación a 0.50 g de los valores que se expresan para la aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI (NEC, Peligro sísmico, 2015). En la tabla 5 se muestran los valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada. Y se tomara un valor de  $\eta = 1.80$ : Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas) como indica la NE, es importante considerar estos factores para realizar un buen diseño.

Tabla 5: Valores del factor Z

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
MARCABELÍ	MARCABELÍ	MARCABELÍ	EL ORO	0.35

Fuente: (NEC, Peligro sísmico, 2015)

### 2.3.7. Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico

Se debe de considerar que para los tipos de perfiles tipo A, B, C, D y E corresponden a los 30 m, se clasificaran de acuerdo con sus estratos que por sin diferencias se deben subdividir, se les asigna i que va desde 1m en la superficie hasta n en la parte inferior de los 30 m superiores del perfil (NEC, Peligro sísmico, 2015). En la siguiente tabla 6 se presenta la clasificación del perfil de suelo.

Tabla 6: Clasificación perfil de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
<b>A</b>	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500 \text{ m/s}$
<b>B</b>	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} \geq V_s \geq 760 \text{ m/s}$
<b>C</b>	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con un criterio que velocidad de la onda de corte, o	$760 \text{ m/s} \geq V_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios presentados.	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
<b>D</b>	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante que se presenta, o	$360 \text{ m/s} \geq V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 \geq N \geq 15$ $100 \text{ kPa} \geq S_u \geq 50 \text{ kPa}$
<b>E</b>	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante que se presenta, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40 \%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$

<b>F</b>	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases para este:
	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)
F5 - Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	

*Fuente: (NEC, Peligro sísmico, 2015)*

### **2.3.8. Carga Muerta**

Se define como cargas muertas o también conocidas como permanentes a quienes están constituidas por los pesos de todos los elementos estructurales que actúan en permanencia sobre la estructura que se está diseñando. Estos elementos que se pueden definir como pesos propios de los elementos considerando recubrimientos, instalaciones, y todo lo que se encuentre integrado permanentemente a la estructura debe de ser considerado, todos estos serán utilizados para el proceso final de mayoración de cargas que servirá para el diseño definitivo para dicha estructura (NEC, Cargas No Sísmicas, 2015).

### **2.3.9. Carga Viva**

Se puede decir que las sobrecargas vivas que se utilicen en el cálculo dependen del uso y ocupación a la que está destinada la edificación teniendo en cuenta accesorios móviles no permanentes estos datos se pueden encontrar en la sección (NEC, Cargas No Sísmicas, 2015).

### **2.3.10. Carga por Viento**

Según la NEC la carga por viento se caracteriza de la siguiente forma:

- a. **Velocidad máxima del viento:** Esta velocidad de diseño según la normativa se debe de considerar que hasta 10 m y que dependiendo de la ubicación de la estructura a diseñarse no debe ser menor a 21m/s (75 km/h).

- b. **Velocidad corregida del viento:** Esta velocidad debe ser multiplicada por un coeficiente de corrección que dependerá de algunos factores topográficos y de la altura, aquí también se debe de considerar la ubicación de la estructura (NEC, Cargas No Sísmicas, 2015). definición Los coeficientes de correlación se presentan en la tabla 7 que serán de ayuda en la corrección de la velocidad del viento para el diseño.

*Tabla 7: Coeficiente de correlación*

<b>Altura (m)</b>	<b>Sin obstrucción (Categoría A)</b>	<b>Obstrucción baja (Categoría B)</b>	<b>Zona edificada (Categoría C)</b>
<b>5</b>	0.91	0,86	0.80
<b>10</b>	1.00	0,90	0.80
<b>20</b>	1.06	0.97	0.88
<b>40</b>	1.14	1.03	0.96
<b>80</b>	1.21	1.14	1.06
<b>150</b>	1.28	1.22	1.15

*Fuente: (NEC, Peligro sísmico, 2015)*

*Tabla 8: Factor de Forma*

<b>Construcción</b>	<b>Barlovento</b>	<b>Sotavento</b>
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, Cargas No Sísmicas, 2015)*

Tabla 9: Coeficientes de exposición de presión de velocidad

Altura sobre el Nivel del Suelo		Exposición		
ft	m	B	C	D
0 -15	0 – 4.6	0.57 (0.70)	0.85	1.03
20	6.1	0.62 (0.70)	0.90	1.08
25	7.6	0.66 (0.70)	0.94	1.12
30	9.1	0.70	0.98	1.16
40	12.2	0.76	1.04	1.22
50	15.2	0.81	1.09	1.27
60	18	0.85	1.13	1.31
70	21.3	0.89	1.17	1.34
80	24.4	0.93	1.21	1.38
90	27.4	0.96	1.24	1.40
100	30.5	0.99	1.26	1.43
120	36.6	1.04	1.31	1.48
140	42.7	1.09	1.36	1.52
160	48.8	1.13	1.39	1.55

Fuente: (ASCE, 2016)

### 2.3.11. Cortante basal de diseño

Para la cortante basal total de diseño V, considerando a nivel de cargas últimas, es la fuerza que se aplica a una estructura en una dirección especificada, donde interviene la masa de la estructura (NEC, Peligro sísmico, 2015).

### 2.3.12. Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd y Fs

#### 2.3.12.1. Fa: Coeficiente de amplificación del suelo en la zona de período corto.

En la Tabla 8 se presentan los valores del coeficiente Fa que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástica de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio (NEC, Peligro sísmico, 2015).

Tabla 10: Factor de sitio Fa

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	≥ 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	1.2	1.2	1.18

<b>D</b>	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
<b>E</b>	1.8	1.4	1.25	1.1	1	0.85

Fuente: (NEC, Peligro sísmico, 2015)

### 2.3.12.2. Fd: amplificación de las ordenadas del espectro elástico de la respuesta de desplazamientos para diseño en roca

En la Tabla 9 se presentan los valores del coeficiente Fd donde se amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio (NEC, Peligro sísmico, 2015).

Tabla 11: Factores de sitio Fd

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	≥ 0.5
<b>A</b>	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
<b>B</b>	1	1	1	1	1	1
<b>C</b>	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
<b>D</b>	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
<b>E</b>	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

Fuente: (NEC, Peligro sísmico, 2015)

### 2.3.12.3. Fs: comportamiento no lineal de los suelos

En la Tabla 10 se presentan los valores del coeficiente Fs, el cual considera que se realiza un comportamiento lineal de los suelos, este depende de factores como intensidad y contenido de frecuencia de los desplazamientos relativos que se generan (NEC, Peligro sísmico, 2015).

Tabla 12: Factores de comportamiento inelástico del subsuelo Fs

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	≥ 0.5
<b>A</b>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
<b>B</b>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
<b>C</b>	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
<b>D</b>	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
<b>E</b>	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

Fuente: (NEC, Peligro sísmico, 2015)

### 2.3.13. Categoría de edificio y coeficiente de importancia I.

El propósito neto del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras operativas que busca sufrir menores daños durante y después de generado el sismo de diseño este dato se presenta en (NEC, Peligro sísmico, 2015). En la tabla 11 se presentan los coeficientes de importancia, que dependerán del tipo de uso, destino e importancia.

Tabla 13: Coeficiente de importancia.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria, instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamiento para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreos. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencia. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendios 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
Estructuras de ocupación especial	Todas las estructuras de edificación y otras que no califican dentro de las categorías anteriores.	1

Fuente: (NEC, Peligro sísmico, 2015)

### 2.3.14. Factor de reducción de resistencia sísmica R.

El concepto del factor R se relaciona a una reducción de las fuerzas sísmicas, permitiendo que las estructuras y conexiones se diseñen para evitar fallas y se presente una correcta ductilidad (NEC, Peligro sísmico, 2015).

Tabla 14: Factores de reducción

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural	R
Reservorios y depósitos, incluidos tanques y esferas presurizadas, soportados mediante columnas o soportes arriostrados o no arriostrados	2
Silos de hormigón fundido en sitio y chimeneas que poseen paredes continuas desde la cimentación	3.5
Estructuras tipos cantiléver tales como chimenea, silos y depósitos apoyados en sus bordes	3
Naves industriales con perfiles de acero	3
Torres en armadura (auto-portantes o atirantadas)	3
Estructuras en forma de péndulo invertido	2
Torres de enfriamiento	3.5
Depósitos elevados soportados por una pila o por apoyos no arriostrados	3
Letreros y carteleras	3.5
Estructuras para vallas publicitarias y monumentos	2
Otras estructuras no descritas en este documento	2

Fuente: (NEC, Peligro sísmico, 2015)

### 2.3.15. Elementos Atiesados.

Para elementos atiesados, apoyados en dos lados paralelos a la dirección de la fuerza de compresión, el ancho se define como se indica a continuación:

- a. Para las secciones laminadas para el alma, se toma como  $h$  a la distancia que existe entre alas y el filete, y  $h_c$  dos veces la distancia desde el centroide a su cara interna del ala.
- b. En cambio, en almas de secciones armadas,  $h$  es la distancia que existe entre líneas de conectores y  $h_c$  es dos veces la distancia desde el centroide a la línea más cercana de los conectores, mientras que  $h_p$  es dos veces la distancia desde el eje neutro plástico, como se observa en la ilustración 8.

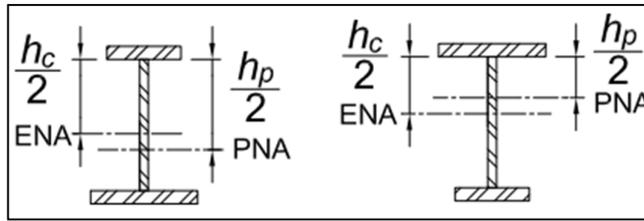


Ilustración 8: Alma de sección armada

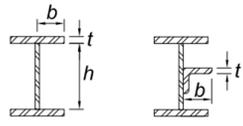
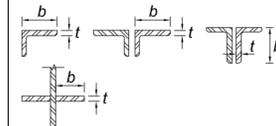
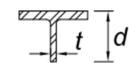
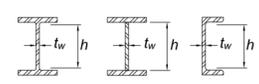
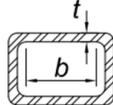
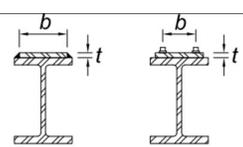
Fuente: (ANSI/AISC, 2022)

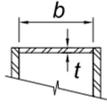
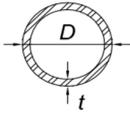
- c. Las alas actúan como diafragmas en secciones armadas, y el ancho  $b$  se define como la distancia entre líneas de conectores o cordones de soldadura.
- d. Para alas de secciones tubulares rectangulares (HSS), el ancho considerado como  $b$  será la distancia libre entre almas menos las esquinas redondeadas, y  $h$  se considera como la luz libre entre alas redondeadas, el espesor será considerado como  $t$ .
- e. Para planchas de cubierta perforadas, se tomará como  $b$  a la distancia transversal entre las líneas más cercanas en conectores, mientras que el área neta de la plancha se considera con el agujero más ancho (ANSI/AISC, 2022).

A continuación, en las tablas 13, 14 y 15 se presentan las relaciones ancho/espesor de elementos a compresión.

Tabla 15: Elementos no rígidos

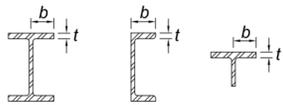
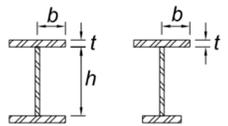
<b>TABLE B4.1a</b> <b>Width-to-Thickness Ratios: Compression Elements</b> <b>Members Subjected to Axial Compression</b>					
	Case	Description of Element	Width-to-Thickness Ratio	Limiting Width-to-Thickness Ratio $\lambda_r$ (non-slender/ slender)	Examples
Unstiffened		(1) Flanges of rolled I-shaped sections (2) Plates projecting from rolled I-shaped sections (3) Outstanding legs of pairs of angles	$b/t$	$0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

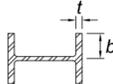
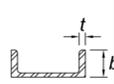
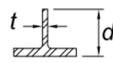
	connected with continuous contact (4) Flanges of channels (5) Flanges of tees			
	(1) Flanges of built-up I-shaped sections (2) Plates or angle legs projecting from built-up I-shaped sections	$b/t$	$0.64 \sqrt{\frac{KcE}{Fy}}$	
	(1) Legs of single angles (2) Legs of double angles with separators (3) All other unstiffened elements	$b/t$	$0.45 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$	
	Stems of tees	$d/t$	$0.75 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$	
Stiffened Elements	Webs of doubly symmetric rolled and built-up I-shaped sections and channels	$h/t_w$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$	
	Walls of rectangular HSS	$b/t$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$	
	Flange cover plates between lines of fasteners or welds	$b/t$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{Fy}}$	

	All other stiffened elements	$b/t$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	Round HSS	$D/t$	$0.11 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Fuente: (ANSI/AISC, 2022)

Tabla 16: Elementos rígidos

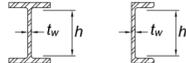
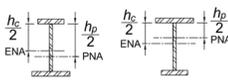
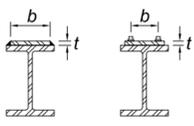
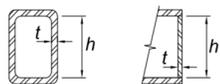
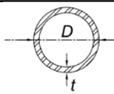
<b>TABLE B4.1b</b> <b>Width-to-Thickness Ratios: Compression Elements</b> <b>Members Subjected to Axial Compression</b>						
	Case	Description of Element	Width-to-Thickness Ratio	Limiting Width-to-Thickness Ratio		Examples
				$\lambda_p$ (compact/noncompact)	$\lambda_r$ (noncompact/slender)	
Unstiffened Elements	10	(1) Flanges of rolled I-shaped sections (2) Flanges of channels (3) Flanges of tees	$b/t$	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	Flanges of doubly and	$b/t$	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y L}}$	

		singly symmetric I-shaped built-up sections				
12	Legs of single angles	$b/t$	$0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		
13	Flanges of all I-shaped sections and channels in flexure about the minor axis	$b/t$	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		
14	Stems of tees	$d/t$	$0.84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.52 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		

Fuente: (ANSI/AISC, 2022)

Tabla 17: Elementos rígidos

<b>TABLE B4.1b</b> <b>Width-to-Thickness Ratios: Compression Elements</b> <b>Members Subjected to Axial Compression</b>					
Case	Description of Element	Width-to-Thickness	Limiting Width-to-Thickness Ratio		Examples
			$\lambda_p$ (compact/noncompact)	$\lambda_r$ (noncompact/slender)	

			<b>s</b> <b>Ratio</b>			
Stiffened Elements	5	Webs of doubly symmetric I-shaped sections and channels	$h/t_w$	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	Webs of singly symmetric I-shaped sections	$h_c/t_w$	$\frac{hc}{hp} \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $\left(0.54 \frac{Mp}{My} - 0.09\right)^2$ $\leq \lambda r$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	Flanges of rectangular HSS	$b/t$	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	Flange cover plates between lines of fasteners or welds	$b/t$	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	Webs of rectangular HSS and box sections	$h/t$	$2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	10	Round HSS	$D/t$	$0.07 \frac{E}{F_y}$	$0.31 \frac{E}{F_y}$	
	11	Flanges of box section	$b/t$	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Fuente: (ANSI/AISC, 2022)

### 2.3.16. Conexiones Simples

Para las conexiones simples de vigas deben ser diseñadas como flexibles y se permite dimensionarlas solamente para reacciones de corte, pero se debe tener en cuenta que excepto que se indique lo contrario en los documentos de diseño presentados en la ANSI O AISC. Las

conexiones que se presentan en vigas simples deben de cumplir con la capacidad ante la rotación y deformaciones inelásticas que se presentan (ANSI/AISC, 2022).

### 2.3.17. Conexiones de Momento

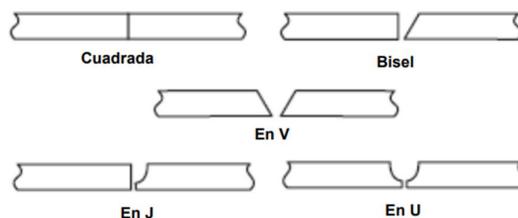
Las conexiones en los extremos empotrados de deben ser diseñadas para que el efecto combinado de fuerzas de momento y de corte no sean muy bruscas debido a que están inducidos por la rigidez de las conexiones, estas comprobaciones se deben de realizar siguiendo el procedimiento como ha sido establecida en (ANSI/AISC, 2022).

### 2.3.18. Conexiones por Soldaduras

El AISC basado en las disposiciones de la AWS establece los diferentes tipos de conexiones por soldaduras:

#### 2.3.18.1. Soldaduras de Tope

La soldadura a tope es una técnica de soldadura que principalmente consiste en que uned dos piezas de material por sus bordes a través de un cordón de soldadura. Esta técnica implica la fusión de los dos materiales para crear una unión fuerte y duradera. Varios artículos de los resúmenes proporcionados discuten diferentes aspectos de la soldadura a tope como lo hace (Hassel et al., 2022) aquí se presentan un nuevo enfoque para la producción de revestimientos para pozos mediante soldadura a tope por arco con propulsión magnética como se ve en la ilustración 9.



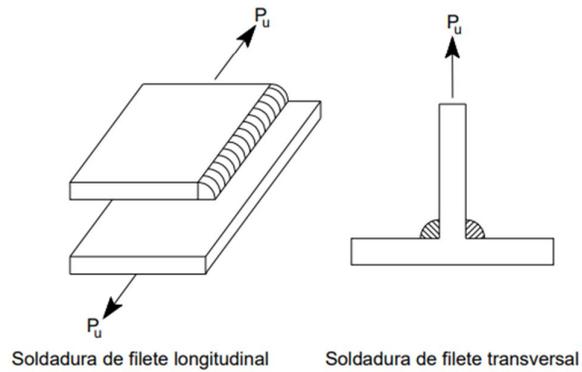
*Ilustración 9. Soldadura Tope*

*Fuente: (Capa Guachón, 2009)*

#### 2.3.18.2. Soldaduras de Filete

La soldadura de tipo filete se refiere a una técnica de soldadura en la que se utiliza una soldadura de filete para unir dos piezas de material que incluye un cordón de soldadura. Se usa comúnmente en diversas industrias, como la fabricación de equipos. El método de soldadura

con filetes consiste en la creación de las ranuras en los extremos de los materiales a soldar, se debe de soldar juntas a tope en las ranuras y rellenar el cuerpo de la ranura en forma de V con material de soldadura que se esté trabajando (Abe et al., 2022).



*Ilustración 10: Soldadura Filete*

*Fuente: (Capa Guachón, 2009)*

### **3. Capítulo III: Metodología**

#### **3.1. Modalidad básica de la investigación**

En este trabajo se aplicará una investigación aplicada, debido a que el proyecto se centra en la prefactibilidad enfocado en el diseño de estructuras metálicas en edificaciones de instituciones educativas que, con ayuda de material reciclado y donado, se busca su aplicación y futura ejecución.

#### **3.2. Tipo de investigación**

La búsqueda de información en artículos científicos, documentos, libros y normativas vigentes nos permite realizar una investigación bibliográfica, en donde se tienen presente tipos de estructuras metálicas, perfiles, tipos de materiales, pre-dimensionamiento recomendados por las normativas vigentes para su diseño. Con la investigación de campo, se pudo observar la problemática y se realizó un levantamiento en medidas que ayudan al dimensionamiento de la estructura abarcando el área de ejecución del proyecto.

#### **3.3. Descripción de la población y muestra**

##### **3.3.1. Población**

Este proyecto está ubicado en el Colegio Bachillerato Marcabelí del cantón Marcabeli, provincia del Oro, cuenta con 633 estudiantes, y con 37 docentes.

### **3.3.2. Muestra**

Para lograr la ejecución del presente se realiza un estudio una calicata de 2 m de profundidad dentro del área de estudio dónde se verá afectada por las cargas del diseño de la estructura metálica.

### **3.3.3. Métodos teórico o empíricos con los materiales utilizados**

Los métodos utilizados para este proyecto son:

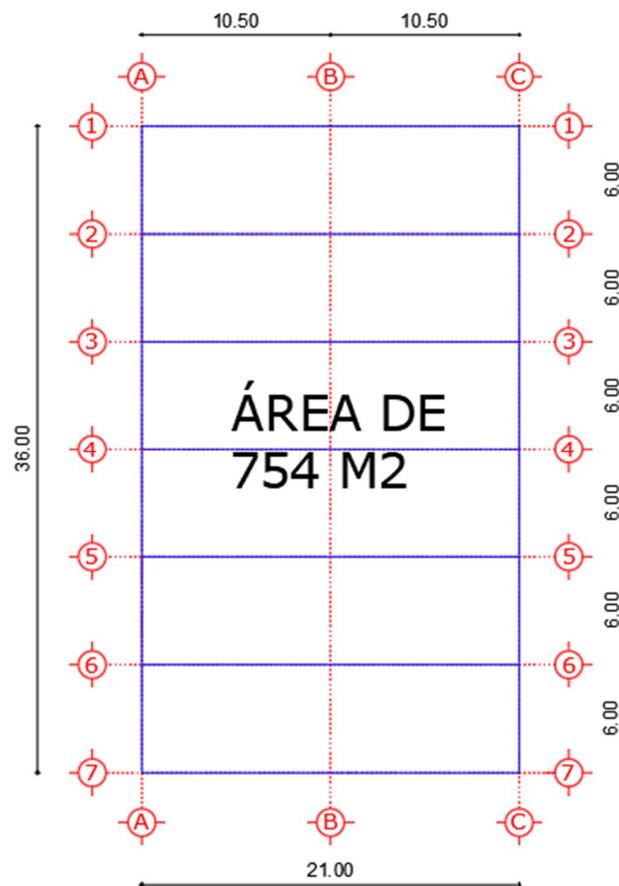
El método inductivo como parte de identificar la necesidad la necesidad que requiere este sector educativo, para que se logre una futura implementación de una cubierta metálica para el beneficio de los estudiantes. Con el método deductivo se logra llegar al proceso de análisis para el prediseño y un funcionamiento estructural adecuado. Mientras que con el método analítico permitirá procesar la información obtenida del método deductivo, logrando identificar un diseño optimo a partir de procesos calculistas realizando las recomendaciones necesarias.

## 4. CAPITULO 4: ANÁLISIS DE INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Pasos para el diseño de cubierta metálica

#### 4.1.1. Dimensionamiento del área de Implantación

Para el diseño de la estructura metálica, se realizó un levantamiento in situ logrando establecer la mejor distribución, las medias de la estructura son de 21 m de ancho y de 36 m de largo siendo el área de implementación de la cubierta de 754 m<sup>2</sup>, se ha propuesto realizar 7 pórticos con una separación de 6m, como se describe en la ilustración 11.



*Ilustración 11 Implantación*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.2. Pre-dimensionamiento de Pórticos

De acuerdo con la geometría y al dimensionamiento se ha dispuesto como geometría que cada pórtico tendrá una pendiente de 25% de  $L/2$  de la estructura teniendo como  $L = 21\text{m}$ , como se muestra en la ilustración 12 mostrando las medidas de elevación del pórtico.

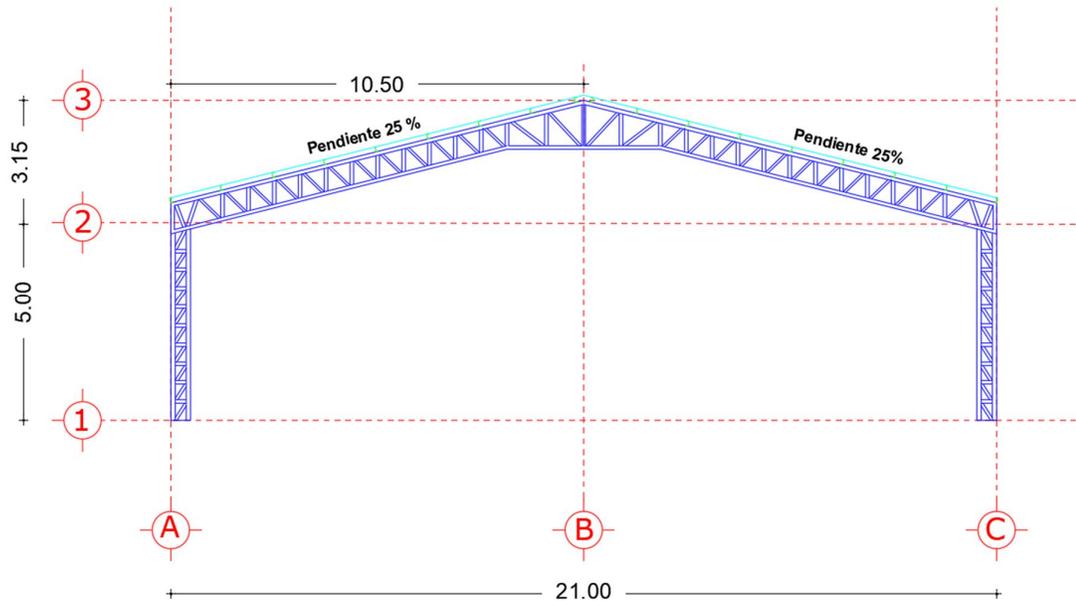


Ilustración 12: Medidas de Elevación Pórtico

Fuente: Elaboración Propia

##### 4.1.2.1. Estimación y Aporte de Cargas

La estimación de cargas a un elemento es vital, este ayuda a garantizar estabilidad y seguridad estructural a la edificación, así se logra un diseño óptimo para la presente estructura en cuestión.

Encajando al prediseño la estimación de la carga correspondiente para asegurar que los procesos sean los óptimos se ha obtenido en la carga muerta (D) realizando un análisis de carga de ciertas instalaciones en la cual da un resultado para una carga de  $6.40\text{ kg/m}^2$  más un Steel Panel de  $3.23\text{ kg/m}^2$  como se muestra en la tabla 16 obteniendo una carga (D)  $\text{kg/m}^2$  según las especificaciones técnicas, y para la carga viva (L) la norma NEC-15 nos recomienda a utilizar una carga (L) de  $70\text{ kg/m}^2$  como se muestra en la tabla 17 de acuerdo a la ocupación de uso.

Tabla 18: Sobrecarga Steel Panel

AR -200						
CUADRO DE ESPESORES Y PESO						
<b>Espesor (mm)</b>	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.60
<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	2.68	3.23	3.58	4.03	4.47	5.37

Tabla 19: Sobrecargas mínimas uniformemente distribuidas, L0, y concentradas P0

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (kN)
<b>Cubiertas</b>		
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 Toldos y Carpas	i	
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1	i
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo.		8.90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta miembros estructurales que soportan cubierta sobre fábricas, bodega y talleres de reparación vehicular		1.40
Todos los otros usos		
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores.		1.40
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 m sobre el nivel de mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.		

Fuente: (NEC, Cargas No Sísmicas, 2015)

### 4.1.3. Pre-dimensionamiento de elementos estructurales

#### 4.1.3.1. Comprobación del Pre-dimensionamiento de Columna

Tabla 20: Características y datos del perfil para Columna

DATOS	
Fluencia del acero $F_y =$	50 ksi
Módulo de Elasticidad $E =$	29 000 ksi
Factor de seguridad =	0,90
Longitud tributaria Long. =	10.5 m
Ancho Tributario A=	6 m
Carga Muerta $D =$	10 $kgf/m^2$
Carga Viva $L =$	70 $kgf/m^2$
Longitud de Columna $L_c =$	5 m

Fuente: Elaboración propia

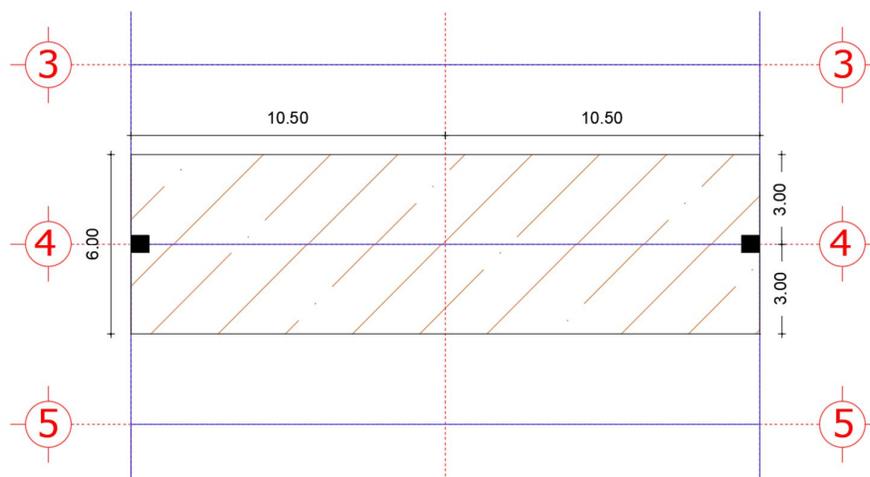


Ilustración 13: Área tributaria para columna

Fuente: Elaboración propia

#### Cálculo del peso resistente W

$$P_u = 1.2 * D + 1.6 * L$$

$$P_u = 1.2 * \left(10 \frac{kgf}{m^2}\right) + 1.6 * \left(70 \frac{kgf}{m^2}\right)$$

$$P_u = 124 \frac{kgf}{m^2}$$

$$A_T = \text{Long} * A$$

$$A_T = 10.5 \text{ m} * 6 \text{ m} = 63 \text{ m}^2$$

$$W = \text{Pu} * A_T$$

$$W = 124 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} * 63 \text{ m}^2 = 7812 \text{ kgf} = 17.22 \text{ kip}$$

**Relación esbeltez perfil Tubular Diam. = 4 ½ in, e = 5 mm**

- Inercia del Perfil

$$I = \frac{\pi}{4} * \left[ \left( \frac{D}{2} \right)^2 - \left( \frac{D}{2} - e \right)^2 \right]^4$$

$$I = \frac{\pi}{4} * \left[ \left( \frac{11.43 \text{ cm}}{2} \right)^2 - \left( \frac{11.43 \text{ cm}}{2} - 0.5 \text{ cm} \right)^2 \right]^4$$

$$I = 254.92 \text{ cm}^4$$

- Área del Perfil

$$A = \pi * \left[ \left( \frac{D}{2} \right)^2 - \left( \frac{D}{2} - e \right)^2 \right]$$

$$A = \pi * \left[ \left( \frac{11.43 \text{ cm}}{2} \right)^2 - \left( \frac{11.43 \text{ cm}}{2} - e \right)^2 \right]$$

$$A = 17.17 \text{ cm}^2$$

- Radio de Giro del perfil

$$r_y = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{254.92 \text{ cm}^4}{17.17 \text{ cm}^2}}$$

$$r_y = 3.87 \text{ cm}$$

- Esbeltez < 200

$$\lambda = \frac{K * L_c}{r_y}$$

$$\lambda = \frac{0.80 * 500 \text{ cm}}{3.87 \text{ cm}}$$

$$\lambda = 103 \quad \mathbf{OK}$$

## Esfuerzo crítico Euler

- Tipo de Pandeo

Pandeo Elástico

$$\frac{K * L_c}{r_y} \geq 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{0.80 * 500 \text{ cm}}{3.87 \text{ cm}} = 103 \geq 4.71 \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{50 \text{ ksi}}} = 113.43 \quad \text{No cumple}$$

Pandeo Inelástico

$$\frac{K * L_c}{r_y} \leq 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{0.80 * 500 \text{ cm}}{3.87 \text{ cm}} = 103 \leq 4.71 \sqrt{\frac{29000 \text{ ksi}}{50 \text{ ksi}}} = 113.43 \quad \text{Sí cumple}$$

$$F_e = \frac{E * \pi^2}{\left(\frac{K * L_c}{r_y}\right)^2} = 184.57 \text{ MPa}$$

- Esfuerzo Crítico de Euler

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) F_y$$

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{50 \text{ ksi}}{184.57 \text{ ksi}}}\right) 50 \text{ ksi} = 22.88 \text{ ksi}$$

## Cálculo de Carga Última

$$P_n = \phi F_{cr} A$$

$$P_n = 0.9 * 22.888 \text{ ksi} * 2.66 \text{ in}^2 = 54.80 \text{ kip}$$

## Relación Demanda Capacidad

$$\frac{\text{Demanda}}{\text{Capacidad}} = \frac{17.22 \text{ kip}}{54.80 \text{ kip}} = 0.31$$

## Clasificación de Elemnto según el AIS 360

- Esbelto - No Esbelto

$$\frac{D}{t} < 0.11 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{11.43}{0.5} < 0.11 \sqrt{\frac{29\,000}{50}}$$

22.86 < 63.8 Perfil No Esbelto

#### 4.1.3.2. Comprobación del Pre-dimensionamiento de Viga

Tabla 21: Características y datos del perfil para Viga

DATOS	
Fluencia del acero $F_y$ =	50 ksi
Módulo de Elasticidad E =	29 000 ksi
Factor de seguridad =	0,90
Longitud tributaria Long. =	10.5 m
Ancho Tributario A=	6 m
Carga Muerta D =	10 kgf/m <sup>2</sup>
Carga Viva L =	70 kgf/m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia

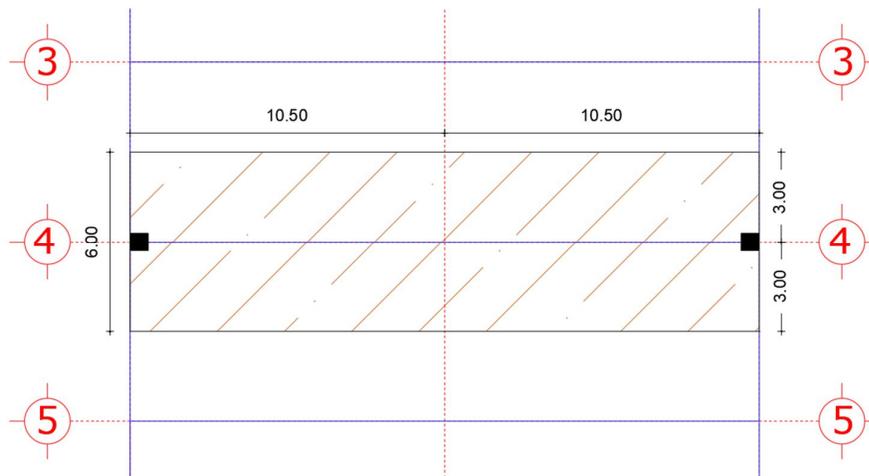


Ilustración 14: Área tributaria para Viga

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo del peso resistente W

$$\mathbf{Pu = 1.2 * D + 1.6 * L}$$

$$Pu = 1.2 * \left(10 \frac{kgf}{m^2}\right) + 1.6 * \left(70 \frac{kgf}{m^2}\right)$$

$$Pu = 124 \frac{kgf}{m^2}$$

$$\mathbf{A_T = Long * A}$$

$$A_T = 10.5 \text{ m} * 6\text{m} = 63 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{W = \frac{Pu * A_T}{Long.}}$$

$$W = \frac{124 \frac{kgf}{m^2} * 63 \text{ m}^2}{10.5 \text{ m}} = \frac{7812 \text{ kgf}}{10.5 \text{ m}} = 1.64 \frac{kip}{m}$$

$$\mathbf{M_u = \frac{W * Long.^2}{8}}$$

$$M_u = \frac{1.64 \frac{kip}{m} * (10.5\text{m})^2}{8} = 10253.15 \text{ kgf} * \text{m}$$

$$\mathbf{Z_x = \frac{M_u}{0.9 * F_y}}$$

$$Z_x = \frac{10253.15 \text{ kgf} * \text{m}}{0.9 * 50 \text{ ksi}} = 324.079 \text{ cm}^3$$

**Módulo de plástico Tubular Diam. = 3 ½ in, e = 5 mm**

$$Z_x = \frac{(\pi * D)^4 - (D - e)^4}{21 * D} = 3232.47 \text{ cm}^3 \text{ Cumple}$$

#### 4.1.3.3. Comprobación del Pre-dimensionamiento de Correa

Tabla 22: Características y datos del perfil para Correa

DATOS	
Fluencia del acero $F_y =$	36 ksi
Módulo de Elasticidad $E =$	29 000 ksi
Factor de seguridad =	0,90
Longitud tributaria Long. =	6 m
Ancho Tributario $A =$	2.35 m
Carga Muerta $D =$	10 $kgf/m^2$
Carga Viva $L =$	70 $kgf/m^2$

Fuente: Elaboración propia



Ilustración 15: Área tributaria para Correa

Fuente: Elaboración propia

### Cálculo del peso resistente $W$

$$P_u = 1.2 * D + 1.6 * L$$

$$P_u = 1.2 * \left(10 \frac{kgf}{m^2}\right) + 1.6 * \left(70 \frac{kgf}{m^2}\right)$$

$$P_u = 124 \frac{kgf}{m^2}$$

$$A_T = Long * A$$

$$A_T = 6 \text{ m} * 1.35 \text{ m} = 8.01 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{Pu * A_T}{Long.}$$

$$W = \frac{124 \frac{kgf}{m^2} * 4,05 m^2}{6 m} = 185.54 kgf/m$$

$$M_u = \frac{185.54 \frac{kgf}{m^2} * (6m)^2}{8 m} = 37665 kgf * m$$

$$Z_x = \frac{M_u}{0.9 * F_y}$$

$$Z_x = \frac{37665 kgf * m}{0.9 * 36 ksi} = 16.53 cm^3$$

**Módulo plástico Correa G 125x50x15x2mm.**

$$Z = 23.83 cm^3 \text{ Cumple}$$

#### 4.1.4. Cargas por viento Barlovento y Sotavento

$$V = 75.6 \frac{km}{h} = 21 \frac{m}{s}$$

Dónde:

V= Velocidad instantánea máxima del viento.

##### 4.1.4.1. Velocidad Corregida del Viento

$$V_b = V * \sigma$$

Dónde:

$V_b$  = velocidad corregida del viento en m/s

V= velocidad instantánea máxima del viento en m/s, registrada a 10 m de altura sobre el terreno.

$\sigma$  = coeficiente de corrección.

El coeficiente de corrección se aplica dependiendo a las características topográficas que se reparten en tres categorías como se muestra en la tabla 7, que por la distribución de la estructura es de 0.90.

$$V_b = V * \sigma$$

$$V_b = 21 \frac{m}{s} * 0.90 = 18.9 \frac{m}{s}$$

#### 4.1.4.2.Presión del Viento

$$P = \frac{1}{2} \rho * V_b^2 * C_e * C_f$$

Dónde:

P = Presión de cálculo expresada en Pa (N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  = Densidad del aire expresada en Kg/m<sup>3</sup> (se puede adoptar 1.25 Kg/m<sup>3</sup>).

$C_e$ =Coeficiente de entorno/altura

$C_f$ = Coeficiente de forma

#### 4.1.4.3.Presión de Viento para Columna

Tabla 23: Datos para obtener presión del viento en Columna

DATOS	
Densidad del Aire $\rho$ =	1.25 Kg/m <sup>3</sup>
Velocidad corregida del viento $V_b$ =	18.9 m/s
Altura Columna h =	5 m
Ancho Colaborante Borde $A_{borde}$ =	3 m
Ancho Colaborante Central $A_{central}$ =	6 m
Coeficiente de entorno/altura $C_e$ =	0.70
Coeficiente de forma $C_f$ =	0.8

Fuente: Elaboración propia

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f$$

$$P = \frac{1}{2} * 1.25 \text{ Kg/m}^3 * \left( 18.9 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 * 0.70 * 0.8$$

$$P = 12.75 \text{ Kg/m}^2$$

#### 4.1.4.3.1. Carga de Viento - Columnas Borde

$$\text{Área Colab.} = h * A_{\text{borde}}$$

$$\text{Área Colab.} = 5 \text{ m} * 3 \text{ m}$$

$$\text{Área Colab.} = 15 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{viento}} = \frac{\text{Área Col.} * P}{h}$$

$$W_{\text{viento}} = \frac{15 \text{ m}^2 * 12.75 \text{ Kg/m}^2}{5 \text{ m}}$$

$$W_{\text{viento}} = 38.25 \text{ Kg/m}$$

#### 4.1.4.3.2. Carga de Viento - Columnas Centrales

$$\text{Área Colab.} = h * A_{\text{central}}$$

$$\text{Área Colab.} = 5 \text{ m} * 6 \text{ m}$$

$$\text{Área Colab.} = 30 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{viento}} = \frac{\text{Área Col.} * P}{h}$$

$$W_{\text{viento}} = \frac{30 \text{ m}^2 * 12.75 \text{ Kg/m}^2}{5 \text{ m}}$$

$$W_{\text{viento}} = 76.46 \text{ Kg/m}$$

#### 4.1.1.1. Presión de Viento para Vigas

Tabla 24: Datos para obtener presión del viento en Viga

DATOS	
Densidad del Aire $\rho =$	1.25 Kg/m <sup>3</sup>
Velocidad corregida del viento $V_b =$	18.9 m/s
Longitud Viga L =	10.85 m
Ancho Colaborante Borde $A_{borde} =$	3 m
Ancho Colaborante Central $A_{central} =$	6 m
<i>Barlovento</i>	
Coefficiente de entorno/altura $C_e =$	0.70
Coefficiente de forma $C_f =$	0.3
<i>Sotavento</i>	
Coefficiente de entorno/altura $C_e =$	0.70
Coefficiente de forma $C_f =$	-0.6

Fuente: Elaboración propia

#### Barlovento

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f$$

$$P = \frac{1}{2} * 1.25 \text{ Kg/m}^3 * \left( 18.9 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 * 0.70 * 0.3$$

$$P = 4.78 \text{ Kg/m}^2$$

#### Sotavento

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f$$

$$P = \frac{1}{2} * 1.25 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \left( 18.9 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 * 0.70 * -0.6$$

$$P = -10.38 \text{ Kg/m}^2$$

#### 4.1.1.1.1. Carga de Viento - Columnas Borde para Barlovento

$$\text{Área Colab.} = h * A_{central}$$

$$\text{Área Colab.} = 10.85 \text{ m} * 3 \text{ m}$$

$$\text{Área Colab.} = 32.55 \text{ m}^2$$

$$W_{viento} = \frac{\text{Área Col.} * P}{h}$$

$$W_{viento} = \frac{32.55 \text{ m}^2 * 4.785 \text{ Kg/m}^2}{10.85 \text{ m}}$$

$$W_{viento} = 14.34 \text{ Kg/m}$$

#### 4.1.1.1.2. Carga de Viento - Columnas Centro para Barlovento

$$\text{Área Colab.} = h * A_{central}$$

$$\text{Área Colab.} = 10.85 \text{ m} * 6 \text{ m}$$

$$\text{Área Colab.} = 65.1 \text{ m}^2$$

$$W_{viento} = \frac{\text{Área Col.} * P}{h}$$

$$W_{viento} = \frac{65.1 \text{ m}^2 * 4.785 \text{ Kg/m}^2}{10.85 \text{ m}}$$

$$W_{viento} = 28.69 \text{ Kg/m}$$

#### 4.1.1.1.3. Carga de Viento - Columnas Borde para Sotavento

$$\text{Área Colab.} = h * A_{central}$$

$$\text{Área Colab.} = 10.85 \text{ m} * 3 \text{ m}$$

$$\text{Área Colab.} = 32.55 \text{ m}^2$$

$$W_{viento} = \frac{\text{Área Col.} * P}{h}$$

$$W_{viento} = \frac{32.55 \text{ m}^2 * -10.38 \text{ Kg/m}^2}{10.85 \text{ m}}$$

$$W_{viento} = -31.14 \text{ Kg/m}$$

#### 4.1.1.1.4. Carga de Viento - Columnas Centro para Sotavento

$$\text{Área Colab.} = h * A_{central}$$

$$\text{Área Colab.} = 10.85 \text{ m} * 6 \text{ m}$$

$$\text{Área Colab.} = 65.1 \text{ m}^2$$

$$W_{viento} = \frac{\text{Área Col.} * P}{h}$$

$$W_{viento} = \frac{65.1 \text{ m}^2 * -10.38 \text{ Kg/m}^2}{10.85 \text{ m}}$$

$$W_{viento} = -62.29 \text{ Kg/m}$$

#### 4.1.5. Espectro de Diseño Sísmico

Tabla 25: Datos para elaborar espectro Sísmico en Marcabelí

DATOS		Referencia
Ciudad =	Marcabelí	
Perfil de Suelo=	D	Ver Tabla 6.
Razón entre la aceleración espectral y el PGA $\eta$ =	1.80	
Factor de Zona Z=	0.35	Ver Tabla 5.
Coefficiente de amplificación Fa=	1.10	Ver Tabla 8.
Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos Fd=	1.65	Ver Tabla 9.
Comportamiento no lineal de los suelos Fs=	1.80	Ver Tabla 10.
Coefficiente de importancia I=	1.3	Ver Tabla 11.
Coefficiente de reducción R=	3	Ver Tabla 12.
Configuración estructural (planta y elevación)	1	
$\emptyset P$ y $\emptyset E$ =	1	
Factor usado en el espectro de diseño elástico r=		

Fuente: Elaboración propia

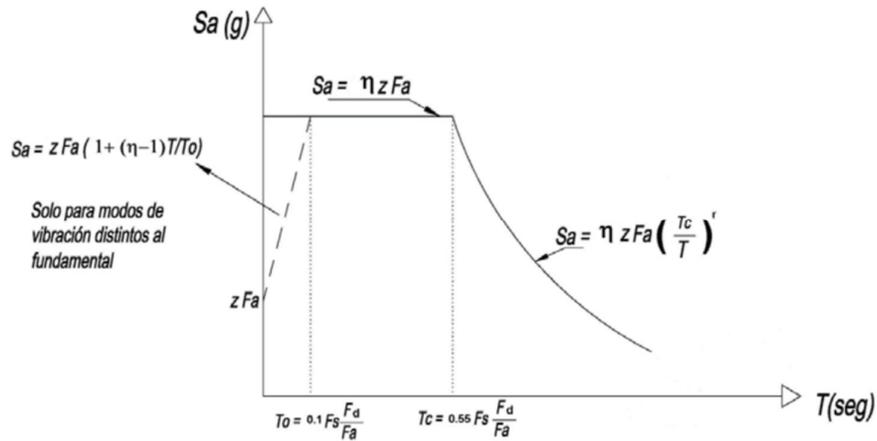


Ilustración 16: Espectro elástico de diseño en aceleraciones

Fuente: (NEC, Peligro sísmico, 2015)

$$T_0 = 0.1 * F_s * \frac{F_d}{F_a} \quad T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a} \quad T_L = 2.4 * F_d$$

Dónde:

$T_0$  = 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

$T$  = Período fundamental de vibración de la estructura

$T_L$  = Es el período límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos

$S_a$  = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura

$$T_0 = 0.1 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_0 = 0.1 * 1.80 * \frac{1.65}{1.10}$$

$$T_0 = 0.27$$

$$T_c = 0.55 * F_s * \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.55 * 1.80 * \frac{1.65}{1.10}$$

$$T_0 = 1.485$$

$$T_L = 2.4 * F_d$$

$$T_L = 2.4 * 1.65$$

$$T_L = 3.96$$

$$S_a = \eta * z * F_a$$

$$S_a = 1.8 * 0.35 * 1.10$$

$$S_a = 0.693$$

Ajuste de Cortante Basal

$$V = \frac{I * S_a}{R * \phi P * \phi P} * W$$

$$V = \frac{1.3 * 0.693}{3 * 1 * 1} * W$$

$$V = 0.300 * W$$

#### 4.2. Modelamiento de la estructura en SAP200

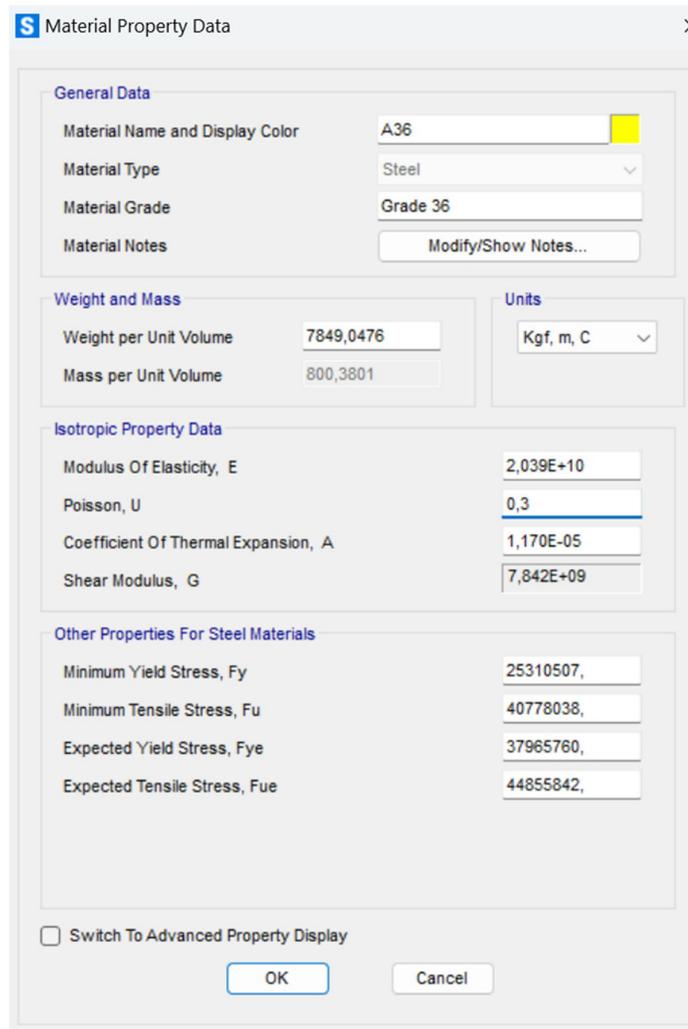
El software SAP2000 se utiliza en trabajos de análisis con modelos estructurales, que permiten analizar deformaciones, vectores propios, análisis de pandeos, análisis de resistencia evaluando la relación demanda capacidad. En el presente proyecto se genera un modelo estructural de cubierta metálica tipo galpón, ubicado en el colegio Bachillerato Marcabelí.

Las secciones de los perfiles al implementar este proyecto fueron comprobadas su resistencia siguiendo el habitual proceso de prediseño teniendo en cuenta que las secciones que ya se habían designado como lo son tubería circular D= 4 ½ in e=5mm y D=3 ½ in e=5mm son óptimas para el presente proyecto.

#### 4.2.1. Definición de Materiales

Previo al proceso del modelado se deben de definir los Materiales con los que se va a trabajar en este caso son dos tipos de Acero, el A-36 como se observa en la ilustración 17 y el A 50 como se aprecia en la ilustración 18.

##### Acero A-36



The screenshot shows the 'Material Property Data' dialog box in SAP. The dialog is titled 'Material Property Data' and has a close button (X) in the top right corner. It is divided into several sections:

- General Data:**
  - Material Name and Display Color: A36 (with a yellow color swatch)
  - Material Type: Steel (dropdown menu)
  - Material Grade: Grade 36
  - Material Notes: Modify/Show Notes...
- Weight and Mass:**
  - Weight per Unit Volume: 7849,0476
  - Mass per Unit Volume: 800,3801
- Units:**
  - Units: Kgf, m, C (dropdown menu)
- Isotropic Property Data:**
  - Modulus Of Elasticity, E: 2,039E+10
  - Poisson, U: 0,3
  - Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,170E-05
  - Shear Modulus, G: 7,842E+09
- Other Properties For Steel Materials:**
  - Minimum Yield Stress, Fy: 25310507,
  - Minimum Tensile Stress, Fu: 40778038,
  - Expected Yield Stress, Fye: 37965760,
  - Expected Tensile Stress, Fue: 44855842,

At the bottom of the dialog, there is a checkbox labeled 'Switch To Advanced Property Display' which is currently unchecked. Below the checkbox are two buttons: 'OK' and 'Cancel'.

*Ilustración 17: Definición de Acero A-36 en SAP 2000*

*Fuente: Elaboración propia*

**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: 7849,0476

Mass per Unit Volume: 800,3801

**Units**

Units: Kgf, m, C

**Isotropic Property Data**

Modulus Of Elasticity, E: 2,039E+10

Poisson, U: 0,3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 7,842E+09

**Other Properties For Steel Materials**

Minimum Yield Stress, Fy: 35153481,

Minimum Tensile Stress, Fu: 45699526,

Expected Yield Stress, Fye: 38668829,

Expected Tensile Stress, Fue: 50269478,

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

*Ilustración 18: Definición de Acero A-50 en SAP 2000*

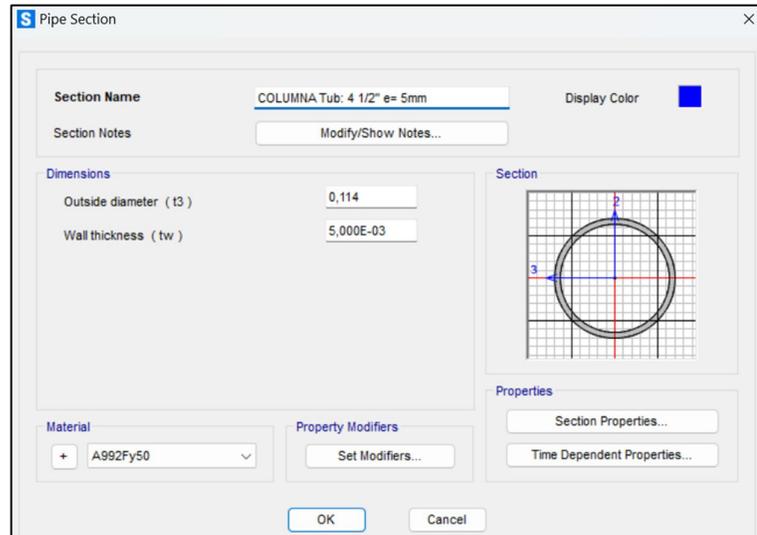
*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.2.2. Definición de elementos**

Se proceden a definir las secciones de los perfiles que conformaran la presente estructura metálica.

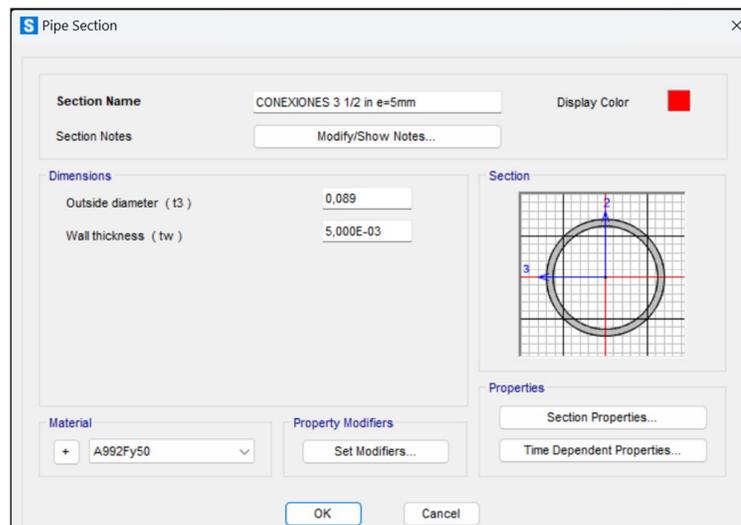
El diseño se basa en un pórtico con columnas de perfil circular de diámetro  $D=4\frac{1}{2}$  in, con un espesor  $e=5$ mm como se muestra en la ilustración 19 con un Grado 50, mientras que las vigas principales la conforman un perfil circular de diámetro  $D=3\frac{1}{2}$  in con un espesor de  $e=5$  mm como se muestra en la ilustración 20 con un material Grado 50, las conexiones tanto de columnas como de vigas son de una misma medida de perfil circular  $D=3\frac{1}{2}$  con un espesor

de 5 mm esto se evidencia en la imagen 20. Elementos tensores en la ilustración 21 se observan que están compuesto de Varilla de diámetro 12 mm con un acero de grado A36. Los cálculos del pre-dimensionamiento de correas indica utilizar G125x50x15x2 mm de igual manera con un acero de grado A36 como se muestra en la ilustración 22.



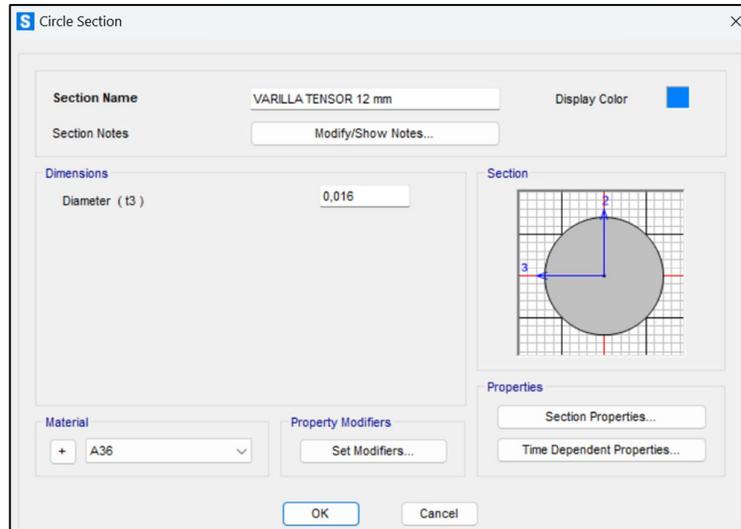
*Ilustración 19: Perfil circular de diámetro  $D=4\frac{1}{2}$  in, con un espesor  $e=5$ mm*

*Fuente: Elaboración propia*



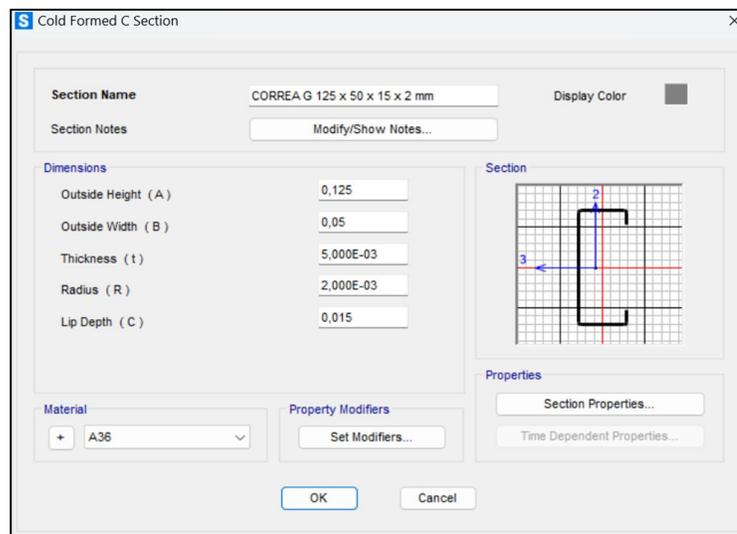
*Ilustración 20: Perfil circular de diámetro  $D=3\frac{1}{2}$  in con un espesor de  $e=5$ mm*

*Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 21: Elemento tensor*

*Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 22: Definición de Correa G125x50x15x2*

*Fuente: Elaboración propia*

### 4.2.3. Modelado de la estructura

El modelado de la estructura se comienza por la definición de ejes y elevaciones que tendrá la estructura como se muestra en la ilustración 23, así mismo se definen unidades que para el actual proyecto se utilizan para fuerzas (kgf) y distancias (m). Las columnas que tienen una altura de 5 m en la ilustración 24 se las puede observar que se encuentran con un color azul que ha sido previamente designado, en la misma imagen se encuentran modeladas las vigas

principales con una pendiente de 25 % estas se encuentran de color verde, y las conexiones se encuentran de color rojo siendo estas las mismas tanto para columnas como para vigas.

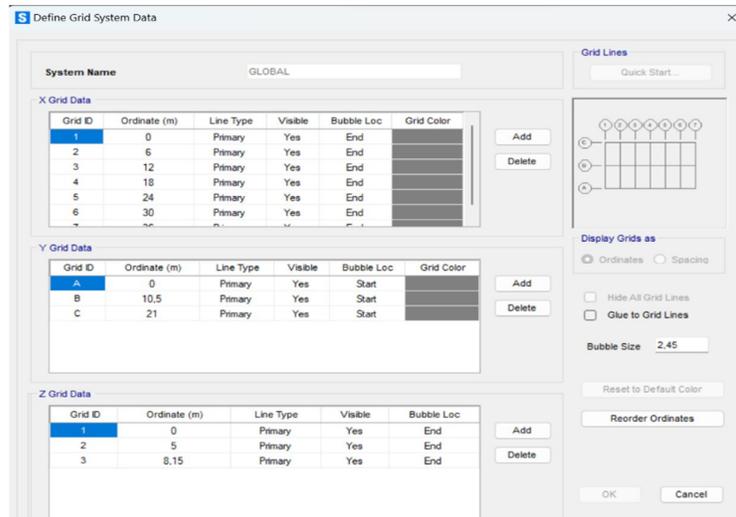


Ilustración 23: Definición de ejes y elevaciones de la estructura

Fuente: Elaboración propia

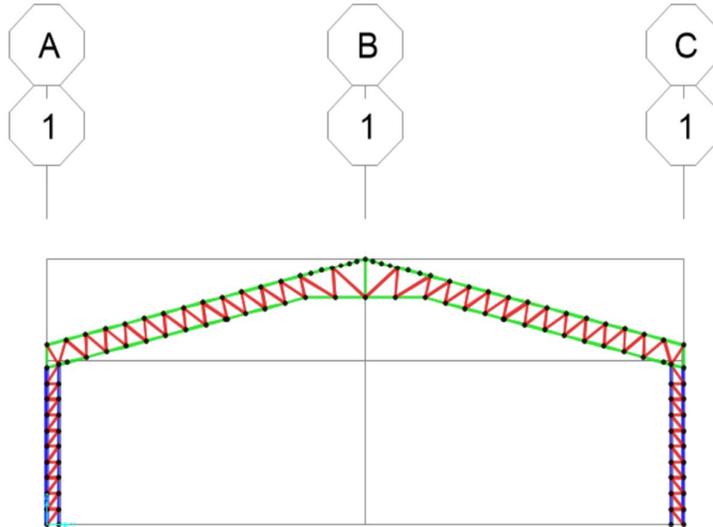
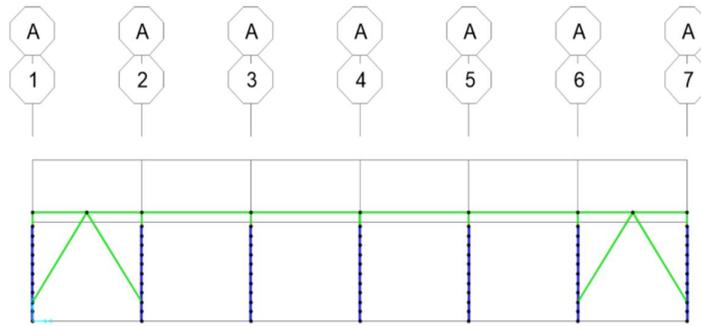


Ilustración 24: Modelado del pórtico principal de la estructura

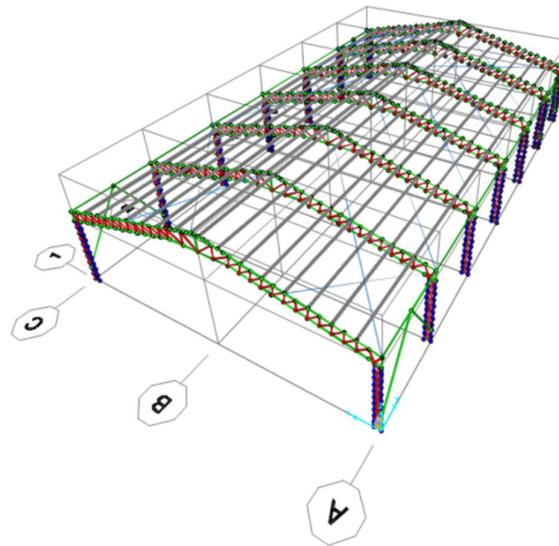
Fuente: Elaboración propia

En los laterales se utilizarán arriostramientos en los extremos la intención es que nos ayude a combatir el sismo evitando la utilización de viguetas esta configuración tiene la

intención de disminuir cargas como se muestra en la ilustración 25, así mismo la utilización de correas tipo G 125x50x15x2 mm serán ubicadas a una distancia de 1.35 m. Finalmente se procede a obtener una vista 3D del pórtico con todo el sistema estructural que lo compone como se muestra en la ilustración 26.

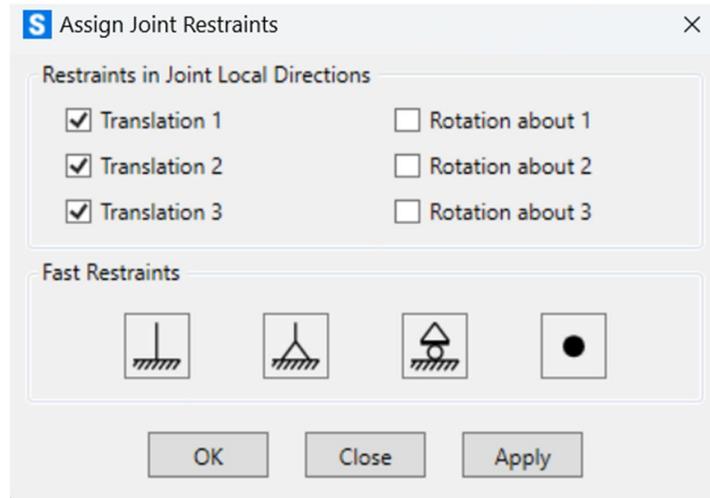


*Ilustración 25. Arriostramiento añadido a la estructura  
Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 26: Vista 3D de la estructura en SAP 2000  
Fuente: Elaboración propia*

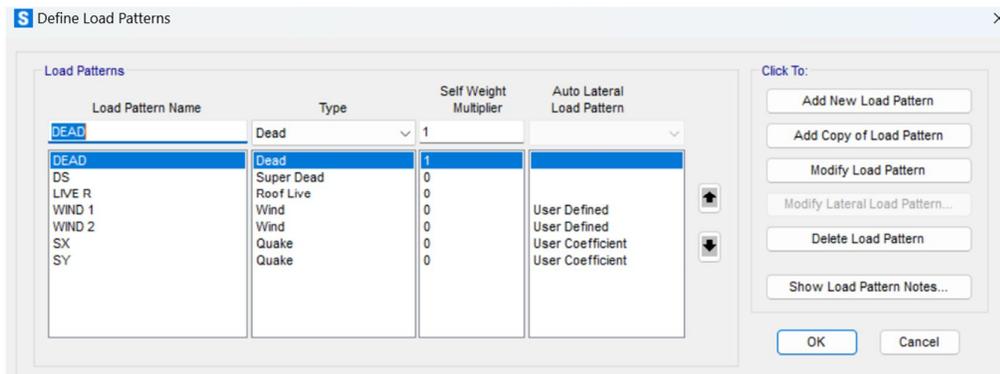
La estructura tiene elementos no esbeltos, es por ello que no es necesario que en sus apoyos exista empotramiento por ello se define como simplemente apoyada como se observa en la ilustración 27.



*Ilustración 27: Definición del tipo de apoyo de la estructura  
Fuente: Elaboración propia*

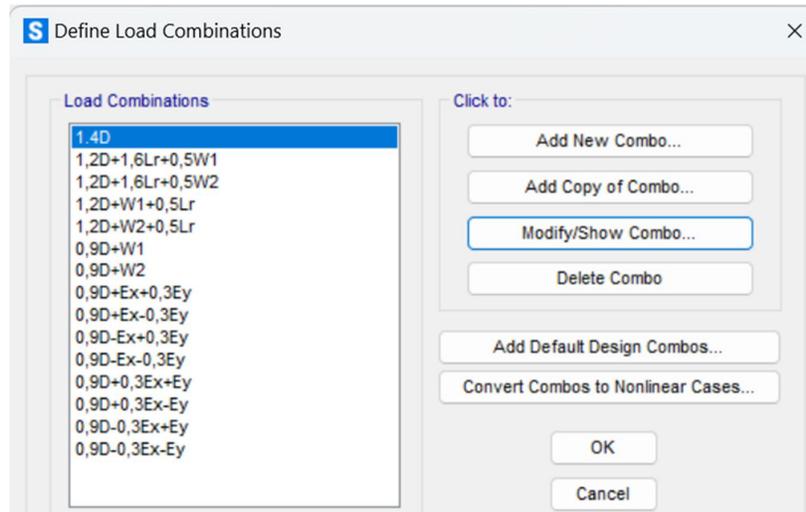
#### 4.2.4. Definición de patrones y combinaciones de Carga

Los patrones de carga sirven para establecer combinación de carga para ello se deben de considerar las fuerzas que actúan sobre la cubierta como lo son: Peso Propio estructura (DEAD), sobrecarga muerta (DS), Carga Viva (LIVE R), Carga de Viento Caso I (WIND 1), Carga de Viento Caso II (WIND 2), y fuerzas de Sismo en dirección X y Y definidos como (SX) y SY) respectivamente como se observa en la ilustración 28.



*Ilustración 28: Definición de patrones de cargas  
Fuente: Elaboración propia*

En la ilustración 29 se han establecido las combinaciones de cargas existentes utilizando el método LRFD, siguiendo recomendaciones de NEC-2015, se tomaron en cuenta los dos casos de fuerzas por viento para lograr las combinaciones que ayuden a generar un análisis completo de la estructura y asegurar un buen comportamiento estructural.

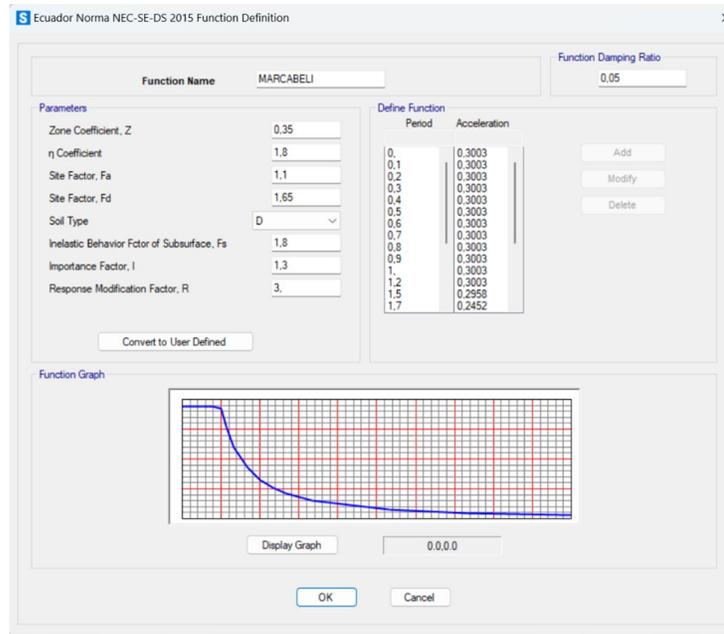


*Ilustración 29: Definición de combinaciones de carga*

*Fuente: Elaboración propia*

#### **4.2.5. Definición de Función Espectro de Respuesta**

Para la definición del espectro sísmico se utilizan los datos de la tabla 25 donde previamente se han definido datos siguiendo recomendaciones de la NEC-2015 Peligro Sísmico, estos parámetros han sido obtenidos para un suelo tipo D para el Cantón Marcabelí con una aceleración en roca de  $z=0.35$  con este espectro se espera obtener un análisis modal por ello en la ilustración 30 se observa la definición del espectro sísmico de diseño que se aplicará a la estructura.

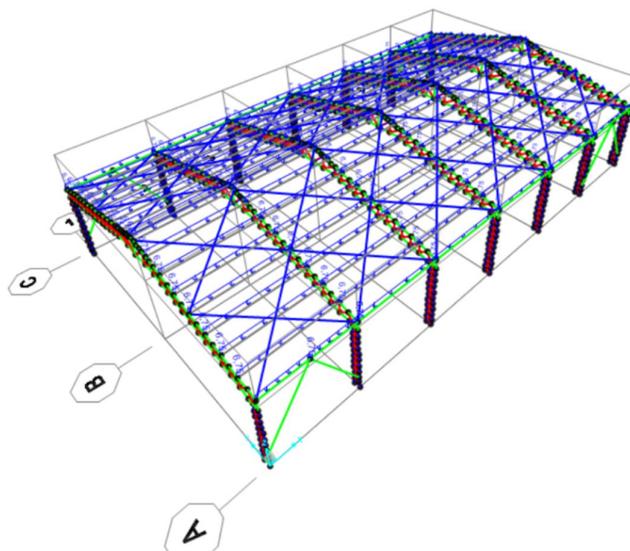


*Fuente: Elaboración propia*

*Ilustración 30: Definición del espectro sismo de diseño*

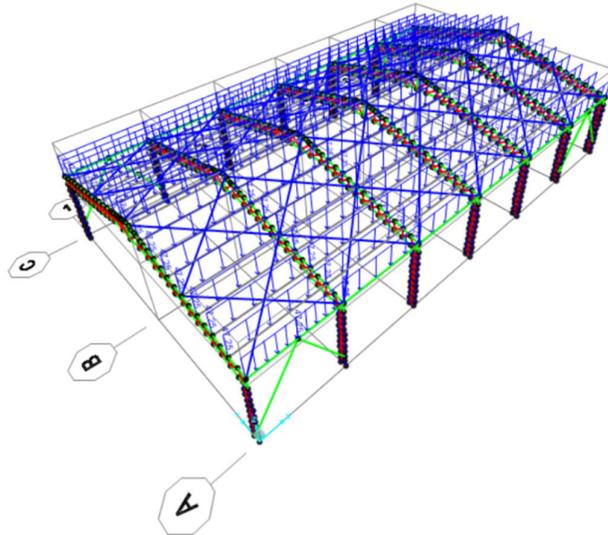
#### 4.2.6. Asignación de Carga

La definición de cargas se realizó previamente en la fase de prediseño estas serán designadas a los cordones principales de los elementos considerando sus áreas tributarias como se muestra en la ilustración 31 se ha ingresado carga muerta sobreimpuesta, en la figura ilustración 32. se ha designado carga viva.



*Ilustración 31: Asignación de carga sobreimpuesta*

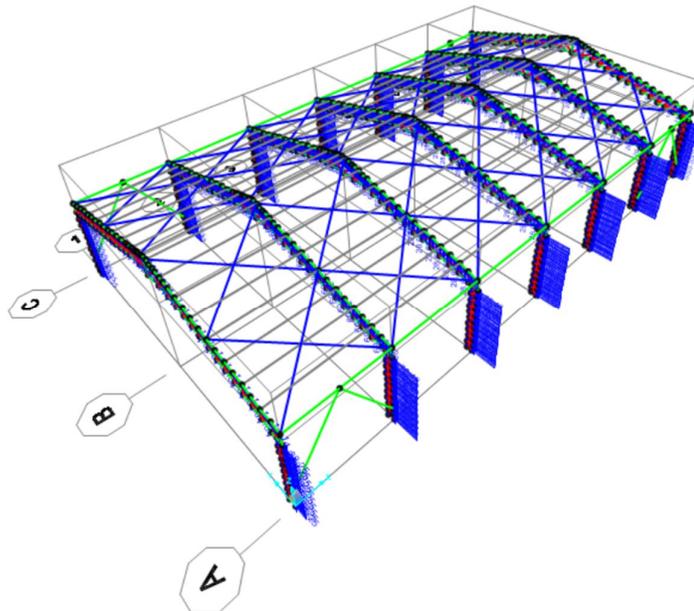
*Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 32: Asignación de carga viva*

*Fuente: Elaboración propia*

Las cargas por viento que deben de considerarse son los dos casos debido a que estas cargas pueden romper la estabilidad de la estructura, para ello en Wind 1 no se considera fuerzas por sotavento las cargas son positivas como se muestra en la ilustración 33, en Wind 2 se deben de considerar las fuerzas para sotavento que actúa sobre la cubierta como se muestra en la ilustración 34.



*Ilustración 33. Asignación de carga por Viento caso Wind 1*

*Fuente: Elaboración propia*

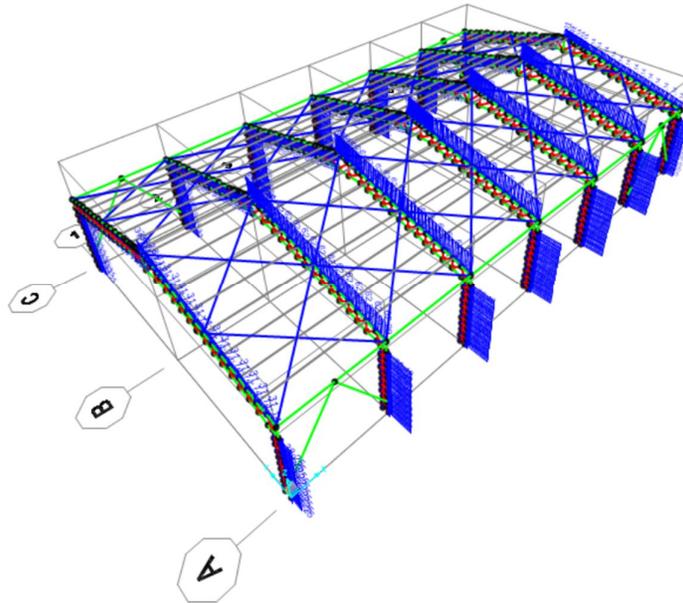


Ilustración 34: Asignación de carga por Viento caso Wind 2  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.7. Comprobación de Estados límites de Servicio

- Estado Límite de servicio por Carga Viva

Dentro de las comprobaciones del estado límite por servicio de una estructura por carga viva la relación  $L/180$  debe de prevalecer como mayor ante el desplazamiento vertical generado por carga viva de la estructura dicho desplazamiento se encuentra en la Ilustración 35.

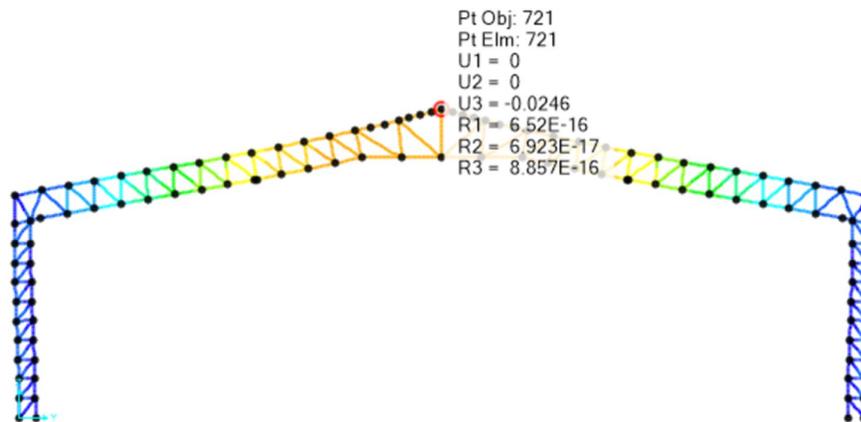


Ilustración 35: Desplazamiento vertical por Carga viva  
Fuente: Elaboración propia

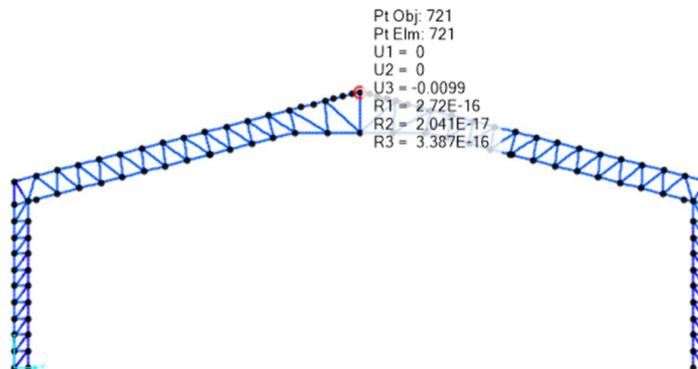
$$\frac{L}{180} > \delta_{cv}$$

$$\frac{21 \text{ m}}{180} > 0.0246 \text{ m}$$

11.67 cm > 2.46 cm **Cumple**

- **Estado Límite de servicio por Carga Muerta**

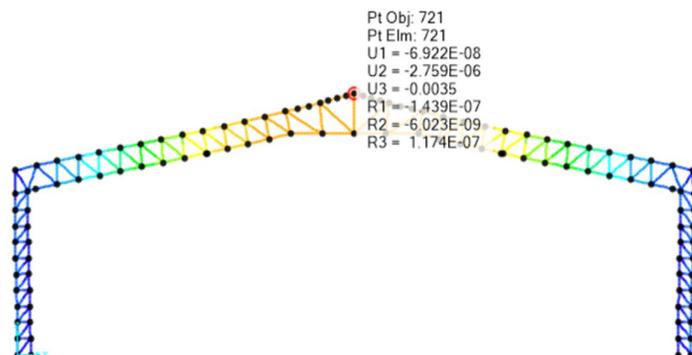
Dentro de las comprobaciones del estado límite por servicio de una estructura por carga muerta la relación  $L/120$  debe de prevalecer como mayor ante el desplazamiento vertical generado por carga viva de la estructura los desplazamientos se encuentran en la ilustración 36 y la ilustración 37 siendo en desplazamiento total la suma de Peso Propio y Carga sobreimpuesta.



*Ilustración 36: Desplazamiento vertical por Peso Propio*

*Fuente: Elaboración propia*

DS



*Ilustración 37: Desplazamiento vertical por Carga Sobreimpuesta*

*Fuente: Elaboración propia*

$$\delta_{CD} = \delta_D + \delta_{DS}$$

$$\delta_{CD} = 0.0099 \text{ m} + 0.0035 \text{ m} = 0.013 \text{ m}$$

$$\frac{L}{120} > \delta_{CD}$$

$$\frac{21 \text{ m}}{120} > 0.013 \text{ m}$$

$$17.5 \text{ cm} > 1.34 \text{ cm} \quad \text{Cumple}$$

#### 4.2.8. Verificación de Derivas

$$\Delta_i = \Delta_e * R * 0.75$$

$$\Delta_e = \frac{\Delta_{Lat}}{H}$$

Dónde:

$\Delta_e$  = Deriva máxima inelástica

$\Delta_e$  = Deriva elástica en dirección de interés

$\Delta_{Lat}$  = Desplazamiento lateral en dirección de interés

$H$  = altura de piso

$R$  = altura de piso

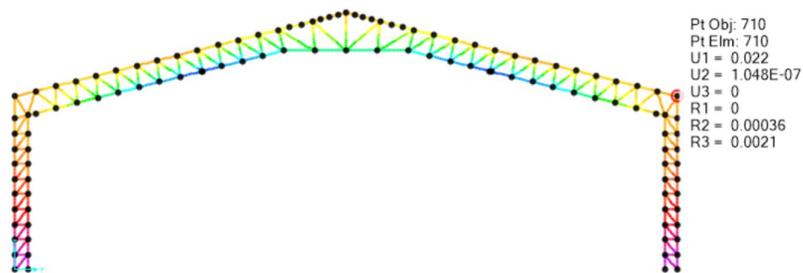


Ilustración 38: Deriva elástica en la dirección al eje x

Fuente: Elaboración propia

$$\Delta_e = \frac{\Delta_{Lat}}{H} = \frac{0.022 \text{ m}}{5 \text{ m}}$$

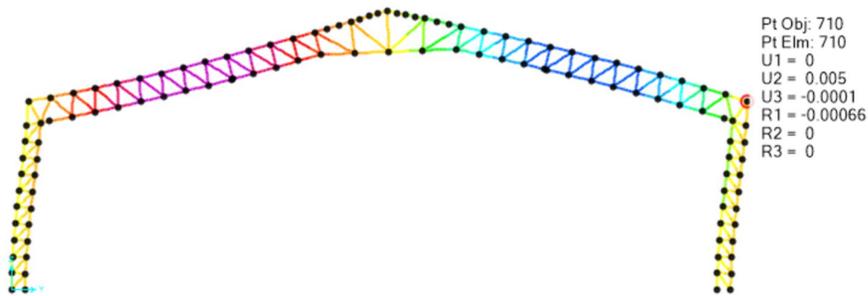
$$\Delta_e = 0.004$$

$$\Delta_i = \Delta_e * R * 0.750 = 0.004 * 3 * 0.75$$

$$\Delta_i = 0.0099$$

$$\Delta_i < 2\%$$

0.99 % < 2% **Cumple**



*Ilustración 39: Deriva elástica en la dirección al eje Y*

*Fuente: Elaboración propia*

$$\Delta_e = \frac{\Delta_{Lat}}{H} = \frac{0.005 \text{ m}}{5 \text{ m}}$$

$$\Delta_e = 0.001$$

$$\Delta_i = \Delta_e * R * 0.750 = 0.001 * 3 * 0.75$$

$$\Delta_i = 0.0023$$

$$\Delta_i < 2\%$$

0.23 % < 2% **Cumple**

#### 4.2.9. Verificación diseño resistencia

La verificación por resistencia se aplica la norma AISC 360-16, la relación demanda capacidad debe estar por debajo del 100%, el diseño se encuentra en el rango de 0% a 70% como se muestra en la ilustración 40, siendo este un rango aceptable para un buen comportamiento estructural.

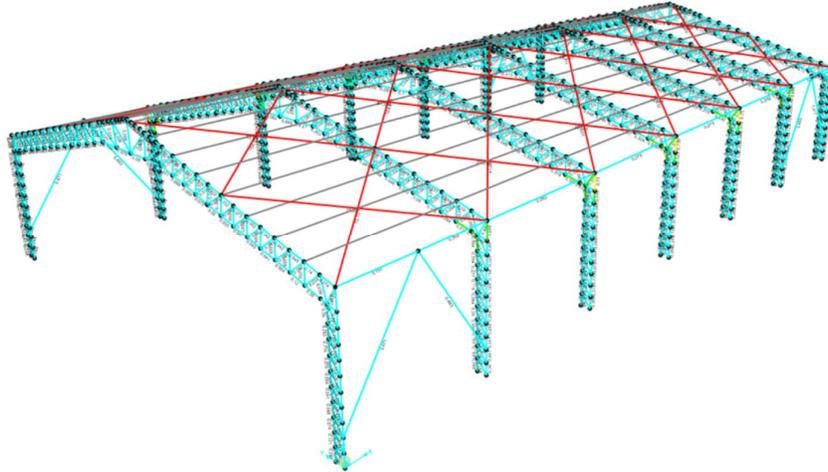


Ilustración 40: Resultado del diseño por resistencia

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3. Diseño de Cimentación en SAFE

Se evaluará la cimentación para la cubierta metálica para obtener el diseño estructural garantizando la seguridad para el funcionamiento de la estructura, para ello se utilizará el software SAFE, mediante el modelamiento 3D tipo Shell, siguiendo la Norma AISC 318-19 y NEC-SE-HA (Hormigón Armado).

Tabla 26: Datos para diseño de Pedestal

DATOS	
Carga Viva L =	5.48 Ton
Carga Muerta D =	2.95 Ton
Resistencia Hormigón $f'c$ =	280 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia por fluencia $F_y$ =	4200 kg/cm <sup>2</sup>
Dimensiones	
$b$ =	60 cm

$d =$	30 cm
$\rho =$	0.01

Fuente: Elaboración propia

Acero de Pedestal

$$A_{min} = \rho b d$$

$$A_{min} = 18 \text{ cm}^2$$

Acero mínimo

$$N = 8$$

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

$$A_s = n * \pi * \frac{\phi_{columna}^2}{4}$$

$$A_s = 20.36 \text{ cm}^2$$

$$A_s > A_{min}$$

$$20.36 \text{ cm}^2 > 18 \text{ cm}^2$$

Resistencia a la compresión

Nota: se asume que se comporta como una columna corta

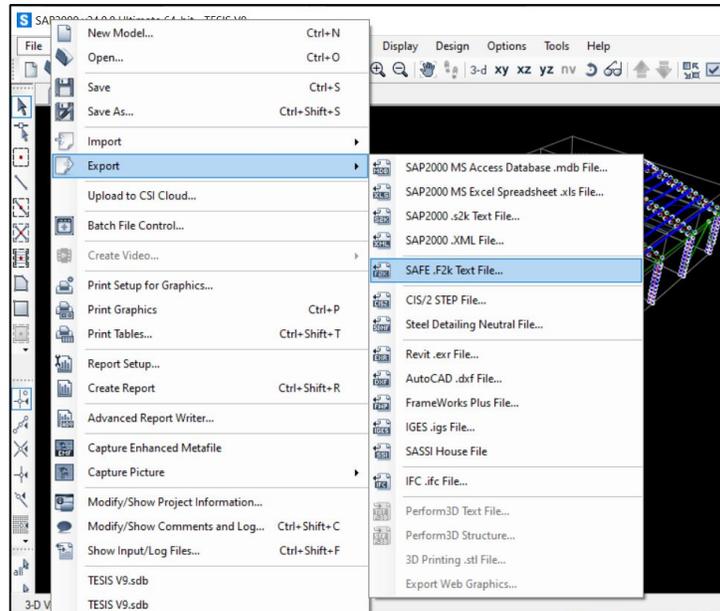
$$A_g = b * d \quad \phi = 0,70$$

$$\phi P_n = 0.80 * \phi * (0.85 * f'c * (A_g - A_s) + A_s * F_y)$$

$$\phi P_n = 314.24 \text{ tonf} > P_u = 11.42 \text{ tonf}$$

#### 4.3.1. Exportar de SAP 2000 a SAFE

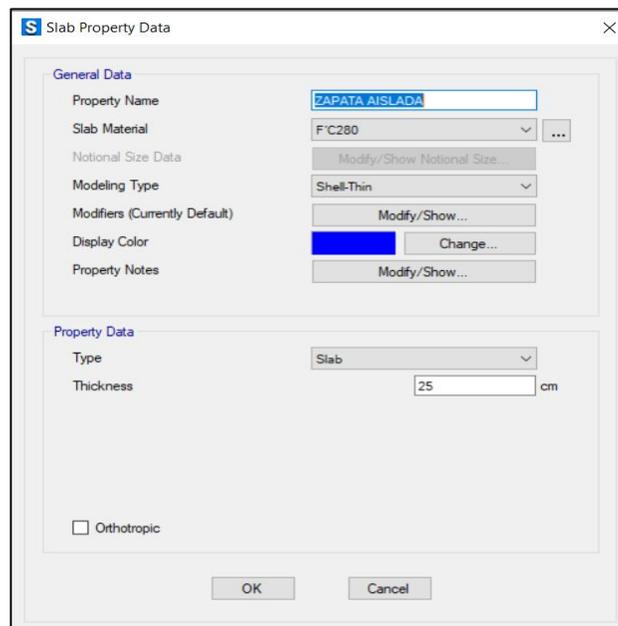
Una vez obtenida la información del SAP 2000 se procede a exportar el proyecto a modo SAFE.F2k Text File como se muestra en la ilustración 41 de esta manera se facilitan las exportaciones de cargas que genera la cubierta metálica.



*Ilustración 41: Exportar modelo a SAFE*

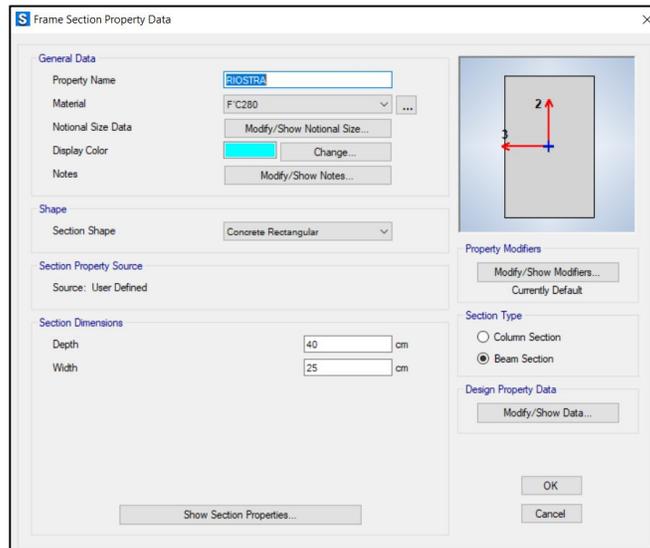
*Fuente: Elaboración propia*

Al igual que el SAP 200 en SAFE se deben de definir las propiedades de los materiales en este caso se definen resistencias del concreto, secciones y el tipo de elemento como se muestra en la ilustración 42, ilustración 43 e ilustración 44



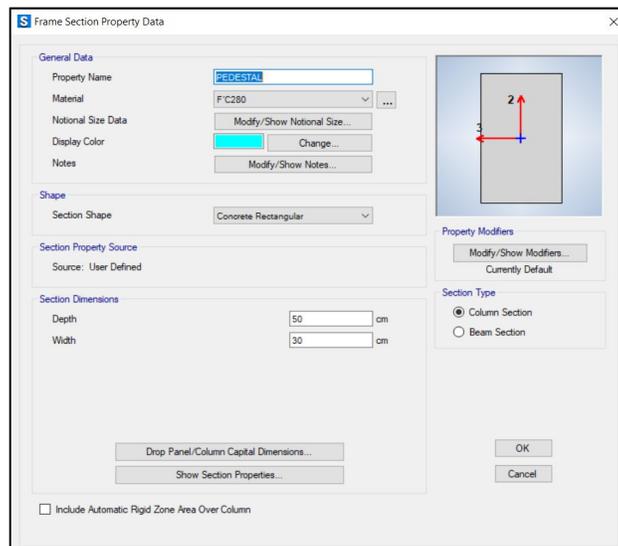
*Ilustración 42. Definición de dimensiones de zapata*

*Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 43: Definición de dimensión de Riostra*

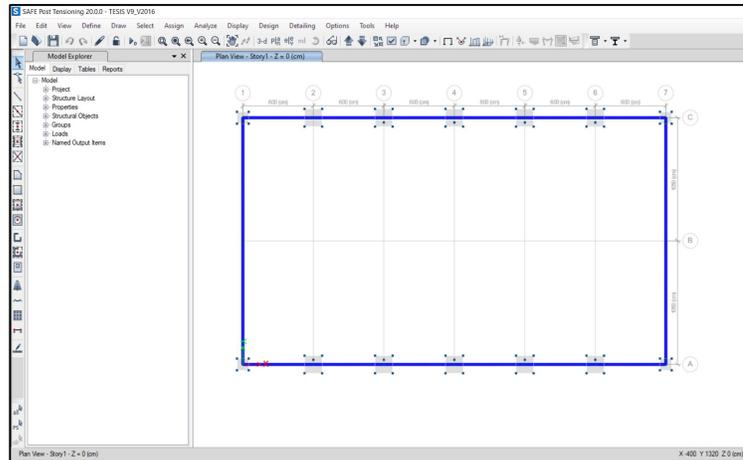
*Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 44: Definición de dimensión de Pedestal*

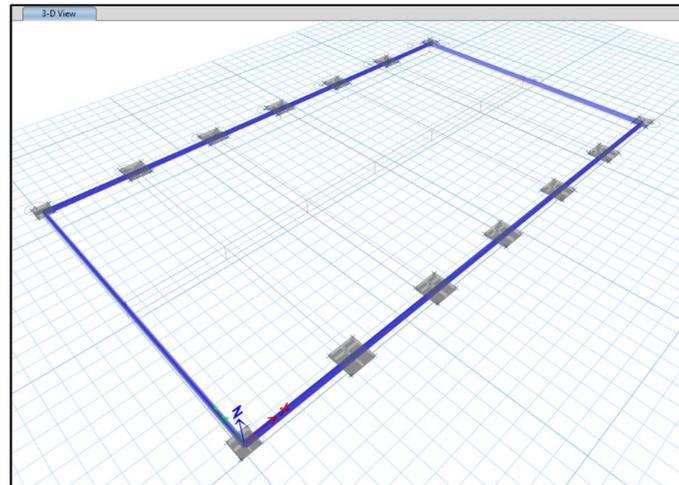
*Fuente: Elaboración propia*

Definida las propiedades y secciones utilizar se procede con el modelado de las dimensiones de la cimentación basándonos en el previo pre-dimensionamiento el modelado se muestra en la ilustración 45, para una mejor apreciación en la ilustración 46, se puede observar una vista 3D de la cimentación.



*Ilustración 45: Modelado en SAFE*

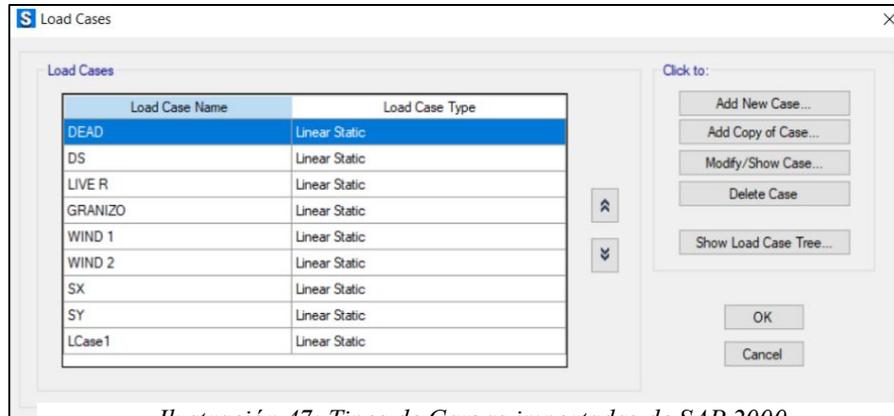
*Fuente: Elaboración propia*



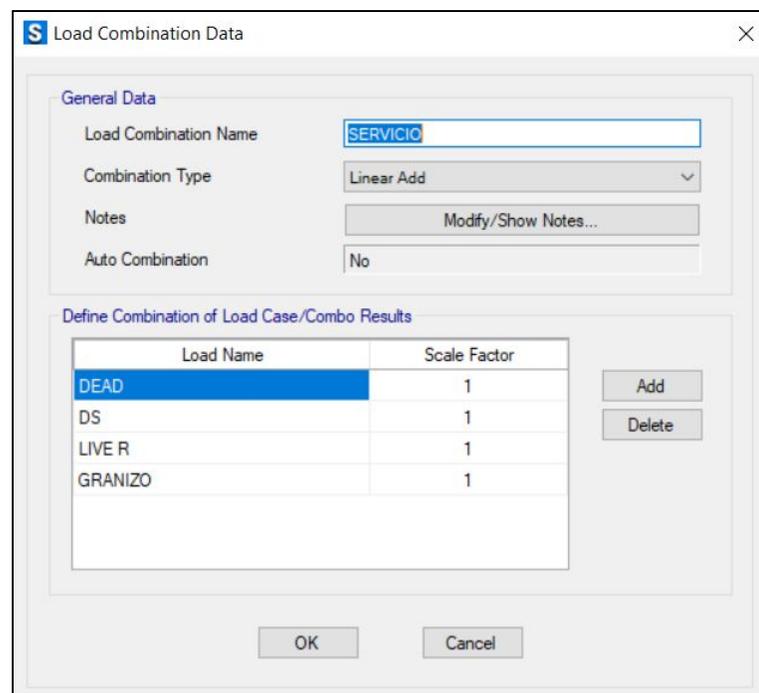
*Ilustración 46: Vista 3D del Modelado en SAFE*

*Fuente: Elaboración propia*

La comprobación y definición de los tipos de cargas es un paso importante de ello dependerá realizar un buen análisis estructural aquello se puede observar en la ilustración 47, mientras que en la ilustración 48 se puede evidenciar los factores de escala que tendrán las combinaciones de cargas.



*Ilustración 47: Tipos de Cargas importadas de SAP 2000  
Fuente: Elaboración propia*

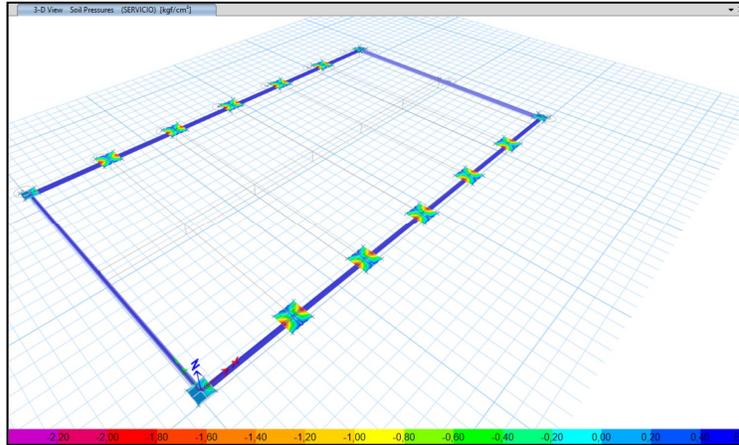


*Ilustración 48: Definición de combinaciones de carga  
Fuente: Elaboración propia*

#### **4.3.2. Evaluación de Presiones de contacto Cimentación.**

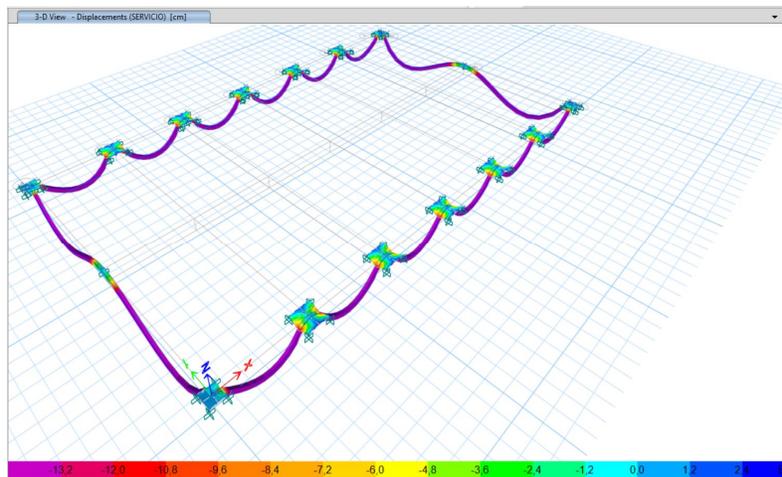
Para la evaluación de la presión de contacto en losa se debe de asegurar mediante este análisis que la presión del suelo no sobrepase la capacidad del suelo donde se va a asentar la estructura, en la ilustración 49 se observa que la máxima presión es de 0.001 kg/cm<sup>2</sup> quedando

evidenciado que no se supera la capacidad del suelo que es  $0.5 \text{ kg/cm}^2$ , en la ilustración 50 se muestra la evaluación de deformaciones de la presente cimentación.



*Ilustración 49: Evaluación de Presiones de contacto Cimentación.*

*Fuente: Elaboración propia*

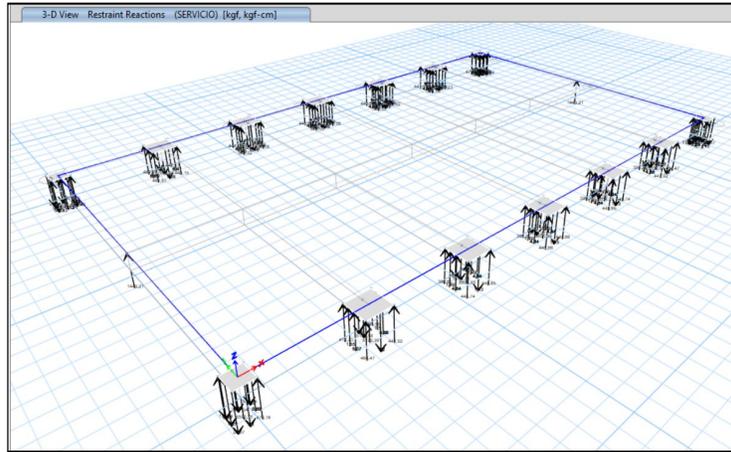


*Ilustración 50: Evaluación de deformaciones de Cimentación.*

*Fuente: Elaboración propia*

### 4.3.3. Diseño de Armado

Para el diseño estructural se debe de tomar en cuenta todas las solicitaciones obtenidas del programa SAP 2000, como se evidencia en la ilustración 51 es de suma importancia obtener esta información ya que de ello dependerá un buen análisis.



*Ilustración 51: Fuerzas Actuantes en Zapatas.*

*Fuente: Elaboración propia*

### Zapatas Centrales

Se definen zapatas de 1.50 x 1.50 metros y una parrilla con acero de 12mm cada 20cm en ambas direcciones, como parte del prediseño en la tabla 27 se encuentran datos generales que se utilizaron para el prediseño y posterior lograr un diseño óptimo que cumpla con los requerimientos de la normativa, por ello se presenta la tabla 28 donde se encuentra el resumen de comprobaciones y cálculos realizados para las zapatas centrales estableciendo una comparativa con el software.

*Tabla 27: Datos del prediseño de zapata*

DATOS	
Carga Viva L =	5.48 Ton
Carga Muerta D =	2.95 Ton
Resistencia Hormigón $f'c$ =	280 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia por fluencia $F_y$ =	4200 kg/cm <sup>2</sup>
$\gamma_s$ =	1.8 T/m <sup>3</sup>
Recubrimiento $r$ =	6cm
$\phi$ =	0.9
Dimensiones zapatas Centrales	
L=	1.50 m
B=	1.50 m
Dimensiones zapatas Centrales	
L=	1.10 m
B=	1.10 m

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Resumen de comprobaciones - zapatas centrales

<b>Factores de Cargas</b>			
1.4D=	8 Ton		
1.2D+1.6L=	11 Ton		
<b>Altura de Zapata</b>		d=	18,4 cm
ts=	20 cm	bo=	134 cm
ts tanteo=	25 cm	Bc=	0,0066667
Descarga de zapata, suelo		$\lambda$ =	1
Wt(z)=	0,6 T/m <sup>2</sup>		<i>Cortante ACI 318</i>
Wt(s)=	0,036 T/m <sup>2</sup>	Vc1=	45,38 Ton
Wt(cp)=	0,24 T/m <sup>2</sup>	Vc1=	658,79 Ton
<b>Presión Neta del suelo</b>		Vc2=	83,46 Ton
q neta=	7,024 T/m <sup>2</sup>	Vc=	45,383 Ton
Área		$\phi V_c$ =	34,037 Ton
A=	1,214 T/m <sup>2</sup>		<b>Comprobación por corte</b>
<b>Base</b>		$\phi V_c/V_u$ =	3,1058 > 1

B calculo =	1,102 m	
B asum =	1,500 m	
<b>Presión Neta ultm. Suelo</b>		
qu =	5,074 T/m <sup>2</sup>	
<b>Diseño de Refuerzo a Flexión</b>		
X1 =	0,6 m	<b>Bloque de compresión</b>
Mu =	1,377 T-m	a =
j =	0,95	B1 =
As1 =	2,073 cm <sup>2</sup>	c =
As min =	6,75 cm <sup>2</sup>	c/d =
As =	6,75 cm <sup>2</sup>	øMu =
Av =	1,131 cm <sup>2</sup>	Mu < øMu
As def =	8,482 cm <sup>2</sup>	
<b>Separación de Varillas</b>		
S1 =	50 cm	
S2 =	45 cm	
S	45 cm	
s calculo =	23,12 cm	
s calculo =	20 cm	
Usar =	ø 12 @ 20 cm	

Fuente: Elaboración propia

#### Zapatatas de Laterales

Se definen zapatas de 1.10 x 1.10 metros y una parrilla con acero de 12mm cada 20cm en ambas direcciones. En la tabla 29 se presenta un resumen de cálculos y comprobaciones para las zapatas de los laterales.

Tabla 29: Resumen de comprobaciones - zapatas laterales

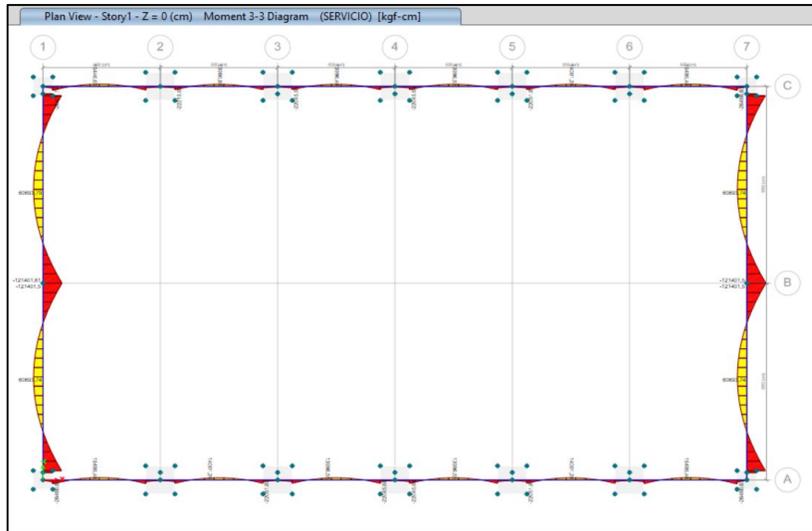
<b>Factores de Cargas</b>		
1.4D =	6 Ton	
1.2D+1.6L =	8 Ton	
<b>Altura de Zapata</b>		d =
ts =	20 cm	bo =
ts tanteo =	25 cm	Bc =
Descarga de zapata, suelo		λ =
Wt(z) =	0,6 T/m <sup>2</sup>	<i>Cortante ACI 318</i>
Wt(s) =	0,036 T/m <sup>2</sup>	Vc1 =
Wt(cp) =	0,24 T/m <sup>2</sup>	Vc1 =
<b>Presión Neta del suelo</b>		Vc2 =
q neta =	7,024 T/m <sup>2</sup>	Vc =
Área		øVc =

<b>Base</b>	A=	0,871 m <sup>2</sup>	<b>Comprobación por corte</b>	
	B calcu =	0,933 m	$\phi V_c/V_u =$	8,4808 > 1
	B asum=	1,100 m		
<b>Presión Neta ultm. Suelo</b>				
	qu=	6,681 T/m <sup>2</sup>		
<b>Diseño de Refuerzo a Flexión</b>				
	X1=	0,40 m	<b>Bloque de compresión</b>	
	Mu=	0,588 T-m <sup>2</sup>	a=	1 cm
	j=	0,95	B1=	0,85
	As1=	0,890 cm <sup>2</sup>	c=	1,17 cm
	As min=	4,95 cm <sup>2</sup>	c/d=	0,064
	As=	495 cm <sup>2</sup>	$\phi Mu =$	4,209 T-m
	Av=	1,131 cm <sup>2</sup>		Mu < $\phi Mu$
	As def=	6,22 cm <sup>2</sup>		
<b>Separación de Varillas</b>				
	S1=	50 cm		
	S2=	45 cm		
	S	45 cm		
	s calcu=	22,391 cm		
	s calcu=	20 cm		
	Usar=	$\phi 12 @ 20$ cm		

*Fuente: Elaboración propia*

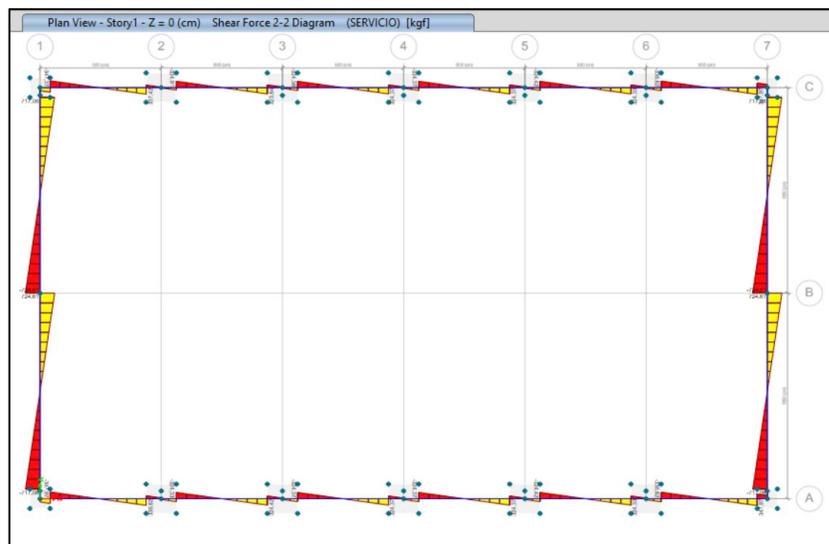
#### 4.3.4. Diseño del armado Riostras

Para el diseño de las riostras se utiliza la sección definida anteriormente de 250 mm x 400 mm el acero se lo obtiene debido al diseño a flexión y cortante obtenido de SAFE, en la ilustración 52 se muestra el diagrama de momento generado, en la ilustración 53 se muestra el diagrama de cortante.



*Ilustración 52: Diagrama de Momentos en Riostras*

*Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 53: Diagrama de Fuerza Cortante en Riostras*

*Fuente: Elaboración propia*

Con los resultados obtenidos en la ilustración 54, se utilizará para el acero principal 4  $\varnothing$  14mm y 1 EST.  $\varnothing$  10 mm c/200mm para el respectivo armado.



*Ilustración 54: Diagrama de Cortante y Momento*

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4.4. Diseño de placa base en ANSYS

*Tabla 30: Datos para el diseño de placa base*

<b>DATOS</b>	
Resistencia por fluencia $F_y =$	<i>50 ksi</i>
Resistencia Hormigón $f'c =$	<i>280 kg/cm<sup>2</sup></i>
Carga Muerta $D =$	<i>5.58 Ton</i>
Carga Viva $L =$	<i>2.95 Ton</i>
$\phi =$	<i>0.65</i>
Dimensiones Placa Base	
$L =$	<i>60 cm</i>
$B =$	<i>30 cm</i>
Dimensiones Pedestal	
$L =$	<i>60 cm</i>
$B =$	<i>30 cm</i>

*Fuente: Elaboración propia*

$$P_u = 1.2D + 1.6L$$

$$P_u = 111.42 \text{ tonf}$$

$$A = \frac{P_u}{\phi * 0.85 * f'_c * \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}}$$

$$A = 6.70 \times 10^5 \text{ cm}^2$$

$$\sqrt{A} = 818.2 \text{ cm}$$

Corrección de dimensione de Placa

$$\Delta = \frac{0.95 * d - 0.8 * b_f}{2}$$

$$\Delta = 17.75 \text{ cm}$$

$$N = \sqrt{A} + \Delta$$

$$N = 601.76 \text{ mm}$$

$$B = \frac{A_1}{N}$$

$$B = 299.12 \text{ mm}$$

Resistencia al contacto con el concreto

$$\phi P_n = \phi * 0.85 * f'_c * A_1 * \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$$

$$\phi P_n = 0.031 \text{ tonf}$$

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$306.95 \text{ tonf} \geq 111.42 \text{ tonf} \quad \text{Cumple}$$

*Cálculo del espesor requerido*

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

$$m = 2.50 \text{ in}$$

$$n = \frac{B - 0.8 * b_f}{2}$$

$$n = 3.53 \text{ in}$$

$$n' = \sqrt{\frac{d * b_f}{4}}$$

$$n' = 5.39 \text{ in}$$

Se escoge el mayor, entonces  $\lambda = n'$

$$\tau_{req} = \lambda \sqrt{\frac{2 * P_u}{0.9 * F_y * B * N}}$$

$$\tau_{req} = 9.73 \text{ mm}$$

#### 4.4.1. Modelado placa base y pedestal

Por temas constructivos se tomará como espesor de placa de 10 mm siendo sus medidas de 60 cm x 30 cm, con 6 anclajes. El análisis de la placa base se optó por un software de análisis de elementos finitos como el ANSYS para ello se comienza con el modelamiento de la placa base y el pedestal tal como se plantea en un prediseño como se observa en la ilustración 55.

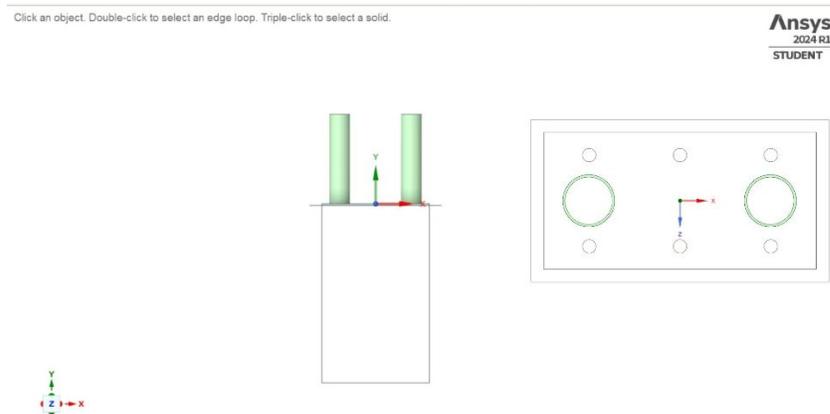
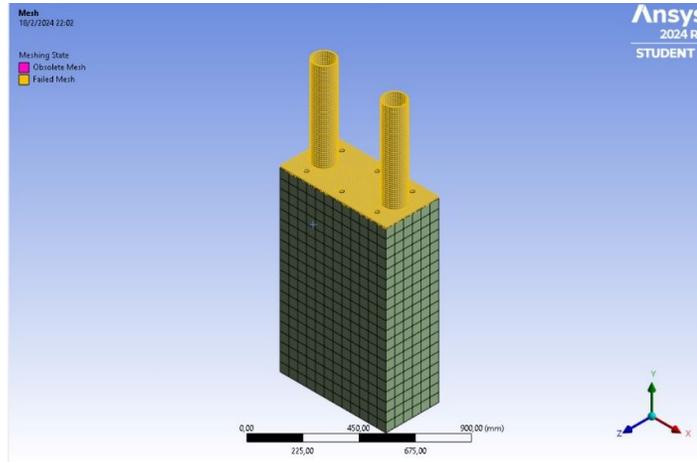


Ilustración 55: Modelado de placa base y Pedestal

Fuente: Elaboración propia

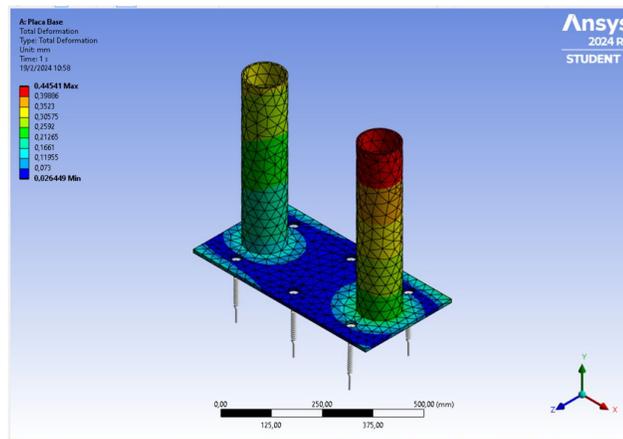
Para el análisis es importante crear un enmallamiento a los elementos como se observa en la ilustración 56 este permitirá un análisis más completo dependiendo de la configuración previamente realizada.



*Ilustración 56: Enmallado - Entorno de trabajo*

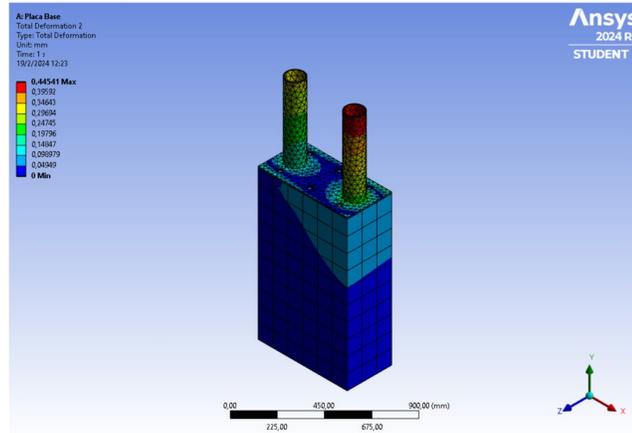
*Fuente: Elaboración propia*

Las deformaciones de placa base se pueden observar en la ilustración 57 que no superan a las permitidas, mientras que en la ilustración 58 se observa las deformaciones de placa base con el pedestal donde se puede verificar que el pedestal sufrirá unas pequeñas deformaciones que son admisibles.



*Ilustración 57: Deformaciones placa base*

*Fuente: Elaboración propia*



*Ilustración 58: Deformaciones Placa base y Pedestal*

*Fuente: Elaboración propia*

## 5. CONCLUSIONES

El presente proyecto de prefactibilidad enfocado en el diseño de estructuras metálicas para edificaciones en instituciones educativas proporciona una base sólida para una correcta planificación y ejecución del presente proyecto, mediante una investigación bibliográfica se lograron identificar factores críticos para el diseño logrando abordar la problemática desde una perspectiva teórica.

A través de los ensayos se logra un reconocimiento geotécnico, del Colegio Bachillerato Marcabelí, esta información se vuelve crucial para garantizar la estabilidad de la edificación obteniendo un diseño de cimentación adecuado.

La presente propuesta genera un diseño técnico siguiendo las normativas ANSI/AISC 360-22, ACI 318-19 y NEC-15 asegurando que se cumplan los estándares de seguridad, proporcionando un análisis que verifica la relación Demanda/Capacidad de la presente estructura, sus resultados se mantienen en un rango de 0 a 0.7 y sus derivas menores al 2% como se recomienda en la normativa,

La elaboración de planos constructivos refleja el diseño técnico propuesto, facilitando su comprensión y ejecución, con ello se ha realizado un presupuesto que ayuda estimar costos que ayuda como guía financiera para una buena planificación constructiva.

## **6. RECOMENDACIONES**

Al realizar análisis de diseños con estructuras metálicas es importante mantenerse al día con las actualizaciones de las normativas relevantes, aplicándolas de manera estricta al diseño técnico que conlleva la estructura para lograr un buen comportamiento estructural.

Para llevar a cabo la ejecución de este proyecto se sugiere involucrar a mano de obra calificada en temas de soldadura y montaje con estructuras metálicas para garantizar con su experiencia que los cordones de soldadura sean los óptimos garantizando conexiones fuertes que conlleva a mantener la integridad de la estructura evitando que esta se vuelva inestable.

Finalmente, se recomienda elaborar un acertado plan de monitoreo y mantenimiento periódico una vez que la cubierta metálica esté construida, para de esta manera identificar y abordar problemas que puedan surgir, de esta manera se garantiza la durabilidad, eficiencia y funcionalidad de la estructura a lo largo del tiempo.

## 7. REFERENCIAS

Lukasz Skrętkowicz, M. K. (2022). Maciej Kozuch,. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 44(4), 317-332. doi:10.2478/sgem-2022-0023

Abe, T., Arakawa, J., Akebono, H., & Sugeta, A. (2022). Analysis of Fatigue Crack Propagation Behavior of Structures with One-Sided Welding in Fillet Welded Joint for Load-Carrying Type. *Materials Transactions*, 1037-1045. doi:10.2320/matertrans.MT-Z2022003

ANSI/AISC. (2022). Specification for Structural Steel Buildings ANSI/AISC 360-22. Chicago. Obtenido de <https://www.aisc.org/Specification-for-Structural-Steel-Buildings-ANSIAISC-360-22-Download>

ASCE, S. A. (2016). ASCE/SEI 7-16. Reston.

Azzi, Z., Habte, F., Vutukuru, K., Chowdhury, A., & Moravej, M. (2020, Diciembre 15). Effects of roof geometric details on aerodynamic performance of standing seam metal roofs. *Engineering Structures*, 2025. doi:10.1016/j.engstruct.2020.111303

Benítez, F. F., Paredes, M. E., Collado-Ruano, J., Terán, E. F., & Ibarra, G. D. (2017). Environmental education program in Ecuador: theory, practice, and public policies to face global change in the Anthropocene. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 859-880. doi:10.1590/S0104-40362019002701950

Capa Guachón, V. E. (2009). *Diseño de conexiones soldadas*. Escuela Politécnica Nacional.

Carrillo, J., Lozano, H., & Arteta, C. (2021). Mechanical properties of steel reinforcing bars for concrete structures in central Colombiav. *Journal of Building Engineering*. doi:10.1016/j.jobe.2020.101858

Carvajal, C. A., & Osorio, J. F. (2017). El mercado colombiano del acero estructural en el contexto de la globalización. *Revista Ciencias Estratégicas*, 25(38), 339-359. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=151354939005>

Cheng, C., Li, T., Li, G., Wang, Y., Zheng, Y., Fu, Y., . . . Jiang, Z. (2023). Ballistic response of a high-strength steel. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*. doi:10.1080/15376494.2023.2215768

Consultor, E. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial del GAD de Marcabelí.

Cuauhtémoc, R. C., & Marcela, C. A. (2022). Arquitectura y Revolución Industrial. *South Florida Journal of Development*, 3546-3566. doi:10.46932/sfjdv3n3-041

Ding, K., Zhang, X., Mrazek, J., Kickhoefer, V. A., Lai, M., Ng, H. L., . . . Zhou, Z. H. (2018). Solution Structures of Engineered Vault Particles. *Estructure*, 619-626. doi:10.1016/j.str.2018.02.014

Gabitov, A. I., Udalova, E. A., Salov, A. S., & Yamilova, V. (2021). Historical Aspects of Development of Metall Structures and Application Thereof in Buildings and Facilities. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757-899X/1079/2/022037

Garg, H., & Satyaprakash. (2022). Durability of concrete made with steel filings as a replacement of fine aggregate. *Materials Today*, 3217-3221. doi:10.1016/j.matpr.2020.12.146

Goulart, L. L., Castro, J. A., & Silva, A. C. (2023). Development of a computational thermodynamics EERZ model for the improvement of hot rolled light steel profiles steel refining. *Calphad*. doi:10.1016/j.calphad.2023.102550

Hassel, T., Maier, H. J., Alkhirmenko, A., Davydov, A., Shaposhnikov, N., Turichin, G., & Klimova, O. (2022). "Investigation of the mechanical properties and corrosion behaviour of hybrid L 80 Type 1 and duplex steel joints produced by magnetically impelled arc butt welding. *Journal of Advanced Joining Processes*. doi:10.1016/j.jajp.2022.100109

Henry, Z., & Ayob, A. (2023). Review of Fire-Related Damage of Steel Offshore Structures. *Journal of The Institution of Engineers, Malaysia*. doi:10.54552/v82i2.127

Jagsch, V., Kuttke, P., Lahayne, O., Zelaya-Lainez, L., Scheiner, S., & Hellmich, C. (2022). Multiscale and multitechnique investigation of the elasticity of grooved rail steel. *Construction and Building Materials*. doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.117768

Jiménez-Cercado, M. E., & Navarrete-Pilacuan, M. A. (2018). Perfil Ecuatoriano de las empresas metalmecánicas. *Dominio de las ciencias*, 585–602. doi:10.23857/dc.v4i1.769

Krivoshapko, S. N. (2017). Thin sheet metal suspended roof structures. *Thin-Walled Structures*, 629-634. doi:10.1016/j.tws.2017.07.014

Llanes-Tizoc, M. D., Reyes-Salazar, A., Ruiz, S. E., Bojorquez, E., & Leal Graciano, J. M. (2019). Ductility demands and reduction factors for 3D steel structures with pinned and semi-rigid connections. *Earthquakes and Structures*, 469-485. doi:10.12989/eas.2019.16.4.469

NEC. (2015). Cargas No Sísmicas. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

NEC. (2015). Peligro sísmico. Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

Nonn, J., Wilden, V., & Feldmann, P. D.-I. (2023). A consistent approach for global buckling of steel structures. *Steel Construcción*. doi:10.1002/stco.202200040

Páez Redrován, C. D., & Guerrero Cuasapaz, D. P. (Enero de 2022). Cubiertas autoportantes circulares aplicando el método de elementos finitos. *Revista Gaceta Técnica*, 72-91. doi:10.51372/gacetatecnica231.6

Parla, R., Shanmugasundaram, B., & Somala, S. N. (2022). Basin Effects on the Seismic Fragility of Steel Moment Resisting Frames Structures: Impedance Ratio, Depth, and Width of Basin. *International Journal of Structural Stability and Dynamics*. doi:10.1142/S0219455422501085

Segura-Barrientos, S. (2018). REFERENTES SOBRE EL DISEÑO SISMORRESISTENTE DE ESTRUCTURAS LIGERAS DE ACERO CONFORMADO EN FRÍO. *Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba*, I(4), 55-67. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1813/181358509005/html/>

Siyanov, A. I., Rynkovskaya, M., & Tupikova, E. (2019). Stability of metal cylindrical grid shell structures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757-899X/675/1/012067

Souto, C. D., Menghini, A., Díaz, A., Manso, J. M., Jesus, A. M., & Castiglioni, C. A. (2022). Determination of manufacturing residual stresses in cold-formed thin-walled steel profiles. *Thin-Walled Structures*. doi:10.1016/j.tws.2022.109945

Stability of metal cylindrical grid shell structures. (2019). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757-899X/675/1/012067

Vega-Ilaquiche, A., Suquillo-Ronquillo, B., & Chacón-Sánchez, J. (2022). Desarrollo de un software para el diseño de conexiones precalificadas conforme a la normativa ANSI/AISC 358-16. *Investigación Y Desarrollo*, 58–72. doi:10.31243/id.v15.2022.1593

Xuelei Jiang, Y. X., & Hang Hu, W. X. (2023). Nondestructive testing of corrosion thickness in coated steel structures with THz-TDS. *Measurement*. doi:10.1016/j.measurement.2023.113088

Zaitsev, A. I., Koldaev, A. V., & Arutyunyan, N. A. (2018). Promising directions of increasing the properties of steel. *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics*, 500–506. doi:10.17586/2220-8054-2018-9-4-500-506

# ANEXOS

## TABLAS DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

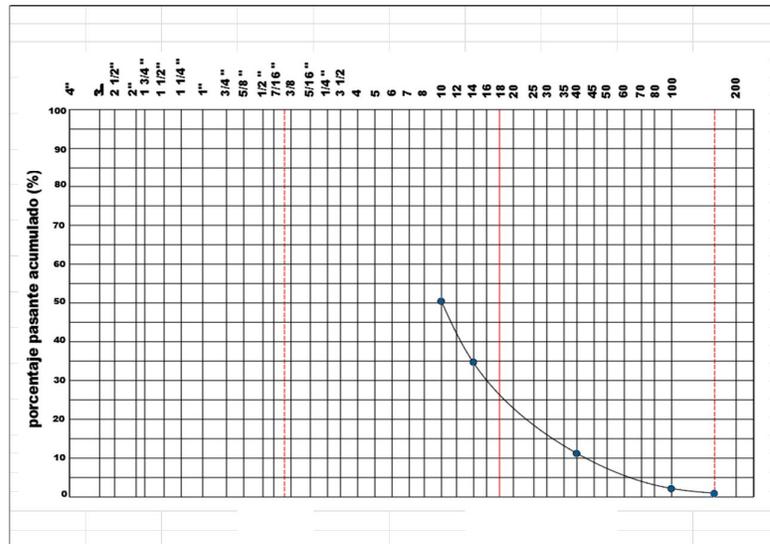
PROYECTO :	PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD ENFOCADO EN EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS EN EDIFICACIONES DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS
MUESTRA :	
FECHA :	2/5/2024
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL :	

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

N°	TAMIZ		Cantidad Retenida Parcial	Cantidad Retenida Acumulada	Cantidad que pasa Acumulada	Porcentaje			Observación
	pulg.	mm				Retenido	Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	
	3	75,00							
	2 1/2	63,00							
	2	50,00							
	1 1/2	37,50							
	1	25,00							
	3/4	19,00							
	1/2	12,50							
	3/8	9,50							
4	0,1870	4,75							
PASA N 4									
8	0,0937	2,36				100,00	100,00		
10	0,0787	2,00	127	127	128,0	49,80	49,80	50,196	
16	0,0469	1,19	40	167	88,0	15,69	65,49	34,510	
20	0,0331	0,85							
30	0,0234	0,60							
40	0,0165	0,43	61	228	27,0	23,92	89,41	10,588	
50	0,0117	0,30							
100	0,0059	0,15	22	250	5,0	8,63	98,04	1,961	
200	0,0029	0,08	2	252	3,0	0,78	98,82	1,176	
PASA N 200			3	3		1,18	1,18		
TOTAL			255						

PESO ANTES DEL LAVADO : 255  
PESO DESPUÉS DEL LAVADO : 252

### CURVA GRANULOMÉTRICA





**PRESUPUESTO REFERENCIAL**

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL RUBRO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P.U.</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1.1</b>	<b>PRELIMINARES</b>				
1.1.1	Replanteo y nivelación	m2	936,00	\$ 2,21	\$ 2.065,38
1.1.2	Excavación y desalojo a máquina	m3	59,28	\$ 13,49	\$ 799,53
1.1.3	Piedra bola bajo cimientos	m3	9,45	\$ 27,79	\$ 262,61
1.1.4	Relleno de lastre hidratado y compactado	m3	49,14	\$ 22,37	\$ 1.099,46
<b>1.2</b>	<b>ESTRUCTURA</b>				
1.2.1	Hormigón Simple Clase "C" f <sub>c</sub> =140 kg./cm <sup>2</sup>	m3	2,58	\$116,16	\$ 299,69
1.2.2	Hormigón con concretera f <sub>c</sub> =280 kg./cm <sup>2</sup>	m3	25,89	\$250,04	\$ 6.473,59
1.2.3	Toma de muestras cilindros de hormigón incluye curado	u	10	\$ 20,00	\$ 200,00
1.2.4	Acero de refuerzo F <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup>	kg	1949,67	\$ 2,47	\$ 4.808,27
1.2.5	Mano de obra para acero estructural A-50. incluye material para montaje	kg	300,00	\$ 9,77	\$ 2.931,12
1.2.6	Pernos de anclaje φ 3/4 pulg L= 0,50 m	u	84,00	\$ 17,06	\$ 1.433,28
1.2.7	Placas Base	u	14,00	\$ 23,97	\$ 335,52
<b>1.3</b>	<b>CUBIERTA</b>				
1.3.1	Cubierta de galvalune e= 0,03 mm	m2	888,00	\$ 11,32	\$ 10.048,79
<b>1.4</b>	<b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>				
1.4.1	Canal recolector agua lluvia tol 1/32"	ml	72,00	\$ 13,52	\$ 973,64
1.4.2	Bajante agua lluvia pvc 160 cm	ml	12,00	\$ 10,38	\$ 124,61
<b>1.5</b>	<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>				
1.5.1	Reflector led 400w Alta Potencia y Bajo Consumo Impermeable	pto.	6,00	\$ 93,08	\$ 558,47
1.5.2	Caja térmica metálica en 4 breakers acometida	u	1,00	\$ 29,96	\$ 29,96
1.5.3	Breakers 20 Amperio	u	4,00	\$ 10,25	\$ 41,02
1.5.4	Acometida principal. Conductor AWG#6	ml	100,00	\$ 4,64	\$ 463,74
<b>COSTO TOTAL:</b>					<b>\$ 32.948,67</b>

APUS

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**  
**Rubro** Replanteo y nivelación  
**Detalle**

**Unidad** m<sup>2</sup>  
**Item** 1.1.1  
**Rendimiento** 12,00 m<sup>2</sup> / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor	1,00	5% Parcial B		0,07
Equipo Topográfico	1,00	0,21	0,21	0,02
<b>Parcial A</b>				\$ 0,09

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Topógrafo (C1)	1,00	4,65	4,65	0,39
Cadenero (D2)	1,00	4,19	4,19	0,35
Peón (E2)	2,00	4,14	8,28	0,69
<b>Parcial B</b>				\$ 1,43

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Cuartones	Unidad	0,09	0,75	0,07
Tiras	Unidad	0,05	1,20	0,06
Clavos de 2½"	kg	0,03	6,98	0,21
Tiza	lb	0,01	1,20	0,01
<b>Parcial C</b>				\$ 0,35

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		1,87
Costos Indirectos	10 %	0,19
Utilidad	8 %	0,15
<b>Total Replanteo y nivelación</b>		\$ 2,21
<b>Valor Propuesto</b>		\$ 2,21

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Excavación y desalojo

**Detalle** Trabajo realizado con retroexcavadora

**Unidad** m3

**Item** 1.1.2

**Rendimiento** 8,00 m3 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Retroexcavadora 125 HP	1,00	56,00	56,00	7,00
Volquete de 8 m <sup>3</sup>	1,00	20,00	20,00	2,50
Herramienta menor		5% Parcial B		0,09
<b>Parcial A</b>				\$ 9,59

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Operador equipo pesado (C2)	1,00	4,19	4,19	0,52
Maestro mayor (C1)	1,00	4,61	4,61	0,58
chofer profesional para equipos pesado	1,00	5,95	5,95	0,74
<b>Parcial B</b>				\$ 1,84

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
<b>Parcial C</b>				\$ -

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		11,43
Costos Indirectos	10 %	1,14
Utilidad	8 %	0,91
<b>Total Excavación y desalojo</b>		\$ 13,49
<b>Valor Propuesto</b>		\$ 13,49

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Piedra bola bajo cimientos

**Detalle**

**Unidad** m<sup>3</sup>

**Item** 3 de 57

**Rendimiento** 7,00 m<sup>3</sup> / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor	1,00	5% Parcial B		0,12
<b>Parcial A</b>				\$ 0,12

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Maestro mayor (C1)	1,00	4,61	4,61	0,66
Peón (E2)	3,00	4,14	12,42	1,77
<b>Parcial B</b>				\$ 2,43

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Piedra Bola	m <sup>3</sup>	1,20	13,00	15,60
<b>Parcial C</b>				\$ 15,60

\* Ver anexo

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
Piedra Bola	1,20	1,00	4,50	5,40
<b>Parcial D</b>				\$ 5,40

Total Costos Directos		23,55
Costos Indirectos	10 %	2,36
Utilidad	8 %	1,88
<b>Total Piedra bola bajo cimientos</b>		\$ 27,79
<b>Valor Propuesto</b>		\$ 27,79

## Análisis de Precios Unitarios

<b>Proponente</b>	Carlos Vinicio Uriola Robles	<b>Unidad</b>	m <sup>3</sup>
<b>Código</b>		<b>Item</b>	
<b>Rubro</b>	Relleno de lastre hidratado y compactado	<b>Rendimiento</b>	1,50 m <sup>3</sup> / hora
<b>Detalle</b>			

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor Compactador semipesado manual	1,00	5% Parcial B		0,14
			<b>Parcial A</b>	\$ 0,14

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Peón (E2)	2,00	4,14	8,28	5,52
Maestro mayor (C1)	1,00	4,61	4,61	3,07
Operador equipo liviano (D2)	1,00	4,19	4,19	2,79
			<b>Parcial B</b>	\$ 11,38

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Lastre de Relleno Tipo Calichana	m <sup>3</sup>	1,00	4,00	4,00
Agua	m <sup>3</sup>	0,30	1,08	0,32
			<b>Parcial C</b>	\$ 4,32

\* Ver anexo

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
Lastre de Relleno Tipo Calichana	1,00	1,00	4,50	4,50
			<b>Parcial D</b>	\$ 4,50

Total Costos Directos		20,34
Costos Indirectos	10,0 %	2,03
Otros Costos Indirectos		
<b>Total Relleno de lastre hidratado y compactado</b>	\$	<b>22,37</b>
<b>Valor Propuesto</b>	\$	<b>22,37</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Hormigón Simple Clase "C" f'c=140 kg./cm2

**Detalle**

**Unidad** m3

**Item** 5 de 57

**Rendimiento** 1,50 m3 / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Concretera	1,00	0,08	0,08	0,05
Herramienta menor		5% Parcial B		1,54
<b>Parcial A</b>				\$ 1,59

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Maestro mayor (C1)	1,00	4,61	4,61	3,07
Albañil (D2)	1,00	4,19	4,19	2,79
Peón (E2)	8,00	4,14	33,12	22,08
Operador equipo liviano (D2)	1,00	4,19	4,19	2,79
<b>Parcial B</b>				\$ 30,73

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Cemento	Saco	5,00	8,00	40,00
Arena Gruesa	m³	0,48	9,00	4,32
Piedra 3/4	m³	0,67	23,00	15,46
Agua	m³	0,04	1,08	0,04
Combustible	Galón	0,45	2,27	1,02
<b>Parcial C</b>				\$ 60,84

\* Ver anexo

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
Cemento	5,00	1,00	0,01	0,04
Arena Gruesa	0,48	1,00	3,20	1,54
Piedra 3/4	0,67	1,00	5,50	3,70
<b>Parcial D</b>				\$ 5,28

Total Costos Directos		98,44
Costos Indirectos	10 %	9,84
Utilidad	8 %	7,88
<b>Total Hormigón Simple Clase "C" f'c=140 kg./cm2</b>	\$	<b>116,16</b>
<b>Valor Propuesto</b>	\$	<b>116,16</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Hormigón con concretera f'c=280 kg./cm2

**Detalle**

**Unidad** m<sup>3</sup>

**Item** 1.2.2

**Rendimiento** 0,85 m<sup>3</sup> / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Concretera	1,00	0,08	0,08	0,09
Vibrador	1,00	0,02	0,02	0,02
Carretilla	1,00	0,05	0,05	0,06
Herramienta menor		5% Parcial B		2,72
<b>Parcial A</b>				\$ 2,89

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Maestro mayor (C1)	1,00	4,61	4,61	5,42
Albañil (D2)	2,00	4,19	8,38	9,86
Carpintero (D2)	1,00	4,19	4,19	4,93
Peón (E2)	6,00	4,14	24,84	29,22
Operador equipo liviano (D2)	1,00	4,19	4,19	4,93
<b>Parcial B</b>				\$ 54,36

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Cemento	Saco	13,00	8,00	104,00
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>	0,46	9,00	4,14
Piedra 3/4	m <sup>3</sup>	0,69	23,00	15,87
Agua	m <sup>3</sup>	0,18	1,08	0,19
Cuartones	Unidad	3,00	0,75	2,25
Tablas	Unidad	2,00	1,55	3,10
Tiras	Unidad	1,50	1,20	1,80
Aditivo	kg	1,31	3,69	4,83
Clavos de 2½"	kg	2,50	6,98	17,45
Combustible	Galón	0,45	2,27	1,02
<b>Parcial C</b>				\$ 154,65

\* Ver anexo

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

**Valor Propuesto** \$ **250,04**

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2

**Detalle** fy = 4200 kg/cm<sup>2</sup>

**Unidad** kg

**Item** 1.2.4

**Rendimiento** 20,00 kg / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta Menor Cizalla	1,00	5% Parcial B 0,03	0,03	0,04
<b>Parcial A</b>				\$ 0,04

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Maestro mayor (C1)	1,00	4,61	4,61	0,23
Fierrero (D2)	1,00	4,19	4,19	0,21
Peón (E2)	2,00	4,14	8,28	0,41
<b>Parcial B</b>				\$ 0,85

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Acero de Refuerzo	kg	1,05	1,10	1,16
Alambre de Amarre Recocido #18	kg	0,02	2,03	0,04
<b>Parcial C</b>				\$ 1,20

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		2,09
Costos Indirectos	10 %	0,21
Utilidad	8 %	0,17
<b>Total Acero de refuerzo Fy=4200 kg/cm2</b>		\$ 2,47
<b>Valor Propuesto</b>		\$ 2,47

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Mano de obra para acero estructural A-50. incluye materia Item

**Detalle**

**Unidad**

kg

1.2.5

**Rendimiento**

10,00 kg/ hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor		5% Parcial B		0,13
Moladora	1,00	0,05	0,05	0,01
Soldadora	1,00	1,50	1,50	0,15
Andamiosos Metalicos	3,00	1,50	4,50	0,45
Grúa 20 Ton	1,00	30,00	30,00	3,00
<b>Parcial A</b>				\$ 3,74

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Maestro mayor (C1)	1,00	4,61	4,61	0,46
Fierrero (D2)	1,00	4,19	4,19	0,42
Operador equipo pesado (C2)	1,00	4,19	4,19	0,42
Ayudante de Albañil E2	1,00	4,14	4,14	0,41
Soldador (C1)	1,00	4,65	4,65	0,47
Peón (E2)	1,00	4,14	4,14	0,41
<b>Parcial B</b>				\$ 2,59

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Electrodo	kg	0,06	3,39	0,20
Pintura Anticorrosiva	Galón	0,05	17,35	0,87
Diluyente	Galón	0,05	5,59	0,28
Disco de Corte	unidad	0,50	1,20	0,60
<b>Parcial C</b>				\$ 1,95

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		8,28
Costos Indirectos	10 %	0,83
Utilidad	8 %	0,66
<b>Total Mano de obra para acero estructural A-50. inc</b>	\$	<b>9,77</b>
<b>Valor Propuesto</b>	\$	<b>9,77</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Pernos de anclaje  $\phi$  3/4 pulg L= 0,50 m

**Detalle**

**Unidad**

u

**Item**

1.2.6

**Rendimiento**

6,00 u / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor		5% Parcial B		0,07
<b>Parcial A</b>				\$ 0,07

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Albañil (D2)	1,00	4,19	4,19	0,70
Peón (E2)	1,00	4,14	4,14	0,69
<b>Parcial B</b>				\$ 1,39

### C. Materiales

\*

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Perno de anclaje	U	1,000	13,00	13,00
<b>Parcial C</b>				\$ 13,00

\* Ver anexo

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		14,46
Costos Indirectos	10 %	1,45
Utilidad	8 %	1,16
<b>Total Pernos de anclaje <math>\phi</math> 3/4 pulg L= 0,50 m</b>		\$ 17,06
<b>Valor Propuesto</b>		\$ 17,06

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Placas Base

**Detalle**

**Unidad** u

**Item** 1.2.7

**Rendimiento** 1,00 u / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor		5% Parcial B		0,65
Moladora		0,05		
Soldadora	1,00	1,50	1,50	0,15
<b>Parcial A</b>				\$ 0,80

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Fierrero (D2)	1,00	4,19	4,19	4,19
Peón (E2)	1,00	4,14	4,14	4,14
Soldador (C1)	1,00	4,65	4,65	4,65
<b>Parcial B</b>				\$ 12,98

### C. Materiales

\*

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Placa de acero de 1 cm	kg	1,00	6,53	6,53
<b>Parcial C</b>				\$ 6,53

\* Ver anexo

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		20,31
Costos Indirectos	10 %	2,03
Utilidad	8 %	1,62
<b>Total Placas Base</b>		\$ 23,97
<b>Valor Propuesto</b>		\$ 23,97

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Cubierta de galvalune e= 0,03 mm

**Detalle**

**Unidad**

m<sup>2</sup>

**Item**

1.3.1

**Rendimiento**

10,00 m<sup>2</sup> / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor		5% Parcial B		0,11
Soldadora	1,00	1,50	1,50	0,15
<b>Parcial A</b>				\$ 0,26

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Maestro mayor (C1)	1,00	4,61	4,61	0,46
Peón (E2)	3,00	4,14	12,42	1,24
Soldador (C1)	1,00	4,65	4,65	0,47
<b>Parcial B</b>				\$ 2,17

### C. Materiales

\*

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Cubierta Galvalumen	m <sup>2</sup>	1,05	6,53	6,86
Pernos Autoperforantes	Unidad	6,00	0,05	0,30
<b>Parcial C</b>				\$ 7,16

\* Ver anexo

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		9,59
Costos Indirectos	10 %	0,96
Utilidad	8 %	0,77
<b>Total Cubierta de galvalune e= 0,03 mm</b>		\$ 11,32
<b>Valor Propuesto</b>		\$ 11,32

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Canal recolector agua lluvia tol 1/32"

**Detalle**

**Unidad**

ml

**Item**

1.4.1

**Rendimiento**

4,00 ml / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor		5% Parcial B		0,16
Soldadora	1,00	1,50	1,50	0,38
<b>Parcial A</b>				\$ 0,54

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Soldador (C1)	1,00	4,65	4,65	1,16
Peón (E2)	2,00	4,14	8,28	2,07
<b>Parcial B</b>				\$ 3,23

### C. Materiales

\*

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Tubería de 6"	m	3,00	2,47	7,42
Acero de Refuerzo	kg	0,30	0,90	0,27
<b>Parcial C</b>				\$ 7,69

\* Ver anexo

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		11,46
Costos Indirectos	10 %	1,15
Utilidad	8 %	0,92
<b>Total Canal recolector agua lluvia tol 1/32"</b>		\$ 13,52
<b>Valor Propuesto</b>		\$ 13,52

## Análisis de Precios Unitarios

### Construcción de Vivienda de Dos Plantas

<b>Proponente</b>	Carlos Vinicio Uriola Robles	<b>Unidad</b>	ml
<b>Código</b>		<b>Item</b>	1.4.2
<b>Rubro</b>	Bajante agua lluvia pvc 160 cm	<b>Rendimiento</b>	4,00 ml / hora
<b>Detalle</b>			

#### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor		5% Parcial B		0,16
<b>Parcial A</b>				\$ 0,16

#### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Maestro mayor (C1)	1,00	4,61	4,61	1,15
Plomero (D2)	1,00	4,19	4,19	1,05
Peón (E2)	1,00	4,14	4,14	1,04
<b>Parcial B</b>				\$ 3,24

#### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Tubería PVC 160 mm	ml	1,00	4,86	4,86
Polipega	Galón	0,03	18,09	0,54
<b>Parcial C</b>				\$ 5,40

\* Ver anexo

#### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		8,80
Costos Indirectos	10 %	0,88
Utilidad	8 %	0,70
<b>Total Bajante agua lluvia pvc 160 cm</b>		\$ 10,38
<b>Valor Propuesto</b>		\$ <b>10,38</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Reflector led 400w Alta Potencia y Bajo Consumo Imperm Item

**Detalle**

**Unidad**

pto.

1.5.1

**Rendimiento**

2,00 pto. / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor		5% Parcial B		0,22
<b>Parcial A</b>				\$ 0,22

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Maestro electricista	1,00	4,65	4,65	2,33
Peón (E2)	1,00	4,14	4,14	2,07
<b>Parcial B</b>				\$ 4,40

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Reflector de 400 w	Unidad	1,00	68,00	68,00
Cable Eléctrico Sólido N° 12	m	9,00	0,49	4,41
Cajetín Rectangular	Unidad	1,00	0,76	0,76
Cinta Aislante(20m)	Rollo	1,00	1,09	1,09
<b>Parcial C</b>				\$ 74,26

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		78,88
Costos Indirectos	10 %	7,89
Utilidad	8 %	6,31
<b>Total Reflector led 400w Alta Potencia y Bajo Cons</b>	\$	<b>93,08</b>
<b>Valor Propuesto</b>	\$	<b>93,08</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Caja térmica metálica en 4 breakers acometida

**Detalle**

**Unidad** u

**Item** 1.5.2

**Rendimiento** 4,00 u / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor		5% Parcial B		0,22
<b>Parcial A</b>				\$ 0,22

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Maestro electricista	1,00	4,65	4,65	1,16
Maestro mayor (C1)	1,00	4,61	4,61	1,15
Peón (E2)	2,00	4,14	8,28	2,07
<b>Parcial B</b>				\$ 4,38

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Caja de Breakers	Unidad	1,00	20,79	20,79
<b>Parcial C</b>				\$ 20,79

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		25,39
Costos Indirectos	10 %	2,54
Utilidad	8 %	2,03
<b>Total Caja térmica metálica en 4 breakers acometida</b>	\$	<b>29,96</b>
<b>Valor Propuesto</b>	\$	<b>29,96</b>

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Breakers 20 Amperio

**Detalle**

**Unidad**

u

**Item**

1.5.3

**Rendimiento**

4,00 u / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor		5% Parcial B		0,11
<b>Parcial A</b>				\$ 0,11

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Maestro electricista	1,00	4,65	4,65	1,16
Peón (E2)	1,00	4,14	4,14	1,04
<b>Parcial B</b>				\$ 2,20

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Breakers Panel 20A – 50A	Unidad	1,00	6,38	6,38
<b>Parcial C</b>				\$ 6,38

### D. Transporte

Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		8,69
Costos Indirectos	10 %	0,87
Utilidad	8 %	0,70
<b>Total Breakers 20 Amperio</b>		\$ 10,25
<b>Valor Propuesto</b>		\$ 10,25

## Análisis de Precios Unitarios

**Proponente** Carlos Vinicio Uriola Robles

**Código**

**Rubro** Acometida principal. Conductor AWG#6

**Detalle**

**Unidad**

ml

**Item**

1.5.4

**Rendimiento**

5,00 ml / hora

### A. Equipo

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Herramienta menor		5% Parcial B		0,09
<b>Parcial A</b>				\$ 0,09

### B. Mano de Obra

Descripción	Cantidad A	Tarifa B	Costo Hora C = A × B	Costo Unitario D = C / R
Maestro electricista	1,00	4,65	4,65	0,93
Peón (E2)	1,00	4,14	4,14	0,83
<b>Parcial B</b>				\$ 1,76

### C. Materiales

Descripción	Unidad	Cantidad A	Precio B	Costo Unitario C = A × B
Conductor AWG # 6	m	1,00	2,08	2,08
<b>Parcial C</b>				\$ 2,08

### D. Transporte

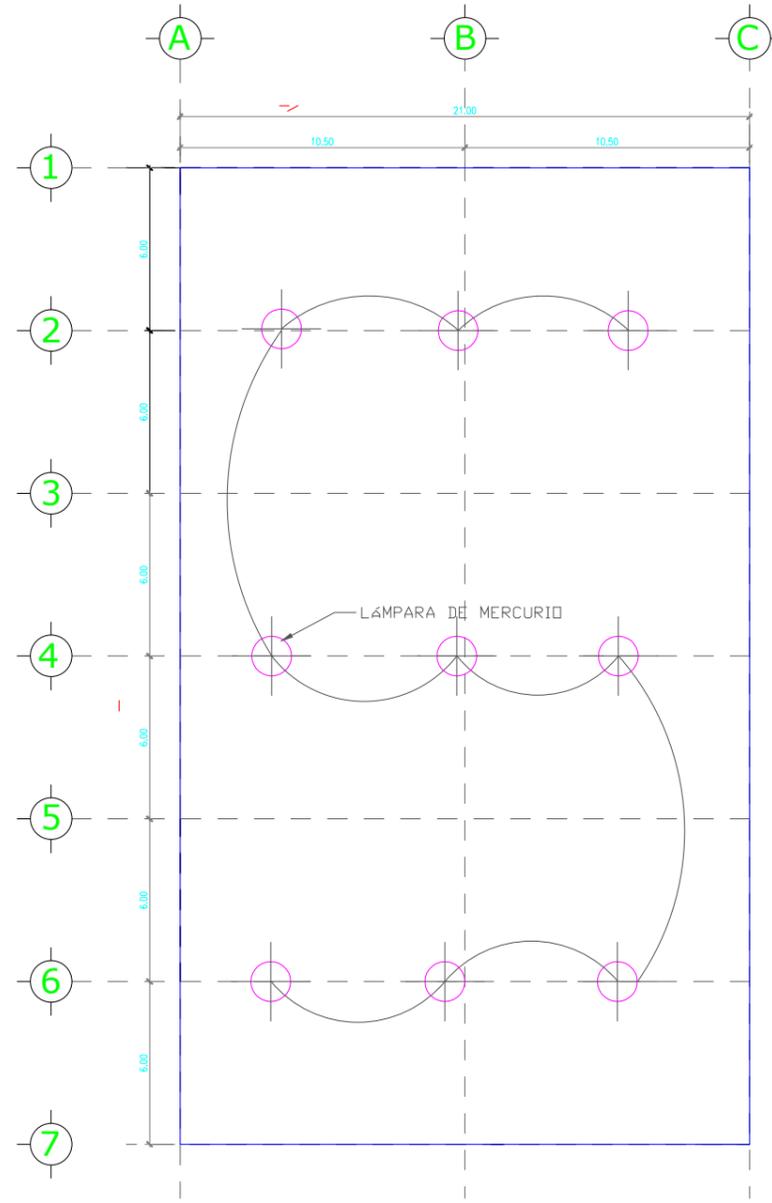
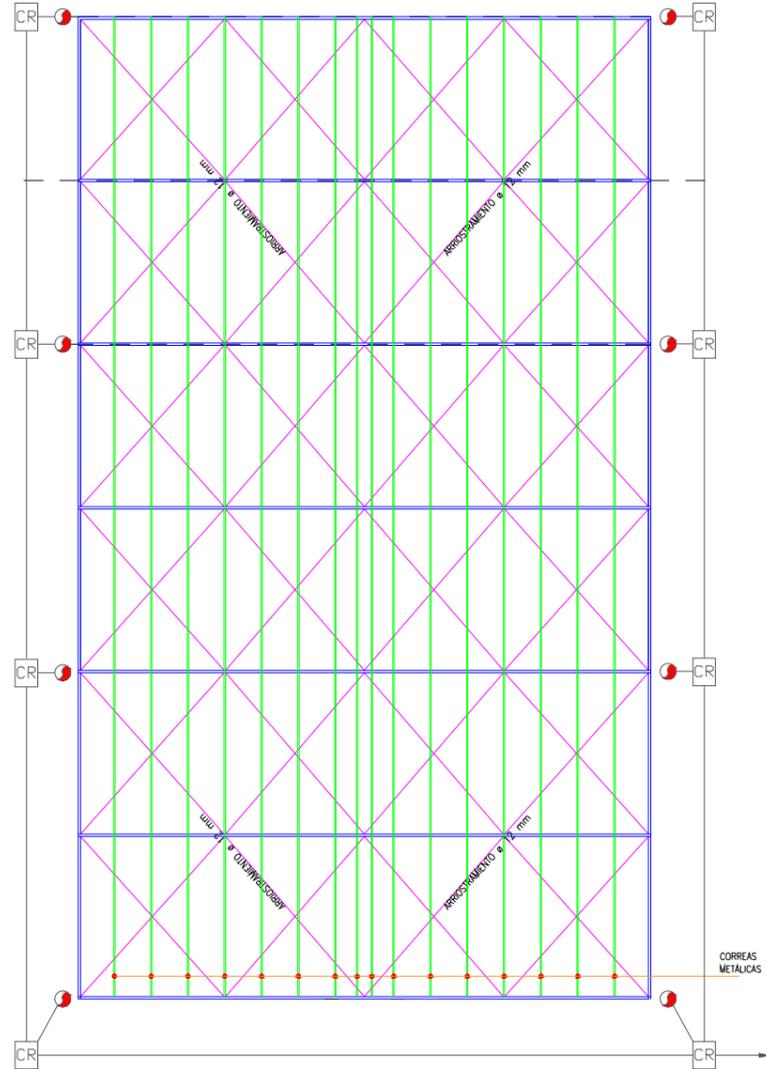
Descripción	Volumen A	Distancia B	Tarifa C	Costo Unitario D = A × B × C
<b>Parcial D</b>				\$ -

Total Costos Directos		3,93
Costos Indirectos	10 %	0,39
Utilidad	8 %	0,31
<b>Total Acometida principal. Conductor AWG#6</b>	\$	<b>4,64</b>
<b>Valor Propuesto</b>	\$	<b>4,64</b>

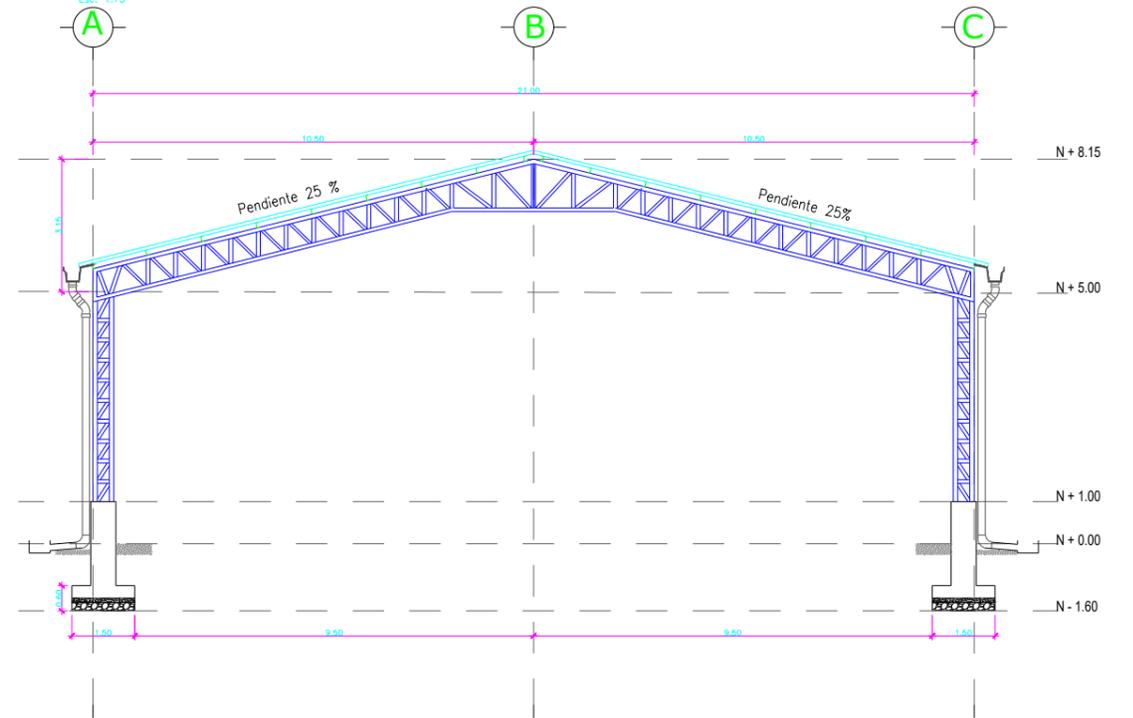


BALL  
Esc. 1:125

INSTALACIONES ELÉCTRICAS  
Esc. 1:125



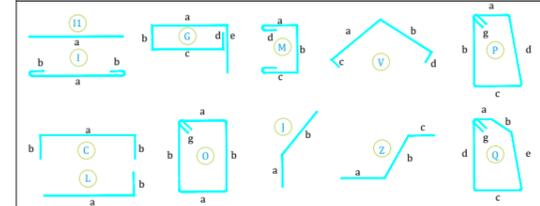
DETALLE DE BAJANTES  
Esc. 1:75



**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

<p><b>ACERO ESTRUCTURAL PARA HORMIGÓN ARMADO</b> Acero corrugado laminado en caliente, esfuerzo de fluencia: <math>f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2</math> Deformación mínima a la rotura = 18 % Diámetros en mm: 10,12,14,16,18,20,22,25,28,32. Traslapos mínimos: Si no están especificados en planos: 50 veces el diámetro de la varilla no menos de 60cm Soldados: De acuerdo a normas AWS, D-12, I-61 Espaciamientos mínimos: Columnas (4cm); vigas y losas (5cm); muros (5cm) Recubrimientos mínimos: Columnas (4 cm); vigas y losas (3 cm); muros (5cm); cimentaciones y superficies en contacto con suelo (8cm). - Diámetro nominal del acero de preesfuerzo 0.50in; <math>f_u = 12,70 \text{ min.}</math>, <math>f_y = 0,896 \text{ Kg/ml.}</math> - Área nominal del acero de preesfuerzo, 100 mm<sup>2</sup></p>	<p><b>HORMIGÓN</b> Resistencia en cilindros estándar de 6" de diámetro y 12" de altura a los 28 días: Columnas, Losas, vigas, escaleras, muros de contención y cimentación: <math>f_c = 2800 \text{ kg/cm}^2</math> Tamaño máximo de agregados: 1" Consistencia del hormigón (descenso en el cono): de 5 a 10 cm. Pruebas de resistencia del hormigón: No menos de 6 probetas por cada 120 m<sup>3</sup> de hormigón o 450 m<sup>2</sup> de superficie o no menos de 6 por día.</p>
---	---

**TIPOS DE ACEROS:**



GANCHOS EN ESTRIBOS DOBLAR OBLIGATORIAMENTE A 135°

NOTAS GENERALES	PLANO DE REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	EMISIONES				REGISTRO DE INGENIERÍA	FIRMA	FECHA
			N.º	DESCRIPCIÓN	FECHA	DISÑO			
ESTE PLANO CONTIENE INFORMACIÓN DE PROPIEDAD CONFIDENCIAL. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSIÓN, COPIA O USO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE CARLOS URIOLA. THIS DRAWING CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION. ANY DISCLOSURE OR USE IS THEREFORE EXPRESSLY PROHIBITED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF CARLOS URIOLA.			1	INSTALACIONES ELÉCTRICAS - PLUVIALES	28/02/2024	DISÑO			
						DIBUJO			



CLIENTE:	<b>Colegio Bachillerato Marcabelí</b>		
PROYECTO:	PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD ENFOCADO EN EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS		
DESCRIPCIÓN:	INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y PLUVIALES		
DIBUJO No:	001	HOJA:	2 de 2
REV:	1	ESCALA:	INDICADAS