



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Sistema metálico Tubest para la optimización en la construcción de naves
industriales en Lima en el 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Ricardo Diego Mendoza Acosta

ASESOR:

Mg. Rodolfo Ricardo Marquina Callacna

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2018



ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)
.....Ricardo.....Diega.....Mendoza.....Acosta.....
cuyo título es:Sistema.....Metálico.....Tubest para la optimización.....
.....en la construcción de Naves Industriales en Lima.....
.....2018.....
.....
....."

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el
estudiante, otorgándole el calificativo de: 14 (número) Catorce
(letras).

Lugar y fecha..... 07/07/2018.....

.....
.....
PRESIDENTE

.....
.....
SECRETARIO

.....
.....
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

DEDICATORIA

A mi abuelo Rufino y a mis padres Patricia, William y hermano Anthony por su ayuda incondicional, que, con sus enseñanzas y buenas costumbres, me han ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

AGRADECIMIENTO

Primero y, antes que nada, dar gracias a Mi familia y Anayeli Vera, por fortalecer mis valores y su apoyo constante a lo largo de este proyecto.

A los ingenieros, **Rodolfo Marquina** y **Igor Bedriñana**, por las enseñanzas y apoyo brindados en este trabajo y hacia mi persona.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Ricardo Diego Mendoza Acosta con DNI N°72372300, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ingeniera Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se muestra en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 07 Julio de 2018

Ricardo Diego Mendoza Acosta

ÍNDICE

Pagina del jurado	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria	III
Agradecimiento	IV
Declaración de autenticidad	V
Presentación	XII
Resumen	13
Abstract	14
1. Introducción	15
1.1 Realidad problemática:	15
1.2. Trabajos previos	17
1.3. Teorías relacionadas con el tema	20
1.3.1 Sistema tubest	20
1.3.1.1 Acero estructural	21
1.3.2 Cosntrucción de naves industriales	23
1.3.2.1. Costos de construcción	23
1.3.2.2. Fabricación de elementos de acero	24
1.3.3. Montaje de estructura	25
1.3.4. Naves industriales	26
1.3.4.1 Estructura reticulares	27
1.3.4.2 Estructura alma llena	27
1.3.4.3 Estructura tubular	28
1.3.5. Edificios peb (preengineer building)	29
1.4. Formulacion del problema	30
1.4.1 Problema general	30
1.4.1 Problemas específicos	30
1.5. Justificación del estudio	30
1.5.1. Justificación teórica	30
1.5.2 Justificación práctica	30
1.5.3 Justificación económica	31
1.5.4. Justificación ambiental	31
1.6. Hipótesis:	31
1.6.1. Hipotesis general	31
1.6.2. Hipótesis específicas	31
1.7. Objetivos	32

1.7.1 Objetivos generales	32
1.7.2 Objetivos específicos	32
2. Metodo	32
2.1 Diseño de la investigación	32
2.1.1 Enfoque	33
2.1.2. Tipo de investigación	33
2.1.3. Nivel de investigación	33
2.2.-Variables	34
2.2.1. Sistema tubest	34
2.2.2. La construcción	34
2.2.3. Operacionalización de la variable	35
2.3 Población y muestra	35
2.3.1 Población	35
2.3.2 Muestra:	35
2.4.1 Validez:	36
2.4.2 Confiabilidad:	36
2.5 Método de análisis de datos:	36
2.6 Aspectos éticos:	37
2.6.1 Aspectos administrativos	37
2.6.2 Recursos y presupuesto	37
2.6.5 Financiamiento	38
2.6.6 Cronograma de ejecución	39
3 Resultados	40
3.1 Descripción de la estructura a instalar	40
3.2 Normativa	42
3.3 Consideraciones para el diseño	43
3.4 Análisis estructural	43
3.4.1 Cargas permanentes	43
3.4.2 Cargas vivas	44
3.4.3 Cargas producidas por sismo	44
3.4.4 Cargas producidas por el viento	44
3.4.5 Combinaciones de cargas empleadas	44
3.4.6 Consideraciones sísmicas	47
3.4.6.1 Análisis estático	48
3.4.6.2 Análisis dinámico	49
3.6 Diseño estructural	52
3.6.1 Diseño estructural de perfil tubest	52

3.6.1.1	Diseño de la viga del pórtico principal	52
3.6.1.2	Diseño de la columna del pórtico principal	54
3.6.2	Diseño estructural de alma llena	57
3.6.2.1	Diseño estructural de viga alma llena	57
3.6.2.2	Diseño estructural de la columna de alma llena	58
3.6.2.3	Riostra	61
3.7	Costos	62
3.7.1	Costos del sistema tubest	62
3.7.1.1	Análisis de precio unitario del sistema tubest	63
3.7.1.2	Metrado de la nave industrial con sistema tubest	64
3.7.1.3	Presupuesto	66
3.7.2	Costos del sistema de alma llena	66
3.7.2.1	Análisis de precio unitario del acero	66
3.7.2.2	Metrado de la nave industrial con sistema tradicional alma llena	68
3.7.2.3	Presupuesto	70
3.8	Fabricación	71
3.8.1	Fabricación de los perfiles de alma llena	72
3.8.1.1	Laminado en caliente	72
3.8.1.2	Soldadura de los perfiles alma llena	72
3.8.1.3	Soldadura de arco eléctrico revestido	73
3.8.1.4	Inspección de la calidad de la soldadura	74
3.8.1.5	Limpieza del acero	75
3.8.1.6	Pintura en perfiles de acero	77
3.8.1.7	Cronograma de actividades	81
3.8.1.8	Pedido al fabricante	82
3.8.1.9	Tiempo de ejecución de la fabricación	82
3.8.2	Fabricación de perfiles tubest	82
3.8.2.1	Laminados en frío	83
3.8.2.2	Recibimiento del material	84
3.8.2.3	Soldadura del sistema tubest	84
3.8.2.3.1	Soldadura de arco de metal con gas mig	84
3.8.2.3.2	Soldadura con arco sumergido saw	85
3.8.2.4	Armado de cajones tubest	87
3.8.2.5	Inspección del perfil tubest	88
3.8.2.7	Pedido al fabricante	89
3.8.2.8	Tiempo de ejecución de la fabricación	89
3.9	Montaje	89

3.9.1 Fletes de estructuras metálicas	90
3.9.1.1 Fletes en perfiles de alma llena	91
3.9.1.2 Fletes de perfiles tubest	91
3.9.2 Tiempo de montaje	91
3.9.2.1 Perfiles alma llena	91
3.9.2.2 Perfiles tubest	92
4. Discusiones	94
5. Conclusiones	95
6. Recomendaciones	97
7. Referencias bibliográficas	98
Anexos	101

FIGURA 1. CALLE ENRIQUE MEIGGS- ZONA INDUSTRIAL.	16
FIGURA 2. PROYECTO DE PARQUE INDUSTRIAL MACROPOLIS- LURÍN	17
FIGURA 3. SECCIÓN DE PERFIL SIGMA Y SIGMA ESPECIAL.	20
FIGURA 4. SECCIÓN DE PERFIL OHM	21
FIGURA 5. ESQUEMA GENERAL DE LA ELABORACIÓN DE UN PRESUPUESTO DE OBRA.	23
FIGURA 6. PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA TUBEST.	24
FIGURA 7. NAVE INDUSTRIAL DE ESTRUCTURA RETICULAR	27
FIGURA 8. NAVE INDUSTRIAL DE ESTRUCTURA DE ALMA LLENA	28
FIGURA 9. NAVE INDUSTRIAL CON SISTEMA METÁLICO TUBEST.	28
FIGURA 10. BASES DE LOS EDIFICIOS PEB	29
FIGURA 11 VISTA DE PLANTA DE LA NAVE INDUSTRIAL	41
FIGURA 12 VISTA NORTE Y SUR DE LA NAVE INDUSTRIAL	41
FIGURA 13 EJES A, B Y C DE LA NAVE INDUSTRIAL	42
FIGURA 14 MODELO GENERAL DE LA NAVE INDUSTRIAL EN SAP2000	43
FIGURA 15 PÓRTICO CON CARGA MUERTA DISTRIBUIDA	45
FIGURA 16 PÓRTICO CON CARGA VIVA DISTRIBUIDA	46
FIGURA 17 PÓRTICO CON CASO 1 DE CARGA DISTRIBUIDA POR VIENTO	47
FIGURA 18 PÓRTICO CON CASO 2 DE CARGA DISTRIBUIDA DE VIENTO	47
FIGURA 19 MAPA DE ZONAS SÍSMICAS DEL PERÚ PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 475 AÑOS	48
FIGURA 20 ESPECTRO DE RESPUESTA INELÁSTICO EN LA DIRECCIÓN X	50
FIGURA 21 ESPECTRO DE RESPUESTA INELÁSTICO EN LA DIRECCIÓN Y	50
FIGURA 22 MOMENTO MÁXIMOS PARA VIGA DEL PÓRTICO PRINCIPAL (COMBINACIÓN 2)	52
FIGURA 23 FUERZA AXIAL MÁXIMA PARA VIGA DEL PÓRTICO PRINCIPAL (COMBINACIÓN 2)	52
FIGURA 24 FUERZA CORTANTE MÁXIMA PARA VIGA DEL PÓRTICO PRINCIPAL (COMBINACIÓN 2)	52
FIGURA 25 MOMENTOS MÁXIMOS PARA COLUMNA DE PÓRTICO PRINCIPAL (COMBINACIÓN 3)	54
FIGURA 26 FUERZA AXIAL MÁXIMAS PARA COLUMNA DE PÓRTICO PRINCIPAL (COMBINACIÓN 3)	55
FIGURA 27 FUERZA CORTANTE MÁX PARA COLUMNA DEL PÓRTICO PRINCIPAL (COMBINACIÓN 3)	55
FIGURA 28 RESUMEN DE PROCESOS DE FABRICACIÓN DE SISTEMAS TUBEST Y ALMA LLENA	71
FIGURA 29 CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE SOLDADURA	73
FIGURA 30 SOLDADURA DE ARCO ELÉCTRICO REVESTIDO	74
FIGURA 31 PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL SISTEMA TUBEST	83
FIGURA 32 CONFORMACIÓN DEL SISTEMA TUBEST -UNIÓN DE PERFIL SIGMA Y PERFIL OHM	83
FIGURA 33 SOLDADURA DE ARCO CON GAS MIG	84
FIGURA 34 SOLDADURA MIG EN TALLER DE TUPEMESA	85
FIGURA 35 SOLDADURA DE ARCO ELÉCTRICO SUMERGIDO	86
FIGURA 36 SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO DEL PERFIL TUBEST	86
FIGURA 37 PLANIFICACIÓN DEL MONTAJE DE UNA NAVE INDUSTRIAL	90

TABLA 1 OPERALIZACIÓN DE LA VARIABLE	35
TABLA 2 COMBINACIONES DE CARGAS PARA LRFD	44
TABLA 3 CARGAS DE VIENTO SEGÚN NORMA E.020	46
TABLA 4 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DE FABRICACIÓN CON SISTEMA TUBEST	63
TABLA 5 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA MONTAJE DEL SISTEMA TUBEST	64
TABLA 6 METRADO DE NAVE INDUSTRIAL CON SISTEMA TUBEST	65
TABLA 7 PRESUPUESTO DE NAVE INDUSTRIAL CON SISTEMA TUBEST	66
TABLA 8 ANÁLISIS DE PRECIOS UNIT. PARA FABRICACIÓN DE SISTEMA ALMA LLENA	67
TABLA 9 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA MONTAJE DE SISTEMA ALMA LLENA	67
TABLA 10 METRADO DE LA NAVE INDUSTRIAL CON SISTEMA ALMA LLENA	69
TABLA 11 PRESUPUESTO DE NAVE INDUSTRIAL CON SISTEMA DE ALMA LLENA	70
TABLA 12 CONDICIÓN DE PROFUNDIDAD PARA ABRASIVOS	81
TABLA 13 TIEMPO DE FABRICACIÓN CON SISTEMA DE ALMA LLENA	82
TABLA 14 TIEMPOS DE FABRICACIÓN CON SISTEMA TUBEST; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
TABLA 15 TIEMPOS DE MONTAJE CON SISTEMA DE ALMA LLENA; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
TABLA 16 TIEMPOS DE MONTAJE CON SISTEMA TUBEST; ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.	
TABLA 17 CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS	93

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, para optar el grado de Ingeniero Civil, pongo a vuestra consideración la Tesis titulada “Sistema metálico Tubest para la optimización en la construcción de naves industriales en Lima en el 2018”.

Los capítulos y contenidos que se desarrollan son los siguientes:

I. Introducción

II. Método

III. Resultados

IV. Discusión

V. Conclusiones

VI. Recomendaciones

VII. Referencias Bibliográficas

Anexos

Espero Señores Miembros del Jurado que la presente investigación cumpla con las exigencias establecidas por la Universidad César Vallejo y merezca su aprobación.

El Autor

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el sistema Tubest para la optimización en la construcción de una nave industrial en Lima en el 2018. De tal modo, para demostrar la optimización, se realizó una comparación con el sistema tradicional de alma llena. Partiendo de un proyecto de nave industrial de 5092m² de área con pórticos de marcos rígidos a dos aguas con luces de 32m con alturas al hombro de 7.5m. Basados en la norma de diseño aplicado a la NTP 0.90 y la AISC. Ambos diseños fueron analizados con las mismas cargas, y sometidos a sismo y viento. Así mismo se procedió al cálculo del presupuesto y los plazos de ejecución de la nave industrial en cuanto a fabricación y montaje.

El costo de la nave industrial con sistema Tubest resulto ser de S/.945482.36, mientras que el costo con sistema convencional fue de S/.1217575.34. Del mismo modo, para el plazo de ejecución con sistema Tubest resulto ser de 36 y 35 días en cuanto a fabricación y montaje, respectivamente, el plazo de ejecución del sistema convencional fue de 44 y 54 días para fabricación y montaje respectivamente. Concluyendo que el sistema Tubest optimiza los la construcción de una nave industrial en Lima al tener un ahorro de S/.272,092.98 y una disminución de 32% en los plazos de ejecución frente al sistema tradicional. Presentando así al Tubest como una solución a los problemas de migración de las industrias a parques industriales.

Palabra clave: Tubest, Optimización, construcción de naves industriales.

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the Tubest system for optimization in the construction of an industrial building in Lima in 2018. In this way, a comparison with the traditional full soul system can be made. Starting with an industrial building project of 5092m² of area with porticos of rigid frames to two waters with lights of 32m with shoulder heights of 7.5m. Based on the design standard applied to NTP 0.90 and AISC. Both designs were analyzed with the same charges, and something like earthquake and wind. Likewise, the calculation of the budget and the execution times of the industrial warehouse were processed in terms of manufacturing and assembly.

The cost of the industrial warehouse with the Tubest system was S/ .945482.36, while the cost with a conventional system was S/ .1217575.34. In the same way, for the execution period with system Tubest result was of 36 and 35 days in the manufacture and assembly, respectively, the execution time of the conventional system was 44 and 54 days for manufacturing and assembly respectively. Concluding that the Tubest system optimizes the construction of an industrial building in Lima by having a saving of S/.272,092.98 and a 32% reduction in the execution time compared to the traditional system. Introducing the Tubest as a solution to the problems of migration from industries to industrial parks.

Keywords: Tubest, optimization, construction of an industrial building.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA:

Durante la década de 1960, los diseños estandarizados para construcciones metálicas se comercializaron como edificios PEB (Pre engineered buildings) que son sistemas de ingeniería pre diseñada, con beneficios en la rapidez de ejecución y montaje debido a procesos estandarizados de fabricación, a su vez dan preferencia a las conexiones atornilladas dejando así la soldadura en taller para obtener un mejor control de calidad, además el uso de un programa patentados por las empresas que logra el diseño de los elemento del catálogo de la empresa más óptimo en cuanto a peso minimizando los costos del material. Los edificios PEB se han venido utilizando en países más desarrollados como China, Francia, Estados unidos, México y Chile debido al crecimiento industrial y la necesidad de un sistema que optimice la alta demanda de construcción de naves industriales.

Tubest es un sistema de pre diseño de estructuras metálicas tubulares con procesos de fabricación y montaje estandarizado que nace en Chile, creado por la empresa Cintac, para hacer frente a la alta demanda de naves industriales en el país, fomentando de esa manera un mayor crecimiento del sector industrial, dado que presentar un sistema que optimiza la fabricación, montaje y reduce los costos.

El Perú un país cuya costumbre es la construcción en concreto y la mala calidad de construcciones en acero estructural debido a la falta de procesos estandarizados en su construcción, ha ocasionado que el sector industria tenga un crecimiento de infraestructura paulatino y desconfiado en cuanto a los sistemas constructivos de naves industriales.

Sin embargo, Según la Revista Perú Construye (2017, p. 78):

Con el crecimiento de los parques industriales en la zona sur de Lima la demanda de naves y galpones industriales ha aumentado en los últimos dos años, de ahí que las empresas de estructuras metálicas han tenido un mayor movimiento en su producción.

Dado que, Lima metropolitana es una ciudad que concentra los puntos económicos, financieros e industriales más aglomerados del país, esto sumando a la concentración de masas urbanas en un delimitado territorio, ha terminado

por establecer la centralización de las actividades económicas e industrias productivas.

En consecuencia, se presenta diversos problemas como la contaminación de las industrias sin posibilidad de mitigación por falta de espacios para áreas verdes, Además los sistemas de agua y desagüe empleados en zonas industriales no necesariamente son para zonas urbanas (Figura 1 y 2). Esto sumado al tráfico ocasionado por los vehículos de cargas pesadas afecta de manera negativa a ambos agentes

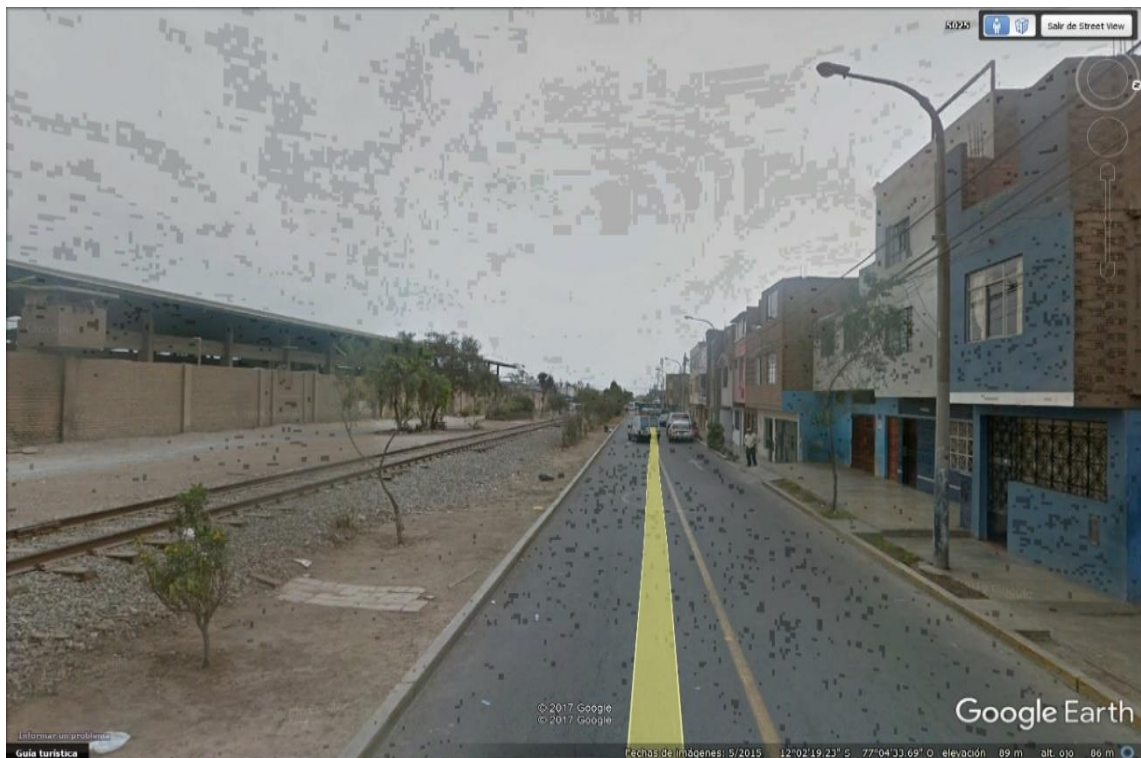


Figura 1. Calle Enrique Meiggs- Zona industrial.

He ahí donde los proyectos de extrapolación de las industrias a parques ubicados en las zonas periféricas (Figura 1.3), es una contribución a el reordenamiento urbano para mejorar la calidad de vida del ciudadano Limeño. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que para que las empresas migren a dichos parques, deben implementar un sistema que optimice la construcción de naves industriales. Parques industriales hechos en Chilca y Lurín son un claro ejemplo del éxito de estos proyectos.



Figura 2. Proyecto de parque industrial Macropolis- Lurín

Por ende, la presente investigación, busca Evaluar el sistema metálico Tubest para la optimización en la construcción de naves industriales en Lima, Por lo que se presenta como paso práctico y lugar de aplicación, a la propuesta de una comparación entre la nave industrial con sistema Tubest y sistema de alma llena en Lima en el año 2018.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

Luego de revisión de bibliografía, tanto escritas como virtuales algunos de los trabajos que podemos tomar en consideración para formular una Línea base, enfocada a lo que la presente investigación, tomando en consideración un vínculo problemático de algunos casos que ocurren en el Perú.

Que traten sobre sistemas de construcción, referido a naves industriales, que optimice tras un análisis comparativo.

Mejoramiento de almacenes auto-soportados con elementos de acero estructural nacionales. (Gutarra 2016) Cuyo **objetivo** fue evaluar el empleo de almacenes auto-soportados con elementos de acero estructural nacional en la construcción con respecto a sistemas convencionales en la región Lima, surgiendo de la **problemática** la del desorden industrial y la poca eficiencia de los almacenes actuales en Lima. El autor parte de un proyecto de almacenes

diseñados con las mismas características, pero con distintos sistemas, para evaluar utiliza un método descriptivo comparativo, así esta investigación **concluye**, Almacenes Auto soportados fueron de 0.03mm menores respecto a los almacenes convencionales que fueron de 82.7mm. Las deflexiones de los Almacenes Auto soportados fueron de 0.33mm y las de los sistemas convencionales de 124mm. El costo del Almacén Auto soportado planteado resultó S/. 488,670.15 el costo del almacén convencional resultó S/. 649,508.31, significando un ahorro de S/. 160,838.16. Del mismo modo el plazo de ejecución de un sistema Auto soportado fue de 106 días, el de un sistema convencional 141 días, siendo 35 días menos de tiempo de ejecución. El **aporte** fue el beneficio a industrias, principalmente del medio logístico, obtener almacenes que resulten más óptimos fomentando el desarrollo de este sector.

Diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas de una nave múltiple con sistema tubest, para una planta industrial ubicado en zona industrial de Lurín (Aedo 2016) en esta investigación el autor tuvo como **objetivo** diseñar una nave industrial con perfiles conformado en frío denominados "Tubest" que serán utilizados para la construcción de una planta, de la empresa TUPEMESA, dirigida a la fabricación de tubos electro soldados y perfiles metálicos, asimismo se describe los procedimientos de fabricación y montaje de los elementos estructurales de la nave industrial. **Concluye** presentando los costos de Fabricación que fueron de S/. 353,322.62 y los de montaje de S/. 87,063.40. El **aporte** fue dejar una tesis que sirva como referencia para la aplicación de este sistema metálico y comparación frente a otros sistemas como los tradicionales.

Tomando como referencia de que en el Perú temas de investigación como naves industriales o estructuras metálicas en si no es muy difundido es pertinente y de suma importancia científica basarse en estudios internacionales para lo cual se recurrió a fuentes internacionales como las mencionadas a continuación:

Optimización de estructuras de naves industriales empleando tecnología BIM (Montoya- 2016) la investigación surge bajo **la problemática** de altos costos de las estructuras de nave industrial para lo que se buscó una solución en donde se optimice la edificación. La tesis nos habla sobre un proceso comparativo que

determinó cuál de los softwars existentes para análisis de estructuras cuenta con una mejor interfaz con BIM, posteriormente se modeló la estructura de un proyecto existente en donde su **el objetivo** fue hacer una comparativa entre el método tradicional de cálculo y el implementado usando tecnología BIM. Se sometió la estructura a un análisis estático lineal bajo cargas gravitacionales y presiones de viento. Finalmente se **concluyó** que con este método es posible optimizar el desarrollo y análisis de estructuras de naves industriales hasta en un 50% de tiempo y casi 5% del volumen de acero. Además de que minimiza errores, fomenta la comunicación entre las distintas fases del diseño y permite crear modelos globales. El **Aporte** la aplicación de una metodología innovadora para optimizar la construcción de naves industriales.

Optimización en el diseño estructural de pórticos para naves de grandes luces (Sánchez 2016) el surge de la motivación, del interés de por características técnicas dadas por las naves industriales de grandes luces y ser un tema poco estudiado. Dicha investigación presenta una **metodología** descriptiva que se centra en el diseño conceptual, análisis y dimensionamiento en detalle de una estructura son las fases contempladas en el diseño estructural, necesitándose de herramientas de cálculo avanzadas y criterios que necesitan de una correcta comprensión del mecanismo resistente estructural y de la normativa para lo cual compara el diseño de 3 tipologías diferentes. El trabajo **concluye** que en el ámbito estructural es el más complicado de abordar y para este proyecto se ha podido comprobar que la viga en recta, o en este caso en concreto, que la disposición a dos aguas. Además, el número de uniones juega un papel determinante, pues no puede ser inferior al necesario, pero si hay exceso se reduce la eficiencia de la cercha. Para la distancia entre montantes no hay una regla generalizada, pero si se aconseja que lo entorno al canto de la celosía y como ha podido comprobarse en el capítulo 3 dedicado al diseño es que, la separación entre montantes resulta más efectiva, siendo más cercana hacia los soportes donde se esperan los mayores esfuerzos.

Guía para la ejecución de modificaciones de obra en edificación de galpones hasta 2.000m² con privados (Gaete, 2014) Esta investigación tiene como **objetivo** elaborar un manual para la ejecución de modificaciones de obra en las edificaciones de galpones de superficie hasta 2000 m² para mejorar los

tiempos de respuesta del mandante a tales modificaciones. El autor en el capítulo III presenta antecedentes de proyectos que influyen en la modificación de obras y uno de los dichos antecedentes es una nave industrial con el sistema tubest en donde nos muestra el problema sucedido, la causa por el mal montaje y la solución, de lo cual se puede rescatar la información necesaria para futuros montaje. La investigación **concluye** con la con cada uno de los procedimientos a evaluar frente a las situaciones presentadas en cada uno de los capítulos El **aporte** brindar una guía, frente a la ausencia de una norma, para la resolver los problemas de montaje o fabricación de galpones

1.3. TEORIAS RELACIONADAS CON EL TEMA

1.3.1 SISTEMA TUBEST

El sistema Tubest es un sistema constructivo no convencional orientado para naves industriales, coliseos y ambientes que requieran amplias luces. Incluye una serie de perfiles tubulares rectangulares para uso en Columnas y vigas con luces de hasta 40 m sin columnas intermedias. “El sistema está formado por dos partes de perfiles, Sigma y Ohm los cuales se sueldan mediante electrodos convencionales, soldadura MIG o arco sumergido, sin necesidad de contar con complejos equipos de pre-armado y enderezado, logrando de esta forma un costo de operación muy competitivo” (TUPEMESA, 2016, párr.1).

SECCION PERFIL OHM TIPICA

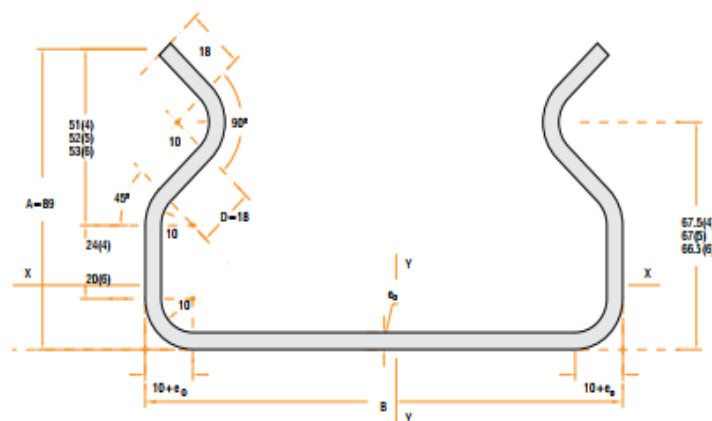
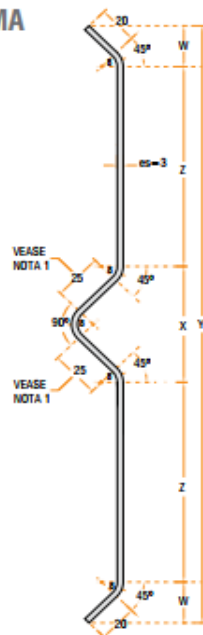
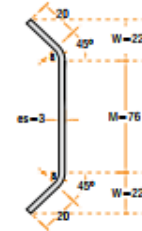


Figura 3. Sección de perfil sigma y sigma especial.

SECCION PERFIL SIGMA HxexxKg/mt



SECCION PERFIL SIGMA ESPECIAL 250xexxKg/mt



NOTA 1
Para Combinación Tubest 550Xbxeoxes,
considerar $L=27$ en tramo recto de
atiesador intermedio.

Figura 4. Sección de perfil Ohm

Su forma rectangular unida a la presencia de tres atiesadores en cada alma le confieren a Tubest, una gran eficiencia estructural, lo que permite obtener un elemento constructivo muy nítido y esbelto, de esta forma los arquitectos y calculistas cuentan con vigas y columnas hechas de perfiles abiertos, con pleno abastecimiento, fáciles de vincular y muy competitivas en costo. Así, con la simple combinación de 7 perfiles Sigma y 9 perfiles Ohm se pueden obtener 63 combinaciones de secciones con un rango de altura entre 250 y 550 mm, con anchos de 150, 200 y 225 mm y con espesores de las alas de 4, 5 y 6 mm. Con esta variedad los diseñadores y especificadores pueden tener la certeza que siempre contarán con una sección eficiente para las columnas y vigas que requieran sus proyectos. (Manual de diseño estructural Tubest, 2010, p. 5).

Tubos y Perfiles Metálicos SA – TUPEMESA es la principal empresa fabricante de productos tubulares del Perú. Es la encargada de la implementación del sistema Tubest en nuestro país, sin embargo, a diferencia del sistema de Chile, Tupemesa utiliza acero al carbono ASTM A-36 lo cual limita el diseño estructural debido a las propiedades mecánicas llegando a claros de 40 metros.

1.3.1.1 ACERO ESTRUCTURAL

El acero es una aleación de hierro, el cual se encuentra en la naturaleza como mineral hierro que pasa por un proceso de fabricación que, junto al carbono y otros elementos químicos, dando como resultado al acero, que se caracteriza

por sus propiedades metalúrgicas, químicas y mecánicas. Debido a la gran variedad de aceros, solo algunos son catalogados como estructurales como es especifican en la Normas complementarias para estructuras metálicas (Noma E.090) en donde hace referencia al cumplimiento de la Norma Técnica Peruana (NTP) y apartados del ASTM A6. Según la Revista, El acero hoy (2010, p. 12), nos muestra algunos de los tipos de aceros estructurales que se clasifican por su composición química y características de procesamiento:

1. Aceros al carbono o aceros al carbono-manganeso: Son también conocidos como aceros estructurales, cuyos componentes químicos además del hierro son el carbono (C) y el manganeso (Mn) teniendo un control estricto en las cantidades de fósforo (P) y azufre (S) que perjudican a ductilidad y soldabilidad. Uno de los aceros más utilizados de este grupo es el acero A36 que presenta un esfuerzo mínimo de 36 ksi (2530 kg/cm²).
2. Aceros de alta resistencia, baja aleación (HSLA) Se desarrollaron durante los últimos 30 años y son ahora los materiales más utilizados para estructuras de acero. Su alta resistencia se logra haciendo una reducción en el contenido de carbono agregando ciertos elementos de aleación. Todos estos aceros son soldables y algunos han aumentado la resistencia a la aleación. Los aceros HSLA más comunes son ASTM A588, A572, A992, la diferencia entre estos dos últimos viene siendo el control adicional que tiene el A992 sobre el A572.
3. Aceros apagados y templados (QT) Constituyen un pequeño grupo de materiales con fluencia mínima de 90 a 100 ksi. Estos solo están disponibles como placas. La alta Resistencia se consigue a través de una combinación de bajo contenido de carbono y una secuencia de enfriamiento rápido (es decir revenido) del acero. Esto deja al material con una estructura muy dura, de grado fino. La ductilidad de estos aceros es significativamente menor que la del carbono-manganeso y aceros HSLA.
4. Aceros apagados y auto templados (QT) están actualmente en disponibilidad limitada. Su alta resistencia se obtiene a través de enfriamiento selectivo de determinadas regiones de un perfil, pero, además, el calor que se almacena en el material del procedimiento de rolado es utilizado para proporcionar el efecto de templado el enfriamiento localizado deja un producto con una superficie distinta a las regiones del interior del perfil, por lo que el material en su superficie tiende a ser mucho más duro y de grano más fino que el del interior. La soldabilidad es buena.

1.3.2 COSNTRUCCIÓN DE NAVES INDUSTRIALES

1.3.2.1. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Los costos de construcción son parte de la elaboración de un presupuesto (Figura) que es uno los factores más importantes en cada obra ya que determina si la se lleva a cabo o no, para la determinación de los costos es importante un sustento de metrado en cada construcción.

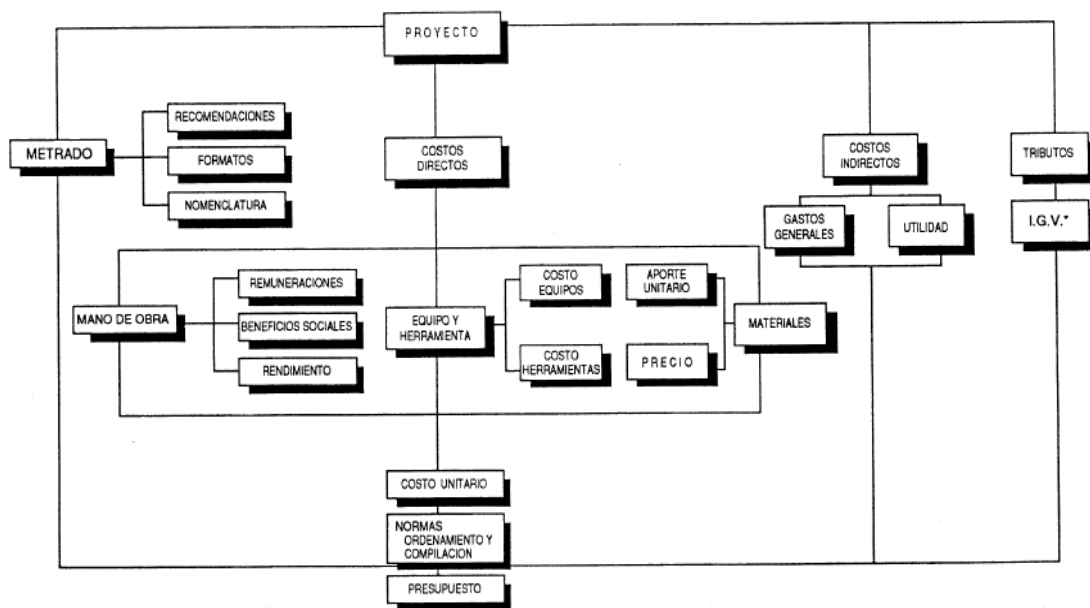


Figura 5. Esquema general de la elaboración de un presupuesto de obra.

1.3.2.1.1. METRADO

Es la recopilación de datos medibles según las partidas de obra mediante fichas usualmente utilizadas, que sirven como sustento de los costos directos. Según CAPECO (2012, p.10) lo define como:

Conjunto ordenado de datos obtenido o logrados mediante lecturas acotadas, preferentemente, y con excepción con lecturas a escala, es decir, utilizando el escalímetro. Los metrados se realizan con el objeto de calcular la cantidad de obra a realizar y que al ser multiplicado por el respectivo costo unitario [...] y sumados obtendremos el costo directo.

1.3.2.1.2. COSTOS DIRECTOS

Son aquellos costos que influyen directamente a la producción como lo son el costo de mano de obra, materiales, equipos y herramientas. CAPECO lo define como: “El costo directo es la suma de los costos de materiales, mano de obra

(incluyendo leyes sociales), equipos, herramientas, y todos los elementos requeridos para la ejecución de una obra.” (2012, p.15)

Los costos directos son sustentados por el metrado el cual se realiza según las partidas de obra y con ayuda de los planos.

1.3.2.1.3. COSTOS INDIRECTOS

Son todo costo producto del proceso productivo en general como los son los gastos generales y las utilidades. CAPECO (2012, p .242) Lo define como: “Gastos que se pueden aplicar a una partida determinada y los costos indirectos son todos aquellos gastos que no pueden aplicarse a una partida determinada, sino al conjunto de la obra y los cuales detallaremos a continuación.”

1.3.2.2. FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE ACERO

Es el proceso por el cual se obtiene nuevos elementos a partir de perfiles, bobinas, planchas, etc. Debido a que el acero es un material que puede ser convertido en diversas formas, ampliando así una mayor gama de perfiles con diferentes características físicas, existen procesos de fabricación de elementos ya establecidos, como es el caso en el sistema Tubest. (Figura 6)



Figura 6. Procesos de fabricación del sistema Tubest.

Para determinar cómo se optimiza la fabricación en la construcción de naves industriales es necesario descomponer en dimensiones.

1.3.2.3. CALIDAD DE LA SOLDADURA Y ENDEREZADO

American Welding Society (AWS) Define una Soldadura como:

“Coalescencia localizada (La fusión o unión de la estructura de granos de los materiales que se están soldando) de metales o no metales, producida mediante el calentamiento de los materiales a la temperatura de soldadura requerida, con o sin presión sola y con o sin uso de metal de aportación” (2016, párr.1)

La calidad de soldadura se puede medir mediante la elaboración de ficha técnicas para la supervisión de fabricación en ende se especifica qué tipo de soldadura, tipo de unión, etc. Es importante realizar una correcta soldadura ya que muchas veces el mal proceso de estas puede llevar a tener un daño considerable en la estructura.

1.3.2.4 TIPOS DE PINTURA ANTICORROSIVA

Uno de los factores más importantes de evaluar, sobre todo a las condiciones del lugar presentado, es el uso de una correcta pintura anticorrosiva para el proceso de fabricación ya que el acero es un material cuyas propiedades mecánicas disminuyen frente a la exposición de la corrosión

1.3.2.5 TIEMPOS DE FABRICACIÓN

Los tiempos de montajes son medidos en cuanto al rendimiento de los trabajadores y al peso de elementos, eso quiere decir que mientras más óptimo sea el peso de la estructura puede disminuir los tiempos de fabricación. Que a su vez son agilizados debido a los procesos estandarizados de fabricación

1.3.3. MONTAJE DE ESTRUCTURA

Para el montaje de una estructura hay que tener en consideración ciertos aspectos como son los mencionados a continuación:

1.3.3.1. FLETE DE ELEMENTOS

Es el coste por traslados de los elementos de fábrica hacia el campo donde se va ejecutar el montaje. Suelen estar ligado al peso, sin embargo, una de la deficiencia de los procesos estandarizados es que para grandes luces resulta más difícil trasladar los elementos, para lo que se proceden

1.3.3.2. CARGA DE MONTAJE

La carga a montar estará determinada por el diseño, lo cual se beneficiará en cuanto a la optimización del material, debido a que un menor peso de montaje requerirá de grúas más pequeñas, sin embargo, al ser estructuras de claros más amplios en sistemas pre fabricados, puede resultar ser un problema a la hora de manejar la carga.

1.3.3.3. TIEMPOS DE MONTAJE

De la misma forma que la fabricación, el tiempo de montaje será establecido de acuerdo al rendimiento, por lo que se verá reflejado en un cronograma de obra. Dado que se presentan procesos estandarizados de montaje debido a que la mayoría de conexiones son atornilladas facilita los tiempos de armado en campo. Teniendo así un ahorro en términos de mano de obra y maquinaria.

1.3.4. NAVES INDUSTRIALES

Es la estructura metálica destinada para la implementación de procesos de manufactura, almacén de todo tipo de productos, lugar de reuniones, prácticas de deporte y centro de exposiciones. Así mismo Vizueté (2013, p. 57) nos dice:

“Las naves industriales se caracterizan por cubrir grandes luces, generalmente con pequeñas cargas de origen gravitatorio. Esto origina unas particularidades que solo se dan en este tipo de estructuras, en las cuales las cargas horizontales y los fenómenos de inestabilidad cobran especial importancia, debido a la gran esbeltez de la estructura.”

Agregado a esto las consideraciones que se deben tomar en un edificio industrial deben ser empleadas al uso particular de cada industria, como por ejemplo que algunas pueden estar sujetas a el traslado de materiales pesados para lo cual se necesitara una trabe carril o cuando se necesitan grandes claros para el manejo de las maquinarias y para poder salvar dichos espacios se emplea el uso de joist. Como vemos de acuerdo a las solicitudes de la industria se pueden brindar diferentes soluciones constructivas. A su vez las naves industriales se dividen en tres tipos de familias Reticulares, alma llena, y tubulares.

1.3.4.1 ESTRUCTURA RETICULARES

Son estructuras formadas por armaduras de acero, sus apoyos pueden ser simplemente apoyados en columnas de concreto o un sistema de marco a porticado, que por lo general son livianas, pero soportan pocas cargas. La calidad de estos elementos es cuestionable ya que la mayoría tienden a ser frágiles por lo que aquellos elementos que se encuentran a compresión tienden a tener su falla frágil.

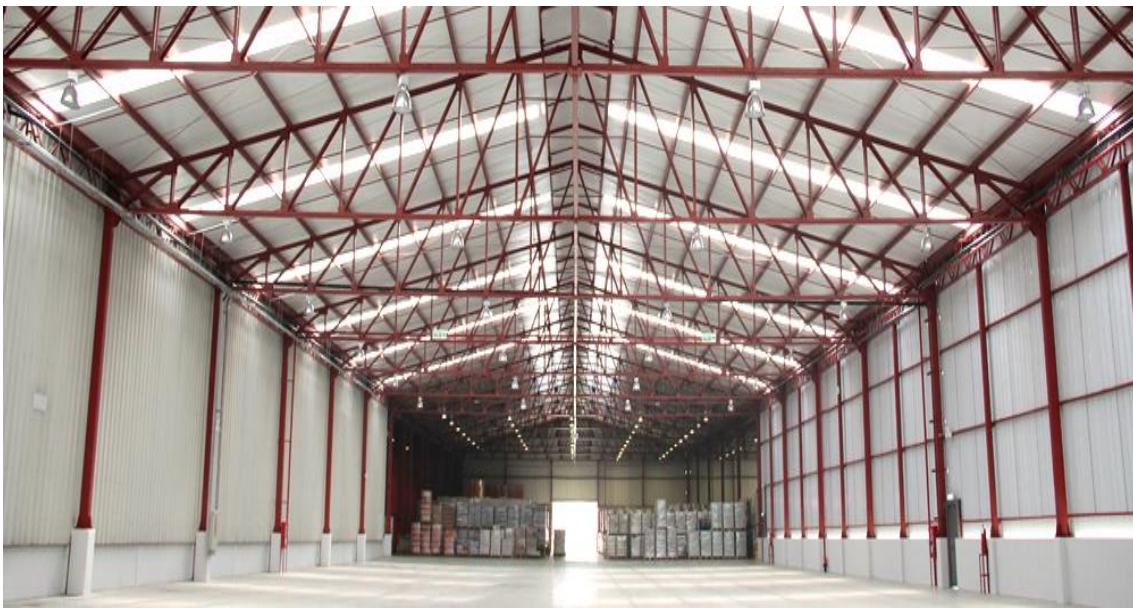


Figura 7. Nave industrial de estructura reticular

1.3.4.2 ESTRUCTURA ALMA LLENA

Es considerado el sistema tradicional para la construcción de naves industriales, tiene una gran capacidad para soportar cargas y tener amplios claros, sin embargo, a comparación de los otros sistemas logra ser el más pesado. Existen los tipos de sección continua y de sección variable, este último son más eficientes ya que se optimiza el material de acuerdo a los requisitos del análisis estructural.



Figura 8. Nave industrial de estructura de alma llena

1.3.4.3 ESTRUCTURA TUBULAR

Las estructuras tubulares son sistemas livianos debido a sus secciones huecas por lo que tiene un mejor momento de inercia con relación al espesor de sus elementos que soportan cargas moderadas, se pueden emplear canales HSS, PTR o uniones de perfiles formados en frio como es el caso del sistema Tubest (Perfil Ohm y Sigma)



Figura 9. Nave industrial con sistema metálico Tubest.

1.3.5. EDIFICIOS PEB (PREENGINEER BUILDING)

Son aquellos edificios que están diseñados de tal forma en el cual se pueda optimizar los costos, tiempos de construcción y que al llegar a la obra solo sea necesario montarlos. Para ello su fabricación y diseño en el taller debe estar pensado en la persona que lo va montar, facilitando los tiempos de armado.

Es necesario resaltar la importancia de las conexiones al momento del montaje y la correcta elección de ellas en ciertos momentos del armado. Para las estructuras pre diseñadas, las conexiones soldadas deben estar hechas en taller y las atornilladas en campo para optimizar tiempo y costos.

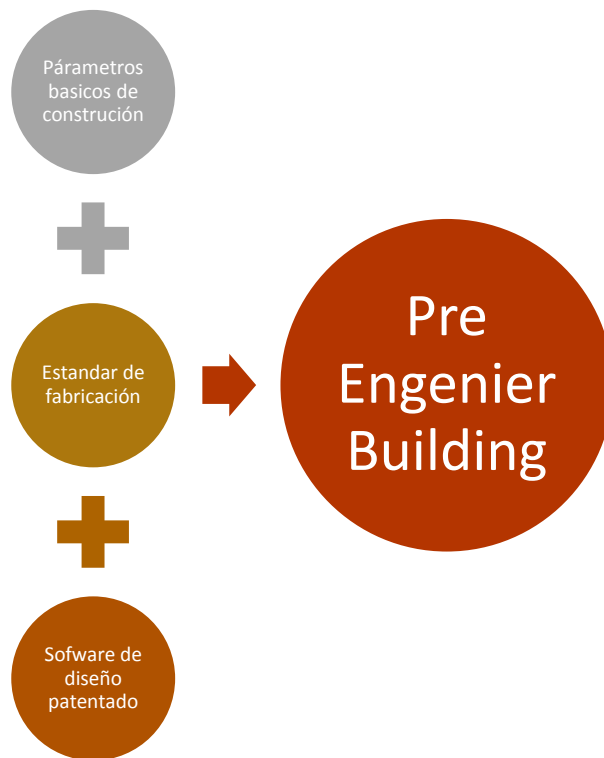


Figura 10. Bases de los edificios PEB

1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA GENERAL

- ¿De qué manera el sistema metálico Tubest optimiza la construcción de naves industriales en Lima en el 2017?

1.4.1 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ✓ ¿De qué manera el sistema metálico Tubest reduce los costos de ejecución de una nave industrial en Lima?
- ✓ ¿Cómo el sistema metálico Tubest optimiza la fabricación de elementos de unas naves industriales en Lima?
- ✓ ¿Cómo el sistema metálico Tubest optimiza el montaje de una nave industrial en Lima?

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Debido a la problemática planteada, por ende, que mejor forma de plantear un sistema que sirva como una alternativa factible.

1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Desde el punto de vista teórico, se tendrá un mayor conocimiento del diseño de un sistema tubular formado por perfiles de acero laminados en frío, por medio de la norma AISC 360. Siempre acorde con la norma E.0.90 diseño de fabricación de estructuras metálicas para edificaciones que acepta los criterios del método de factor de carga y resistencia (LRFD) y el método de esfuerzos permisibles (ASD).

1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La aplicación de un sistema metálico que optimice la construcción de naves industriales contribuirá directamente a las industrias y servirá de incentivo a migrar a los parques industriales de Lima, además al ser un sistema estandarizado minimiza las pérdidas de material algo que ha sido uno de los problemas más grandes de la construcción.

1.5.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

En cuanto a comparaciones con otro sistema el sistema Tubest presenta una optimización de materiales debido a sus elementos huecos, lo que hace que la nave industrial resulte más ligera. Dado que el costo del acero está especificado en Dólar/ Ton esto representaría un ahorro significativo en lo económico para el cliente, los cual estarían interesados en implementar el sistema Tubest para migrar a los parques industriales que se vienen realizando en las zonas periféricas de Lima metropolitana.

1.5.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

La construcción en acero tiene ciertas ventajas a comparación de otros materiales como el concreto. Por ejemplo, en Europa y Estados Unidos se ha bajado el uso del concreto por problemas de polvo y energía. Otras de las ventajas es que el acero es un material renovable es decir cuando el edificio cumpla su ciclo de vida, dicho edificio se convierte en chatarra y vuelven a los hornos de las plantas siderúrgicas para ser reprocesados, sin pérdida de calidad. Según la Revista de GERDAU CORSA El acero de hoy (2010, P .16). “El acero es el material más reciclado en el mundo ya que el 40% de la producción mundial de acero es a partir de la chatarra.”

1.6. HIPÓTESIS:

1.6.1. HIPOTESIS GENERAL

- El sistema Tubest optimiza la construcción de una nave industrial en Lima en el 2017.

1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- ✓ Los costos de una nave industrial se reducen con el Sistema metálico Tubest en Lima en el 2017.
- ✓ El sistema Tubest optimiza la fabricación de elementos de naves industriales en Lima en el 2017.
- ✓ El sistema Tubest optimiza el montaje de elementos de una nave industrial en Lima en el 2017.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1 OBJETIVOS GENERALES

- ✓ Evaluar el sistema Tubest para la optimización en la construcción de una nave industrial en Lima en el año 2017

1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar los costos de construcción del sistema Tubest para una nave industrial en Lima
- ✓ Analizar la fabricación de elementos del sistema Tubest para una nave industrial en Lima
- ✓ Analizar el montaje de elementos del sistema Tubest para una nave industrial en Lima

2. METODO

Según Borja (2012) nos dice que: “El método científico es el procedimiento que se sigue para contestar las preguntas de investigación que surgen sobre los diversos fenómenos que se presentan en la naturaleza y sobre los problemas que afectan a la sociedad” (p. 8).

El proyecto de investigación se basará en el **método científico**, ya que se identificó un problema y se procederá a las respuestas de las preguntas de investigación.

2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Según Carrasco (2002) los diseños no experimentales: “Son aquellos cuyas variables independientes carecen de manipulación intencional [...] analizan y estudian los hechos y fenómenos en la realidad después de su ocurrencia” (p. 71)

Además, el autor nos habla sobre las sub divisiones del diseño no experimental y nos dice sobre las transversales que: “Este diseño se utiliza para realizar estudios de investigación de hechos y fenómenos de la realidad, en un momento determinado del tiempo” (p. 72).

En base a lo anteriormente descrito se procederá a diseñar una nave industrial aplicando el sistema Tubest. De esta forma se obtendrá porque dicho sistema optimiza las naves industriales en Lima, por lo que no se manipula la variable independiente es por ello que el diseño de investigación es **no experimental-Transversal**

2.1.1 ENFOQUE

Hernández, Fernández, Baptista (2010) nos dicen que: “El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en las mediciones numéricas y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (p. 4)

Por ende, la presente investigación es de enfoque **cuantitativo**, debido a que las variables serán medidas por medio de información cuantificada.

2.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Carrasco (2002) Nos dice que la investigación aplicada: “Se distingue por tener propósitos prácticos inmediatos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar. Modificar o producir cambios en un determinado sector de la sociedad.” (p. 42).

Debido a lo mencionado, considero mi tipo de investigación es **aplicada**, ya que la propuesta del sistema metálico Tubest produce cambios en el sector industrial de Lima

2.1.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Para el nivel de investigación, Hernández et al. (2012) no dice que:

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o de establecimientos de relación entre conceptos; es decir están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómeno físico o social. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables (p. 84)

Por ende, la presente investigación es de nivel **explicativo**, porque se pretende no solo dar una descripción sino explicar por qué el sistema metálico Tubest optimiza la construcción de naves industriales.

2.2.-VARIABLES

A continuación, se describen las variables con una pequeña definición conceptual.

2.2.1. SISTEMA TUBEST

Según la empresa TUPEMESA (Tuberías y perfiles metálicos S.A) encargada de la fabricación del sistema Tubest en el Perú lo define como una serie de perfiles tubulares rectangulares para uso en pilares y vigas de Naves industriales con más de 200 secciones disponibles. A su vez CINTAC empresa encargada de la fabricación en Chile agrega “Tubest One” de Cintac son perfiles tubulares de acero de espesor continuo desarrollados en una única pieza, pertenecientes al Sistema Constructivo Tubest, para ser usados principalmente como columnas y vigas en proyectos de Galpones y Naves Industriales que requieren respuesta instantánea.” Debido al sistema constructivo del elemento vendría a ser catalogada como un edificio PEB (pre ingenier building)

2.2.2. LA CONSTRUCCIÓN

Según la Real Academia Española (RAE), Hacer de nueva planta una obra de arquitectura o ingeniería, un monumento en general cualquier obra pública. En la investigación se aplica la construcción de una muestra de una nave industrial con el sistema metálico Tubest.

2.2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

Tabla 1 Operalización de la variable

Variables	Definición conceptual	Defenición operacional	Dimensiones	Indicadores	Metodología de investigación
Variable independiente					
Sistema metálico Tubest	Tubest es una serie de perfiles tubulares rectangulares para uso en pilares y vigas de Naves industriales producto de la unión de perfiles Ohm y sigma con más de 200 secciones disponibles.	Se realiza el diseño de una nave industrial con el fin de dar a conocer las características y/o parámetros que se involucran en la optimización de una nave industrial.	Material	Acero A-36	Metodo: Método científico
			Dimensiones de perfil	Alma	
				Patín	espesor
			Propiedades Físicas	Peso del elemento	Tipo de investigación: Aplicada
				Área	
				Inercia	
				Modulo de Seccion	
			Radio de giro		
Variable dependiente	Según la Real Academia española (RAE) la construcción es "Hacer de nueva planta una obra de arquitectura o ingeniería, un monumento o en general cualquier obra pública"	Se elabora un análisis comparativo entre el sistema tradicional de alma llena y el sistema Tubest	Costos de la nave industrial	Costos directos	Nivel de investigación: Explicativo
Fabricacion de Elementos				Costos indirectos	
			Calidad en soldadura y enderezado	Pintura anticorrosiva	Diseño de investigación: No experimental
				Tiempos de fabricacion	
Montaje de estructura			Flete de elementos		
			Carga a montar		
			Tiempos de montaje		
La Construcción					

Fuente: Elaboración propia

2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.3.1 POBLACIÓN

La población del presente proyecto está formada por las naves industriales de Lima, con las condiciones propuestas líneas anteriores.

2.3.2 MUESTRA:

El tipo de muestra es no probabilística o dirigida, apuntando a la propuesta de una nave industrial (01) a diseñar, por ende, el tipo de muestreo es de selección por conveniencia, ya que, esta puede compartir la mayoría de las características de todo proyecto de nave industrial.

2.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Para las técnicas e instrumentos de recolección de datos se implementó fichas creadas por el alumno y validada por ingenieros colegiados colocadas en los anexos, Además de la información necesaria para el modelamiento de la nave industrial en cuanto a los parámetros sísmicos de la zona fue dada por la empresa TUPEMESA, así como los parámetros de fabricación y en cuanto a

sistema de alma llena se implementó perfiles de la empresa TRADISA. En cuanto a montaje se contó con la visita en campo y declaraciones de expertos en montaje.

2.4.1 VALIDEZ:

La validez del estudio se determinará de manera técnica y especializada, si bien es cierto el procesamiento de los datos a través del software plataformas computacionales. *SAP 20000* Es un programa de elemento finito con interfaz gráfico 3D orientado a objetos preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras. Asu vez cuenta con diversos códigos para estructuras de acero entre ellos, el código utilizado en investigación, AISC 360-16, A su vez cuenta opciones de análisis dinámico: modal, fuerzas laterales, espectro de respuesta, tiempo historia con la configuración de coeficientes de la norma E 0.30 de la NTP.

2.4.2 CONFIABILIDAD:

En la presente investigación el grado de confiabilidad aborda, los aspectos necesarios en cuanto a la buena digitalización de los parámetros correspondientes para el modelamiento de la nave industrial. Puesto que, tras la visita a la zona se ha realizado los estudios de campo necesario. El nivel será determinado por la evaluación de los expertos en la ficha de validación de datos.

2.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:

El método de análisis de datos es de estadística inferencial. De tal modo que, se logró un nivel de validez adecuado a la característica de la investigación y que la confiabilidad no sea vulnerada de los parámetros de estudio. Además, se cuantificarán los resultados tomando como base los parámetros relacionados al os costos de (especifica qué tipo de parámetros) cuantificaremos todos resultados en dinero para la comparación y como consecuente sacar la conclusión.

2.6 ASPECTOS ÉTICOS:

Todos los datos han sido recogido y facilitados gracias a la empresa TUPEMESA la cual me brindo el apoyo en el presente proyecto cuyo fin es netamente de investigación. Para ello, se mencionan dos (02) de los principales valores:

RESPECTO

El respeto es la base de todo valor y del comportamiento humano, de tal modo que, si se trata de plasmar en el aspecto académico investigativo, se definirá como el claro respeto a las fuentes de información obtenidas a través de los créditos otorgados por medio de las referencias.

HONESTIDAD:

Valor referente a la veracidad, nombrar algo o alguien de tal forma que sea cierta. De igual forma, como se definió el anterior valor en la presente investigación, se tendrán datos verdaderos de fuentes confiables y fuente propia (Visita de campo – Fotografías).

2.6.1 ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

2.6.2 RECURSOS Y PRESUPUESTO

Los recursos y presupuestos de la investigación se presentarán para establecer la transparencia y veracidad de la investigación para la contribución del desarrollo por medio del presente proyecto. Para lo cual se presentará por establecer la cantidad de los recursos y el costo expresado en nuevos soles.

2.6.3 RECURSOS HUMANOS

Los recursos humanos están dados por las personas que se encuentran involucradas en la investigación. La presente investigación es integrada por:

- Mendoza Acosta, Ricardo Diego

Asimismo, la participación de:

- Mg. Marquina Callacta, Rodolfo
- Mg. Bedriñana Fitzgerral, Igor (TUPEMESA)

2.6.4 PRESUPUESTO

Etapa	Rubro	Cantidad	Un. Mendida	Precio unitario (Nuevos soles)	Total (Nuevos soles)
PI	Laptop AMD Quad-Core Processor A12-9700P	4	Meses	45	180.00
	Utiles de oficina	1	Unidad	60	60.00
	Acceso a internet	4	Meses	22.5	90.00
	Impresora Hp Color	4	Meses	18	72.00
	Transporte y refrigerio	4	Meses	150	600.00
	Cartucho de tinta	2	Unidad	45	90.00
	Anillados	8	Unidad	3	24.00
	Diplomado de Diseño AISC	3	Meses	233.3	699.99
	Sub total				1815.99
DPI	Laptop AMD Quad-Core Processor A12-9700P	5	Meses	45	225.00
	Acceso a internet	5	Meses	22.5	112.50
	Impresora Hp Color	5	Meses	18	90.00
	Transporte y refrigerio	5	Meses	150	750.00
	Cartucho de tinta	4	Unidad	45	180.00
	Anillados	8	Unidad	3	24.00
	Compra de EPP para visita a campo	1	Unidad	150	150.00
		Sub total			
	Total				3347.49

2.6.5 FINANCIAMIENTO

La presente investigación será autofinanciada para la contribución del desarrollo del país en el uso de alternativas de construcción como el acero y que mejor el sistema Tubest como un claro ejemplo de la innovación en un material poco investigado a comparación de los convencionales

2.6.6 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Sistema metálico Tubest y la optimización en la construcción de una nave industrial en Lima-2017																																													
Nombre:		Ricardo Diego Mendoza Acosta																																											
Carrera:		Ingeniería Civil																																											
Periodo:		09 de Septiembre del 2017 para terminar la tesis el 22 de Julio del 2018																																											
Actividades	Mes	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio			
	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
PI	1. Reunión de Coordinación																																												
	2. Presentación del esquema de proyecto investigación																																												
	3. Asignación de los temas de investigación																																												
	4. Pautas para la búsqueda de información																																												
	5. Planteamiento del problema de investigación																																												
	6. Justificación, hipótesis y objetivos de la investigación																																												
	7. Diseño, tipo, y nivel de investigación																																												
	8. Variables y operacionalización																																												
	9. Presentación del modelo metodológico																																												
	10. Presentación del primer avance																																												
	11. Población y muestra																																												
	12. Técnicas e instrumentos de obtención de datos, método de análisis y aspectos administrativos																																												
	13. Presentación de proyecto de investigación para su aprobación																																												
	14. Presentación del proyecto de investigación corregido																																												
	15. Sustentación del proyecto de investigación																																												
DPI	16. Presentación del PI aprobado al asesor de DPI																																												
	17. Avances del diseño de la nave industrial.																																												
	18. Presentación del diseño completo de la nave industrial																																												
	19. Avances del primer capítulo																																												
	20. Presentación del primer capítulo Análisis Comparativos de Costos																																												
	21. Visita a fábrica de Tupemesa																																												
	22. Avances del segundo capítulo																																												
	23. Presentación del segundo capítulo Comparación de tiempos de fabricación y calidad de elementos																																												
	24. Visita a obra del Montaje de la Nave industrial																																												
	25. Avances del tercer Capítulo																																												
	26. Presentación del tercer Capítulo Tiempos de montaje y seguridad																																												
	27. Conclusiones y Recomendaciones																																												
	28. Sustentación del Desarrollo del proyecto de investigación																																												

3 RESULTADOS

Siguiendo con el desarrollo de la metodología, se procede a detallar los diferentes estudios de ingeniería básica necesarios, Para el diseño de la nave industrial con dos sistemas diferentes., Para el diseño de las naves industriales se tuvieron en consideración algunas normas como el Capítulo E090 de la RNE, y el Manual del ANSI/ AISC 360-10 para la construcción en acero, así como el Manual de diseño para perfiles conformados en frío (Manual COLD FORMED STEEL).

Cabe mencionar que algunos de los estudios, tablas y demás consideraciones en el diseño se encuentra en el anexo, sin embargo, algunos datos obtenidos fueron precisados en campo.

GENERALIDADES

El propósito de diseñar estructuras metálicas es lograr estructuras económicas, Técnicas y que cumplan con parámetros estéticos, para lograrlo se debe tener el conocimiento suficiente sobre, el análisis estructural, las propiedades de los materiales, la función y el comportamiento de los elementos constitutivos de la estructura.

Una vez teniendo en cuenta las condiciones del suelo, se inicia el diseño estructural tomando en cuenta varios sistemas estructurales, diversos tipos y distribución de miembros y sus conexiones, describiéndolos en detalle a través de notas y esquemas, permitiendo con ello la fabricación y construcción de los esqueletos estructurales o armadura.

3.1 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA A INSTALAR

La estructura metálica a instalar tiene una luz aproximada de 63.9m con dos pórticos a dos aguas, la pendiente de techo es de 12%, dicha estructura tiene un área techada de aproximadamente 5029 m², se realizarán dos diseños uno con la utilización de perfiles metálico TUBEST y otro con perfiles de alma llena, para realizar una comparación de que sistema resulta ser más óptimo. Además, la estructura está compuesta de las siguientes partes:

- Un techo liviano tipo PV4, soportado por un sistema de correas.

- Los pórticos principales serán a dos aguas, con conexiones rígidas a momento en base de columna y conexiones viga columna.
- En el eje C se tendrá columnas de concreto de 6m y en la parte superior una columna metálica de 1.5m.
- En el eje A, B se tendrá columnas metálicas de 7.5m.
- Toda la estructura será convenientemente arriostrada, para asegurar la estabilidad en las dos direcciones, debido a las fuerzas dinámicas y estáticas.

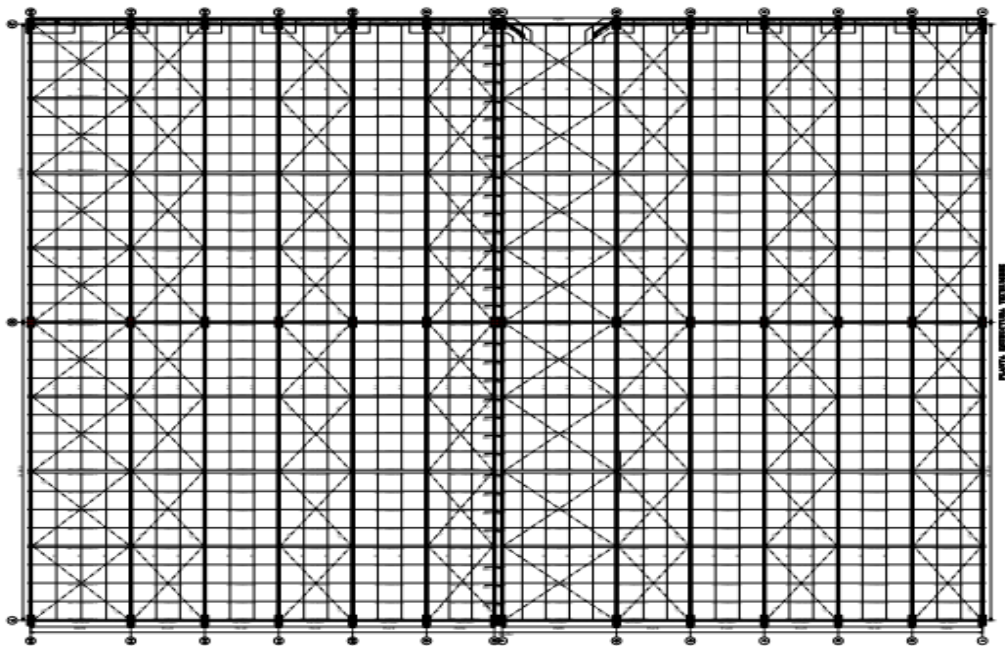


Figura 11 Vista de planta de la nave industrial

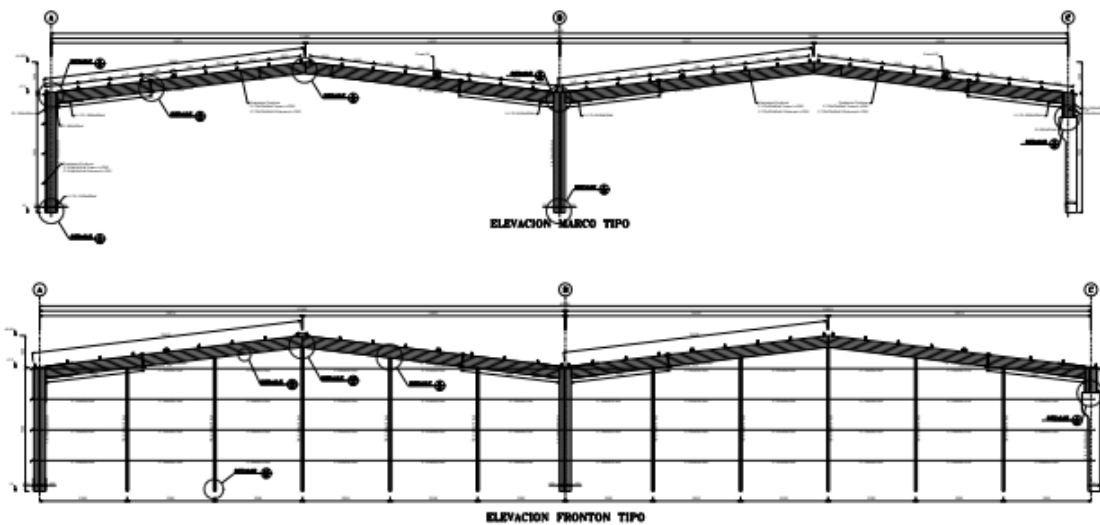


Figura 12 Vista Norte y Sur de la nave industrial

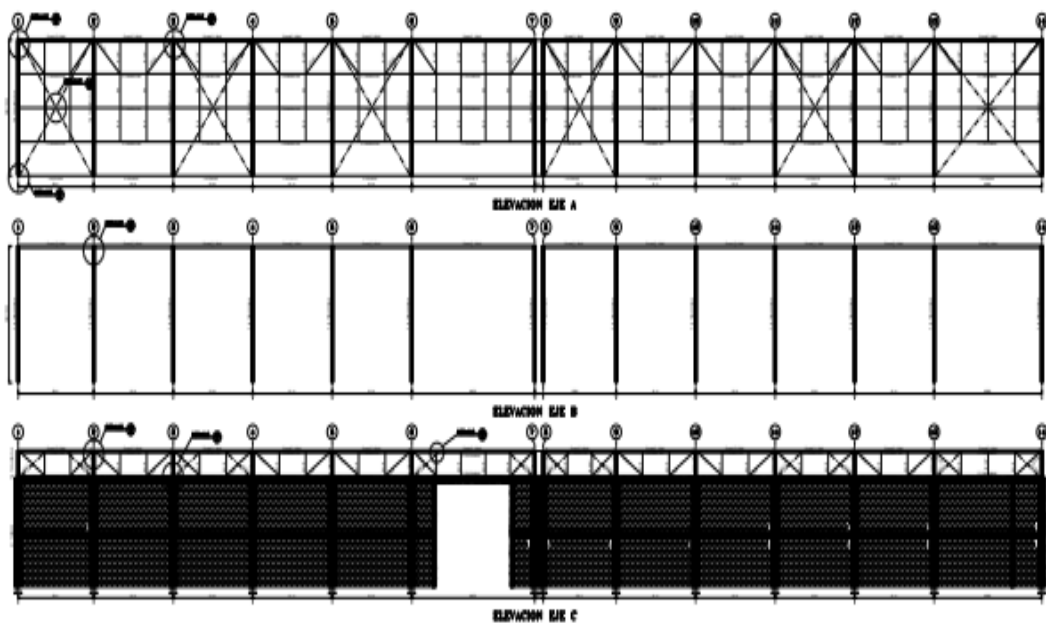


Figura 13 Ejes A, B y C de la nave industrial

3.2 NORMATIVA

- Se ha considerado en el estudio de evaluación estructural las siguientes normas:
- Capítulo E020 (Norma de Cargas) correspondiente al RNE vigente.
- Capítulo E030 (Norma Sismo resistente).
- Capítulo E090 (Norma de Estructuras Metálicas) correspondiente al RNE vigente.
- AISC 2005 (American Institute of Steel Construction LRFD)
- AISI 1996-LRFD (American Iron and Steel Institute)
- ACI 318-14 (American Concrete Institute)

ACERO ESTRUCTURAL

- Acero laminado y planchas ASTM A36, $F_y=2530 \text{ kg/cm}^2$, $F_u=4200\text{kg/cm}^2$.
- Acero conformado en frío ASTM A36, $F_y=2530 \text{ kg/cm}^2$.

3.3 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

La estructura propuesta es un sistema de pórticos rígidos a momento en la unión viga columna y en la base de cada columna, dichos perfiles están hechos con perfiles tubulares, conformados en frío, espaciados según la imagen N°1.

El peso de la cubierta será soportado por un sistema de correas, el diseño de los perfiles conformados en frío serán bajo la normativa AISI Edición 1996, las cargas debidas al peso propio de los perfiles serán obtenidos mediante el mismo programa SAP2000, todos los componentes del sistema estructural se encuentran convenientemente arriostrados para garantizar su acción en conjunto y la estabilidad de la edificación. La estructura está conformada por 2 pórtico a dos aguas.

3.4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para el Análisis Estructural se realizó un Modelo Tridimensional con el programa SAP 2000, en la imagen se muestra la numeración de nudos. Las bases de columnas son empotradas

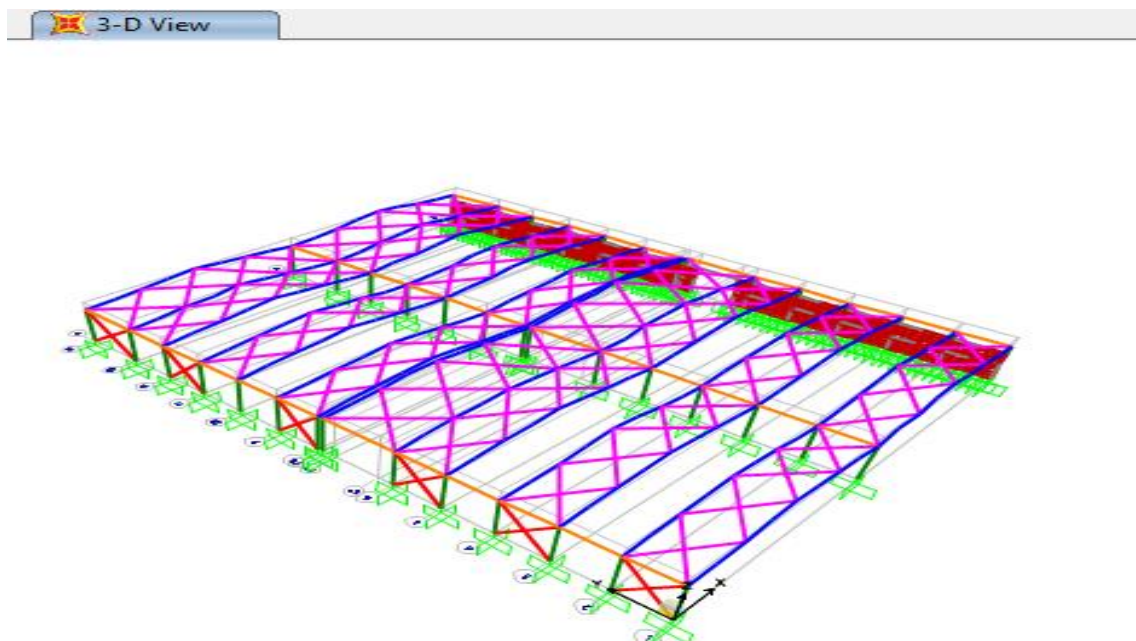


Figura 14 Modelo general de la nave industrial en Sap2000

3.4.1 CARGAS PERMANENTES

Son cargas provenientes del peso propio de los elementos estructurales tales como columnas, vigas, cobertura, luminarias etc.

3.4.2 CARGAS VIVAS

Son las cargas que provienen del tránsito de personas, equipos o mobiliario móvil que se desplazará en el techo para el proceso de instalación o mantenimiento.

3.4.3 CARGAS PRODUCIDAS POR SISMO

Son las cargas producidas por efecto del movimiento del terreno debido al paso de las ondas sísmicas, estas demandas han sido reglamentadas de acuerdo a diferentes factores que dependen del tipo de edificación, uso, condiciones del suelo, etc.

3.4.4 CARGAS PRODUCIDAS POR EL VIENTO

Son cargas de diseño dinámicas, originadas por la acción del viento, que por facilidad son modeladas como cargas equivalentes estáticas, para una velocidad de viento mínima de 75Km/h, según el mapa eólico del Perú indicado en la norma E.020.

3.4.5 COMBINACIONES DE CARGAS EMPLEADAS

Las combinaciones de cargas usadas para encontrar a envolvente de esfuerzos sobre los elementos de la estructura son las siguientes:

Combinaciones	CM	CV	W	Ex	Ey	S
COMB 1	1.4					
COMB 2	1.2	1.6				0.5
COMB 3	1.2	1.6	0.8			
COMB 4	1.2		0.8			1.6
COMB 5	1.2	0.5				1.6
COMB 6	1.2	0.5	1.3			0.5
COMB 7	1.2	0.5		+1	+1	0.2
COMB 8	1.2	0.5		-1	-1	0.2
COMB 9	0.9		1.3			
COMB 10	0.9			+1	+1	
COMB 11	0.9			-1	-1	

Tabla 2 Combinaciones de cargas para LRFD

Donde:

- CM: Carga muerta
- CV: Carga viva
- W: Carga de viento
- Ex: Sismo en la dirección X

- Ey: Sismo en la dirección Y
- S: Carga de nieve
- Resumen de cargas
- Cargas permanentes (CM)

CARGA MUERTA EN EL PÓRTICO PRINCIPAL P1 DEL TECHO

	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de correa	5.00	Kg/m ²
Peso panel PV6	5.00	Kg/m ²
Instalaciones	10.00	Kg/m ²
TOTAL	20.00	Kg/m²

Separación de pórticos principales = 7.78 m

CM = 20kg/m² x 7.78m = 155.6 kg/m

CARGA MUERTA EN EL PÓRTICO PRINCIPAL P1 EN PARED

	CANTIDAD	UNIDAD
Peso de correa	5.00	Kg/m ²
Instalaciones	5.00	Kg/m ²
TOTAL	10.00	Kg/m²

Separación de pórticos principales = 7.78 m

CM = 10kg/m² x 7.78m = 77.8 kg/m

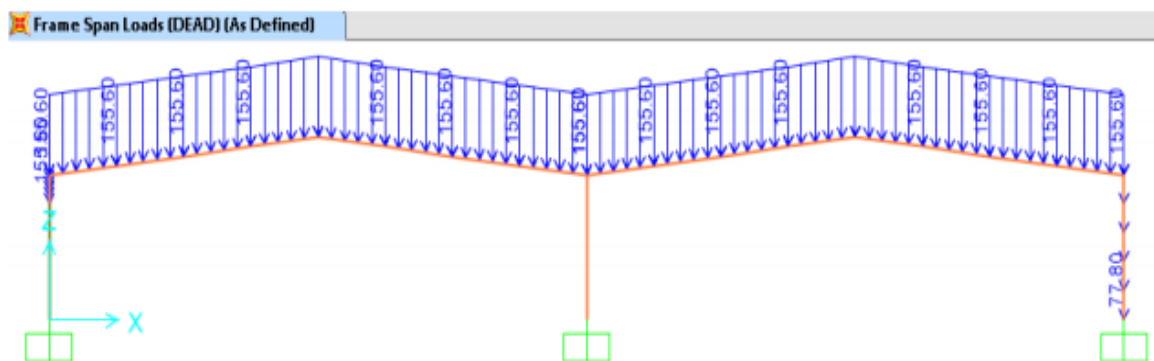


Figura 15 Pórtico con carga muerta distribuida

CARGA VIVA

Sobre carga en pórtico principal del techo

S/C=30kg/m²

Separación de porticos principales =7.78

S/C=30 Kg/m² x 7.78=233.4kg/m

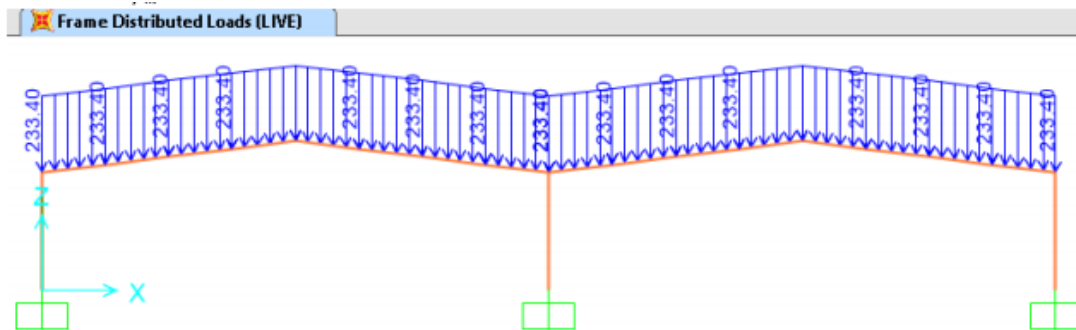


Figura 16 Pórtico con carga viva distribuida

CARGAS DE VIENTO (CW)

Para el presente proyecto se asumió una velocidad de viento de 75 km/h según el mapa eólico indicado en la norma E.020.

$Ph = 0.005 \cdot C \cdot V^2$ (Cap. 12.4- RNE E.020)

Pendiente 12%

V = Velocidad del Viento 75 kph (Cap. 12.3- RNE E.020)

h = Altura sobre el terreno en m 10.0 m

Vh = Velocidad de diseño en la altura h 75 kph (Cap. 12.3- RNE E.020)

Carga de viento Wx	Presión de diseño			
	C	Ph (kg/m ²)	Ancho Trib(m)	Wx (kg/m)
Pared Barlovento	1.1	30.94	7.78	240.7
Pared Sotavento	-0.9	-25.31	7.78	-196.9
Techo Barlovento	-0.6	16.88	7.78	131.3
	1	-28.13	7.78	-218.8
Techo Sotavento	-0.9	-25.31	7.78	-196.9

Tabla 3 Cargas de viento según Norma E.020

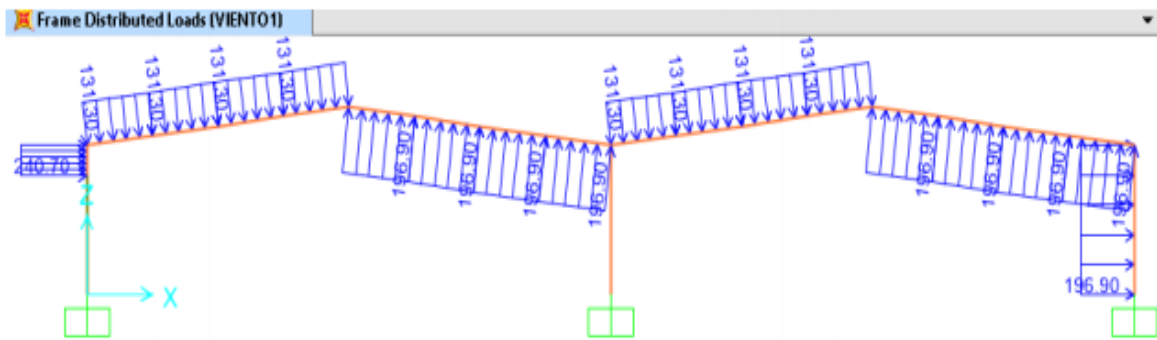


Figura 17 Pórtico con caso 1 de carga distribuida por viento

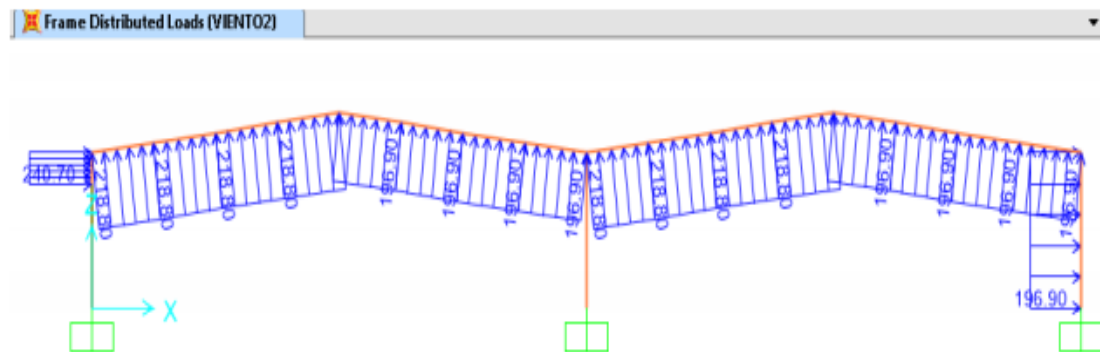


Figura 18 Pórtico con caso 2 de carga distribuida de viento

3.4.6 CONSIDERACIONES SISMICAS

ZONIFICACIÓN

La zonificación sísmica se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características de los movimientos sísmicos, la atenuación de estos con la distancia y la información geotécnica obtenida de estudios de campo. De acuerdo a lo anterior la Norma E-030 de diseño sismo-resistente asigna un factor “Z”, a cada una de las 4 zonas del territorio nacional.

Este factor representa la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años (periodo de retorno de 475 años).

PARAMETROS DEL SUELO (S)

Para los efectos de esta evaluación, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta sus propiedades mecánicas, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte.

FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA (C)

De acuerdo a las características de sitio, se define al factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$$C = 2.5 (T_p/T); C \leq 2.5$$

CATEGORIA DE EDIFICACION (U)

Cada estructura es clasificada de acuerdo a la categoría de uso de la edificación, según la tabla N°3 de la norma E – 030, asignándole un coeficiente de uso (U), que se adoptara para el análisis.

SISTEMA ESTRUCTURAL (R)

Los sistemas estructurales se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismo resistente predominante en cada dirección. De acuerdo a la clasificación de la estructura se elige un factor de reducción de la fuerza sísmica (R).

3.4.6.1 ANALISIS ESTATICO

Para calcular la aceleración espectral para cada una de las direcciones analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

$$S_a = (ZUCS/R) \times g$$



Figura 19 Mapa de zonas sísmicas del Perú para un periodo de retorno de 475 años

Para efectos de la aplicación de la norma E-030 de diseño sismo resistente, según el estudio de suelos se adopta los siguientes parámetros sísmicos:

✓ Categoría de la edificación C	U = 1
✓ Zona Sísmica = 4	Z = 0.45
✓ Tipo de Suelo = S2 (Suelos Intermedios)	(S2 =1.05, TP = 0.6, TL = 2.0)
✓ Coef. de Reducción	R0 Rox= 7, Roy= 6
✓ Aceleración de la gravedad m/s ²	g = 9.81
✓ Estructura regular	la= 1 , lp= 1

DETERMINACION DE LA REGULARIDAD DE LAS ESTRCUTURAS

Debido a las especificaciones nombradas en la norma E0.30 de la norma peruana la estructura presenta regularidad en planta y elevación por lo tanto los factores de la y lp serán igual a la unidad.

DETERMINACION DEL FACTOR DE REDUCCION DE FUERZA SISMICA

En la dirección del eje "X", la resistencia y rigidez de la estructura esta proporcionada principalmente por elementos intermedios a momento (IMF), por lo cual se usará el factor de reducción de fuerza sísmica para este tipo de estructuras $R_x=R_{ox}.I_a.I_p=7$, en cambio en la dirección del eje "Y", está con un sistema de arriostramiento concéntrico por lo que consideró $R_y= R_{oy}.I_a.I_p=6$, según lo indica la Norma Sismorresistente E-030 Edición 2016 del RNE.

ANALISIS POR COMBINACION MODAL ESPECTRAL DE LA ESTRUCTURA MASAS DE LA ESTRUCTURA

Según lo indicado en la Norma de Diseño Sismo Resistente NTE 030, que forma parte del RNE, y considerando las cargas mostradas anteriormente, se realizaron el análisis modal de la estructura. Para efectos de este análisis el peso de la estructura consideró el 100% de la carga permanente y el 25% de la carga viva, por tratarse de una edificación común (tipo C).

3.4.6.2 ANALISIS DINAMICO

De acuerdo a los parámetros de sitio, y las características de la edificación, se muestran a continuación el espectro de diseño empleado en el Programa SAP2000, para considerar la carga sísmica.

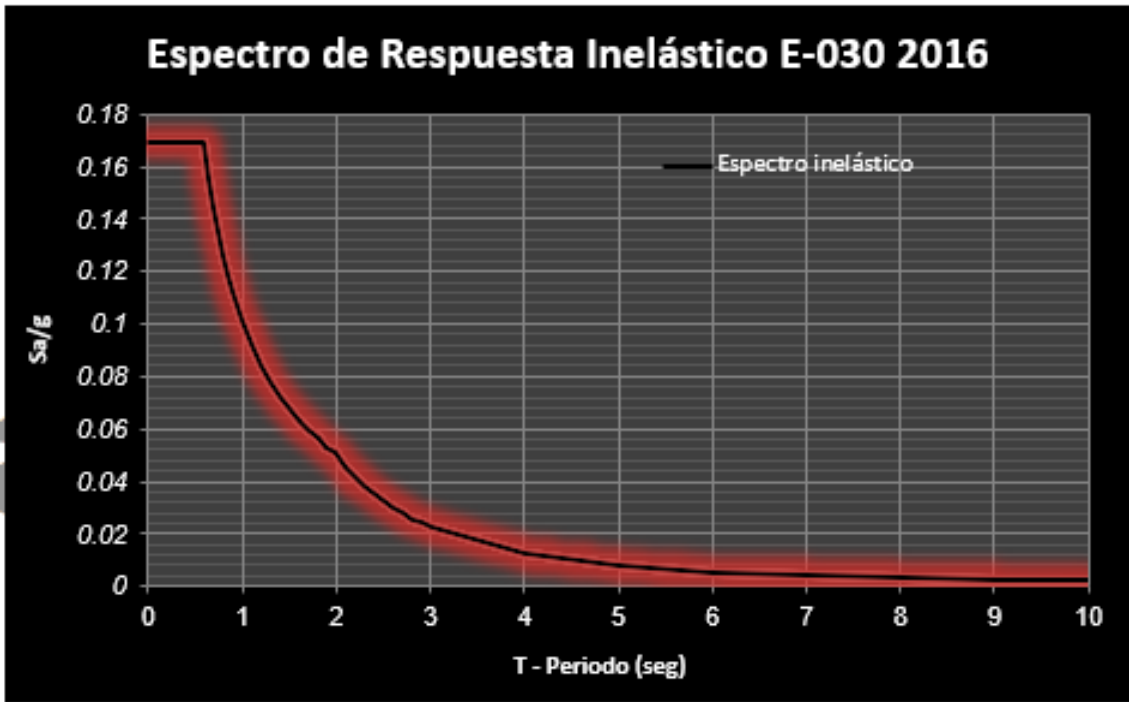


Figura 20 Espectro de respuesta inelástico en la dirección X

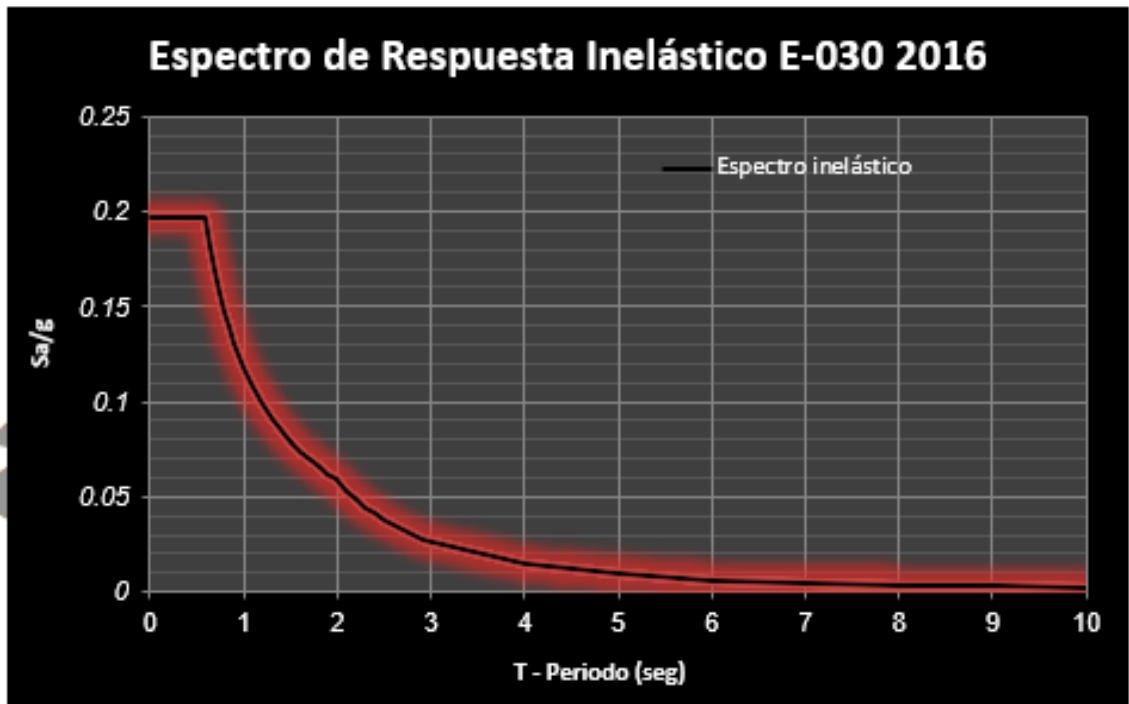


Figura 21 Espectro de respuesta inelástico en la dirección Y

T	ZUCS/Rx	T	ZUCS/Rx
0.00	0.1688	1.90	0.0533
0.02	0.1688	2.00	0.0506
0.04	0.1688	2.10	0.0459
0.06	0.1688	2.20	0.0418
0.08	0.1688	2.30	0.0383
0.10	0.1688	2.40	0.0352
0.12	0.1688	2.50	0.0324
0.14	0.1688	2.60	0.0300
0.16	0.1688	2.70	0.0278
0.18	0.1688	2.80	0.0258
0.20	0.1688	2.90	0.0241
0.25	0.1688	3.00	0.0225
0.30	0.1688	4.00	0.0127
0.35	0.1688	5.00	0.0081
0.40	0.1688	6.00	0.0056
0.45	0.1688	7.00	0.0041
0.50	0.1688	8.00	0.0032
0.55	0.1688	9.00	0.0025
0.60	0.1688	10.00	0.0020
0.65	0.1558		
0.70	0.1446		
0.75	0.1350		
0.80	0.1266		
0.85	0.1191		
0.90	0.1125		
0.95	0.1066		
1.00	0.1013		
1.10	0.0920		
1.20	0.0844		
1.30	0.0779		
1.40	0.0723		
1.50	0.0675		
1.60	0.0633		
1.70	0.0596		
1.80	0.0563		

T	ZUCS/Ry	T	ZUCS/Ry
0.00	0.1969	1.90	0.0622
0.02	0.1969	2.00	0.0591
0.04	0.1969	2.10	0.0536
0.06	0.1969	2.20	0.0488
0.08	0.1969	2.30	0.0447
0.10	0.1969	2.40	0.0410
0.12	0.1969	2.50	0.0378
0.14	0.1969	2.60	0.0349
0.16	0.1969	2.70	0.0324
0.18	0.1969	2.80	0.0301
0.20	0.1969	2.90	0.0281
0.25	0.1969	3.00	0.0263
0.30	0.1969	4.00	0.0148
0.35	0.1969	5.00	0.0094
0.40	0.1969	6.00	0.0066
0.45	0.1969	7.00	0.0048
0.50	0.1969	8.00	0.0037
0.55	0.1969	9.00	0.0029
0.60	0.1969	10.00	0.0024
0.65	0.1817		
0.70	0.1688		
0.75	0.1575		
0.80	0.1477		
0.85	0.1390		
0.90	0.1313		
0.95	0.1243		
1.00	0.1181		
1.10	0.1074		
1.20	0.0984		
1.30	0.0909		
1.40	0.0844		
1.50	0.0788		
1.60	0.0738		
1.70	0.0695		
1.80	0.0656		

3.6 DISEÑO ESTRUCTURAL

Se realizarán dos diseños estructurales el primero con el sistema tradicional de alma llena, y el segundo con el sistema metálico Tubest.

3.6.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE PERFIL TUBE

3.6.1.1 DISEÑO DE LA VIGA DEL PÓRTICO PRINCIPAL

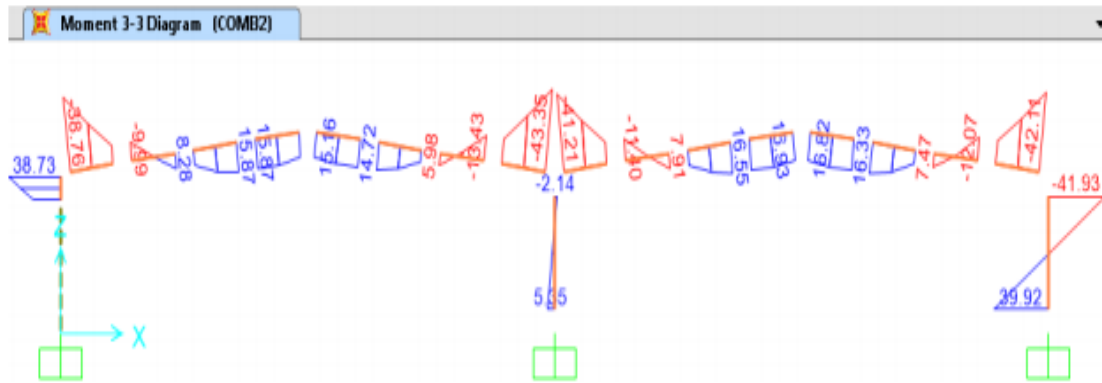


Figura 22 Momento máximos para viga del pórtico principal (Combinación 2)



Figura 23 Fuerza Axial máxima para viga del pórtico principal (Combinación 2)

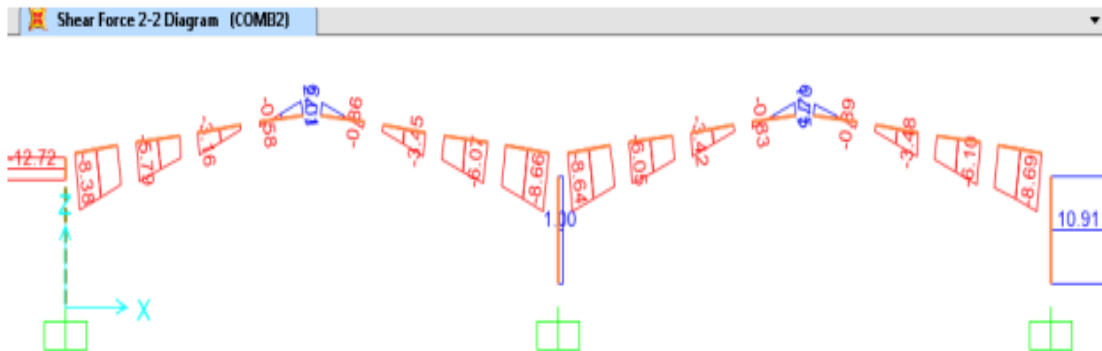


Figura 24 Fuerza Cortante máxima para viga del pórtico principal (Combinación 2)

Cargas ultimas en la viga del pórtico P4 (COMB =1.2CM+1.6CV)

Mux= 43.35 T-m

Muy= 0 T-m

Vu= 8.66 T

Pu = 16.8 T

Datos del material		
Fy=	2530	Kg/cm2
E=	2040000	Kg/cm2

Perfil a Usar TB-700x200x5x4

+

PL1200mmx200mmx4mm

Sw= 20 cm

A= 86 cm2

Ix= 53701 cm4

Iy= 6542 cm4

Sx= 2389 cm3

Scx= 2389 cm3

rx= 24.95 cm

ry= 8.71 cm

Hc= 750 cm

Sy= 734 cm3

Scy= 734 cm3

Ix(con Plancha)= 73526 cm4

Iy(con Plancha)= 7075 cm4

Capacidad a compresión de la Plancha

K= 4 Coeficiente de pandeo de placas

frc(Plancha) = 2950.0 kg/cm2

Ae (plancha) = 6.59 kg/cm2

Pn(Plancha)= 33.32 t

$\lambda = 0.926$ $p = 0.823$

Caso $\lambda > 0.823$

Ae=6.59 cm2

Pn(plancha)= 33.32 T

Longitudes de pandeo

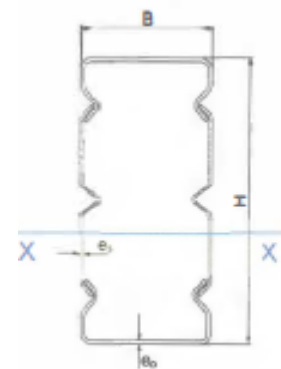
Kx= 1 Kx*Lx= 16.0 m Long. Pandeo en X

KKy= 0.5 Ky*Ly= 8.0 m Long. Pandeo en Y

a) Verificación al pandeo flexo torsional

L= 800 cm Long. Del elemento

L/Sw= 40.00 ok (L/Sw<=0.086/Fy)



La sección asumida no está afectada por pandeo flexo-torsional

Kx*Lx/rx= 64

Ky*Ly/ry= 92 Controla

Para secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo flexo-torsional

$$F_e = \pi^2 E / \left(\frac{KL}{r_y} \right)^2 \quad (\text{EC. C4.1-1 Manual COLD FORMED STEEL})$$

Fe= 2385 kg/cm2

Fy= 2530 Kg/cm2

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = 1.03 < 1.5 \quad (\text{Ec. C4-4 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$F_{cr} = (0.658^{\lambda C^2}) F_y \quad (\text{Ec. C4-2 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$F_{cr} = 1623$$

$$\phi P_n = A_e * F_{cr} \quad (\text{Ec. C4-1 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$\phi P_n = 141 \quad T$$

Momento nominal

$$\phi M_{nx} = 0.9 F_y * S_{cx} = 54.39 \text{ t-m} \quad \phi M_{ny} = 0.9 F_y S_{cy} = 16.72 \text{ t-m}$$

b) Diseño por factores de carga y resistencia (LRFD)

c.1) Factores de resistencia

$$\text{Flexión} \quad \phi_b = 0.9$$

$$\text{Corte} \quad \phi_v = 0.9$$

$$\text{Compresión} \quad \phi_c = 0.85$$

c.2 Verificación por flexo-compresión

$$\frac{P_a}{\phi_c P_n} = 0.115 < 0.15$$

$$\frac{P_a}{\phi_c P_n} < 0.15 \rightarrow \frac{P_a}{\phi_c P_n} + \frac{M_{ax}}{\phi_c M_{nx}} + \frac{M_{ay}}{\phi_c M_{ny}} = 0.918 < 1.0 \quad (\text{Ec. C4-1 Manual COLD FORMED STEEL})$$

❖ El perfil TB- 700x200x5x4 + PL 2000mmx200mmx6mm cumple con los esfuerzos

3.6.1.2 DISEÑO DE LA COLUMNA DEL PÓRTICO PRINCIPAL

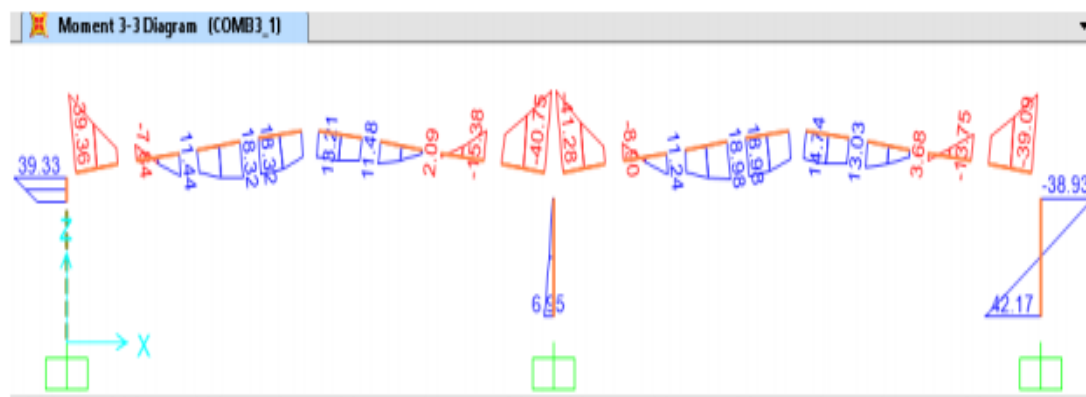


Figura 25 Momentos máximos para columna de pórtico principal (Combinación 3)

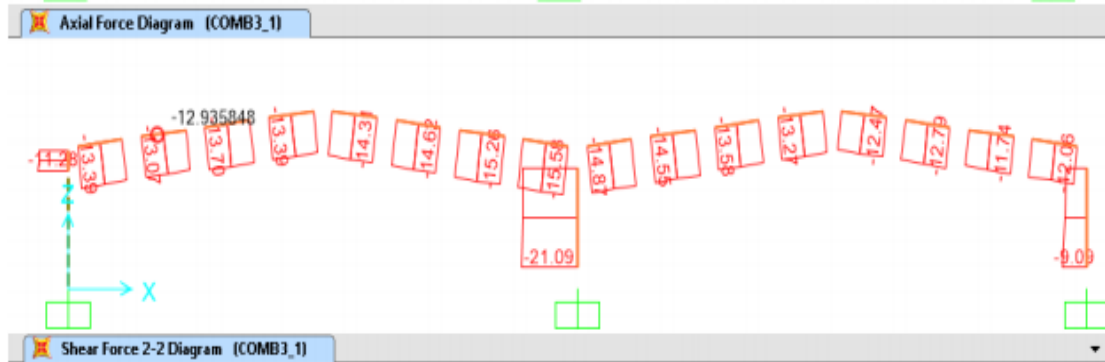


Figura 26 Fuerza axial máximas para columna de pórtico principal (Combinación 3)

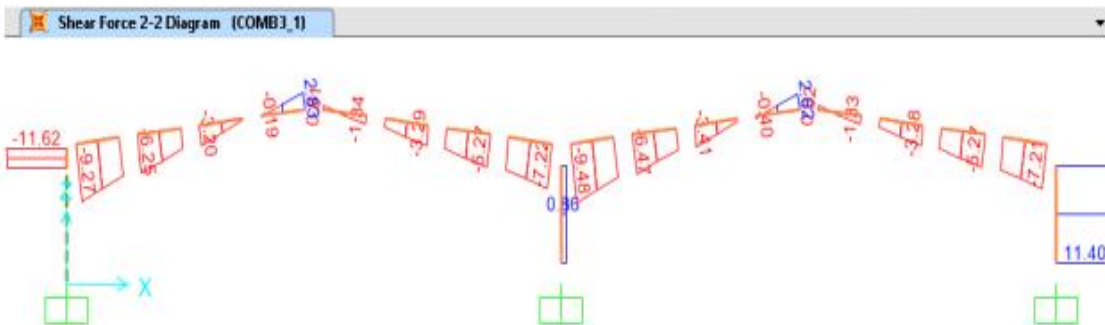


Figura 27 Fuerza cortante máximas para columna del pórtico principal (combinación 3)

Cargas últimas en la columna del PórticoP1 (COMB= 1.2CM+1.6CV+0.8CW)

Mux=42.17 T-m

Muy=0 T-m

Vu=11.4 T-m

Pu=21.09 T

Datos del material

Fy= 2530 Kg/cm²

E= 2040000 Kg/cm²

Perfil a Usar TB-700x200x5x4

+

PL1200mmx200mmx4mm

Sw= 20 cm

A= 86 cm²

Ix= 53701 cm⁴

Iy= 6542 cm⁴

Sx= 2389 cm³

Scx= 2389 cm³

rx= 24.95 cm

ry= 8.71 cm

Hc= 750 cm

Sy= 734 cm³

Scy= 734 cm³

Ix(con Plancha)= 73526 cm⁴

Iy(con Plancha)= 7075 cm⁴

Capacidad a compresión de la Plancha

K= 4 Coeficiente de pandeo de placas

frc(Plancha) = 2950.0 kg/cm²

Ae (plancha) = 6.59 kg/cm²

Pn(Plancha)= 33.32 t

λ= 0.926 p=0.823

Caso λ> 0.823

Ae=6.59 cm²

Pn(plancha)= 33.32 T

a) Longitudes de Pandeo

$$\begin{array}{llll} K_x = & 1.4 & K_x * L_x = & 10.5 \text{ m} & \text{Long. Pandeo en X} \\ K_y = & 1 & K_y * L_y = & 7.5 \text{ m} & \text{Long. Pandeo en Y} \end{array}$$

c) Verificación al pandeo flexo torsional

$$\begin{array}{llll} L = & 750 & \text{cm} & \text{Long. Del elemento} \\ L/S_w = & 37.5 & \text{ok} & (L/S_w \leq 0.086 * E/F_y) \end{array}$$

La sección asumida no está afectada por pandeo flexo-torsional

$$\begin{array}{ll} K_x * L_x / r_x = & 42 \\ K_y * L_y / r_y = & 86 \quad \text{Controla} \end{array}$$

Para secciones no sometidas a pandeo torsional ni a pandeo flexo-torsional

$$F_e = \pi^2 E / \left(\frac{KL}{r_y} \right)^2 \quad (\text{Ec. C4.1-1 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$F_e = 2713 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} = 0.966 < 1.5 \quad (\text{Ec. C4-4 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$F_{cr} = (0.658^{\lambda_c^2}) F_y \quad (\text{Ec. C4-2 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$F_{cr} = 1713 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi P_n = A_e * F_{cr} \quad (\text{Ec. C4-1 Manual COLD FORMED STEEL})$$

$$\phi P_n = 121 \text{ T}$$

Momento nominal

$$\phi M_{nx} = 0.9 F_y * S_{cx} = 47.83 \text{ t-m} \quad \phi M_{ny} = 0.9 F_y S_{cy} = 16.11 \text{ t-m}$$

d) Diseño por factores de carga y resistencia (LRFD)

c.1) Factores de resistencia

$$\text{Flexión} \quad \phi_b = 0.9$$

$$\text{Corte} \quad \phi_v = 0.9$$

$$\text{Compresión} \quad \phi_c = 0.85 \}$$

c.2 Verificación por flexo-compresión

$$\frac{P_a}{\phi_c P_n} = 0.075 < 0.15$$

$$\frac{P_a}{\phi_c P_n} < 0.15 \rightarrow \frac{P_a}{\phi_c P_n} + \frac{M_{ax}}{\phi_c M_{nx}} + \frac{M_{ay}}{\phi_c M_{ny}} = 0.957 < 1.0 \quad (\text{Ec. C4-1 Manual COLD FORMED STEEL})$$

- ❖ El perfil TB- 700x200x5x4 + pl 1000mmx200mmx6mm cumple con los esfuerzos actuantes

3.6.2 DISEÑO ESTRUCTURAL DE ALMA LLENA

3.6.2.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE VIGA ALMA LLENA

Datos del material

$$F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2040000 \text{ kg/cm}^2$$

Perfil a usar W 18x65

$$A_g = 112.86 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 40552.56 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2092.1 \text{ cm}^4$$

$$S_x = 1751.7 \text{ cm}^3$$

$$r_x = 19 \text{ cm}$$

$$r_y = 4.31 \text{ cm}$$

$$J = 87.48 \text{ cm}^4$$

$$C_w = 1037118 \text{ cm}^6$$

Chequeo de esbeltez en el ala

$$\lambda_f = 5.08$$

$$\lambda_{pf} = 10.79 \qquad \lambda_f < \lambda_{pf} \qquad \text{(Miembro compacto)}$$

$$\lambda_f = 28.38$$

Chequeo de esbeltez en el alma

$$\lambda_w = 37.54$$

$$\lambda_{pw} = 106.72 \qquad \lambda_w < \lambda_{pw} \qquad \text{(Miembro compacto)}$$

$$\lambda_{rw} = 161.78$$

Se utiliza el capítulo F2 de la AISC diseño deflexión de miembros compactos de sección H de simetría doble.

Pandeo lateral- torsional

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.16 \text{ m} \qquad \text{(F2-5 Especificación ANSI/AISC 360-10)}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J^* c}{S_x^* h_o} + \sqrt{\left(\frac{J^* c}{S_x^* h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}} \qquad \text{(F2-6 Especificación ANSI/AISC 360-10)}$$

Lr= 7.27 m

Lb= 2.5 m Lp<Lb<Lr (Pandeo Lateral Torsional Inelástico)

Coficiente de marginación de momentos

Cb=1.14

Determinación del momento resistente

Zx=2161.22 cm³

$Mp = Zx * Fy$ (F2-1 Especificación ANSI/AISC 360-10)

Mp=50.88 ton-m

$Mb = Cb * Mp - (Mp - 0.7 * Fy * Sx) * \left(\frac{Lb-Lp}{Lr-Lp}\right)$ (F2-2 Especificación ANSI/AISC 360-10)

Mn=58.6 ton-m

Minimo valor (Mn,Mp) = 50.9

$\phi Mn = 45.79$ ton-m

3.6.2.2 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA COLUMNA DE ALMA LLENA

Mux= 42.17 T-m

Muy= 0 T-m

Vu= 11.4 T

Pu= 21.09 T

Perfil a usar W 18x65

Ag= 112.86 cm²

Ix= 40552.56 cm⁴

Iy= 2092.1 cm⁴

Sx= 1751.7 cm³

rx= 19 cm

ry= 4.31 cm

J= 87.48 cm⁴

Cw= 1037118 cm⁶

Factor de longitud efectiva

K= 1

Límite de Esbeltez

K*L/rxx= 13.19

K*L/rxx<200 ok Cumple!

Miembros no rigidizados (Alas)

$$\lambda_f = bf/2tf = 5.42$$

$$\lambda_{rf} = 0.56 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 15.89 \quad \lambda_f < \lambda_{rf} \quad \text{"No esbelta"}$$

Miembros rigidizados (Alma)

$$\lambda_w = \frac{d}{tw} = 40.72$$

$$\lambda_{rw} = 1.49 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 42.29 \quad \lambda_w < \lambda_{rw} \quad \text{"No esbelta"}$$

Determinación de resistencia a compresión:

Tensión de pandeo elástico:

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{kL}{r_{xx}}\right)^2} = 115683.44 \quad \text{kgf/cm}^2 \quad (\text{E3-4 Especificación ANSI/AISC 360-10})$$

Tensión crítica de pandeo

$$\frac{kL}{r_{xx}} \leq 4.71 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = \text{"Pandeo Inelástico"}$$

$$F_{cr} = 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} * F_y = 2407.98 \quad \text{kgf/cm}^2 \quad (\text{E3-2 Especificación ANSI/AISC 360-10})$$

Resistencia nominal a la compresión

$$P_n = A_g * F_{cr} = 283.07 \quad \text{Ton} \quad (\text{E3-1 Especificación ANSI/AISC 360-10})$$

$$\phi = 0.9$$

$$\phi * P_n = 254.76 = 254.76 \quad \text{Ton}$$

Resistencia a la flexión

Chequeo de esbeltez en el ala

$$\lambda_f = 5.08$$

$$\lambda_{pf} = 10.79 \quad \lambda_f < \lambda_{pf} \quad \text{(Miembro compacto)}$$

$$\lambda_f = 28.38$$

Chequeo de esbeltez en el alma

$$\lambda_w = 37.54$$

$$\lambda_{pw} = 106.72 \quad \lambda_w < \lambda_{pw} \quad \text{(Miembro compacto)}$$

$$\lambda_{rw} = 161.78$$

Se utiliza el capítulo F2 de la AISC diseño deflexión de miembros compactos de sección H de simetría doble.

Pandeo lateral- torsional

$$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 2.16 \text{ m} \quad (\text{F2-5 Especificación ANSI/AISC 360-10})$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J^* c}{S_x^* h_o} + \sqrt{\left(\frac{J^* c}{S_x^* h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y}{E}\right)^2}} \quad (\text{F2-6 Especificación ANSI/AISC 360-10})$$

$$L_r = 7.27 \text{ m}$$

$$L_b = 2.5 \text{ m} \quad L_p < L_b < L_r \quad (\text{Pandeo Lateral Torsional Inelástico})$$

Coefficiente de marginación de momentos

$$C_b = 1.14$$

Determinación del momento resistente

$$Z_x = 2161.22 \text{ cm}^3$$

$$M_p = Z_x * F_y \quad (\text{F2-1 Especificación ANSI/AISC 360-10})$$

$$M_p = 50.88 \text{ ton-m}$$

$$M_b = C_b * M_p - (M_p - 0.7 * F_y * S_x) * \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right) \quad (\text{F2-2 Especificación ANSI/AISC 360-10})$$

$$M_n = 58.6 \text{ ton-m}$$

$$\text{Mínimo valor (} M_n, M_p) = 50.9$$

$$\phi M_n = 45.79 \text{ ton-m}$$

Diseño para sollicitación de flexo-compresión

Según las sollicitaciones del capítulo H

$$\frac{P_r}{P_c} < 0.2$$

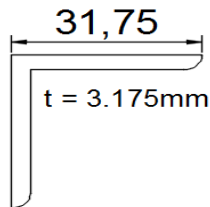
$$\frac{P_r}{2 * P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leq 1.0 \quad (\text{H1-1b Especificación ANSI/AISC 360-10})$$

$$\diamond 0.97 < 1.0 \quad \text{ok Cumple}$$

3.6.2.3 RIOSTRA

Las riostras son elemento sometidos a compresión (pura) para lo cual se presenta el diseño de estas:

LI 32 X 3



PROPIEDADES		
b =	31.75	mm
t =	3.175	mm
Ag =	1.92	cm ²
r =	0.6	cm ²

Pmax= 0.67 Ton

Fy = 2530 Kg/cm²

ASTM A-36

Determinación de esbeltez

$$\lambda = \frac{b}{t} = \frac{31.75}{3.175} = 10$$

$$\lambda r = 0.45 \sqrt{\frac{E}{Fy}} = 0.45 \sqrt{\frac{2039000}{2530}} = 12.77$$

Por lo tanto, los patines son "No esbeltos"

K = 1.0

L = 127 cm (más desfavorable)

$$\frac{KL}{r} = \frac{1.0(127)}{0.6} = 211.67$$

$$Fe = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 * 2039000}{211.67^2} = 449.17 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$\frac{Fy}{Fe} = \frac{2530}{449.17} = 5.63 > 2.25$$

$$Fcr = 0.877Fe = 0.877(449.17) = 393.93 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$Pn = Fcr * Ag = 393.93(1.92) = 754.49 kg = 0.75 Ton$$

Se empleó el método LRFD

$$\Phi = 0.90$$

$$\Phi Pn = 0.90(0.75) = 0.675 Ton$$

$$E\% = \frac{Pmax}{\Phi Pn} * 100 = \frac{0.67}{0.675} * 100 = 99.26\%$$

Por lo tanto, la sección es adecuada.

3.7 COSTOS

GENERALIDADES

Los costos de la fabricación de estas estructuras se dividen en costos directos y costos indirectos.

Estos costos se obtienen del desglose de todos los elementos que interfieren en su realización, estos forman un papel importante ya que en base a ellos se toman decisiones relevantes, que permiten mejorar los resultados financieros.

COSTOS DIRECTOS

Los costos directos son aquellos que se manejan a través de un proceso que contiene información detallada y que se asocian directamente con la Construcción como lo son

- Mano de Obra
- Materiales
- Equipos y Herramientas

COSTOS INDIRECTOS

Los costos Indirectos son todos aquellos que podríamos decir que no interactúan de manera directa en nuestra obra, por ejemplo:

- Rentas de oficinas.
- Pago de Servicios (luz, agua, teléfono, internet)
- Pago de Permisos, Seguros, Impuestos.

3.7.1 COSTOS DEL SISTEMA TUBEST

Debido a que TUPEMESA (en el Perú) cuenta con la patente de los perfiles Tubest es la encargada de poner el precio a dichos perfiles. Esto resulta en un costo de Soles/ kg. De lo cual se puede sacar un monto aproximado de los perfiles que son básicamente los elementos estructurales principales (Viga y Columna) para lo cual se presenta a continuación un metrado de dichos elementos para sacar un costo aproximado para realizar una comparación previa.

3.7.1.1 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DEL SISTEMA TUBEST

En la siguiente tabla se muestran los análisis de Precios Unitarios desarrollados para el sistema metálico tubest:

Suministro de acero formados en frío, Sistema tubular tubest con piezas compuestas de perfiles Sigma y Ohm, mediante uniones soldadas en taller. Trabajado y montado en taller, las cuales cuentan con una superficie preparada SA21/2 según ISO 8501-1 además de una aplicación de dos manos de imprimación posterior al soldado, con un espesor mínimo de 30 micras, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra. También se incluye parte proporcional de los cortes, despuntados, barrenados y abolladuras por parte del flete de los elementos. Con operarios y oficiales contratados por la empresa TUPEMESA, teniendo en cuenta las herramientas a utilizar por el trabajador en la fabricación de los perfiles.

Descripción	Unidad	Cantidad	PU	Total
Materiales				
Acero formado en frío, en perfiles formados en fríos (Perfil Sigma y Ohm), según ASTM, piezas compuestas para aplicaciones estructurales.	kg	1.05	4.25	4.4625
Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	l	0.05	18.89	0.9445
Equipos				
Equipo y elementos auxiliares de soldadura	h	0.015	10.59	0.15885
Mano de Obra				
Operario en estructura Metálica	h	0.018	21.08	0.37944
Oficial en Estructura metálica	h	0.018	14.43	0.25974
Herramientas				
% de Herramienta	%	4.0%	4.92	0.1968
TOTAL				6.40

Tabla 4 Análisis de precio unitario de fabricación con Sistema Tubest

En la siguiente tabla se muestra el análisis precio unitario para el montaje del sistema Tubest

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U	Total
Materiales				
Pernos	kg	0.08	2.97	0.24
Equipos				
Equipos de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburete	h	0.005	20.26	0.10
Alquiler diario de cesta elevadora de brazo articulado, motor diesel de 16 m de altura máxima de trabajo, Incluso mantenimiento y seguro de responsabilidad civil	ud	0.01	331.44	3.31
Grúa Autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 12t y 20 m de altura máxima de trabajo.	h	0.001	134.66	0.13
Equipo y elementos auxiliares de soldadura	h	0.015	8.52	0.13
Mano de Obra				
Operario en estructura Metálica	h	0.002	21.08	0.04
Oficial en Estructura metálica	h	0.0045	14.43	0.06
Herramientas				
% de Herramienta	%	3.0%	4.92	0.15
TOTAL				4.17

Tabla 5 Análisis de precios unitarios para montaje del sistema Tubest

Trabajado y el montaje en campo con piezas traídas de las cuales cuentan con una superficie preparada SA21/2 según ISO 8501-1 además de una aplicación de dos manos de imprimación posterior al soldado, con un espesor mínimo de 30 micras por mano con conexiones atornilladas preparación de bordes, soldaduras, cortes, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.

3.7.1.2 METRADO DE LA NAVE INDUSTRIAL CON SISTEMA TUBEST

Para el metrado se consideró cada elemento de una nave industrial que se desglosara en la siguiente tabla.

Metrado de nave industrial Tubest

Tipo	Descripción	N° de veces	Largo (m)	Ancho (m)	Met. Inc	Kg	Peso total
Techo							
Correa	Perfil Z Tubest	Z 175x75x20x3.0	39	79.3	3092.7	8.25	25508.5896
Arriostres	Barras lisas	Barra 16 mm	128	11.3	1446.4	1.58	2285.312
Cerramiento							
Correas laterales	Perfil Z Tubest	Z 150x50x15x2.0	6	78.9	473.4	4.20	1988.28
Arriostres	Perfil tubular rectangular	[]150X150X3	12	10.4	124.8	13.7	1709.76
Postes de cerramiento	Perfil Tabes	Tbc 200x150x3	10	8	80	17.1	1368
Vigas							
Vigas	Perfil Tubest	Tb 700x200x5x4	56	15.737	881.272	52.5	46266.78
Refuerzo de viga	Plancha metálica	PL1200x200x6	10	1	10	135.65	1356.5
Columnas							
Columnas de marco central	Perfil Tubest	Tb 700x200x5x4	28	7.5	210	52.5	11025
refuerzo de columna	Plancha metálica	PL1200x200x6	4	1	4	135.65	542.6
Columnas laterales	Perfil Tubest	Tb 700x200x5x4	14	1.5	21	52.5	1102.5
Racks							
Puntales	Perfil tubular rectangular	[]150X150X3	2	69.25	138.5	13.7	1897.45
Peso total de Nave industrial							95050.7716

Tabla 6 Metrado de nave industrial con sistema Tubest

Como resultado del diseño nos sale un perfil Tubest TB 700x200x5x4 lo cuyo peso por metro es de 52.5 kg/m, Teniendo un total de 58.39 Ton de solo perfiles Tubest, sin embargo, en el diseño de la nave completa se ha considerado otros elementos teniendo un total de 95.05 Ton.

3.7.1.3 PRESUPUESTO

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto de una nave industrial con un sistema Tubest

Presupuesto de nave industrial con Sistema Tubest

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO TOTAL	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
1	Nave industrial Los potrillos				
1.1	Estructura metálica				
1.1.1	<i>Fabricación de estructura metálica</i>				
1.1.1.1	Acero formado en frio (TUBEST)	kg	59762.28	6.4	S/382,478.59
1.1.1.2	Acero ASTM A36	kg	34288.49	4.86	S/166,642.06
1.1.2	<i>Montaje de estructuras metálicas</i>				
1.1.2.1	Acero Nave industrial	kg	95050.77	4.17	S/396,361.71
Total, en S/.					S/945,482.36

Tabla 7 Presupuesto de nave industrial con sistema Tubest

3.7.2 COSTOS DEL SISTEMA DE ALMA LLENA

Siendo los perfiles I de alma llena el sistema tradicional de construcción para naves industriales, el precio depende mucho del Precio unitario del acero A36 para lo cual la ratio de kg/m se saca del análisis de precios unitarios del acero en Perú.

3.7.2.1 ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DEL ACERO

En la siguiente figura se muestran los análisis de Precios Unitarios desarrollados para estructuras metálicas.

Suministro de acero laminado A 36, en perfiles laminados en caliente, piezas compuestas para elementos estructurales, mediante uniones las cuales cuentan con una superficie preparada SA21/2 según ISO 8501-1 además de una aplicación de dos manos de imprimación posterior al soldado, con un espesor mínimo de 30 micras, , excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra. También se incluye parte proporcional de los cortes, despuntados,

barrenados y abolladuras por parte del flete de los elementos. Con operarios y oficiales contratados por la empresa distribuidora para la fabricación de los perfiles laminados en caliente.

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U	Total
Materiales				
Acero laminado A 36, en perfiles laminados en caliente, según ASTM A 36, piezas compuestas para aplicaciones estructurales.	kg	1.05	2.81	2.95
Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc	l	0.05	16.69	0.83
Equipos				
Equipo y elementos auxiliares de soldadura	h	0.015	8.52	0.13
Mano de Obra				
Operario en estructura Metálica	h	0.024	21.08	0.51
Oficial en Estructura metálica	h	0.024	14.43	0.35
Herramientas				
% de Herramienta	%	2.0%	4.77	0.10
TOTAL				4.86

Tabla 8 Análisis de precios unitarios para fabricación de sistema alma llena

En la siguiente tabla se muestra el análisis precio unitario para el montaje del sistema

Descripción	Unidad	Cantidad	P.U	Total
Materiales				
Pernos	kg	0.08	2.97	0.24
Equipos				
Equipos de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburete	h	0.005	20.26	0.10
Alquiler diario de cesta elevadora de brazo articulado, motor Diesel de 16 m de altura máxima de trabajo, Incluso mantenimiento y seguro de responsabilidad civil	ud	0.01	331.44	3.31
Grúa Autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 12t y 20 m de altura máxima de trabajo.	h	0.001	134.66	0.13
Equipo y elementos auxiliares de soldadura	h	0.015	8.52	0.13
Mano de Obra				
Operario en estructura Metálica	h	0.0032	21.08	0.07
Oficial en Estructura metálica	h	0.0064	14.43	0.09
Herramientas				
% de Herramienta	%	3.0%	4.92	0.15
TOTAL				4.22

Tabla 9 Análisis de precios unitarios para montaje de sistema alma llena

Trabajado y el montaje en campo con piezas traídas de fábricas con en perfiles laminados en caliente, piezas compuestas para elementos estructurales, mediante uniones las cuales cuentan con una superficie preparada SA21/2 según ISO 8501-1 además de una aplicación de dos manos de imprimación posterior al soldado, con un espesor mínimo de 30 micras con conexiones atornilladas preparación de bordes, soldaduras, cortes, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.

3.7.2.2 METRADO DE LA NAVE INDUSTRIAL CON SISTEMA TRADICIONAL ALMA LLENA

Para el metrado se consideró cada elemento de una nave industrial que se desglosara en la siguiente tabla.

Metrado de nave industrial Alma llena

	Tipo	Descripción	N° de veces	Largo (m)	Ancho (m)	Met. Inc	Kg	Peso total
Techo								
Correa	Perfil Zeta Z	Z 175x75x20x3.0	39	79.3		3092.7	8.25	25508.5896
Arriostres	Barras lisas	Barra 16 mm	128	11.3		1446.4	1.58	2285.312
Cerramiento								
Correa lateral	Perfil Zeta Z	Z 150x50x15x2.0	6	78.9		473.4	4.20	1988.28
Arriostres	Perfil tubular rectangular	[]150X150X3	12	10.4		124.8	13.7	1709.76
Postes de viento	Perfil rectangular	[]200x150x3	10	8		80	16	1280
Vigas								
Vigas	Vigas.H.W.AlaAncha.	W 18x65	56	15.737		881.272	89	78433.208
Riostras	Perfil angular LI	LI 32x3	416	0.8		332.8	1.3	432.64
Columnas								
Columnas de marco central	Vigas.H.W.AlaAncha.	W 18x65	28	7.5		210	89	18690
Columnas laterales	Vigas.H.W.AlaAncha.	W 18x65	14	1.5		21	89	1869
Racks								
Puntales	Perfil tubular rectangular	[]150X150X3	2	69.25		138.5	13.7	1897.45
Peso total de Nave industrial								134094.24

Tabla 10 Metrado de la nave industrial con sistema alma llena

Como resultado del diseño nos sale un perfil W18X65 lo cuyo peso por metro es de 89 kg/m, Teniendo un total de 98.99 Ton de solo perfiles laminados en calientes, sin embargo, en el diseño de la nave completa se ha considerado otros elementos teniendo un total de 134.09 Ton

3.7.2.3 PRESUPUESTO

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto de una nave industrial con un sistema alma llena

Presupuesto de nave industrial con Sistema Tradicional de alma llena

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO TOTAL	PRECIO UNITARIO	PARCIAL
1	Nave industrial Los potrillos				
1.1	Estructura metálica				
1.1.1	<i>Fabricación de estructura metálica</i>				
1.1.1.1	Acero ASTM A36	kg	134094.20	4.86	S/651,697.81
1.1.2	<i>Montaje de estructuras metálicas</i>				
1.1.2.1	Acero Nave industrial	kg	134094.20	4.22	S/565,877.52
Total, en S/.					S/1,217,575.34

Tabla 11 Presupuesto de nave industrial con sistema de alma llena

3.8 FABRICACIÓN

GENERALIDADES

La fabricación de los elementos metálicos por lo general se realiza en plantas siderúrgicas, en donde se emplean equipos especializados según el tipo de acero a elaborar. Para la presente tesis se cuenta con dos tipos de perfiles, Laminados en caliente (sistema de alma llena) y conformados en fríos (sistema Tubest), sin embargo, el tipo de acero a utilizar es el ASTM-A36 o también llamado acero al carbono cuya fluencia es de 36ksi. Dicho acero cuenta con especificaciones según el American Society for Testing and Materials. De dicho acero se genera la fabricación de un perfil laminado en caliente, cuyo trabajo es altas temperaturas, y conformado en frío, que son perfiles provenientes del doblar por medio de máquinas especializadas en donde el elemento a doblar son láminas de bovedilla de acero a temperaturas ambientes.



Figura 28 Resumen de procesos de fabricación de los sistemas Tubest y alma llena

3.8.1 FABRICACION DE LOS PERFILES DE ALMA LLENA

Lo primero en tener en cuenta es tener las dimensiones de los perfiles requeridos por el cliente, esto con el fin de obtener el menor desperdicio posible, los perfiles de alma llena ya tienen medidas estandarizadas en donde se pueden ver las dimensiones de los perfiles y algunas propiedades físicas según las especificaciones del fabricante.

3.8.1.1 LAMINADO EN CALIENTE

Los productos semi-terminados del acero se dividen en tres tipos: los planchones, los tochos y las palanquillas.

Para el laminado en caliente de perfiles estructurales se utiliza los tochos de acero que son perfiles cuadrados de acero que se calientan a temperaturas que rodean los 1600°C. La tochos es procesado por rodillos horizontales y verticales que le van dando la forma del perfil deseada según los catálogos del fabricante.

Una vez obtenido el perfil se comienza a cortar según a los requerimientos de la obra, siempre buscando obtener el menor desperdicio posible. Para lo cual se utilizan cortadoras computarizadas, para realizar un corte con mayor precisión.

3.8.1.2 SOLDADURA DE LOS PERFILES ALMA LLENA

Debido a los procesos de fabricación de los perfiles suelen ser de distancias definidas y para proyectos con grandes claros las solicitudes sobre pasan estas distancias predefinidas, pero eso que se requiere muchas veces de uniones por soldadura en campo, para transmitir mejor los momentos. Sin embargo, el costo de la soldadura en campo es mayor que el de una soldadura en taller debido al traslado de los equipos necesarios, e inclusive el mismo costo de hora hombre del soldador es mayor. Según la AWS define una soldadura como

“Una coalescencia (unión de dos metales en uno) localizada de metal, donde esa conglutinación se produce por calentamiento a temperaturas adecuadas, con o sin la aplicación de presión y con o sin la utilización de metal de aporte.”

El tipo de soldadura se puede clasificar de la siguiente manera:

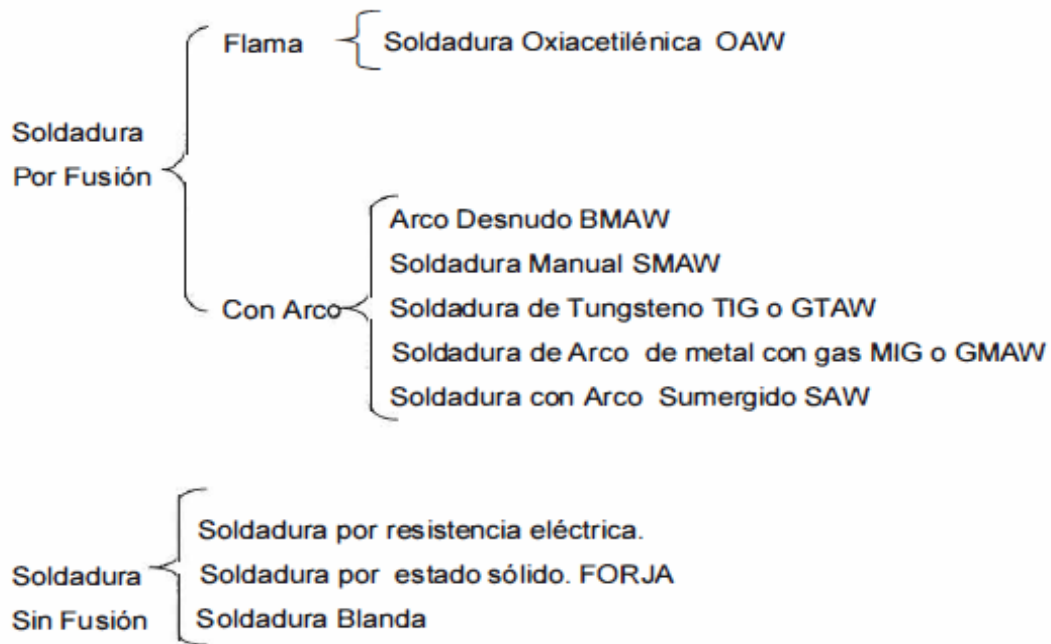


Figura 29 Clasificación de tipos de soldadura

3.8.1.3 SOLDADURA DE ARCO ELECTRICO REVESTIDO

Es un proceso de soldadura por fusión en donde la unión de dos piezas metálicas se obtiene mediante el calor de un arco eléctrico entre un electrodo y la pieza que se suelda, (el arco eléctrico), una descarga eléctrica que se crea a través de una mínima separación entre el electrodo y la pieza metálica que se suelda, sosteniéndose esa corriente por una columna de gas ionizada que se denomina plasma, misma que permite que fluya la corriente eléctrica. El proceso de soldado mediante arco eléctrico se inicia al acercar el electrodo a la pieza de trabajo (que previamente ya está conectada al otro polo), separando el electrodo a una distancia mínima entre la pieza a soldar y el mismo electrodo, permitiendo que se forme un pequeño arco eléctrico que produce temperaturas mayores a los 5000°C fundiendo el metal. Las soldaduras de arco eléctrico se pueden clasificar a su vez en dos tipos, la soldadura de electrodo revestido y la soldadura de alimentación de alambre.

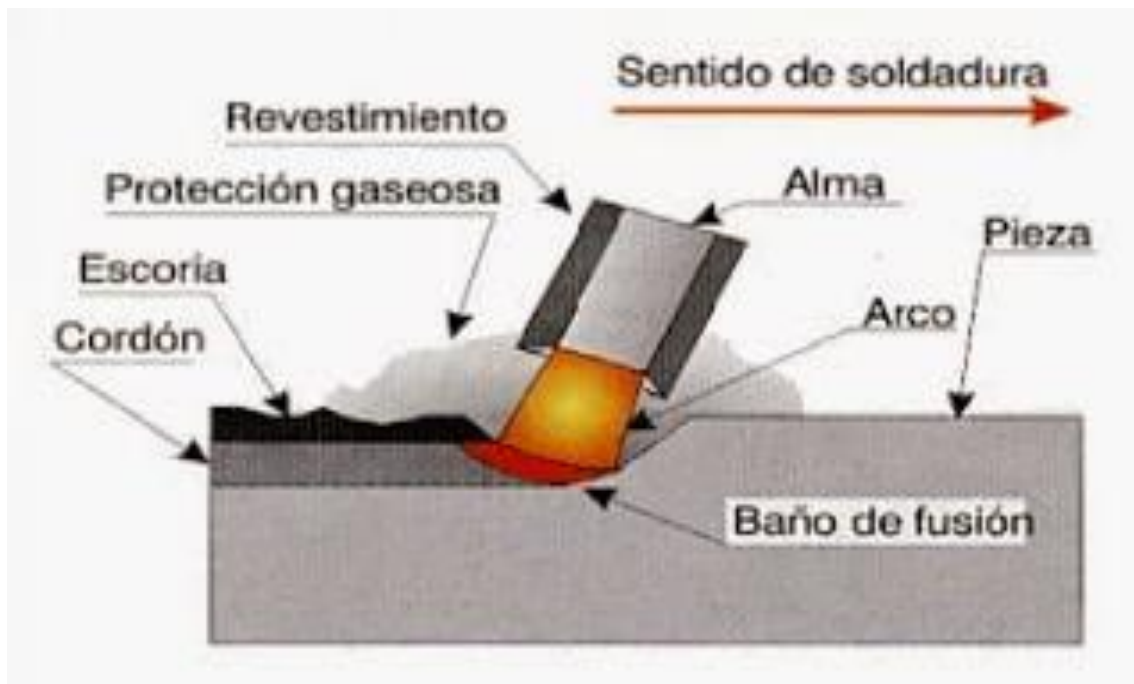


Figura 30 Soldadura de arco eléctrico revestido

3.8.1.4 INSPECCION DE LA CALIDAD DE LA SOLDADURA

Las inspecciones de soldaduras están dadas según el tipo de ensayo:

- Inspección visual
- Ensayo no destructivo
- Doblez de cara, raíz y lado
- Sección reducida
- Tensión de todo metal de soldadura
- Macroataque

Debido a que la mayoría de las soldaduras del sistema de alma llena serán en campo se utilizara una inspección visual, para lo cual según el código para soldadura de acero ANSI/AWS (2000, p-4) se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- ✓ La soldadura debe estar libre de grietas
- ✓ Todos los cráteres deben estar llenos completamente en la sección transversal de la soldadura
- ✓ La cara de la soldadura debe estar llena hasta el borde de la superficie del metal base y la soldadura se debe fundir lentamente con el metal base. El socavado no debe exceder de 1/32 pulg. (1mm). El refuerzo de la soldadura no deberá exceder el 1/8 Pulg. (3mm).

- ✓ La raíz de la soldadura deber ser inspeccionada y no deber tener evidencia de grietas, fusión incompleta o penetración inadecuada de la junta. Se permite una raíz de superficie cóncava dentro de los limites descritos presentados, abajo, de tal manera que el espesor total de la soldadura sea igual o mayor que el del metal base.

3.8.1.5 LIMPIEZA DEL ACERO

Los perfiles de acero es un material muy popular dentro de la construcción utilizado en la fabricación de equipos e instalaciones. Considerando la etapa de preparación de superficies se retoma que los principales agentes contaminantes están representados por grasa, aceite y suciedad, por la escoria y escama de laminación y la herrumbre. Inicialmente, tanto la escoria como las escamas pueden estar fuertemente adheridas, no obstante, por efectos térmicos de dilatación y contracción del material, estas impurezas tienden a desprenderse por lo que cualquier recubrimiento que se coloque sobre ellas también puede hacerlo. Por otra parte, estas impurezas, incluyendo el óxido los cuales actúan como todos en presencia de humedad acelerando así la corrosión del Acero. Los principales estándares referentes a cumplir para la preparación de superficies son los establecidos por:

- NACE: NACIONAL ASSOCIATION CORROSION ENGINEERS (Norma Americana)
- BS 4232: BRITHISH STANDARDS INSTITUTION (Norma Británica)
- SIS 055900: SWEDISH STANDARDS INSTITUTION (Norma Sueca)
- SSPC: STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL (Norma Americana)

MÉTODOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

Limpieza con Solventes: Este es un proceso usado para remover aceites, grasas y otros contaminantes bajo el uso de solventes, emulsiones o compuestos limpiadores. No es un buen proceso de preparación de la superficie, debido a que este no remueve óxido, escama de laminación o residuos de recubrimientos.

Limpieza con Herramienta Manual: Esta se lleva a cabo para remover y eliminar pintura, óxido y escama de laminación que no estén fuertemente adheridos.

Limpieza con Herramienta de Fuerza Mecánica: La ventaja de usar herramientas de fuerza propulsadas con energía eléctrica o neumática con el que el avance es comparativamente más rápido que la limpieza con técnicas manuales.

Limpieza a Metal Blanco El 100% de la superficie a tratar deberá estar libre de grasa, aceite, polvo, óxido, escama de laminación, recubrimiento viejo o cualquier otro contaminante que pueda afectar su tratamiento futuro. El acabado presenta un color gris claro uniforme que puede variar de acuerdo al acabado utilizado.

Limpieza Comercial La superficie deberá estar libre de grasa, aceite, polvo, óxido, escama de laminación, recubrimiento viejo o cualquier otro contaminante. El acabado presenta ligeras manchas, vetas y decoloraciones en no más del 33%. si la superficie está picada pueden presentarse residuos de óxido y recubrimiento viejo.

Limpieza Ráfaga La superficie deberá estar libre de grasa, aceite, polvo, óxido flojo, escama de laminación floja, recubrimiento flojo, excepto que el óxido, escama de laminación y recubrimientos adheridos pueden permanecer en la superficie.

Limpieza cerca de Metal Blanco: La superficie deberá estar libre de grasa, aceite, polvo, óxido, escama de laminación, recubrimiento viejo o cualquier otro contaminante. El acabado presenta ligeras manchas, vetas y decoloraciones en no más del 5%.

LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA.

Este es un proceso más eficiente en la preparación de superficies metálicas, dado que, además de eliminar de una manera segura la suciedad, oxido, escamas, escoria y otros contaminantes proporciona una superficie áspera de color gris uniforme, la cual favorece a la buena adherencia del recubrimiento. Dependiendo del tipo de revestimiento a utilizar, en el campo de aplicación se utilizan tres grados de limpieza con chorro de arena.

El equipo utilizado para la fase de limpieza con chorro de arena considera un tanque de fluidización de abrasivo, un compresor o línea de aire comprimido, mangueras y boquillas los cuales se especifican a continuación:

ABRASIVOS. – Dependiendo del tipo de superficie se obtienen diferentes terminaciones características de las superficies. El grado de aspereza o profundidad de las incisiones provocadas por el abrasivo tienen gran influencia sobre la adherencia y uniformidad del recubrimiento; si la superficie obtenida es muy tersa o pulida el grado de "anclaje" o de adherencia será insuficiente, mientras que si las incisiones son demasiado profundas las crestas o puntos agudos sobresaldrán sobre la capa de recubrimiento, quedando sin protección. Los abrasivos más comunes son los siguientes:

Arena Sílica.- Por su económico costo es el abrasivo más utilizado; además no se rompe fácilmente al chocar con la superficie metálica. La arena deberá tener un tamaño de partícula inferior a las 18 mallas ya que tamaños mayores (abajo de 16 mallas) solo martillean la superficie sin limpiar pequeñas cavidades; por otra parte, el tamaño de partícula debe ser superior a las del tamiz de 80 mallas a fin de evitar el polvo que producen las partículas muy pequeñas (arriba de 80 mallas). Además de la clasificación de la arena es necesario que esta se encuentre libre de sales, grasa, aceite y suciedad que pudiera contaminar la superficie y afectar todo el procedimiento realizado.

Gravilla de Acero. - Este abrasivo considera fragmentos de Acero que es vaciado con bordes duros y cortantes ya que prácticamente no produce polvo y se limpia rápidamente. Sin embargo, también tiene desventajas dentro de las cuales las principales son: producir una superficie muy áspera la cual requerirá de mayor número de manos de recubrimiento para cubrir las crestas y de que en la presencia de humedad atmosférica pueda llegar a oxidarse. No se recomienda su uso por la baja eficiencia de limpieza que presenta.

3.8.1.6 PINTURA EN PERFILES DE ACERO

Es de conocimiento general que los problemas de corrosión son de los puntos más débiles a tocar cuando se habla de estructuras de acero, ya que no solo afecta al aspecto de resistencia mecánica del elemento sino también al confort y de propia seguridad. Sin embargo, hoy en día existen soluciones a base de procesos sofisticados que nos ayudan a personalizar las construcciones estéticamente y protegiendo el sistema estructural lo cual es la principal función de la pintura en los perfiles estructurales.

GENERALIDADES

Se debe tener como consideración en primera instancia, la revisión de bibliografía en cuanto a normas de pinturas para las estructuras metálicas, para tener como base no solo el aspecto normativo, sino también el aspecto de protección contra la corrosión, sobre todo en Lima donde la cercanía al mar tiene expuestas a las estructuras metálicas

Todo trabajo de pintura que se llegue a ejecutar sobre cualquier superficie metálica, sea este en taller o en campo, se debe ejecutar siguiendo los procedimientos señalados en la Norma UNE-EN ISO-12944, "Pinturas y Barnices. Protección de Estructuras de Acero frente a la Corrosión mediante Sistemas de Pinturas Protectores", de la 1 a la 8.

Se debe considerar que el proceso debe ser muy cuidadoso para evitar malos acabados o que la protección no se coloque adecuadamente, primero se debe eliminar cualquier residuo de grasa, polvo y si se encuentran partes oxidadas estas deben ser limpiadas a profundidad.

PROCESO DE PINTURA EN ACEROS

Las superficies metálicas a pintar deben tener una preparación especial la cual se puede lograr mediante el chorreado abrasivo, con arena o granalla de acero, que son procesos que se explican a continuación:

Todas las superficies se chorrearán al grado SA 2 1/2, según ISO-8501, dejando un perfil de rugosidad de unas 50-100 micras, debiendo tener esta calidad en el momento de aplicación de las pinturas;

El Chorreado abrasivo que se menciona se refiere a que, con esta técnica, la cascarilla de laminación, oxido y cualquier materia extraña deberá eliminarse de forma que sólo queden algunas trazas en forma de manchas o franjas. La superficie metálica deberá limpiarse a continuación con una aspiradora con aire comprimido limpio y seco o con un cepillo.

✓ El chorreado se ejecutará únicamente cuando haya luz natural suficiente;

- ✓ El aire a presión utilizado debe estar completamente seco, exento de agua y aceite, libre de contaminantes, con la presión suficiente para mantener un chorro constante;
- ✓ El gasto de aire que debe suministrar el compresor del equipo de chorreado será de 6 m³ por minuto para cada boquilla de 10 mm, y de 9 m³ por minuto si es para boquillas de 12 mm;
- ✓ El esmerilador empleado en el chorreado puede ser granalla de acero o arena silíceo de granulometría especificada por las Normas SSPC. El elemento alisador deberá estar seco, limpio y libre de contaminantes y sales solubles para lograr un mejor acabado;
- ✓ No se permite volver a utilizar de los abrasivos, a menos que se disponga de la instalación adecuada de recuperación de este material;
- ✓ No se chorrearán superficies de metal cuya temperatura esté a menos de 3 °C por encima del punto de rocío;
- ✓ La humedad relativa del aire no será superior al 85% para poder proceder al chorreado;
- ✓ Inmediatamente después del chorreado hay que quitar todo el abrasivo de granalla, suciedad y polvo de la zona a revestir con ayuda de un sistema de aspiración.

La superficie que se haya sometido a este procedimiento de chorreado se cubrirá con una capa de imprimación dentro del mismo día en que se efectúe el chorreado y no más tarde de las 4 ó 6 primeras horas siguientes a ser limpiados. Se dejará en esta capa un margen mínimo de 100 mm de límite con el borde de la zona que haya sido chorreada a menos que ésta esté al lado de una ya protegida. El chorreado penetrará como mínimo 25 mm en las zonas ya protegidas adyacentes. Por último, se deberá seguir en lo posible las siguientes recomendaciones:

- ✓ Todas las superficies metálicas que no se hayan sometido a imprimación o que se encuentren con cierto contenido de humedad por lluvia o similar volverán a ser pasadas por el procedimiento de chorreado;
- ✓ Todas las rendijas de los mecanismos que hubiere en el elemento se sellarán, antes de proceder al chorreado. Se tendrá una especial atención al sellado de los alojamientos de rodamientos y a todos los equipos rotativos para no generar alteración dentro de la pieza, en caso de haberlos;
- ✓ Si en el espacio del tiempo que transcurre entre la limpieza y la pintura de la superficie metálica aparecen en ella manchas de óxido o se contamina de alguna otra manera, la superficie se volverá a limpiar antes de proceder a su pintura.

CONDICIONES DE APLICACIÓN

- La pintura no se debe aplicar cuando la temperatura de la superficie a tratar esté por debajo de los 5°C, o sea superior a los 50°C.
- Cuando se trate de pinturas Epoxicas, los límites de temperatura para su aplicación estarán entre 10°C (mínimo) y 35°C (máximo).
- La pintura no se debe aplicarse en un ambiente húmedo en la intemperie.
- Las pinturas con aluminio para altas temperaturas no deberán aplicarse cuando la humedad relativa sea superior al 65%.
- La imprimación deberá ser aplicada tan pronto como sea posible después de la preparación de la superficie, y nunca después de pasadas 8 horas desde que se aplicó el chorreado.
- No deberá aplicarse ninguna otra capa de pintura hasta que la capa anterior esté completamente seca.

- Cada capa de pintura no deberá presentar porosidades, burbujas u otros defectos visibles. Tales defectos deberán ser reparados antes de aplicar una nueva capa.
- La primera capa de pintura (imprimación) se aplicará inmediatamente después de haber limpiado las superficies metálicas, y no más tarde de las 4 a 6 primeras horas siguientes a ser limpiados con los procesos antes mencionados.
- Las capas de pintura se aplicarán mediante pistola, brocha, rodillo, inmersión o combinación de estos métodos, dependiendo de la calidad del material, pero siempre con el equipo recomendado por el fabricante para asegurar el espesor exigido en cada capa.
- No se aplicará la pintura cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C, con la excepción de las pinturas que sequen por evaporación de un disolvente, pinturas éstas que se pueden aplicar incluso con temperatura ambiente de 2°C.
- No se aplicará pintura sobre acero, a una temperatura superior a 52°C, a menos que se trate de una pintura especial indicada para ello. Cuando se pinte acero en tiempo cálido, deberán tomarse las precauciones necesarias para asegurar que se alcanza el espesor de pintura adecuado.

Abrasivo	Profundidad del Anclaje (mils.)
Arena muy fina (80 mallas)	1.5
Arena fina (40 mallas)	1.9
Arena mediana (18 mallas)	2.5
Gravilla de Acero G-50 (25 mallas)	3.3
Gravilla de Acero G-40 (18 mallas)	3.6
Gravilla de Acero G-25 (16 mallas)	4.0
Gravilla de Acero G-16 (13 mallas)	8.0

Tabla 12 Condición de profundidad para abrasivos

3.8.1.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de actividades se presenta en el anexo 3 que estará dado por los procesos de fabricación de cada empresa. Por lo cual se presenta un cronograma de manera general para el sistema alma llena.

3.8.1.8 PEDIDO AL FABRICANTE

El pedido al fabricante sale del metrado indicado en la tabla en la cual muestra 56 vigas de aproximadamente 15m de longitud y 28 columnas de 7.5m de largo y 14 columnas de 1.5m. para lo cual se debentab tener cortes y soldaduras para lograr esas longitudes debido a que los perfiles vienen en longitudes estándares de 6 y 9 metros.

3.8.1.9 TIEMPO DE EJECCION DE LA FABRICACION

La fabricación de las vigas y columnas de alma llena perfiles H de ala ancha se darán en 32 días teniendo junto a los demás elementos de la nave industrial un total de 44 días de fabricación

P-III Análisis del tiempo de ejecución Alma Llena			
	Metrado (Kg)	Rendimiento (Kg/día)	Duración (Días)
Fabricación de estructura metálica			
Techo	27794	3150	9
Cerramiento	4978	3150	2
Vigas	78866	3150	25
Columnas	20559	3150	7
Racks	1897	3150	1
		Total	44

Tabla 13 Tiempo de fabricación con sistema de alma llena

3.8.2 FABRICACIÓN DE PERFILES TUBEST

Los perfiles tubulares rectangulares formados por 2 pares de perfiles denominados perfil SIGMA y perfil OHM; tales componentes son conformados en frio de un fleje de acero mediante la acción de rodillos con las formas adecuadas y que posteriormente son armados y soldados

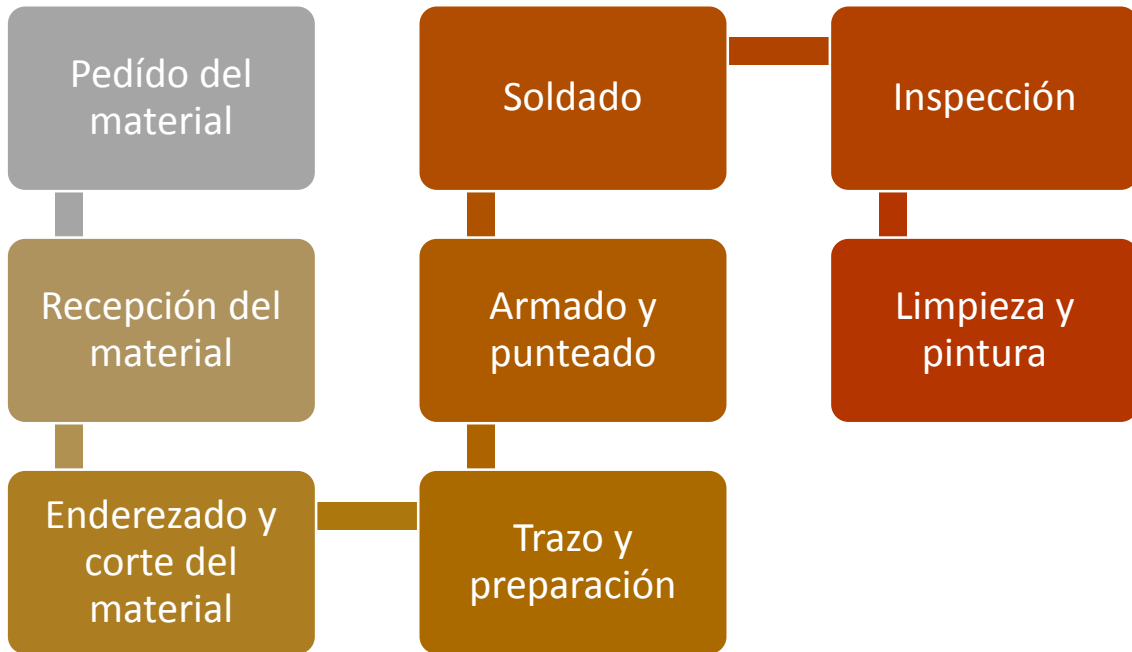


Figura 31 Procesos de fabricación del sistema Tubest

3.8.2.1 LAMINADOS EN FRIO

Los perfiles laminados en fríos son elaborados a partir de bobinas de acero, que a su vez provienen del laminado en caliente de planchones. Estas bobinas a temperatura ambiente pasan por máquinas con rodillos, cada máquina especifica el doblado y el tipo de perfil que se elabora. TUPEMESA es la única empresa en el Perú en laminar perfiles SIGMA y OHM para lo cual sus rodillos están programados para elaborar dichos perfiles según el catálogo de la empresa.

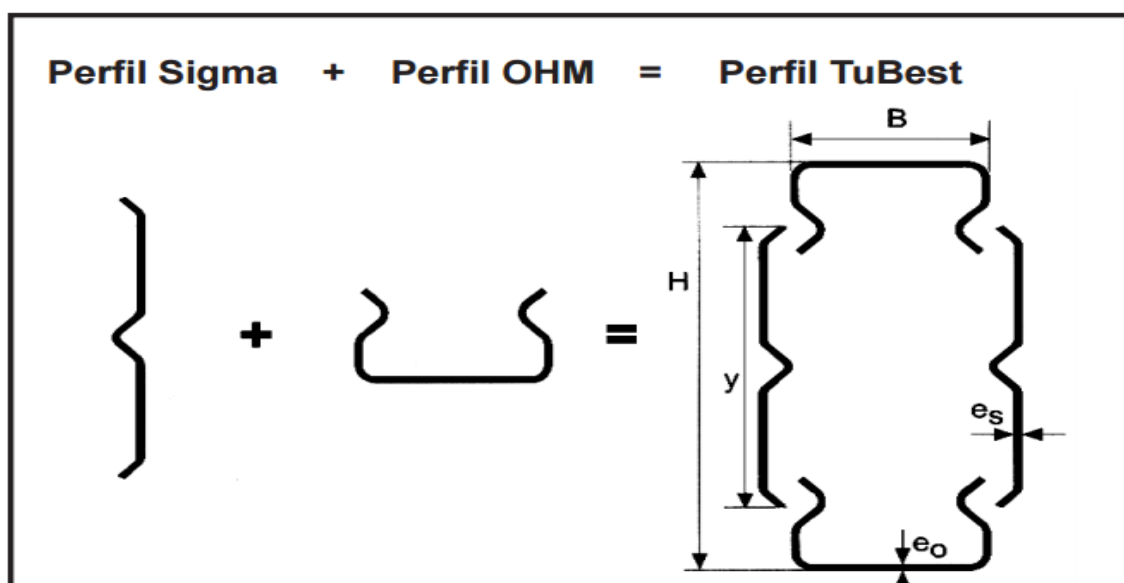


Figura 32 Conformación del sistema Tubest mediante la unión de perfil Sigma y perfil Ohm

3.8.2.2 RECIBIMIENTO DEL MATERIAL

Los perfiles a utilizar para el armado de los cajones Tubest deberán ser de primera no aceptándose materiales de segunda o meridianamente utilizados. Así mismo, deberá chequearse la rectitud, ondulación o COIL BREAK de manera de no tener problemas adicionales de este tipo en el producto final. El acero a utilizar es uno estructural de acuerdo a la norma ASTM A36

3.8.2.3 SOLDADURA DEL SISTEMA TUBEST

Debido a que los perfiles Tubest son formados por dos pares de perfiles es necesario un alto control de calidad en la soldadura en taller. TUPEMESA usa dos tipos de soldaduras la elaboración de los perfiles Tubest que son las siguientes:

3.8.2.3.1 SOLDADURA DE ARCO DE METAL CON GAS MIG

Es una soldadura consiste la transición de electrodos con el metal base por medio de un arco eléctrico con una cubierta de un gas protector inerte. Dicho gas sirve de protección contra la influencia de la atmosfera del entorno.

El proceso permite al soldador una mayor continuidad en la operación utilizar un material de aporte continuo suministrado de forma automática y protegido con una atmósfera de gas. El electrodo es un hilo de alambre continuo y sin revestimiento que se hace llegar a la pistola junto con el gas. Según sea el gas así recibe el nombre, (MIG = Metal Inert Gas) o MAG si utiliza anhídrido carbónico que es más barato.

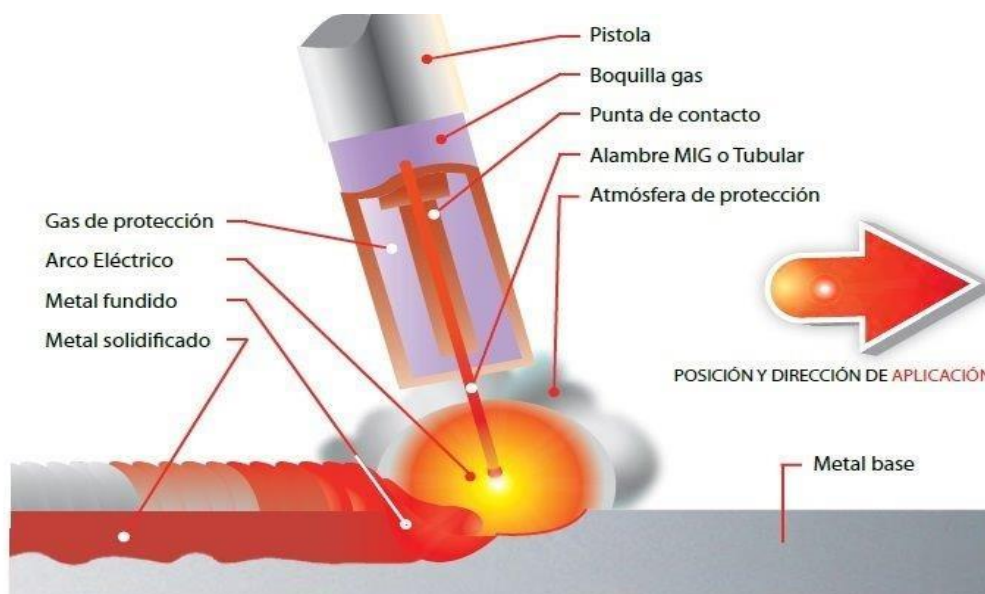


Figura 33 Soldadura de arco con gas MIG

La soldadura de arco metal con gas MIG es conveniente para el sistema tubest debido a que este es un elemento prefabricado en taller lo cual requieres grandes longitudes de soldadura. Dicha soldadura puede ser de manera robotizada controlada por un soldador que operada dicha máquina. Como se observa en la figura 34 una soldadura MIG en la fábrica de Tupemesa. Estos procesos de soldadura con maquinaria especializada aceleran de manera significativa la fabricación en los perfiles, por lo cual se tiene un mejor rendimiento de dicho proceso con miembros prediseñados.

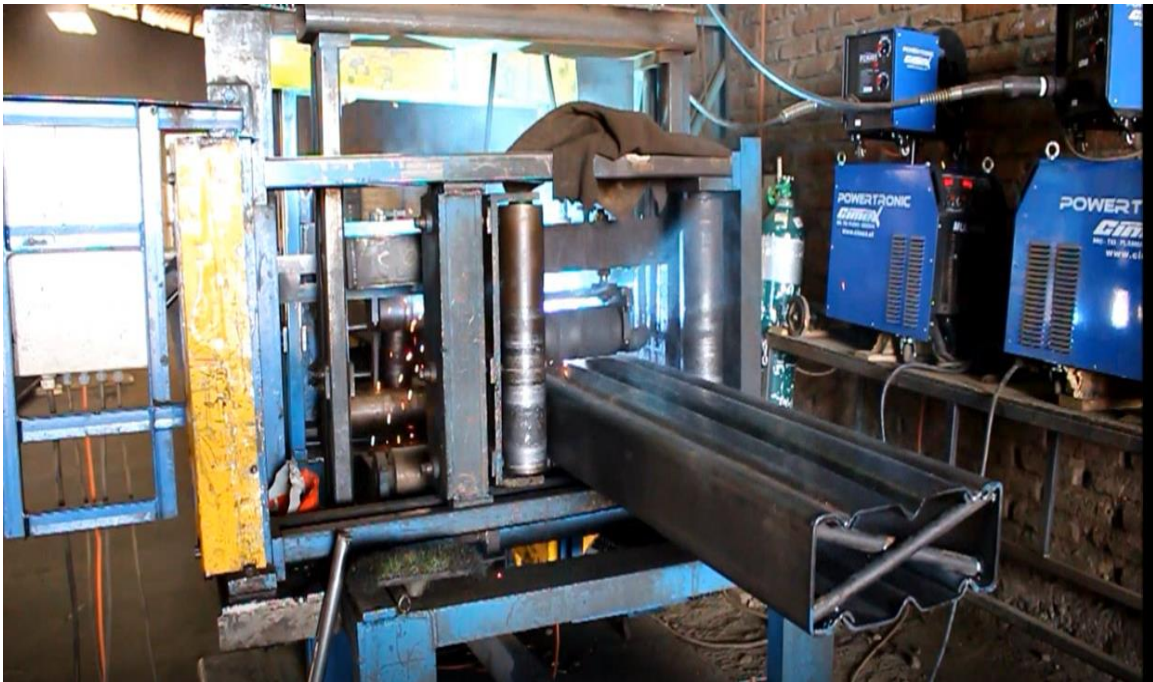


Figura 34 Soldadura MIG en taller de Tupemesa

3.8.2.3.2 SOLDADURA CON ARCO SUMERGIDO SAW

El arco es comienza a partir del material que se va a soldar y la punta de un electrodo consumible, Estos a su vez son cubiertos por una la capa granular, (arena). El arco es, por consiguiente, escondido en esta capa densa de fundente granulado; del cual parte se funde para formar una cubierta protectora sobre el cordón de soldadura fundido, en donde sus remanentes pueden ser recuperados para ser usados nuevamente. Por su alto poder de deposición del metal de aporte, es particularmente conveniente para las soldaduras rectas de gran longitud con excelente calidad en posición de piso siendo muy usado en la fabricación de pesadas estructuras.

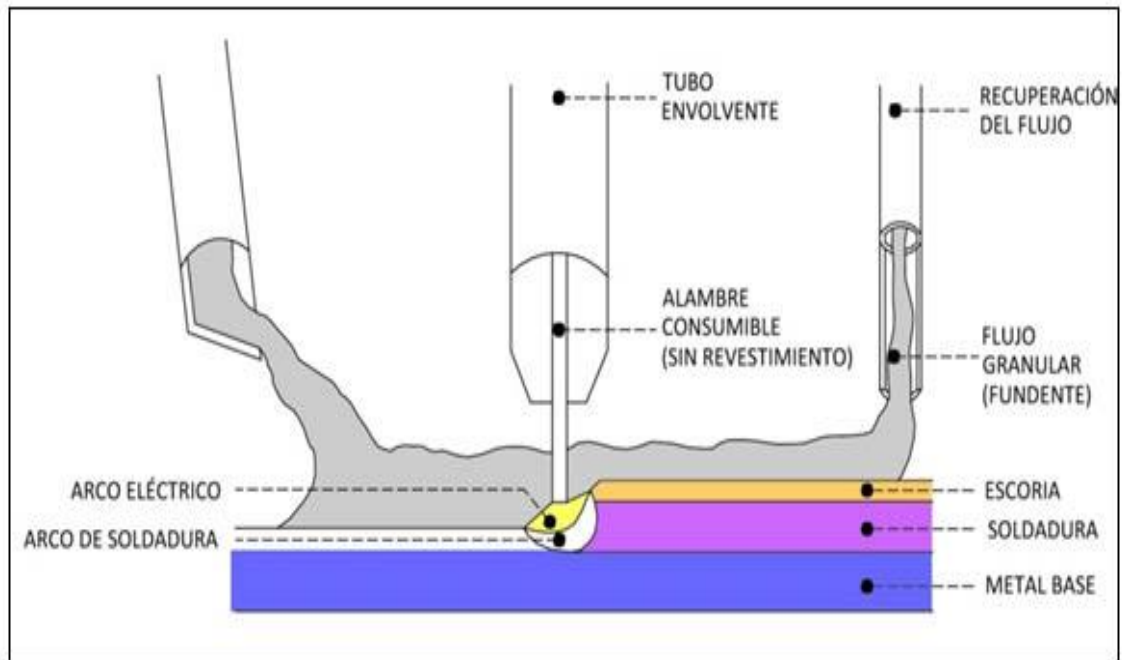


Figura 35 Soldadura de arco eléctrico sumergido

La soldadura de arco eléctrico sumergido es muy utilizada en los elementos prefabricados debido a su alta calidad de soldadura y su utilización en grandes longitudes, es por eso que junto a la soldadura MIG son las dos soldaduras utilizadas en el sistema Tubest.



Figura 36 Soldadura con arco sumergido del perfil Tubest

3.8.2.4 ARMADO DE CAJONES TUBEST

El armado debe considerar crucetas en los extremos para evitar deformación del interior del cajón, al momento de ser soldados.

1. Se deben disponer los perfiles OHM sobre la mesa de trabajo, provisto de tacos laterales para ajustar la sección del perfil Tubest, y dar estabilidad lateral al conjunto, tal como lo indica la figura, para luego disponer sobres estos un perfil SIGMA y proceder a pinchar en forma intermitente cada 300 mm la zona de contacto entre ambos perfiles. Se recomienda disponer de un par de elementos en los extremos para que sirvan de rigidizadores (crucetas). Para Tubest mayores a 8 metros poner en forma adicional, un elemento rigidizador en la mitad del tramo.



Figura 1.



Figura 2.

2. Luego se da vuelta el conjunto antes formado y sobre este se pone el otro perfil SIGMA, el cual se fija en forma provisoria con pinchazos de soldadura de la misma manera antes descrita.

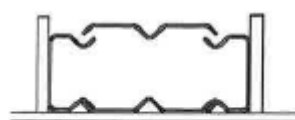


Figura 3.



Figura 4.

3. A continuación, se le debe dar la terminación final de soldadura, bajo los procedimientos establecidos líneas antes. Cuando se armen perfiles tubest cuyos largos obliguen a empalmar elementos, estos deben hacerse de modo que la costura transversal no se produzca en una sola sección

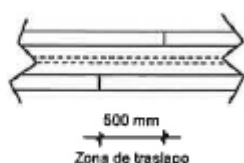


Figura 4a.



Figura 4b.

4. Las vigas deberán estar libres de rebabas y cuadradas en sus extremos, además deberán ser revisadas por el personal del maquillador, asegurando de no tener irregularidades en la soldadura, como protuberancias, discontinuidades, chisporroteo y en su forma como reviramiento, quiebres, descuadre a lo largo, etc.

3.8.2.5 INSPECCION DEL PERFIL TUBEST

Para efectos de asegurar lo especificado para el sistema constructivo tubest se deberá realizar en el producto terminado mediciones de: rectitud, reviramiento, Largo, cotas de caras, escuadras y ensayos de tintas penetrantes. Este reporte de inspección deberá ser entregado al Dpto. de Calidad de TUPEMESA una vez terminado la maquila correspondiente. La frecuencia de entrega de estos reportes será por cada O/C.

El método de cuantificar las variables de rectitud y reviramiento es con una wincha o cinta métrica formado una recta de punta a punta del cajón en sus vértices y midiendo con calibrador o vernier la flecha que se da en su parte más amplia respecto a la pared de cajón, para el caso del reviramiento posicionado la wincha en la forma diagonal y en el caso de la rectitud en forma recta respecto al eje del cajón

TOLERANCIAS PERMITIDAS EN EL PRODUCTO TERMIANDO

Las tolerancias permisibles para las variables a controlar son:

Características	Tolerancia
Cotas de caras	+10mm / -2mm
Escuadra	± 2°
Reviramiento	2 mm/m
Rectitud	2 mm/m

3.8.2.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

El cronograma de actividades se presenta en el anexo 4 que estará dado por los procesos de fabricación de TUPEMESA para lo cual se elaboró el cronograma según las actividades de dicha empresa.

3.8.2.7 PEDIDO AL FABRICANTE

El pedido al fabricante sale del metrado indicado en la tabla la cual muestra 56 vigas de aproximadamente 15m de longitud y 28 columnas de 7.5m de largo y 14 columnas de 1.5m. Debido a que son perfiles prefabricados, serán fabricados teniendo en cuenta las longitudes para un menor desperdicio de material lo cual termina por abaratar costos.

3.8.2.8 TIEMPO DE EJECUCION DE LA FABRICACION

Los perfiles prefabricados Tubest cuentan con un proceso más laborioso debido al proceso de laminados de los perfiles SIGMA y OHM y sus posterior armado y soldado, cuentan con un menor rendimiento. Para lo cual se elaboró una tabla en donde se resume los tiempos de fabricación de los elementos de la nave industrial con sistema Tubest.

Tabla 14 *Tiempos de fabricación con sistema Tubest*

P-III Análisis del tiempo de ejecución Tubest			
	Metrado (Kg)	Rendimiento (Kg/día)	Duración (Día)
Fabricación de estructura metálica			
Techo	27794	3150	9
Cerramiento	5066	3150	2
Vigas	47623	2500	19
Columnas	12670	2500	5
Racks	1897	3150	1
		Total	36

Fuente: Elaboración propia

3.9 MONTAJE

GENERALIDADES

Debido a que las estructuras metálicas son elementos prefabricados, el montaje viene a ser el acomodo y ordenamiento de los elementos estructurales y no estructurales, gracias a la ayuda de grúas, y elementos de anclaje para sostener los elementos mientras se realizan las conexiones (atornilladas y/o soldadas). Para el presente trabajo y la comparación entre ambos sistemas se implementará 16 Grúas Autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 12t y 20 m.El tiempo de ejecución del montaje dependerá mucho sobre el área a

montar, el peso a montar. Además de las correctas máquinas de izaje y mano de obra calificada, esto sumado a unos buenos planos de ingeniería de detalle logra hacer eficientes los tiempos montajes. Otros de los aspectos importantes a tomar en cuenta a la hora del montaje son el correcto trazo de ejes y alineamiento mediante equipos de topografía para garantizar la geometría de la nave industrial.

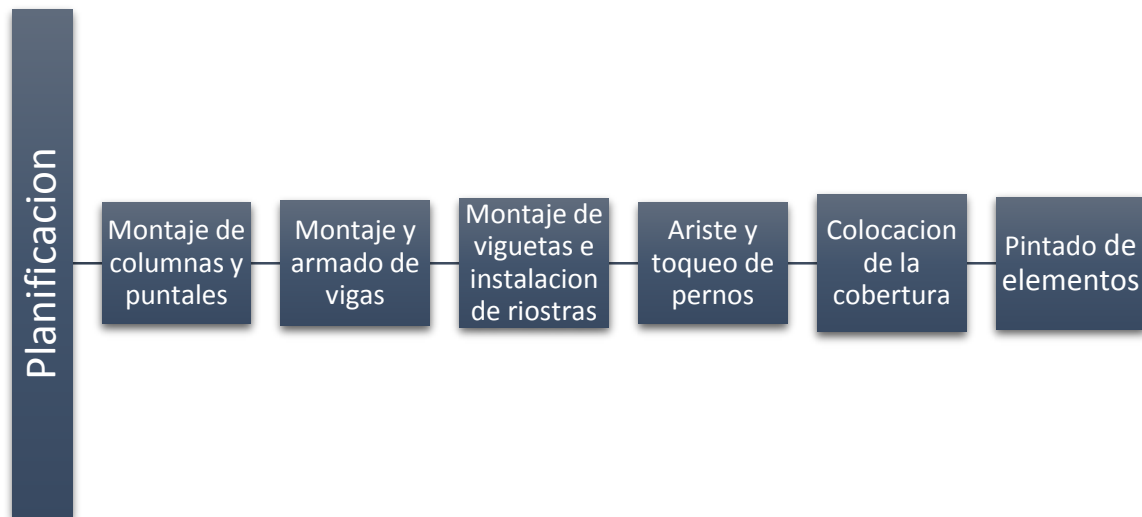


Figura 37 Planificación del montaje de una nave industrial

3.9.1 FLETES DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

Para el transporte de las estructuras metálicas es necesario tener en consideración, la longitud de las vigas, debido a que los vehículos de transporte tienen una longitud máxima. Dicho traslado de las vigas debe ser tomado en cuenta por el proyectista ya que puede influir de manera significativa en el presupuesto de la obra. Otros de los aspectos a tomar en cuenta es la coordinación entre la persona encargada del montaje, y el fabricante. El fabricante debe tener dar un control de embarque indicando que piezas está enviando a obra junto con cada codificación para su identificación y otras series de informaciones. El encargado a montar deber saber que partes de los elementos deben llegar a obras primero, y buscar la manera más eficiente de que los siguientes embarques lleguen conforme se avanza la obra. Muchas veces la ubicación de la obra indica de qué manera se pueden realizar los fletes, por ejemplo si una obra se realiza en un lugar alejado de la ciudad en Ica, y la fabricación de los perfiles se encuentra en Lurín, entonces se debe tener en cuenta que soldar los elementos en campo va ser más complicado debido a los

equipos y mano de obra por lo tanto los elementos deben ir soldados en taller o atornillados de tal manera que cumplan con la longitud del vehículo del embarque y se agilice la puesta en obra.

3.9.1.1 FLETES EN PERFILES DE ALMA LLENA

Los perfiles conformados en caliente de alma llena son perfiles que cuentan con longitudes estandarizadas, para este caso se escogieron perfiles de 6 y 9 metros, facilitando de esa manera el flete de los elementos al ser elementos de poco peralte, pero siguen siendo limitados por su alto peso.

3.9.1.2 FLETES DE PERFILES TUBEST

El perfil tubest al ser prefabricado agiliza el montaje dado el trabajo conjunto y coordinado entre el taller y la obra dado que las soldaduras y los barrenos hechos en taller facilitan el armado de las conexiones en campo, sin embargo, pese a bajo peso, al tener almas de longitud dificulta el llevar un mayor número de piezas lo cual consisten un costo de fletes mayor.

3.9.2 TIEMPO DE MONTAJE

3.9.2.1 PERFILES ALMA LLENA

Los perfiles prefabricados de alma llena se elaboró un proceso de montaje pensando más en la soldadura en campo, para la conexión de perfiles, además de considerar el barreanado para las conexiones en campo una vez traídos de la fábrica. Con lo cual el rendimiento es menor a comparación del siguiente sistema si tenemos a considerar que debido al peso de los perfiles indica que el sistema se montara en más días, por lo cual la ejecución del montaje según los rendimientos se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 15 *Tiempos de montaje con sistema de alma llena*

Montaje de estructura metálica	Metrado		Rendimientos		Días
Techo	5092	m2	1072	m2/día	5
Cerramiento	4978	Kg	2912	Kg/día	2
Vigas	78866	Kg	2048	Kg/día	39
Columnas	20559	Kg	2912	Kg/día	7
Puntales	1897	Kg	2912	Kg/día	1
TOTAL					54

Fuente: Elaboración propia

3.9.2.2 PERFILES TUBEST

Dado el control y seguimiento de TUPEMESA al vender los productos Tubest. Se tiene una mejor coordinación y comunicación entre la persona a montar y el fabricante para lo cual los perfiles prefabricados llegan al taller con las conexiones listas para montar, dejando así conexiones netamente atornilladas en campo y soldadura en taller lo cual aumenta el rendimiento del montaje, a su vez teniendo en cuenta el peso de la estructura se logra planificar el cronograma en un menos plazo de tiempo. Teniendo en consideración según el rendimiento del montaje se presenta le siguiente tabla:

Tabla 16 *Tiempos de montaje con sistema Tubest*

Montaje de estructura metálica	Metrado		Rendimientos		Días
Techo	5092	m2	1120	m2/día	5
Cerramiento	5066	Kg	2080	Kg/día	2
Vigas	47623	Kg	2080	Kg/día	23
Columnas	12670	Kg	2944	Kg/día	4
Puntales	1897	Kg	2944	Kg/día	1
TOTAL					35

Fuente: Elaboración propia

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS

Teniendo en consideración las dimensiones establecidas en la investigación de Costos, fabricación y montaje, se elaboró un cuadro donde se resumen todos los resultados obtenidos de la comparación de ambos sistemas y la sustentación de la optimización en cuanto a disminución de costos y de tiempos de fabricación y montaje. Para cumplir con el objetivo planteado y dar como veraz la hipótesis establecida al principio de la investigación.

Tabla 17 Cuadro resumen de resultados

Sistema metálico	Dimensiones de los perfiles				Peso de la nave industrial	Costo de la nave industrial	Tiempos de fabricación	Tiempos de montaje
	Alma		Patín					
	Longitud	Espesor	Longitud	Espesor				
Sistema Tubest	700mm	5mm	200mm	4mm	95050 kg	S/945,482.36	36 días	35 días
Sistema convencional	464mm	10.75mm	192mm	18.97mm	134094 kg	S/1,217,575.34	44 días	54 días
Resumen de optimización					39044 kg	S/272,092.98	8 días	19 días

Fuente: Elaboración propia

4. DISCUSIONES

- A partir de los resultados obtenidos, aceptamos la hipótesis general que establece que el sistema Tubest optimiza la construcción de naves industriales en Lima. Dado que se logró un ahorro de S/. 272,092.98 y una disminución del plazo de ejecución de la nave industrial 21 días a comparación del sistema convencional.
- Estos resultados guardan relación con Gutarra (2016) en Mejoramiento de almacenes auto-soportados con elementos de acero estructural nacional, en donde sus hallazgos presentan una optimización tras la comparación entre los almacenes auto-soportados con el sistema convencional de alma llena, presentando un ahorro de S/. 160,838.16 en costos del almacén y una disminución en los plazos de ejecución de 35 días. Ello es acorde con los resultados obtenidos.
- En lo que respecta a costos del sistema Tubest para una nave industrial de 5092m² con marco rígido 32 m de luz libre con una longitud total de 63.9 m resulto ser de S/945,482.36. Guardando relación con la tesis de Aedo (2016) en Diseño fabricación y montaje de estructuras metálicas de una nave múltiple con sistema Tubest, para una planta industrial ubicada en la zona industrial de Lurín. El cual planteo para una nave industrial con pórticos con marcos rígidos de 20 m de luz y 48m de longitud con un área de 2880 m² obtuvo un costo de S/538,490.94. Teniendo una relación entre el área ejecutada y el costo de la nave industrial.
- En donde no se encontró concordancia fue en los tiempos de fabricación y montaje debido, a que el autor presento un tiempo total de 67 días de ejecución mientras que la presente tesis presento 40 días de ejecución esto debido a que los rendimientos y el número de grúas usados en los proyectos diferencian ya que el Autor utilizo 10 grúas y en el presente proyecto se implementaron 16 grúas para la comparación debido a los plazos establecidos.

5. CONCLUSIONES

- Considerando los resultados obtenidos es la presente investigación podemos asegurar que el Sistema Metálico Tubest optimiza la construcción de Naves Industriales lo que representa una solución a los problemas actuales de Lima en aspecto industrial considerando factores de costo, fabricación y montaje.
- La implementación del diseño de una nave industrial de 5092 m² de construcción con sistema Tubest, dio como resultado una estructura metálica cuyo peso total fue de 95050 Kg frente la nave industrial diseñada con sistema de alma llena que resulto ser de 134094 Kg, presentando una de diferencia del 30% en el peso de ambos sistemas. Esto se debe a que los perfiles Tubest presentan dimensiones como almas de 70cm y patín de 20cm con espesores de 5mm y 4 mm respectivamente, mientras que el alma llena presenta dimensiones de 46,4cm en alma y 19.2cm de patín, con espesores de 10.75mm y 18.97mm Teniendo así por parte del Sistema Tubest perfiles más ligeros por la disminución de espesores y alargamiento de alma para no perder así la eficiencia estructural. Como consecuencia se tuvo una disminución de los costos de fabricación y montaje dado que precio del acero se da por peso, en donde el sistema Tubest presento un valor de S/945,482.36 mientras que el sistema de Tradicional fue de S/1,217,575.34. Pese a que los perfiles Tubest cuentan con un precio unitario mayor, estos resultaron ser menores en el costo total de la nave industrial.
- En cuanto a fabricación de elementos estructurales metálicos para naves industriales se contó con un sistema Tubest cuyo proceso de fabricación son más laboriosos, por lo cual se cuenta con un rendimiento de 2500 kg/día según Tupemesa, debido a la conformación de perfiles y el complejo uso maquinarias y herramientas, Además al ser elementos pre-fabricados en taller se logra un mejor control de calidad en la soldadura y barrenados. Sin embargo, al contar con un menor pedido debido al menor peso de la nave se logró una fabricación de 19 días para las vigas y 5 días para las columnas. Esto en comparación con el sistema tradicional de alma llena cuyo rendimiento es de 3150 kg/día dado que su fabricación solo este dado por la conformación en caliente logrando así un tiempo de 25 días para la fabricación de vigas y 7 para la de columnas requeridas por el proyecto, Lo cual muestra una reducción del 25 % en los

tiempos de fabricación. Por lo que podemos concluir que el sistema Tubest reduce considerablemente los tiempos de fabricación de elementos estructurales en la construcción de una nave industrial.

- En cuanto a montaje con el sistema metálico Tubest se obtuvo un mayor rendimiento en campo debido a que el detalle de ingeniería brindado por Tupemesa y la comunicación entre fabricante y montista, esto sumado a la rapidez de la colocación de conexiones atornilladas se logró alcanzar un rendimiento para vigas y columnas de 2080 kg/día y 2994 kg/día respectivamente Logrando montar toda la nave industrial en 35 Días. A comparación que con el sistema de alma llena que al tener que soldar trabes, realizar los barrenos en campo y contar con trabes más pesadas se cuenta con una disminución en el rendimiento llegando a ser de 2048kg/día para columnas y 2944 kg/día. Lo cual, sumado al mayor peso de la nave con este sistema hace que la nave industrial se monte en 54 días. En conclusión, se obtuvo una disminución del 35 % (tabla 17) en los tiempos del montaje, de esta manera Tubest optimiza los tiempos de montaje de una nave industrial.

6. RECOMENDACIONES

- Dado que la presente investigación se realizó a una nave industrial de 32m de luz libre y teniendo en cuenta el catálogo limitado en cuanto a perfiles Tubest. Se recomienda para futuras investigaciones realizar una comparación de ambos sistemas con naves industriales que tengan luces libres de 40 metros e ir aumentando la luz libre para identificar el punto donde deja de ser viable la elección del Sistema Tubest como sistema de construcción para naves industrial.
- Si bien es cierto la zonificación empleada es la más desfavorable, el tipo de suelo resulta ser intermedio con suelo cohesivos. Por ello se recomienda, asumir el peor escenario sísmico en una futura investigación diferentes zonas sísmicas del país y en zonas con distintos tipos de suelos, dado la limitación geométrica de los perfiles Tubest teniendo como máximo el perfil del catálogo al TB 800x400x6x4, podría influir en los resultados de manera significativa.
- Al ser el Sistema metálico Tubest perfiles tubulares formados por dos perfiles, y dada que la construcción metálica está teniendo una competencia mayor cada día, se recomienda para futuras investigaciones una comparación con sistemas metálicos tales como, Secciones variables, Sistemas tubulares lisos y/o armaduras.
- Por último, se recomienda para futuras investigaciones la comparación entre los tipos de acero utilizados en el sistema metálico Chile, tal y como son el acero A46 utilizado por la empresa Tupemesa y el acero A42-27 ES utilizado por Cintac en Chile. Realizando una comparación frente a las cargas de sismo, viento y gravedad presentadas en el Perú.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN Institute of Steel Construction. ASIC 341: Seismic provisions for Structural Steel Building [en línea], 16th ed. Estados Unidos: Chicago, IL, 2016 [Fecha de consulta: 30 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/seismic-provisions-for-structural-steel-buildings-ansi-aisc-341-16.pdf>
2. AMERICAN Institute of Steel Construction. AISC 360: Specification for Structural Steel Buildings [en línea], 16th ed. Estados Unidos: Chicago, IL, 2016 [Fecha de consulta: 30 de Septiembre del 2017]. Disponible en: <https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/a360-16-spec-and-commentary.pdf>
3. GAETE, Danilo. Guía para la ejecución de modificaciones de obra en edificación de galpones hasta 2.000m² con privados. Tesis (Título en construcción civil). Valdivia: Universidad Austral de Chile. (2014). Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmfcig129g/doc/bmfcig129g.pdf>
4. *CONOCE los nuevos parques industriales en Lima* [en línea]. Gestión: Lima, Perú, 25 de septiembre del 2017.[Fecha de consulta: 27 de septiembre del 2017] Disponible en: <https://gestion.pe/suplemento/comercial/lotes-terrenos-industriales/conoce-nuevos-parque-industriales-lima-1003028>
5. HERNÁNDEZ, María. Optimización en el diseño estructural de pórticos para naves de grandes luces Tesis (Título en ingeniería civil). Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena (2016). Disponible en: <http://repositorio.upct.es/handle/10317/5701>
6. MONTOYA, Denise. Optimización de estructuras de nave industriales empleando tecnología BIM Tesis (Maestría en ingeniería civil). Aguas Calientes: Universidad Autónoma de Aguas Calientes. (2016). Disponible en: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/123456789/661>
7. REVISTA el acero de hoy. Ciudad de México, 1 (1). Marzo 2010.
8. VIZUETE, Miguel. Cálculo y diseño de una nave industrial con cubierta fotovoltaica y entreplanta, Tesis (Licenciatura) Madrid: Universidad Carlos III de, Madrid. (2013). Disponible en: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/19244/TFG Miguel Vizquete Martinez.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/19244/TFG_Miguel_Vizquete_Martinez.pdf)

9. UNIVERSIDAD César Vallejo. Diseño y desarrollo del proyecto de investigación: Guía de aprendizaje. Trujillo- Perú: Escuela de Postgrado. (2013).
10. PERÚ construye. Naves y Galpones: Construcciones de acero para uso industrial, Lima: Revista Perú construye (48): 78-85, 2017.
11. GUTARRA, Milagros. Mejoramiento de almacenes auto soportados con elementos de acero estructural nacionales. Tesis (Título en ingeniería civil) Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. (2016) Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1180>
12. KUMAR, A. SRAVAN, et al. Design and Analysis of Pre Engineered Industrial Buildings (PEB). (2014)
13. MACCARTHY, I. Prefabricated building method using cold-formed steel components. Journal of Constructional Steel Research, p. 194-195.
14. HERNÁNDEZ, Sampieri, FERNÁNDEZ, Roberto, BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación- 6ta Edición
15. NORMAS Técnicas de edificación. E.90 estructuras metálicas: Perú. (2015)
16. CAPECO. Costos y Presupuesto. Lima: Perú (2010).
17. URENDA, L. Diseño de nave industrial destinada para casino en b.c.s, Ciudad de México. Universidad Nacional Autónoma de México. (2013).
18. JEFFUS, L Welding principles and application 5th Edition. (2009).
19. GABIDIA, Ana; Subía, Ana. Elaboración de los procedimientos de fabricación y montaje de una estructura de acero para un edificio tipo. Tesis (Título en ingeniería Mecánica). Quito: Escuela politécnica nacional de Quito (2015). Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10578/1/CD-6256.pdf>
20. VALDERRAMA, S. Pasos para la elaborar proyectos de investigación científica. 5ta Edición. Editorial: San marcos. (2015)
21. CARRASCO, S “Metodología de la investigación científica” 5ta Edición: Editorial: San marcos. (2012).
22. MCCORMAC, Jack. Diseño de estructuras de acero. Alfaomega Grupo Editor, 2016.
23. CRISAFULLI, Francisco Javier. Diseño sismoresistente de construcciones de acero. Santiago de Chile, 2013.

24. LARA SALAZAR, Gonzalo Eduardo. Diseño sismoresistente de conexiones emperradas de acero en edificios. 2014. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Civil.
25. PIÑA, DAVID IGLESIAS. Condiciones de la infraestructura y el equipamiento urbano de los parques industriales en México. Un análisis contemporáneo. Paradigma económico, 2012, p. 29-51.
26. AMERICAN National Standards Institute. ANSI-AWS 2000: Código para soldadura estructural-Acero [en línea], Estados Unidos: Chicago, IL, 2000 [Fecha de consulta: 30 de marzo del 2018] Disponible en: <http://www.soldaceros.com.pe/wp-content/uploads/2015/09/ANSI-AWS-D1.1.-2000.pdf>

ANEXOS

ANEXO N°1 CUADRO DE OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Defenición operacional	Dimensiones	Indicadores	Metodología de investigación	
Variable independiente						
Sistema metálico Tubest	Tubest es una serie de perfiles tubulares rectangulares para uso en pilares y vigas de Naves industriales producto de la unión de perfiles Ohm y sigma con más de 200 secciones disponibles.	Se realiza el diseño de una nave industrial con el fin de dar a conocer las características y/o parámetros que se involucran en la optimización de una nave industrial.	Material	Acero A-36	Metodo: Método científico	
			Dimensiones de perfil	Alma		Enfoque: Cuantitativo
				Patín espesor		
			Propiedades Físicas	Peso del elemento	Tipo de investigación: Aplicada	
				Área		
				Inercia		
				Modulo de Seccion		
Radio de giro						
Variable dependiente	Según la Real Academia española (RAE) la construcción es "Hacer de nueva planta una obra de arquitectura o ingeniería, un monumento o en general cualquier obra pública"	Se elabora un análisis comparativo entre el sistema tradicional de alma llena y el sistema Tubest	Costos de la nave industrial	Costos directos	Nivel de investigación: Explicativo	
La Construcción			Fabricacion de Elementos	Costos indirectos		Calidad en soldadura y enderezado
				Pintura anticorrosiva	Tiempos de fabricacion	Diseño de investigación: No experimental
			Montaje de estructura	Flete de elementos		
Carga a montar						
Tiempos de montaje						

ANEXO N°2 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: Sistema metálico Tubest para la optimización de la construcción de naves industriales en Lima en el 2017						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Problema principal	Objetivo general	Hipotesis general	Variable independiente			
¿De qué manera el sistema metálico Tubest optimiza la construcción de naves industriales en Lima en el 2017?	Evaluar el sistema metálico Tubest para la optimización en la construcción de una nave industrial en Lima en el 2017	El sistema Tubest optimiza la construcción de una nave industrial en Lima en el 2017.	Sistema metálico Tubest	Material	Acero A-36	Dosier de calidad
				Dimensiones de perfil	Alma Patín espesor	Diseño estructural
Problema específicos	Objetivos específicos	Hipotesis específicas		Propiedades Físicas	Peso del elemento	Ficha técnica Tubest
¿De qué manera el sistema metálico Tubest reduce los costos de ejecución de una nave industrial en Lima?	Determinar los costos de construcción del sistema Tubest para una nave industrial en Lima	Los costos de una nave industrial se reducen con el Sistema metálico Tubest en Lima			Área	
			Inercia			
			Modulo de Seccion			
				Radio de giro		
¿Cómo el sistema metálico Tubest optimiza la fabricación de elementos de unas naves industriales en Lima?	Analizar la fabricación de elementos del sistema Tubest para una nave industrial en Lima	El sistema Tubest optimiza la fabricación de elementos de naves industriales en Lima	Variable dependiente	Análisis comaprativo		Presupuesto de construcción
			Construcción	Costos de construcción	Costos directos Costos indirectos	
				Fabricación de Elementos	Calidad de soldadura Pintura anticorrosiva Tiempos de fabricación	Ficha técnica Ficha técnica Programa de obra
¿Cómo el sistema metálico Tubest optimiza el montaje de una nave industrial en Lima?	Analizar el montaje de elementos del sistema Tubest para una nave industrial en Lima	El sistema Tubest optimiza el montaje de elementos de una nave industrial en Lima		Montaje de elementos	Tiempos de montaje Flete de los elementos Carga a montar	Lista de embarque Lista de embarque Programa de obra



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

MENDOZA D. COSTA, RICARDO DIEGO

INFORME TITULADO:

*SISTEMA METALICO TUBES PARA 2D OPTIMIZACIÓN EN
2D CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS INDUSTRIAS EN LIMA 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

07/07/2018

NOTA O MENCIÓN :

14 (CATORCE)



[Firma]
Firma del Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

Yo, Roberto Marquina Callocno
..... docente de la Facultad Ingeniería y
Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo
Lima Norte (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

" Sistema metálico tubest para la optimización en la construcción
de navas industriales en Lima en el 2018
.....
.....",

del (de la) estudiante
....., constato que la investigación tiene un índice de
similitud de 25...% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/La sucrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no
constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de
citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha 07-Julio-2018

[Firma]
.....
Firma
Nombres y apellidos del (de la) docente
DNI: 10550431

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	---------------------	--------	---------------------------------



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Ricardo Diego Mendoza Acosta, identificado con DNI N° 72372300,
egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad
César Vallejo, autorizo () No autorizo () la divulgación y comunicación
pública de mi trabajo de investigación titulado
"Sistema Metálico Tubest para la optimización en la construcción de
Naves Industriales"; en el Repositorio Institucional de la UCV
(<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto
Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....


FIRMA

DNI: 72372300

FECHA: de del 201....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

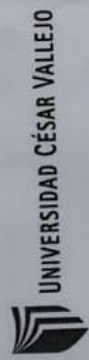
25 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	www.nerleon.com.mx Fuente de Internet	3 %
2	multisaltador.blogspot... Fuente de Internet	3 %
3	es.abdshate.net Fuente de Internet	2 %
4	www.cintac.cl Fuente de Internet	2 %
5	www.gedjaccoria.com... Fuente de Internet	1 %
6	es.scribd.com Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.uspctes Fuente de Internet	1 %
8	Entregado a Universidad... Fuente de Internet	1 %
9	www.soldadores.com.pe Fuente de Internet	1 %
10	digital.dgpe.lima.mil... Fuente de Internet	1 %



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Sistema metalico Tubos para la optimización en la construcción de naves industriales en Lima en el 2018"

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
Ricardo Diego Membora Acosta

ASESOR:
Mg. Rodolfo Ricardo Marquina Calliva

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño Sistemico y Eficient

LIMA - PERÚ
2018

