UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

PERFIL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO DE EMBARQUE DE CONCENTRADOS DE COBRE EN CHICAMA
DISEÑO DE ALMACEN DE CONCENTRADOS

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Titulo Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ROXANA MARIASELA SALAZAR SALCEDO

Lima- Perú

2012

A mi abuela, Santos García Lloctún,

en honor a su promesa...

A mis padres, mis hermanas y mi esposo,
por su apoyo y paciencia a través de los años.
A mi hijo, Raúl Andrés, por ser mi motivación para
ser una mejor profesional y un mejor ser humano.

ÍNDICE DEL INFORME DE SUFICIENCIA

Pág.

RESUMEN..... 3
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS..... 4
INTRODUCCIÓN..... 6

CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO..... 7
1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO..... 11
1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO..... 11
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... 12

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES..... 13
2.1 CONCENTRADO DE COBRE..... 13
2.2 EXPORTACIÓN DE CONCENTRADO DE COBRE..... 16

CAPÍTULO III: PARAMETROS DE DISEÑO..... 19
3.1 SISTEMA DE MANIPULEO DE CONCENTRADO DE COBRE..... 19
3.1.1 Estación de recepción..... 19
3.1.2 Almacén..... 20
3.1.3 Faja Transportadora..... 21
3.1.4 Ship Loader..... 23
3.2 VOLUMEN DE ALMACENAJE DE CONCENTRADO DE COBRE.. 23
3.3 UBICACIÓN DE ALMACÉN DENTRO DEL PUERTO..... 24

CAPÍTULO IV: DISEÑO ARQUITECTÓNICO..... 25
4.1 DIMENSIONAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AMBIENTES..... 25
4.1.1 Dimensionamiento de la Estación de Recepción..... 25
4.1.2 Dimensionamiento del Almacén..... 25
4.1.3 Dimensionamiento de la Estación Alimentadora..... 28
4.2 PLANOS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO..... 29

CAPÍTULO V: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL ALMACÉN..... 30
5.1 ESTUDIO DE SUELOS..... 30
5.2 EVALUACIÓN DE TIPOS DE ESTRUCTURA POSIBLES DE UTILIZAR 32
5.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA A UTILIZAR..... 34
5.3.1 Tipo de estructura a utilizar..... 35
5.3.2 Cargas..... 44

5.3.3 Descripción del análisis mediante Método LRFD..... 45
5.3.4 Modelamiento en ETABS versión 09..... 46
5.3.5 Diseño de la cimentación..... 57
5.4 PLANOS DE DISEÑO..... 59

CONCLUSIONES..... 60
RECOMENDACIONES..... 61
BIBLIOGRAFÍA..... 62
ANEXOS

RESUMEN

El tema del presente Informe de Suficiencia es el diseño de un almacén de concentrados de cobre para el proyecto de un puerto de embarque de este mineral en la localidad de Chicama (Departamento de La Libertad).

Un componente importante de la nueva infraestructura portuaria es disponer de un almacén debidamente equipado y de dimensiones acordes con la carga a transportar, donde las empresas mineras puedan almacenar el mineral y tenerlo listo para su embarque. De esta manera se permitirá el embarque ininterrumpido y eficiente de las naves que acoderen en el nuevo puerto.

Actualmente el Muelle de Chicama no cuenta con la infraestructura necesaria para satisfacer la demanda de exportación de mineral de cobre desde las minas ubicadas dentro de su área de influencia; es por ello que de acuerdo a las consideraciones iniciales del proyecto portuario, se plantea diseñar un almacén techado y hermético para concentrados de cobre, con capacidad de 60,000 toneladas.

El almacén se ha subdividido en tres ambientes: una estación receptora del mineral, donde los camiones dejarán su carga; un almacén propiamente dicho, donde se apilará el concentrado; y una estación alimentadora, donde se ubicará el alimentador de la faja transportadora que llevará el mineral hacia el muelle para su embarque.

El almacén se ha diseñado en estructuras metálicas, tanto las columnas como el techo, para el cual se ha planteado el uso de tijerales. Asimismo, los pórticos metálicos se han unido entre sí mediante Cruces de San Andrés, de manera de rigidizar la estructura en su conjunto.

Para el análisis estructural se ha hecho uso del programa de cómputo Etabs versión 9.04 y se ha aplicado el método de cargas factoradas (LRFD).

LISTA DE CUADROS

		Pág.
CUADRO N° 2.01	Características Técnicas.....	14
CUADRO N° 2.02	Propiedades Físicas y Químicas.....	14
CUADRO N° 2.03	Características Técnicas.....	15
CUADRO N° 2.04	Propiedades Físicas y Químicas.....	15
CUADRO N° 2.05	Principales Países según Aporte a Nueva Producción de Cobre.....	16
CUADRO N° 2.06	Tasa de Crecimiento Anual de Producción y Consumo de Cobre.....	17
CUADRO N° 2.07	Estimación de Consumo no Atendido de Cobre.....	17

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA N° 1.01	Ensenada de Chicama y Ubicación del Muelle Actual.....	7
FIGURA N° 1.02	Aditamento para el Embarque de Harina de Pescado en el Muelle de Chicama.....	8
FIGURA N° 1.03	Deterioro en Estructuras del Muelle de Chicama 1.....	9
FIGURA N° 1.04	Deterioro en Estructuras del Muelle de Chicama 2.....	9
FIGURA N° 1.05	Imagen Satelital de la Bahía de Chicama y Ubicación planteada para el Puerto.....	10
FIGURA N° 1.06	Cerro Malabrigo y Propuesta de Ubicación de Almacén.....	11
FIGURA N° 3.01	Sistema de Recepción de Concentrado de Cobre.....	20
FIGURA N° 3.02	Apilador de Concentrado de Cobre.....	21
FIGURA N° 3.03	Faja Tubular para Transporte de Concentrado de Cobre (Vista Exterior).....	21
FIGURA N° 3.04	Faja Tubular para Transporte de Concentrado de Cobre (Vista Interior).....	22
FIGURA N° 3.05	Cargador Frontal operando en Almacén.....	22

FIGURA N° 3.06	Ship Loader (Cargador de Barco).....	23
FIGURA N° 3.07	Ubicación del Almacén dentro del Puerto.....	24
FIGURA N° 4.01	Geometría de la Pila de Concentrado de Cobre.....	26
FIGURA N° 4.02	Corte Transversal de la Pila de Concentrado de Cobre.....	27
FIGURA N° 4.03	Corte Longitudinal de la Pila de Concentrado de Cobre.....	27
FIGURA N° 5.01	Afloramiento Rocoso perteneciente al Grupo Zaña en Cerro Malabrigo.....	30
FIGURA N° 5.02	Suelo de Roca Fragmentada en Cerro Malabrigo	31
FIGURA N° 5.03	Pórtico Principal – Estación Receptora.....	35
FIGURA N° 5.04	Pórtico Secundario – Estación Receptora.....	36
FIGURA N° 5.05	Isometría de la Estructura Metálica – Estación Receptora.....	37
FIGURA N° 5.06	Pórtico Principal – Almacén.....	38
FIGURA N° 5.07	Pórtico Secundario – Almacén.....	39
FIGURA N° 5.08	Isometría de la Estructura Metálica – Almacén...	40
FIGURA N° 5.09	Pórtico Principal – Estación Alimentadora.....	41
FIGURA N° 5.10	Pórtico Secundario – Estación Alimentadora.....	42
FIGURA N° 5.11	Isometría de la Estructura Metálica – Estación Alimentadora.....	43
FIGURA N° 5.12	Características de las barras superiores – D1: 2L 3”x3”x3/8”.....	47
FIGURA N° 5.13	Características de las barras horizontales – H: 2L 3”x3”x3/8”.....	47
FIGURA N° 5.14	Características de las barras diagonales – D, D2: 2L 2”x2”x3/16”.....	48
FIGURA N° 5.15	Características de las barras verticales – V, H2: 2L 2”x2”x3/16”.....	48
FIGURA N° 5.16	Características de la viga lateral – V_L: 2L 2”x2”x1/20”.....	49
FIGURA N° 5.17	Características de las correas – COR: C 10”x1 1/8” (tw=1/8”; tf=3/16”).....	49
FIGURA N° 5.18	Características de las columnas – CM-01: W 24x94 .	50

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo del presente Informe de Suficiencia se realizará el diseño estructural preliminar de un almacén de concentrados con capacidad de 60,000 toneladas para el nuevo Puerto de Chicama.

El objetivo es la evaluación de diferentes tipos de estructura para el almacén y determinación del más apropiado. Para ello, primero se efectuará el cálculo de las dimensiones del almacén en base a una serie de parámetros de diseño, para posteriormente realizar el diseño estructural en sí.

El informe ha sido estructurado de la siguiente manera:

El Capítulo I contiene el perfil del proyecto y está distribuido en tres subcapítulos: Ubicación, Objetivo y Descripción del Proyecto.

En el Capítulo II se hace una breve descripción de los antecedentes del proyecto, tales como la definición y características del concentrado de cobre y una estadística de su consumo actual.

En el Capítulo III se definen los parámetros a considerar para el diseño del almacén, de esta manera se describen el sistema de manipuleo del concentrado, el volumen para el cual se diseñará el almacén y la ubicación de este último dentro del puerto.

El Capítulo IV se aboca ya al dimensionamiento de los ambientes del almacén, presentando un diseño arquitectónico preliminar del mismo.

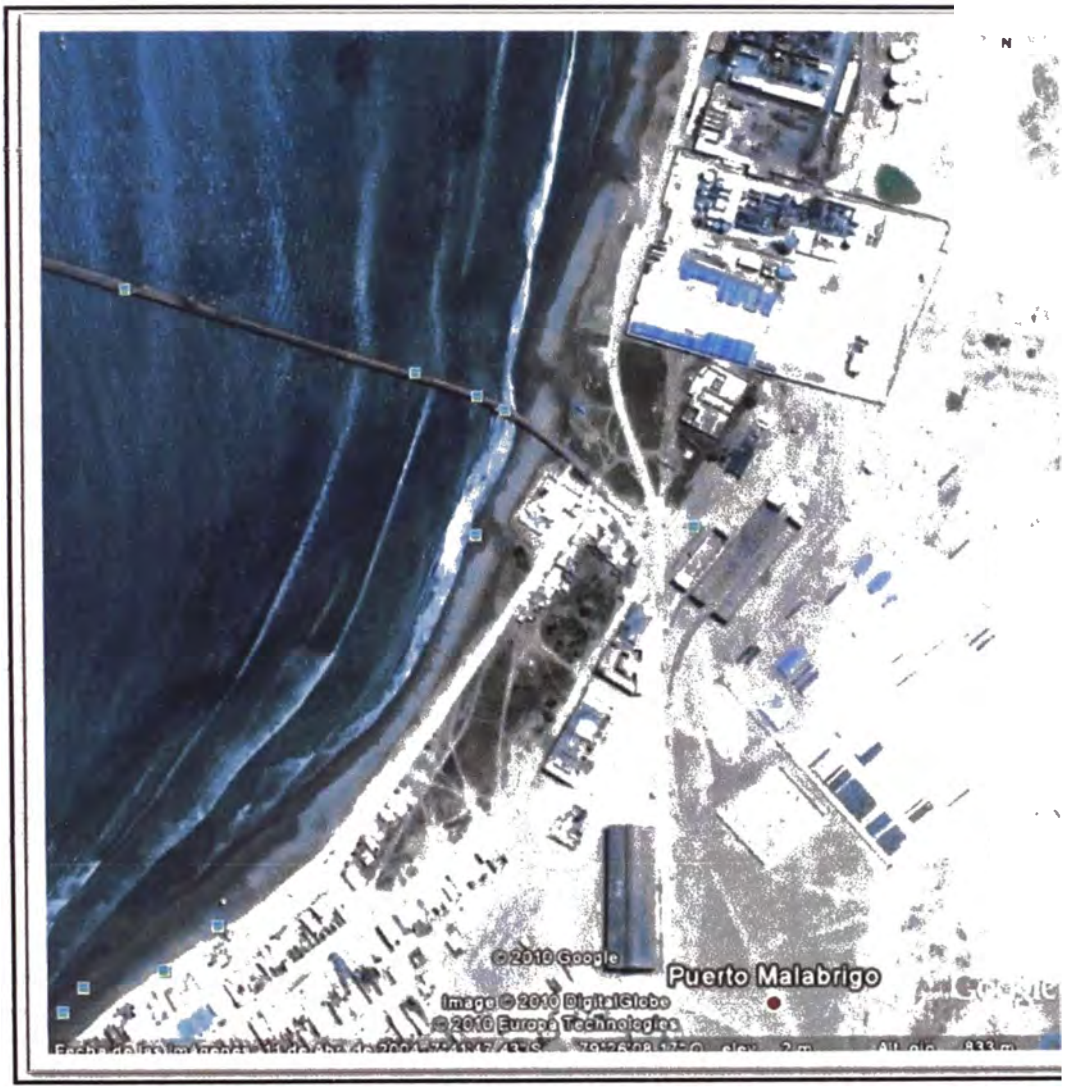
Por último, en el Capitulo V se desarrolla el diseño estructural del almacén, el cual empieza con la definición de los parámetros del suelo, prosigue con una evaluación de los tipos de material factibles de ser usados y termina con el diseño estructural en el material elegido.

CAPÍTULO I: PERFIL DEL PROYECTO

Chicama es un poblado ubicado en el Distrito de Rázuri, Provincia de Ascope en el Departamento de La Libertad; con coordenadas WGS-84: Longitud: 79º27'53", Latitud: 7º42'46" y con una altura promedio de 25 msnm.

Este poblado cuenta con un pequeño embarcadero, el cual está unido a la carretera Panamericana por medio de un ramal de 16 kilómetros de largo, tal como se muestra en la imagen satelital adjunta (Fig. 1.01).

FIGURA N° 1.01 ENSENADA DE CHICAMA Y UBICACIÓN DEL MUELLE ACTUAL

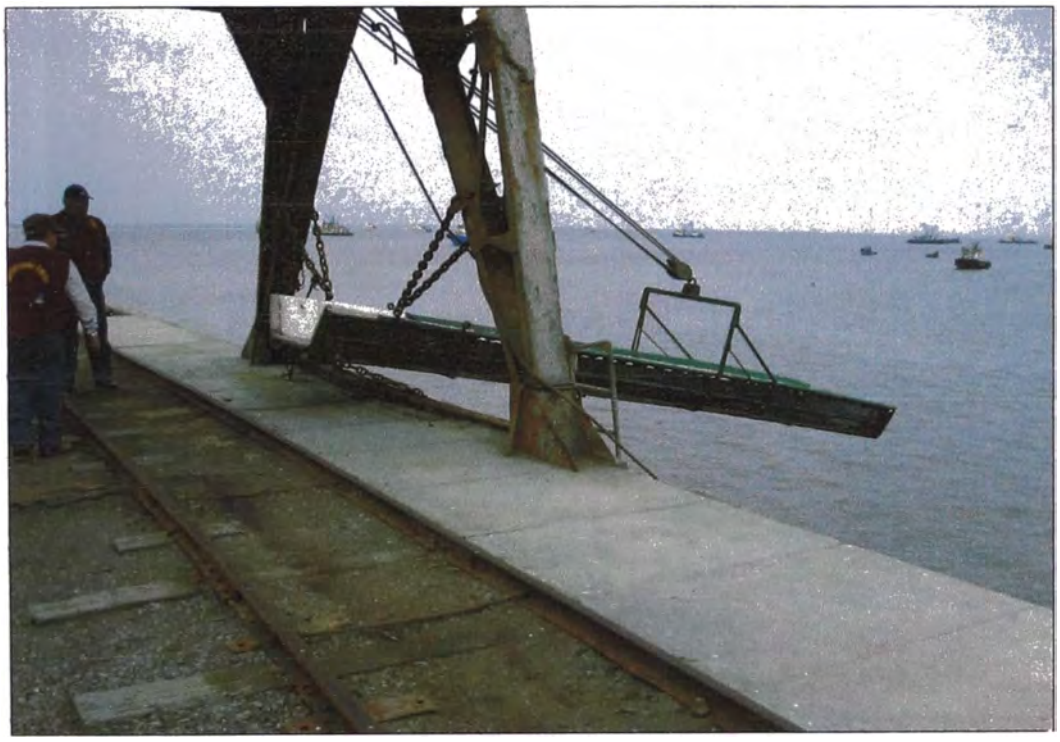


Fuente: Google Earth

En la actualidad, en el área de influencia del poblado de Chicama, existe la demanda de instalaciones portuarias especializadas para la atención directa de naves cargueras de minerales. Se espera en el futuro cercano que la demanda ascienda a 1'800,000 ton de concentrados de cobre.

Por otro lado, el muelle existente está orientado a la comercialización de harina de pescado a baja escala, la misma que llevan a cabo las fábricas aledañas con embarcaciones de pequeña envergadura, utilizando el sistema de embarque indirecto mediante lanchonaje, así como la atención a naves de pesca artesanal, con ayuda de las instalaciones como las que se muestran en la figura adjunta (Fig. 1.02).

FIGURA N° 1.02 ADITAMENTO PARA EL EMBARQUE DE HARINA DE PESCADO EN EL MUELLE DE CHICAMA



Fuente: Elaboración Propia

Con respecto al estado de sus estructuras, debido a su antigüedad el embarcadero de Chicama se encuentra obsoleto y con deterioro avanzado de las mismas, aun cuando en años anteriores se han hecho trabajos de reforzamiento en algunos de sus pilotes.

Por ejemplo, debido a la exposición a las aguas del mar que sufren este tipo de estructuras, con el paso de los años el concreto se va debilitando por efecto de los embates de las olas y la salinidad del agua marina.

Estos factores causan fisuras, por las cuales el acero de refuerzo queda expuesto y al oxidarse se expande, generando que las fisuras se tornen en grietas cada vez mayores, tal como se puede apreciar en las Fig. 1.03 y 1.04, mostradas a continuación.

FIGURA N° 1.03 DETERIORO EN ESTRUCTURAS DEL MUELLE DE CHICAMA 1

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 1.04 DETERIORO EN ESTRUCTURAS DEL MUELLE DE CHICAMA 2

Fuente: Elaboración Propia

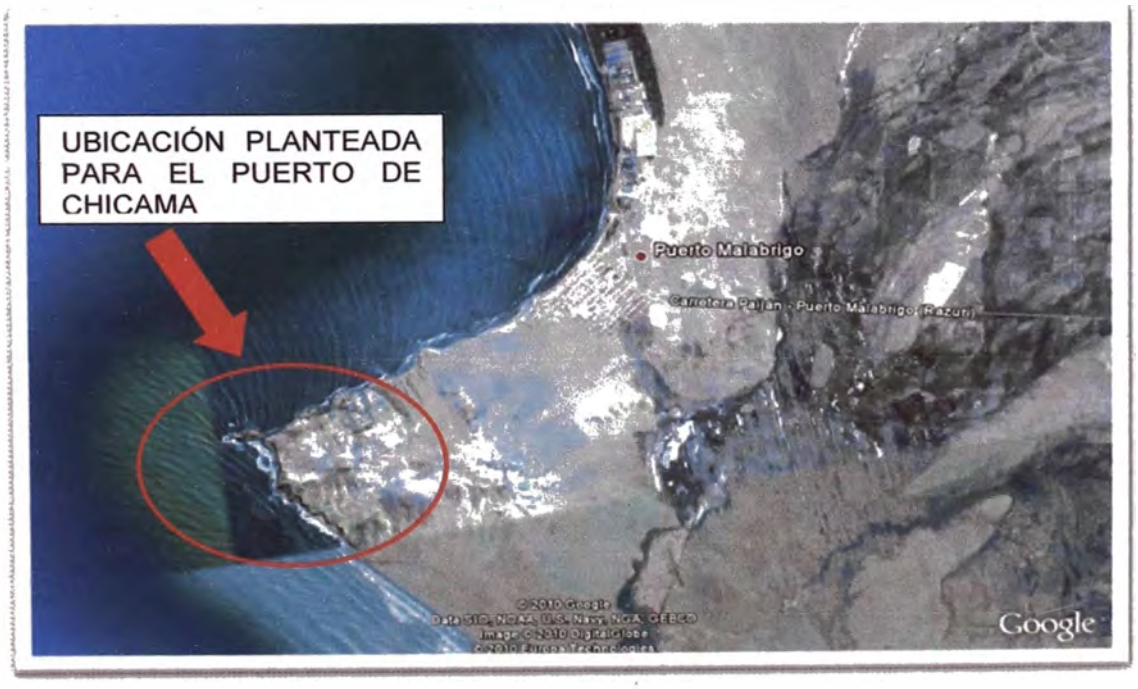
Otro aspecto que cabe recalcar es que la ubicación actual del muelle no es conveniente debido que el talud de la playa es muy tendido, es decir la pendiente de la costa hacia el mar es mínima por lo cual, para alcanzar una profundidad que permita el atraque directo de naves cargueras de minerales, la longitud requerida del puente de acceso es inviable.

Es por ello que, ante la creciente demanda de minerales en el mundo y su consecuente alza de precios, el embarcadero de Chicama está rezagado y condenado inexorablemente a ver pasar el comercio mundial por otros puertos, mientras no se proyecte un puerto con la infraestructura necesaria para poder insertarse en el circuito económico comercial del Perú con el mundo.

Por lo tanto, la infraestructura del nuevo Puerto de Chicama que se está proyectando consta de un muelle, un puente y un rompeolas que abriga ambos. Asimismo, para el buen funcionamiento del puerto es necesario un almacén para el concentrado a exportar, así como un camino de acceso hacia el puerto.

A continuación se muestra la ubicación de la nueva infraestructura planteada (Fig. 1.05).

FIGURA N° 1.05 IMAGEN SATELITAL DE LA BAHÍA DE CHICAMA Y UBICACIÓN PLANTEADA PARA EL PUERTO



Fuente: Google Earth

1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

La ubicación del almacén de concentrados que se plantea construir debe ser lo más cercana posible al Puerto de embarque de concentrados de cobre que se sugiere implementar. Es por este motivo que se ha ubicado el almacén en el Cerro Malabrigo, aprox. a 25 msnm, tal como se puede apreciar en la Fig. 1.06.

FIGURA N° 1.06 CERRO MALABRIGO Y PROPUESTA DE UBICACIÓN DE ALMACÉN

Fuente: Elaboración Propia

1.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Objetivo General

- Realizar el diseño estructural de un almacén de concentrados con capacidad de 60,000 toneladas para el nuevo Puerto de Chicama.

Objetivos Específicos

Evaluación de diferentes tipos de estructura para el almacén de concentrados de cobre y determinación del más apropiado.

Efectuar el cálculo de la dimensión del almacén de concentrados del puerto, en base a los parámetros de diseño considerados.

Realizar el diseño estructural del almacén de concentrados del puerto.

Estimar las condiciones del suelo.

1.3 DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el dimensionamiento y diseño de un almacén para el futuro Puerto de embarque de concentrado de cobre en Chicama, teniendo como punto de partida la consideración de que el Puerto de Chicama embarcará 1'800,000 toneladas de cobre anuales.

Con este dato, se elegirá la capacidad de la nave de diseño solicitada y con ello, el volumen de almacenaje necesario para el Puerto. Una vez obtenido el volumen se procederá a dimensionar el almacén.

Posteriormente se evaluaran, de acuerdo a las solicitaciones de carga, parámetros del suelo, etc., el tipo de material a utilizar en la construcción del almacén y se ejecutará el diseño con ayuda de un programa de cálculo estructural.

Finalmente, se analizarán los resultados obtenidos, se evaluará el cumplimiento de los objetivos propuestos y se listarán las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO II: ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1 CONCENTRADO DE COBRE

El cobre está presente en la corteza terrestre principalmente en forma de minerales sulfurados. El contenido en cobre de estos minerales es bajo, alrededor de un 0.5% en minas a cielo abierto y hasta un 2% en minas subterráneas.

Las concentraciones de cobre en las menas actuales son demasiado bajas por lo que la fundición directa sería muy costosa, además implicaría que se fundiesen enormes cantidades de material sin valor que conllevarían un gran gasto energético y una gran capacidad de horno.

Por estas razones, hoy en día se recurre al aislamiento de los minerales de cobre, obteniéndose un concentrado. Dependiendo del lugar y del proceso de extracción, el concentrado de cobre tendrá ciertas características y grado de pureza (ley).

Es por ello que, para su comercialización, muchas veces se recurre a la operación denominada "comuneo" que consiste en la mezcla de concentrado de cobre de dos o mas minas, hasta lograr la ley solicitada por el comprador. Esta técnica se realiza dentro del puerto, tal como se describirá más adelante.

A continuación se muestran, como ejemplo, las características típicas del concentrado de cobre que se extrae en las minas de El Porvenir – Pasco y Cerro Lindo – Ica.

- ***UNIDAD MINERA EL PORVENIR***

En esta mina se extrae mineral con una concentración aproximada del 25% de cobre, siendo el porcentaje restante un conjunto de otros minerales entre los que destaca el mineral de hierro (con aprox. 24%), tal como se muestra en el Cuadro 2.01.

CUADRO N° 2.01 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

ELEMENTO	SÍMBOLO	ENSAYES TÍPICOS APROXIMADOS
Cobre	Cu (%)	24.86
Plomo	Pb (%)	9.36
Plata	Ag (Oz/Tm)	43.010
Arsénico	As (%)	0.141
Bismuto	Bi (%)	1.492
Antimonio	Sb (%)	0.086
Cadmio	Cd (%)	0.027
Zinc	Zn (%)	4.870
Oro	Au (Oz/Tm)	0.373
Fierro	Fe (%)	23.460
Mangnesio	Mn (%)	0.035
Insolubles	Insol (%)	0.012

Fuente: www.milpo.com.pe

El concentrado de cobre extraído de esta mina posee las siguientes propiedades físicas y químicas, dentro de las cuales la gravedad específica será de utilidad para el diseño planteado (Cuadro 2.02).

CUADRO N° 2.02 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS:	
Estado Físico y Apariencia:	Sólido, polvo extremadamente fino
Color:	Verde oscuro
Olor:	Olor orgánico débil
pH:	10.5 a 11.5
Presión de Vapor:	Sílice: 0 mm de Hg a 20°C
Densidad de Vapor:	Azufre: 8.9 (aire=1)
Punto de Fusión:	750°C (1382°F)
Gravedad Especifica:	4.4 Kg/Lt (agua =1)
Coeficiente de Distribución Agua/Aceite:	No Aplicable
Solubilidad:	Esencialmente insoluble en agua, soluble en ácidos
Tamaño de partícula:	98% -200m, 84%-400m

Fuente: www.milpo.com.pe

- ***UNIDAD MINERA CERRO LINDO***

En esta mina se extrae mineral con una concentración aproximada del 25.5% de cobre, siendo el porcentaje restante un conjunto de otros minerales entre los que destaca el mineral de hierro (con aprox. 31%), tal como se muestra en el Cuadro 2.03.

CUADRO N° 2.03 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

ELEMENTO	SÍMBOLO	ENSAYES TÍPICOS APROXIMADOS
Zinc	Zn (%)	3.0
Plata	Ag (Oz/Tm)	20.0
Arsénico	As (%)	0.170
Bismuto	Bi (%)	0.003
Antimonio	Sb (%)	0.300
Cadmio	Cd (%)	0.013
Cobre	Cu (%)	25.50
Plomo	Pb (%)	2.32
Oro	Au (Oz/Tm)	0.145
Fierro	Fe (%)	31.00
Mangnesio	Mn (%)	0.009
Insolubles	Insol (%)	0.810

Fuente: www.milpo.com.pe

El concentrado de cobre extraído de esta mina posee las siguientes propiedades físicas y químicas, dentro de las cuales la gravedad específica será de utilidad para el diseño planteado (Cuadro 2.04).

CUADRO N° 2.04 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS:	
Estado Físico y Apariencia:	Sólido, polvo extremadamente fino
Color:	Verde oscuro
Olor:	Olor orgánico débil
pH:	10.5 a 11.5
Presión de Vapor:	Sílice: 0 mm de Hg a 20°C
Densidad de Vapor:	Azufre: 8.9 (aire=1)
Punto de Fusión:	750°C (1382°F)
Gravedad Especifica:	4.4 Kg/Lt (agua =1)
Umbral de Olor:	No hay información
Solubilidad:	Esencialmente insoluble en agua, soluble en ácidos
Tamaño de partícula:	98% -200m, 84%-400m

Fuente: www.milpo.com.pe

Finalmente podemos observar que, en ambos casos, el peso especifico del concentrado de cobre es 4.4 kg/lt, lo cual equivale a 4.4 t/m3, cuyo valor se asumirá para los cálculos a efectuar más adelante.

2.2 EXPORTACION DE CONCENTRADO DE COBRE

Debido al gran auge económico que actualmente tienen las empresas de la China y, en menor proporción, la India, el mercado del cobre se encuentra en un alza constante. Esto ha generado una necesidad cada vez mayor de producción y exportación de concentrado de cobre, siendo los principales productores del mismo, a nivel mundial, Chile y Perú.

A continuación se muestran estadísticas elaboradas por la Comisión Chilena del Cobre, COCHILCO, organismo técnico especializado que asesora al gobierno chileno en todo lo relacionado a la producción del cobre y sus subproductos.

Puede apreciarse el alto porcentaje en la nueva producción de concentrado de cobre que tienen Chile y Perú, los cuales juntos alcanzan aproximadamente un 43% del total de producción mundial (Cuadro 2.05).

CUADRO N° 2.05 PRINCIPALES PAISES SEGÚN APORTE A NUEVA PRODUCCION DE COBRE

RANKING	PAIS	PRODUCCION NUEVA ASOCIADA (kTM)	PARTICIPACION EN NUEVA PRODUCCION (%)
1	Chile	3,261.00	24.90%
2	Perú	2,334.00	17.80%
3	Congo RD	804.00	6.10%
4	Australia	674.00	5.10%
5	Zambia	559.00	4.30%
6	Brasil	556.00	4.20%
7	Canadá	527.00	4.00%
8	México	487.00	3.70%
9	EE. UU.	409.00	3.10%
10	Filipinas	281.00	2.10%
11	China	170.00	1.30%
12	Arabia Saudita	106.00	0.80%
Subtotal		10,168.00	77.40%
Mundial		13,116.00	100.00%

Fuente: COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre) - 2007

A continuación se muestra la tasa de crecimiento anual en la producción de concentrado de cobre, según estadística del año 2007 (Cuadro 2.06).

CUADRO N° 2.06 TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE PRODUCCION Y CONSUMO DE COBRE

PAIS	TASA DE CRECIMIENTO DE PRODUCCION	TASA DE CRECIMIENTO DE CONSUMO
Chile	3.00%	China 5.0%
EE.UU.	3.00%	India 10%
Indonesia	3.00%	
Perú	3.00%	
Otros	3.00%	

Fuente: COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre) – 2007

Además, debido a este aumento en el consumo de cobre, y de no aumentar a un ritmo similar la producción del mismo, en unos años estaríamos sufriendo de un déficit del mineral en mención, tal como se muestra en la proyección siguiente, realizada en el año 2006 por el organismo antes mencionado (Cuadro 2.07).

CUADRO N° 2.07 ESTIMACIÓN DE CONSUMO NO ATENDIDO DE COBRE

AÑO	PRODUCCION (MILLONES DE TN)	CONSUMO (MILLONES DE TN)	DEFICIT (MILLONES DE TN)
2007	16.73	16.73	0
2008	17.23	17.57	-0.33
2009	17.75	18.53	-0.78
2010	18.28	19.56	-1.27
2011	18.83	20.64	-1.81
2012	19.39	21.79	-2.39
2013	19.98	23.01	-3.03
2014	20.58	24.3	-3.72
2015	21.19	25.67	-4.48
2016	21.83	27.12	-5.3
2017	22.48	28.67	-6.18
2018	23.16	30.31	-7.15
2019	23.85	32.05	-8.2
2020	24.57	33.91	-9.34
2021	25.31	35.88	-10.57

Fuente: COCHILCO (Comisión Chilena del Cobre) - 2006

Como puede apreciarse, a fines del 2006 ya se estimaba el déficit entre producción-consumo de cobre a nivel mundial, siendo los valores negativos de la tabla precedente, los que no serian atendidos en los años en mención.

Finalmente podemos decir que el Perú es uno de los principales productores de cobre a nivel mundial y ya que, como muestran las estadísticas, la demanda de cobre tiende a seguir en alza, es esencial contar con la infraestructura mínima necesaria para la exportación de este mineral.

CAPÍTULO III: PARÁMETROS DE DISEÑO

Para proceder al diseño del almacén de concentrados se tendrán en cuenta varios parámetros, los cuales se procede a enumerar:

Exportación de concentrado de cobre: 1'800,000 toneladas anuales.
Capacidad de Nave de Diseño: 30,000 toneladas.
Peso Específico del concentrado de cobre: 4.4 ton/m3
Ángulo de Reposo del concentrado de cobre: 30° (1)
Capacidad de Faja Transportadora: 300 ton/h

3.1 SISTEMA DE MANIPULEO DE CONCENTRADO DE COBRE

Una vez extraído el cobre y procesado hasta la obtención del concentrado, es transportado hacia el Puerto para su exportación. Para ello, el Puerto deberá contar con una serie de instalaciones provistas de un equipamiento mínimo, los cuales se describirán a continuación.

3.1.1 Estación de recepción

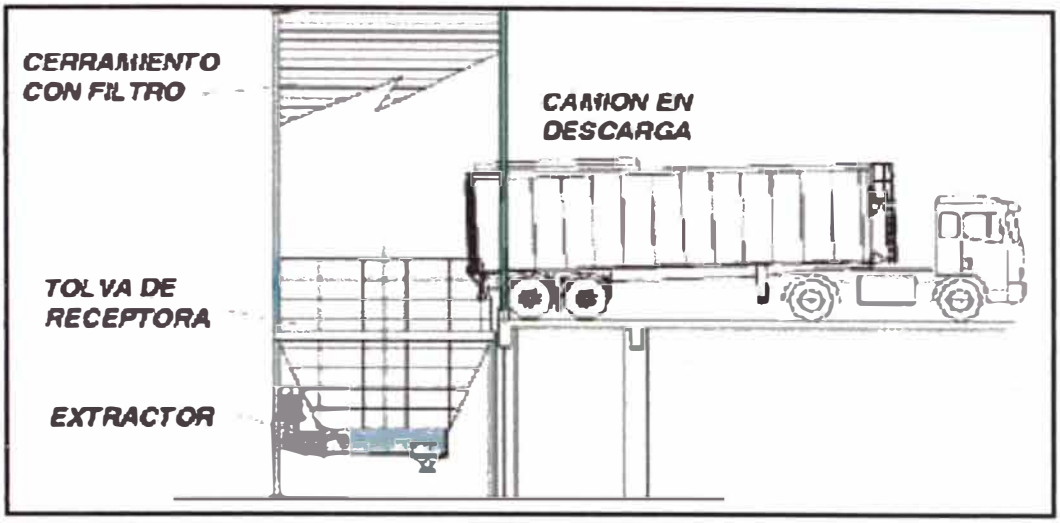
Instalación destinada a la recepción de camiones, los mismos que almacenarán su carga en el Almacén cuyo diseño es motivo del presente informe.

Esta estación receptora deberá contar con un sistema de lavado de camiones con la finalidad de limpiar a éstos de los residuos de concentrado que pudieran haber adquirido durante el proceso de transporte. Para ello se deberá diseñar un sistema de lavado, el cual incluirá un procedimiento de tratamiento del agua residual de manera de minimizar la contaminación del medio ambiente.

Finalmente, la estación deberá contar con un sistema de alimentación desde su ubicación hasta el cargador apilador ubicado en el almacén, tal como se muestra en la figura adjunta (Fig. 3.01).

(1) Fuente: ANSI/CEMA 550

FIGURA N° 3.01 SISTEMA DE RECEPCION DE CONCENTRADO DE COBRE



Fuente: www.proin.es

3.1.2 Almacén

Se diseñará un ambiente cerrado, dimensionado para albergar las 60,000 toneladas de concentrado de cobre previstas. Asimismo y con la finalidad de evitar la contaminación del ambiente, deberá estar presurizado, con presión negativa.

El almacén estará equipado con un cargador apilador que depositará el material en su interior y deberá contar también con un sistema de medición de la humedad, por motivos de seguridad, ya que de no estar lo suficientemente húmedo podría generarse una combustión espontánea.

Cargador apilador:

El cargador apilador será alimentado mediante un sistema (que se muestra esquemáticamente en planos), desde la estación receptora ubicada al lado del almacén.

Mientras recibe la carga, el cargador irá depositándola en el almacén, para lo cual estará instalado sobre un riel que le permitirá desplazarse y formar la pila de concentrado a todo lo largo del almacén, similar al que se muestra en la Fig. 3.02.

FIGURA N° 3.02 APILADOR DE CONCENTRADO DE COBRE

Fuente: www.takraf.com

Cabe recalcar que el apilador mostrado en la imagen es de mayor dimensión que el considerado para el uso al interior del almacén que se diseñará.

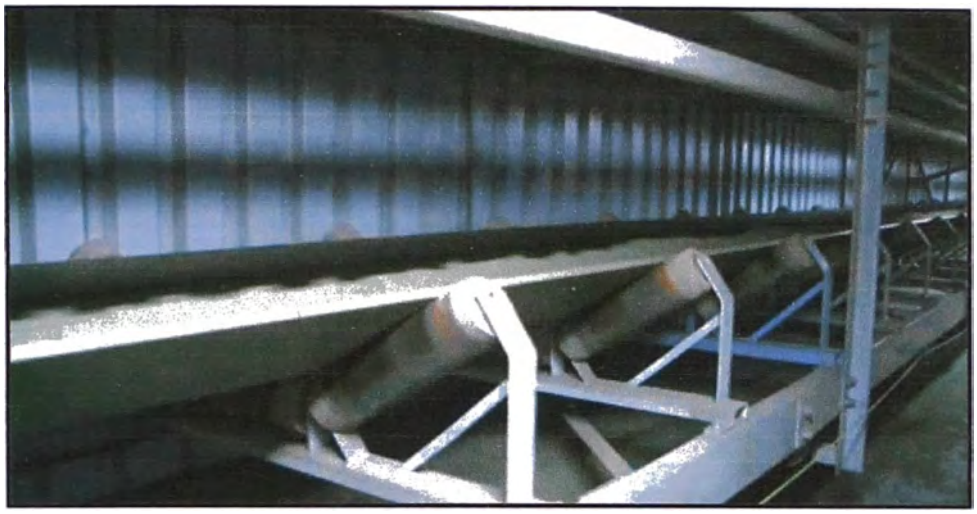
3.1.3 Faja transportadora

Esta faja transportadora deberá ser tubular, herméticamente sellada, con presión negativa, para evitar la contaminación y tendrá un recorrido desde el almacén hasta el muelle, tal como se muestra en las Fig. 3.03 y 3.04.

FIGURA N° 3.03 FAJA TUBULAR PARA TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE (VISTA EXTERIOR)

Fuente: Netmin TV – Minera Los Pelambres

FIGURA N° 3.04 FAJA TUBULAR PARA TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE (VISTA INTERIOR)



Fuente: Netmin TV – Minera Los Pelambres

Por otra parte, para la alimentación desde el almacén hasta la faja transportadora, se ha previsto el uso de cargadores frontales, los cuales ingresarán al almacén a cargar el mineral tal como se muestra en la Fig. 3.05, y lo transportarán a un ambiente cerrado, ubicado al costado del mismo, en donde se ubicará el sistema de alimentación de la faja.

FIGURA N° 3.05 CARGADOR FRONTAL OPERANDO EN ALMACEN

Fuente: Netmin TV – Minera Los Pelambres

3.1.4 Ship loader (Cargador de Barco)

Una vez en el muelle, la faja transportadora alimentará un ship loader, o cargador de barco, el mismo que realizará el carguío del mineral en la nave correspondiente, de manera similar a como se muestra en la Fig. 3.06.

FIGURA N° 3.06 SHIP LOADER (CARGADOR DE BARCO)

Fuente: http://www.steel-technology.com/contractors/materialshandling/voest/

3.2 VOLUMEN DE ALMACENAJE DE CONCENTRADO DE COBRE

Se realizará el diseño del almacén para un volumen de almacenaje de 60,000 toneladas de cobre, el mismo que representa el doble de la capacidad de la nave de diseño calculada en el perfil realizado para la construcción del Puerto, partiendo del supuesto de que el Puerto exporte anualmente 1'800,000 toneladas de concentrado de cobre.

Para efectos de facilitar el diseño, se ha asumido que el almacén albergará mineral de una sola mina. Esto debido a que cada mina extrae concentrado de cobre de diferente grado de pureza (ley).

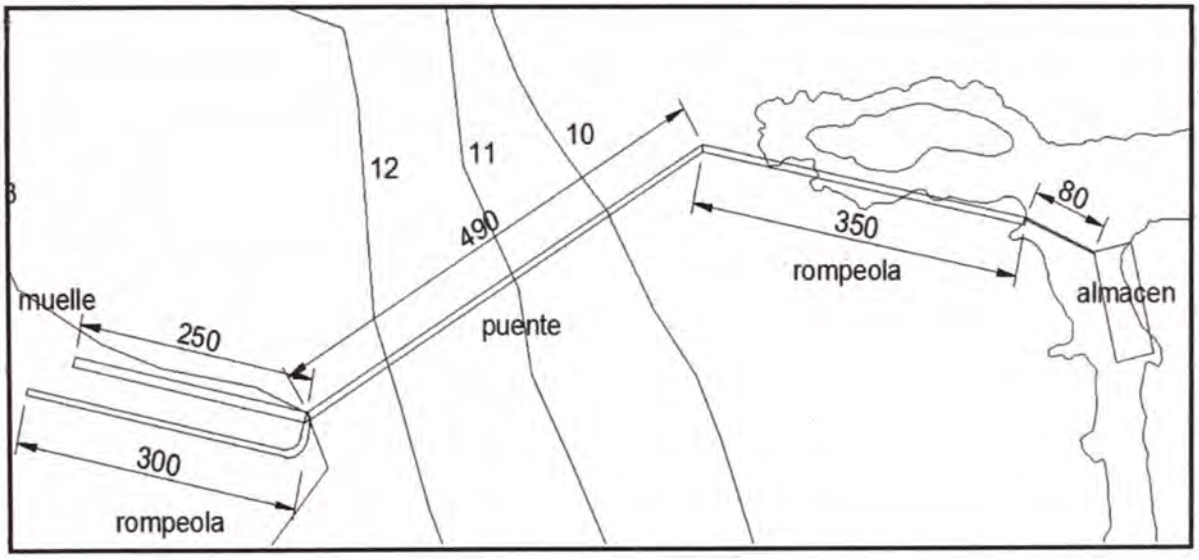
De ser el caso de que un almacén albergue mineral de diferentes leyes, deberán diseñarse varios ambientes con el propósito de que cada pila esté aislada, así como también un ambiente destinado al comuneo, es decir a la mezcla proporcional de los concentrados con diferentes grados de pureza hasta obtener la ley solicitada por el comprador.

3.3 UBICACIÓN DEL ALMACEN DENTRO DEL PUERTO

Para un óptimo funcionamiento del Puerto, y con la finalidad de disminuir los tiempos de operación, lo cual conlleva una disminución en los costos, es necesaria una ubicación del almacén lo más cercana al muelle.

Para ello, y ya que el perfil contempla la ubicación del muelle frente a él, se plantea la construcción del almacén en el Cerro Malabrigo, en una explanada ubicada a una altura aproximada de 25 msnm., tal como se muestra en el esquema Fig. 3.07.

FIGURA N° 3.07 UBICACIÓN DEL ALMACEN DENTRO DEL PUERTO



Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: DISEÑO ARQUITECTÓNICO

4.1 DIMENSIONAMIENTO Y DISTRIBUCION DE AMBIENTES

Basados en el uso al que estarán destinados, se ha distribuido el almacén en tres ambientes, los cuales se han dimensionado de la siguiente manera:

4.1.1 Dimensionamiento de la Estación de Recepción:

Como ya se ha mencionado en el capítulo anterior, esta estación es el ambiente a donde llegarán los camiones volquetes con su carga de mineral, la depositarán y al salir pasarán por un área de lavado con el fin de disminuir la contaminación del ambiente.

Para su dimensionamiento se ha considerado el espacio destinado a la entrada del camión, un área donde estaría ubicada la tolva receptora y finalmente la salida del camión, donde se ubicaría el equipo necesario para el lavado del mismo.

4.1.2 Dimensionamiento del Almacén:

El almacén propiamente dicho se dimensionará considerando que debe albergar el volumen de concentrado de cobre requerido y el cargador apilador que esparcirá el material en la pila.

Para el dimensionamiento y distribución de ambientes del almacén, se procederá a:

Calcular las dimensiones que ocupará el volumen de concentrado de cobre a almacenar.
Calcular las dimensiones que ocupará el cargador apilador.

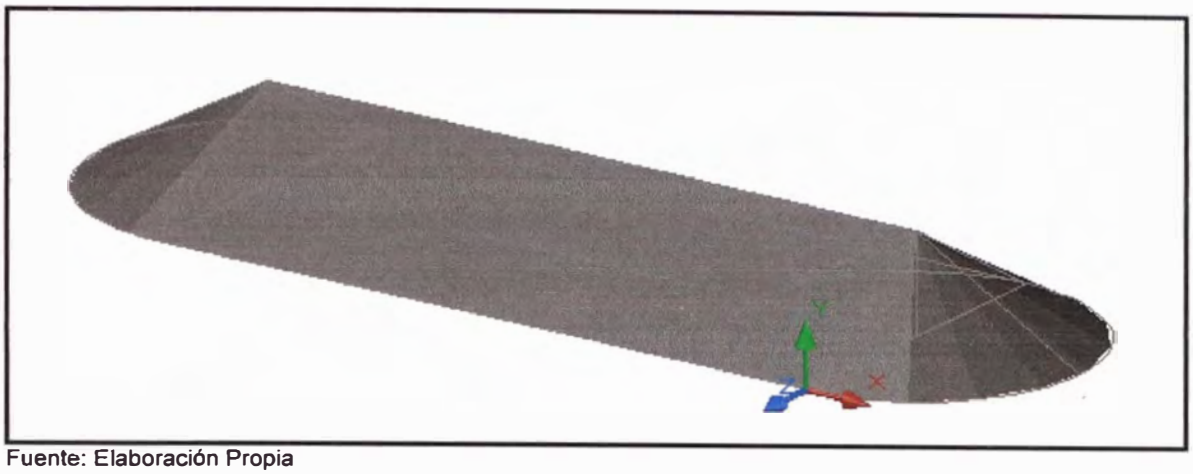
Dimensiones de la Pila de Concentrado de Cobre:

De acuerdo al planteamiento portuario, se ha determinado que la capacidad del almacén debe ser el doble que la capacidad de la nave de diseño, es decir:

2 x 30,000 ton =60,000 ton.

Por lo tanto, se considera una pila de concentrado de cobre cuyo volumen está dado por la suma de los volúmenes de un prisma triangular y dos semiconos en sus extremos, tal como se muestra en la figura 4.01:

FIGURA N° 4.01 GEOMETRÍA DE LA PILA DE CONCENTRADO DE COBRE



Fuente: Elaboración Propia

Volumen del prisma triangular: $Vp = (1/2)x(2rxh)x(b)$

Volumen del semicono: $Vs = (1/6)(\pi x r^2)x(h)$

De donde, el volumen total de la pila esta dado por:

$$Vt = Vp + 2Vs$$

Y de los datos:

Altura de la pila: h

Angulo de reposo: $\alpha = 30°$

Radio del semicono: $r = \sqrt{3}xh$

Largo del prisma: b

Reemplazando:

$$Vt = \sqrt{3}xh^2xb + \pi xh^3 \quad \ldots (1)$$

Por otro lado, sabemos que el volumen de concentrado a almacenar es de 60,000 ton y del dato:

Peso Específico del concentrado de cobre: 4.4 ton/m3

Factor de seguridad: 1.1

Obtenemos que:

$$Vt = 1.1 \times (60{,}000 / 4.4)\ [m^3]$$

De donde:

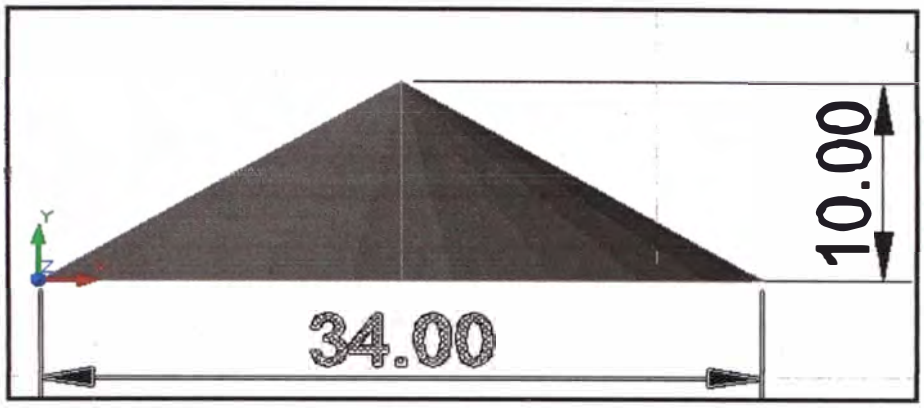
$$Vt = 15{,}000\ m^3 \quad \ldots (2)$$

Por lo que, igualando (1) y (2), e iterando:

Altura de la pila: h = 10m
Radio del semicono: r = 17m
Largo del prisma: b =68m

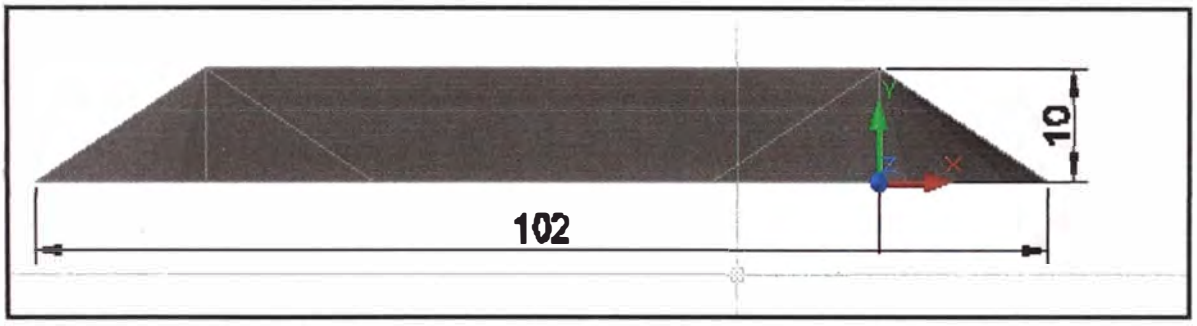
Finalmente, las dimensiones de la pila son las que se muestran en las Fig. 4.02 y 4.03:

FIGURA N° 4.02 CORTE TRANSVERSAL DE LA PILA DE CONCENTRADO DE COBRE



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 4.03 CORTE LONGITUDINAL DE LA PILA DE CONCENTRADO DE COBRE



Fuente: Elaboración Propia

Dimensiones del Cargador Apilador de Concentrado de Cobre:

Una vez calculada la dimensión de la pila de concentrado, debemos estimar un espacio adicional dentro del almacén, donde irá colocado un cargador apilador, por donde se recibirá el material desde la estación de recepción.

Se ha estimado un ancho adicional a la pila de mineral, de aproximadamente 4 metros, donde se instalarían 2 rieles sobre los cuales se desplazaría el cargador apilador de concentrado, de manera de distribuir el mineral y formar la pila.

Asimismo, este espacio sería utilizado por los cargadores frontales para cargar el mineral, desde la pila hacia el alimentador de la faja tubular, el mismo que se plantea ubicar en un ambiente cerrado, ubicado al lado del almacén.

Otro punto importante a considerar es que, dado que el cargador apilador alimentará la pila por la parte superior de la misma, la altura efectiva del almacén se ha considerado 5 metros más arriba de la altura de la pila, es decir 15m.

4.1.3 Dimensionamiento de la Estación Alimentadora :

Este ambiente estará ubicado también al lado del almacén propiamente dicho. En él se ubicará el alimentador de la faja tubular que llevará el concentrado de cobre hacia el muelle.

Para cargar el alimentador se hará uso de cargadores frontales, por lo que es necesario calcular su número para estimar el área requerida para su operación, lo cual se hará de la siguiente manera:

Parámetros a considerar:

Capacidad de la faja transportadora: 300 ton/h
Peso específico del concentrado de cobre: 4.4 ton/m3
Factor de seguridad de carga / hora: 1.2
Capacidad de cuchara de cargador frontal: 1.7 m3
Duración de un ciclo de trabajo: aprox. 1.2 min

De donde, en una hora se debe cargar el alimentador con:

300 ton / (4.4 ton/m3) = 68 m3 x 1.2 = 82 m3

De manera de alimentar la faja, y ésta a su vez el ship loader, permanentemente; además, considerando el ciclo y la capacidad de 01 cargador, tenemos que en una hora:

Número de ciclos: 60 min / 1.2 min = 50 ciclos
Capacidad de traslado en una hora = 50 x 1.7 m3 = 85 m3

Por lo que con 01 cargador podemos mantener el ritmo de carga necesario, incluso considerando el factor de seguridad asignado.
Finalmente, la estación alimentadora se dimensionó considerando un área para el alimentador de la faja y el espacio suficiente para la maniobra de 01 cargador

frontal que llevará el mineral desde el almacén hasta el alimentador de la faja transportadora.

4.2 PLANOS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Los planos del pre-dimensionamiento del almacén, considerando los tres ambientes desarrollados en el ítem precedente, se encuentran en el Anexo 01.

Finalmente, y tal como puede apreciarse en los planos, las dimensiones finales de los ambientes se han estimado en:

Estación de Recepción:

Ancho = 11 m

Largo = 39 m

Alto = Variable entre 5 m (extremos) y 6.5 m (cumbrera)

Almacén:

Ancho = 40 m

Largo = 108 m

Alto = Variable entre15 m (extremos) y 18 m (cumbrera)

Estación Alimentadora:

Ancho = 20 m

Largo = 28 m

Alto = Variable entre 5 m (extremos) y 6.5 m (cumbrera)

CAPÍTULO V: DISEÑO ESTRUCTURAL DEL ALMACÉN

5.1 ESTUDIO DE SUELOS

El cerro Malabrigo, que es donde se plantea hacer el emplazamiento del almacén de concentrados, se encuentra ubicado en el valle de Chicama, al suroeste del actual embarcadero del mismo nombre.

Este valle está conformado por diferentes unidades estratigráficas, de las cuales afloran en el cerro Malabrigo las siguientes:

- ***Grupo Zaña (Jr – z):*** Es una secuencia volcánico – sedimentaria de edad Triásico Superior constituido por una secuencia volcánico-sedimentaria cuyos afloramientos consisten de lavas, tufos y brechas de composición predominantemente andesítica, fuertemente epidotizados, de colores verde oscuro y negruzco, cuyos derrames se intercalan con capas de lutitas negras silicificadas. A continuación puede apreciarse este afloramiento en el Cerro Malabrigo (Ver Fig. 5.01).

FIGURA N° 5.01 AFLORAMIENTO ROCOSO PERTENECIENTE AL GRUPO ZAÑA EN CERRO MALABRIGO

Fuente: www.ana.gob.pe/media/296943/estudio_hidrogeologico_chicama.pdf

- ***Formación Chicama (Js - Chic):*** Sucesión sedimentaria de lutitas pizarrosas y arenosas que subyacen, en discordancia al grupo Zaña, en el que se puede

apreciar gran cantidad de diques que cortan el paquete sedimentario, así como sills que ha sido inyectado entre algunos estratos, éstos tienen composición andesítica, intrusiones graníticas y granodioríticas.

- ***Formación Chimú (Ki - Chim):*** Representa los horizontes inferiores del Cretáceo. Litológicamente está constituida por paquetes generalmente gruesos de areniscas y cuarcitas blancas, grises hasta pardas de grano fino a grueso y formas subredondeadas, con intercalaciones de lutitas pizarrozas de estratificación delgada y colores generalmente oscuros.

Asimismo, durante la visita al Cerro Malabrigo se observó que el suelo es de tipo rocoso, visiblemente fragmentado superficialmente.

FIGURA N° 5.02 SUELO DE ROCA FRAGMENTADA EN CERRO MALABRIGO

Fuente: Elaboración Propia

Dado que no se han hecho ensayos (calicatas u otros) para determinar la profundidad de la roca fragmentada, se asumirá una profundidad de aproximadamente 2 metros de roca alterada, a partir de la cual se considerará roca sólida.

Para la cimentación del almacén se deberá realizar la excavación de la roca alterada, por lo que los parámetros de suelo que se mencionan a continuación, y

en base a los cuales se ha efectuado el cálculo estructural, son relativos a la cimentación en roca sólida.

Parámetros a considerar para el diseño sismo resistente

- Factor de Zona:

  De acuerdo a la Norma Técnica E-030, para el Diseño Sismo Resistente, el Cerro Malabrigo, ubicado en la provincia de Ascope, Departamento de La Libertad, se encuentra en la zona sísmica 3, por lo que:

  Factor de Zona: $Z = 0.4$

- Perfil de Suelo:

  De acuerdo a las características observadas en campo, siendo el suelo de tipo rocoso, por lo tanto rígido, el Perfil de Suelo es:

  Perfil de Suelo: S_1

  Por lo tanto, de acuerdo a la Norma Técnica E-030:
  - S = 1.0
  - Tp = 0.4

  Asimismo, se han asumido los siguientes valores con el fin de realizar el diseño de la cimentación:

  - Capacidad portante del terreno:
    $q_{terreno} = 4.5$ kg/cm^2 (Roca fragmentada)
  - Peso específico del terreno:
    $\gamma_S = 1800$ kg/m^3
  - Sobrecarga del piso:
    s/c = 500 kg/m^2 (según Norma Técnica E-020)

5.2 EVALUACIÓN DE TIPO DE ESTRUCTURAS POSIBLES A UTILIZAR

Para la edificación de estructuras industriales es usual el empleo de materiales como concreto, acero, o una combinación de ambos.

Para poder elegir el material que se adecúe mejor al proyecto, debemos evaluar las características del mismo, tales como su funcionalidad, dimensiones, etc.

En este caso, debido a las grandes dimensiones que se plantean para albergar el concentrado de cobre, se deberá tomar en cuenta que las construcciones ejecutadas con estructuras metálicas permiten luces mayores, especialmente en ambientes como los que se está diseñando, donde se requieran edificios sin pilares intermedios; así como para edificios de grandes alturas, sin pilares excesivamente gruesos, que ocuparían espacios importantes.
Es así que se tiene como primera opción el acero estructural, por lo cual se hará un análisis de las ventajas y desventajas que tiene este material con respecto al concreto, antes de decidir definitivamente su empleo.

Ventajas del Uso de Acero Estructural en Edificaciones

- El material es homogéneo y la posibilidad de fallos humanos es mucho más reducida que en estructuras construidas con otros materiales, lo que permite realizar diseños más ajustados, y por tanto más económicos.
- Las estructuras metálicas se construyen de forma rápida, ya que al ser elementos prefabricados, en parte, pueden montarse en taller.
- Las estructuras metálicas tienen resistencia completa desde el instante de su colocación en obra, lo que no sucede con el concreto.
- Las estructuras metálicas pesan poco y tienen elevada resistencia. Al mismo tiempo, se logran cubrir luces mayores con elementos estructurales de menor peralte y ancho (vigas, columnas, etc.)
- En caso de requerir reforzamiento, debido a cambio en el uso de la estructura, o ampliaciones, éste es relativamente sencillo.
- Al demolerlas, las estructuras metálicas conservan su valor residual ya que, en muchas ocasiones pueden volver a ser utilizadas.

Como todo material, las estructuras metálicas poseen también desventajas que hay que tener en consideración al momento de decidir emplearlas:

Desventajas del Uso de Acero Estructural en Edificaciones

- Si bien la elevada resistencia del material permite el uso de elementos que soportan determinadas cargas sin necesidad de un gran peralte, deben considerarse también las deformaciones por esbeltez del material.

- El resultado de las uniones soldadas es dudoso, especialmente en piezas trabajando a tracción. (Defectos: falta de penetración, falta de fusión, poros y oclusiones, grietas, mordeduras, picaduras y desbordamientos).
- Son necesarios dispositivos adicionales para conseguir la rigidez (diagonales, nudos rígidos, etc.).
- Las estructuras metálicas transmiten las vibraciones en mucha mayor magnitud que las estructuras de concreto armado.

5.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA A UTILIZAR

Analizadas las ventajas y desventajas que ofrecen las estructuras metálicas, se procederá a diseñar con este tipo de material.

Para ello se hará el diseño con acero ASTM A36 (Grado 36), es decir acero cuyo Esfuerzo de Fluencia fy = 2,530 kg/cm2.

Para ello es necesario definir el método a utilizar, que en este caso será el Método de Cargas Factoradas y Resistentes (LRFD). Asimismo, el análisis se llevará a cabo con el programa de cómputo ETABS versión 09.

La secuencia iterativa tomada para el análisis y diseño es la siguiente:

- Predimensionar las secciones.
- Realizar el análisis de la estructura.
- Verificar los desplazamientos y si no cumplieran con lo permisible, volver a predimensionarlos.
- Si cumplen con los desplazamientos permisibles, verificar si cumple con los estados limites de resistencia dados por la AISC, es decir, si la sección propuesta es correcta. **(*)**

(*) En este último paso de la iteración, y por tratarse de un estudio a nivel de perfil, se hará la verificación de la resistencia a la tracción o compresión de las barras que conforman los pórticos reticulados, así como los estados últimos de los elementos en flexocompresión (en este caso, las columnas). Para un estudio a mayor profundidad deberán verificarse también otros efectos de tal manera que no excedan los valores admisibles de acuerdo a la norma E-020.

5.3.1 Tipo de estructura a utilizar

Estación Receptora

Se diseñará una estructura reticular, formada por 8 pórticos principales de 11m de luz (luz menor) ubicados aproximadamente cada 6.00m y 2 pórticos secundarios de 39m de longitud (luz mayor), los cuales se ubican en los extremos laterales de la estación receptora.

El pórtico principal tendrá nodos cada 2m, a lo largo de los 11m de luz, siendo el peralte en la cumbrera del techo de 2m, el mismo que se consideró tomando en cuenta:

$$\mathbf{h \geq L/20}$$

Donde:

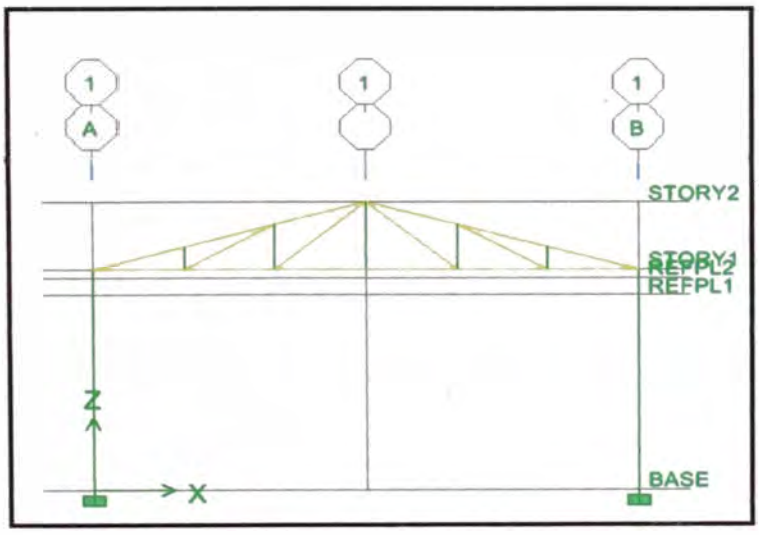
h = peralte del reticulado en la cumbrera del techo

L = luz libre del pórtico principal = 11m

Asimismo, se consideró una cobertura liviana para el techo de la estación receptora, la misma que se apoyará en correas ubicadas cada 2m, coincidentes con los nodos del reticulado sobre el cual se apoyan.

Por otro lado, para darle mayor rigidez a la estructura y disminuir los desplazamientos en el eje y-y, se consideró unir los pórticos principales entre sí mediante varillas lisas, tipo Cruz de San Andrés; así como la colocación de una viga reticulada en el extremo superior de los pórticos secundarios, tal como se muestran en las Fig. 5.03, 5.04 y 5.05.

FIGURA N° 5.03 PÓRTICO PRINCIPAL – ESTACIÓN RECEPTORA



Fuente: Elaboración Propia

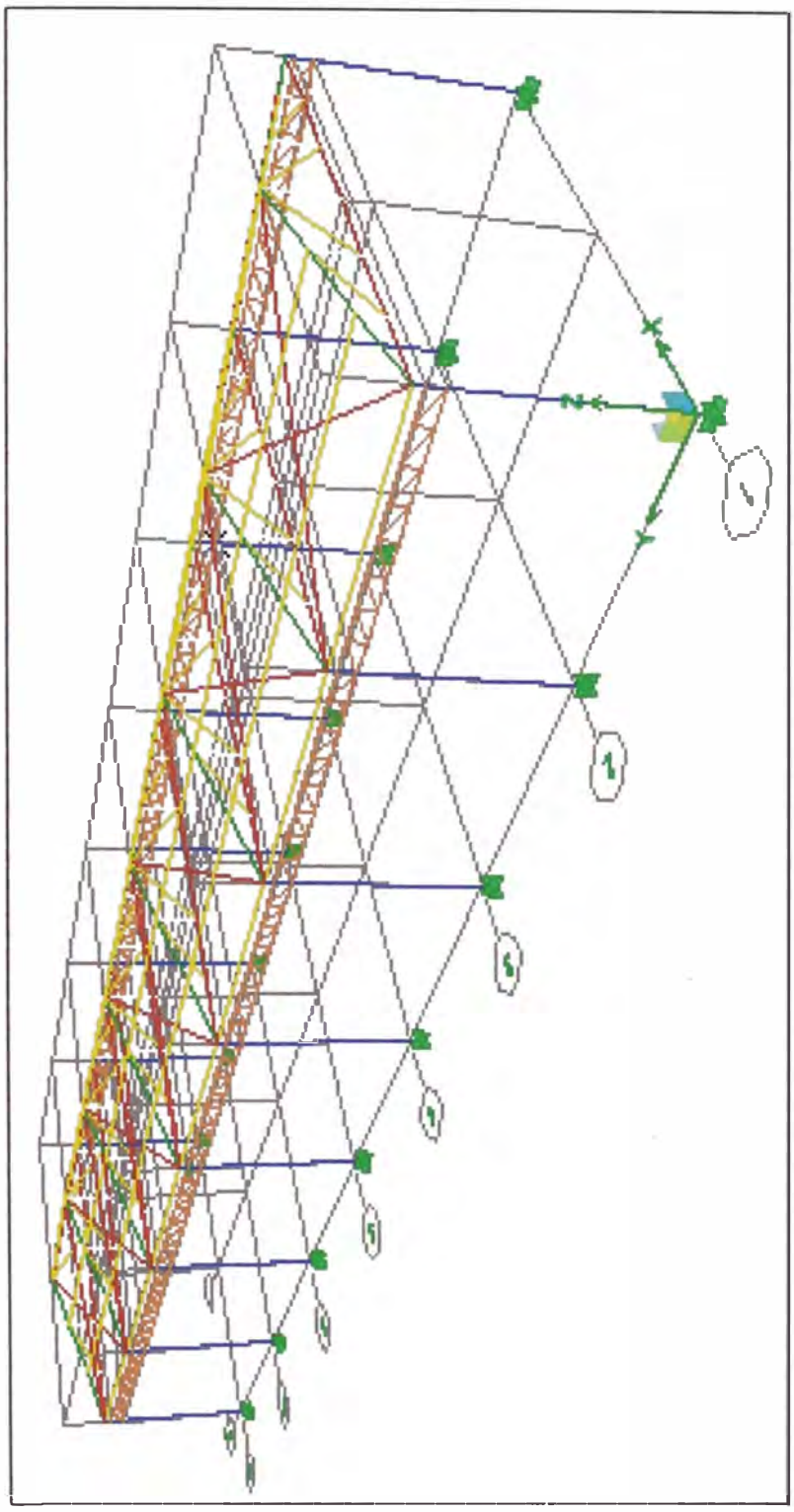


FIGURA N° 5.05 ISOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA METÁLICA - ESTACIÓN RECEPTORA

Fuente: Elaboración Propia

Almacén

Se diseñará una estructura reticular, formada por 19 pórticos principales de 40m de luz (luz menor del almacén) ubicados cada 6.00m y 2 pórticos secundarios de 108m de longitud (luz mayor del almacén), los cuales se ubican en los extremos laterales del almacén.

El pórtico principal tendrá nodos cada 2m, a lo largo de los 40m de luz, siendo el peralte en la cumbrera del techo de 8m, el mismo que se consideró tomando en cuenta que la pendiente sea de aproximadamente:

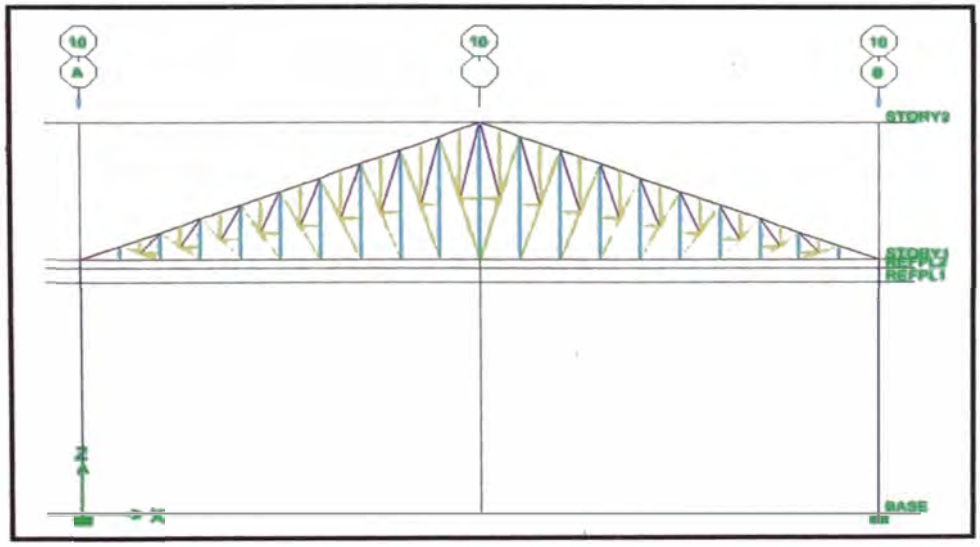
$$1:4 \leq h / (0.5L) \leq 1:2$$

Donde:
h = peralte del reticulado en la cumbrera del techo
L = luz libre del pórtico principal = 40m

Asimismo, se consideró una cobertura liviana para el techo del almacén, la misma que se apoyará en correas ubicadas cada 2m, coincidentes con los nodos del reticulado sobre el cual se apoyan.

Por otro lado, para darle mayor rigidez a la estructura y disminuir los desplazamientos en el eje y-y, se consideró unir los pórticos principales entre sí mediante varillas lisas, tipo Cruz de San Andrés; así como la colocación de una viga reticulada en el extremo superior de los pórticos secundarios y arriostres en los mismos; tal como se muestran en las Fig. 5.06, 5.07 y 5.08.

FIGURA N° 5.06 PÓRTICO PRINCIPAL – ALMACÉN



Fuente: Elaboración Propia

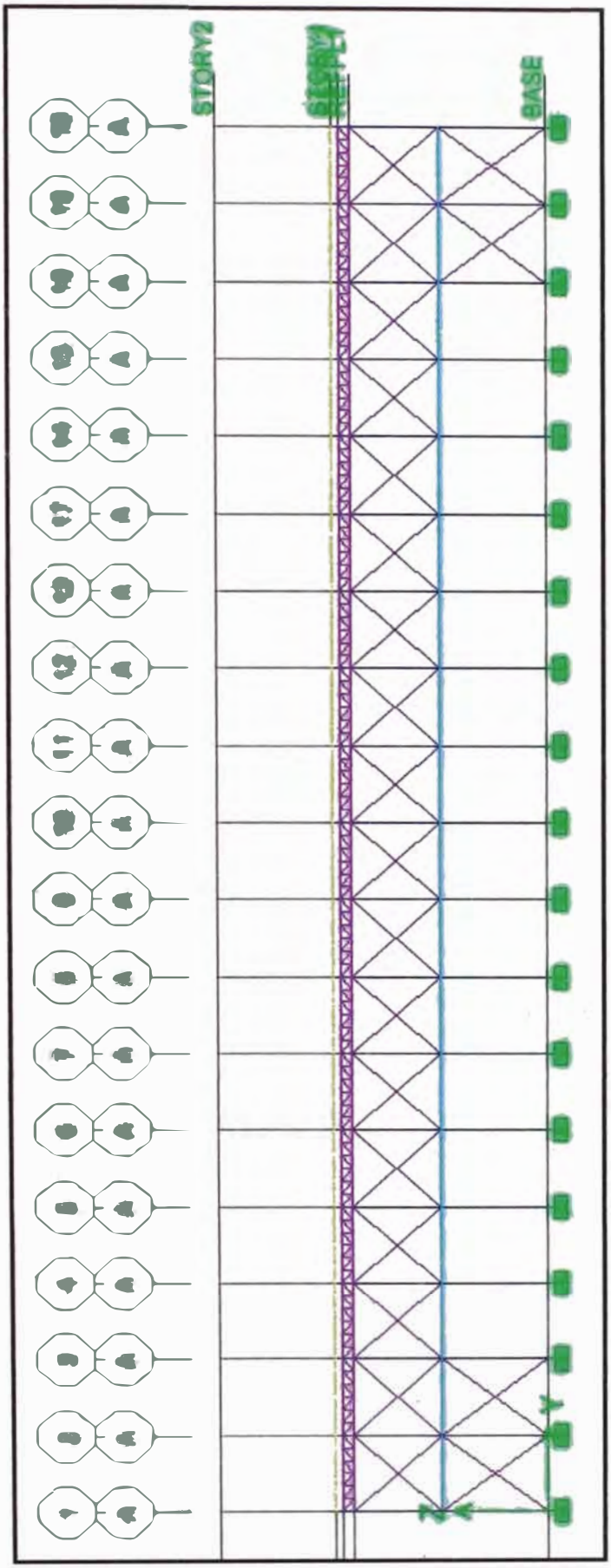
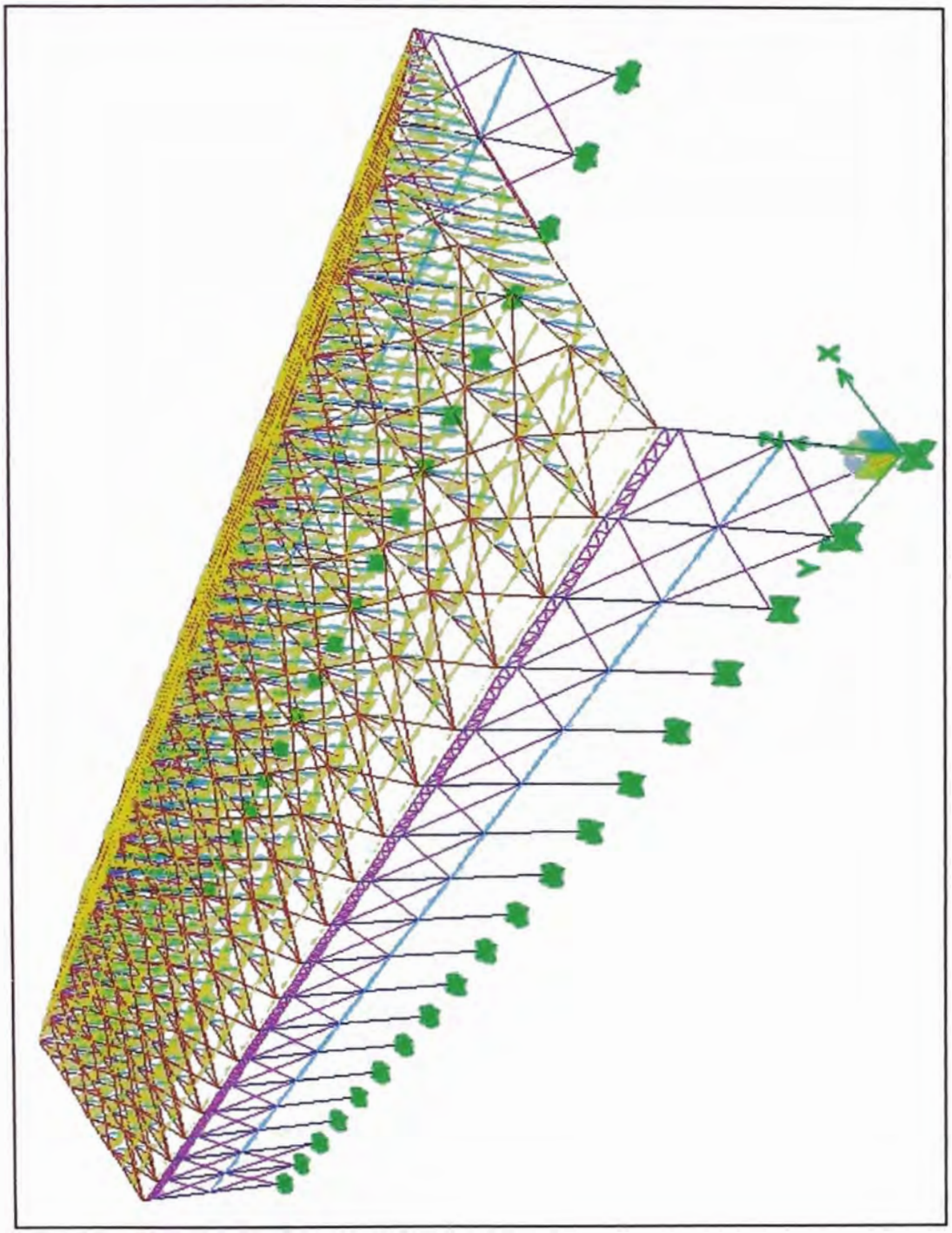


FIGURA Nº 5.07 PÓRTICO SECUNDARIO - ALMACÉN

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 5.08 ISOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA METÁLICA - ALMACÉN



Fuente: Elaboración Propia

Estación Alimentadora

Se diseñará una estructura reticular, formada por 6 pórticos principales de 20m de luz (luz menor) ubicados cada aproximadamente 5.60m y 2 pórticos secundarios de 28m de longitud (luz mayor), los cuales se ubican en los extremos laterales de la estación alimentadora.

El pórtico principal tendrá nodos cada 2m, a lo largo de los 20m de luz, siendo el peralte en la cumbrera del techo de 2m, el mismo que se consideró tomando en cuenta:

$$h \geq L/20$$

Donde:

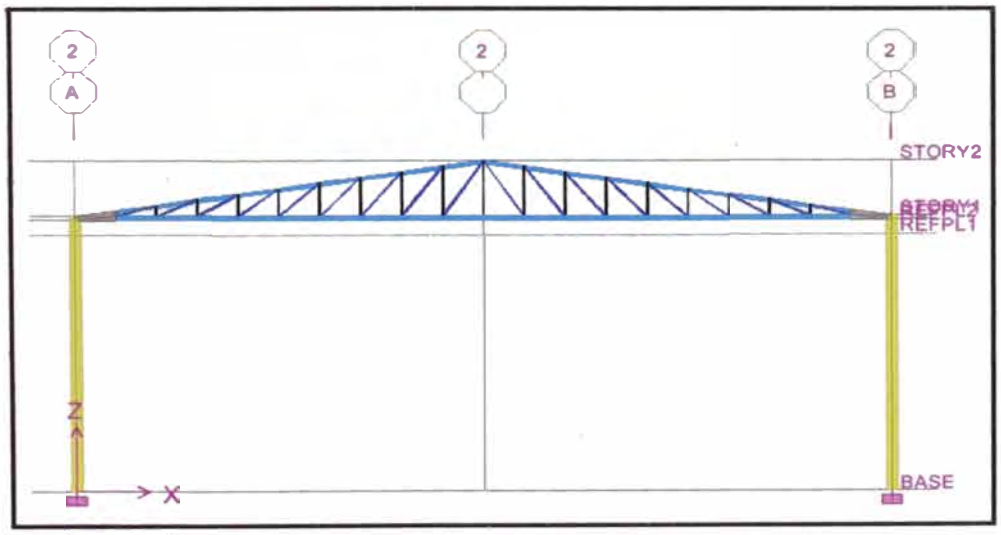
h = peralte del reticulado en la cumbrera del techo

L = luz libre del pórtico principal = 20m

Asimismo, se consideró una cobertura liviana para el techo de la estación alimentadora, la misma que se apoyará en correas ubicadas cada 2m, coincidentes con los nodos del reticulado sobre el cual se apoyan.

Por otro lado, para darle mayor rigidez a la estructura y disminuir los desplazamientos en el eje y-y, se consideró unir los pórticos principales entre sí mediante varillas lisas, tipo Cruz de San Andrés; así como la colocación de una viga reticulada en el extremo superior de los pórticos secundarios, tal como se muestran en las Fig. 5.09, 5.10 y 5.11.

FIGURA N° 5.09 PÓRTICO PRINCIPAL – ESTACIÓN ALIMENTADORA



Fuente: Elaboración Propia

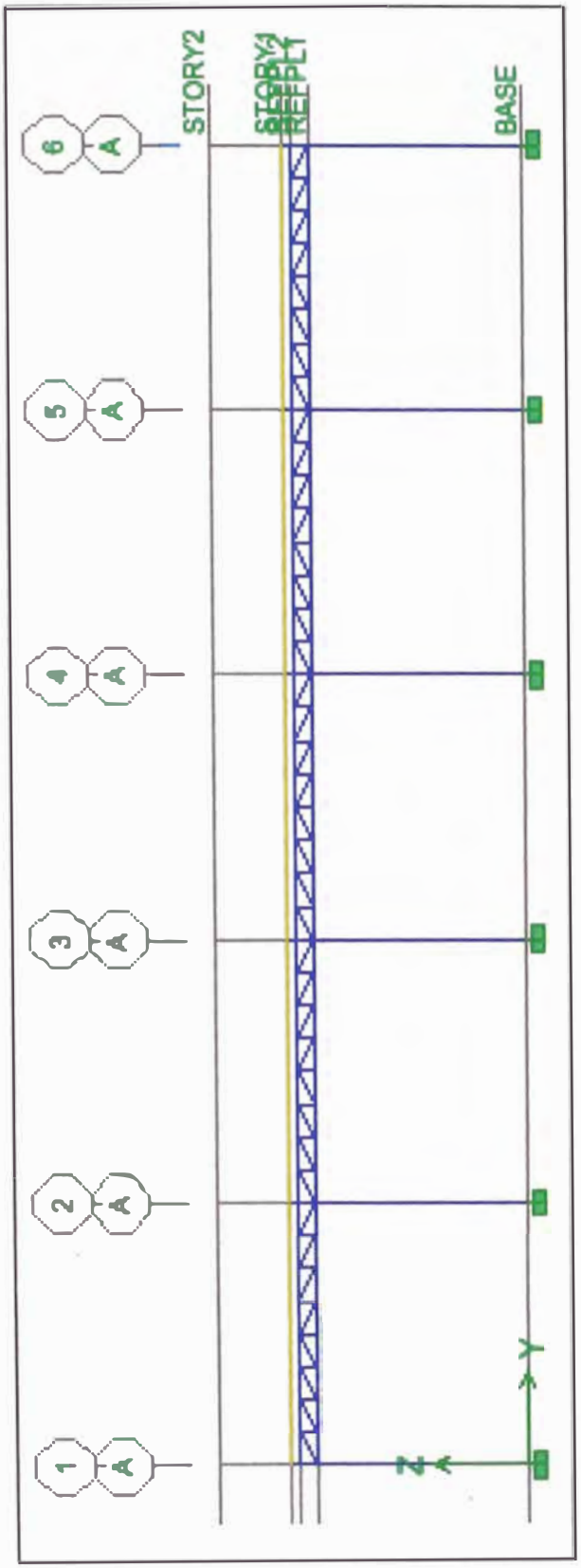


FIGURA N° 5.10 PORTICO SECUNDARIO - ESTACIÓN ALIMENTADORA

Fuente: Elaboración Propia

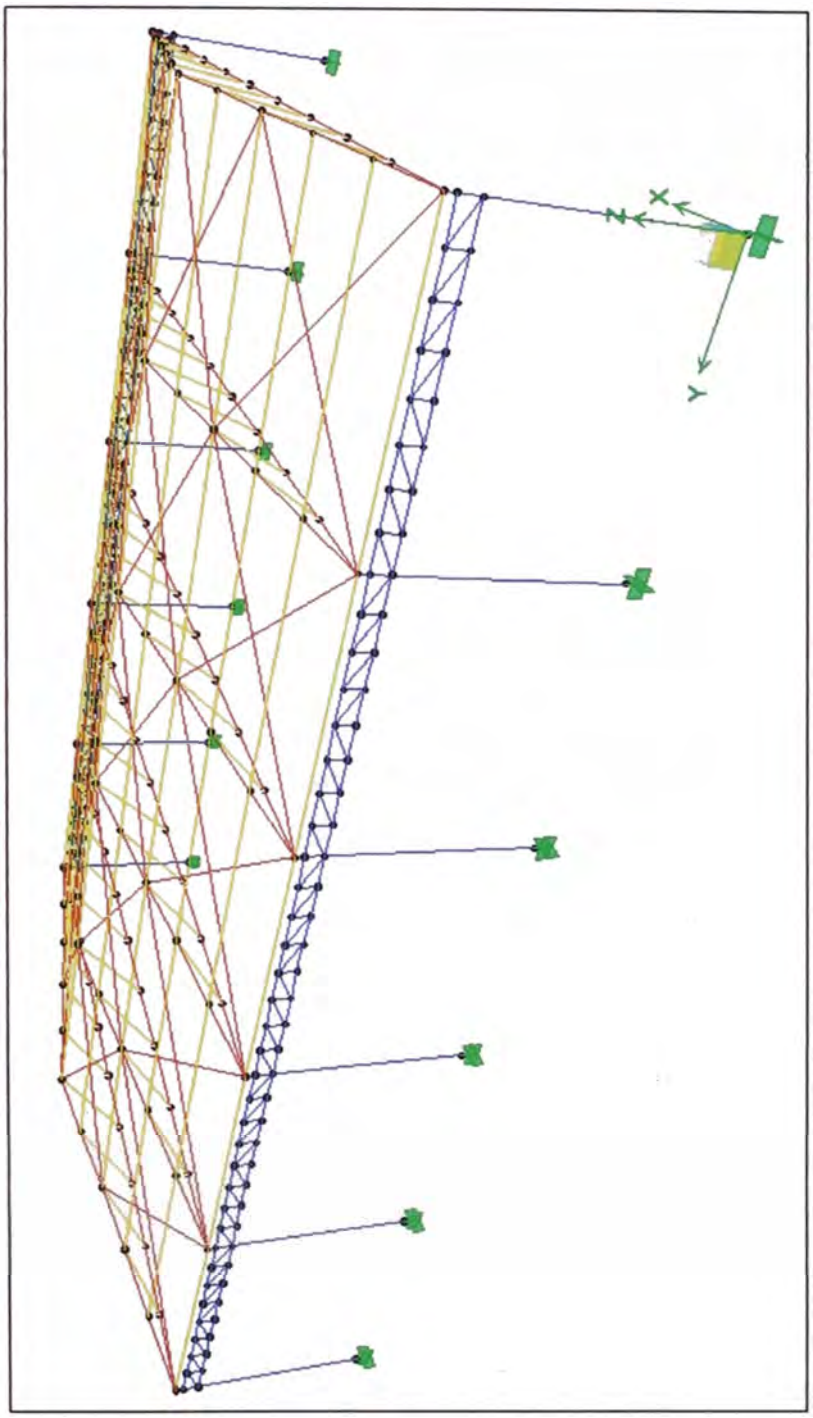


FIGURA N° 5.11 ISOMETRÍA DE LA ESTRUCTURA METÁLICA - ESTACIÓNALIMENTADORA

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2 Cargas

A continuación se detallan las cargas consideradas para el diseño estructural, del almacén propiamente dicho. Para las estaciones de recepción y alimentación deberá efectuarse un análisis similar.

a) Carga muerta:

Peso de cobertura = 11.5 kg/m2 (peso aprox. de cobertura Eternit + sujeción)
Peso de luminarias = 0.5 kg/m2 (peso promedio estimado)

b) Carga viva:

S/C = 30 kg/m2 (según Norma E-020)

c) Carga de viento:

La presión del viento como carga uniformemente repartida actúa sobre la cobertura, y esta a su vez transmite la carga a las correas del reticulado.

Para calcular las cargas de viento, se consultó el mapa eólico (ver RNE) de donde, para la zona en estudio y para un periodo de retorno de 50 años, la velocidad del viento es:

$$V = 95 \text{ Km/h.}$$

Y de la Norma E-020:

$$\mathbf{P_h = 0.005\ C\ V_h^2}$$

Donde:
C: factor de forma (Ver tabla 4 Norma E-020)
V_h: velocidad a altura h, en Km/h; la cual está definida como:

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

Donde:
V_h: velocidad a altura h, en Km/h
V: velocidad de diseño hasta 10m de altura en Km/h
h: altura sobre el terreno, en metros

Reemplazando:

En el eje x: $V_h = 109.41$ Km/h
En el eje y: $V_h = 95.00$ Km/h

Por lo tanto, y con ayuda de la tabla 4, se obtiene:

En el eje x:

- Barlovento:
  Presión = 41.90 kg/m2
  Succión = -17.96 kg/m2
- Sotavento:
  Succión = -35.91 kg/m2

En el eje y:

- Barlovento:
  Presión = 36.1 kg/m2
- Sotavento:
  Succión = -31.6 kg/m2

d) Carga de sismo:

Se utilizarán los parámetros mencionados en el capítulo 5.1, los cuales en resumen son:

Z = 0.4	S = 1.0
Tp = 0.4	U = 1.0

e) Carga por temperatura:

Se obtuvieron datos de SENAMHI, los cuales tienen un registro de:

- Temperatura máxima registrada = 23°C aprox.
- Temperatura mínima registrada = 12°C aprox.

De donde, la variación de temperatura máxima ha sido $\Delta T = 11°C$.

Por lo que de acuerdo a la norma E-020 se tomará un $\Delta T = 30°C$ como valor mínimo.

5.3.3 Descripción del análisis mediante método LRFD

Como se ha mencionado anteriormente, el diseño estructural se hará mediante el método LRFD, el cual contempla que las cargas actúan en las siguientes combinaciones, de las cuales se elige el caso más desfavorable y se contrasta con los valores admisibles de acuerdo a la norma E-090 "Estructuras Metálicas":

- Combinación A1: 1.4D
- Combinación A2: 1.2D+1.2T+0.5L

Cabe mencionar que esta combinación no figura en el método LRFD de la norma peruana, por lo que se tomó de la norma argentina, la misma que está basada en la norma AISC de 1999, con el fin de evaluar los efectos de la temperatura.

- Combinación A3 y A4: 1.2D + 1.6L + 0.8W

(Para cada una de las combinaciones de viento)

- Combinación A5 y A6: 1.2D + 1.3W + 0.5L

(Para cada una de las combinaciones de viento)

- Combinación A7 y A8: 1.2D + E

(Para el sismo actuando en los ejes x e y)

- Combinación A9 y A10: 0.9D + 1.3W

(Para cada una de las combinaciones de viento)

- Combinación A11 y A12: 0.9D + E

(Para el sismo actuando en los ejes x e y)

Asimismo, para la verificación de la flecha se tomará la siguiente combinación:

- Combinación S1: D + L

Donde:

D: Carga muerta
L: Carga viva de techo
W: Carga de viento
E: Carga de sismo
T: Temperatura

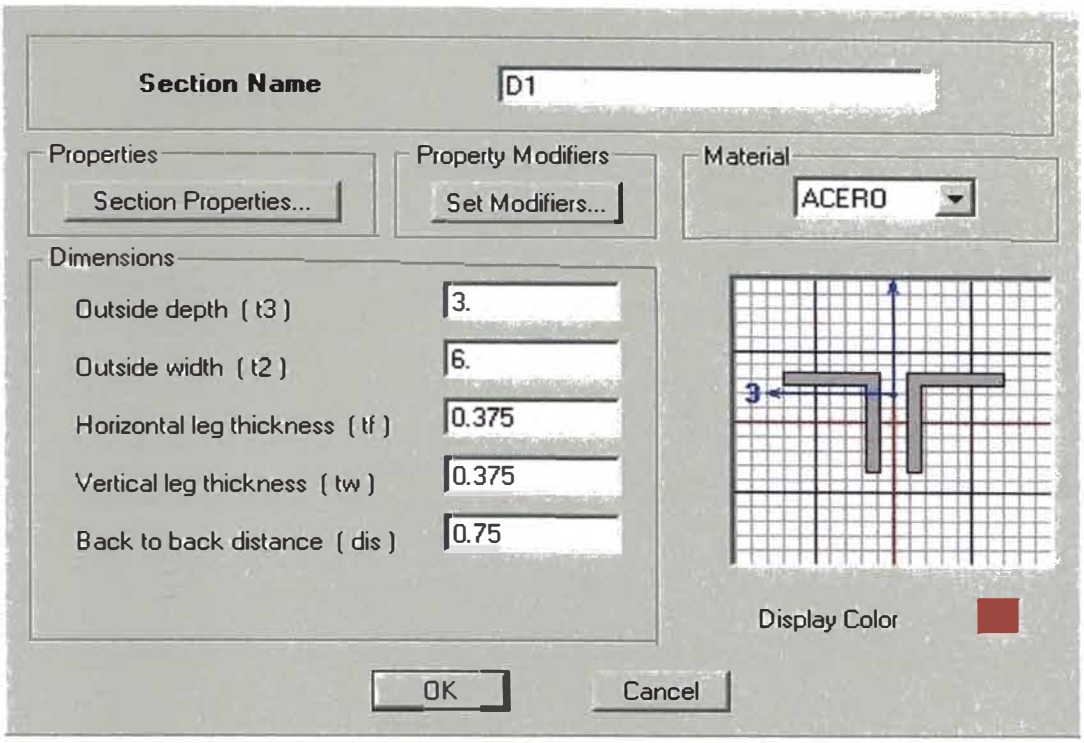
5.3.4 Modelamiento en ETABS versión 09

Para realizar el modelamiento en el ETABS se deberá ingresar las características técnicas del acero, tales como:

- Peso Específico: 7.853 ton/m3
- Masa Específica: 0.8 ton/m3
- Módulo de Elasticidad: 2×10^{07} ton/m2
- Coeficiente de Poisson: 0.3
- Coeficiente Térmico: 1.17×10^{-05}

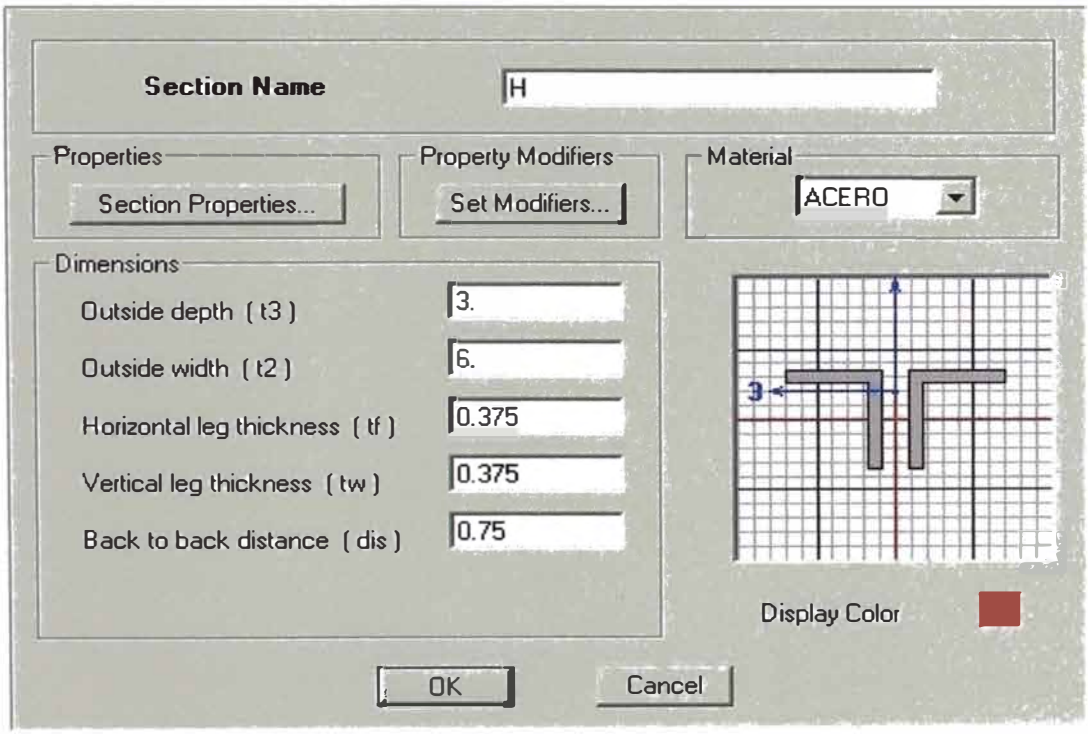
Así como las características de las secciones a utilizar en los elementos las cuales, después de las iteraciones correspondientes, resultaron las que se muestran en las Fig. 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17 y 5.18.

FIGURA N° 5.12 CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS SUPERIORES – D1: 2L 3"x3"x3/8"



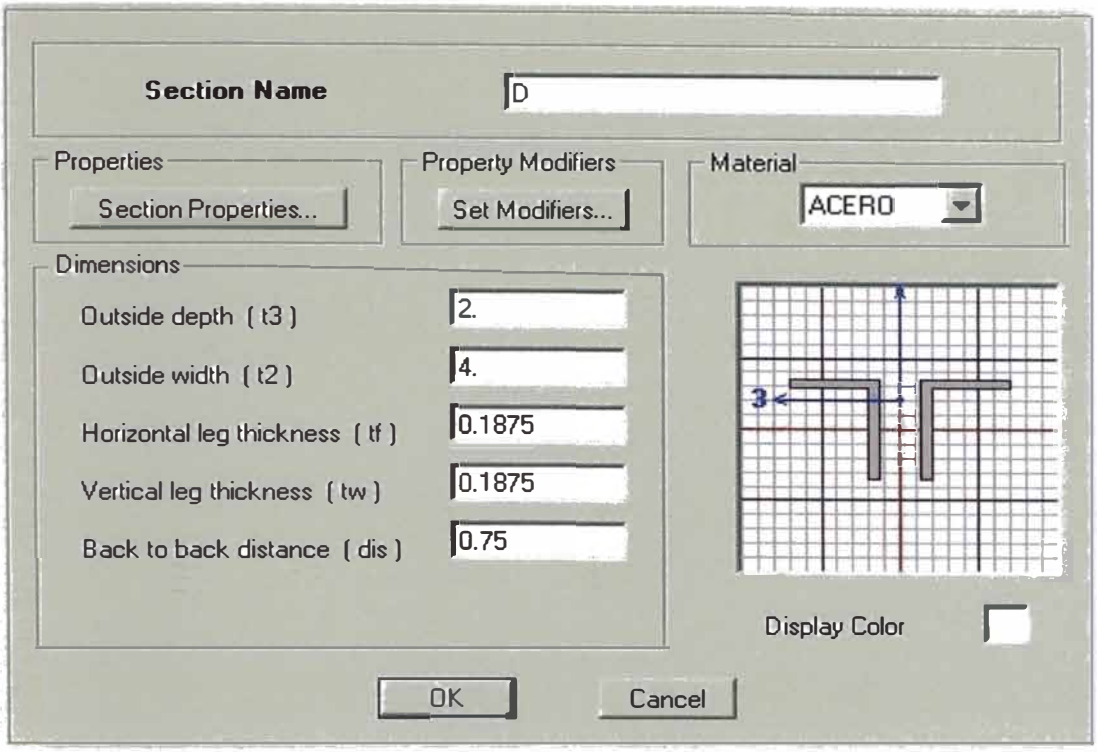
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 5.13 CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS INFERIORES – H: 2L 3"x3"x3/8"



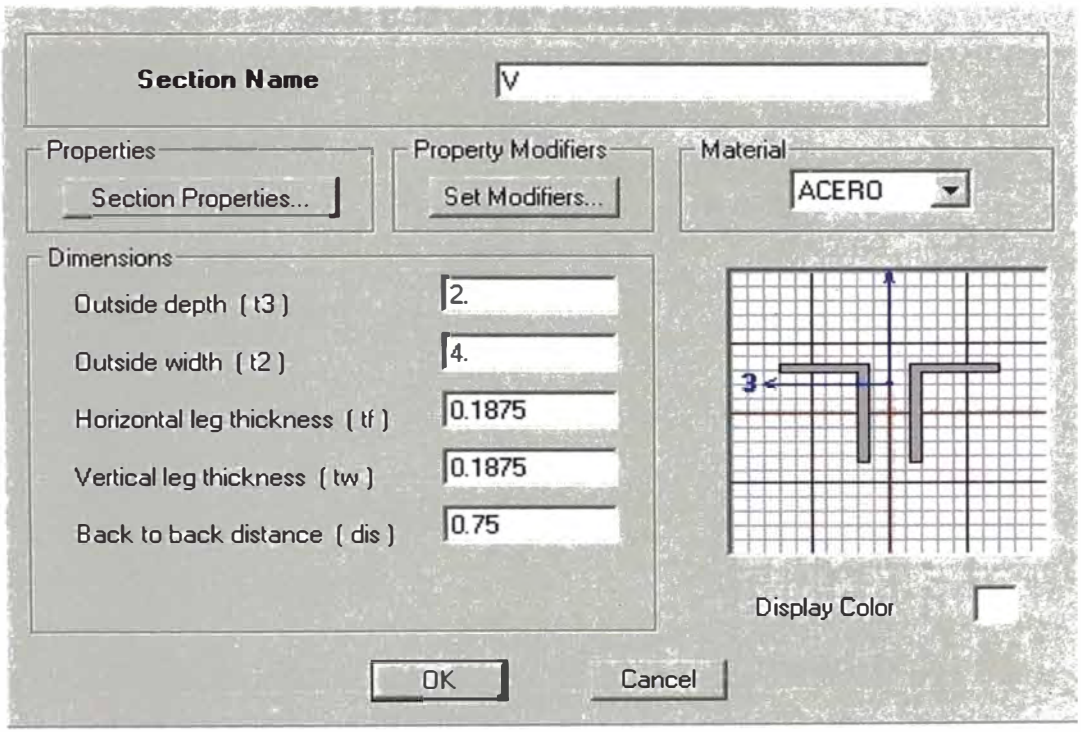
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 5.14 CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS DIAGONALES D, D2: 2L 2"x2"x3/16"



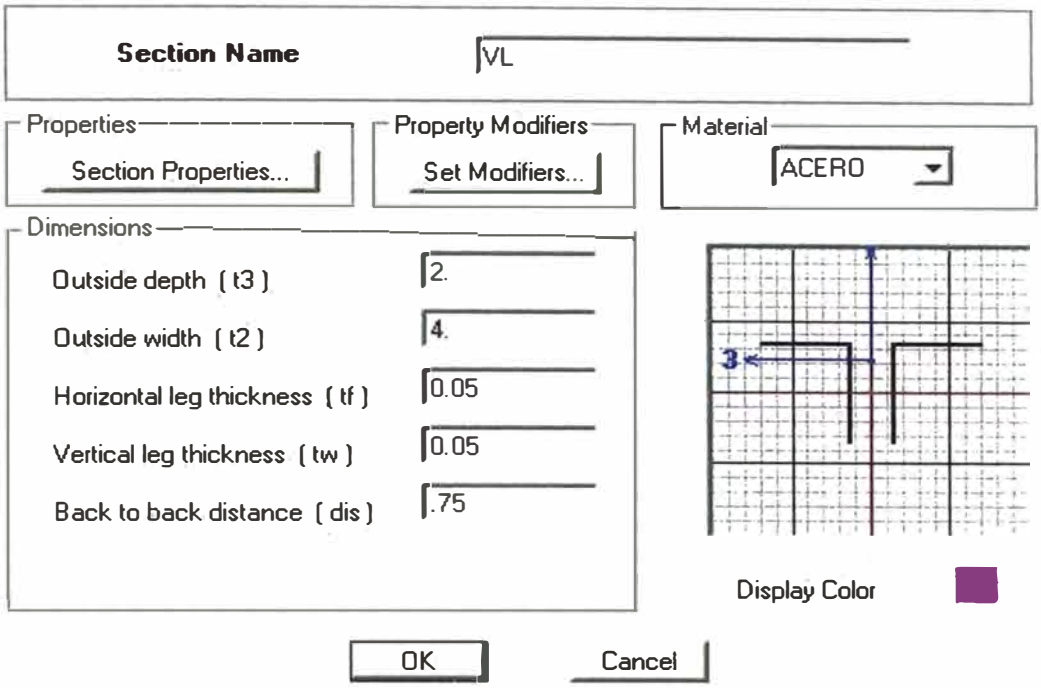
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 5.15 CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS VERTICALES V, H2: 2L 2"x2"x3/16"



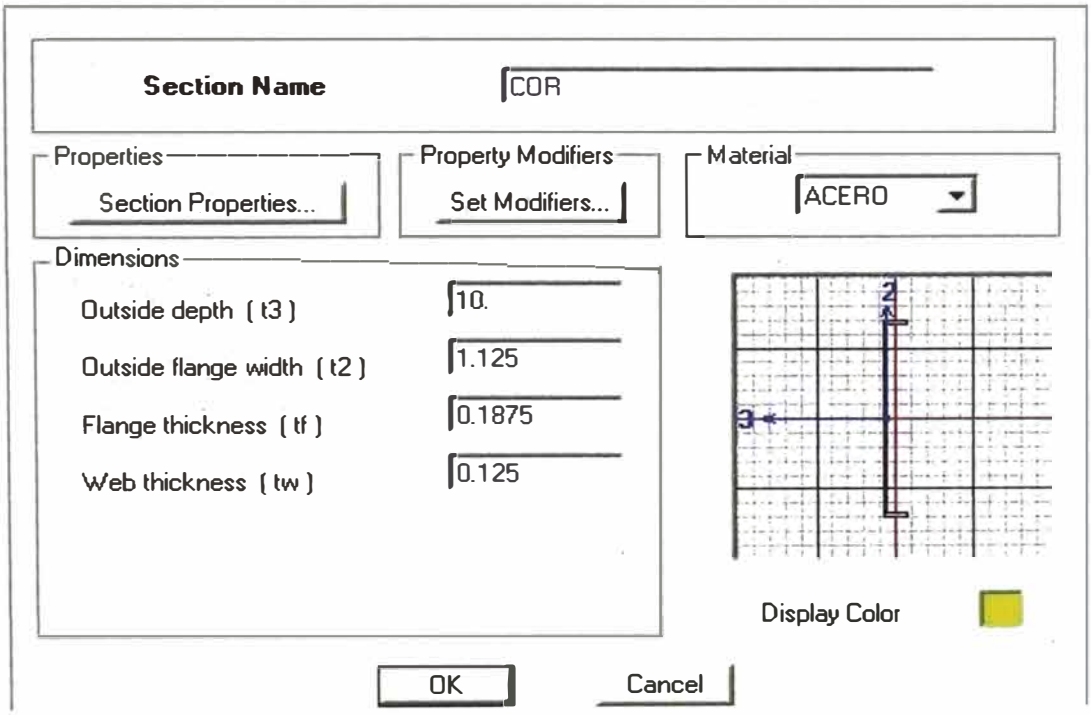
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 5.16 CARACTERÍSTICAS DE LA VIGA LATERAL– V_L: 2L 2"x2"x1/20"



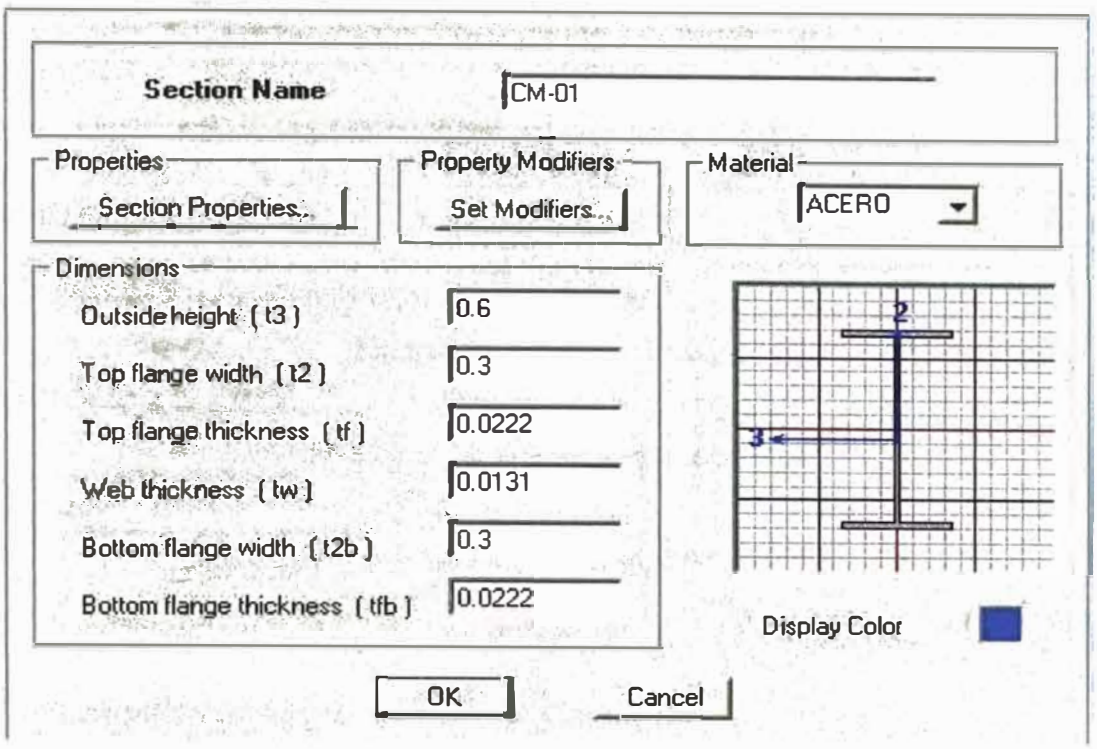
Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 5.17 CARACTERÍSTICAS DE LAS CORREAS
COR: C 10"x1 1/8" (tw=1/8"; tf=3/16")



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 5.18 CARACTERÍSTICAS DE LAS COLUMNAS – CM-01: W 24 x 94



Fuente: Elaboración Propia

Las características principales de las secciones mencionadas se encuentran a detalle en el Anexo 02.

Verificaciones realizadas

1) Verificación de flecha:

De la combinación S1 se obtuvo, en el centro del tijeral:

Flecha del modelo = 3.4 cm

y de acuerdo a la E-020:

Flecha admisible = L/500; donde L=40 m

Por lo tanto:

3.4 cm ≤ 8 cm ... **OK**

2) Verificación de desplazamientos por Sismo:

Se verificó el desplazamiento en uno de los apoyos, obteniéndose:

En la dirección x:

$\Delta x = 1.8$ cm

Distorsión en x = 0.0012

y de acuerdo a la E-030:

Limite de desplazamiento admisible = 0.01;

Por lo tanto:

(Distorsión en x)(0.75)(6) = 0.0054 ≤ 0.01 ... **OK**

En la dirección y:

$\Delta y = 0.24$ cm

Distorsión en y = 0.00016

y de acuerdo a la E-030:

Limite de desplazamiento admisible = 0.01;

Por lo tanto:

(Distorsión en y)(0.75)(6) = 0.00072 ≤ 0.01 ... **OK**

3) Verificación de desplazamientos por Viento:

Se verificó el desplazamiento en uno de los apoyos, obteniéndose:

En la dirección x:

$\Delta x = 4.0$ cm

Distorsión en x = 0.0026

y de acuerdo a la E-030:

Limite de desplazamiento admisible = 0.01;

Por lo tanto:

Distorsión en x = 0.0026 ≤ 0.01 ... **OK**

En la dirección y:

$\Delta y = 0.23$ cm

Distorsión en y = 0.00015

y de acuerdo a la E-030:

Limite de desplazamiento admisible = 0.01;

Por lo tanto:

Distorsión en x = 0.00015 ≤ 0.01 ... **OK**

4) Verificación de los elementos a Tracción – Compresión:

Verificación del elemento sometido a mayor tracción:

- Verificando la esbeltez del elemento:

$$\frac{KL}{r} \leq 300$$

Donde:

K = 1 (para el caso de elementos con articulación en ambos extremos)

L = Longitud sin arriostrar del elemento = 200 cm

r =radio de giro = 2.32 cm

Por lo tanto:

$$\frac{KL}{r} \leq 300 \quad \text{... OK}$$

- Hallando la carga nominal que puede soportar el elemento

$$\Phi Pn = (\Phi)(fy)(As)$$

Donde:

Φ = Factor de seguridad = 0.9

fy = Resistencia a la fluencia del acero = 2530 kg/cm2

As =área de la sección de acero = 13.6 cm2 (en el elemento a verificar)

Por lo tanto:

ΦPn = 30.97 ton

- Analizando ΦPn vs Pu:

Del análisis se obtuvo, para la combinación de carga A3 que resultó ser la más crítica, y el elemento sometido a mayor esfuerzo en tracción del reticulado:

Story	Beam	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY1	B2296	A3	0	28.52	0.12	0	0	0.011	0.227
STORY1	B2296	A3	0.5	28.52	0.13	0	0	0.01	0.165
STORY1	B2296	A3	1	28.52	0.14	0	0	0.008	0.098
STORY1	B2296	A3	1.5	28.52	0.15	0	0	0.007	0.025
STORY1	B2296	A3	2	28.52	0.16	0	0	0.005	-0.054

De donde se puede apreciar que la carga actuante sobre la barra (celda resaltada) es de 28.52 ton para un par de ángulos, por lo tanto para cada ángulo se tiene:

Pu = 28.52/2 =14.26 ton

Por lo tanto se cumple:

$$\frac{Pu}{\phi Pn} \leq 1 \quad \text{... OK}$$

Verificación del elemento sometido a mayor compresión:

- Verificando la esbeltez del elemento:

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

Donde:

K = 1 (para el caso de elementos con articulación en ambos extremos)

L = Longitud sin arriostrar del elemento = 214 cm

r =radio de giro = 2.32 cm

Por lo tanto:

$$\frac{KL}{r} \leq 200 \quad \text{... OK}$$

- Hallando la carga nominal que puede soportar el elemento

$$\Phi Pn = (\Phi)(Fcr)(As)$$

Donde:

Φ = Factor de seguridad = 0.9

Fcr = Esfuerzo crítico

As =área de la sección de acero = 13.6 cm2 (en el elemento a verificar)

Además, el Fcr se calculará de la siguiente manera:

Si $\lambda c \leq 1.5$ entonces: $Fcr = (0.658^{\lambda c^2}) fy$

Si $\lambda c > 1.5$ entonces: $Fcr = \left(\frac{0.877}{\lambda c^2} \right) fy$

Donde:

$$\lambda c = \frac{KL}{r}\sqrt{\frac{fy}{\pi^2 E}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$\lambda c = 1.04 < 1.5$$

Y también: $Fcr = 1608\ kg/cm^2$

Entonces:

ΦPn = 19.68 ton

- Analizando ΦPn vs Pu:

Del análisis se obtuvo, para la combinación de carga A3 que resultó ser la más crítica, y el elemento sometido a mayor esfuerzo en compresión del reticulado:

Story	Brace	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY2	D1696	A3	0	-28.46	-0.39	0	0	-0.005	-0.474
STORY2	D1696	A3	0.539	-28.46	-0.37	0	0	-0.003	-0.269

De donde se puede apreciar que la carga actuante sobre la barra (celda resaltada) es de -28.46 ton para un par de ángulos, por lo tanto para cada ángulo se tiene:

$$Pu = -28.46/2 = 14.23 \text{ ton}$$

Por lo tanto se cumple:

$$\frac{Pu}{\phi Pn} \leq 1 \quad \text{... OK}$$

5) Verificación de los elementos a Flexo-compresión:

Se analizaron las columnas, ya que las barras no están afectadas por flexo-compresión debido a que las cargas están aplicadas en los nudos del reticulado.

Se tienen dos condiciones:

Si $\frac{Pu}{\phi_c Pn} \geq 0.2$ entonces: $\frac{Pu}{\phi_c Pn} + \frac{8}{9}\left(\frac{Mux}{\phi_b Mnx} + \frac{Muy}{\phi_b Mny}\right) \leq 1$

Si $\frac{Pu}{\phi_c Pn} < 0.2$ entonces: $0.5\frac{Pu}{\phi_c Pn} + \left(\frac{Mux}{\phi_b Mnx} + \frac{Muy}{\phi_b Mny}\right) \leq 1$

Donde:

Pu: carga última del elemento.

ΦPn: carga nominal del perfil utilizado.

Mux: momento último en x del elemento.

Muy: momento último en y del elemento.

ΦMnx: momento nominal en x.

ΦMny: momento nominal en y.

- Verificando la esbeltez del elemento:

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

Entonces, para el eje x:

K = 2 (rotación libre y traslación libre); L = 1500 cm; r = 25.01 cm

De donde:

$$\frac{KL}{r} = 119.95$$

Análogamente, para el eje y:

K = 1 (rotación impedida y traslación libre); L = 1500 cm; r = 25.01 cm

De donde:

$$\frac{KL}{r} = 149$$

Por lo tanto, en ambos casos:

$$\frac{KL}{r} \leq 200 \quad \text{... OK}$$

- Hallando la carga nominal que puede soportar el elemento

$$\Phi Pn = (\Phi)(Fcr)(As)$$

Donde:

Φ = Factor de seguridad = 0.9

Fcr = Esfuerzo crítico

As =área de la sección de acero = 178.5 cm2 (en el elemento a verificar)

Además, el Fcr se calculará de la siguiente manera:

Si $\lambda c \leq 1.5$ entonces: $Fcr = (0.658^{\lambda c^2}) fy$

Si $\lambda c > 1.5$ entonces: $Fcr = \left(\frac{0.877}{\lambda c^2} \right) fy$

Donde:

$$\lambda c = \frac{KL}{r}\sqrt{\frac{fy}{\pi^2 E}}$$

Reemplazando obtenemos:

$$\lambda c = 1.69 > 1.5$$

Y también: $Fcr = 779.7\ kg/cm^2$

Entonces:

ΦPn = 258 ton

- Analizando ΦPn vs Pu:

Del análisis se obtuvo, para la combinación de carga A3 que resultó ser la más crítica en las columnas:

Story	Column	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY1	C71-4	A3	0	-17.08	0.49	-0.01	0	-0.029	8.613

De donde se puede apreciar que la carga actuante sobre la barra (celda resaltada) es de:

Pu =-17.08 ton

Por lo tanto:

$$\frac{Pu}{\phi_c Pn} < 0.2$$

- Hallando $\Phi_b Mnx$ y $\Phi_b Mny$:

$$\Phi_b Mnx = S_x \Phi Fcr \qquad y \qquad \Phi_b Mny = S_y \Phi Fcr$$

Donde:

$S_x = 4927.45\ cm^3$ (de tablas del perfil)

$Sy = 763\ cm^3$ (de tablas del perfil)

$\Phi Fcr = 701.73\ kg/cm^2$

Por lo tanto:

$\Phi_b Mn_x = 34.57$ ton-m

$\Phi_b Mn_y = 5.35$ ton-m

y reemplazando en la fórmula correspondiente:

Pu = 17.08 ton

ΦPn: 258 ton

Mu_x: 17.77 ton-m

Mu_y: 0.476 ton-m

$$0.5\frac{Pu}{\phi cPn} + \left(\frac{Mux}{\phi bMnx} + \frac{Muy}{\phi bMny}\right) \leq 1$$

Por lo tanto se cumple:

$$0.64 < 1 \qquad \ldots \textbf{OK}$$

Finalmente se puede concluir el cálculo afirmando que las secciones anteriormente descritas cumplen con todas las verificaciones realizadas por lo que el diseño es correcto de acuerdo a la normativa vigente.

5.3.5 Diseño de la Cimentación

Para el diseño de la cimentación se hizo el análisis del modelo, considerando la acción de las siguientes cargas actuantes:

- D: Carga muerta
- L: Carga viva
- E_x: Carga de sismo en eje x

Obteniéndose las mayores reacciones en uno de los apoyos del pórtico principal ubicado en el eje 10, siendo éstas las siguientes:

Story	Point	Load	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
BASE	1075	CM	0.16	0	8.11	-0.004	1.728	0
BASE	1075	CV	0.12	0	3.78	-0.004	1.255	0
BASE	1075	CSX	0.5	0	0.01	0.001	7.323	0

Con estos resultados se realizó el diseño de la cimentación, considerando las siguientes verificaciones:

- *Predimensionamiento inicial*
- *Verificación de dimensiones*
- *Cargas por sismo*
- *Punzonamiento*
- *Verificación de corte como viga*
- *Diseño de corte por flexión*
- *Cálculo del acero de refuerzo*

Los mismos que se muestran a continuación:

Zapata Aislada

Datos Generales

f'c =	210	kg/cm²
fy =	4200	kg/cm²
γc =	2400	kg/m³
γs =	1800	kg/m³
s/c piso =	500	kg/m²
Hf =	1.00	m
σ adm =	4.00	kg/cm²
	5.32	+33%

Columna		
b =	23	cm.
h =	62	cm.
m =	125	cm.
Pd =	8.11	t.
Pl =	3.78	t.
Ps =	0.01	t.
P. zap.	73%	Pd+Pl+Ps
Mto D =	1.73	t-m
Mto L =	1.26	t-m
Mto S =	7.32	t-m

Diseño de Concreto Armado

Zapata : Z-1

1.- Predimensionamiento Inicial

(solo cargas verticales)

A.zapata = (Pd+Pl+Ps)/ σ adm

entonces:

A.zapata = 0.30 m².

pero también:

A = (2m + b) m.

A = 2.75 m.

análogamente:

B = (2m + h) m.

B = 3.15 m.

por lo tanto:

A.zapata = 8.66 m²

2. Verificacion de Dimensiones

(considerando presion y mtos)

y = **1.58** m.

Inercia = 7.16 m4.

q_1 = 0.11 t / m2.

q_2 = 4.64 t / m2.

¡Ok!, dimensiones correctas

(si la columna es central entonces y = B/2)

3.- Cargas q por sismo

qu = 0.5 kg/cm2 ¡Ok!

4.- Punzonamiento (ϕ =0,85)

I) Analizando el acero en la $As_{(A)}$:

d = **41.7063** cm.

bo = 336.825 cm

A. punz. = 0.67 m².

Vu_p = 15.85 t

ϕVc = 190.34 t

Punzonamiento OK

II) Analizando el acero en la $As_{(B)}$:

d = **40.1188** cm.

bo = 330.475 cm

A. punz. = 0.64 m2.

Vup = 16.00 t

ϕVc = 179.64 t

Punzonamiento OK

5.- Verificación de Corte como Viga

(ϕ = 0,85)

ϕVc = 74.88 t.

Vu = 10.61 t.

¡Ok! Cortante como viga

5.- Verificación de Corte como Viga

(ϕ = 0,85)

ϕVc = 72.03 t.

Vu = 10.81 t.

¡Ok! Cortante como viga

6.- Diseño por Flexión

Mu = 3.56 t-m / ml

P = 8.50

As = 2.27 cm2 / ml

$As_{(min)}$ = 9.00 cm2 / ml

Ø 5/8 = **1.98** cm2

	S (cm.)	Nº vlls.
$As_{(A)}$ =	22.00	15

6.- Diseño por Flexión

Mu = 3.56 t-m / ml

P = 8.50

As = 2.36 cm2 / ml

$As_{(min)}$ = 9.00 cm2 / ml

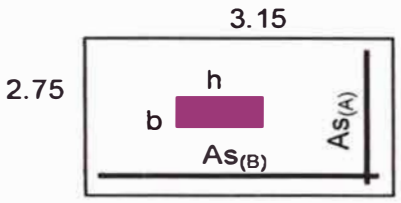
Ø 5/8 = **1.98** cm2

	S (cm.)	Nº vlls.
$As_{(B)}$ =	22.00	13

Con lo cual la cimentación tendría las siguientes características:

- Dimensiones de la zapata: A = 2.75 m y B = 3.15 m
- Altura de la zapata: 0.50m
- Profundidad de cimentación: D_f = 1.50 m
- Acero de refuerzo: As $_{(A)}$ = ϕ 5/8" @ 0.20m

  As $_{(B)}$ = ϕ 5/8" @ 0.20m



5.4 PLANOS DE DISEÑO

En el Anexo 03 se adjuntan los planos de estructuras correspondientes.

CONCLUSIONES

Después de realizar los análisis correspondientes, se puede concluir lo siguiente:

- El diseño final elegido satisface los requerimientos técnicos necesarios para un correcto funcionamiento de las instalaciones portuarias para las cuales ha sido diseñado.

- Las secciones obtenidas cumplen los estados límite de resistencia analizados, de acuerdo al método LRFD aplicado en el análisis y bajo la normativa vigente.

- Se ha comprobado la eficiencia de las estructuras metálicas en instalaciones de grandes dimensiones, como la que se ha propuesto para el almacén de concentrados motivo de este informe.

- En la evaluación de la estructura del almacén, debido a la velocidad del viento existente en la zona y a la considerable altura requerida para el almacenaje, la carga de viento ha generado desplazamientos de magnitud similar a los producidos por las cargas de sismo. De donde se deduce que para instalaciones con las características analizadas en este caso, deberá tenerse en consideración este efecto para evitar resultados erróneos.

RECOMENDACIONES

Dado que el presente informe es a nivel de perfil, se recomienda, para estudios a mayor profundidad:

Hacer un análisis en campo del tipo de suelo donde se emplazarán las instalaciones a diseñar (calicatas u otros), de manera de determinar con precisión la profundidad hasta la cual llega la roca alterada que se observa superficialmente.

Hacer un análisis estructural detallado de cada uno de los elementos, considerando todos los tipos de esfuerzos a los que pueden estar sometidos sus elementos.

Considerar algún tipo de protección en la estructura metálica a utilizar ya que por su cercanía al mar, este material es muy susceptible de ser afectado por la corrosión.

Evaluar otros métodos de manipuleo para el concentrado de cobre, desde la estación receptora del mineral hasta la estación alimentadora de la faja tubular, con el fin de optimizar espacio, tiempo de ejecución y por lo tanto costos.

BIBLIOGRAFÍA

- Biswas A.K. y Davenport W.G. "El Cobre: Metalurgia Extractiva". Editorial Limusa. México. 1993.

- Pérez Rodríguez Marta. "Diseño y Cálculo de la Estructura Metálica y Cimentación de una Nave Industrial". Tesis de Grado. Universidad Carlos III de Madrid. España. 2009.

- Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú. 2006

- Salas Pella Ana Virginia. "Comparación de Diseño de una Edificación de Acero con Diferentes Condiciones de Apoyo". Informe de Suficiencia. UNI-FIC. Perú. 2003.

Páginas web consultadas

www.ana.gob.pe/media/296943/estudio_hidrogeologico_chicama.pdf
www.cochilco.org
www.milpo.com.pe

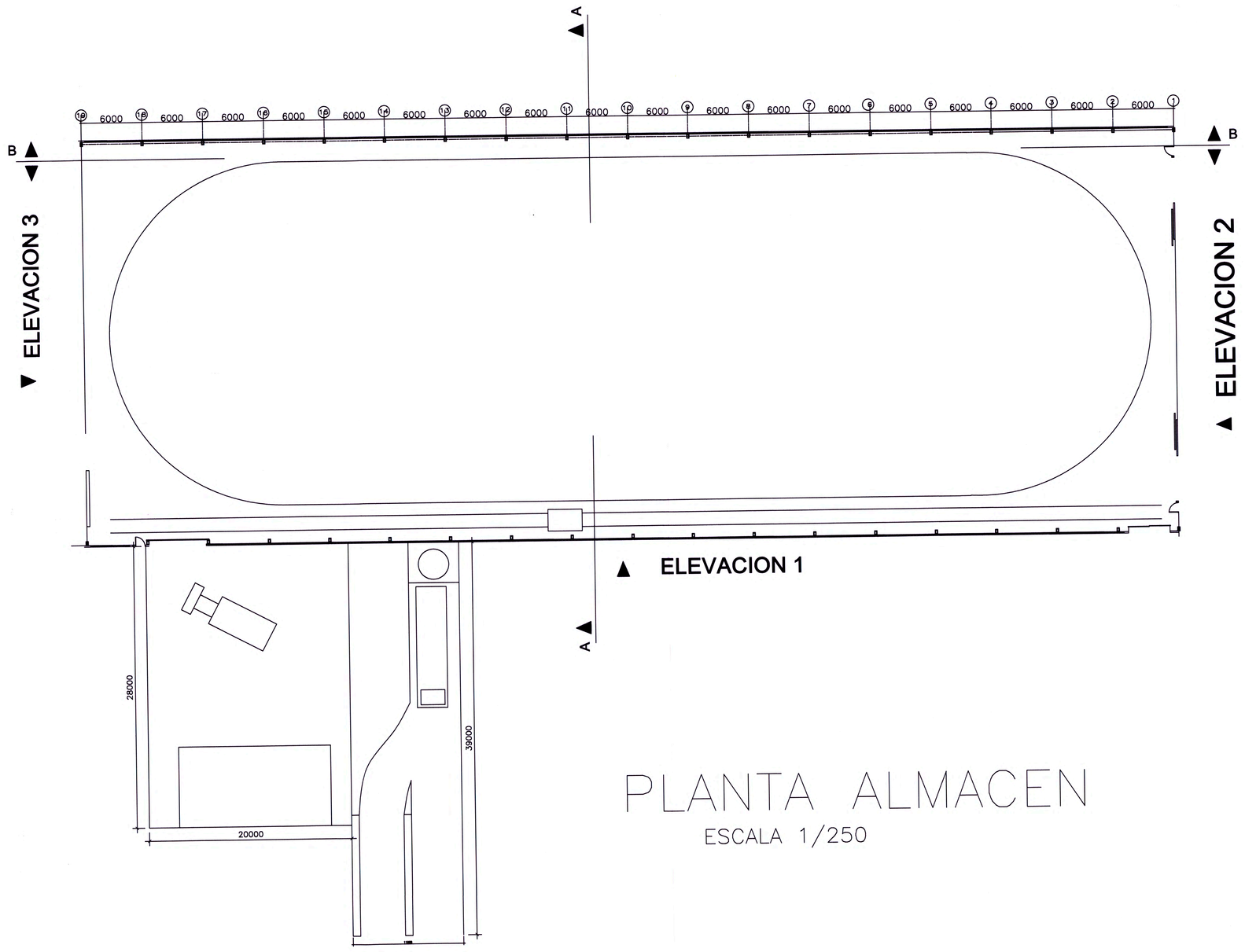
ANEXOS

1.1 PLANOS DE DISEÑO ARQUITECTURA

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS SECCIONES UTILIZADAS EN EL ANÁLISIS

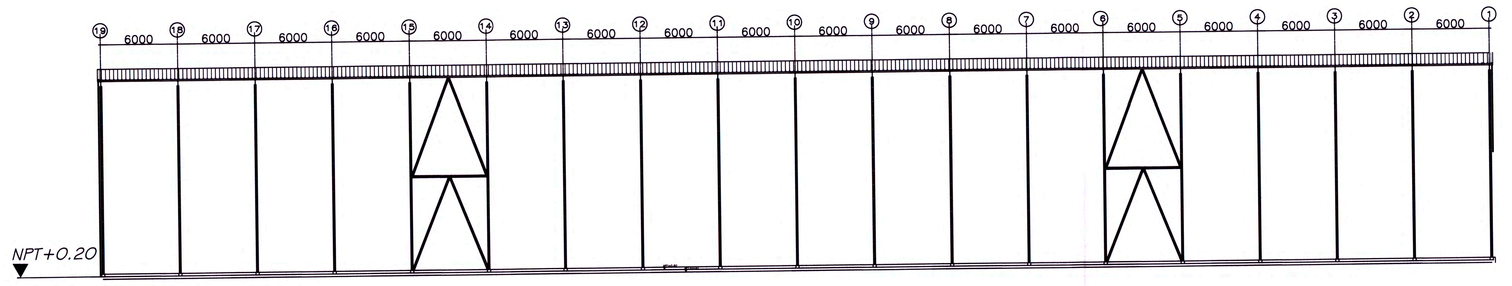
1.3 PLANOS DE DISEÑO ESTRUCTURAS

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

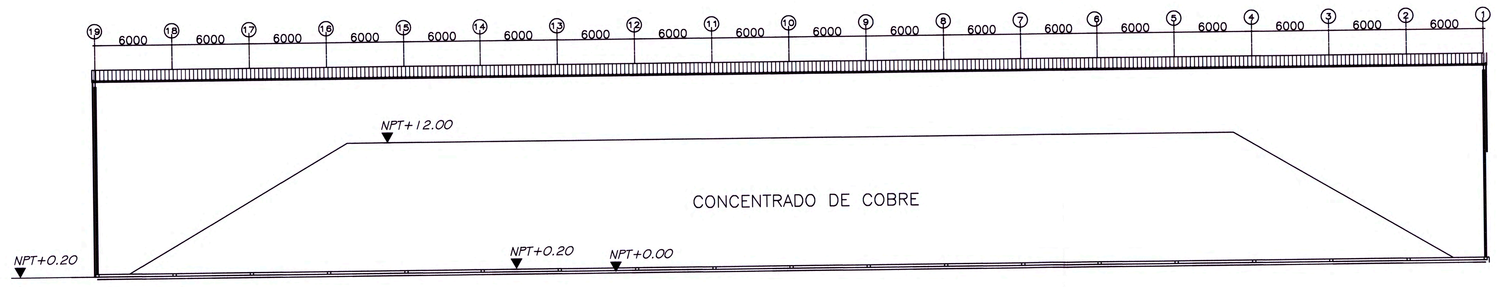


PLANTA ALMACEN

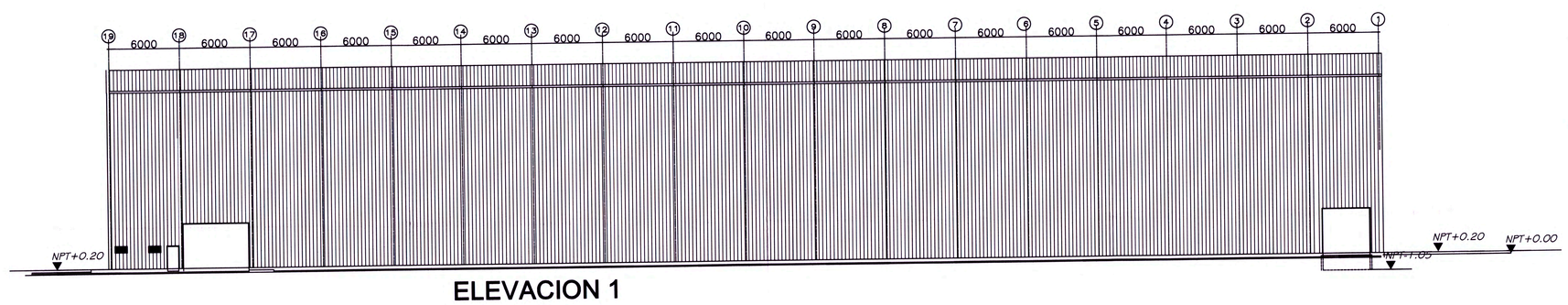
ESCALA 1/250



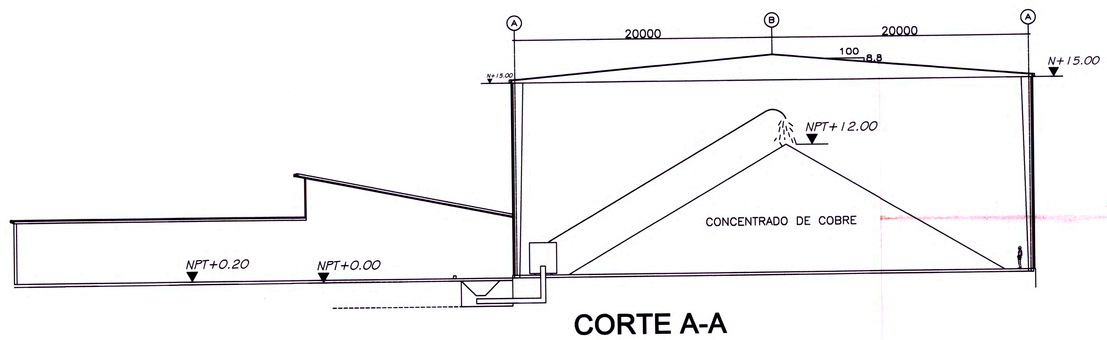
CORTE B-B



CORTE B-B



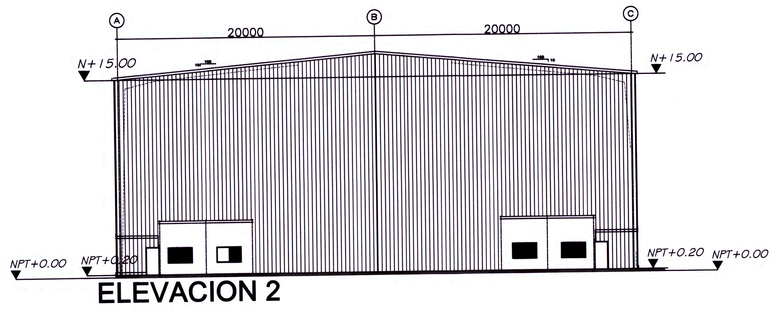
ELEVACION 1



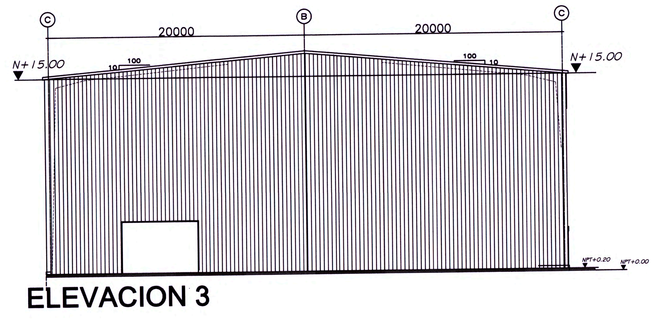
CORTE A-A

CORTES

ESCALA 1/250



ELEVACION 2



ELEVACION 3

ELEVACIONES

ESCALA 1/250

Rev.	Descripción	Revisó	Aprobó	Fecha

PROPIETARIO: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PROYECTO: ALMACEN DE CONCENTRADOS CHICAMA

DIB.:

DIS.:

PLANO: ARQUITECTURA
PLANTA Y CORTES

REV.:

FEC.:

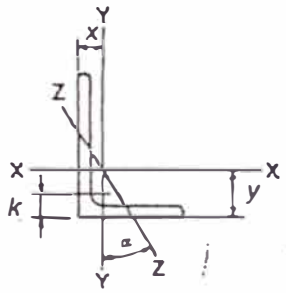
UBICACION: CHICAMA

ESC.:

NUMERO DE LAMINA: A–01

REV.:

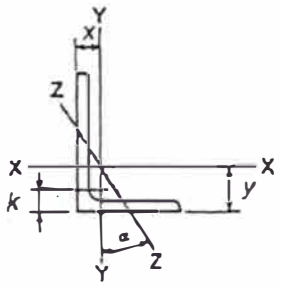
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



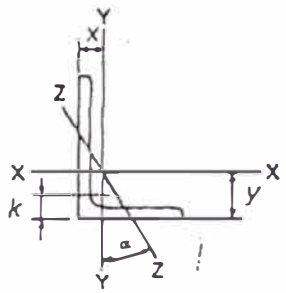
ANGLES
Equal legs and unequal legs
Properties for designing

Size and Thickness	k	Weight per Ft	Area	AXIS X-X				AXIS Y-Y				AXIS Z-Z	
				I	*S*	*r*	*y*	*I*	*S*	*r*	*x*	*r*	Tan α
In.	In.	Lb.	In.^{2}	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.	
L 9×4× 5/8	1 1/8	26.3	7.73	64.9	11.5	2.90	3.36	8.32	2.65	1.04	0.858	.847	0.216
9/16	1 1/16	23.8	7.00	59.1	10.4	2.91	3.33	7.63	2.41	1.04	0.834	.850	0.218
1/2	1	21.3	6.25	53.2	9.34	2.92	3.31	6.92	2.17	1.05	0.810	.854	0.220
L 6×6×1 1/8	1 3/4	56.9	16.7	98.0	17.5	2.42	2.41	98.0	17.5	2.42	2.41	1.56	1.000
1	1 5/8	51.0	15.0	89.0	15.8	2.44	2.37	89.0	15.8	2.44	2.37	1.56	1.000
7/8	1 1/2	45.0	13.2	79.6	14.0	2.45	2.32	79.6	14.0	2.45	2.32	1.57	1.000
3/4	1 3/8	38.9	11.4	69.7	12.2	2.47	2.28	69.7	12.2	2.47	2.28	1.58	1.000
5/8	1 1/4	32.7	9.61	59.4	10.3	2.49	2.23	59.4	10.3	2.49	2.23	1.58	1.000
9/16	1 3/16	29.6	8.68	54.1	9.34	2.50	2.21	54.1	9.34	2.50	2.21	1.59	1.000
1/2	1 1/8	26.4	7.75	48.6	8.36	2.50	2.19	48.6	8.36	2.50	2.19	1.59	1.000
L 8×6×1	1 1/2	44.2	13.0	80.6	15.1	2.49	2.65	38.8	8.92	1.73	1.65	1.28	0.543
7/8	1 3/8	39.1	11.5	72.3	13.4	2.51	2.61	34.9	7.94	1.74	1.61	1.28	0.547
3/4	1 1/4	33.8	9.94	63.4	11.7	2.53	2.56	30.7	6.92	1.76	1.56	1.29	0.551
5/8	1 1/8	28.5	8.36	54.1	9.87	2.54	2.52	26.3	5.88	1.77	1.52	1.29	0.554
9/16	1 1/16	25.7	7.56	49.3	8.95	2.55	2.50	24.0	5.34	1.78	1.50	1.30	0.556
1/2	1	23.0	6.75	44.3	8.02	2.56	2.47	21.7	4.79	1.79	1.47	1.30	0.558
7/16	15/16	20.2	5.93	39.2	7.07	2.57	2.45	19.3	4.23	1.80	1.45	1.31	0.560
L 8×4×1	1 1/2	37.4	11.0	69.6	14.1	2.52	3.05	11.6	3.94	1.03	1.05	0.848	0.247
3/4	1 1/4	28.7	8.44	54.9	10.9	2.55	2.95	9.36	3.07	1.05	0.953	0.852	0.258
9/16	1 1/16	21.9	6.43	42.8	8.35	2.58	2.88	7.43	2.38	1.07	0.882	0.861	0.265
1/2	1	19.6	5.75	38.5	7.49	2.59	2.86	6.74	2.15	1.08	0.859	0.865	0.267
L 7×4× 3/4	1 1/4	26.2	7.69	37.8	8.42	2.22	2.51	9.05	3.03	1.09	1.01	0.860	0.324
5/8	1 1/8	22.1	6.48	32.4	7.14	2.24	2.46	7.84	2.58	1.10	0.963	0.865	0.329
1/2	1	17.9	5.25	26.7	5.81	2.25	2.42	6.53	2.12	1.11	0.917	0.872	0.335
3/8	7/8	13.6	3.98	20.6	4.44	2.27	2.37	5.10	1.63	1.13	0.870	0.880	0.340

ANGLES
Equal legs and unequal legs
Properties for designing



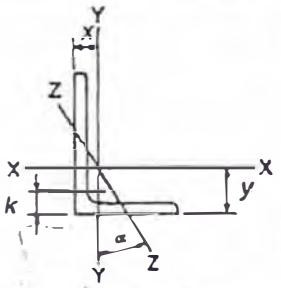
Size and Thickness	k	Weight per Ft	Area	AXIS X-X				AXIS Y-Y				AXIS Z-Z	
				I	S	r	y	I	S	r	x	r	Tan α
In.	In.	Lb.	In.^{2}	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.	
L 6×6 ×1	1½	37.4	11.0	35.5	8.57	1.80	1.86	35.5	8.57	1.80	1.86	1.17	1.000
⅞	1⅜	33.1	9.73	31.9	7.63	1.81	1.82	31.9	7.63	1.81	1.82	1.17	1.000
¾	1¼	28.7	8.44	28.2	6.66	1.83	1.78	28.2	6.66	1.83	1.78	1.17	1.000
⅝	1⅛	24.2	7.11	24.2	5.66	1.84	1.73	24.2	5.66	1.84	1.73	1.18	1.000
9/16	1 1/16	21.9	6.43	22.1	5.14	1.85	1.71	22.1	5.14	1.85	1.71	1.18	1.000
½	1	19.6	5.75	19.9	4.61	1.86	1.88	19.9	4.61	1.86	1.68	1.18	1.000
7/16	15/16	17.2	5.06	17.7	4.08	1.87	1.66	17.7	4.08	1.87	1.66	1.19	1.000
⅜	⅞	14.9	4.36	15.4	3.53	1.88	1.64	15.4	3.53	1.88	1.64	1.19	1.000
5/16	13/16	12.4	3.65	13.0	2.97	1.89	1.62	13.0	2.97	1.89	1.62	1.20	1.000
L 6×4 × ⅞	1⅜	27.2	7.98	27.7	7.15	1.86	2.12	9.75	3.39	1.11	1.12	0.857	0.421
¾	1¼	23.6	6.94	24.5	6.25	1.88	2.08	8.68	2.97	1.12	1.08	0.860	0.428
⅝	1⅛	20.0	5.86	21.1	5.31	1.90	2.03	7.52	2.54	1.13	1.03	0.864	0.435
9/16	1 1/16	18.1	5.31	19.3	4.83	1.90	2.01	6.91	2.31	1.14	1.01	0.866	0.438
½	1	16.2	4.75	17.4	4.33	1.91	1.99	6.27	2.08	1.15	0.987	0.870	0.440
7/16	15/16	14.3	4.18	15.5	3.83	1.92	1.96	5.60	1.85	1.16	0.964	0.873	0.443
⅜	⅞	12.3	3.61	13.5	3.32	1.93	1.94	4.90	1.60	1.17	0.941	0.877	0.446
5/16	13/16	10.3	3.03	11.4	2.79	1.94	1.92	4.18	1.35	1.17	0.918	0.882	0.448
L 6×3½× ½	1	15.3	4.50	16.6	4.24	1.92	2.08	4.25	1.59	0.972	0.833	0.759	0.344
⅜	⅞	11.7	3.42	12.9	3.24	1.94	2.04	3.34	1.23	0.988	0.787	0.767	0.350
5/16	13/16	9.8	2.87	10.9	2.73	1.95	2.01	2.85	1.04	0.996	0.763	0.772	0.352
L 5×5 × ⅞	1⅜	27.2	7.98	17.8	5.17	1.49	1.57	17.8	5.17	1.49	1.57	0.973	1.000
¾	1¼	23.6	6.94	15.7	4.53	1.51	1.52	15.7	4.53	1.51	1.52	0.975	1.000
⅝	1⅛	20.0	5.86	13.6	3.86	1.52	1.48	13.6	3.86	1.52	1.48	0.978	1.000
½	1	16.2	4.75	11.3	3.16	1.54	1.43	11.3	3.16	1.54	1.43	0.983	1.000
7/16	15/16	14.3	4.18	10.0	2.79	1.55	1.41	10.0	2.79	1.55	1.41	0.986	1.000
⅜	⅞	12.3	3.61	8.74	2.42	1.56	1.39	8.74	2.42	1.56	1.39	0.990	1.000
5/16	13/16	10.3	3.03	7.42	2.04	1.57	1.37	7.42	2.04	1.57	1.37	0.994	1.000



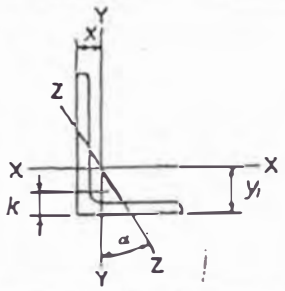
ANGLES
Equal legs and unequal legs
Properties for designing

Size and Thickness		k	Weight per Ft	Area	AXIS X-X				AXIS Y-Y				AXIS Z-Z	
					I	*S*	*r*	*y*	*I*	*S*	*r*	*x*	*r*	Tan
In.		In.	Lb.	In.^{2}	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.	α
L 5×3½×	¾	1¼	19.8	5.81	13.9	4.28	1.55	1.75	5.55	2.22	0.977	0.996	0.748	0.464
	⅝	1⅛	16.8	4.92	12.0	3.65	1.56	1.70	4.83	1.90	0.991	0.951	0.751	0.472
	½	1	13.6	4.00	9.99	2.99	1.58	1.66	4.05	1.56	1.01	0.908	0.755	0.479
	7/16	15/16	12.0	3.53	8.90	2.64	1.59	1.63	3.63	1.39	1.01	0.883	0.758	0.482
	⅜	⅞	10.4	3.05	7.78	2.29	1.60	1.61	3.18	1.21	1.02	0.861	0.762	0.486
	5/16	13/16	8.7	2.56	6.60	1.94	1.61	1.59	2.72	1.02	1.03	0.838	0.766	0.489
	¼	¾	7.0	2.06	5.39	1.57	1.62	1.56	2.23	0.830	1.04	0.814	0.770	0.492
L 5×3 ×	⅝	1	15.7	4.61	11.4	3.55	1.57	1.80	3.06	1.39	0.815	0.796	0.644	0.349
	½	1	12.8	3.75	9.45	2.91	1.59	1.75	2.58	1.15	0.829	0.750	0.648	0.357
	7/16	15/16	11.3	3.31	8.43	2.58	1.60	1.73	2.32	1.02	0.837	0.727	0.651	0.361
	⅜	⅞	9.8	2.86	7.37	2.24	1.61	1.70	2.04	0.888	0.845	0.704	0.654	0.364
	5/16	13/16	8.2	2.40	6.26	1.89	1.61	1.68	1.75	0.753	0.853	0.681	0.658	0.368
	¼	¾	6.6	1.94	5.11	1.53	1.62	1.66	1.44	0.614	0.861	0.657	0.663	0.371
L 4×4 ×	¾	1⅛	18.5	5.44	7.67	2.81	1.19	1.27	7.67	2.81	1.19	1.27	0.778	1.000
	⅝	1	15.7	4.61	6.66	2.40	1.20	1.23	6.66	2.40	1.20	1.23	0.779	1.000
	½	⅞	12.8	3.75	5.56	1.97	1.22	1.18	5.56	1.97	1.22	1.18	0.782	1.000
	7/16	13/16	11.3	3.31	4.97	1.75	1.23	1.18	4.97	1.75	1.23	1.16	0.785	1.000
	⅜	¾	9.8	2.86	4.36	1.52	1.23	1.14	4.36	1.52	1.23	1.14	0.788	1.000
	5/16	11/16	8.2	2.40	3.71	1.29	1.24	1.12	3.71	1.29	1.24	1.12	0.791	1.000
	¼	⅝	6.8	1.94	3.04	1.05	1.25	1.09	3.04	1.05	1.25	1.09	0.795	1.000
L 4×3½×	½	15/16	11.9	3.50	5.32	1.94	1.23	1.25	3.79	1.52	1.04	1.00	0.722	0.750
	7/16	⅞	10.8	3.09	4.76	1.72	1.24	1.23	3.40	1.35	1.05	0.978	0.724	0.753
	⅜	13/16	9.1	2.67	4.18	1.49	1.25	1.21	2.95	1.17	1.06	0.955	0.727	0.755
	5/16	¾	7.7	2.25	3.56	1.26	1.26	1.18	2.55	0.994	1.07	0.932	0.730	0.757
	¼	11/16	6.2	1.81	2.91	1.03	1.27	1.16	2.09	0.808	1.07	0.909	0.734	0.759

ANGLES
Equal legs and unequal legs
Properties for designing



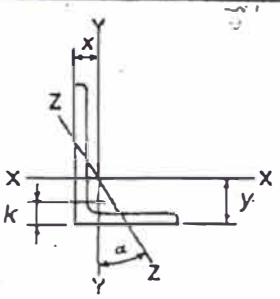
Size and Thickness	k	Weight per Ft	Area	AXIS X-X				AXIS Y-Y				AXIS Z-Z	
				I	S	r	y	I	S	r	x	r	Tan
In.	In.	Lb.	In.^{2}	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.	α
L 4 ×3 × ½	15/16	11.1	3.25	5.05	1.89	1.25	1.33	2.42	1.12	0.864	0.827	0.639	0.543
	7/8	9.8	2.87	4.52	1.68	1.25	1.30	2.18	0.992	0.871	0.804	0.641	0.547
	13/16	8.5	2.48	3.96	1.46	1.26	1.28	1.92	0.866	0.879	0.782	0.644	0.551
	3/4	7.2	2.09	3.38	1.23	1.27	1.26	1.65	0.734	0.887	0.759	0.647	0.554
	11/16	5.8	1.69	2.77	1.00	1.28	1.24	1.36	0.599	0.896	0.736	0.651	0.558
L 3½×3½× ½	7/8	11.1	3.25	3.64	1.49	1.06	1.06	3.64	1.49	1.06	1.06	0.683	1.000
	13/16	9.8	2.87	3.26	1.32	1.07	1.04	3.26	1.32	1.07	1.04	0.684	1.000
	3/4	8.5	2.48	2.87	1.15	1.07	1.01	2.87	1.15	1.07	1.01	0.687	1.000
	11/16	7.2	2.09	2.45	0.976	1.08	0.990	2.45	0.976	1.08	0.990	0.690	1.000
	5/8	5.8	1.69	2.01	0.794	1.09	0.968	2.01	0.794	1.09	0.968	0.694	1.000
L 3½×3 × ½	15/16	10.2	3.00	3.45	1.45	1.07	1.13	2.33	1.10	0.881	0.875	0.621	0.714
	7/8	9.1	2.65	3.10	1.29	1.08	1.10	2.09	0.975	0.889	0.853	0.622	0.718
	13/16	7.9	2.30	2.72	1.13	1.09	1.08	1.85	0.851	0.897	0.830	0.625	0.721
	3/4	6.6	1.93	2.33	0.954	1.10	1.06	1.58	0.722	0.905	0.808	0.627	0.724
	11/16	5.4	1.56	1.91	0.776	1.11	1.04	1.30	0.589	0.914	0.785	0.631	0.727
L 3½×2½× ½	15/16	9.4	2.75	3.24	1.41	1.09	1.20	1.36	0.760	0.704	0.705	0.534	0.486
	7/8	8.3	2.43	2.91	1.26	1.09	1.18	1.23	0.677	0.711	0.682	0.535	0.491
	13/16	7.2	2.11	2.56	1.09	1.10	1.16	1.09	0.592	0.719	0.660	0.537	0.496
	3/4	6.1	1.78	2.19	0.927	1.11	1.14	0.939	0.504	0.727	0.637	0.540	0.501
	11/16	4.9	1.44	1.80	0.755	1.12	1.11	0.777	0.412	0.735	0.614	0.544	0.506
L 3 ×3 × ½	13/16	9.4	2.75	2.22	1.07	0.898	0.932	2.22	1.07	0.898	0.932	0.584	1.000
	3/4	8.3	2.43	1.99	0.954	0.905	0.910	1.99	0.954	0.905	0.910	0.585	1.000
	11/16	7.2	2.11	1.76	0.833	0.913	0.888	1.76	0.833	0.913	0.888	0.587	1.000
	5/8	6.1	1.78	1.51	0.707	0.922	0.865	1.51	0.707	0.922	0.865	0.589	1.000
	9/16	4.9	1.44	1.24	0.577	0.930	0.842	1.24	0.577	0.930	0.842	0.592	1.000
	½	3.71	1.09	0.962	0.441	0.939	0.820	0.962	0.441	0.939	0.820	0.596	1.000



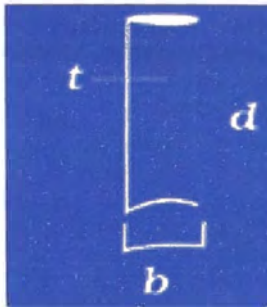
ANGLES
Equal legs and unequal legs
Properties for designing

Size and Thickness		k	Weight per Ft	Area	AXIS X-X				AXIS Y-Y				AXIS Z-Z	
					I	*S*	*r*	*y*	*I*	*S*	*r*	*x*	*r*	Tan α
In.		In.	Lb.	In.^{2}	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.	
L 3	×2½× ½	⅞	8.5	2.50	2.08	1.04	0.913	1.00	1.30	0.744	0.722	0.750	0.520	0.667
	7/16	13/16	7.6	2.21	1.88	0.928	0.920	0.978	1.18	0.664	0.729	0.728	0.521	0.672
	⅜	¾	6.6	1.92	1.66	0.810	0.928	0.956	1.04	0.581	0.736	0.706	0.522	0.676
	5/16	11/16	5.6	1.62	1.42	0.688	0.937	0.933	0.898	0.494	0.744	0.683	0.525	0.680
	¼	⅝	4.5	1.31	1.17	0.561	0.945	0.911	0.743	0.404	0.753	0.661	0.528	0.684
	3/16	9/16	3.39	0.996	0.907	0.430	0.954	0.888	0.577	0.310	0.761	0.638	0.533	0.688
L 3	×2 × ½	13/16	7.7	2.25	1.92	1.00	0.924	1.08	0.672	0.474	0.546	0.583	0.428	0.414
	7/16	¾	6.8	2.00	1.73	0.894	0.932	1.06	0.609	0.424	0.553	0.561	0.429	0.421
	⅜	11/16	5.9	1.73	1.53	0.781	0.940	1.04	0.543	0.371	0.559	0.539	0.430	0.428
	5/16	⅝	5.0	1.46	1.32	0.664	0.948	1.02	0.470	0.317	0.567	0.516	0.432	0.435
	¼	9/16	4.1	1.19	1.09	0.542	0.957	0.993	0.392	0.260	0.574	0.493	0.435	0.440
	3/16	½	3.07	0.902	0.842	0.415	0.966	0.970	0.307	0.200	0.583	0.470	0.439	0.446
L 2½×2½×	½	13/16	7.7	2.25	1.23	0.724	0.739	0.806	1.23	0.724	0.739	0.806	0.487	1.000
	⅜	11/16	5.9	1.73	0.984	0.566	0.753	0.762	0.984	0.568	0.753	0.762	0.487	1.000
	5/16	⅝	5.0	1.46	0.849	0.482	0.761	0.740	0.849	0.482	0.761	0.740	0.489	1.000
	¼	9/16	4.1	1.19	0.703	0.394	0.769	0.717	0.703	0.394	0.769	0.717	0.491	1.000
	3/16	½	3.07	0.902	0.547	0.303	0.778	0.694	0.547	0.303	0.778	0.694	0.495	1.000
L 2½×2	× ⅜	11/16	5.3	1.55	0.912	0.547	0.768	0.831	0.514	0.363	0.577	0.581	0.420	0.614
	5/16	⅝	4.5	1.31	0.788	0.466	0.776	0.809	0.446	0.310	0.584	0.559	0.422	0.620
	¼	9/16	3.62	1.06	0.654	0.381	0.784	0.787	0.372	0.254	0.592	0.537	0.424	0.626
	3/16	½	2.75	0.809	0.509	0.293	0.793	0.764	0.291	0.196	0.600	0.514	0.427	0.631
L 2	×2 × ⅜	⅝	4.7	1.36	0.479	0.351	0.594	0.636	0.479	0.351	0.594	0.636	0.389	1.000
	5/16	9/16	3.92	1.15	0.416	0.300	0.601	0.614	0.416	0.300	0.601	0.614	0.390	1.000
	¼	½	3.19	0.938	0.348	0.247	0.609	0.592	0.348	0.247	0.609	0.592	0.391	1.000
	3/16	7/16	2.44	0.715	0.272	0.190	0.617	0.569	0.272	0.190	0.617	0.569	0.394	1.000
	⅛	⅜	1.65	0.484	0.190	0.131	0.626	0.546	0.190	0.131	0.626	0.546	0.398	1.000

ANGLES
Equal legs and unequal legs
Properties for designing



Size and Thickness	k	Weight per Ft	Area	AXIS X-X				AXIS Y-Y				AXIS Z-Z	
				I	S	r	y	I	S	r	x	r	Tan α
In.	In.	Lb.	In.^{2}	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.^{4}	In.^{3}	In.	In.	In.	
L 1¾×1¾×¼	½	2.77	0.813	0.227	0.227	0.529	0.529	0.227	0.227	0.529	0.529	0.341	1.000
×⅜	7/16	2.12	0.621	0.179	0.144	0.537	0.506	0.179	0.144	0.537	0.506	0.343	1.000
L 1½×1½×¼	7/16	2.34	0.688	0.139	0.134	0.449	0.466	0.139	0.134	0.449	0.466	0.292	1.000
×⅜	⅜	1.80	0.527	0.110	0.104	0.457	0.444	0.110	0.104	0.457	0.444	0.293	1.000
L 1¼×1¼×¼	7/16	1.92	0.563	0.077	0.091	0.369	0.403	0.077	0.091	0.369	0.403	0.243	1.000
×⅜	⅜	1.48	0.434	0.061	0.071	0.377	0.381	0.061	0.071	0.377	0.381	0.244	1.000
L 1⅛×1⅛×⅛	7/32	0.900	0.266	0.032	0.040	0.345	0.327	0.032	0.040	0.345	0.327	0.221	1.000
L 1 ×1 ×⅛	¼	0.800	0.234	0.022	0.031	0.304	0.296	0.022	0.031	0.304	0.296	0.196	1.000



STEEL CHANNELS

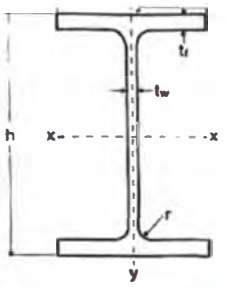
"C" SHAPES
"MC" SHAPES
ASTM A 36 ASM1 SA-36

Chemical Composition and Mechanical Properties
Identification Color Plain Ends

Section Number	Weight Per Ft.	Depth d in	Width b in	Web t in	Section Number	Weight Per Ft.	Depth d in	Width b in	Web t in
C	3x4.1	3	1.410	.170	C	9x13.4	9	2.433	.233
	3x5	3	1.498	.258		9x15	9	2.485	.285
	3x.6	3	1.596	.356	MC	9x23.9	9	3.450	.400
MC	3x7.1	3	1.938	.312		9x25.4	9	3.500	.450
C	4x5.4	4	1.584	.184	MC	10x6.5	10	1.127	.152
	4x7.25	4	1.721	.321		10x8.4	10	1.500	.170
MC	4x13.8	4	2.500	.500	C	10x15.3	10	2.600	.240
C5	6.7	5	1.750	.190		10x20	10	2.739	.379
	9	5	1.885	.325	MC	10x22	10	3.315	.290
C	6x8.2	6	1.920	.200	C	10x25	10	2.886	.526
	6x10.5	6	2.034	.314	MC	10x28.5	10	3.950	.425
MC	6x12	6	2.497	.310		10x33.6	10	4.100	.575
C	6x13	6	2.157	.437	C	10x30	10	3.033	.673
MC	6x15.3	6	3.500	.340	MC	12x10.6	12	1.500	.190
	6x16.3	6	3.000	.375	C	12x20.7	12	2.942	.282
	6x18	6	3.304	.379		12x25	12	3.047	.387
C	7x9.8	7	2.090	.210		12x30	12	3.170	.510
	7x12.25	7	2.194	.314	MC	12x35	12	3.767	.467
	7x14.75	7	2.299	.419		12x45	12	4.012	.712
MC	7x19.1	7	3.452	.352		12x50	12	4.135	.835
	7x22.7	7	3.603	.503	MC	13x31.8	13	4.000	.375
MC	9x8.5	6	1.874	.179		13x40	13	4.185	.560
C	8x11.5	8	2.260	.220		13x50	13	4.412	.787
	8x13.75	8	2.343	.303	C	15x33.9	15	3.400	.400
MC	8x18.7	8	2.975	.353		15x40	15	3.520	.520
C	8x18.75	8	2.527	.487		15x50	15	3.716	.716
MC	8x20	8	3.025	.400	MC	18x42.7	18	3.950	.450
	8x21.4	8	3.450	.375		18x45.8	18	4.000	.500
	8x22.8	8	3.502	.427		18x51.9	18	4.100	.600
						18x58	18	4.200	.700

Continued

Sabimet s.a.



VIGAS WF

Perfil americano
ASTM Designation A36
Tolerancias dimensionales E.N. 10024, 10034, 10056
Calidades del acero norma E.N. 10025 S 275JR

W	Peso Kg/m	Area cm^2	Dimensiones				Eje x-x			Eje y-y		
			h mm	*b* mm	*tw* mm	*tf* mm	I_x cm^4	W_x cm^3	*ix* cm	I_y cm^4	W_y cm^3	i_y cm
24 x 94	140.0	178.5	617.0	230.0	13.1	22.2	111.971	3.630	25.01	4514	392.5	5.03
24 x 84	125.0	159.3	612.0	229.0	11.9	19.6	98.536	3.220	24.87	3932	343.4	4.97
24 x 76	113.0	144.5	608.0	228.0	11.2	17.3	87.536	2.880	24.61	3425	300.4	4.87
24 x 68	101.0	129.5	603.0	228.0	10.5	14.9	76.354	2.532	24.28	2950	258.8	4.77
24 x 62	92.0	117.5	603.0	179.0	10.9	15.0	64.629	2.144	23.45	1441	161.0	3.50
24 x 55	82.0	104.3	588.9	178.0	10.0	12.8	55.979	1.869	23.17	1209	135.8	3.40
21 x 147	219.0	279.8	560.0	318.0	18.3	29.2	151.616	5.415	23.25	15680	986.2	7.49
21 x 132	196.0	251.3	554.0	316.0	16.5	26.3	134.569	4.858	23.14	13854	876.8	7.43
21 x 122	182.0	232.4	551.0	315.0	15.2	24.4	124.120	4.505	23.11	12729	808.2	7.40
21 x 111	165.0	211.5	543.0	313.0	14.0	22.2	111.531	4.085	22.96	11360	725.9	7.33
21 x 101	150.0	192.8	543.0	312.0	12.7	20.3	101.418	3.735	22.93	10287	659.4	7.30
21 x 93	138.0	176.2	549.0	214.0	14.7	23.6	46.084	3.136	22.11	3870	361.7	4.69
21 x 83	123.0	157.0	544.0	212.0	13.1	21.2	76.083	2.797	22.01	3377	318.6	4.64
21 x 73	109.0	138.9	539.0	211.0	11.6	18.8	66.732	2.476	21.92	2951	279.7	4.91
21 x 68	101.0	129.2	537.0	210.0	10.9	17.4	61.703	2.298	21.85	2692	256.4	4.56
21 x 62	92.0	117.8	533.0	209.0	10.2	15.6	55.246	2.073	21.66	2379	227.7	4.49
21 x 57	85.0	107.4	535.0	166.0	10.3	16.5	48.241	1.803	21.20	1263	152.2	3.43
21 x 50	74.0	94.7	529.0	166.0	9.7	13.6	40.758	1.541	20.74	1041	125.4	3.32
21 x 44	66.0	83.2	525.0	165.0	8.9	11.4	34.760	1.324	20.44	857	103.9	3.21
18 x 192	286.0	365.2	517.0	291.0	24.4	44.4	161.713	6.256	21.04	18293	1257.3	7.08
18 x 175	260.0	332.6	509.0	289.0	22.6	40.4	144.329	5.671	20.83	16299	1128.0	7.00
18 x 158	235.0	300.5	501.0	287.0	20.6	36.6	127.978	5.109	20.64	14456	1007.4	6.94
18 x 143	213.0	271.5	495.0	285.0	18.5	33.5	114.555	4.629	20.58	12950	908.8	6.91
18 x 130	193.0	246.8	489.0	283.0	17.0	30.5	102.585	4.196	20..39	11541	815.6	6.84
18 x 119	177.0	226.3	482.0	286.0	16.6	26.9	91.243	3.786	20.08	10506	734.7	6.81
18 x 106	158.0	201.4	476.0	284.0	15.0	23.9	79.864	3.356	19.92	9138	643.5	6.75
18 x 97	144.0	184.7	472.0	283.0	13.6	22.1	72.838	3.086	19.86	8359	590.7	6.73
18 x 86	128.0	164.1	467.0	282.0	12.2	19.6	63.930	2.738	19.74	7333	520.1	6.68

A= Area de la sección
I= Momento de Inercia
W= Modulo Resistente
i= Radio de giro= $\sqrt{I / A}$

Centro Empresarial Torre Humboldt, Calle Río Caura, Planta Alta, oficina PA-06. Prados del Este. Caracas
Teléfonos - Fax: (0212) 975.49.45 / 975.30.52 / 975.47.83 / 978.51.16 / 978.51.17
www.sabimet.com

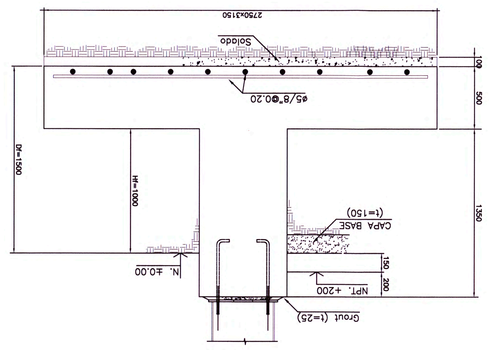
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

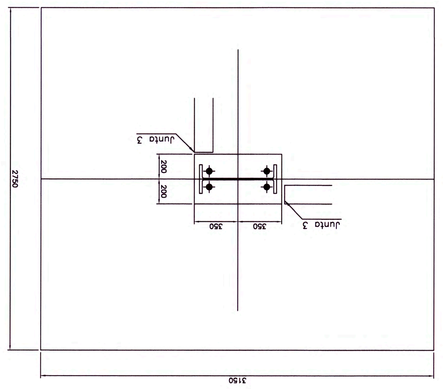
REVISION	E-01
REV.	NUMERO DE LAMINA
ESC.: INDICADA	UBICACION: CHICAMA
FEC.:	ESTRUCTURAS
REV.:	PLANO:
DIS.:	PROYECTO: ALMACEN DE CONCENTRADOS CHICAMA
DIB.:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

PROPIETARIO:

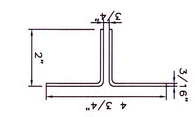
Rev.	Descripción	Revisó	Aprobó	Fecha
✓				

ZAPATA Z-1
ESCALA: 1/25

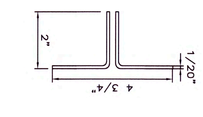




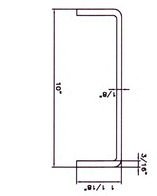
SECCION V
ESCALA : 1/2.5

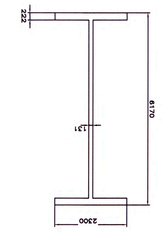


SECCION VL
ESCALA : 1/2.5

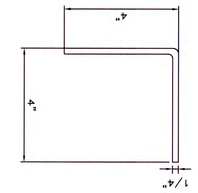


SECCION COR
ESCALA : 1/5

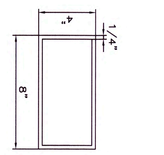




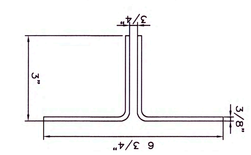
SECCION CRUZ VERT
ESCALA : 1/2.5



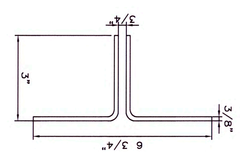
SECCION TUBO
ESCALA : 1/5



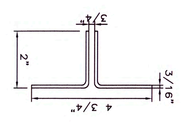
SECCION D1
ESCALA : 1/2.5



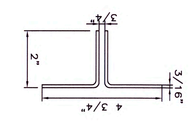
SECCION H
ESCALA : 1/2.5



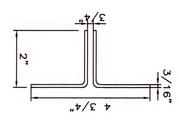
SECCION D
ESCALA : 1/2.5



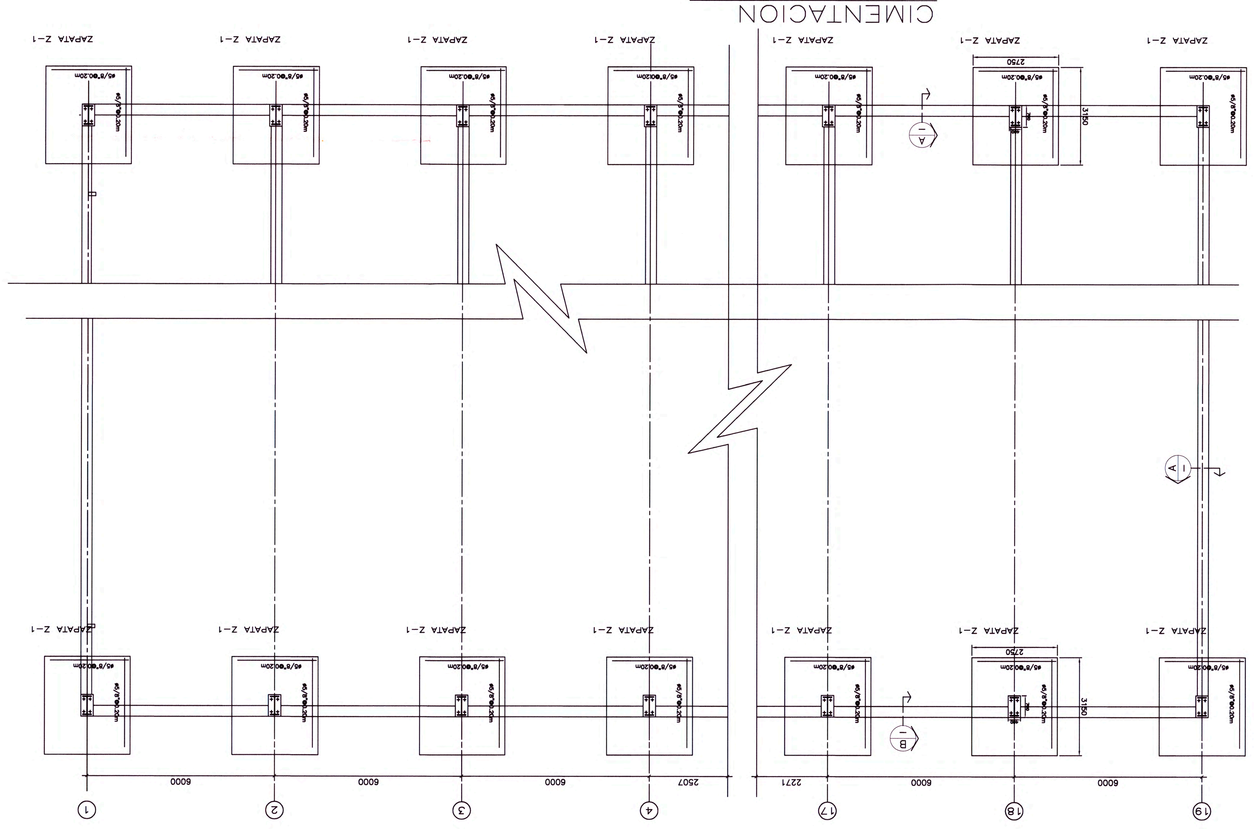
SECCION D2
ESCALA : 1/2.5



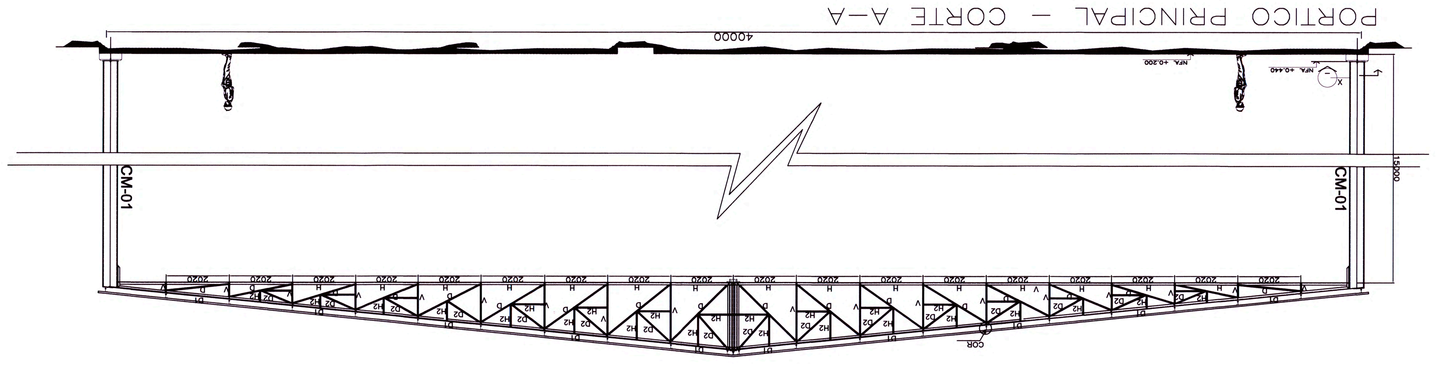
SECCION H2
ESCALA : 1/2.5



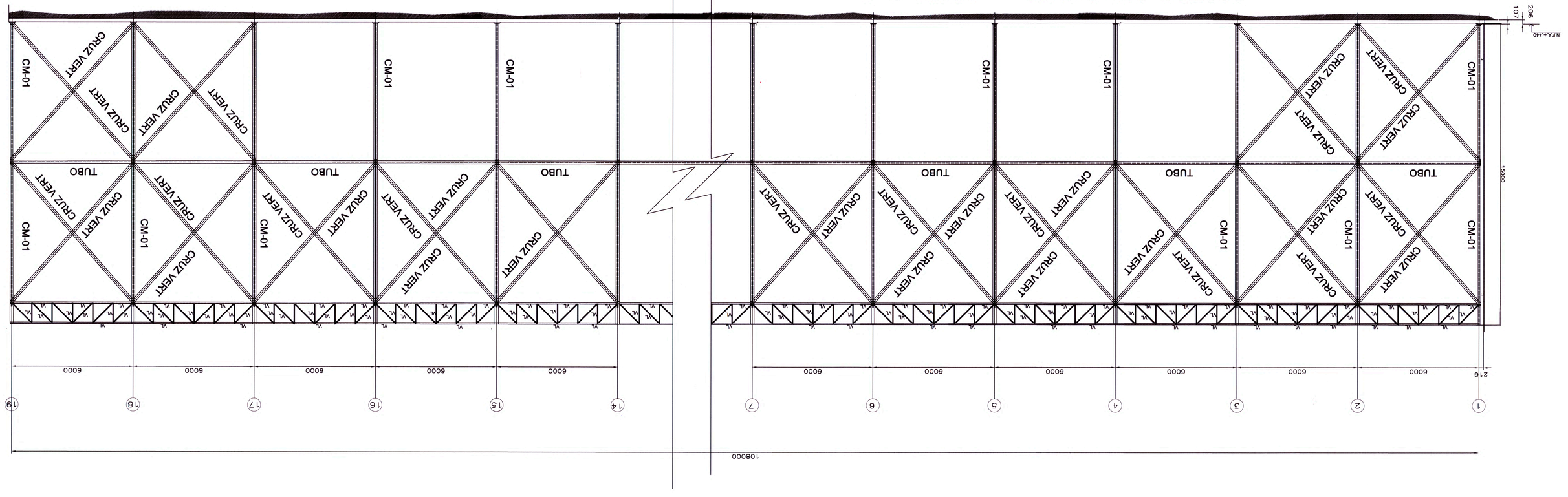
CIMENTACION
ESCALA : 1/100



PORTICO PRINCIPAL – CORTE A–A
ESCALA : 1/100



PORTICO SECUNDARIO – CORTE B–B
ESCALA : 1/100



ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONCRETO
ZAPATAS
PESO ESPECIFICO DEL CONCRETO — γ = 2400 kg/m3
f'c = 210 kg/cm2

ACERO ESTRUCTURAL
Acero ASTM A-36

RECUBRIMIENTO DE CONCRETO EN ZAPATAS
Zapatas — 7.5 cm

CAPACIDAD DEL SUELO
PRESION ADMISIBLE — qa = 4.00 kg/cm2
PESO ESPECIFICO DEL TERRENO — γ = 1800 kg/m3
PROFUNDIDAD DE CIMENTACION — Df = 1.50 m

MATERIALES
CEMENTO PORTLAND TIPO V

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT