

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA GRÚA PUENTE DE ALMA
DOBLE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD PARA UNA
EMPRESA METALMECÁNICA”**

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

**WERNHER GUSTAVO ORDÓÑEZ CABRERA
WILLIAMS SMITH PALOMARES SANTOS**







**Callao, 2023
PERÚ**

**Dr. Ing. Gustavo Ordoñez Cárdenas
Asesor**

Document Information

| | |
|-------------------|---|
| Analyzed document | Tesis - Bach. Ordoñez - Bach. Palomares.docx (D172822488) |
| Submitted | 2023-08-15 00:14:00 |
| Submitted by | |
| Submitter email | investigacion.fime@unac.pe |
| Similarity | 7% |
| Analysis address | investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com |

Sources included in the report

| | | |
|-----------|--|---|
| SA | CÁLCULO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE GRÚA DE UNA TONELADA PARA EL TALLER DE LA FACULTAD DE MECÁNICA NAVAL.docx Document CÁLCULO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE GRÚA DE UNA TONELADA PARA EL TALLER DE LA FACULTAD DE MECÁNICA NAVAL.docx (D11251184) |  3 |
| SA | Tesis PDF final.pdf Document Tesis PDF final.pdf (D47949054) |  1 |
| SA | Tesis Jorge Guerra urkund.pdf Document Tesis Jorge Guerra urkund.pdf (D14741822) |  2 |
| SA | 14423-Chu Del Aguila, Max Antonio_.pdf Document 14423-Chu Del Aguila, Max Antonio_.pdf (D58402096) |  5 |
| SA | tesis wilson silva suarez.docx Document tesis wilson silva suarez.docx (D48324144) |  1 |
| SA | TESIS PROPIA.docx Document TESIS PROPIA.docx (D9888694) |  3 |

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
"DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA GRÚA PUENTE DE ALMA DOBLE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD PARA UNA EMPRESA METALMECÁNICA"
TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERO MECÁNICO
WERNHER GUSTAVO ORDÓÑEZ CABRERA WILLIAMS SMITH PALOMARES SANTOS
LINEA DE INVESTIGACION: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
Callao, 2023 PERÚ

ACTA N° 005-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO

LIBRO 001, FOLIO N° 311, ACTA N° 005-2023 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECANICO


A los 27 días del mes diciembre del año 2023, siendo las 11:00 horas, se reunieron, en la sala de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía el **JURADO DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**, designado por Resolución N° 215-2023-CF-FIME, para la obtención del título profesional de **Ingeniero Mecánico**, conformado por los siguientes docentes:

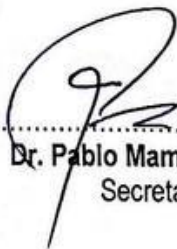
- **Presidente:** Dr. Juan Manuel Palomino Correa
- **Secretario:** Dr. Pablo Mamani Calla
- **Vocal:** Mg. Juan Carlos Huamán Alfaro
- **Asesor:** Dr. Gustavo Ordoñez Cardenas


Se dio inicio a la sustentación de la Tesis de los Bachilleres, **ORDOÑEZ CABRERA, WERNHER GUSTAVO** y **PALOMARES SANTOS, WILLIAMS SMITH**, quienes habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, exponen la TESIS titulada "DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA GRÚA PUENTE DE ALMA DOBLE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD PARA UNA EMPRESA METALMECÁNICA", cumpliendo con el acto público, de manera presencial.

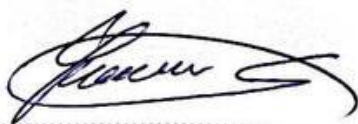
Con el quórum reglamentario de ley y de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la sustentación y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Por Unanimidad, dar por Aprobado con la escala de calificación cualitativa de Muy Bueno y calificación cuantitativa (17) Diecisiete la presente sustentación, conforme a lo dispuesto en el Art. 24 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU del 15 de junio del 2023.

Se dio por cerrada la Sesión siendo las 12:00 horas del 27 del mes de Dic. y año en curso.

.....

Dr. Juan Manuel Palomino Correa
Presidente

.....

Dr. Pablo Mamani Calla
Secretario

.....

Mg. Juan Carlos Huamán Alfaro
Vocal

.....

Dr. Gustavo Ordoñez Cardenas
Asesor

INFORMACIÓN BÁSICA

- **FACULTAD:** INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
- **UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:** FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
- **TÍTULO:** DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA GRÚA PUENTE DE ALMA DOBLE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD PARA UNA EMPRESA METALMECÁNICA
- **AUTORES:**

ORDÓÑEZ CABRERA WERNHER GUSTAVO
0000-0003-0631-1160 / 73044229
PALOMARES SANTOS WILLIAMS SMITH
0000-0001-5659-5814 / 70415097
- **ASESOR:**

GUSTAVO ORDÓÑEZ CÁRDENAS
0000-0002-7725-0169 / 08587025
- **LUGAR DE EJECUCIÓN:**

ÁREA DE TALLER DE LA EMPRESA SEFREL INGENIEROS – LIMA
- **UNIDAD DE ANÁLISIS:**

GRÚA PUENTE DE ALMA DOBLE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD
- **TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:**

APLICADA - TECNOLÓGICA / CUANTITATIVO / NO EXPERIMENTAL
- **TEMA OCDE:** INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

DEDICATORIA

Queremos dedicar esta Tesis en primer lugar a Dios, por ser él quien nos ha impulsado a seguir a lo largo de nuestras vidas afrontando los retos que cada día se nos han presentado, a nuestras familias y profesores universitarios que han sido nuestra fortaleza en los momentos más difíciles a lo largo de estos años de estudio.

Agradecimientos

Queremos agradecer a todos nuestros profesores ya que ellos nos han enseñado a valorar los estudios y a superarnos cada día, también agradecemos a nuestros padres porque ellos estuvieron en los días más difíciles de nuestras vidas como estudiantes.

Y agradecemos a dios por darnos la salud que tenemos, por tener una cabeza con la podemos pensar muy bien y además un cuerpo sano.

Estamos seguros que nuestras metas planeadas darán fruto en el futuro y por ende nos debemos esforzar cada día para ser mejores en la universidad a la cual representamos y en todo lugar sin olvidar el respeto que engrandece a la persona.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| ÍNDICE | 1 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 5 |
| ÍNDICE DE GRÁFICAS..... | 6 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 7 |
| RESUMEN | 10 |
| ABSTRACT | 11 |
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 13 |
| 1.1 Descripción de la realidad problemática..... | 13 |
| 1.2 Formulación del problema..... | 13 |
| 1.2.1 Problema General | 13 |
| 1.2.2 Problemas Específicos:..... | 14 |
| 1.3 Objetivos (General y Específicos) | 14 |
| 1.3.1 Objetivo General | 14 |
| 1.3.2 Objetivos Específico:..... | 14 |
| 1.4. Justificación..... | 15 |
| 1.4.1. Justificación Teórica..... | 15 |
| 1.4.2. Justificación Económica | 15 |
| 1.5. Delimitantes de la Investigación..... | 15 |
| 1.5.1 Teórica | 15 |
| 1.5.2 Temporal | 15 |
| 1.5.3 Espacial..... | 15 |
| II. MARCO TEÓRICO | 16 |
| 2.1. Antecedentes | 16 |
| 2.1.1 Internacional..... | 16 |

| | |
|--|----|
| 2.1.2 Nacional | 17 |
| 2.2. Bases Teóricas | 18 |
| 2.2.1 El Puente Grúa..... | 18 |
| 2.2.2 Estructura de la Grúa | 19 |
| 2.2.3 Aparejo o Polipasto | 20 |
| 2.2.4 Ruedas de la Grúa Puente..... | 21 |
| 2.2.5 Carriles..... | 22 |
| 2.2.6 Soldadura..... | 23 |
| 2.2.7 Cálculo de los cordones soldados..... | 25 |
| 2.2.8 Vigas de Alma Doble supuestas | 26 |
| 2.2.9 Bases Teóricas en el Cálculo de la Grúa Puente de Alma Doble | 27 |
| 2.2.10 Diseño de planchas de apoyo de columnas..... | 36 |
| 2.2.11 Pernos de anclaje..... | 38 |
| 2.2.12 Apoyo con pernos de anclaje sujetos a esfuerzos de corte y tracción combinados (sin llave de corte):..... | 40 |
| 2.2.13 Gestión de proyectos | 47 |
| 2.3. Marco Conceptual: | 51 |
| 2.4. Definición de Términos Básicos | 53 |
| III. HIPÓTESIS Y VARIABLES..... | 55 |
| 3.1 Hipótesis | 55 |
| 3.1.1. Hipótesis General..... | 55 |
| 3.1.2. Hipótesis Específicas | 55 |
| 3.2 Definición Conceptual de la Variable | 55 |
| 3.2.1 Operacionalización de Variable..... | 56 |
| IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO | 57 |
| 4.1 Diseño Metodológico..... | 57 |

| | |
|---|----|
| 4.2 Método de Investigación | 57 |
| 4.3 Población y Muestra..... | 58 |
| 4.4 Lugar de Estudio y Periodo Desarrollado..... | 58 |
| 4.5 Técnicas e Instrumentos para la recolección de la Información..... | 58 |
| 4.6 Análisis y Procesamiento de Datos..... | 59 |
| 4.7 Aspectos Éticos en Investigación..... | 59 |
| V. RESULTADOS | 60 |
| 5.1 Resultados Descriptivos:..... | 60 |
| 5.1.1 Cálculo del Peso Propio de la Viga Principal (Viga Cajón)..... | 61 |
| 5.1.2 Deflexión de Vigas simplemente apoyadas con carga concentrada en el Centro..... | 65 |
| 5.1.3 Momento de Inercia de la Viga de Alma Doble (I_x) | 66 |
| 5.1.4 Flecha Máxima de la Viga Cajón con Carga Concentrada en el Centro. | 67 |
| 5.1.5 Flecha Máxima admisible según Norma (DIN)..... | 67 |
| 5.1.6 Diseño de la Columna..... | 69 |
| 5.1.7 Cálculo de Placa Base de Columna..... | 70 |
| 5.1.8 Cálculo de los Pernos de Anclaje..... | 72 |
| 5.1.9 Cálculo de la Viga Carrilera..... | 74 |
| 5.1.10 Cálculo de la Soldadura | 82 |
| 5.1.10 Planificación y Ejecución de Diseño y Fabricación | 84 |
| 5.1.11 Plan de Mantenimiento de la Grúa Puente..... | 90 |
| 5.2 Resultados Inferenciales..... | 91 |
| VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 92 |
| 6.1 Contrastación y demostración de la Hipótesis con los resultados..... | 92 |
| 6.1.1 Según la Hipótesis General..... | 92 |

| | |
|---|-----|
| 6.1.2 Según la Hipótesis Específica..... | 92 |
| 6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares | 93 |
| 6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes..... | 95 |
| VII. CONCLUSIONES | 96 |
| VIII. RECOMENDACIONES..... | 97 |
| IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 98 |
| ANEXOS | 101 |
| ANEXO A-1.- MATRIZ DE CONSISTENCIA..... | 102 |
| ANEXO A-2.- CATÁLOGOS DE GRÚAS PUENTE | 103 |
| ANEXO A-3.- PLANOS DE GRÚAS PUENTE EXISTENTES EN EL MERCADO NACIONAL | 109 |
| ANEXO A-4.- NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | 112 |
| ANEXO A-5.- COTIZACION DE LOS MATERIALES PARA LA GRÚA PUENTE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD | 126 |
| ANEXO A-6.- COTIZACIÓN DE UNA GRÚA PUENTE DEMAG DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD..... | 129 |
| ANEXO A-7.- DIAGRAMA DE RED DEL PROCESO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN (DIAGRAMA PERT CPM)..... | 133 |
| ANEXO A-8.- DIAGRAMA DE GANTT DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | 134 |
| ANEXO A-9.- MODELO DE DOCUMENTO WPS PARA LA CREACIÓN EFECTIVA DE UNA SOLDADURA QUE CUMPLA CON LOS REQUISITOS DE CÓDIGO Y ESTÁNDARES APLICABLES..... | 136 |
| ANEXO A-10.- FOTOGRAFÍAS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .. | 137 |
| ANEXO A-11.- PLANOS ESTRUCTURALES DE LA GRÚA PUENTE DE ALMA DOBLE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD..... | 148 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla N° 2.1 Dimensiones de Vigas Supuestas..... | 27 |
| Tabla N° 2.2 Reacción, Momento y Flecha en la Viga..... | 28 |
| Tabla N° 2.3 Factores de Seguridad Recomendados | 32 |
| Tabla N° 2.4 Esfuerzos Permisibles en Cordones de Soldaduras de Filete referidos a los lados de Filete | 32 |
| Tabla N° 2.5 Requerimientos mínimos del Material de aporte según AWS | 33 |
| Tabla N° 2.6 Tamaño Mínimo del Cordón de Filete | 33 |
| Tabla N° 2.7 Propiedades del Cordón de Soldadura tratado como Línea..... | 33 |
| Tabla N° 2.8 Tipos de pernos de anclaje | 46 |
| Tabla N° 2.9 Valores para Ld, rm, mv, mt..... | 47 |
| Tabla N° 2.10 Diseño de pernos de anclaje..... | 47 |
| Tabla N° 3.1 Operacionalización de Variable..... | 56 |
| Tabla N° 3.2 Técnicas e Instrumentos para la recolección de la Información.. | 59 |
| Tabla N° 5.1 Factores de Longitud Efectiva, K, para miembros comprimidos con carga concéntrica..... | 68 |
| Tabla N° 5.2 Perfiles W 14”..... | 70 |
| Tabla N° 5.3 Cronograma de Actividades a Realizar | 84 |
| Tabla N°5.4 Lista de Materiales | 86 |
| Tabla N°5.5 Estado del Costo de tareas de nivel superior..... | 86 |
| Tabla N°5.6 Estructura de los Recursos de Tipo Trabajo | 87 |
| Tabla N°5.7 Estructura de los Recursos de Tipo Material y Costo | 88 |
| Cuadro N°5.1 Resultados finales del software Project..... | 90 |

ÍNDICE DE GRÁFICAS

| | |
|---|----|
| Gráfica N° 2.1 Curva “S” | 51 |
| Gráfica N° 5.1 Gráfica Esfuerzo – Deformación para varios grados de Acero Estructural | 60 |
| Gráfica N° 5.2 Gráfica del Progreso frente al Costo Acumulado | 87 |
| Gráfica N° 5.3 Gráfica del Costo de los Recursos del Tipo Trabajo | 88 |
| Gráfica N° 5.4 Gráfica de la Curva “S” | 89 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N° 2.1 Partes de un Puente Grúa | 19 |
| Figura N° 2.2 Componentes de la Grúa Puente..... | 19 |
| Figura N° 2.3 Partes de un Aparejo | 21 |
| Figura N° 2.4 Tipos de perfiles de Rodadura | 21 |
| Figura N° 2.5 Eje de Ruedas | 22 |
| Figura N° 2.6 Perfil de Tipo Burbach..... | 23 |
| Figura N° 2.7 Funcionamiento de un Proceso de Soldadura con Arco Eléctrico | 24 |
| Figura N° 2.8 Efecto de corte en los cordones soldadas | 25 |
| Figura N° 2.9 Diagrama de Dimensiones de Vigas Supuestas | 27 |
| Figura N° 2.10 Momento de Inercia en una Viga de un solo Alma..... | 33 |
| Figura N° 2.11 Momento de Inercia en una Viga de Alma Doble:..... | 34 |
| Figura N° 2.12 Viga simple apoyada con una carga concentrada | 35 |
| Figura N° 2.13 Planchas de apoyo en columnas | 37 |
| Figura N° 2.14 Pernos de anclaje con rosca gruesa en el extremo embebido . | 39 |
| Figura N° 2.15 Distancia mínima de pernos de anclaje | 40 |
| Figura N° 2.16 Apoyo con pernos de tuerca embebida..... | 40 |
| Figura N° 2.17 Pernos de Anclaje Tipo A..... | 42 |
| Figura N° 2.18 Pernos de Anclaje Tipo B..... | 43 |
| Figura N° 2.19 Pernos de Anclaje Tipo C | 45 |
| Figura N° 2.20 Pernos de Anclaje Tipo D | 46 |
| Figura N° 5.1 Perfil de Alma Doble Propuesto | 61 |
| Figura N° 5.2 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (7/8" Espesor)..... | 61 |
| Figura N° 5.3 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (1/2" Espesor)..... | 62 |

| | |
|--|----|
| Figura N° 5.4 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (3/8" Espesor) y 90.5 cm de Altura..... | 62 |
| Figura N° 5.5 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (3/8" Espesor) y 86.5 cm de Altura..... | 63 |
| Figura N° 5.6 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (1/2" Espesor) y 80.5 cm de Altura..... | 64 |
| Figura N° 5.7 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (1/2" Espesor) y 90.5 cm de Altura..... | 64 |
| Figura N° 5.8 Diagrama Contra Flecha..... | 67 |
| Figura N° 5.9 Esquema de Cálculo..... | 68 |
| Figura N° 5.10 Diagrama de Cuerpo Libre de la Columna..... | 69 |
| Figura N° 5.11 Diagrama de la ubicación de los Pernos de Anclaje y la Placa Base..... | 73 |
| Figura N° 5.12 Viga Carrilera W12" X 136 lb/pie..... | 73 |
| Figura N° 5.13 Distancia entre cada columna de Eje a Eje..... | 74 |
| Figura N° 5.14 Diagrama de Cuerpo Libre del Tramo AB..... | 74 |
| Figura N° 5.15 Diagrama del Ala Inferior y Superior AB..... | 74 |
| Figura N° 5.16 Diagrama del Alma Doble AB..... | 75 |
| Figura N°5.17 Refuerzos para el Tramo AB..... | 75 |
| Figura N° 5.18 Diagrama de Cuerpo Libre del Tramo BC..... | 76 |
| Figura N° 5.19 Diagrama del Ala Inferior y Superior BC..... | 77 |
| Figura N° 5.20 Diagrama del Alma Doble BC..... | 77 |
| Figura N° 5.21 Refuerzos para el Tramo BC..... | 77 |
| Figura N° 5.22 Diagrama de Cuerpo Libre del Tramo CD..... | 78 |
| Figura N° 5.23 Diagrama del Ala Inferior y Superior CD..... | 78 |
| Figura N° 5.24 Diagrama del Alma Doble CD..... | 79 |
| Figura N°5. 25 Refuerzos para el Tramo CD..... | 79 |

| | |
|--|----|
| Figura N° 5.26 Diagrama de Cuerpo Libre del Tramo DE..... | 80 |
| Figura N° 5.27 Diagrama del Ala Inferior y Superior DE | 80 |
| Figura N° 5.28 Diagrama del Alma Doble DE | 81 |
| Figura N° 5.29 Refuerzos para el Tramo DE | 81 |
| Figura N° 5.30 Soldadura en la Viga de alma doble | 82 |
| Figura N° 5.31 Soldadura en la Viga Carrilera | 83 |

RESUMEN

En esta investigación se diseñó y fabricó una grúa puente de 30 toneladas de capacidad para la empresa SEFREL Ingenieros – Lima. El objetivo del diseño y fabricación de la grúa puente es elevar y trasladar las altas cargas que necesita la empresa para poder realizar sus labores sin dificultades, para lo cual se delimitó el sistema estructural en las siguientes categorías: sistema de elevación, sistema de traslación y elementos de apoyo. Estas categorías nos permitirán clasificar y calcular las estructuras y componentes involucrados en la grúa puente.

Se plantea como objetivo general: Establecer el diseño estructural adecuado de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica. Y como objetivos específicos: Establecer el sistema estructural necesario de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica; Establecer la planificación de costos adecuada de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica; Establecer la planificación de tiempo necesaria de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica, todo ello permitirá realizar la fabricación de una grúa puente capaz de elevar altas cargas.

Se plantea como hipótesis general: El diseño estructural adecuado de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permite la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmecánica. El tipo de la presente investigación es Aplicada – Tecnológica, diseño no experimental y enfoque cuantitativo.

Finalmente se demostró las hipótesis mediante el cálculo, la posterior fabricación de la grúa puente mencionada y la comparación de resultados con otros trabajos previos.

PALABRAS CLAVE: Grúa Puente, Perfil de Alma Doble, Diseño Estructural, Fabricación, Planificación, Ejecución y Control.

ABSTRACT

In this investigation, a 30 Ton capacity bridge crane was designed and manufactured for the company SEFREL Engineers - Lima. The objective of the design and manufacture of the bridge crane is to lift and move the high loads that the company needs to be able to carry out its work without difficulties, for which the structural system was delimited in the following categories: Lifting system, translation system and support elements. These categories will allow us to classify and calculate the structures and components involved in the bridge crane.

The general objective is: Establish the appropriate structural design of a 30 Ton capacity double-web bridge crane for its manufacture in a metal mechanic company. And as specific objectives: Establish the necessary structural system of a 30 Ton capacity double-web bridge crane for its manufacture in a metal mechanic company; Establish the proper cost planning of a 30 Ton capacity double-web bridge crane for its manufacture in a metal mechanic company; Establishing the necessary time planning for a 30 Ton capacity double-web bridge crane for its manufacture in a metal mechanic company, all this will allow the manufacture of a bridge crane capable of lifting high loads.

The general hypothesis is proposed: The adequate structural design of a 30-ton capacity double-web bridge crane allows manufacturing and installation in the workshop area of a metalworking company. The type of this research is Applied – Technological, non-experimental design and quantitative approach.

Finally, the hypotheses were demonstrated through the calculation, the subsequent manufacturing of the aforementioned bridge crane and the comparison of results with other previous works.

KEY WORDS: Bridge Crane, Double-Web, Structural Design, Manufacturing, Planning, Execution and Control.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo describir el diseño de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad que favorece la producción del área de taller de una empresa metalmeccánica. De esta manera se cubre la necesidad que existe actualmente en el sector, debido a que en el Perú solo se importan las grúas puente de altas cargas, generando mayores costos por motivos de importación y así mismo generando retrasos en los tiempos del área, lo que ocasiona pérdidas en la producción.

El procedimiento del siguiente Trabajo de Investigación ha sido el siguiente:

En el capítulo I se define el problema a Investigar, en la cual se establecen problemas y objetivos teniendo en cuenta un desarrollo teórico y económico con relación al mercado nacional.

En el capítulo II, teniendo en cuenta las normas y antecedentes existentes se han elaborado las bases teóricas para desarrollar este Trabajo de Investigación.

En el capítulo III y IV se desarrolla la definición conceptual y la operacionalización de la variable existente en este Proyecto, considerando una Metodología que nos permitirá establecer un análisis de nuestros datos obtenidos.

En el capítulo V se establecen los cálculos del Diseño de la Grúa Puente de alma doble para su posterior fabricación (Viga Principal, Columnas, Placa Base, Viga Carrilera, Viga Testera, Soldadura), teniendo en cuenta la planificación de costos y tiempo mediante el software Project.

En el capítulo VI se hace una contrastación de la hipótesis y de los resultados con otros estudios.

En el capítulo VII y VIII se establecen las conclusiones y recomendaciones obtenidas de acuerdo al desarrollo de la presente Investigación.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática:

La metalmecánica constituye un eslabón fundamental dentro de la industria, no solo por sus funciones, también por su articulación con distintos sectores industriales tales como maquinaria pesada, petróleo, minería, automotriz, térmicas, cementeras, manufacturera, agricultura, entre muchas otras, al ser proveedora de maquinarias e insumos de dichos sectores. Entre los años 2015 al 2019, la industria metalmecánica creció a tasas promedio anuales de 0.4%, además de representar el 1.7% del PBI (2019) de la economía peruana (12 mil millones de soles).

Desde el punto de vista técnico, establece un diseño para la elevación y traslación de altas cargas puntuales del sector metalmecánico. Debido a que en nuestro país se diseñan puentes grúa de hasta 5 toneladas de capacidad y las grúas de mayor capacidad en su mayoría son importadas generando mayores costos y pérdidas de tiempo de producción.

Por ello, la presente investigación plantea diseñar una grúa puente de tipo monorraíl de alma doble para la empresa Sefrel Ingenieros – Lima por su mayor estabilidad y menor desgaste en la estructura. También permite una mayor seguridad y accesibilidad al momento de realizar su operación y mantenimiento.

1.2 Formulación del problema.

1.2.1 Problema General:

¿Cuál será el diseño estructural adecuado de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica?

1.2.2 Problemas Específicos:

- ¿Cuál será el sistema estructural necesario de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica?
- ¿Cuál será la planificación de costos adecuada de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica?
- ¿Cuál será la planificación de tiempo necesaria de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica?

1.3 Objetivos (General y Específicos):

1.3.1 Objetivo General:

Establecer el diseño estructural adecuado de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Establecer el sistema estructural necesario de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica.
- Establecer la planificación de costos adecuada de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica.
- Establecer la planificación de tiempo necesaria de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmecánica.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

El diseño de una grúa puente esta sostenida en la posibilidad de diseñar una maquinaria en la que intervienen conceptos fundamentales pertenecientes a estructuras, resistencia de materiales y especialmente los de cálculo y diseño de máquinas. En la presente tesis va a detallar el análisis estructural planteando un procedimiento de selección, estableciendo las dimensiones de los componentes empleados para la elevación y traslación de altas cargas.

1.4.2. Justificación Económica

En la siguiente investigación realizaremos los cálculos que definirán la Grúa puente bajo ciertos parámetros de seguridad, además de tener en consideración los materiales y tipos de estructuras a emplear considerando el factor costo/beneficio.

1.5. Delimitantes de la Investigación

1.5.1 Teórica

En la actualidad a nivel Nacional no se ha establecido un procedimiento para diseñar una grúa puente de 30 toneladas de capacidad, debido a que las grúas de altas cargas están presentes por el proceso de importación.

1.5.2 Temporal

El desarrollo del proyecto de tesis se llevó a cabo en noviembre del 2022 hasta marzo del 2023.

1.5.3 Espacial

Esta investigación se desarrolló en las instalaciones de la empresa Sefrel Ingenieros – Lima.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes:

2.1.1 Internacional

- SANDOVAL CORREDOR, JONATHAN MANUEL – TORRES PARRA, VICTOR ANDRES. **Diseño de un Puente Grúa para el Transporte de Motores Diesel para el Taller L&G Diesel Truck.** Proyecto Integral de Grado para Optar el Título de Ingeniero Mecánico. Fundación Universidad de América Facultad de Ingenierías Programa de Mecánica. Colombia – Bogotá. 2017.

En este trabajo se realiza el diseño de un Puente Grúa debido al problema que tienen en el taller al realizar el proceso de elevación y transporte de motores que lo realizan de forma manual o recurriendo al alquiler de un montacargas. Para lo cual se propone alternativas de solución para el sistema de elevación, elaborar un diseño detallado de la grúa puente y evaluar financieramente el proyecto.

- JARA SANDOVAL, JAVIER ALEJANDRO. **Diseñar un Puente Grúa para Montaje y Desmontaje de Bombas en Planta de Elevación de Aguas Servidas.** Memoria de Titulación para optar al Título de Ingeniero Mecánico Industrial. Universidad Técnica Federico Santa María. Chile – Valparaíso. 2020.

El trabajo se basa en diseñar un Puente Grúa y procedimiento de Izaje seguro de bombas de elevación de aguas servidas que cumpla con estándares y normativas aplicables, debido a que las proyecciones demográficas de la zona donde se encuentra la estación de aguas servidas han provocado un aumento de los caudales que la estación requiere elevar hacia la instalación encargada de descargar las aguas servidas a través de un emisario submarino. Con este fin se diseña la estructura, el carro del Puente Grúa, se realiza el análisis estructural y se desarrollan planos de fabricación de piezas y partes del Sistema.

- YAÑEZ VILCHEZ, GONZALO ANTONIO. **Diseño de un Puente Grúa de 2 Toneladas**. Tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Chile – Valparaíso. 2020.

En este trabajo se realiza un diseño de un puente Grúa semi-pórtico de 2 toneladas para el izaje de cargas entre 1000 a 1300 kg, en un taller dedicado al rubro industrial, debido a la inexistencia de un aparato de elevación que sea capaz de levantar y realizar maniobras en la empresa, apoyándose en la Ejecución de Planos y Memoria de Costos.

2.1.2 Nacional

- CABANILLAS LEZAMA, RAYDER FRANKLIN – ORIBE CASTILLO, CHRISTIAN ALEXANDER. **Análisis dinámico estructural de viga cajón, de puente grúa birraíl clase D para mejorar sus condiciones de operación**. Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico. Universidad Nacional de Trujillo. Perú - Trujillo 2016.

En esta investigación se realizó un análisis dinámico estructural de un puente grúa clase D con cargas de 5 a 30 Tn y luces de 10 a 30 m, en la cual se establece un procedimiento para la selección de una viga tipo cajón de un puente grúa. Disminuyendo retrasos en el proceso de producción, aumentando la capacidad de producción anual y satisfaciendo las necesidades del cliente en el tiempo solicitado.

- MARCELO MACHAY, BONEY JUANITO. **Diseño de una grúa puente monorriel con capacidad de 02 toneladas aplicando las normas AISC y CMAA para la empresa Sedapal-Lima**. Tesis para optar el título profesional de ingeniero mecánico. Universidad Nacional del Santa. Perú - Nuevo Chimbote 2017.

En esta investigación se realiza el cálculo y selección de los elementos principales de una grúa puente monorriel de 2 toneladas, tales como la viga principal, vigas carrileras vigas testeras y riel de rodadura. La viga principal fue sometida a un análisis de elementos finitos mediante

software para verificar los resultados obtenidos en los cálculos previamente realizados.

- HUAROC ESPINOZA ENRRIQUE. **Diseño de un puente grúa para el winche de servicios en mina yauricocha**. Tesis para optar el título de ingeniero mecánico. Universidad Nacional del Centro del Perú. Perú - Huancayo 2018.

En esta investigación se crea un modelo de diseño de estructuras mecánicas, estableciendo un procedimiento y realizando un modelo de cálculos de las estructuras del puente grúa basado en la norma VDI Verein Deutseher Ingenieure (Asociación Alemana de Ingenieros), para posteriormente elaborar los planos de dicha estructura describiendo así un modelo estable y que sirve de guía para futuros proyectos innovadores.

2.2. Bases Teóricas:

2.2.1 El Puente Grúa

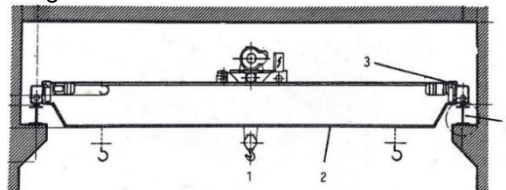
2.2.1.1 Generalidades:

Larrodé y Miravete (1996) definen como a un tipo de aparato de elevación conformado por una viga, simple o doble, biapoyada encima de dos carriles elevados sobre postes a la Grúa Puente, dispuestos a tal efecto o componentes de la estructura resistente de la nave o edificación. Mediante la translación de la viga principal o puente, se lleva a cabo el movimiento longitudinal a través de los carriles elevados. Casi en todos los casos, la rodadura es por ruedas metálicas por encima de carriles también metálicos. Mediante el desplazamiento de un carro o polipasto sobre uno o dos carriles dispuestos encima de la viga principal se realiza el movimiento transversal. La rodadura es para todos los casos de tipo acero – acero como en el caso anterior. El movimiento que se hace de manera vertical se ejecuta a través del mecanismo de elevación: polipasto o carro. En la Fig. 2.1 se observan los componentes del Puente Grúa:

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. Mecanismo Elevación | 2. Viga Principal |
| 3. Viga Testero | 4. Camino de Rodadura |

Se dispone de dos velocidades de elevación mediante un mecanismo planetario o un cambio de marchas de piñón desplazable, con el fin de elevar las cargas ligeras rápidamente, también se sabe que en sentido longitudinal siempre existirá el problema de desplazar el puente. La velocidad de translación de la grúa puente es excesivamente reducida para las cargas bajas, en el caso de tener una gran diferencia entre la carga normal y la máxima

Figura N° 2.1 Partes de un Punte Grúa



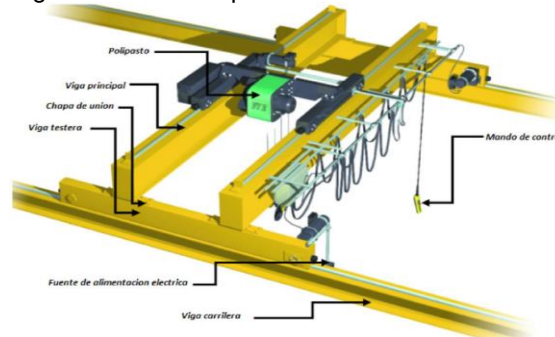
Fuente: Libro – “Grúas” – Emilio Larrodé;
Antonio Miravete

2.2.2 Estructura de la Grúa:

Huaroc (2018) señala que los elementos que componen la Grúa por lo general son bastante genéricos para todos los tipos de Puentes Grúa ya que contienen elementos similares o análogos en forma y funcionamiento, las partes principales de la Grúa Puente son las siguientes:

- | | |
|------------------------|-------------------------------------|
| 1. Polipasto o Aparejo | 2. Viga Principal |
| 3. Vigas testeras | 4. Chapas de Unión |
| 5. Vigas Carrileras | 6. Columnas |
| 7. Placa Base | 8. Fuente de Alimentación Eléctrica |
| 9. Mando de Control | |

Figura N° 2.2 Componentes de la Grúa Puente



Fuente: Trabajo para optar el Título de Ingeniero Mecánico – “Diseño de un Punte Grúa para el Winche de servicios en mina Yauricocha” – Huaroc Espinoza, Enrique.

2.2.3 Aparejo o Polipasto:

2.2.3.1 Generalidades:

Aguirre (2019) señala que el aparejo o polipasto es el mecanismo de elevación encargado de izar la carga, este proceso se puede realizar por medio de un proceso mecánico o electromecánico, el aparejo debe estar facultado para que se desplace a lo largo de las vigas principales.

- Polipasto Monorraíl:

Este tipo de mecanismo de elevación es el más utilizado en Grúas Puente del Tipo Monorraíl para la elevación de cargas de hasta 10 Toneladas, pero existen diferentes tipos en donde no todos se encuentran limitados al uso en Grúas Puente, todo esto se debe al tipo de elemento por el cual se suspenden y apoyan para realizar esta labor, a pesar de ello lo utilizados en Grúas Puente Monorraíl pueden elevar cargas con operación mecánica o electromecánica, todo esto soportado sobre un sistema con ruedas al que se le denomina Trolley, este elemento permite el acople a la viga principal y su desplazamiento sobre la misma.

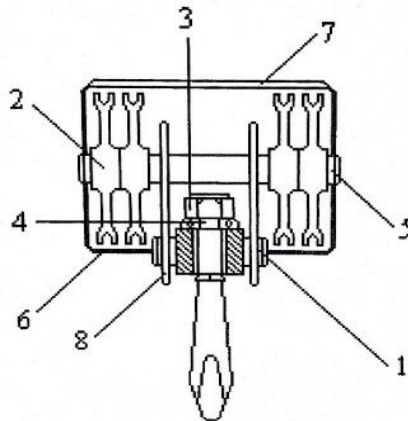
- Carro Polipasto:

Para este caso en particular, el aparejo se encuentra soportado por una estructura que se apoya en las vigas principales de la Grúa Puente Birraíl, es por ello que su uso se encuentra restringido a solo este tipo de Grúas; la principal ventaja de ello es que al estar ubicado en el centro de las 2 vigas principales.

Todo esto permite elevar cargas de hasta 100 toneladas, la estructura que soporta el elemento mencionado, se encuentran acoplados los componentes necesarios para la realización del izaje y también para la traslación que generan un carro independiente, el cual se desplace a lo largo de las vigas principales.

Es necesario mencionar que la robustez y el tipo de accesorios para realizar el izaje definen la capacidad de carga

Figura N° 2.3 Partes de un Aparejo



Fuente: Libro – “Grúas” – Emilio Larrodé; Antonio Miravete

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. Travesía de Gancho | 5. Travesía de Poleas |
| 2. Poleas | 6. Carter |
| 3. Tuerca | 7. Placa Superior |
| 4. Rodamiento Axial | 8. Placas de Sujeción |

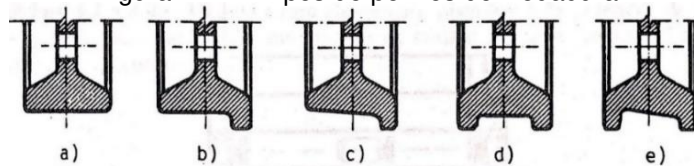
2.2.4 Ruedas de la Grúa Punte:

2.2.4.1 Generalidades:

Castro y Cevallos (2014), definen que las ruedas son el elemento de apoyo de los aparatos de elevación y son las encargadas de trasladar el Punte sobre las vigas carrileras, junto con la acción de la polea de cadenas eslabonadas.

En la Figura 2.4 se observan los diferentes tipos de perfiles de rodadura.

Figura N° 2.4 Tipos de perfiles de Rodadura



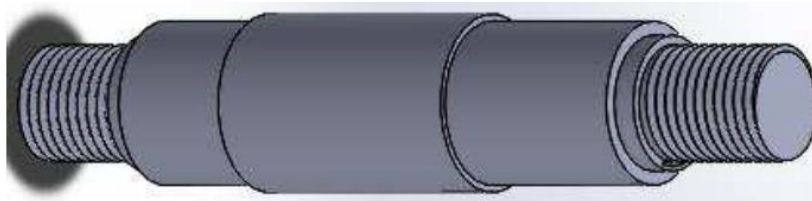
Fuente: Libro – “Grúas” – Emilio Larrodé; Antonio Miravete

- a: Cilíndrica sin pestaña
- b: Cilíndrica de una pestaña
- c: Cónica de una pestaña
- d: Cilíndrica de dos pestañas
- e: Cónica de dos pestañas

2.2.4.2 Ejes de las Ruedas del Puente:

Castro y Cevallos (2014) señalan que este elemento es el encargado de facilitar el movimiento de las ruedas junto a rulimanes de bolas, que están diseñados para soportar distintos tipos de fuerzas como: La Fuerza de resistencia de avance, Fuerza de Inercia y la carga portante.

Figura N° 2.5 Eje de Ruedas



Fuente: Trabajo de Graduación – “Cálculo, Diseño y Construcción de una Puente Grúa de una Tonelada para el Taller de la Carrera de Mecánica Naval” – Castro Jurado, Jesús Fernando y Cevallos Intriago, José Armando

2.2.5 Carriles:

2.2.5.1 Generalidades:

Larrodé y Miravete (1996) definen que la prácticamente todos los aparatos de elevación utilizan la rueda de acero sobre el carril metálico como medio de rodadura. La rodadura de tipo neumático – asfalto solamente la tienen los vehículos – grúa y pórticos autoportantes correspondientes a realizaciones especiales.

El sistema de rodadura por carril implica la selección del propio carril y cálculo de la rueda. Se parte de un número de ruedas determinado, sabiendo la carga por rueda se selecciona el carril y se corrobora si es necesario se aumenta el número de ruedas. El proceso continúa comprobando la rueda para el carril seleccionado, si la rueda no se ajusta existen dos posibilidades; aumentar el número de ruedas o aumentar el diámetro de la rueda, en este caso se vuelve a recalcular el carril.

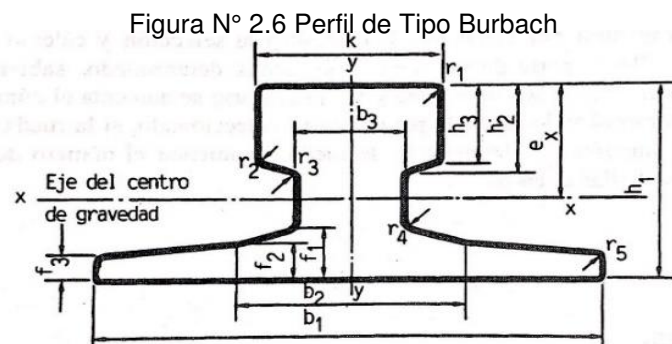
2.2.5.2 Tipologías:

Larrodé y Miravete (1996) definen la existencia de 4 tipos de Carril: Carril Tipo Burbach, Carril tipo Llanton, Carril Tipo Plano, Carril Tipo Vignole.

Nosotros definiremos el Carril Tipo Burbach ya que es el que usamos en la presente Tesis.

2.2.5.2.1 Carril Tipo Burbach

Larrodé y Miravete (1996) definen que el carril Tipo Burbach es muy utilizado debido a que presentan un patín muy ancho que facilita la fijación y una cabeza ancha para soportar las grandes cargas. Es el más empleado en rodadura de aparatos tanto por carriles elevados como sobre fundición de hormigón.



Fuente: Libro – “Grúas” – Emilio Larrodé; Antonio Miravete

2.2.6 Soldadura:

García (2009), según la AWS, señala que la Soldadura es un proceso de manufactura en el cual se realiza la unión de dos materiales, el cual se logra a través de la fusión, por el cual las piezas se unirán al ser derretidas o agregando un material de relleno derretido, el cual tiene un punto de fusión menor al de la pieza que se va soldar, todo esto con el fin de lograr un baño de material fundido o también denominado baño de soldadura, que al enfriarse se convierte en una unión fuerte.

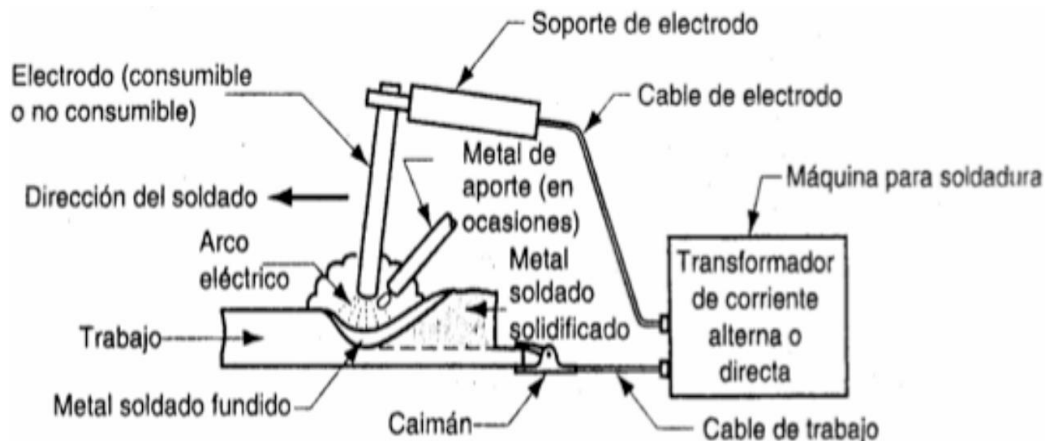
La soldadura es un proceso de producción muy eficiente y altamente aplicable que tiene como beneficios: Una unión permanente, la unión soldada puede ser más fuerte que los materiales originales siempre y cuando se use material de relleno que tenga propiedades de resistencia superiores, la soldadura es la forma más económica de unir componentes, entre otros.

2.2.6.1 Soldadura con Arco Eléctrico:

García (2009) señala que la soldadura con arco eléctrico, (AWS – Sociedad Americana de Soldadura), es un proceso en el cual la unión de las partes se obtiene por fusión por medio el calor de un arco eléctrico, entre el material de trabajo y el electrodo.

En la Figura 2.7 se muestra cómo funciona el proceso AW, en donde, el arco eléctrico se inicia al acercar la pieza de trabajo con el electrodo, después de haber realizado el contacto, se separa de manera rápida el electrodo de la pieza a corta distancia. La energía que forma el arco eléctrico produce temperaturas mayores a 5,500°C, la cual es una temperatura suficiente para fundir cualquier tipo de metal. Luego de realizado este proceso se forma un pozo de metal fundido, que consiste en metal base y metal de aporte cerca de la punta del electrodo. En la mayoría de casos que se usa soldadura con arco eléctrico se agrega metal de aporte durante la operación para aumentar el volumen y de esta manera fortalecer la unión soldada.

Figura N° 2.7 Funcionamiento de un Proceso de Soldadura con Arco Eléctrico



Fuente: Libro – “Fundamentos de Manufactura Moderna” – Mikell P. Groover Prentice Hall

El movimiento del electrodo se consigue ya sea por medios mecánicos (soldadura automática o robótica) o por una persona que suelda (soldadura manual), el problema de la soldadura manual con arco eléctrico es que la calidad de la unión depende de la habilidad del soldador

2.2.6.2 Soldadura con Arco Eléctrico y Gas o Soldadura MIG:

García (2009) señala que los diferentes metales en los que se usa la soldadura GMAW y las propias variaciones del proceso han dado origen a diferentes nombres. La primera vez que se introdujo el proceso fue en los años cuarenta, aplicando a la soldadura de aluminio un gas inerte para la protección del arco eléctrico. Este proceso recibió el nombre de soldadura metálica con gas inerte, SMGI. Es también conocida como Gas Arco Metal o MAG. La soldadura por arco eléctrico que está protegido por un flujo continuo de gas que logra garantizar una unión limpia de impurezas y en buenas condiciones.

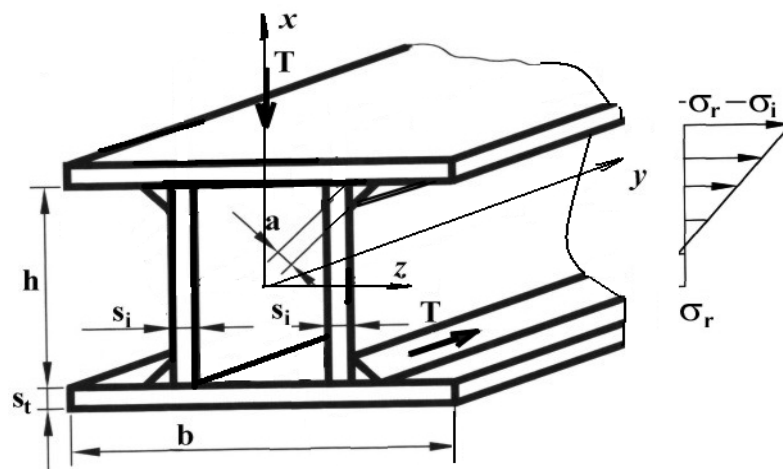
El tipo MIG (metal inert gas) usa un gas inerte como: argón, helio y mezcla de ambos con el único fin de proteger el cordón de soldadura.

El tipo MAG (metal active gas) utiliza gases como: dióxido de carbono o mezcla de argón y oxígeno, los cuales participan en la formación de la soldadura en la zona de fluencia ya sea como oxidante o reductor.

2.2.7 Cálculo de los cordones soldados

Para Fraile (2010), los cordones soldados que unen las almas con las alas se someten al corte por la tendencia de deslizarse de las alas (Fig. 2.8). Con la ecuación de Jourasky se calculan las tensiones tangenciales:

Figura N° 2.8 Efecto de corte en los cordones soldados



Fuente: Trabajo de Fin de Master – “Diseño, cálculo y comprobación de unión soldada en viga puente grúa de alma doble” – Francisco J. Fraile Griborio

$$\tau_s = \frac{T \cdot S}{2a \cdot I} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde: I es el momento de inercia de sección de viga, 2^a es el espesor de sección que desliza, a es el calibre de los cordones soldadas ($a = 0,7 s_i$), S es el momento estático de la sección de ala frente al eje central de la sección de viga, T es la fuerza de corte.

$$S = b \cdot s_t \cdot \frac{h}{2} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

$$I = 2 \frac{s_i h^3}{12} + 2 s_t \cdot b \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^2 \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Al reemplazar las ecuaciones (2.2) y (2.3) en (2.1) resulta:

$$\tau_s = \frac{T \cdot b \cdot s_t \cdot \frac{h}{2}}{2a \cdot \left(\frac{2s_i h^3}{12} + s_t \cdot b \cdot \frac{h^2}{2}\right)} = \frac{3 \cdot T \cdot b \cdot s_t}{2a \cdot (s_i h + 3 \cdot s_t \cdot b) \cdot h} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Con esto, la tensión equivalente en la soldadura es:

$$\sigma_e = \sqrt{1,8 \cdot \tau_s^2} = 1,34 \cdot \frac{3 \cdot T \cdot b \cdot s_t}{2a \cdot h (s_i h + 3 \cdot s_t \cdot b)} = \frac{2 \cdot T \cdot b \cdot s_t}{a \cdot h \cdot (s_i h + 6 \cdot s_t \cdot b)} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

2.2.8 Vigas de Alma Doble supuestas

Para Fraile (2010), el tipo de Viga de alma doble no se ha tipificado en ningún manual conocido de fabricantes de estructura metálica, en este caso se debió de suponer las dimensiones de las mismas para realizar los cálculos.

Se siguieron algunas condiciones para la suposición de las mismas: que la distancia entre las almas y el final de la base sea entre 4 y 7 veces el espesor del alma, y mantener una relación base/canto razonable e igualmente constante.

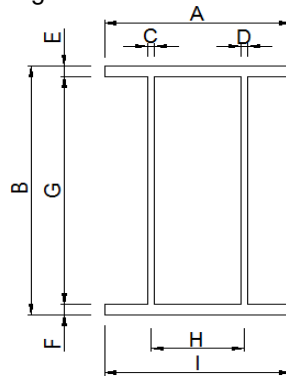
En la Tabla 2.3 se pueden ver las dimensiones de las vigas supuestas:

Tabla N° 2.1 Dimensiones de Vigas Supuestas

| PERFIL | DATOS | | | | | | | | |
|---------|-------|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
| 300x200 | 200 | 300 | 6 | 6 | 9 | 9 | 282 | 140 | 200 |
| 350x230 | 230 | 350 | 7 | 7 | 11 | 11 | 328 | 170 | 230 |
| 400x260 | 260 | 400 | 8 | 8 | 12 | 12 | 376 | 200 | 260 |
| 450x300 | 300 | 450 | 9 | 9 | 14 | 14 | 422 | 230 | 300 |
| 500x330 | 330 | 500 | 10 | 10 | 15 | 15 | 470 | 260 | 330 |
| 550x360 | 360 | 550 | 11 | 11 | 17 | 17 | 516 | 280 | 360 |
| 600x400 | 400 | 600 | 12 | 12 | 18 | 18 | 564 | 300 | 400 |
| 650x430 | 430 | 650 | 13 | 13 | 20 | 20 | 610 | 320 | 430 |
| 700x460 | 460 | 700 | 14 | 14 | 21 | 21 | 658 | 340 | 460 |
| 750x500 | 500 | 750 | 15 | 15 | 23 | 23 | 704 | 360 | 500 |
| 800x530 | 530 | 800 | 16 | 16 | 24 | 24 | 752 | 380 | 530 |
| 850x560 | 560 | 850 | 17 | 17 | 26 | 26 | 798 | 400 | 560 |
| 900x600 | 600 | 900 | 18 | 18 | 27 | 27 | 846 | 420 | 600 |

Fuente: Trabajo de Fin de Master – “Diseño, cálculo y comprobación de unión soldada enviga puente grúa de alma doble” – Francisco J. Fraile Griborio

Figura N° 2.9 Diagrama de Dimensiones de Vigas Supuestas



Fuente: Trabajo de Fin de Master – “Diseño, cálculo y comprobación de unión soldada en viga puente grúa de alma doble” – Francisco J. Fraile Griborio

2.2.9 Bases Teóricas en el Cálculo de la Grúa Puente de Alma Doble

De acuerdo a Nonnast (2008):

- Esfuerzo:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Donde:

P = Fuerza Axial

A = Área de la Sección Transversal

- Esfuerzo Cortante:

$$\tau = \frac{V}{A} = \frac{P}{A} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

Donde:

V = Fuerza Cortante

A = Área

- Deformación Unitaria:

$$\varepsilon = \frac{\delta}{l} \quad (\text{Ec. 2.8})$$

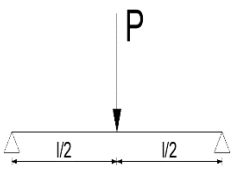
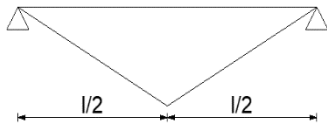
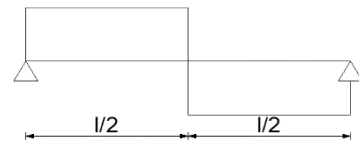
Donde:

δ = Deformación Total

l = Longitud de la Viga

- Viga Apoyada:

Tabla N° 2.2 Reacción, Momento y Flecha en la Viga

| Solicitación | Diagrama de Momento Flector Máximo | Diagrama de Esfuerzo Cortante – Reacción en Apoyos | Flechas Máximas Ángulos de Giro Extremos |
|---|---|---|---|
|  | $M = \frac{P \times l}{4}$  | $R_A = R_B = \frac{P}{2}$  | $X_A = X_B = \frac{l}{2}$ $f = \frac{P \times l^3}{48 \times E \times I}$ $\theta_A = \theta_B = \frac{Pl^2}{16 \times E \times I}$ |

Fuente: Libro – “El Proyectista de Estructuras Metálicas” – Robert Nonnast

- Área del Cable:

$$A_{\text{Cable}} = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (\text{Ec. 2.9})$$

- Carga de Tracción Directa en Uniones:

$$F_t = \frac{W}{n} \quad (\text{Ec. 2.10})$$

F_t = Carga de Tracción en el Perno

W = Carga Actuante

n = Número de Pernos

- Carga de Corte Directa en Uniones:

$$F_s = \frac{W}{n} \quad (\text{Ec. 2.11})$$

F_s = Carga de Corte en el Perno

W = Carga de Corte Actuante

n = Numero de Pernos

- Tracción en los pernos producido por la carga de Momento Flector en Uniones

$$F_{ti} = \frac{M \times c_i}{\sum c_j^2} \quad (\text{Ec. 2.12})$$

F_{ti} = Carga de Tracción en el perno (i)

M = Momento Flector Actuante

c_i = Distancia entre el eje de pivote y el perno (i)

c_j = Distancia entre el eje de pivote y un perno cualquiera.

- Carga de Corte producido por el Momento Torsor en Uniones

$$F_{si} = \frac{T \times c_i}{\sum c_j^2} \quad (\text{Ec. 2.13})$$

F_{si} = Carga de Corte en el Perno "i"

T = Momento Torsor Actuante

c_i = Distancia del centro de gravedad de los pernos al perno "i"

c_j = Distancia del centro de gravedad de los pernos a un perno cualquiera.

- Evaluación de las Cargas y Esfuerzos en las Uniones

Considerando que la fricción existente entre las superficies de contacto toma la carga de corte actuante. Esto requiere que la fuerza de tracción del perno sea:

$$F_e \geq F_t + \frac{F_s}{\mu} \quad (\text{Ec. 2.14})$$

$$F_e \leq 0,6 \times S_y \times A_s \quad (\text{Ec. 2.15})$$

El perno se fijará con un ajuste de: $F_i = 0,8 \times S_y \times A_s$ (Ec. 2.16)

Siendo:

F_t = Carga de Tracción Actuante

F_s = Carga de Corte Actuante

μ = Factor de Fricción entre las superficies en contacto, se puede tomar: 0,2 a 0,35.

F_e = Fuerza de Tracción en el perno para que éste no tome la carga de Corte.

S_y = Esfuerzo de Fluencia del Material del Perno

A_s = Área del esfuerzo del perno

F_i = Ajuste inicial del perno

- Torque de Ajuste:

Para pernos lubricados: $T=(0,10 \text{ a } 0,15) \times F_i \times d_b$ (Ec. 2.17)

Para pernos no lubricados (seco): $T=0,20 \times F_i \times d_b$ (Ec. 2.18)

- De los Elementos Estructurales

Esfuerzo de Tracción: $S_t= 0,6 S_y$ (Ec. 2.19)

Esfuerzo de Corte: $S_s= 0,4 S_y$ (Ec. 2.20)

Esfuerzo de Aplastamiento: $S_a= 0,9 S_y$ (Ec. 2.21)

- Carga de Corte Directa para Cargas Actuantes en Cordones de Soldadura de Filete

$$f_w = \frac{P}{L_w} \quad (\text{Ec. 2.22})$$

f_w = Carga de Corte por unidad de Longitud

P = Carga Actuante

L_w = Longitud efectiva del Cordón

- Carga de Corte Directa producida por el Momento Flector en Cordones de Soldadura de Filete

$$f_w = \frac{M \cdot c}{I_w} = \frac{M}{Z_w} \quad ; \quad I_w = \int y^2 ds \quad I_w = \int x^2 ds \quad (\text{Ecs. 2.23})$$

$$I_w = I_{w0} + I \cdot d^2 \quad ; \quad Z_w = \frac{I_w}{c}$$

f_w = Carga de Corte por unidad de Longitud

M = Momento Flector Actuante

c = Distancia del eje del centro de Gravedad al extremo del Cordón

I_w = Momento de Inercia de línea con respecto a uno de los ejes coordenados.

Z_w = Módulo de Línea

- Carga de Corte producida por el Momento Torsor en Cordones de Soldadura de Filete

$$f_w = \frac{T \cdot c}{J_w} \quad (\text{Ec. 2.24})$$

f_w = Carga de Corte por unidad de Longitud

T = Momento Torsor Actuante

c = Distancia del eje del centro de Gravedad al extremo más alejado del Cordón

J_w = Momento de Inercia Polar de línea.

- Carga Resultante de Corte en Cordones de Soldadura de Filete
Para el caso de Cargas que actúan en planos mutuamente perpendiculares:

$$f_w = \sqrt{f_{wx}^2 + f_{wy}^2 + f_{wz}^2} \quad (\text{Ec. 2.25})$$

- Factores de Seguridad recomendados para la construcción de Maquinaria:

El factor de seguridad para determinado material es la relación entre el esfuerzo máximo al que puede llegar una pieza y su esfuerzo de trabajo:

$$FS = \frac{f_u}{f_{adm.}} \quad (\text{Ec. 2.26})$$

Siendo:

FS = Factor de Seguridad

f_u = Esfuerzo Resistente Máximo

$f_{adm.}$ = Esfuerzo de Diseño

A continuación, se presentan recomendaciones generales que pretenden ayudar a situarse un poco en los valores de los factores de seguridad a esfuerzo más habitualmente utilizados en diseño por resistencia y análisis mecánico:

Tabla N° 2.3 Factores de Seguridad Recomendados

| Caso | Factor de Seguridad FS | Observaciones |
|------|------------------------|---|
| 1 | 1,25 ... 1,5 | Para materiales excepcionalmente confiables usados bajo condiciones controladas y sujetos a carga y esfuerzos que pueden determinarse con exactitud. Una consideración muy importante es que casi siempre se usan para pesos pequeños |
| 2 | 1,5 ... 2 | Para materiales bien conocidos, para condiciones de medio ambiente razonablemente constantes y sujetos a carga y esfuerzos que puedan calcularse con facilidad. |
| 3 | 2 ... 2,5 | Para materiales promedio que trabajen en condiciones de medio ambiente ordinarias y sujetos a cargas y esfuerzos que puedan calcularse. |
| 4 | 2,5 ... 3 | Para materiales poco experimentados o para materiales frágiles en condiciones promedio de medio ambiente, carga y esfuerzo. |
| 5 | 3 ... 4 | Para materiales no experimentados usados para condiciones promedio de medio ambiente, carga y esfuerzo. |
| 6 | 3 ... 4 | Deberá también usarse con materiales mejor conocidos que vayan a usarse en condiciones ambientales inciertas o sujetos a cargas y esfuerzos inciertos. |

Fuente: Libro – “Machine Design Projects” – Joseph Vidosic

De acuerdo a Alva (2008):

- Tamaño del Cordón de Soldadura de Filete

$$W = \frac{f_w}{S_w} \quad (\text{Ec. 2.27})$$

Tabla N° 2.4 Esfuerzos Permisibles en Cordones de Soldaduras de Filete referidos a los lados de Filete

| ELECTRODO | Esfuerzos Permisibles S_w (PSI) | |
|-----------|-----------------------------------|----------------|
| | AWS D2.0-69 | AWS “Obsoleto” |
| E-60XX | 12700 | 9600 |
| E-70XX | 14800 | 11100 |
| E-80XX | 17000 | 12800 |
| E-90XX | 19100 | 14400 |
| E-100XX | 21200 | 16000 |
| E-110XX | 23300 | 17600 |

Fuente: Libro – “Diseño de Elementos de Máquinas I” – Fortunato Alva Dávila

Tabla N° 2.5 Requerimientos mínimos del Material de aporte según AWS

| ELECTRODO AWS | Esfuerzo de Rotura Mínimo en kPSI | Esfuerzo de Fluencia Mínimo, kPSI | Elongación % |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| E 60XX | 62 – 67 | 50 – 55 | 17, 22, 25 |
| E 70XX | 72 | 60 | 17, 22 |
| E 80XX | 80 | 65 – 70 | 22, 24 |
| E 90XX | 90 | 78 – 90 | 24 |
| E 100XX | 100 | 90 – 102 | 20 |
| E 110XX | 110 | 95 – 107 | 20 |

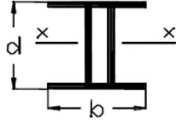
Fuente: Libro – “Diseño de Elementos de Máquinas I” – Fortunato Alva Dávila

Tabla N° 2.6 Tamaño Mínimo del Cordón de Filete

| Espesor de la Plancha más Gruesa | Tamaño Mínimo del Cordón de Filete en Pulgadas |
|--|--|
| $t \leq 1/4$ | 1/8 |
| $1/4 < t \leq 1/2$ | 3/16 |
| $1/2 < t \leq 3/4$ | 1/4 |
| $3/4 < t \leq 1 \frac{1}{2}$ | 5/16 |
| $1 \frac{1}{2} < t \leq 2 \frac{1}{4}$ | 3/8 |
| $2 \frac{1}{4} < t \leq 6$ | 1/2 |
| $t > 6$ | 5/8 |

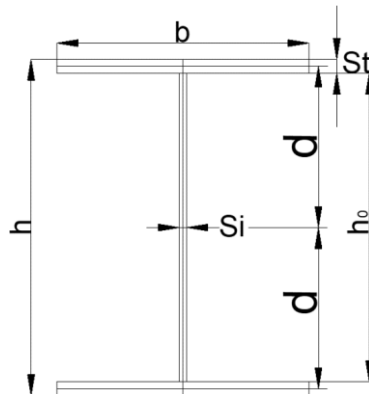
Fuente: Libro – “Diseño de Elementos de Máquinas I” – Fortunato Alva Dávila

Tabla N° 2.7 Propiedades del Cordón de Soldadura tratado como Línea

| SECCIÓN | N_x, N_y | Flexión Z_w respecto $x-x$ | TORSIÓN J_w |
|---|---------------------|------------------------------|-------------------------------|
|  | $N_x = \frac{d}{2}$ | $bd + \frac{d^2}{3}$ | $\frac{b^3 + 3bd^2 + d^3}{6}$ |

Fuente: Libro – “Diseño de Elementos de Máquinas I” – Fortunato Alva Dávila

Figura N° 2.10 Momento de Inercia en una Viga de un solo Alma



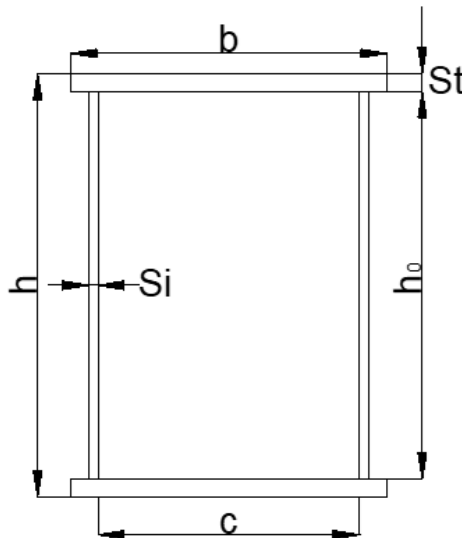
Fuente: Trabajo de Fin de Master – “Diseño, cálculo y comprobación de unión soldada en viga puente grúa de alma doble” – Francisco J. Fraile Griborio

$$I_{XC1} = I_{XC3}$$

$$I_X = I_{XC1} + I_{XC2} + I_{XC3}$$

$$I_X = \frac{b(S_t)^3}{12} + b(S_t)(d)^2 + \frac{S_i(h_0)^3}{12} + \frac{b(S_t)^3}{12} + b(S_t)(d)^2 \quad (\text{Ec. 2.28})$$

Figura N° 2.11 Momento de Inercia en una Viga de Alma Doble:



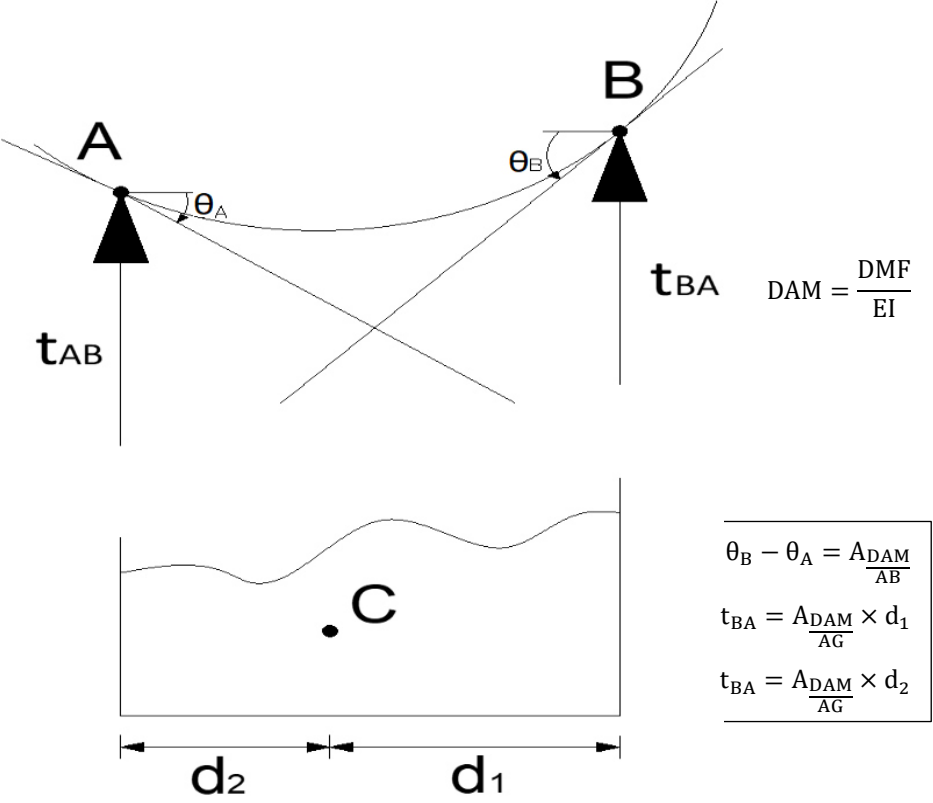
Fuente: Trabajo de Fin de Master – “Diseño, cálculo y comprobación de unión soldada en viga puente grúa de alma doble” – Francisco J. Fraile Griborio

$$I_X = 2 \times \left(\frac{b \times (S_t)^3}{12} + b \times (S_t) \times \left(\frac{h}{2} - \frac{S_t}{2} \right)^2 + \frac{S_i \times (h_0)^3}{12} \right) \quad (\text{Ec. 2.29})$$

- Modelo Teórico de Cálculo de viga con alma doble

Cálculo de la altura de viga a partir de sus condiciones de resistencia y rigidez. La altura de viga se calcula partiendo de la flecha admisible y de las condiciones de resistencia de la estructura soldada. En el caso de una viga simplemente apoyada con una carga concentrada en el centro de su apertura, se calcula de la siguiente manera:

Figura N° 2.12 Viga simple apoyada con una carga concentrada

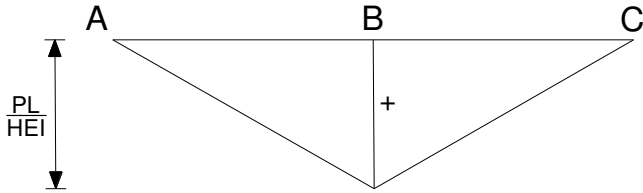


$$\theta_B - \theta_A = \frac{A_{DAM}}{AB}$$

$$t_{BA} = \frac{A_{DAM}}{AG} \times d_1$$

$$t_{BA} = \frac{A_{DAM}}{AG} \times d_2$$

DAM:



$$\text{Esfuerzo Cortante CA: } t_{CA} = \left(\frac{Pl}{4EI}\right) \left(\frac{l}{2}\right) \left(\frac{l}{2}\right) = \frac{Pl^3}{16EI} \quad (\text{Ec. 2.30})$$

Tangente θ_A :

$$\begin{aligned} \text{tg}_{\theta_A} &= \frac{t_{CA}}{l} \\ \text{tg}_{\theta_A} &= \frac{\frac{Pl^3}{16EI}}{l} \rightarrow \text{tg}_{\theta_A} \approx \theta_A = \frac{Pl^2}{16EI} \end{aligned} \quad (\text{Ec. 2.31})$$

Esfuerzo Cortante BA:

$$t_{BA} = \frac{Pl}{4EI} \left(\frac{l}{2}\right) \left(\frac{1}{3} \left(\frac{l}{2}\right)\right) = \frac{Pl^3}{96EI} \quad (\text{Ec. 2.32})$$

Ecuación de la Flecha:

$$\begin{aligned} \theta_A &= \frac{f + t_{BA}}{\frac{l}{2}} \\ f &= \frac{l}{2} \times \theta_A - t_{BA} = \frac{l}{2} \left(\frac{Pl^2}{16EI}\right) - \frac{Pl^3}{96EI} \\ \therefore f &= \frac{Pl^3}{48EI} \end{aligned} \quad (\text{Ec. 2.33})$$

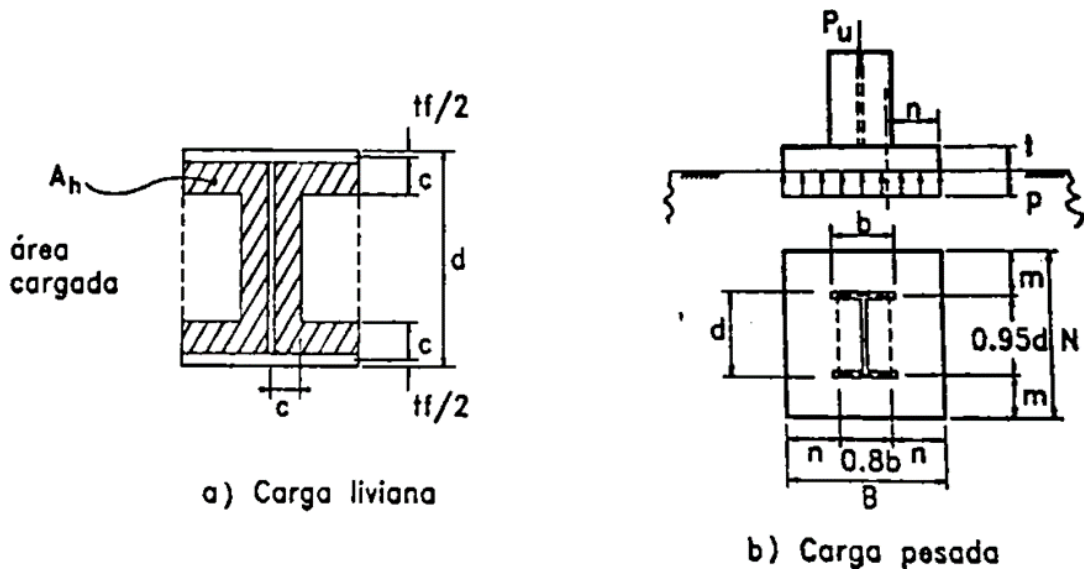
Mostrando en la Ecuación de la Flecha, el momento de flexión resulta:

$$\begin{aligned} f &= \frac{Pl}{4} \times \frac{l^2}{12EI} = M_{\text{máx}} \times \frac{l^2}{12EI} \\ M_{\text{máx}} &= \frac{Pl}{4} \end{aligned} \quad (\text{Ec. 2.34})$$

2.2.10 Diseño de planchas de apoyo de columnas

Zapata (1997) menciona que las planchas de apoyo previenen el aplastamiento del concreto armado, repartiendo la carga de la columna en un área de apoyo determinado.

Figura N° 2.13 Planchas de apoyo en columnas



Fuente: Libro – “Diseño Estructural en Acero” – Luis F. Zapata Baglietto

2.2.10.1 Planchas bajo cargas axiales

Zapata (1997), considera para el diseño:

- De acuerdo a la resistencia del concreto se define el área base de la plancha.
- El espesor de la plancha está en función de su resistencia en flexión. Si los valores de B y N son mayores que los valores b y d, la plancha se diseña con voladizos m y n uniformemente cargados (Figura 2.13)
- Para planchas que reciben cargas pequeñas de las columnas, los valores mínimos serán $B = b$ y $N = d$, en la cual la carga estará distribuida uniformemente, como en la figura anterior (Carga liviana).

En la sección D-J9 de la AISC-LRFD, se establece:

$$\phi_c P_p \geq P_u \quad (\text{Ec. 2.35})$$

a) Si $A_1 = A_2$:

$$P_p = 0.85 f'_c A_1 \quad (\text{Ec. 2.36})$$

b) Si $A_1 < A_2$:

$$P_p = 0.85 f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 0.85 f'_c (2A_1) \quad (\text{Ec. 2.37})$$

Donde:

$\phi_c = 0.60$ para el concreto.

f'_c Resistencia del concreto a los 28 días.

P_p Resistencia nominal del concreto contra el aplastamiento de plancha.

A_1 Área de la plancha.

A_2 Área del pedestal o zapata.

Empleando el método de cantiliver:

$$t = \sqrt{\frac{2 P_u n^2}{B N \phi_b F_y}} \quad \text{o} \quad t = \sqrt{\frac{2 P_u m^2}{B N \phi_b F_y}} \quad (\text{Ec. 2.38})$$

El espesor de la plancha será controlado por el mayor valor de m o n

2.2.10.2 Determinación de la carga factorizada

Zapata (1997), determina mediante las siguientes ecuaciones:

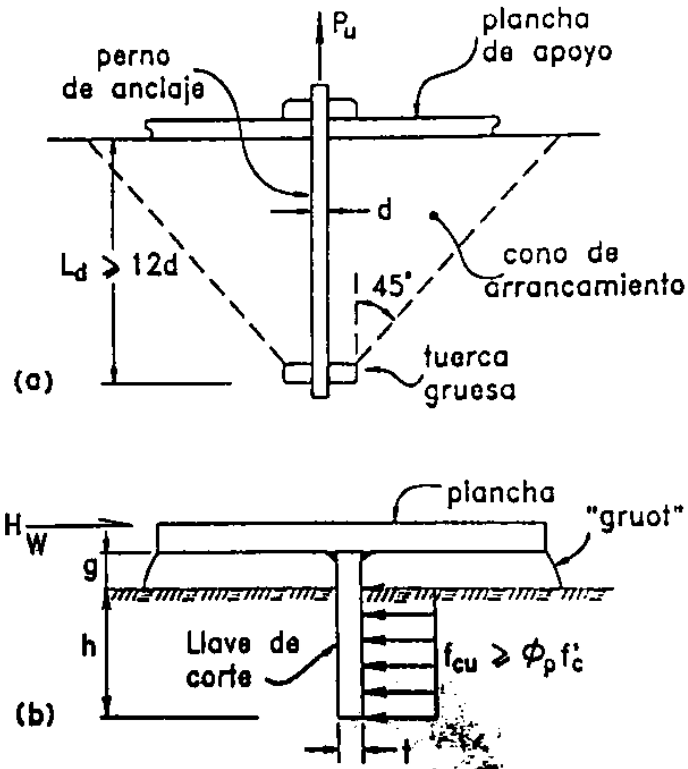
- a) 1.4D
- b) 1.2D + 1.6L
- c) 1.2D + 1.5E + 0.5L
- d) 0.9D – 1.5E

El mayor valor de ellos definirá la carga factorizada.

2.2.11 Pernos de anclaje

Zapata (1997), indica que los pernos de anclaje son varillas lisas con extremos roscados que sirven para asegurar las columnas a la cimentación.

Figura N° 2.14 Pernos de anclaje con rosca gruesa en el extremo embebido



Fuente: Libro – “Diseño Estructural en Acero” – Luis F. Zapata Baglietto

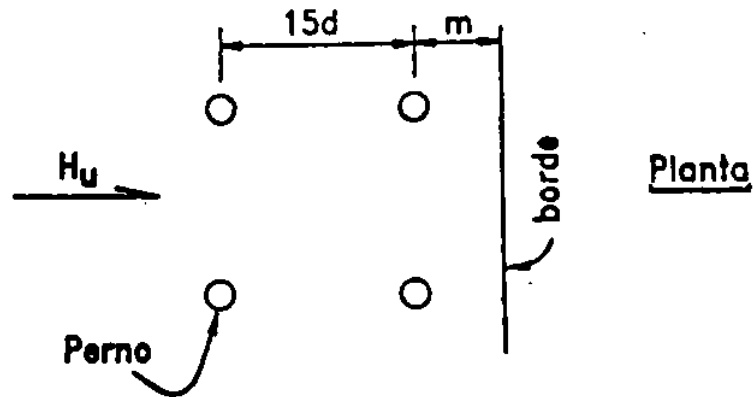
En columnas cargadas axialmente se presenta acciones de tracción y corte o acciones de compresión y corte. Para el caso de corte se emplea “llaves de corte”, que se sueldan a la parte inferior de las planchas de apoyo. Si H_u es la acción del corte, ésta no debe exceder la resistencia del concreto alrededor de la llave de corte:

$$H_u \leq \frac{\phi F_y t^2 l}{4(g + \frac{h}{2})} \quad (\text{Ec. 2.39})$$

Se recomienda acero A36 o A307 para los pernos de anclaje, y para el detalle de la figura 2.14, se tiene que cumplir lo siguiente:

- Concreto con resistencia $f'_c \geq 210 \text{ kg/cm}^2$
- La distancia entre los pernos no debe ser menor a $15d$, para evitar la interferencia entre los conos de arrancamiento (pernos en tracción)

Figura N° 2.15 Distancia mínima de pernos de anclaje



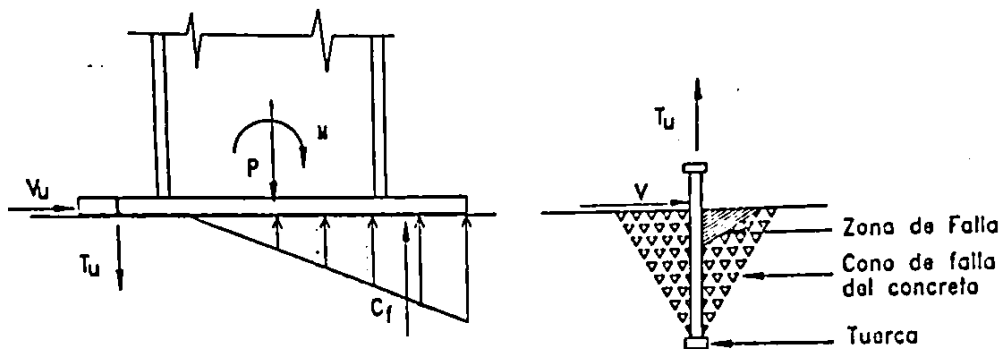
Fuente: Libro – “Diseño Estructural en Acero” – Luis F. Zapata Baglietto

- c) La distancia al borde cercano de la cimentación (m) (cuando no se emplean llaves de corte) será mayor a $12d$
- d) Para no recortar el cono de arrancamiento, la distancia al borde mas cercano de la cimentación no será menor a $5d$ ni 10 cm
- e) Si se cumple todo lo anterior la longitud de anclaje puede ser: $L_d = 12d$

2.2.12 Apoyo con pernos de anclaje sujetos a esfuerzos de corte y tracción combinados (sin llave de corte):

Zapata (1997), indica que, en el caso de no emplear llaves de corte, se confía que los pernos de anclaje con la tuerca en el extremo embebido en el concreto como se muestra en la Figura 2.16 que soportan tracción y corte al mismo tiempo. Las tuercas embebidas otorgan un resalte de soporte para el empotramiento del perno en el concreto aumentando de esta manera la resistencia de los anclajes contra el arrancamiento.

Figura N° 2.16 Apoyo con pernos de tuerca embebida



Fuente: Libro – “Diseño Estructural en Acero” – Luis F. Zapata Baglietto

En los pernos de anclaje con la tuerca embebida se colocan antes que se vacíe sobre el concreto o se insertan mientras el concreto aún está fresco.

La ductilidad del perno de anclaje se asegura causando un mecanismo de falla, de manera que el perno de anclaje fluya antes que se exceda la tracción sobre el cono de arrancamiento del concreto. Para conseguir esto se cuida que la resistencia del “cono de falla del concreto” U_P , sea mayor o igual que la fuerza mínima de tracción $A_t \times F_y$ del perno de anclaje.

Zapata (1997), menciona que el procedimiento de diseño que se presenta se aplica generalmente, a cualquier número de pernos de anclaje o resistencia de concreto. También se consideran los siguientes materiales como representativos para elaborar los valores del diseño. Los materiales para el perno de anclaje que se usan son: ASTM A36, A325 y A307 (Grado B). Por suposición el concreto tiene un esfuerzo mínimo de ruptura de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días. Estos pernos de anclaje son barras de acero lisas, con una tuerca hexagonal pesada embebida en el concreto y roscadas en su extremo.

Varios autores presentaron ecuaciones y datos de interacción para dar cuenta de los efectos combinados de corte y tracción. El área total de acero del perno de anclaje considera el efecto de corte y tracción combinados. El efecto causa que la fuerza de corte V ocasione una falla cerca de la superficie del concreto y esta se convierta entonces en una carga de tracción adicional ocasionada por el fenómeno de fricción por corte. Este fenómeno es parecido a lo que pasa en el refuerzo de los braquetes de concreto armado. La resistencia del perno de anclaje debe ser mayor o igual que la tracción combinada efectiva (T) en la que se incluyen los efectos de cargas de corte V , como se indica a continuación:

$$A_t \times F_y \geq T \quad (\text{Ec. 2.40})$$

Donde:

$A_t \times F_y$ Resistencia del diseño nominal que es igual al producto del área del perno A_t por la resistencia mínima del acero. (Tabla 2.10)

T Es la tracción combinada efectiva $T = C V_u + T_u$

C Es el coeficiente de corte, que es igual a la inversa del valor de la fricción de corte. ($C = 1.85$)

$V_u \times T_u$ Son los esfuerzos de corte y tracción últimos aplicados al perno

Como parámetros adicionales se deben considerar la distancia de los bordes del concreto y la distancia entre pernos.

Observar la Tablas 2.8 y 2.9 como un resumen de la clasificación de los diferentes tipos de pernos de anclaje y de los criterios para su diseño. Se debe notar que los pernos de anclaje son definidos en cuatro tipos: A, B, C y D, que se describen a continuación.

2.2.12.1 Pernos de Anclaje Tipo A

Zapata (1997), indica que los pernos de anclaje son clasificados como Tipo A, sin interferencia de conos o aislados, cuando: (Figura 2.17)

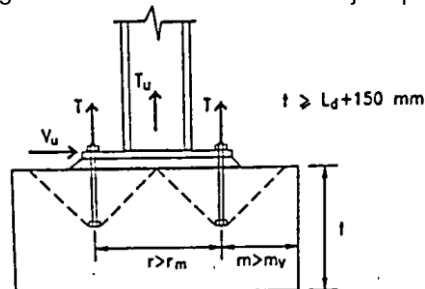
- La distancia al perno más cercano (r), es mayor o igual al espaciamiento mínimo (r_m) como se especifica en la Tabla 2.9 (no hay interferencia).
- Que la distancia del borde más cercano (m) es mayor o igual a la distancia de borde mínima para corte (m_v) como se indica en la Tabla 2.8.

Asimismo: $m_v > r_m/2$ y $m_v > m_t$ Mt (Tabla 2.8)

- Que la profundidad de empotramiento del perno de anclaje es mayor o igual a L_d como se muestra en la Tabla 2.9.

El tamaño de estos pernos de anclaje de Tipo A se seleccionan de manera que la carga de diseño (T) no exceda los valores básicos de la resistencia nominal de diseño $A_t \times F_y$ de la Tabla 2.10.

Figura N° 2.17 Pernos de Anclaje Tipo A



Fuente: Libro – “Diseño Estructural en Acero” – Luis F. Zapata Baglietto

2.2.12.2 Pernos de Anclaje Tipo B

Zapata (1997), menciona que los pernos de anclaje de “Tipo B” (Figura 2.18) se clasifican como reforzamiento por corte, cuando:

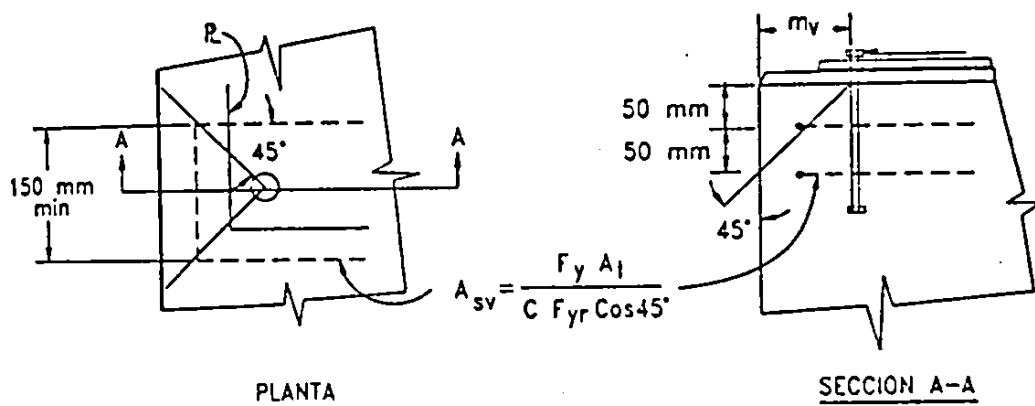
- La distancia al perno de anclaje más cercano (r) es mayor o igual que r_m .
- Que la distancia al borde más cercano (m) es mayor o igual a $r_m/2$ esto ocurre cuando es menor que m_v . Asimismo, es necesario que $r_m / 2 > m_t$.
- Cuando la profundidad de empotramiento del perno es mayor o igual a L_d .

El diámetro de los pernos de “Tipo B” se seleccionan como en el caso de los pernos de “Tipo A”. También será necesario un refuerzo por corte A_{sv} para que proporcione a ambos lados de cualquier plano crítico de falla potencial (Figura 2.18). Una vez realizado esto, el área total de acero de reforzamiento de corte horizontal A_{sv} se calcula como sigue:

$$A_{sv} = \frac{F_y \times A_t}{C F_{yr} \cos 45^\circ} \quad (\text{Ec. 2.41})$$

En donde F_y es el punto de fluencia mínimo del acero del perno, A_t es el área del vástago y F_{yr} es el esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo adicionado.

Figura N° 2.18 Pernos de Anclaje Tipo B



Fuente: Libro – “Diseño Estructural en Acero” – Luis F. Zapata Baglietto

2.2.12.3 Pernos de Anclaje Tipo C

Zapata (1997), menciona que los pernos de anclaje de “Tipo C” se clasifican como, con refuerzo de corte más consideraciones al cono de falla, cuando se obtiene lo siguiente: (Figura 2.19)

- El espaciamiento al perno de anclaje más cercano (r) es menor r_m .
- Que la distancia al borde más cercano (m) sea mayor o igual a m_t y al mismo tiempo menor que m_v . Asimismo, es necesario que $m_t < r_m/2$
- Que la profundidad de empotramiento del perno de anclaje se debe terminar considerando en el efecto de los conos de arrancamiento por tracción en la zona del concreto de cubierta.

Nota: L_d (requerido) $\geq L_d$ de la Tabla 2.9.

- Que bajo ninguna condición la distancia del borde al perno de anclaje más cercano será menor que m_t o 100 mm.

Zapata (1997), menciona que el tamaño de los pernos de anclaje de “Tipo C” se seleccionan como en los pernos de anclaje de “Tipo A”. La resistencia de los conos de arrancamiento del concreto en la zona de los pernos de anclaje se calcula de la siguiente manera: (Figura 2.19)

- En primer lugar se calcula el área efectiva del esfuerzo de tracción en el cono de arrancamiento del concreto A_c basada en r , m y con una profundidad de empotramiento en teoría mayor que L_d . Sabiendo que el área efectiva para el esfuerzo de tracción en el concreto A_c , es igual al área proyectada con un plano horizontal por el cono formado por la intersección entre las líneas de 45° que se irradian desde el borde de la tuerca embebida del perno de anclaje y la superficie exterior del concreto sobre el cual actúan las cargas que se aplican. En el caso de que existan varios pernos de anclaje cuyos conos de arrancamiento se interceptan, como en el caso de la Figura 2.19, tendríamos que el área efectiva A_c sería la suma de cuatro sectores circulares más una estrella central.
- Luego de esto, se calcula la fuerza de arrancamiento (U_P)

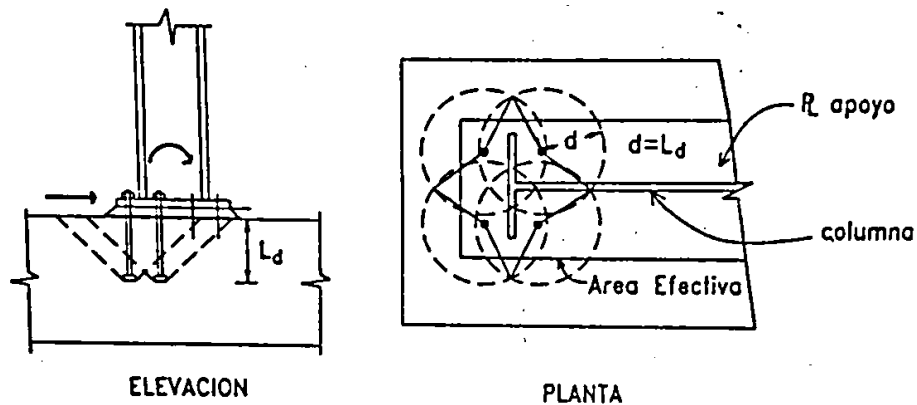
$$U_P = 1.065 \beta \sqrt{f_C} A_e$$

U_P debe ser mayor a $A_t \times F_y$

En donde $1.065 \beta \sqrt{f_C}$ es la resistencia de tracción en el concreto que debe ser aplicada sobre el área efectiva $A_e \times \beta = 0.65$

- Se debe indicar que U_P será mayor o igual que la resistencia de tracción especificada mínima ($A_t \times F_y$) del perno estándar tal como se indica en la Tabla 2.10. En el caso que U_P sea menor que $A_t \times F_y$, se debe incrementar la profundidad de empotramiento del perno hasta que se cumpla con U_P .

Figura N° 2.19 Pernos de Anclaje Tipo C



Fuente: Libro – “Diseño Estructural en Acero” – Luis F. Zapata Baglietto

2.2.12.4 Pernos de Anclaje Tipo D

Zapata (1997), menciona que los pernos de anclaje de “Tipo D” se clasifican como de traslape de conos de tracción, en caso ocurra lo siguiente:

- El espaciamiento al perno de anclaje más cercano (r) es menor que r_m .
- Que la distancia al borde más cercano (m) sea mayor o igual que m_t y menor que $r_m / 2$.
- La profundidad del perno de anclaje requerido sea mayor o igual que L_d .

Al saber que el área proyectada de los conos de esfuerzo de arrancamiento del concreto se sobrepone, en tal caso el mecanismo de falla se controla por el refuerzo del concreto más que por el rendimiento de los conos de arrancamiento alrededor de los pernos de anclaje. Esta situación ocurre comúnmente en pilares de concreto.

El tamaño de los pernos de anclaje de “Tipo D” se selecciona como se hace con los pernos de anclaje de “Tipo A”. El refuerzo de corte es proporcionado como en el caso de pernos de anclaje de “Tipo B”. El refuerzo de tracción en el concreto adicional se proporciona como sigue:

- El área total de refuerzo por tracción A_{ST} se determina con la siguiente ecuación:

$$A_{ST} = n \times A_t \times F_y / F_{yr} \quad (\text{Ec. 2.42})$$

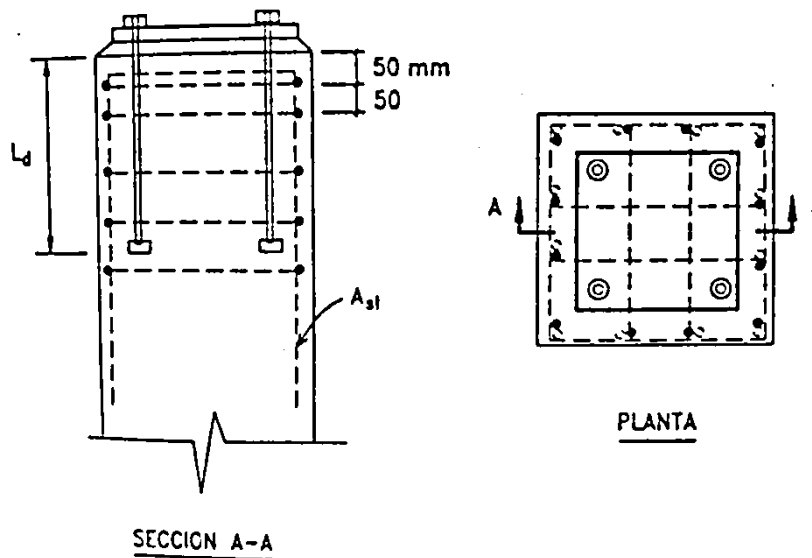
Donde:

n Es el número total de pernos que están en el grupo de pernos.

F_{YR} Es el esfuerzo de Fluencia mínimo del acero de refuerzo.

- El refuerzo de tracción adicional A_{ST} será colocado concéntricamente.

Figura N° 2.20 Pernos de Anclaje Tipo D



Fuente: Libro – “Diseño Estructural en Acero” – Luis F. Zapata Baglietto

Tabla N° 2.8 Tipos de pernos de anclaje

| Tipo | Descripción | Espaciamiento entre pernos r | Distancia al borde m | Comentario |
|------|---|--------------------------------|------------------------|------------------------------|
| A | Aislado | $r \geq r_m$ | $m \geq m_v$ | $m_v > r_m/2$ $m_v > m_t$ |
| B | Con refuerzo de corte solamente | $r \geq r_m$ | $r_m/2 < m < m_v$ | $r_m/2 > m_t$ |
| C | Refuerzo de corte más consideraciones de cono | $r < r_m$ | $m_t < m < m_v$ | $m_t < r_m/2$ |
| D | Refuerzo por tracción | $r < r_m$ | $m_t < m < r_m/2$ | Pilares de concreto |

Fuente: Libro – “Diseño Estructural en Acero” – Luis F. Zapata Baglietto

Tabla N° 2.9 Valores para L_d , r_m , m_v , m_t

| Tipo de perno ASTM | Longitud de anclaje L_d | Espaciamiento mínimo entre pernos r_m | Mínima distancia de borde por corte m_v | Mínima distancia de borde por tracción m_t |
|--------------------|---------------------------|---|---|--|
| A307 | 12 d | 16 d | 12 d | 5d o 4" min |
| A325 | 17 d | 24 d | 17 d | 5d o 4" min |

Fuente: Libro – “Diseño Estructural en Acero” – Luis F. Zapata Baglietto

Tabla N° 2.10 Diseño de pernos de anclaje

| Diámetro del perno d (in) | Área del vástago A_t (cm^2) | $A_t F_y$ (en toneladas) |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 1/2 | 0.950 | 2.40 |
| 5/8 | 1.484 | 3.75 |
| 3/4 | 2.137 | 5.41 |
| 7/8 | 2.909 | 7.36 |
| 1 | 3.800 | 9.61 |
| 1 1/8 | 4.809 | 12.17 |
| 1 1/4 | 5.937 | 15.02 |
| 1 3/8 | 7.185 | 18.18 |
| 1 1/2 | 8.550 | 21.63 |
| 1 3/4 | 11.638 | 29.44 |
| 2 | 15.201 | 38.45 |
| 2 1/4 | 19.239 | 48.67 |

Fuente: Libro – “Diseño Estructural en Acero” – Luis F. Zapata Baglietto

Para pernos A307 $F_y = 2.53 \text{ t/cm}^2$

2.2.13 Gestión de proyectos

Inteco (2009), indica que un proyecto es un conjunto de actividades coordinadas y controladas, con las fechas de inicio y final bien definidas, de esta manera se encamina la creación de un producto o servicio único y conforme a unos requisitos específicos, se incluyen limitaciones de tiempo, recursos y costos. Algunas características de los proyectos son:

- Pueden ser prolongadas por un tiempo extenso y estar sujetos a influencias internas o externas.
- Comúnmente tienen restricciones de recursos y costos.

- Tienen cierto grado de incertidumbre y riesgo.
- Se crean productos entregables únicos, que son los productos, servicios o resultados generados.
- Se desarrolla en pasos, se detalla de manera general al comienzo del proyecto, y se hace más detallado y explícito a medida que el equipo encargado del proyecto desarrolla un mejor y más completo entendimiento de los productos entregables y los objetivos.
- Tienen una duración limitada, con un comienzo y un final bien definidos. El final del proyecto se alcanza cuando se han logrado los objetivos o cuando se cancela el mismo por quedar claro que los objetivos no pueden ser alcanzados o porque la necesidad deja de existir.

Inteco (2009), menciona que una vez definido lo que es un proyecto, se puede abordar qué es la gestión de proyectos. La definición más lógica sería la aplicación de un conjunto de habilidades, conocimientos, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer los requisitos del mismo.

Con esto en mente, la gestión de proyectos no es un proceso perfectamente definido. Es más, cada profesional encargado del mismo tiene enfoques distintos a la hora de gestionar sus proyectos, mientras que unos se centran en los aspectos de liderazgo y gestión de personas, otros valoran más el control y el seguimiento.

2.2.13.1 PMBOK ®

Inteco (2009), indica que la guía PMBOK® (Project Management Body Of Knowledge) es el estándar de la gestión de los proyectos del PMI (Project Management Institute) y acreditado por la norma ANSI (American National Standards Institute).

El principal objetivo de la guía PMBOK® es definir un conjunto de buenas prácticas, como aquellas sobre las que hay un acuerdo generalizado en que la correcta aplicación de las mismas puede mejorar las posibilidades de éxito de un proyecto en cuestión.

Inteco (2009), estructura en tres secciones la guía PMBOK®:

- La primera sección establece el marco conceptual de la dirección de los proyectos. En esta sección se proporciona una estructura básica para entender los conceptos relacionados con la gestión de los proyectos, áreas de experiencia clave en la gestión, el ciclo de vida del proyecto, y también las estructuras organizativas y por último el entorno en el que se desarrolla la gestión de proyectos.
- La segunda sección dedicada a la norma para la dirección de proyectos. En esta sección se describen todos los procesos de dirección de los proyectos, los grupos de procesos de dirección del proyecto en cuestión: inicio, planificación, ejecución, control y cierre; y por último las interacciones entre los procesos.
- La tercera sección denominada áreas de conocimiento de la gestión de proyectos. En esta sección se pueden detallar las 9 áreas de conocimiento definidas: gestión de la integración de proyectos, gestión del alcance, gestión del tiempo, gestión de costes, gestión de calidad, gestión de los recursos humanos, gestión de la comunicación, gestión del riesgo y gestión de adquisiciones.

2.2.13.2 Estructura de desglose de trabajo (EDT)

Rodríguez (2023), menciona que la Estructura de desglose de trabajo (EDT) es un medio exhaustivo y sistemático para definir el trabajo del proyecto. El PMI define la EDT como un “árbol genealógico” de los componentes del proyecto orientado al producto; esta estructura define y organiza el alcance total del proyecto. Cada nivel descendente representa un concepto cada vez más detallado de un componente del proyecto en cuestión. El nivel más bajo del gráfico definirá un elemento de trabajo que puede ser detallado y cuya responsabilidad podría ser asignada a una sola persona. El alcance del proyecto a elaborar consiste en la suma total de todos los elementos de la EDT. Por otro lado, un elemento que no esté contenido en la EDT no formará parte del proyecto a desarrollar y se denominará “fuera de alcance”.

Rodríguez (2023), menciona que generar una EDT es una actividad de consenso en la que idealmente participan (según conveniencia) el patrocinador ejecutivo, el equipo encargado del proyecto, los principales interesados del mismo, los proveedores, los expertos externos y, posiblemente, los principales clientes. El objetivo de esto es descomponer el proyecto en componentes discretos que sean lo suficientemente pequeños como para ser asignados a una sola persona responsable (el propietario) y cuyo progreso del proyecto se pueda medir de forma significativa.

En el proyecto, cada propietario de una tarea es responsable de definir los criterios de finalización de la misma, determinar quién debe participar y asegurarse de que se deba completar con éxito. Una vez definida la EDT del proyecto a desarrollar, cada uno de los responsables de las tareas estimará el tiempo y la duración de cada elemento, y esta información será la principal aportación al plan del proyecto.

2.2.13.3 Valor ganado - Curva S

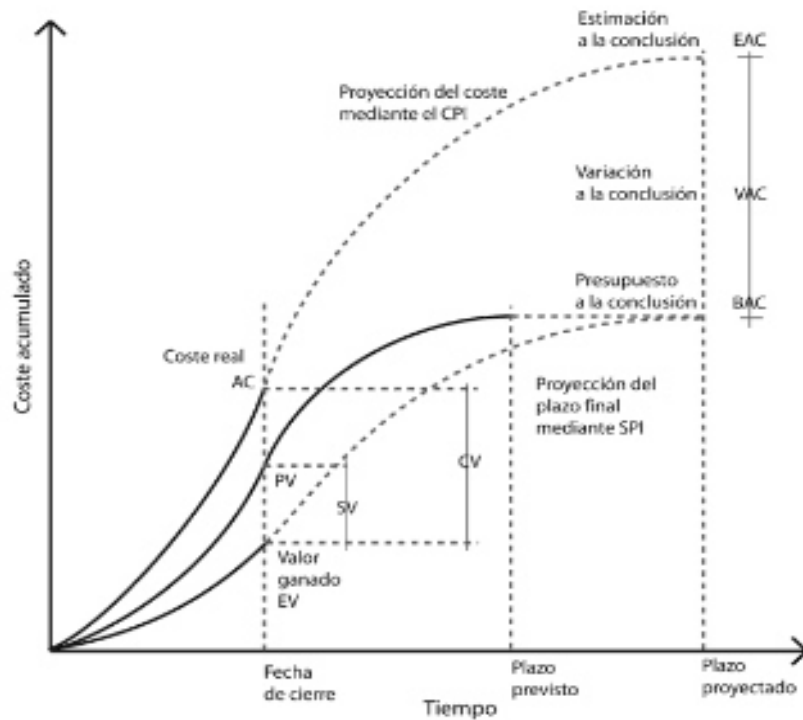
Moreno (2016), indica que el método del valor ganado (VG), compara la cantidad de trabajo planeado con lo que realmente se ha terminado para determinar si el cronograma, el costo y el trabajo realizado están llevándose a cabo de acuerdo con lo planeado.

El método del valor ganado compara las tres siguientes variables:

- Costo planeado: Se denomina al costo de trabajo programado que va ser completado de una actividad o tarea hasta un momento determinado.
- Costo real: Se denomina al costo total incurrido en la realización del trabajo de la actividad del cronograma, durante un periodo determinado.
- Valor ganado: Se denomina a la cantidad presupuestada para el trabajo realmente concluido de la actividad del cronograma, durante un periodo determinado de tiempo. El valor ganado es un porcentaje del presupuesto total igual al porcentaje de trabajo realmente terminado.

Mattos (2014) señala que en el método del valor ganado se pueden mostrar todos los parámetros con relación con la curva S de todos los costes acumulados. La curva S que se establece al principio del proyecto es la línea base, que es la referencia para comparar el avance realizado.

Gráfica N° 2.1 Curva “S”



Fuente: Libro – “Métodos de Planificación y Control de Obras”
– Aldo D. Mattos; Fernando Valderrama

2.3. Marco Conceptual: VARIABLE: DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural es el proceso que consiste en crear una estructura segura y funcional bajo cualquier estado de cargas que pueda experimentar. Durante este proceso, el ingeniero estructural determinará la estabilidad, la resistencia y la rigidez de la estructura. El objetivo básico en el diseño y análisis estructural es generar una estructura capaz de resistir todas las cargas aplicadas sin fallar durante su vida útil prevista (BuildSoft, 2022).

Meli (2002), describe que: El diseño estructural abarca las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura, o sea de aquella parte de una construcción que tiene como función absorber las solicitaciones que se presentan durante las distintas etapas de su existencia.

Dimensiones de diseño estructural

Sistema estructural

El sistema estructural es un ensamblaje de miembros o elementos independientes para conformar un cuerpo único. La manera de ensamblaje y el tipo de miembro ensamblado definen el comportamiento final de la estructura y constituyen diferentes sistemas estructurales (Jácome, 2016).

Planificación de costos

La planificación de costos es una parte esencial del proceso de gestión de proyectos. Los gestores de proyectos deben saber dónde se sitúan los costes en su calendario para gestionar la demanda de recursos. El control de costes es el proceso de recoger los costes reales y cotejarlos en un formato que permita compararlos con los presupuestos del proyecto. El control de costes es necesario para mantener un registro de los gastos monetarios con fines tales como: Minimizar los costos en la medida de lo posible y revelar las áreas en donde hay un exceso de gastos (Trios, 2021).

Planificación de tiempo

La planificación del tiempo consiste en organizar tus tareas en orden de prioridades, saber que cuentas con un determinado tiempo para cumplirlas, establecer metas y objetivos y, finalmente, crear un plan de acción para lograrlas (Coworkingfy, 2020).

2.4. Definición de Términos Básicos:

- **Flecha:** Deformación de una viga, un arco u otro elemento análogo, perpendicularmente a su eje neutro, por efecto de una carga, peso propio u otras causas.
- **Luz:** Distancia horizontal entre los ejes de los carriles de la vía de rodadura
- **Alma:** Elemento central de una viga que une a las alas perpendiculares a éste y resiste principalmente los esfuerzos cortantes.
- **Viga Principal:** Es el miembro principal de carga, constituido por perfiles estructurales cargados transversalmente al eje de la viga, generando esfuerzos de flexión. Puede ser diseñado con una sola viga (monorraíl) o con dos vigas principales (birraíl).
- **Viga Testera:** Es la parte dinámica fijado a la viga principal, tiene como función soportar las cargas de la viga principal. Las ruedas de esta viga se deslizan sobre guías que están ubicadas a lo largo de la viga carrilera.
- **Viga Carrilera:** Parte de la grúa puente en el cual se desliza la viga testera, éste se apoya sobre unas guías transportando así la carga a lo largo de la planta.
- **Soldadura:** Es un proceso utilizado para unir dos o más piezas metálicas. Consiste en aplicar una corriente eléctrica para sobrecalentar y fundir el metal el cual, al enfriarse, queda fijo.
- **Columna:** Son miembros verticales a compresión esenciales para las estructuras de cualquier tipo, que sirven para apoyar a las vigas cargadas, fabricadas con perfiles estructurales, empleados como elemento único o de perfiles compuestos.
- **Motor Eléctrico:** Es un dispositivo capaz de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, realiza esto por medio de la acción de los campos magnéticos que generan las bobinas que se encuentran dentro del motor.
- **Cimentación:** Es el conjunto de elementos estructurales que transmite las cargas o elementos apoyados en ella al suelo, se distribuyen de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

- **Carro:** Es el componente de la grúa que permite elevar y desplazar la carga ubicada en el suelo por medio de cables de acero.
- **Ruedas:** Elementos que permiten el desplazamiento de la viga testera y en consecuencia el traslado de la carga.
- **Rodamientos:** Es un elemento mecánico capaz de reducir la fricción entre un eje y las piezas conectadas al mismo a través de un apoyo que facilita su desplazamiento.
- **Botonera:** Es el dispositivo unido físicamente mediante una manguera de cables eléctricos a la grúa, para el manejo de la misma desde el exterior.

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis:

3.1.1. Hipótesis General

El diseño estructural adecuado de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permite la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmecánica.

3.1.2. Hipótesis Específicas

- El sistema estructural necesario de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permite la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmecánica.
- La planificación de costos adecuada de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permite la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmecánica.
- La planificación de tiempo necesaria de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permite la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmecánica.

3.2 Definición Conceptual de la Variable:

Del proyecto de investigación, titulado “DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA GRÚA PUENTE DE ALMA DOBLE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD PARA UNA EMPRESA METALMECÁNICA”, se obtiene la siguiente variable:

Variable

Diseño Estructural.

3.2.1 Operacionalización de Variable:

Tabla N° 3.1 Operacionalización de Variable

| VARIABLE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | MÉTODO |
|--------------------|---|---|-------------------------|---|---|
| Diseño Estructural | Según Roberto Meli Piralla, El diseño estructural abarca las diversas actividades que desarrolla el proyectista para determinar la forma, dimensiones y características detalladas de una estructura. | Establecer las medidas de los componentes que van a integrar la estructura, de acuerdo con; a) La capacidad de carga solicitada por la Empresa; b) El espacio disponible en donde va operar la Grúa Puente. | Sistema estructural | Carga. Sistema de Elevación. Sistema de Traslación. | TIPO DE INVESTIGACION APLICADA - TECNOLÓGICA DISEÑO DE INVESTIGACION NO EXPERIMENTAL POBLACION Y MUESTRA GRUA PUENTE DE ALMA DOBLE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS DOCUMENTAL |
| | | | Planificación de costos | Material. Ensayos. Mano de obra. Costo Real de Fabricación. | |
| | | | Planificación de Tiempo | Proveedores y entrega de Material. Tiempo Planificado de Fabricación y Ensamble. Tiempo Real de Fabricación y Ensamble. | |

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1 Diseño Metodológico

- Tipo de Investigación

De acuerdo al autor Esteban Nicomedes en su texto “Tipos de investigación” (Pág. 3). El presente trabajo de investigación es de tipo Aplicada – Tecnológica, en la cual se diseña y fabrica una grúa puente para resolver la necesidad de la empresa en elevar y trasladar altas cargas.

- Diseño de Investigación

De acuerdo al autor Roberto Hernández Sampieri en su texto “Metodología de investigación” (Pág. 152). El presente trabajo de investigación es de diseño no experimental, en la cual se recolecta información del sistema de grúa puente de alta carga sin variar deliberadamente la variable.

- Nivel de Investigación

De acuerdo al autor Fidias G. Arias en su texto “El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica” (Pág. 23). El presente trabajo de investigación es de nivel descriptivo, en la cual se especifica las propiedades, estructura y características que tendrá la grúa puente que necesita la empresa SEFREL ingenieros.

4.2 Método de Investigación

De acuerdo al autor David Alan y Liliana Cortez en su texto “Procesos y fundamentos de la investigación científica” (Pág. 21). El método empleado en esta investigación es lógico deductivo, ya que parte de aspectos y/o leyes generales conocidas (cálculos y propiedades) para demostrar y comprender aspectos particulares (grúa puente).

4.3 Población y Muestra

De acuerdo al autor **Ciro Espinoza** en su texto “Metodología de investigación tecnológica” (Pag 173). Sistema de grúa puente de alma doble de 30 Ton de capacidad, es un objeto de estudio tecnológico. Para esta investigación la muestra coincide con la población por ser único caso de análisis.

4.4 Lugar de Estudio y Periodo Desarrollado

En la presente investigación se describe la necesidad del área de taller de la empresa **Sefrel Ingenieros - Lima**, cuya industria solo realiza la importación de grúas puente mayores a 5 toneladas de capacidad, el periodo de desarrollo del diseño y fabricación fue de 5 meses.

4.5 Técnicas e Instrumentos para la recolección de la Información

De acuerdo al autor **Ciro Espinoza** en su texto “Metodología de investigación tecnológica” (Pag 110). La investigación tiene una técnica documental, por las siguientes características:

- **Revisión de Datos Técnicos existentes en la Industria**
Al momento de analizar los catálogos de empresas que se dedican al rubro metal mecánico, se puede observar la ausencia de diseños nacionales de Grúas Puente mayores a 5 toneladas de capacidad, las Grúas que superan esta capacidad deben ser importadas
- **Recopilación de planos de grúas puente existentes en la industria**
Esta etapa se inicia con la revisión de planos existentes en el mercado, para determinar y definir cuál es la forma más adecuada y estable de un sistema de elevación y traslación de cargas pesadas, así mismo identificar las mejoras que se pueden realizar a los modelos ya existentes.
- **Revisión de normas y estándares**
En esta etapa se procede a evaluar y seleccionar las normas técnicas a utilizar y definir el modelo teórico utilizado para los cálculos.

Tabla N° 3.2 Técnicas e Instrumentos para la recolección de la Información

| Técnica | Instrumento de recolección |
|------------|--|
| Documental | Normas técnicas peruanas e internacionales. |
| | Textos: Mecánica de Materiales, Análisis y diseño estructural. |
| | Fichas Técnicas y Catálogos de Aceros |
| | Manuales de Grúa Puente y de Soldadura |

4.6 Análisis y Procesamiento de Datos

De acuerdo a la característica de este proyecto de investigación no requiere hacer un procesamiento estadístico de datos.

4.7 Aspectos Éticos en Investigación

La información entregada en esta Investigación ha sido elaborada de tal forma que nuestra investigación respeta a los autores legales en cada párrafo.

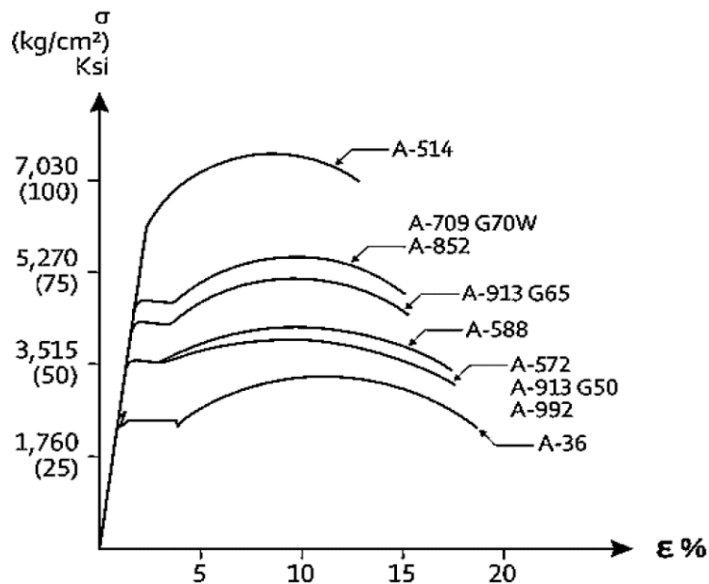
V. RESULTADOS

5.1 Resultados Descriptivos:

- El material escogido para las vigas fue acero estructural, comúnmente utilizado en la construcción y aprobado en la norma peruana del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE); acero estructural ASTM A 36 (Normas de Estructuras “E.90 Estructuras Metálicas”). Las propiedades mecánicas y térmicas del mismo son las siguientes:

| | |
|-----------------------|---|
| Módulo de Elasticidad | $E = 200,000 \text{ MPa}$ |
| Módulo de Poisson | $\nu = 0.26$ |
| Esfuerzo de Fluencia | $\sigma_e = 250 \text{ MPa} = 36,000 \text{ psi}$ |
| Límite Plástico | $\sigma_p = 400\text{-}552 \text{ MPa}$ |
| Peso Específico | $\gamma = 77.11 \text{ KN/m}^3$ |

Gráfica N° 5.1 Gráfica Esfuerzo – Deformación para varios grados de Acero Estructural



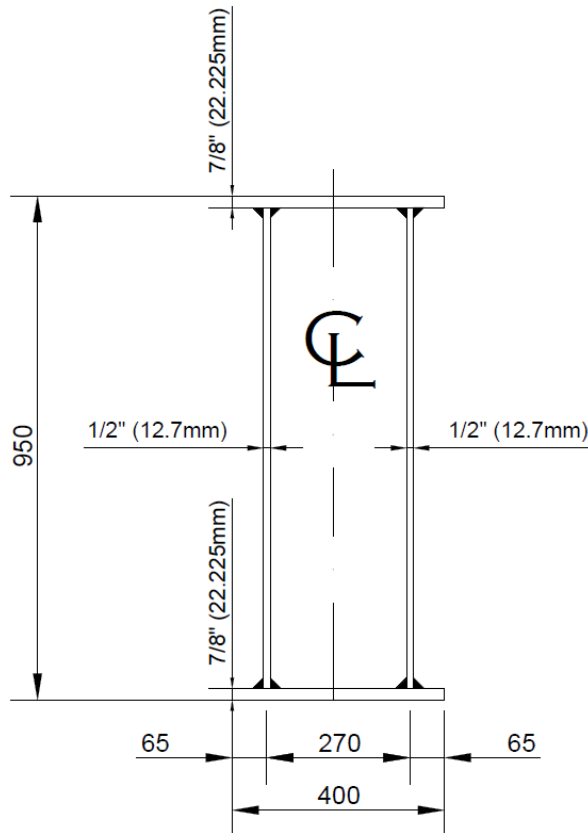
Fuente: Informe – “Laboratorio de Tecnología de Materiales
– Perfiles Estructurales” – Felipe Diaz del Castillo Rodríguez

- El espacio Disponible es:

| | |
|-----------------|--------------------|
| Viga Principal: | $L = 18 \text{ m}$ |
| Viga Carrilera: | $L = 40 \text{ m}$ |
| Carga a Elevar: | $h = 8 \text{ m}$ |

Capacidad de la Grúa Propuesta: 30 Tn

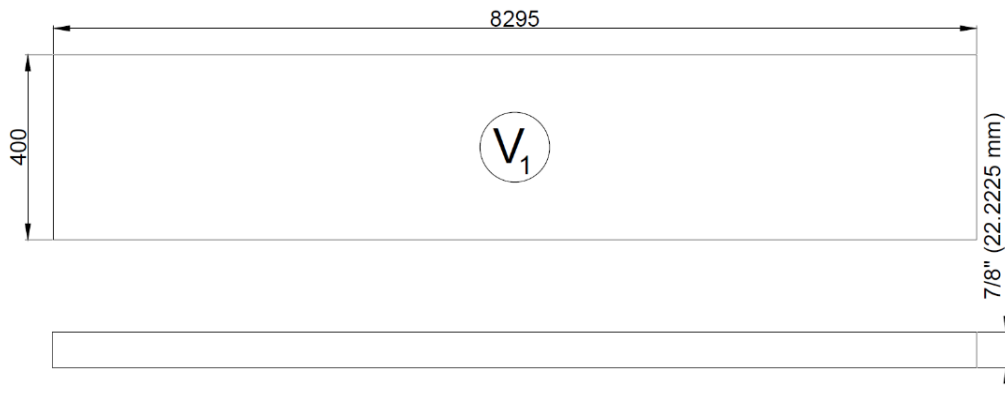
Figura N° 5.1 Perfil de Alma Doble Propuesto



5.1.1 Cálculo del Peso Propio de la Viga Principal (Viga Cajón):

a. Peso del Ala Inferior y Superior:

Figura N° 5.2 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (7/8" Espesor)



$$V_1 = 829.5 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 2.2225 \text{ cm} = 73,742.55 \text{ cm}^3$$

$$P_1 = V_1 \times \gamma_{\text{ACERO}} = 73,742.55 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 578,879.0175 \text{ gr}$$

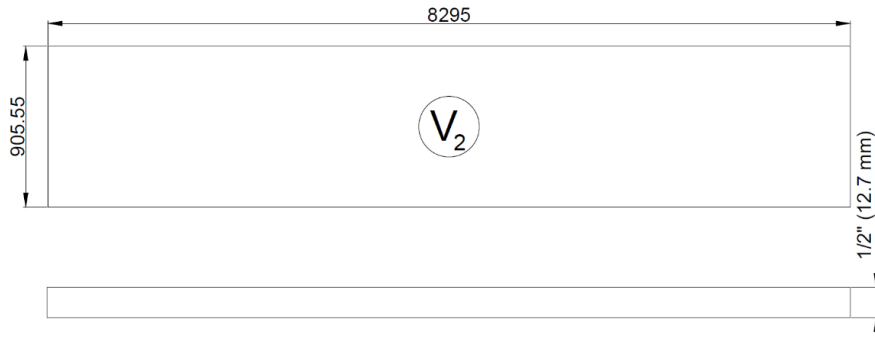
$$P_1 = 578,879.0175 \text{ gr} = 578.8790175 \text{ kg}$$

- Peso de las 2 Alas:

$$2 \times P_1 = 2 \times 578.8790175 \text{ kg} \\ = 1,157.758035 \text{ kg}$$

b. Peso del Alma Doble:

Figura N° 5.3 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (1/2" Espesor)



$$V_2 = 829.5 \text{ cm} \times 90.555 \text{ cm} \times 1.27 \text{ cm} = 95,396.52308 \text{ cm}^3$$

$$P_2 = V_2 \times \rho_{\text{ACERO}} = 95,396.52308 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} = 748,862.7061 \text{ gr}$$

$$P_2 = 748,862.7061 \text{ gr} = 748.8627061 \text{ kg}$$

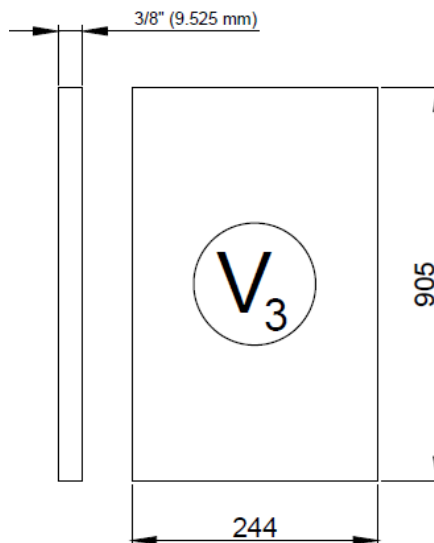
- Peso de las 2 Almas:

$$P_2' = 2 \times P_2 = 1,497.725412 \text{ kg}$$

c. Cálculo de los Refuerzos Internos:

- Peso de los 10 Refuerzos de 3/8" de espesor y 90.5 cm de Altura:

Figura N° 5.4 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (3/8" Espesor) y 90.5 cm de Altura



$$V_3 = 90.5 \text{ cm} \times 24.4 \text{ cm} \times 0.9525 \text{ cm}$$

$$V_3 = 2,103.3105 \text{ cm}^3$$

$$P_3 = V_3 \times \gamma_{\text{ACERO}} = 2,103.3105 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$P_3 = 16,510.98743 \text{ gr} = 16.51098743 \text{ kg}$$

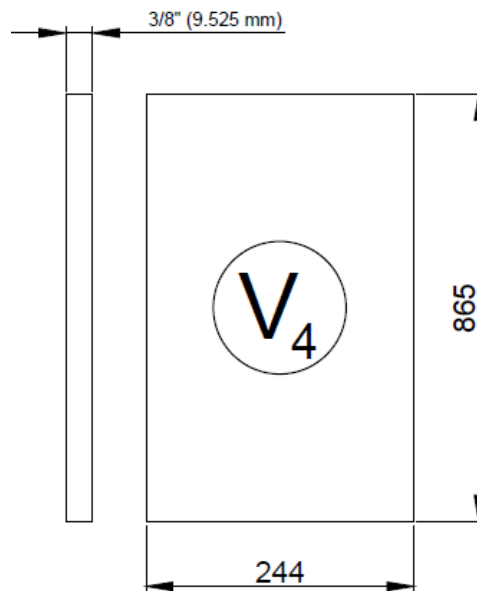
Peso de los 10 Refuerzos:

$$P'_3 = 10 \times 16.51098743 \text{ kg}$$

$$P'_3 = 165.1098743 \text{ kg}$$

- Peso de los 2 Refuerzos de 3/8" de espesor y 86.5 cm de Altura:

Figura N° 5.5 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (3/8" Espesor) y 86.5 cm de Altura



$$V_4 = 86.5 \text{ cm} \times 24.4 \text{ cm} \times 0.9525 \text{ cm}$$

$$V_4 = 2,010.3465 \text{ cm}^3$$

$$P_4 = V_4 \times \gamma_{\text{ACERO}} = 2,010.3465 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$P_4 = 15,781.22033 \text{ gr} = 15.78122033 \text{ kg}$$

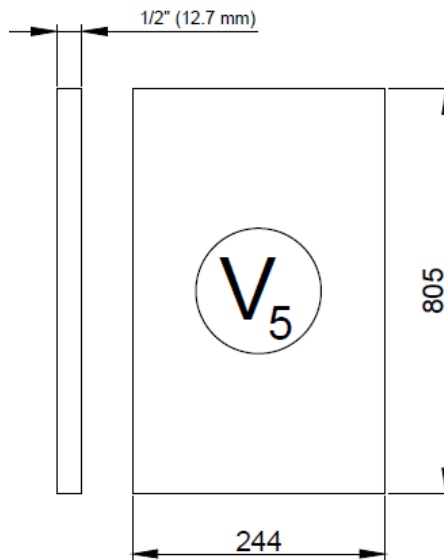
Peso de los 2 Refuerzos:

$$P'_4 = 2 \times 15.78122033 \text{ kg}$$

$$P'_4 = 31.56244 \text{ kg}$$

- Peso de los 2 Refuerzos de 1/2" de espesor y 80.5 cm de Altura:

Figura N° 5.6 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (1/2" Espesor) y 80.5 cm de Altura



$$V_5 = 80.5 \text{ cm} \times 24.4 \text{ cm} \times 1.27 \text{ cm}$$

$$V_5 = 2,494.534 \text{ cm}^3$$

$$P_5 = V_5 \times \gamma_{\text{ACERO}} = 2,494.534 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$P_5 = 19,582.0919 \text{ gr} = 19.5820919 \text{ kg}$$

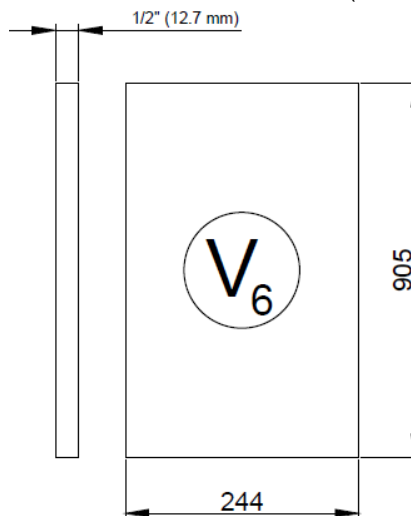
Peso de los 2 Refuerzos:

$$P'_5 = 2 \times 19.5820919 \text{ kg}$$

$$P'_5 = 39.1641838 \text{ kg}$$

- Peso de 1 Refuerzo de 1/2" de espesor y 90.5 cm de Altura:

Figura N° 5.7 Plancha de Acero Estructural ASTM A-36 (1/2" Espesor) y 90.5 cm de Altura



$$V_6 = 90.5 \text{ cm} \times 24.4 \text{ cm} \times 1.27 \text{ cm}$$

$$V_6 = 2,804.414 \text{ cm}^3$$

$$P_6 = V_6 \times \gamma_{\text{ACERO}} = 2,804.414 \text{ cm}^3 \times 7.85 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$P_6 = 22,014.6499 \text{ gr} = 22.0146499 \text{ kg}$$

- Peso Total de los Refuerzos:

$$P_{\text{TR}} = 10 P_3 + 2 P_4 + 2 P_5 + P_6$$

$$P_{\text{TR}} = 165.1098743 + 31.56244 + 39.1641838 + 22.0146499$$

$$P_{\text{TR}} = 257.851148 \text{ kg}$$

d. Peso Total de la Viga Cajón:

$$P_T = 2 P_1 + 2 P_2 + P_{\text{TR}}$$

$$P_T = 1,157.758035 \text{ kg} + 1,497.725412 \text{ kg} + 257.851148 \text{ kg}$$

$$P_T = 2,913.334595 \text{ kg}$$

Redondeando más el peso aproximado de la Soldadura:

$$P_T = 2,950 \text{ kg}$$

e. Carga de Diseño:

$$C_d = P_T + C_U = 2,950 \text{ kg} + 40,000 \text{ kg}$$

$$C_d = 42,950 \text{ kg}$$

f. Esquemas de Cálculo:

1. Carga Concentrada en el Centro.
2. Doble Carga Concentrada.

5.1.2 Deflexión de Vigas simplemente apoyadas con carga concentrada en el Centro:

$$Y_{\text{Bx}} Y_{\text{MÁX}} = \frac{-P \times L^3}{48 \times E \times I} \quad (\text{En el Centro})$$

$$Y = \frac{-P \times x}{48 \times E \times I} \times (3L^2 - 4x^2)$$

- Diagrama de Momentos Flectores y Momento Flector Máximo:

$$M = \frac{F \times L}{4}$$

- Diagrama de Esfuerzos Cortantes y Reacciones en los Apoyos:

$$R_A = R_C = \frac{F}{2}$$

- Flechas Máximas, Ángulos de Giro extremos:

$$X_A = X_B = \frac{L}{2}$$

$$f = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$\theta_A = \theta_B = \frac{F \times L^2}{16 \times E \times I}$$

- Área Total de la Viga de Alma Doble (A_T):

$$A_T = 2 \times A_{V1} + 2 \times A_{V2} + A_{REFUERZOS}$$

$$A_T = 2 \times 40 (2.2225) + 2 (1.27) (95 - 2 \times 2.2225) + 2 \times (24.4 \times 90.5)$$

$$A_T = 178 + 229.997 + 4,416.4$$

$$A_T = 4,824.397 \text{ cm}^2$$

5.1.3 Momento de Inercia de la Viga de Alma Doble (I_x):

$$I_x = I_{x_{ALA}} + I_{x_{ALMA}} + I_{REFUERZOS}$$

$$I_x = 2 \times \left[\frac{40 \times 2.2225^3}{12} + 40 \times 2.2225 \times \left(47.5 - \frac{2.2225}{2} \right)^2 \right] + 2 \times \left(\frac{(1.27) \times (90.555)^3}{12} \right) +$$

$$\frac{24.4 \times (90.5)^3}{12}$$

$$I_x = 382,683.8743 + 157,177.2823 + 1,507,142.504$$

$$I_x = 2,047,003.661 \text{ cm}^4$$

- Módulo de Resistencia de la Sección (S):

$$S = \frac{I_x}{\frac{h}{2}} = \frac{2,047,003.661 \text{ cm}^4}{\frac{47.5}{2} \text{ cm}} = 86,189.62782 \text{ cm}^3$$

- Datos para el Cálculo:

$$C_d = P = F = 42,950 \text{ kg}$$

$$L = 8,295 \text{ mm} = 829.5 \text{ cm}$$

$$\text{Peso Propio} = 2,950 \text{ kg}$$

$$\text{Carga Nominal} = 40,000 \text{ kg} = 40 \text{ TON}$$

$$E = 2.10 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \rightarrow 30 \text{ MPsi} = 30 \times 10^6 \text{ psi} \rightarrow 206.8 \text{ GPa}$$

$$A_T = 407.997 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 2,047,003.661 \text{ cm}^4$$

$$S = 86,189.62782 \text{ cm}^3$$

5.1.4 Flecha Máxima de la Viga Cajón con Carga Concentrada en el Centro:

$$f_{MÁX} = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I}$$

$$f_{MÁX} = \frac{42,950 \text{ kg} \times (739.5)^3 \text{ cm}^3}{48 \times 2.10 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 2,047,003.661 \text{ cm}^4}$$

$$f_{MÁX} = 0.08417663512 \text{ cm} \approx 0.842 \text{ mm}$$

5.1.5 Flecha Máxima admisible según Norma (DIN):

$$f_{MÁX \text{ PERM.}} = \frac{L}{500}$$

$$f_{MÁX \text{ PERM.}} = \frac{7,395 \text{ mm}}{500} = 14.79 \text{ mm}$$

Como:

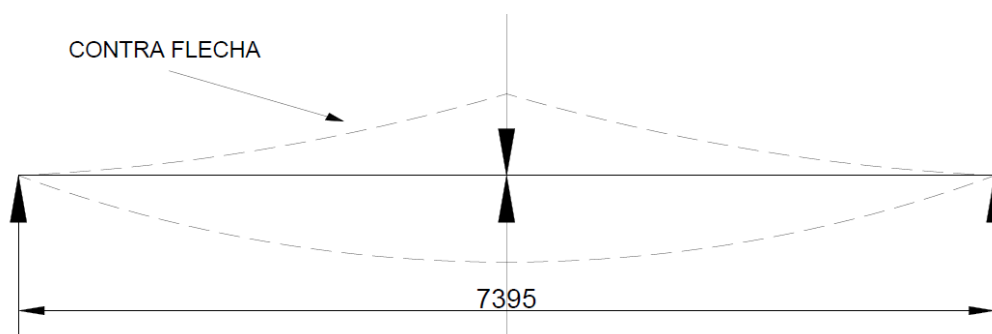
Flecha Máxima Producida < Flecha Máxima Admisible

$$0.842 \text{ mm} < 14.79 \text{ mm}$$

La propuesta del perfil de la Viga de Alma Doble es CORRECTA.

NOTA:

Figura N° 5.8 Diagrama Contra Flecha



Según la Norma DIN:

Para el diseño de la Grúa Puente, con los datos obtenidos:

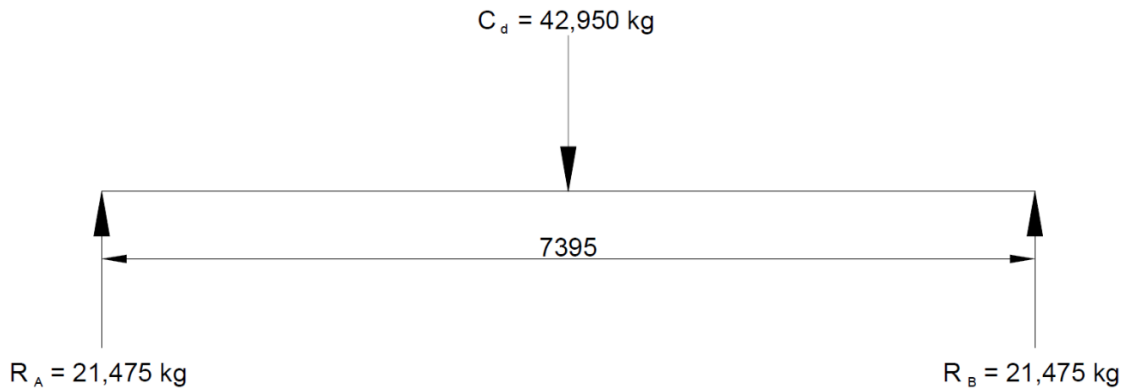
Como:

$$0.842 \text{ mm} < 14.79 \text{ mm} \text{ (Según DIN)}$$

No es necesario considerar la Contra flecha al fabricar la Viga Cajón.

- Esquema de Cálculo:

Figura N° 5.9 Esquema de Cálculo



- Diagrama de Cuerpo Libre de la Columna:

Tabla N° 5.1 Factores de Longitud Efectiva, K, para miembros comprimidos con carga concéntrica

| | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) | (f) |
|--|------|------|------|------|------|------|
| La forma deformada de la columna se muestra en línea punteada | | | | | | |
| Valor Teórico de K | 0.50 | 0.70 | 1.00 | 1.00 | 2.00 | 2.00 |
| Valor recomendado de K cuando las condiciones reales son parecidas a las ideales | 0.65 | 0.80 | 1.20 | 1.00 | 2.10 | 2.00 |

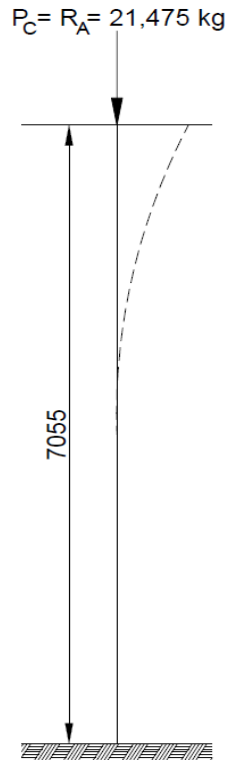
| | | |
|---------------------------------------|--|--|
| Símbolo para las condiciones de apoyo | | Rotación y Traslación Impedida |
| | | Rotación Permitida y Traslación Impedida |
| | | Rotación Impedida y Traslación Permitida |
| | | Rotación y Traslación Permitida |

Fuente: Steel Construction (8va. Edición)

5.1.6 Diseño de la Columna:

Para el diseño de nuestra columna seleccionamos el caso E de la Tabla N° 5.1 de los factores de Longitud Efectiva.

Figura N° 5.10 Diagrama de Cuerpo Libre de la Columna



$$l_0 = k \times L = 2 \times (705.5) = 1,411 \text{ cm}$$

- De acuerdo a Joseph Vidosic, consideramos:

$$FS = 2.25$$

Entonces:

$$\delta_y = \delta_{ad} \times FS$$

- Por Euler:

$$\delta_y = \frac{\pi^2 \times E}{\lambda^2} \times FS$$

$$36,000 = \frac{\pi^2 \times (30 \times 10^6)}{\lambda^2} \times (2.25)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 (30 \times 10^6) (2.25)}{36,000}}$$

$$\lambda = 136.03$$

- Relación de Esbeltez (λ):

$$\lambda = \frac{l_0}{r}$$

$l_0 = 1,411 \text{ cm}$

$r =$ Radio de Giro que debe tener el Perfil

$$136.03 = \frac{1,411}{r}$$

$r = 10.37 \text{ cm}$

$r_{\text{mín}} = 4.08 \text{ pulg}$

- Buscamos en la Tabla el Perfil Adecuado:

Tabla N° 5.2 Perfiles W 14"

| Designation | Area A | Depth d | Web | | Flange | | Distance | | | Compact Section Criteria | | | | Elastic Properties | | | | | | Torsional constant | | Plastic Modulus | | | | | | | |
|-------------|-----------|------------|--------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|----------|-----|-------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|----------|---|----------|---|------|--------------------|-------|------------------|------------------|------------------|------------------|------|------|------|-----|
| | | | Thickness t_w | $\frac{t_w}{2}$ | Width b_f | Thickness t_f | T | k | k_1 | F_y | $\frac{d}{t_w}$ | F_y' | F_y'' | r_x | Axis X-X | | Axis Y-Y | | J | Z_x | Z_y | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | I | S | I | S | | | | in. ⁴ | in. ³ | in. ⁴ | in. ³ | | | | |
| W 14x730 | 215.0 | 22.42 | 22% | 3.070 | 3 ¹⁵ / ₁₆ | 1 ¹⁵ / ₁₆ | 17.890 | 17% | 4.910 | 4 ¹⁵ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 5 ¹⁵ / ₁₆ | 2 ³ / ₁₆ | 730 | 1.8 | — | 7.3 | — | 4.99 | 0.25 | 14300 | 1280 | 8.17 | 4720 | 527 | 4.69 | 1450 | 1660 | 816 |
| x665 | 196.0 | 21.64 | 21% | 2.830 | 2 ¹³ / ₁₆ | 1 ⁷ / ₁₆ | 17.650 | 17% | 4.520 | 4 ¹ / ₂ | 11 ¹ / ₄ | 5 ¹⁵ / ₁₆ | 2 ¹ / ₁₆ | 665 | 2.0 | — | 7.6 | — | 4.92 | 0.27 | 12400 | 1150 | 7.98 | 4170 | 472 | 4.62 | 1120 | 1480 | 730 |
| x605 | 178.0 | 20.92 | 20% | 2.595 | 2 ⁵ / ₈ | 1 ¹ / ₁₆ | 17.415 | 17% | 4.160 | 4 ³ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 4 ¹³ / ₁₆ | 1 ¹⁵ / ₁₆ | 605 | 2.1 | — | 8.1 | — | 4.85 | 0.29 | 10800 | 1040 | 7.80 | 3680 | 423 | 4.55 | 870 | 1320 | 652 |
| x550 | 162.0 | 20.24 | 20% | 2.380 | 2 ³ / ₈ | 1 ³ / ₁₆ | 17.200 | 17% | 3.820 | 3 ¹³ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 4 ¹ / ₂ | 1 ¹³ / ₁₆ | 550 | 2.3 | — | 8.5 | — | 4.79 | 0.31 | 9430 | 931 | 7.63 | 3250 | 378 | 4.49 | 670 | 1180 | 583 |
| x500 | 147.0 | 19.60 | 19% | 2.190 | 2 ¹ / ₁₆ | 1 ¹ / ₈ | 17.010 | 17% | 3.500 | 3 ¹ / ₂ | 11 ¹ / ₄ | 4 ³ / ₁₆ | 1 ³ / ₈ | 500 | 2.4 | — | 8.9 | — | 4.73 | 0.33 | 8210 | 838 | 7.48 | 2880 | 339 | 4.43 | 514 | 1050 | 522 |
| x455 | 134.0 | 19.02 | 19% | 2.015 | 2 | 1 | 16.835 | 16% | 3.210 | 3 ³ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 3 ¹ / ₈ | 1 ¹ / ₈ | 455 | 2.6 | — | 9.4 | — | 4.68 | 0.35 | 7190 | 756 | 7.33 | 2560 | 304 | 4.38 | 395 | 936 | 468 |
| W 14x426 | 125.0 | 18.67 | 18% | 1.875 | 1 ⁷ / ₈ | 1 ¹⁵ / ₁₆ | 16.695 | 16% | 3.035 | 3 ¹ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 3 ¹⁵ / ₁₆ | 1 ¹ / ₁₆ | 426 | 2.8 | — | 10.0 | — | 4.64 | 0.37 | 6600 | 707 | 7.26 | 2360 | 283 | 4.34 | 331 | 869 | 434 |
| x398 | 117.0 | 18.29 | 18% | 1.770 | 1 ³ / ₄ | 7 ¹ / ₈ | 16.590 | 16% | 2.845 | 2 ⁷ / ₈ | 11 ¹ / ₄ | 3 ¹ / ₂ | 1 ¹ / ₂ | 398 | 2.9 | — | 10.3 | — | 4.61 | 0.39 | 6000 | 656 | 7.16 | 2170 | 262 | 4.31 | 273 | 801 | 402 |
| x370 | 109.0 | 17.92 | 17% | 1.655 | 1 ⁵ / ₈ | 1 ¹³ / ₁₆ | 16.475 | 16% | 2.660 | 2 ¹ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 3 ¹⁵ / ₁₆ | 1 ¹ / ₁₆ | 370 | 3.1 | — | 10.8 | — | 4.57 | 0.41 | 5440 | 607 | 7.07 | 1990 | 241 | 4.27 | 222 | 736 | 370 |
| x342 | 101.0 | 17.54 | 17% | 1.540 | 1 ¹ / ₁₆ | 1 ¹³ / ₁₆ | 16.360 | 16% | 2.470 | 2 ¹ / ₂ | 11 ¹ / ₄ | 3 ¹ / ₈ | 1 ³ / ₈ | 342 | 3.3 | — | 11.4 | — | 4.54 | 0.43 | 4900 | 559 | 6.98 | 1810 | 221 | 4.24 | 178 | 672 | 338 |
| x311 | 91.4 | 17.12 | 17% | 1.410 | 1 ⁷ / ₁₆ | 3 ¹ / ₄ | 16.230 | 16% | 2.260 | 2 ¹ / ₄ | 11 ¹ / ₄ | 2 ¹ / ₁₆ | 1 ¹ / ₁₆ | 311 | 3.6 | — | 12.1 | — | 4.50 | 0.47 | 4330 | 506 | 6.88 | 1610 | 199 | 4.20 | 136 | 603 | 304 |
| x283 | 83.3 | 16.74 | 16% | 1.290 | 1 ¹ / ₁₆ | 1 ¹³ / ₁₆ | 16.110 | 16% | 2.070 | 2 ¹ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 2 ³ / ₁₆ | 1 ¹ / ₄ | 283 | 3.9 | — | 13.0 | — | 4.46 | 0.50 | 3840 | 459 | 6.79 | 1440 | 179 | 4.17 | 104 | 542 | 274 |
| x257 | 75.6 | 16.38 | 16% | 1.175 | 1 ¹ / ₁₆ | 1 ¹³ / ₁₆ | 15.995 | 16% | 1.890 | 1 ⁷ / ₈ | 11 ¹ / ₄ | 2 ¹ / ₁₆ | 1 ³ / ₁₆ | 257 | 4.2 | — | 13.9 | — | 4.43 | 0.54 | 3400 | 415 | 6.71 | 1290 | 161 | 4.13 | 79.1 | 487 | 246 |
| x233 | 68.5 | 16.04 | 16% | 1.070 | 1 ¹ / ₁₆ | 1 ¹³ / ₁₆ | 15.890 | 15% | 1.720 | 1 ³ / ₄ | 11 ¹ / ₄ | 2 ¹ / ₁₆ | 1 ³ / ₁₆ | 233 | 4.6 | — | 15.0 | — | 4.40 | 0.59 | 3010 | 375 | 6.63 | 1150 | 145 | 4.10 | 59.5 | 436 | 221 |
| x211 | 62.0 | 15.72 | 15% | 0.980 | 1 | 1 ¹ / ₂ | 15.800 | 15% | 1.560 | 1 ¹ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 2 ¹ / ₁₆ | 1 ¹ / ₁₆ | 211 | 5.1 | — | 16.0 | — | 4.37 | 0.64 | 2660 | 338 | 6.55 | 1030 | 130 | 4.07 | 44.6 | 390 | 198 |
| x193 | 56.8 | 15.48 | 15% | 0.890 | 7 ¹ / ₈ | 7 ¹ / ₈ | 15.710 | 15% | 1.440 | 1 ⁷ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 2 ¹ / ₁₆ | 1 ¹ / ₁₆ | 193 | 5.5 | — | 17.4 | — | 4.35 | 0.68 | 2400 | 310 | 6.50 | 931 | 119 | 4.05 | 34.8 | 355 | 180 |
| x176 | 51.8 | 15.22 | 15% | 0.830 | 1 ¹³ / ₁₆ | 7 ¹ / ₈ | 15.650 | 15% | 1.310 | 1 ¹ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 2 | 1 ¹ / ₁₆ | 176 | 6.0 | — | 18.3 | — | 4.32 | 0.74 | 2140 | 281 | 6.43 | 838 | 107 | 4.02 | 26.5 | 320 | 163 |
| x159 | 46.7 | 14.98 | 15% | 0.745 | 3 ¹ / ₄ | 3 ¹ / ₄ | 15.565 | 15% | 1.190 | 1 ³ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 1 ⁷ / ₁₆ | 1 | 159 | 6.5 | — | 20.1 | — | 4.30 | 0.81 | 1900 | 254 | 6.38 | 748 | 96.2 | 4.00 | 19.8 | 287 | 146 |
| x145 | 42.7 | 14.78 | 14% | 0.680 | 1 ¹³ / ₁₆ | 3 ¹ / ₄ | 15.500 | 15% | 1.090 | 1 ¹ / ₁₆ | 11 ¹ / ₄ | 1 ³ / ₈ | 1 | 145 | 7.1 | — | 21.7 | — | 4.28 | 0.88 | 1710 | 232 | 6.33 | 677 | 87.3 | 3.98 | 15.2 | 260 | 133 |

Fuente: Steel Construction (8va. Edición)

Buscando en Tabla 5.2: $r_{y-y} = 4.07 \text{ pulg}$

5.1.7 Cálculo de Placa Base de Columna:

De acuerdo a Zapata Baglietto (9-23):

Como: $l = 705.5 \text{ cm} = 23.15 \text{ pies}$

De Tabla 5.2: $211 \text{ lb/pie} \times 23.15 \text{ pie} = 4,884.65 \text{ lb} = 2,215.6 \text{ kg}$

- Carga Muerta (Peso Viga) -> $D = 2,215 \text{ kg} = 2.2 \text{ t}$
- Carga Viva -> $L = 21,475 \text{ kg} = 21.5 \text{ t}$
- Carga de Sismo se considera (1/4 X Carga Viva) -> $E = 5.5 \text{ t}$

- Determinación de la Carga Factorizada:

$$1.4 D = 3.08 \text{ t}$$

$$1.2 D + 1.6 L = 37.04 \text{ t}$$

$$1.2 D + 1.5 E + 0.5 L = 21.64 \text{ t}$$

$$0.9 D - 1.5 E = - 6.27 \text{ t}$$

La máxima carga factorizada para la columna es: $P_u = 37.04 \text{ t}$

- Determinación de la Plancha de Apoyo:

$$A_1 = \frac{P_u}{\phi_c \times 0.85 \times f_c} = \frac{37.04}{0.6 \times 0.85 \times 0.21} = 345.845 \text{ cm}^2$$

Considerando que B y N deben ser mayores de 40 cm, seleccionamos el

Perfil W14" X 211 lb/pie ($b_f \cong d = 40$)

$$A = 62 \text{ pulg}^2$$

$$d = 15.72 \text{ pulg} = 15 \frac{3}{4}''$$

$$r_{x-x} = 6.55 \text{ pulg} \times \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} = 16.637 \text{ cm}$$

$$r_{y-y} = 4.07 \text{ pulg} \times \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} = 10.3378 \text{ cm}$$

$$A = 62 \text{ pulg}^2 \times \frac{(2.54)^2 \text{ cm}^2}{1 \text{ pulg}^2} = 399.9992 \text{ cm}^2$$

Tomamos: B = 460 mm; N = 680 mm

$$P_u \leq \phi_c \times 0.85 \times f_c \times (2 \times A_1)$$

$$37.1 \leq (0.6) \times (0.85) \times (0.21) \times (2 \times 46 \times 68)$$

$$37.1 \leq 670 \text{ t (CUMPLE)}$$

Luego:

$$0.8 \times b = 32$$

$$0.95 \times d = 38$$

Siendo:

$$m = \frac{46 - 32}{2} = 7$$

$$n = \frac{68 - 38}{2} = 15$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 37 \times 1 \times 15^2}{46 \times 68 \times 0.9 \times 2.53}}$$

$$t = 1.53 \text{ cm} \rightarrow 5/8''$$

Por tanto, se usará una Plancha: 460 X 680 X 5/8''

5.1.8 Cálculo de los Pernos de Anclaje:

En perno ASTM A307; $L_d = 12 d$

Considerando:

$$\phi_{\text{mín}} = 1/2'' \text{ (Tanteo)}$$

$$L_d = 12 \times (12.7) = 152.4 \text{ mm}$$

Tomando la altura de zona de falla: $h = 60 \text{ mm} = 6 \text{ cm}$

$$H_u = \frac{\phi \times F_y \times t^2 \times B}{4 \times \left(g + \frac{h}{2}\right)} = \frac{(0.6) \times (2,536.37) \times (1.5875)^2 \times (46)}{4 \times \left(9.81 + \frac{6}{2}\right)}$$

$$H_u = 3,443.024 \text{ kg}$$

Entonces:

$$T = T_u + C V_u$$

Para 8 Pernos:

$$T_u = \frac{21,475 + 2,219.93}{8} = 2,961.77 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{3,443.024}{8} = 430.38 \text{ kg}$$

$$T = 2,961.77 + 1.85 \times (430.38)$$

$$T = 3,757.973 \text{ kg} \approx 3.75 \text{ t}$$

Según Tabla 9.2: Diámetro Perno = 5/8''

De acuerdo a Tabla tenemos:

$$L_d = 12d = 190.5 \text{ mm}$$

$$r_m = 16d = 254 \text{ mm}$$

$$m_u = 12d = 190.5 \text{ mm}$$

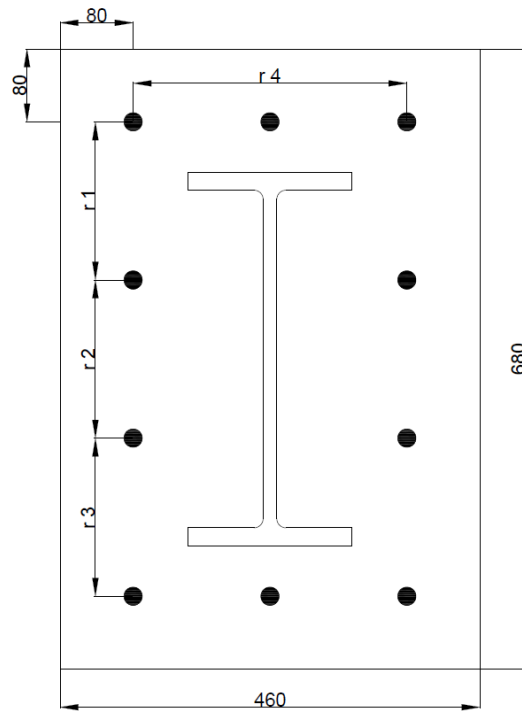
$$m_t = 5d = 79.375 \text{ mm}$$

Perno de Anclaje Tipo C:

$$r < r_m ; m_t < m < m_u$$

Considerando $m = 80 \text{ mm}$

Figura N° 5.11 Diagrama de la ubicación de los Pernos de Anclaje y la Placa Base



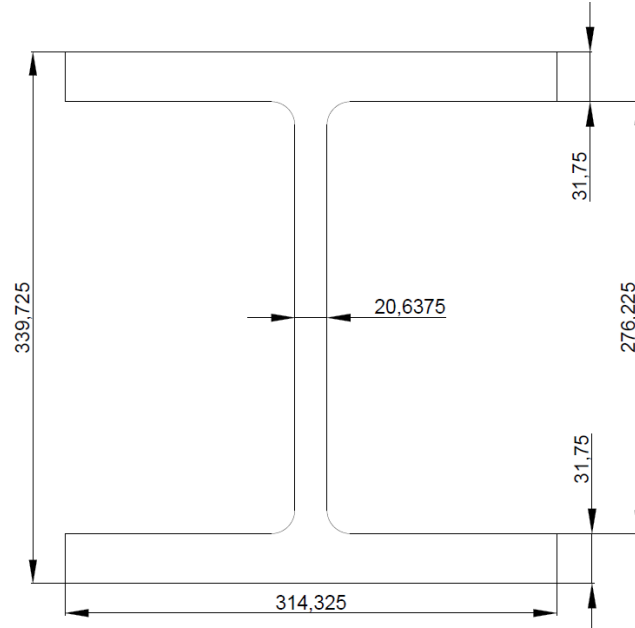
$$U_p = 1.065 \times B \times \sqrt{f'_c} \times A_c \geq F_y \times A_t$$

$$1.065 \times (0.65) \times \sqrt{210} \times 8 \left(\frac{\pi}{4} (190.5)^2 \right) \geq 3,750$$

$$2,287.4 \text{ t} \geq 3.75 \text{ t (CUMPLE)}$$

- Viga Carrilera W12" X 136 lb/pie

Figura N° 5.12 Viga Carrilera W12" X 136 lb/pie



$$A_T = 2 \times (31.75 \times 314.325) + 20.6375 \times 276.225 + 2 (146.844 \times 276.6225)$$

$$A_T = 2 \times (3.175 \times 31.4325) + 2.06375 \times 27.6225 + 2 (14.6844 \times 27.6225)$$

$$A_T = 1,067.84 \text{ cm}^2$$

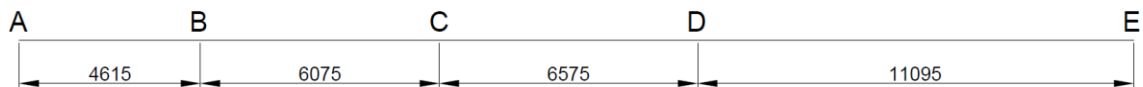
$$I_X = I_{X_{DIA}} + I_{X_{ALMA}}$$

$$I_X = \frac{(31.4325) \times (33.9725)^3}{12}$$

$$I_X = 102,702.3 \text{ cm}^4$$

$$S = \frac{I_X}{\frac{h}{2}} = \frac{102,702.3}{\frac{33.9725}{2}} = 6,046.2 \text{ cm}^3$$

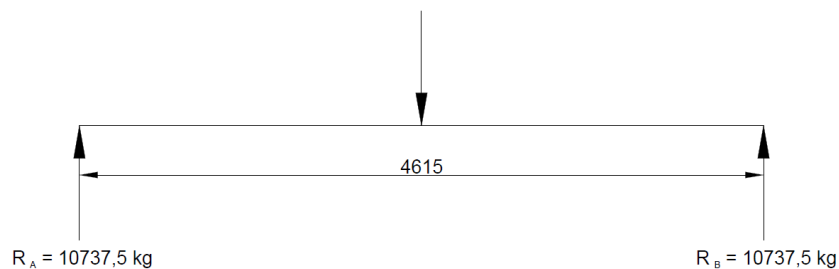
Figura N° 5.13 Distancia entre cada columna de Eje a Eje



5.1.9 Cálculo de la Viga Carrilera:

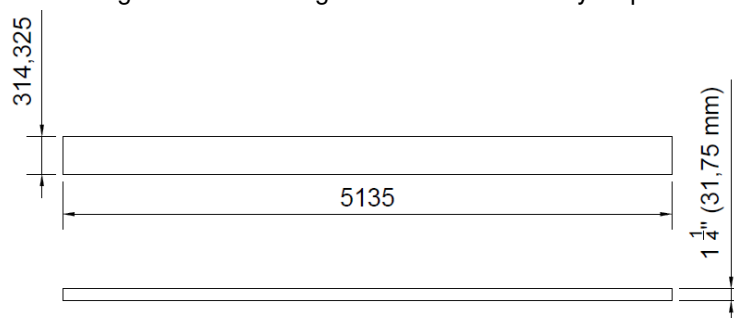
- Para el Tramo AB:

Figura N° 5.14 Diagrama de Cuerpo Libre del Tramo AB



- Peso del Ala Inferior y Superior

Figura N° 5.15 Diagrama del Ala Inferior y Superior AB



$$V_1 = 513.5 \times 31.4325 \times 3.175$$

$$V_1 = 51,246.37 \text{ cm}^3$$

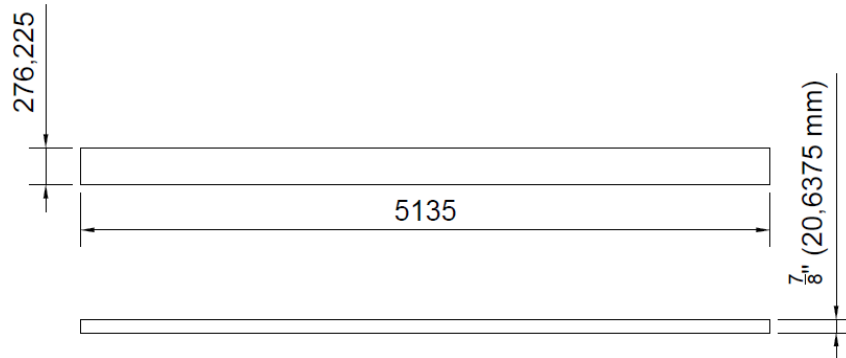
$$P_1 = V_1 \times \delta_{ACERO} = 51,246.37 \times 7.85 = 402,284 \text{ gr}$$

$$P_1 = 402.284 \text{ kg}$$

$$2 \times P_1 = 804,568 \text{ kg}$$

- Peso del Alma Doble:

Figura N° 5.16 Diagrama del Alma Doble AB



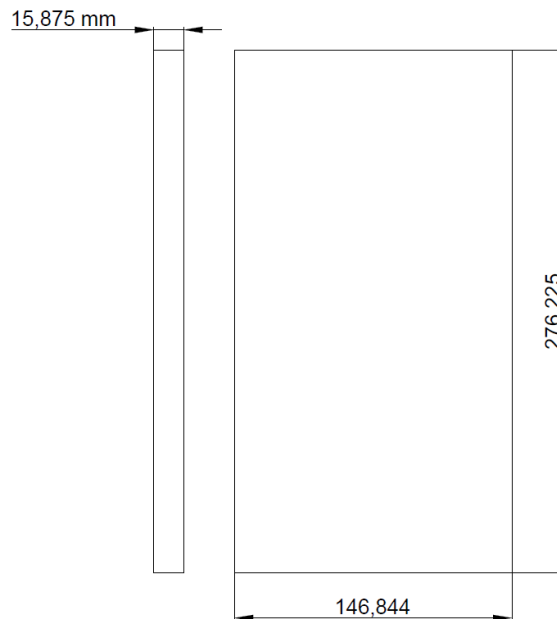
$$V_2 = 513.5 \times 27.6225 \times 2.06375 = 29,272.5473 \text{ cm}^3$$

$$P_2 = V_2 \times \gamma = 29,272.5473 \times (7.85) = 229,789.4963 \text{ gr}$$

$$P_2 = 229.79 \text{ kg}$$

- Peso de los Refuerzos:

Figura N°5.17 Refuerzos para el Tramo AB



$$V_3 = 14.6844 \times 27.6225 \times 1.5875 = 643.92 \text{ cm}^3$$

$$P_3 = V_3 \times \gamma = 643.92 \times (7.85) = 5,054.77 \text{ gr}$$

$$P_3 = 5.055 \text{ kg}$$

$$2 \times P_3 = 10.11 \text{ kg}$$

- Peso Total:

$$P_{T1} = 2P_1 + P_2 + 6 \times (2P_3) = 804.568 + 229.79 + 6 \times (10.11)$$

$$P_{T1} = 1,095.018 \text{ kg}$$

Carga de Diseño:

$$C_d = P_{T1} + 21,475 \text{ kg}$$

$$C_d = 22,570.018 \text{ kg}$$

Datos:

$$C_d = 22,570.018 \text{ kg}$$

$$l = 4,615 \text{ mm} = 461.5 \text{ cm}$$

$$F = 2.10 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 30 \text{ MPsi} \rightarrow 206.8 \text{ GPa}$$

$$A_T = 1,067.84 \text{ cm}^2$$

$$I_X = 102,702.3 \text{ cm}^4$$

$$S = 6,046.2 \text{ cm}^3$$

- Flecha Máxima:

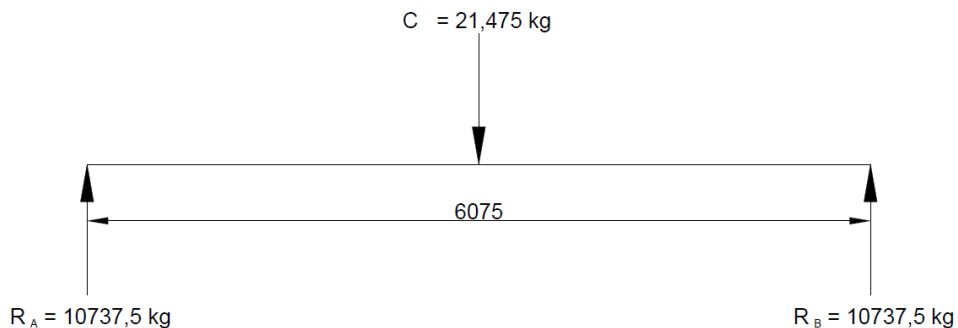
$$f = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I} = 0.2143 \text{ cm} = 2.143 \text{ mm}$$

$$f_{\text{máx}} = \frac{L}{500} = \frac{4,615}{500} = 9.23$$

$$2.143 < 9.23 \text{ (CORRECTO)}$$

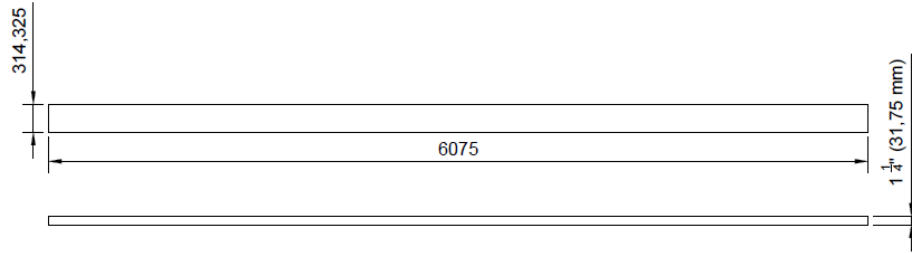
• Para el Tramo BC:

Figura N° 5.18 Diagrama de Cuerpo Libre del Tramo BC



- Peso del Ala Inferior y Superior

Figura N° 5.19 Diagrama del Ala Inferior y Superior BC



$$V_1 = 607.5 \times 31.4325 \times 3.175$$

$$V_1 = 60,627.4 \text{ cm}^3$$

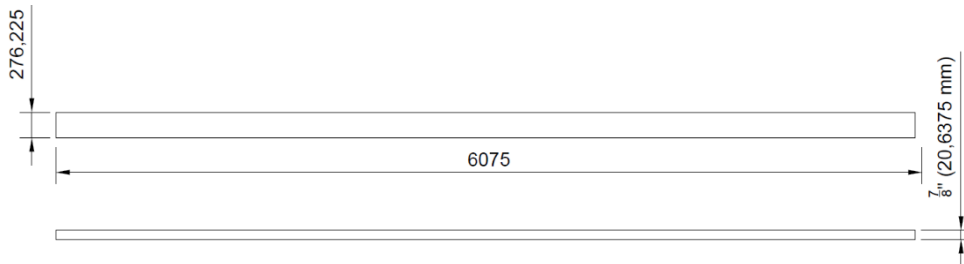
$$P_1 = V_1 \times \delta_{\text{ACERO}} = 60,627.4 \times 7.85 = 475,925.09 \text{ gr}$$

$$P_1 = 475.925 \text{ kg}$$

$$2 \times P_1 = 951.85 \text{ kg}$$

- Peso del Alma Doble:

Figura N° 5.20 Diagrama del Alma Doble BC



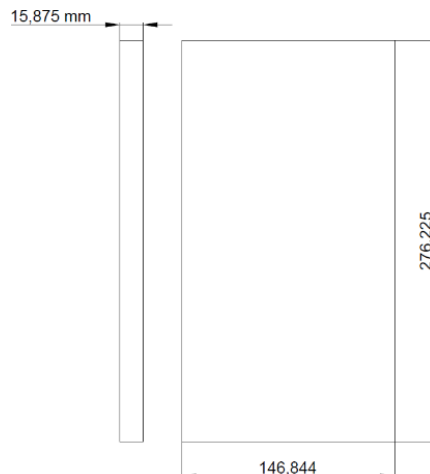
$$V_2 = 607.5 \times 27.6225 \times 2.06375 = 34,631.105 \text{ cm}^3$$

$$P_2 = V_2 \times \gamma = 34,631.105 \times (7.85) = 271,854.1743 \text{ gr}$$

$$P_2 = 271.854 \text{ kg}$$

- Peso de los Refuerzos:

Figura N°5.21 Refuerzos para el Tramo BC



$$V_3 = 14.6844 \times 27.6225 \times 1.5875 = 643.92 \text{ cm}^3$$

$$P_3 = V_3 \times \gamma = 643.92 \times (7.85) = 5,054.77 \text{ gr}$$

$$P_3 = 5.055 \text{ kg}$$

$$2 \times P_3 = 10.11 \text{ kg}$$

- Peso Total:

$$P_{T1} = 2P_1 + P_2 + 6 \times (2P_3) = 951.85 + 271.854 + 6 (10.11)$$

$$P_{T1} = 1,284.364 \text{ kg}$$

Carga de Diseño:

$$C_d = P_{T1} + 21,475 \text{ kg}$$

$$C_d = 22,759.364 \text{ kg}$$

- Flecha Máxima:

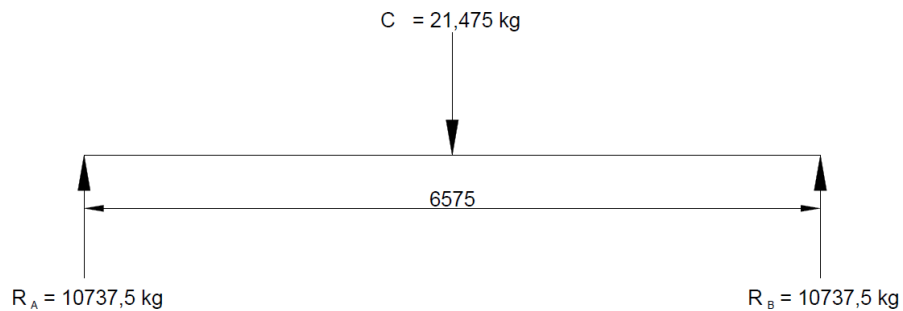
$$f = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I} = 0.4929 \text{ cm} = 4.929 \text{ mm}$$

$$f_{\text{máx}} = \frac{L}{500} = \frac{6,075}{500} = 12.15 \text{ mm}$$

$$4.929 < 12.15 \text{ (CORRECTO)}$$

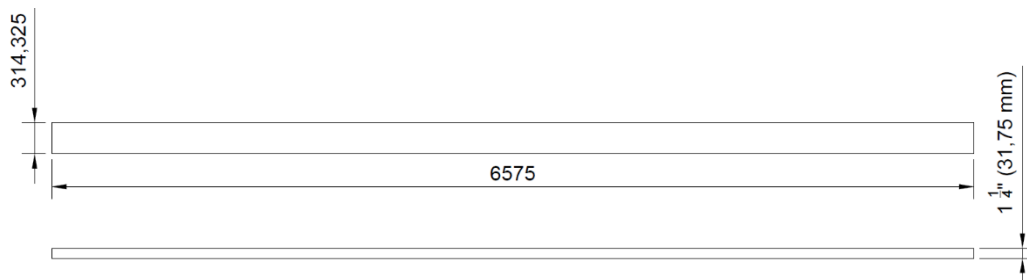
• Para el Tramo CD:

Figura N° 5.22 Diagrama de Cuerpo Libre del Tramo CD



- Peso del Ala Inferior y Superior

Figura N° 5.23 Diagrama del Ala Inferior y Superior CD



$$V_1 = 657.5 \times 31.4325 \times 3.175$$

$$V_1 = 65,617.31 \text{ cm}^3$$

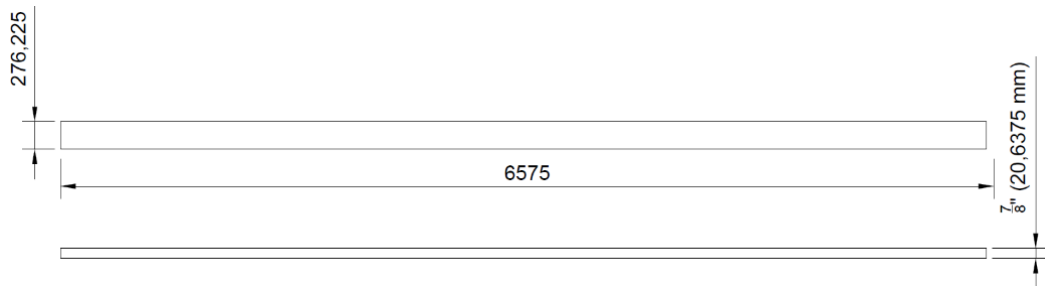
$$P_1 = V_1 \times \delta_{\text{ACERO}} = 65,617.31 \times 7.85 = 515,096 \text{ gr}$$

$$P_1 = 515.096 \text{ kg}$$

$$2 \times P_1 = 1,030.192 \text{ kg}$$

- Peso del Alma Doble:

Figura N° 5.24 Diagrama del Alma Doble CD



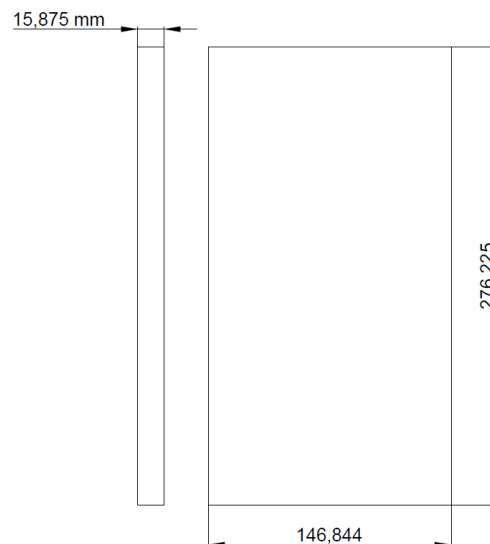
$$V_2 = 657.5 \times 27.6225 \times 2.06375 = 37,481.4 \text{ cm}^3$$

$$P_2 = V_2 \times \gamma = 37,481.4 \times (7.85) = 294,228.99 \text{ gr}$$

$$P_2 = 294.229 \text{ kg}$$

- Peso de los Refuerzos:

Figura N°5.25 Refuerzos para el Tramo CD



$$V_3 = 14.6844 \times 27.6225 \times 1.5875 = 643.92 \text{ cm}^3$$

$$P_3 = V_3 \times \gamma = 643.92 \times (7.85) = 5,054.77 \text{ gr}$$

$$P_3 = 5.055 \text{ kg}$$

$$2 \times P_3 = 10.11 \text{ kg}$$

- Peso Total:

$$P_{T1} = 2P_1 + P_2 + 6 \times (2P_3) = 1,030.192 + 294.229 + 6 (10.11)$$

$$P_{T1} = 1,385.081 \text{ kg}$$

Carga de Diseño:

$$C_d = P_{T1} + 21,475 \text{ kg}$$

$$C_d = 22,860.081 \text{ kg}$$

- Flecha Máxima:

$$f = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I} = 0.62766 \text{ cm} = 6.2766 \text{ mm}$$

$$f_{\text{máx}} = \frac{L}{500} = \frac{6,575}{500} = 13.15 \text{ mm}$$

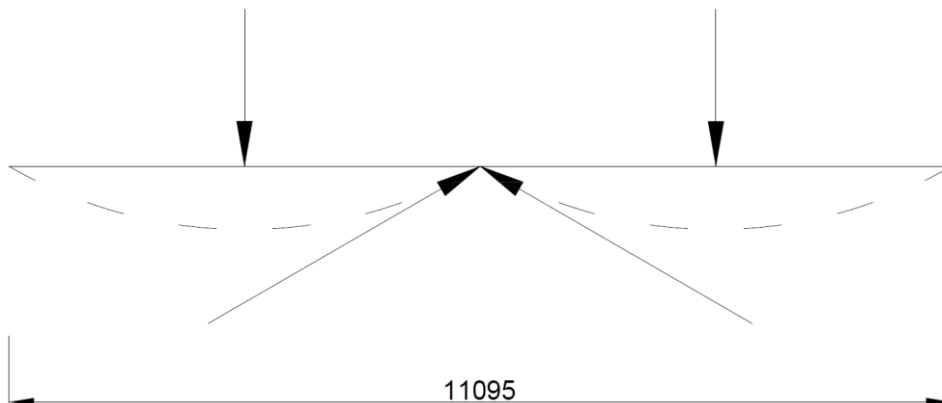
$$6.2766 < 13.15 \text{ (CORRECTO)}$$

- Para el Tramo DE:

Figura N° 5.26 Diagrama de Cuerpo Libre del Tramo DE

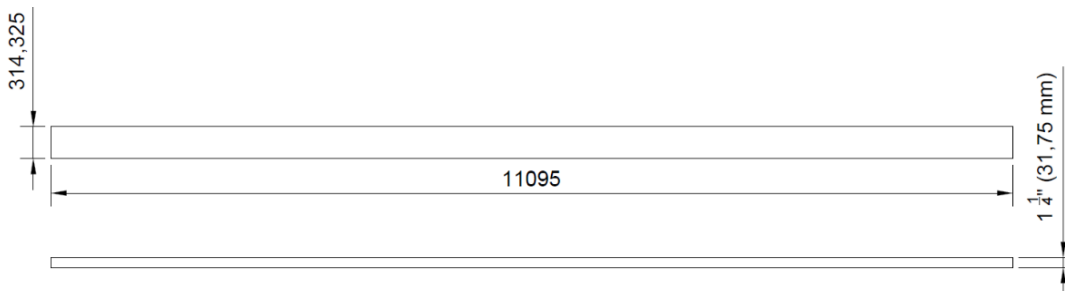
$$R_A = 10737,5 \text{ kg}$$

$$R_B = 10737,5 \text{ kg}$$



- Peso del Ala Inferior y Superior

Figura N° 5.27 Diagrama del Ala Inferior y Superior DE



$$V_1 = 1109.5 \times 31.4325 \times 3.175$$

$$V_1 = 110,726.089 \text{ cm}^3$$

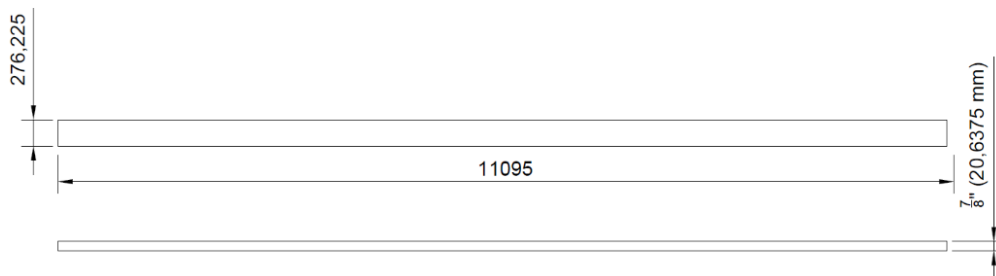
$$P_1 = V_1 \times \delta_{\text{ACERO}} = 110,726.089 \times 7.85 = 869,199.8 \text{ gr}$$

$$P_1 = 869.2 \text{ kg}$$

$$2 \times P_1 = 1,738.4 \text{ kg}$$

- Peso del Alma Doble:

Figura N° 5.28 Diagrama del Alma Doble DE



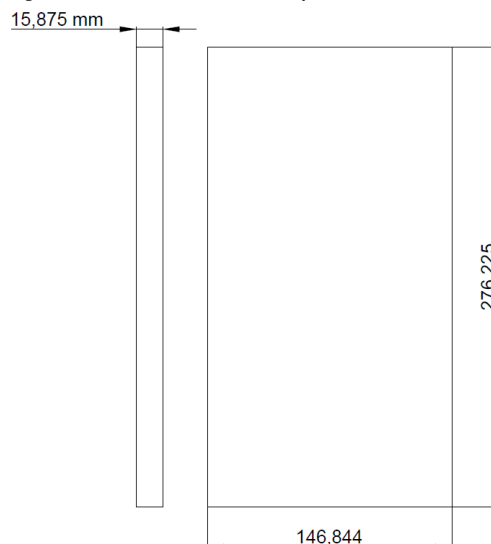
$$V_2 = 1109.5 \times 27.6225 \times 2.06375 = 63,248.0842 \text{ cm}^3$$

$$P_2 = V_2 \times \gamma = 63,248.0842 \times (7.85) = 496,497.461 \text{ gr}$$

$$P_2 = 496.4975 \text{ kg}$$

- Peso de los Refuerzos:

Figura N°5.29 Refuerzos para el Tramo DE



$$V_3 = 14.6844 \times 27.6225 \times 1.5875 = 643.92 \text{ cm}^3$$

$$P_3 = V_3 \times \gamma = 643.92 \times (7.85) = 5,054.77 \text{ gr}$$

$$P_3 = 5.055 \text{ kg}$$

$$2 \times P_3 = 10.11 \text{ kg}$$

- Peso Total:

$$P_{T1} = 2P_1 + P_2 + 12 \times (2P_3) = 1,738.4 + 496.4975 + 12 (10.11)$$

$$P_{T1} = 2,356.2175 \text{ kg}$$

Carga de Diseño:

$$C_d = \frac{P_T}{2} + 10,737.5 \text{ kg}$$

$$C_d = 11,915.61 \text{ kg}$$

- Flecha Máxima:

$$f = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I} = 0.1965 \text{ cm} = 1.965 \text{ mm}$$

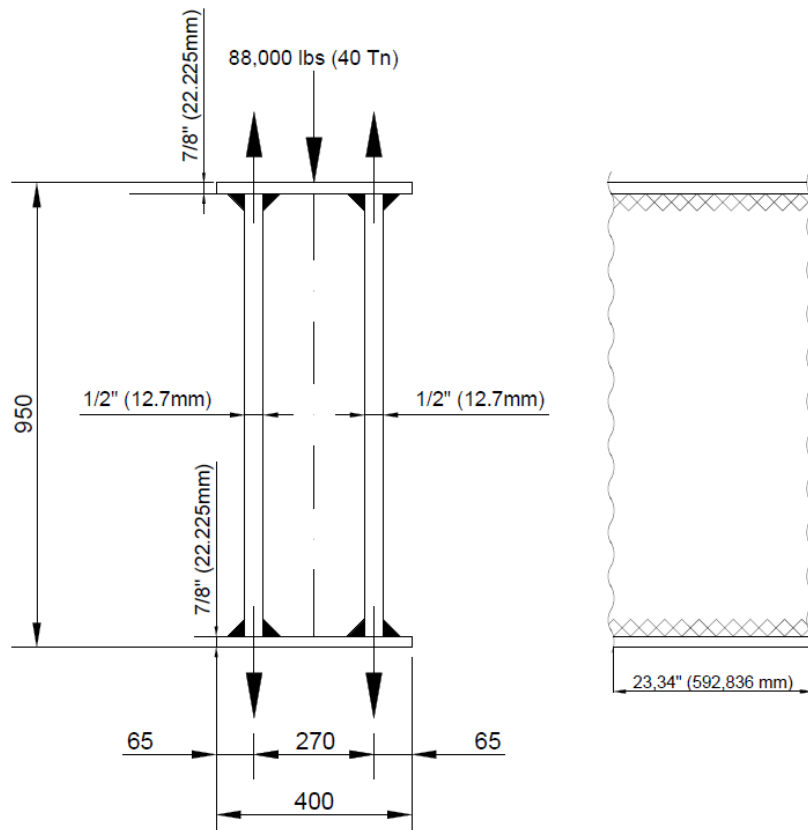
$$f_{\text{máx}} = \frac{L}{500} = \frac{5,547.5}{500} = 11.095 \text{ mm}$$

$$1.965 < 11.095 \text{ (CORRECTO)}$$

5.1.10 Cálculo de la Soldadura

- En la Zona Crítica de la Viga Principal de Alma Doble:

Figura N°5.30 Soldadura en la Viga de alma doble



$$f_w = \frac{P}{L_w} = \frac{44,000}{2 \times (23.34)}$$

$$f_w = 942.59 \text{ lb/pulg}$$

$$W = \frac{f_w}{S_w} = \frac{942.59}{9,600} = 0.1 \text{ pulg}$$

$$W = \frac{1}{8}''$$

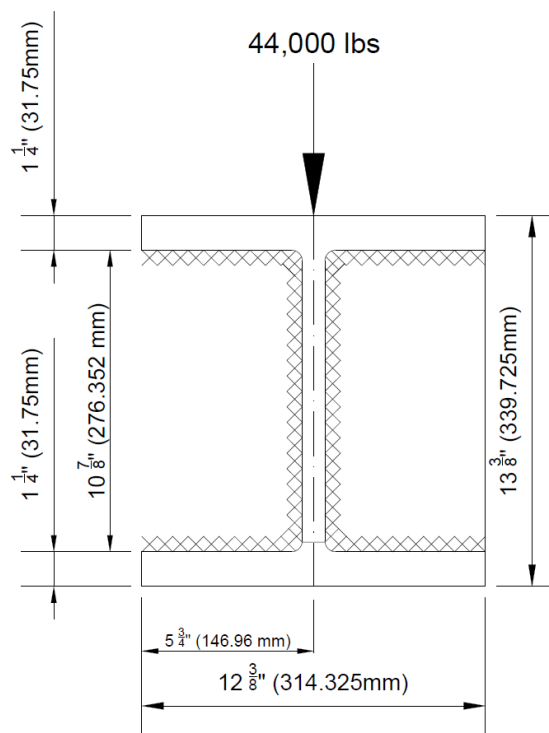
De acuerdo a Tabla N°2.8, por $t = 7/8''$:

$$W_{\min} = 5/16''$$

Por temas de seguridad y la ubicación de la Viga de Alma Doble que se encuentra en la ciudad de Lima siendo esta una zona sísmica se recomienda un $W = 7/16''$.

- En la Zona Crítica de la Viga Carrilera:

Figura N°5.31 Soldadura en la Viga Carrilera



$$f_w = \frac{P}{L_w} = \frac{44,000}{2 \times (10.88 + 2 \times 5.786)}$$

$$f_w = 979.87 \text{ lb/pulg}$$

$$W = \frac{f_w}{S_w} = \frac{979.87}{9,600} = 0.102 \text{ pulg}$$

$$W = \frac{1}{8}''$$

De acuerdo a Tabla N°2.8, por $t = 1 \frac{1}{4}''$:

$$W_{\min} = \frac{5}{16}''$$

Por temas de seguridad y la ubicación de la Viga Carrilera que se encuentra en la ciudad de Lima siendo esta una zona sísmica se recomienda un $W = 3/8''$.

5.1.10 Planificación y Ejecución de Diseño y Fabricación

Teniendo claro el diseño y sistema estructural adecuado para la fabricación y construcción de la Grúa Puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad, en base a los cálculos establecidos; se procede a desarrollar e implementar el sistema de gestión de costos y de tiempo, utilizando el software Project para que nos permita analizar la diferencia de costos y realizar un seguimiento adecuado para controlar los retrasos presentados durante la fabricación de la Grúa, y nos permita optimizar mejor el tiempo.

En primer lugar, se elaboró un cronograma de Actividades a realizar durante la ejecución del Proyecto. Las cuales están plasmadas en la Tabla 5.3.

Tabla N° 5.3 Cronograma de Actividades a Realizar

| DISEÑO DE UNA GRUA PUENTE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD PARA UNA EMPRESA METALMECANICA | Duración Prevista |
|--|--------------------------|
| 1. INICIO | |
| 2. Actividades preliminares | |
| 2.1 Acta de constitución de proyecto | 2.19 días |
| 2.2 Asignación para el desarrollo del proyecto | 0.5 días |
| 2.3 Firma de contrato | 0.5 días |
| 2.4 Entrega de documentación | |
| 3. Plan de gestión de proyecto | |
| 3.1 Recepción y análisis de requerimientos técnicos | 1.09 días |
| 3.2 Inspección del lugar y toma de decisiones | 2 días |
| 3.3 Plan de gestión de alcance | 2 días |
| 3.4 Plan de gestión de tiempo | 2 días |

| | |
|---|--------|
| 3.5 Plan de gestión de costo | 2 días |
| 3.6 Plan de gestión de la calidad | 2 días |
| 3.7 Plan de gestión de los recursos humanos | 2 días |
| 3.8 Plan de gestión de comunicación | 2 días |
| 3.9 Entrega de plan de gestión | |

4. Diseño de ingeniería y detalle

| | |
|--|---------|
| 4.1 Verificación y definición de normas técnicas | 2 días |
| 4.2 Identificación o verificación de componentes adicionales en la grúa puente (motores, aparejo, rodamientos, etc.) | 1 día |
| 4.3 Diseño estructural de la grúa puente | 16 días |
| 4.4 Entrega de ingeniería y detalle | |

5. Adquisición de materiales

| | |
|---|--------|
| 5.1 Realización de Cotización | 2 días |
| 5.2 Evaluación de Proveedores | 1 día |
| 5.3 Elaboración de solicitud de compra | 1 día |
| 5.4 Compra y entrega de equipos de protección personal | 1 día |
| 5.5 Compra de planchas para viga principal y viga testera | 3 días |
| 5.6 Compra de columnas y vigas carrileras | 3 días |
| 5.7 Selección de proveedor para servicio de ensayos no destructivos | 1 día |
| 5.8 Entrega final de adquisiciones de materiales | |

6. Fabricación y montaje

| | |
|---|---------|
| 6.1 Selección de soldador homologado y procedimiento | 1 día |
| 6.2 Fabricación de plancha base de columnas | 3 días |
| 6.3 Corte y soldadura de las columnas sobre las planchas base | 5 días |
| 6.4 Corte y soldadura de las vigas carrileras sobre las columnas | 5 días |
| 6.5 Fabricación de vigas testeras | 3 días |
| 6.6 Corte de planchas para fabricar ala superior e inferior de viga principal | 3 días |
| 6.7 Corte de planchas para fabricar las almas de viga principal | 3 días |
| 6.8 Soldadura de almas y alas de viga principal | 24 días |
| 6.9 Inspección con tintes penetrantes y ultrasonido | 4 días |
| 6.10 Fabricación del Trolley y montaje en la grúa puente | 5 días |
| 6.11 Entrega de fabricación y montaje | |

7. Prueba de funcionamiento

| | |
|--|----------|
| 7.1 Puesta en marcha en vacío | 0.5 días |
| 7.2 Puesta en marcha con carga | 0.5 días |
| 7.3 Revisión del buen funcionamiento del sistema | 1 día |
| 7.4 Capacitación técnica al beneficiario | 1 día |
| 7.5 Entrega de equipo operativo | |

FIN

Se elaboró una lista de materiales faltantes para la construcción de la Grúa Puente de alma doble de 30 Toneladas de Capacidad en el taller mecánico de la empresa SEFREL Ingenieros S.A.C. indicados en la Tabla 5.4

Tabla N°5.4 Lista de Materiales

| MATERIAL | CANTIDAD | U/M |
|--|-----------------|------------|
| VIGA H W14" X 211 LB/PIE X 9MTS | 8 | UND |
| VIGA H W12" X 136 LB/PIE X 9MTS | 7 | UND |
| VIGA H W10" X 12 LB/PIE X 9MTS | 3 | UND |
| BARRA D/ FIERRO CUADRADA 2" X 2" X 6MTS | 10 | UND |
| ANGULO A-36. 3/8" X 2.1/2" X 2.1/2" X 6.00 MTS | 4 | UND |
| ANGULO A-36, 3/8" X 3" X 3" X 6.00 MTS | 4 | UND |
| PLANCHA A36 25MM X 400MM X 1600MM | 2 | UND |
| PLANCHA A36 25MM X 275MM X 1600MM | 4 | UND |
| PLANCHA A36 16MM X 7" X 11" | 120 | UND |
| PLANCHA A36 12MM X 204MM X 905MM | 3 | UND |
| PLANCHA A36 9MM X 204MM X 905MM | 12 | UND |
| PLANCHA A36 22MM X 460MM X 680MM | 10 | UND |
| ELECTRODO AWS E-6011 | 30 | KG |
| ELECTRODO AWS E-7018 | 30 | KG |
| RODAMIENTO 22210 | 16 | UND |
| PERNO DE ANCLAJE 5/8" | 100 | UND |
| PLANCHA A36 400MM X 8300MM X 7/8" | 3 | UND |
| PLANCHA A36 906MM X 8300MM X 1/2" | 3 | UND |

Una vez realizada la lista de materiales y definido el cronograma de actividades, se procedió a desarrollar el Análisis de Costos.

Tabla N°5.5 Estado del Costo de tareas de nivel superior.

| Nombre | Costo real | Costo de línea base | Variación de costo |
|--------------------------------|-------------------|----------------------------|---------------------------|
| INICIO | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 |
| Actividades preliminares | \$139.75 | \$78.00 | \$61.75 |
| Plan de gestión de proyecto | \$784.88 | \$780.00 | \$4.88 |
| Diseño de ingeniería y detalle | \$952.00 | \$848.00 | \$104.00 |
| Adquisición de materiales | \$624.00 | \$624.00 | \$0.00 |
| Fabricación y montaje | \$81 984.16 | \$81 380.96 | \$603.20 |
| Prueba de funcionamiento | \$236.00 | \$236.00 | \$0.00 |
| FIN | \$0.00 | \$0.00 | \$0.00 |

De acuerdo a lo señalado en la Tabla 5.5, se obtienen los siguientes valores:

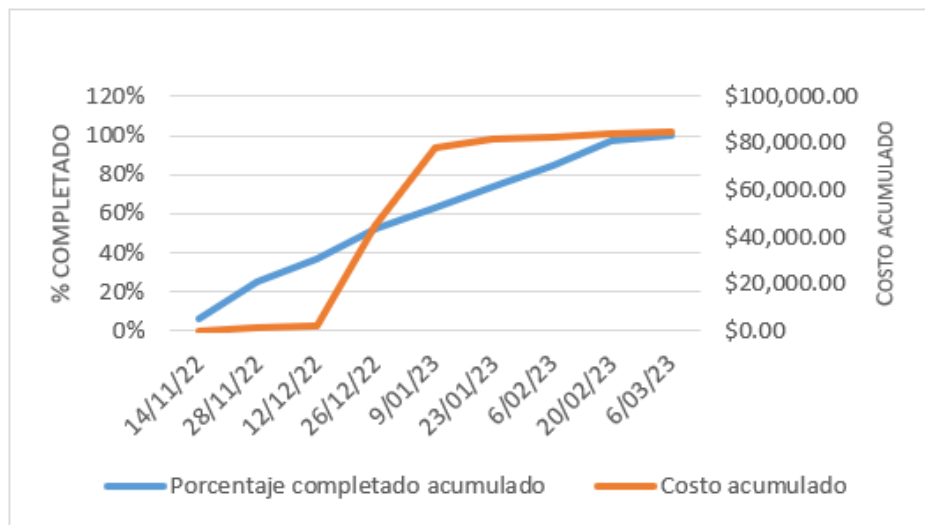
Costo Total Real = \$84 720.79

Costo Total Planificado = \$83 946.96

Variación = \$773.83

Una vez finalizado el Proyecto, se realiza el Análisis del Progreso realizado en comparación con el coste durante el proceso.

Gráfica N° 5.2 Gráfica del Progreso frente al Costo Acumulado



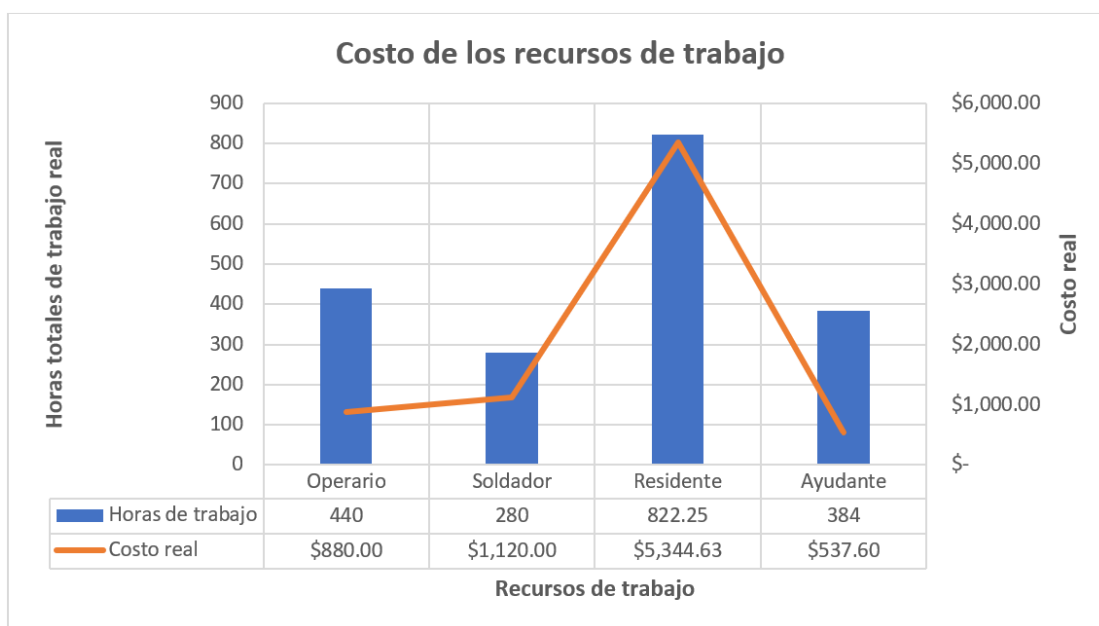
Una vez definido los recursos de trabajo en el proyecto, se realiza el Análisis de Costos.

Tabla N°5.6 Estructura de los Recursos de Tipo Trabajo

| Nombre | Horas totales de trabajo real | Costo real | Tasa estándar | Actividad relacionada |
|-----------|-------------------------------|------------|---------------|--|
| Operario | 440 horas | \$880.00 | \$2.00 / hora | 4.2-6.2-6.3-6.4-6.5-6.6-6.7-6.8-6.10-7.1-7.2-7.3-7.4 |
| Soldador | 280 horas | \$1 120.00 | \$4.00 / hora | 6.3-6.4-6.8-7.1-7.2 |
| Residente | 822.25 horas | \$5 344.63 | \$6.50 / hora | 2.1-2.2-3.1 al 3.8-4.1-4.3-5.1 al 5.7-6.1 al 6.8-6.10-7.1 al 7.4 |
| Ayudante | 384 horas | \$537.60 | \$1.40 / hora | 6.2-6.3-6.4-6.6-6.7-6.8-6.10 |

Además, se muestra de forma gráfica los resultados de la Tabla 5.6

Gráfica N° 5.3 Gráfica del Costo de los Recursos del Tipo Trabajo



Una vez definido los recursos de material y costo en el proyecto, se elabora la Tabla 5.7.

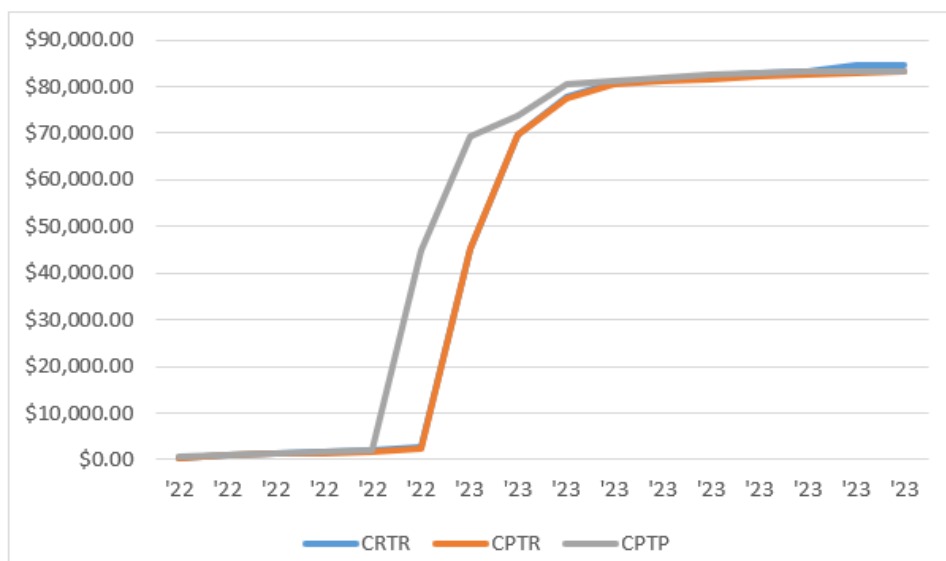
Tabla N°5.7 Estructura de los Recursos de Tipo Material y Costo

| Material | Cant. | U/M | Costo unitario | Actividad relacionada |
|--|-------|-----|----------------|-----------------------|
| VIGA H W14" X 211 LB/PIE X 9MTS | 8 | UND | \$5 070.09 | 6.3 |
| VIGA H W12" X 136 LB/PIE X 9MTS | 7 | UND | \$2 817.67 | 6.4 |
| VIGA H W10" X 12 LB/PIE X 9MTS | 3 | UND | \$352.22 | 6.4 |
| BARRA D/ FIERRO CUADRADA 2" X 2" X 6MTS | 10 | UND | \$152.78 | 6.4 |
| ANGULO A-36. 3/8" X 2.1/2" X 2.1/2" X 6.00 MTS | 4 | UND | \$79.85 | 6.5 |
| ANGULO A-36, 3/8" X 3" X 3" X 6.00 MTS | 4 | UND | \$88.69 | 6.5 |
| PLANCHA A36 25MM X 400MM X 1600MM | 2 | UND | \$209.94 | 6.5 |
| PLANCHA A36 25MM X 275MM X 1600MM | 4 | UND | \$144.34 | 6.5 |
| PLANCHA A36 16MM X 7" X 11" | 120 | UND | \$11.42 | 6.4 |
| PLANCHA A36 12MM X 204MM X 905MM | 3 | UND | \$31.33 | 6.7 |
| PLANCHA A36 9MM X 204MM X 905MM | 12 | UND | \$22.85 | 6.7 |
| PLANCHA A36 22MM X 460MM X 680MM | 10 | UND | \$97.91 | 6.2 |
| ELECTRODO AWS E-6011 | 30 | KG | \$3.6 | 6.3-6.4-6.8 |

| | | | | |
|-------------------------------------|-----|-----|------------|-------------|
| ELECTRODO AWS E-7018 | 30 | KG | \$3.6 | 6.3-6.4-6.8 |
| RODAMIENTO 22210 | 16 | UND | \$150 | 6.5 |
| PERNO DE ANCLAJE 5/8" | 100 | UND | \$15 | 6.3 |
| PLANCHA A36 400MM X 8300MM X 7/8" | 3 | UND | \$1 172.61 | 6.6 |
| PLANCHA A36 906MM X 8300MM X 1/2" | 3 | UND | \$732.17 | 6.7 |
| SERVICIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS | | | \$700 | 6.9 |

Durante el Proyecto se realiza el seguimiento de los Costos mediante la Curva "S".

Gráfica N° 5.4 Gráfica de la Curva "S"



Donde se obtienen el CRTR (Costo Real) y el CPTR (Valor Acumulado):

CRTR (AC) = \$ 84 720.79

CPTR (VA) = \$ 83.946.96

Una vez elaborados el cronograma de actividades y la lista de materiales, se procedió a la elaboración del Project con la información pertinente. Al finalizar la construcción e instalación de la Grúa Puente, se obtuvo la información necesaria para la conclusión del Project (Anexo A-8). La cual nos permitió ver los siguientes resultados indicados en el Cuadro 5.1.

Cuadro N°5.1 Resultados finales del software Project

Estadísticas del proyecto 'DISEÑO DE UNA GRUA PUENTE DE 30 TONEL...' X

| | Comienzo | Fin | |
|-----------|--------------|--------------|-------------|
| Actual | lun 21/11/22 | mié 8/03/23 | |
| Previsto | lun 21/11/22 | vie 24/02/23 | |
| Real | lun 21/11/22 | mié 8/03/23 | |
| Variación | 0d | 9.56d | |
| | Duración | Trabajo | Costo |
| Actual | 90.56d | 1,926.25h | \$84,720.79 |
| Previsto | 81d | 1,724h | \$83,946.96 |
| Real | 90.56d | 1,926.25h | \$84,720.79 |
| Restante | 0d | 0h | \$0.00 |

Porcentaje completado:

Duración: 100% Trabajo: 100%

Cerrar

Al analizar los resultados finales, podemos observar una variación de \$ 773.83, del costo real respecto a lo previsto, debido a los retrasos llevados a cabo durante la fabricación e instalación de la Grúa (días festivos, autorización de inicio de actividades diarias, espera de resultados de los ensayos no destructivos, pequeñas fallas en los cordones de soldadura, falta de personal al momento de la instalación de la Grúa), que retrasaron el Proyecto 9.56 días del real respecto a lo previsto. El costo final de la construcción e instalación de la Grúa Puente de alma doble fue de \$ 84,720.79 que al compararla con una Grúa Puente DEMAG importada cuyo costo total es de \$ 119,700 (sin incluir el costo de las estructuras de la viga puente ni la estructura de soporte) (Anexo A-6), se logró reducir los costos en un 29.22%.

5.1.11 Plan de Mantenimiento de la Grúa Puente

Utilizando como guía las normas ASME B30.2-2022, B30.16-2022, B30.17-2020, B30.10-2019, la normas NTP 736 y la NTP 738, se elabora el siguiente plan de mantenimiento de la grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad, de acuerdo a la frecuencia (considerando un uso constante):

- **MENSUAL:**

Inspección de uniones de vigas.

Inspección de pernos y tuercas del equipo.

Verificación de alineación y/o desgaste de carriles.

Inspección de soldaduras críticas.

Inspección de motores y sistema eléctrico.

Verificación de suspensión y fijación del polipasto.

Verificación de límites de seguridad.

Prueba de funcionamiento.

- **TRIMESTRAL:**

Revisión de estado de ruedas y poleas del equipo.

Verificación de niveles de aceite y grasa del equipo (testero, carro, etc).

Lubricación de puntos de fricción y partes móviles del equipo.

Revisión del tambor (cable, lubricación, desviaciones, etc).

Revisión y engrase de cable y/o cadena de elevación.

Revisión de pernos y tuercas del equipo.

Revisión de freno de izaje (posición, desgastes, etc).

Revisión general de sistema eléctrico (controles, motores, frenos, limitadores de carrera, relés térmicos, etc).

Verificación de estado de gancho (poleas, rodamiento axial, engrase, etc).

Prueba de operatividad.

5.2 Resultados Inferenciales

Esta investigación no tiene resultados inferenciales.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación y demostración de la Hipótesis con los resultados

6.1.1 Según la Hipótesis General:

Se plantea que, el diseño estructural adecuado de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permite la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmecánica.

En la presente investigación se demuestra que, con el diseño planteado en los planos, según los cálculos realizados, facilitaron la fabricación e Instalación de la Grúa Puente de Alma Doble de 30 Toneladas de Capacidad en el taller de la empresa metalmecánica SEFREL Ingenieros S.A.C.

6.1.2 Según la Hipótesis Específica:

H1: El sistema estructural necesario de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permite la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmecánica.

Se demuestra que, el sistema estructural diseñado en la presente investigación permitió la fabricación e Instalación de la Grúa Puente de Alma Doble de 30 Toneladas de Capacidad en el taller de la empresa metalmecánica SEFREL Ingenieros S.A.C.

H2: La planificación de costos adecuada de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permitió la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmecánica.

En la presente investigación se demuestra que, con la planificación de costos planteada, se redujo los costos para la fabricación de la Grúa Puente de Alma Doble de 30 Toneladas de Capacidad e instalación de la misma en el taller de la empresa metalmecánica SEFREL Ingenieros S.A.C.

H3: La planificación de tiempo necesaria de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permitió la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmecánica.

Se demuestra que, con la planificación de tiempo planteada, se redujo de manera significativa la duración que tomó la fabricación de la Grúa Puente de Alma Doble de 30 Toneladas de Capacidad e instalación de la misma en el taller de la empresa metalmecánica SEFREL Ingenieros S.A.C.

6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares

Luego de realizar el diseño estructural, elegir el sistema estructural, realizar la planificación de costos y de tiempo, se logró determinar que permitió la construcción e instalación de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad en el taller de la empresa metalmecánica SEFREL Ingenieros S.A.C. reduciendo costos y tiempo. Estos resultados se comprueban también con los antecedentes, donde, luego de realizar el diseño en base a cálculos de esfuerzos y uniones soldadas, realizan un análisis de costos y de tiempo, que favorecen en la construcción e instalación de la Grúa Propuesta.

Sandoval Corredor, Jonathan Manuel – Torres Parra, Víctor Andrés (2017), en su tesis titulada “**Diseño de un Puente Grúa para el transporte de Motores Diesel para el Taller L&G Diesel Truck**”, concluyó que el carro polipasto soportado sobre las aletas inferiores de la viga principal es la que cumple con los requerimientos de menor cantidad de mantenimiento, facilidad de operación, menor consumo de energía y de menor costo de fabricación, obteniendo con ello una rentabilidad del 100,3% al momento de la evaluación financiera.

Jara Sandoval, Javier Alejandro (2020), en su tesis titulada “**Diseñar un Puente Grúa para Montaje y desmontaje de Bombas en Planta de Elevación de Aguas Servidas**”, concluyó que el diseño implementado con sus mecanismos de izaje logran cumplir con el objetivo de poder montar las bombas, todo esto considerando disposiciones establecidas en códigos de diseño. También se presentaron una serie de Planos que detallan las piezas a fabricar, cortes, soldadura y montaje de las partes de la Grúa Puente, de acuerdo con la normatividad y legislación aplicables.

Yáñez Vílchez, Gonzalo Antonio (2020), en su tesis titulada “**Diseño de un Puente Grúa de 2 Toneladas**”, concluyó que logró optimizar el transporte de cargas gracias a la implementación del Puente Grúa, siendo este destinado a realizar maniobras de izaje para la fabricación de cubas vitivinícolas de entre 1000–1300 kg, apoyándose en la Ejecución de Planos y Memoria de Costos.

Cabanillas Lezama, Rayder Franklin – Oribe Castillo, Christian Alexander (2016), en su tesis titulada “**Análisis dinámico estructural de viga cajón, de puente grúa birraíl clase D para mejorar sus condiciones de operación**”, concluyó que según su análisis dinámico estructural de un puente grúa clase D con cargas de 5 a 30 Tn de una viga tipo cajón de un puente grúa, logró disminuir los retrasos en el proceso de producción, aumentando la capacidad de producción anual y satisfaciendo las necesidades del cliente en el tiempo solicitado.

Marcelo Machay, Boney Juanito (2017), en su tesis titulada “**Diseño de una grúa puente monorriel con capacidad de 02 toneladas aplicando las normas AISC y CMAA para la empresa Sedapal-Lima**”, concluyó que luego de realizar el cálculo y selección de las secciones específicas de las normas AISC, de los elementos principales de una grúa puente monorriel de 2 toneladas, la viga principal fue sometida a un análisis de elementos finitos mediante software para verificar los resultados obtenidos en los cálculos previamente realizados.

Huaroc Espinoza, Enrique (2018), en su tesis titulada “**Diseño de un puente grúa para el winche de servicios en mina yauricocha**”, concluyó que los métodos de cálculos utilizados fueron necesarios para obtener los resultados que fueron satisfactorios para el diseño planteado.

6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes

La investigación se ha desarrollado respetando las siguientes normas:

- Código de ética de investigación de la Universidad Nacional del Callao (aprobado por Resolución del Consejo Universitario N°210-2017-CU del 06 de julio del 2017).
- La Directiva N° 004-2022-R Directiva para la elaboración de Proyecto e Informe Final de Investigación de Pregrado, Posgrado, Equipos, Centros e Institutos de Investigación (aprobado mediante Resolución Rectoral N° 319-2022-R del 22 de abril de 2022).
- Manual para el uso de las Normas ISO 690 (aprobado con Resolución N° 076-2022-CF-FIME, 22 de marzo del 2022).

VII. CONCLUSIONES

Tenemos las siguientes conclusiones:

1. El diseño estructural planteado en el presente Proyecto de Investigación, utilizando las normas (ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) - AWS (Sociedad Americana de Soldadura)) y materiales existentes en el mercado nacional favoreció a la fabricación e instalación de una Grúa Puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad en el taller de la empresa metalmecánica SEFREL Ingenieros S.A.C.
2. Considerando que en el mercado nacional no se diseñan y construyen Grúas Puente mayores a 5 Toneladas de capacidad. El sistema estructural planteado en la presente investigación permitió la correcta fabricación, instalación y puesta en marcha de la Grúa Puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad en el taller de la empresa metalmecánica SEFREL Ingenieros S.A.C.
3. La planificación de costos planteada, utilizando el software Project nos permitió analizar la diferencia de costos que existe entre una Grúa Puente de alma doble de fabricación e instalación nacional para la empresa metalmecánica SEFREL Ingenieros S.A.C. (\$ 84,720.79) comparándola con una Grúa Puente DEMAG (\$ 119,700), se logró reducir los costos en un 29.22%.
4. La planificación de tiempo planteada, utilizando el software Project nos permitió realizar un seguimiento adecuado para controlar los retrasos presentados durante la ejecución del Proyecto en el taller de la empresa metalmecánica SEFREL Ingenieros S.A.C. Presentándose una variación de 9.56 días respecto a lo planificado.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar planchas y perfiles estructurales de Acero Estructural ASTM A36 certificado por el fabricante y documentos emitidos por el vendedor del material existente en el Mercado.
2. Crear una empresa Nacional especializada en el Diseño, Fabricación e Instalación de Grúas Puente de gran capacidad de carga útil de 10 hasta 100 Toneladas de Capacidad.
3. Para la Planificación de Costos también se podría haber utilizado otros softwares especializados en el Análisis de Costos como Asana, Trello, Jira.
4. El tiempo planificado y el tiempo real se pudieron haber reducido aún más si en la empresa metal mecánica SEFREL Ingenieros S.A.C. hubiese implementado uno o dos turnos de trabajo adicional.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVA DÁVILA, Fortunato. 2008. *Diseño de Elementos de Máquinas I*. Lima: Pool Producciones SRL. 373 pp. ISBN 9972-50-029-2.

HELLMUT, Ernst. 1970. *Aparatos de Elevación y Transporte - Tornos y Grúas*. Barcelona: Editorial Blume. 352 pp. ISBN 978-84-7031-406-3.

LARRODÉ, Emilio y MIRAVETE, Antonio. 1996. *Grúas*. Zaragoza: Reverté. 560 pp. ISBN 978-84-605-4663-4.

GONZALES, Mauricio. 2016. Tecnología de apoyo en elevación y transporte de materiales. *Revista EMB Construcción*. Setiembre. ISSN 0718-3461.

CRUZ MONTAÑO, Omar Eduardo. 2009. *Análisis, diseño y selección de una grúa viajera tipo mono puente* [en línea]. Tesis [Título en ingeniería mecánica]. México: Instituto Politécnico Nacional. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2991/ANALISISDISENOYSELECCION.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FRAILE GRIBORIO, Francisco J. 2010. *Diseño, cálculo y comprobación de unión soldada en viga de puente grúa de alma doble* [en línea]. Tesis [Magister en Ingeniería Civil]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://oa.upm.es/3756/1/TESIS_MASTER_FRANCISCO_J_FRAILE_GRIBORIO.pdf

VASCO VERA, Diego Fernando. 2011. *Diseño y simulación de un puente grúa de 15 toneladas de capacidad para los talleres de arcolands division oriente* [en línea]. Tesis [Título en ingeniería mecánica]. Quito: Universidad Politécnica Salesiana. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1042/7/UPS%20-%20ST004886.pdf>

CABANILLAS LEZAMA, Rayder Fránklin y ORIBE CASTILLO, Christian Alexander. 2016. *Análisis dinámico estructural de viga cajón, de puente grúa birraíl clase D para mejorar sus condiciones de operación* [en línea]. Tesis [Título en ingeniería mecánica]. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/items/24de170a-4caf-458d-828f-76571fee8d>

MARCELO MACHAY, Boney Juanito. 2017. *Diseño de una grúa puente monorriel con capacidad de 02 toneladas aplicando las normas AISC y CMAA para la empresa Sedapal-Lima* [en línea]. Tesis [Título en ingeniería mecánica]. Chimbote: Universidad Nacional del Santa. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3382>

SANDOVAL CORREDOR, Jonathan Manuel y TORRES PARRA, Víctor Andrés. 2017. *Diseño de un puente grúa para el transporte de motores diesel para el taller L&G diesel truck* [en línea]. Tesis [Título en ingeniería mecánica]. Bogotá: Fundación Universidad de América. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/6255>

JARA SANDOVAL, Javier Alejandro. 2020. *Diseñar un puente grúa para montaje y desmontaje de bombas en planta de elevación de aguas servidas* [en línea]. Tesis [Título en ingeniería mecánica industrial]. Valparaíso: Universidad Técnica Federico Santa María. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/handle/11673/49519>

YÁÑEZ VILCHEZ, Gonzalo Antonio. 2020. *Diseño de un puente grúa de 2 toneladas* [en línea]. Tesis [Título en ingeniería mecánica]. Valparaíso: Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023]. Disponible en: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/Txt-0000/UCB0398_01.pdf

HUAROC ESPINOZA, Enrique. 2018. *Diseño de un puente grúa para el winche de servicios en mina Yauricocha* [en línea]. Tesis [Título en ingeniería mecánica]. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4946/T010_43054209_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MELI PIRALLA, Roberto. 2002. *Diseño Estructural*. 2ª. ed. México: Limusa. 200 pp. ISBN 978-96-818-5391-4.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, INC. *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* [en línea]. Pennsylvania: Project Management Institute, 2017 [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.udocz.com/apuntes/29624/guia-del-pmbok-sexta-edicion-espanol>

P. POPOV, Egor. 1981. *Introducción a la mecánica de sólidos*. México: Limusa. 652 pp. ISBN 968-18-0494-5.

NONNAST, Robert. 2008. *El proyectista de estructuras metálicas I*. 21ª. ed. Madrid: Editorial Paraninfo. 266 pp. ISBN 84-283-1538-X.

NONNAST, Robert. 1987. *El proyectista de estructuras metálicas II*. 7ª. ed. Madrid: Editorial Paraninfo. 536 pp. ISBN 84-283-1538-8.

C. JUVINALL, Robert. 1991. *Fundamentos de diseño para ingeniería mecánica*. México: Limusa. 821 pp. ISBN 968-18-3836-X.

L. NORTON, Robert. 2008. *Diseño de maquinaria*. México: McGraw-Hill Interamericana. 749 pp. ISBN 970-10-4656-0.

L. MOTT, Robert. 2006. *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson educación. 872 pp. ISBN 970-26-0812-0.

C. MCCORMAC, Jack. 2002. *Diseño de estructuras de acero*. 2ª. ed. México: Alfa omega grupo editor. 704 pp. ISBN 970-15-0637-5.

G. BUDYNAS, Richard y NISBETT, J. Keith. 2008. *Diseño en ingeniería mecánica*. 9ª. ed. México: McGraw-Hill Interamericana. 1039 pp. ISBN 978-607-15-0771-6.

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. 2005. *Steel construction manual*. American Institute of Steel Construction. 14ª. ed. EEUU: American Institute of Steel Construction. 2325 pp. ISBN 1-56424-060-6.

D. DEUTSCHMAN, Aaron, J. MICHELS, Walter y E. Wilson, Charles. 1995. *Diseño de máquinas*. Naucalpan: Compañía editorial continental. 973 pp. ISBN 968-26-0600-4.

ZAPATA BAGLIETTO, Luis. 1997. Diseño estructural en acero [en línea]. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023].
Disponibile en:
https://www.academia.edu/26817448/ZAPATA_BAGLIETTO_DISE%C3%91O_DE_ACERO_pdf

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIAS DE LA COMUNICACION. *Guía práctica de gestión de proyectos* [en línea]. León: Laboratorio Nacional de Calidad del Software de INTECO, 2019 [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2023].
Disponibile en:
https://docenteoscartorres.weebly.com/uploads/1/7/8/2/17821509/guia_practica_de_gestion_de_proyectos.pdf

MATTOS, Aldo y VALDERRAMA, Fernando. 2014. *Métodos de planificación y control de obras*. Barcelona: Editorial Reverté. 320 pp. ISBN 978-84-291-3104-8.

MORENO, Nelson y Sánchez, Luz. 2016. *Introducción a la gerencia de proyectos*. Bogotá: Ediciones EAN. 260 pp. ISBN 978-958-75-6449-5.

RODRIGUEZ, Antonio, 2023. *Manual para la dirección de proyectos*. Barcelona: Profit Editorial. 336 pp. ISBN 978-84-19212-54-2.

ANEXOS

- **Tablas, Gráficos y Documentos:**

A-1: Matriz de Consistencia

A-2: Catálogos de Grúas Puente

A-3: Planos de Grúas Puente Existentes en el Mercado Nacional

A-4: Normas Técnicas Utilizadas en el Proyecto de Investigación

A-5: Cotizaciones de los Materiales para la Construcción de la Grúa Puente de Alma Doble de 30 Toneladas de Capacidad

A-6: Cotización de una Grúa Puente DEMAG de 30 Toneladas de Capacidad

A-7: Diagrama de Red del Proceso de Diseño y Fabricación (Diagrama PERT CPM)

A-8: Diagrama de Gantt del Proyecto de Investigación

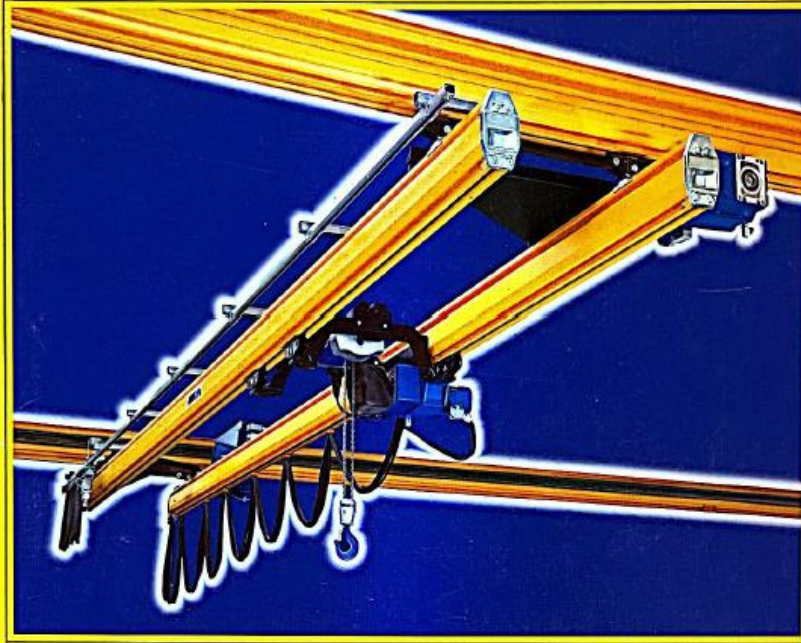
A-9: Modelo de Documento WPS para la creación efectiva de una Soldadura que cumpla con los requisitos de Código y Estándares Aplicables.

A-10: Fotografías del Proyecto de Investigación

A-11: Planos Estructurales de la Grúa Puente de Alma Doble de 30 Toneladas de Capacidad

ANEXO A-1.- MATRIZ DE CONSISTENCIA

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLE | METODOLOGÍA |
|---|---|--|--|---|
| <p>Problema General:</p> <p>¿Cuál será el diseño estructural adecuado de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmeccánica?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Cuál será el sistema estructural necesario de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmeccánica?</p> <p>¿Cuál será la planificación de costos adecuada de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmeccánica?</p> <p>¿Cuál será la planificación de tiempo necesaria de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmeccánica?</p> | <p>Objetivo General:</p> <p>Establecer el diseño estructural adecuado de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmeccánica.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Establecer el sistema estructural necesario de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmeccánica.</p> <p>Establecer la planificación de costos adecuada de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmeccánica.</p> <p>Establecer la planificación de tiempo necesaria de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad para su fabricación en una empresa metalmeccánica.</p> | <p>Hipótesis General:</p> <p>El diseño estructural adecuado de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permite la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmeccánica.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>El sistema estructural necesario de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permite la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmeccánica.</p> <p>La planificación de costos adecuada de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permite la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmeccánica.</p> <p>La planificación de tiempo necesaria de una grúa puente de alma doble de 30 toneladas de capacidad permite la fabricación e instalación en el área de taller de una empresa metalmeccánica.</p> | <p>Variable:</p> <p>Diseño estructural.</p> | <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada - Tecnológica.</p> <p>Diseño:</p> <p>No experimental.</p> <p>Nivel:</p> <p>Descriptivo.</p> <p>Método de la Investigación:</p> <p>Lógico Deductivo.</p> |



Puentes grúa ligeros suspendidos
Soluciones a medida con componentes modulares

Capacidad de carga hasta 2000 kg

ABUS Siempre en movimiento.
Sistemas de Grúas

Sistema HB

El sistema HB de ABUS en marcha:
Rendimiento en cualquier situación



2

ABUS Siempre en movimiento.
Special in Steel

3

No es un Sistema cualquiera...

El sistema de puente grúa suspendido es una de las ideas más prácticas en la técnica de elevación y transporte. Posee las ventajas de un polipasto fijo y la movilidad de un puente grúa, aunque todo ello de forma muy económica. En ABUS se dan todas las condiciones necesarias para el desarrollo propio de estos sistemas: la experiencia con elevadores y puentes grúa, así como la avanzada técnica

de producción de alta calidad y el compromiso por lograr más comodidad y humanidad en el puesto de trabajo. El objetivo de ABUS ha sido, y es, dotar a los puentes grúa suspendidos de tantas ventajas como sea posible, aunque sin encarecer el producto final. Quien necesite elevar y transportar cargas en el puesto de trabajo, en el almacén o en la producción, debería permitirse e instalarse siste-

mas HB de puentes grúa suspendidos de ABUS. En cuestión de técnica, rentabilidad, flexibilidad, calidad y adaptabilidad al puesto de trabajo, el programa HB de ABUS ofrece un amplio abanico de capacidades de carga que merece el pleno reconocimiento del mercado. La receta para el éxito ha sido convertir en realidad los deseos individuales de cada cliente.



Puente grúa monorraíl EHR ABUS.

... sino un sistema ABUS. Concepto completo hasta el más mínimo detalle.

Sistemas de grúas y componentes de ABUS.

Puentes grúa

Grúas pluma giratorias

Puentes grúa suspendidos

Grúa pórtico ligera

Polipastos eléctricos de cable

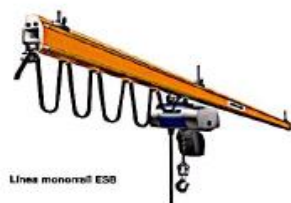
Polipastos eléctricos de cadena

Componentes de alto rendimiento

ABUS se ha especializado conscientemente en sistemas de elevación y transporte de cargas hasta 120 t. No sólo porque dentro de este margen se encuentra la práctica totalidad de las aplicaciones, sino también para aprovechar al máximo las ventajas de un sistema que no interpone obstáculos al nivel del suelo. ABUS ofrece un programa completo de sistemas de transporte con disponibilidad inmediata: grúas pluma giratorias, puentes grúa, líneas monorraíles, polipastos eléctricos de cable y de cadena, toda una gama de componentes y, naturalmente, el sistema HB ABUS de puentes grúa ligeros suspendidos. La oferta abarca desde la solución de un problema específico hasta la realización de sistemas completos de transporte de materiales.

A todo ello hay que sumarle la permanente filosofía de ABUS: si ofrecemos algo lo hacemos sobre la base de un asesoramiento especializado, con materiales y procesos de primera calidad, con la peculiar y conocida garantía de ABUS, con un apoyo individualizado para el usuario y con un servicio técnico rápido y fiable en todo el territorio nacional.

Sistema HB de ABUS Soluciones sistemáticamente perfectas



Linea monorraíl ESB



Linea birraíl ZSB



Puente grúa monorraíl EHB



Puente grúa monorraíl EHB-X

El sistema HB de ABUS ofrece soluciones individuales con componentes tipo mecánico: cada elemento resulta práctico y económico ya que permite cualquier tipo de combinación y aplicación. La construcción compacta es una característica común a todos ellos para permitir siempre una altura máxima del gancho.

Con tres perfiles, se alcanza una capacidad de carga de hasta 2000 kg. Todas las conexiones eléctricas se realizan con un mismo tipo de enchufe de conexión rápida.

La muy variada selección de posibilidades de montaje permite una fijación individualizada y adaptada a las diferentes condiciones de las naves y distintos tipos de techo.



Puente grúa birraíl ZHB



Puente grúa birraíl ZHB-3



Puente grúa birraíl ZHB-X

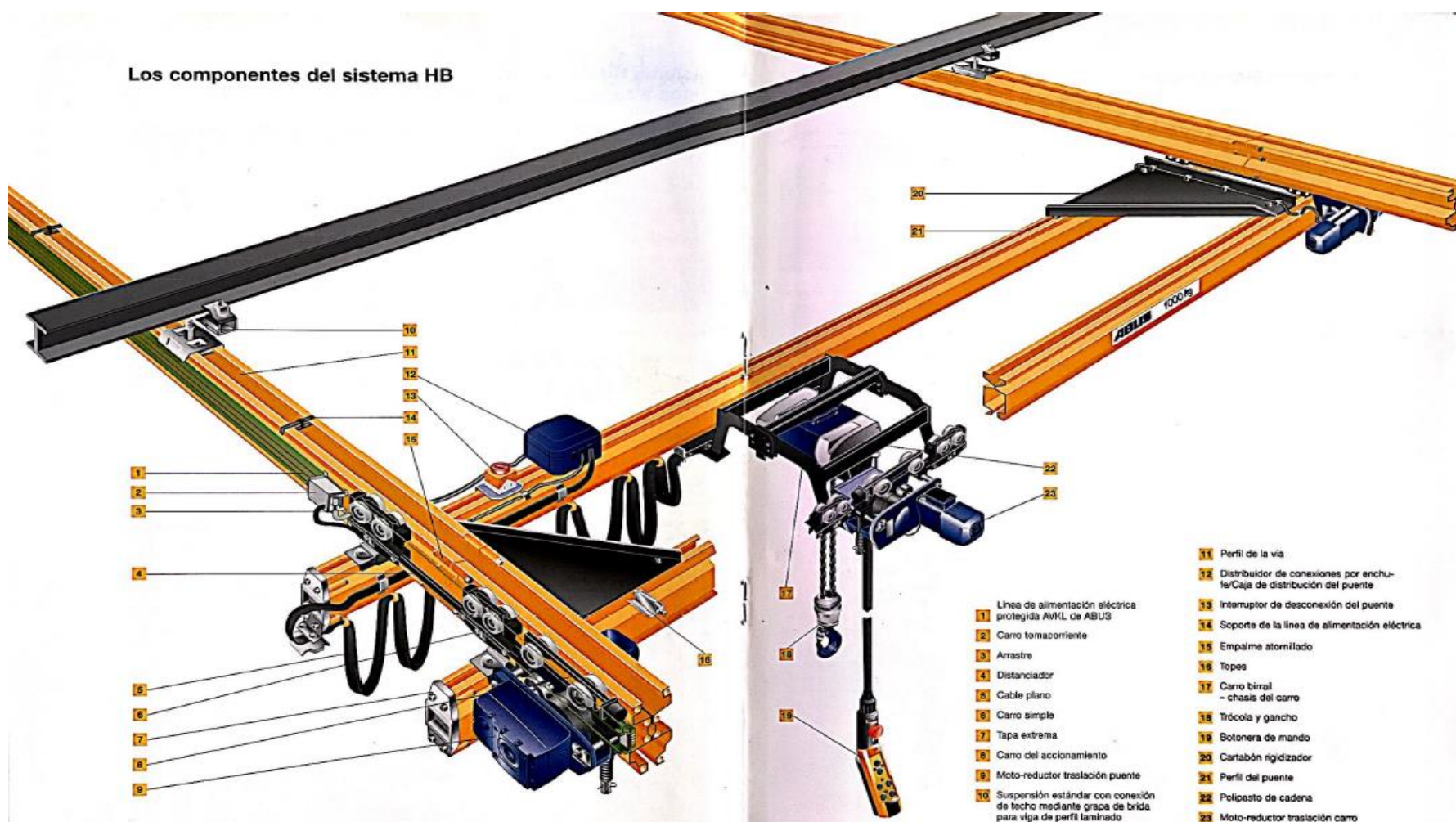
Sistema HB de ABUS Tipos y capacidades de suministro

| Tipo de puente grúa suspendido | Capacidad de carga kg | Longitud máxima perfil mm | Longitud carriles mm | Distancia máxima entre puntos de suspensión mm |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|--|
| Linea monorraíl ESB | 125 | -- | libre | 10500 |
| | 250 | -- | | 10300 |
| | 500 | -- | | 9000 |
| | 1000 | -- | | 7300 |
| | 2000 | -- | | 5100 |
| Linea birraíl ZSB | 125 | -- | libre | 10500 |
| | 250 | -- | | 10300 |
| | 500 | -- | | 9000 |
| | 1000 | -- | | 7300 |
| | 2000 | -- | | 7300 |
| Puente grúa monorraíl EHB | 125 | 10000 | libre | 10300 |
| | 250 | 10000 | | 9500 |
| | 500 | 10000 | | 8200 |
| | 1000 | 8000 | | 6900 |
| Puente grúa monorraíl EHB-X | 125 | 8000 | libre | 10500 |
| | 250 | 8000 | | 9700 |
| | 500 | 8000 | | 8500 |
| | 1000 | 7000 | | 7200 |
| Puente grúa birraíl ZHB | 125 | 12000 | libre | 8900 |
| | 250 | 12000 | | 8400 |
| | 500 | 12000 | | 7300 |
| | 1000 | 12000 | | 6200 |
| | 2000 | 8000 | | 4100 |
| Puente grúa birraíl ZHB-X | 125 | 8000 | libre | 9300 |
| | 250 | 8000 | | 8500 |
| | 500 | 8000 | | 7800 |
| | 1000 | 8000 | | 6700 |
| | 2000 | 6000 | | 5200 |
| Puente grúa birraíl ZHB-3 | 125 | 22000 | libre | sobre demanda |
| | 250 | 22000 | | |
| | 500 | 21000 | | |
| | 1000 | 15000 | | |



Puente grúa birraíl ZHB

Los componentes del sistema HB



- 1 Línea de alimentación eléctrica protegida AWKL de ABUS
- 2 Carro tomacorriente
- 3 Arrastre
- 4 Distanciador
- 5 Cable plano
- 6 Carro simple
- 7 Tapa extrema
- 8 Carro del accionamiento
- 9 Moto-reductor traslación puente
- 10 Suspensión estándar con conexión de techo mediante grapa de brida para viga de perfil laminado

- 11 Perfil de la vía
- 12 Distribuidor de conexiones por enchufe/Caja de distribución del puente
- 13 Interruptor de desconexión del puente
- 14 Soporte de la línea de alimentación eléctrica
- 15 Empalme atornillado
- 16 Topes
- 17 Carro birral - chasis del carro
- 18 Tricóla y gancho
- 19 Botonera de mando
- 20 Cartabón rigidizador
- 21 Perfil del puente
- 22 Polipasto de cadena
- 23 Moto-reductor traslación carro

Sistema HB de ABUS Variantes sobre una amplia oferta

Línea monorraíl ESB ABUS



Transporte lineal
Capacidad de carga: hasta 2 t

- Posibilidad de recorridos con curvas.
- Altura reducida de construcción.
- Suspensiones con gran distancia entre sí.
- Traslación eléctrica (opcional).



Línea birraíl ZSB ABUS



Transporte lineal
Capacidad de carga: hasta 2 t

- Suspensiones con gran distancia entre sí.
- Altura de elevación especialmente favorable por estar situado el polipasto de cadena entre los perfiles de la vía.
- Altura de construcción muy reducida.
- Traslación eléctrica (opcional).
- Botonera de mando desplazable (opcional).



Puente grúa monorraíl EHB ABUS



Transporte extensivo por toda la superficie
Capacidad de carga: hasta 1 t
Luz del puente: hasta 10 m
(según capacidad de carga)

- Peso propio muy bajo, ideal para naves de construcción ligera.
- Se traslada muy fácilmente con la mano.
- Altura reducida de construcción.
- Medidas de aproximación lateral reducidas.
- Suspensiones con gran distancia entre sí.



Puente grúa monorraíl EHB-X ABUS



Transporte extensivo por toda la superficie
Capacidad de carga: hasta 1 t
Luz del puente: hasta 8 m
(según capacidad de carga)

- Peso propio muy bajo, ideal para naves de construcción ligera.
- Se traslada muy fácilmente con la mano.
- Altura de construcción muy reducida.
- Medidas de aproximación lateral reducidas.
- Suspensiones con gran distancia entre sí.
- Traslación eléctrica (opcional).
- Botonera de mando desplazable (opcional).

ANEXO A-3.- PLANOS DE GRÚAS PUENTE EXISTENTES EN EL MERCADO NACIONAL

Table of performance parameters

| Item | Lifting mechanism | | Item | Traveling mechanism | | |
|------------------------|---------------------------|---------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------------------|
| | Main | Auxiliary | | Trolley | Bridge | |
| Capacity (t) | 20 | 25 | Track span | 5800 | 12700 | |
| Lifting speed (m/min) | 0.2-2 | 1-10 | Translation (m/min) | 1-5 | 1.5-15 | |
| Working class | M3 | M3 | Working class | M3 | M3 | |
| Travel of the hook (m) | 30 | 30 | Max. wheel diam | 514 | 437.5 | |
| Power supply | Three phases 380V AC 60Hz | | | | | |
| Motor | Type | Y2P3552-8 | Y2P280S1-8 | Power (kW) | 2x2.2 | 2x5.5 |
| | Revolutions/min | 739 | 735 | | Three in one Type | ILFA09-35 -Y2P280-6 -E |
| Gearbox | Type | M4PR30-200-24 | QJRS-B450-40-JVC | Ratio (i) | | 20 |
| | Type | YW29-400/E21 | YW29-300/E21 | | Torque(Nm) | 2X1000-2000 |

As-Built

THIS DRAWING IS PROPERTY OF HEC. NEITHER THE DRAWING NOR ITS REPRODUCTION, NOR THE INFORMATION DERIVED FROM IT, IS TO BE TRANSFERRED TO OTHERS. NO USE SHALL BE MADE OF IT, WHICH IS OR IT COULD BE INSTRUMENTAL TO HEC.

ESTE DISEÑO ES PROPIEDAD DE HEC. EL DISEÑO, CÓPIAS DEL DISEÑO O LA INFORMACIÓN DERIVADA DE EL, NO DEBERÁN SER ENTREGADAS A TERCERAS PERSONAS. NINGUNA USO DEBE HACERSE DE ESTE DISEÑO DE MANERA QUE SEA PERJUDICIAL PARA HEC.

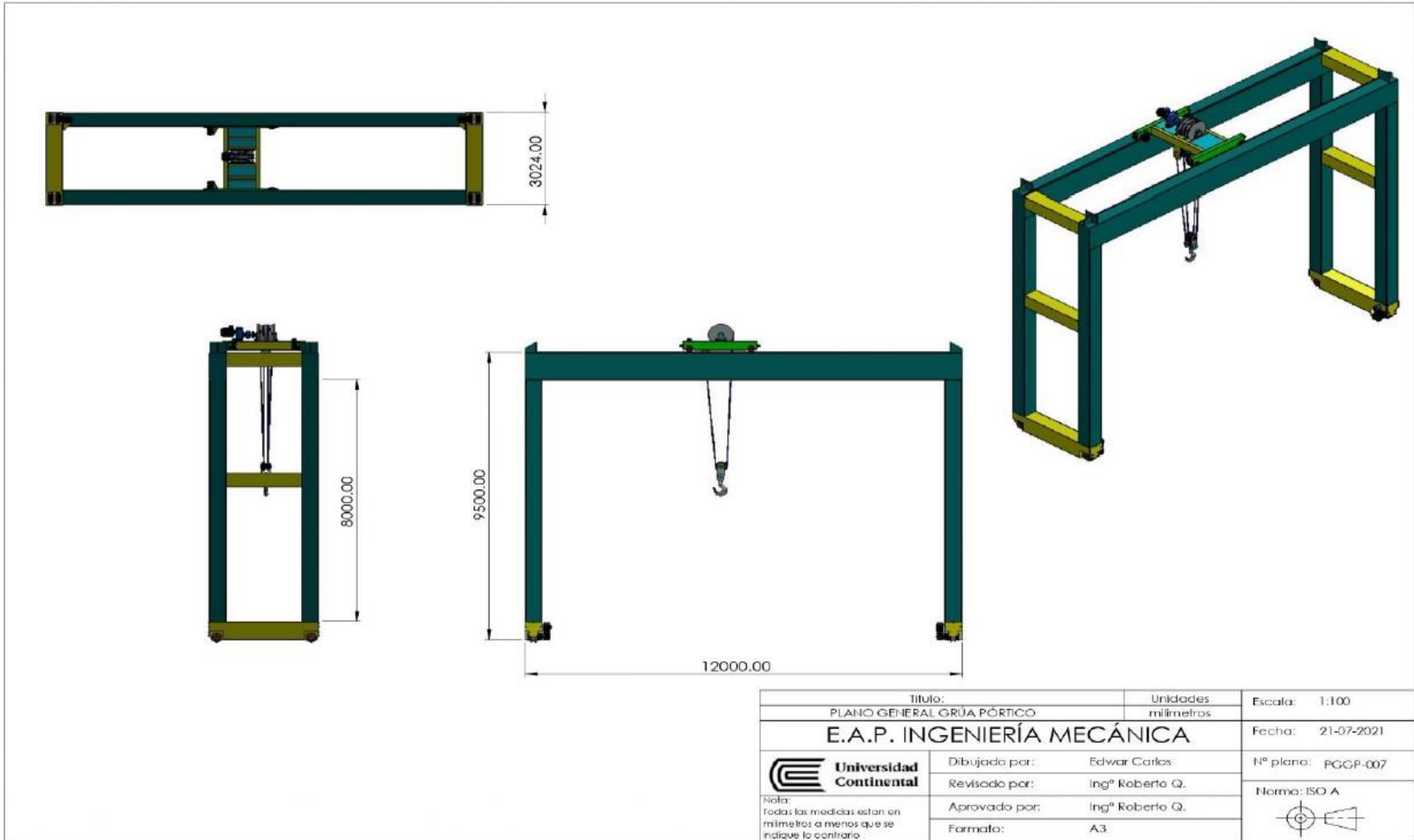
| | | | | | | | | | | |
|-----|-------|--|------------|------------|------|-------------|------|------|------|-------------|
| 2 | Issue | As-built drawing | 2015-04-20 | 2015-04-20 | 1/30 | | | | | |
| 3 | Issue | According to comments during Harkin meetings | 2015-04-20 | 2015-04-20 | 1/30 | | | | | |
| 4 | Issue | According to comments made by civil work group | 2015-04-20 | 2015-04-20 | 1/30 | | | | | |
| REV | DATE | DESCRIPTION | APPV | APPR | DATE | DESCRIPTION | APPV | APPR | DATE | DESCRIPTION |
| | FEHA | | APRV | APRV | 08 | | APRV | APRV | 08 | |

| | | | | | | |
|---|-----------|--------------------------------|---|------|-------|-------|
| 5 | Q000722A5 | Partograph collector of bridge | 1 | Part | 250 | 450 |
| 4 | Q000722A4 | Bridge frame | 1 | Part | 28251 | 28251 |
| 3 | Q000722A3 | Traveling mechanism of bridge | 2 | Part | 2032 | 4384 |
| 2 | Q000722A2 | General structure of bridge | 1 | Part | 37298 | 37298 |
| 1 | Q010721A1 | General structure of structure | 1 | Part | 2500 | 2500 |

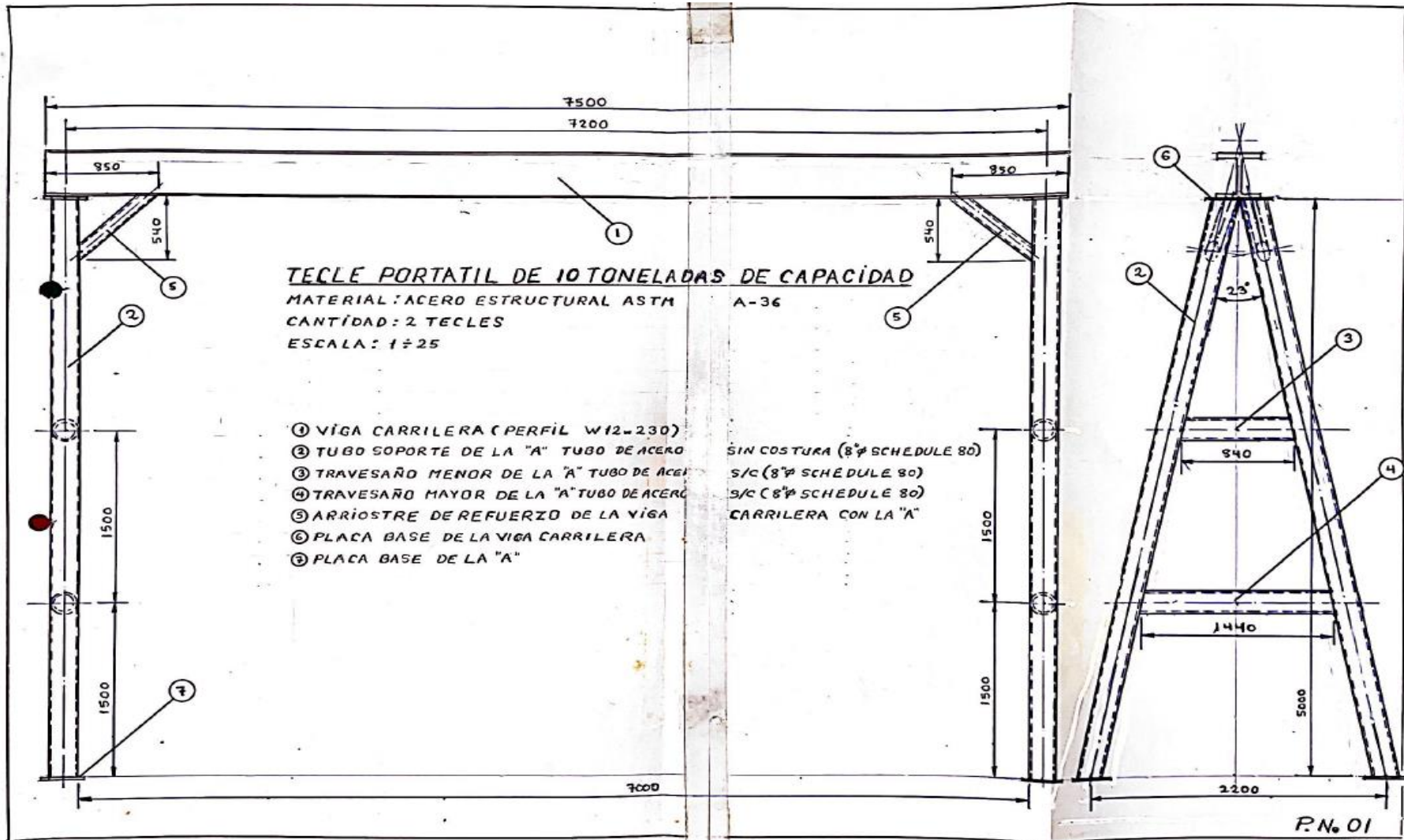
ABB **hyc**

HEC-MCU03SCRNHG101

Fuente: Grúa de 210 T importada de la Empresa de Generación Eléctrica Machu Pichu S.A.



Fuente: Grúa de 10T de la empresa Smelting Ingenieros SAC, Arequipa PERÚ 2021



Fuente: Tecla Portátil de 10 Toneladas de Capacidad de la Empresa SEFREL Ingenieros S.A.C.

ANEXO A-4.- NORMAS TÉCNICAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

NORMA E.020

CARGAS

CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

Artículo 1.- ALCANCE

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

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

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

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

Artículo 2.- DEFINICIONES

Carga: Fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos.

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

Carga Viva.- Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos móviles soportados por la edificación.

CAPÍTULO 2 CARGA MUERTA

Artículo 3.- MATERIALES

Se considerará el peso real de los materiales que conforman y de los que deberán soportar la edificación calculados en base a los pesos unitarios que aparecen en el Anexo 1, pudiéndose usar pesos unitarios menores cuando se justifique debidamente.

El peso real se podrá determinar por medio de análisis o usando los datos indicados en los diseños y catálogos de los fabricantes.

Artículo 4.- DISPOSITIVOS DE SERVICIO Y EQUIPOS

Se considerará el peso de todos los dispositivos de servicio de la edificación, inclusive las tuberías, ductos y equipos de calefacción y aire acondicionado, instalaciones eléctricas, ascensores, maquinaria para ascensores y otros dispositivos fijos similares. El peso de todo este material se incluirá en la carga muerta.

El peso de los equipos con el que se amueble una zona dada, será considerado como carga viva.

Artículo 9.- CARGAS VIVAS MÓVILES

9.1 Generalidades

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

9.2 Automóviles

Las zonas que se usen para el tránsito o estacionamiento de automóviles y que estén restringidas a este uso por limitaciones físicas se diseñaran para la carga repartida pertinente a las zonas de estacionamiento de tales vehículos, como se determina en la Tabla 1, aplicada sin impacto.

9.3 Camiones

Las cargas mínimas, su distribución y el diseño de barandas y topes, cumplirán con los requisitos aplicables a puentes carreteros.

9.4 Ferrocarriles

Las cargas mínimas y su distribución cumplirán con los requisitos aplicables a puentes ferrocarrileros.

9.5 Puentes - Grúa

a) Cargas Verticales

La carga vertical será la máxima real sobre rueda cuando la grúa esté izando a capacidad plena. Para tomar en cuenta el impacto, la carga izada se aumentará en 25 % o la carga sobre rueda se aumentará en 15 %, la que produzca mayores condiciones de esfuerzo.

b) Cargas Horizontales

La carga transversal total, debida a la traslación del carro del puente-grúa, será el 20% de la suma de la capacidad de carga y el peso del carro. Esta fuerza se supondrá colocada en la parte superior de los rieles, actuando en ambos sentido perpendicularmente a la vía de rodadura y debe ser distribuida proporcionalmente a la rigidez lateral de las estructuras que soportan los rieles.

La carga longitudinal debida a la traslación de la grúa, será el 10% de la reacción máxima total, sin incluir el impacto, aplicada en la parte superior del riel y actuando en ambos sentidos paralelamente a la vía de rodadura.

9.6 Tecles Monorrieles

- a) **Cargas Verticales**
La carga vertical será la suma de la capacidad de carga y el peso del tecele. Para tomar en cuenta el impacto, la carga vertical se aumentará en 10 % para tecles manuales y en 25 % para tecles eléctricos.
- b) **Cargas Horizontales**
La carga transversal será el 20 % de la suma de la capacidad de carga y el peso del tecele.
- 9.7 **Ascensores, montacargas y escaleras mecánicas**
Se aplicarán las cargas reales determinadas mediante análisis o usando los datos indicados en los diseños y especificaciones técnicas del fabricante.
- 9.8 **Motores**
Para tomar en cuenta el impacto, las reacciones de las unidades a motor de explosión se aumentarán por lo menos en 50 % y las de unidades a motor eléctrico se aumentarán por lo menos en 25 %. Adicionalmente se deberá considerar las vibraciones que estos puedan producir en las estructuras; para ello se tomarán en cuenta las especificaciones del fabricante.

Artículo 10.- REDUCCION DE CARGA VIVA

Las cargas vivas mínimas repartidas indicadas en la Tabla 1 podrán reducirse para el diseño, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$L_r = L_o \left(0,25 + \frac{4,6}{\sqrt{A_i}} \right)$$

Donde:

L_r = Intensidad de la carga viva reducida.

L_o = Intensidad de la carga viva sin reducir (Tabla 1).

A_i = Área de influencia del elemento estructural en m², que se calculará mediante:

$$A_i = k A_t$$

A_t = Área tributaria del elemento en m².

k = Factor de carga viva sobre el elemento (ver Tabla 3).



El Peruano

1825-2015. LA HISTORIA PARA CONTAR | **DIARIO OFICIAL**

AÑO DE LA CONSOLIDACIÓN DEL MAR DE GRAU

Domingo 24 de enero de 2016



Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2016-VIVIENDA**

**DECRETO SUPREMO QUE MODIFICA
LA NORMA TÉCNICA E.030 “DISEÑO
SISMORRESISTENTE” DEL REGLAMENTO
NACIONAL DE EDIFICACIONES,
APROBADA POR DECRETO SUPREMO
N° 011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON
DECRETO SUPREMO
N° 002-2014-VIVIENDA**

NORMAS LEGALES

SEPARATA ESPECIAL

DECRETO SUPREMO QUE MODIFICA LA NORMA TÉCNICA E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE" DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES, APROBADA POR DECRETO SUPREMO N° 011-2006-VIVIENDA, MODIFICADA CON DECRETO SUPREMO N° 002-2014-VIVIENDA

**DECRETO SUPREMO
N° 003-2016-VIVIENDA**

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, es competencia del Ministerio formular, normar, dirigir, coordinar, ejecutar, supervisar y evaluar las políticas nacionales y sectoriales en materia de vivienda, construcción, saneamiento, urbanismo y desarrollo urbano, bienes estatales y propiedad urbana, para lo cual dicta normas de alcance nacional y supervisa su cumplimiento;

Que, el Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA, aprobó el Índice y la Estructura del Reglamento Nacional de Edificaciones, en adelante RNE, aplicable a las Habilitaciones Urbanas y a las Edificaciones, como instrumento técnico normativo que rige a nivel nacional, el cual contempla sesenta y nueve (69) Normas Técnicas;

Que, mediante Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, se aprobaron sesenta y seis (66) Normas Técnicas del RNE, comprendidas en el referido Índice, y se constituyó la Comisión Permanente de Actualización del RNE, encargada de analizar y formular las propuestas para la actualización de las Normas Técnicas; precisándose que a la fecha las referidas normas han sido modificadas por sendos Decretos Supremos;

Que, es preciso señalar que con los Decretos Supremos N° 001-2010-VIVIENDA y N° 017-2012-VIVIENDA, se aprobaron dos normas técnicas adicionales, de acuerdo al Índice y a la Estructura del RNE aprobado mediante Decreto Supremo N° 015-2004-VIVIENDA; y con los Decretos Supremos N° 011-2012-VIVIENDA, N° 005-2014-VIVIENDA y N° 006-2014-VIVIENDA, se incorporaron tres nuevas normas al citado cuerpo legal;

Que, con Informe N° 001-2015-CPARNE de fecha 17 de junio de 2015, el Presidente de la Comisión Permanente de Actualización del RNE, eleva la propuesta de modificación de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del RNE, aprobada con Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA; la misma que ha sido materia de evaluación y aprobación por la mencionada Comisión conforme al Acta de aprobación de la Quincuagésima Segunda Sesión de fecha 10 de junio de 2015, que forma parte del expediente correspondiente;

Que, la propuesta normativa tiene por objeto actualizar la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" de acuerdo con las nuevas tecnologías en sismorresistencia y los avances científicos en el campo de la sismología, a fin de disminuir la vulnerabilidad de las edificaciones nuevas, evitar las pérdidas de vidas humanas en caso de sismos y asegurar la continuidad de los servicios básicos;

Que, conforme a lo señalado por la Comisión Permanente de Actualización del RNE, corresponde disponer la modificación de la Norma Técnica a que se refiere el considerando anterior, a fin de actualizar y complementar su contenido; y,

De conformidad con lo dispuesto en el numeral 8) del artículo 118 de la Constitución Política del Perú; el numeral 3) del artículo 11 de la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; la Ley N° 30156, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; y el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, aprobado por Decreto Supremo N° 010-2014-VIVIENDA, modificado por el Decreto Supremo N° 006-2015-VIVIENDA;

DECRETA:

Artículo 1.- Modificación de la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE

Modifícase la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" contenida en el Numeral III.2 Estructuras,

del Título III Edificaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA, la cual forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Artículo 2.- Publicación y Difusión

Publícase el presente Decreto Supremo y la Norma Técnica a que se refiere el artículo 1 de la presente norma, en el Portal Institucional del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (www.vivienda.gob.pe), el mismo día de su publicación en el Diario Oficial "El Peruano", de conformidad con lo dispuesto por el Decreto Supremo N° 001-2009-JUS.

Artículo 3.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA

Única.- Normativa aplicable a proyectos de inversión pública y procedimientos administrativos en trámite

Los proyectos de inversión pública que a la fecha de la entrada en vigencia del presente Decreto Supremo, cuentan con la declaratoria de viabilidad en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública - SNIP, y los procedimientos administrativos en los que se haya solicitado a las Municipalidades la licencia de edificación correspondiente, se rigen por la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con Decreto Supremo N° 002-2014-VIVIENDA, hasta su conclusión.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintidós días del mes de enero del año dos mil dieciséis.

OLLANTA HUMALA TASSO
Presidente de la República

FRANCISCO ADOLFO DUMLER CUYA
Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento

NORMA TÉCNICA E.030

"DISEÑO SISMORRESISTENTE"

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

- 1.1 Nomenclatura
- 1.2 Alcances
- 1.3 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente
- 1.4 Concepción Estructural Sismorresistente
- 1.5 Consideraciones Generales
- 1.6 Presentación del Proyecto

CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO

- 2.1 Zonificación
- 2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio
- 2.3 Condiciones Geotécnicas
- 2.4 Parámetros de Sitio (S , T_p y T_l)
- 2.5 Factor de Amplificación Sísmica (C)

CAPÍTULO 3 CATEGORÍA, SISTEMA ESTRUCTURAL Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES

- 3.1 Categoría de las Edificaciones y Factor de Uso (U)
- 3.2 Sistemas Estructurales
- 3.3 Categoría y Sistemas Estructurales
- 3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_b)
- 3.5 Regularidad Estructural
- 3.6 Factores de Irregularidad (I_a , I_b)
- 3.7 Restricciones a la Irregularidad
- 3.8 Coeficiente de Reducción de las Fuerzas Sísmicas,

R

3.9 Sistemas de Aislamiento Sísmico y Sistemas de Disipación de Energía

CAPÍTULO 4 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.1 Consideraciones Generales para el Análisis

4.2 Modelos para el Análisis

4.3 Estimación del Peso (P)

4.4 Procedimientos de Análisis Sísmico

4.5 Análisis Estático o de Fuerzas Estáticas Equivalentes

4.6 Análisis Dinámico Modal Espectral

4.7 Análisis Dinámico Tiempo - Historia

CAPÍTULO 5 REQUISITOS DE RIGIDEZ, RESISTENCIA Y DUCTILIDAD

5.1 Determinación de Desplazamientos Laterales

5.2 Desplazamientos Laterales Relativos Admisibles

5.3 Separación entre Edificios (s)

5.4 Redundancia

5.5 Verificación de Resistencia Última

CAPÍTULO 6 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES, APÉNDICES Y EQUIPOS

6.1 Generalidades

6.2 Responsabilidad Profesional

6.3 Fuerzas de Diseño

6.4 Fuerza Horizontal Mínima

6.5 Fuerzas Sísmicas Verticales

6.6 Elementos no Estructurales Localizados en la Base de la Estructura, por Debajo de la Base y Cercos

6.7 Otras Estructuras

6.8 Diseño Utilizando el Método de los Esfuerzos Admisibles

CAPÍTULO 7 CIMENTACIONES

7.1 Generalidades

7.2 Capacidad Portante

7.3 Momento de Volteo

7.4 Cimentaciones sobre suelos flexibles o de baja capacidad portante

CAPÍTULO 8 EVALUACIÓN, REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESTRUCTURAS

8.1 Evaluación de estructuras después de un sismo

8.2 Reparación y reforzamiento

CAPÍTULO 9 INSTRUMENTACIÓN

9.1 Estaciones Acelerométricas

9.2 Requisitos para su Ubicación

9.3 Mantenimiento

9.4 Disponibilidad de Datos

ANEXOS

ANEXO N° 1 ZONIFICACIÓN SISMICA

ANEXO N° 2 PROCEDIMIENTO SUGERIDO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ACCIONES SÍSMICAS

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1 Nomenclatura

Para efectos de la presente Norma Técnica, se consideran las siguientes nomenclaturas:

C Factor de amplificación sísmica.

C_p Coeficiente para estimar el período fundamental de un edificio.

d_i Desplazamientos laterales del centro de masa del nivel i en traslación pura (restringiendo los giros en planta) debido a las fuerzas f_i .

e_i Excentricidad accidental en el nivel i .

F_i Fuerza sísmica horizontal en el nivel i .

g Aceleración de la gravedad.

h_i Altura del nivel i con relación al nivel del terreno.

h_{ei} Altura del entrepiso i .

h_n Altura total de la edificación en metros.

M_0 Momento torsor accidental en el nivel i .

m Número de modos usados en la combinación modal.

n Número de pisos del edificio.

P Peso total de la edificación.

P_i Peso del nivel i .

R Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.

r Respuesta estructural máxima elástica esperada.

r_i Respuestas elásticas máximas correspondientes al modo i .

S Factor de amplificación del suelo.

S_a Espectro de pseudo aceleraciones.

T Período fundamental de la estructura para el análisis estático o período de un modo en el análisis dinámico.

T_p Período que define la plataforma del factor C .

T_i Período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante.

U Factor de uso o importancia.

V Fuerza cortante en la base de la estructura.

Z Factor de zona.

R_0 Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas.

I_a Factor de irregularidad en altura.

I_p Factor de irregularidad en planta.

f_i Fuerza lateral en el nivel i .

\bar{V}_s Velocidad promedio de propagación de las ondas de corte.

\bar{N}_{60} Promedio ponderado de los ensayos de penetración estándar.

\bar{S}_u Promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada.

1.2 Alcances

Esta Norma establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas tengan un comportamiento sísmico acorde con los principios señalados en numeral 1.3.

Se aplica al diseño de todas las edificaciones nuevas, al reforzamiento de las existentes y a la reparación de las que resultaran dañadas por la acción de los sismos.

El empleo de sistemas estructurales diferentes a los indicados en el numeral 3.2, deberá ser aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y demostrar que la alternativa propuesta produce adecuados resultados de rigidez, resistencia sísmica y ductilidad.

Para estructuras tales como reservorios, tanques, silos, puentes, torres de transmisión, muelles, estructuras hidráulicas y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico difiera del de las edificaciones, se podrá usar esta Norma en lo que sea aplicable.

Además de lo indicado en esta Norma, se deberá tomar medidas de prevención contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico: tsunamis, fuego, fuga de materiales peligrosos, deslizamiento masivo de tierras u otros.

1.3 Filosofía y Principios del Diseño Sismorresistente

La filosofía del Diseño Sismorresistente consiste en:

- a. Evitar pérdida de vidas humanas.
- b. Asegurar la continuidad de los servicios básicos.
- c. Minimizar los daños a la propiedad.

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en la presente Norma los siguientes principios:

- a. La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b. La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c. Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N° 5, se tendrán consideraciones especiales orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un sismo severo.

1.4 Concepción Estructural Sismorresistente

Debe tomarse en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

- Simetría, tanto en la distribución de masas como de rigideces.
- Peso mínimo, especialmente en los pisos altos.
- Selección y uso adecuado de los materiales de construcción.
- Resistencia adecuada frente a las cargas laterales.
- Continuidad estructural, tanto en planta como en elevación.
- Ductilidad, entendida como la capacidad de deformación de la estructura más allá del rango elástico.
- Deformación lateral limitada.
- Inclusión de líneas sucesivas de resistencia (redundancia estructural).
- Consideración de las condiciones locales.
- Buena práctica constructiva y supervisión estructural rigurosa.

1.5 Consideraciones Generales

Toda edificación y cada una de sus partes serán diseñadas y construidas para resistir las solicitaciones sísmicas prescritas en esta Norma, siguiendo las especificaciones de las normas pertinentes a los materiales empleados.

No es necesario considerar simultáneamente los efectos de sismo y viento.

Deberá considerarse el posible efecto de los tabiques, parapetos y otros elementos adosados en el comportamiento sísmico de la estructura. El análisis, el detallado del refuerzo y anclaje deberá hacerse acorde con esta consideración.

En concordancia con los principios de diseño sismorresistente del numeral 1.3, se acepta que las edificaciones tengan incursiones inelásticas frente a solicitaciones sísmicas severas. Por tanto, las fuerzas sísmicas de diseño son una fracción de la solicitación sísmica máxima elástica.

1.6 Presentación del Proyecto

Los planos, memoria descriptiva y especificaciones técnicas del proyecto estructural, deberán estar firmados por el ingeniero civil colegiado responsable del diseño, quien será el único autorizado para aprobar cualquier modificación a los mismos.

Los planos del proyecto estructural deberán incluir la siguiente información:

- a. Sistema estructural sismorresistente.
- b. Período fundamental de vibración en ambas direcciones principales.
- c. Parámetros para definir la fuerza sísmica o el espectro de diseño.
- d. Fuerza cortante en la base empleada para el diseño, en ambas direcciones.

- e. Desplazamiento máximo del último nivel y el máximo desplazamiento relativo de entrepiso.
- f. La ubicación de las estaciones acelerométricas, si éstas se requieren conforme al Capítulo 9.

CAPÍTULO 2. PELIGRO SÍSMICO

2.1 Zonificación

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura N° 1. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en la información neotectónica. El Anexo N° 1 contiene el listado de las provincias y distritos que corresponden a cada zona.



FIGURA N° 1

A cada zona se asigna un factor Z según se indica en la Tabla N° 1. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

| ZONA | Z |
|------|------|
| 4 | 0,45 |
| 3 | 0,35 |
| 2 | 0,25 |
| 1 | 0,10 |

2.2 Microzonificación Sísmica y Estudios de Sitio

2.2.1 Microzonificación Sísmica

Son estudios multidisciplinarios que investigan los efectos de sismos y fenómenos asociados como licuación

| CATEGORÍA | DESCRIPCIÓN | FACTOR U |
|--------------------------------|--|------------|
| B Edificaciones Importantes | Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento. | 1,3 |
| C Edificaciones Comunes | Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes. | 1,0 |
| D Edificaciones Temporales | Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares. | Ver nota 2 |

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tendrán aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable podrá decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de *U* será como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones deberá proveerse resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

3.2 Sistemas Estructurales

3.2.1 Estructuras de Concreto Armado

Todos los elementos de concreto armado que conforman el sistema estructural sismorresistente deberán cumplir con lo previsto en el Capítulo 21 "Disposiciones especiales para el diseño sísmico" de la Norma Técnica E.060 Concreto Armado del RNE.

Pórticos. Por lo menos el 80 % de la fuerza cortante en la base actúa sobre las columnas de los pórticos. En caso se tengan muros estructurales, éstos deberán diseñarse para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

Muros Estructurales. Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70 % de la fuerza cortante en la base.

Dual. Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros está entre 20 % y 70 % del cortante en la base del edificio. Los pórticos deberán ser diseñados para resistir por lo menos 30 % de la fuerza cortante en la base.

Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL). Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa.

Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

3.2.2 Estructuras de Acero

Los Sistemas que se indican a continuación forman parte del Sistema Estructural Resistente a Sismos.

Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)
Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la fluencia por flexión de las vigas y limitada fluencia en las zonas de panel de las columnas. Las columnas deberán ser diseñadas para tener una resistencia mayor que las vigas cuando estas incursonan en la zona de endurecimiento por deformación.

Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)
Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)
Estos pórticos deberán proveer una mínima capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)

Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica a través de la resistencia post-pandeo en los arriostres en compresión y fluencia en los arriostres en tracción.

Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)

Estos pórticos deberán proveer una limitada capacidad de deformación inelástica en sus elementos y conexiones.

Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)
Estos pórticos deberán proveer una significativa capacidad de deformación inelástica principalmente por fluencia en flexión o corte en la zona entre arriostres.

3.2.3 Estructuras de Albañilería

Edificaciones cuyos elementos sismorresistentes son muros a base de unidades de albañilería de arcilla o concreto. Para efectos de esta Norma no se hace diferencia entre estructuras de albañilería confinada o armada.

3.2.4 Estructuras de Madera

Se consideran en este grupo las edificaciones cuyos elementos resistentes son principalmente a base de madera. Se incluyen sistemas entramados y estructuras arriostradas tipo poste y viga.

3.2.5 Estructuras de Tierra

Son edificaciones cuyos muros son hechos con unidades de albañilería de tierra o tierra apisonada in situ.

3.3 Categoría y Sistemas Estructurales

De acuerdo a la categoría de una edificación y la zona donde se ubique, ésta deberá proyectarse empleando el sistema estructural que se indica en la Tabla N° 6 y respetando las restricciones a la irregularidad de la Tabla N° 10.

| Categoría de la Edificación | Zona | Sistema Estructural |
|-----------------------------|----------|--|
| A1 | 4 y 3 | Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural. |
| | 2 y 1 | Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. |
| A2 (*) | 4, 3 y 2 | Estructuras de acero tipo SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. |
| | 1 | Cualquier sistema. |

| Categoría de la Edificación | Zona | Sistema Estructural |
|-----------------------------|-------------|---|
| B | 4, 3 y 2 | Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado. Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera |
| | 1 | Cualquier sistema. |
| C | 4, 3, 2 y 1 | Cualquier sistema. |

(*) Para pequeñas construcciones rurales, como escuelas y postas médicas, se podrá usar materiales tradicionales siguiendo las recomendaciones de las normas correspondientes a dichos materiales.

3.4 Sistemas Estructurales y Coeficiente Básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_o)

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, tal como se indica en la Tabla N° 7.

Cuando en la dirección de análisis, la edificación presente más de un sistema estructural, se tomará el menor coeficiente R_o que corresponda.

| Tabla N° 7 SISTEMAS ESTRUCTURALES | |
|--|--|
| Sistema Estructural | Coficiente Básico de Reducción R_o (*) |
| Acero: | |
| Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF) | 8 |
| Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF) | 7 |
| Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF) | 6 |
| Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF) | 8 |
| Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF) | 6 |
| Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF) | 8 |
| Concreto Armado: | |
| Pórticos | 8 |
| Dual | 7 |
| De muros estructurales | 6 |
| Muros de ductilidad limitada | 4 |
| Albañilería Armada o Confinada. | 3 |
| Madera (Por esfuerzos admisibles) | 7 |

(*) Estos coeficientes se aplicarán únicamente a estructuras en las que los elementos verticales y horizontales permitan la disipación de la energía manteniendo la estabilidad de la estructura. No se aplican a estructuras tipo péndulo invertido.

Para construcciones de tierra debe remitirse a la Norma E.080 "Adobe" del RNE. Este tipo de construcciones no se recomienda en suelos S_3 , ni se permite en suelos S_4 .

3.5 Regularidad Estructural

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares para los fines siguientes:

- Cumplir las restricciones de la Tabla N° 10.
- Establecer los procedimientos de análisis.
- Determinar el coeficiente R de reducción de fuerzas sísmicas.

Estructuras Regulares son las que en su configuración resistente a cargas laterales, no presentan las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

En estos casos, el factor I_a o I_p será igual a 1,0.

Estructuras Irregulares son aquellas que presentan una o más de las irregularidades indicadas en las Tablas N° 8 y N° 9.

3.6 Factores de Irregularidad (I_a, I_p)

El factor I_a se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 8 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en altura en las dos direcciones de análisis. El factor I_p se determinará como el menor de los valores de la Tabla N° 9 correspondiente a las irregularidades estructurales existentes en planta en las dos direcciones de análisis.

Si al aplicar las Tablas N° 8 y 9 se obtuvieran valores distintos de los factores I_a o I_p para las dos direcciones de análisis, se deberá tomar para cada factor el menor valor entre los obtenidos para las dos direcciones.

| Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA | Factor de Irregularidad I_a |
|---|-------------------------------|
| Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,4 veces el correspondiente valor en el entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,25 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso. | 0,75 |
| Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior. | 0,50 |
| Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Se considera que existe irregularidad extrema en la rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la distorsión de entrepiso (deriva) es mayor que 1,6 veces el correspondiente valor del entrepiso inmediato superior, o es mayor que 1,4 veces el promedio de las distorsiones de entrepiso en los tres niveles superiores adyacentes. La distorsión de entrepiso se calculará como el promedio de las distorsiones en los extremos del entrepiso. | 0,50 |
| Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65 % de la resistencia del entrepiso inmediato superior. | 0,90 |
| Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el numeral 4.3, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos. | 0,90 |
| Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos. | 0,80 |
| Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10 % de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25 % de la correspondiente dimensión del elemento. | 0,80 |

NORMA E.090

ESTRUCTURAS METÁLICAS

SÍMBOLOS

El número de la Sección en paréntesis después de la definición de un símbolo se refiere a la Sección donde el símbolo es definido por primera vez

| | |
|------------|--|
| A | Área de la sección transversal, mm ² (6.1.1.2) |
| A_B | Área cargada de concreto, mm ² (9.2.4) |
| A_b | Área nominal de un conector, mm ² (10.3.7) |
| A_c | Área de concreto, mm ² (9.2.2) |
| A_c | Área de la losa de concreto dentro de su ancho efectivo, mm ² (9.5.2) |
| A_D | Área de una varilla recalcada en función del mayor diámetro de su parte roscada, mm ² (10.3.6) |
| A_e | Área neta efectiva, mm ² (2.3) |
| A_f | Área del ala, mm ² (Apéndice 6.3) |
| A_{fe} | Área efectiva del ala en tracción, mm ² (2.10) |
| A_{fg} | Área total del ala, mm ² (2.10) |
| A_{fn} | Área neta del ala, mm ² (2.10) |
| A_g | Área total, mm ² (1.5) |
| A_{gt} | Área total sometida a tracción, mm ² (10.4.3) |
| A_{gv} | Área total sometida a corte, mm ² (10.4.3) |
| A_n | Área neta, mm ² (2.2) |
| A_{nt} | Área neta sometida a tracción, mm ² (10.4.2) |
| A_{nv} | Área neta sometida a corte, mm ² (10.4.1) |
| A_{pb} | Área proyectada de aplastamiento, mm ² (10.8) |
| A_r | Área de barras de refuerzo longitudinal, mm ² (9.2.2) |
| A_s | Área de la sección transversal de acero, mm ² (9.2.2) |
| A_{sc} | Área de la sección transversal del perno de corte, mm ² (9.5.3) |
| A_{sf} | Área de corte en la línea de falla, mm ² (4.3) |
| A_w | Área del alma, mm ² (6.2.1) |
| A_1 | Área de acero concéntricamente cargada sobre un apoyo de concreto, mm ² (10.9) |
| A_2 | Área total de la sección transversal de un apoyo de concreto, mm ² (10.9) |
| B | Factor para esfuerzo de flexión en tees y ángulos dobles (6.1.1.2) |
| B | Factor para esfuerzos de flexión en elementos con almas de peralte variable, mm, definido por las Ecuaciones A-6.3-8 a la A-6.3-11 (Apéndice 6.3) |
| B_1, B_2 | Factores usados en determinar M_u flexo-compresión cuando se emplea un |

CAPÍTULO 1 CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 ALCANCE

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

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

Las exigencias de esta Norma se consideran mínimas.

1.2 LÍMITES DE APLICABILIDAD

1.2.1 Definición de Acero Estructural

En la presente Norma, el término acero estructural se referirá a aquellos elementos de acero de sistemas estructurales de pórticos y reticulados que sean parte esencial para soportar las cargas de diseño. Se entiende como este tipo de elementos a: vigas, columnas, puntales, bridas, montantes y otros que intervienen en el sistema estructural de los edificios de acero. Para el diseño de secciones dobladas en frío o perfiles plegados se recomienda utilizar las Normas del American Iron and Steel Institute (AISI).

1.2.2 Tipos de Construcción

Tres son los tipos de construcciones aceptables bajo los alcances de esta Norma:

Tipo 1, comúnmente denominado pórtico rígido (pórtico continuo), el cual asume que las conexiones entre vigas y columnas son suficientemente rígidas para mantener sin cambios los ángulos entre elementos que se interceptan.

Tipo 2, conocido como pórtico simple (no restringido), que asume una condición de apoyo simple en sus extremos mediante conexiones sólo por corte y que se encuentran libres de rotar por cargas de gravedad. [Cap. 1

Tipo 3, denominado pórtico semirrígido (parcialmente restringido) que asume que las conexiones entre elementos poseen cierta capacidad conocida de rotación, que se encuentra entre la conexión rígida del Tipo 1 y la conexión simple del Tipo 2.

El diseño de las conexiones debe ser consistente con lo asumido en cada tipo de sistema estructural, y debe plasmarse en los planos de diseño.

Las construcciones de edificios del Tipo 2 deben cumplir que:

- (1) Las conexiones y los elementos conectados serán adecuados para resistir las cargas de gravedad como vigas simplemente apoyadas.
- (2) Las conexiones y elementos conectados serán adecuados para resistir las cargas laterales.
- (3) Las conexiones tendrán una adecuada capacidad de rotación inelástica que evite sobrecargar a los conectores o soldaduras frente a la acción combinada de fuerzas horizontales y de gravedad.

Las construcciones semirrígidas del Tipo 3 pueden necesitar una deformación inelástica, pero autolimitada, de alguna zona de acero estructural.

1.3 MATERIAL

1.3.1 Acero Estructural

1.3.1a Designaciones ASTM

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

- Acero estructural, ASTM A36 (AASHTO M270 Grado 36)
- Tubos redondos de acero negro y galvanizado, soldados y sin costura, ASTM A53, Gr. B.
- Acero de alta resistencia y baja aleación, ASTM A242
- Tubos estructurales de acero al carbono, doblados en frío, soldados y sin costura, ASTM A500.
- Tubos estructurales de acero al carbono, doblados en caliente, soldados y sin costura, ASTM A501.
- Planchas de acero aleado, templado y revenido, de alta resistencia adecuadas para soldadura, ASTM A514 (AASHTO M270 Grado 100; Secc. 1.3)
- Acero al Carbono – Manganeso, de alta resistencia, de calidad estructural, ASTM A529.
- Planchas y flejes de acero al carbono, laminadas en caliente, de calidad estructural, ASTM A570, Gr. 275, 310 y 345
- Acero de alta resistencia y baja aleación al niobio - vanadio, de calidad estructural, ASTM A572 (AASHTO M270 Grado 50)
- Acero estructural de alta resistencia y baja aleación, con un límite de fluencia mínimo de 345 MPa, de hasta 100 mm de espesor, ASTM A588 (AASHTO M270 Grado 50W)

1.5.2 Estados Límites

El diseño de una estructura debe asegurar que ningún estado límite pertinente sea excedido por la aplicación de las combinaciones de cargas externas.

Los estados límites de resistencia están relacionados con la seguridad y tratan de la capacidad de carga máxima. Los estados límites de servicio están relacionados con el comportamiento frente a cargas normales de servicio.

1.5.3 Diseño por Condiciones de Resistencia

Para el método LRFD la resistencia de diseño de cada sistema o componente estructural deberá ser igual o mayor a la resistencia requerida por las cargas factorizadas. La resistencia de diseño ϕR_n para cada estado límite se calculará multiplicando la resistencia nominal R_n por el factor de resistencia ϕ .

La resistencia requerida se determinará para cada combinación de carga aplicable como se indica en la Sección 1.4. Las resistencias nominales R_n y factores de resistencia ϕ se presentan en los Capítulos 4 a 11.

Para el método ASD los esfuerzos debidos a las cargas externas en cada sistema o componente o componente estructural no deberán exceder los esfuerzos admisibles que se presentan en los Capítulos 4 a 11. Los esfuerzos admisibles pueden incrementarse en 1/3 cuando actúan cargas de sismo o viento solas o en combinación con cargas vivas o de gravedad, de manera que la sección calculada bajo este criterio no sea menor que la requerida cuando no se hace el incremento de 1/3 de los esfuerzo admisibles.

1.5.4 Diseño por Condiciones de Servicio

La estructura como un todo y sus elementos individuales, conexiones y conectores deben ser verificados por condiciones de servicio de acuerdo con las recomendaciones del Capítulo 12.

1.6 REFERENCIA A CÓDIGOS Y NORMAS

Esta Norma hace referencia a los siguientes documentos:

American National Standards Institute
ANSI B18.1-72

American Society of Civil Engineers
ASCE 7-88

American Society for Testing and Materials
ASTM A6-91b ASTM A27-87

ASTM A36- 91

| | | |
|---------------|---------------|---------------|
| ASTM A53-88 | ASTM A148-84 | ASTM A193-91 |
| ASTM A194-91 | ASTM A242-91a | ASTM A307-91 |
| ASTM A325-91c | ASTM A354-91 | ASTM A449-91a |
| ASTM A490-91 | ASTM A500-90a | ASTM A501-89 |
| ASTM A502-91 | ASTM A514-91 | ASTM A529-89 |
| ASTM A563-91c | ASTM A570-91 | ASTM A572-91 |
| ASTM A588-91a | ASTM A606-91a | ASTM A607-91 |
| ASTM A618-90a | ASTM-A668-85a | ASTM A687-89 |
| ASTM A709-91 | ASTM A852-91 | ASTM C33-90 |
| ASTM C330-89 | ASTM F436-91 | |

| | | |
|--------------------------|--------------|--------------|
| American Welding Society | | Secc. 1.7] |
| AWS D.1.1-92 | AWS A5.1-91 | AWS A5.5-81 |
| AWS A5.17-89 | AWS A5.18-79 | AWS A5.20-79 |
| AWS A5.23-90 | AWS A5.28-79 | AWS A5.29-80 |

Research Council on Structural Connections
Especificaciones LRFD para juntas estructurales usando pernos ASTM A325 ó A490, 1988.

American Iron and Steel Institute
Especificación LRFD para elementos de acero formados en frío, 1991

American Institute of Steel Construction
Código de Práctica Estándar para edificios y puentes de acero, 1992
Requisitos sísmicos para edificios de acero estructural, 1992.
Especificación para el diseño por el método LRFD de elementos de un sólo ángulo, 1993

1.7 DOCUMENTOS DE DISEÑO

1.7.1 Planos

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

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

Se indicarán las contraflechas de armaduras y vigas cuando sea necesario.

1.7.2 Simbología y Nomenclatura

Los símbolos para soldadura e inspección que se empleen en los planos del proyecto y en los de taller serán los de American Welding Society. Para condiciones especiales no cubiertas por los símbolos de AWS es permitido el empleo de otros símbolos, siempre que figure en los planos una explicación completa de ellos.

ANEXO A-5.- COTIZACION DE LOS MATERIALES PARA LA GRÚA PUENTE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD



DINMETSА
FABRICACIÓN DE CONEXIONES INDUSTRIALES

DESARROLLO INDUSTRIAL MECANICO SAC
AV. MATERIALES 2837 URB. INDUSTRIAL WIESE - LIMA
Telef.: 332-1740 / 713-1990
RUC: 20372360713
www.dinmetsa.com.pe

| |
|-------------------|
| COTIZACION |
| 11605 |

Señores: SEFREL INGENIEROS S.A.C.
RUC: 20215365124
Atención:
Referencia:

Fecha: 23/12/2022

Muy señores nuestros :
Por medio de la presente nos es grato saludarlos y a la vez cotizar los productos según su requerimiento :

| ITEM | UNIDAD | DESCRIPCION | CANT. | PRE. UNIT | PRE. TOTAL \$ | TIEMPO ENTREGA |
|------|--------|---|-------|-----------|---------------|----------------|
| 01 | UND | ANGULO A-36. 3/8" X 2.1/2" X 2.1/2" X 6.00 MT | 4 | 79.85 | 319.40 | 1 - 2 DIAS |
| 02 | UND | ANGULO A-36, 3/8" X 3" X 3" X 6.00 MT | 4 | 88.69 | 354.76 | 1 - 2 DIAS |
| 03 | UND | PLANCHA A36 25MM X 400MM X 1600MM | 2 | 209.94 | 419.88 | 1 - 2 DIAS |
| 04 | UND | PLANCHA A36 25MM X 275MM X 1600MM | 4 | 144.34 | 577.36 | 1 - 2 DIAS |
| 05 | UND | PLANCHA A36 16MM X 7" X 11" | 120 | 11.42 | 1,370.40 | 1 - 2 DIAS |
| 06 | UND | PLANCHA A36 12MM X 204MM X 905MM | 3 | 31.33 | 93.99 | 1 - 2 DIAS |
| 07 | UND | PLANCHA A36 9MM X 204MM X 905MM | 12 | 22.85 | 274.20 | 1 - 2 DIAS |
| 08 | UND | PLANCHA A36 22MM X 460MM X 680MM | 10 | 97.91 | 979.10 | 1 - 2 DIAS |

| | |
|------------|----------|
| TOTAL NETO | 4,389.09 |
| IGV | 790.04 |
| TOTAL \$ | 5,179.13 |

CONDICIONES COMERCIALES

FORMA DE PAGO : CONTADO ABONO A CUENTA
MONEDA : DÓLARES AMERICANOS
VALIDEZ OFERTA : 05 DIAS.
LUGAR DE ENTREGA : EN NUESTROS ALMACENES
NOTA : INDICAR EN SU ORDEN EL NUMERO DE COTIZACION
LOS PRECIOS COTIZADOS SON VALIDOS POR UNA OC COMPLETA

OBSERVACIONES :

Los días ofrecidos parten del día hábil siguiente a la OC / OS y con las condiciones iniciales cumplidas Todo Bien / servicio FABRICADO NO podrá ser anulado.
Una vez aprobada la cotización las características del producto y/o servicio declarado en el presente documento NO será sujeto de cambio ni modificación

BCP \$ 191-2312232-1-88
BCP S/ 191-2315341-0-82

Sin otro asunto en particular, nos despedimos reafirmando nuestro compromiso por brindarles el mejor servicio. Atentamente.

JINA RUIZ
ASESOR DE VENTAS
Email: ventas02@dinmetsa.com.pe
Telf.: (01) 713-1990 ANEXO 102
Cel.: 942-044-788



**FERRETERIA INDUSTRIAL
LOS MOROCHUCOS**
ATENCIÓN A PROVINCIA

Distribuidor de
soldaduras
electricas, Tig,
Mig y Seguridad
Industrial.

RUC 20509590746
COTIZACIÓN
005327

FERRETERIA INDUSTRIAL LOS MOROCHUCOS EIRL
JR. MIGUEL ZAMORA NRO. 135
LIMA - LIMA - LIMA
Celular: 981049910 - 955907886 - (01) 4237563
Correo: ferreteriaamorochuco@gmail.com

| | | | |
|---------------------|---------------------------------|-----------------------|--------------|
| CLIENTE | | FECHA EMISIÓN | : 23/12/2022 |
| RUC | : 20215385124 | FECHA DE VENC. | : 23/12/2022 |
| DENOMINACIÓN | : SEFREL INGENIEROS S.A.C. | MONEDA | : SOLES |
| DIRECCIÓN | : AV. GUILLERMO DANSEY NRO. 949 | | |

| CANT. | UM | CÓD. | DESCRIPCIÓN | V/U | P/U | IMPORTE |
|-------|-----|------|--|--------|--------|---------|
| 30 | KGM | 862 | SOLD NAZCA PLUS 8011 1/8 (3.25 MM) SOLDEXA | 13.220 | 15.600 | 468.00 |
| 30 | KGM | 863 | SOLD NAZCA PRO 7018 1/8 (3.25 MM) SOLDEXA | 13.220 | 15.600 | 468.00 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | |
|--------------|-----------|---------------|
| GRAVADA | S/ | 793.22 |
| IGV 18.00 % | S/ | 142.78 |
| TOTAL | S/ | 936.00 |

IMPORTE EN LETRAS: NOVECIENTOS TREINTA Y SEIS CON 00/100 SOLES

Cuentas Bancarias: Cta. BCP S/: 191-1470837-0-37 CCI: 00219100147083703755
Cta. BCP \$: 191-1670871-1-83 CCI: 00219100167087119358

• Consultar el tipo de Cambio Diario

...

FIERRO
TRADI S.A.
 Central: 712-2222 / 618-7234
 Prolong. Huamanga # 1500
 La Victoria
 RUC: 20100087198

Página Web: www.tradisa.com.pe
 Email: jsalas@tradisa.com.pe

COTIZACIÓN N° A51-0020854

Sres. : SER FABRI REP ELECTROM SAC
 Dirección :
 Atte. :
 Ruc :
 Fax : Tifn.:
 Fecha : mié 4 enero de 2023 9:12 am

| # | Código | Descripción | Unidad | Cant. | Peso Unid. | Subt KG. | Prec.Unidad | U\$ | SubTotal |
|----------------|---------|---|--------|-----------|------------------|-----------|-------------|------------|------------------|
| 1 | 94.456Y | VIGA H A-992 14" x193.00 Lb x 30'SG alternativa | PZ | 8 | 2,631.82 | 21,054.54 | 5,070.09 | | 40,560.72 |
| 2 | 94.444N | VIGA H A-992 12" x120.00 Lb x 30' alternativa | PZ | 5 | 1,635.36 | 8,181.82 | 2,817.67 | | 14,088.35 |
| 3 | 94.4221 | VIGA H A-992 10" x 15.00 Lb x 30' alternativa | PZ | 2 | 204.55 | 409.09 | 352.22 | | 704.44 |
| 4 | 06.7281 | CUADRADO A-36 50mm x 6 mt. | PZ | 10 | 118.50 | 1,185 | 152.78 | | 1,527.80 |
| Totales | | | | 25 | 30,830.45 | | | U\$ | 56,881.31 |

Son: CINCUENTA Y SEIS MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y UNO CON 31/100 DOLARES AMERICANOS

Detalles de Cotización

Los Precios Incluyen I.G.V.

Forma de Pago : **CTado Dep.Bancario**

al Tipo de Cambio del día de Facturación

Válido hasta :

Disponibilidad de stock y precio sujeto a variación sin previo aviso, confirmar su pedido con orden de compra

Tipo de cambio del día: 3.823

Servicio de transporte por cuenta de Tradisa a partir de 6 toneladas, dentro de Lima Metropolitana.

Por legales considerar qu

e para materiales a ser trasladados por cuenta del cliente

la empresa de transporte contratada deberá traer consigo su guía de remisión transportista

y la guía de remisión remitente del cliente.

Para depósitos con cheque del mismo banco, considerar 24 horas para validación.

Para depósitos con cheque de otros bancos, considerar 48 horas para validación.

CTAS CTES:

BCP S/. 191-0872955-0-25 BCP U\$ 191-0667080-1-91

BBVA S/. 0011-0686-0100000750-38 BBVA U\$ 0011-0686-0100003199-35

SCOTIABANK S/. 00-001-103-8216-04 SCOTIABANK U\$ 01-001-103-8217-05

INTERBANK S/. 100-0004486996 INTERBANK U\$ 100-0004486995

BANCO DE LA NACION S/ 00-000-873551

Agente de Retención

Cta. de Detracción: Bco de la Nación Nro. 000-335134

FOTRA-SIG-VEN-010

Representante de Ventas: juana salas
 Email: jsalas@tradisa.com.pe

Fec.Data= 03/01/2023 13:32:

Telfn: 7122222-anexo1155 cel: 947365215
 04/01/2023 09:17:00

Page 1 of 1
 Version: 3.0.442

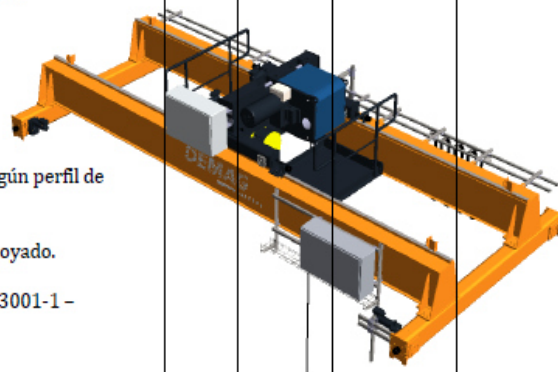


ANEXO A-6.- COTIZACIÓN DE UNA GRÚA PUENTE DEMAG DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD



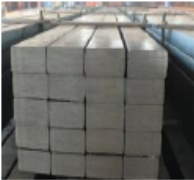
CAL.SANTA INES NRO. 270 Z.I. SANTA ROSA (ALT.CUADRA 19 AV. EVITAMIENTO)
LIMA - LIMA - ATE
Telf. (51-1) 202 1300
www.unimaq.com.pe

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | U.M. | CANT. | P. UNIT. | TOTAL, USD \$ |
|---|--|------|-------|------------|---------------------|
| 1 | SUMINISTRO DE CRANE SET PARA GRÚA PUENTE MONORRIEL DE 30t x 7.395 m DE LUZ Y 8 m DE IZAJE | | | | |
| | Marca : DEMAG | | | | |
| | Procedencia : Alemania | | | | |
| | Capacidad de carga : 30 t | | | | |
| | Luz : 7.395 mm | | | | |
| | Masa de grúa : 5 310 kg, variable según perfil de viga. | | | | |
| | Masa del polipasto : Aprox.2 134 kg | | | | |
| | Diseño de las vigas principales : Viga cajón, diseño apoyado. | | | | |
| | Clasificación de la grúa : U2/Q1 acorde a EN13001-1 - EN15011 | | | | |
| | Condiciones de servicio | | | | |
| | Temperatura ambiente : -5 °C / +40 °C | | | | |
| | Operación : Interior, dentro de nave. | | | | |
| | POLIPASTO Y TROLLEY | | | | |
| | Polipasto | | | | |
| | DVR20-300EZ066-6/1-1V1Z66 | | | | |
| | Modelo : DVR | | | | |
| | Método de control : CC - Polos conmutables | | | | |
| | Tipo : Eléctrico - de cable | | | | |
| | Capacidad : 30 t | | | | |
| | Recorrido gancho : 8 m [máx. 9.0 m] | | | | |
| | Clasificación : Fem 1Am / ISO M4 | JGO | 01 | 112,100.00 | 112,100.00 + I.G.V. |
| | Ramales : 6/1 | | | | |
| | Guía de cable : Estándar | | | | |
| | Velocidad principal : 3.0 m/min | | | | |
| | Velocidad de : 0.5 m/min | | | | |
| | Precisión : MF13Z-106 | | | | |
| | Tipo de motor : MF13Z-106 | | | | |
| | Cantidad de motores : 01 ps | | | | |
| | Potencia de motor de elevación : 18/3 kW | | | | |
| | Factor de servicio : 60 % ED | | | | |
| Grado de protección : IP66 | | | | | |
| Clase de aislamiento : H | | | | | |
| Masa (incluido trolley) : 2 134 kg | | | | | |
| Trolley de traslación | | | | | |
| Modelo : EK - Monorriel. | | | | | |
| Método de control : Variador de Velocidad | | | | | |
| Velocidad de traslado : 20/5 m/min | | | | | |
| Clasificación : Fem 2m / ISO M5 | | | | | |
| Ancho de ala de viga puente : 300 mm | | | | | |
| Riel de rodadura : 60*40 | | | | | |
| Motor de traslado Transversal : MF06LA20P | | | | | |

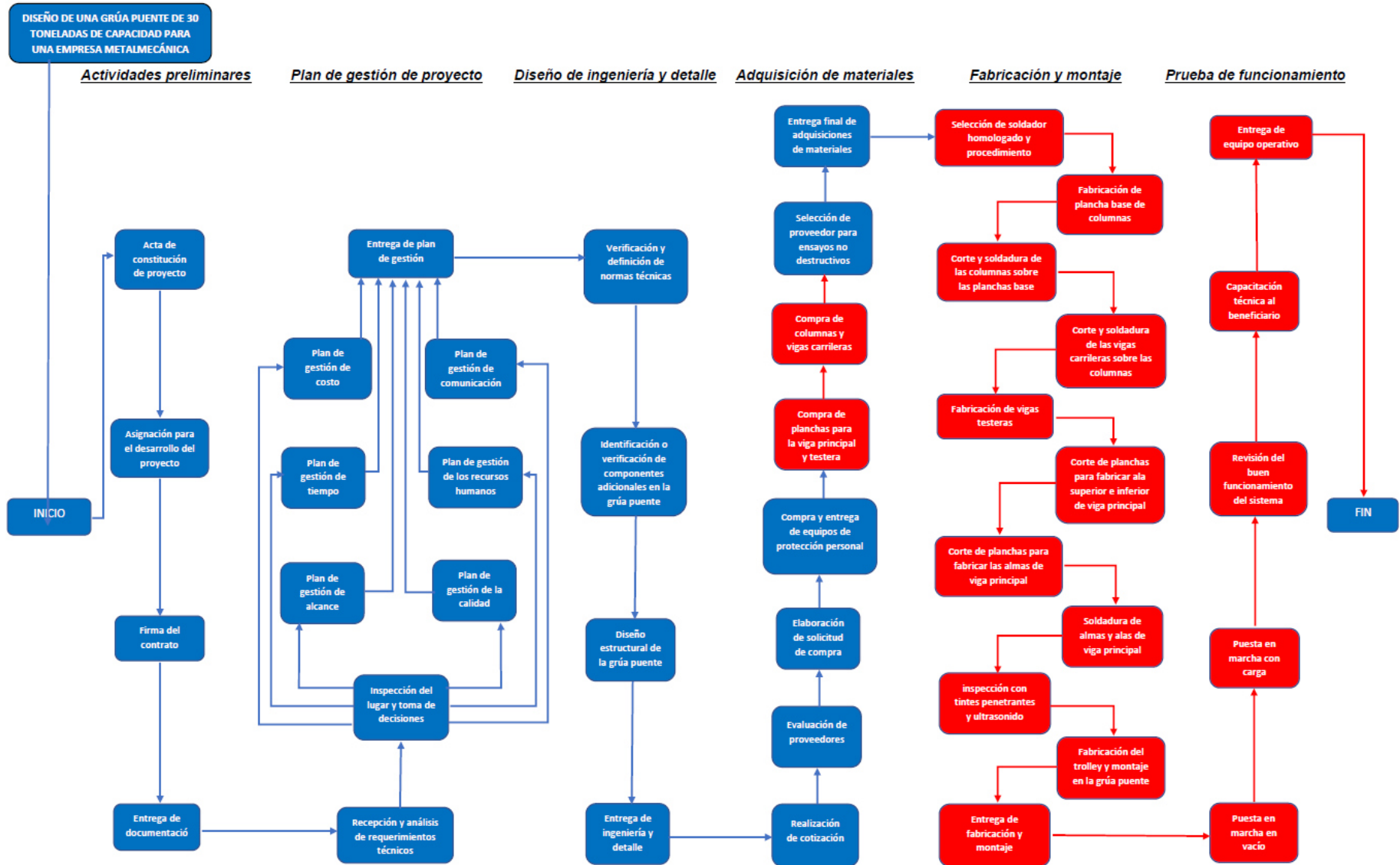


| | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| | <p>Cantidad de motores : 02 ps Potencia de motor : 0.75 kW traslado transv. Factor de servicio : 40 % ED Grado de protección : IP55 Clase de aislamiento : H</p> <p><u>MECANISMO DE TRASLACIÓN - TESTERAS</u> DF025-3274-H41326B0000-N</p> <p>Cantidad de testeras : 02 ps Clasificación : Fem 2m / ISO M5 Método de control : Variador de velocidad Tipo de buffer : D2240 Diámetro de ruedas : 250 mm Velocidad de traslado : 32/8 m/min Motor de grúa : MF06LB200 Tipo de riel : 60*40 (viga carrilera debe tener riel de rodadura con la dimensión indicada)</p> <p>Potencia de motor : 1.10 kW Factor de servicio : 40 % ED Grado de protección : IP55 Clase de aislamiento : H Masa de testeras : 510 kg</p> <p><u>Protección superficial y pintura</u> Polipasto : RAL 5009 azul azur Trolley : RAL 5009 azul azur</p> <p>El recubrimiento de polvo de alta calidad de los componentes de la carcasa del polipasto asegura buena protección contra la corrosión.</p> <p><u>Características eléctricas</u> Tensión de red : 220 V Frecuencia de red : 60 Hz Tensión de mando : 48 V Potencia instalada : 21.4 kW</p> <p><u>Unidad de control</u></p> <p>Botonera DST9SP222 : Botonera colgante para cada polipasto con parada de emergencia, longitud 7 620 mm.</p> <p><u>Accesorios y complementos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Final de carrera mecánico. Detiene el movimiento de elevación en caso la carga sobrepase la capacidad recomendada de izaje. - Lubricante especial para engranajes elevadores y de traslación. Los lubricantes sintéticos funcionan a temperaturas más altas que los lubricantes minerales estándar. La lubricación sintética es necesaria cuando la temperatura baja es inferior a -5°C y la temperatura alta es superior a +40°C. - Protección térmica del motor de elevación. Protege el motor contra el sobrecalentamiento del motor se detiene cuando la temperatura del motor es demasiado alta. | | | | |
|--|---|--|--|--|--|

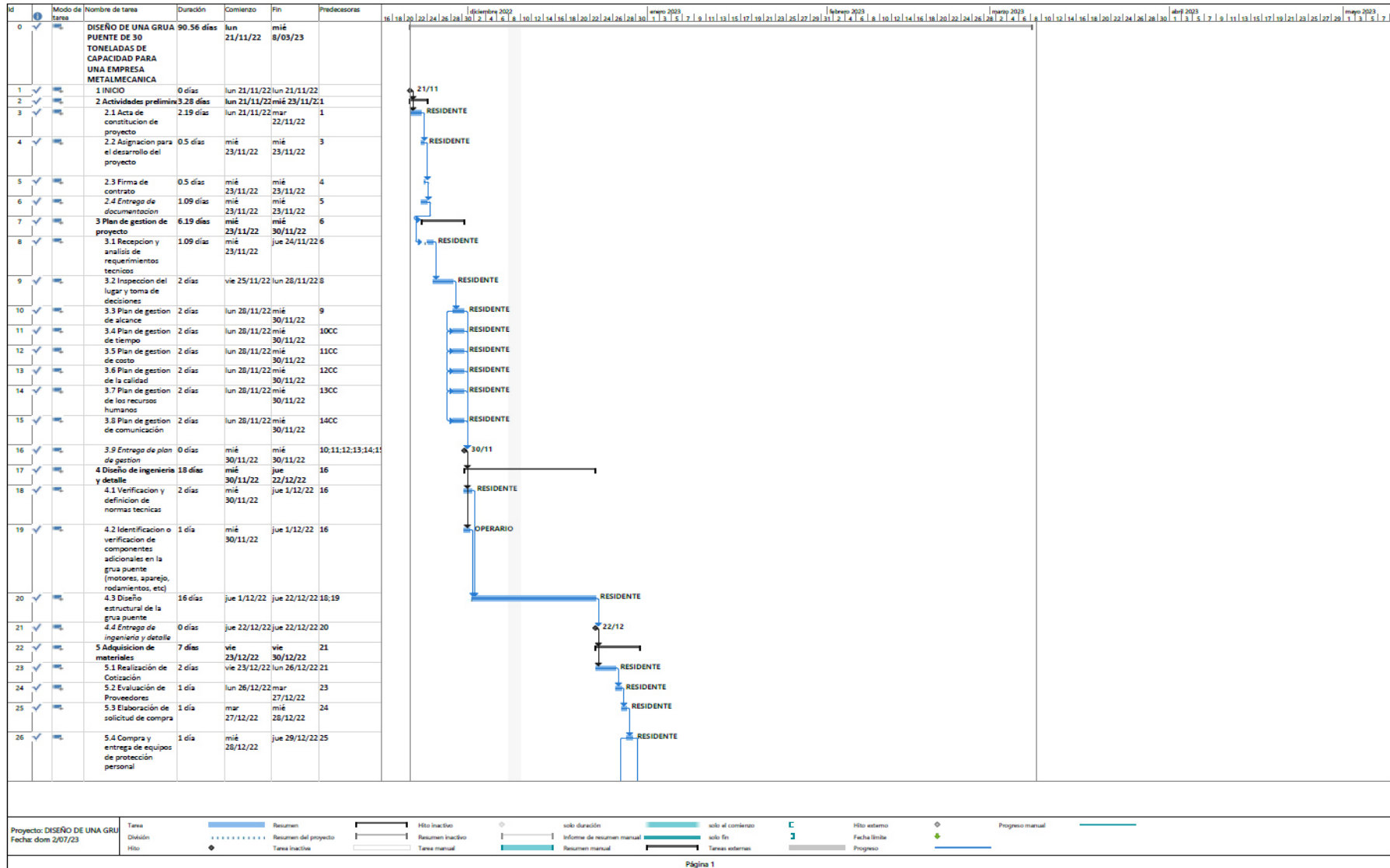
| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Protección térmica del motor de desplazamiento del puente grúa. Protege el motor contra el sobrecalentamiento. El funcionamiento del motor se detiene cuando la temperatura del motor es demasiado alta. - Alarma visual y sonora. - Tipo de resistencia de frenado del inversor de desplazamiento del carro. Este debe ser de una resistencia externa en la grúa al aire libre. Es adecuada para temperaturas altas y bajas. - Tipo de resistencia de frenado del inversor de puente. Este debe ser una resistencia externa en la grúa exterior. Es adecuada para temperaturas altas y bajas. - Longitud del extremo libre del cable de elevación al panel de elevación y panel de la grúa. <p><u>SUMINISTRO DE SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN DE FUERZA Y CONTROL TRANSVERSAL (VIGA PUENTE)</u></p> <p>Línea de alimentación eléctrica a lo largo de la viga, para líneas de suministro de cable festoneado. Incluye perfiles de acero galvanizado, empalmes, soportes, carros porta cables, cables planos extra flexibles y todos los accesorios para su correcto montaje y funcionamiento.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Componentes ligeros y robustos requieren un mínimo mantenimiento. - Alta rigidez del riel de sección hueca, bajo peso muerto. - Componentes ligeros y robustos requieren un mínimo mantenimiento. - Alta resistencia al desgaste. - Electro-galvanizado para una buena resistencia a la corrosión. - Ruedas de desplazamiento de plástico o acero montadas sobre antifricción rodamientos lubricados de por vida. - Carros protegidos de la corrosión por vapores ácidos. - La producción en masa de componentes garantiza una uniformidad en calidad. - Las conexiones atornilladas simples permiten el ensamblaje de bricolaje. - Disposiciones de suspensión adecuadas para todo tipo de superestructura. - Flexibilidad del diseño de la pista. | | | | |
|--|--|--|--|--|--|

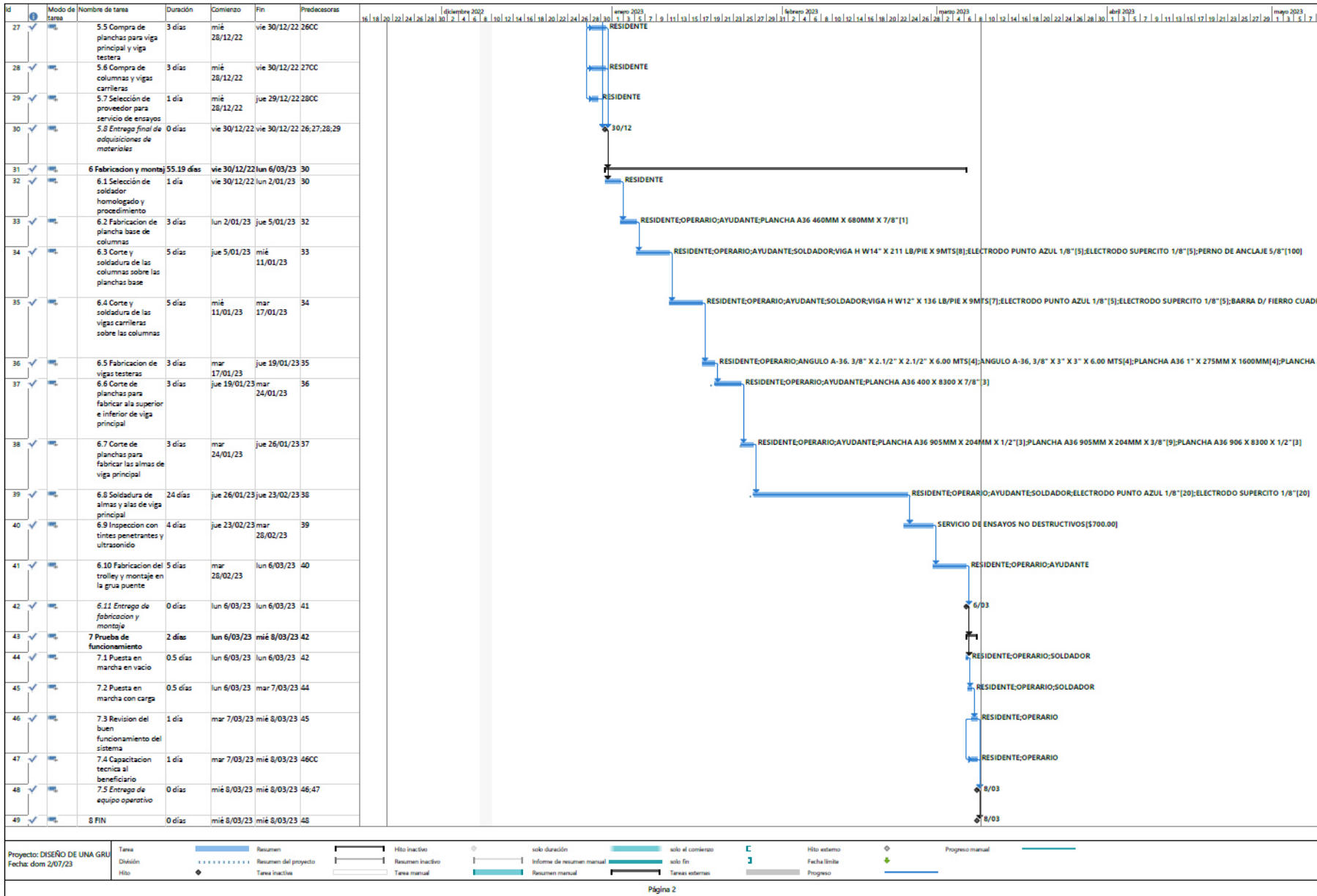
| | | | | | |
|-----------------------|---|----------------------------|----|----------|-------------------|
| 2 | <p>SUMINISTRO DE SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN LONGITUDINAL DE FUERZA DCL PRO</p> <p>DATOS TÉCNICOS</p> <p>Perfil de carcasa : PVC Trazado de la vía : Recto Longitud de la vía : 29 400 mm Distancia entre suspensiones : 2 000 mm Tamaño : 25 Máx. capacidad de los conductores L1-L3 en temperatura ambiente 35°C : 100 A Máx. velocidad de paso : 200 m/min 100 m/min con conos de entradas de paso Número de conductores activos : 3/4 Máx. tensión de conexión : 690 VAC Factor de servicio : 100% Grado de protección : IP23 Posible temperatura ambiente : -30°C+70°C Máx. capacidad de los frotadores de bronce - L1 - 3 +PE : 40 A, 80% FS</p> <p>La capacidad de corriente de la sección del conductor depende de la temperatura ambiente y del factor de servicio.</p> | JGO | 01 | 4,440.00 | 4,440.00 + I.G.V. |
| 3 | <p>SUMINISTRO DE RIELES DE RODADURA PARA 58.8 METROS DE DESPLAZAMIENTO LONGITUDINAL.</p> <p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rieles de rodadura de material Q345B o similar de perfil rectangular 60x40mm. - Longitud 29.4 x 2 = 58.8 m. - Rieles vienen en barras de 5,8 mts. Cada una. - Suministro de 12 barras en total. - Para instalación sobre vigas carrileras metálicas existentes (según norma DIN 15018).  <p>Imagen Referencial</p> | JGO | 01 | 4,010.00 | 4,010.00 + I.G.V. |
| TOTAL USD (\$) | | 119,700.00 + I.G.V. | | | |

ANEXO A-7.- DIAGRAMA DE RED DEL PROCESO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN (DIAGRAMA PERT CPM)



ANEXO A-8.- DIAGRAMA DE GANTT DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN





ANEXO A-9.- MODELO DE DOCUMENTO WPS PARA LA CREACIÓN EFECTIVA DE UNA SOLDADURA QUE CUMPLA CON LOS REQUISITOS DE CÓDIGO Y ESTÁNDARES APLICABLES

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) SI

PRECALIFICADO _____ CALIFICADO POR ENSAYO _____

O REGISTROS DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS (PQR) SI

Identificación: 28

Revisión: 29 Fecha: 30 Por: 31

Nombre de la empresa 1

Proceso de Soldadura 2

Nº De soporte de PQR 3

Autorizado Por: 32 Fecha: 33

Tipo _____ Manual Semi-aut.

Maquina Automat.

DISEÑO DE JUNTA USADO: 4

Tipo de soldadura: 5

Simple Soldadura doble

Respaldo: Si No

Material del respaldo: 6

Abertura de raíz: 7 Tamaño cara de raíz 8

Angulo de la ranura: 9 Radio (J-U) 10

Ranurar al reverso: Si No Método _____

POSICION:

Posición de la ranura: 34 Filete 35

Progresión vertical: ↓ ↑

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Modo de transferencia (GMAW):

Corto circuito 36 Globular

Rociado Pulsado

Corriente: CA CDEP

Otros: Materiales de aporte: 37

Electrodo de tungsteno (GTAW)

Diámetro: 38

Tipo: 39

Metal de relleno: 40

METALES BASE

Especificación del material: 11

Tipo o Grado: 12

Espesor: Ranura 13 Filete 14

Diámetro (tubo): 15 Espesor (Plancha) 16

TECNICAS

Cordón Recto u ondulado: 41

Pasadas múltiples o simples por lado: 42

Número de Electrodo: 43

Separación del electrodo: a) Longitudinal 44

b) Lateral 45 c) Angular 46

Distancia del tubo de contacto a la pieza: 47

Martillado: 48

Limpieza entre pases: 49

PRECALENTAMIENTO:

Temperatura de precalentamiento, Min: 25

Temperatura entre pasadas, Min: 25 Máx.: 27

TRATAMIENTO TERMICO POST SOLDADURA:

Temperatura: 50 Tiempo: 51

| PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|---|---|-------------------------------|----------------------|
| Pase o capa de soldadura | Proceso | Metal de relleno | | Corriente | | Velocidad De avance | Detalles de la junta |
| | | clase | Diámetro | Tipo y Polaridad | Amperios W.F.S. | | |
| 52 | 53. Igual que el 2 | 54. Igual que el 18 | 55. ver manual del Fabricant. | 56. Según fabricante o usados en producción | 57. Según fabricante o usados en producción | 58. Ver manual del fabricante | 59 |

ANEXO A-10.- FOTOGRAFÍAS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

- F-01: Armado de la cimentación de la Grúa Puente
- F-02: Cimentación de la Grúa Puente
- F-03: Traslado de las Columnas de la Grúa Puente
- F-04: Planchas de Acero para la Construcción de la Grúa Puente
- F-05: Ala Superior e Inferior de la Viga Cajón
- F-06: Verificación de las medidas del Ala de la Viga Cajón
- F-07: Supervisión del Cordón de Soldadura
- F-08: Construcción de la Viga Cajón de Alma Doble
- F-09: Revisión de la Viga Cajón de Alma Doble
- F-10: Verificación del ancho del Ala de la Viga Cajón
- F-11: Verificación del ancho del Alma de la Viga Cajón
- F-12: Soldadura de los Refuerzos de la Viga Cajón
- F-13: Verificación de la Distancia entre los Refuerzos
- F-14: Inspección del cierre de la Viga Cajón
- F-15: Viga Cajón de la Grúa Puente concluida
- F-16: Unión de la Columna con la Cimentación
- F-17: Inspección de los Refuerzos entre las columnas
- F-18: Refuerzos entre las columnas
- F-19: Grúa Puente de 30 Toneladas en Funcionamiento
- F-20: Grúa Puente de 30 Toneladas de Capacidad

F-01

Armado de la cimentación de la Grúa Puente



F-02

Cimentación de la Grúa Puente



F-03

Traslado de las Columnas de la Grúa Puente



F-04

Planchas de Acero para la Construcción de la Grúa Puente



F-05

Ala Superior e Inferior de la Viga Cajón



F-06

Verificación de las medidas del Ala de la Viga Cajón



F-07

Supervisión del Cordón de Soldadura



F-08

Construcción de la Viga Cajón de Alma Doble



F-09

Revisión de la Viga Cajón de Alma Doble



F-10

Verificación del ancho del Ala de la Viga Cajón



F-11

Verificación del ancho del Alma de la Viga Cajón



F-12

Soldadura de los Refuerzos de la Viga Cajón



F-13

Verificación de la Distancia entre los Refuerzos



F-14

Inspección del cierre de la Viga Cajón



F-15

Viga Cajón de la Grúa Puente concluida



F-16

Unión de la Columna con la Cimentación



F-17

Inspección de los Refuerzos entre las columnas



F-18

Refuerzos entre las columnas



F-19

Grúa Puente de 30 Toneladas en Funcionamiento



F-20

Grúa Puente de 30 Toneladas de Capacidad



ANEXO A-11.- PLANOS ESTRUCTURALES DE LA GRÚA PUENTE DE ALMA
DOBLE DE 30 TONELADAS DE CAPACIDAD

P-01: Grúa Puente de 30 Toneladas

P-02: Plano Estructural I – Grúa Puente de 30 Toneladas

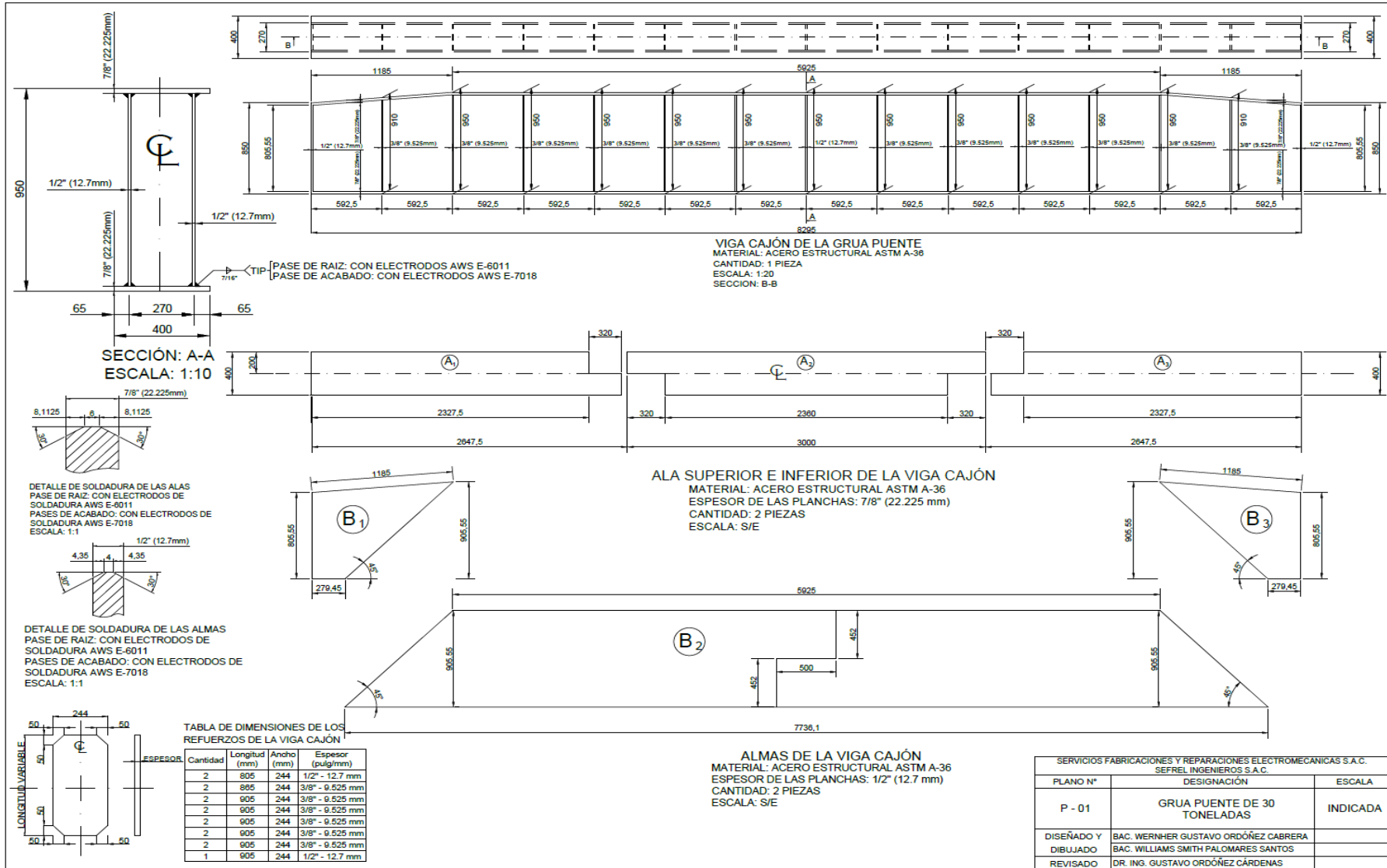
P-03: Plano Estructural II – Grúa Puente de 30 Toneladas

P-04: Ensamble de la Grúa Puente de 30 Toneladas

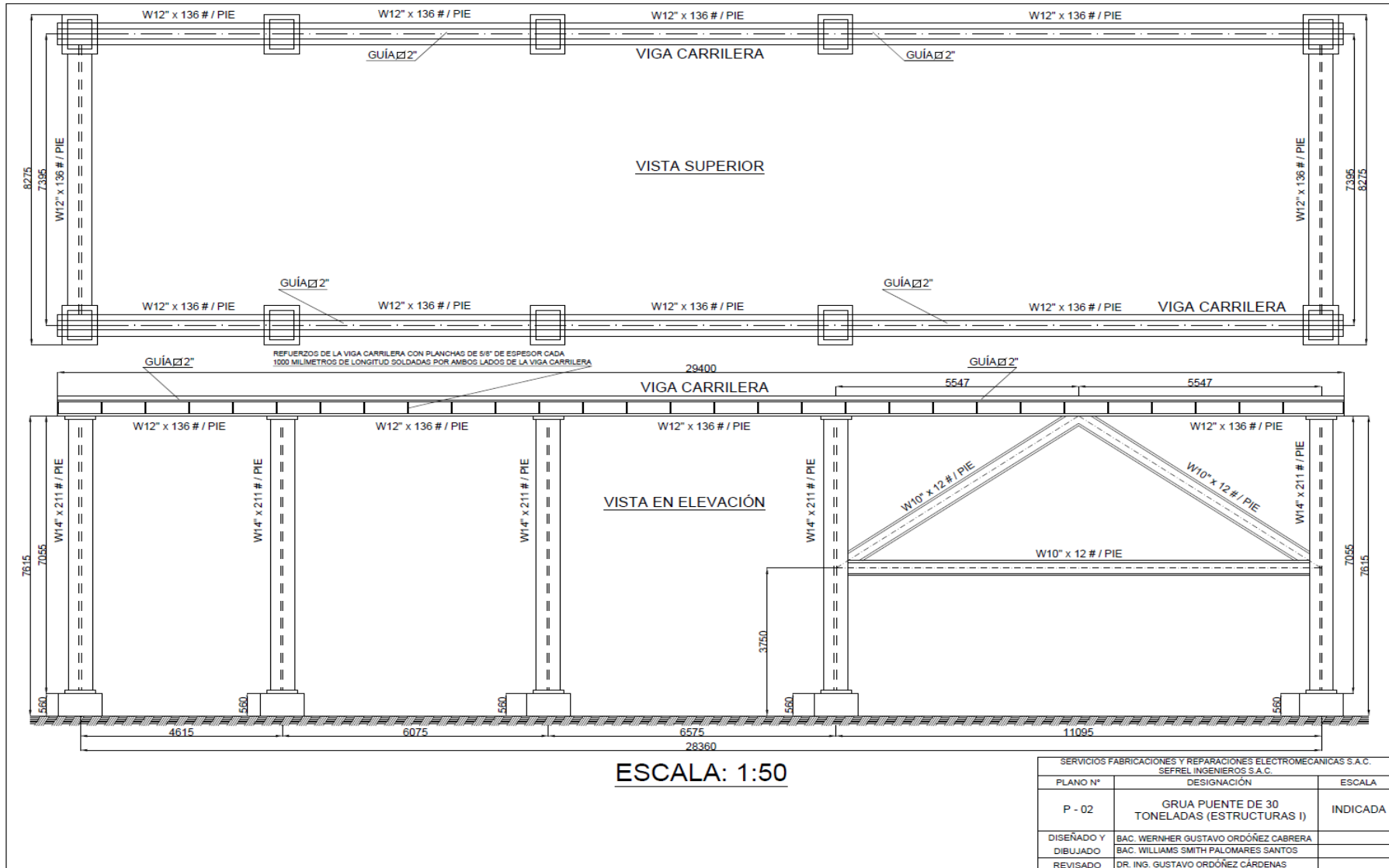
P-05: Detalle del Cabezal Testero de la Grúa Puente de 30 Toneladas

P-06: Trolley de la Grúa Puente de 30 Toneladas

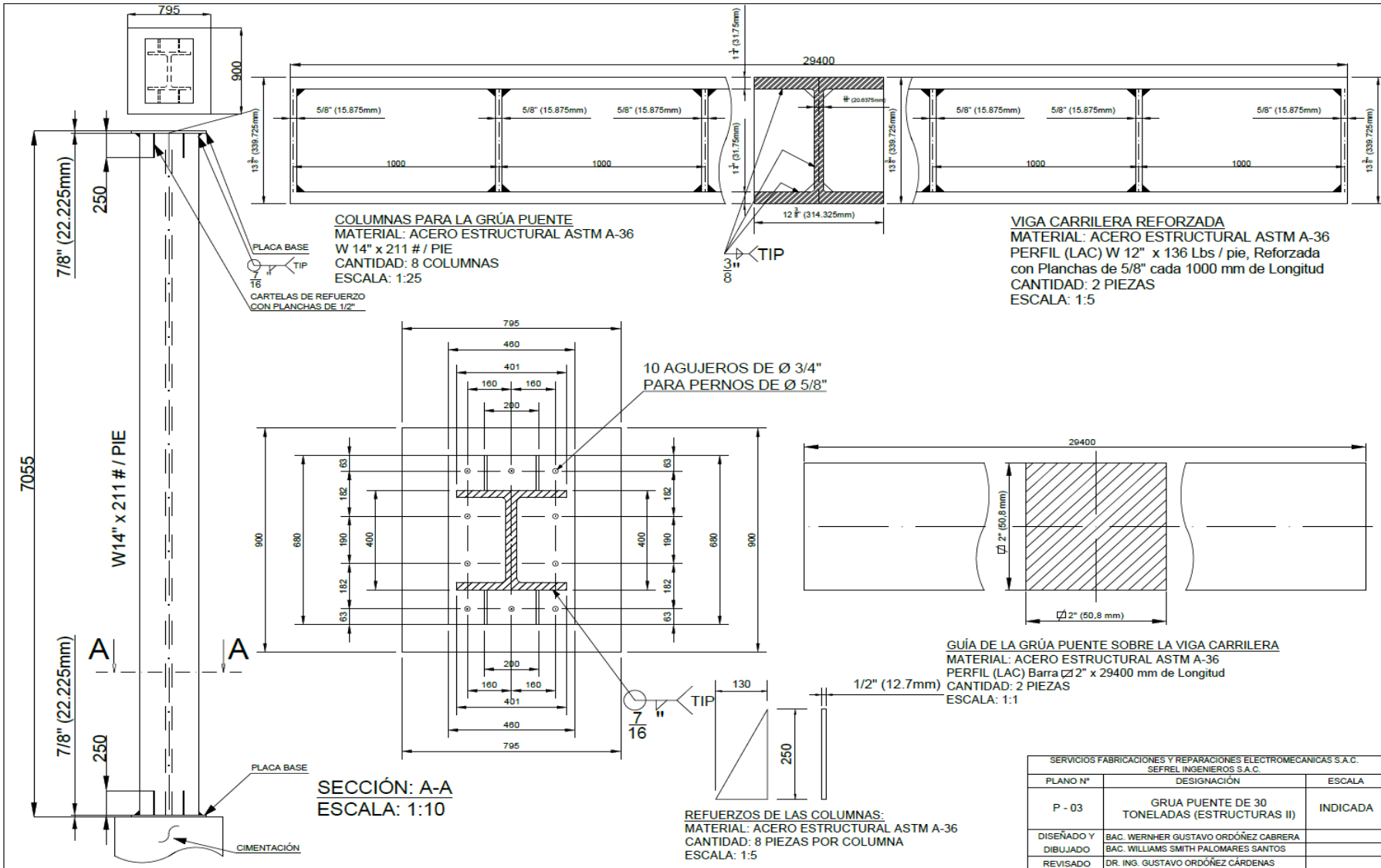
P-01.- Grúa Puente de 30 Toneladas



P-02.- Plano Estructural I – Grúa Puente de 30 Toneladas



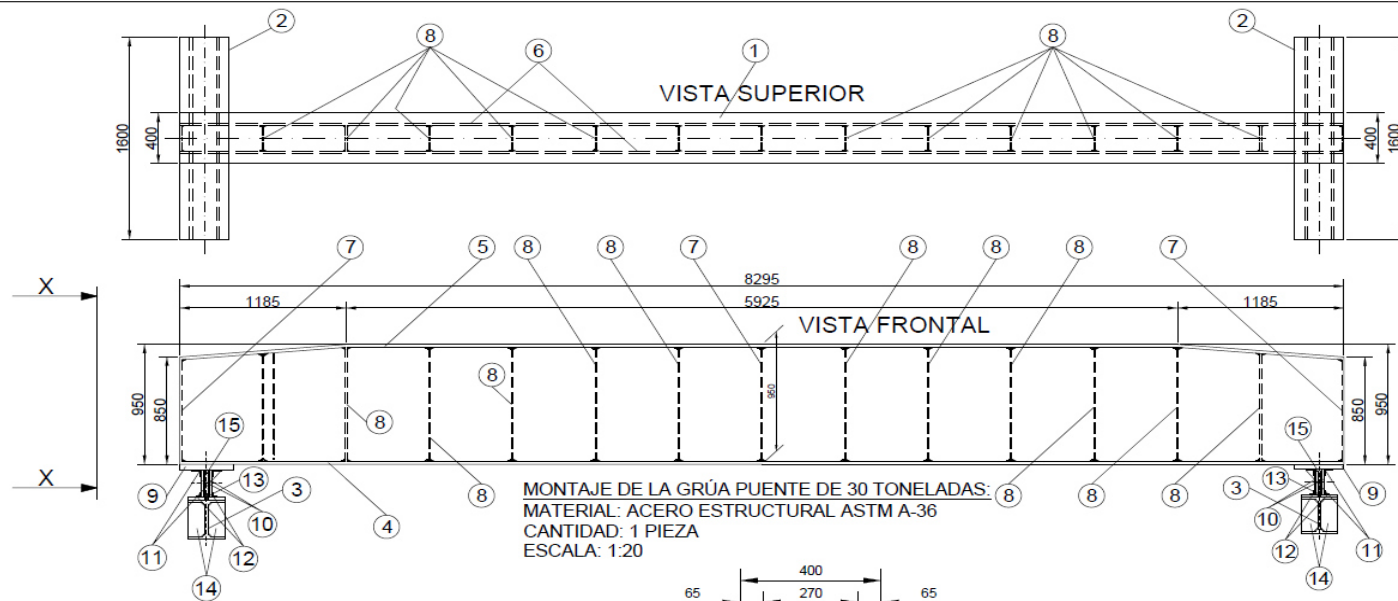
P-03.- Plano Estructural II – Grúa Punte de 30 Toneladas



SERVICIOS FABRICACIONES Y REPARACIONES ELECTROMECAICAS S.A.C.
 SEFREL INGENIEROS S.A.C.

| PLANO N° | DESIGNACIÓN | ESCALA |
|---------------------|---|----------|
| P - 03 | GRUA PUNTE DE 30 TONELADAS (ESTRUCTURAS II) | INDICADA |
| DISEÑADO Y DIBUJADO | BAC. WERNHER GUSTAVO ORDÓÑEZ CABRERA | |
| REVISADO | BAC. WILLIAMS SMITH PALOMARES SANTOS DR. ING. GUSTAVO ORDÓÑEZ CÁRDENAS | |

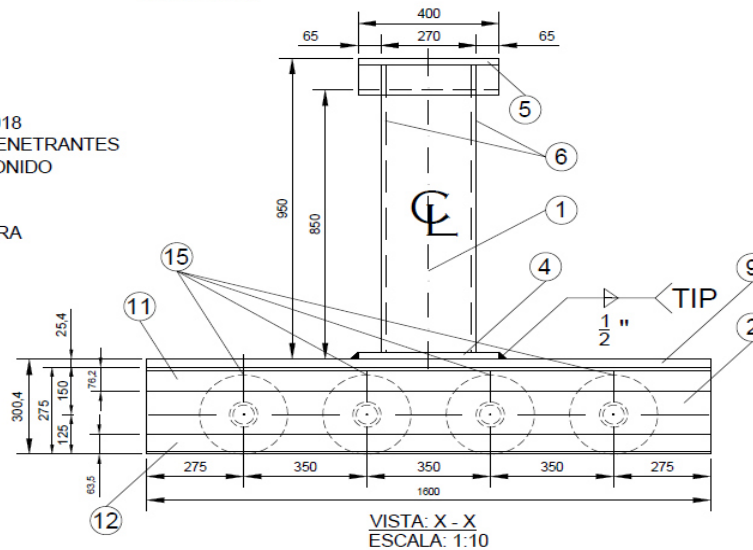
P-04.- Ensamble de la Grúa Puente de 30 Toneladas



MONTAJE DE LA GRÚA PUENTE DE 30 TONELADAS:
 MATERIAL: ACERO ESTRUCTURAL ASTM A-36
 CANTIDAD: 1 PIEZA
 ESCALA: 1:20

DETALLES DE LA SOLDADURA:
 PASES DE RAIZ: CON ELECTRODOS AWS E_6011
 PASES DE ACABADO: CON ELECTRODOS AWS E_7018
 INSPECCIÓN PRELIMINAR: VISUAL Y CON TINTES PENETRANTES
 INSPECCIÓN DEFINITIVA: CON RAYOS X O ULTRASONIDO

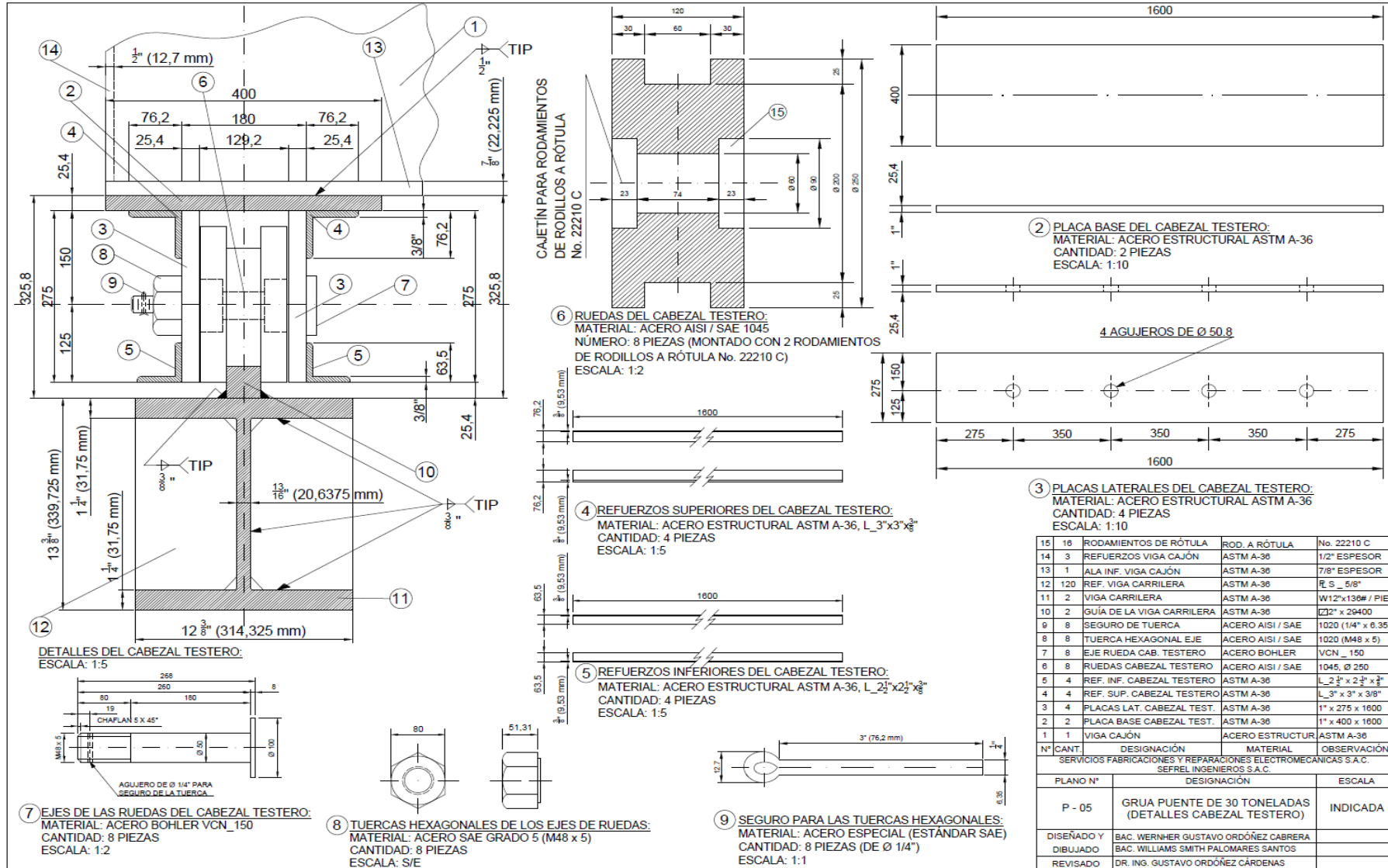
DISEÑO Y DIBUJO DE LA GRÚA PUENTE:
 BACH. ING. WERNHER GUSTAVO ORDÓÑEZ CABRERA
 BACH. ING. WILLIAMS SMITH PALOMARES SANTOS



VISTA: X - X
 ESCALA: 1:10

| | | | | |
|--|--|---------------------------|-------------------|--------------------------|
| 15 | 8 | RUEDAS CABEZAL TESTERO | ACERO AISI / SAE | 1045, Ø 250 |
| 14 | 120 | REF. VIGA CARRILERA | ASTM A-36 | R. S. 5/8" |
| 13 | 2 | GUÍA DE LA VIGA CAJÓN | ASTM A-36 | Ø22" x 29400 |
| 12 | 4 | REF. INF. CABEZAL TESTERO | ASTM A-36 | L_2 3/4" x 2 3/4" x 3/4" |
| 11 | 4 | REF. SUP. CABEZAL TESTERO | ASTM A-36 | L_3" x 3" x 3/8" |
| 10 | 4 | PLACAS LAT. CABEZAL TEST. | ASTM A-36 | 1" x 275 x 1600 |
| 9 | 2 | PLACA BASE CABEZAL TEST. | ASTM A-36 | 1" x 400 x 1600 |
| 8 | 12 | REFUERZOS VIGA CAJÓN | ASTM A-36 | 3/8" ESPESOR |
| 7 | 3 | REFUERZOS VIGA CAJÓN | ASTM A-36 | 1/2" ESPESOR |
| 6 | 2 | ALMAS VIGA CAJÓN | ASTM A-36 | 1/2" ESPESOR |
| 5 | 1 | ALA SUPERIOR | ASTM A-36 | 7/8" ESPESOR |
| 4 | 1 | ALA INFERIOR | ASTM A-36 | 7/8" ESPESOR |
| 3 | 2 | VIGA CARRILERA | ACERO ESTRUCTURAL | ASTM A-36 |
| 2 | 2 | CABEZAL TESTERO | ACERO ESTRUCTURAL | ASTM A-36 |
| 1 | 1 | VIGA CAJÓN | ACERO ESTRUCTURAL | ASTM A-36 |
| Nº | CANT. | DESIGNACIÓN | MATERIAL | OBSERVACIÓN |
| SERVICIOS FABRICACIONES Y REPARACIONES ELECTROMECANICAS S.A.C. SEFREL INGENIEROS S.A.C. | | | | |
| PLANO Nº | DESIGNACIÓN | | ESCALA | |
| P - 04 | GRUA PUENTE DE 30 TONELADAS (ENSAMBLE) | | INDICADA | |
| DISEÑADO Y DIBUJADO | BAC. WERNHER GUSTAVO ORDÓÑEZ CABRERA | | | |
| REVISADO | DR. ING. GUSTAVO ORDÓÑEZ CÁRDENAS | | | |

P-05.- Detalle del Cabezal Testero de la Grúa Puento de 30 Toneladas



| Nº | CANT. | DESIGNACIÓN | MATERIAL | OBSERVACIÓN |
|----|-------|---------------------------|-------------------|--------------------------|
| 15 | 16 | RODAMIENTOS DE RÓTULA | ROD. A RÓTULA | No. 22210 C |
| 14 | 3 | REFUERZOS VIGA CAJÓN | ASTM A-36 | 1/2" ESPESOR |
| 13 | 1 | ALA INF. VIGA CAJÓN | ASTM A-36 | 7/8" ESPESOR |
| 12 | 120 | REF. VIGA CARRILERA | ASTM A-36 | R _S = 5/8" |
| 11 | 2 | VIGA CARRILERA | ASTM A-36 | W12"x136# / PIE |
| 10 | 2 | GUÍA DE LA VIGA CARRILERA | ASTM A-36 | 22" x 29400 |
| 9 | 8 | SEGURO DE TUERCA | ACERO AISI / SAE | 1020 (1/4" x 8,35) |
| 8 | 8 | TUERCA HEXAGONAL EJE | ACERO AISI / SAE | 1020 (M48 x 5) |
| 7 | 8 | EJE RUEDA CAB. TESTERO | ACERO BOHLER | VCN_150 |
| 6 | 8 | RUEDAS CABEZAL TESTERO | ACERO AISI / SAE | 1045, Ø 250 |
| 5 | 4 | REF. INF. CABEZAL TESTERO | ASTM A-36 | L_2 1/2" x 2 1/2" x 3/8" |
| 4 | 4 | REF. SUP. CABEZAL TESTERO | ASTM A-36 | L_3" x 3" x 3/8" |
| 3 | 4 | PLACAS LAT. CABEZAL TEST. | ASTM A-36 | 1" x 275 x 1600 |
| 2 | 2 | PLACA BASE CABEZAL TEST. | ASTM A-36 | 1" x 400 x 1600 |
| 1 | 1 | VIGA CAJÓN | ACERO ESTRUCTURAL | ASTM A-36 |

| PLANO N° | DESIGNACIÓN | ESCALA |
|---------------------|--|----------|
| P - 05 | GRUA PUNTE DE 30 TONELADAS (DETALLES CABEZAL TESTERO) | INDICADA |
| DISENADO Y DIBUJADO | BAC. WERNHER GUSTAVO ORDÓÑEZ CABRERA BAC. WILLIAMS SMITH PALOMARES SANTOS | |
| REVISADO | DR. ING. GUSTAVO ORDÓÑEZ CÁRDENAS | |

P-06.- Trolley de la Grúa Puente de 30 Toneladas

