

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**TESIS**

**DISEÑO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE ACERO  
PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE ALIMENTACION  
DE CIANURO DE SODIO EN LA COMPAÑÍA MINERA  
ARES S.A.C. UNIDAD OPERATIVA INMACULADA,  
PAUCAR DEL SARA SARA, OYOLO, AYACUCHO 2018**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER  
FERNANDO ROSUEL MESTAS DARI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**AREQUIPA- PERÚ**

**2019**

*A mis padres y hermanas, que me  
brindaron y mostraron su apoyo a lo  
largo del tiempo.*

## RESUMEN

El siguiente proyecto plantea el diseño de una estructura de acero que se encuentra en la minera Unidad Operativa Inmaculada que optimizará el proceso de alimentación de cianuro de sodio hacia el 3510-TK-001.

El diseño empieza con la observación y recolección de datos que se indica en el primer capítulo; se describe el problema y objetivos para el proceso de alimentación de cianuro de sodio.

Posteriormente, en el segundo capítulo se describe los alcances del proyecto y el procedimiento para las actividades comprometidas.

En el tercer capítulo, se anuncia los temas comprometidos al proyecto de la estructura metálica y el análisis para el procedimiento de la estructura; se obtiene las cargas y se realiza una comprobación de la funcionalidad del Software de diseño.

Se realiza el diseño de la estructura metálica en el cuarto capítulo mediante el uso del Software SAP2000; se coloca las cargas y combinaciones de las cargas para finalmente analizarlo.

Este proyecto recoge la información de las diferentes normas peruanas necesarias para el diseño de la estructura metálica.

Como conclusión, el proyecto dio un resultado positivo previniendo los riesgos contra la salud, seguridad y optimizó el proceso de alimentación reduciendo los costos de operaciones y tiempos de alimentación.

**Palabras claves:** Estructura de acero, proceso de alimentación, estructura metálica, procedimiento, alcances, software de diseño, combinaciones, normas peruanas, prevención, operaciones.

## ABSTRACT

The following project proposes the design of a steel structure found in the mining unit Immaculate Operating Unit that optimizes the process of feeding sodium cyanide to the 3510-TK-001.

The design begins with the observation and data collection indicated in the first chapter and describes the problem and objectives for the sodium cyanide feeding process.

Later in the second chapter, the scope of the project and the procedure for the activities involved are described.

In the third chapter we proceed to describe the issues committed to the project of the metallic structure and the analysis for the procedure of the structure, the loads are obtained, and a check is made of the functionality of the design software.

We proceed to design the metal structure in the fourth chapter by using the SAP2000 Software, we proceed to place the loads and load combinations to finally analyze it.

This project gathers the information of the different Peruvian norms necessary for the design of the metallic structure.

In conclusion, the project gave a positive result, preventing risks to health, safety and optimizing the feeding process, reducing operating costs and feeding times.

**Keywords:** Steel structure, feeding process, metal structure, procedure, scope, design software, combinations, Peruvian standards, prevention, operations.

## INTRODUCCIÓN

La presente tesis realiza el modelamiento, diseño y memoria de cálculo de una estructura de acero ubicado en la Unidad Operativa Inmaculada, que tiene las siguientes dimensiones: 7 850 milímetros de ancho, 1 043 milímetros de longitud y 1 450 milímetros de altura. El acero que se utiliza en el diseño es A-36 y la tipología es de pórticos de vigas con tijerales de tipo pratt con un solo ángulo de caída del agua.

La siguiente tesis se ha dividido en seis capítulos. En el capítulo I, se describe la localización, el problema del deficiente método de alimentación de cianuro de sodio, objetivos para optimizar el proyecto, hipótesis y la metodología de la investigación.

En el capítulo II, se anuncia los alcances y procedimientos para la realización del proyecto.

En el capítulo III, se describe el cianuro de sodio, implementaciones para la alimentación del tanque, generalidades del acero, la estructura metálica y los procedimientos necesarios para el análisis de la estructura con las normas peruanas N.T.E. E 0.20 y 0.90.

En el capítulo IV, se realiza la modelación de la estructura metálica mediante el programa de diseño SAP2000 que analizará las cargas y combinaciones de cargas.

En el capítulo V, se muestra el cronograma de ingeniería, fabricación y montaje que determina el tiempo de todos los procesos y acciones necesarias para poder realizar un proyecto.

Y, por último, el capítulo VI realiza el análisis económico que muestra un proyecto factible.

# ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INTRODUCCIÓN	v
ÍNDICE	vi

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 Localización	1
1.2 Descripción real del Problema	2
1.3 Delimitación de la Investigación	5
1.3.1 Delimitación espacial	5
1.3.2 Delimitación temporal	5
1.3.3 Delimitación cuantitativa	5
1.4 Formulación del Problema	5
1.4.1 Problema principal	5
1.4.2 Problemas específicos	5
1.5 Objetivos de la Investigación	6
1.5.1 Objetivo general	6
1.5.2 Objetivos específicos	6
1.6 Metodología de la Investigación del Proyecto	6
1.6.1 Estudio estadístico del Proyecto	6
1.6.2 Hipótesis de la Investigación del Proyecto	7
1.6.3 Variables e indicadores	7
1.6.3.1 Variable Independiente	7

1.6.3.2	Indicadores Independientes	7
1.6.3.3	Variable Dependiente	8
1.6.3.4	Indicadores Dependientes	8
1.7	Método y diseño de la Investigación	8
1.7.1	Método de la Investigación	8
1.7.2	Diseño de la Investigación	8
1.7.3	Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos	8
1.7.3.1	Técnicas	8
1.7.3.2	Instrumentos	8
1.7.3.3	Fuentes de recolección de datos	9
1.7.4	Análisis de datos recolectados	9
1.8	Justificación de la Investigación	9
1.8.1	Justificación teórica	9
1.8.2	Justificación real	9
1.8.3	Justificación legal	10

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1	Antecedentes de la Investigación	11
2.2	Ubicación Geográfica	11
2.3	Clima	11
2.4	Alcances del Proyecto	12
2.5	Las actividades comprometidas para el alcance	14

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEL PROYECTO**

3.1	Cianuro de sodio	16
3.1.1	Aplicaciones	17
3.1.2	Tipos de cianuro de sodio	17
3.1.3	¿Por qué las empresas necesitan el cianuro?	17
3.1.4	¿Cuán peligroso es?	18

3.1.5 Bolsas de cianuro del Proyecto	18
3.2 Cortador de bolsas de cianuro	20
3.3 Tecele de cadena electrónico con Trolley	21
3.4 Extractor de polvo	22
3.5 Generalidades del acero	22
3.5.1 Ventajas del acero	23
3.5.2 Desventajas del acero	23
3.5.3 Tipos de acero	24
3.5.4 Características del acero	25
3.5.5 Tipos de perfiles de acero	25
3.6 Coberturado y cerramiento del Proyecto	29
3.6.1 Características	30
3.6.2 Accesorios de cerramiento	30
3.7 Estructura metálica	31
3.7.1 Estructura principal	32
3.7.2 Estructura secundaria	34
3.8 Pernos y tuercas	37
3.9 Soldadura	38
3.10 Procedimientos para el análisis del Proyecto	39
3.10.1 Cargas	39
3.10.2 Cargas vivas	40
3.10.2.1 Cargas vivas del piso	40
3.10.2.2 Cargas vivas del techo	40
3.10.2.3 Carga de nieve sobre el techo	42
3.10.2.4 Carga viva del tecele	44
3.10.2.5 Carga viva del viento	45
3.10.3 Cargas muertas	56
3.11 Peso propio de la estructura	56
3.12 Método de diseño	58

3.13 Comprobación de la funcionalidad del Software	
SAP2000 v20 VS. Cálculos manuales de la estructura	60
3.13.1 Cálculo de la viga carrilera	60
3.13.2 Cálculo de la armadura tipo Pratt	68

## **CAPÍTULO IV**

### **MÉTODO E INGENIERÍA DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE SOFTWARE DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

4.1 Introducción al Programa SAP2000v19	78
4.2 Procedimiento de análisis en el SAP2000v19	79
4.2.1 Seleccionar las unidades de trabajo	79
4.2.2 Alcances y generación de la geometría del modelo	80
4.2.3 Asignación de las bases de apoyo	82
4.2.4 Modelamiento de la estructura metálica	83
4.2.5 Definir las propiedades del material	86
4.2.6 Asignar la sección del material	86
4.2.7 Asignación de las secciones a la estructura	90
4.2.8 Asiganación de las cargas y combinaciones	92
4.2.8.1 Cargas muertas	92
4.2.8.2 Cargas vivas	99
4.2.8.3 Combinaciones de carga	105
4.2.9 Definir los tipos de análisis	107
4.2.10 Analizar	108

## **CAPÍTULO V**

### **CRONOGRAMA**

5.1 Ventajas	111
5.2 Ingeniería de Proyecto	112
5.3 Fabricación del Proyecto	113
5.4 Montaje del Proyecto	113

## **CAPÍTULO VI**

### **EVALUACIÓN ECONÓMICA**

6.1 Evaluación económica para la compra del material de la estructura	115
6.2 Evaluación económica de consumibles para la fabricación	116
6.3 Evaluación económica de mano de obra de fabricación	117
6.4 Evaluación económica de montaje de la estructura	117
6.4.1 Transporte de la estructura, manlift y personal	117
6.4.2 Evaluación económica del alquiler del Manlift	118
6.4.3 Evaluación económica de mano de obra de montaje	118
6.4.4 Evaluación económica de consumibles y Epps	119
6.5 Resumen de la evaluación económica del Proyecto	120
6.6 Costo total del Proyecto de cianuro de sodio	120
6.7 Valor Actual Neto (VAN)	120
6.8 Tasa Interna de Retorno (TIR)	121
<b>CONCLUSIONES</b>	122
<b>RECOMENDACIONES</b>	123
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	124
<b>ANEXOS Y PLANOS</b>	125

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

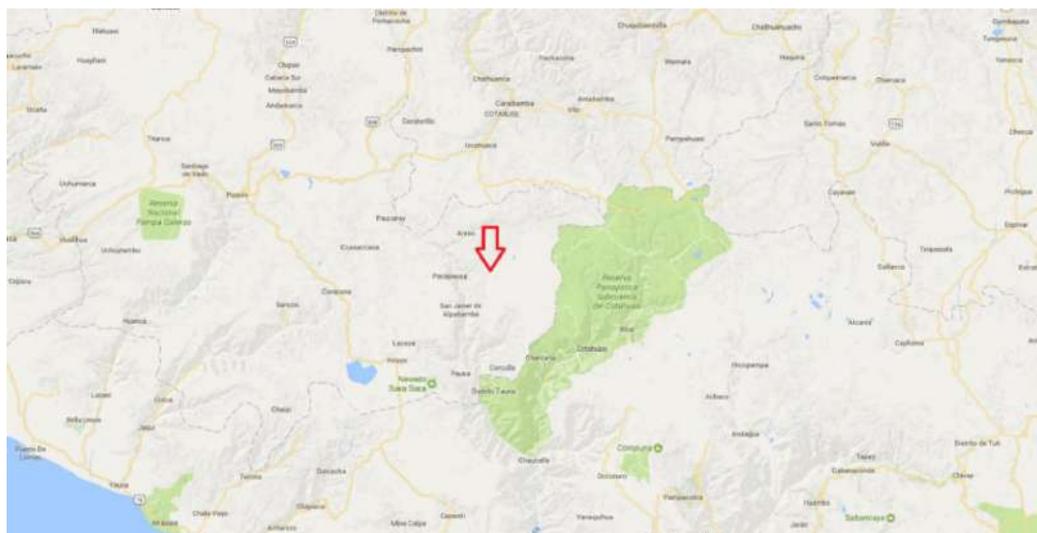
### **1.1 Localización**

La Unidad Operativa Inmaculada, políticamente se ubica (Figura 01) en la región de Ayacucho, provincia de Paucar del Sara Sara, distrito de Oyolo a 4 500 m.s.n.m.

Inmaculada es una mina de 20 000 hectáreas de dos tercios de oro y un tercio de plata, que tiene 40 concesiones mineras ubicadas en el departamento de Ayacucho, en el sur del Perú. Inmaculada está a 112 kilómetros de la operación Pallancata.

Tras la finalización de la adquisición de C.M.A. en diciembre de 2013 la mina U.O. Inmaculada es ahora 100 % propiedad directa de Hochschild Mining.

**Figura 01.** Ubicación satelital de la minera U.O. Inmaculada.



Fuente: GoogleEarth.com

Esta Unidad Operativa Inmaculada se dedica principalmente a la extracción del metal de oro, para lo cual todas sus operaciones buscan optimizar sus recursos y materiales con la finalidad de obtener una producción cada vez más eficiente y adecuada.

## 1.2 Descripción real del Problema

La **UNIDAD OPERATIVA INMACULADA S.A.C.** se presenta con problemas de falta de seguridad, tiempos muertos de trabajo, tiempos perdidos de operación, costos, falta de seguridad minera y riesgos contra la salud. Esto es debido al método deficiente con que se alimenta el tanque 3510-TK-001 (Figura 02) de cianuro de sodio al 20% de 6 metros de altura y con una capacidad de 130 m<sup>3</sup> ya que este se alimenta por medio de una manera manual asistido por un camión grúa de 15 Toneladas, que consiste en que el camión grúa suspende las bolsas de cianuro de sodio de 1 135 kg a 7.5 metros sobre el nivel del piso hacia encima del tanque 3510-TK-001 (Figura 03).

El tanque de cianuro de sodio dispone de una tolva o chute de descarga para recibir el cianuro de sodio, pero no tiene un método eficiente para cortar las bolsas de cianuro y este trabajo es realizado por dos personas

provistas de las medidas de seguridad necesarias (arnés de seguridad, guantes, zapatos de seguridad, respiradores con filtros marca 3M con código 6003 y un traje tyvek para evitar la impregnación e intoxicación de cianuro de sodio) que usan arpones de metal para perforar la bolsa de cianuro de sodio y que las pastillas de cianuro caigan por gravedad a la tolva que alimenta finalmente al tanque de cianuro; en este método de alimentación al tanque 3510-TK-001, se tienen las siguientes observaciones por parte de los ingenieros de seguridad: parte del cianuro de sodio cae a los alrededores de la tolva de alimentación y tanque ocasionando desperdicios, generación de polvo tóxico de cianuro, derrame al combinarse con el agua poniendo en peligro al personal que trabaja por la zona, personal en riesgo por utilizar herramientas no aptas y obstaculizar el libre tránsito por la asistencia de un camión grúa .

Este método de alimentación al tanque de cianuro 3510-TK-001, se realiza interdiario por las mañanas con un tiempo de trabajo de entre 7 a 8 horas, con la participación de personal del área de supervisores de planta, supervisores del área de seguridad, operadores de maquinaria pesada, operarios, personal obrero y el cuerpo médico de la minera asistido por una ambulancia.

Por este motivo se presenta el siguiente trabajo de investigación al área de Planta y la jefatura de Proyectos para implementar y mejorar las condiciones de suministro y alimentación del proceso de preparación de cianuro de sodio para los procesos de producción de mineral en planta mediante la construcción de un nuevo sistema de alimentación de cianuro de sodio, el cual permitirá mejorar los riesgos contra la salud, seguridad minera, las mencionadas condiciones nombradas y a la vez hacerlas más seguras para el personal involucrado.

**Figura 02.** Vista lateral del tanque de cianuro 3510-TK-001.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 03.** Vista frontal del tanque de cianuro 3510-TK-001.



Fuente: Elaboración propia.

## **1.3 Delimitación de la Investigación**

### **1.3.1 Delimitación espacial**

La recopilación de datos y observaciones se realizó en el interior de la mina de la Unidad Operativa INMACULADA, distrito del Oyolo, provincia de Paucar del Sara Sara, en la región de Ayacucho.

### **1.3.2 Delimitación temporal**

La investigación se realizó en el mes de abril de 2018; el diseño se realizó en el mes de mayo hasta la espera de su aprobación.

### **1.3.2 Delimitación cuantitativa**

El proyecto modificación del sistema de alimentación de cianuro de sodio iniciara hasta la aprobación del área de Planta y la jefatura de Proyectos.

## **1.4 Formulación del Problema**

### **1.4.1 Problema principal**

¿Cómo puedo optimizar el proceso de alimentación de cianuro de sodio hacia el tanque 3510-TK-001, evitando la falta de seguridad, tiempos muertos y costos en la planta de solución de cianuro de sodio?

### **1.4.2 Problemas específicos**

¿Cómo diseñar un sistema de alimentación de cianuro de sodio que transporte las bolsas de cianuro hacia el tanque 35-TK-001?

¿Cómo evitar la contaminación y peligros generados por el transporte de las bolsas de cianuro de sodio?

¿Cómo reducir la exposición del material pulverizado de cianuro de sodio hacia los demás ambientes de la planta de solución de cianuro de sodio?

## **1.5 Objetivos de la Investigación**

### **1.5.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema estructural de acero que optimice la funcionalidad del proceso de alimentación de cianuro de sodio de acuerdo con los estándares y normas de seguridad requeridos para la Unidad Operativa Inmaculada.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Diseñar el sistema de alimentación de cianuro de sodio hacia el tanque 3510-TK-001, mediante la implementación de un sistema de elevación de bolsas, un extractor de polvos y cortador de bolsas.
- Mejorar las condiciones de seguridad y riesgos contra la salud en el proceso de preparación de cianuro de sodio y favorecer las actividades relacionadas a este en la Unidad Operativa Inmaculada.
- Mejorar las condiciones de suministro de cianuro de sodio mediante un cerramiento en la zona de descarga, con un extractor de polvos para brindar un mejor servicio con una mayor protección y manejo del mismo.

## **1.6 Metodología de la Investigación del Proyecto**

### **1.6.1 Estudio estadístico del Proyecto**

Para la realización del proyecto del área de planta de modificación del sistema de alimentación de cianuro de sodio, se basa en las necesidades del área de mantenimiento de planta que en un recorrido especial al lugar de los hechos en conjunto con el Gerente de área de Planta y el Gerente del área de Proyectos en base a los problemas generados por el método de alimentación se acordó darle la solución apropiada con las siguientes propuestas e ideas:

- Fabricar una estructura metálica que tenga una altura por encima del tanque y que abarque tanto el tanque como parte del almacén de cianuro.
- Por el techo del almacén de cianuro, se realizará una abertura para poder trasladar las bolsas de cianuro hacia el tanque.
- La estructura metálica debe tener una plataforma intermedia que contenga al nuevo chute de descarga y un extractor de polvo que evite el esparcimiento del polvo de cianuro.
- La estructura metálica también debe contener la carga de una viga carrilera; a su vez, contener un teclé eléctrico con Trolley que permita el traslado de las bolsas de cianuro entre el almacén y el tanque 3510-TK-001.
- La fabricación de unas escaleras que permita al personal llegar a la plataforma de la estructura sin dificultades.
- El segundo piso de la estructura metálica debe tener cerramiento el cual permita trabajar en un clima desfavorable.

Estas propuestas permiten solucionar el problema generado por el deficiente método de alimentación de NaCN.

### **1.6.2 Hipótesis de la Investigación del Proyecto**

El diseño del sistema estructural de acero va a permitir optimizar el proceso de alimentación de cianuro de sodio de la compañía minera ARES S.A.C. en la Unidad Operativa Inmaculada.

### **1.6.3 Variables e indicadores**

#### **1.6.3.1 Variable Independiente**

Diseño de un sistema estructural de acero.

#### **1.6.3.2 Indicadores Independientes**

- Proceso de alimentación de cianuro de sodio.
- Método de elevación de las bolsas de cianuro al tanque.
- Sistema de extractor de polvos, tolva de descarga y cortador de bolsas.

- Análisis estructural.
- Cargas a la estructura.
- Resistencia de materiales.

#### **1.6.3.3 Variable Dependiente**

Optimizar el proceso de alimentación de cianuro de sodio en la Unidad Operativa Inmaculada.

#### **1.6.3.4 Indicadores Dependientes**

- Requerimiento de equipos y componentes.
- Operatividad antes y durante el proceso.
- Controlar la contaminación y polvos tóxicos de cianuro.
- Funcionalidad del sistema de alimentación de cianuro de sodio.

### **1.7 Método y diseño de la Investigación**

#### **1.7.1 Método de la Investigación**

La investigación es de tipo descriptivo.

#### **1.7.2 Diseño de la Investigación**

La investigación es de tipo descriptivo.

#### **1.7.3 Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos**

##### **1.7.3.1 Técnicas**

- Recopilación de datos e información.
- Registro fotográfico.
- Observación en campo.

##### **1.7.3.2 Instrumentos**

- Alcances del proyecto.
- Planos del diseño y fabricación de la planta de solución de cianuro de sodio.

### **1.7.3.3 Fuentes de recolección de datos**

- Planos de ingeniería base.
- Antecedentes del Proyecto-Planos de diseño de la planta de solución de cianuro de sodio.
- Cálculos de ingeniería de diseño obtenido de los datos e información.

### **1.7.4 Análisis de datos recolectados**

Se tomará las variables para los cálculos de la estructura y los factores que van a influir en el proceso como pesos, cargas, esfuerzos, momentos, tensiones, impactos, cargas de viento, cargas de nieve y normas legales.

## **1.8 Justificación de la Investigación**

### **1.8.1 Justificación teórica**

Con la implementación del sistema de alimentación compuesto por una estructura que contiene una viga carrilera con un sistema de elevación por cadena, un extractor de polvos y una tolva incorporada con un cortador de bolsas de cianuro se podrán corregir los procedimientos de descarga anteriores y garantizar las condiciones de trabajo.

### **1.8.2 Justificación real**

Con el nuevo diseño se puede mejorar y desaparecer factores e inconvenientes del sistema de alimentación tanto en seguridad, tiempos y costos.

La viga carrilera junto con el sistema de elevación por cadena eléctrico cumple la función de transportar las bolsas de cianuro desde el almacén hasta la tolva del tanque de cianuro maximizando el tiempo de transporte, cantidad de trabajadores y equipos de maquinaria pesada.

El extractor de polvos evita la propagación del polvo de cianuro y contaminación del ambiente de trabajo.

El cortador de bolsas de cianuro facilita el corte del mismo por su propio peso y por gravedad evitando desperdicios que irán directamente al tanque de cianuro de sodio.

### **1.8.3 Justificación legal**

Para el diseño y cálculos de la estructura metálica, se tomó como referencia la Norma Técnica de Edificación Peruana NTE E.090 Estructuras Metálicas elaborado por el Comité Especializado E.090 y la Norma Técnica de Edificación Peruana NTE E.020 Cargas, información proporcionada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento según las normas.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

Fabiola Gonzales Flores, 2009: "Análisis y diseño de una nave Industrial para una Planta de Reciclaje de Desechos Sólidos bajo Efectos de Sismos y Viento con el Criterio del Reglamento de Construcción del D.F. y sus N.T.C." Instituto Politécnico Nacional, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Ingeniería Civil, México D.F.

#### **2.2 Ubicación Geográfica**

Coordenadas de la U.O. Inmaculada: 14°57'32.66" S, 73°14'54.57"W.

#### **2.3 Clima**

La Unidad Operativa Inmaculada cuenta con clima variado desde cielo despejado con vientos suaves hasta lluvias, nevadas y frío glaciario.

**Figura 04.** Ubicación satelital de la minera U.O. Inmaculada.



Fuente: GoogleEarth.com

## **2.4 Alcances del Proyecto**

Los tanques están adyacentes a la estructura de una nave existente de dimensiones 18.50 x 4.80 m y 6.5 m de altura que cuenta con cerramiento metálico. El cubeto de los tanques de preparación y alimentación de cianuro de sodio 3510-TK-001 cuenta con muro de contención de altura de 1.10 m y 0.20 m de espesor alrededor del tanque para protección antiderrame.

La estructura nueva contará con una plataforma intermedia, que tiene las siguientes dimensiones: 7.85 x 10.43 y 14.5 m (Figura 05); el segundo nivel con plataforma 6.5 m de altura cuenta con cerramientos metálicos.

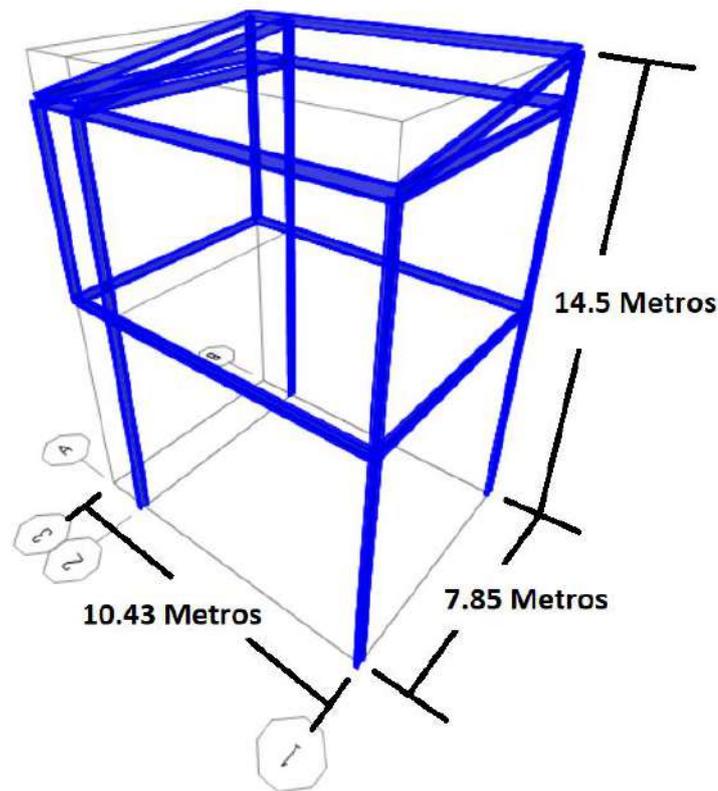
Donde:

Luz o ancho = 7.85 metros

Claro o longitud = 10.43 metros

Hombro o altura útil = 14.5 metros

**Figura 05.** Esquema de la estructura metálica.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describe en forma general los alcances de los trabajos correspondientes a las obras civiles y estructuras de acero, siendo estas de carácter enunciativo y no limitativo por lo que el contratista deberá considerar todas las actividades necesarias para asegurar la correcta ejecución de los trabajos.

- Desmontaje de cobertura y estructura metálica de la nave existente, para el cruce de elementos estructurales nuevos.
- Corte de bases de concreto existente y de barras de refuerzos expuestos.
- Excavaciones de suelo, nivelación y compactación dentro y fuera del muro de contención de los tanques y dentro del área de nave existente para colocación de cimentaciones de zapatas.
- Eliminación de material excedente.
- Cimentación de columnas de estructura metálica, dentro y fuera del cubeto y/o la nave existente.

- Relleno y compactación de cimentaciones.
- Reposición del muro de contención, losas y bases de escaleras.
- Desmontaje de cobertura existente y estructura de soporte de cobertura para el pase de elementos estructurales nuevos (columna, vigas y arriostre) y para la abertura del techo de la nave existente.
- Desmontaje de vigas de arriostre W10x22 del eje 3 de la nave existente.
- Suministro, fabricación y montaje de la estructura metálica de nueva nave de sistema de alimentación de cianuro de sodio, incluye plataforma de mantenimiento del tanque 3510-TK-001 que se adjuntara en los planos de ingeniería base.
- Suministro, fabricación y montaje de la viga monorriel W18x46 de capacidad 2.0 Ton del tecele de alimentación de NaCN.
- Suministro y montaje de recubrimiento lateral y de techo tipo TR-4 o similar y la cobertura TR-4 Traslúcido.

## **2.5 Actividades comprometidas para el alcance**

1. **Desmontaje y reutilización.** El desmontaje consiste en el desmontaje de cobertura y elementos estructurales de la nave existente, necesarios para la modificación o el pase de nuevos elementos. La reutilización consiste en la verificación del buen estado de los elementos desmontados y su acondicionamiento para poder ser reutilizados.
2. **Demolición y reposición.** Se debe demoler la estructura existente, como pueden ser pedestales, losas o muros, los cuales serán repuestos.
3. **Trazo y replanteo.** Consiste en la colocación de ejes y control de niveles de las estructuras. El consultor prevé un equipo mínimo de topografía para realizar el control de verticalidad. CMA posee un equipo de topografía que verificará los trabajos a desarrollar.

4. **Movimiento de tierras.** Consistente en toda la excavación localizada para cimentaciones, el relleno estructural compactado y la eliminación de material sobrante a una distancia de 1.9 km
5. **Concreto armado.** Es el aprovisionamiento de concreto para concreto estructural  $f'c$  28 MPa para cimentaciones, pedestales, muros y losas de piso a reponer.
6. **Acero estructural.** El contratista deberá suministrar, fabricar, e incluir el transporte al proyecto Inmaculada y el montaje de las estructuras livianas, estructuras medianas, escalera de acceso principal y los pernos de anclaje, que incluyen tuercas y arandelas.

## **CAPÍTULO III**

### **DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DEL PROYECTO**

#### **3.1 Cianuro de Sodio**

El cianuro de sodio o cianuro sódico ( $\text{NaCN}$ ) es la sal sódica del ácido cianhídrico ( $\text{HCN}$ ). Se trata de un compuesto sólido e incoloro que hidroliza fácilmente en presencia de agua.

Principales propiedades físicas y químicas

- Color: polvo cristalino, blanco delicuescente.
- Olor: Inodoro en seco o con un ligero olor ácido en humedad.
- Densidad relativa (Agua=1): 1.6
- Punto de ebullición: 1 496 °C
- Peso molecular: 49.0
- Masa molar: 49.01 g/mol

### **3.1.1 Aplicaciones**

El cianuro de sodio se utiliza en la minería y la industria metalúrgica como un sólido o en solución para extraer minerales metálicos como es el caso del oro, plata y otros metales en disoluciones diluidas y en presencia de oxígeno disuelve el oro de los minerales

### **3.1.2 Tipos de cianuro de sodio**

- Cianuro de sodio líquido.
- Cianuro de sodio sólido.

### **3.1.3 ¿Por qué las empresas necesitan el cianuro?**

En todo el mundo, el cianuro de sodio se utiliza industrialmente, con más frecuencia en la minería del oro. Aunque la mayoría de nosotros tenemos la imagen tradicional de una extracción del oro del siglo 19 en busca de pepitas, este no es el método industrial utilizado en la actualidad.

La mayor parte del oro del mundo no se encuentra en forma de pepitas de oro, sino en las rocas como polvo muy fino. De hecho, nuestra demanda cultural de oro nos obliga a extraerlo de las rocas, el que puede ser tan bajo como 0.005% de oro. Esto significa que necesitamos extracción industrial para separar y purificar el oro del resto de los materiales.

Después de extraer y tratar la mezcla de roca en bruto, se convierte en un polvo fino y se añade a una solución de cianuro de sodio. El oro forma enlaces fuertes con las moléculas de cianuro y puede entonces ser separada del resto de los minerales; ya que entonces, es soluble en agua. A continuación, reacciona con zinc y se convierte nuevamente en sólido. Por último, se funde para aislar el oro y formar barras.

### 3.1.4 ¿Cuán peligroso es?

El cianuro de sodio es extremadamente tóxico para los seres humanos. Aunque existen riesgos con la absorción de la piel, el mayor riesgo es la ingestión. La inhalación o la ingestión de cianuro de sodio bloquean el transporte de oxígeno, causando problemas médicos graves y, finalmente, la muerte.

Sin embargo, la seguridad del cianuro de sodio cambia si está presente durante una polvorización. Por lo general, evitar la ingestión oral debería ser relativamente simple; pero en una polvorización puede hacer que se inhale como polvo fino (Figura 05, este peligro debería estar controlado prácticamente con el uso de mascarillas faciales que evitarán la inhalación de polvo fino).

**Figura 05.** Letrero informativo en caso de intoxicación.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.5 Bolsas de cianuro del Proyecto

Las bolsas de cianuro de sodio vienen en cajas de madera selladas y con todas las normas de seguridad (Figura 06). Estas cajas que

pesan 1 135 kg son guardadas en un almacén bajo normas de seguridad de la misma minera.

**Figura 06.** Cajas de cianuro de sodio de U.O. Inmaculada.



Fuente: Elaboración propia.

El cianuro que se utiliza en la minera U.O Inmaculada es del tipo sólido (Figura 07).

**Figura 07.** Pastillas de cianuro de sodio de tipo sólido.



Fuente: Elaboración propia.

### **3.2 Cortador de bolsas de cianuro**

El cortador de bolsa fabricado en acero inoxidable consta de una tolva, una cabina y las cuchillas, que alimentarán directamente al tanque; el peso de la tolva es de 669 kg. El cortador permite que la bolsa pueda abrirse sin la necesidad de alguna fuerza (Figura 08), ayuda humana o máquina; este al contar con un punzón y cuchillas filosas en sus costados, permite que la bolsa se corte por su mismo peso por la parte inferior.

**Figura 08.** Cortador de bolsas y tolva de alimentación al tanque.





Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Tecele de cadena electrónico con Trolley

Este tipo de tecele de cadena permite que una sola persona realice las maniobras; cuenta con sistema de izaje vertical con una carga de hasta 2 toneladas (Figura 09). El Trolley permite desplazar la carga horizontalmente a lo largo de la viga carrilera; estos son controlados por un solo control con botoneras indicando dichos movimientos.

- Peso del tecele eléctrico: 110 kg
- Peso del trolley eléctrico: 51 kg

**Figura 09.** Tecele de cadena electrónico con Trolley.



Fuente: Catálogo Empresa FerrenetMaquinaria.com.

### 3.4 Extractor de polvo

Este dispositivo permite aspirar las partículas de polvo generadas en la cabina por la fricción entre las pastillas de cianuro de sodio al romperse la bolsa de cianuro (Figura 10). Estas partículas son aspiradas a un contenedor, que a su vez alimentará directamente a la tolva del cortador de bolsa y este al tanque de cianuro de sodio, tiene un peso de 572 kg.

**Figura 10.** Extractor de polvo.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.5 Generalidades del acero

El acero es un metal que se deriva de la aleación entre el hierro y el carbono. Se caracteriza por su resistencia y porque puede trabajar en caliente; es decir, una vez se endurece su manejo, es casi imposible.

Los dos elementos se componen en ACERO (hierro y carbono); se encuentran en la naturaleza lo cual resulta positivo al momento de producirlo a gran escala. El acero básicamente está compuesto por alrededor de 0.05% hasta menos de un 2.0% de carbono, más de esta lo vuelve frágil; algunas veces, con otros elementos de aleación específicos tales como cromo (Cr) o níquel (Ni) se agregan con un propósito determinado.

### **3.5.1 Ventajas del acero**

El acero tiene muchas ventajas: alta resistencia, ductilidad, soporte a grandes esfuerzos y deformación sin fallar. Utilizar el acero para la construcción de una estructura industrial tiene otras ventajas como en la fabricación ya que es relativamente fácil; pues los materiales están prefabricados, esto se debe a que los aceros están normados con estándares de fabricación y calidad.

Y en el mercado se puede obtener diversos tipos de secciones y grados que permiten la diversidad en la fabricación y mejorar el diseño de la estructura, para poder unir los diversos elementos sean con anclajes, pernos o soldadura.

Usar acero en la fabricación de estructuras permite hacer modificaciones directas en obra, sean por errores o correcciones forzosas para el montaje.

La estructura metálica también es desmontable y es un material 100% reciclable.

### **3.5.2 Desventajas del acero**

El principal inconveniente del acero sería la corrosión por exposición directa al agua y aire; para este tipo de caso, es necesario utilizar pinturas epóxicas cada cierto tiempo dependiendo del tipo de clima.

Las estructuras metálicas al ser de acero propagan fácilmente el calor debido a una de sus propiedades físicas; en caso de incendio, estos son buenos conductores del calor haciendo que se propague fácilmente por la estructura y falle más rápido.

La fatiga es otra desventaja, pues reduce su resistencia si es sometido a esfuerzos cíclicos; por eso, es necesario evitar esfuerzos variables y realizar los cálculos necesarios para ver si la estructura puede soportar las cargas.

### **3.5.3 Tipos de acero**

- **Acero al carbono:** Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1.65% de manganeso, 0.60% de silicio y 0.60% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil; la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques, etc.
- **Acero aleado:** Estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros de aleación se pueden subclasificar en estructurales, para herramientas y especiales.
- **Acero de baja aleación:** Esta familia es la más reciente de las cuatro grandes clases de acero. Los aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, reciben un tratamiento especial que les da una resistencia mucho mayor que la del acero al carbono.
- **Acero inoxidable:** Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos

aceros inoxidables son muy duros; otros son muy tenaces y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas. Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos. El acero inoxidable se utiliza para las tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resiste a la acción de los fluidos corporales.

### 3.5.4 Características del acero

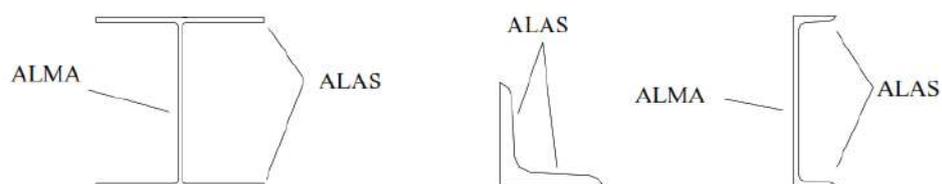
Por la norma ASTM, el acero A-36 tiene las siguientes características:

- Densidad: 7 850 kg/m<sup>3</sup>
- Punto de fusión: 1 650 °C
- Punto de ebullición: 3 000 °C
- Módulo de elasticidad (E): 2.10 x 10<sup>6</sup> kg/cm<sup>2</sup>
- Esfuerzo de fluencia (Fy): 2.53 Ton/cm<sup>2</sup>
- Esfuerzo de fractura (Fu): 4.08 Ton/ cm<sup>2</sup>
- Coeficiente de poisson (U): 0.3
- Coeficiente de dilatación térmica ( $\alpha$ ): 1.2 x 10.5 (°C)<sup>-1</sup>

### 3.5.5 Tipo de perfiles en acero

Denominación de las partes de un perfil (Figura 11).

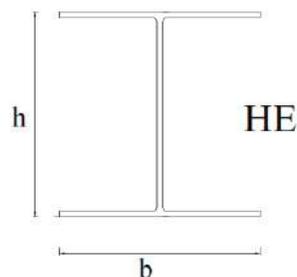
**Figura 11.** Partes de los perfiles.



Fuente: Elaboración propia.

- El **perfil HE** es del tipo laminado correspondiente a la normativa europea cuya sección transversal tiene forma de doble T (Figura 12), con alas más anchas que un perfil doble T de tipo IPN o IPE. Las caras exteriores e interiores de las alas son paralelas entre sí y perpendiculares al alma, por lo que las alas tienen espesor constante. Las uniones entre las caras del alma y las caras interiores de las alas son redondeadas. Además, las alas tienen el borde con aristas exteriores e interiores vivas.

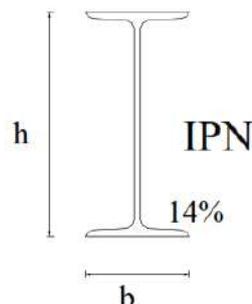
**Figura 12.** Dimensionamiento del Perfil HE.



Fuente: Elaboración propia.

- El **perfil IPN** es un tipo de producto laminado cuya sección tiene forma de doble T también llamado I y con el espesor denominado normal (Figura 13). Las caras exteriores de las alas son perpendiculares al alma, y las interiores presentan una inclinación del 14% respecto a las exteriores, por lo que las alas tienen un espesor decreciente hacia los bordes. Las uniones entre las caras del alma y las caras interiores de las alas son redondeadas. Además, las alas tienen el borde con arista exterior viva e interior redondeada.

**Figura 13.** Dimensionamiento del Perfil IPN.

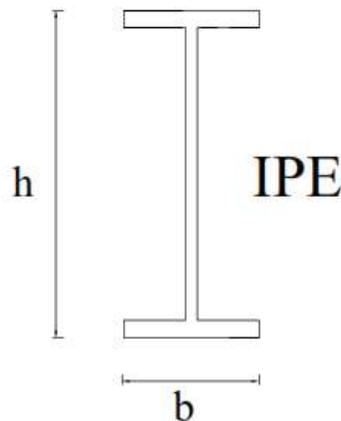


Fuente: Elaboración propia.

- El **perfil IPE** es un producto laminado cuya sección normalizada tiene forma de doble T también llamado I y con el espesor denominado Europeo (Figura 14). Las caras exteriores e interiores de las alas son paralelas entre sí y perpendiculares al alma, y así las alas tienen espesor constante (principal diferencia con respecto al perfil IPN).

Las alas tienen el borde con aristas exteriores e interiores vivas. La relación entre la anchura de las alas y la altura del perfil se mantiene menor que 0.66.

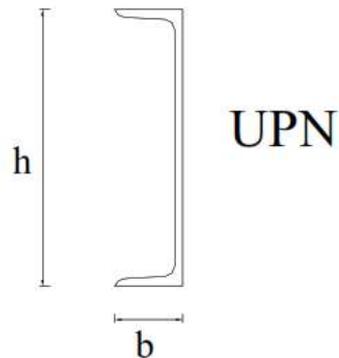
**Figura 14.** Dimensionamiento del Perfil IPE.



Fuente: Elaboración propia.

- Un **perfil UPN** es un tipo de producto laminado cuya sección tiene forma de U. Las caras exteriores de las alas son perpendiculares al alma, y las interiores presentan una inclinación del 8% respecto a las exteriores, por lo que las alas tienen espesor decreciente hacia los extremos (Figura 15). La superficie interior de la unión entre el alma y las alas es redondeada. Se usan como soportes y pilares, soldando dos perfiles por el extremo de las alas, formando un especie de tubo de sección casi cuadrada, con momento de inercia muy semejante en sus dos ejes principales.

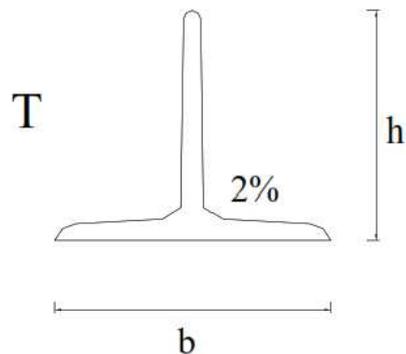
**Figura 15.** Dimensionamiento del Perfil UPN.



Fuente: Elaboración propia.

- El **perfil WT** en el extremo del alma es redondeado, así como las uniones de la misma con las caras interiores de las alas y las aristas interiores de estas (Figura 16). Las caras interiores de las alas están inclinadas un 2% respecto a las exteriores, y las del alma un 2% respecto a su eje.

**Figura 16.** Dimensionamiento del Perfil WT.



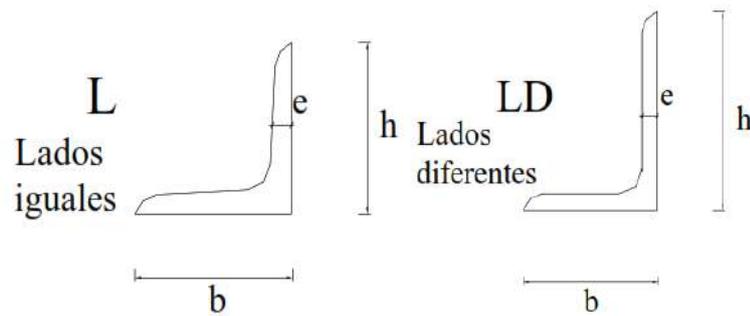
Fuente: Elaboración propia.

- El **Perfil L y LD** es un tipo de producto laminado cuya sección tiene forma de ángulo recto, con las alas de igual o distinta longitud (Figura 17). Las caras de estas son paralelas entre sí, y la unión de las caras interiores está redondeada. Las alas tienen el borde exterior con aristas vivas, y el interior redondeado.

También existen perfiles L soldados. Se sueldan dos placas rectangulares para formar una L.

También existen perfiles L plegados.

**Figura 17.** Dimensionamiento del Perfil L y LD.

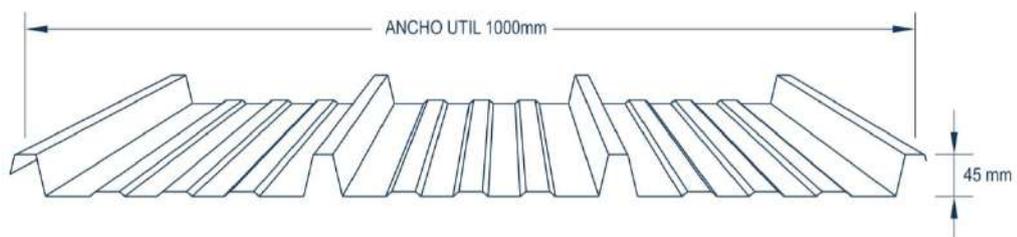


Fuente: Elaboración propia.

### 3.6 Coberturado y cerramiento del Proyecto

Existen diferentes gamas de coberturas y de paneles metálicos fabricados con acero **ALUZINC** ASTM A792, AZ 150 para coberturas y fachadas; el **TR-4** cuenta con 4 trapecios que otorgan resistencia estructural, facilidad de instalación y superior acabado, ideal para edificaciones comerciales, industriales y de servicio (Figura 18). El perfil trapezoidal garantiza el apropiado comportamiento estructural del panel como cobertura y es el más utilizado para aislar la estructura metálica de la intemperie; el traslape mínimo necesario entre TR-4 es de 200 mm y en el caso de este proyecto es el solicitado por la minera Inmaculada.

**Figura 18.** Dimensionamiento del TR-4.



Fuente: Catálogo Empresa Precor.com.

También existe la cobertura **TR-4 traslúcido** según norma **ASTM D-1003-61** fabricados de policarbonato y es perfectamente compatible con TR-4 de Aluzinc; este cumple con los mismos requerimientos de cubierta de la estructura y permite aparte una iluminación natural.

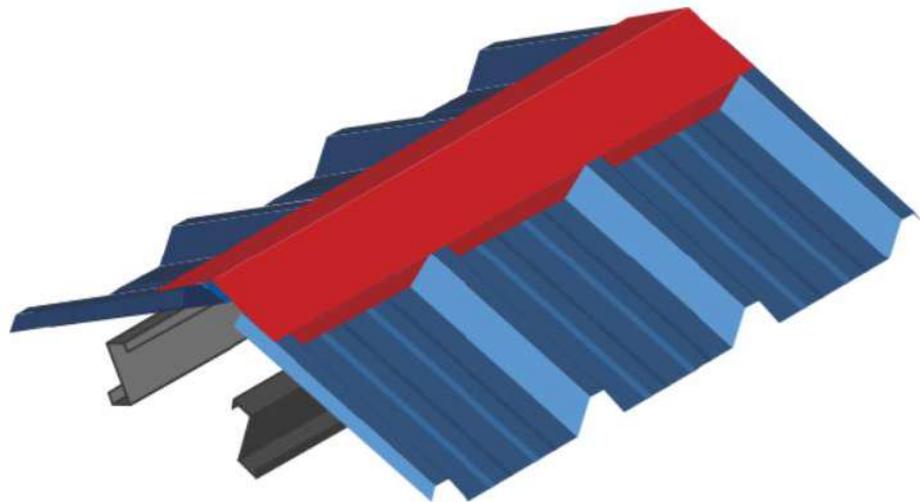
### 3.6.1 Características

- Peso específico: 1 200 kg/m<sup>3</sup>
- Módulo de elasticidad: 23 000 kg/cm<sup>2</sup>
- Espesor: 0.5 mm
- Resistencia a la flexión: 890 kg/cm<sup>2</sup>

### 3.6.2 Accesorios de cerramiento

La **Cumbrera** cumple la función de unir la cobertura TR-4 de los elementos exteriores en la parte superior de la estructura metálica (Figura 19).

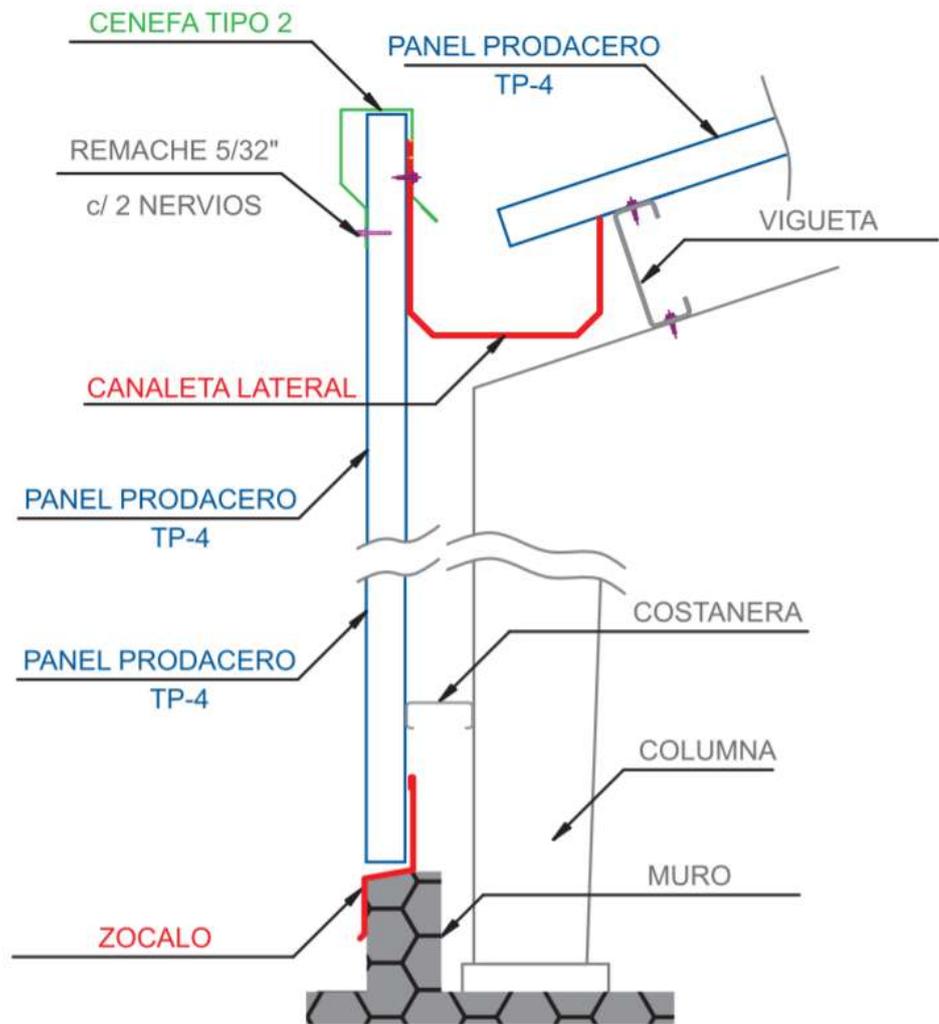
**Figura 19.** Cumbrera de Cerramiento TR-4.



Fuente: Catálogo Empresa Calaminon.com.

El **Zócalo** se instala en la parte inferior y por debajo de la cobertura para evitar que elementos ingresen al interior, sea agua y polvo, mientras que la **Cenefa** se instala en la parte superior y cuenta con varios tipos para laterales y frontales y la **Canaleta** tiene la función de dirigir el agua de las lluvias y nieve hasta el desagüe (Figura 20).

**Figura 20.** Detalles de instalación.



Fuente: Catálogo Empresa Calaminon.com.

### 3.7 Estructura metálica

Una estructura metálica es cualquier estructura donde la mayoría de las partes que la forman son materiales metálicos, normalmente acero. Las estructuras metálicas se utilizan por norma general en el sector industrial porque tienen excelentes características para la construcción; son muy funcionales y su coste de producción suele ser más barato que otro tipo de estructuras. Normalmente, cualquier proyecto de ingeniería, arquitectura, etc. utiliza estructuras metálicas.

Para que una estructura funcione bien tiene que ser estable, resistente y rígida. Estable para que no vuelque, resistente para que soporte esfuerzos sin romperse y rígida para que su forma no varíe si se les somete a esfuerzos; por ejemplo, el propio peso, cargas y el de las personas u objetos. Cada estructura metálica está formada por la estructura metálica principal y la estructura metálica secundaria.

### 3.7.1 Estructura principal

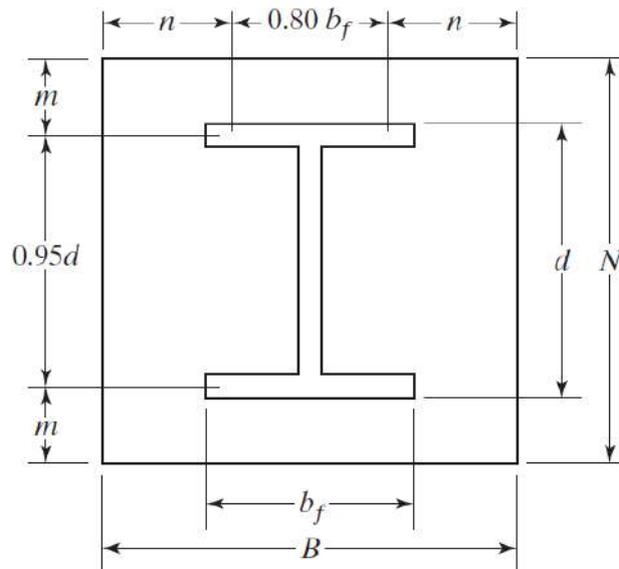
La estructura metálica principal se compone de todos aquellos elementos que estabilizan y transfieren las cargas a los cimientos (que normalmente son de hormigón reforzado). La estructura metálica principal es la que asegura que no se vuelque, que sea resistente y que no se deforme. Normalmente, está formada de los siguientes elementos:

- **Columnas:** Son los elementos que estabilizarán la estructura y transmitirán las cargas a los cimientos; pueden estar conformados por diversos tipos de perfil como el tubo cuadrado, perfil tipo I, tipo U, etc. En este proyecto, las columnas primarias estarán compuestas por W16X40 y las secundarias por W12X30.

Las columnas tienen a su vez placas de unión y una placa base que sirve como soporte y unión con la zapata de hormigón que a su vez cuenta con pernos de anclaje para poder unir las columnas y zapatas.

La placa base se configura de manera tal que sea capaz de soportar y distribuir adecuadamente la sobrecarga de las columnas en las zapatas (Figura 21). Esto se puede representar mediante la siguiente ilustración.

**Figura 21.** Configuración de la Placa Base.



Fuente: Elaboración propia.

De donde:

$$m = (N - 0.95 d) / 2$$

$$n = (B - 0.80 b_f) / 2$$

- **Vigas:** Es un elemento estructural horizontal que es utilizada no solo para soportar la presión y peso, sino también flexión y tensión que a su vez las transmite a las vigas principales.
- **Tijerales:** También llamados armadura, es una construcción reticulada conformada generalmente por triángulos formados por elementos rectos y que se utiliza para soportar pesos y cargas del techo. Está conformada por cuerdas superior e inferior y miembros del alma que se conectan mediante los nodos.
- **Arriostres:** Son los elementos que sirven para rigidizar o estabilizar la estructura. Generalmente, se utilizan de manera diagonal amarrando los extremos de los vértices de manera que en la forma de la estructura no se produzcan desplazamientos.

### 3.7.2 Estructura secundaria

Se compone generalmente de perfiles que unirán la estructura metálica con el cerramiento.

- **Correas:** También llamados largueros, son elementos con secciones livianas de acero que se utilizan en la construcción como elemento estructural. Estos perfiles ligeros se utilizan generalmente en las construcciones de madera y acero.

La correa metálica es el elemento constructivo sobre el que se apoya el panel, o chapa, que ejercerá de cerramiento del edificio. A nivel general, destacan dos tipos de configuraciones en correas: C y Z (Figura 22). Aconsejando su utilización según la inclinación de la pendiente de la cubierta:

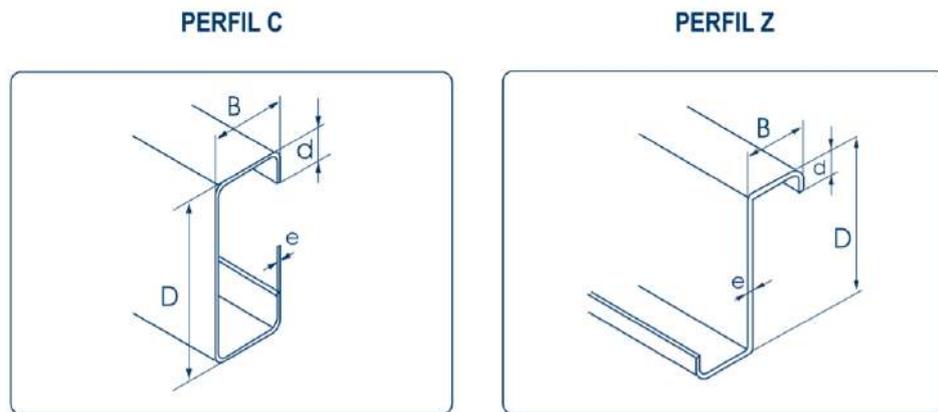
- Correas metálicas Z: Pendiente  $>20^\circ$
- Correas metálicas C: Pendiente  $<20^\circ$

Estos perfiles son elementos manejables; mientras soportan las cargas de la cubierta y el revestimiento, reducen las cargas totales sobre la estructura. Así, el uso de estas secciones livianas disminuye el peso de la estructura y acelera la velocidad de construcción.

Las correas metálicas tienen las siguientes ventajas:

- Instalación sencilla: Simplifica el montaje de la estructura.
- Adaptabilidad: Correas a medida de cada proyecto.
- Rendimiento: Resistencia mecánica óptima con el mínimo peso propio.
- Ligereza: Reduce el peso de la estructura.
- Mecanizado personalizado: Posibilidad de suministro con perforaciones (punzonado) a medida.

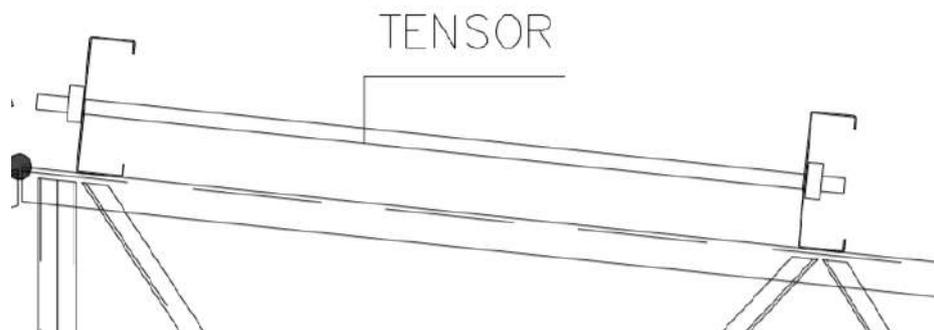
**Figura 22.** Perfiles C y Z



Fuente: Catálogo Empresa Precor.com.

- **Templadores:** Conocidos también como tensores o contraflambeos, son los elementos que van colocados entre correas. Comúnmente sirven para transferir las cargas de gravedad paralelas al sistema de techo o bien para disminuir la deflexión en el plano débil del larguero y darle una mayor rigidez (Figura 23). El perfil típico para este tipo de elementos es el fierro redondo liso de 5/8" a 3/4" de diámetro, para hacer efectiva la capacidad de fuerza de los tensores o contraflambeos; estos deberán ser llevados desde la cumbrera del techo y ser balanceada por un elemento igual del lado opuesto de la cumbrera y su conexión típica es por medio de tuercas en los extremos de las barras.

**Figura 23.** Tensor de Correas.



Fuente: Elaboración propia.

- **Grating:** Es una rejilla metálica fabricada de platinas y fierro redondo liso (Figura 24); sirven como plataforma para el tránsito y piso de las personas y, generalmente, viene de forma ranurada para evitar caídas.

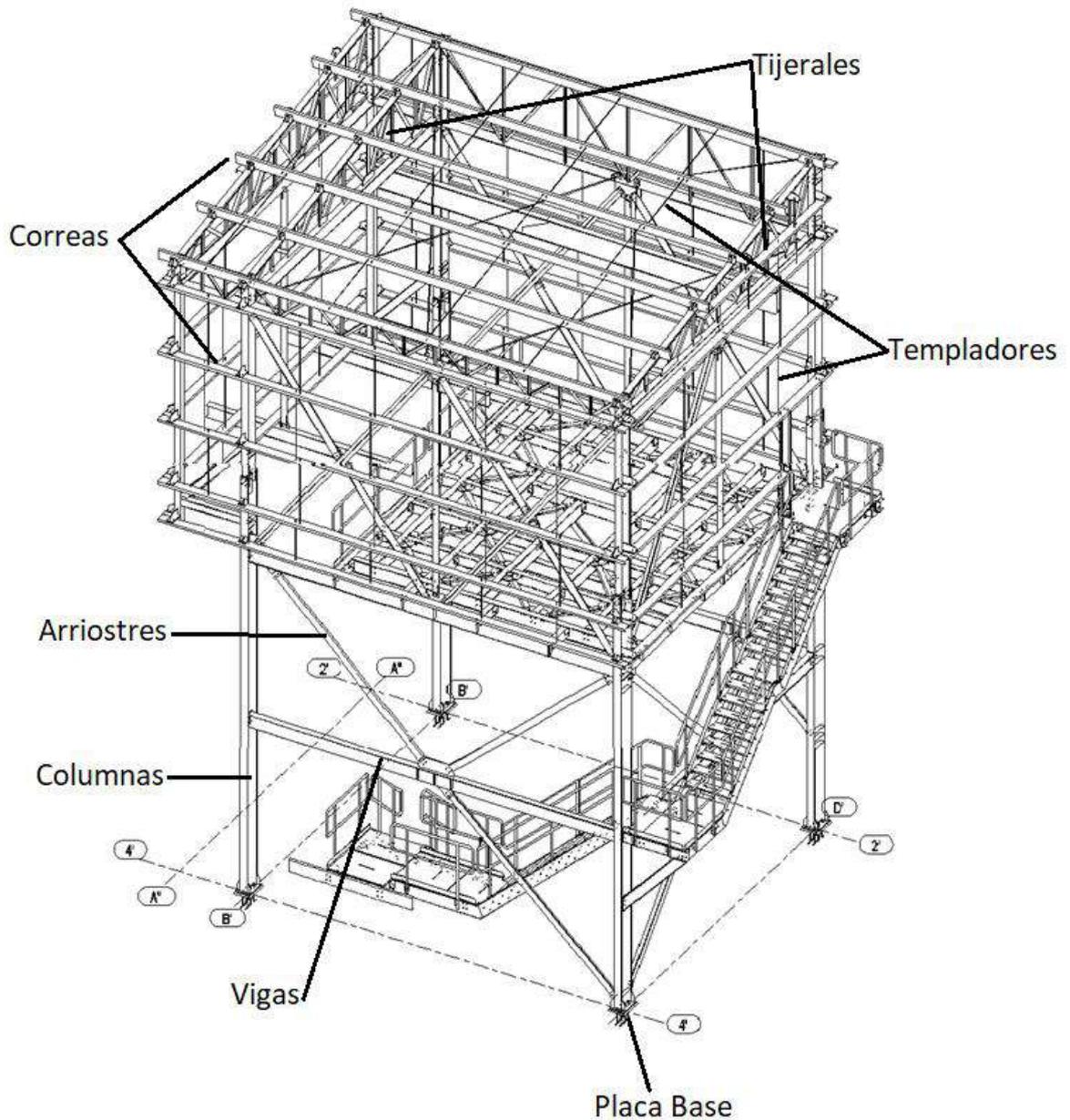
**Figura 24.** Modelo Grating Dentado.



Fuente: Elaboración propia.

Todas estas partes unidas crean la estructura metálica (Figura 25).

**Figura 25.** Partes de la estructura.



Fuente: Elaboración propia.

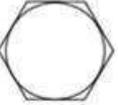
### 3.8 Pernos y tuercas

Son elementos roscados metálicos que pueden tener diferentes largos, cuya función mecánica es el de unir elementos o piezas entre sí (Figura 26). Básicamente este elemento metálico con una cabeza pasa por perforaciones que permiten unir y fijar cosas. Normalmente, son

fabricados de acero o hierro de diferentes durezas o calidades; tienen diferentes tipos de cabezas según sus usos: hexagonales, redondas, avellanadas, entre otras. La rosca del perno puede ser métrica o en pulgadas y para mayor seguridad se complementan con diferentes tipos de arandelas.

Por sus características están, clasificados como se muestra en la siguiente tabla:

**Figura 26.** Pernos y designación.

SAE	DIN / ISO	ASTM
 <p><b>SAE GRADO 2</b> Acero de Bajo Carbono</p>	 <p><b>DIN Clase 5.8</b> Acero de Bajo Carbono</p>	 <p><b>A 394 Tipo 0</b></p>
 <p><b>SAE GRADO 5</b> Acero de Medio Carbono Tratado Térmicamente</p>	 <p><b>DIN Clase 8.8</b> Acero de Medio Carbono Tratado Térmicamente</p>	 <p><b>A 325 Tipo 1</b> Acero de Medio Carbono Tratado Térmicamente</p>
 <p><b>SAE GRADO 8</b> Acero de Medio Carbono Aleado Tratado Térmicamente</p>	 <p><b>DIN Clase 10.8</b> Acero de Medio Carbono Aleado Tratado Térmicamente</p>	 <p><b>A 495 Tipo 1</b> Acero de Medio Carbono Aleado Tratado Térmicamente</p>

Fuente: Página Monografias.com.

### 3.9 Soldadura

Es un proceso de fabricación en el que se unen dos elementos distintos, normalmente metales. Esto se logra a través de la coalescencia de varios metales en un cuerpo único, de tal manera que las piezas son soldadas derritiendo los metales y agrando un material de relleno derretido, el cual posee un punto de fusión más bajo. Los procesos de soldadura aplicados a la industria se realizan en función de cómo los metales de relleno son alimentados en la soldadura (Figura 27). De esta manera, se consigue un charco de material fundido que, al enfriarse, se convierte en un empalme sólido.

Para el proceso de soldadura, se pueden utilizar fuentes de energía diferentes: llama de gas, arco eléctrico, láser, rayo de electrones o

procesos de fricción con ultrasonidos. La energía necesaria para unir dos piezas de metal proviene de un arco eléctrico.

Al ser una parte de algún proceso industrial, la soldadura puede realizarse en ambientes distintos: al aire libre, bajo el mar o en el espacio. Como se trata de una técnica con cierto peligro, es imprescindible adoptar medidas de seguridad para evitar quemaduras, descargas eléctricas o la sobre exposición a la luz ultravioleta.

Existen dos tipos de soldadura que son con alimentación de alambre y con el electrodo revestido.

**Figura 27.** Soldadura de la Placa Base.



Fuente: Elaboración propia.

### **3.10 Procedimientos para el análisis del Proyecto**

El siguiente diseño del proyecto está analizado por las normas estructurales NTE E 0.20 y 0.90

#### **3.10.1 Cargas**

Las edificaciones y sus partes deben ser capaces de soportar todas las cargas que se le imponga y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su norma de diseño específica.

Las cargas son fuerzas que intervienen directamente en la estructura como el peso propio de la estructura, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos y estos tienen cargas vivas y muertas.

### **3.10.2 Cargas vivas**

Es el peso de los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación.

#### **3.10.2.1 Cargas vivas del piso**

De la Norma NTE E 0.20 Cargas

#### **Artículo 6. Cargas vivas del piso**

##### **Tabla 1**

**Cargas vivas mínimas repartidas:** En **ocupación o uso**, nos indica en **Industria** revisar el punto **artículo 6.4** que dice lo siguiente:

#### **Artículo 6.4**

**Conformidad:** Se hará una aproximación de la carga viva repartida real promediando la carga total que en efecto se aplica sobre una región rectangular representativa de  $15\text{m}^2$  que no tenga ningún lado menor de 3m.

**“Para este proyecto, las cargas vivas son dos personas que estarán a cargo de la alimentación de las bolsas de cianuro, el operario del teclé electrónico y un ayudante con un total de 160 kg de peso”**

#### **3.10.2.2 Carga viva del techo**

Se diseñarán los techos tomando en cuenta las cargas vivas como nieve, viento y otras prescritas.

De la norma NTE E 0.20 Cargas

### **Artículo 7.1. Carga viva del techo**

**D)** Para techos con coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas, que cuando en el techo pueda haber acumulación de nieve, en cuyo caso se aplicará lo indicado en el artículo 11.

### **Artículo 11. Cargas de nieve**

#### **11.1 Generalidades**

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

La carga de nieve debe considerarse como carga viva. No será necesario incluir en el diseño el efecto simultáneo de viento y carga de nieve.

#### **11.2 Carga básica de nieve sobre el suelo (Qs)**

Para determinar este valor, debe tomar en cuenta las condiciones geográficas y climáticas de la región. La carga básica se establecerá de un análisis estadístico de la información de la zona.

**“En la zona estadísticamente tiene condiciones de nieve de una altura máxima de 36 cm”**

El valor mínimo de la carga básica de la nieve sobre el suelo (Qs) será de **40 kgf/m<sup>2</sup>** que equivalen a **40 cm** de nieve fresca.

$$Q_s = 40 \text{ kgf/m}^2$$

### 3.10.2.3 Carga de nieve sobre el techo (Qt)

A) Para techos a una o dos aguas con inclinaciones menores o iguales a 15°, la carga de diseño (Qt) será:

$$Q_t = Q_s$$

“La inclinación del techo es de 8.69°”

Entonces:  $Q_t = 40 \text{ kgf/m}^2$

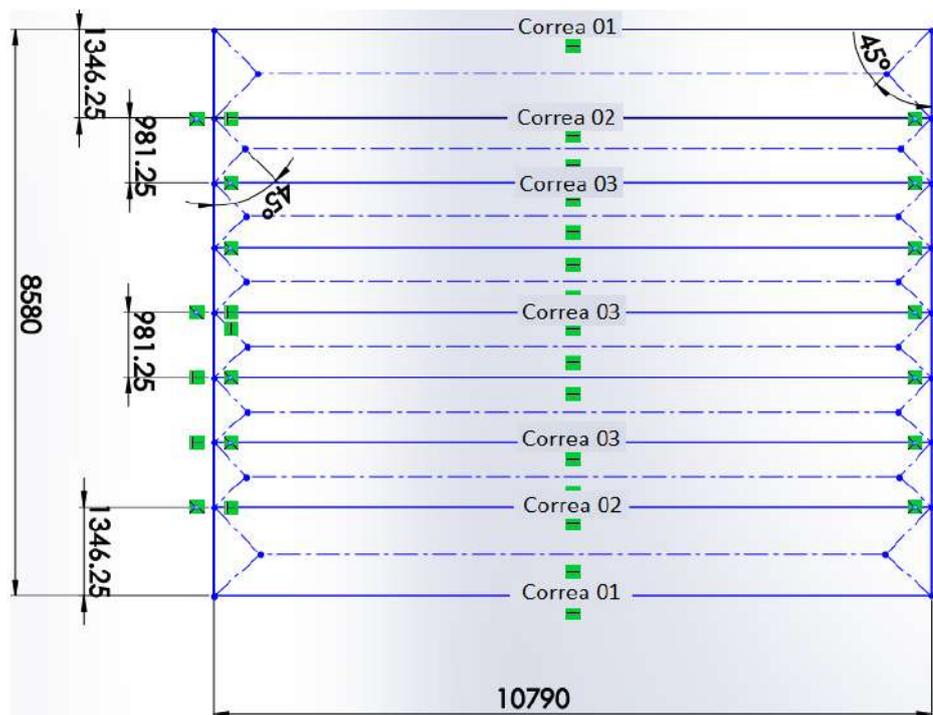
De la norma NTE E 0.20

#### Artículo 18. Distribución de cargas horizontales

Realizamos el diagrama de áreas tributarias en el techo para hallar las cargas de nieve en las correas del techo de la estructura (Figura 28).

De los planos de ingeniería base sacamos las siguientes dimensiones:

Figura 28. Distribución de cargas horizontales.



Fuente: Elaboración propia.

### **Correa 01**

$$\text{Carga en la correa 01} = (Qt \times \text{Área 01}) / \text{Base}$$

$$\text{Área 01 del trapecio} = (\text{Base} + \text{Base menor} \times \text{Altura}) / 2$$

$$\text{Base} = 10.79 \text{ m}$$

$$\text{Base menor} = 9.44 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 0.67 \text{ m}$$

$$\text{Área 01} = (10.79 + 9.44 \times 0.67) / 2$$

$$= 6.78 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga en la correa 01} = (Qt \times \text{Área 01}) / \text{Base}$$

$$= (40 \times 6.78) / 10.79$$

$$= 25.13 \text{ kg/m}$$

### **Correa 02**

$$\text{Carga en la correa 02} = (Qt \times (\text{Área 01} + \text{Área 02})) / \text{Base}$$

$$\text{Área 01} = 6.78 \text{ m}^2$$

$$\text{Área 02 del trapecio} = (\text{Base} + \text{Base menor} \times \text{Altura}) / 2$$

$$\text{Base} = 10.79 \text{ m}$$

$$\text{Base menor} = 9.81 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 0.49 \text{ m}$$

$$\text{Área 02} = (10.79 + 9.81 \times 0.49) / 2$$

$$= 5.05 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga en la correa 02} = (Qt \times (\text{Área 01} + \text{Área 02})) / \text{Base}$$

$$= (40 \times (6.78 + 5.05)) / 10.79$$

$$= 43.86 \text{ kg/m}$$

### **Correa 03**

$$\text{Carga en la correa 02} = (Q_t \times (\text{Área 02} + \text{Área 03}) / \text{Base}$$

$$\text{Área 02} = 5.05 \text{ m}^2 = \text{Área 03}$$

$$\text{Carga en la correa 02} = (Q_t \times (\text{Área 01} + \text{Área 02}) / \text{Base}$$

$$= (40 \times (5.05 + 5.05)) / 10.79$$

$$= 37.44 \text{ kg/m}$$

#### **3.10.2.4 Carga viva del tecle**

Toda carga que tenga un desplazamiento es una carga viva móvil.

De la norma NTE E 0.20 Cargas

### **Artículo 9. Cargas vivas móviles**

#### **9.6 Tecles monorrieles**

**a) Cargas verticales:** La carga vertical será la suma de la capacidad de carga y el peso del tecle. Para tomar en cuenta el impacto, la carga vertical se aumentará en 25% para tecles eléctricos.

**Peso del tecle:** 161 kg

**Peso de bolsa de cianuro:** 1 135 kg

**Total:** 1 296 kg

**Carga vertical:** 1 296 + 25% = 1 620 kg

**“Entonces, para el proyecto será necesario la instalación de un tecle de 2.0 toneladas”**

### **3.10.2.5 Cargas vivas de viento**

La estructura, los elementos de cierre y los componentes exteriores de todas las edificaciones, serán diseñados para resistir las cargas exteriores e interiores del viento.

De la norma NTE E 0.20 Cargas

## **Artículo 12. Cargas debidas al viento**

### **12.2 Clasificación de las Edificaciones**

**Tipo 1.** Edificaciones pocos sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento, tales como edificios de poca altura o esbeltez y edificaciones cerradas con cobertura capaz de soportar las cargas sin variar su geometría. Para este tipo de geometría, se aplicará lo dispuesto en los **artículos 12.3 y 12.4.**

### **Artículo 12.3. Velocidad de diseño**

La velocidad de diseño del viento hasta 10m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación (Figura 29); pero no menos de 75 km/h. La velocidad de diseño del viento ( $V_h$ ) en cada altura de la edificación se obtendrá de la siguiente manera:

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

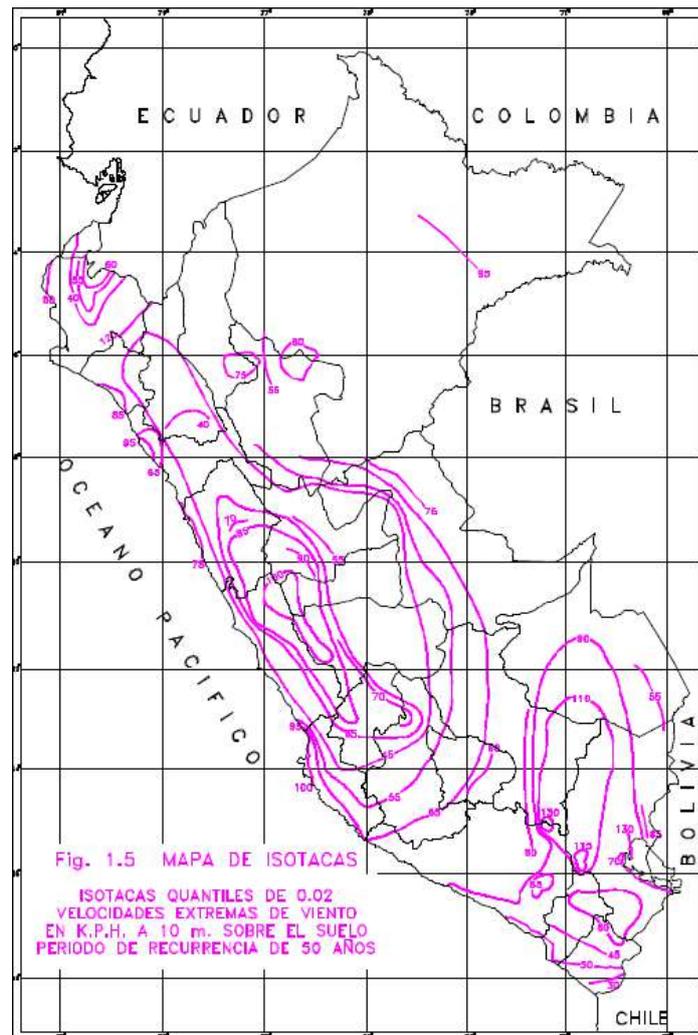
Donde:

$V_h$ : Velocidad de diseño en la altura  $h$  en km/h

$h$ : Es la altura sobre el terreno en metros.

$V$ : Es la velocidad de diseño hasta 10 m de altura en km/h

**Figura 29. Mapa eólico del Perú.**



Fuente: Norma NTE E 0.20 - Anexos.

“Para el departamento de Ayacucho, obtendremos el siguiente dato del mapa eólico del Perú, que la velocidad máxima de diseño (V) hasta 10 m de altura es 65 km/h y la altura máxima de la estructura del proyecto es 15 m”

Entonces:

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

$$V_h = 65 (15 / 10)^{0.22}$$

$$V_h = 71 \text{ km/h}$$

## Artículo 12.4. Carga exterior del viento

La carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual se actúa. Se calculará mediante la expresión:

$$P_h = 0.005 \times C \times V_h^2$$

Donde:

$P_h$ : Presión o succión del viento a una altura  $h$  en  $\text{kg/m}^2$

$C$ : Factor de forma adimensional indicado en la **Tabla 01**

$V_h$ : Velocidad de diseño indicado en el artículo 12.3

Para obtener  $C$  tendremos que encontrar los valores de  $C_e$  y  $C_i$ .

Donde:

$C_e$ : Carga exterior del viento.

$C_i$ : Carga interior del viento.

$C$ : Coeficiente de presión.

**Tabla 01.** Factores de forma adimensional.

FACTORES DE FORMA (C) \*

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda 45°	±0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.7 -0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6
Superficies verticales o inclinadas (planas o curvas) paralelas a la dirección del viento	-0.7	-0.7

\* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

Fuente: Norma NTE E 0.20 – Velocidad de Diseño.

### De la tabla obtenemos (Ce)

Superficies verticales del edificio

Barlovento = +0.8                      Sotavento = -0.6

Superficies inclinadas a 15° o menos

Barlovento = +0.3                      Sotavento = -0.6

### Artículo 12.5. Carga interior del viento

Para el diseño de elementos de cierre, incluyendo sus fijaciones y anclajes que limitan en cualquier dirección el nivel que se analiza, tales como paneles de vidrio, coberturas y elementos de cerramiento, se adicionará a las cargas exteriores calculadas según el **artículo 12.4** las cargas interiores calculadas con los factores de forma para presión interior de la **Tabla 02**.

**Tabla 02.** Factores de forma cargas adicionales

**FACTORES DE FORMA PARA DETERMINAR CARGAS ADICIONALES EN ELEMENTOS DE CIERRE (C)**

<b>A B E R T U R A S</b>		
Uniforme en lados a barlovento y sotavento	Principales en lado a barlovento	Principales en lado a sotavento o en los costados
±0,3	+0,8	-0,6

Fuente: Norma NTE E 0.20 – Velocidad de Diseño.

### De la tabla obtenemos (Ci)

Uniforme en lados a barlovento y sotavento

Barlovento y Sotavento = +/- 0.3

**Entonces:**

$$C = Ce - Ci$$

Barlovento Vertical

Sotavento Vertical

$$C = 0.8 + 0.3 = 1.1$$

$$C = -0.6 + -0.3 = -0.9$$

Barlovento Techo

Sotavento Techo

$$C = 0.3 + 0.3 = 0.6$$

$$C = -0.6 + -0.3 = -0.9$$

Con estos datos ahora podremos obtener las cargas debido al viento ya sea presión o succión en las caras de la nave que afrontan el viento.

$$Ph = 0.005 C Vh^2$$

Barlovento en el coberturado frontal de la estructura.

$$Ph = 0.005 C Vh^2$$

$$Ph = 0.005 \times 1.1 \times 71^2$$

$$Ph = 27.73 \text{ kg/m}^2$$

Barlovento en el coberturado del techo.

$$Ph = 0.005 C Vh^2$$

$$Ph = 0.005 \times 0.6 \times 71^2$$

$$Ph = 15.12 \text{ kg/m}^2$$

Sotavento en el coberturado posterior de la estructura.

$$Ph = 0.005 C Vh^2$$

$$Ph = 0.005 \times -0.9 \times 71^2$$

$$Ph = -22.68 \text{ kg/m}^2$$

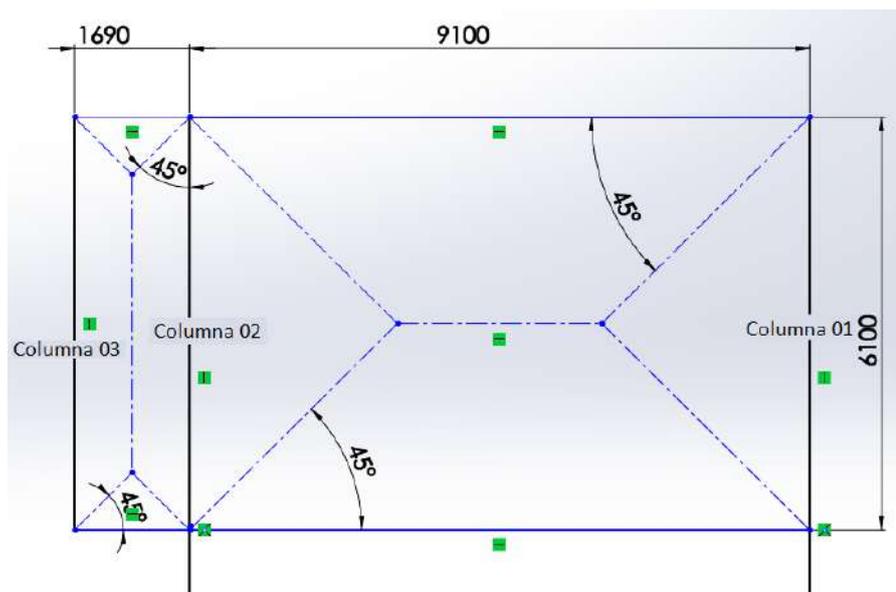
**“Estas cargas generadas por los vientos serán soportadas por las columnas y correas del techo, para**

**esto distribuiremos las cargas por el método de áreas tributarias”**

Realizamos el diagrama de Barlovento en el coberturado frontal de la estructura para determinar las cargas por metro lineal en las columnas (Figura 30).

De los planos de ingeniería base sacamos los siguientes datos:

**Figura 30.** Diagrama de Barlovento.



Fuente: Elaboración propia.

### **Carga del viento**

$$Ph = 27.73 \text{ kg/m}^2$$

### **Columna 01**

$$\text{Carga en la columna 01} = (Ph \times \text{Área 01}) / \text{Base}$$

$$\text{Área 01 del triángulo} = (\text{Base} \times \text{Altura}) / 2$$

$$\text{Base} = 6.1 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = \text{Base} / 2$$

$$= 6.1 / 2$$

$$= 3.05 \text{ m}$$

$$\text{Área 01} = (6.1 \times 3.05) / 2$$

$$= 9.30 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga en la columna 01} = (\text{Ph} \times \text{Área 01}) / \text{Base}$$

$$= (27.73 \times 9.3) / 6.1$$

$$= 42.28 \text{ kg/m}$$

### **Columna 02**

$$\text{Carga en la columna 02} = (\text{Ph} \times (\text{Área 01} + \text{Área 02})) / \text{Base}$$

$$\text{Área 01} = 9.3 \text{ m}^2$$

$$\text{Área 02 del trapecio} = (\text{Base} + \text{base} \times \text{Altura}) / 2$$

$$\text{Base} = 6.1 \text{ m}$$

$$\text{base} = 6.1 - 1.69 = 4.41 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 0.845 \text{ m}$$

$$\text{Área 02} = (6.1 + 4.41 \times 0.845) / 2$$

$$= 4.44 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga en la columna 02} = (\text{Ph} \times (\text{Área 01} + \text{Área 02})) / \text{Base}$$

$$= (27.73 \times (9.3 + 4.44)) / 6.1$$

$$= 62.46 \text{ kg/m}$$

### **Columna 03**

$$\text{Carga en la columna 03} = (\text{Ph} \times \text{Área 03}) / \text{Base}$$

$$\text{Área 03 del trapecio} = \text{Área 02 del trapecio}$$

$$= 4.44 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga en la columna 03} = (\text{Ph} \times \text{Área 03}) / \text{Base}$$

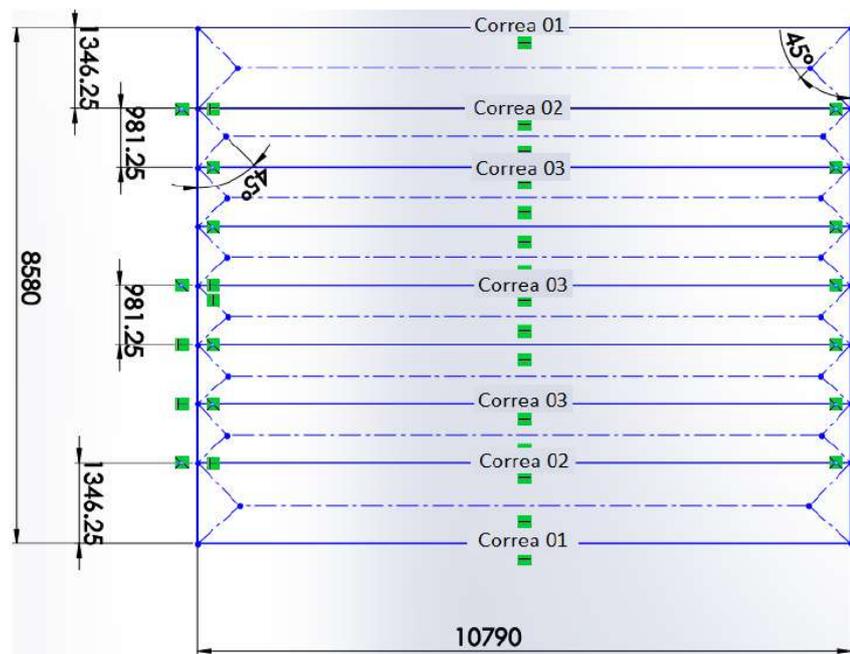
$$= (27.73 \times 4.44) / 6.1$$

$$= 20.18 \text{ kg/m}$$

Realizamos el diagrama de Barlovento del techo de la estructura para determinar las cargas por metro lineal en las correas (Figura 31).

De planos ingeniería base sacamos los siguientes datos.

**Figura 31.** Diagrama de Barlovento en el techo.



Fuente: Elaboración propia.

### Carga del viento

$$\text{Ph} = 15.12 \text{ kg/m}^2$$

### Correa 01

$$\text{Carga en la correa 01} = (\text{Ph} \times \text{Área 01}) / \text{Base}$$

$$\text{Área 01 del trapecio} = (\text{Base} + \text{Base menor} \times \text{Altura}) / 2$$

$$\text{Base} = 10.79 \text{ m}$$

$$\text{Base menor} = 9.44 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 0.67 \text{ m}$$

$$\text{Área 01} = (10.79 + 9.44 \times 0.67) / 2$$

$$= 6.78 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga en la correa 01} = (\text{Ph} \times \text{Área 01}) / \text{Base}$$

$$= (15.12 \times 6.78) / 10.79$$

$$= 9.5 \text{ kg/m}$$

### **Correa 02**

$$\text{Carga en la correa 02} = (\text{Ph} \times (\text{Área 01} + \text{Área 02}) / \text{Base}$$

$$\text{Área 01} = 6.78 \text{ m}^2$$

$$\text{Área 02 del trapecio} = (\text{Base} + \text{base} \times \text{Altura}) / 2$$

$$\text{Base} = 10.79 \text{ m}$$

$$\text{base} = 9.81 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 0.49 \text{ m}$$

$$\text{Área 02} = (10.79 + 9.81 \times 0.49) / 2$$

$$= 5.05 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga en la correa 02} = (\text{Ph} \times (\text{Área 01} + \text{Área 02}) / \text{Base}$$

$$= (15.12 \times (6.78 + 5.05)) / 10.79$$

$$= 16.57 \text{ kg/m}$$

### **Correa 03**

$$\text{Carga en la correa 02} = (\text{Ph} \times (\text{Área 02} + \text{Área 03}) / \text{Base}$$

$$\text{Área 02} = 5.05 \text{ m}^2 = \text{Área 03}$$

$$\text{Carga en la correa 02} = (\text{Ph} \times (\text{Área 01} + \text{Área 02}) / \text{Base}$$

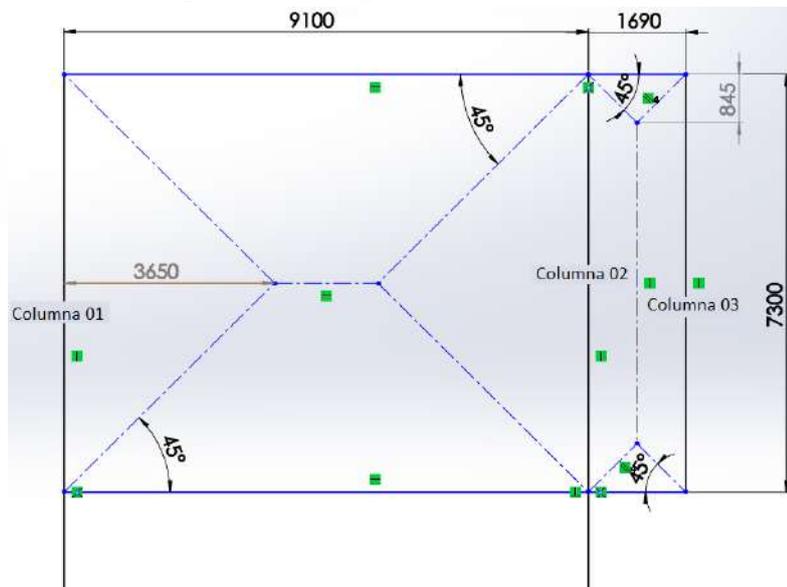
$$= (15.12 \times (5.05 + 5.05)) / 10.79$$

$$= 14.15 \text{ kg/m}$$

Realizamos el diagrama de Sotavento del coberturado posterior de la estructura para determinar las cargas por metro lineal en las columnas (Figura 32).

De los planos ingeniería base sacamos los siguientes datos.

**Figura 32.** Diagrama de Sotavento.



Fuente: Elaboración propia.

### Carga del viento

$$Ph = -22.68 \text{ kg/m}^2$$

### Columna 01

$$\text{Carga en la columna 01} = (Ph \times \text{Área 01}) / \text{Base}$$

$$\text{Área 01 del triángulo} = (\text{Base} \times \text{Altura}) / 2$$

$$\text{Base} = 7.3 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 3.65 \text{ m}$$

$$\text{Área 01} = (7.3 \times 3.65) / 2$$

$$= 13.32 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga en la columna 01} = (\text{Ph} \times \text{Área 01}) / \text{Base}$$

$$= (-22.68 \times 13.32) / 7.3$$

$$= -41.38 \text{ kg/m}$$

### **Columna 02**

$$\text{Carga en la columna 02} = (\text{Ph} \times (\text{Área 01} + \text{Área 02})) / \text{Base}$$

$$\text{Área 01} = 13.32 \text{ m}^2$$

$$\text{Área 02 del trapecio} = (\text{Base} + \text{Base menor} \times \text{Altura}) / 2$$

$$\text{Base} = 7.3 \text{ m}$$

$$\text{Base menor} = 5.61 \text{ m}$$

$$\text{Altura} = 0.845 \text{ m}$$

$$\text{Área 02} = (7.3 + 5.61 \times 0.845) / 2$$

$$= 5.45 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga en la columna 02} = (\text{Ph} \times (\text{Área 01} + \text{Área 02})) / \text{Base}$$

$$= (-22.68 \times (13.32 + 5.45)) / 7.3$$

$$= -58.32 \text{ kg/m}$$

### **Columna 03**

$$\text{Carga en la columna 03} = (\text{Ph} \times \text{Área 03}) / \text{Base}$$

$$\text{Área 03 del trapecio} = \text{Área 02 del trapecio}$$

$$= 5.45 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga en la columna 03} = (\text{Ph} \times \text{Área 03}) / \text{Base}$$

$$= (-22.68 \times 5.45) / 7.3$$

$$= -16.93 \text{ kg/m}$$

### 3.10.3 Cargas muertas

Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su propio peso, que se propone sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo.

De la norma NTE E 0.20 Cargas

#### Artículo 3. Materiales

Se considera el peso real de los materiales que conforman y de los que deberán soportar la edificación calculado en base a los pesos unitarios que aparecen en el **Anexo 1** de **NTE E 0.20**.

El Anexo 01 nos indica la densidad del material y para nuestro proyecto usaremos el Acero A-36 que según la tabla nos indica que su densidad es  $7\ 850\ \text{kg/m}^3$

### 3.11 Peso propio de la estructura

Para este proyecto, usaremos los siguientes materiales:

**Columnas:** Principales W16x40  
Secundarias W12x30  
Soporte W6x15

Con un peso total de 4 161 kg

**Vigas:** W12x30  
W10x22

Con un peso total de 4 674 kg

**Tijerales:** L3x3x1/4"  
L2.5x2.5x3/16  
WT5x15  
WT6x20  
W10x22

Con un peso total de 3 522 kg

**Arriostres:** WT5x15  
TC 4x4x1/4"

Con un peso total de 2 669 kg

**Correas:** C200x65x3mm

Con un peso total de 2 496 kg

**Templadores:** Fierro liso de 3/8"  
Fierro liso de 5/8"

Con un peso total de 167.88 kg

**Grating:** Platina de 1 1/4x3/16"  
Fierro liso de 3/8

Con un peso total de 1 047 kg

**Escalera:** C10x15.3

Con un peso total de 969 kg

**Barandas:** Tubo Redondo 1 1/4" SCH40

Con un peso total de 640 kg

**Viga Carrilera:** W18x40

Con un peso total de 661 kg

**Plataforma:** W10x22  
W8x18

Con un peso total de 7 756 kg

**Coberturado:** AluzincTR-4  
TR-4 Traslucido

Con un peso total de 1 502 kg

**Tecla electrónica:** Acero Tecla y Trolley

Con un peso total de 161 kg

**Extractor de polvo:** Acero inoxidable

Con un peso total de 669 kg

**Chute de descarga y cortador de bolsas:** Acero inoxidable

Con un peso total de 1 172 kg

**Peso total de la estructura = 32 266.88 kg**

### **3.12 Método de diseño**

Para realizar el cálculo, la AISC tiene dos métodos de diseño que son aceptados para elementos en acero estructural, estos son:

**ASD:** Diseño por Esfuerzos Permisibles (Allowable Strength Design)

**LRFD:** Diseño por Factores de Carga y Resistencia (Load and Resistance Factor Design)

El método LRFD utiliza factores separados para carga y para cada tipo de resistencia; mediante este método es posible lograr una confiabilidad más uniforme.

Lo que busca el LRFD es que los grupos de cargas de servicio sean multiplicados por un factor de carga que generalmente es mayor que 1.0; estas combinaciones se crearon para considerar las condiciones más desfavorables en la estructura por las cargas vivas y muertas.

De la norma NTE E 0.90 Estructuras Metálicas

## **Artículo 1.4. Cargas y combinaciones de cargas**

Las cargas nominales serán las cargas mínimas de diseño establecidas en las Norma E 0.20 Cargas.

### **1.4.1 Cargas, factores de carga y combinaciones de carga**

Las siguientes cargas nominales deben ser consideradas:

**D:** Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura.

**L:** Carga viva debido al mobiliario y ocupantes.

**Lr:** Carga viva en la azotea.

**W:** Carga de viento

**S:** Carga de nieve

**E:** Carga de sismo debido a la norma E 0.30 Diseño Sismorresistente.

**R:** Carga por lluvia o granizo.

La resistencia requerida de la estructura y sus elementos debe ser determinada para la adecuada combinación crítica de cargas factorizadas. El efecto crítico puede ocurrir cuando una o más cargas no estén actuando. Para la aplicación del método LRFD, las siguientes combinaciones deben ser investigadas:

$$1.4-1 \quad 1.4 D$$

$$1.4-2 \quad 1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L \text{ o } S \text{ o } R)$$

$$1.4-3 \quad 1.2 D + 1.6 (L \text{ o } S \text{ o } R) + (0.5 L + 0.8 W)$$

$$1.4-4 \quad 1.2 D + 1.3 W + 0.5 L + 0.5 (L \text{ o } S \text{ o } R)$$

$$1.4-5 \quad 1.2 D + 1.0 E + 0.5 L + 0.2 S$$

$$1.4-6 \quad 0.9 D + (1.3 W \text{ o } 1.0 E)$$

En las combinaciones 1.4-3, 1.4-4 y 1.4-5, el factor de cargas para L debe ser considerado como 1,0 en el caso de estacionamientos, auditorios y todo lugar donde la carga viva sea mayor a 4 800 Pa.

Para la aplicación del método ASD, las cargas se combinarán con factores iguales a 1,0, la sollicitación sísmica se debe considerar dividida entre 1,4 y no se considerará que el viento y sismo actúan simultáneamente.

Estas combinaciones se realizan en el programa sap2000 v20

### **3.13 Comprobación de la funcionalidad del Software SAP2000 v20 VS. cálculos manuales de la estructura**

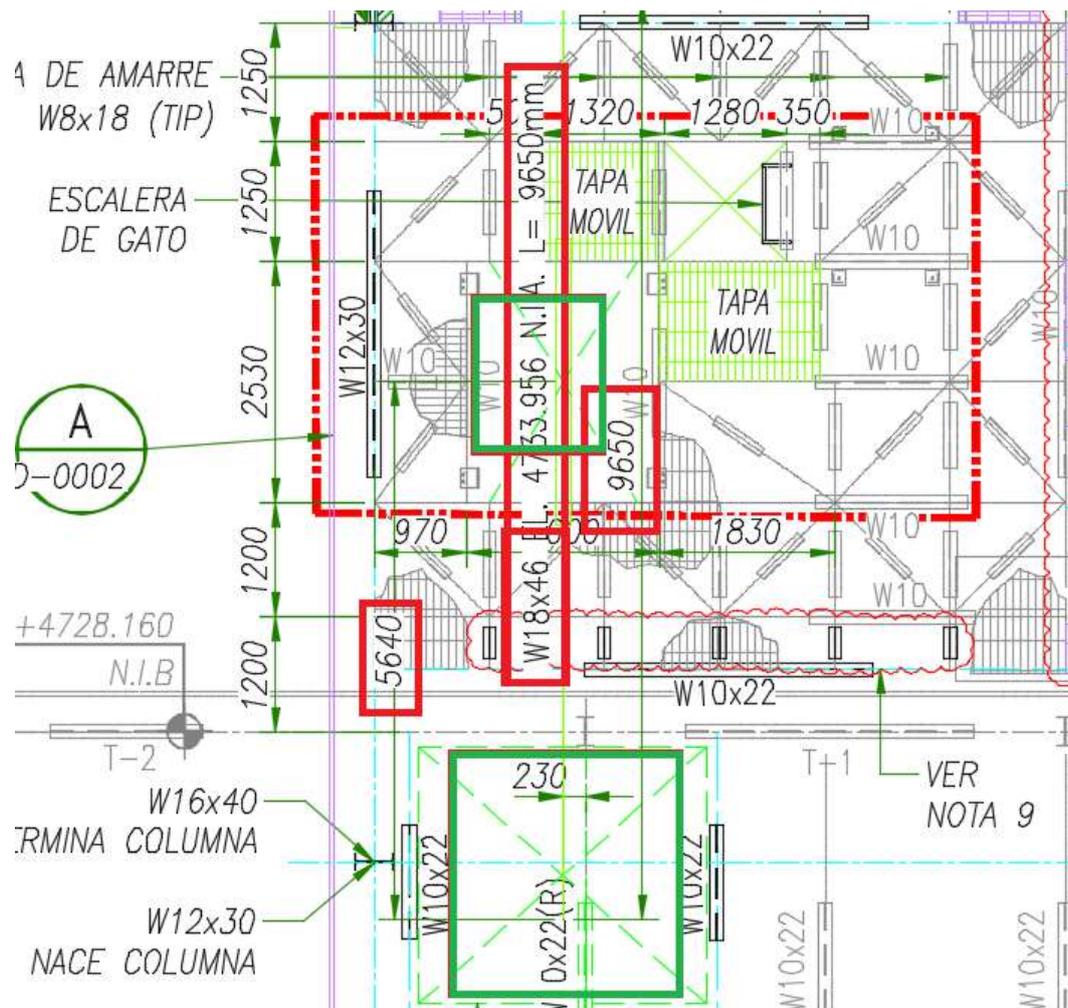
#### **3.13.1 Cálculo de la viga carrilera**

De los alcances del Proyecto Ingeniera Base (Figura 33) de la Unidad Operativa Inmaculada se pide que se suministre, fabrique y monte una viga monorriel W18x46.

#### **Datos de la Viga**

- W18 x 46 Lb/Pie
- Peso del tecele eléctrico: 110 kg
- Peso del trolley eléctrico: 51 kg
- Se propone que la viga carrilera trabaje a su máxima capacidad en el centro de la descarga soportando su peso propio, peso del tecele, y peso de la bolsa de cianuro de 1 135 kg
- Determinar los datos que necesite del plano de Ingeniera Base.

**Figura 33.** Plano Ingeniera Base viga carrilera.



Fuente: Elaboración propia.

**Nota:**

- Cuadrado verde: zona de izaje y descarga de las bolsas de cianuro.
- Cuadrado rojo: detalles de las medidas y recorrido de la bolsa de cianuro.
- Anclajes hiperestáticos en la viga monorriel.

**SOLUCIÓN:**

**Viga carrilera:** hallaremos primeramente su peso, hay diferentes métodos para hallarlo.

- Por su designación W18x46 Lb/pie

$$46 \text{ lb/ pie} \times 1.488164 = 68.45 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso total} = 68.45 \times 9.65 = 660.6 \text{ kg}$$

- Por áreas, densidad y longitud.

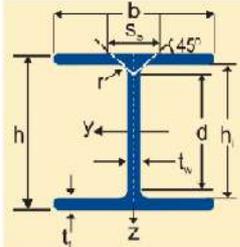
Área de la viga ya sea calculada manualmente o por tabla (Figura 34).

$$87.3 \times 9.65 \times 0.7850 = 661.3 \text{ kg}$$

- Por tablas

$$68.0 \times 9.65 = 656.2 \text{ kg}$$

**Figura 34.** Datos norma AISC de la viga W18x46.



Designación	Altura		Ala			Distancia				Área	Peso	
	h	t <sub>w</sub>	b	t <sub>f</sub>	r	h <sub>1</sub>	d	P <sub>mín</sub>	P <sub>máx</sub>	mm <sup>2</sup>	kg/m	lbs/ft
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	x10 <sup>2</sup>		
W 18 x 46	459	9.1	154	15.4	10	428.2	408.2	78	84	87.3	68.0	46

Fuente: Catálogo Empresa AcerosComerciales.com

Entonces tomaremos como peso 661 kg

**Carga de izaje en la viga carrilera:** lo hallaremos de la siguiente manera.

Peso del teclé: 161 kg

Peso de bolsa de cianuro: 1 135 kg

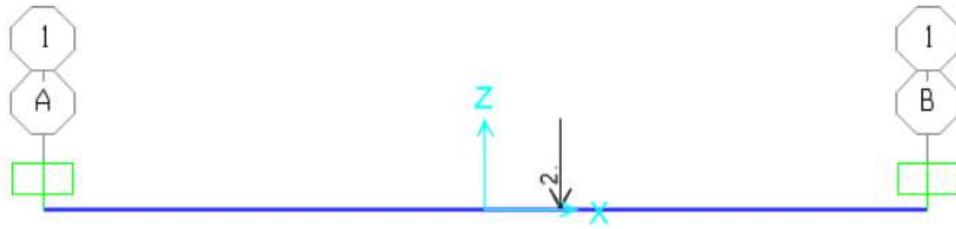
Total: 1 296 kg,

Carga vertical: 1 296 + Norma E 0.20 (25%) = 1 620 kg

En el mercado encontramos tecles electrónicos de 1.5 y 2.0 Ton. Así que se escogerá el inmediato superior (2.0 toneladas).

Realizamos el diagrama para hallar Momentos y Reacciones.

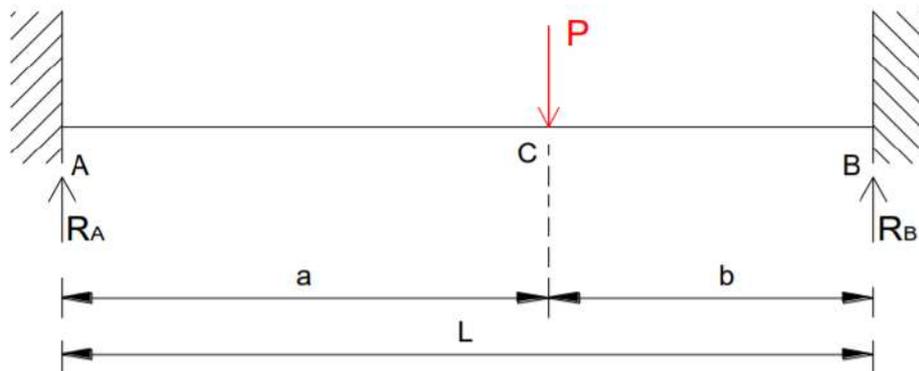
**Figura 35.** Diagrama de cuerpo libre de la viga carrilera.



Fuente: Elaboración propia.

Para desarrollar el problema, utilizaremos las ecuaciones de vigas hiperestáticas (Figura 36).

**Figura 36.** Diagrama de datos para ecuaciones hiperestáticas.



Fuente: Elaboración propia.

Donde:

$$a = 5.64 \text{ m}$$

$$L = 9.65 \text{ m}$$

$$b = 4.01 \text{ m}$$

$$P = 2.0 \text{ ton}$$

**Para Momentos usaremos las siguientes formulas**

$$M_A = -\frac{Pab^2}{L^2} \quad M_B = -\frac{Pa^2b}{L^2}$$

Entonces:

Momento en A

$$M_a = - (2 \times 5.64 \times 4.01^2) / 9.65^2$$

$$\mathbf{M_a = -1.947 \text{ ton-m}}$$

Momento en B

$$M_b = - (2 \times 5.64^2 \times 4.01) / 9.65^2$$

$$\mathbf{M_b = -2.739 \text{ ton-m}}$$

Momento en C

$$M_c = (2 \times 2 \times 5.64^2 \times 4.01^2) / 9.65^3$$

$$\mathbf{M_c = 2.76 \text{ ton-m}}$$

**Para reacciones y cortantes, usaremos las siguientes fórmulas:**

$$R_A = \frac{Pb^2}{L^3}(L + 2a) \quad R_B = \frac{Pa^2}{L^3}(L + 2b)$$

Reacción cortante en A

$$R_a = ((2 \times 4.01^2) / 9.65^3) \times (9.65 + (2 \times 5.64))$$

$$\mathbf{R_a = 0.749 \text{ ton}}$$

Reacción Cortante en B

$$R_b = ((2 \times 5.64^2) / 9.65^3) \times (9.65 + (2 \times 4.01))$$

$$\mathbf{R_b = 1.25 \text{ ton}}$$

**Flecha**

Para la Flecha, donde es máxima, usaremos la siguiente fórmula:

$$x = \frac{2aL}{L + 2a}$$

$$X = (2 \times 5.64 \times 9.65) / 9.65 + (2 \times 5.64)$$

$$X = 5.20 \text{ m}$$

### Máxima deformación

Para la deflexión, usaremos la siguiente fórmula:

$$\Delta_{m\acute{a}x} = \frac{2Pa^3b^2}{3EI(L + 2a)^2}$$

### Primero hallaremos E y I

$$\text{Módulo de elasticidad} = 2100000 \text{ ton/m}^2$$

Momento de inercia

Lo hallamos con la siguiente fórmula con datos de la viga W18x46

$$I = (154 \times (15.4^3) / 12) + ((221.8^2) \times 154 \times 15.4)$$

$$I = 116718301.9 \text{ mm}^4$$

$$I = 0.00116718302 \text{ m}^4$$

Entonces:

$$\Delta_{\max} = (2 \times 2 \times 5.64^3 \times 4.01^2) / (3 \times E \times I \times (9.65 + (2 \times 5.64)^2))$$

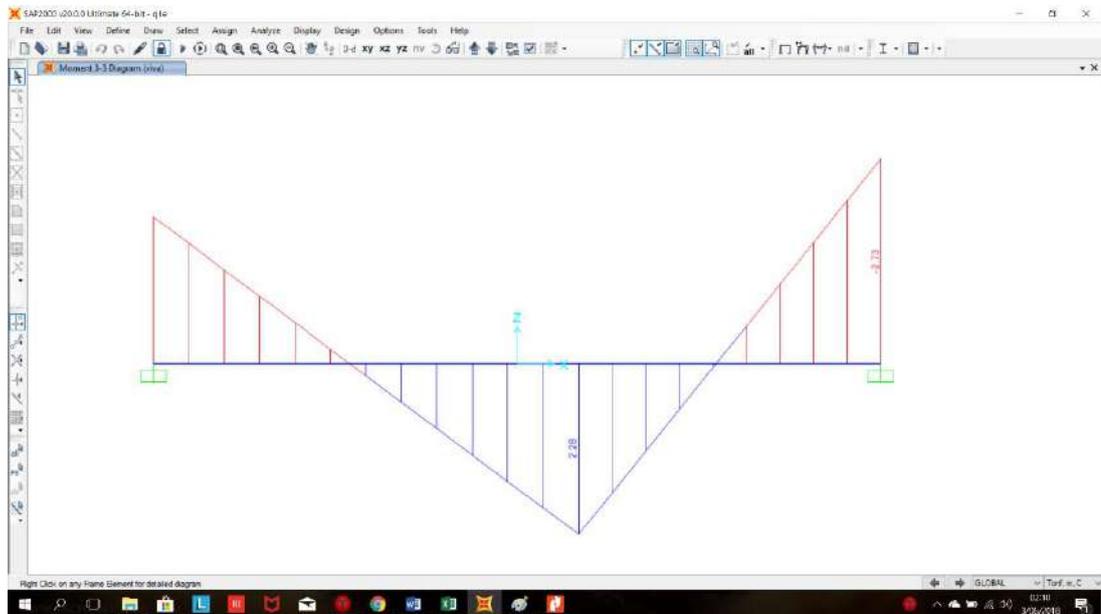
$$\Delta_{\max} = 11539.47 / (E \times I \times 219.81)$$

$$\Delta_{\max} = 0.002176 \text{ m}$$

Con los datos obtenidos del ejercicio, compararemos los resultados con el software de diseño SAP2000 v20.

## Momentos

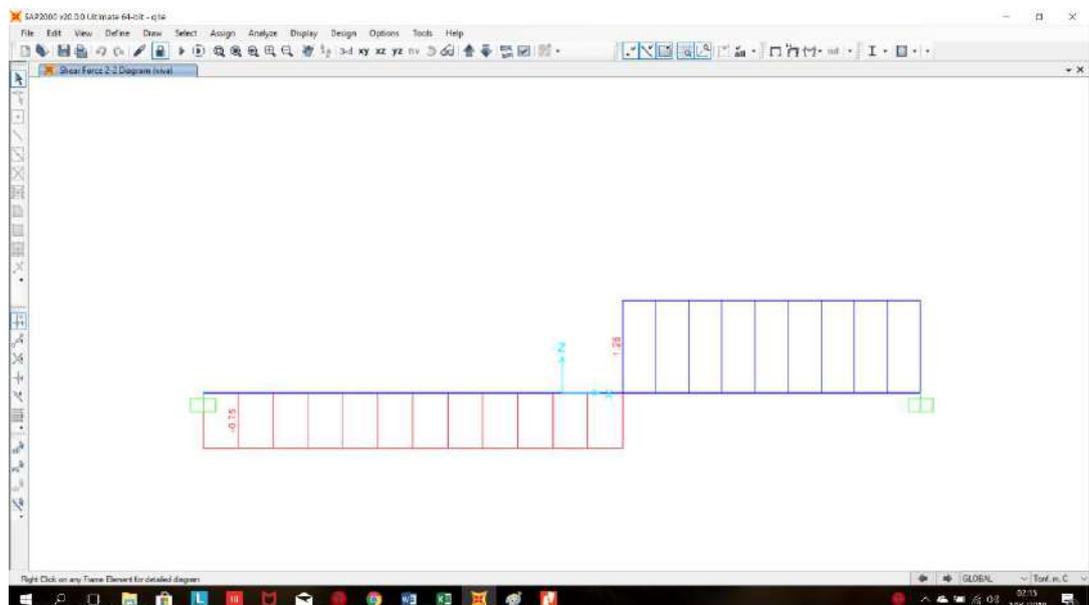
Figura 37. Diagrama de Momentos Programa SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

## Reacciones y cortantes

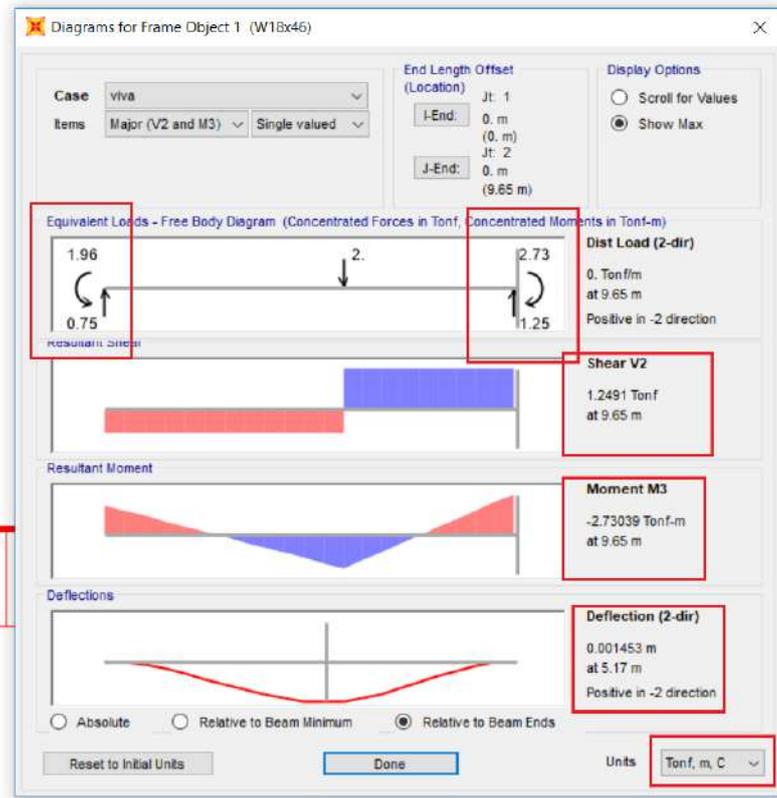
Figura 38. Diagrama de reacciones y cortantes Programa SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

## Resultados de Diagrams for Frame Object 1 (W18x46)

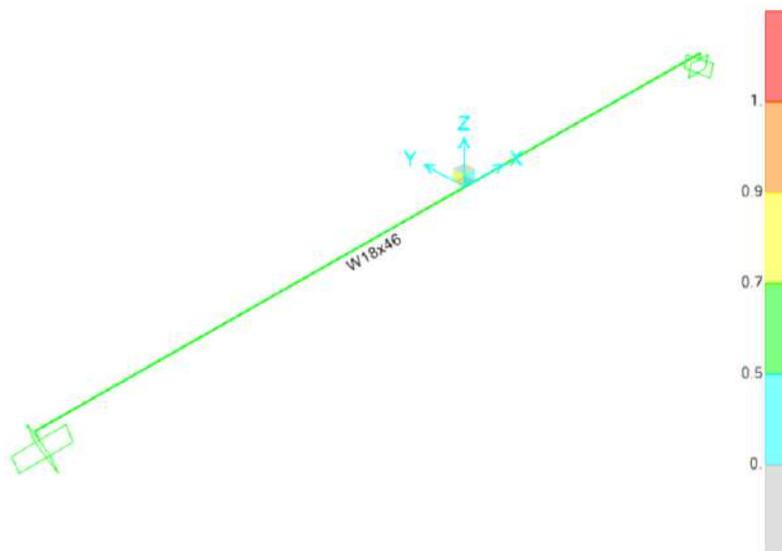
Figura 39. Resultados de diagrama del Programa SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

## Verificando ratio de diseño

Figura 40. Resultados Ratio de Diseño Programa SAP2000.



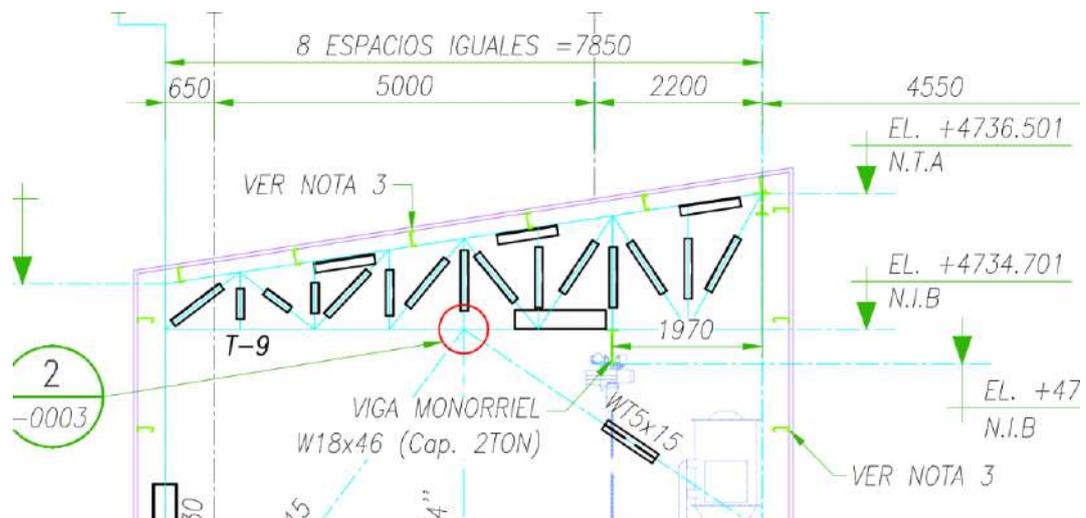
Fuente: Elaboración propia.

**Conclusión:** Los datos obtenidos manualmente coinciden con los datos obtenidos del software de diseño. Algunos datos varían mínimamente; esto es debido a que el programa de diseño toma absolutamente todos los decimales.

### 3.13.2 Cálculo de la armadura tipo Pratt

De los alcances del Proyecto Ingeniería Base (Figura 41) de la Unidad Operativa Inmaculada obtendremos los datos para conseguir la armadura tipo Pratt de una caída.

**Figura 41.** Plano Ingeniería Base de la armadura



Fuente: Elaboración propia.

#### Datos de la armadura tipo Pratt

- La armadura debe soportar el peso de la viga monorriel y capacidad del tecele.
- La armadura también debe soportar el peso de los largueros (canal C) y cargas de nieve.
- Peso de la viga monorriel 661 kg
- Capacidad del tecele 2 Ton.
- Anclajes hiperestáticos en las bases de la armadura.

## SOLUCIÓN

### Carga de nieve en el techo

De la Norma 0.20, hallamos que  $Q_s = 40 \text{ kgf/m}^2 = 0.04 \text{ Ton/m}^2$

Área del techo: De los planos ingeniería base, sacamos los siguientes datos:

- Base:  $7\,850 + 600 \text{ voladizo} = 8\,450 \text{ mm} = 8.45 \text{ m}$
- Altura:  $1\,200 + 300 \text{ voladizo} = 1\,500 \text{ mm} = 1.5 \text{ m}$

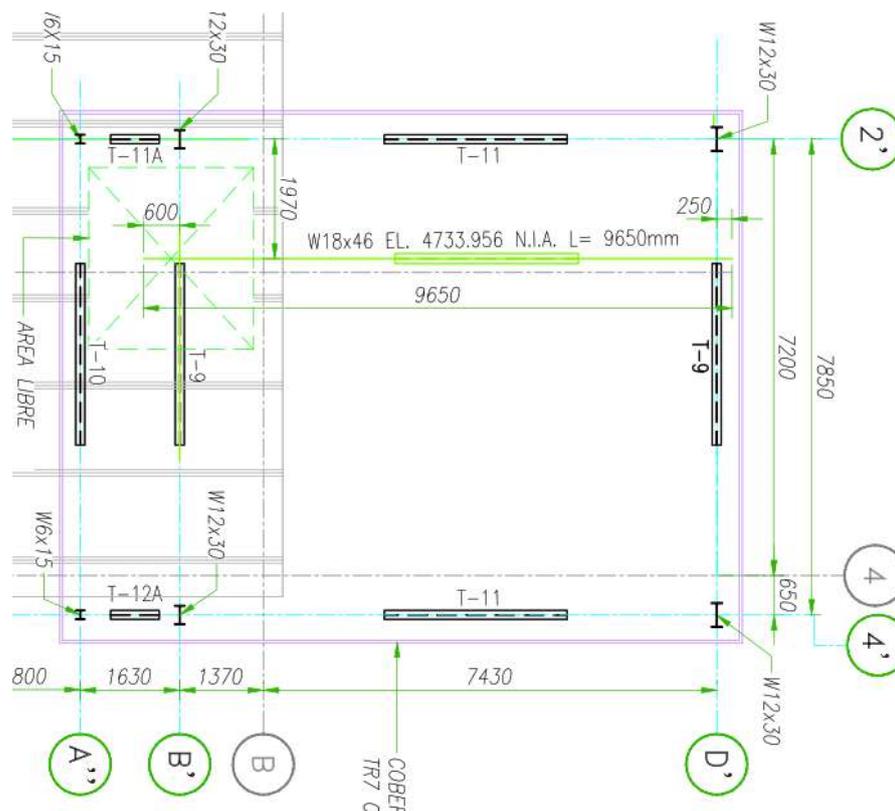
Entonces:  $\text{Ancho}^2 = \text{Base}^2 + \text{Altura}^2$

$$\text{Ancho}^2 = 8.45^2 + 1.5^2$$

$$\text{Ancho} = 8.58 \text{ m}$$

La armadura T-9 (Figura 42) que sostiene el tecele recibe la carga de dos áreas.

**Figura 42.** Plano Ingeniería Base armaduras.



Fuente: Elaboración propia.

Largo 1 = 8 800 + 300 voladizo = 9 100 mm = 9.10 m

Largo 2 = 1 630 + 300 voladizo = 1 930 mm = 1.93 m

Entonces Área 1

Ancho x Largo 1 = 8.58 x 9.1 = 78.08 m<sup>2</sup>

Área 2

Ancho x Largo 2 = 8.58 x 1.93 = 16.56 m<sup>2</sup>

Hallaremos la carga de nieve para cada área.

- Carga de nieve del área 1

78.08 x 0.04 = 3.123 ton

Esta carga de nieve es sostenida por las dos armaduras T-9 (N°02 y N°01) de tipo pratt exactamente iguales.

Entonces: 3.123 / 2 = **1.561 ton**

- Carga de nieve del área 2

16.56 x 0.04 = 0.662 ton

Esta carga de nieve es sostenida por las dos armaduras T-9 (N°02) y T-10 de tipo pratt exactamente iguales.

0.662 / 2 = **0.331 ton**

Entonces, la carga total de nieve que soportará la armadura T-9 (N°02) será:

1.561 + 0.331 = **1.892 ton**

Pero serán 09 canales (C) que soportarán ese peso y lo distribuirán a lo largo de la armadura que tendrá 09 cargas puntuales en cada nodo de la armadura.

1.892 / 9 = **0.210 ton**

### **Peso del canal C**

Forma del canal C = C200x65x3 mm de ala atiesada de 20 mm

- Hallaremos Peso 1

Base = 200 + 65 + 65 + 40 = 370 mm    Espesor = 3 mm

Largo 1 = 9.1 m

Volumen = Base x espesor x largo

Volumen = 0.370 m x 0.003 m x 9.1 m = 0.0101 m<sup>2</sup>

Peso = volumen x densidad

Peso = 0.0101 x 7 850 = 79.29 kg

Este peso del canal (C) es sostenido por las armaduras T-9 (N°02 y N°01) de tipo pratt exactamente iguales.

79.29 / 2 = 39.64 kg

- Peso 2

Base = 200 + 65 + 65 + 40 = 370 mm    Espesor = 3mm

Largo 2 = 1.93 m

Volumen = Base x espesor x largo

Volumen = 0.370 m x 0.003 mm x 1.93 m = 0.00214 m<sup>2</sup>

Peso = volumen x densidad

Peso = 0.00214 x 7 850 = 16.82 kg

Este peso de los canales es sostenido por las armaduras T-9 (N°02) y T-10 de tipo pratt exactamente iguales, con nueve (09) canales (C).

16.82 / 2 = 8.41 kg

Peso total por canal C en cada nodo = 48.05 kg

= 0.0481 ton

Entonces, peso de la nieve + canal c en cada nodo del techo de la armadura será:

$0.210 + 0.048 = \mathbf{0.26 \text{ ton}}$

### **Peso de viga carrilera + tecele**

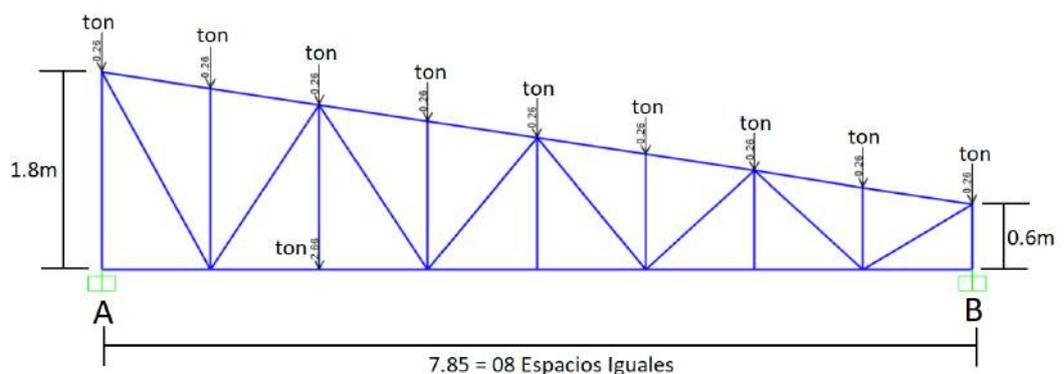
Tecele = 2.0 ton

Viga carrilera = 661 kg

Entonces, 2.66 ton

**Con estos datos, dibujamos el diagrama de la armadura**

**Figura 43.** Diagrama de cuerpo libre de la armadura.



Fuente: Elaboración propia.

Para este tipo de ejercicio, primero hallaremos las reacciones de la armadura

Donde:

### **Momentos en B**

$$0.26 \times 0.98 + (0.26 \times 1.96) + (0.26 \times 2.94) + (0.26 \times 3.93) + (0.26 \times 4.91) + (0.26 \times 5.89) + (2.66 \times 5.89) + (0.26 \times 6.87) + (0.26 \times 7.85) + (-A_y \times 7.85) = 0$$

$$0.26 + 0.51 + 0.77 + 1.02 + 1.28 + 1.53 + 15.66 + 1.79 + 2.04 = A_y \times 7.85$$

$$A_y = 24.85 / 7.85$$

$$A_y = 3.16 \uparrow \text{Compresión}$$

### Momentos en A

$$(0.26 \times 0.98) + (0.26 \times 1.96) + (2.66 \times 1.96) + (0.26 \times 2.94) + (0.26 \times 3.93) + (0.26 \times 4.91) + (0.26 \times 5.89) + (0.26 \times 6.87) + (0.26 \times 7.85) + (-B_y \times 7.85) = 0$$

$$0.26 + 0.51 + 5.22 + 0.77 + 1.02 + 1.28 + 1.53 + 1.79 + 2.04 = B_y \times 7.85$$

$$B_y = 14.40 / 7.85$$

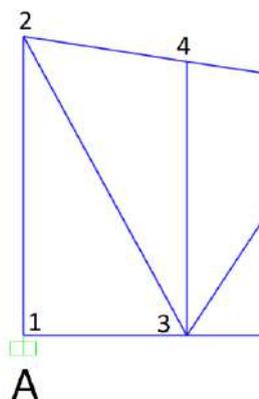
$$B_y = 1.84 \uparrow \text{Compresión}$$

$$A_x \rightarrow = \leftarrow B_x$$

Una vez hallado las reacciones pasaremos a hallar **algunas fuerzas axiales**.

### Del Nudo 4

**Figura 44.** Diagrama del nudo 4 por método de secciones.



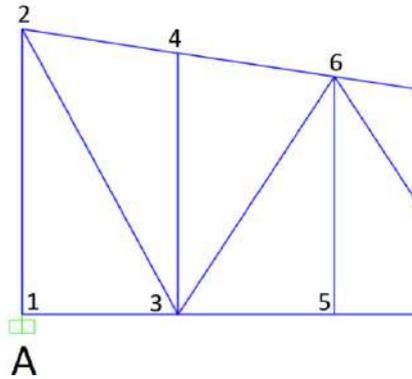
Fuente: Elaboración propia.

$$(0.26 \times 0.98) + (-3.16 \times 0.98) + (Ax \times 1.65) + (-F_{3:5} \times 1.65) = 0$$

$$(Ax \times 1.65) + (-F_{3:5} \times 1.65) = 2.85 \quad \dots (1)$$

### Del Nodo 6

**Figura 44.** Diagrama del nodo 6 por método de secciones.



Fuente: Elaboración propia.

$$(0.26 \times 0.98) + (0.26 \times 1.96) + (-3.16 \times 1.96) + (Ax \times 1.5) + (F_{3:5} \times 1.5) = 0$$

$$(Ax \times 1.5) + (F_{3:5} \times 1.5) = 5.45 \quad \dots (2)$$

### De la ecuación (1) y (2)

Resolvemos por el método de Gauss

$$\left( \begin{array}{cc|c} \textcircled{1.50} & 1.50 & 5.45 \\ 1.65 & -1.65 & 2.85 \end{array} \right) \begin{array}{l} \leftarrow \times (-1.10) \\ \end{array} \begin{array}{l} \textcircled{2} \\ F_2 - (1.10) \times F_1 \rightarrow F_2 \end{array} \left( \begin{array}{cc|c} 1.50 & 1.50 & 5.45 \\ 0.00 & -3.30 & -3.14 \end{array} \right)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1.50 \times x_1 + 1.50 \times x_2 = 5.45 \\ -3.30 \times x_2 = -3.14 \end{array} \right. \quad (1)$$

◦ De la ecuación 2 del sistema (1) encontramos con la variable  $x_2$ :

$$-3.30 \times x_2 = -3.14$$

$$x_2 = 0.95$$

◦ De la ecuación 1 del sistema (1) encontramos con la variable  $x_1$ :

$$1.50 \times x_1 = 5.45 - 1.50 \times x_2 = 5.45 - 1.50 \times (0.95) = 4.02$$

$$x_1 = 2.68$$

La respuesta:

◦  $x_1 = 2.68$

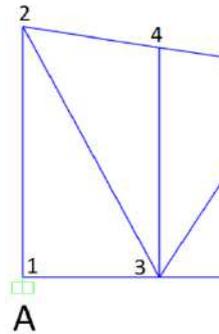
◦  $x_2 = 0.95$

Entonces:  $Ax = 2.68 \rightarrow$  **Compresión**

$F_{3:6} = 0.95 \leftarrow$  **Tensión**

**Del Nodo 1**

**Figura 45.** Diagrama del nodo 1 por método de secciones.



Fuente: Elaboración propia.

$$(-0.26 \times 0.98) + (-F_{3:4} \times 0.98) = 0$$

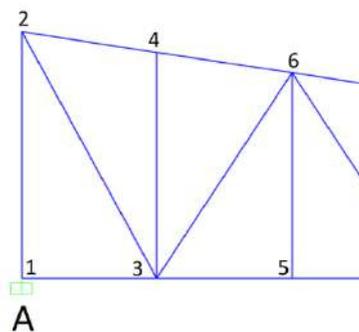
$$(F_{3:4} \times 0.98) = 0.26$$

$$F_{3:4} = 0.26 / 0.98$$

$F_{3:4} = 0.26 \uparrow$  **Compresión**

**Del Nodo 1**

**Figura 46.** Diagrama del nodo 1 por método de secciones.



Fuente: Elaboración propia.

$$(-0.26 \times 0.98) + (0.26 \times 0.98) + (-0.26 \times 1.96) + (-2.66 \times 1.96) + (0.26 \times 1.96) + (F_{5:6} \times 1.96) = 0$$

$$F_{5:6} \times 1.96 = 5.22$$

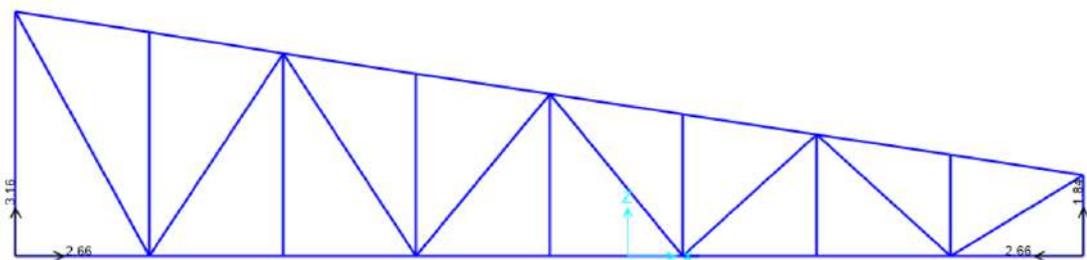
$$F_{5:6} = 5.22 / 1.96$$

$$F_{5:6} = 2.66 \downarrow \text{Tensión}$$

Con los datos obtenidos del ejercicio, compararemos los resultados con el software de diseño sap2000 v20.0.0

- Reacciones en A y B

**Figura 47.** Diagrama de reacciones en A y B Programa SAP2000.



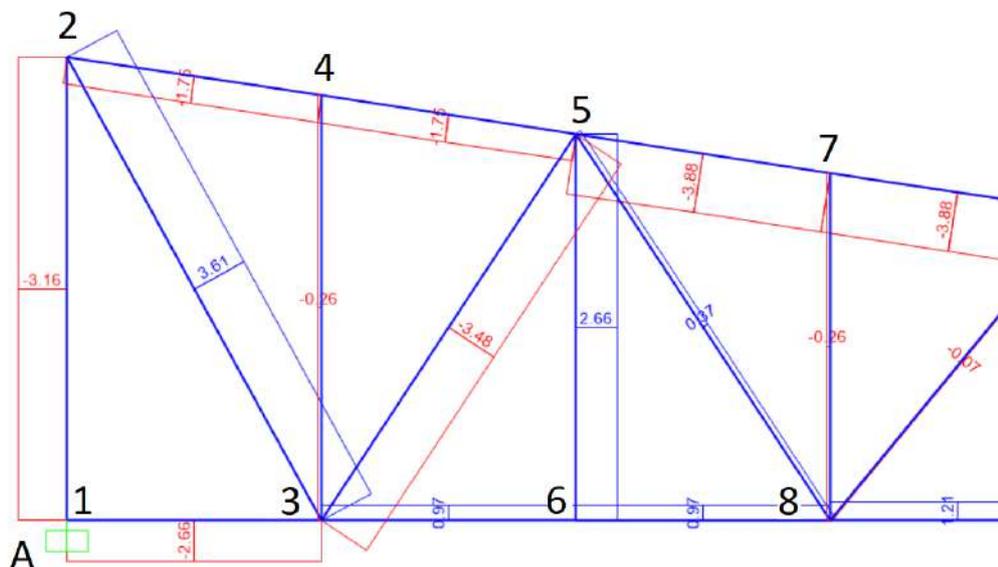
Fuente: Elaboración propia.

$$A_y = 3.16 \quad A_x = 2.66$$

$$B_y = 1.84 \quad B_x = 2.66$$

Fuerzas axiales en los primeros nodos.

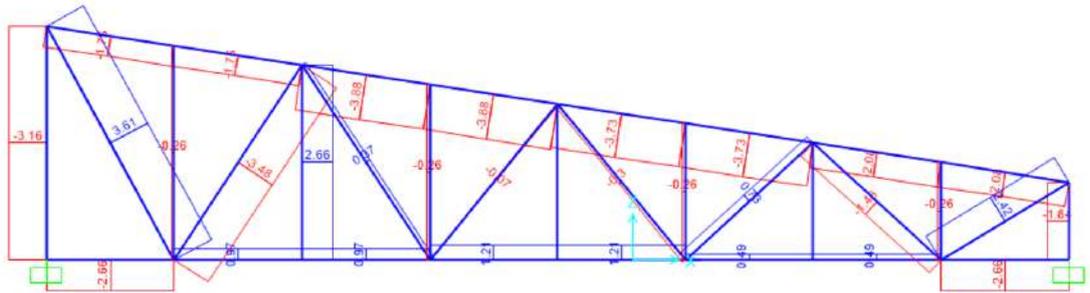
**Figura 48.** Diagrama de fuerzas axiales Programa SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

- Fuerzas axiales en todos los nodos

**Figura 49.** Diagrama de fuerzas axiales Programa SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

**Conclusión:** Los datos obtenidos, manualmente, coinciden con los datos obtenidos del software de diseño. Algunos datos varían, mínimamente esto es debido a que el programa de diseño toma, absolutamente, todos los decimales.

## **CAPÍTULO IV**

### **MÉTODO E INGENIERÍA DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE SOFTWARE DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

#### **4.1 Introducción al Programa SAP2000**

El SAP2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos y preparado para realizar de forma totalmente integrada a la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio resolviendo problemas de ingeniería de estructuras.

Conocido por la flexibilidad en el tipo de estructuras que permite analizar, por su poder de cálculo y por la fiabilidad de los resultados, SAP2000 es la herramienta de trabajo para varios ingenieros. La versatilidad en modelar estructuras permite su utilización en el dimensionamiento de puentes, edificios, presas, estructuras industriales, estructuras marítimas y todo tipo de infraestructura que necesite ser analizada y dimensionada

Con respecto al programa, es posible generar automáticamente cargas de sismos, viento y posteriormente hacer el dimensionamiento y

comprobación automática de estructuras de hormigo armado, perfiles metálicos a través de normas Europeas, Americanas, Canadienses, Chinas, entre otras.

## **4.2 Procedimiento de análisis en el SAP2000**

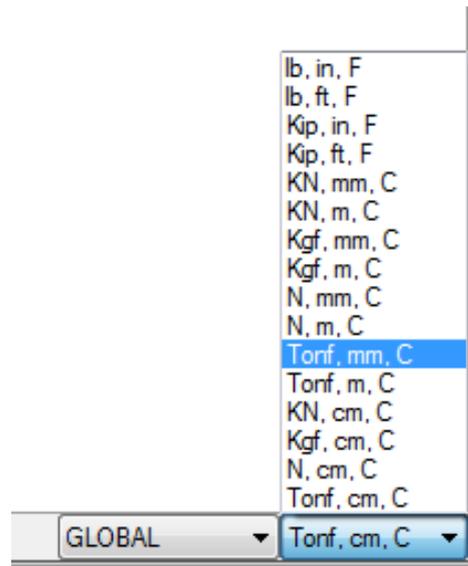
El uso del software es similar a los demás programas de diseño; este procedimiento consta de varias etapas:

- Escoger las unidades de trabajo.
- Crear la geometría del modelo.
- Generar sus tipos de apoyos base.
- Modelamiento de la estructura.
- Definir las propiedades del material.
- Asignar las secciones del material.
- Asignación de las secciones a la estructura.
- Asignar las cargas y combinaciones.
- Definir los tipos de análisis.
- Analizar.

### **4.2.1 Seleccionar las unidades de trabajo**

Las unidades se escogen de acuerdo con las necesidades del usuario (Figura 50); en este caso para la empresa para cual se realiza el trabajo se trabajará con (toneladas fuerza, metros, grados Celsius)

**Figura 50.** Unidades de trabajo Programa SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2.2 Alcances y generación de la geometría del modelo**

El modelamiento se genera en base a las necesidades del cliente. En los ALCANCES DE TRABAJO, se presenta una descripción y resumen de cada una de las principales actividades para su ejecución y estructurales de acuerdo con el diseño y los requerimientos. Donde se presenta una nave existente de dimensiones 18.50 x 4.80 m y 6.0 m de altura que cuenta con un cerramiento metálico.

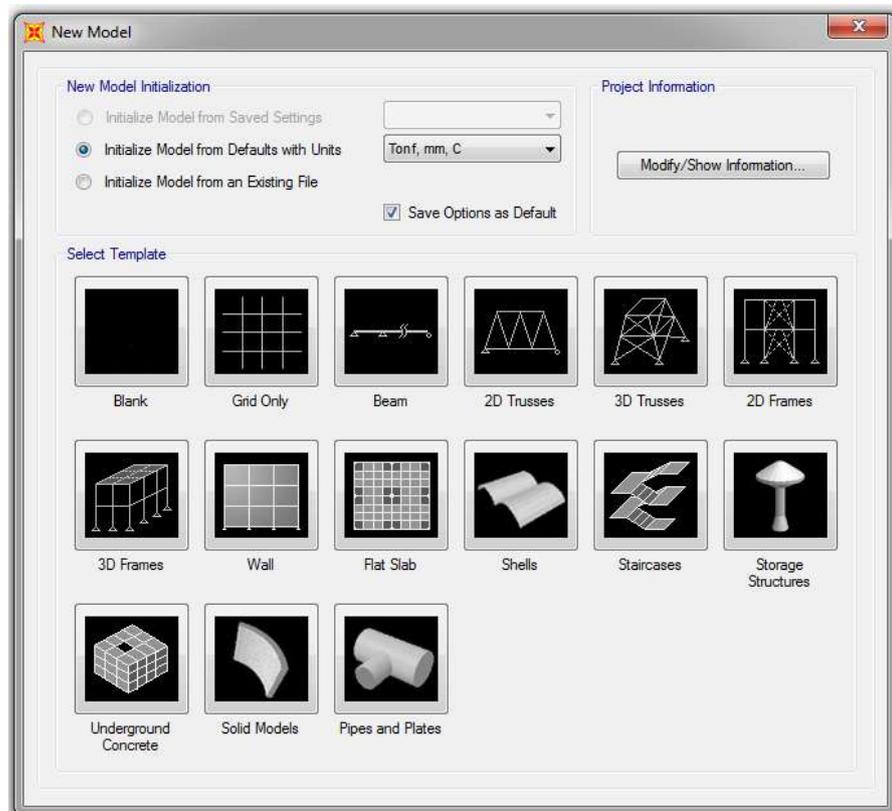
- El cubeto de los tanques de preparación y alimentación de cianuro 3510-TK-001 cuenta con un muro de contención de altura de 1.10 m y 0.20 m de espesor.
- La estructura nueva debe contar con una plataforma intermedia, con dimensiones de 7.85 x 10.48 m y 13.8 m de altura y el segundo nivel debe contar con cerramientos metálicos.
- Suministrar, fabricar y montar la estructura metálica de la nueva nave de sistema de alimentación de cianuro de sodio, que incluye una plataforma de mantenimiento de tanque.

- Suministrar, fabricar y montar una viga monorriel W18x46 de capacidad de 2.0 toneladas del tecele de alimentación de NaCN.

#### 4.2.2.1 Geometría de la estructura

De la opción **New Model**, se puede generar diversas plantillas (Figura 51) de la cual se puede obtener el modelo requerido. De esta función, seleccionaremos la plantilla **3D Frames** ya que nos permite graficar una cuadrícula con divisiones y distancias entre líneas, cuyos valores pueden ser modificados a conveniencia.

**Figura 51.** Plantillas de diseño Programa SAP2000.

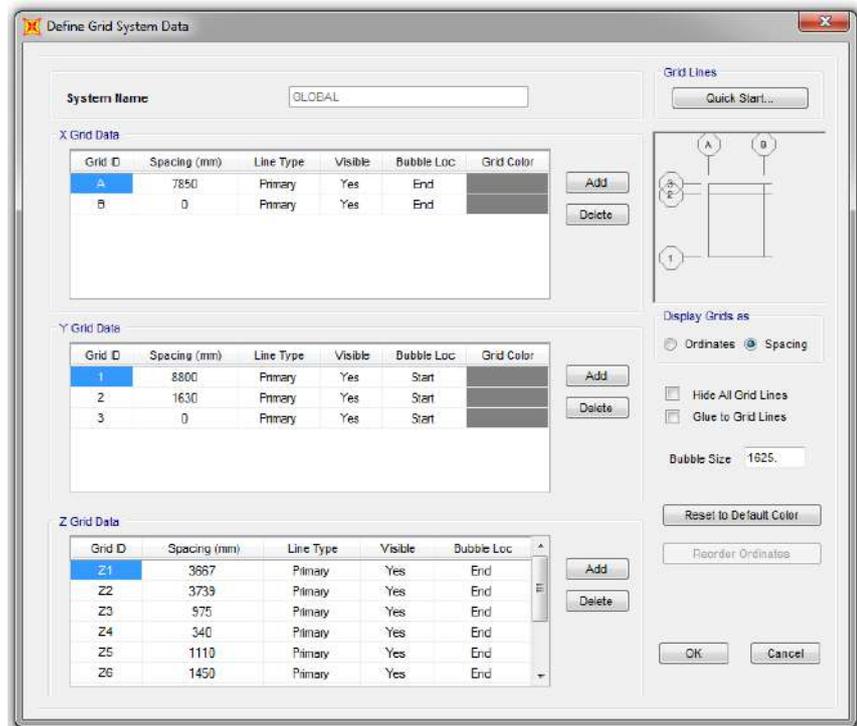


Fuente: Elaboración propia.

La opción **3D Frames** nos permite obtener aún más funciones para generar la geometría del modelo que puede facilitar el diseño (Figura 52). A través de la opción **Edit Grid** podemos modificar aún más la cuadrícula como el ancho con

el **X Edit Data**, el largo con el **Y Edit Data**, y las alturas con el **Z Edit Data**.

**Figura 52.** Geometría de diseño Programa SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

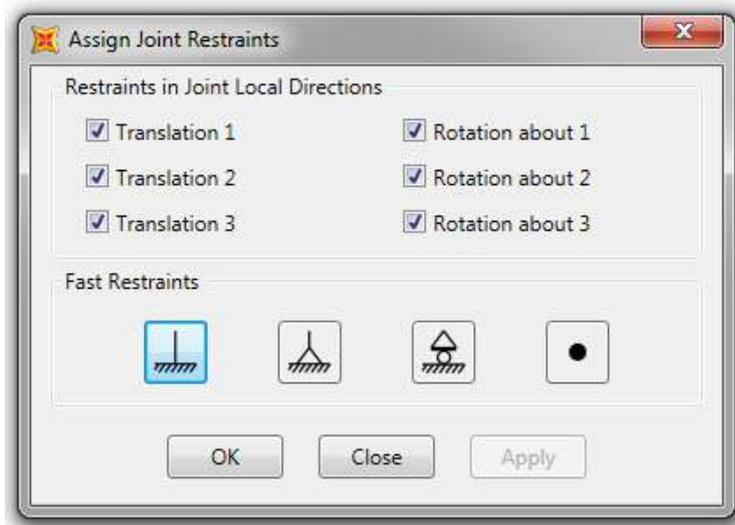
Con la cuadrícula definida, empezamos a realizar el modelado de la estructura mediante líneas que posteriormente indicarán los elementos utilizados para la fabricación de la estructura.

#### 4.2.3 Asignación de las bases de apoyo

Las columnas de la nueva estructura de alimentación de cianuro se fijan mediante placas base aseguran las cargas axiales y momentos flectores y cortante; tomaremos como el ideal en el diseño de SAP2000 y restringiremos estos movimientos.

Para esto, iremos a la opción de **Assign** de ahí a la opción **Joint** y la opción **Restraints**, (Figura 53); en esta ventana, restringiremos los movimientos que pueden generarse en la base de la estructura como traslación y rotación en los ejes X, Y y Z.

**Figura 53.** Bases de apoyo Programa SAP2000.



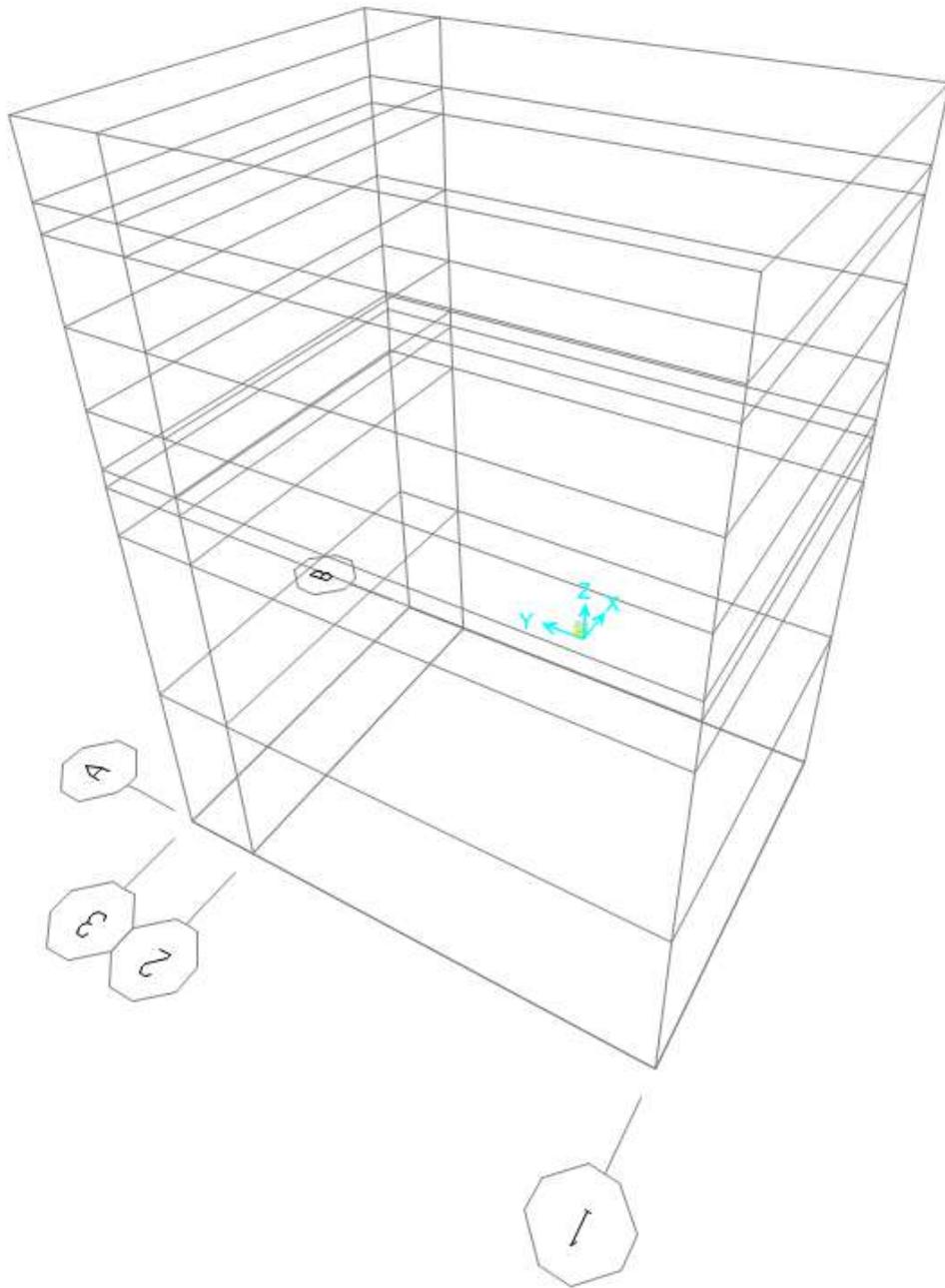
Fuente: Elaboración propia.

Una vez activado esta función en la ventana de modelamiento se activará el tipo de restricción que le dimos y se representará mediante un diagrama.

#### **6.2.4 Modelamiento de la estructura metálica**

El modelamiento de la estructura se realiza mediante la unión de trazos de líneas en los **Points** y **Frames** de la cuadrícula (Figura 54).

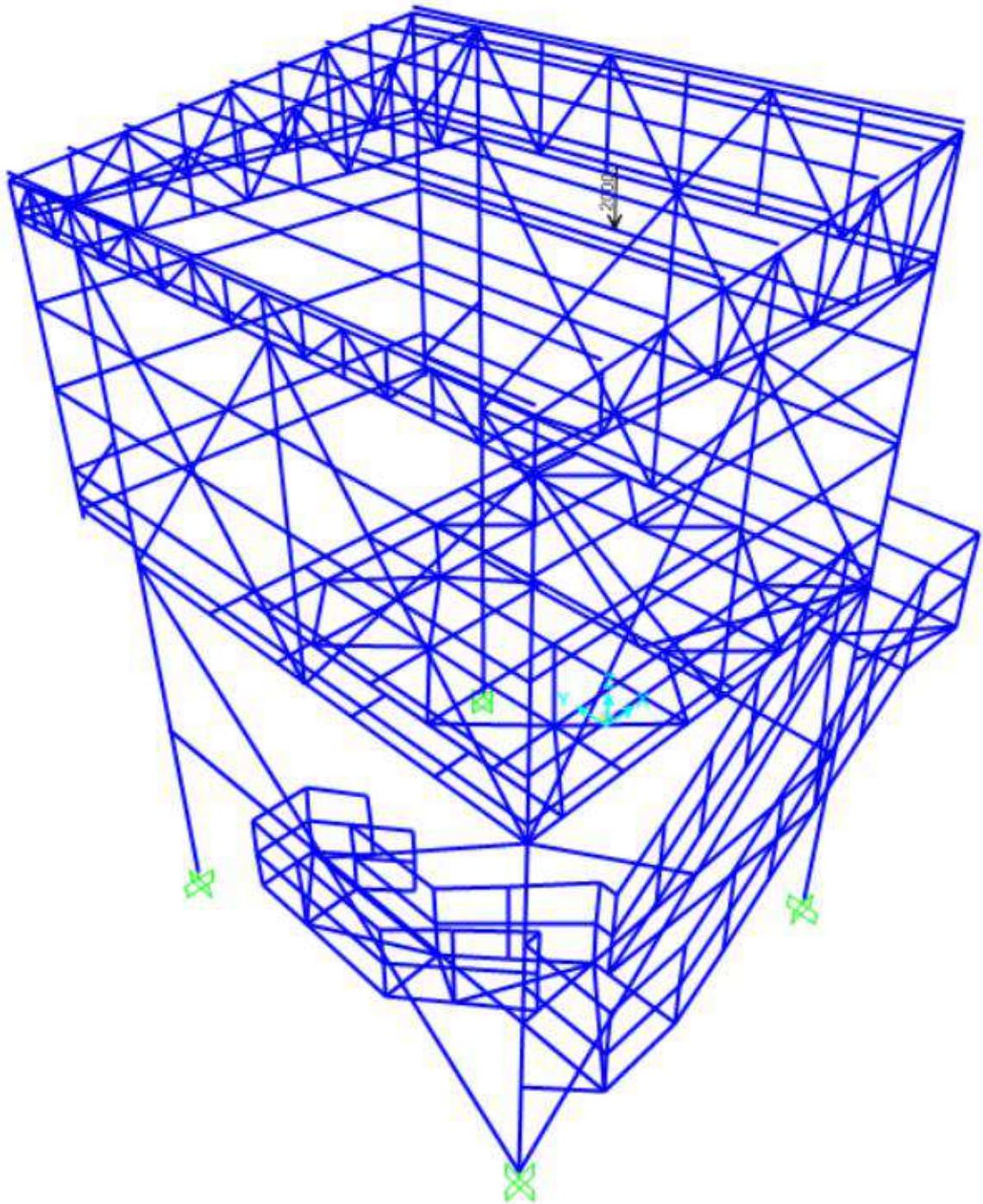
**Figura 54.** Modelamiento de la estructura Programa SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

Al finalizar todos los trazos de líneas, estos dan forma a la nueva estructura (Figura 55).

**Figura 55.** Modelamiento de la estructura Programa SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

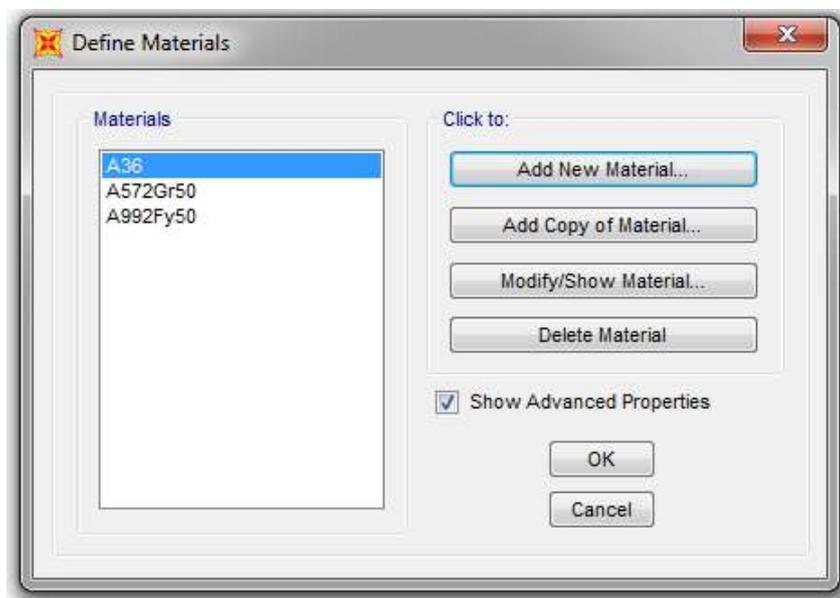
#### 4.2.5 Definir las propiedades del material

Definiremos los diferentes tipos de materiales de la estructura; estos datos se encuentran en los certificados de calidad del producto.

Por el tipo de material en la estructura, utilizaremos el Acero Normalizado por la **ASTM** el acero **A36** (Figura 56).

Para esto, iremos a la opción **Define** de ahí a la opción **Materials** y se apertura una venta para definir el material con la opción de **Add New Material** añadiremos nuevos materiales A-36, A-572 y A-992.

**Figura 56.** Definición del material SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.6 Asignar la sección del material

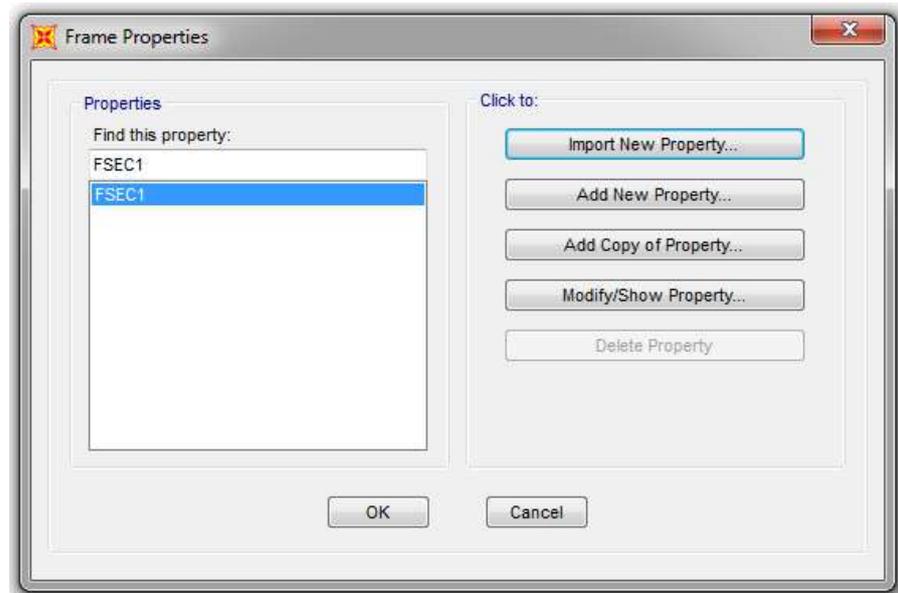
En el Perú, encontramos diferentes tipos de perfiles utilizados para la fabricación y armado de estructuras; estos elementos son empleados como sólidos resistentes que presentan unas secciones Normalizadas que han sido elegidas por razones económicas y técnicas (Resistencia, Estabilidad, Dureza, etc.).

Los más comunes son Perfiles H o doble T, WT y T; estos perfiles normalmente son excluidos para actuar como soporte aislado, excepto los de alas anchas, sobre todo cuando el pandeo está impedido en el eje y-y; en consecuencia, solo está permitido en el eje x-x.

El perfil cuadrado, rectangular, ángulo o perfil, perfil U, perfil Z y S, entre sus principales funciones en la fabricación de la estructura es la de soportar esfuerzos sometidos a compresión o tracción o cordones de vigas de celosía en cuanto a los perfiles S, U y Z; tienen una aplicación muy limitada, utilizados mayormente como correas.

Para las asignaciones de las secciones iremos a la opción **Define** de ahí a la opción **Section Properties y Frame Sections**; se abrirá una ventana con el nombre de **Frame Properties** (Figura 57).

**Figura 57.** Asignación del material Programa SAP2000.

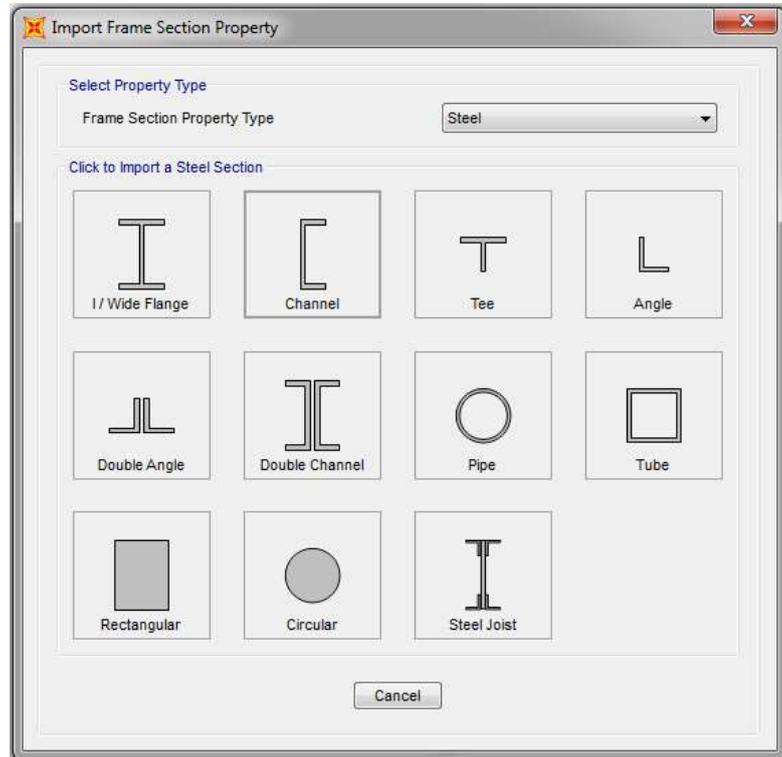


Fuente: Elaboración propia.

En esta ventana, iremos a la opción de **Import New Property**; abrirá una nueva ventana con varias plantillas con los diferentes tipos de perfiles (Figura 58) con la norma **AISC (American**

**Institute of Steel Construction)** y añadiremos los diversos perfiles que usaremos para la fabricación de la estructura.

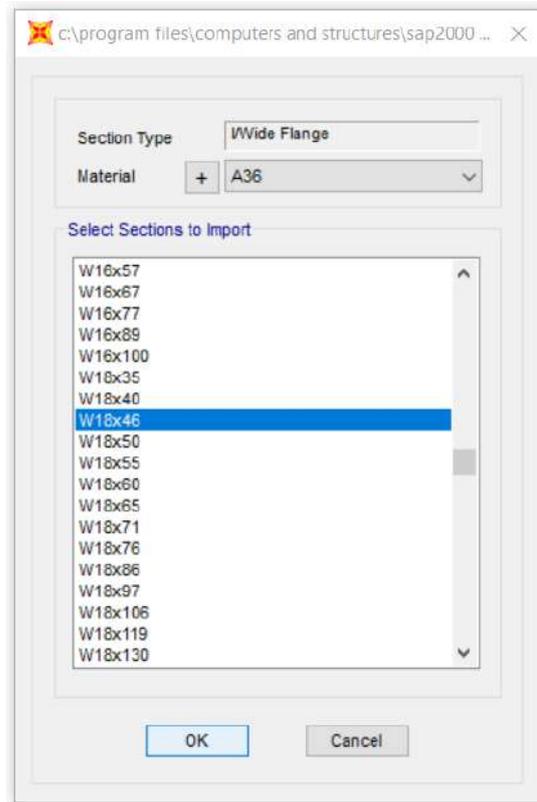
**Figura 58.** Tipos de Perfiles SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

En esta ventana, escogeremos el tipo de perfil que necesitaremos para la fabricación de nuestra estructura; en nuestro caso, usaremos perfiles tipo W, WT, TC, C, etc. Daremos clic en **I/Wide Flange** para la importación de perfiles tipo W, y nos mostrará una lista con todas las diversas dimensiones de perfiles tipo W (Figura 59); escogeremos el tipo de perfil que necesitamos y en **Material** modificaremos el tipo de material por **A-36** luego daremos **OK**.

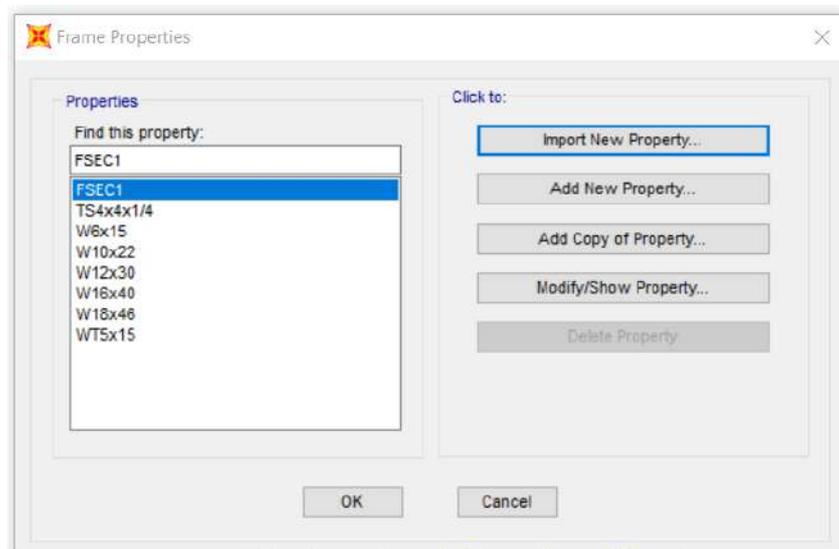
**Figura 59.** Tipos de perfiles W SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

Y seguiremos los mismos pasos, hasta obtener todos los perfiles que necesitemos y se creará una lista en **Frame Property** (Figura 60) donde estarán todos los perfiles que importamos.

**Figura 60.** Tipos de perfiles W SAP2000.

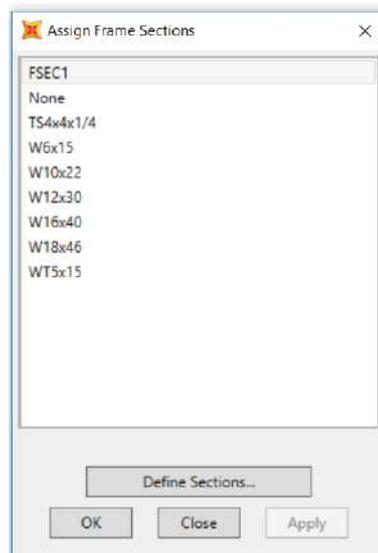


Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.7 Asignación de las secciones a la estructura

Para asignar nuestros perfiles a los **Frames** seguiremos los siguientes pasos: seleccionamos los Frames que vamos a modificar; a continuación, hacemos clic en **Assign**, luego **en Frame** y **Frame Sections** y se abrirá una ventana **Assign Frame Sections** con una lista de nuestros perfiles importados (Figura 61); escogemos el tipo de perfil y luego clic en **Apply**.

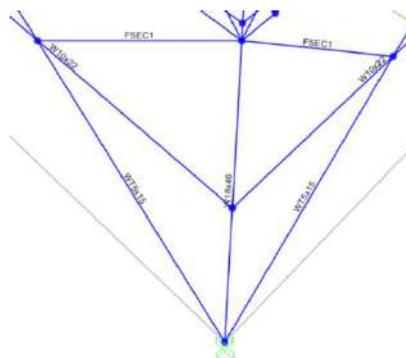
**Figura 61.** Listado de perfiles W SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

Una vez modificado los **Frames** el plano del **SAP2000** nos mostrará el cambio en el **Frame** por la nomenclatura del perfil y los **Frames** que nos falte modificar; estarán con la nomenclatura de **FSEC1** y continuaremos con los mismos pasos hasta modificar todos los **Frames** de la estructura (Figura 62).

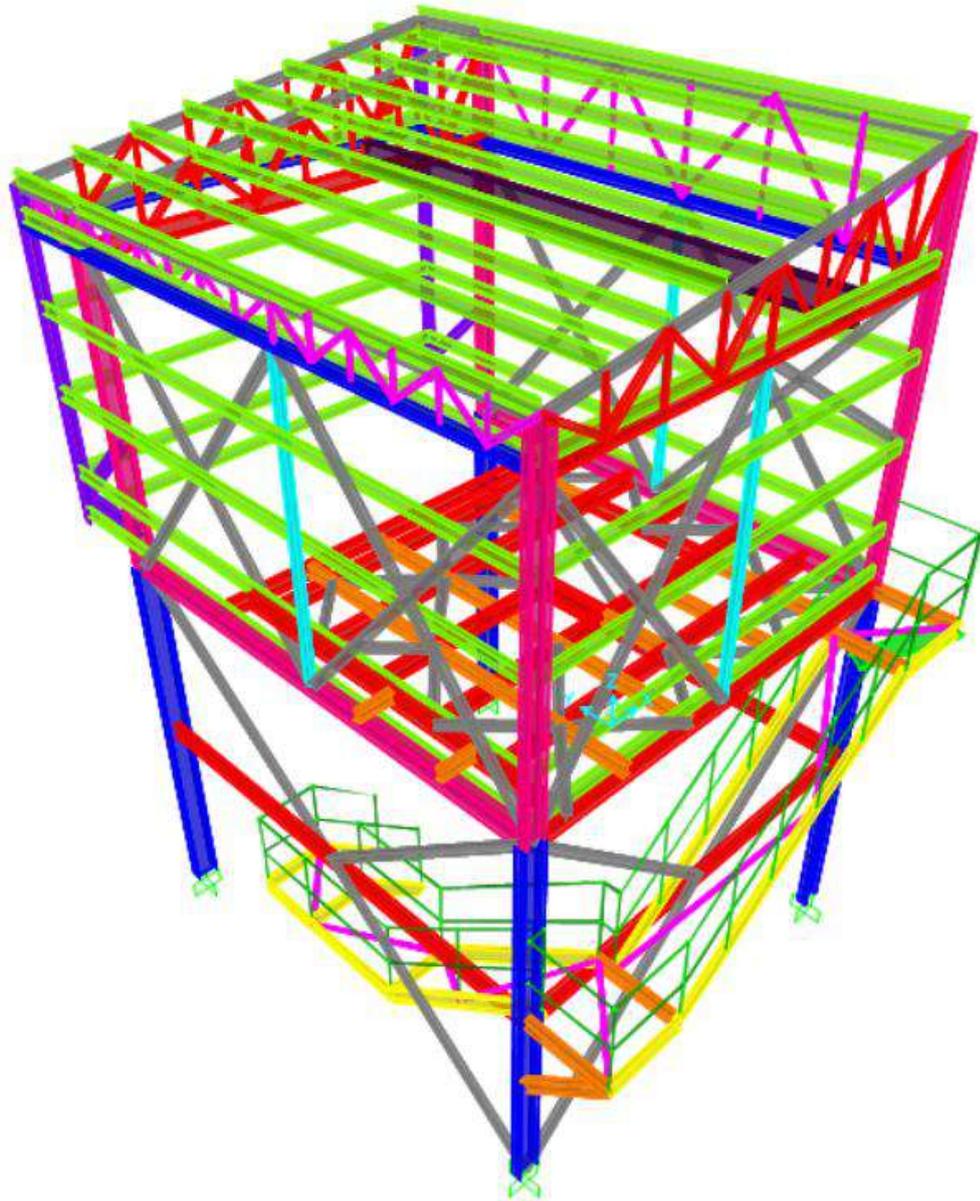
**Figura 62.** Modificación del Frames SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.



**Figura 64.** Modificación del Frame Extruida SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2.8 Asignación de las cargas y combinaciones**

##### **Asignación de las cargas en la estructura**

##### **4.2.8.1 Cargas muertas**

Del capítulo V, obtuvimos los siguientes datos (Tabla 01):

**Cuadro 01.** Cargas muertas.

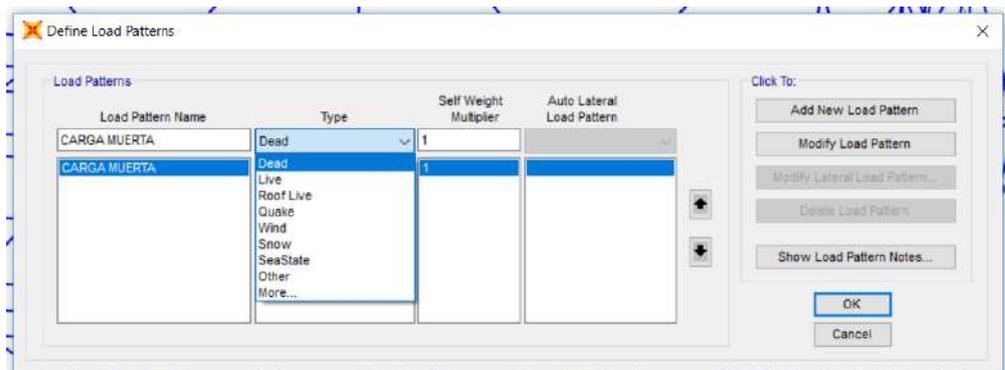
DESCRIPCIÓN	PESO	UNIDADES
Peso propio de la estructura	27 876.88	kg
Peso cortador de bolsas	1 172	kg
Extractor de polvo	669	kg
Coberturado TR-4	1 502	kg
Grating	1 047	kg
<b>TOTAL</b>	<b>32 266.88</b>	<b>kg</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Peso propio de la estructura:** Para la carga muerta de la estructura, primeramente, diseñaremos la estructura en su totalidad; seguidamente, confirmaremos que el programa lo está analizando, para esto seguiremos los siguientes pasos: iremos a **Define**, luego a **Load Patterns** y abrirá una venta con la siguiente información en cual añadiremos la carga muerta (Figura 65):

- En Load Pattern Name nombraremos a la carga.
- En Type escogeremos el tipo de carga DEAD.
- En Self Weight Multiplier es el multiplicador de peso de la estructura en cual pondremos 1 que nos indica que se está trabajando con el 100% del peso.

**Figura 65.** Asignación de la carga muerta SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

**Carga del extractor y cortador de bolsas:** Esta carga tiene un peso de 572 y 669 kg que serán soportados por las vigas que crean una abertura en la plataforma.

Para distribuir esta carga puntual, hallaremos primero el peso total que será:

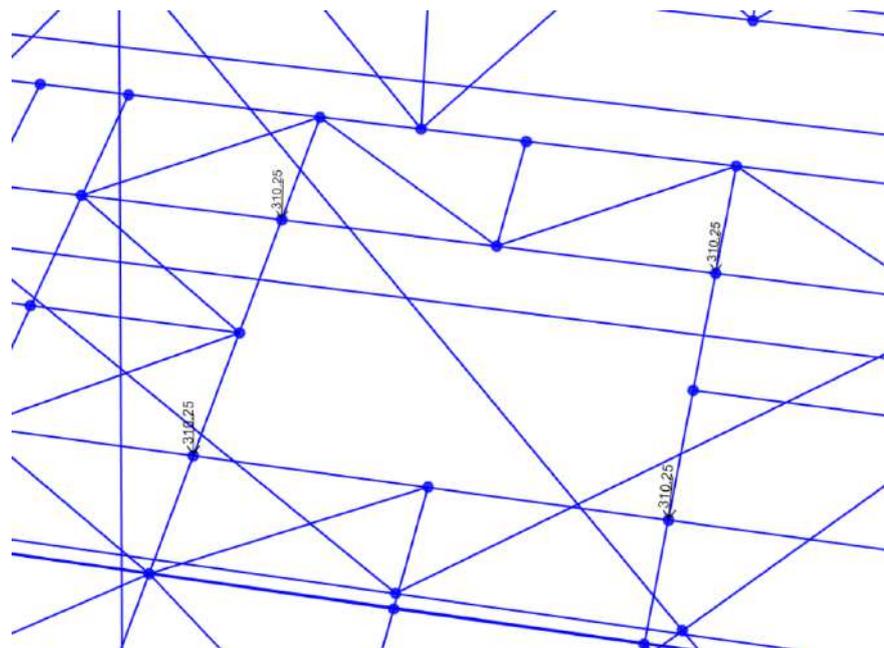
$$1\ 172 + 669 = 1\ 841\ \text{kg}$$

A continuación, distribuiremos esta carga en cargas puntuales entre las 04 bases de apoyo del extractor en las vigas.

$$1841 / 4 = 460.25\ \text{kg}$$

De los mismos anteriores pasos de asignar cargas a la viga carrilera, seleccionaremos los 04 **Points** a donde le añadiremos las cargas puntuales y posteriormente visualizaremos las cargas en la plataforma (Figura 66).

**Figura 66.** Asignación de la carga muerta SAP2000.



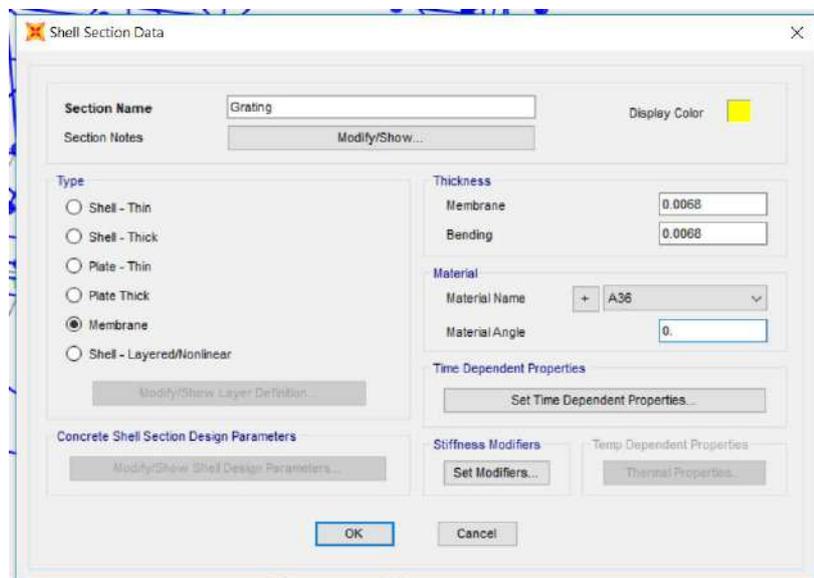
Fuente: Elaboración propia.

**Carga de Grating:** La carga de grating se añadirá mediante el sistema de membranas; para esto, el peso de grating por  $m^2$  será igual a  $53 \text{ kg/m}^2$ .

Una plancha de acero de  $1.0 \times 1.0 \times 0.0068 \text{ m}$  tendría el mismo peso de  $53 \text{ kg/m}^2$ . Entonces, este espesor puede reemplazar como membrana del piso en carga muerta de la plataforma.

Para añadir esta carga, daremos clic en **Define** después en **Section Properties** y **Area Section** y saldrá la siguiente ventana (Figura 67):

**Figura 67.** Asignación del Grating SAP2000.

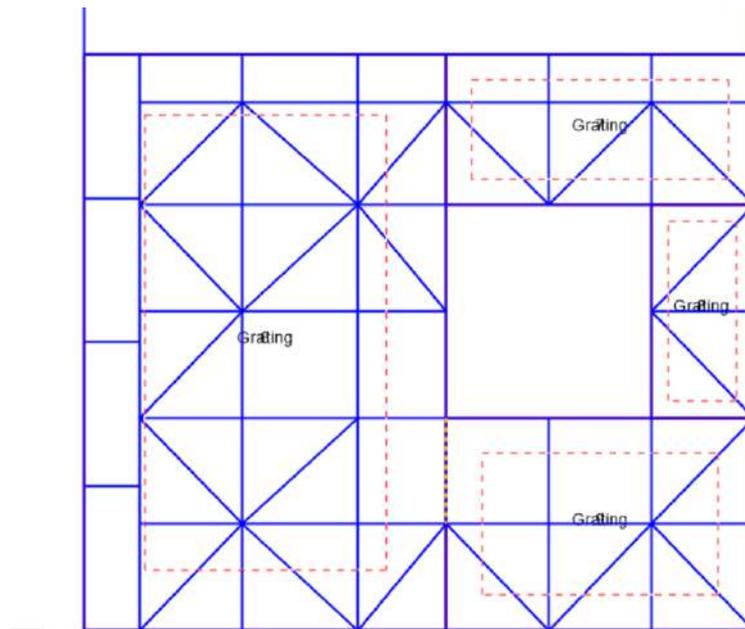


Fuente: Elaboración propia.

- Section Name será Grating
- Type será Membrane
- Thickness será  $0.0068 \text{ m}$  en ambos
- Material será A-36 y OK

Con **Draw Poly** área asignaremos el grating a la estructura (Figura 68).

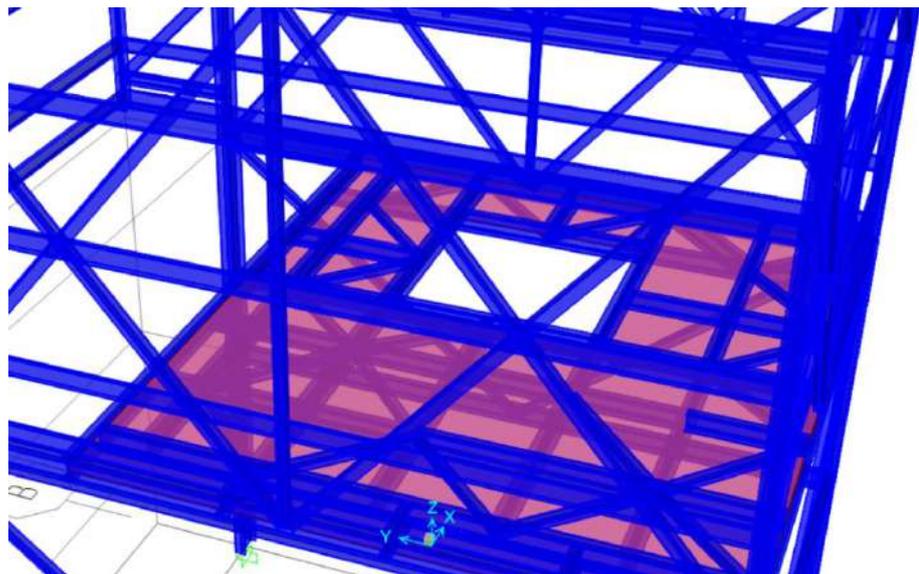
**Figura 68.** Asignación del Grating SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

En una imagen extruida, se aprecia mejor el grating en la plataforma (Figura 69).

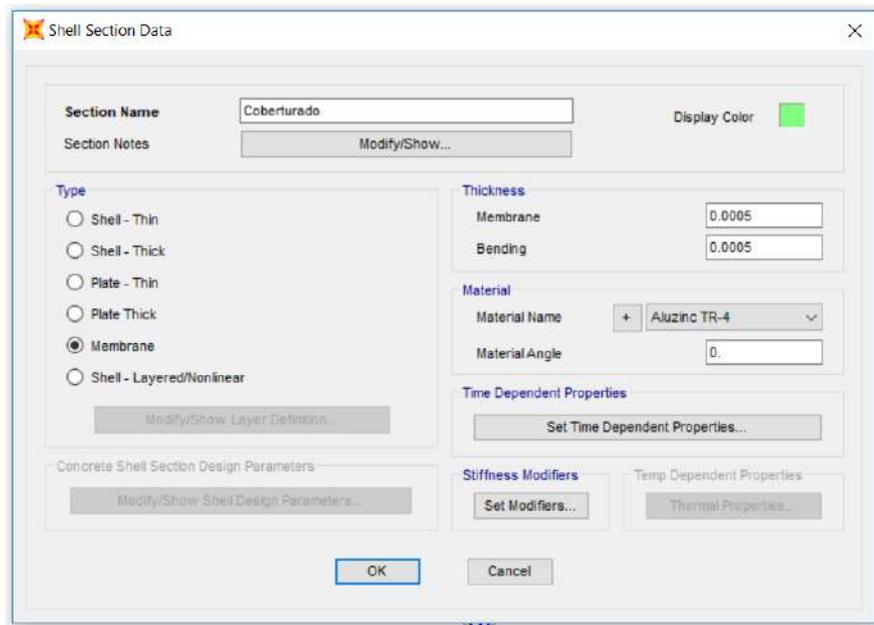
**Figura 69.** Asignación del Grating SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

**Carga del coberturado:** Para la carga de coberturado, procederemos con los mismos pasos de grating; pero con la modificación de material por la de Aluzinc TR-4 y espesor de la membrana por 0.5 mm (Figura 70).

**Figura 70.** Asignación del coberturado TR-4 SAP2000.

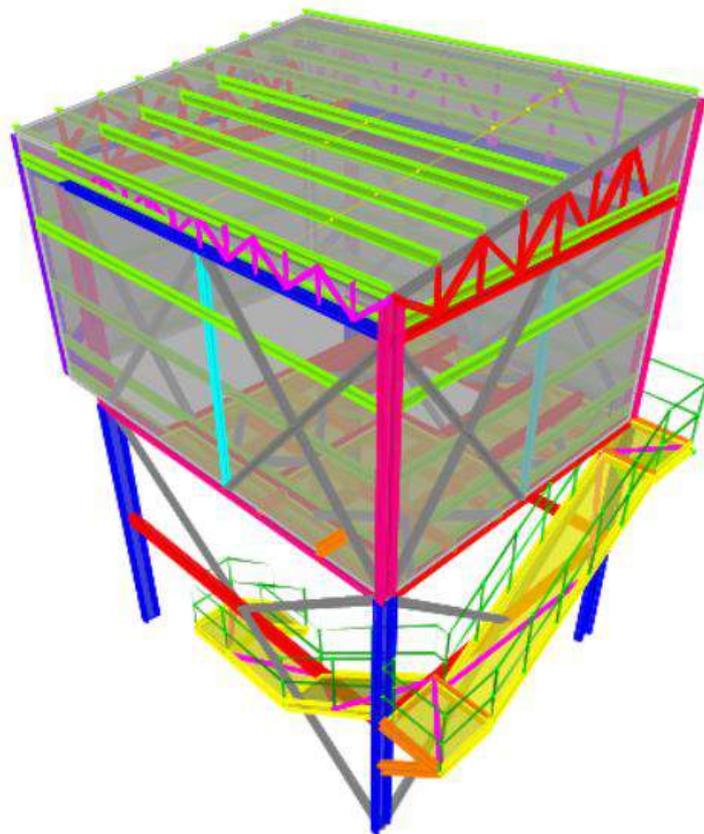
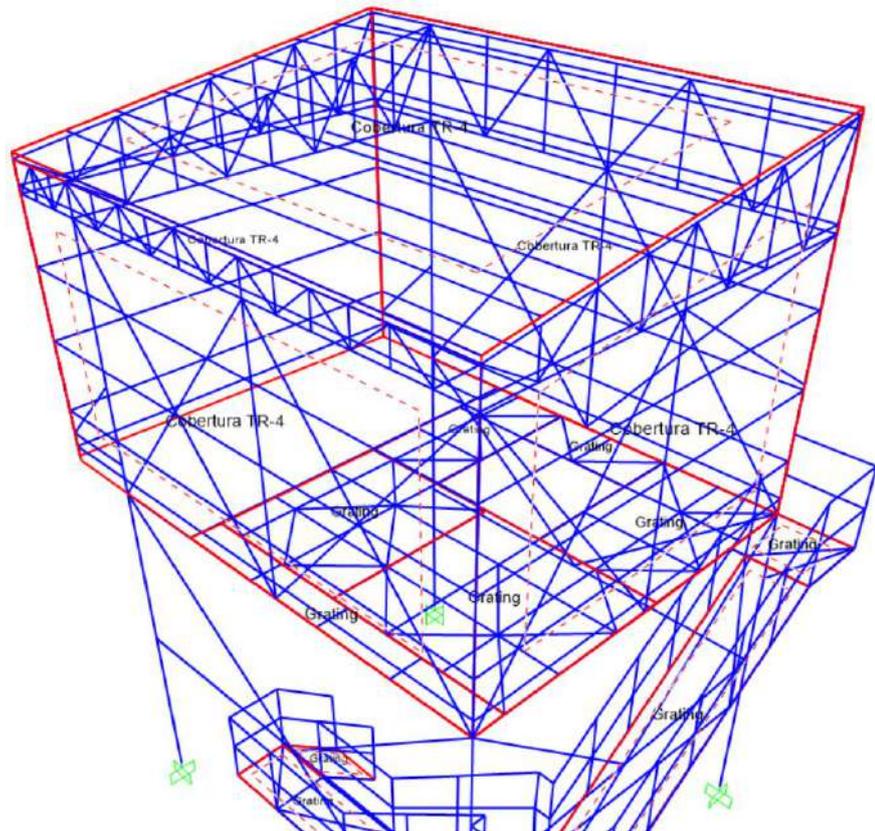


Fuente: Elaboración propia.

- Section Name será coberturado
- Type será Membrane
- Thicknees ambos con 0.0005 m
- Material será Aluzinc TR-4

Una vez concluido de añadir la membrana en la estructura, podremos visualizarlo mejor con la siguiente imagen (Figura 71):

**Figura 71.** Asignación del coberturado TR-4 SAP2000.

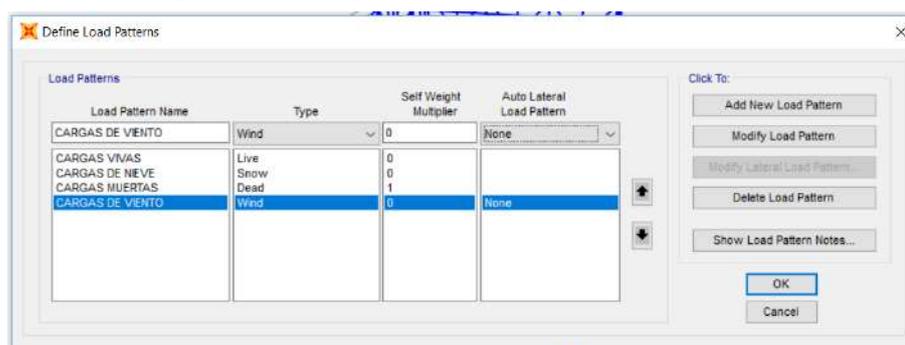


Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.8.2 Cargas vivas

Para las cargas vivas de la estructura, primeramente, diseñaremos la estructura en su totalidad; luego procederemos a añadir los diferentes tipos de cargas (Figura 72) para poder realizar las combinaciones de carga, para esto seguiremos los siguientes pasos: iremos a **Define**, luego **Load Patterns** y abrirá una ventana el cual procederemos a modificar y añadir las cargas.

**Figura 72.** Asignación de cargas SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

- En Load Pattern Name nombraremos a las cargas.
- En Type escogeremos el tipo de carga Live, Snow y Wind.
- En **Self Weight Multiplier** es el multiplicador de carga de la estructura en el cual pondremos 0 que nos indica que se está trabajando con carga viva.

Del **capítulo V**, obtuvimos los siguientes datos:

**Cuadro 02,** Cargas vivas.

DESCRIPCIÓN	PESO	UNIDADES
Cargas vivas mínimas repartidas	160	kg
Carga viva del tecele	2 000	kg

DESCRIPCIÓN	PESO	UNIDADES
Cargas vivas de la nieve (Qt)	40	kg/m <sup>2</sup>
Correa 01	25.13	kg/m

Correa 02	43.86	kg/m
Correa 03	37.44	kg/m

DESCRIPCIÓN	PESO	UNIDADES
Cargas vivas del viento (Ph)	25.21	kg/m <sup>2</sup>
Barlovento vertical	27.73	kg/m <sup>2</sup>
	Columna 01	42.28
	Columna 02	62.46
	Columna 03	20.18
Barlovento techo	15.12	kg/m <sup>2</sup>
	Correa 01	9.5
	Correa 02	16.57
	Correa 03	14.15
Sotavento vertical posterior	-22.68	kg/m <sup>2</sup>
	Columna 01	-41.38
	Columna 02	-51.38
	Columna 03	-16.93

Fuente: Elaboración propia.

### Cargas vivas mínimas repartidas

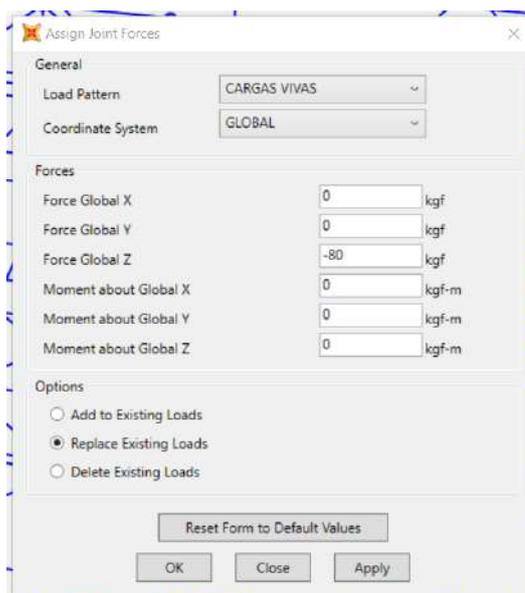
Estas cargas son el peso de los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación.

La plataforma solo soportará el peso de las 02 personas encargadas de la alimentación de cianuro; la plataforma no contará con equipos o muebles.

Para añadir estas cargas, seleccionaremos los **Point** en la plataforma donde se ubicarán estas 02 personas, posteriormente daremos clic en **Assign**, luego **Joint Load y Forces** se abrirá una ventana en cual añadiremos y modificaremos lo siguiente (Figura 73):

- Load Pattern será cargas vivas.
- Force Global Z ser -80 luego.
- Seguidamente, **Apply** y **Ok**.

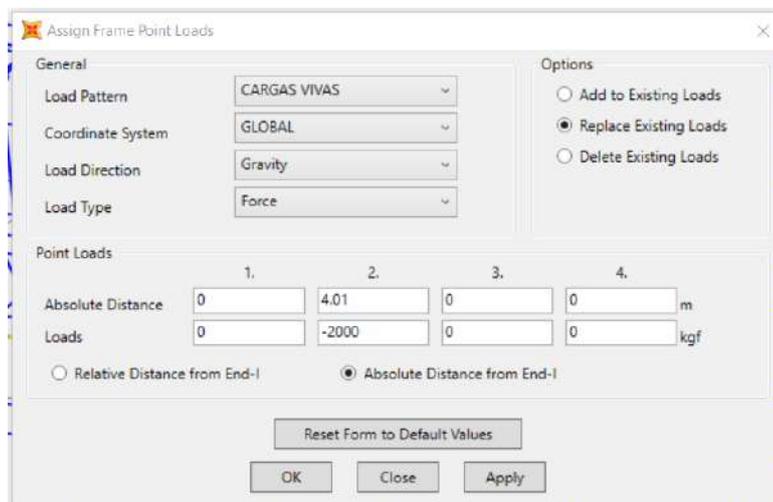
**Figura 73.** Asignación de cargas SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

**Carga de la viga carrilera:** La viga carrilera al soportar una carga de 1.6 toneladas, se utilizará un teclé de cadena electrónico con una capacidad de 2.0 toneladas. Esta fuerza que generará el peso se tomará como una carga puntual viva y para ver su máxima capacidad, el peso será ubicado en el centro de descarga de la tolva. En el diseño del programa SAP2000, seleccionaremos la viga carrilera luego **Assign** seguido de **Frame Loads** y **Point**, nos abrirá una ventana (Figura 74).

**Figura 74.** Asignación de cargas SAP2000.



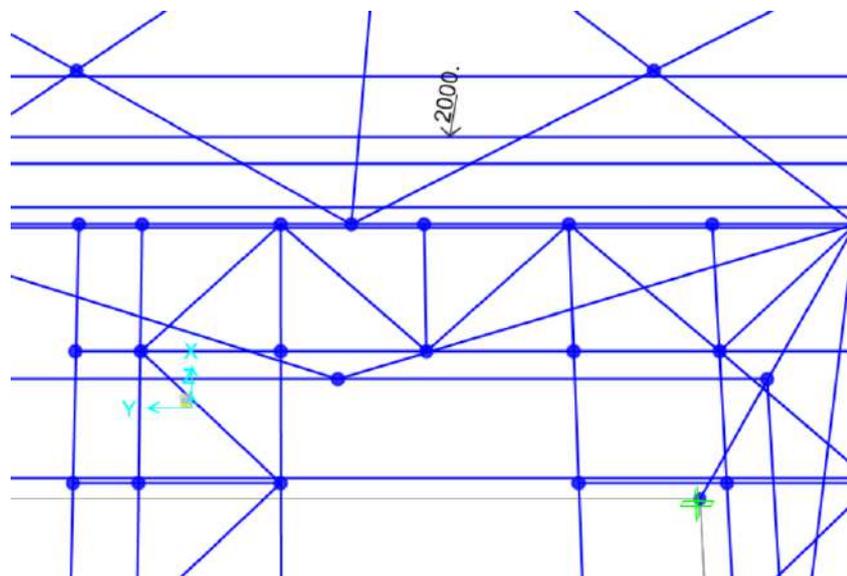
Fuente: Elaboración propia.

En esta ventana, pondremos los siguientes datos:

- Load Pattern escogeremos CARGAS VIVAS.
- Seleccionaremos Absolute Distance from End-I.
- Absolute Distance tiene que ser la diferente entre las distancias de longitud y recorrido de 9.65 - 5.64 metros.
- Loads tiene que ser -2 000 para darle el sentido de dirección hacia abajo sus unidades ya se encuentra en kg y finalmente **Apply** y **Ok**.

Una vez realizado los anteriores pasos se visualizará la carga en la viga con una flecha y el sentido hacia la dirección de carga (Figura 75).

**Figura 75.** Asignación de cargas en la viga SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

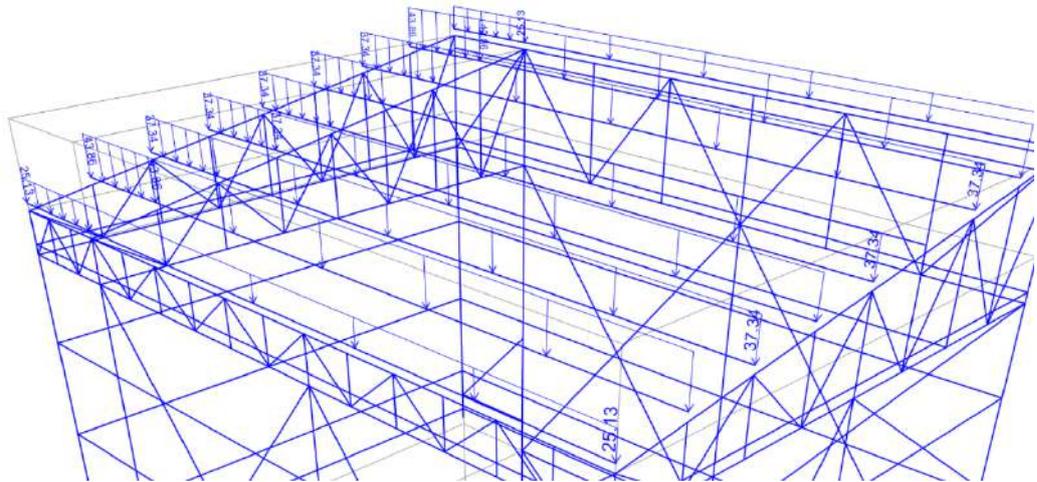
### **Cargas vivas de la nieve (Qt)**

Estas cargas vivas afectan directamente al techo: para ello, añadiremos estas cargas distribuidas a las correas del techo.

Seleccionaremos para cada correa la carga distribuida que le corresponde.

En el diseño del programa SAP2000, seleccionaremos las correas del techo luego **Assign** seguido de **Frame Loads** y **Distributed**, nos abrirá una ventana y ahí distribuiremos nuestra carga viva de nieve en el techo (Figura 76).

**Figura 76.** Asignación de cargas nieve SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

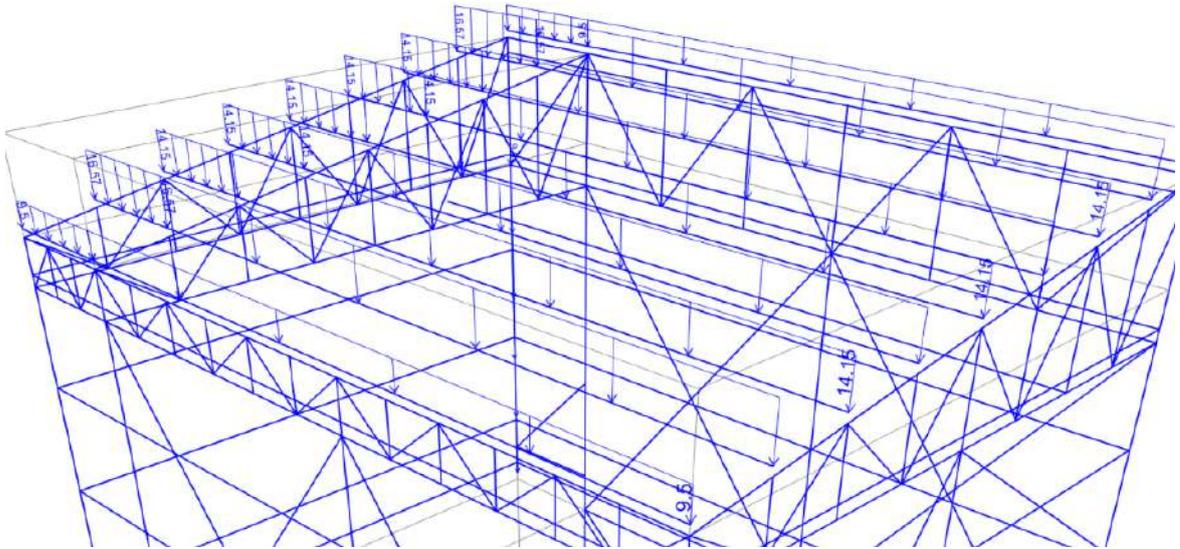
### **Cargas vivas de viento**

Estas cargas vivas de viento afectan directamente al techo, la cara frontal y posterior de la estructura; para ello, añadiremos estas cargas distribuidas a las correas del techo, columnas frontales y posteriores. Seleccionaremos para cada correa la carga distribuida que le corresponde.

En el diseño del programa SAP2000, seleccionaremos las correas luego **Assign** seguido de **Frame Loads** y **Distributed**, nos abrirá una ventana y ahí distribuiremos nuestra carga viva de viento para los tres lados.

### Cargas de viento Barlovento en el techo

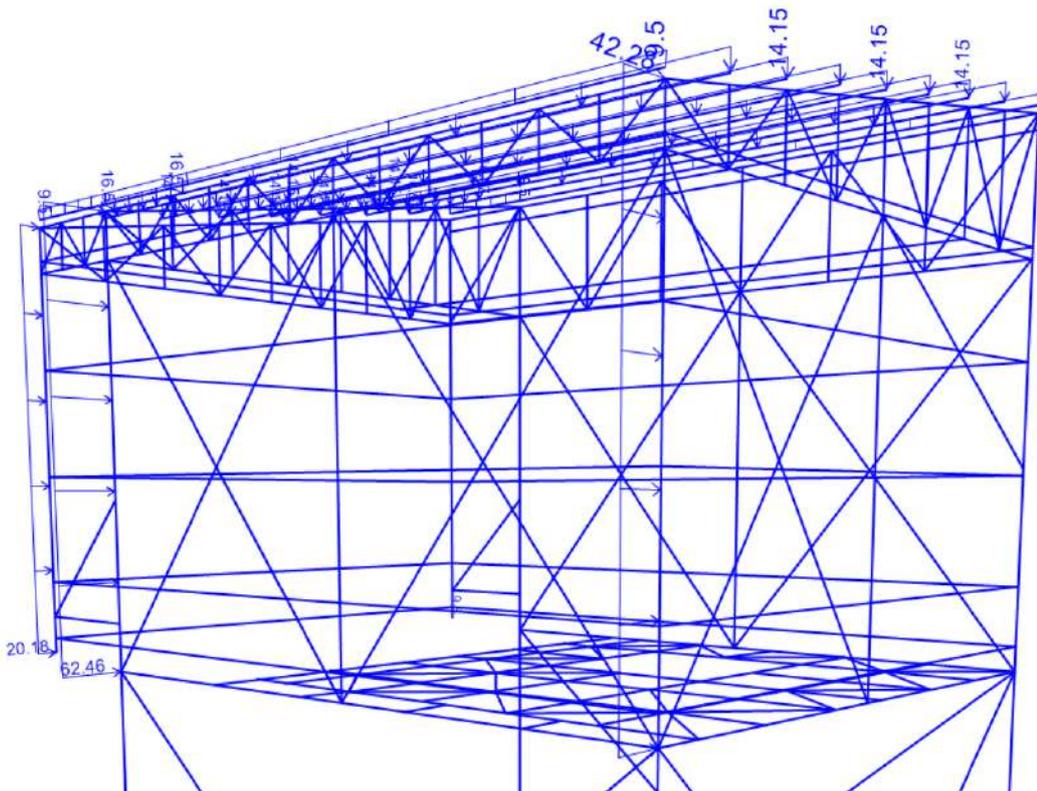
Figura 77. Asignación de cargas Barlovento SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

### Cargas de viento Barlovento en la cara frontal

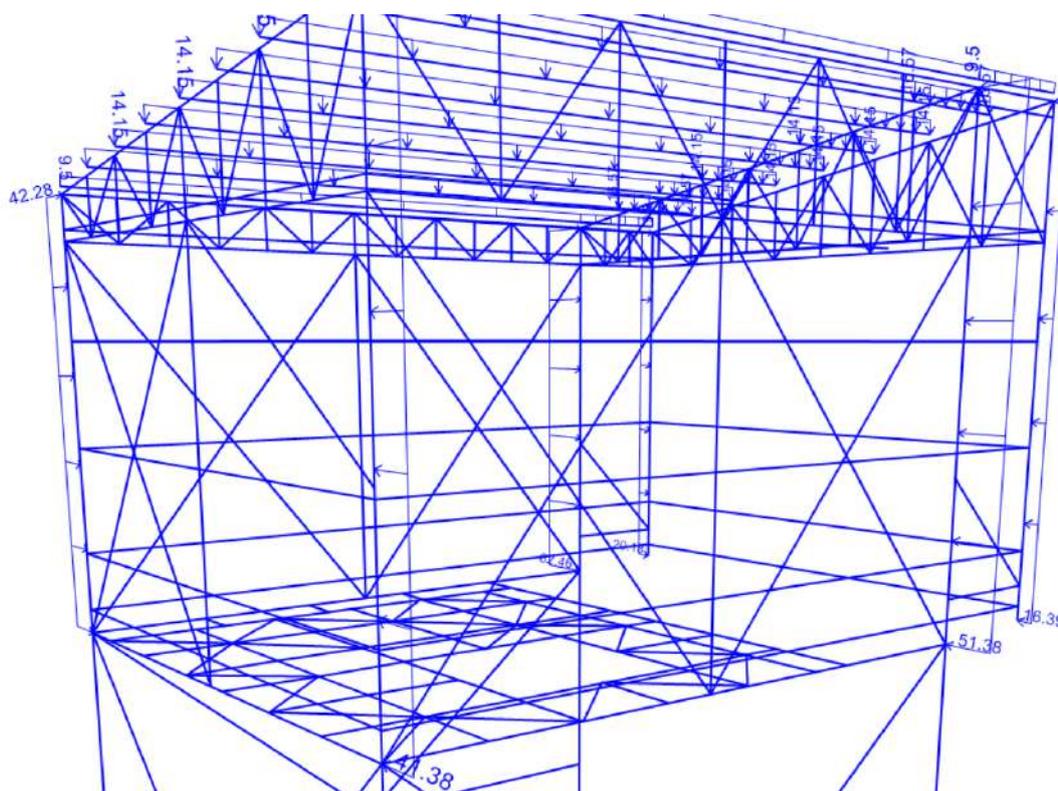
Figura 78. Asignación de cargas Barlovento SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

## Cargas de viento Sotavento en la cara posterior

Figura 79. Asignación de cargas Sotavento SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

### 4.2.8.3 Combinaciones de carga

Las cargas nominales serán las cargas mínimas de diseño establecidas en la Norma E 0.20 Cargas.

Para la aplicación del método LRFD, las siguientes combinaciones deben ser investigadas:

Las siguientes cargas nominales deben ser consideradas:

**D:** Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura.

**L:** Carga viva debido al mobiliario y ocupantes.

**Lr:** Carga viva en la azotea.

**W:** Carga de viento.

**S:** Carga de nieve.

**E:** Carga de sismo debido a la norma E 0.30 Diseño Sismorresistente.

**R:** Carga por lluvia o granizo.

**1.4-1** 1.4 D

**1.4-2** 1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L o S o R)

**1.4-3** 1.2 D + 1.6 (L o S o R) + (0.5 L o 0.8 W)

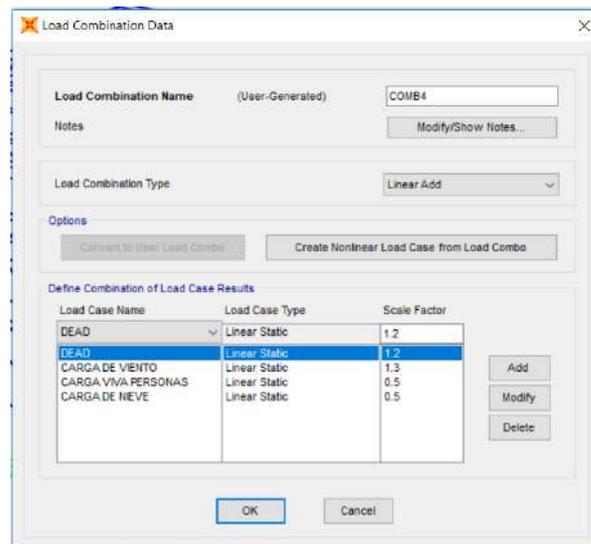
**1.4-4** 1.2 D + 1.3 W + 0.5 L + 0.5 (L o S o R)

**1.4.5** 1.2 D + 1.0 E + 0.5 L + 0.2 S

**1.4-6** 0.9 D + (1.3 W o 1.0 E)

Para realizar las combinaciones en el software de diseño, iremos a **Define** luego **Load Combinations** y **Add New Combo** (Figura 80).

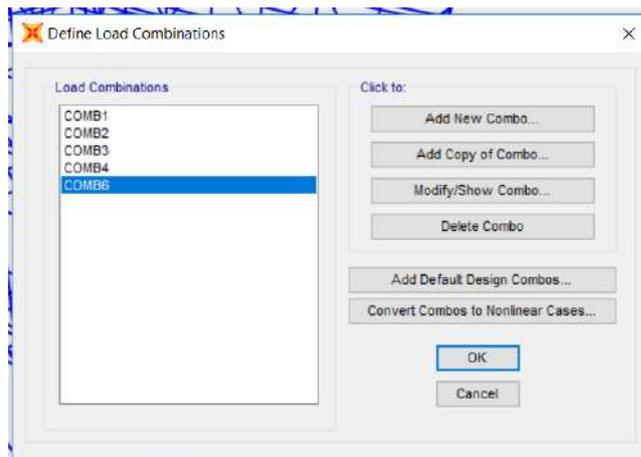
**Figura 80.** Asignación de combos E 0.20 SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

En esta ventana, añadiremos (Figura 81) las combinaciones con los valores dados por LRFD; una vez terminado, tendremos nuestras seis combinaciones de cargas.

**Figura 81.** Combos Norma E 0.20 SAP2000.

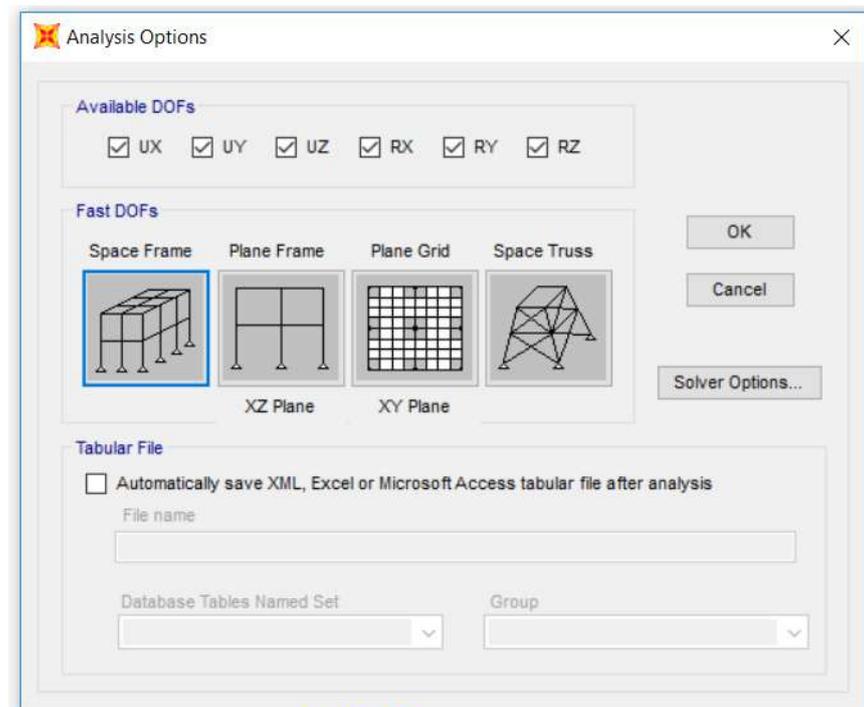


Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.9 Definir los tipos de análisis.

Una vez terminado de realizar todas las combinaciones procederemos a realizar el análisis estructural, daremos clic en **Analyze**; luego en **Set Analyse Option** escogeremos **Space Frame** y **OK** (Figura 82).

**Figura 82.** Análisis estructural SAP2000.



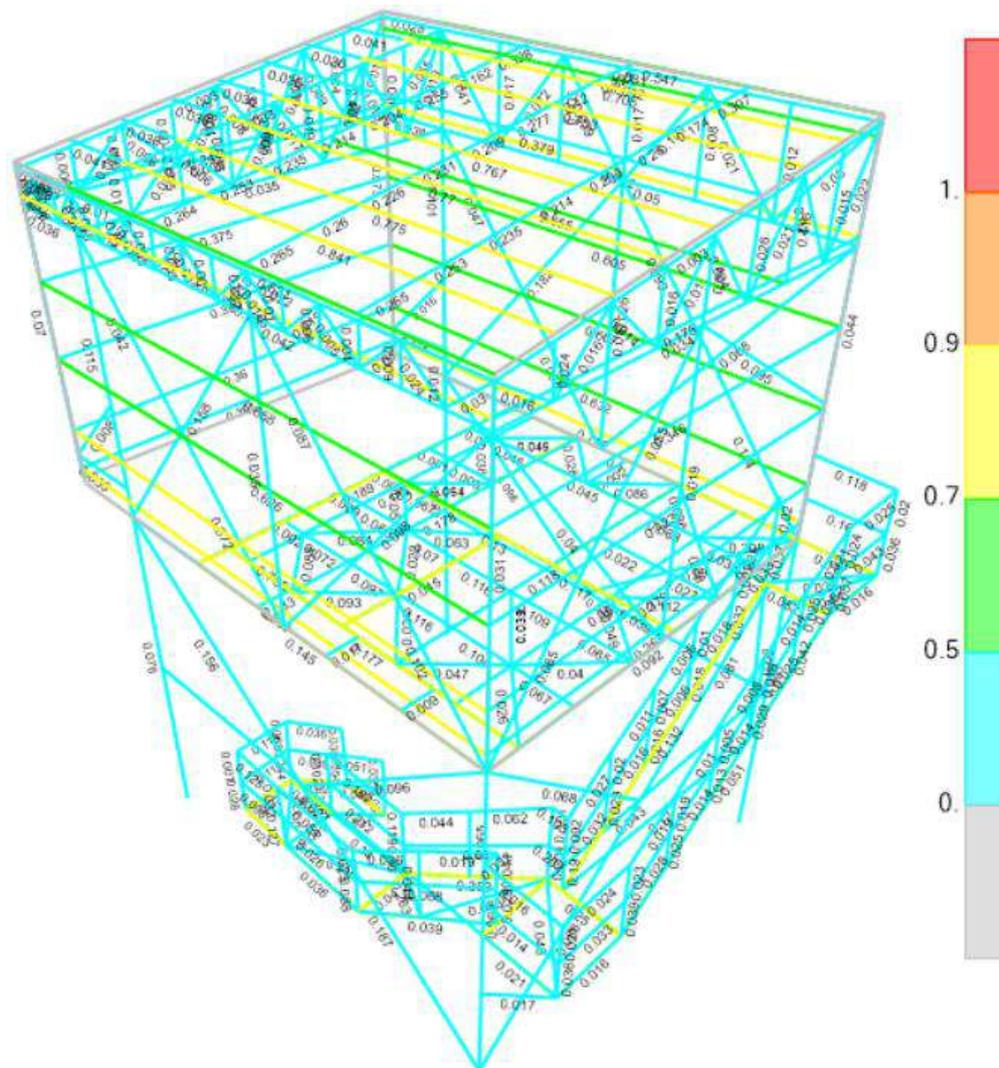
Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.10 Analizar

Analizaremos la estructura con la función **Analyze**, finalmente con **Run Analyze** y **Run Now**.

Verificamos las ratios de diseño (Figura 83).

**Figura 83.** Análisis estructural Ratios de Diseño SAP2000.



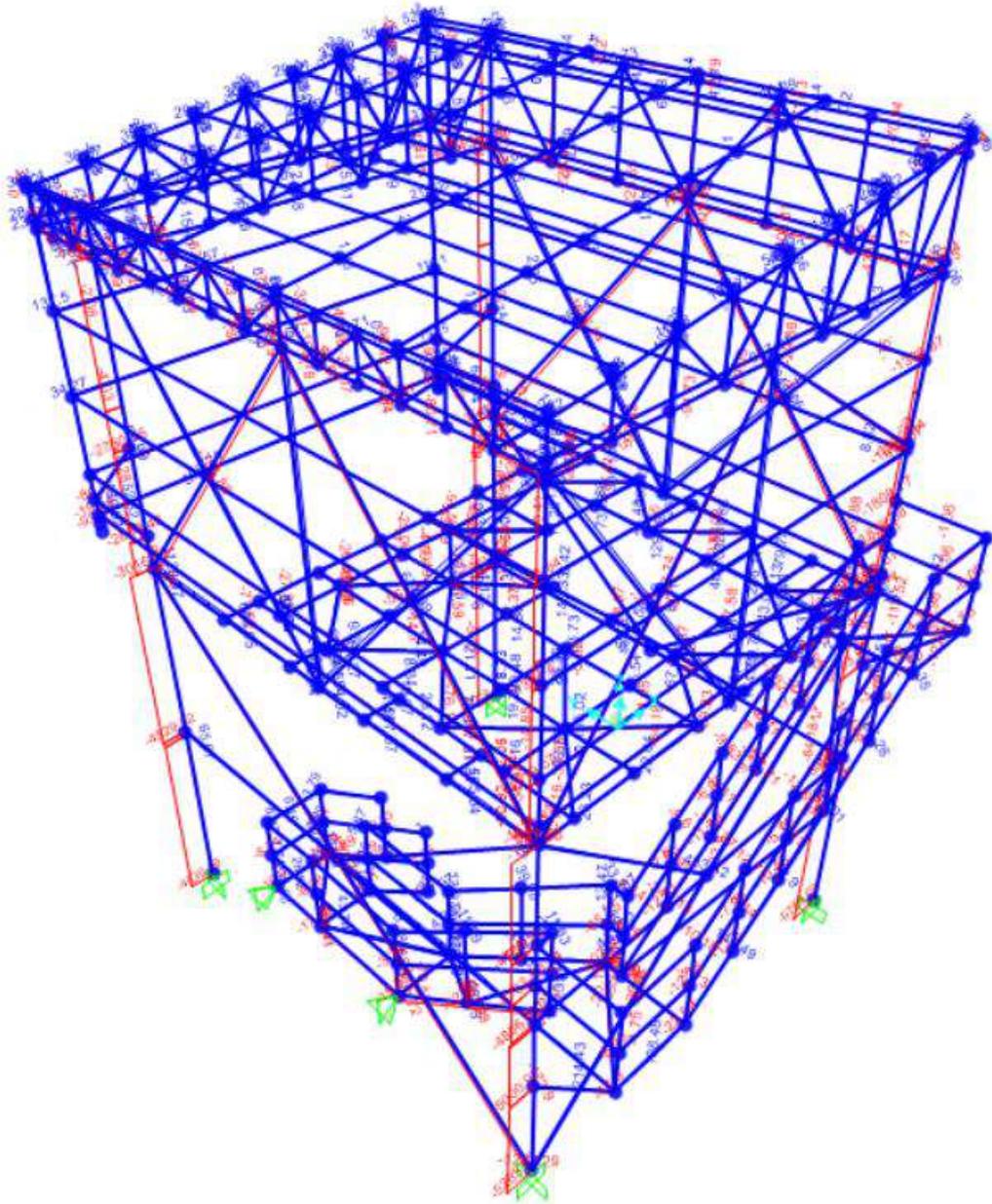
Fuente: Elaboración propia.

Se muestra a continuación las ratios de capacidad de la estructura, los mismos que tienen que ser menores a 1.0; si fuera mayor que 1.0, estos elementos estarían por encima de su capacidad y habría que rediseñar el elemento.

**“LA ESTRUCTURA CUMPLE CON LAS CONDICIONES OPERATIVAS”**

Se muestra las fuerzas axiales de la estructura (Figura 84).

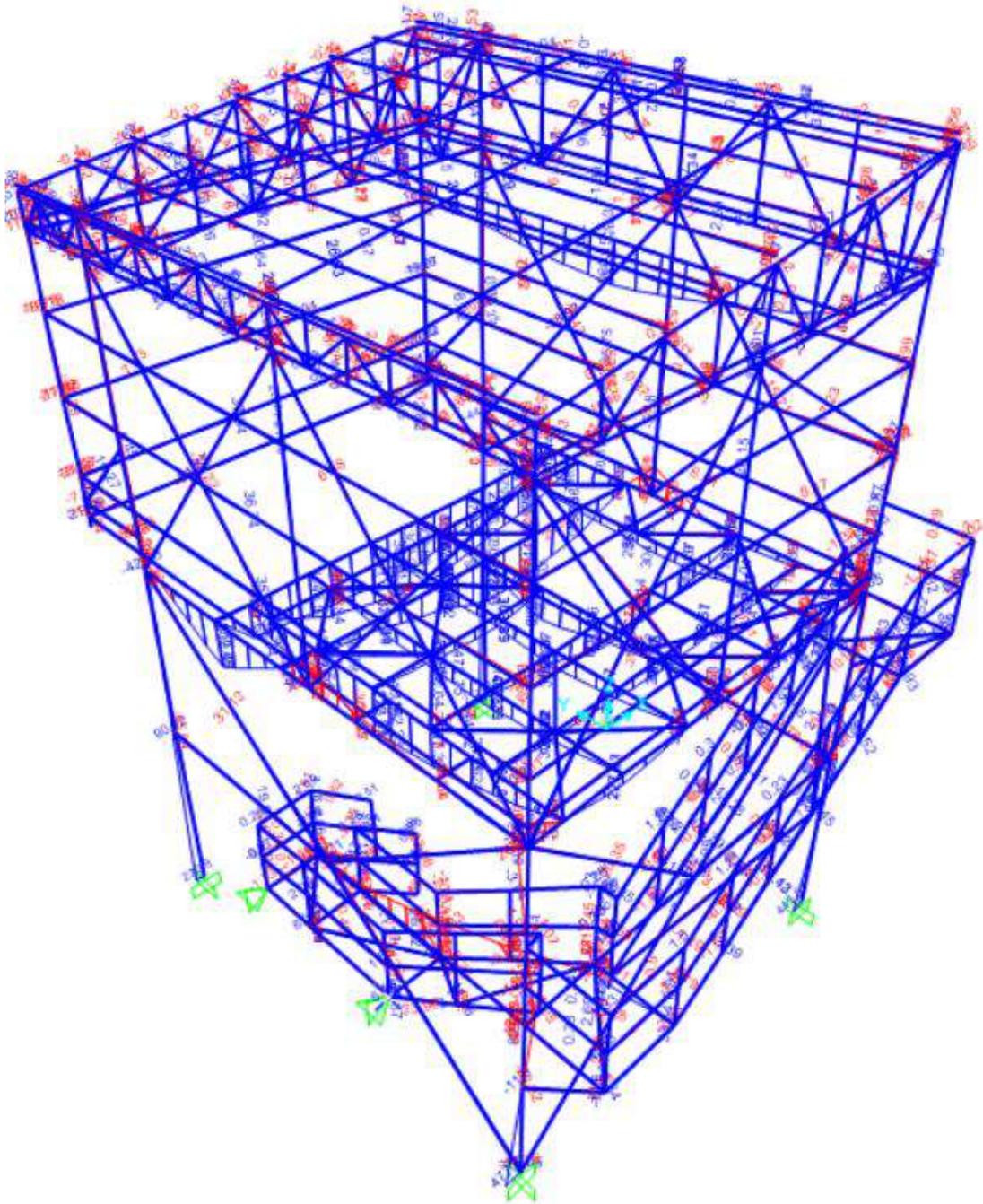
**Figura 84.** Análisis estructural fuerzas axiales SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra los momentos en la estructura (Figura 85).

**Figura 85.** Análisis estructural momentos SAP2000.



Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO V**

### **CRONOGRAMA**

El cronograma es una manera de determinar el tiempo de todos los procesos y acciones necesarias para poder realizar un proyecto. Establece el grado de avance y eficiencia del equipo el cual van a seguir un orden o secuencia de trabajo para lograr el objetivo.

Esta herramienta de trabajo puede ser monitoreada por la CURVA **S** que parte del cronograma vigente y el presupuesto inicial y que se va actualizando según el avance del proyecto, cuyo objetivo es detectar desviaciones existentes para poder corregirlas.

#### **5.1 Ventajas**

- Determinar todas las actividades necesarias para hacer realidad los objetivos.
- Priorizar para determinar un orden lógico.

- Establecer los tiempos y asignar responsabilidades en el equipo de trabajo.
- Analizar qué recursos se necesitan para realizar la actividad.
- Establecer la relación o dependencia entre las diferentes actividades (tareas que no empiezan hasta que otras finalizan y las que no pueden finalizar hasta que otra comience).
- Permite estar seguro de que se está avanzando en el logro de las metas.
- Análisis de las actividades.

A continuación, se presenta el cronograma proyectado para el proyecto de cianuro de sodio.

## 5.2 Ingeniería de Proyecto

El cuadro 03 muestra las tareas de la investigación de ingeniería y desarrollo del mismo, duración en días de la tarea programada como la fecha del comienzo y fin de la tarea.

**Cuadro 03.** Ingeniería del Proyecto

<b>PROYECTO CIANURO DE SODIO U.O. INMACULADA</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DÍAS</b>	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>
<b>1. Ingeniería del Proyecto</b>			
Inspección de campo	03	08/04/2018	10/04/2018
Recorrido del proyecto	01	11/04/2018	11/04/2018
Ingeniería base del proyecto	04	12/04/2018	15/04/2018
Cálculo estructural del proyecto	04	16/04/2018	19/04/2018
Memoria de cálculo y presupuesto	04	20/04/2018	23/04/2018
Aprobación del Proyecto	01	15/05/2018	15/05/2018
Orden de compra del 1er lote de material	04	16/05/2018	19/05/2018
Llegada del material al taller (1er lote)	01	21/05/2018	21/05/2018
Orden de compra del 2do lote de material	04	26/05/2018	29/05/2018
Llegada del material al taller (2do lote)	01	30/05/2018	30/05/2018

Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Fabricación del Proyecto

El cuadro 04 muestra las tareas para la fabricación, la secuencia de trabajos y el tiempo que se estima para cada labor y grupo de trabajo.

**Cuadro 04.** Fabricación del Proyecto

<b>PROYECTO CIANURO DE SODIO U.O. INMACULADA</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DÍAS</b>	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>
<b>2. Fabricación del Proyecto</b>			
Reclutamiento de personal	05	14/05/2018	18/05/2018
<b>A. Fabricación de la estructura</b>	31	22/05/2018	23/06/2018
Fabricación de las columnas (1G)	04	22/05/2018	25/05/2018
Fabricación de las vigas (2G)	06	22/05/2018	27/05/2018
Fabricación de los arriostres (1G)	07	26/05/2018	02/06/2018
Fabricación de la plataforma (2G)	11	28/06/2018	08/06/2018
Fabricación de las armaduras (1G)	07	03/06/2018	10/06/2018
Fabricación de la viga carrilera (2G)	02	09/06/2018	11/06/2018
Fabricación del grating (1G)	07	11/06/2018	18/06/2018
Fabricación de las correas (2G)	07	12/06/2018	19/06/2018
Fabricación de barandas (1G,2G)	06	19/06/2018	23/06/2018
Pintura de la estructura	10	13/06/2018	23/06/2018
<b>B. 1er Transporte de la estructura</b>	04	11/06/2018	15/06/2018
<b>C. 2do Transporte de la estructura</b>	04	24/06/2018	27/06/2018

Fuente: Elaboración propia.

### 5.4 Montaje del Proyecto

El cuadro 05 muestra las tareas para el montaje, la secuencia de labores y el tiempo que se estima para cada labor y grupo de trabajo.

**Cuadro 05.** Montaje del Proyecto.

<b>PROYECTO CIANURO DE SODIO U.O. INMACULADA</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DÍAS</b>	<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>
<b>3. Montaje del Proyecto</b>			
Reclutamiento de personal	05	05/06/2018	09/06/2018
<b>A. Transporte del personal a obra</b>	01	14/06/2018	14/06/2018
<b>B. Desmontaje de la estructura existente</b>	04	15/06/2018	18/06/2018

Desmontaje de vigas (1G)	03	15/06/2018	17/06/2018
Desmontaje de TR-4 (1G)	01	18/06/2018	18/06/2018
<b>C. Montaje de la estructura</b>	17	15/06/2018	01/07/2018
Montaje de columnas (2G)	02	15/06/2018	16/06/2018
Montaje de vigas (2G)	03	17/06/2018	19/06/2018
Montaje de plataforma (1G)	04	19/06/2018	22/06/2018
Montaje de armaduras (2G)	02	20/06/2018	21/06/2018
Montaje de grating (2G)	02	22/06/2018	23/06/2018
Montaje de escaleras y barandas (2G)	02	24/06/2018	25/06/2018
Montaje de chute de descarga (1G)	01	23/06/2018	23/06/2018
Montaje de extractor de polvo (1G)	01	24/06/2018	24/06/2018
Montaje de la viga carrilera (1G)	01	25/06/2018	25/06/2018
Montaje del teclé electrónico (1G)	01	26/06/2018	26/06/2018
Montaje de coberturado (2G, 1G)	06	26/06/2018	1/07/2018
<b>D. Pruebas estructurales y alimentación</b>	02	02/07/2018	03/07/2018
Protocolos de la estructura	02	02/07/2018	03/07/2018
<b>E. Entrega de obra</b>	01	04/07/2018	04/07/2018
Entrega de documentación de proyecto	01	04/07/2018	04/07/2018
Entrega de dossier, protocolos, etc.	01	04/07/2018	04/07/2018

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO VI

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

Se detallará a continuación la evaluación económica necesaria total para la compra del material, consumibles, fabricación y montaje de la estructura metálica; todo en precio de dólares.

#### 6.1 Evaluación económica para la compra del material de la estructura

Para la fabricación de la estructura se ah considera perfiles que se pueden obtener en el mercado, para el cual se ha desarrollado un metrado con el cual se puede estimar la cantidad y longitudes de los materiales a comprar para la fabricación (Cuadro 06).

**Cuadro 06.** Detalles de los materiales, dimensiones y precios.

DESCRIPCIÓN	LONG.	CANT.	PRECIO C/U	TOTAL
W16X40	9 m.	04	430.90	1 723.60
W12X30	9 m.	02	323.18	646.36
W12X30	6 m.	04	215.45	861.80
W10X22	9 m.	15	236.985	3 554.77
WT5X15	6 m.	30	107.73	3 231.90

WT5X15	9 m.	08	161.62	1 292.96
W6X15	6 m.	03	107.73	323.19
W8X18	6 m.	07	145.36	1 017.52
4X4X1/4	6 m.	03	60.3	180.90
WT6X20	6 m.	06	143.635	861.81
W18x46	12 m.	01	660.72	660.72
L3x3x1/4	6 m.	14	21.81	305.34
L2.5x2.5	6 m.	10	16.12	161.20
Planchas 1500x6000x3mm + plegados	6 m.	14	158.73	2 722.22
Plancha de 1200x2400x6mm	2.4 m.	02	160.52	321.04
Plancha de 1200x2400x12mm	2.4 m.	02	318.52	637.04
Canal C escalera	6 m.	43	63	2 709.00
Tubos 1 1/4 sch 40 + codos	6 m.	40	37.56	2 002.40
Fierro liso 3/8	6 m.	80	1.9	152.00
Fierro liso 1/2	6 m.	25	3.2	80.00
Platina 1 1/4x	6 m.	389	4.71	1 832.19
Pernería	--	--	--	1 100.18
TR-4 traslucido	7.2 m.	231.70	8.47	1 962.50
TR-4	9.0 m.	137.40	18.76	2 577.62
Pinturas Epoxicas	--	928.00	54.87	1 551.13
Arenado 928	--	411.30	2.74	1 126.82
Otros	--	--	--	250.00
			<b>Total, US\$</b>	<b>33 846.22</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 6.2 Evaluación económica de consumibles para la fabricación

Los consumibles necesarios para la fabricación comprenden el siguiente cuadro:

**Cuadro 07.** Consumibles para la fabricación.

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	PRECIO C/U	PRECIO TOTAL
Soldadura Supercito	5 Kg.	75	4.57	342.99
Soldadura Cellocord	5 Kg.	45	4.42	198.93
EPP (guantes, lentes, máscaras, mamelucos, etc.)	Unid.	15	61.14	917.17
Discos de corte para metal	Unid.	48	2.28	109.76
Discos de desbaste para metal	Unid.	48	2.43	117.07

Discos de cepillo para limpieza metálica	Unid.	24	1.90	45.73
Trapo industrial y waipe	Kg.	15	3.45	51.82
Thiner acrílico	Gal.	15	5.48	82.32
Tizas, marcadores y otros	Unid.	10	5.48	54.87
Oxígeno y acetileno	Unid.	02	195.17	390.35
			<b>Total, US\$</b>	<b>2 311.01</b>

Fuente: Elaboración propia.

Alquiler del transporte de la estructura hacia el arenado, grúas, montacargas.

Transporte grúa **US\$. 704.26**

Transporte montacarga **US\$. 213.41**

### 6.3 Evaluación económica de mano de obra de fabricación

La mano de obra comprende la contratación de personal capacitado y especializado en sus diferentes oficios.

**Cuadro 08.** Mano de obra.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD PERSONAL	COSTO US\$.
Supervisor	01	951.22
Capataz	01	792.68
Operario mecánico armador	02	1 268.29
Soldador homologado	02	1 268.29
Oficial	03	3 109.76
Ayudante	03	1 396.34
Pintor	02	2 268.29
<b>Total, US\$.</b>		<b>11 054.87</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 6.4 Evaluación económica de montaje de la estructura

Para el análisis de la evaluación de montaje, se considera los siguientes puntos:

#### 6.4.1 Transporte de la Estructura, Manlift y Personal

La estructura y el personal debe transportarse desde el taller hasta la U.O. Inmaculada.

- Transporte de la estructura se realizará en dos camiones con una capacidad de 15 Ton por 9.0 metros de longitud de la plataforma.

Transporte por 02 camiones total **US\$. 4 268.29**

- Transporte de la grúa Manlift por medio de un camión con una capacidad 8.0 Ton. con 6.0 metros de longitud de la plataforma.

Transporte por 01 camión total **US\$. 1 524.39**

- Transporte del personal se realiza vía terrestre por minivanes en el cual se incluye el consumo de combustible y viáticos.

Trasporte por minivanes y camionetas total **US\$. 182.92**

Viáticos del personal de mano de obra total **US\$. 99.08**

#### **6.4.2 Evaluación económica del alquiler de la grúa Manlift**

Se optará por el alquiler de la grúa Manlift para una mayor seguridad de los trabajadores y facilitar el montaje de la estructura.

Alquiler de la grúa Manlift 01 total **US\$ 5 757.78**

#### **6.4.3 Evaluación económica de mano de obra de montaje**

La mano de obra de montaje comprende la contratación de personal capacitado, cada uno especializado en sus diferentes ramas.

**Cuadro 09.** Mano de obra de montaje.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT. PERSONAL</b>	<b>COSTO US\$.</b>
Ing. Supervisor Residente	01	1 371.95
Ing. Supervisor de Seguridad	01	1 067.07
Ing. Supervisor Junior	01	762.20
Logística	01	762.20
Capataz montajista	01	1 006.10
Operario mecánico	05	2 743.90
Soldadores	02	1 829.27
Oficial mecánico	04	1 829.27

Almacenero	01	548.78
Operador Manlift	01	1 006.10
	<b>Total, US\$.</b>	<b>15 365.86</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.4.4 Evaluación económica de consumibles y Epps

Los principales consumibles usados en el montaje son los siguientes:

**Cuadro 10.** Principales consumibles en montaje.

DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	PRECIO C/U	COSTO US\$.
Guantes de montaje	Unid.	24	2.44	58.54
Guantes de soldador	Unid.	04	5.49	21.95
Traje de cuero de soldador	Unid.	03	36.59	109.76
Lentes de seguridad	Unid.	24	2.74	65.85
Tapones auditivos	Unid.	24	0.76	18.29
Cascos de seguridad	Unid.	15	8.23	123.48
Mamelucos	Unid.	26	27.44	713.41
Zapatos de seguridad	Unid.	13	22.87	297.26
Respirador de silicona	Unid.	15	21.34	320.12
Tyvek	Unid.	24	1.83	43.90
Mascara de soldar	Unid.	04	5.49	21.95
Caretas de seguridad	Unid.	24	0.91	21.95
Soldadura Supercito	Kg.	15	4.57	68.60
Soldadura Cellocord	Kg.	15	4.42	66.31
Discos de desbaste	Unid.	24	2.44	58.54
Discos de corte	Unid.	24	2.29	54.88
Disco de cepillo metálico	Unid.	12	2.13	25.61
Pintura epóxica	Gal.	03	54.88	164.63
Trapo industrial	Kg.	20	5.18	103.66
Thiner acrílico	Gal.	06	16.46	98.78
Tizas y marcadores	Unid.	12	2.13	25.61
Otros	--	--	--	30.49
			<b>Total, US\$.</b>	<b>2 513.57</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 6.5 Resumen de la evaluación económica del Proyecto

- Evaluación económica de fabricación
  - Materiales de fabricación US\$. 33 846.23
  - Consumibles de fabricación US\$. 2 311.01
  - Alquiler de grúas y montacargas US\$. 917.68
  - Mano de obra de fabricación US\$. 11 054.87
- Evaluación económica de montaje
  - Trasporte de la estructura y Manlift US\$ 5 792.68,
  - Transporte de personal US\$ 282.00
  - Alquiler de Manlift US\$ 5 757.78
  - Mano de obra de montaje US\$ 15 365.86
  - Consumibles en montaje US\$ 2 513.57

## 6.6 Costo Total del proyecto de cianuro de sodio

**Cuadro 11.** Presupuesto total del Proyecto.

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO</b>
Presupuesto por fabricación	48 129.79
Presupuesto por montaje	29 711.89
Gastos administrativos e indirectos (07%)	5 448.92
<b>Total, US\$. sin IGV.</b>	<b>83 290.60</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 6.7 Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN).

- **Inversión Inicial (I<sub>0</sub>)**

US\$ 98 282.91

- **Flujo Efectivo Neto ( $F_t$ )**

AÑOS	VALOR
1	US\$ 29 268.29
2	US\$ 29 268.29
3	US\$ 29 268.29
4	US\$ 29 268.29
5	US\$ 29 268.29

- **Tasa de Interés ( $k$ )**

9% de tasa de interés (0.09)

**Fórmula de VAN**

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

**VAN = US\$ 15 560.54**

**6.8 Tasa Interna de Retorno (TIR)**

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es el punto en el cual el VAN se hace cero. El TIR será el punto donde esa inversión cruce el eje de abscisas, que es el lugar donde el VAN es igual a cero.

La tasa interna de retorno nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento. El principal problema radica en su cálculo, ya que el número de periodos dará el orden de la ecuación a resolver. Para resolver este problema, se puede acudir a diversas aproximaciones, utilizar una calculadora financiera o un programa informático.

**Fórmula de TIR**

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

**TIR = 15%**

## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** El diseño estructural de acero propuesto cumple con optimizar las condiciones de alimentación de cianuro de sodio, de tal manera que puede montarse sin la necesidad de paradas hasta su puesta en marcha.
- SEGUNDA:** Por la optimización realizada al tanque 3510-TK-001, se reduce el tiempo de alimentación promedio de 25 a 12 minutos (de 8 a 4 horas aproximadamente).
- TERCERA:** La nueva estructura permite mejorar las condiciones de seguridad del personal y riesgos contra la salud ocasionados por el cianuro.
- CUARTA:** Se mejora las condiciones de suministro de cianuro de sodio al implementar un teclé electrónico, un extractor de polvo y un chute de descarga con cuchillas.
- QUINTA:** La estructura cumple con las normas peruanas NTE E 0.20 y 0.90 de diseño y cálculo estructural que nos permite saber su capacidad en ratios.
- SEXTA:** La minera Unidad Operativa Inmaculada recepciono de manera satisfactoria la entrega del trabajo de investigación que contribuye a mejorar sus estándares de calidad.

## RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Realizar los planos de fabricación en base a los datos de ingeniería base; los planos deben tener los detalles de fabricación con su codificación y la ubicación de los diferentes elementos en la estructura.
- SEGUNDA:** Para la fabricación de la estructura, se deberá tener personal calificado así como el personal de soldadores debidamente homologados que labore bajo las normas de seguridad para así sustentar la calidad del proyecto de investigación.
- TERCERA:** El personal de montaje deberá considerar las correcciones o modificaciones que se realicen el montaje por algún error o porque es difícil montar alguna parte de la estructura.
- CUARTA:** La generación de polvo de cianuro de sodio es dañina para la salud; aunque se logre disminuir el polvo generado, aún habrá partículas generadas en el ambiente por lo cual aún se deberá mantener la seguridad correspondiente.
- QUINTA:** Realizar el mantenimiento periódicamente al teclé electrónico como también el mantenimiento anual de la estructura que generalmente son pinturas epóxicas.

## BIBLIOGRAFÍA

- American Institute of Steel Construction AISC - Especificación for Structural Steel Buildings.
- Norma Técnica de Edificación E 0.20 Cargas – Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Norma Técnica de Edificación E 0.90 Estructuras Metálicas – Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Structural Software for Analysis and Desing – CSI SAP2000
- William T. Segui - Diseño de Estructuras de Acero con LRDF Segunda Edición, Internacional Thomson Editores.
- Pascual Urban Brotons - Construcción de Estructuras Metálicas Cuarta Edición, Editorial Club Universitario.
- American Welding Society AWS D1.1 – Comité D1 De Soldadura Estructural.

## ANEXOS Y PLANOS

### 9.1 Norma NTE E 0.20

#### NORMA E.020

##### CARGAS

##### CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

###### Artículo 1.- ALCANCE

Las edificaciones y todas sus partes deberán ser capaces de resistir las cargas que se les imponga como consecuencia de su uso previsto. Estas actuarán en las combinaciones prescritas y no deben causar esfuerzos ni deformaciones que excedan los señalados para cada material estructural en su norma de diseño específica.

En ningún caso las cargas empleadas en el diseño serán menores que los valores mínimos establecidos en esta Norma.

Las cargas mínimas establecidas en esta Norma están dadas en condiciones de servicio.

Esta Norma se complementa con la NTE E.030 Diseño Sismorresistente y con las Normas propias de diseño de los diversos materiales estructurales.

### 9.1.1 Cargas Vivas

#### CAPÍTULO 3 CARGA VIVA

##### Artículo 6.- CARGA VIVA DEL PISO

###### 6.1 Carga Viva Mínima Repartida.

Se usará como mínimo los valores que se establecen en la Tabla 1 para los diferentes tipos de ocupación o uso, valores que incluyen un margen para condiciones ordinarias de impacto. Su conformidad se verificará de acuerdo a las disposiciones en Artículo 6 (6.4).

- Cuando la ocupación o uso de un espacio no sea conforme con ninguno de los que figuran en la Tabla 1, el proyectista determinará la carga viva justificándola ante las autoridades competentes.
- Las cargas vivas de diseño deberán estar claramente indicadas en los planos del proyecto.

**TABLA 1  
CARGAS VIVAS MÍNIMAS REPARTIDAS**

OCUPACIÓN O USO	CARGAS REPARTIDAS kPa (Kgf/m <sup>2</sup> )
Industria	Ver 6.4

#### 6.4 Conformidad

Para determinar si la magnitud de la carga viva real es conforme con la carga viva mínima repartida, se hará una aproximación de la carga viva repartida real promediando la carga total que en efecto se aplica sobre una región rectangular representativa de 15 m<sup>2</sup> que no tenga ningún lado menor que 3,00 m.

### 9.1.2 Carga Viva del Techo

#### Artículo 7.- CARGA VIVA DEL TECHO

Se diseñarán los techos y las marquesinas tomando en cuenta las cargas vivas, las de sismo, viento y otras prescritas a continuación.

#### 7.1 Carga Viva.- Las cargas vivas mínimas serán las siguientes:

- d) Para techos con coberturas livianas de planchas onduladas o plegadas, calaminas, fibrocemento, material plástico, etc., cualquiera sea su pendiente, 0,30 kPa (30 kgf/m<sup>2</sup>), excepto cuando en el techo pueda haber acumulación de nieve, en cuyo caso se aplicará lo indicado en el Artículo 11.

#### Artículo 11.- CARGAS DE NIEVE

##### 11.1 GENERALIDADES

La estructura y todos los elementos de techo que estén expuestos a la acción de carga de nieve serán diseñados para resistir las cargas producidas por la posible acumulación de la nieve en el techo. La sobrecarga de nieve en una superficie cubierta es el peso de la nieve que, en las condiciones climatológicas más desfavorables, puede acumularse sobre ella.

##### 11.2 CARGA BÁSICA DE NIEVE SOBRE EL SUELO (Q<sub>s</sub>)

Para determinar este valor, deberá tomarse en cuenta las condiciones geográficas y climáticas de la región donde se ubicará la estructura. La carga básica se establecerá de un análisis estadístico de la información disponible en la zona, para un período medio de retorno de 50 años (probabilidad anual del 2% de ser excedida).

El valor mínimo de la carga básica de nieve sobre el suelo (Q<sub>s</sub>) será de 0,40 kPa (40kgf/m<sup>2</sup>) que equivalen a 0,40 m de nieve fresca (peso específico de 1 kN/m<sup>3</sup> (100 kgf/m<sup>3</sup>)) o a 0,20 m de nieve compactada (peso específico de 2 kN/m<sup>3</sup> (200 kgf/m<sup>3</sup>)).

##### 11.3 CARGA DE NIEVE SOBRE LOS TECHOS (Q<sub>t</sub>)

- a) Para techos a una o dos aguas con inclinaciones menores o iguales a 15° (pendiente ≤ 27%) y para techos curvos con una relación flecha/luz ≤ 0,1 o ángulo vertical menor o igual a 10° (calculado desde el borde hasta el centro) la carga de diseño (Q<sub>T</sub>), sobre la proyección horizontal, será:

$$Q_t = Q_s$$

### 9.1.3 Cargas Vivas Móviles

#### Artículo 9.- CARGAS VIVAS MÓVILES

##### 9.1 Generalidades

Se considerará que las cargas establecidas en el Artículo 6 (6.1) y Artículo 7 (7.1), incluyen un margen para las condiciones ordinarias de impacto.

##### 9.6 Tecles Monorrieles

###### a) Cargas Verticales

La carga vertical será la suma de la capacidad de carga y el peso del tecla. Para tomar en cuenta el impacto, la carga vertical se aumentará en 10 % para tecles manuales y en 25 % para tecles eléctricos.

### 9.1.4 Cargas de Viento

#### Artículo 12.- CARGAS DEBIDAS AL VIENTO

##### 12.1 GENERALIDADES

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

##### 12.2 CLASIFICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES

**Tipo 1.** Edificaciones poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento, tales como edificios de poca altura o esbeltez y edificaciones cerradas con cobertura capaz de soportar las cargas sin variar su geometría. Para este tipo de edificaciones se aplicará lo dispuesto en los Artículos 12 (12.3) y 12 (12.4).

##### 12.3 VELOCIDAD DE DISEÑO

La velocidad de diseño del viento hasta 10 m de altura será la velocidad máxima adecuada a la zona de ubicación de la edificación (Ver Anexo 2) pero no menos de 75 Km/h. La velocidad de diseño del viento en cada altura de la edificación se obtendrá de la siguiente expresión.

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

Donde:

$V_h$  : es la velocidad de diseño en la altura h en Km/h

$V$  : es la velocidad de diseño hasta 10 m de altura en Km/h

$h$  : es la altura sobre el terreno en metros

#### 12.4 CARGA EXTERIOR DE VIENTO

La carga exterior (presión o succión) ejercida por el viento se supondrá estática y perpendicular a la superficie sobre la cual se actúa. Se calculará mediante la expresión:

$$P_h = 0.005 C V_h^2$$

Donde:

$P_h$  : presión o succión del viento a una altura  $h$  en  $\text{Kg/m}^2$

$C$  : factor de forma adimensional indicado en la Tabla 4

$V_h$  : velocidad de diseño a la altura  $h$ , en  $\text{Km/h}$ , definida en el Artículo 12 (12.3)

**TABLA 5.4**  
**FACTORES DE FORMA (C) \***

CONSTRUCCIÓN	BARLOVENTO	SOTAVENTO
Superficies verticales de edificios	+0.8	-0.6
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en la dirección del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas, y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda $45^\circ$	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a $15^\circ$ o menos	+0.3	-0.6
	-0.7	
Superficies inclinadas entre $15^\circ$ y $60^\circ$	+0.7 -0.3	-0.6
Superficies inclinadas entre $60^\circ$ y la vertical	+0.8	-0.6
Superficies verticales o inclinadas (planas o curvas) paralelas a la dirección del viento	-0,7	-0,7

\* El signo positivo indica presión y el negativo succión.

#### 12.5 CARGA INTERIOR DE VIENTO

Para el diseño de los elementos de cierre, incluyendo sus fijaciones y anclajes, que limitan en cualquier dirección el nivel que se analiza, tales como paneles de vidrio, coberturas, alféizares y elementos de cerramiento, se adicionará a las cargas exteriores calculadas según el Artículo 12 (12.4), las cargas interiores (presiones y succiones) calculadas con los factores de forma para presión interior de la Tabla 5.

**TABLA 5**  
**FACTORES DE FORMA PARA DETERMINAR CARGAS ADICIONALES EN ELEMENTOS DE CIERRE (C)**

A B E R T U R A S		
Uniforme en lados a barlovento y sotavento	Principales en lado a barlovento	Principales en lado a sotavento o en los costados
$\pm 0,3$	+0,8	-0,6

### 9.1.5 Distribución de Cargas

#### CAPÍTULO 5 DISTRIBUCION Y COMBINACIÓN DE CARGAS

##### Artículo 17.- DISTRIBUCIÓN DE CARGAS VERTICALES

La distribución de cargas verticales a los elementos de soporte se establecerá sobre la base de un método reconocido de análisis elástico o de acuerdo a sus áreas tributarias. Se tendrá en cuenta el desplazamiento instantáneo y diferido de los soportes cuando ellos sean significativos.

##### Artículo 18.- DISTRIBUCIÓN DE CARGAS HORIZONTALES

- 18.1 Se supondrá que las cargas horizontales sobre la estructura son distribuidas a las columnas, pórticos y muros por los sistemas de pisos y techo que actúan como diafragmas horizontales. La proporción de la carga horizontal total que resistirá cualquier columna, pórtico o muro se determinará sobre la base de su rigidez relativa, considerando la excentricidad natural y accidental de la carga aplicada.

### 9.1.6 Anexos E 0.20

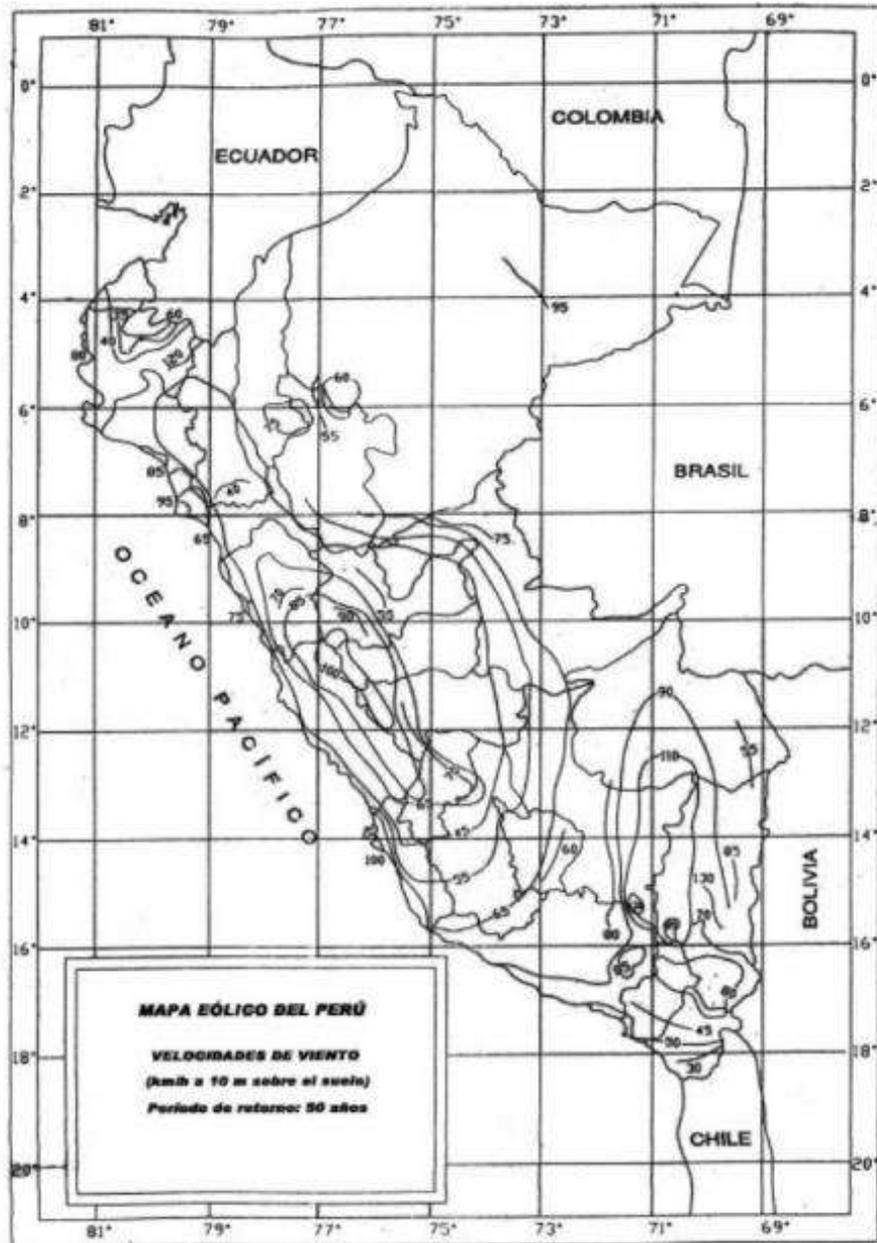
#### ANEXO 1 PESOS UNITARIOS

MATERIALES	PESO kN/m <sup>3</sup> (Kg/m <sup>3</sup> )
<b>Metales:</b>	
Acero	78,5 (7850)
Aluminio	27,5 (2750)
Bronce	85,0 (5000)
Cobre	89,0 (8900)
Estaño	74,0 (7400)
Fundición	72,5 (7250)
Hierro dulce	78,0 (7800)
Latón	85,0 (8500)
Mercurio	136,0 (13600)
Níquel	90,0 (9000)
Plomo	114,0 (11400)
Zinc	69,0 (6900)

## ANEXO 2 MAPA EÓLICO DEL PERÚ

Este mapa sirve de guía, para establecer las velocidades básicas del viento en la zona donde se ubica la estructura, se debe tener en cuenta la variabilidad debida a las condiciones locales (topográficas, climáticas).

Si hubiera mediciones confiables en la zona en cuestión, podrá adoptarse la velocidad proveniente del estudio.



## 9.2 Norma NTE E 0.90

### NORMA E.090

#### ESTRUCTURAS METÁLICAS

#### CAPÍTULO 1 CONSIDERACIONES GENERALES

### 1.1 ALCANCE

Esta Norma de diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para edificaciones acepta los criterios del método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD) y el método por Esfuerzos Permisibles (ASD).

Su obligatoriedad se reglamenta en esta misma Norma y su ámbito de aplicación comprende todo el territorio nacional.

Las exigencias de esta Norma se consideran mínimas.

### 9.2.1 Material

### 1.3 MATERIAL

#### 1.3.1 Acero Estructural

##### 1.3.1a Designaciones ASTM

Bajo esta Norma se aprobará el uso del material que cumpla algunas de las siguientes especificaciones:

- Acero estructural, ASTM A36 ( AASHTO M270 Grado 36)

##### 1.3.4 Pernos de Anclaje y Varillas Roscadas

Los pernos de anclaje y varillas roscadas cumplirán una de las siguientes especificaciones estándar:

- Acero estructural, ASTM A36.

##### 1.3.5 Metal de Aporte y Fundente para el Proceso de Soldadura

Los electrodos y fundentes para soldadura cumplirán con algunas de las siguientes especificaciones de la American Welding Society (AWS):

- Especificación para electrodos de acero al carbono para soldadura de arco protegido, AWS A5.1.

##### 1.3.6 Conectores de Pernos de Cortante

Los conectores de pernos de cortante de acero cumplirán los requisitos de la Norma Structural Welding Code - Steel, AWS D1.1.

La certificación del fabricante constituirá suficiente evidencia de conformidad con la Norma.

## 9.2.2 Cargas y Combinaciones de Carga

### 1.4 CARGAS Y COMBINACIONES DE CARGA

Las cargas nominales serán las cargas mínimas de diseño establecidas en la Norma E.020 Cargas.

#### 1.4.1 Cargas, Factores de Carga y Combinación de Cargas

Las siguientes cargas nominales deben ser consideradas:

$D$  : Carga muerta debida al peso propio de los elementos y los efectos permanentes sobre la estructura.

$L$  : Carga viva debida al mobiliario y ocupantes.

$L_r$  : Carga viva en las azoteas.

$W$  : Carga de viento.

$S$  : Carga de nieve.

$E$  : Carga de sismo de acuerdo a la Norma E.030 Diseño Sismorresistente.

$R$  : Carga por lluvia o granizo.

La resistencia requerida de la estructura y sus elementos debe ser determinada para la adecuada combinación crítica de cargas factorizadas. El efecto crítico puede ocurrir cuando una o más cargas no estén actuando. Para la aplicación del método LRFD, las siguientes combinaciones deben ser investigadas:

$$1,4D \quad \text{[Cap. 1]}$$

$$1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \quad (1.4 -2)$$

$$1,2D + 1,6(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) + (0,5L \text{ ó } 0,8W) \quad (1.4 -3)$$

$$1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ ó } S \text{ ó } R) \quad (1.4 -4)$$

$$1,2D \pm 1,0E + 0,5L + 0,2S$$

$$0,9D \pm (1,3W \text{ ó } 1,0E)$$

## 9.2.3 Planos

### 1.7 DOCUMENTOS DE DISEÑO

#### 1.7.1 Planos

Los planos deben mostrar los detalles completos del diseño con secciones y la ubicación relativa de los diferentes elementos. Deben indicarse los niveles de entrepiso y los centros de columna. Los planos deben dibujarse en una escala lo suficientemente grande como para mostrar claramente toda la información.

Deben indicar el tipo o tipos de construcción definida en la Sección 1.2.2 y los detalles de todas las conexiones típicas. Donde las conexiones sean empornadas se indicará su tipo (aplastamiento, de deslizamiento crítico o de tracción).

## PERNOS

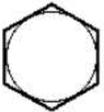
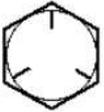
Cada estructura es un ensamblaje de partes o miembros individuales que deben ser unidos de alguna manera, usualmente en sus extremos por pernos.

La resistencia del perno está determinada por su diámetro y por el material del cual está hecho. Las dimensiones de los pernos estas descritos por su norma.

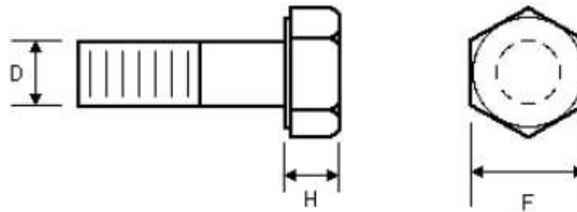
La resistencia y tipo de acero del perno están marcados en alto relieve en la cabeza de los pernos. Los pernos de la serie imperial (pulgadas) usados en mecánica están fabricados según la SAE, norma J429; mientras que los pernos usados en estructuras están fabricados según las normas de la ASTM.

- ASTM A325 and A490 (Pernos estructurales)

### Designaciones para pernos según ASTM

Grado SAE No.	Diámetros de		Resistencia a la tracción psi	Material	Marca
	mín.	máx.			
A307	1/4 1.5/8	1.1/2 4	60,000 55,000	Acero de poco carbono	
A325 Tipo 1	1/2 1.1/8	1 1.1/2	120,000 105,000	Acero con contenido mediano de carbono, bonificado y revenido	
A325 Tipo 2	1/2 1.1/8	1 1.1/2	120,000 105,000	Acero martensítico con pequeño contenido de carbono, bonificado y revenido	
A325 Tipo 3	1/2 1.1/8	1 1.1/2	120,000 105,000	Acero resistente al tiempo, bonificado y revenido	
A449	1/4 1.1/8 1.3/4	1 1.1/2 3	120,000 105,000 90,000	Acero con contenido mediano de carbono, bonificado y revenido	
A490 Tipo 1	1/4	1.1/2	150,000	Acero aleado, bonificado y revenido	
A490 Tipo 3	1/4	1.1/2	150,000	Acero resistente al tiempo, bonificado y revenido	

## Pernos estructurales



D	F	H
1/2	7/8	5/16
5/8	1.1/16	25/64
3/4	1.1/4	15/32
7/8	1.7/16	35/64
1	1.5/8	39/64
1.1/8	1.13/16	11/16
1.1/4	2	25/32
1.3/8	2.3/16	27/32
1.1/2	2.3/8	15/16
Todas las dimensiones en pulgadas		

## TORNILLO AUTOPERFORANTE

Los tornillos autoperforantes son un adelanto técnico que reemplazan eficazmente a un sin número de fijaciones, por ejemplo, tornillos para metal con tuerca, remaches, ganchos J para techos, tornillos para madera (tipo francés), tornillos Parker, etc. Un tornillo autoperforante realiza los cuatro pasos para fijar una pieza en sola UNA OPERACIÓN: PERFORA, ROSCA, FIJA Y APRIETA, comandado por una atornilladora.



El adelanto técnico consiste en haber desarrollado un producto, que fabricado con acero de baja calidad es capaz de reemplazar a una mecha de acero rápido, a una terraja de acero especial, y fijar eficazmente las piezas sin necesitar los tiempos de operación y los costos de las fijaciones convencionales.

Estos tornillos se fabrican con acero endurecido y recubierto contra la oxidación. Las cabezas, roscas y puntas se fabrican por deformación. SIN ARRANQUE DE VIRUTAS Esto produce una notoria economía de material, al que además debemos agregarle que se fabrican con alambres de menor diámetro que el final.

Los tornillos autoperforantes tienen punta aguja o mecha, según el espesor a perforar. Los tornillos TROMPETA PUNTA AGUJA se colocan sobre perfiles metálicos, y son tal vez los más exigidos ya que deben perforar una lámina metálica solo con la punta aguja y a la suficiente velocidad para que la punta no se queme sin llegar a producir la fijación. EL TIEMPO DE TEST DEBE SER DE 2 A 3 SEGUNDOS



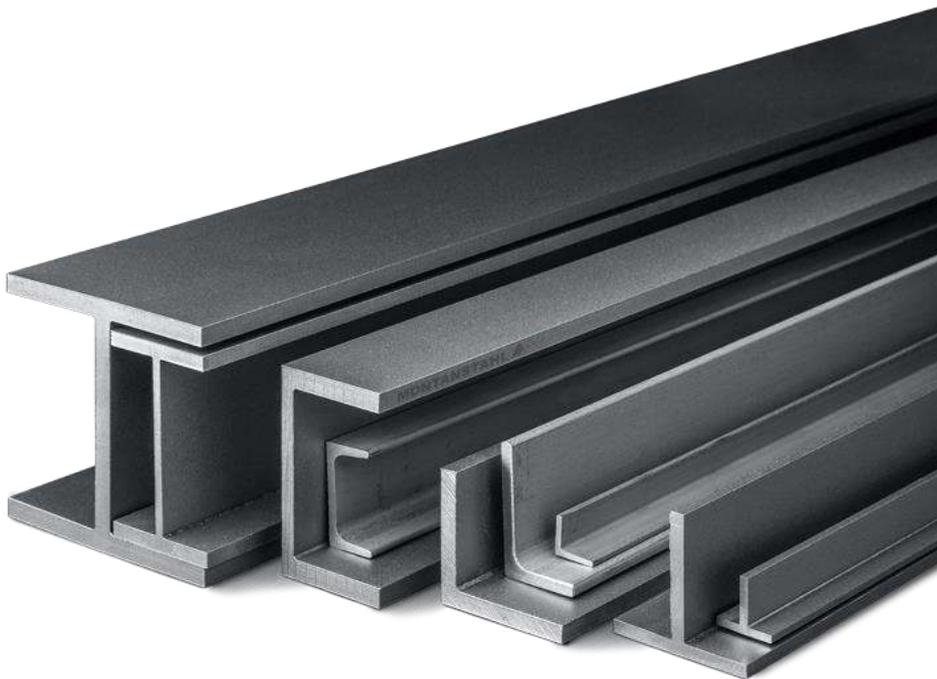
## PERFILES NORMA ASTM

Establece la designación de los materiales de acuerdo a su aplicación específica: uso para la construcción, fabricación de dispositivos médicos, aplicaciones eléctricas, magnéticas, etc.

Es la norma más utilizada internacionalmente para designar y regular la calidad de aceros de construcción y estructurales que comercialmente se ofrecen como productos terminados laminados: barras de construcción corrugadas y lisas, perfiles pesados, livianos y medianos, planchas y platinas.

La norma garantiza básicamente las propiedades mecánicas mínimas y soldabilidad de los aceros dado que el uso de estas está orientado a la industria de la construcción y estructuras metálicas diversas empernadas o soldadas.

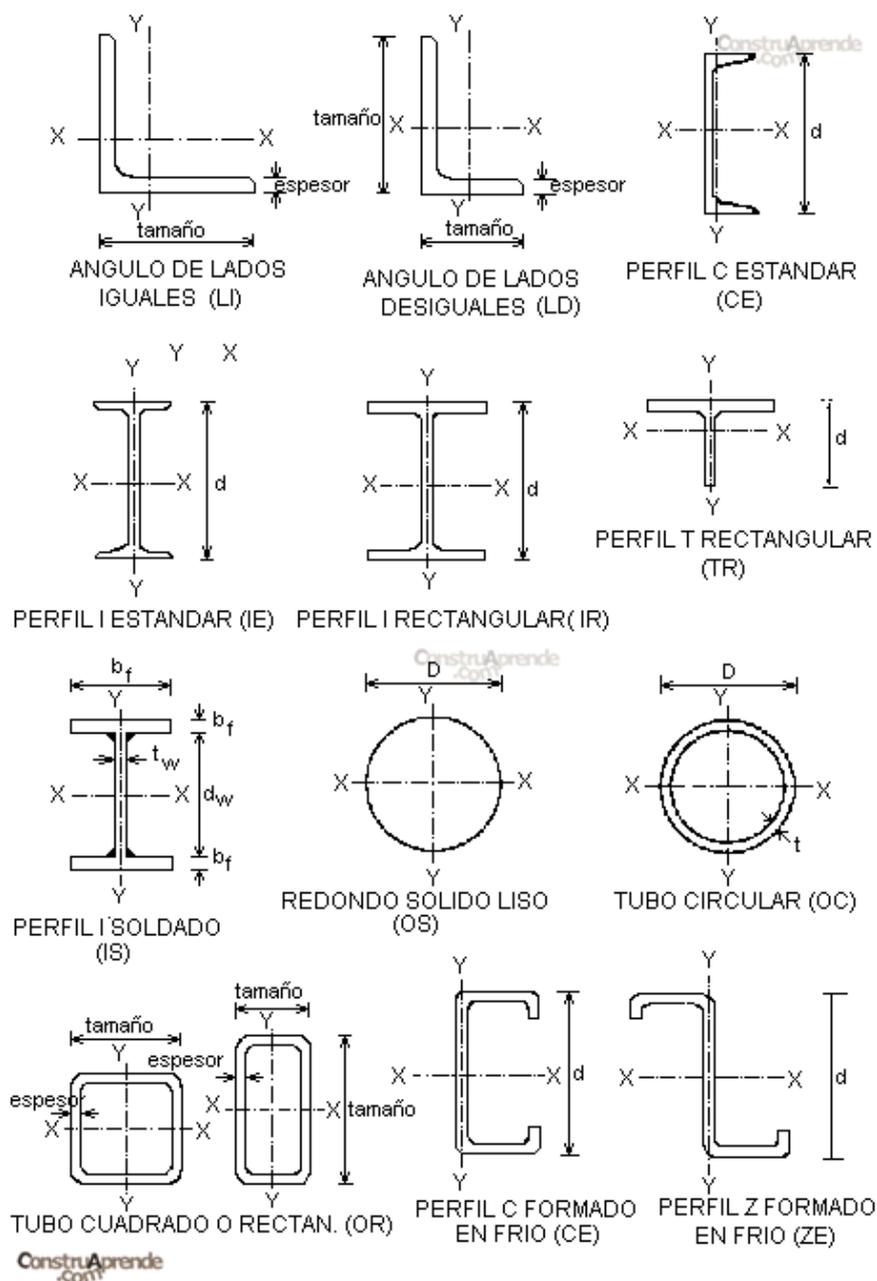
Los estándares publicados por ASTM emiten designaciones sistemáticas fijas para cada tipo de perfil de acero, con sus consiguientes especificaciones y requerimientos para ser utilizados por los fabricantes y usuarios de los aceros.



## TIPOS DE PERFILES DE ACEROS

Los perfiles de acero son un tipo de producto que se crean mediante la laminación en caliente del acero. El laminado igualmente como rolado, es un proceso industrial mediante el cual el grosor es un metal reducido mediante el uso de distintos procesos.

Los tipos de laminación se dividen en proceso en caliente y proceso en frío, el primero es utilizado mediante altas temperaturas y la presión de dos rodillos, facilitando la manipulación de los metales para que se cumplan ciertas especificaciones, y el segundo es un proceso por el cual el acero es enfriado mientras se realiza un laminado en caliente.





## TORNILLO AUTOPERFORANTE

### CAB. HEX. FLANGEADA S/G NEOPRENE CINCADO

#### CARACTERÍSTICAS

Cabeza	: Hexagonal
Ranura	: Sin Ranura
Material	: Acero
Terminación	: Cincado
Tipo de Punta	: #3
Espesor Máx a perforar	: #12 hasta 4.5 mm 14 hasta 5.6 mm
Aplicación	: Fijación de elementos metálicos de menor espesor, a perfiles, vigas, ganchos, etc.
Accesorio Requerido	: # 12 dado hex. 5/16" # 14 dado hex. 3/8"

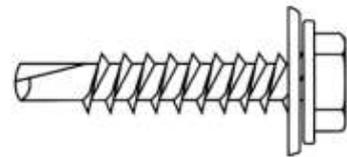


Diámetros	Largos
#12	3/4
#1/4	3/4

### CAB. HEX. CON GOLILLA DE NEOPRENE

#### CARACTERÍSTICAS

Cabeza	: Hexagonal
Ranura	: Sin Ranura
Material	: Acero
Terminación	: Cincado
Tipo de Punta	: #3
Espesor Máx a perforar	: # 10 hasta 3.6 mm # 12 hasta 4.5 mm # 14 hasta 5.6 mm
Aplicación	: Fijación de planchas metálicas a Costanera de acero, perfiles, vigas, etc
Accesorio Requerido	: # 10 dado hex. 5/16" # 12 dado hex. 5/16" # 14 dado hex. 3/8"



Diám.	Largos
#10	5/8;3/4;1
#12	3/4;1;1 1/4;1 1/2;2;1 1/2
1/4	3/4;1; 1 1/4; 1 1/2; 2; 2 1/2; 3; 3 1/2

## VALORES DE TORQUE NORMALES SUGERIDOS PARA ELEMENTOS DE SUJECIÓN INDUSTRIAL (SEGUN MANUAL DE TORQUE HAND TOOL DIVISION)

GRADOS Y MARCAS SODIPER	ESPECIFICACIÓN	TORQUE (lb-in)																											
		1/4"	5/16"	3/8"	7/16"	1/2"	9/16"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1-1/8"	1-1/4"	1-3/8"	1-1/2"														
 GRADO 2	ASTM A-307 GRADO A	8	085	11	1.52	19	2.63	30	4.15	45	6.22	88	8.12	95	12.86	150	20.75	202	27.50	300	41.50	474	65.60	69	91.10	894	1320	1057	1420
 GRADO 5	ASTM A-449 TIPO 1	9	1.24	16	2.48	31	4.30	50	6.00	75	10.37	110	15.21	150	20.75	250	34.58	378	52.30	503	60.00	702	108.20	1037	131.30	1461	202.00	1708	24170
 GRADO 8	ASTM A-354 GRADO BD	12	1.00	26	3.67	46	6.36	75	10.37	115	15.90	165	22.62	225	31.50	370	51.17	591	81.70	803	123.50	1410	188.00	1864	271.80	2933	364.90	3150	40560
 A-325	ASTM A-325 (NOTA 1)	—	—	—	—	—	—	—	—	100	13.83	—	—	200	27.00	365	49.10	525	72.00	700	103.50	1080	146.00	1455	203.80	1800	271.00	2000	3360
 A-490	ASTM A-490 (NOTA 1)	—	—	—	—	55	7.60	90	12.45	130	19.00	196	27.36	270	37.36	444	61.40	709	98.10	1071	146.10	1632	234.00	2394	338.40	3150	460.80	3780	9380
	ANSI B18.6.3 SAE J 478	75	0.86	140	1.61	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ASTM A-574	14	1.00	30	4.14	50	6.90	91	11.19	121	16.70	176	24.29	240	33.40	366	54.51	639	86.80	964	133.00	1523	210.00	2150	295.40	2843	363.90	3400	8041

NOTA 1: ESPECIFICACIONES DE TORQUE VALEN PARA SUJECIÓN PERMANENTE EN ESTRUCTURAS DE ACERO.



**COMPAÑÍA MINERA ARES  
PROYECTO N° 510203**

**MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE  
CIANURO DE SODIO - INMACULADA**

**LISTADO DE PARTIDAS DE CONSTRUCCIÓN  
CIVIL - ESTRUCTURAL**

**N° EPC510203173-1-3510-202-MTO-0001**

Preparado por:

**EPCM Experts SAC**

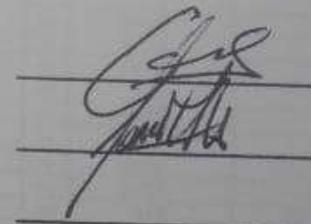
**Rev. 0**

APROBADO POR:

Gerente de Ingeniería Raúl Gilio

Gerente de Proyecto Victor Anyosa

Ciente: Compañía Minera Ares



Rev.	Hecho Por	Emitido para	Fecha	Revisado	Aprobado
A	D.S	Revision interna	23/04/2018	R. Gilio	R. Gilio
B	D.S	Uso	23/04/2018	R. Gilio	R. Gilio
0	D.S	Uso	23/04/2018	R. Gilio	R. Gilio

Comentarios:

**LISTADO DE PARTIDAS DE CONSTRUCCIÓN  
CIVIL - ESTRUCTURAL**



PROPIETARIO: HOCHTILD  
 OBRA: MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DECIMAURO DE 9000 - INMULCADA  
 DOCUMENTO: Nº EPCS1020173-1-3510-202-RCD-0001

Rev.: 0  
 Fecha: 23/04/2018

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	TOTAL (US\$)
01	<b>OPERTAS COMUNES</b>				
01.01	<b>OPERTAS PROVISIONALES</b>				
01.01.01	<b>CONSTRUCCIÓN DE OFICINAS Y ALMACENES</b>				
01.01.01.01	Construcción de oficinas	m2	30.00		
01.01.01.02	Construcción de Taller y almacén	m2	40.00		
01.01.02	<b>TRABAJO PRELIMINAR</b>				
01.01.02.01	Traslado de maquinarias, equipos, herramientas y materiales al obra	pb	1.00		
01.01.02.02	Trazo niveles y replanteo	pb	1.00		
01.01.03	<b>SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL</b>				
01.01.03.01	<b>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</b>				
01.01.03.01.01	Equipos de protección personal	pb	1.00		
01.01.03.02	<b>EQUIPOS DE SEGURIDAD COLECTIVA Y MEDIO AMBIENTE</b>				
01.01.03.02.01	Señalización temporal, seguridad colectiva y medio ambiente	pb	1.00		
02	<b>OBRAS CIVILES</b>				
02.01	<b>DEMOLICIÓN</b>				
02.01.01	Demolición de estructuras de concreto	m3	2.50		
02.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
02.02.01	Excavación de suelo (con equipo, inc. acarreo hasta 15m)	m3	8.40		
02.02.02	Limpieza y desbroce	m2	6.90		
02.02.03	Rebajo y compactación con material propio	m3	4.20		
02.02.04	Eliminación de material excedente categoría D=1.9 km	m3	5.35		
02.03	<b>MUROS DE CONCRETO</b>				
02.03.01	Baldado Fc=100 Kg/cm2 (e=50mm)	m2	9.20		
02.03.01	<b>ZAPATAS</b>				
02.03.01.01	Concreto Fc=280 Kg/cm2 (Cemento tipo IP)	m3	5.40		
02.03.01.02	Acero de refuerzo Fy=4200 Kg/cm2	Kg	650.00		
02.03.01.03	Encofrado y desencofrado	m2	19.20		
02.03.02	<b>REPOSICIÓN DE MURO</b>				
02.03.02.01	Concreto Fc=280 Kg/cm2 (Cemento tipo IP)	m3	0.40		680
02.03.02.02	Acero de refuerzo Fy=4200 Kg/cm2	Kg	13.00		880
02.03.02.03	Encofrado y desencofrado	m2	3.25		640
02.03.03	<b>REPOSICIÓN DE LOSA</b>				
02.03.03.01	Concreto Fc=280 Kg/cm2 (Cemento tipo IP)	m3	1.00		
02.03.03.02	Acero de refuerzo Fy=4200 Kg/cm2	Kg	29.00		
02.03.03.03	Encofrado y desencofrado	m2	1.00		
02.04	<b>OTROS</b>				
02.04.01	Gras para puros, Fc=800kg/cm2, (e=25mm)	m2	2.90		
02.04.02	Pernos de anclaje ø 5/8" L=375mm	kg	70.00		
03	<b>OPERTAS ESTRUCTURALES</b>				
03.01	<b>ESTRUCTURAS METALICAS</b>				
03.01.01	Desmontaje de Estructura Existente	kg	870.00		
03.01.02	Desmontaje de escalera existente	kg	230.00		
03.01.03	Desmontaje de Viga Monoriel W12x30	kg	1740.00		
03.01.04	Desmontaje de coberturas existente	m2	4.20		
03.01.05	Suministro, fabricación e instalación de Estructura de acero	kg	12800.00		
03.01.06	Suministro, fabricación e instalación de Estructura de escalera, incluye barandas	kg	2980.00		
03.01.07	Suministro, fabricación e instalación de Viga Monoriel W16x46	kg	880.00		
03.01.08	Suministro, fabricación e instalación de Cobertura TR-4 o similar	m2	269.80		
03.01.09	Suministro, fabricación e instalación de Cobertura TR-4 Tratado	m2	63.90		
03.01.10	Suministro, fabricación e instalación de Consolas pluviales	ml	12.00		
04	<b>PRUEBAS Y CALIDAD</b>				
04.01	Domier de calidad	pb	1.00		

COSTO DIRECTO (US\$)  
 GASTOS GENERALES (US\$)  
 UTILIDAD (US\$)  
 COSTO TOTAL (US\$)

NOTA:  
 1. LAS CANTIDADES INDICADAS DEBEN SER CONFIRMADAS POR EL CONTRATISTA Y SERÁ DE SU RESPONSABILIDAD EL COSTO DEL SUMINISTRO DE CUALQUIER ITEM.  
 2. LISTADO DE PARTIDAS SEGUN PLANOS EPCS1020173-1-3510-202-RCD-0001 Y EPCS1020173-1-3510-203-SSD-0001 @ 0003.



**ARES**

HOCHSCHILD

Ruc: 20192779333

**CARTA DE ADJUDICACION**

**20 DE MAYO DEL 2018**

**CMA-U.O. Inmaculada: Llamado a solicitud de cotización EPCM Experts SAC Nro. 510203**

**LA CONTRATACION DE LA EMPRESA EPCM EXPERTS SAC PARA EL DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DEL PROYECTO: MODIFICACION DEL SISTEMA DE ALIMENTACION DE CIANURO DE SODIO - INMACULADA.**

**A: VICTOR ANYOSA TEJEDA / GERENTE DE PROYECTOS / EPCM Experts SAC**

Por el presente documento le comunicamos que CMA-Inmaculada ha aceptado su oferta con fecha 24 de Abril de 2018 para el "modificación del sistema de alimentación de cianuro de sodio - Inmaculada"

Por el presente documento les agradecemos proceder con:

- a. Firmar y devolver los documentos del contrato - Orden de Trabajo, debe estar firmado por el representante legal.
- b. Proceder con el diseño, fabricación y montaje del proyecto de conformidad de acuerdo con el listado de partidas.

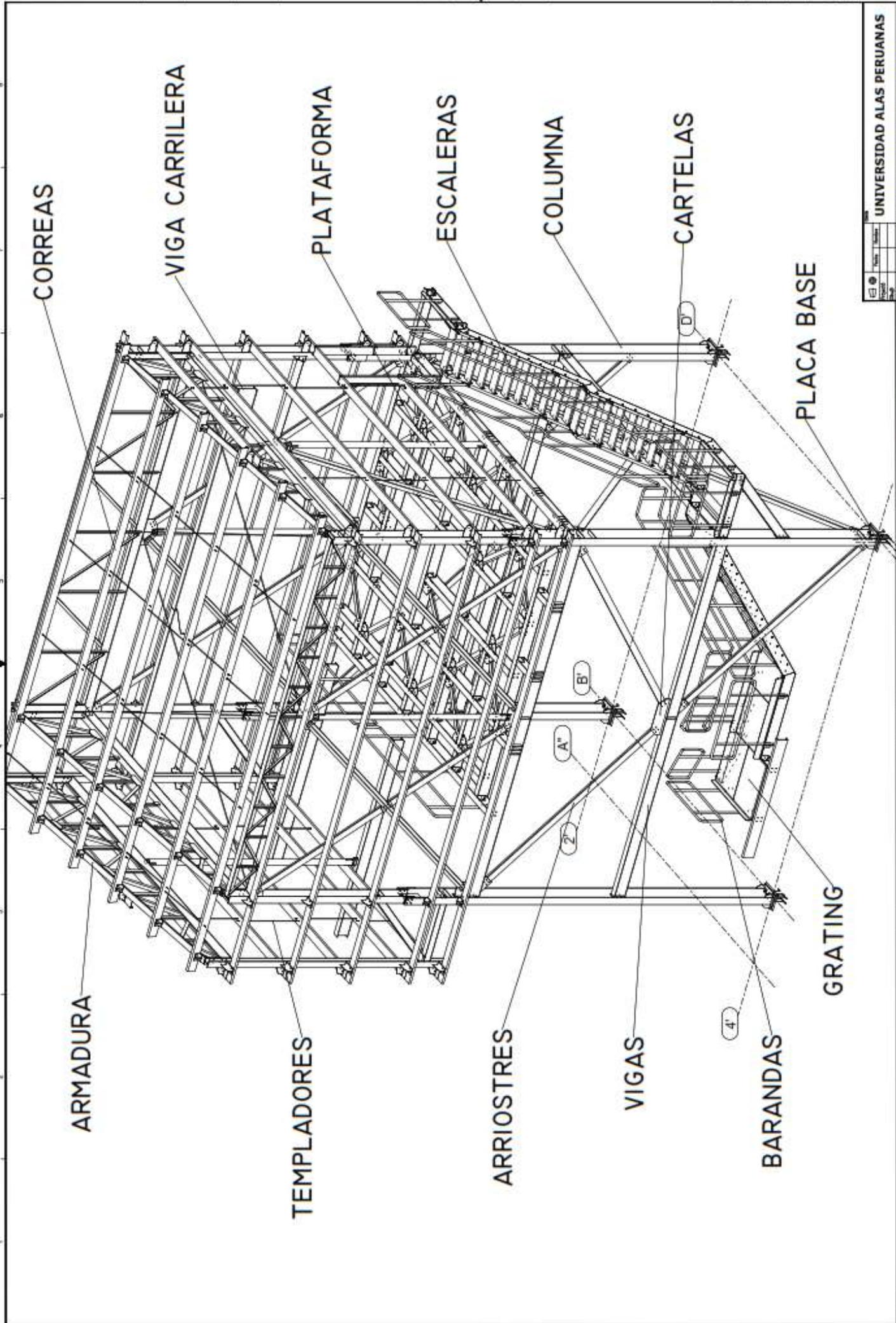
Por este instrumento tienen autorización de CMA para inicialización del proyecto estipulado de acuerdo con la OT Nro. 510203

La anterior información debe radicarse en la oficina de CMA - Lima, Perú A Santiago de Surco - Urb. El Vivero, Cal. La Colonia Nro. 180.

**Jorge Soto Berrios**  
Gerente de Proyecto  
CMA-Inmaculada

CMA  
Santiago de Surco  
Urb. El vivero  
La Colonia Nro. 180

Tel: 3172000  
<http://www.hocplc.com>



CORREAS

VIGA CARRILERA

PLATAFORMA

ESCALERAS

COLUMNA

CARTELAS

PLACA BASE

ARMADURA

TEMPLADORES

ARRIOSTRES

VIGAS

BARANDAS

GRATING

1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTÁN EN MILÍMETROS Y LOS NIVELES EN METROS (SI NO SE INDICAN CONTRARIO).

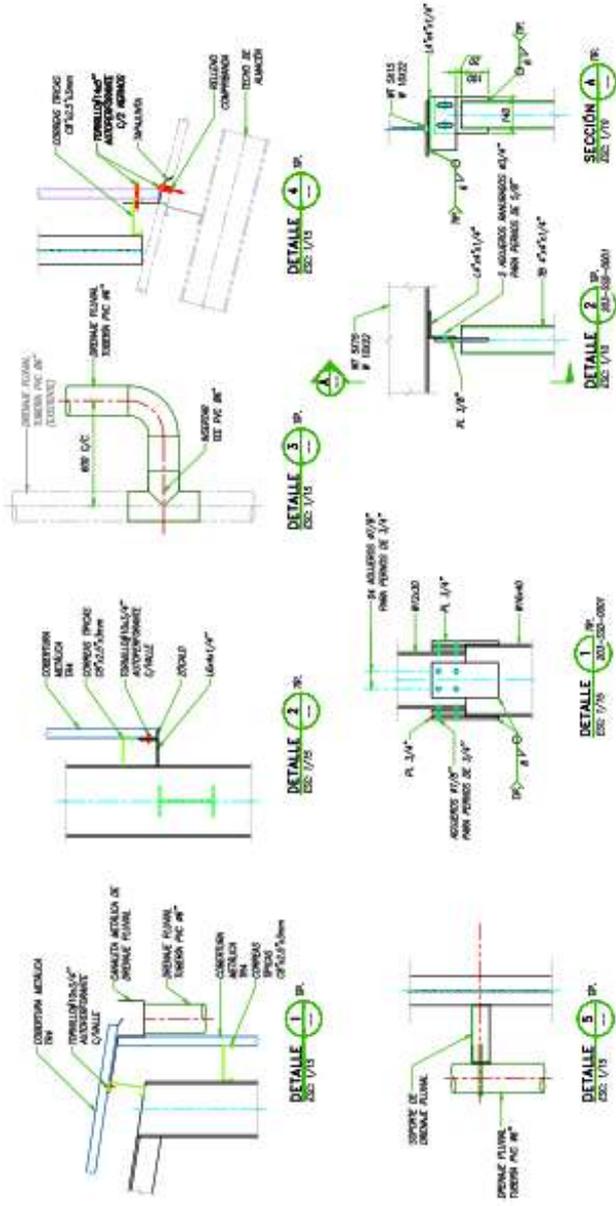
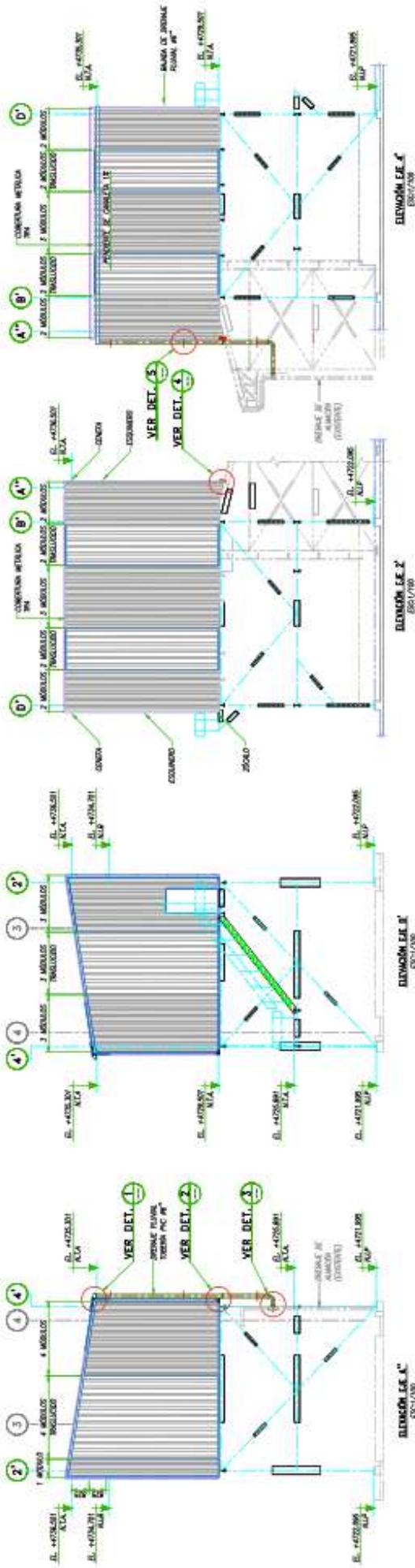

**UAP**  
 UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS	
MODIFICACION DEL SISTEMA DE CANTARO DE BODIO	
TUBOS	
Auto	10/10/2010
Revisado	10/10/2010
Aprobado	10/10/2010
Mecánica	
PLANO DE PARTES 01	

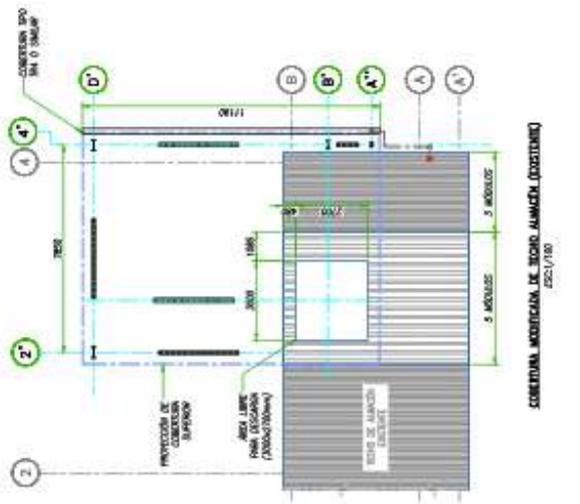








SECCION MODIFICADA DE BORDO JAMCON (EXISTENTE)  
E.S. 1/100



**UAP**  
UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**

MODIFICACION DEL SISTEMA DE CUBIERTA DE BORDO

TEMA:

FECHA:

PROFESOR:

ALUMNO:

GRUPO:

INGENIERIA:

BASE:

04