



Formando líderes para la construcción
de un nuevo país en paz

DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE RETIRO Y MONTAJE DE MOTORES CUMMINS ISM EN LA EMPRESA NAVITRANS S.A

Daniel Fernando Botia Monroy

COD: 1.118.570.064

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Pamplona – Norte de Santander

2022



DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE RETIRO Y MONTAJE DE MOTORES CUMMINS ISM EN LA EMPRESA NAVITRANS S.A

Daniel Fernando Botia Monroy

COD: 1.118.570.064

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero en
mecatrónica**

DIRECTOR

Ing. William Javier Mora Espinosa

Msc.Esp. Ingeniero Mecánico

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Mecatrónica

Pamplona – Norte de Santander

2022



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Este trabajo está dedicado a...

Dios, por permitirme estar en este momento y guiarme en cada paso que doy.

A mi abuela marina que siempre creyó en mí motivándome y llenándome de valor para seguir adelante con los estudios a pesar de los obstáculos que se fueron presentando, y siempre confió en que este día llegaría.

A mis padres, hermanos y toda mi familia.

Agradecimientos

En primer lugar, les agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos, también me dieron apoyo económico. A mis hermanos por creer en mí, apoyarme incondicionalmente e inspirarme a mejorar cada día. A mi novia por acompañarme en este proceso donde la ayuda ha sido muy importante estando en momentos difíciles brindando apoyo emocional e incondicional.

Agradezco a mi director de grado, William Mora por sus consejos, sin sus precisas palabras y correcciones no hubiera llegado a este punto tan esperado.

agradezco a todos mis docentes por impartir todos sus conocimientos, a mis compañeros y amigos con los cuales hemos compartido muchos momentos donde impartieron sus fortalezas académicas complementando mis habilidades, gracias por todos esos momentos vividos.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



RESUMEN

En el siguiente proyecto se plantea una propuesta para el diseño de una máquina para optimizar el proceso de retiro y montaje de motores Cummins ISM en la empresa Navitrans S.A, para cumplir con este propósito fue necesario realizar una búsqueda de información sobre los tipos de máquinas que se utilizan actualmente para realizar estas tareas.

Se realizaron los cálculos necesarios para determinar las dimensiones y el tipo de material con el que la máquina soportará los esfuerzos debidos a la carga aplicada en cada mecanismo, Luego se realiza un diseño detallado de la máquina para validar a través de un software el análisis de métodos de elementos finitos (MEF), para los cuales se han corroborado los resultados obtenidos analíticamente, el tipo de control utilizado se ha determinado teniendo en cuenta las necesidades del proceso, ya que no existe un sistema de trabajo repetible, la mejor solución es contra el enfoque de lógica cableada.

Palabras clave: Máquina, Software, Control, MEF, y Lógica cableada.



Contenido

	Pág.
Lista de tablas.....	11
Lista de figuras.....	12
1. Introducción.....	20
2. Justificación.....	21
3. Objetivos.....	22
3.1 Objetivo general.....	22
3.2 Objetivos Específicos.....	22
4. Marco Referencial.....	23
4.1 Reseña histórica de la empresa.....	23
4.1.1 Aspectos corporativos.....	23
4.1.1.1 Misión.....	23
4.1.1.2 Visión.....	23
4.2 Acero estructural.....	24
4.2.1 Acero al carbono.....	24
4.2.1.1 Acero ASTM A-36.....	24
4.2.2 Aceros de baja aleación y alta resistencia	26
4.2.2.1 Acero ASTM A-572.....	26
4.2.3 Acero estructural de baja aleación, resistencia a la corrosión atmosférica	28
4.2.3.1 Acero ASMT A-242.....	28
4.2.4 Aceros templados.....	29
4.3 Mecanismo de elevación y transporte.....	29
4.3.1 Grúa pluma	29
4.3.1.1 Grúa de pluma de columna.....	30



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



4.3.1.2 Grúa pluma anclada a la pared.....	31
4.3.1.3 Grúa pluma móvil.....	32
4.3.1.4 Formas de operación.....	32
4.3.1.5 Partes de una grúa.....	33
4.3.2 Grúa torre.....	34
4.3.3 Tipos de grúa torre.....	34
4.3.3.1 Según su método de instalación.....	34
4.3.3.2 Según su modalidad.....	35
4.3.3.3 Según la pluma de la grúa.....	36
4.3.3.4 Según su forma de girar.....	37
4.3.4 Principales partes de la grúa torre.....	37
4.4 Puente grúa	39
4.4.1 Tipos de puente Grúa.....	39
4.4.1.1 Puente grúa monorriel.....	39
4.4.1.2 Puente grúa birriel.....	40
4.4.1.3 Puente grúa pórtico.....	41
4.4.1.4 Puente grúa semipórtico.....	41
4.4.2 Piezas del puente grúa.....	42
4.5 Motores ISM.....	44
4.5.1 Partes del motor ISM.....	45
4.5.2 Especificaciones motores ISM con la norma euro v.....	49
4.6 Instrumentación industrial.....	50
4.6.1 Intervalo de medida (Range).....	50
4.6.2 Alcance (Span).....	51
4.6.3 Error.....	51
4.6.4 Incertidumbre de la medida.....	53
4.6.5 Exactitud.....	54



4.6.6	Precisión.....	54
4.6.7	Zona muerta.....	54
4.6.8	Sensibilidad.....	54
4.6.9	Histéresis.....	55
4.6.10	Otros términos.....	55
4.6.10.1	Fiabilidad.....	55
4.6.10.2	Campo de medida con elevación de cero.....	55
4.6.10.3	Resolución.....	55
4.6.10.4	Ruido.....	56
4.6.10.5	Linealidad.....	56
4.6.10.6	Supresión de cero.....	46
4.6.11	Transmisiones.....	56
5.	Metodología	57
5.1	Estado del artes.....	57
5.2	Cálculos de la estructura y especificación del material.....	60
5.2.1	Dimensiones de la bahía de trabajos.....	60
5.2.2	Selección del polipasto y Trolley.....	61
5.2.2.1	Polipasto eléctrico de cadena.....	61
5.2.2.2	Trolley.....	62
5.2.3	Selección de la viga principal.....	64
5.2.3.1	Cargas que actúan sobre la principal.....	64
5.2.3.2	Selección del perfil para la viga principal y material a utilizar.....	68
5.2.4	Criterio de diseño.....	77
5.2.5	Calculo de fuerza cortante y momento flector.....	85
5.2.6	Resistencia a la fatiga.....	90
5.2.6.1	Factor del material.....	91
5.2.6.2	Factor tipo esfuerzo.....	92



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
 www.unipamplona.edu.co



5.2.6.3 Factor de confiabilidad.....	92
5.2.6.4 Factor de tamaño.....	93
5.2.7 Selección de la estructura de la máquina.....	98
5.2.7.1 Selección del perfil.....	98
5.2.7.2 Cálculos de diseño de la estructura.....	107
5.2.8 Selección del mecanismo de translación de la máquina.....	110
5.2.9 Unión atornillada.....	117
5.2.9.1 Unión atornillada a tensión.....	117
5.2.9.2 Unión atornillada a cortante.....	125
5.2.10 Estructura soldada.....	132
5.3 Diseño de la máquina de SolidWorks.....	136
5.3.1 Diseño de la viga principal	136
5.3.2 Diseño de la estructura.....	138
5.3.3 Diseño del perno de sujeción.....	138
5.3.4 Platinas de unión	139
5.3.5 Diseño de las ruedas fijas.....	140
5.3.6 Diseño del motorreductor	140
5.3.7 Diseño del Trolley.....	141
5.3.8 Diseño del polipasto.....	141
5.3.9 Ensamble de la maquina	142
5.4 Sistema de control.....	149
5.4.1 Lógica cableada.....	149
5.4.2 Lógica programada.....	151
5.5 Selección de la instrumentación adecuada.....	153



5.5.1 Motorreductores para el desplazamiento de la maquina	153
5.5.2 Magnetotérmicos.....	154
5.5.3 Contactor.....	156
5.5.4 Sensor de contacto.....	158
6. Resultado y discusión.....	162
6.1 Análisis de la maquina por medio de MEF.....	162
6.1 .1 Análisis de la viga principal.....	162
6.1.1.1 Carga en el centro de la viga.....	162
6.1.1.2 Carga en un extremo de la viga.....	166
6.1.2 Análisis platinas de apoyo de la viga principal.....	168
6.1.3 Análisis de la estructura.....	170
6.1.4 Análisis de la platina inferior.....	172
6.1.5 Análisis de la máquina como conjunto.....	174
6.2 Control de la máquina.....	177
6.2.1 Control de inicio.....	177
6.2.2 Circuito de potencia y control de los monitores.....	178
6.2.3 Circuito de potencia y control del Trolley y sensores finales de carrera.....	179
6.2.4 Circuito de potencia y control de motor del polipasto.....	180
6.3 Manuales de la maquina.....	180
6.3.1 Seguridad.....	180
6.3.2 Operación de la máquina.....	180
6.3.3 Mantenimiento.....	183
6.3.3.1 Correctivo.....	183
6.3.3.2 Preventivo.....	183



6.3.3.3 Formato de inspecciones.....	183
6.3.3.3.1 Inspección preoperacional.....	183
6.3.3.2.2 Inspección después de un lapso de tiempo prolongado.....	184
6.3.3.3.3 Inspecciones trimestrales.....	185
7. Conclusiones.....	188
8. Recomendaciones.....	190
9. Referencias Bibliográficas.....	191
10. Anexos.....	195



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Lista de tablas

Tabla 1. <i>Propiedades físicas de acero A – 36</i>	24
Tabla 2. <i>Composición del acero A – 36</i>	25
Tabla 3. <i>Propiedades mecánicas de acero A -36</i>	25
Tabla 4. <i>Propiedades físicas del acero A – 36</i>	27
Tabla 5. <i>Composición del acero A -572</i>	27
Tabla 6. <i>Propiedades mecánicas del acero A – 572</i>	28
Tabla 7. <i>Partes del motor ISM cummins lado derecho</i>	45
Tabla 8. <i>Partes del motor ISM cummins lado izquierdo</i>	47
Tabla 9. <i>Especificaciones del motor ISM euro V</i>	49
Tabla 10. <i>Datos para el cálculo de esfuerzo</i>	78
Tabla 11. <i>Capacidad de cargo</i>	110
Tabla 12. <i>Características de los tipos de ruedas</i>	111
Tabla 13. <i>Tipo de rueda DEMAG</i>	113
Tabla 14. <i>Selección de la velocidad de motor</i>	115
Tabla 15. <i>Selección de reductor y motor</i>	115
Tabla 16. <i>Especificaciones del motorreductor</i>	116
Tabla 17. <i>Propiedades del perno M18</i>	119



Lista de figuras

Figura 1. <i>Grúa pluma (diseño general)</i>	30
Figura 2. <i>Grúa pluma de columna</i>	31
Figura 3. <i>Grúa pluma anclada a la pared</i>	31
Figura 4. <i>Grúa pluma móvil</i>	32
Figura 5. <i>Grúa pluma de columna</i>	39
Figura 6. <i>Puente grúa monorriel</i>	40
Figura 7. <i>Puente grúa birriel</i>	40
Figura 8. <i>Puente grúa pórtico</i>	41
Figura 9. <i>Puente grúa semipórtico</i>	42
Figura 10. <i>Partes del puente grúa</i>	44
Figura 11. <i>Motor ISM</i>	45
Figura 12. <i>Vista motor ISM lado derecho</i>	47
Figura 13. <i>Vista motor ISM lado izquierdo</i>	49
Figura 14. <i>Lavado e inspección de los componentes (grúa pluma)</i>	57
Figura 15. <i>Estudio tridimensional de estructuras de acuerdo a los perfiles o material que se utilice (análisis estructural)</i>	58
Figura 16. <i>Subsistema de translación del Trolley, 2 subsistemas de estructura, 3 subsistemas de translación del puente grúa (puente grúa pórtico)</i>	59



Figura 17.	<i>Dimensiones de la bahía</i>	60
Figura 18.	<i>Especificaciones del polipasto eléctrico de cadena</i>	61
Figura 19.	<i>Polipasto eléctrico de cadena</i>	62
Figura 20.	<i>Especificaciones del Trolley eléctrico</i>	63
Figura 21.	<i>Medidas del modelo VTU</i>	63
Figura 22.	<i>Trolley eléctrico</i>	64
Figura 23.	<i>Perfil</i>	69
Figura 24.	<i>Materiales blando o dúctiles</i>	70
Figura 25.	<i>Representación o grafico de apoyos de la viga principal</i>	71
Figura 26.	<i>Análisis de la viga por el método de las secciones</i>	73
Figura 27.	<i>Análisis de la sesión AB</i>	74
Figura 28.	<i>Análisis de la sesión BC</i>	75
Figura 29.	<i>La fuerza cortante y momento flector de la viga principal</i>	76
Figura 30.	<i>Los tres puntos más críticos sobre la aleta de la viga principal</i>	78
Figura 31.	<i>Evaluación del perfiles estructurales tipo IPN</i>	84
Figura 32.	<i>Representación de la viga principal en cuenta al peso</i>	85
Figura 33.	<i>Análisis de la sección AB teniendo en cuenta el peso del perfil</i>	87
Figura 34.	<i>Análisis de la sección BC teniendo en cuenta el peso del perfil</i>	88



Figura 35.	<i>La fuerza cortante y el momento flector</i>	<i>89</i>
Figura 36.	<i>La resistencia a la fatiga en función de la resistencia de tensión</i>	<i>91</i>
Figura 37.	<i>Factor del material.....</i>	<i>92</i>
Figura 38.	<i>Los Factores del esfuerzos.....</i>	<i>92</i>
Figura 39.	<i>Los factores de la confiabilidad aproximados.....</i>	<i>93</i>
Figura 40.	<i>Factor de tamaño de la sección rectangular.....</i>	<i>93</i>
Figura 41.	<i>Factor del tamaño.....</i>	<i>95</i>
Figura 42.	<i>Piezas que conforman la estructura unidades en metros.....</i>	<i>98</i>
Figura 43.	<i>Piezas dos (2) empotrada.....</i>	<i>99</i>
Figura 44.	<i>Ecuaciones de sustitución de la fuerza cortante y del momento flector.....</i>	<i>100</i>
Figura 45.	<i>Momento flector y fuerza cortante de la pieza 2.....</i>	<i>101</i>
Figura 46.	<i>Valores para k de la longitud o distancia efectiva.....</i>	<i>103</i>
Figura 47.	<i>Traslado de estas fuerza a la vigas.....</i>	<i>108</i>
Figura 48.	<i>Traslado de fuerza a los nodos.....</i>	<i>110</i>
Figura 49.	<i>Especificaciones de la rueda LRS200.....</i>	<i>112</i>
Figura 50.	<i>Especificaciones de bloque de rueda LRS200.....</i>	<i>113</i>
Figura 51.	<i>Representación del motorreductor LRS200.....</i>	<i>117</i>
Figura 52.	<i>Esfuerzo a tensión en pernos más lejanos.....</i>	<i>118</i>



Figura 53.	<i>Soldadura en la estructura – perfil #60.5, material acero A – 36.....</i>	<i>132</i>
Figura 54.	<i>Espesor mínimo de soldadura de filete, h.....</i>	<i>133</i>
Figura 55.	<i>Dimensiones de la junta o cordón de la soldadura.....</i>	<i>133</i>
Figura 56.	<i>Croquis viga principal perfil IPN 220.....</i>	<i>137</i>
Figura 57.	<i>Viga principal del perfil IPN 220, material acero A – 36.....</i>	<i>137</i>
Figura 58.	<i>Diseño de la estructura – perfil #60.5, material acero A – 36.....</i>	<i>138</i>
Figura 59.	<i>Diseño perno de sujeción platinas de unión</i>	<i>139</i>
Figura 60.	<i>Platinas de unión parte superior.....</i>	<i>139</i>
Figura 61.	<i>Rueda fija – desplazamiento de la maquina</i>	<i>140</i>
Figura 62.	<i>Motorreductor – desplazamiento de la maquina.....</i>	<i>140</i>
Figura 63.	<i>Trolley.....</i>	<i>141</i>
Figura 64.	<i>Polipasto.....</i>	<i>141</i>
Figura 65.	<i>Ensamble platina – viga.....</i>	<i>142</i>
Figura 66.	<i>Ensamble platina – estructura.....</i>	<i>142</i>
Figura 67.	<i>Ensamble superior.....</i>	<i>143</i>
Figura 68.	<i>Ensamble ruedas fijadas y platinas de unión parte inferior.....</i>	<i>143</i>
Figura 69.	<i>Ensamble Trolley y polipasto.....</i>	<i>140</i>
Figura 70.	<i>Ensamble máquina.....</i>	<i>140</i>



Figura 71. <i>Diseño de la viga principal</i>	145
Figura 72. <i>Diseño de la platina unión estructura – rueda fija</i>	145
Figura 73. <i>Diseño de la estructura de la máquina</i>	146
Figura 74. <i>Diseño de la platina de unión viga – estructura</i>	146
Figura 75. <i>Diseño de la platina de unión estructura – motorreductor</i>	147
Figura 76. <i>Diseño puente tipo pórtico</i>	148
Figura 77. <i>Diseño puente tipo pórtico, grafico explosionado</i>	149
Figura 78. <i>Diseño puente tipo pórtico, vista lateral explosionado. Fuente: Autor</i>	150
Figura 79. <i>Diseño puente tipo pórtico, vista explosionado. Fuente: Autor</i>	151
Figura 80. <i>Comando secuencial con estados 1, 2,3 accionados inicialmente por un pulsador</i>	152
Figura 81. <i>Elementos o componentes básicos utilizados en la lógica cableada</i>	153
Figura 82. <i>Diagrama de Ladder o lenguaje de contactos</i>	154
Figura 83. <i>Diagrama de bloque o lenguaje de puertas lógicas</i>	154
Figura 84. <i>Motorreductor UWK20 –ZBF80</i>	156
Figura 85. <i>Protección térmica del magnetotérmico</i>	157
Figura 86. <i>Protección magnética del magnetotérmico</i>	157
Figura 87. <i>Símbolos del magnetotérmico tetrapolar</i>	158
Figura 88. <i>Contactor y símbolo</i>	159



Figura 89.	<i>Estructuras y partes de un sensor de contacto.....</i>	161
Figura 90.	<i>Sensor de contacto análogo.....</i>	162
Figura 91.	<i>Carga en el centro y los apoyos de la viga principal.....</i>	164
Figura 92.	<i>Esfuerzo de Von Mises de la viga principal.....</i>	165
Figura 93.	<i>Esfuerzo de Von Mises de la viga principal, vista escala a 567,73.....</i>	165
Figura 94.	<i>Deflexión o desviación máxima de la viga principal.</i>	166
Figura 95.	<i>Deflexión o desviación máxima de la viga principal, vista escala a 567,73.....</i>	167
Figura 96.	<i>Factor de seguridad mínimo de la viga principal.....</i>	168
Figura 97.	<i>Carga de un extremo y apoyos de la viga principal</i>	168
Figura 98.	<i>Esfuerzo de un Von Mises en un extremo de la viga principal.....</i>	169
Figura 99.	<i>Factor de seguridad en un extremo de la viga principal.....</i>	169
Figura 100.	<i>Distribución de cargas en la zona de contacto de platina y viga principal</i>	170
Figura 101.	<i>Esfuerzo de un Von Mises en el área de contacto de la platina y la viga principal.....</i>	171
Figura 102.	<i>Esfuerzo de un Von Mises en el área de contacto de la platina y la viga principal.....</i>	172
Figura 103.	<i>Deflexión máxima de la estructura.....</i>	173
Figura 104.	<i>Factor de seguridad mínimo de la estructura 3,7.....</i>	173
Figura 105.	<i>Platina inferior – unión motorreductor a la estructura</i>	174



Figura 106. <i>Esfuerzo de Von Mises platina inferior.....</i>	174
Figura 107. <i>Deflexión máxima de la platina inferior 0,32 mm.....</i>	175
Figura 108. <i>Análisis estático situada la carga en el centro de la viga</i>	176
Figura 109. <i>Esfuerzos sometidos en la maquina.....</i>	176
Figura 110. <i>Desplazamiento máximo de la maquina.....</i>	177
Figura 111. <i>Esfuerzos sometidos en la maquina</i>	178
Figura 112. <i>Desplazamiento en uno de sus apoyos.....</i>	179
Figura 113. <i>Circuito control inicio.....</i>	180
Figura 114. <i>Circuito de potencia de los motorreductores.....</i>	180
Figura 115. <i>Circuito de control de los motorreductores.....</i>	181
Figura 116. <i>Circuito de potencia y control del motor del Trolley.....</i>	181
Figura 117. <i>Circuito de potencia y control del motor del polipasto.....</i>	182
Figura 118. <i>Control de mando de la máquina.....</i>	184



1. Introducción

En este proyecto se diseña como propuesta una máquina con el objetivo de optimizar el proceso de retiro y montaje de motores ISM Cummins en la empresa Navitrans S.A, adecuado a las bahías de trabajo del taller de servicio en la sede de Bogotá, la máquina que utilizan para las operaciones mencionadas en cuestión no es la adecuada, estas operaciones se realizan manualmente utilizando un polipasto (diferencial) de cadena, y una estructura cuya capacidad de carga máxima no se especifica. El propósito de este proyecto es diseñar una máquina la cual soporta una carga máxima de 2 toneladas, con el objetivo de evitar accidentes laborales que puedan poner en peligro el personal.

Actualmente existen una amplia variedad de máquinas para realizar tareas de elevación y translación de objetos, como las grúas torre, estas son muy utilizadas en la construcción debido a su altura de elevación de más de 30 m y cargas de más de 10 toneladas, también hay grúas ancladas a la pared para levantar y mover objetos en estaciones de trabajo estacionarias. Son muy utilizados en talleres metalúrgicos, existen otros tipos de grúas estas tienen la facilidad de desplazarse por las áreas de trabajo, son llamadas grúas plumas móviles, gracias a este tipo de estructura de la máquina, es muy utilizada en talleres de servicio, ornamentación, bodegas, entre otros.

Para el desarrollo de este sistema de elevación se realizaron los cálculos necesarios teniendo en cuenta las cargas, ángulos de trabajo, dimensiones, esfuerzos, deformaciones, entre otros y se determinó a partir de los resultados el material de la estructura de la máquina, posteriormente se realiza el diseño en un software CAD (SolidWorks) en el cual se simula el comportamiento y se validan los datos calculados analíticamente. Finalmente, se evalúan las necesidades, se define la instrumentación a utilizar y el método de control de la máquina.



2. Justificación

“La empresa comercial Internacional de Equipos y Maquinaria” [1], fue fundada en 1958, especializada en la distribución de automóviles, tractores y motores de la marca International Harvester, ya fines de 1992 abrió una sede en Bogotá la cual lleva más de 28 años prestando asistencia de taller de servicio a los vehículos de carga pesada. Actualmente no cuenta con una máquina adecuada para realizar la operación de retirar y montar un motor Cummins ISM por lo que se ven reflejados varios inconvenientes como tiempo excesivo debido a que el técnico encargado debe buscar personal disponible, que pueda brindarle apoyo en la operación, porque la herramienta que utilizan, requiere de más de una persona para desarrollar el proceso. Esta falencia retrasa también las otras operaciones porque al brindar apoyo tienen que postergar las tareas que están realizando, en el peor de los casos si no se cuenta con el personal de apoyo, la tarea se pospone hasta que exista la disponibilidad. Otro factor que se ve involucrado es la seguridad industrial, ya que la herramienta que actualmente se usa no cumple con las condiciones para realizar esta operación de forma segura y ya se han presentado una serie de accidentes laborales, que traen como consecuencia incapacidades, o hasta enfermedades laborales, generando un decrecimiento en los indicadores de gestión de la empresa, y afectando el bienestar de los trabajadores.

Como alternativa de solución se propone el diseño, de una máquina para optimizar el proceso de retiro y montaje de motores Cummins ISM, para ello se consultará la información disponible en diversas fuentes que permitan orientar adecuadamente el proyecto. El diseño de esta máquina busca garantizar a la empresa eficiencia en la operación, ya que solo requerirá de un técnico para su operación, evitando así afectar las otras actividades, así como obtener un impacto positivo en los indicadores de gestión que de alguna manera afectan la productividad de la empresa, en el área de seguridad y salud en el trabajo, logrando minimizar estos riesgos y peligros de la operación, El equipo contara con las funciones, variables y materiales de calidad que se ajusten a la tarea descrita.



3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Proponer el diseño de una máquina para optimizar el proceso de retiro y montaje de motores Cummins ISM.

3.2 Objetivo específico

- Revisar la bibliografía disponible para determinar el diseño óptimo.
- Realizar los cálculos necesarios en la estructura y establecer los materiales que se requieren.
- Realizar y validar el diseño estructural por medio del software SolidWorks.
- Designar la instrumentación adecuada.
- Establecer un método de control para la máquina.



4. Marco referencial

4.1 . Reseña histórica empresa

Navitrans S.A. es una empresa colombiana que lleva más de 60 años en el mercado de comercialización de vehículos de carga pesada, sus inicios se remontan a la comercialización de automóviles, tractores y motores de la marca internacional Harvester en el departamento de Antioquia y el eje cafetero. En 1192 inicia hacer sus primeras importaciones de la marca internacional para su venta a particulares y empresas privadas, a mediados del mes octubre se abre una sede en Bogotá, a finales de 1993 se inaugura la sede Aguacatala – Medellín, actualmente es la sede principal de la empresa, con el paso de los años se abren nuevas sedes en Pereira, Bucaramanga, Pasto y Barranquilla como también otras empresas de servicios especializados de pintura y latonería.

La empresa Navitrans S.A. a nivel nacional tiene presencia en 14 ciudades, 6 almacenes de repuestos, 4 talleres de latonería y pintura, 3 talleres de servicio, y centro de distribución de repuestos. [1]

4.1.1 Aspectos corporativos.

4.1.1.1 Misión.

“Somos una organización dedicada a la comercialización de soluciones integrales, de transporte y maquinaria pesada, de reconocidas marcas a nivel mundial, a través de nuestra propia red a nivel nacional”. [1]

4.1.1.2 Visión.

“Ser en el 2022 la empresa líder en Colombia en la comercialización de soluciones integrales de transporte y maquinaria pesada, gracias a nuestro equipo altamente calificado y con amor por lo que hace”. [1]



4.2 Acero estructural

Se define como acero que consiste en hierro, carbono y otros elementos como silicio, fósforo y oxígeno que contribuyen a un conjunto de propiedades. La composición química del acero es de suma importancia por sus efectos sobre sus propiedades como resistencia a la corrosión, resistencia a la fractura frágil, soldabilidad, entre otras propiedades. [2]

Según el libro tipos de acero estructural y sistemas estructurales [2] los aceros se clasifican en:

4.2.1 Aceros al carbono

Los principales elementos de este acero son el carbono y manganeso en porcentajes cuidadosamente calculados. Se utiliza en la construcción de estructuras metálicas, postes de energía, puentes, torres de comunicación, edificios atornillados o soldados, entre otros.

El contenido de acero al carbono está limitado a los siguientes porcentajes máximos: 1,7 % de carbono, 0,60 % de silicio, 1,65 % de manganeso, y 0,60 % de cobre.

4.2.1.1 Acero ASTM A-36

Este acero se caracteriza por sus propiedades físicas como: soldabilidad es adecuado para la producción de vigas soldadas, estructuras industriales, edificios, remaches, piezas atornilladas y puentes. [2]. En la tabla 1, 2 y 3 se muestran las propiedades físicas, la composición y las propiedades mecánicas.

Tabla 1

Propiedades físicas del acero A-36.

Propiedades físicas	Densidad
---------------------	----------



Sistema internacional	785 g/cm ³
-----------------------	-----------------------

Tabla 2

Composición del acero A-36.

Composición del acero	%
Manganeso (Mn)	0,8 – 1,2
Hierro (Fe)	98
Cobre (Cu)	0,2
Carbono (C)	0,27
Azufre (s)	0,050
Silicio (Si)	0,15 – 0,40
Fosforo (P)	0,040

Tabla 3

Propiedades mecánicas del acero A-36.

Propiedades mecánicas	Sistema internacional	Sistema ingles
Módulo de bulk	140Gpa	20.300Ksi
Módulo de rigidez	77Gpa	11.200Ksi



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Alargamiento a ruptura	20% y 23%	20% y 23%
Modulo a cortante	79,3Gpa	1.500Ksi
Limite elástico a la compresión (fluencia)	152Mpa	22.000Psi
Módulo de elasticidad	200Gpa	29.000Ksi
Relación de poisson	0.260	0.260
Fluencia a cortante	145Mpa	21Ksi
Coeficiente de expansión	11,7x10-6 /°C	6,5x10-6 /°C
Fluencia a tensión	250Mpa	11.200Ksi
Resistencia ultima a la tracción o tensión	450 – 500 Mpa	58.000 – 79.800 Psi

4.2.2 Acero de baja aleación y alta resistencia

ASTM clasifica estos aceros; Son ampliamente utilizados en la fabricación de estructuras, puentes, torres de energía, torres de comunicación, equipos eléctricos, entre otros.

En general, cuentan con una mejor resistencia a la corrosión atmosférica que el acero al carbono y el término de baja aleación es muy utilizado condicionalmente donde se refiere a los aceros en que la composición total de los metales de aleación no supera el 5 % de la composición total del acero.

4.2.2.1 Acero ASTM A-572

Este acero estructural es de alta resistencia y baja aleación que se presenta en diferentes grados



según el tamaño del perfil. Se encuentra el tipo 50 está disponible en todos los tamaños de configuración de hasta 4 pulgadas de espesor. Este grado se utiliza en la construcción de puentes, postes de energía y edificios. En la tabla 4, 5 y 6 se muestran las propiedades físicas, la composición y las propiedades mecánicas.

Tabla 4

Las Propiedades físicas del acero A-572.

Propiedades físicas	Densidad
Sistema internacional	785 g/cm ³

Tabla 5

Composición del acero A-572.

Composición del acero	%
Silicio (Si)	0,3
Fosforo (P)	0,04
Hierro (Fe)	98
Carbono (C)	0,23
Azufre (s)	0,05
Manganeso (Mn)	1,35



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Tabla 6

Propiedades mecánicas del acero A-572.

Propiedades mecánicas	Sistema internacional	Sistema ingles
Fluencia a cortante	145Mpa	21Ksi
Alargamiento a ruptura	21%	21%
Modulo a cortante	80Gpa	11.600Ksi
Módulo de bulk	140Gpa	20.300Ksi
Resistencia ultima a la tracción o tensión	450 Mpa	65.300Ksi
Fluencia a tensión	345Mpa	5.000Ksi

4.2.3 Acero estructural de baja aleación, resistencia a la corrosión atmosférica

Cuando el acero se mezcla con menos cobre, se vuelve más resistente a la corrosión. Cuando se expone a la atmósfera, la superficie de este acero se oxidará para formar una capa adhesiva densa (también conocida como "capa hermética de óxido" o "capa de óxido") que previene la oxidación. Dura y por lo tanto elimina la necesidad de tinción. Cuando esto sucede (dentro de 18 meses a 3 años, según el tipo de exposición, por ejemplo, áreas rurales o industriales, luz solar directa o indirecta, etc.).

4.2.3.1 Acero ASTM A-242.

Es comúnmente utilizado para la fabricación de perfiles, barras o placas de aleación de alta y baja resistencia para estructuras soldadas, roscadas o atornilladas, se utilizan en un campo amplio en las piezas estructurales donde el ahorro de peso, la gran ductilidad y la resistencia al desgaste son



mucho mejores que el acero al carbono.

4.2.4 Aceros templados

Se diferencia de los aceros con alta resistencia porque contiene una mayor proporción de elementos de aleación y se basa en el proceso de tratamiento térmico para desarrollar los niveles adecuados de resistencia. El temple da como consecuencia un material muy fuerte, pero presenta una baja ductilidad en comparación con el acero al carbono.

4.3 Mecanismos de elevación y transporte

Según el tamaño, el peso, la condición y la naturaleza del producto que se va a transportar, que va desde una manera manual donde no hay una intervención de mecanismo o máquina para la operación a realizar, mecánicos donde el ser humano utiliza para realizar el transporte, estos equipos suelen ser grúas con diferentes tipos (tamaños, formas y funciones), puentes grúa, grúas pórtico, diferenciales, entre otras, todo esto con el objetivo de realizar operaciones relacionadas de elevación y transporte de materiales, almacenamiento y manipulación, que con establecen el día a día de muchas industrias, a continuación, se especifica las máquinas más utilizadas en la actualidad para desarrollar estas tareas. [3]

4.3.1 Grúa pluma.

Es un conjunto de maquinaria de manipulación y elevación de materiales, ampliamente utilizada en la construcción o la industria, principalmente para la elevación de mercancías con un radio de trabajo pequeño, mejorando la eficiencia del proceso y asegurando la disponibilidad de elevación de las cargas.

En el mercado internacional existen varios modelos de grúas diseñadas para diferentes tareas, funciones y capacidades. Son muy utilizados en talleres, almacenes y al aire libre. [4]. La figura 1 muestra este tipo de grúa.

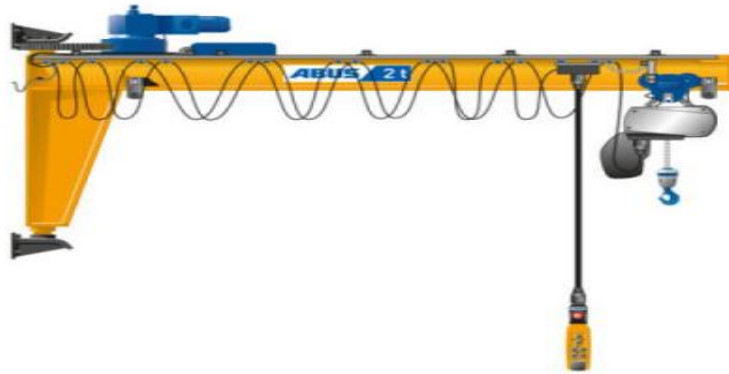


Figura 1. *Grúa pluma (diseño general).* [4]

4.3.1.1 Grúa pluma de columna.

Una característica típica de la grúa pluma de columna es el apoyo en funciones de elevación, generalmente para cargas ligeras, las cargas se sujetan con rapidez y seguridad para trasladarlas de lugar de forma precisa y sin apenas esforzarse con un movimiento suave del brazo. La grúa se fija a una placa intermedia circular con anclajes químicos especiales, aprobados para cargas dinámicas. La varilla de anclaje también se puede utilizar para montar en la base o en la placa intermedia con los anclajes adecuados (ver figura 2). [5]



Figura 2. *Grúa pluma de columna.* [5]

4.3.1.2 Grúa pluma anclada a pared

La grúa de pared está diseñada para el transporte de distancias cortas y se montan en la pared de manera visible y confiable cuando es necesario mover pequeñas cargas manualmente. Su estructura ligera le permite moverse con cargas de forma rápida y precisa, incluso con brazos largos, lo que ayuda eficazmente en el trabajo diario. [6]. En la figura 3, se muestra este tipo de grúa.



Figura 3. *Grúa pluma anclada a la pared.* [6]



4.3.1.3 Grúa pluma móvil.

La grúa móvil se puede mover a la posición deseada en cualquier dirección. El cabrestante eléctrico se puede utilizar sobre el pilar, lo que es adecuado para objetos pesados que necesita desplazarse y girar. La elevación y descenso de objetos pesados depende del polipasto eléctrico para despegar y aterrizar hacia arriba y hacia abajo como se muestra en la figura 4. Las características del equipo de elevación son estructura simple, operación conveniente, operación flexible, amplia área de trabajo y amplia gama de aplicaciones. [7]



Figura 4. Grúa pluma móvil. [7]

4.3.1.4 Formas de operación

- El operador debe estar familiarizado con el diseño, las características y el principio de funcionamiento de la grúa mural donde es prohibido la sobrecarga.
- Antes del uso, el operador debe verificar y confirmar que el botón de inicio esté en la posición de parada y que los diversos componentes electromecánicos sean seguros y muy



sencillos de utilizar.

- Se debe arrancar la máquina o el automóvil en vacío para ejecutar la carga vacía antes de levantar la pieza de trabajo, [8]

4.3.1.5 Partes de una grúa pluma

Las partes de la grúa pluma según Aicrane maquinaria profesional [9]. Son las siguientes:

- **Pluma**

Una pluma o un brazo es una viga horizontal que sostiene el polipasto, con la ayuda de la cual se desplaza el carro.

- **Pilar**

El mástil o pilar es una viga vertical que sostiene la pluma. Suele ser independiente o fijo.

- **Polipasto móvil**

Para ayudar a mover la carga.

- **Carro**

Lleva un gancho, cadena o cable y el polipasto junto con la pluma. Este puede ser operado de forma manual, eléctrica o neumática.

- **Controles**

Las grúas plumas giratorias motorizadas tienen un botón para controlar la rotación de la pluma y también el movimiento del carro. Se pueden operar a diferentes velocidades.

- **Rotador**

Un brazo se puede rotar 360 grados en una grúa independiente con la ayuda de un rotador. Los



brazos montados en la pared se pueden girar entre 180 y 200 grados.

- **Parada de rotación**

El tope de rotación ayuda a restringir el movimiento de la grúa en cuestión de cualquier obstrucción y la mantiene a salvo de colisiones con el objeto obstructor.

4.3.2 Grúa torre

Tipos de gruas torres según elesgru [10]. Son las siguientes:

Hoy en día, estas grúas son muy utilizadas comúnmente en todos los campos de la edificación. Su amplia aplicación demuestra cuán importante es esta herramienta para el trabajo constructivo en nuestra sociedad.

Una grúa torre se puede definir como un dispositivo el cual está basado en una estructura metálica removible que maneja una corriente eléctrica para cumplir con su operación y está diseñada específicamente para edificación y construcción. Su tarea principal es cargar y descargar de todo tipo de materiales de construcción, que se transportan mediante el uso de varios ganchos mediante alambres especiales reforzados.

4.3.3 Tipos de grúa torre

Hay muchos tipos de grúas torre en el mercado hoy en día, aunque a veces es difícil distinguir entre ellas, tienen diferentes características entre las que se encuentran distintas clasificaciones que se pueden categorizar para cada tipo de grúa torre.

4.3.3.1 Según su método de instalación

- **Grúa automontable**

Grúa tipo pluma desmontada (plegable) con pluma y torreta. A menudo combinan contrapesos y



requieren que sus componentes estén equilibrados y desplegados antes de poder calibrarlos para comenzar a trabajar.

- **Grúa torre**

El tipo de grúa que se ensambla en segmentos se llama grúa torre, por lo que en los tramos iniciales es asistida por una grúa motorizada, luego se realiza el proceso de armado mediante pinzas telescópicas.

- **Grúa torre automontable**

Estas grúas son muy populares en la industria por su rápido montaje y su versatilidad, se utilizan principalmente en la edificación de viviendas, apartamentos y pequeños proyectos de infraestructura. Sin embargo, su uso en grandes proyectos se está volviendo cada vez más notorio gracias al uso de modelos de hasta 70 metros de altura.

4.3.3.2 Según su movilidad

- **Grúas torre fijas**

Estas grúas no cuentan con la capacidad de moverse de forma independiente mediante el uso de sistemas de traslación.

- **Apoyadas**

Enfocan su gravedad mediante el uso de contrapesos o pesos en la base.

- **Empotradas**

Se denomina grúa torre empotradas, estas grúas centran su gravedad en el suelo mediante la primera parte de la estructura anclada a este, encofrándose con hormigón en una zapata o con otros medios similares mediante el uso de trayectos de empotramiento.



- **Grúas torre móviles**

Estas grúas cuentan con una capacidad de movimiento de forma independiente mediante el uso de rieles, entre otros métodos de traslación.

- **Con traslación**

Estas grúas torre generalmente se mueven por medio de rieles situados en la superficie.

- **Trepadora**

Estas grúas pueden subir de forma segura a la parte superior del edificio mediante un sistema de trepado. Tienen la desventaja de un montaje lento, por lo que no se utilizan cada vez más.

4.3.3.3 Según la pluma de la grúa

- **Grúa torre de pluma horizontal**

Se trata de enormes grúas torre que pueden hacer el trabajo a una altura de más de 290 metros incluso se puede instalar una grúa, llamada grúa auxiliar para aumentar su alcance.

- **Grúa torre de pluma abatible**

Estas grúas son utilizadas principalmente en diversos sitios de reconstrucción, en áreas muy estrechas o para evitar la interacción entre las diferentes grúas que trabajan en una misma construcción.

- **Grúa torre de pluma articulada**

Permitieron modificar la estructura de la rampa para lograr una adaptación a las necesidades del edificio en el cual se utilizará, estas grúas se pueden contraerse y formar ángulos que facilitan una amplia gama de operaciones en estructuras complejas de maniobrar.



4.3.3.4 Según su forma de girar

- **Grúas torre de giro basal**

la parte giratoria de este tipo de grúa torre se encuentra en la parte inferior de la estructura, en su base.

- **Grúas torre de giro superior**

Ampliamente utilizadas, cuentan con un sistema rotatorio ubicado en la parte superior. Como resultado, su rango aumenta significativamente.

4.3.4 Principales partes de la grúa torre

Partes de la grúa torre según Aicrane maquinaria profesional [11], ver figura 5. Son las siguientes:

Dependen del tamaño, su complejidad y el tipo, estas grúas torre se consiguen fabricar a partir de diferentes partes. Esto se refiere al hecho de que algunos artículos que se pueden encontrar en grúas torre pueden no estar disponibles en otros. Sin embargo, las distintas piezas que periódicamente componen el ensamble de la grúa torre:

- **Lastre de estabilidad**

Es un bloque que descansa sobre la base de la grúa torre y suministra la estabilidad requerida para sujetarlo a la superficie y garantizar la seguridad en la zona de trabajo.

- **Mástil**

Forma parte de la grúa torre cuya función principal es conceder altura suficiente para su funcionamiento, se caracteriza por ser una estructura metálica que forma un prisma vertical rectangular formado por el acoplamiento de varias unidades, en la parte superior del mástil se sitúa un eje giratorio, el cual permite que la grúa funcione dentro de los 360 grados, además, en algunos tipos de grúas, se puede encontrar un compartimento destinado a equipos de manipulación para uso profesional.



- **Pluma o flecha**

Se define a la pluma de una grúa torre como una estructura celosía metálica cuyo objetivo principal se basa en proporcionar que la grúa tenga el acceso necesario para garantizar el desempeño adecuado de la función de transporte de materiales de construcción.

- **Contrapluma o contra flecha**

Estructura de celosía plana o metálica similar a un bolígrafo. Su función principal es soportar el contrapeso de aire, por lo que es necesario compensar el peso de la pluma, así como la carga que puede soportar la pluma al transportar y manipular diversos materiales de construcción, logrando así reducir la fuerza del sistema giratorio. reducción.

- **Carro de pluma**

La función del elemento es moverse longitudinalmente por la pluma para trasladar cargas, suele estar unido a un mecanismo de cables y ganchos, según la tarea a realizar.

- **Base o carretón**

Esta base de la grúa torre es una pieza estructura metálica en la que se encuentra todo el cuerpo de la grúa. Esta, a su vez, es la parte donde se instala el contrapeso.

- **Otros elementos**

Además de las piezas mencionadas anteriormente, se pueden distinguir otras piezas, entre las que destacan el pomo giratorio o de guía, unidad final, base giratoria, torreta, placa parachoques o soporte de palanca, soporte para elevación o chorro, cable, interruptor, poste o soporte.

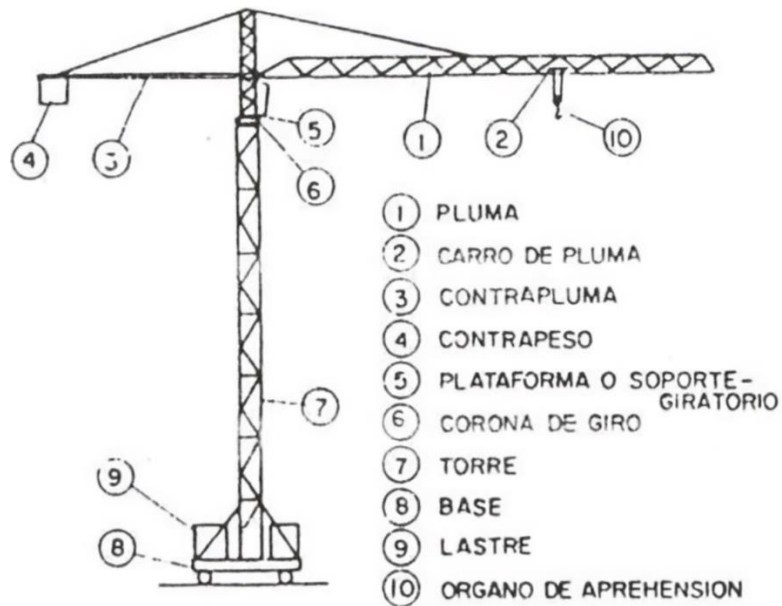


Figura 5. Grúa pluma de columna. [11]

4.4 Puente grúa

Los puentes grúa son equipos para levantar cargas pesadas o ligeras, Se utilizan en diversas industrias como puertos, cementeras, entre otras, donde las grúas se utilizan principalmente para mover y levantar cargas. [12]

4.4.1 Tipos de puente grúa

Tipos de puente gruas según Abus [12]. Son las siguientes:

4.4.1.1 Puente grúa monorriel

Esta grúa está diseñada con una viga principal, es ampliamente utilizada para levantar y transportar mercancías, porque la grúa puente de viga única no requiere una distancia segura al techo en este rango de elevación, completamente utilizable. Este tipo de grúa presenta aproximadamente el doble de velocidad en sus movimientos (desplazamiento, elevación, traslación). Se encuentra equipada mediante un mecanismo de elevación tipo polipasto, como se muestra en la figura 6.

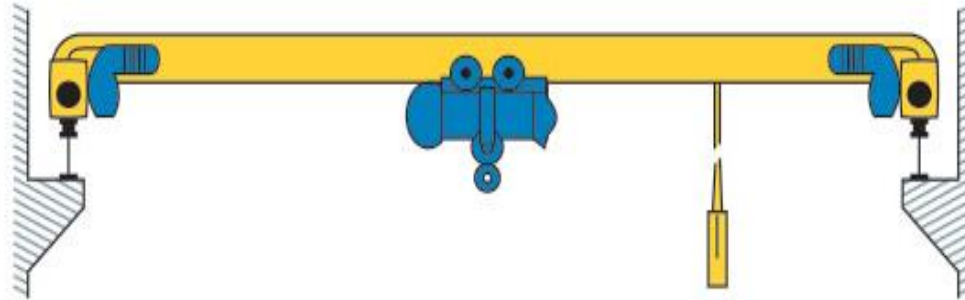


Figura 6. *Puente grúa monorriel.* [12]

4.4.1.2 Puente grúa birriel

Este puente grúa está constituido mediante un par (2) de vigas principales sobre las que se encuentran apoyada el carro que sostiene el polipasto (figura 7), cuenta con una gran ventaja de alcanzar una altura máxima posible del gancho, por lo que es ideal a cargas de elevación que presentan luz mediana o grande.



Figura 7. *Puente grúa birriel.* [12]



4.4.1.3 Puente grúa pórtico

Puede ser de dos vías y de vía simple, esta configuración de grúa suele diferenciarse de otros porque cuenta con rieles sobre el suelo que permiten el desplazamiento del puente, especialmente donde se requiere el uso de columnas, como se observa en la figura 8.



Figura 8. Puente grúa pórtico. [13]

4.4.1.4 Puente grúa semipórtico

Es una estructura donde por un lado tenemos la imagen de una grúa, por otro lado, un carril simple o doble, por un lado, consta de una serie de columnas móviles conectadas con la capacidad portante (figura 9). viga, el funcionamiento de esta columna móvil es moverse a una misma altura que la carga, sobre el carril fijado al suelo. [14]

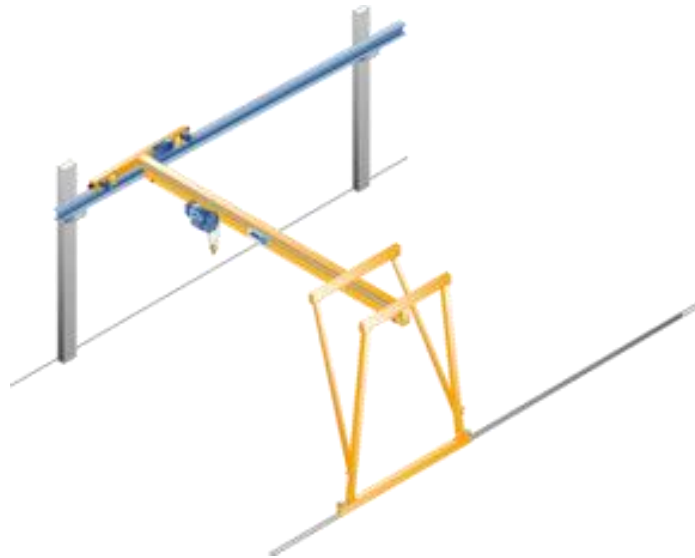


Figura 9. *Puente grúa semipórtico.* [14]

4.4.2 Piezas del puente grúa

Estas grúas cuentan con un gran número de piezas importante, dentro de las que se destacan, según zokecrane [15]. Ver figura 10.

- **Puente.**

Es la pieza que constituye la estructura principal con movimiento, y consta de dos extremos con una o dos vigas, según el prototipo de equipamiento.

- **Viga(s)**

Estas son las vigas primordiales del puente grúa.

- **Cabezales**

Situado en cualquier posición de la estructura, estas ruedas permiten el desplazamiento para que la



grúa se mueva.

- **Gancho**

Está conectado al carro por medio de un cable principal que realiza las operaciones de elevación y descenso de la carga.

- **Carro**

Se mueve a lo largo de la viga y recorre el ancho de la nave.

- **Motores de movimiento**

Estos motores proporcionan una fuerza propulsora al testero con el objetivo de realizar la operación de mover el puente grúa en su movimiento longitudinal.

- **Testeros**

Estos son los carros que mueven la viga principal del puente a lo largo de varias vías o carriles.

- **Malacate**

Se instala sobre un carro y tiene la función de elevación mediante un artefacto de izaje.

- **Mandos del puente grúa**

Se utilizan para controlar el puente e incluyen una serie de botones que te permiten llevar cargas suspendidas.

- **Línea de alimentación**

Forma un conjunto de cables que alimentan el motor del vehículo y el motor de altura o elevación.

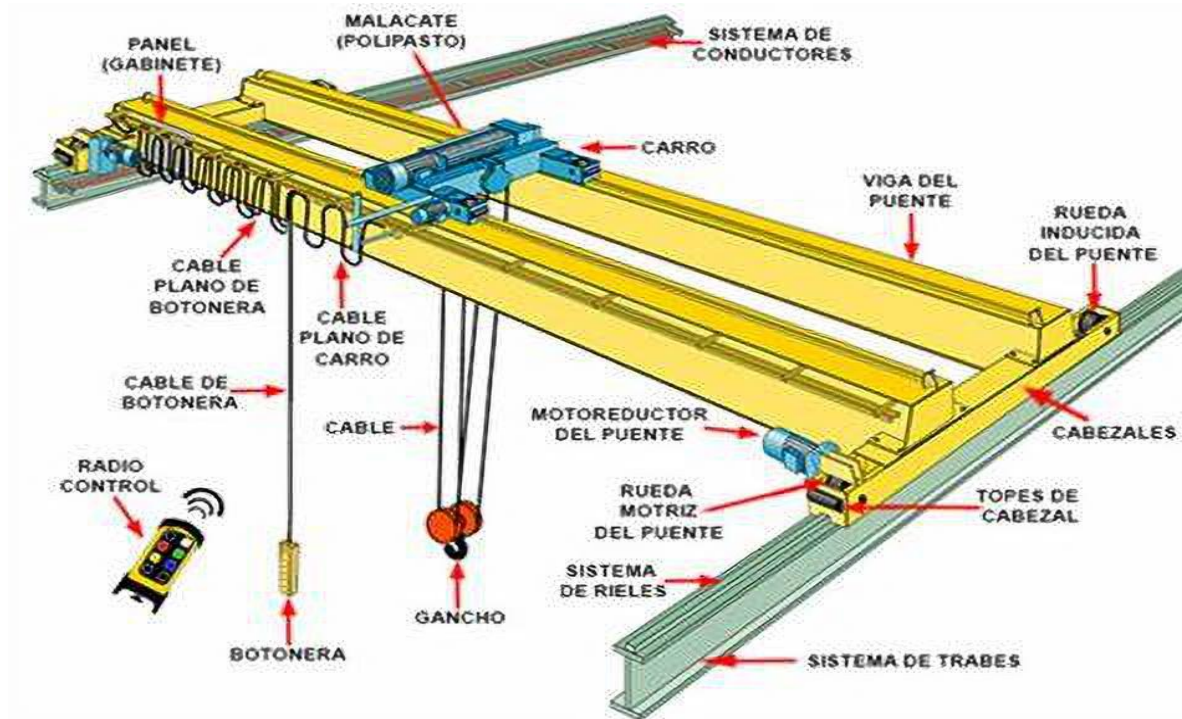


Figura 10. Partes del puente grúa. [16]

4.5 Motores ISM

Los motores ISM (figura 11), están desarrollados para aplicaciones difíciles, con rendimiento, eficiencia y capacidad de carga. Proporciona una respuesta de aceleración rápida y la capacidad de hacer el mismo trabajo que el motor de mayor cilindrada. Su peso es de tan solo 940 kg, lo que le otorga una importante ventaja en capacidad de carga. [17]



Figura 11. Motor ISM Cummins. [17]

4.5.1 Partes del motor ISM

En las figuras 12,13 y tablas 7,8 se describen las partes y componentes del motor.

Tabla 7

Partes del motor ISM Cummins lado derecho. [18]

1. Turbocompresor de la conexión de escape.	11. Sensor de presión de colector de admisión (LB)	21. Conexión de entrada de refrigerante
2.Una conexión crossover	12. Conexión de entrada de refrigerante	22.Tubos de transferencia de aceite
3.Filtros de aceite	13. Alternador	23.Conector del controlador



lubricantes combinados		del Centinel
4. Colector de admisión	14. Conexión de la entrada de combustible	24. Conector de nivel de tanque de aceite Centinel
5. Respiradero del cárter	15. Amortiguador de vibraciones	25. Alternador
6. Conjunto de freno de correa de ventilador	16. Aditivo refrigerante	26. Válvula sobrecargada
7. Hub de ventilador	17. Bomba de refrigerante	27. Ajuste de salida de combustible
8. Filtro de combustible	18. Solenoide de la válvula de cierre del combustible (RB)	28. Sensor de presión de combustible
9. Aditivo refrigerante	19. Sensor de presión de colector de admisión (RB)	29. Sensor de presión de suministro de combustible
10. Sensor de presión de colector de admisión (RB)	20. Sensor de temperatura del colector de admisión (RB)	



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

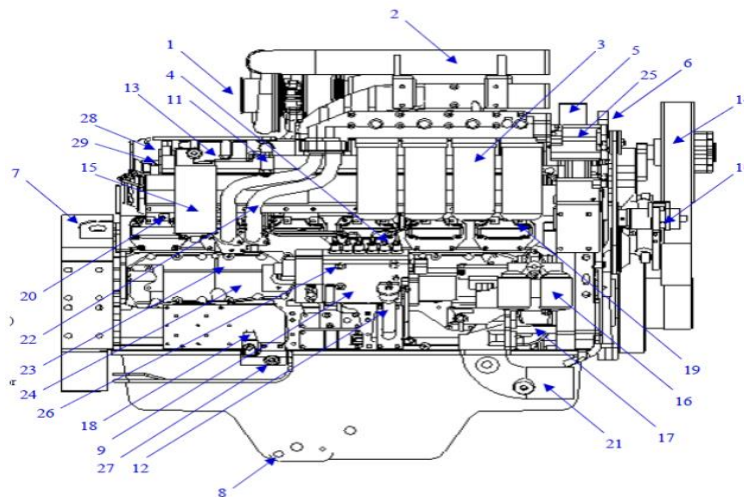


Figura 12. Vista motor ISM lado derecho. [18]

Tabla 8

Partes del motor ISM cummins lado izquierdo. [18]

1. Conexión de la entrada del turbocompresor	11.Caja de la bomba de combustible	21. Conectores en línea
2.Cubierta del refrigerador posterior / colector de admisión	12.Sensor temperatura refrigerante	22. Conector de enlace de datos
3.Sensor velocímetro del motor	13. Respiradero Cáster	23. Sensor nivel de aceite (opcional)
4.Líneas de suministro de	14. Cubo del ventilador	24. Sensor presión de aire



combustible de alta presión		ambiente
5. Sensor presión aceite del motor	15. Casas de termostato	25. Sensor de Presión de Refrigeración
6. Motor de arranque	16. Conector de salida del refrigerante	26. Sensor de temperatura del aceite
7. Carcasa del volante	17. Tubo de ventilación del refrigerante	27. Conector del calefactor
8. Puerto de drenaje de aceite	18. Solenoide de la válvula de cierre del combustible (LB)	28. Solenoide de arranque
9. Bomba inyección de combustible (LB)	19. Sensor de presión de colector de admisión (LB)	29. Válvula sobrecargada
10. Amortiguador de vibraciones	20. Sensor temperatura del colector de admisión (LB)	30. ATA Cruce de conexión



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

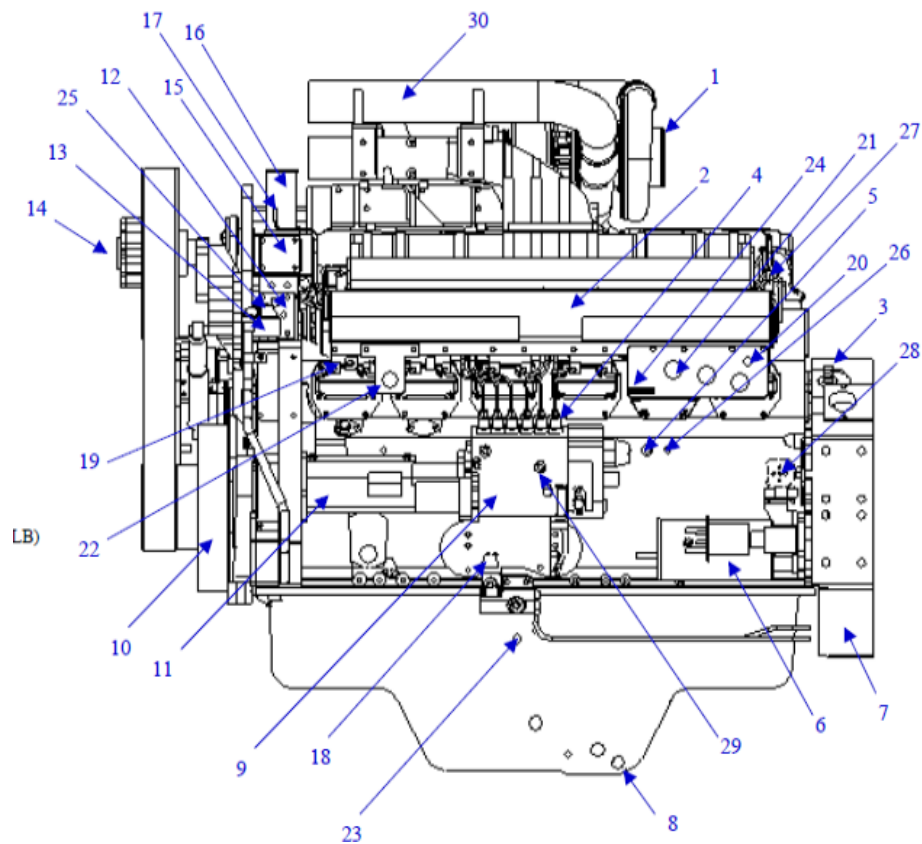


Figura 13. Vista motor ISM lado izquierdo. [18]

4.5.2 Especificaciones motores ISM con la norma euro V

En la tabla 9, se presentan las especificaciones más relevantes.

Tabla 9

Especificaciones motor ISM EURO V. [18]

ESPECIFICACIONES ISM EURO V



NO. DE CILINDROS	6
CAPACIDAD DEL SISTEMA DE ACEITE	34 (litros)
DESPLAZAMIENTO	10.8 (litros)
VELOCIDAD	2,100 (RPM)
RANGO DE POTENCIA	345 - 420 (HP)
RANGO DE TORQUE	1253 - 1475 (lb-ft)
PESO SECO	940 (kg)

4.6 Instrumentación industrial

Los controladores se utilizan en industrias de procesos como la química, textil, petroquímica, metalúrgica, alimentaria, energética, entre otros. Tienen su propia terminología; Los términos se utilizan para describir las características de medición y control, así como las características estáticas y dinámicas de los diversos dispositivos utilizados. [19]

Los términos utilizados se han armonizado de tal forma que los fabricantes, usuarios, organizaciones u organizaciones que intervienen directa o indirectamente en el campo de los equipos industriales utilizan el mismo lenguaje. Las definiciones de los términos se utilizan en relación con las recomendaciones de ANSI/ISA-S51.1-1979 (R 1993), aprobada el 26 de mayo de 1995

4.6.1 Intervalo de medida (Range)

Espectro o conjunto de valores de una variable medida que se encuentran dentro de los límites superior e inferior de la capacidad del instrumento para medir, recibir o transmitir. Se muestran dos valores extremos, por ejemplo, un manómetro con un rango de medición de 0 a 10 bar, un



transductor de presión electrónico de 0 a 25 bar con una salida de CC de 4 a 20 mA. O la temperatura del dispositivo es de 100-300°C.

Otro concepto derivado es la dinámica de dosis o rango de valores, que son cocientes de los valores de medición superior e inferior del dispositivo, por ejemplo, una válvula de control lineal que regula linealmente el flujo del 2% al 100% de su carrera tendrá un rango de $100/2 = 50$.

4.6.2 Alcance (Span)

Esta es la diferencia algebraica entre los valores superior e inferior del rango de medición del instrumento, en los ejemplos anteriores fue de 10 bar para el manómetro, 25 bar para el transductor de presión y 200 °C para el instrumento de temperatura.

4.6.3 Error

El error de medición es la desviación de las mediciones reales de una variable de proceso de las mediciones teóricas o ideales como resultado de imperfecciones del equipo y variables parásitas que afectan el proceso:

Ecuación 1

Ecuación de error en un instrumento.

$$\text{Error} = \text{Valor leído en el instrumento} - \text{Valor ideal de la variable medida}$$

Ecuación 2

Ecuación de error absoluto en un instrumento.

$$\text{Error absoluto} = \text{Valor leído} - \text{Valor verdadero}$$

Ecuación 3



Ecuación de error relativo en un instrumento.

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Error absoluto}}{\text{Error verdadero}}$$

Si el proceso está en estado estacionario, existe el llamado error estático. En condiciones dinámicas, los errores varían considerablemente porque los dispositivos tienen las mismas características que los sistemas físicos: consumen energía de proceso y esta transmisión tarda en propagarse, lo que genera retrasos en la lectura del dispositivo. Siempre que las condiciones sean dinámicas, el llamado error dinámico (diferencia entre el valor instantáneo y el instrumento especificado): su tamaño depende del tipo de fluido del proceso, su velocidad, elemento principal. (termopares, matraces y tubos capilares), medios de protección (pantallas), etc. El error medio del instrumento es el promedio de los errores en cada punto de medición, determinado para todos los valores tanto crecientes como decrecientes del mensurando.

Ecuación 4

Máximo error posible en una medida.

$$+ (a + b + c + d + \dots)$$

“Dado que es poco probable que todos los dispositivos tengan un error máximo simultáneamente en todos los casos de medición, la raíz cuadrada de la suma algebraica de los cuadrados del error máximo del instrumento generalmente se considera como el error total. Dimensión, es decir, una expresión”.



Ecuación 5

Ecuación de error total en un instrumento.

$$\pm \sqrt{a^2 + b^2 + c^2 + d^2 + e^2 \dots}$$

4.6.4 Incertidumbre de la medida

Al realizar una calibración, un dispositivo calibrado se compara con un dispositivo estándar para verificar que el error (diferencia entre el valor leído por el instrumento y el valor medido real del dispositivo de referencia) está dentro de los límites especificados por el fabricante del dispositivo. ... instrumento, debido a que el instrumento de referencia no mide con precisión el valor real (también tiene errores) y debido a que diferentes fuentes de error también interfieren con la operación de comparación, no se puede determinar la característica del instrumento. lo que lleva a la llamada incertidumbre de medida.

- *“La influencia de las condiciones ambientales.*
- *Diferentes lecturas de las mismas herramientas por parte del operador.*
- *Diferencias en observaciones repetidas de agentes bajo condiciones aparentemente idénticas.*
- *Valores inexactos para herramientas estándar.*
- *Las muestras de productos no son representativas. Por ejemplo, cuando se mide la temperatura con un termómetro de vidrio estándar, la masa del bulbo cambia la temperatura de la muestra de proceso a la que se medirá la temperatura.”*

Por tanto, la incertidumbre de medida es el rango de valores que razonablemente se puede asignar al valor verdadero del mensurando. "Al calcular la incertidumbre, la distribución estadística de los



resultados de una serie de mediciones, las características del equipo “(deriva en función de la tensión de alimentación o en función de la temperatura, entre otros.)”.

4.6.5 Exactitud

La calidad del instrumento de medición da una lectura cercana al verdadero valor del mensurando. En otras palabras, es el grado de cumplimiento de un valor dado con el estándar adoptado con el valor ideal, y este valor ideal se entiende como verdadero e independiente del cumplimiento es el grado de cumplimiento del jugador. La desviación máxima se establece entre la curva de calibración del instrumento y la curva objetivo para minimizar la desviación máxima. La exactitud La precisión especifica el margen de error que debe establecerse cuando el equipo funciona en condiciones normales de funcionamiento durante un cierto período de tiempo. [19]

4.6.6 Precisión

“La precisión es la cualidad de un dispositivo que produce lecturas muy precisas, es decir, cuán dispersas. Los instrumentos pueden tener baja precisión, pero alta precisión. Por ejemplo, un manómetro tiene un rango de 0 a 10 bar. puede haber un error cero significativo que indica 2 bar sin presión de proceso y diferentes lecturas de 7049, 7,05, 7,051, 7052 tomadas a lo largo del tiempo y en las mismas condiciones de funcionamiento para la presión de trabajo es de 5 bar. Tendrá un error real de 2 barras, pero las lecturas estarán muy juntas con una dispersión máxima muy pequeña de $7,052 - 7,049 = 0,003$, lo que significa que el instrumento será muy preciso.”. [19]

4.6.7 Zona muerta

La zona muerta es un campo de valor variable que no cambia la señal de salida del instrumento o el indicador, es decir, no da una respuesta, expresada como un porcentaje del rango de medición.

4.6.8 Sensibilidad

La sensibilidad es la relación entre el aumento de la señal de salida o la señal de lectura y el aumento



de la variable de disparo cuando se alcanza el estado estable, por ejemplo, si la presión en el transductor electrónico es de 0 a 10 bares, se aumenta de 5 a 5,5 bares y la salida de señal es de 11,9 a 12,3 mA CC.

4.6.9 Histéresis

“La histéresis es la mayor diferencia que se observa en los valores indicados por la aguja o puntero del instrumento o en la señal de salida en el mismo valor del campo de medición cuando la variable va al fondo de escala en ambas direcciones, hacia arriba y hacia abajo. . Se expresa como un porcentaje de la masa medida. Por ejemplo, si el termómetro es 0-100%, para un valor de cambio de 40 °C, la flecha muestra 39,9 °C cuando la temperatura sube de 0 °C y 40,1 °C cuando la temperatura desciende de 100 °C”.

4.6.10 Otros términos

Según el sitio web Davinsony.com [20] los términos a tener en cuenta son:

4.6.10.1 Fiabilidad

Una medida de la probabilidad de que un dispositivo continúe funcionando dentro de las tolerancias especificadas durante un período de tiempo específico y en condiciones específicas.

4.6.10.2 Campo de medida con elevación de cero

Este es un campo de medición donde el valor cero de la variable o señal que se está midiendo es mayor que el valor mínimo del campo.

4.6.10.3 Resolución

Esta es la diferencia más pequeña que el instrumento puede distinguir. En los dispositivos analógicos, el operador interviene dependiendo de la situación en la que observa la posición de la aguja, el error de paralaje de la lectura tomada y la distancia entre los valores colocados en la escala.



4.6.10.4 Ruido

“Cualquier ruido eléctrico no deseado o señal aleatoria que altere la transmisión, indicación o registro de los datos solicitados. Un caso especial es la interferencia de los transmisores RFI (interferencia de radiofrecuencia). Puede expresarse en unidades de producción o como un porcentaje del rango”.

4.6.10.5 Linealidad

“La curva de calibración se aproxima a una línea dada”.

4.6.10.6 Supresión de cero

Este es el número de valor de campo mínimo que excede el valor de 0, que se puede expresar en la unidad de la variable de medición o en el porcentaje del alcance.

4.6.11 Transmisores

Los sensores capturan la variable del proceso a través del elemento principal y la transmiten de forma remota como una señal neumática, electrónica, digital, óptica, hidráulica o de radio. Señal neumática de 3 a 15 psi. pulgada (psi) (equivalente a 0,206-1,033 bar o 0,21-1,05 kg/cm²) en los Estados Unidos y países de habla inglesa o 0,2-1 bar (20-100 kPa) en países que utilizan el sistema métrico. Capítulo 2 16 Las señales electrónicas estándar son de 4 a 20 mA CC, de 1 a 5 mA CC y de 10 a 50 mA CC. y 0 a 20 mA CC. Una señal digital consiste en una secuencia de pulsos en forma de bits.



5. METODOLOGIA

5.1 Estado del arte

En la Universidad Nacional de Ingeniería ubicada en Managua, Nicaragua se reactivó el sistema de elevación hidráulico manual en el taller de automotriz, con el objetivo que los alumnos mejoren su formación a través de la práctica de laboratorio. Al mismo tiempo, se desarrolló este trabajo para proteger seguridad física de quienes manipulan el dispositivo, *“los estudiantes se saltarán mucho esfuerzo físico y evitarán problemas como Fatiga, lesión lumbar y trastornos musculoesqueléticos”*.

En el proceso restaurativo del equipo fue necesario una inspección para ver las condiciones en las que se encontraba para luego diagnosticar las fallas que impidieron su funcionamiento, después de tener una lista completa solamente el 10% de los componentes de la grúa fue reemplazado (ver figura 14). [21]



Figura 14. *Lavado e inspección de los componentes (grúa pluma).* [21]

En la empresa Rivera de Ecuador se hizo un estudio para el diseño de una grúa oleo- hidráulica que



presentara parámetros de seguridad y optimice la operación la cual es desmontar y montar un motor, la investigación partió del método NIOSH el cual se aplicó para evaluar los riesgos que conlleva la operación, seguido se hizo una serie de encuestas a los trabajadores para recopilar información, se procede a obtener las dimensiones de los vehículos se logra determinar un diseño geométrico relacionado con la ergonomía.

“Con el diseño estructural se obtuvo esfuerzos que permitieron dimensionar los cilindros oleo-hidráulicos y así diseñar todo su circuito compuesto por la bomba, válvula, motor eléctrico, mangueras y diversos accesorios”.

Luego de conformar los diseños geométricos, ergonómicos, estructural, mecánico y eléctrico se procede al ensamble de la máquina. [22]. (Figura 15).



Figura 15. Estudio tridimensional de estructuras de acuerdo a los perfiles o material que se utilice (análisis estructural). [22]



“La empresa. L&G DIESEL TRUCK es una entidad que se dedica al mantenimiento y reparación de toda la parte mecánica de los vehículos de carga, fue creada a mediados del año 2.008” al momento de realizar el proceso de elevación y transporte de los motores es de gran importancia la seguridad y el tiempo que la operación conlleva, esta operación se hace de forma manual el cual utiliza una diferencial o alquilando un montacargas, el proyecto que se llevó a cabo en la empresa tuvo como alcance el diseño de un puente grúa el cual soporta 1.5 toneladas.

Primero se tuvo en cuenta el tiempo y personal que utilizan para realizar la operación haciendo una comparación con un puente grúa donde se evaluó los mismos factores, tomando las medidas de la maquina se realizó los respectivos cálculos, se elige el material a utilizar y se procede al diseño de la misma como se ve en la figura 16. [23]

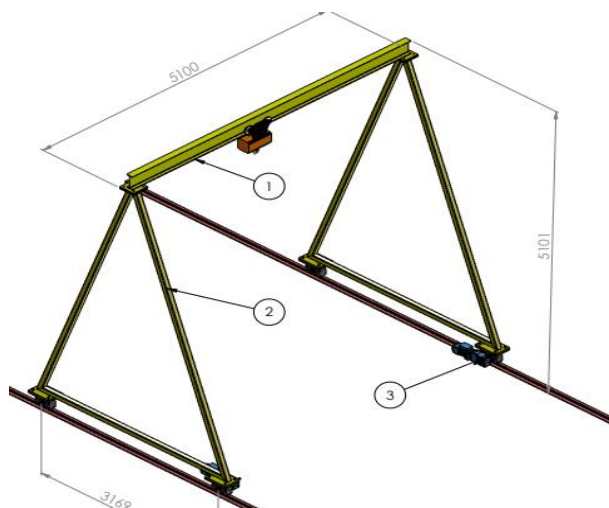


Figura 16. *Subsistema de translación del Trolley, 2 subsistema de la estructura, 3 subsistema de translación del puente grúa (puente grúa pórtico). [23]*



5.2 Cálculos de la estructura y especificación del material.

5.2.1 Dimensiones de la bahía de trabajo

En la sede Bogotá tinalito, el taller de servicio cuenta con 35 bahías de trabajo, cada bahía tiene 3,5 metros de ancho por 11 metros de largo, y un espacio de 0,8 metros entre cada bahía, figura 17.

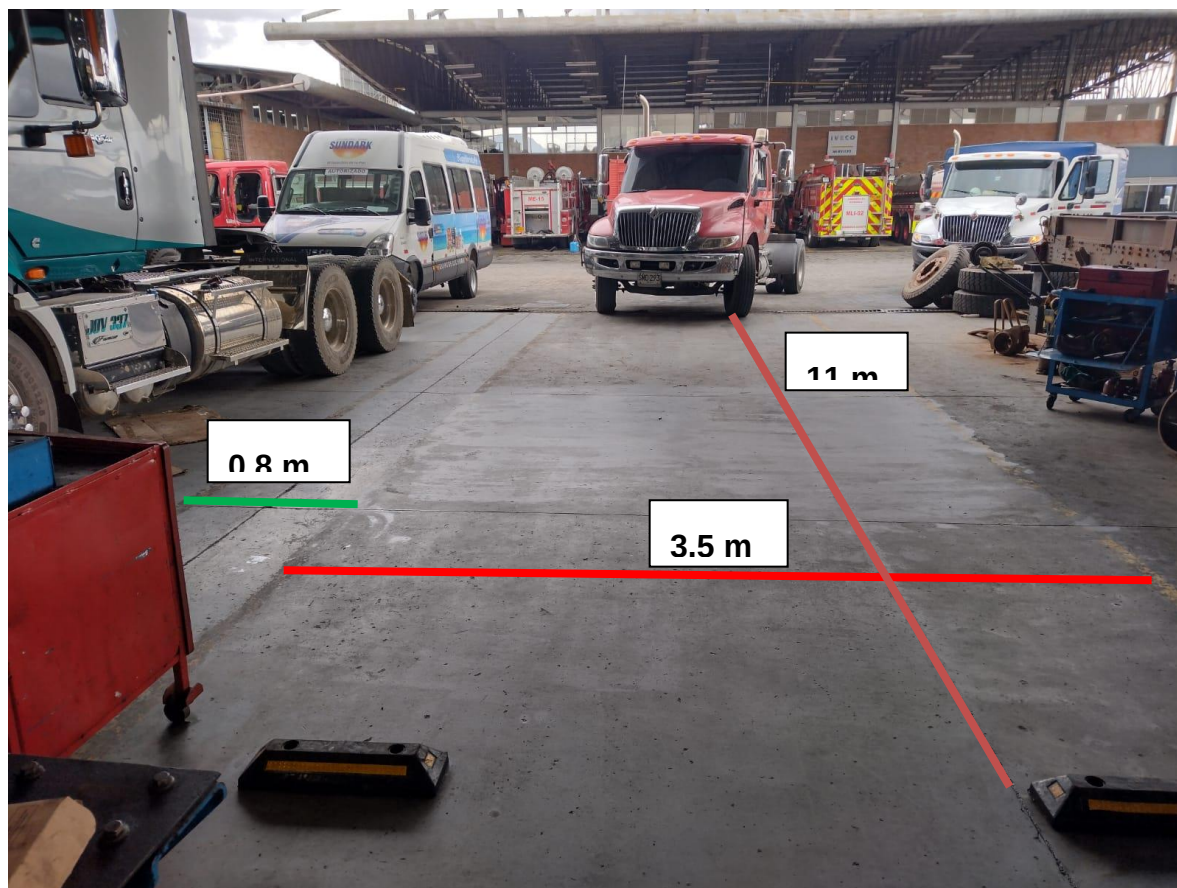


Figura 17. Dimensiones de la bahía. Fuente: Autor



5.2.2 Selección del polipasto y Trolley

Para una adecuada selección del polipasto y el Trolley se debe tener claro que son dos piezas diferentes y cada componente tiene su propio movimiento. La carga mínima que levanta es de aproximadamente una tonelada (cuando el motor se encuentra en vacío), otro factor importante serán los números por ciclo. [24]

5.2.2.1 Polipasto eléctrico de cadena

El polipasto se encarga de subir y bajar la carga conectada al gancho de la grúa y por medio de una cadena, la elección se fijará en función de la carga a levantar y la altura del levantamiento. [24]

El polipasto eléctrico de cadena se eligió teniendo en cuenta que la operación que se realizará en la máquina es el CVP 20-4 (ver figura 18 y 19), con una capacidad de carga máxima de 2 toneladas y una altura estándar de 5 metros. Tiene un motor de 1,5 KW para realizar los movimientos de subida y bajada, y el freno electromagnético mantiene la carga segura incluso durante el fallo de la corriente.

Modelo	Núm. EAN 4025092*	Capacidad en kg/ número de ramales	Dimensiones de la cadena d x p mm	Clasificación FEM/ISO	Velocidad de elevación**** ppal. m/min	Velocidad de elevación 2ª velocidad m/min	Motor kW	Factor de servicio ED %	Peso* con asa de suspensión kg	Peso* con carro empuje** kg	Peso* con carro eléctrico*** kg
CPV 2-8	*173070	250/1	4x12,2	1Am/M4	8	–	0,37	50	24	39	47
CPVF 2-8	*173063	250/1	4x12,2	1Am/M4	8	2	0,37/0,09	33/17	25	40	48
CPV 2-20	*303705	250/1	5x15,1	1Am/M4	20	–	0,75	50	26	41	49
CPVF 2-20	*925341	250/1	5x15,1	1Am/M4	20	5	0,75/0,18	33/17	27	42	50
CPV 5-4	*174466	500/2	4x12,2	1Am/M4	4	–	0,37	50	25	40	48
CPVF 5-4	*174442	500/2	4x12,2	1Am/M4	4	1	0,37/0,09	33/17	26	41	49
CPV 5-8	*173766	500/1	5x15,1	1Am/M4	8	–	0,75	50	26	41	49
CPVF 5-8	*173803	500/1	5x15,1	1Am/M4	8	2	0,75/0,18	33/17	27	42	50
CPV 5-20	*303712	500/1	7,1x20,5	1Am/M4	20	–	1,5	50	58	77	84
CPVF 5-20	*303729	500/1	7,1x20,5	1Am/M4	20	5	1,5/0,37	33/17	59	78	85
CPV 6-16	*365123	630/1	7,1x20,5	1Am/M4	16	–	1,5	50	58	77	84
CPVF 6-16	*948548	630/1	7,1x20,5	1Am/M4	16	4	1,5/0,37	33/17	59	78	85
CPV 10-4	*174473	1.000/2	5x15,1	1Am/M4	4	–	0,75	50	28	43	51
CPVF 10-4	*174725	1.000/2	5x15,1	1Am/M4	4	1	0,75/0,18	33/17	29	44	52
CPV 10-8	*173797	1.000/1	7,1x20,5	1Am/M4	8	–	1,5	50	58	77	84
CPVF 10-8	*173780	1.000/1	7,1x20,5	1Am/M4	8	2	1,5/0,37	33/17	59	78	85
CPV 20-4	*174480	2.000/2	7,1x20,5	1Am/M4	4	–	1,5	50	63	82	89
CPVF 20-4	*174459	2.000/2	7,1x20,5	1Am/M4	4	1	1,5/0,37	33/17	64	83	90

Figura 18. Especificaciones del polipasto eléctrico de cadena. [24]



Figura 19. Polipasto eléctrico de cadena. [24]

5.2.2.2 Trolley

Hay dos modelos de carro manual y eléctrico, y en este caso se elegirá el modelo eléctrico porque tiene un diseño compacto con una estructura robusta, Recomendado para el transporte de mercancías a largas distancias. Por lo general, se usa con los modelos YJL, CPVF, en este caso se usará el modelo VTE 2-A-18 / U. La carga nominal es de 2 toneladas, que es el diseño de máquina más cercano a la capacidad más alta para este proyecto, ver las figuras 20, 21 y 22.

La velocidad de desplazamiento del carro se selecciona para que sea de 11 m/min y la potencia del motor es de 0,18 kW. Estos carros están especialmente recomendados para cargas superiores a 1000 kg, clasificados para voltaje de operación estándar de 220V, 3 fases, 60Hz, por lo que se encuentran en la línea de carros ampliamente utilizados a nivel nacional. [25]



Modelo	Núm. EAN 4025092*	Capacidad kg	Velocidad traslación m/min	Motor kW	Ancho ala de viga b mm	Espesor máx. ala de viga mm	Radio mín. curvatura m	Peso kg
VTE 1-A-18/U*	*073547	1.000	18 o 18/4,5	0,18 o 0,18/0,06	58 - 180	19	0,9	19,5
VTE 1-B-18/U*	*073585	1.000	18 o 18/4,5	0,18 o 0,18/0,06	180 - 300	19	0,9	25,2
VTE 2-A-18/U*	*073561	2.000	18 o 18/4,5	0,18 o 0,18/0,06	58 - 180	19	1,15	26,0
VTE 2-B-18/U*	*073608	2.000	18 o 18/4,5	0,18 o 0,18/0,06	180 - 300	19	1,15	30,2
VTE 3-A-11/U	*073424	3.000	11 o 11/2,8	0,37 o 0,3/0,09	74 - 180	27	1,5	51,0
VTE 3-B-11/U	*073509	3.000	11 o 11/2,8	0,37 o 0,3/0,09	180 - 300	27	1,4	53,0
VTE 5-A-11/U	*073448	5.000	11 o 11/2,8	0,37 o 0,3/0,09	98 - 180	27	2,0	77,0
VTE 5-B-11/U	*073523	5.000	11 o 11/2,8	0,37 o 0,3/0,09	180 - 300	27	1,8	80,0

Figura 20. Especificaciones del Trolley eléctrico. [25]

Modelo	VTE 1-A-18/U	VTE 1-B-18/U	VTE 2-A-18/U	VTE 2-B-18/U	VTE 3-A-11/U	VTE 3-B-11/U	VTE 5-A-11/U	VTE 5-B-11/U
A, mm	113	113	115	115	139	139	161	161
B, mm	b + 50	b + 50	b + 54	b + 54	b + 60	b + 60	b + 70	b + 70
C, mm	49	49	47	47	57	57	60	60
D, mm	16	16	16	16	19	19	22	22
E, mm	187	187	187	187	202	202	202	202
F, mm	94	94	94	94	94	94	94	94
G, mm	43	43	43	43	51	51	58	58
H, mm	129	129	128	128	144	144	178	178
H1, mm	24	24	24	24	32	32	32	32
I, mm	77	77	98	98	133	133	149	149
L1, mm	130	130	150	150	180	180	209	209
M, mm	155	155	180	180	208	208	263	263
N una velocidad, mm	255	255	255	255	292	292	292	292
N dos velocidades, mm	263	263	263	263	296	296	296	296
O, mm	60	60	80	80	112	112	125	125
P, mm	123	123	123	123	129	129	121	121
Q, mm	145	205	153	213	160	220	182	242

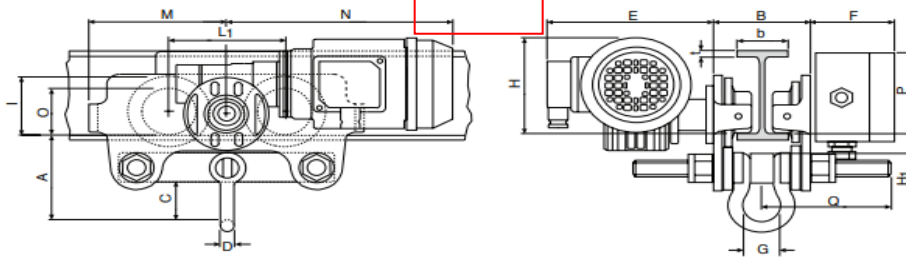


Figura 21. Medidas del modelo VTU. [25]



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
 www.unipamplona.edu.co



Figura 22. Trolley eléctrico. [25]

5.2.3 Selección de la viga principal

Se calcula la carga que actúa sobre las vigas, teniendo en cuenta la especificación #74 de CMAA, y luego procede a calcular la carga total que actúa sobre cada rueda del carro o Trolley. Sabiendo esto, se seleccionó un perfil que cumplía con todos los requisitos de diseño e identificó el material a utilizar.

5.2.3.1 Cargas que actúan sobre la viga principal

Al elegir una viga principal, se tendrá presente las cargas que ejerce el Trolley y el polipasto, así como las cargas provocadas por el peso que debe levantar el puente grúa.

- **Carga del polipasto y Trolley (TL):**

Se debe tener en cuenta el peso del polipasto eléctrico de cadena y el peso del Trolley motorizado y se sumaran (Ver Anexo A, inciso A.2.2.2).



El peso del polipasto es de 63 kg y el del Trolley 26 kg, la suma de estos pesos es de 89 kg; Para cálculos se toma la gravedad con un valor de 9,81 m/s².

Ecuación 6. *Carga del polipasto y Trolley.*

$$W = m * g$$

$$W = 89 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W = TL = 873,09 \text{ N}$$

Donde:

W: Peso.

g: Gravedad.

m: Masa.

- **Carga viva o de elevación (LL):**

La carga será de 940 kg, cuando el motor está en seco y de 1,2 toneladas aproximadamente cuando el motor se encuentre a su nivel de aceite máximo, teniendo en cuenta un factor de seguridad la carga viva será de 2 toneladas. (Ver anexo A, inciso A.2.2.2).

Ecuación 7. *Carga viva o de elevación.*

$$W = m * g$$

$$W = 2000 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W = LL = 19620 \text{ N}$$

Donde:



W: Peso.

m: Masa.

g: Gravedad.

- **Factor de carga muerta (DLF):**

Teniendo en cuenta las especificaciones del Trolley motorizado, la velocidad es de 18m/min (ver Figura 20), conociendo estos datos el DLF se obtendrá del siguiente anexo: CMAA #74 (Ver Anexo A, inciso A.2.2.5).

Ecuación 8. *Conversión de m/min a FPM.*

$$18 \text{ m/min} = \frac{1 \text{ ft}}{0,3048 \text{ m}} = 59,06 \text{ FPM}$$

$$\text{DLF}=1,1$$

- **Factor de la carga del polipasto eléctrico de cadena (HLF):**

(Ver anexo A, inciso A.2.2.6)

Ecuación 9. *Factor de carga del polipasto.*

$$\text{HLF} = 0,15 \leq 0,005 * (\text{Velocidad de elevación del polipasto (FPM)}) \leq 0,5$$

Ecuación 10. *Conversión de m/min a FPM.*

$$4 \text{ m/min} = \frac{1 \text{ ft}}{0,3048 \text{ m}} = 13,12 \text{ FPM}$$

$$\text{HLF} = 0,15 \leq 0,005 * (13,12\text{FPM}) \leq 0,5$$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
 www.unipamplona.edu.co



$$HLF = 0,15 \leq 0,065 \leq 0,5$$

$$HLF = 0,15$$

- **Fuerza de inercia del polipasto (IFD):**

(Ver anexo A, inciso A.2.2.7)

Ecuación 11. *Fuerza de inercia.*

$$IFD = 0,025 * (CARGA VIVA)$$

$$IFD = 0,025 * 19620 N = 490,5 N$$

- **Cargas puntuales aplicadas a la viga principal**

Se colocan entre las ruedas del Trolley seleccionado (VTE2-A 18/U), su distancia entre ejes es $L1 = 150 \text{ mm}$, ver figura 21.

- La fuerza que ejerce la rueda del polipasto sobre las aletas del perfil de la viga principal

Se tendrá en cuenta los factores calculados anterior mente de las ecuaciones 6, 7, 8, 9,10 y 11.

Ecuación 12. *Carga total ejercida.*

$$P = TL * (DLF) + LL * (1 + HLF) + IFD$$

$$P = 873,09 N * (1,1) + 19620 N * (1 + 0,15) + 490,5 N$$

$$P = 23,845 KN$$

Dónde:

P: Carga total ejercida.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



LL: Carga viva o de elevación.

TL: Carga del polipasto y Trolley.

DLF: Factor de la carga muerta.

IFD: Fuerza de inercia del polipasto.

HLF: Factor de carga del polipasto.

Por tanto, la carga total será dividida entre las cuatro ruedas del Trolley.

Ecuación 13. *Carga por rueda.*

$$Pr = \frac{P}{4}$$

$$Pr = \frac{23,845 \text{ KN}}{4} = 5,961 \text{ KN}$$

Donde:

Pr: Carga por rueda.

P: Carga total ejercida.

5.2.3.2 Selección del perfil para la viga principal y material a utilizar.

Para la selección del perfil es necesario determinar la tensión de flexión admisible, de fluencia σ_y del acero y un factor de diseño para el cálculo. Además, debe cumplir con la condición de $\sigma_m \leq \sigma_{perm}$ para corroborar el diseño de la viga sea el más apropiado. [26]

Esta elección del material se toma en cuenta la información del inciso 4.2, donde se consulta



algunas de sus características principales de los aceros estructurales. El criterio que se utilizó para su selección fue contenido de carbono, fluencia a tensión y costo – comercialización.

- De acuerdo a los dos primeros parámetros, al tener el acero una proporción más de carbono, la resistencia y límite de fluencia o elástico aumentan, siendo el acero A-36 el que más ventaja tiene por tener más porcentaje de carbono, pero un menor límite elástico.
- En términos de costo y comercialización, los aceros A-572 y A-242 son mucho más caros porque contienen aleaciones que brindan mayor límite elástico y resistencia a la corrosión.

Por lo cual el acero A-36 cumple con los tres parámetros de criterio de selección y será utilizado.

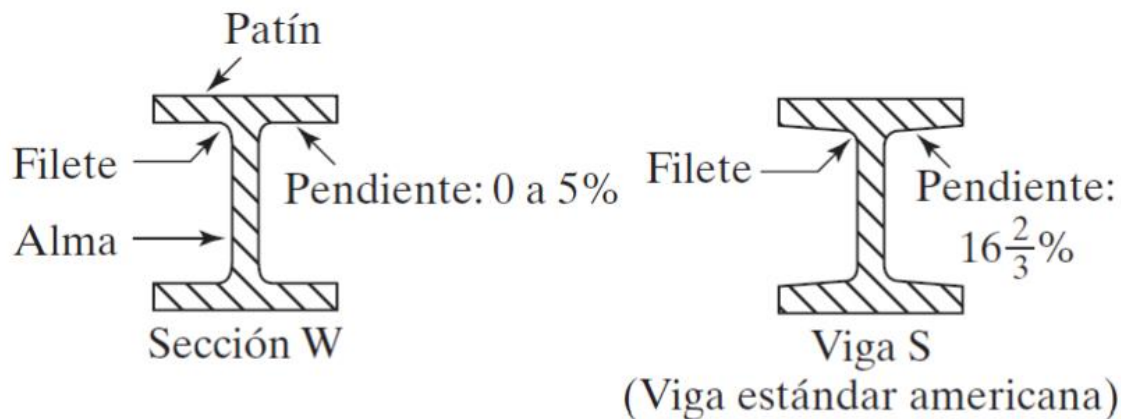


Figura 23. Perfil. [26]



Materiales dúctiles

1. $N = 1.25$ a 2.0 . El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2. $N = 2.0$ a 2.5 . Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño. Es la que se suele emplear en la solución de los problemas de este libro.
3. $N = 2.5$ a 4.0 . Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4. $N = 4.0$ o más. Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

Figura 24. *Materiales dúctiles.* [26]

Se elige un valor de $N=1,5$ diseño de estructuras bajo cargas estáticas. (Ver figura 24)

Ecuación 14. *Carga en la viga.*

$$\sigma_{perm} = \sigma_y / N$$

$$\sigma_{perm} = 250 \text{ MPA} / 1,5$$

$$\sigma_{perm} = 166,66 \text{ MPA}$$

Conociendo la carga que soportará la viga, se determina el esfuerzo cortante y el momento flector, la viga está de ambos lados empotrada. (ver figura 25).

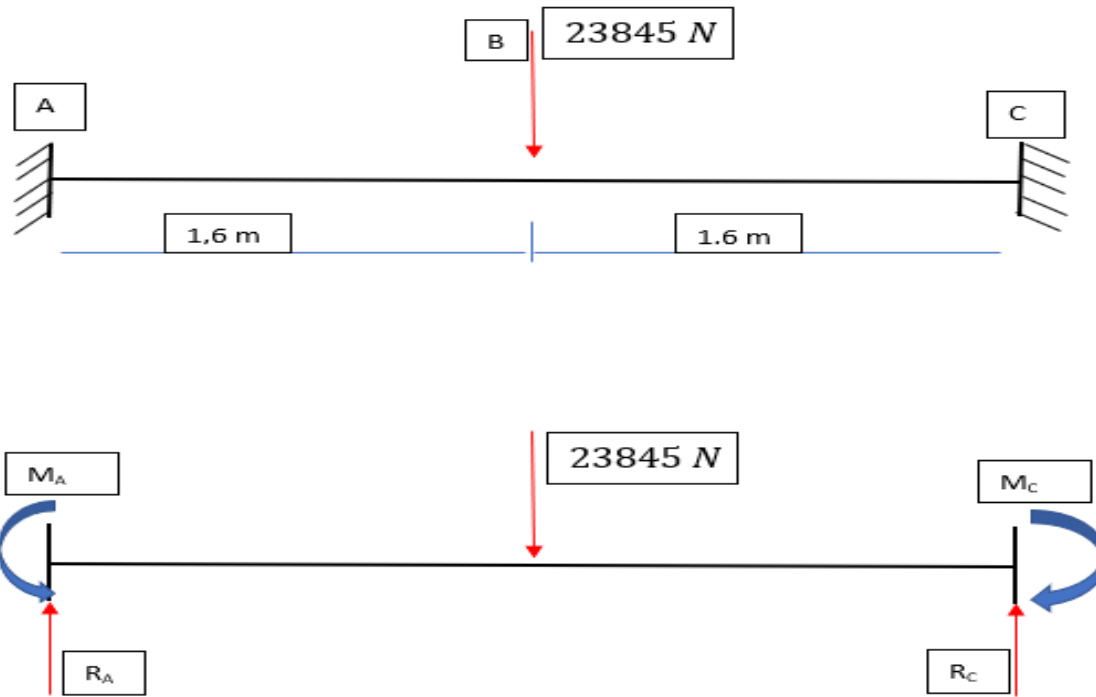


Figura 25. Representación de los soportes o apoyos de la viga principal. Fuente: Autor

Ecuación 15. Reacción de R_C .

$$R_C = \frac{P * a^2}{L^3} * (a + 3b)$$

$$R_C = \frac{23,845 \text{ KN} * (1,6 \text{ m})^2}{(3,20 \text{ m})^3} * (1,6 \text{ m} + 3(1,6 \text{ m}))$$

$$R_C = 11922,5 \text{ N}$$



Ecuación 16. *Momento en M_C .*

$$M_C = - \frac{P * a^2 * b}{L^2}$$

$$M_C = - \frac{23,845 \text{ KN} * (1,6 \text{ m})^2 * (1,6 \text{ m})}{(3,20 \text{ m})^2}$$

$$M_C = -9538 \text{ Nm}$$

Cálculo de R_A y M_A

Ecuación 17. *Cálculo de la reacción en R_A .*

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_A + R_C - 23845 \text{ N} = 0$$

Despejando R_A tenemos que:

$$R_A = -R_C + 23845 \text{ N}$$

Reemplazamos R_C de la ecuación (15) y obtenemos R_A .

$$R_A = -11922,5 \text{ N} + 23845 \text{ N}$$

$$R_A = 11922.5 \text{ N}$$

Ecuación 18. *Cálculo del momento en M_A .*

$$\sum M_C = 0$$



$$23845 \text{ N} * (1.6 \text{ m}) - 11922.5 \text{ N} * (3.20 \text{ m}) + M_A - 9538 \text{ Nm} = 0$$

Despejando M_A obtenemos:

$$M_A = -23845 \text{ N} * (1.6 \text{ m}) + 11922.5 \text{ N} * (3.20 \text{ m}) + 9538 \text{ Nm}$$

$$M_A = 9538 \text{ Nm}$$

Calculando las reacciones se realiza el análisis a la viga principal se determina la fuerza cortante y el momento de flexión, teniendo en consideración la fuerza y el momento que actúan por el método de secciones (ver figura 26).

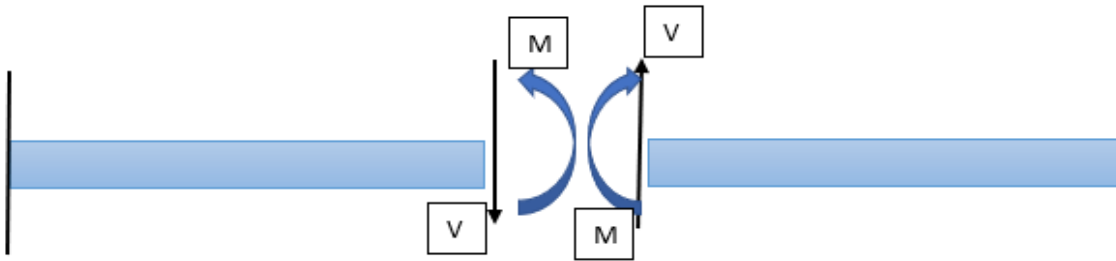


Figura 26. Análisis de la sección transversal de la viga por el método de las secciones. Fuente:

Autor

- Análisis de ambas secciones transversales de la viga principal
- **Sección AB:** Este análisis se toma el corte o segmento izquierdo como se aprecia en la figura 27.

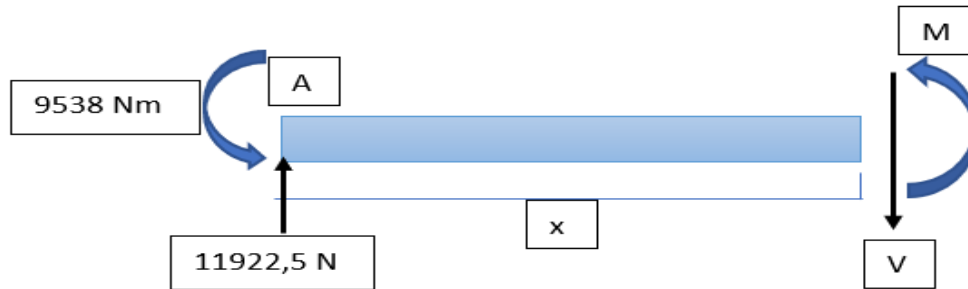


Figura 27. Análisis de la sección transversal AB. Fuente: Autor

$$\sum F_Y = 0$$

$$11922.5 \text{ N} - V = 0$$

$$V = 11922.5 \text{ N}$$

$$\sum M_{CORTE} = 0$$

$$M - 11922.5 \text{ N} * (X) + 9538 \text{ Nm} = 0$$

$$M = 11922.5 \text{ N} * (X) - 9538 \text{ Nm}$$

- **Sección BC:** Este análisis se toma el corte o segmento izquierdo como se aprecia en la figura 28.

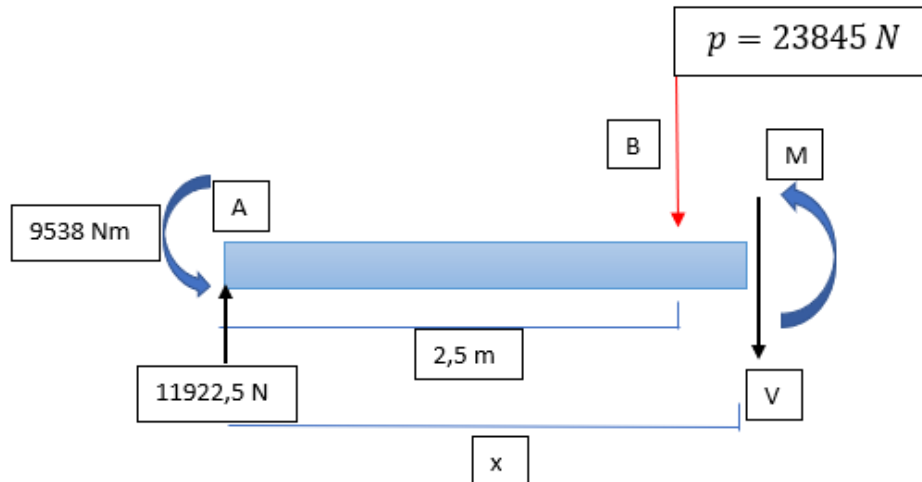


Figura 28. Análisis de la sección transversal BC. Fuente: Autor

$$\sum F_Y = 0$$

$$11922.5 \text{ N} - 23845 \text{ N} - V = 0$$

$$V = -11922.5 \text{ N}$$

$$\sum M_{CORTE} = 0$$

$$M + 23845 \text{ N} * (X - 2.5 \text{ m}) - 11922.5 \text{ N} * (X) + 9538 \text{ Nm} = 0$$

$$M = 11922.5 \text{ N} * (X) - 23845 \text{ N} * (X - 2.5 \text{ m}) - 9538 \text{ Nm}$$

Para encontrar las gráficas de fuerza cortante y momento flector, se incluyen los valores encontrados previamente en las ecuaciones de cada parte y el grafico resultante se muestra en la Figura 29.

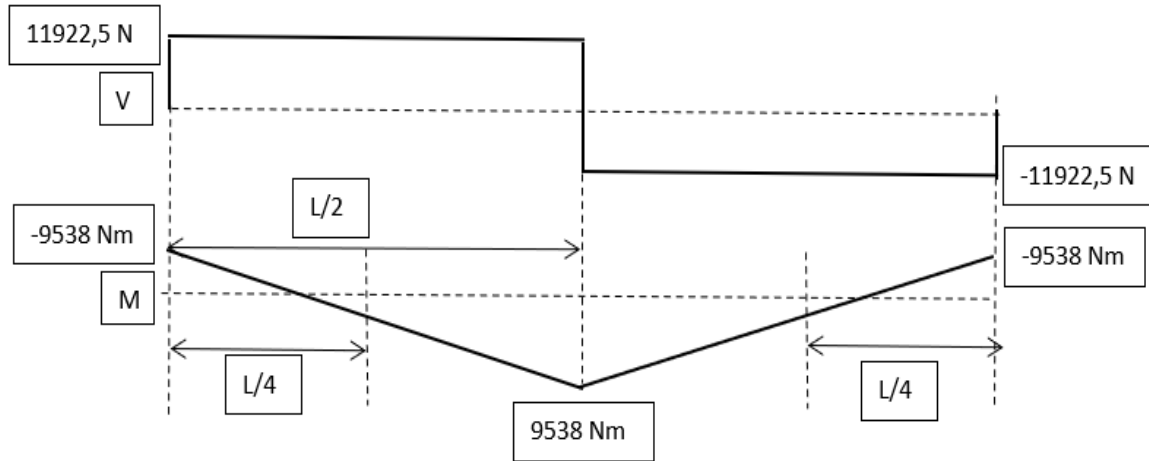


Figura 29. Fuerza cortante y momento flector de la viga principal. Fuente: Autor

De acuerdo con el gráfico de la Figura 32, se conocerá el momento máximo en el que se determina el módulo de sección para una correcta selección del perfil de la viga principal.

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{perm}$$

Tomando como referencia que:

$$\sigma_{max} = \sigma_{perm}$$

Se tiene que:

$$\sigma_{max} = \sigma_{perm} = \frac{M_{max}}{S}$$

Despejando el módulo elástico de sección se obtiene:

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{perm}}$$



$$S = \frac{9538 \text{ Nm}}{166,66 \times 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$S = 5,72 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Se transforman los metros cúbicos a centímetros cúbicos teniendo que módulo elástico de sección es:

$$S = 5,72 \times 10^{-5} \text{ m}^3 * \left(\frac{100 \text{ Cm}^3}{1 \text{ m}^3} \right)$$

$$S = 57,2 \text{ Cm}^3$$

Donde:

$M_{\max}$: Momento flector máximo.

σ_{perm} : Esfuerzo permisible.

S : Modulo elástico de sección.

$\sigma_{\max}$: Esfuerzo máximo.

Mediante el módulo elástico de sección calculado se elige el perfil tipo IPN 140 el cual cuenta con un módulo elástico de sección de 81,80 cm³ (ver anexo B).

5.2.4 Criterio de diseño

Es importante sugerir otro tipo de criterio para tener más certeza de que el perfil obtenido en el inciso 5.2.3.2 es el adecuado para dar la mejor solución al proyecto.



- **Flexión local de las aletas debido a cargas de las ruedas del Trolley**

Según CMAA No 74, debido a que las alas inferiores de las vigas están en contacto continuo, forman una curva lateral y longitudinal, ocupando tres puntos críticos sobre las alas de las vigas principales (ver Anexo A, parte A. 4), donde los valores se observan en la figura 30 y la tabla 10. [26]

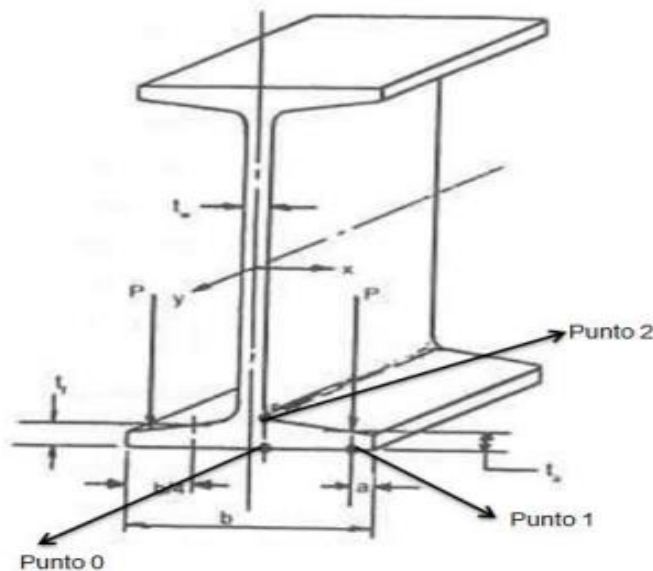


Figura 30. Los tres puntos más críticos sobre la aleta de la viga principal. [26]

Tabla 10

Datos importantes para el cálculo de los esfuerzos. Fuente: Autor

DATOS	SISTEMA INTERNACIONAL	SISTEMA INGLES
-------	-----------------------	----------------



Carga (p)	940 kg	2072,34 lb
A	16,5 mm	0,649 in
Bf	66 mm	2,598 in
Tw	5,7 mm	0,224 in
Tf	8,6 mm	0,338 in

$$\lambda = \frac{2a}{bf - t_w}$$

$$\lambda = \frac{2 * (0,649 \text{ in})}{2,598 \text{ in} - 0,224 \text{ in}}$$

$$\lambda = 0,546$$

$$t_a = t_f - \left[\frac{bf}{24} \right] + \left[\frac{a}{6} \right]$$

$$t_a = 0,338 \text{ in} - \left[\frac{2,598 \text{ in}}{24} \right] + \left[\frac{0,649 \text{ in}}{6} \right]$$

$$t_a = 0,337 \text{ in}$$

- Esfuerzos aplicados en el punto 0**

$$c_{x0} = -1,096 + 1,095\lambda + 0,192e^{-6\lambda}$$

$$c_{x0} = -1,096 + 1,095 * (0,546) + 0,192e^{-6*(0,546)}$$

$$c_{x0} = -0,49$$



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
 www.unipamplona.edu.co



$$c_{y0} = -0,981 - 1,479\lambda + 1,120e^{-1,322\lambda}$$

$$c_{y0} = -0,981 - 1,479 * (0,546) + 1,120e^{-1,322*(0,546)}$$

$$c_{y0} = -1,24$$

$$\sigma_{x0} = c_{x0} * \left(\frac{p}{t_a^2} \right)$$

$$\sigma_{x0} = -0,49 * \left(\frac{2072,34 \text{ lb}}{(0,337 \text{ in})^2} \right)$$

$$\sigma_{x0} = -8941,23 \text{ lb/in}^2$$

- Conversión de lb/in^2 a pascales

$$\sigma_{x0} = -8941,23 \text{ lb/in}^2 * \left(\frac{1 \text{ Mpa}}{145 \text{ lb/in}^2} \right)$$

$$\sigma_{x0} = -61,7 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{y0} = c_{y0} * \left(\frac{p}{t_a^2} \right)$$

$$\sigma_{y0} = -1,24 * \left(\frac{2072,34 \text{ lb}}{(0,337 \text{ in})^2} \right)$$

$$\sigma_{y0} = -22626,78 \text{ lb/in}^2$$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



- Conversión de lb/in^2 a pascales

$$\sigma_{y0} = -22626,78 \text{ lb/in}^2 * \left(\frac{1 \text{ Mpa}}{145 \text{ lb/in}^2} \right)$$

$$\sigma_{y0} = -156 \text{ Mpa}$$

- Esfuerzos aplicados en el punto 1

$$c_{x1} = -3,963 + 4,835\lambda - 3,95e^{-2,675\lambda}$$

$$c_{x1} = -3,963 + 4,835 * (0,546) - 3,95e^{-2,675*(0,546)}$$

$$c_{x1} = -2,23$$

$$c_{y1} = 1,810 - 1,150\lambda + 1,060e^{-7,70\lambda}$$

$$c_{y1} = 1,810 - 1,150 * (0,546) + 1,060e^{-7,70*(0,546)}$$

$$c_{y1} = 1,19$$

$$\sigma_{x1} = c_{x1} * \left(\frac{p}{t_a^2} \right)$$

$$\sigma_{x1} = -2,23 * \left(\frac{2072,34 \text{ lb}}{(0,337 \text{ in})^2} \right)$$

$$\sigma_{x1} = -40691,72 \text{ lb/in}^2$$

- Conversión de lb/in^2 a pascales



$$\sigma_{x1} = -40691,72 \text{ lb/in}^2 * \left(\frac{1 \text{ Mpa}}{145 \text{ lb/in}^2} \right)$$

$$\sigma_{x1} = -280,6 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{y1} = c_{y1} * \left(\frac{p}{t_a^2} \right)$$

$$\sigma_{y1} = 1,19 * \left(\frac{2072,34 \text{ lb}}{(0,337 \text{ in})^2} \right)$$

$$\sigma_{y1} = 21714,41 \text{ lb/in}^2$$

- Conversión de lb/in^2 a pascales

$$\sigma_{y1} = 21714,41 \text{ lb/in}^2 * \left(\frac{1 \text{ Mpa}}{145 \text{ lb/in}^2} \right)$$

$$\sigma_{y1} = 149,75 \text{ Mpa}$$

- **Esfuerzos aplicados en el punto 2**

$$\sigma_{x2} = -\sigma_{x0}$$

$$\sigma_{x2} = 61,7 \text{ Mpa}$$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
 www.unipamplona.edu.co



$$\sigma_{y2} = -\sigma_{y0}$$

$$\sigma_{y2} = 156 \text{ Mpa}$$

- **Esfuerzo cortante máximo**

$$\tau_{max} = \frac{V_{max}}{A}$$

$$\tau_{max} = \frac{11922,5 \text{ N}}{1,820 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$\tau_{max} = 6,55 \text{ MPa}$$

- **Esfuerzos combinados para los puntos 0, 1 y 2**

Se calcula el esfuerzo de Von Mises, y los esfuerzos combinados σ_t no podrá sobre pasar σ_{perm} calculado anteriormente.

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x * \sigma_y + 3(\tau_{xy})^2}$$

$$\sigma_{t0} = \sqrt{(-61,7 \text{ Mpa})^2 + (-156 \text{ Mpa})^2 - (-61,7 \text{ Mpa}) * (-156 \text{ Mpa}) + 3(6,55 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma_{t0} = 135 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t1}$$

$$= \sqrt{(-280,6 \text{ Mpa})^2 + (149,75 \text{ Mpa})^2 - (-280,6 \text{ Mpa}) * (149,75 \text{ Mpa}) + 3(6,55 \text{ MPa})^2}$$



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



$$\sigma_{t1} = 378 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t2} = \sqrt{(61,7 \text{ MPa})^2 + (156 \text{ MPa})^2 - (61,7 \text{ MPa}) * (156 \text{ MPa}) + 3(6,55 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma_{t2} = 136 \text{ MPa}$$

Se observa el esfuerzo σ_{t1} que sobrepasa el valor de σ_{perm} por lo tanto el perfil IPN140 no soportara el esfuerzo generado por la carga en el punto 1, se realiza una revisión a los perfiles estructurales con el objetivo que no sobre pase σ_{perm} , como se observar en la figura 31 donde se elige el perfil IPN200.

	Perfil IPN180				Perfil INP200				Perfil IPN220			
P	930,17	Kg	2050,67	Lb	930,17	Kg	2050,67	Lb	930,17	Kg	2050,67	Lb
a	31,5	mm	1,24	in	31,5	mm	1,24	in	31,5	mm	1,24	in
b	82	mm	3,23	in	90	mm	3,54	in	98	mm	3,86	in
tw	10,4	mm	0,41	in	11,3	mm	0,44	in	12,2	mm	0,48	in
tf	7,53	mm	0,30	in	8,15	mm	0,32	in	8,77	mm	0,35	in
λ	0,880				0,801				0,734			
ta	0,369			in	0,380			in	0,391			in
V	9148			N	9148			N	9148			N
A	0,00279			m ²	0,00335			m ²	0,00396			m ²
Esfuerzos en el punto 0												
Cx0	-0,132				-0,218				-0,290			
Cy0	-1,932				-1,776				-1,643			
esfuerzo x0	-1985,06	Lb/in ²	-13,69	MPa	-3095,30	Lb/in ²	-21,35	MPa	-3880,90	Lb/in ²	-26,76	MPa
esfuerzo y0	-29160,42	Lb/in ²	-201,11	MPa	-25235,54	Lb/in ²	-174,04	MPa	-22011,04	Lb/in ²	-151,80	MPa
Esfuerzos en el punto 1												
Cx1	-0,668				-0,373				-0,143			
Cy1	0,799				0,892				0,969			
esfuerzo x1	-10080,44	Lb/in ²	-69,52	MPa	-5303,90	Lb/in ²	-36,58	MPa	-1920,91	Lb/in ²	-13,25	MPa
esfuerzo y1	12062,38	Lb/in ²	83,19	MPa	12667,79	Lb/in ²	87,36	MPa	12988,04	Lb/in ²	89,57	MPa
Esfuerzos en el punto 2												
esfuerzo x2	1985,06	Lb/in ²	13,69	MPa	3095,30	Lb/in ²	21,35	MPa	3880,90	Lb/in ²	26,76	MPa
esfuerzo y2	29160,42	Lb/in ²	201,11	MPa	25235,54	Lb/in ²	174,04	MPa	22011,04	Lb/in ²	151,80	MPa
Esfuerzo cortante máximo												
Tmax	3278853	Pa	3,278853	MPa	2730746,3	Pa	2,7307463	MPa	2310101	Pa	2,310101	MPa
Esfuerzo combinado												
esfuerzo t0	194,71			MPa	164,48			MPa	140,40			MPa
esfuerzo t1	132,55			MPa	110,40			MPa	96,96			MPa
esfuerzo t2	194,71			MPa	164,48			MPa	140,40			MPa

Figura 31. Evaluación de perfiles estructurales tipo IPN. [26]

5.2.5 Cálculo de la fuerza cortante y el momento flector

Se determino el tipo de perfil el cual soportara los esfuerzos últimos o críticos debidos a las cargas aplicadas por la carga, se ha determinado iniciando el cálculo del esfuerzo cortante y el momento flector, considerando el peso del perfil, para los cálculos se realiza los mismos pasos que el inciso 5.2.3.2.

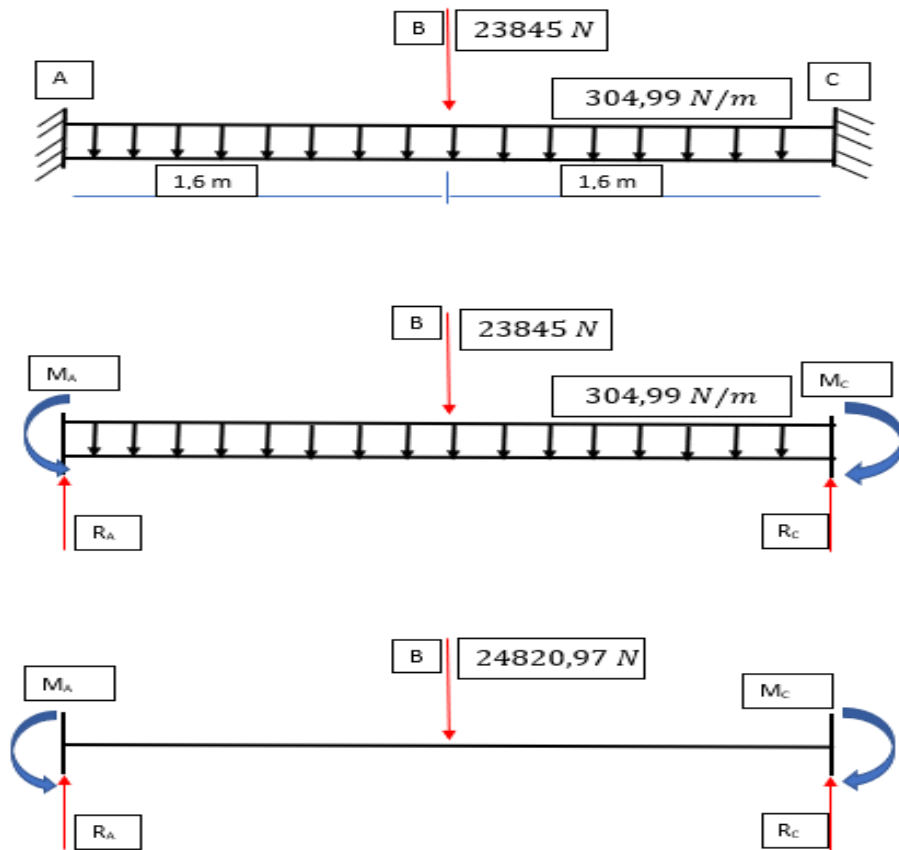


Figura 32. Representación gráfica de la viga principal teniendo en cuenta el peso. Fuente: Autor



$$MA = \frac{q * l^2}{12} + \frac{p * l}{8}$$

$$MA = \frac{304,99 \text{ N/m} * (3,2 \text{ m})^2}{12} + \frac{23845 * 5 \text{ m}}{8}$$

$$MA = 15163,38 \text{ N.m}$$

$$MC = \frac{q * l^2}{12} + \frac{p * l}{8}$$

$$MC = \frac{304,99 \text{ N/m} * (3,2 \text{ m})^2}{12} + \frac{23845 * 5 \text{ m}}{8}$$

$$MC = 15163,38 \text{ N.m}$$

Las reacciones R_A y R_C se calcularán por el método de estática de la siguiente manera:

$$\sum MA = 0$$

$$MA - MC - 24820,97 \text{ N} * (1,6 \text{ m}) + R_C * (3,2 \text{ m}) = 0$$

$$R_C = \frac{-MA + MC + 24820,97 \text{ N} * (1,6 \text{ m})}{(3,2 \text{ m})}$$

$$R_C = \frac{-15163,38 \text{ N.m} + 15163,38 \text{ N.m} + 24820,97 \text{ N} * (1,6 \text{ m})}{(3,2 \text{ m})}$$

$$R_C = 12410,48 \text{ N}$$

$$\sum FY = 0$$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
 www.unipamplona.edu.co



$$R_A + R_C - 24820,97 \text{ N} = 0$$

$$R_A = -R_C + 24820,97 \text{ N}$$

$$R_A = -12410,48 \text{ N} + 24820,97 \text{ N}$$

$$R_A = 12410,48 \text{ N}$$

Teniendo en cuenta las reacciones se calcula la viga principal para determinar el esfuerzo cortante y el momento flector teniendo en cuenta el esfuerzo y momento actuantes por el método de la sección. [23]

- **Sección AB:** Este análisis será necesario tomar el corte o segmento izquierdo como se aprecia en la figura 33.

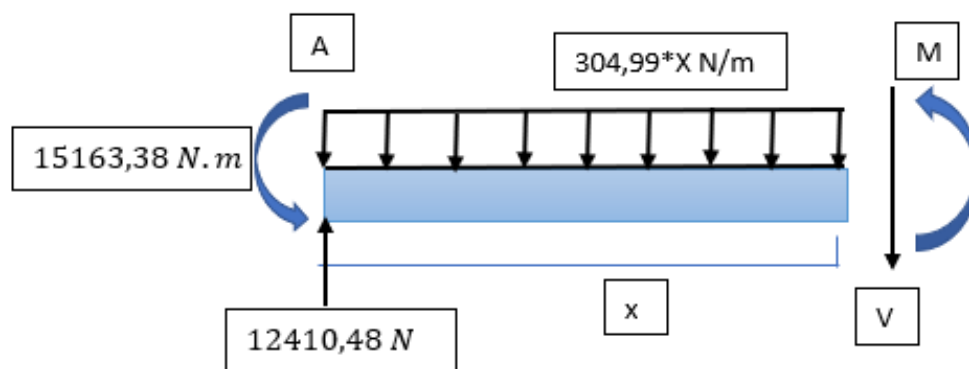


Figura 33. Análisis de la sección AB teniendo en cuenta el peso del perfil. Fuente: Autor



$$\sum F_Y = 0$$

$$12410,48 \text{ N} - 304,99 * X - V = 0$$

$$V = -12410,48 \text{ N} + 304,99 * X$$

$$\sum M_{CORTE} = 0$$

$$M + 15163,38 \text{ N.m} - 12410,48 * X \text{ N} + 304,99 * X * \left(\frac{X}{2}\right) = 0$$

$$M = -15163,38 \text{ N.m} + 12410,48 * X \text{ N} - 304,99 * X * \left(\frac{X}{2}\right)$$

- **Sección BC:** Este análisis será necesario tomar el corte o segmento izquierdo como se aprecia en la figura 34.

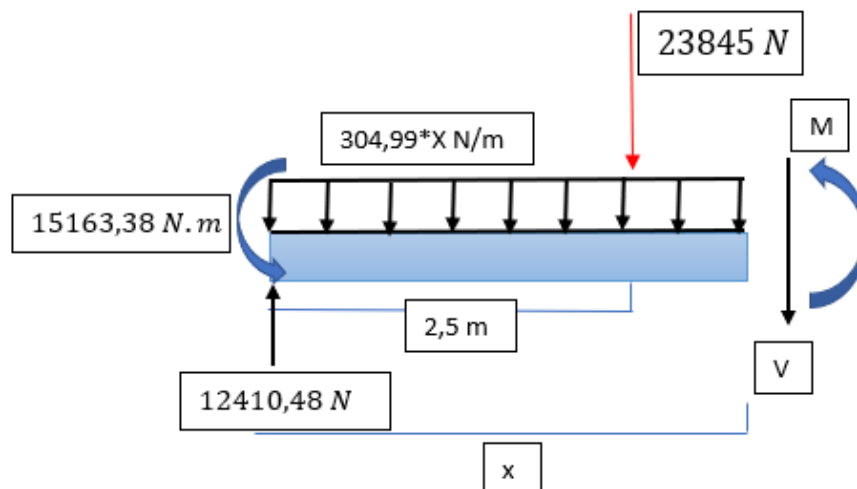


Figura 34. Análisis de la sección BC teniendo en cuenta el peso del perfil. Fuente: Autor.



$$\sum F_Y = 0$$

$$12410,48 \text{ N} - 304,99 * X - 23845 \text{ N} - V = 0$$

$$V = -12410,48 \text{ N} + 23845 \text{ N} + 304,99 * X$$

$$V = 11434,52 \text{ N} + 304,99 * X$$

$$\sum M_{CORTE} = 0$$

$$15163,38 \text{ N.m} - 12410,48 \text{ N} * X + 304,99 X \text{ N} * \left(\frac{X}{2}\right) + 23845 \text{ N} * (X - 1,6 \text{ m}) + M = 0$$

$$M = -15163,38 \text{ N.m} + 12410,48 \text{ N} * X - 304,99 X \text{ N} * \left(\frac{X}{2}\right) - 23845 \text{ N} * (X - 1,6 \text{ m})$$

Para determinar las gráficas de fuerza cortante y momento flector, se incluyen los valores encontrados anteriormente en la ecuación de cada parte y la gráfica resultante se muestra en la figura 35.

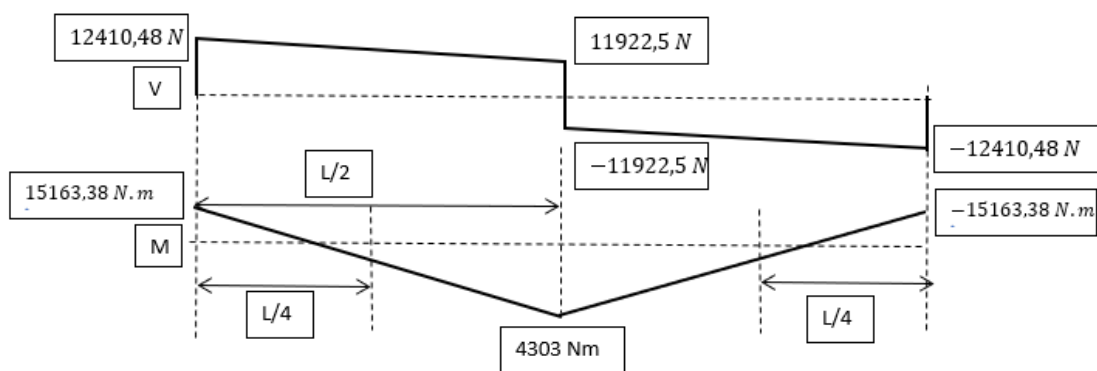


Figura 35. La fuerza cortante y el momento flector. Fuente: Autor



Por medio de la figura 35 se podrá conocer el momento máximo, con este se comprueba que el $\sigma_{max} \leq \sigma_{perm}$.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{S}$$

$$\sigma_{max} = \frac{15163,38 \text{ Nm}}{162 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\sigma_{max} = 93,6 \text{ MPa}$$

Se tiene que:

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{perm}$$

$$93,6 \text{ MPa} \leq 166,66 \text{ MPa}$$

Este criterio confirma que el perfil seleccionado cumple con los parámetros de diseño.

5.2.6 Resistencia a la fatiga

Esta es la cantidad de tensión que un material puede soportar durante varios ciclos de carga y se tienen en cuenta varios factores, como el tamaño, la carga, la temperatura y más, ya que no se dispone de pruebas de resistencia reales. Sin embargo, es muy importante conocer el material y determinar su resistencia a la tracción (S_u) y el proceso de fabricación utilizado para fabricar la pieza, que implica el uso de diferentes elementos.

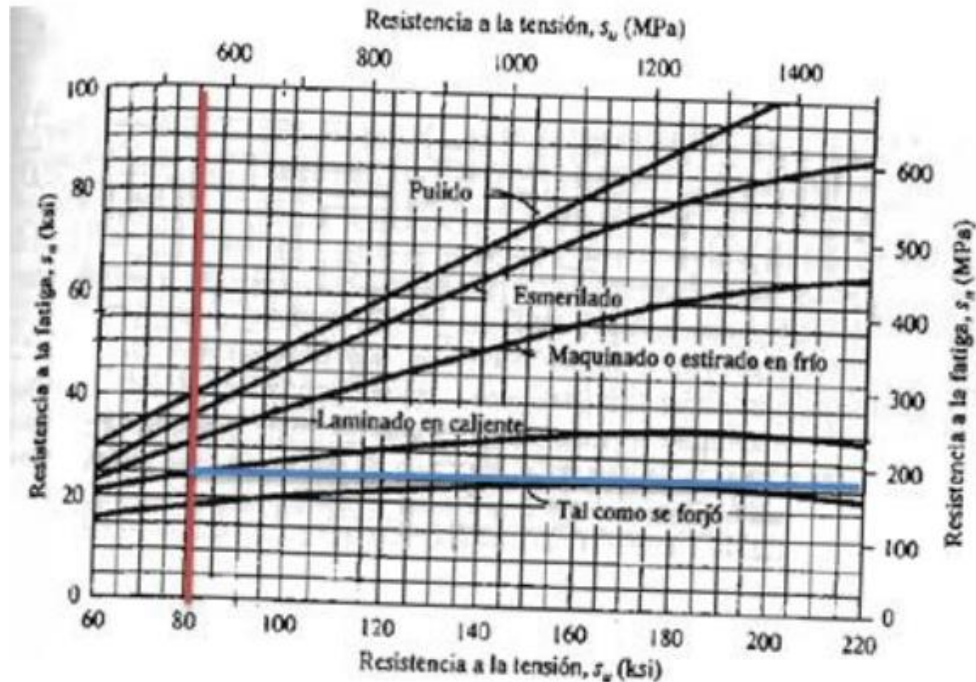


Figura 36. La resistencia a la fatiga en función de la resistencia de tensión. [26]

Teniendo en cuenta el acero laminado en caliente con una resistencia a la fatiga aproximada a 180 MPa y resistencia a la tensión a 400 MPa.

$$S_n = 170 \text{ MPa}$$

5.2.6.1 Factor del material

Por regla general las aleaciones metálicas pueden ser forjadas, fundidas o fresadas [25], el elemento material debe conocer el tipo de proceso a realizar con un determinado material y para este proyecto es acero fundido $C_m=0.80$. Estos factores se muestran en la Figura 37.



Aplique un factor de material C_m de la siguiente lista.

Acero forjado:	$C_m = 1.00$	Hierro colado maleable:	$C_m = 0.80$
Acero colado:	$C_m = 0.80$	Hierro colado gris:	$C_m = 0.70$
Acero pulverizado:	$C_m = 0.76$	Hierro colado dúctil:	$C_m = 0.66$

Figura 37. Factores del material. [26]

5.2.6.2 Factor tipo esfuerzo

Es importante saber si la pieza bajo prueba está sujeta a cargas de flexión o axiales [27]. En este caso, el sistema está sometido a un esfuerzo de flexión, tenemos un esfuerzo $C_{st} = 1.0$. ver figura 38.

Aplique un factor de tipo de esfuerzo: $C_{st} = 1.0$ para el esfuerzo flexionante, $C_{st} = 0.80$ para la tensión axial.

Figura 38. Factores de esfuerzos. [27]

5.2.6.3 Factor de confiabilidad

El diseño debe utilizar tasas de confianza altas, que pueden ser del 99% o del 99,99%, y los coeficientes correspondientes a estos niveles de confianza se muestran en la Figura 39.



Factores de confiabilidad aproximados C_R	
Confiabilidad deseada C_R	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Figura 39. Los factores de confiabilidad aproximados. [27]

Por lo tanto, el $C_R=0,75$

5.2.6.4 Factor de tamaño

El factor de tamaño se calcula de acuerdo a la sección a evaluar, que en este caso es un rectángulo, el área (A_{95}) calculada como el área fuera del 95% del área total y el área con mayor probabilidad de fatiga. A continuación, se puede apreciar en la Figura 40.

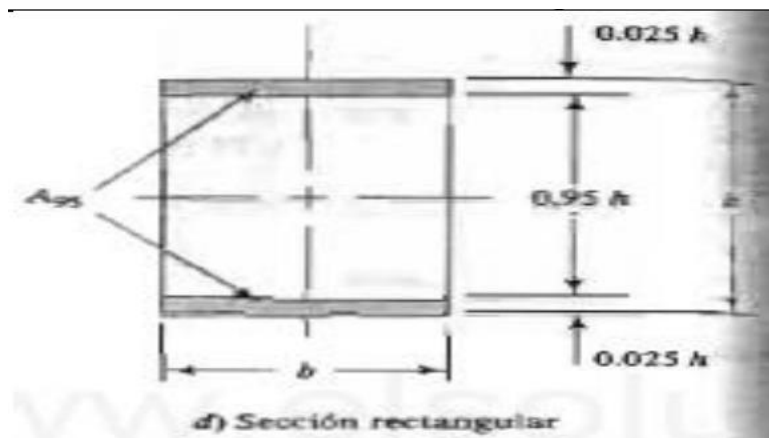


Figura 40. Factor de tamaño de la sección rectangular. [27]



Para ello será necesario calcular el diámetro equivalente que se obtiene con la siguiente ecuación:

$$D_e = 0,808 * \sqrt{(h * b)}$$

$$h = 0,025h$$

Donde:

b: Ancho.

D_e: Diámetro equivalente.

h: Fibras externas del largo.

El perfil seleccionado en este proyecto IPN220 ancho b= 98mm y alto h=220mm.

$$h = 0,025 * 220mm$$

$$h = 5,5mm$$

$$D_e = 0,808 * \sqrt{(5,5 mm * 98mm)}$$

$$D_e = 18,75 mm$$

Se debe conocer el factor de tamaño, en este caso se tomará en cuenta la figura 41 y el diámetro equivalente.



TABLA 5-2 Factores de tamaño

Unidades del Sistema Estadounidense Tradicional	
Rango de tamaño	Para D en pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_S = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_S = (D/0.3)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_S = 0.859-0.02125D$
Unidades SI	
Rango de tamaño	Para D en mm
$D \leq 7.62$	$C_S = 1.0$
$7.62 < D \leq 50$	$C_S = (D/7.62)^{-0.11}$
$50 < D < 250$	$C_S = 0.859-0.000837D$

Figura 41. Factor del tamaño. [27]

Entonces:

$$C_S = \left(\frac{D_e}{7.62} \right)^{-0.11}$$

$$C_S = \left(\frac{18.75 \text{ mm}}{7.62} \right)^{-0.11}$$

$$C_S = 0.91$$

Conociendo estos factores se obtiene un valor de resistencia a la fatiga estimada (S'_n) por medio de la siguiente ecuación:

$$S'_n = S_n * C_m * C_{St} * C_R * C_S$$

$$S'_n = 170 \text{ MPa} * 0.80 * 1.0 * 0.75 * 0.91$$

$$S'_n = 92.82 \text{ Mpa}$$



Donde:

S_n : Resistencia a la fatiga modificada.

S'_n : Resistencia a la fatiga real.

C_{st} : Factor tipo de esfuerzo.

C_R : Factor de confiabilidad.

C_s : Factor de tamaño.

C_m : Factor de material.

Se determinará que el factor de seguridad de la viga sea el adecuado considerando la fatiga a la que puede estar sometido el sistema, se aplicará la ecuación de diseño establecida en el método de Goodman para la variación normal de tensiones en materiales dúctiles. Se aplicará la siguiente fórmula:

$$\frac{K_t * \sigma_a}{S'_n} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{N}$$

Donde:

K_t : Factor de concentración de esfuerzo.

σ_a : Esfuerzo alternante $(\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) / 2$.

σ_m : Esfuerzo medio $(\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) / 2$.

$\sigma_{\max}$: Esfuerzo máximo permitido hacia la carga viva (LL).

$\sigma_{\min}$: Esfuerzo máximo generado sin la carga viva (LL).



$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{15163,38 \text{ N.m} - 9538 \text{ Nm}}{\frac{0,000162 \text{ m}^3}{2}}$$

$$\sigma_a = 17362284 \text{ pa}$$

$$\sigma_a = 17,36 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_m = \frac{15163,38 \text{ N.m} + 9538 \text{ Nm}}{\frac{0,000162 \text{ m}^3}{2}}$$

$$\sigma_m = 76238827 \text{ pa}$$

$$\sigma_m = 76,24 \text{ Mpa}$$

Se despeja el factor de la seguridad N de la ecuacion de diseño:

$$N = \frac{1}{\frac{K_t * \sigma_a}{S'_n} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

$$N = \frac{1}{\frac{1 * 17,36 \text{ Mpa}}{92,82 \text{ Mpa}} + \frac{76,24 \text{ Mpa}}{500 \text{ Mpa}}}$$

$$N = 2,94$$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



5.2.7 Selección de la estructura de la máquina

La viga principal estará suspendida de una estructura de cuatro partes como se muestra en la Fig. 42. En este inciso se realizarán cálculos sobre su correcta elección y diseño.

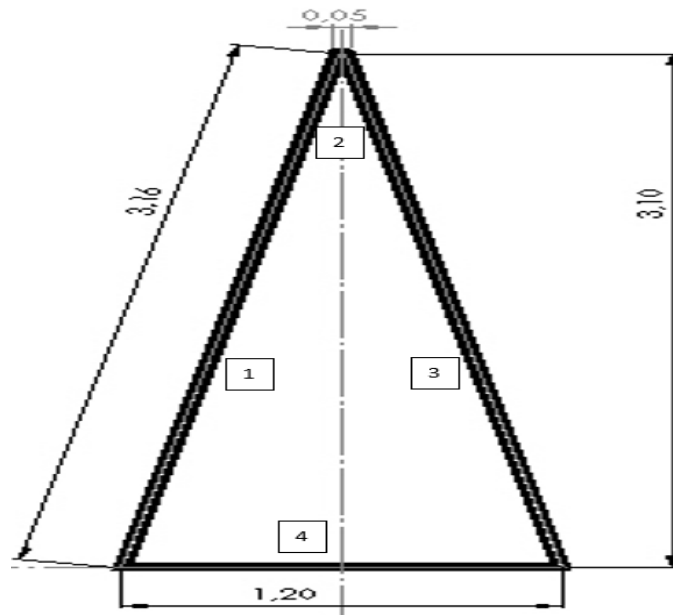


Figura 42. Piezas que conforman la estructura unidades en metros. Fuente: Autor

5.2.7.1 Selección del perfil

En este prototipo de construcción, los miembros más comunes son configuraciones de tubo hueco cuadrado o rectangular, ya que el uso de estos perfiles reduce el esfuerzo de torsión y la resistencia a la deformación, lo que simplifica la construcción, el montaje y permite conectar otros componentes por medio de soldadura.

Para encontrar el perfil más óptimo se tendrá en consideración el segundo elemento (ver figura 42), por lo que este elemento se encarga de recibir toda la carga transmitida por la viga principal, este

elemento se dispondrá en ambos lados de forma superpuesta. (ver Anexo C), con el fin de conocer las reacciones para las cuales se calcula el esfuerzo cortante máximo y el momento flector (figura 43).

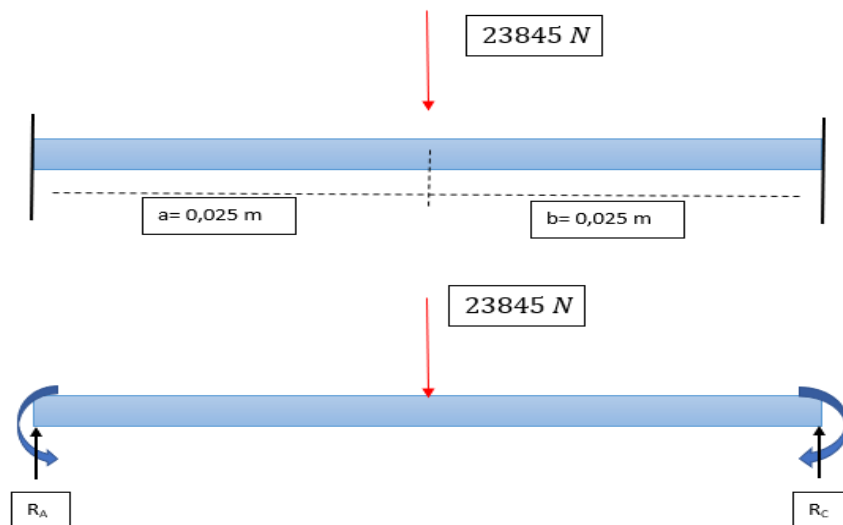


Figura 43. *Pieza dos (2) empotrada.* Fuente: Autor

$$R_C = \frac{p * a^2}{L^3} * (a + 3b)$$

$$R_C = \frac{23845 \text{ N} * (0,025 \text{ m})^2}{(0,05 \text{ m})^3} * (0,025 \text{ m} + 3(0,025 \text{ m}))$$

$$R_C = 11922,5 \text{ N}$$

$$M_C = -\frac{p * a^2 * b}{L^2}$$

$$M_C = -\frac{23845 \text{ N} * (0,025 \text{ m})^2 * (0,025 \text{ m})}{(0,05 \text{ m})^2}$$

$$M_C = -149 \text{ N.m}$$

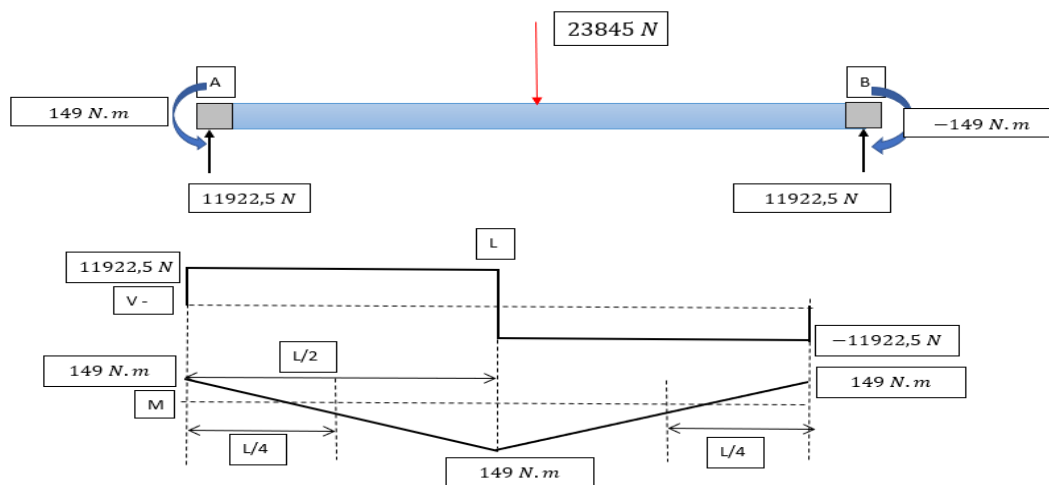


Figura 44. Ecuación sustituta de la fuerza cortante y el momento flector. Fuente: Autor

Usando la Figura 44, puede encontrar el gráfico de la fuerza cortante y el momento de flexión como se muestra en la Figura 45.

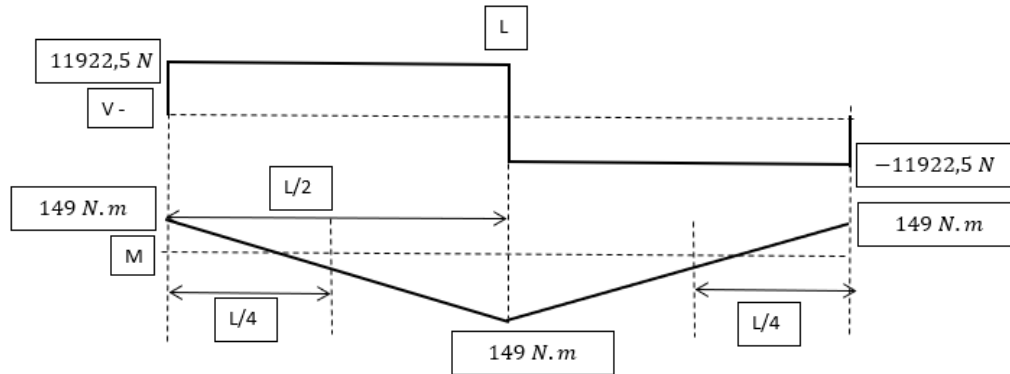


Figura 45. Momento flector y fuerza cortante de la pieza 2. Fuente: Autor

Una vez conocido el par máximo, calculamos el módulo de resistencia para la configuración más óptima (ver Apéndice D), con el valor de par más cercano y siempre superior al valor calculado, para garantizar que no supere el σ_{perm} .

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{perm}$$

Tomando el σ_{max} . Igual al σ_{perm} .

$$\sigma_{max} = \sigma_{perm} = \frac{M_{max}}{S}$$

Se despeja el módulo de sección S, de la siguiente ecuación:

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{perm}}$$



$$S = \frac{149 \text{ N.m}}{125 * 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$S = 1,192 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

Se convierte los metros cúbicos a centímetros cúbicos

$$S = 1,192 * 10^{-6} \text{ m}^3 * \left(\frac{100 \text{ cm}^3}{1 \text{ m}^3} \right)$$

$$S = 1,192 \text{ cm}^3$$

El perfil más adecuado es el número 40.2 con el factor de sección transversal de 1.192 cm³, con él se realizan los cálculos de conformidad correspondientes para los elementos 1 y 3 que se muestran en la Figura 42.

Es necesario determinar la constante K (ver la figura 46) ya que mediante esta se podrá conocer la longitud efectiva (Le), las columnas dependerán del pandeo al que estarán sometidas, se deben conocer los tipos de apoyos de las columnas.

Las líneas interrumpidas muestran la forma pandeada de la columna

	a)	b)	c)	d)	e)	f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son parecidas a las ideales	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0

Símbolos para las condiciones de extremo

	Rotación y traslación impedidos
	Rotación libre y traslación impedida
	Rotación impedida y traslación libre
	Rotación y traslación libres

Figura 46. Valores de K para la longitud efectiva. [28]

Para este caso se utilizará un valor de 1,0. Usando la siguiente ecuación:

$$L_e = K * L$$

$$L_e = 1 * 3,16 \text{ m} = 3,16 \text{ m}$$

Donde:

L : Longitud del miembro.

K : Constante dependiente de los apoyos.

L_e : Longitud efectiva.

Teniendo una longitud estimada o efectiva, se procede a la comprobación de la relación de esbeltez



la cual no debe superar o exceder el máximo permitido de la relación de esbeltez.

$$\frac{K * L}{r} \leq 200$$

$$\frac{1 * 3,16 \text{ m}}{0,0148 \text{ m}} \leq 200$$

$$213 \leq 200$$

No se cumple con la relación de esbeltez, por lo que es necesario buscar otro perfil el cual deberá cumplir con los requisitos de diseño, donde se procede a igualar la ecuación de esbeltez máxima la determinará el perfil más optimo, se toma el valor de 180 con el objetivo de no sobrepasar el límite de pandeo.

$$\frac{K * L}{r} \leq 180$$

Despejando el radio de giro (r) en la siguiente ecuación:

$$r = \frac{K * L}{180}$$

$$r = \frac{1 * 3,16 \text{ m}}{180}$$

$$r = 0,021 \text{ m}$$

Transformamos metros a centímetros.

$$r = 0,021 \text{ m} * \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)$$

$$r = 2,1 \text{ cm}$$



La configuración o perfil más óptima es #60.5.

Se determinará si la columna se considera corta o larga, para ello se debe comparar la relación de esbeltez con la constante de columna (C_c), indicando que si la relación de esbeltez es menor a la constante (C_c) entonces se considerarán columnas cortas y se resolverá mediante la fórmula de J.B. Johnson. [29]

$$P_{cr} = A * S_y * \left[1 - \frac{S_y * \left(\frac{K * L}{r} \right)^2}{4\pi^2 * E} \right]$$

Donde:

A : Área de la sección transversal.

L : Longitud del miembro.

P_{cr} : Carga crítica de pandeo.

K : Constante dependiente de los apoyos.

E : Módulo de la elasticidad.

S_y : Resistencia a la fluencia.

Si el coeficiente de elasticidad es mayor que la columna fija, se considera largo y se calcula según la fórmula de Euler. [29]

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * A}{\left(\frac{K * L}{r} \right)^2}$$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Donde:

A : Área de sección transversal.

P_{cr} : Carga crítica al pandeo.

L : Longitud del miembro.

E : Módulo de la elasticidad.

K : Constante dependiente de los apoyos.

Debemos conocer la constante de columna, de la siguiente ecuación tenemos que:

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * 2 * 10^{11} pa}{250 * 10^6 pa}}$$

$$C_c = 125,66$$

Asimismo, la relación de esbeltez se debe conocerse a partir de la siguiente ecuación:

$$relacion\ de\ esbeltez = \frac{K * L}{r_{min}}$$

$$relacion\ de\ esbeltez = \frac{1 * 3,16\ m}{0,0219\ m}$$



$$relacion\ de\ esbeltez = 144,29$$

Donde la relación de esbeltez es mayor que la constante, la columna se alargará, para conocer la carga crítica de pandeo se utiliza la ecuación de Euler y se calcula la carga.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * A}{\left(\frac{K * L}{r}\right)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 2 * 10^{11} pa * 1,10 * 10^{-3} m^2}{(144,29)^2}$$

$$P_{cr} = 104,29 * 10^3 N$$

$$P_{perm} = \frac{P_{cr}}{1,67}$$

$$P_{perm} = \frac{104,29 * 10^3 N}{1,67}$$

$$P_{perm} = 62,45 * 10^3 N$$

5.2.7.2 Cálculos de diseño de la estructura

Este análisis estructural, es necesario conocer fuerzas y momentos que lo afectan, para ello, la fuerza P se transmitirá a estos nodos 2 y 3 según las cuantificaciones que se muestran en la Figura 47. [29]

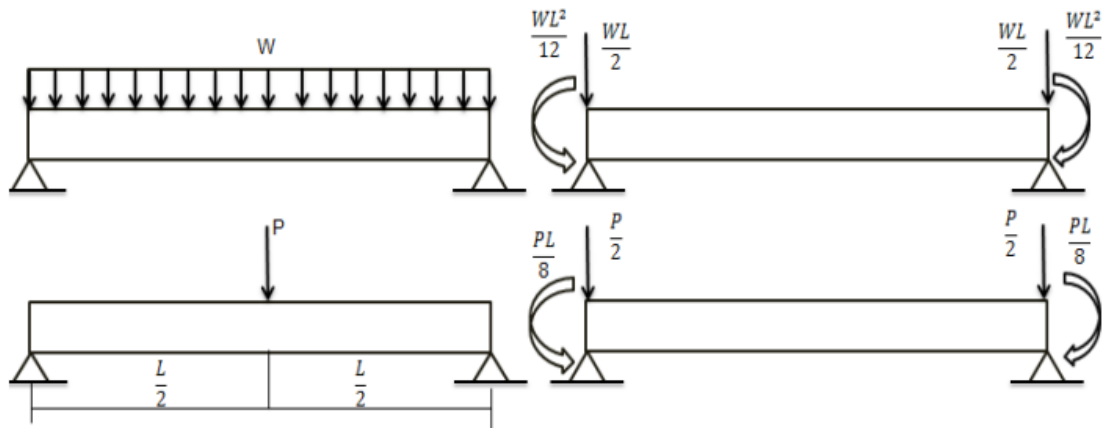


Figura 47. Traslado de las fuerzas en las vigas. [29]

Para calcular la fuerza que actúa en cada extremo del perfil, será igual a:

$$F = \frac{WL}{2} + \frac{P}{2}$$

$$F = \frac{2,5 \text{ N} \cdot \text{m} * (0,05 \text{ m})}{2} + \frac{23845 \text{ N}}{2}$$

$$F = 11922.5 \text{ N}$$

Donde:

W: Carga de distribuida.

F: Fuerza resultante de los extremos de viga.

L: Longitud de la viga.

P: Carga puntual en el centro de la viga.



Se calcula el momento causante en los extremos del perfil donde estará dado por la siguiente ecuación:

$$M = \frac{WL^2}{12} + \frac{PL}{8}$$

$$M = \frac{2,5 \text{ N.m} * (0,05 \text{ m})^2}{12} + \frac{23845 \text{ N} * (0,05 \text{ m})}{8}$$

$$M = 149 \text{ N.m}$$

Donde:

P: Carga puntual del centro de la viga.

W: Carga de distribuida.

L: Longitud de la viga.

Estos valores se pueden ver en la Figura 51.

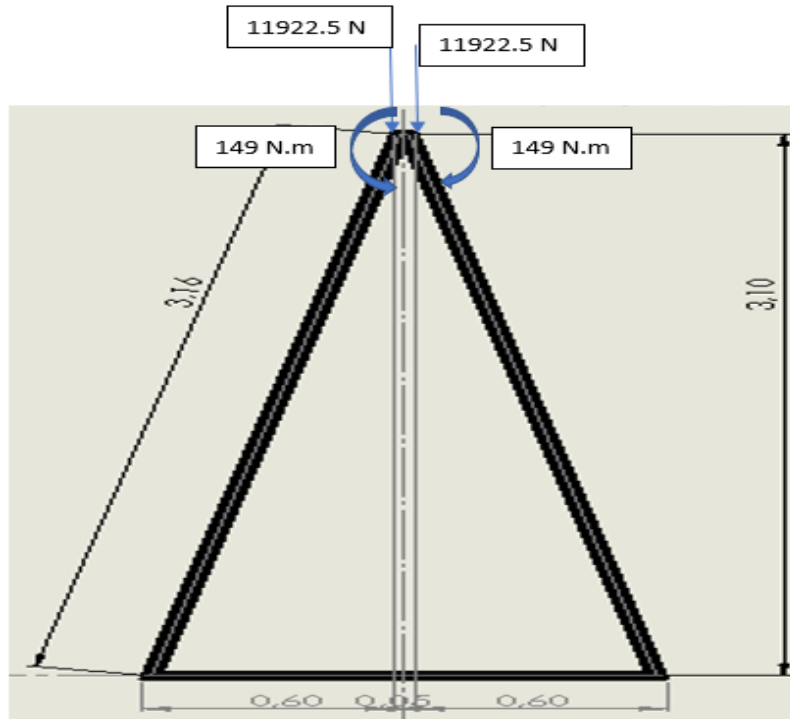


Figura 48. *Traslado de las fuerzas a cada nodo de la estructura.* Fuente: Autor

5.2.8 Selección del mecanismo de translación de la maquina

Se utilizará dos motorreductores y cuatro ruedas cada una en las esquinas inferiores de la estructura, para la selección se utiliza la marca DEMAG, este nos ofrece una serie de pasos a seguir para una correcta selección. [30]

Según catalogo Demag [30]. Para la correcta selección del motor y reductor se tienen las siguientes indicaciones en la tabla 11.

Tabla 11

Capacidad de carga. [30]



Referencia	Capacidad de Carga (ton)
DRS	2,75 – 40
LRS	< 6,5
RS	3,5 – 18
DWS	28 -60

Tomando como referencia la tabla 11 seleccionamos el bloque de rueda LRS ya que es el de menor capacidad que nos ofrece el fabricante y se encuentra dentro del peso máximo de carga de la máquina con carga.

A continuación, en la tabla 12, se muestra los dos tipos de ruedas que maneja el fabricante.

Tabla 12

Característica de los tipos de ruedas. [30]

Tipo de material	Características
Rueda con pestaña de fundición nodular (A)	Estas ruedas están diseñadas con dos pestañas en cada extremo para garantizar una alta capacidad de carga, una excelente capacidad de rodadura y amortiguación.
	Estas ruedas están hechas de goma, lo que proporciona una excelente tracción y un funcionamiento suave (sin ruido).



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Rueda con bandaje Hydropur (F)	Carga muy ligera. Las ruedas no deben cargarse durante más de dos horas por qué su capacidad de carga se reduce en un 50%.
-----------------------------------	--

Tabla 13

Tipo de ruedas DEMAG [30]

Capacidad de carga	Tamaño		
	LRS200	LRS250	LRS350
Rueda con pestaña de fundición nodular (A)	2,500 kg	3,500 kg	6,500 kg
Rueda con vendaje Hydropur (F)	1,200 kg	1,500 kg	3,000 kg

Se selecciona de la tabla 13 las ruedas LRS200 de pestaña modular cumpliendo con la condición de soportar la maquina con carga máxima del presente proyecto

Tamaño/rueda	Capacidad de carga máx.	Rueda Ø	Peso	Dimensiones [mm]				
	[t]	[mm]	[kg]	l1	d1	hA / hF	b1	b2
LRS 200 A	2.5	175	15.3	250	175	204.5	52	70



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
 www.unipamplona.edu.co



Figura 49. Especificaciones de la rueda LRS200. [30]

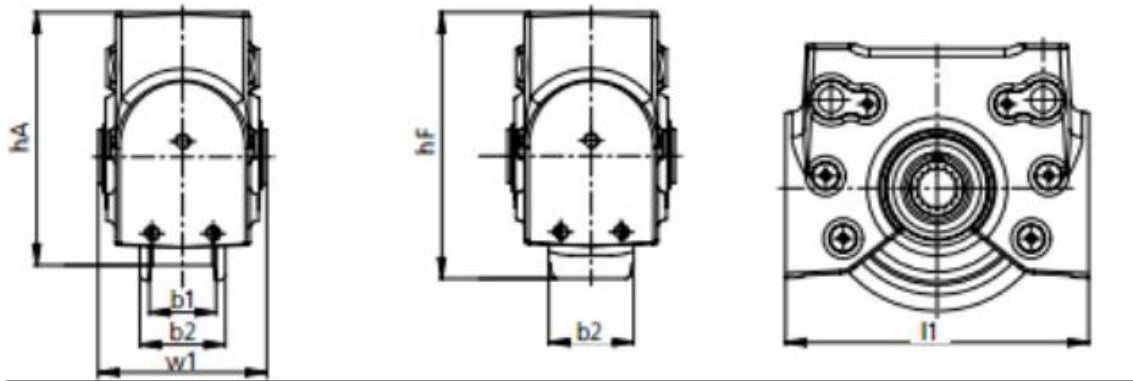


Figura 50. Especificaciones del bloque de rueda LRS200. [30]

Selección de los motorreductores

Es importante determinar la masa por accionamiento la cual nos permite calcular la velocidad de translación de la máquina, como se utilizará dos motorreductores la masa total del sistema se divide entre el número de motorreductores.

$$\text{masa por accionamiento} = \frac{\text{masa total}}{\# \text{ de accionamientos}}$$

$$\text{masa por accionamiento} = \frac{2119,2 \text{ kg}}{2}$$

$$\text{masa por accionamiento} = 1059,2 \text{ kg}$$

El fabricante nos ofrece tres opciones de velocidad de translación. Se calculará el tiempo necesario para cubrir la distancia de trabajo.



$$t = \frac{x}{v}$$

Donde:

t: Tiempo

X: Distancia de la bahía de trabajo

V: Velocidad de translación

Tomando la velocidad como 12,5 m/min el tiempo será de:

$$t = \frac{11 \text{ m}}{12,5 \text{ m/min} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 52,8 \text{ s}$$

Tomando la velocidad como 40 m/min el tiempo será de:

$$t = \frac{11 \text{ m}}{40 \text{ m/min} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 16,5 \text{ s}$$

Tomando la velocidad como 80 m/min el tiempo será de:

$$t = \frac{11 \text{ m}}{80 \text{ m/min} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}} = 8,25 \text{ s}$$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Tabla 14

Selección de la velocidad del motor. [30]

LRS200A ϕ175 mm, R_{MAX}=250 Kg			
Masa por accionamiento en Kg	Velocidad de translación V en m/ min.		
	12,5 (3,1)	40 (10)	80 (20)
.....	11	13	15
3000			
4000			
5000			
6000	12	14	
7000			

Teniendo en cuenta la masa por accionamiento y la velocidad de translación, se establece la composición de accionamiento mostrada en la tabla 14 la cual da como resultado el número 13, tomando este valor se selecciona de la siguiente tabla el motor y reductor.

Tabla 15

Selección del reductor y del motor. [30]

Composición de accionamiento	Reductor	Motor
------------------------------	----------	-------



11	UWK20 TD	ZBF 63 A 8/2
12	UWK30 TD	ZBF 71 A 8/2
13	UWK20 TD	ZBF 80 A 8/2

Para el desarrollo del proyecto se trabajará con el reductor UWK20 TD y un motor ZBF 80 A 8/2 del fabricante DEMAG

Tabla 16

Especificaciones del motorreductor. [30]

	Tamaño		Combinación de accionamiento	I	hG	w	AC	AG	Altura libre
	Reductor	Motor	A						xA
LRS200	UWK20	ZBF80	13	238	131	664	157	103	9

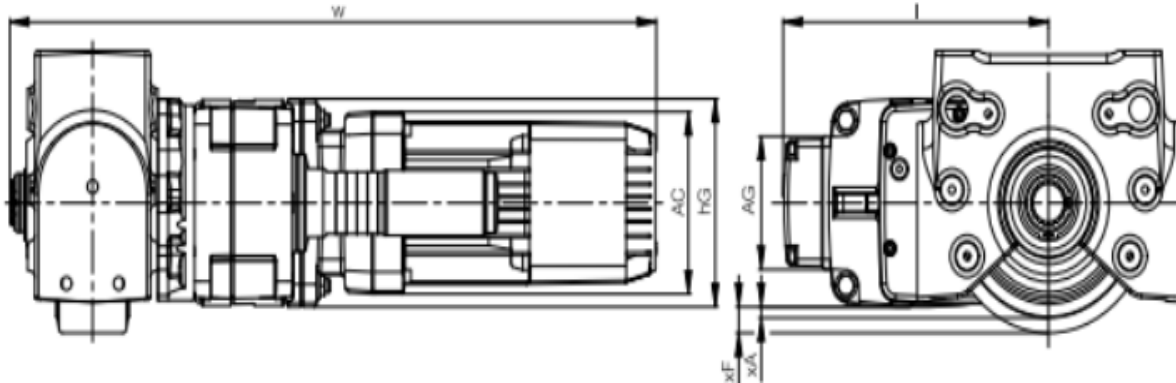


Figura 51. Representación del motorreductor LRS200. [30]

5.2.9 Unión atornillada

Las uniones atornilladas en la máquina se encuentran sometidas solamente a dos tipos de esfuerzos, tenemos el esfuerzo a tensión generada por la viga y el esfuerzo a cortante el cual se produce mediante el desplazamiento de la carga a lo largo de la viga, se realizarán los cálculos pertinentes para la elección de los pernos. [31]

5.2.9.1 Unión atornillada a tensión

Esto sucede cuando la carga se sitúa exactamente en el centro de la viga principal, que tiende a alabearse, por lo que la mayor tensión de tracción se encuentra en los dos pernos más alejados del centro.



Figura 52. Esfuerzo a tensión en pernos más lejanos. [31]

Se suman los momentos en el centro y los de la unión atornillada

$$\sum M_C = M_{Carga} + M_{Perno} = 0$$

$$\sum M_C = M_{Carga} + (-C * -F_P) = 0$$

$$\sum M_C = M_{Carga} + (74,5 \text{ mm} * -F_P) = 0$$

$$F_P = \frac{15163,38 \text{ N.m}}{0,0745 \text{ m}}$$

$$F_P = 203,53 \text{ KN}$$

Donde:

C: Distancia desde el centroide hasta el perno

$\sum M_C$: Sumatoria momentos del centroide de unión

F_P : Fuerza que soportada el perno



La fuerza soportada por el perno será dividida entre el número de pernos que son directamente afectados por la fuerza resultante, en este caso son dos pernos los cuales están directamente afectados por lo tanto se tiene una fuerza de 101,765 KN.

Para determinar el perno a utilizar se analiza un perno de 18 mm, rosca fina y su grado 8

Tabla 17

Propiedades del perno M18. [32]

Perno	M18		
Área del esfuerzo a la tensión	At	216.23	mm ²
Resistencia mínima de prueba	Sp	600	N/mm
Módulo elasticidad del material	E1	200.000	N/mm ²
Carga	P	76.093	N
Diámetro perno	D	18	mm
Longitud a unir	L	40	mm
Resistencia de tensión mínima	Sy	830	N/mm ²
Área de platina	AP	62500	mm ²
El Paso	p	1.50	mm
Módulo elasticidad perno	E2	210.000	N/mm ²

En la tabla 17 se muestran sus principales características del perno M18, las especificaciones de grado SAE, A partir de estos datos, se determina el factor de seguridad del perno y contra el alejamiento o separación para comprobar si este perno soportara todas las cargas a las que será



sometido, trabajando con el porcentaje del 75% de la precarga.

Cálculo de la precarga

$$F_i = \%pre * S_p * At$$

$$F_i = 75\% * 600 \frac{N}{mm} * 216,23 mm^2$$

$$F_i = 97303,5 N$$

Determinación total de la longitud de rosca

$$I_{rosca} = 2 * D + 6 mm$$

$$I_{rosca} = 2 * 18 mm + 6 mm$$

$$I_{rosca} = 42 mm$$

Longitud máxima del perno

Se calculará la longitud total del perno, que es una combinación de la longitud y la altura de la tuerca.

$$L_p = l + H$$

$$L_p = 40 mm + 14 mm$$

$$L_p = 54 mm$$

Tomando una medida ya estandarizada la cual es mayor a la calculada, esta medida se tomará de



60 mm.

Longitud del vástago sin rosca

Se determina la longitud sin rosca y se tendrá que restar la longitud total y la longitud roscada.

$$I_s = 60 \text{ mm} - 42 \text{ mm}$$

$$I_s = 18 \text{ mm}$$

Longitud de la rosca útil

$$l_t = 40 \text{ mm} - 18 \text{ mm}$$

$$l_t = 22 \text{ mm}$$

Rigidez o dureza del perno

Es necesario conocer la superficie de la varilla sin rosca, la superficie de la parte roscada (A_t) y el módulo de elasticidad del perno (E_p), con la siguiente ecuación.

$$\frac{1}{K_b} = \frac{l_t}{A_t * E_p} + \frac{l_s}{A_b * E_p}$$

El área del perno (A_b) se calcula de la siguiente manera:

$$A_b = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{\pi * 18\text{mm}^2}{4}$$

$$A_b = 254,5\text{mm}^2$$

Reemplazando (A_b) en la ecuación de rigidez del perno:



$$\frac{1}{K_b} = \frac{22 \text{ mm}}{216,23 \text{ mm}^2 * 210,000 \text{ N/mm}^2} + \frac{18 \text{ mm}}{254,5 \text{ mm}^2 * 210,000 \text{ N/mm}^2}$$

$$\frac{1}{K_b} = 8,21 \times 10^{-7} \frac{\text{mm}}{\text{N}}$$

$$K_b = 1,21 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Rigidez del material

Teniendo en cuenta que las dos platinas que se unirán son del mismo material se tiene que:

$$K_m = \frac{A_m * E_m}{l}$$

Donde:

E_m : Modulo de la elasticidad del material

A_m : Área de platina

L : Longitud que se debe unir

Se debe calcular el área de las platinas donde se tendrá presente la geometría de las platinas en este caso se utilizarán platinas cuadradas de longitud 200 mm y se utilizarán dos pernos para determinar una condición más crítica.

$$A_m = l * l - (\# \text{ de pernos} * A_b)$$

$$A_m = 200 \text{ mm} * 200 \text{ mm} - (2 * 254,5 \text{ mm}^2)$$

$$A_m = 39491 \text{ mm}^2$$

Reemplazando en la ecuación de rigidez del material:



$$K_m = \frac{39491 \text{ mm}^2 * 200000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{40 \text{ mm}}$$

$$K_m = 197,5 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Factor de rigidez de la unión

$$C = \frac{K_b}{K_m + K_b}$$

$$C = \frac{1,21 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}{197,5 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{mm}} + 1,21 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}$$

$$C = 6 \times 10^{-3}$$

Tasa de carga en cada elemento

Teniendo en cuenta un factor de rigidez para el material se debe calcular la fracción de tasa o carga que será sometido el perno (P_b) y la fracción de la carga que soportará esta unión (P_m).

$$P_b = C * P$$

$$P_b = 6 \times 10^{-3} * 76093 \text{ N}$$

$$P_b = 456,6 \text{ N}$$

$$P_m = (1 - C) * P$$

$$P_m = (1 - 6 \times 10^{-3}) * 76093 \text{ N}$$

$$P_m = 75636,5 \text{ N}$$

Cargas resultantes del perno y el material



Conociendo esta fracción de la carga de cada uno de los elementos se procede con los cálculos de las cargas resultantes en el perno (F_b) y en el material (F_m) una vez se aplique la carga.

$$F_b = F_i + P_b$$

$$F_b = 97303,5 \text{ N} + 456,6 \text{ N}$$

$$F_b = 97760 \text{ N}$$

$$F_m = F_i - P_m$$

$$F_m = 97303,5 \text{ N} - 75636,5 \text{ N}$$

$$F_m = 18667 \text{ N}$$

Mediante esta fuerza máxima que estará sometido el perno se calculará el esfuerzo (σ_b) y el factor de seguridad del perno (N_y).

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_t}$$

$$\sigma_b = \frac{97760 \text{ N}}{216,23 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_b = 452 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$N_y = \frac{S_y}{\sigma_b}$$



$$N_y = \frac{830 \frac{N}{mm^2}}{452 \frac{N}{mm^2}}$$

$$N_y = 1,836$$

Factor de seguridad contra la separación (Ns)

Se tendrá que calcular primero la fuerza requerida para separar la unión (P₀).

$$P_0 = \frac{F_i}{(1 - C)}$$

$$P_0 = \frac{97303,5 N}{(1 - 6 \times 10^{-3})}$$

$$P_0 = 97891 N$$

$$N_s = \frac{P_0}{P}$$

$$N_s = \frac{97891 N}{76093 N}$$

$$N_s = 1,3$$

El perno de diámetro M18 cumple con las especificaciones de diseño teniendo un factor de seguridad contra la separación de 1,3

5.2.9.2 Uniones atornilladas a cortante

En este apartado se corroborará si el perno seleccionado en el inciso 5.2.8.1 resiste el esfuerzo



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



cortante causado.

Cortante producido por las uniones atornilladas superiores

Se conoce la masa y la aceleración a la que están sometidos para calcular el esfuerzo cortante generado por la carga que se encuentra en movimiento.

Esta aceleración se calcula con la diferenciación de la velocidad en función del tiempo, en el intervalo de tiempo en el que el Trolley inicia o detiene el movimiento para este caso calculamos la aceleración instantánea.

$$a = \frac{(V_f - V_i)}{(t_f - t_i)}$$

$$a = \frac{(0,04 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s})}{(0,01 \text{ s} - 0 \text{ s})}$$

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

Donde:

a: Aceleración

Vi: Velocidad inicial

Vf: Velocidad final

ti: Tiempo inicial

tf: Tiempo final

Se calcula el esfuerzo cortante pero primero se debe tener o conocer la fuerza actuante, se



calculará de la siguiente ecuación:

$$F = m * a$$

$$F = 2119,2 \text{ kg} * 4 \text{ m/s}^2$$

$$F = 8476,8 \text{ N}$$

Donde:

m: Masa del mecanismo elevación cargado

F: Fuerza actuante

a: Aceleración

Ahora para calcular la fuerza que soportará cada perno, en este caso será posible calcular la fuerza que soportará el perno, determinando el margen de seguridad de la fuerza cortante.

$$F_p = \frac{F}{\#Pernos}$$

$$F_p = \frac{8476,8 \text{ N}}{8}$$

$$F_p = 1059,6 \text{ N}$$

Donde:

F: Fuerza actuante

F_p: Fuerza de cada perno

Numero de Pernos

Cálculo de esfuerzo cortante:



$$\tau = \frac{F_p}{A_b}$$

$$\tau = \frac{1059,6 \text{ N}}{254,5 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 4,16 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} * \left(\frac{(1000 \text{ mm})^2}{1 \text{ m}^2} \right)$$

$$\tau = 4,16 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Donde:

F_p : Fuerza de cada perno

τ : Esfuerzo cortante

A_b : Área vástago

Cálculo del factor de seguridad

$$N = \frac{S_Y * 0,577}{\tau}$$

$$N = \frac{830 \times 10^6 \text{ Pa} * 0,577}{4,16 \times 10^6 \text{ Pa}}$$

$$N = 115,12$$

El valor de seguridad es alto porque la fuerza ejercida sobre el perno es pequeña.

Fuerza cortante generada en las uniones atornilladas inferiores

Son los encargados de montar la estructura mediante LRS, estos bulones están sometidos a esfuerzos cortantes por el movimiento de la máquina, el fabricante del motorreductor ofrece



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



velocidades de 40 m/min (0,66 m/s) y 4 bulones M12. Grado 8.8, para la parte de montaje superior de cada LRS 200, teniendo en cuenta que la distancia entre los centros de los pernos y el ancho del perfil es de 80 mm, no es posible fijarlos, por lo que se decide conectarlos entre ellos. Usando dos placas, la fuerza se calculará para el perno M18 previamente seleccionado.

Tomando un intervalo de tiempo de 0,01 s, se calculará la aceleración instantánea.

$$a = \frac{(V_f - V_i)}{(t_f - t_i)}$$

$$a = \frac{(0,66 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s})}{(0,01 \text{ s} - 0 \text{ s})}$$

$$a = 66 \text{ m/s}^2$$

Donde:

Vf: Velocidad final

a: Aceleración

tf: Tiempo final

Vi: Velocidad inicial

ti: Tiempo inicial

Se tendrá que conocer la fuerza actuante para determinar el esfuerzo cortante, teniendo la siguiente ecuación:

$$F = m * a$$

$$F = 2119,2 \text{ kg} * 66 \text{ m/s}^2$$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



$$F = 139867,2 \text{ N}$$

Donde:

m: Masa del mecanismo elevación cargado

F: Fuerza actuante

a: Aceleración

Al calcular la fuerza que soportará cada perno, será posible calcular la fuerza a la que estará sujeto el perno conociendo el margen de seguridad de la fuerza de corte.

$$F_p = \frac{F}{\#Pernos}$$

$$F_p = \frac{139867,2 \text{ N}}{16}$$

$$F_p = 8741,7 \text{ N}$$

Donde:

F_p: Fuerza en cada perno

F: Fuerza actuante

#Pernos

Cálculo de esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{F_p}{A_b}$$

$$\tau = \frac{8741,7 \text{ N}}{254,5 \text{ mm}^2}$$



$$\tau = 34,34 \frac{N}{mm^2} * \left(\frac{(1000 \text{ mm})^2}{1 \text{ m}^2} \right)$$

$$\tau = 34,34 \times 10^6 Pa$$

Donde:

F_p: Fuerza de cada perno

τ : Esfuerzo de cortante

A_b: Área vástago

Cálculo del factor de seguridad

$$N = \frac{S_Y * 0,577}{\tau}$$

$$N = \frac{830 \times 10^6 Pa * 0,577}{34,34 \times 10^6 Pa}$$

$$N = 13,94$$

El perno para unir las platinas inferiores cumple con los cálculos de diseño, pero se deberá calcular la longitud de la siguiente manera:

$$l_p = l + H$$

$$L_p = 54 \text{ mm} + 14 \text{ mm}$$

$$L_p = 68 \text{ mm}$$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Donde:

l : Longitud que seba unir

L_p : Longitud perno

H : Longitud de tuerca

Seleccionando una medida estandarizada y mayor a la calculada se toma una longitud de perno de 80 mm

5.2.10 Estructura soldada

Esta construcción es una combinación de cuatro perfiles número 60.5, lo que requiere que las partes se ensamblen mediante soldadura en los extremos de cada perfil, ver la figura 53.

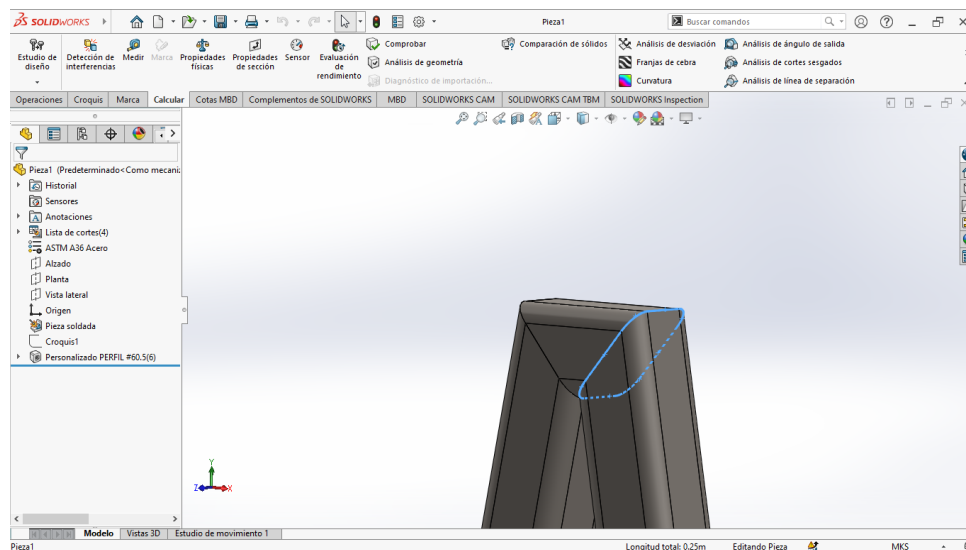


Figura 53. Soldadura en la estructura - perfil #60.5, material acero A-36. Fuente: Autor

Para el cálculo de la soldadura utilizaremos la pieza que recibe toda la carga directamente la cual



es la número 2.

Espesor del material de la parte unida más gruesa, pulg		Tamaño de la soldadura, pulg
Hasta $\frac{1}{4}$	inclusive	$\frac{1}{8}$
Mayor que $\frac{1}{4}$	Hasta $\frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$
Mayor que $\frac{1}{2}$	Hasta $\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$
Mayor que $\frac{3}{4}$	Hasta $1\frac{1}{2}$	$\frac{5}{16}$
Mayor que $1\frac{1}{2}$	Hasta $2\frac{1}{4}$	$\frac{3}{8}$
Mayor que $2\frac{1}{4}$	Hasta 6	$\frac{1}{2}$
Mayor que 6		$\frac{5}{8}$

Figura 54. *Espesor mínimo de la soldadura filete, h. [33]*

Utilizando un tamaño o espesor de 5 mm del perfil cuadrado #60.5 por medio de la figura 54 se calculará el ancho de la junta o cordón de soldadura, la cual dice que para espesores inferiores que un $\frac{1}{4}$ de pulgada (6,35 mm) el cordón de soldadura mínimo a utilizar es $\frac{1}{8}$ de pulgada (3,175 mm), a continuación, se presentan las dimensiones de la junta o cordón de soldadura.

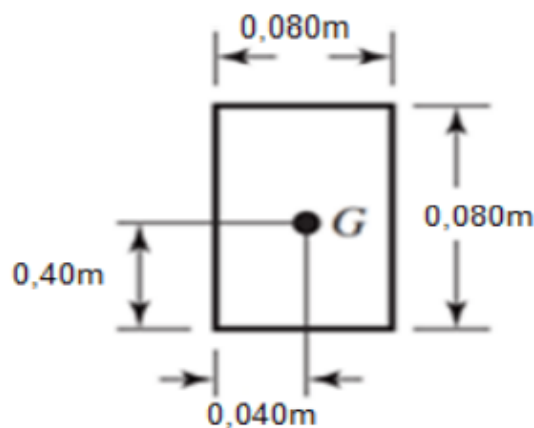


Figura 55. *Dimensiones de la junta o cordón de la soldadura. [33]*



$$A_w = 1,414 * 0,005 \text{ mm} * (0,080 \text{ m} + 0,080 \text{ m})$$

$$A_w = 1,13 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Donde:

h: Es el ancho del cordón

A_w : El área de la garganta

d: lado mayor cordón

b: lado menor cordón

Se determinar el cortante primario de la soldadura.

$$\tau' = \frac{F}{A}$$

$$\tau' = \frac{23845 \text{ N}}{1,13 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$\tau' = 21,10 \text{ Pa}$$

Se debe calcular la fuerza producida por la flexión donde es necesario realizar el cálculo del segundo momento unitario de área, mediante la consecutiva ecuación.

Ecuación momento unitario de área:

$$I_U = \frac{d^2}{6} * (3b + d)$$

$$I_U = \frac{(0,080 \text{ m})^2}{6} * (3 * (0,080 \text{ m}) + 0,080 \text{ m})$$

$$I_U = 3,41 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$



Teniendo en cuenta el momento superficial unitario, el segundo momento superficial viene dado por la siguiente ecuación: [34]

$$I = 0,707 * h * I_U$$

$$I = 0,707 * 0,005 \text{ m} * 3,41 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$I = 1,2 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

El par máximo que se puede generar ocurre solo cuando la carga está en el centro de la viga principal y se calcula mediante la siguiente fórmula: [34]

$$M = F * a$$

$$M = 23845 \text{ N} * 0,075 \text{ m}$$

$$M = 1788,4 \text{ N.m}$$

Donde:

M: Momento o par de fuerzas máximo

a: Brazo de palanca

F: Carga

conociendo el segundo momento o par de área y el momento máximo se determina el esfuerzo cortante por la flexión, por medio de la ecuación.

$$\tau'' = \frac{M * C}{I}$$

$$\tau'' = \frac{1788,4 \text{ N.m} * 0,040 \text{ m}}{1,2 \times 10^{-6} \text{ m}^4}$$



$$\tau'' = 59,6 \text{ Mpa}$$

Donde:

I: Segundo momento de área

τ'' : Esfuerzo de cortante a flexión

M: Momento de flector máximo

C: Distancia más lejos que inicia en el centroide hasta la soldadura

5.3 Diseño de la maquina en SolidWorks

5.3.1 Diseño de la viga principal

NOMBRE	MATERIAL
Viga principal	Acero A-36



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

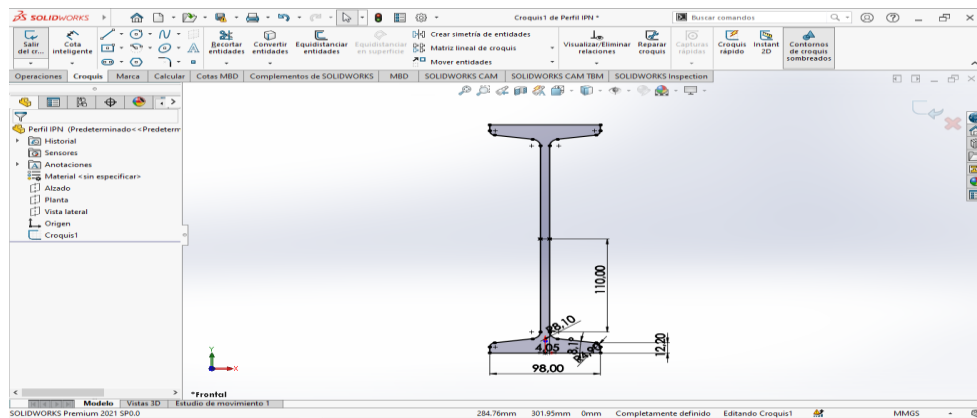


Figura 56. Croquis viga principal perfil IPN 220. Fuente: Autor

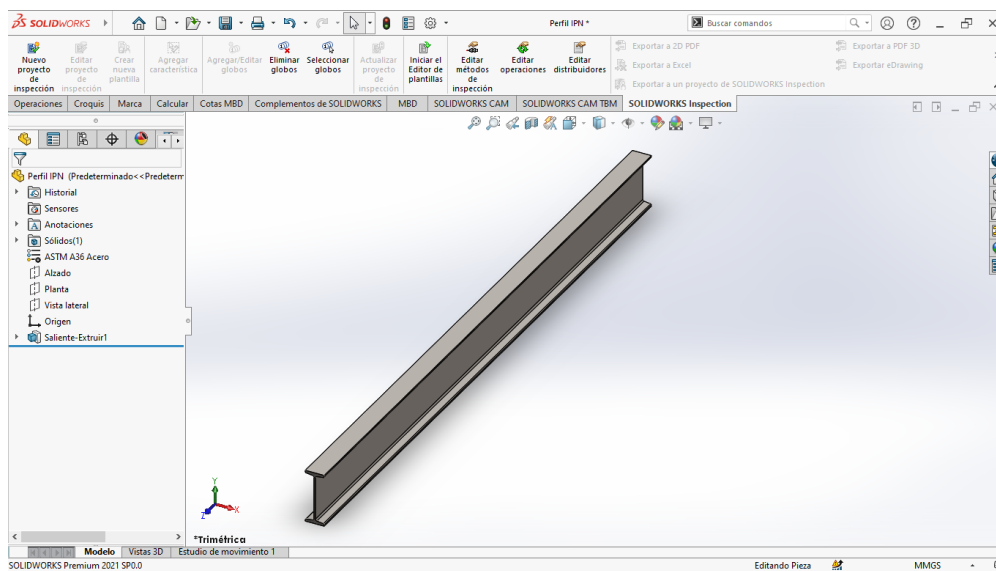


Figura 57. Viga principal perfil IPN 220, material acero A-36. Fuente: Autor



5.3.2 Diseño de la estructura

NOMBRE	MATERIAL
Estructura	Acero A-36

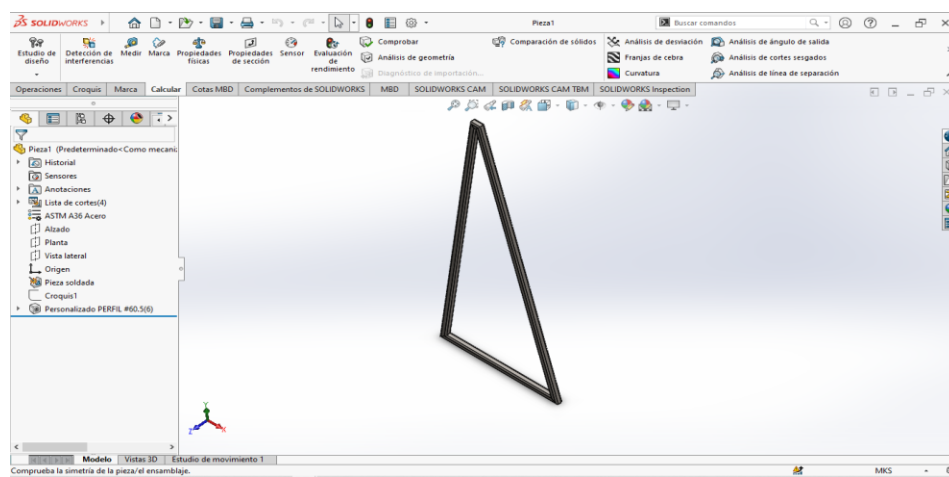


Figura 58. Diseño de la estructura - perfil #60.5, material acero A-36. Fuente: Autor

5.3.3 Diseño del perno de sujeción

NOMBRE	MATERIAL
Perno de sujeción	Acero inoxidable AISI 321

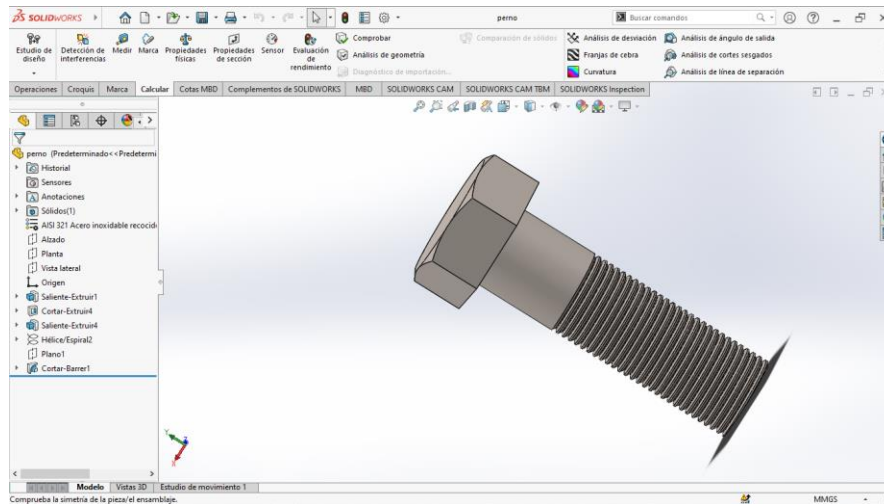


Figura 59. *Diseño perno de sujeción platinas de unión.* Fuente: Autor

5.3.4 Platinas de unión

NOMBRE	MATERIAL
Platina de unión viga – estructura	Acero AISI 1020

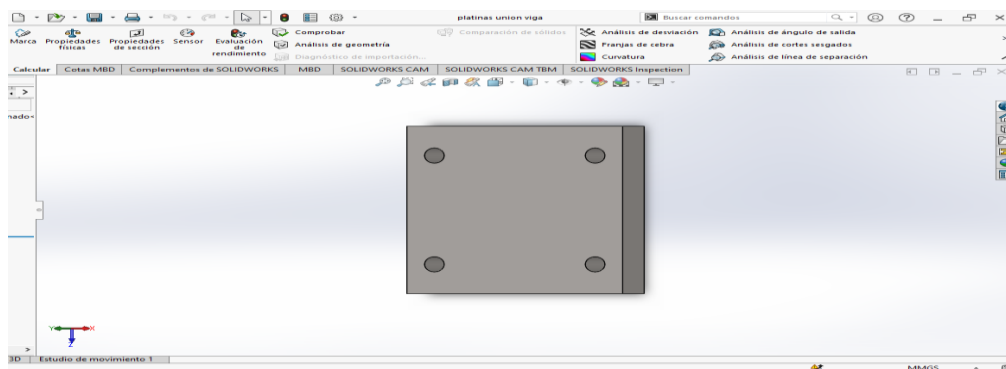


Figura 60. *Platinas de unión parte superior.* Fuente: Autor



5.3.5 Diseño de las ruedas fijas

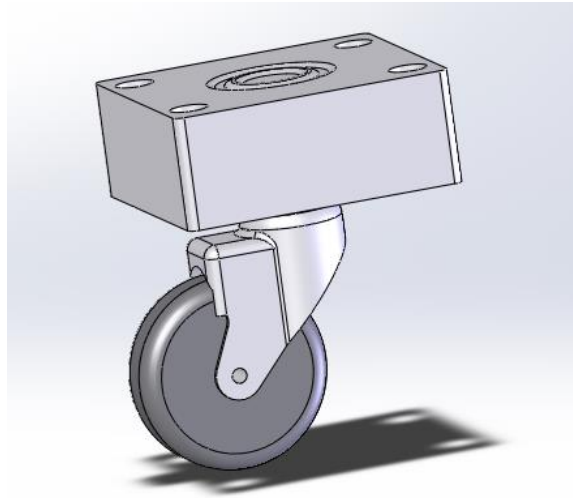


Figura 61. Rueda fija – desplazamiento de la máquina. Fuente: Autor

5.3.6 Diseño del motorreductor.

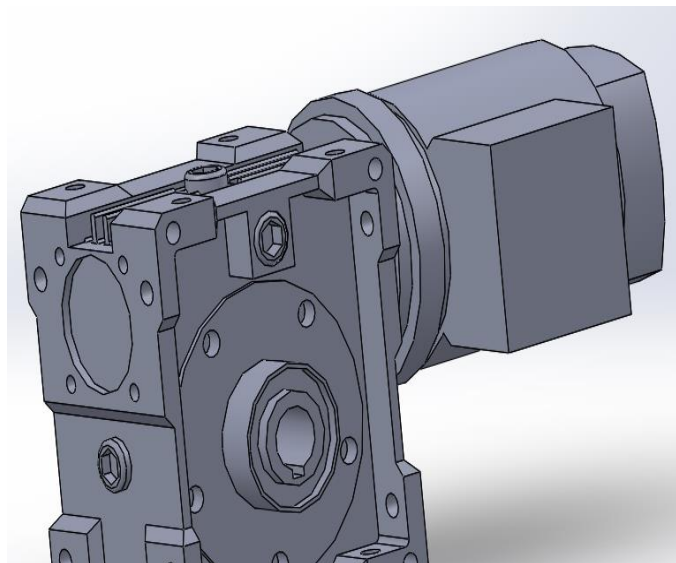


Figura 62. Motorreductor – desplazamiento de la máquina. Fuente: Autor



5.3.7 Diseño del Trolley

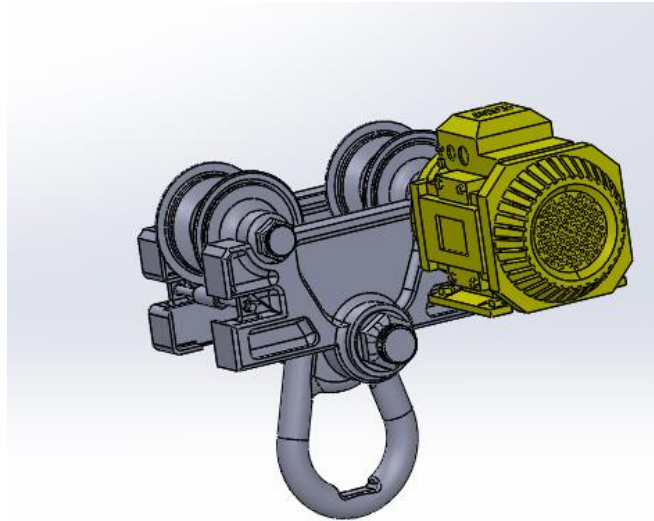


Figura 63. Trolley. Fuente: Autor

5.3.8 Diseño del polipasto

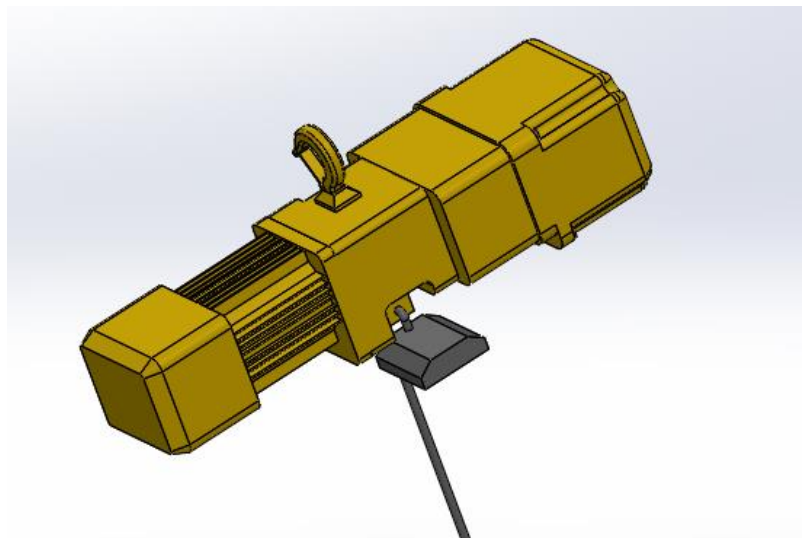


Figura 64. Polipasto. Fuente: Autor



5.3.9 Ensamble de la maquina

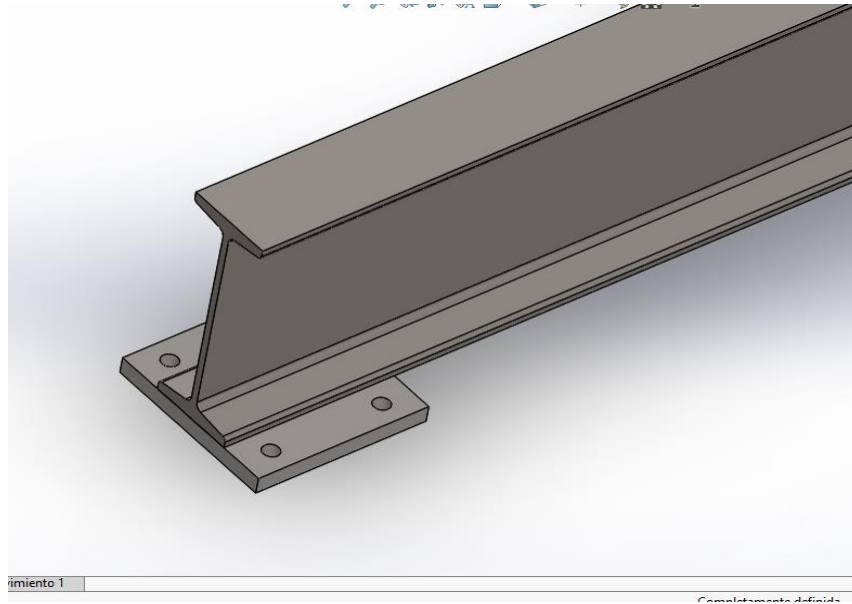


Figura 65. Ensamble platina – viga. Fuente: Autor

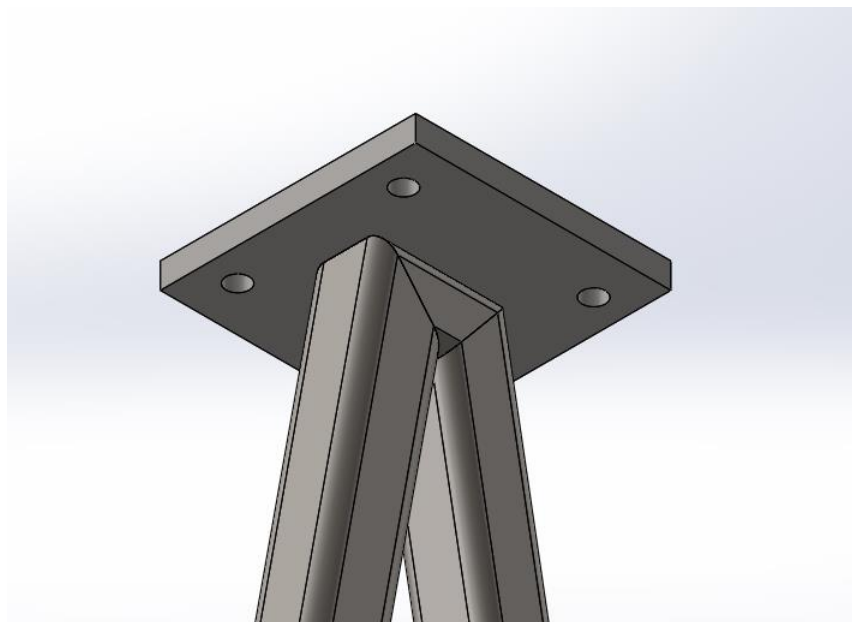


Figura 66. Ensamble platina – estructura. Fuente: Autor

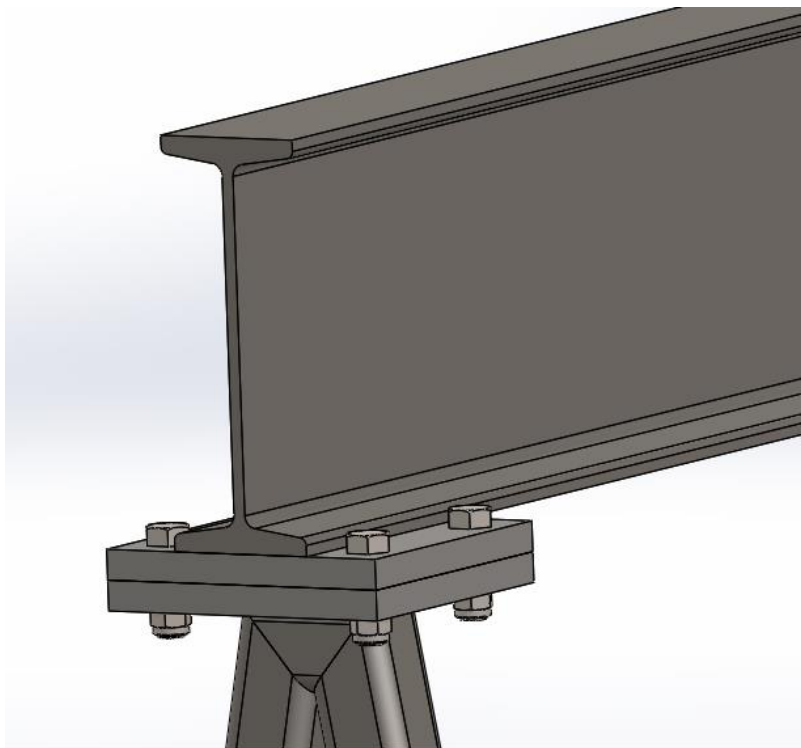


Figura 67. *Ensamble superior.* Fuente: Autor

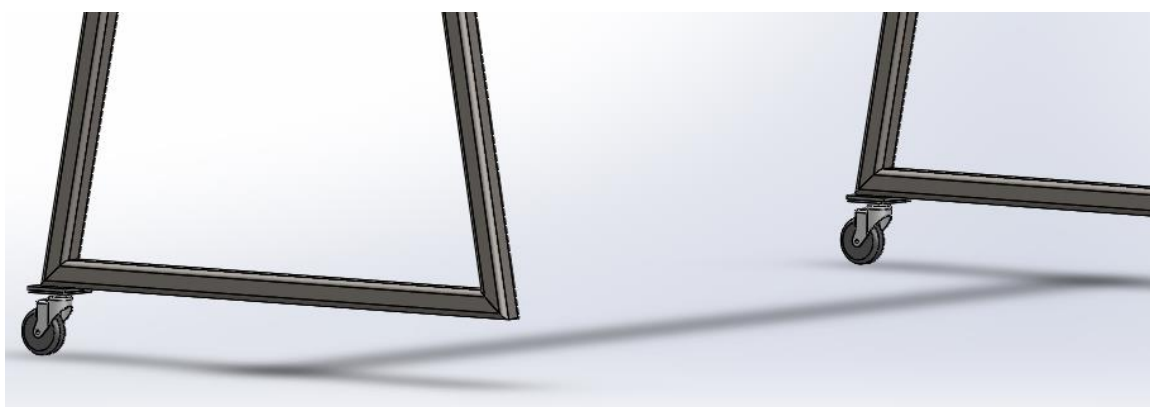


Figura 68. *Ensamble ruedas fijas y platinas de unión parte inferior.* Fuente: Autor

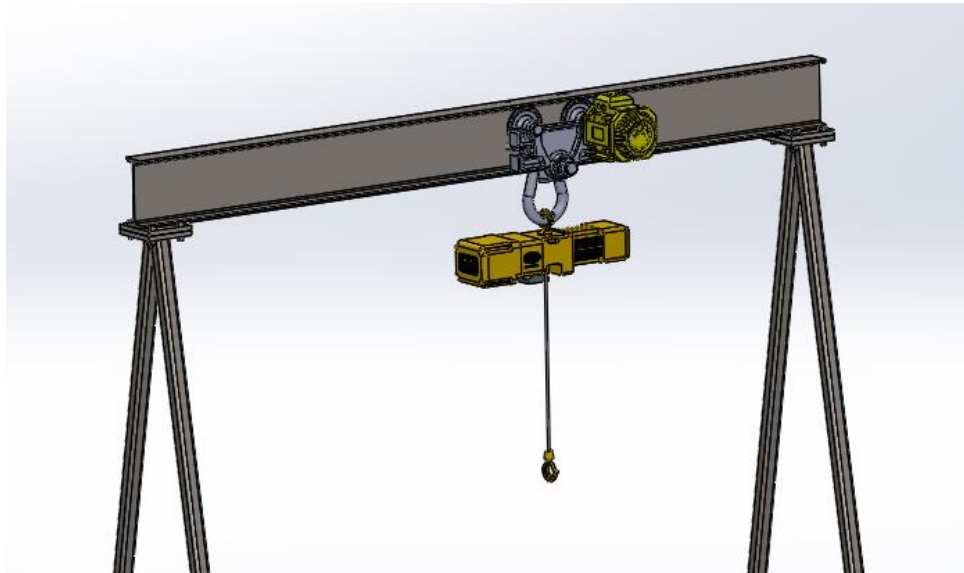


Figura 69. *Ensamble Trolley y polipasto.* Fuente: Autor



Figura 70. *Ensamble máquina.* Fuente: Autor

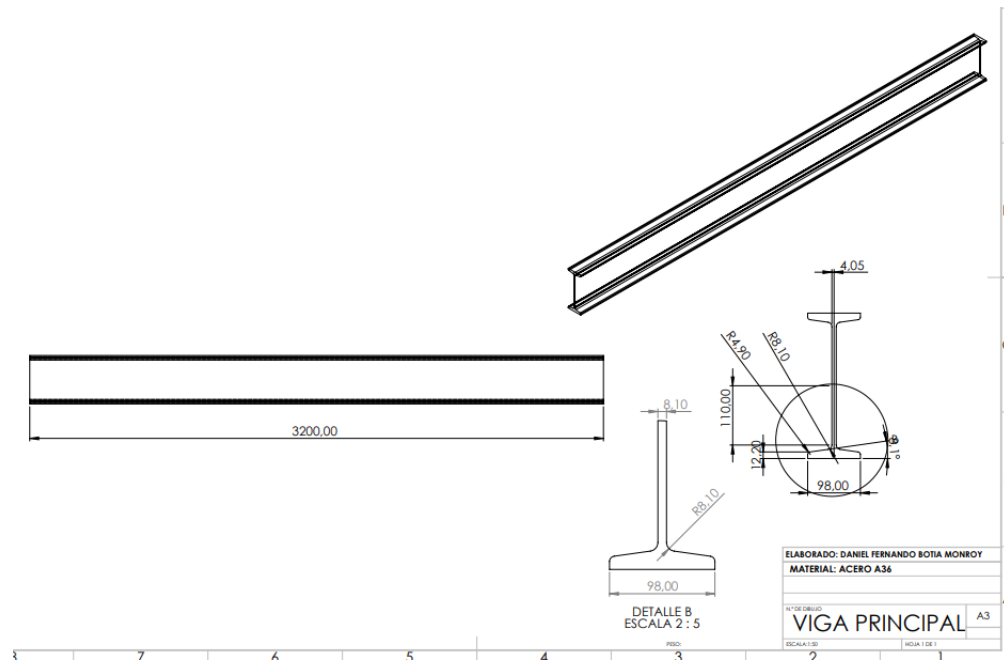


Figura 71. Diseño de la viga principal. Fuente: Autor

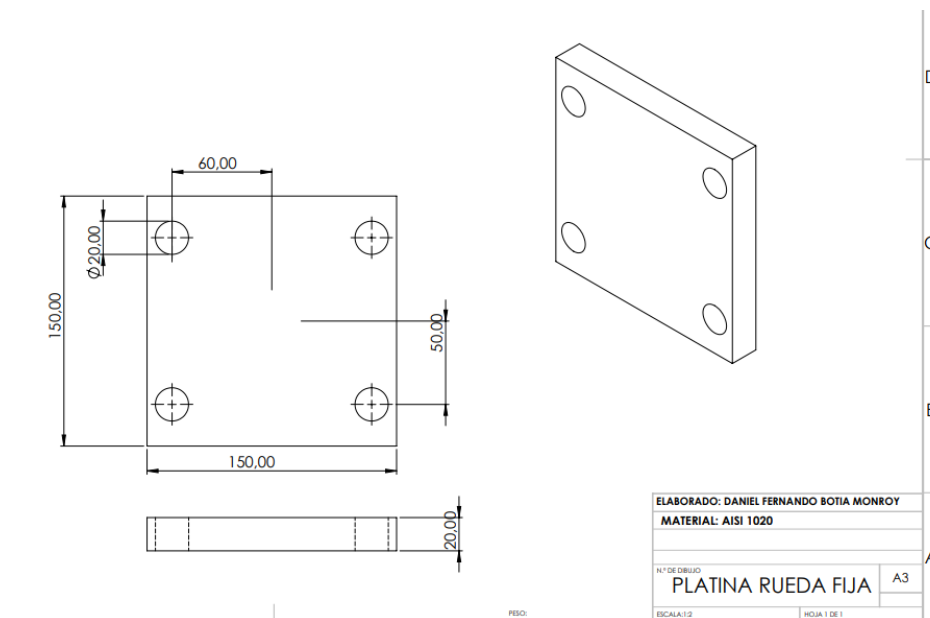


Figura 72. Diseño de la platina unión estructura – rueda fija. Fuente: Autor

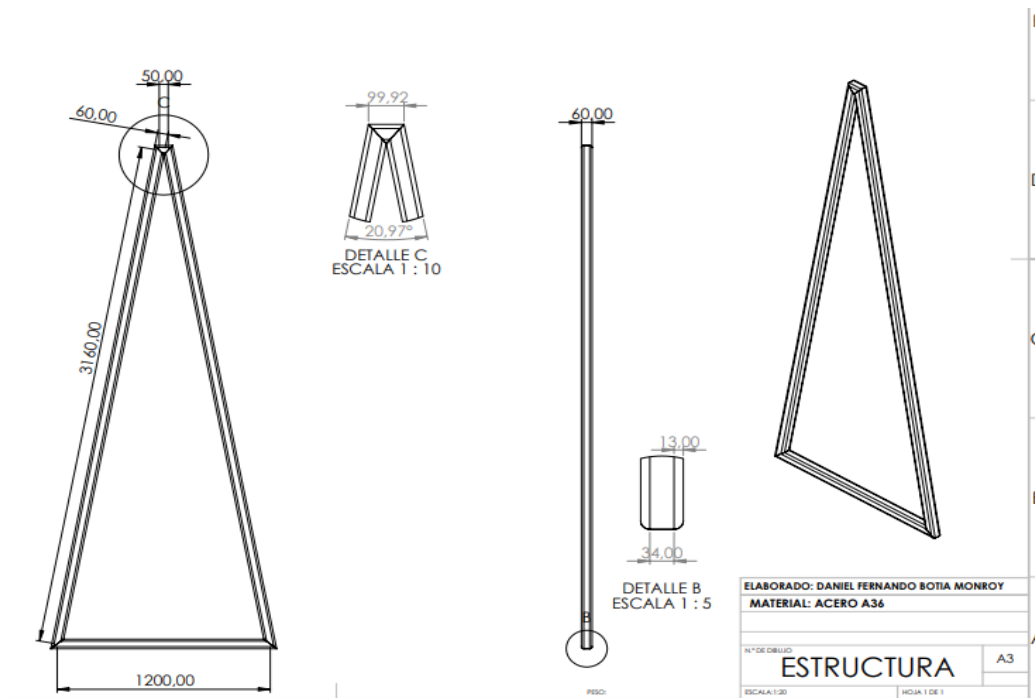


Figura 73. Diseño de la estructura de la máquina. Fuente: Autor

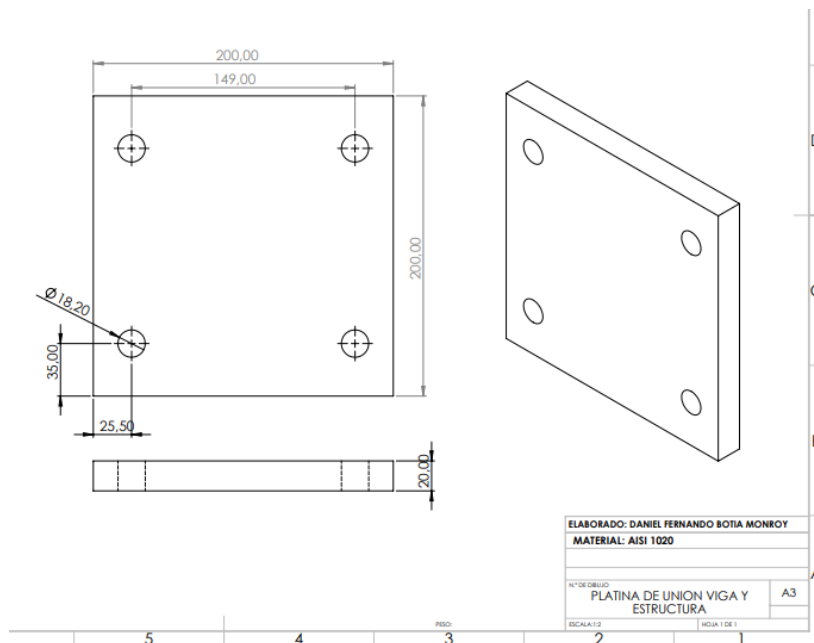


Figura 74. Diseño de la platina de unión viga – estructura. Fuente: Autor

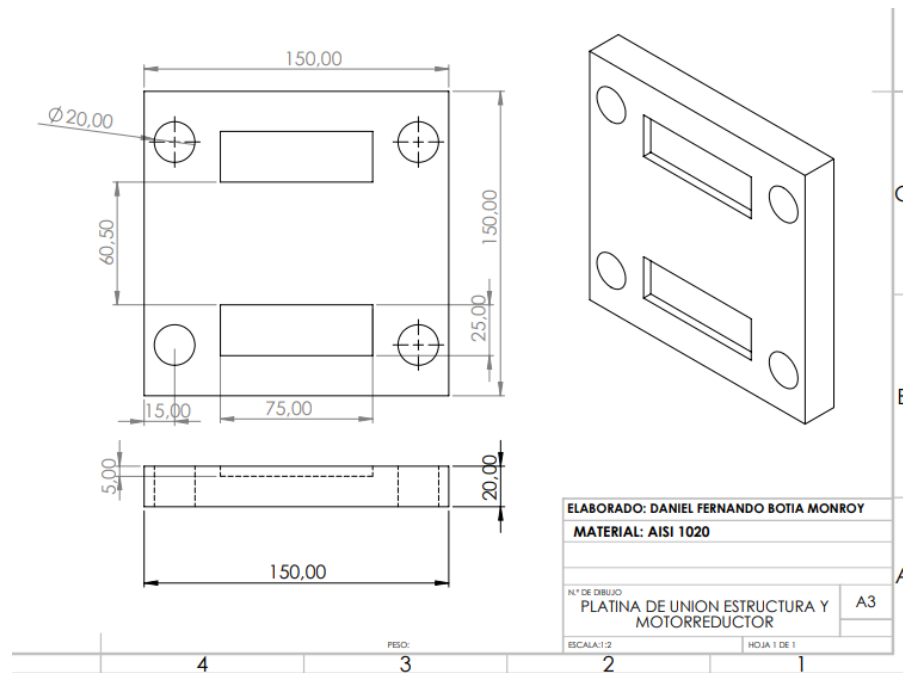


Figura 75. Diseño de la platina de unión estructura – motorreductor. Fuente: Autor

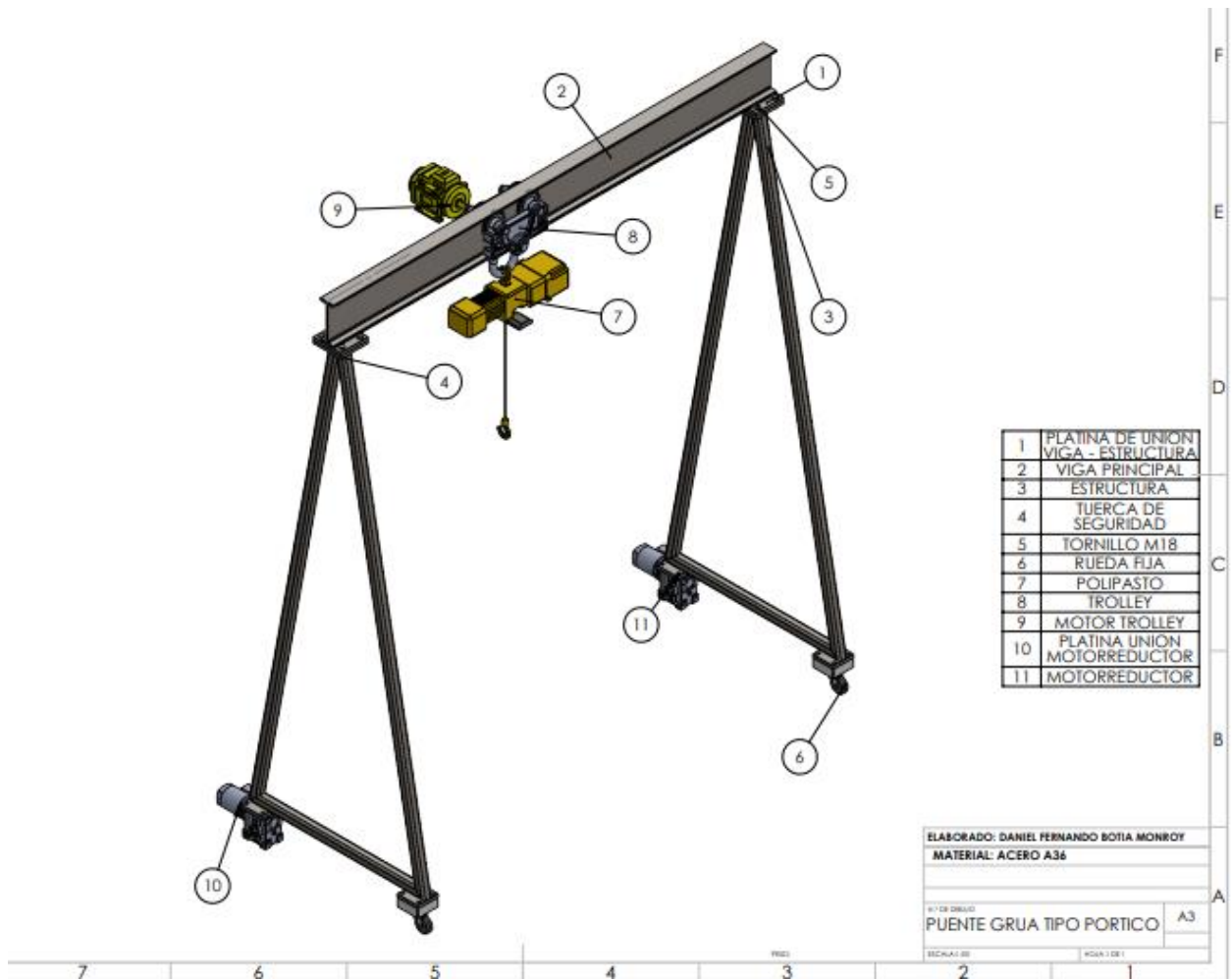


Figura 76. Diseño puente tipo pórtico. Fuente: Autor

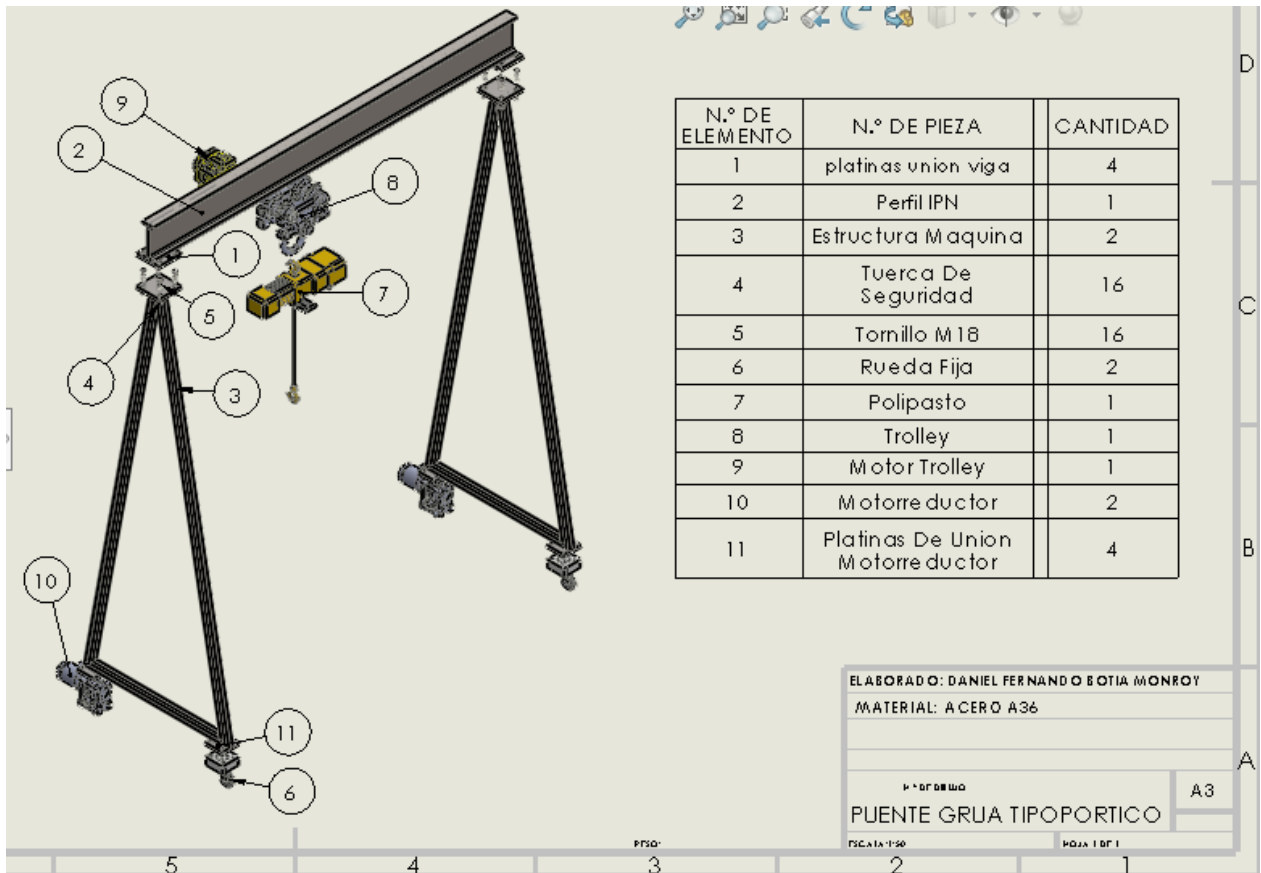


Figura 77. Diseño puente tipo pórtico, grafico explosionado. Fuente: Autor

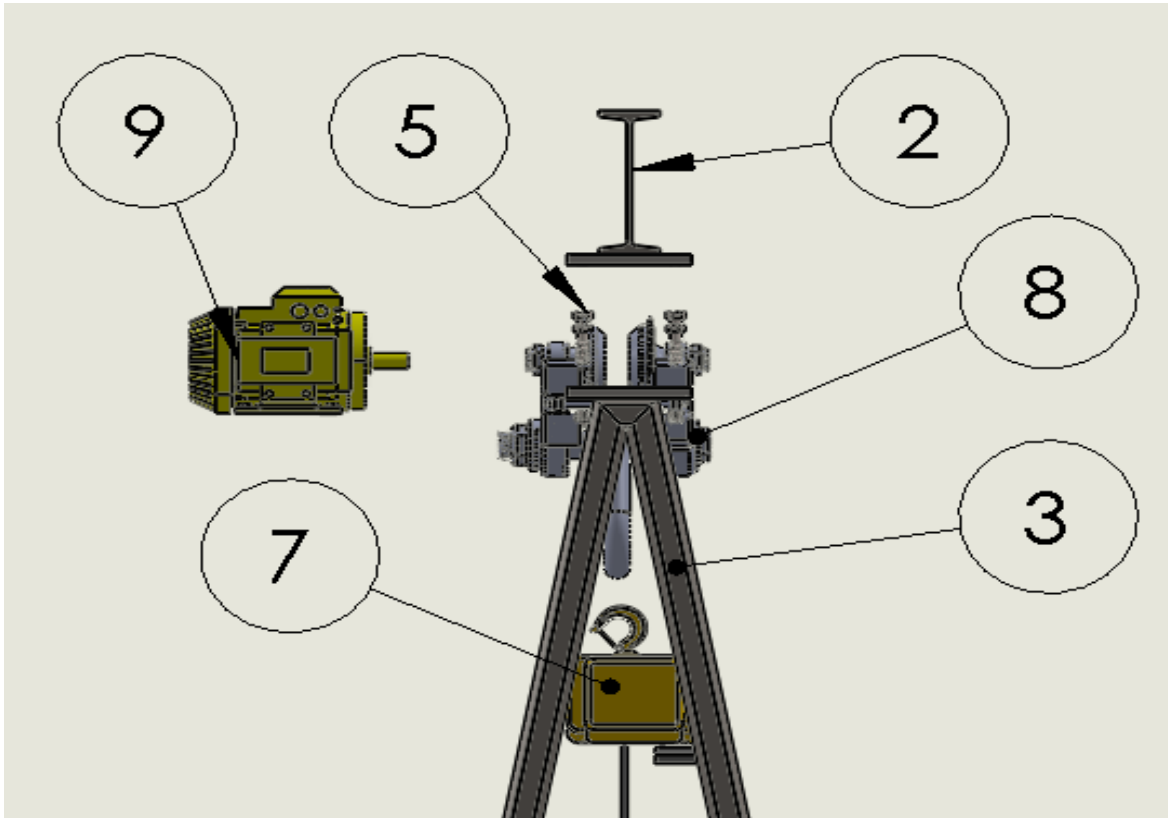


Figura 78. Diseño puente tipo pórtico, vista lateral explosionado. Fuente: Autor

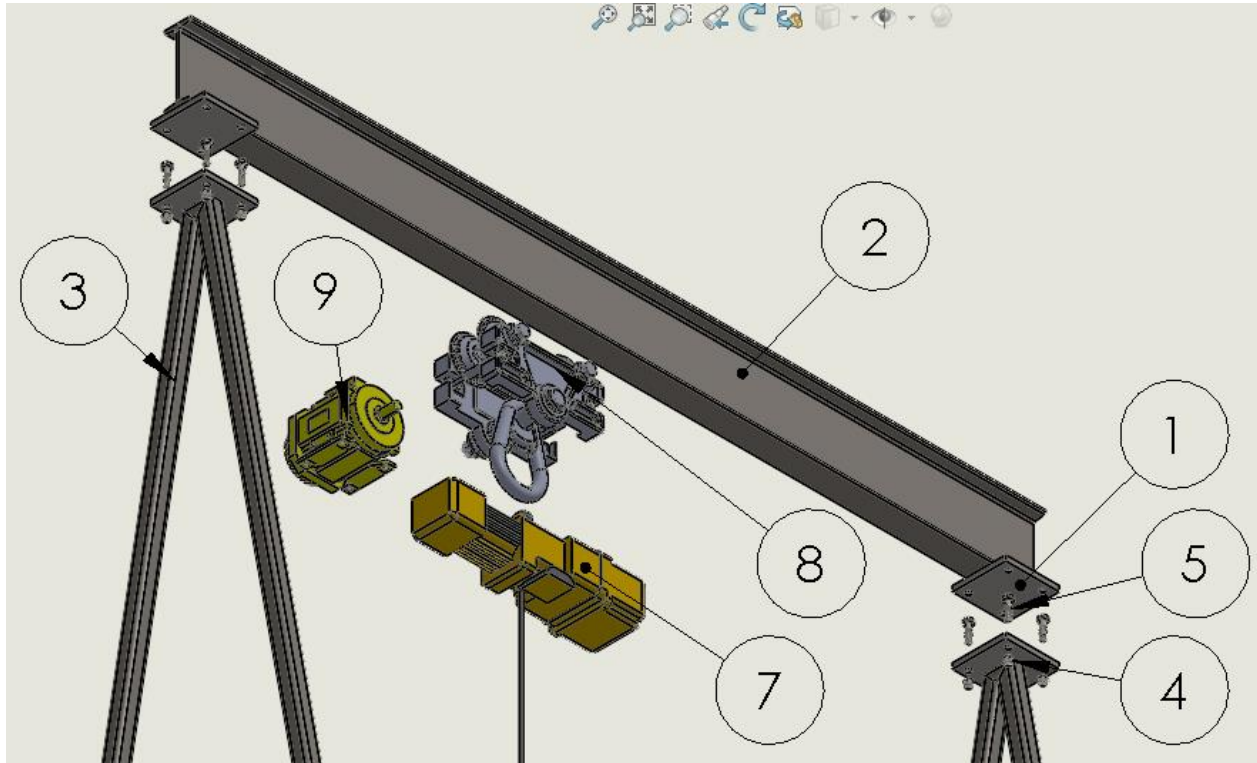


Figura 79. Diseño puente tipo pórtico, vista explosionado. Fuente: Autor

5.4 Sistema de control

En este apartado se realizará una búsqueda de información para designar un método de control el cual se implementará en la máquina, se analizará el método de lógica cableada y el método de lógica programada.

5.4.1 Lógica cableada

La lógica cableada es el uso de contactos adicionales del relé electromagnético entre ellos; Kit de contacto de potencia, relé del temporizador, contador, válvula hidráulica y aire comprimido, entre otros factores, cuando es necesario para resolver, los circuitos cableados integran las funciones de los comandos, control, transmisión de señal, protección y capacidad. La protección de instalación

adecuada a través de los factores de protección correspondientes, el magnetismo, el interruptor de motor protector, el convertidor de frecuencia, los suministros de consumidores y el diferencial. La lógica codificada automatizada se usa comúnmente en instalaciones pequeñas y ubicaciones de misión crítica donde la seguridad de las personas y las máquinas no puede depender de la lógica codificada. [34]

La principal ventaja de utilizar este tipo de sistemas suele ser su coste de producción en estos sistemas que no son muy complejos ni para funciones muy específicas.

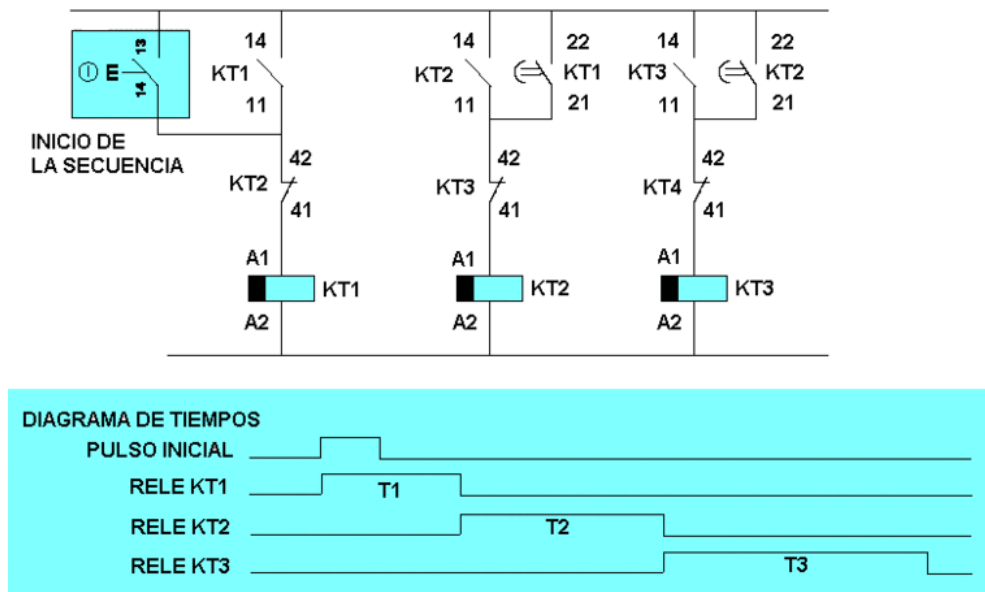


Figura 80. Comando secuencial con estados 1, 2, 3, ..., activado inicialmente con un botón o pulsador. [34]

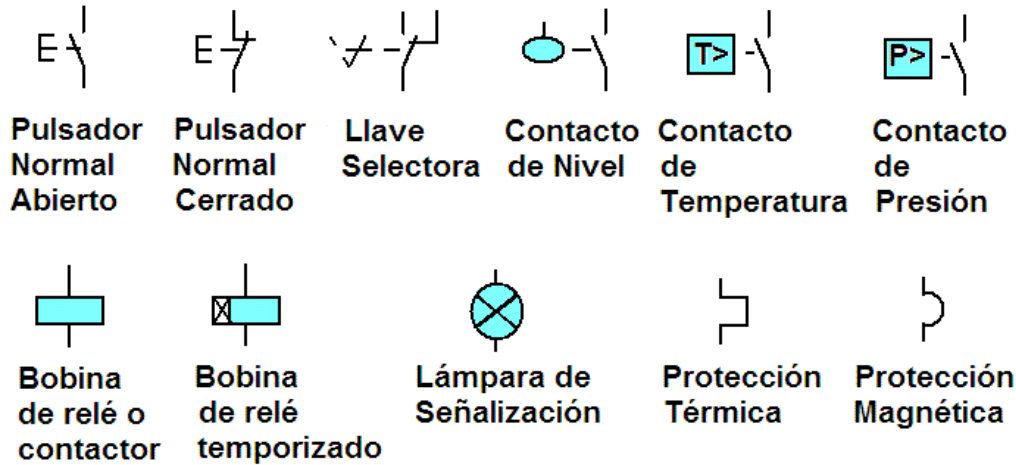


Figura 81. Elementos o componentes y su símbolo, básicos utilizados lógica cableada. [34]

5.4.2 Lógica programada

En este tipo de control se sustituye los elementos utilizados en lógica cableado como; contactores de potencia , contactos auxiliares de relés electromagnéticos, relés temporizadores, entre otros; utiliza un PLC (controlador lógico programable o relé programable), que permite realizar cambios en el funcionamiento del control cambiando el software y, por lo tanto, no es necesario cambiar el cableado, los principios de funcionamiento en la lógica programable son similares, cada fabricante suele utilizar nombres diferentes y software, teniendo en cuenta el estándar IEC, se puede encontrar lenguajes como KOP (lenguaje pin o Ladder), FUP (conocido como lenguaje de puerta lógica o diagrama de bloques), y AWL (lenguaje de texto). [34]

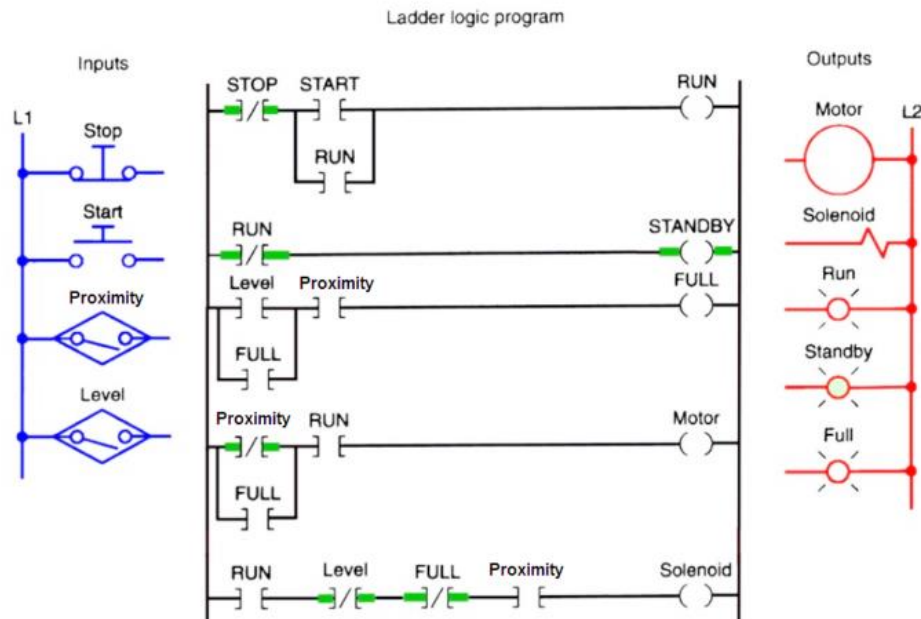


Figura 82. Diagrama de Ladder o lenguaje de contactos. [34]

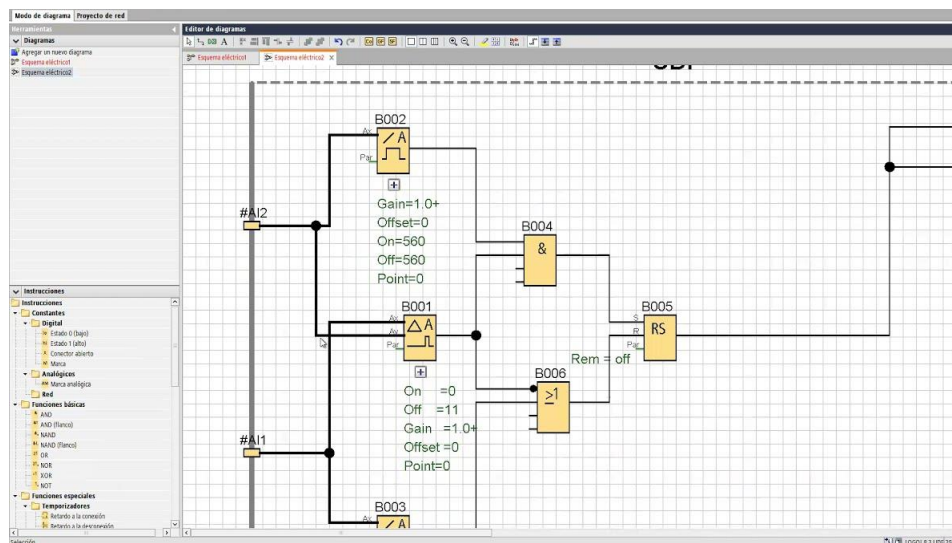


Figura 83. Diagrama de bloque o lenguaje de puertas lógicas. [34]

El objetivo de estos autómatas es de sustituir la intervención humana por procesos que puedan



realizarse de forma independiente mediante el uso de mecanismos accionados por una fuente de alimentación externa para que puedan realizar ciclos completos de operación de manera controlada según lo programado. [34]

Se elige dar solución al control de la maquina empleando el método de lógica cableada, ya que su costo es mucho más reducido y no es necesario realizar reprogramaciones al circuito de mando, otro factor importante es la intervención humana para darle funcionamiento dependiendo de las necesidades que se requieran como movimientos del polipasto, Trolley y el desplazamiento de la maquina en sus 4 direcciones (adelante, atrás, derecha e izquierda).

5.5 Selección de la instrumentación adecuada

5.5.1 Motorreductores para el desplazamiento de la máquina

El motorreductor es una unidad compacta y uniforme formada por engranaje y motor, que transmite la potencia del motor desde el eje de entrada al eje de salida.

En la mayoría de las aplicaciones, la caja de cambios ralentiza la rotación mientras transmite un par mucho más alto que el que puede proporcionar el motor eléctrico, ya que el diseño de la caja de cambios determina si la caja de cambios es adecuada con cargas ligeras, medias o pesadas y cargas cortas o pesadas [34]. Para determinar la velocidad de traslación de la máquina, es preciso conocer la masa por operación, existen dos motores para mover la máquina, por lo que la masa total del sistema se dividirá en dos.

$$\text{masa de accionamiento} = \frac{\text{masa total}}{\# \text{ accionamientos}}$$

En el inciso 5.2.8 se realizan los cálculos necesarios para dar solución al mecanismo de translación de la máquina, donde el motorreductor a utilizar es el UWK20 (figura 81) para el reductor y ZBF80



para el motor.



Figura 84. Motorreductor UWK20 – ZBF80. [35]

5.5.2 Magnetotérmicos

Es una pieza muy importante que se utiliza para proteger nuestra instalación de sobrecargas o cortocircuitos, evitar daños en el cableado, esta pieza obtuvo su nombre de la conexión de dos partes y calor (figura 82).

La desconexión o apagado ocurre porque están conectadas a dos tablas conectadas cuando se trabajan con una cadena, cuando hay una línea corta o descubre que hay mayor intensidad de lo que se puede confirmar, haciendo que los ladrillos se extiendan a medida que se expanden cuando crecen cuando crecen cuando crecen cuando Crecen a medida que crecen a medida que crecen a medida que crecen cuando crecen a medida que crecen cuando crecen en el proceso de expansión y expansión. Brick. El sistema está separado y apagado, apagado durante el proceso de instalación. [36]



Figura 85. Protección térmica del magnetotérmico. [36]

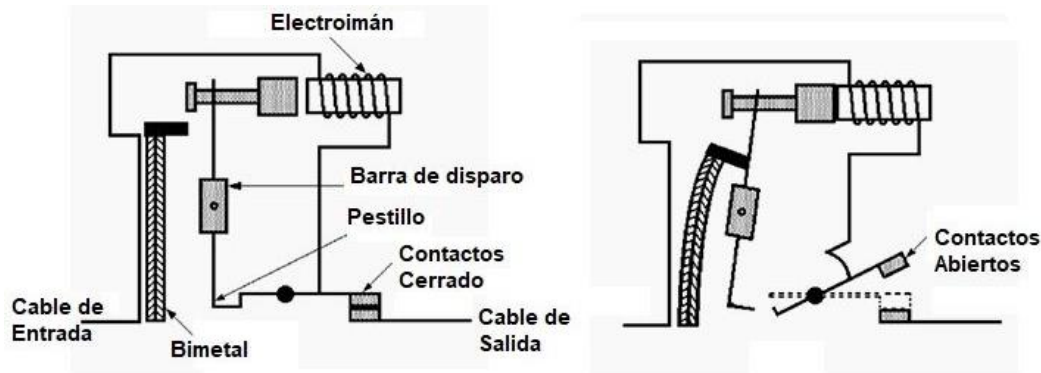


Figura 86. Protección magnética del magnetotérmico. [36]

- **Clasificación según su velocidad**

Los magnetotérmicos también se pueden marcar por la tasa de disparo, es decir, la velocidad con la que saltan después de que se detecta una falla, y para esta clasificación se marcan con una letra: [36]

B: “El retardo de disparo rápido

C: El retardo de disparo normal, este es el que se usa de manera cotidiana en las casas

D: El retardo de disparo lento”.

- **Clasificación según sus polos:**

- “Unipolares protegen solo una fase.
- Los bipolares, que son los que se usan generalmente en las viviendas, y protegen una fase y un neutro.
- Tripolares, son los que protegen 3 fases.
- Magnetotérmicos tetrapolares, que protegen tres fases y un neutro”

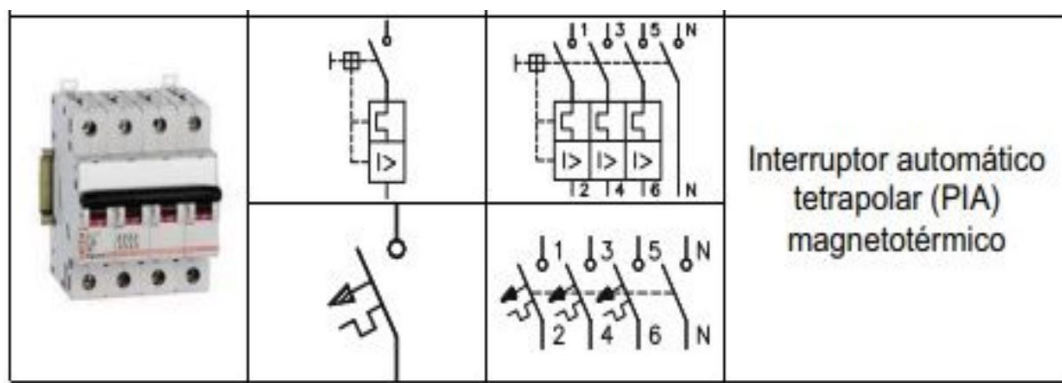


Figura 87. Símbolos del magnetotérmico tetrapolar. [36]

5.5.3 Contactor

Es un componente eléctrico para control remoto, cuya función principal es abrir y cerrar circuitos eléctricos con motores instalados tanto vacíos como cargados. Consta de una bobina y varios contactos, la bobina es un electroimán que activa los contactos bajo la acción de una corriente eléctrica, cambiando su posición. [37]



Figura 88. Contactor y símbolo. [37]

En un contactor real, los contactos de conexión de la bobina siempre se denominan A1 y A2.

Los contactos de salida o circuitos de potencia se denominan 1-2, 3-4, ... Los contactos auxiliares en los circuitos de accionamiento o control suelen estar indicados por un número de dos dígitos, por ejemplo, 13-14.

- **Elección del contactor**

- Si bien la clasificación de contacto representa la fuerza o corriente rms que deben manejar los contactos principales, hay otros aspectos a considerar:
- Características del circuito o carga a controlar: voltaje de operación, transitorios en la fuente de alimentación y tipo de corriente (continua o ca).
- Condiciones de trabajo: número de maniobras por hora, parada en vacío o con carga, temperatura ambiente, entre otras.

Por tanto, las aplicaciones concretas de un contactor dependen del tipo de dicha operación o categoría de servicio que tenga el mismo.

- AC1 (servicio ligero): El contactor está diseñado para controlar cargas no inductivas o



inductivas ligeras (motores no incluidos) como lámparas incandescentes, calentadores eléctricos, entre otros.

- AC2 (Funcionamiento normal): Adecuado para usar con alimentación de CA y para arrancar y revertir motores de anillos deslizantes y aplicaciones como centrífugas.
- AC3 (servicio pesado): Diseñado para el arranque continuo o a plena carga de motores de inducción de jaula de ardilla (compresores, grandes ventiladores, acondicionadores de aire, etc.) y frenos de contraflujo.
- AC4 (condiciones severas de funcionamiento): Contactores especificados en motores asíncronos para grúas, ascensores, etc. y operaciones de pulso, corriente inversa y freno inverso.

Para el desarrollo del proyecto se utilizará el contactor AC4. Tienen la capacidad de romper el inicio de la corriente de arranque alta, como el funcionamiento de enclufamiento y avance, son muy utilizados en puentes grúas.

5.5.4 Sensor de contacto

Son conocidos como sensores finales de carrera, Dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos ubicados al final de la trayectoria de un objeto o elemento en movimiento.

Tienen un objetivo muy claro de convertir una cantidad física en una cantidad eléctrica, es decir, permitir que el contacto (cantidad física) señale (cantidad eléctrica) de que el objeto ha llegado a su destino final. [38]

Tipos de sensores de contacto y cómo funcionan

Actualmente existen dos tipos de sensores de final de carrera según su funcionamiento y construcción, los binarios y analógicos.

Sensores de contacto binarios

Su función principal es detectar la presencia o ausencia de un objeto contactando con el objeto y enviando una señal eléctrica binaria (0-1) de ausencia o presencia. Debido a que están diseñados para proporcionar retroalimentación binaria, tienen dos posiciones comunes: abierto (NO) y cerrado (NC). Ejemplos de este tipo de final de carrera son los pulsadores o interruptores. [38]

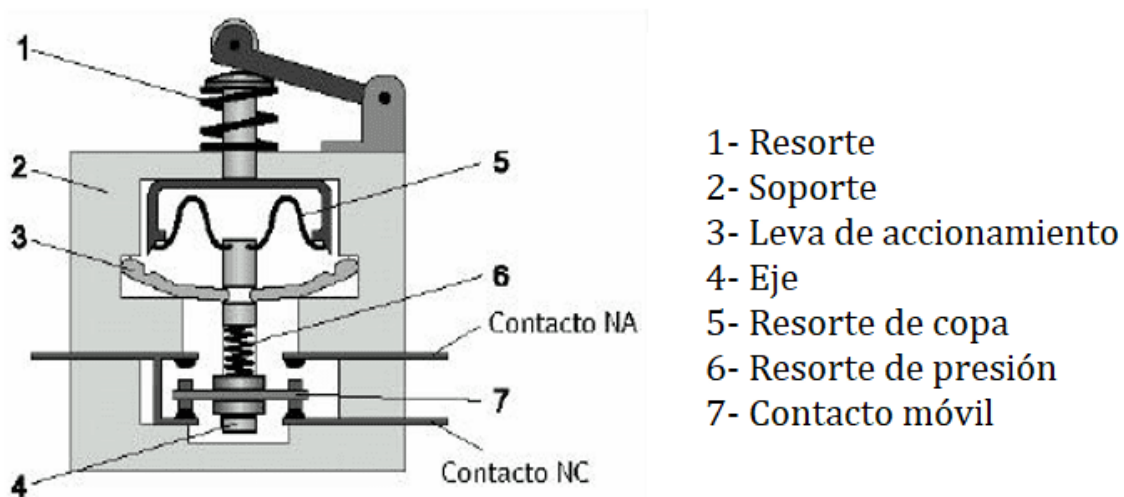


Figura 89. Estructura y partes de un sensor de contacto. [38]

Sensores de contacto analógicos

“Los sensores de contacto analógicos son aquellos que emiten una señal de salida proporcional” a la fuerza aplicada considerando la detección de presencia. Estos sensores tienen una ventaja ya que su funcionamiento es muy sencillo, este consiste en una varilla y un resorte, mecánicamente acoplado a un eje giratorio el cual se desplaza aplicando una fuerza lateral lo cual consigue la rotación proporcional del eje, en pocas palabras envía una señal de retorno proporcional a la fuerza ejercida por dicho objeto. [39]



Figura 90. Sensor de contacto análogo. [39]

Sensor de contacto magnético

Son sensores cuya finalidad es realizar el intercambio electrónico, en un campo magnético externo cerrado y en una zona sensible, por un imán permanente, puede ser perceptivos a los polos del imán o solamente a un polo.

Sensores émbolo magnético

Los sensores de pistón magnético realizan una conmutación electrónica debido a la presencia de un campo magnético externo.

Sensores magneto resistivo de efecto pick-up

Basado principalmente en el principio de generación de energía eléctrica, genera pulsos analógicos en su salida cuando detecta la presencia de un objeto ferroso, “es común utilizarlos para monitoreo de velocidad en ruedas dentadas (engranajes)”.



Para el desarrollo del presente proyecto se seleccionará el sensor de contacto binario entre sus principales ventajas tenemos:

- Facilidad de instalación.
- El sistema es robusto.
- Insensible a estados transitorios.
- Trabaja a tensiones altas.
- Debido a la inexistencia de imanes es inmune a la electricidad estática.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



6. Resultado y discusión

6.1 Análisis de la maquina por medio de MEF

Se analizará los subsistemas (piezas) de la maquina mediante el software de simulación (SOLIDWORKS) con la herramienta análisis de elementos finitos, con el objetivo de corroborar los resultados obtenidos analíticamente, iniciaremos el análisis de los especifico a lo general.

6.1.1 Análisis de la viga principal

La viga principal es la encargada de soportar el peso del motor Cummins ISM, como el motor se moverá a lo extenso de la viga se tomará en cuenta dos lugares críticos, en el centro de la viga y en un extremo, como el análisis realizado analíticamente.

6.1.1.1 Carga en el centro de la viga principal

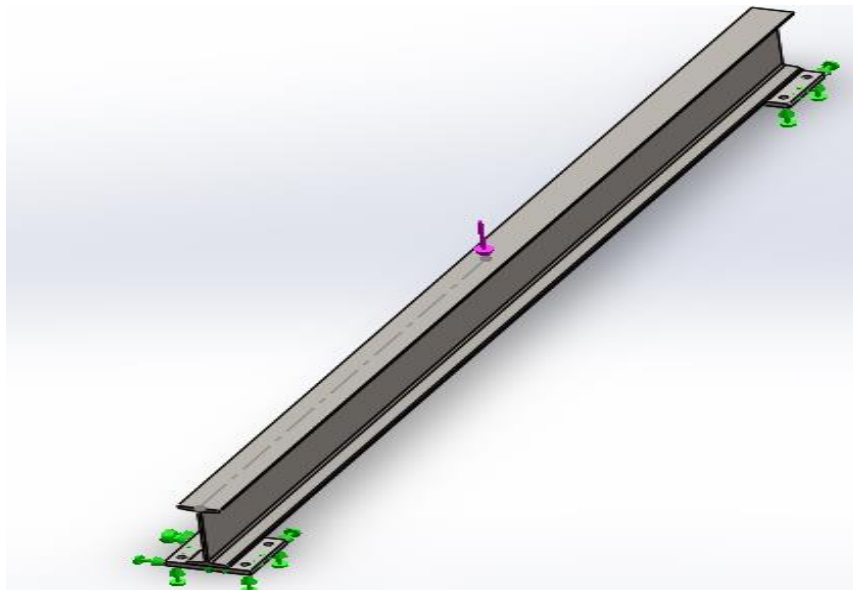


Figura 91. Carga en el centro y apoyos de la viga principal. Fuente: Autor

• Esfuerzo de Von mises

Nombre del modelo: viga con platinas
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 1

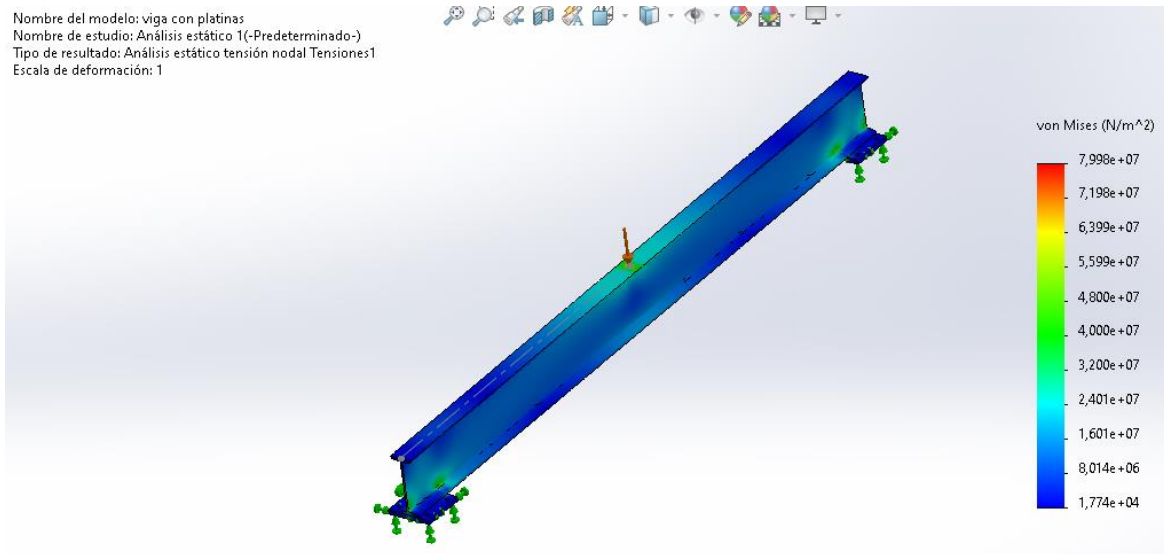


Figura 92. Esfuerzo de Von Mises de la viga principal. Fuente: Autor

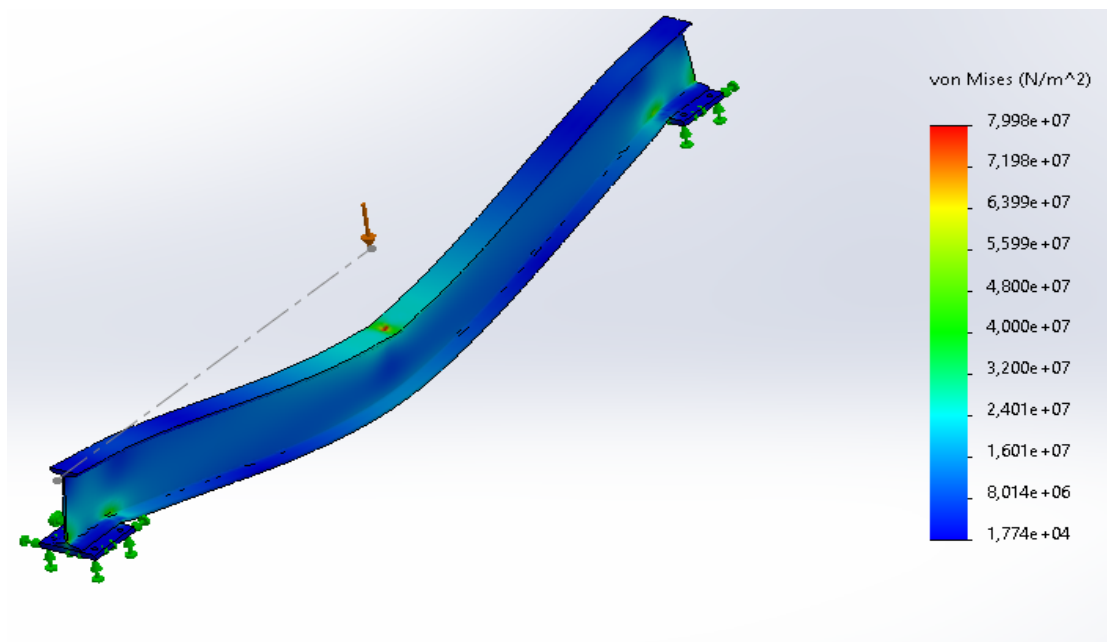


Figura 93. Esfuerzo de Von Mises de la viga principal, vista escala a 567,73. Fuente: Autor



Estos esfuerzos obtenidos mediante el software de elementos finitos están muy cercanos a los resultados obtenidos analíticamente, ver figura 87.

- **Deflexión o desviación máxima de la viga principal**

A continuación, se observa la deflexión máxima de la viga principal la cual está dada por la carga en el centro, presenta un desplazamiento de 0,564 mm, ver figura 91.

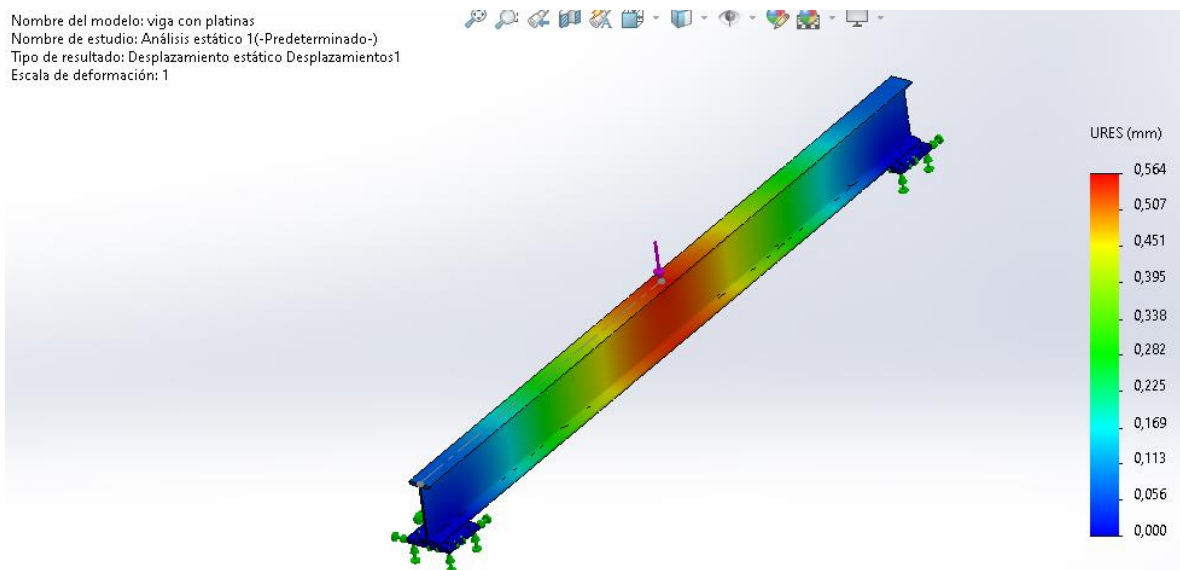


Figura 94. Deflexión o desviación máxima de la viga principal. Fuente: Autor

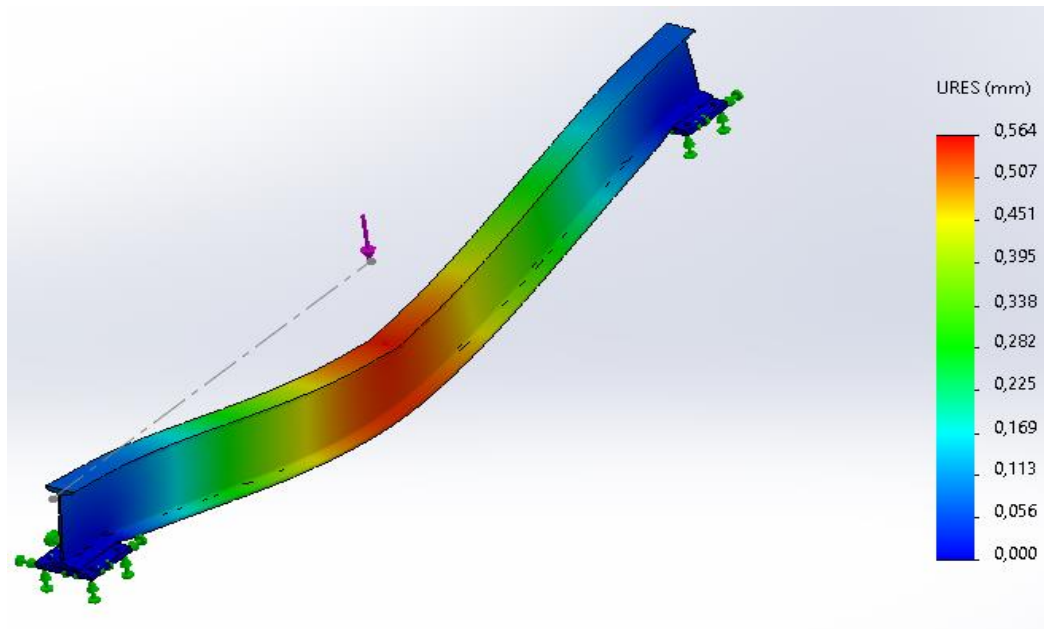


Figura 95. *Deflexión o desviación máxima de la viga principal, vista escala a 567,73.*

Fuente: Autor

- **Factores de seguridad de la viga principal**

Esta viga resistirá 3,126 veces la capacidad de carga en los puntos más críticos, ver Fig. 93.



Nombre del modelo: viga con platinas
 Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
 Criterio: Automático
 Distribución de factor de seguridad: FDS min = 3,1

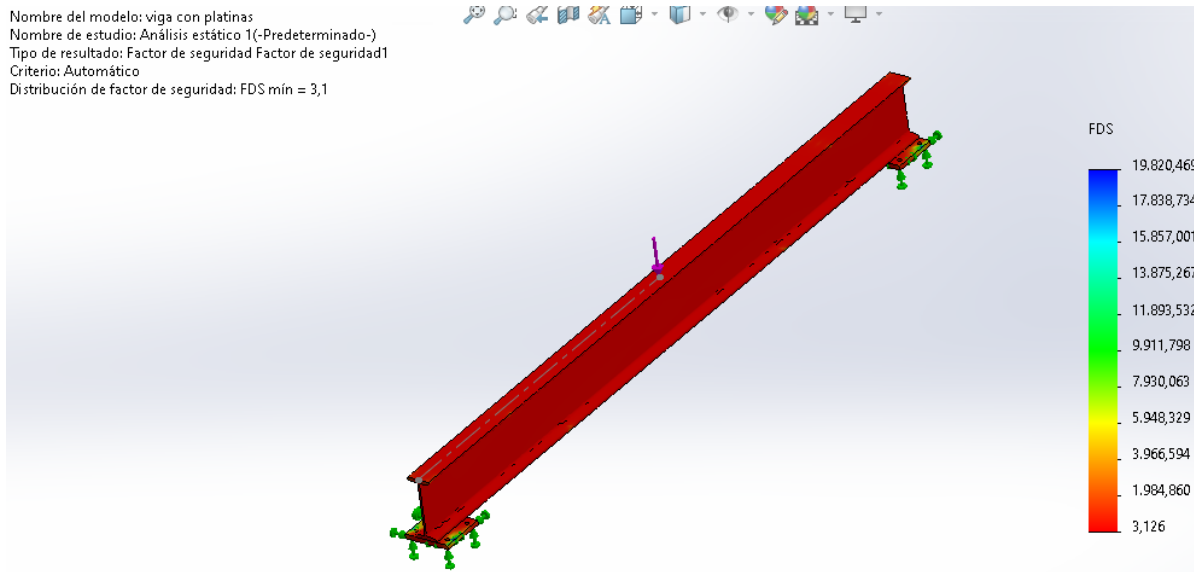


Figura 96. Factor de seguridad mínimo de la viga principal. Fuente: Autor

6.1.1.2 Carga en un extremo de la viga

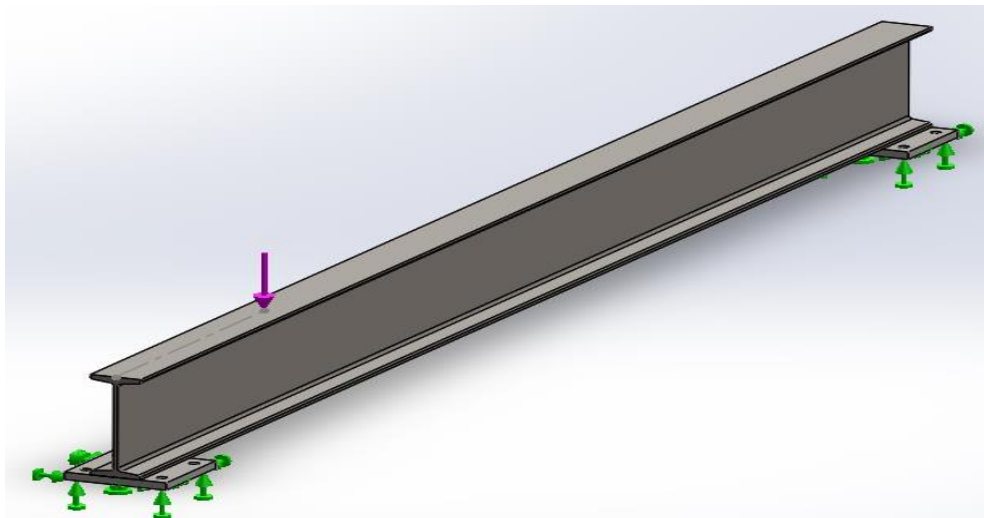


Figura 97. Carga en un extremo y apoyos de la viga principal. Fuente: Autor

- **Esfuerzo de Von mises**

Nombre del modelo: viga con platinas
 Nombre de estudio: Análisis estático 2(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 1

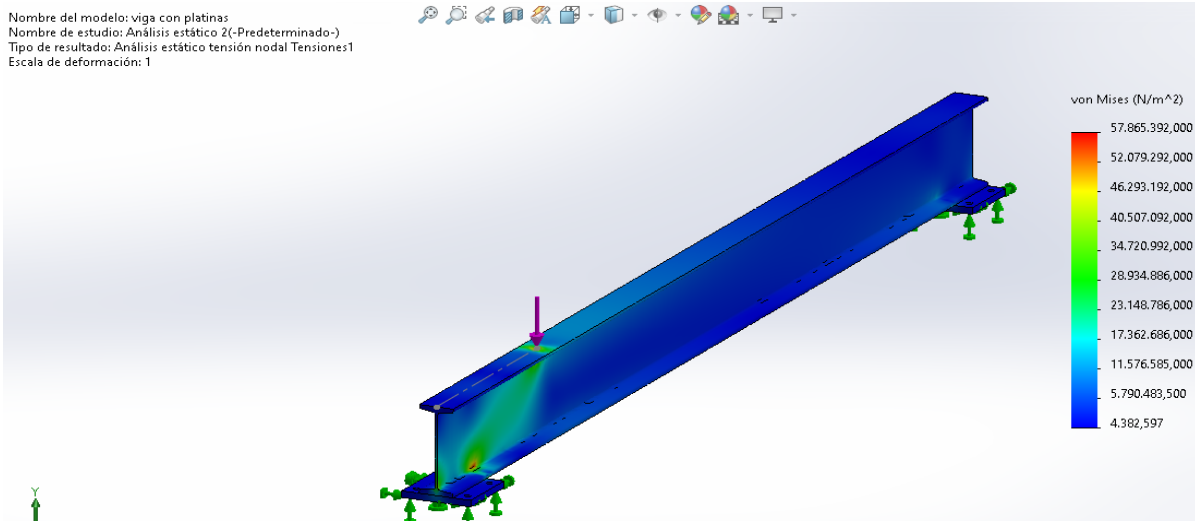


Figura 98. Esfuerzo de Von Mises en un extremo de la viga principal. Fuente: Autor

Los esfuerzos obtenidos mediante el software de elementos finitos están muy cercanos a los resultados obtenidos analíticamente, ver figura 95.

- **Factores de seguridad de la viga principal**

Esta viga resistirá 4,32 veces la capacidad de carga en los puntos más críticos, ver Fig. 96.

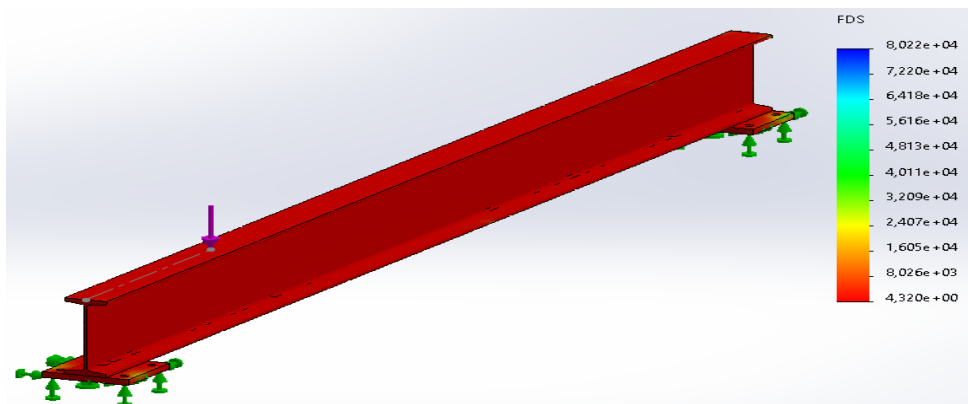


Figura 99. Factor de seguridad en un extremo de la viga principal. Fuente: Autor



6.1.2 Análisis platinas de apoyo de la viga principal

Según la norma, se supone que la carga se distribuye en el área de contacto viga-placa, la carga será de 23845 N., ver figura 97.

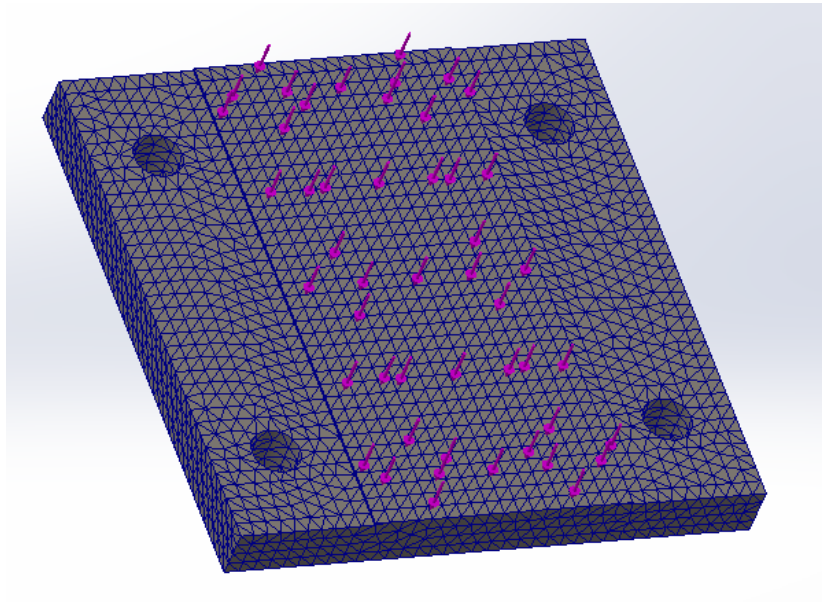


Figura 100. Distribución de cargas en la zona de contacto de platina y viga principal. Fuente: Autor

- Esfuerzo de Von mises

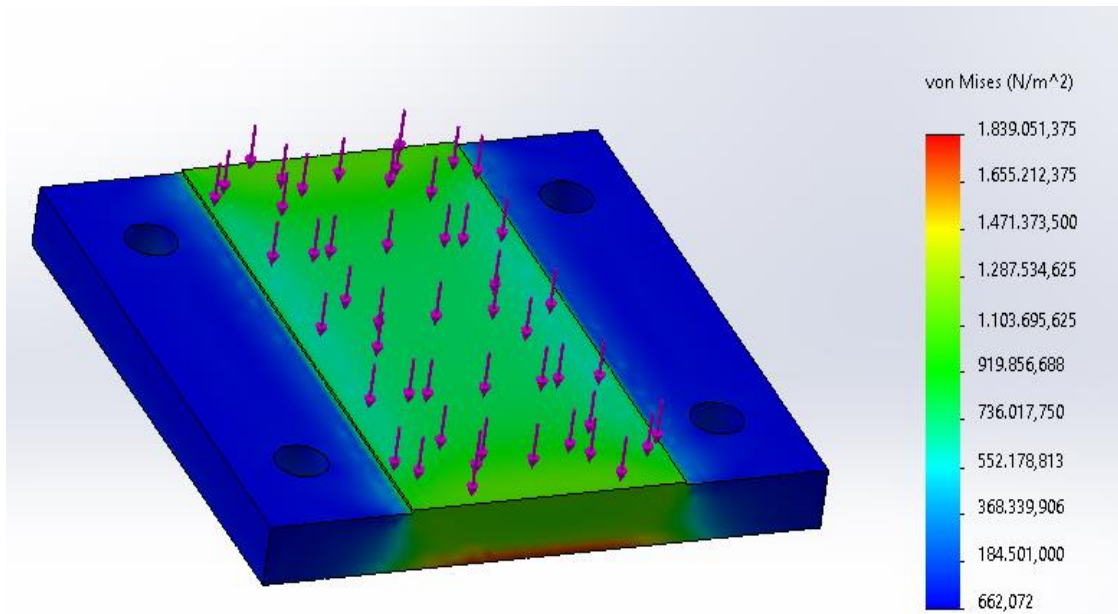


Figura 101. Esfuerzo de Von Mises en el área de contacto de la platina y la viga principal.

Fuente: Autor

El esfuerzo máximo que soporta la platina es de 1,8 Mpa lo cual no supera el esfuerzo permisible, ver figura 98.



6.1.3 Análisis de la estructura

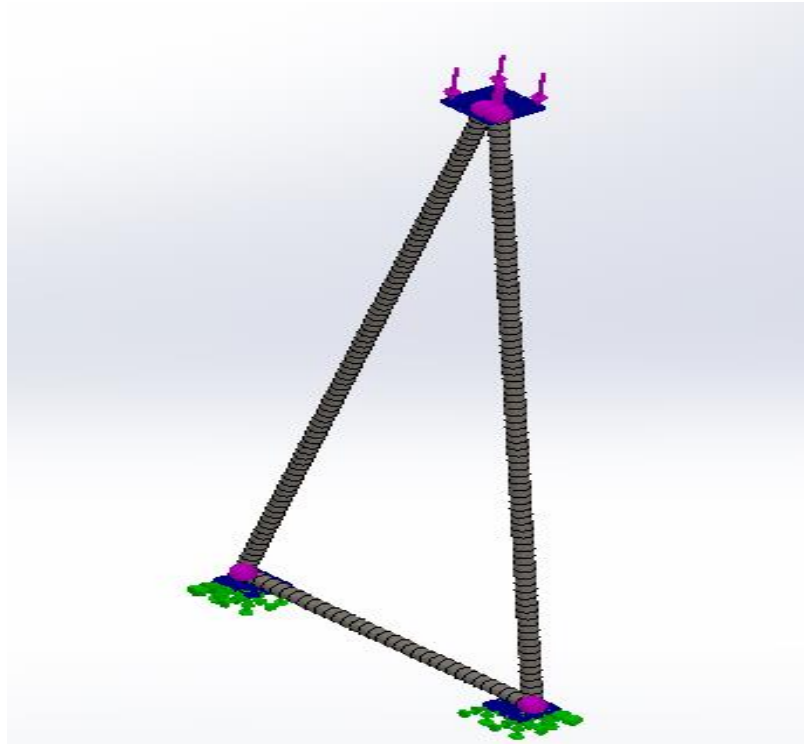


Figura 102. Esfuerzo de Von Mises en el área de contacto de la platina y la viga principal.

Fuente: Autor

- **Deflexión máxima de la estructura**

Mediante el software de análisis finito la deflexión máxima de la estructura presenta un desplazamiento de 0,366 mm, ver figura 100.

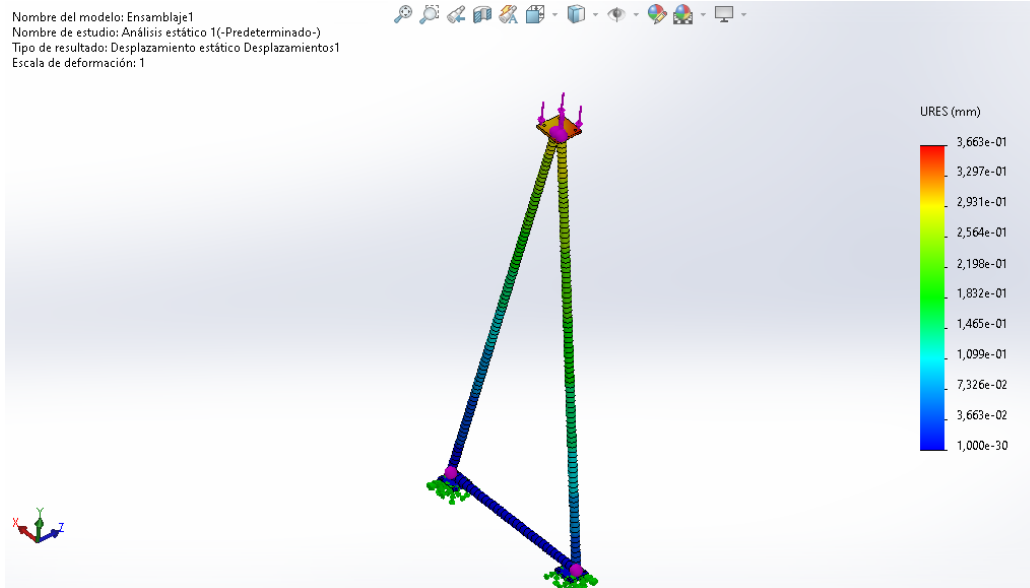


Figura 103. Deflexión máxima de la estructura. Fuente: Autor

- **Factores de seguridad de la estructura**

La estructura soportará 3,7 veces la capacidad de carga en los puntos más críticos, ver figura 101.

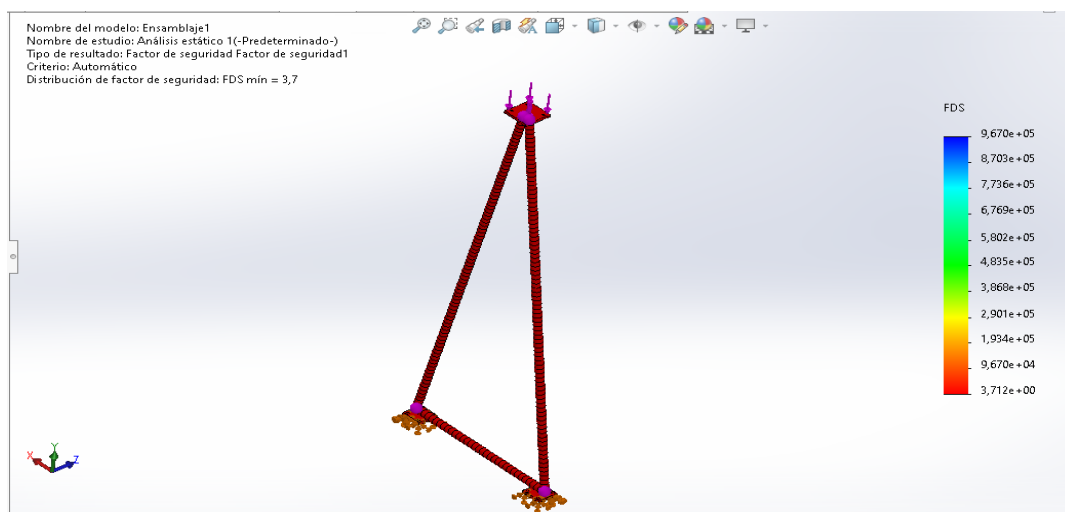


Figura 104. Factor de seguridad mínimo de la estructura 3,7. Fuente: Autor



6.1.4 Análisis de la platina inferior

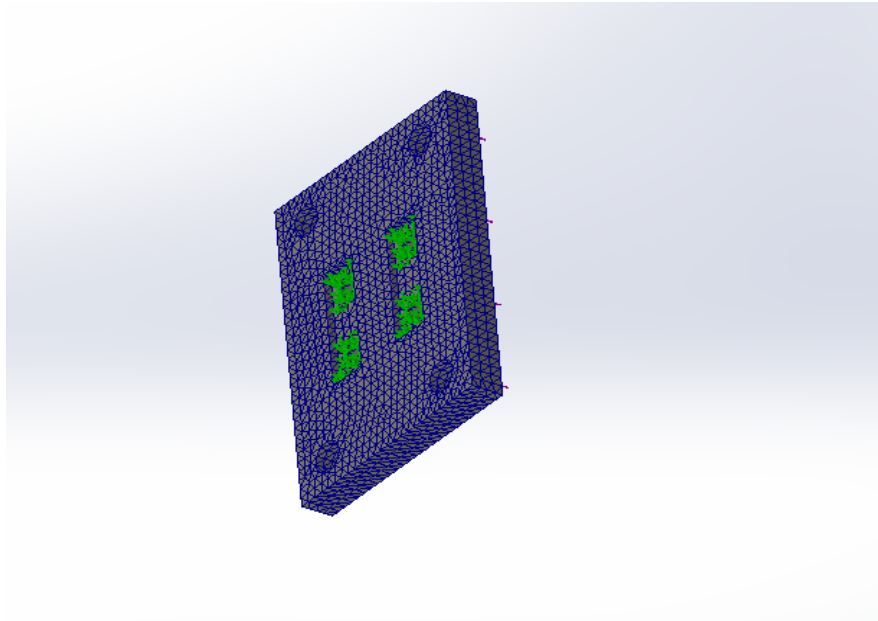


Figura 105. *Platina inferior – unión motorreductor a la estructura.* Fuente: Autor

- Esfuerzo de Von mises

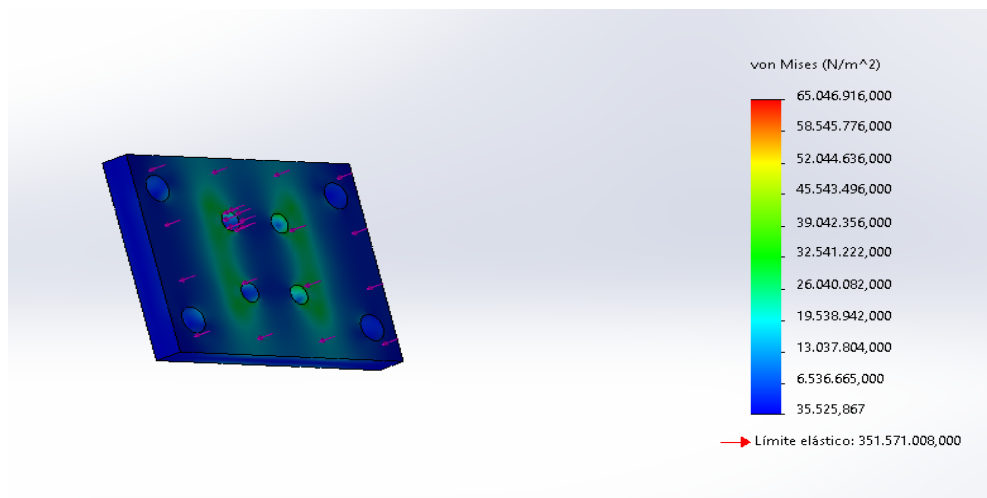


Figura 106. *Esfuerzo de Von Mises platina inferior.* Fuente: Autor



- **Deflexión máxima de la platina inferior**

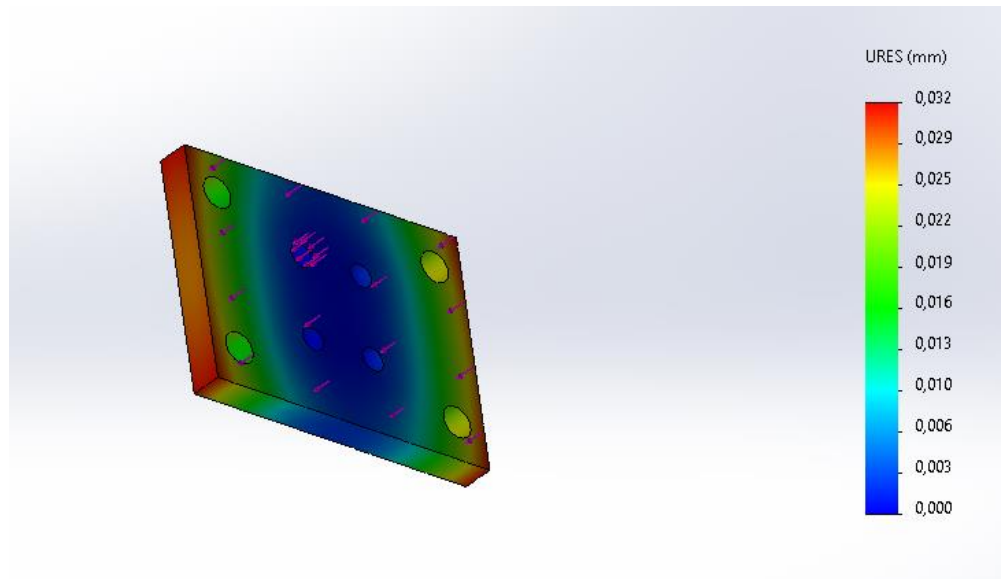


Figura 107. Deflexión máxima de la platina inferior 0,032 mm. Fuente: Autor

6.1.5 Análisis de la máquina como conjunto

El cálculo estático de la máquina se realizará primero en los dos puntos de carga en el centro de la viga y luego cerca del apoyo (en uno de sus extremos).

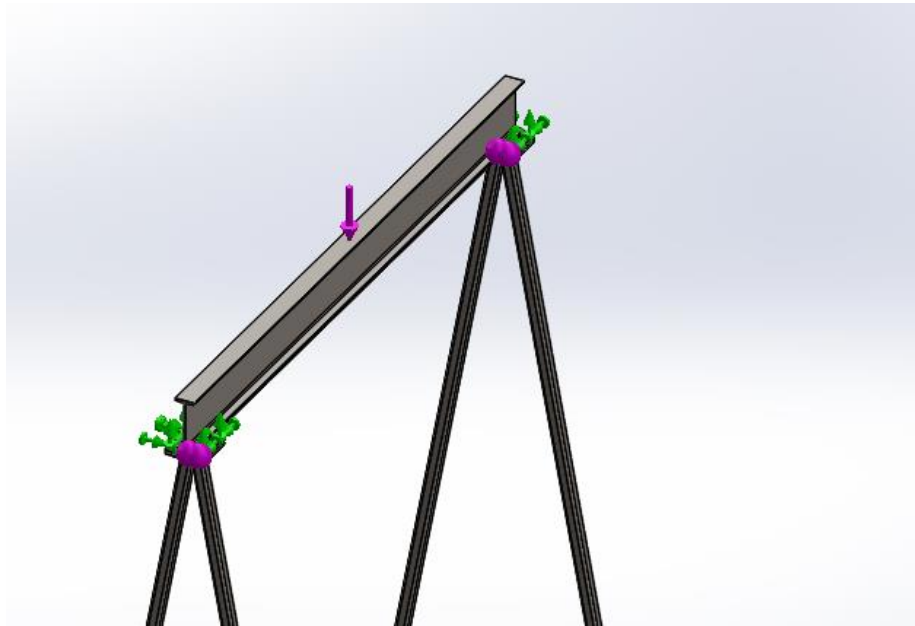


Figura 108. Análisis estático situada la carga en el centro de la viga. Fuente: Autor

Las platinas inferiores soportaran los mayores esfuerzos, dichos esfuerzos no sobrepasan el esfuerzo permisible por lo cual se corrobora el buen diseño de la máquina, ver figura 106.

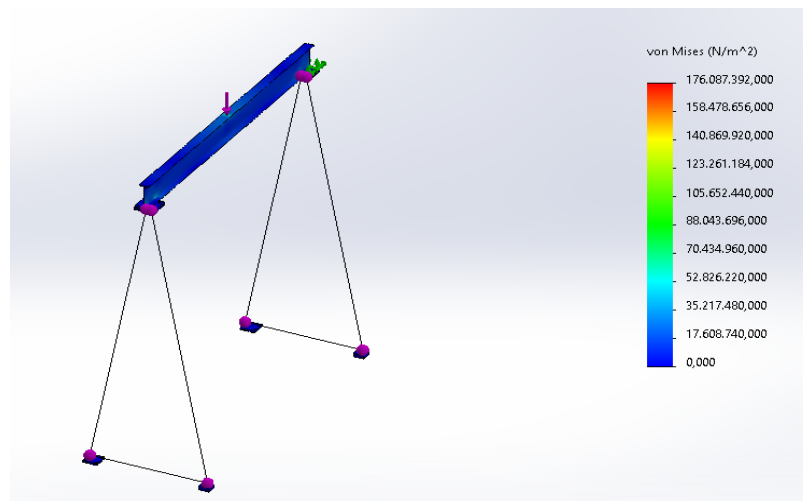


Figura 109. Esfuerzos sometidos en la máquina. Fuente: Autor



- **Deflexión máxima de la máquina**

Mediante el software de análisis de elementos finitos se muestra la deflexión máxima de la estructura la cual tiene un desplazamiento de 0,557 mm, ver figura 107.

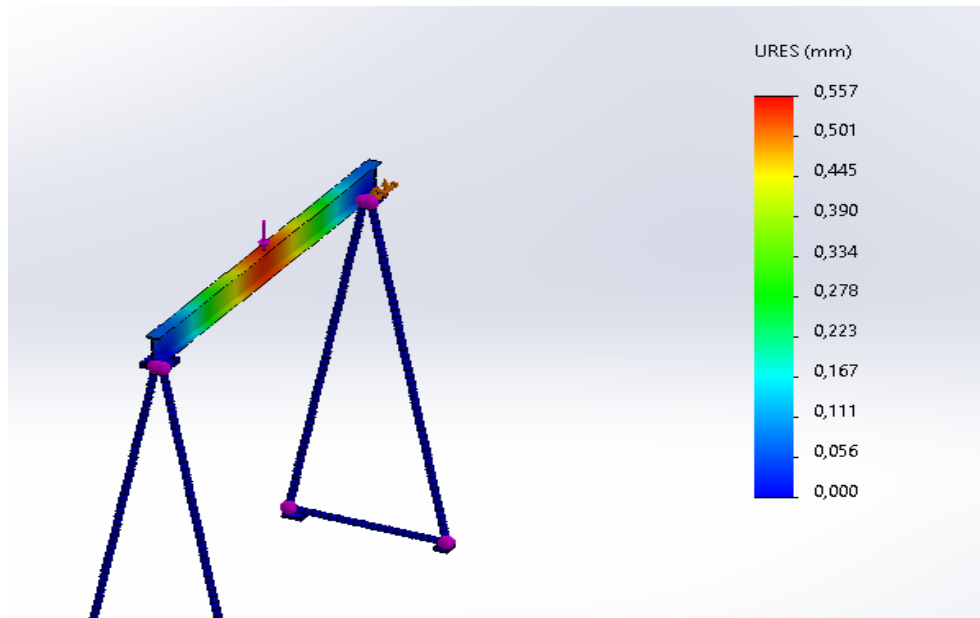


Figura 110. Desplazamiento máximo de la máquina. Fuente: Autor

- **Análisis estático de la máquina en uno de sus extremos**

Las platinas inferiores soportaran los mayores esfuerzos, dichos esfuerzos no sobrepasan el esfuerzo permisible determinando el buen diseño de la máquina, ver figura 108.

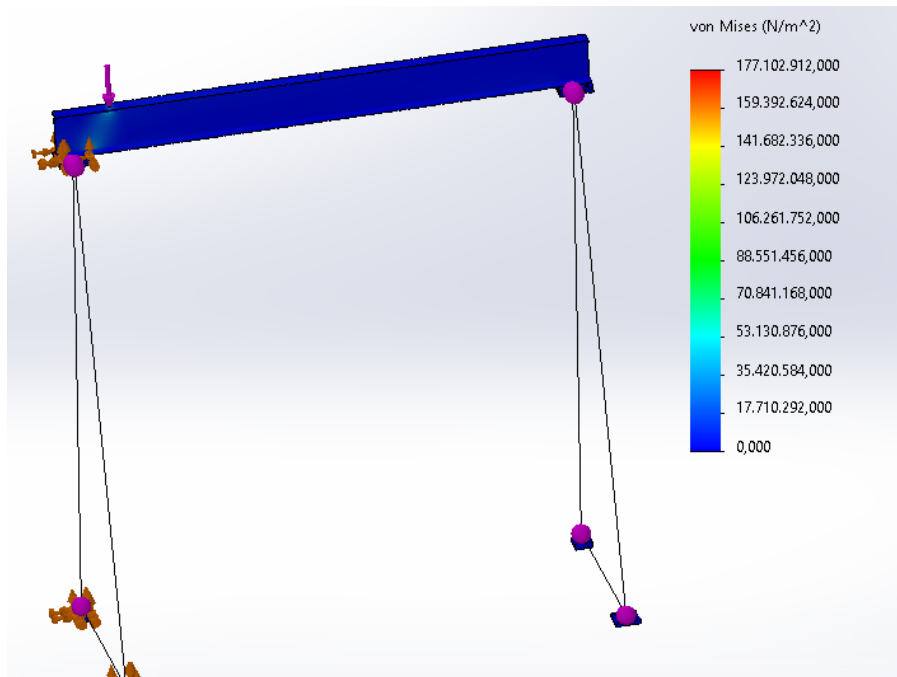


Figura 111. Esfuerzos sometidos en la máquina. Fuente: Autor

- **Deflexión de la máquina con carga en el apoyo**

La deflexión en uno de sus apoyos el cual tiene un desplazamiento de 0,0787 mm, ver figura 109.

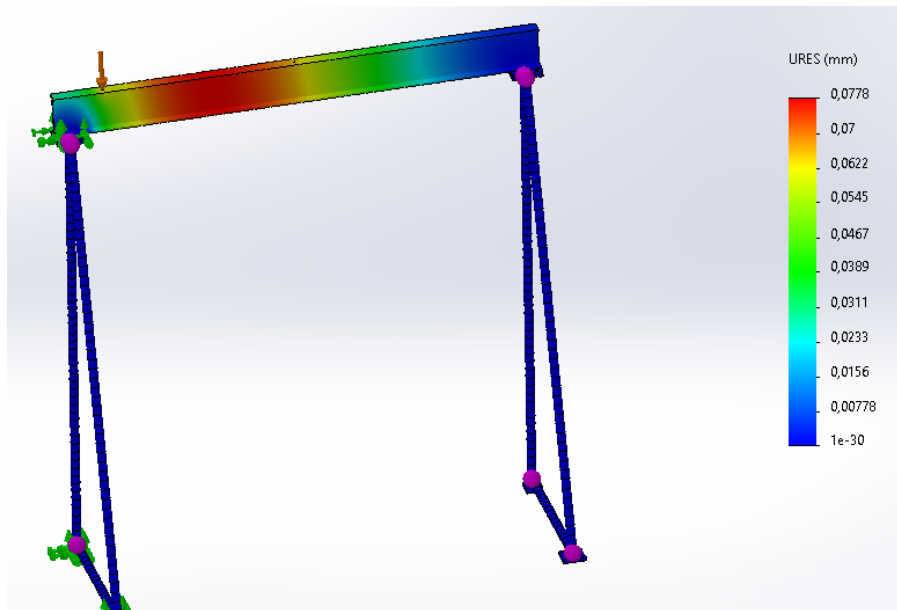


Figura 112. *Desplazamiento en uno de sus apoyos.* Fuente: Autor

6.2 Control de la máquina

A través de lógica cableada se brinda una solución de control a la máquina, donde se realizarán las conexiones necesarias para dar solución al desplazamiento (adelante, atrás, derecha e izquierda), la cual cuenta con dos motorreductores, el desplazamiento del Trolley (derecha e izquierda), desplazamiento del polipasto (arriba y abajo) y los dos sensores de contacto final de carrera.

6.2.1 Control de inicio

Para el control de inicio, se utiliza un interruptor normalmente abierto (NA), un contacto del termomagnético NA, un térmico NC y un indicador.

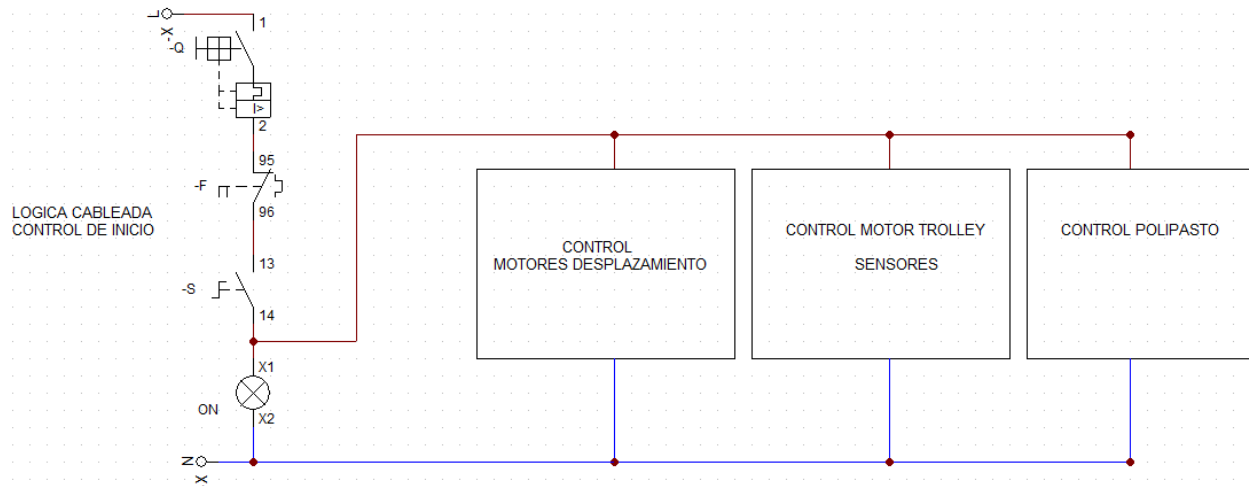


Figura 113. Circuito control de inicio. Fuente: Autor

6.2.2 Circuito de potencia y control de los motorreductores

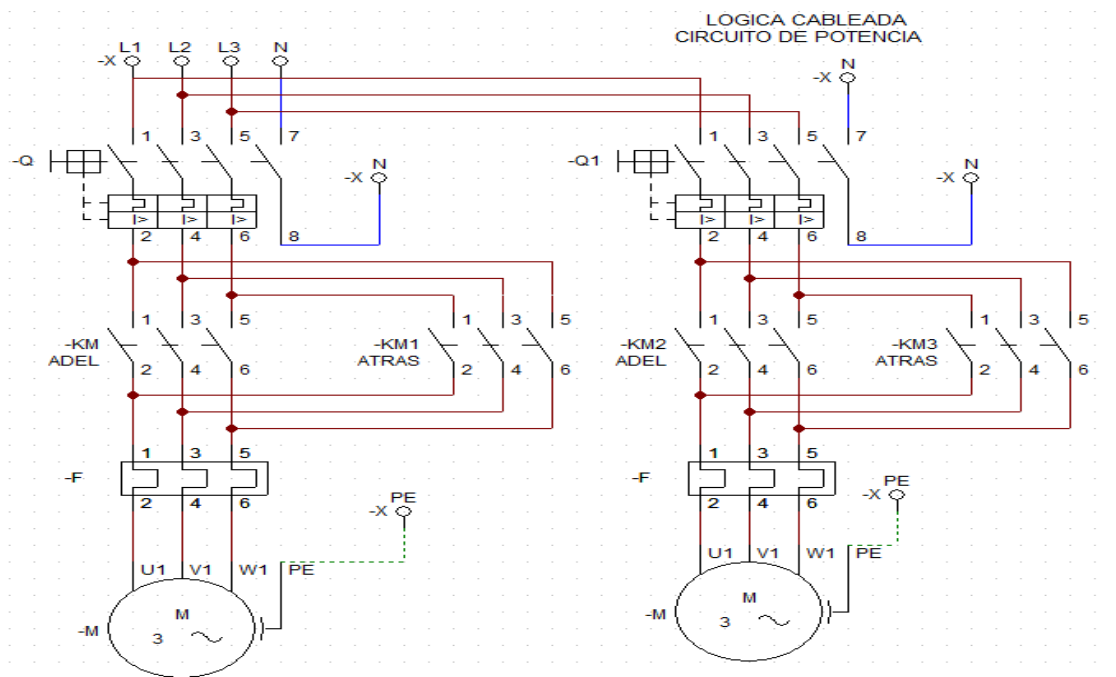


Figura 114. Circuito de potencia de los motorreductores. Fuente: Autor

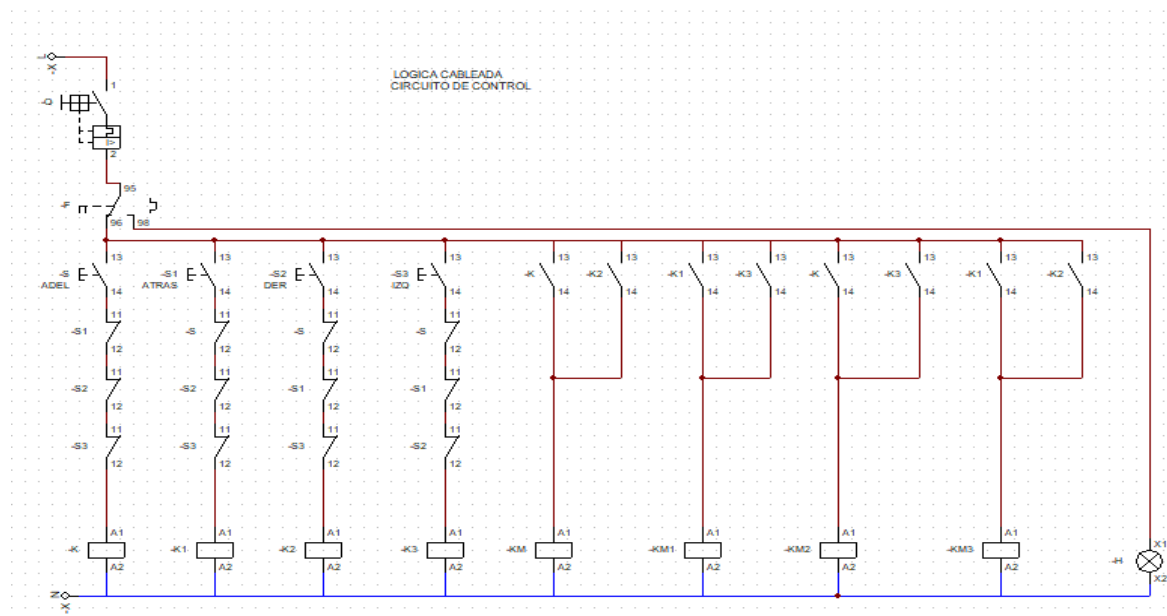


Figura 115. Circuito de control de los motorreductores. Fuente: Autor

6.2.3 Circuito de potencia y control del motor del Trolley y sensores finales de carrera

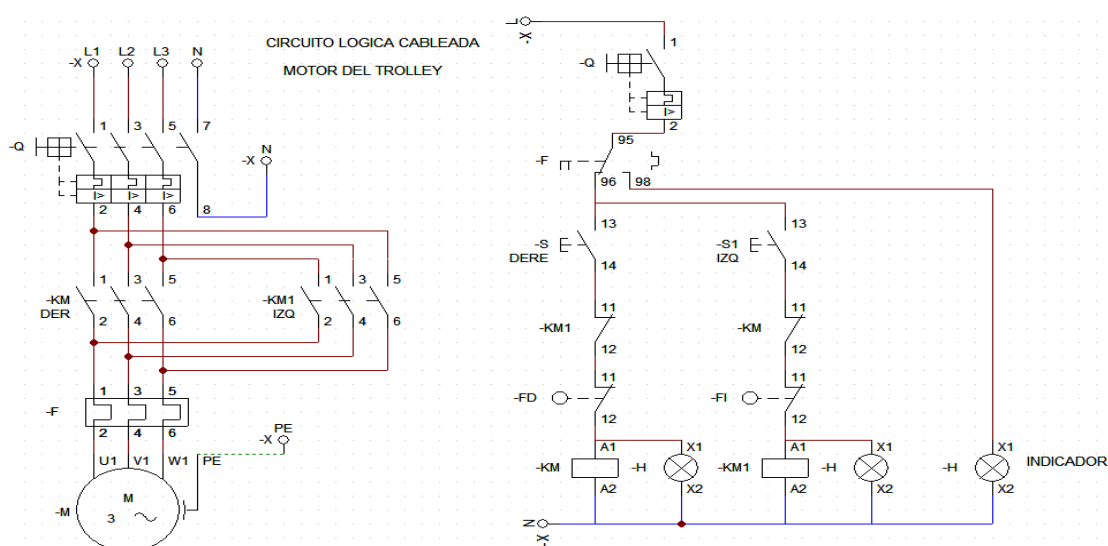


Figura 116. Circuito de potencia y control del motor del Trolley. Fuente: Autor

6.2.4 Circuito de potencia y control del motor del polipasto

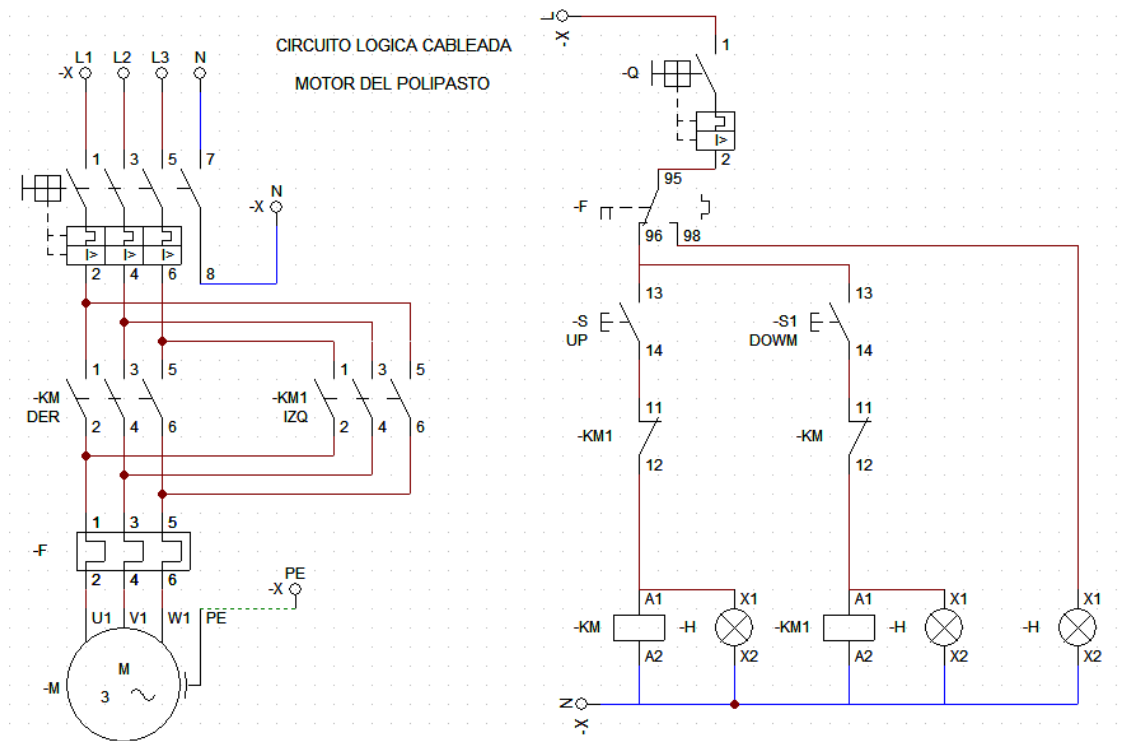


Figura 117. Circuito de potencia y control del motor del polipasto. Fuente: Autor

6.3 Manuales de la máquina

6.3.1 Seguridad

Los siguientes puntos se deben tomar en consideración al momento de requerir el uso de la máquina:

- La máquina solamente se podrá operar por personal calificado y autorizado por la



empresa.

- Se debe realizar una inspección preoperacional cada vez que se requiera el uso de la máquina.
- Levantar cargas dentro del peso de operación de la máquina (2 toneladas, máximo), tener presente que una sobrecarga puede generar daños irreversibles en la máquina.
- El operario no podrá descuidar el control demandando una vez se esté realizando una operación de desplazamiento de la carga, tener en consideración que la altura y la velocidad de desplazamiento sea la menor posible.
- Después de no utilizar la máquina por un periodo de tiempo igual o mayor a un mes se debe realizar una inspección de las piezas eléctricas y mecánicas de la máquina.

6.3.2 Operación de la máquina

Se debe llenar el formato preoperacional cada vez que se requiera el uso de la máquina con el objetivo de prevenir incidentes o accidentes laborales que coloquen en riesgo al personal, la máquina cuenta con un control de mando, ver figura 115.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

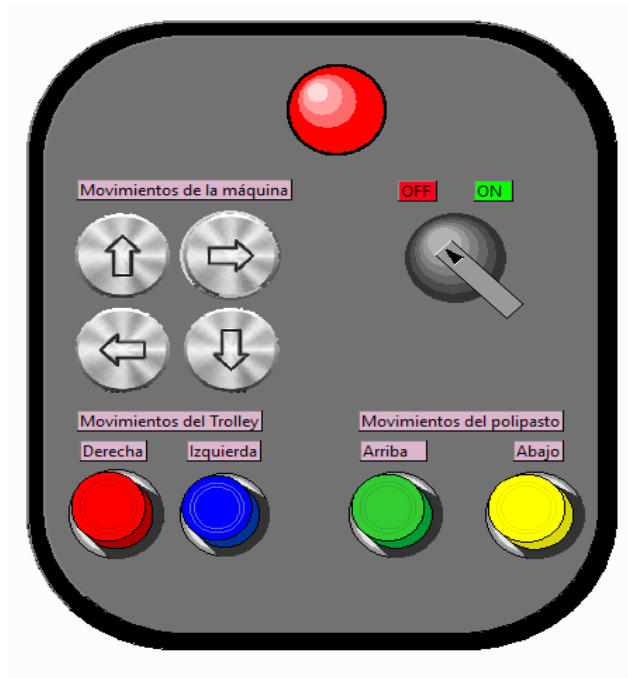


Figura 118. Control de mando de la máquina. Fuente: Autor

El control de mando cuenta con un interruptor de encendido y apagado, ocho pulsadores y un indicador cuando la máquina está en funcionamiento, como bien se sabe el método de control es lógica cableada y cada pulsador realizará una función diferente ya que la operación a realizar no es secuencial.

El interruptor de encendido o pagado de la máquina como su nombre lo indica se encargará de energizar los componentes eléctricos o cortar el suministro de energía, este interruptor solamente se pondrá activar cuando el operario haya realizado el registro preoperacional de la máquina y todo se encuentre en óptimas condiciones.

Los pulsadores en flecha indican el movimiento o dirección en la cual la máquina se desplazará y se deberá oprimir el pulsador para realizar el desplazamiento en la dirección que sea requerido, una vez se deje de oprimir el pulsador instantáneamente se detendrá el movimiento, en la siguiente



sección se tienen los pulsadores del Trolley el cual se deben mantener pulsados ya sea el de izquierda o derecha para realizar el movimiento ya que una vez se dejen de oprimir el movimiento se detendrá y por último se tendrá los pulsadores del polipasto que están encargados de mover la carga hacia arriba o abajo siempre y cuando el pulsador este oprimido.

6.3.3 Mantenimiento

Es importante que la máquina se encuentre en óptimas condiciones, a continuación, se indican las recomendaciones que se deben aplicar.

6.3.3.1 Correctivo

Cuando se requiera sustituir una pieza ya sea por una fractura, desgaste, fatiga entre otras, tener presente que se deberá sustituir sin modificar la máquina descritas en el presente proyecto, como cambios del material, dimensiones, retirar piezas de la máquina o agregar piezas modificando el diseño.

6.3.3.2 Preventivo

Esta máquina está diseñada para operar por ciertos lapsos de tiempo, por ende, no es recomendable que el operario extienda las horas de trabajo de la máquina; cuando la máquina quede inoperativa por periodos extensos de tiempo (mayores a un mes) el operario deberá llenar un formato de inspección por paro extendido de tiempo para revisar el estado en el que se encuentra la máquina.

6.3.3.3 Formatos de inspecciones

Durante la revisión recomendada a realizar a la máquina se encuentran los formatos, estos formatos dependen del tipo de inspección o revisión a realizar

6.3.3.3.1 Inspección preoperacional



Este formato se debe realizar cada vez que se va requerir el uso de la máquina y que el periodo de tiempo de la máquina no supere los 30 días por paro.

Inspección preoperacional			
Operario:			
	Estado		
Inspección visual	Bueno	Malo	Observaciones
Viga principal			
Estructura			
Platinas de unión viga - estructura			
Platinas de unión estructuras - rueda fijas			
Platinas de unión estructura - motorreductor			
Soldadura			
Gancho del polipasto			
Cadena del polipasto			
Trolley			
Control de mando			

6.3.3.3.2 Inspección después de un lapso de tiempo prolongado

Al momento de no utilizar la máquina por un lapso de tiempo mayor a 30 días se debe realizar este formato, ya que no se puede colocar en funcionamiento sin antes realizar la inspección.

Inspección después de un lapso de tiempo mayor de 30 días de la maquina en paro
--



Operario:			
	Estado		
Inspección visual	Bueno	Malo	Observaciones
Viga principal			
Estructura			
Platinas de unión viga - estructura			
Platinas de unión estructuras - rueda fijas			
Platinas de unión estructura - motorreductor			
Soldadura			
Gancho del polipasto			
Cadena del polipasto			
Trolley			
Control de mando			
Preventivo	Bueno	Cambio	Observaciones
Engrase general			
Sistema eléctrico			
Aceite de los motorreductores			
Realizar pruebas a la máquina durante 30 minutos			

6.3.3.3 Inspecciones trimestrales

Es recomendable realizar una inspección trimestral con el objetivo de verificar el estado del Trolley



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



y el polipasto por lo cual se deberá realizar el siguiente formato:

Inspecciones trimestrales			
Operario:			
	Estado		
Inspección visual	Bueno	Malo	Observaciones
Viga principal			
Estructura			
Platinas de unión viga - estructura			
Platinas de unión estructuras - rueda fijas			
Platinas de unión estructura - motorreductor			
Soldadura			
Control de mando			
Preventivo	Bueno	Cambio	Observaciones
Engrase general			
Sistema eléctrico			
Aceite de los motorreductores			
Trolley	En particular comprobar las partes siguientes * Placa lateral * Ruedas de carretilla * Barras transversales * Sujetadores		



Polipasto	En particular comprobar las partes siguientes * Conexiones roscadas en general * Contenedor de cadena * Pasadores de suspensión
Motorreductor	Verificar el nivel de aceite que contengan los motorreductores, esto evitara problemas futuros como lo son el desgaste de material y recalentamiento de las piezas



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



7. Conclusiones

- De acuerdo con las fuentes consultadas de los antecedentes y estudios realizados, se determina el diseño óptimo de la máquina el cual tiene una estructura tipo grúa pórtico monorriel, Pero dado que es necesario que la máquina se mueva en diferentes bahías de trabajo se han adaptado los dos motorreductores para dar solución al movimiento de la máquina, con sus respectivas capacidades, es por esto que para las ruedas se eligió el modelo LRS200 de pestaña modular ya que este cumple con la condición de soportar la carga máxima y para el motorreductor fue muy importante la masa por accionamiento y la velocidad de translación.
- El acero A36 es el material a utilizar en la viga principal y la estructura, el criterio que se utilizó para su selección fue contenido de carbono, fluencia a tensión y costo – comercialización; por ende, considerando estos parámetros este acero cuenta con una proporción más de carbono con lo cual la resistencia y límite de fluencia aumentan y su comercialización es muy común y se puede conseguir en las ciudades de Colombia.
- Se corroboraron los cálculos obtenidos analíticamente para el desarrollo de la estructura de la máquina con los arrojados por SolidWorks usando el complemento de método de los elementos finitos, obteniéndose una diferencia mínima entre estos. El esfuerzo con la carga en el centro de la viga el cual es el punto más crítico analíticamente fue de 76,24 Mpa y en el software es de 79,9 Mpa.
- El método más adecuado para controlar el funcionamiento de la máquina es la lógica cableada, debido a que su costo es mucho más reducido y no hay necesidad de reprogramar el circuito de control, otro factor importante es la intervención humana para la operación de la máquina y dar solución al funcionamiento dependiendo de las necesidades que se



requieran como movimientos del polipasto, Trolley y el desplazamiento de la máquina en sus 4 direcciones adelante, atrás, derecha e izquierda, ya que las operaciones que realizará no tienen un patrón de secuencia.



8. recomendaciones

- Seguir con el estudio relacionados al diseño de puentes grúas para brindar soluciones a problemas específicos que no se encuentran en el mercado actualmente.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



9. Referentes bibliográficos

- [1] Navitrans S.A. (8 de 09 de 2021). *Nuestra historia*. Obtenido de <https://www.navitrans.com.co/Nosotros/NuestraHistoria.aspx>
- [2] Acero Estructural (15 de 10 de 2021). Tipos de Acero Estructural Obtenido de tipos-de-acero-estructural-y-estructuras-de-acero_compress.pdf
- [3] Gremsa (11 de 09 de 2021). *Grúas, equipos y maquinaria*. Obtenido de <https://gruasgremsa.com.mx/que-es-una-grua/>
- [4] Hansecol (5 de 10 de 2021). *Grúas pluma*. Obtenido de <https://www.hansecol.com.co/productos/gruas-pluma/>
- [5] Hansecol (5 de 10 de 2021). *Grúas pluma columna*. Obtenido de <https://www.hansecol.com.co/productos/gruas-pluma/gruas-pluma-de-columna-ls/>
- [6] Hansecol (5 de 10 de 2021). *Grúas pluma mural*. Obtenido de <https://www.hansecol.com.co/productos/gruas-pluma/grua-pluma-mural-lw/>
- [7] Dfhoist (5 de 10 de 2021). *Grúas pluma movil*. Obtenido de [Grúas de pluma móvil Fabricante, proveedor, exportador en China - DFHOIST](#)
- [8] Aicrane (5 de 10 de 2021). *Grúas pluma movil*. Obtenido de [Grúas Giratorias De Columna Fija | Aicrane Grúas Plumas \(weihuagruapluma.cl\)](#)
- [9] Aicrane (5 de 10 de 2021). *Partes de grúa pluma*. Obtenido de [Partes De Grúa Pluma Giratoria - AICRANE Maquinaria Profesional](#)
- [10] Elesgru (5 de 10 de 2021). *Gruas torre*. Obtenido de <https://elesgru.com/gruas-torre/>
- [11] Obtenido de: [Partes-de-la-grua-torre.gif \(390×302\) \(bp.blogspot.com\)](#) (5 de 10 de 2021). *Imagen Partes de grúa torre*.
- [12] Abus (6 de 10 de 2021). *Puente grúa*. Obtenido de [Puentes grúa | ABUS Grúas S.L.U. \(abusgruas.es\)](#)



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



- [13] Obtenido de: <https://gruaportico.cl> (6 de 10 de 2021). *Puente grúa portico*. URL: [imgurl:https://gruaportico.cl/wp-content/uploads/2019/03/Puente-Gr%C3%BAa-P%C3%B3rtico-Port%C3%A1til-Con-Polipasto-M%C3%B3vil-.jpg](https://gruaportico.cl/wp-content/uploads/2019/03/Puente-Gr%C3%BAa-P%C3%B3rtico-Port%C3%A1til-Con-Polipasto-M%C3%B3vil-.jpg) - Bing
- [14] Femm (14 de 10 de 2021). *Puente grúa semipórtico*. Obtenido de: [Puente Grúas - Puentes Grúa - FEMM S.A.S. Bogotá Colombia \(puentegruasfemm.com\)](http://puentegruasfemm.com)
- [15] Ehow (16 de 10 de 2021). *Partes del puente grúa*. Obtenido de: [Partes de una grúa puente \(ehowenespanol.com\)](http://ehowenespanol.com)
- [16] Ellesen (16 de 10 de 2021). *Partes del puente grúa*. Obtenido de ellsenpuentegrua.es
- [17] Cummins (16 de 10 de 2021). *Motor ISM*. Obtenido de [Cummins ISM | International Camiones](http://CumminsISM.com)
- [18] ISM (16 de 10 de 2021). *Partes del Motor ISM*. Obtenido de [ISM | Cummins](http://ISM.com)
- [19] Instrumentación industrial (19 de 10 de 2021). Obtenido de Instrumentación industrial - Antonio Creus Solé - Google Libros
- [20] [Instrumentación industrial y diagramas : Control Automático de Procesos \(davinsony.com\)](http://Instrumentación industrial y diagramas : Control Automático de Procesos (davinsony.com))
- [21] Managua, Rodney Manuel Gadea (2019). *Mantenimiento integral y puesta en funcionamiento de un sistema de grúa hidráulica ubicado en el taller automotriz de la Facultad de Tecnología de la Industria*. Tesis de pregrado, Universidad nacional de ingeniería. Nicaragua.
- [22] Cuaical, F. P. (2011). *Sistemas ergonómicos aplicados al montaje y desmontaje de motores de combustión interna de vehículos*. Tesis de pregrado, Universidad técnica de Ambato. Ecuador.
- [23] Sandoval, Jhonatan V. A. (2017). *Diseño de un puente grúa para el transporte de motores diesel para el taller l&g diesel truck*. Tesis de pregrado, fundacion Universidad de América. Bogotá.
- [24] Tecniyale S.A.S (10 de 10 de 2021). *polipastos electrónicos de cadena* Obtenido de Polipastos eléctricos de cadena - Tecniyale S.A.S
- [25] Tecniyale S.A.S (20 de 10 de 2021). *Trolley*. Obtenido de: Trolleys - Tecniyale S.A.S



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



- [26] Diseño de elementos de máquinas. MOTT, Robert.
- [27] Fuerza cortante y momento flector (20 de 11 de 2021). Obtenido de <http://webdelprofesor.ula.ve/arquitectura/argicast/materias/materia2/CLAS>
- [28] Estructuras de acero (20 de 11 de 2021). Obtenido de: [McCormac. Estructuras de acero método LRFD. 2 ed. México: Alfaomega, 2002.](#)
- [29] Catedra de elementos finitos. (Marzo, 2013: Bogotá, Colombia). Fundación universidad de América.
- [30] [Demag](#) (22 de 11 de 2021). Obtenido de: [cranes & componentes. Catálogo, conjunto de ruedas Demag LRS. Madrid. p. 10.](#)
- [31] [Norton, Robert. Tornillos y sujetadores. En: Diseño de máquinas. 4 ed.](#)
- [32] Tabla de resistencia de pernos (22 de 11 de 2021). Obtenido de: [Tabla de Resistencia de Pernos \[2nv8m9k8volk\] \(idoc.pub\)](#)
- [33] Diseño en ingeniería mecánica de Shingley. 8 ed. Mexico: McGRaw-Hill, p.460. 23 Ibid, p. 469.
- [34] [Lógica cableada](#) (23 de 11 de 2021). [Obtenido de: Lógica cableada y lógica programada. - Jose Ribas | Blog Disseny Producte](#)
- [35] [Obtenido de: imagen motorreductor](#) (26 de 11 de 2021). [Motorreductor, URL: Imágenes Motorreductores \(expydoc.com\)](#)
- [36] [Sensor magneto térmico](#) (26 de 11 de 2021). [Obtenido de: Tipos de magneto térmicos y su utilización - Onulec](#)
- [37] [Contactor](#) (26 de 11 de 2021). [Obtenido de: Contactor Funcionamiento Monofasico y Trifasico \(areatecnologia.com\)](#)



[38] Sensor final de carrera (28 de 11 de 2021). Obtenido de: <https://sensorde.net/final-de-carrera/>

[39] Sensor final de carrera (28 de 11 de 2021). Obtenido de: Sensor magnético — MecatrónicaLATAM (mecatronicalatam.com)



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



10. Anexos

ANEXO A NORMA CMAA #74 TRADUCIDA AL ESPAÑOL

A.1 CLASIFICACIÓN DE GRÚAS

A.1.1 GENERAL

Se han establecido clases de servicio de manera que la grúa más económica para la instalación puede ser definida de acuerdo con estas especificaciones.

La clasificación de servicio se basa en el tipo de carga que refleja las condiciones reales de servicio lo más cerca posibles del espectro de carga en una media carga efectiva.

El espectro de carga es una carga media efectiva, que se distribuye uniformemente sobre una escala de probabilidad y se aplica al equipo a una frecuencia específica. La selección de la componente de la grúa de tamaño adecuado para llevar a cabo una función dada se determina por las magnitudes de carga variables y los ciclos de carga dada que se pueden expresar en términos del factor de carga media efectiva.

$$k = \sqrt[3]{(w_1)^3 p_1 + (w_2)^3 p_2 + (w_3)^3 p_3 \dots + (w_n)^3 p_n}$$

Dónde:

W: Magnitud de la carga expresa como una relación de cada levantó de carga a la capacidad nominal. Operación sin carga levantada y el peso de cualquier archivo adjunto debe ser incluida.

P: Probabilidad de carga, expresada como una relación de ciclos en cada condición magnitud de la carga a los ciclos totales. La suma total de la carga probabilidades



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



P debe ser igual a 1,0.

K: La media de factor de ocupación efectiva. (Utilizado para establecer única clase de servicio de la grúa)

Todas las clases de grúas se ven afectadas por las condiciones de funcionamiento, por lo tanto, el propósito de las clasificaciones, se asumen que la grúa estará operando en temperatura ambiente normal 0° - 104 °F y las condiciones atmosféricas normales (sin exceso de polvo, la humedad y corrosivos vapores)

Las grúas se pueden clasificar en grupos de carga de acuerdo con las condiciones de servicio de la parte más severamente cargada. Las partes individuales que están claramente separadas del resto, o formando una unidad estructural en sí misma, se pueden clasificar.

A.1.2 CLASE A (standby o servicios poco frecuentes)

Esta clase de servicio cubre las grúas que pueden ser utilizados en instalaciones tales como centrales eléctricas, los servicios públicos, salas de turbinas. Las cámaras de motores y centros de transformación donde se requiere un manejo preciso de los equipos a baja velocidad con períodos largos de inactividad, entre ascensores. Cargas de capacidad pueden ser manejadas para la instalación inicial del equipo y el mantenimiento frecuente.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



A.1.3 CLASE B (servicio ligero)

Este servicio cubre las grúas que se pueden usar en talleres de reparación, operaciones de montaje de luz, edificios de servicios, almacenamiento de luz, etc., en los que los requisitos de servicio son la luz, la velocidad es lenta. Las cargas pueden variar de vez en cuando sin carga a carga nominal completo con 2 a 5 elevaciones por hora promedio de 10 pies por elevación.

A.1.4 CLASE C (servicio moderado)

Este servicio cubre las grúas, que puede ser usado en talleres de máquinas o salas de máquinas fábrica de papel, etc., donde los requisitos de servicio son moderados. En este tipo de servicio de la grúa va a manejar cargas con un promedio del 50 por ciento de la capacidad nominal de 5 a 10 elevaciones por hora, con un promedio de 15 pies, no más de ciento del ascensor en la capacidad nominal.

A.1.5 CLASE D (servicio pesado)

Este servicio cubre la grúa que se puede utilizar en las tiendas de máquinas pesadas, fundiciones, plantas que fabrican, almacenes, patios de contenedores, aserraderos, etc., y cucharones de servicio estándar y las operaciones de imán donde se requiere la producción de alta resistencia en este tipo de servicio, cargas cercanas a 50 por ciento de la capacidad nominal será manejado constantemente durante el período de trabajo. Altas velocidades son deseables para este tipo de servicio con 10 a 20 ascensores por hora promedio de 15 pies, no más de 65 por ciento de los ascensores en la capacidad nominal.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



A.1.6 CLASE DE SERVICIO DE LA GRÚA EN CUANTO A LA CLASE DE CARGA Y CICLOS DE CARGA

Definición de clase de servicio de la grúa CMAA en términos de clase de carga y ciclos de carga

Clase de carga	Ciclos de carga				K= factor medio de carga efectiva
	N1	N2	N3	N4	
L1	A	B	C	D	0,35-0,53
L2	B	C	D		0,531-0,57
L3	C	D			0,671-0,85
L4	D				0,851-1
	Uso irregular ocasional seguido de largos periodos de inactividad	Uso regular en operación intermitente	Uso regular en operación continua	Uso regular en operación continua severa	



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



L1= Grúas que levantan la carga nominal excepcionalmente y normalmente cargas muy ligeras.

L2= Grúas que rara vez levantan la carga nominal y normalmente cargas alrededor de 1/3 de la parte de la carga nominal.

L3= Grúas que levantan la carga nominal con bastante frecuencia y normalmente cargas entre 1/3 y 2/3 de la carga nominal.

L4= Grúas que regularmente están cargadas próximas a la carga nominal.

A.1.2 Ciclos de carga

N1= Entre 20.000 y 100.000 ciclos.

N2= Entre 100.000 y 500.000 ciclos.

N3= Entre 500.000 y 2'000.000 ciclos. N4= Por encima de 2'000.000 ciclos

A.2 DISEÑO ESTRUCTURAL

A.2.1 Material. Todo el acero estructural debe cumplir la norma ASTM A-36 o especificaciones o será de un tipo aceptado para el propósito para el cual el acero se va a utilizar, siempre que las partes son proporcionadas a los factores de diseño comparables.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



A.2.2 Cargas. Las estructuras de la grúa se someten, en servicio, a las cargas repetidas que varía con el tiempo que inducen tensiones variables en los

miembros y las conexiones a través de la interacción del sistema estructural y las formas de sección transversal. las cargas que actúan sobre la estructura se dividen en tres considerado como cargas principales, a saber, las cargas muertas, que están siempre presentes; la carga del polipasto actuando durante cada ciclo; y las fuerzas de inercia que actúan durante los movimientos de grúas, componentes de la grúa, y un montón de elevación. Efectos de las cargas, tales como cargas de viento que operan, las fuerzas inclinadas, el análisis general de la fuerza y en el análisis de estabilidad. Otras cargas tales como colisión, de las cargas de viento de servicio, y cargas de ensayo aplicados durante la prueba de carga se consideran como cargas extraordinarias y excepto por colisión y de las cargas de viento de servicio no son parte de la especificación. Fuerzas sísmicas no se consideran en esta especificación de diseño. Sin embargo, si se requiere, las aceleraciones se especificarán en la elevación de la grúa ferroviaria por el propietario o especificador. Los niveles de tensión admisible en virtud de esta condición de carga serán acordadas con el fabricante de la grúa.

A.2.2.1 Carga muerta (DL). El peso de todas las partes eficaces de la estructura del puente, las piezas de maquinaria y el equipo fijo soportado por la estructura.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



A.2.2.2 Carga del polipasto y trolley (TL). El peso del trolley, del polipasto y de los equipos acoplados.

A.2.2.3 Carga viva de elevación (LL). La carga elevada consiste en la carga de trabajo y el peso de los dispositivos de elevación utilizados para la manipulación y la celebración de la carga de trabajo, tales como el bloque de carga, el levantamiento de la viga, cubo, un imán, agarrar y los otros dispositivos suplementarios.

A.2.2.4 Fuerzas de inercia vertical. Las fuerzas de inercia verticales incluyen aquellos debido al movimiento de las grúas o los componentes de la grúa y los debidos a la elevación o descenso de la carga del polipasto. Estas cargas adicionales se pueden incluir de una manera simplificada por la aplicación de un factor independiente para la carga muerta (DLF) y para la carga del polipasto (HLF) por el cual las cargas que actúan vertical, las fuerzas en los miembros o de los esfuerzos debidos a ellos deben estar multiplicadas.

A.2.2.5 Factor de carga muerta (DLF). Este factor sólo se refiere a las cargas muertas de la grúa, Trolley y sus equipos asociados y se tomará de acuerdo con la:

$$DLF = 1.1 \leq 1.05 + \frac{\text{Travel Speed (FPM)}}{2000} \leq 1.2$$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



A.2.2.6 Factor de carga del polipasto (HLF). Este factor se aplica al movimiento de la carga nominal de la dirección vertical, y cubre las fuerzas de inercia, fuerzas de

masa debido a la elevación súbita de la carga del polipasto y las incertidumbres en lo que permite otras influencias. El factor de carga del polipasto es de 0,5 por ciento de la velocidad de elevación en pies por minuto, pero no menos del 15 por ciento o más del 50 por ciento, a excepción de cangilones e imán grúas para el cual se tomará el valor de un 50 por ciento de la capacidad nominal de la cubeta o un imán elevador.

$$HLF = 0,15 \leq 0,005 * (\text{Velocidad de elevación del polipasto (FPM)}) \leq 0,5$$

A.2.2.7 Fuerzas de inercia de los polipastos (IFD). Las fuerzas de inercia se producen durante la aceleración o desaceleración de los movimientos de grúa y dependen de los pares de apriete y de frenado aplicadas por las unidades de transmisión y los frenos durante cada ciclo.

La carga lateral debida a la aceleración o desaceleración será un porcentaje de la carga vertical y se considerará como 7,8 veces la tasa de aceleración o desaceleración lateral (FT/s²), pero no menor que 2,5 por ciento de la carga vertical. Este porcentaje se aplicará tanto a las cargas dinámicas y estáticas, exclusivo de las carretillas del extremo. La carga viva se encuentra en la misma posición que en el cálculo de momento vertical. El momento de inercia de toda la sección de la viga sobre su eje vertical se puede utilizar para determinar las tensiones debidas a las fuerzas laterales. Las fuerzas de inercia durante la aceleración y desaceleración se calcularán en cada caso con el carro en la peor posición para el componente que se está analizando.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



A.3 COMBINACION DE CARGAS

Los esfuerzos combinados se pueden calcular para los siguientes casos de diseño:

A.3.1 Caso 1: Grúa en el uso regular bajo carga principales (nivel de esfuerzo 1)

$$DL(DLFB) + TL(DLFT) + LL(1 + HLF) + IFD$$

A.3.2 Caso 2: Grúa en uso regular en virtud de capital y de carga adicional (nivel de esfuerzo 2)

$$DL(DLFB) + TL(DLFT) + LL(1 + HLF) + IFD + WLO + SK$$

B.3.3 Caso 3: cargas extraordinarias (nivel de esfuerzo 3) Grúa sometido a cabo de viento de servicios

$$DL + TL + WLS$$

Grúa en colisión

$$DL + TL + LL + CF$$

CMAA recomienda carga de ensayo no supere el 125 por ciento de la carga nominal.



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



A.4 FLEXIÓN LOCAL DE LAS ALETAS DEBIDA A LA CARGA DE LAS RUEDAS

Cada carga en la rueda debe ser considerada como una carga concentrada aplicada en el centro de la rueda en contacto con la aleta. Los esfuerzos de flexión local en las aletas en la dirección lateral (x) y la dirección longitudinal (y) en ciertos puntos críticos se deben calcular con las siguientes formulas, dependiendo al perfil que se utilice.

A.4.1 Esfuerzos aplicados en el punto 0

$$\sigma_{X0} = C_{X0} \left(\frac{P}{Ta^2} \right) \quad \sigma_{Y0} = C_{Y0} \left(\frac{P}{Ta^2} \right)$$

A.4.2 Esfuerzos aplicados en el punto 1

$$\sigma_{X1} = C_{X1} \left(\frac{P}{Ta^2} \right) \quad \sigma_{Y1} = C_{Y1} \left(\frac{P}{Ta^2} \right)$$

A.4.3 Esfuerzos aplicados en el punto 2

$$\sigma_{X2} = C_{X2} \left(\frac{P}{Ta^2} \right) \quad \sigma_{Y2} = C_{Y2} \left(\frac{P}{Ta^2} \right)$$



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



A.4.4 Valores de C para perfiles estándar

$$C_{x0} = -1,096 + 1,095\lambda + 0,192e - 6$$

$$C_{x1} = 3,963 - 4,835\lambda - 3,965e - 2,675$$

$$C_{y0} = -0,981 - 1,479\lambda + 1,120e - 1,322$$

$$C_{y1} = 1,810 - 1,150\lambda + 1,060e - 7,70$$

$$t_a = t_f - \left[\frac{b}{24} \right] + \left[\frac{a}{6} \right]$$

$$\lambda = \frac{2a}{b - t_w}$$

Dónde:

P = carga por llanta incluyendo HLF en libras

t_a =Espesor de la aleta al punto de aplicación de la carga en pulgadas

t_w = Espesor del alma en pulgadas

t_t = Espesor de la aleta publicado en catálogos en pulgadas

a = Distancia desde el borde de la aleta al punto de la aplicación de la carga de la llanta en pulgadas

b = Ancho de la sección transversal de la aleta en pulgadas

e = Base del logaritmo natural con valor 2.71828



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Los esfuerzos localizados debidos a los efectos de flexión local impuestos por la carga de la llanta se calculan en los puntos 0 y 1 que son combinados con los esfuerzos debidos a la carga del caso 2. Al calcular la combinación de esfuerzos, los esfuerzos de flexión de la aleta tendrán que ser disminuidos un 75% del valor calculado en la flexión local de la aleta debido a la carga de la llanta.

El valor de los esfuerzos combinados (σ_t) no puede exceder el esfuerzo permisible.

ANEXO B

Perfil IPN dimensiones y propiedades.

Tabla 1. Perfiles IPN. Dimensiones y propiedades

Designación IPN	Peso P	Área A	Dimensiones						Propiedades					
			Radios		Alas			Alma	Eje X			Eje Y		
			R1	R2	bf	tf	d	tw	lx	Sx	rx	ly	Sy	ry
d mm	Kg-f/m	cm ²	mm		mm			mm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
IPN 60	4,20	5,35	3,40	1,90	34,00	5,30	60	3,60	30,40	10,10	2,38	3,04	1,79	0,75
IPN 80	6,10	7,77	3,90	2,30	42,00	5,90	80	4,20	78,40	19,60	3,18	6,29	2,99	0,90
IPN 100	8,34	10,60	4,50	2,70	50,00	6,80	100	4,50	170	34,10	4,00	12,10	4,86	1,07
IPN 120	11,10	14,20	5,10	3,10	58,00	7,70	120	5,10	327	54,50	4,80	21,40	7,38	1,23
IPN 140	14,30	18,20	5,70	3,40	66,00	8,60	140	5,70	572	81,80	5,60	35,10	10,60	1,39
IPN 160	17,90	22,80	6,30	3,80	74,00	9,50	160	6,30	934	117	6,40	34,60	14,70	1,55
IPN 180	21,90	27,90	6,90	4,10	82,00	10,40	180	6,90	1440	160	7,20	31,20	19,80	1,71
IPN 200	26,20	33,40	7,50	4,50	90,00	11,30	200	7,50	2140	214	8,00	44,60	25,90	1,87
IPN 240	36,20	46,10	8,70	5,20	106	13,10	240	8,70	4240	353	9,59	66,00	41,50	2,19
IPN 300	54,20	69,00	10,80	6,50	125	16,20	300	10,80	8790	652	11,94	104,00	61,90	2,55
IPN 320	61,00	77,80	11,50	6,90	131	17,30	320	11,50	12510	782	12,70	114,00	68,70	2,67
IPN 340	68,00	86,80	12,20	7,30	137	18,30	340	12,20	15700	923	13,50	126,00	75,40	2,80
IPN 360	76,10	97,10	13,00	7,80	143	19,50	360	13,00	19610	1090	14,20	140,00	82,90	2,90
IPN 380	84,00	107,00	13,70	8,20	149	20,50	380	13,70	24010	1260	15,00	156,00	91,90	3,02
IPN 400	92,40	118,00	14,40	8,60	155	21,60	400	14,40	29210	1460	15,70	174,00	101,90	3,13
IPN 425	104,00	132,00	15,30	9,20	163	23,00	425	15,30	36970	1740	16,70	204,00	116,90	3,30
IPN 450	115,00	147,00	16,20	9,70	170	24,30	450	16,20	45850	2040	17,70	234,00	131,90	3,43
IPN 475	128,00	163,00	17,10	10,30	178	25,60	475	17,10	56480	2380	18,60	274,00	149,90	3,60
IPN 500	141,00	179,00	18,00	10,80	185	27,00	500	18,00	68740	2750	19,60	324,00	170,90	3,72
IPN 550	166,00	212,00	19,00	11,90	200	30,00	550	19,00	99180	3610	21,60	434,00	224,90	4,02
IPN 600	199,00	254,00	21,60	13,00	215	32,40	600	21,60	139000	4630	23,40	564,00	284,90	4,30



SC-CER96940

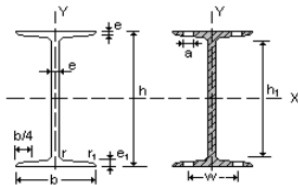


"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



Perfiles IPN



A = Área de la sección
 S_x = Momento estático de media sección, respecto a X.
 I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X.
 $W_x = 2I_x : h$: h. Módulo resistente de la sección, respecto a X.
 $i_x = (I_x : A)^{1/2}$: Radio de giro de la sección, respecto a X.
 I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y.
 $W_y = 2I_y : b$: b. Módulo resistente de la sección, respecto a Y.
 $i_y = (I_y : A)^{1/2}$: Radio de giro de la sección, respecto a Y.
 I_t = Módulo de torsión de la sección.
 I_a = Módulo de alabeo de la sección.
 u = Perímetro de la sección.
 a = Diámetro del agujero del roblón normal.
 w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros.
 h_1 = Altura de la parte plana del alma.
 e_2 = Espesor del ala en el eje del agujero.
 p = Peso por metro.

Perfil	Dimensiones							Términos de sección										Agujeros			Peso p kg/m
	h mm	b mm	e = r mm	e ₁ mm	r ₁ mm	h ₁ mm	u mm	A cm ²	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _t cm ⁴	I _a cm ⁴	w mm	a mm	e ₂ mm	
IPN 80	80	42	3,9	5,9	2,3	59	304	7,58	11,4	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	0,93	87,5	22	-	4,43	5,95
IPN 100	100	50	4,5	6,8	2,7	75	370	10,6	19,9	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	1,72	268	28	-	5,05	8,32
IPN 120	120	58	5,1	7,7	3,1	92	439	14,2	31,8	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	2,92	685	32	-	5,67	11,2
IPN 140	140	66	5,7	8,6	3,4	109	502	18,3	47,7	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	4,66	1540	34	11	6,29	14,4
IPN 160	160	74	6,3	9,5	3,8	125	575	22,8	68,0	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	7,08	3138	40	11	6,91	17,9
IPN 180	180	82	6,9	10,4	4,1	142	640	27,9	93,4	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	10,3	5924	44	13	7,53	21,9
IPN 200	200	90	7,5	11,3	4,5	159	709	33,5	125	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	14,6	10520	48	13	8,15	26,3
IPN 220	220	98	8,1	12,2	4,9	175	775	39,6	162	3060	278	8,80	162	33,1	2,02	20,1	17760	52	13	8,77	31,1
IPN 240	240	106	8,7	13,1	5,2	192	844	46,1	206	4250	354	9,59	221	41,7	2,20	27,0	28730	56	17	9,39	36,2
IPN 260	260	113	9,4	14,1	5,6	208	906	53,4	257	5740	442	10,4	288	51,0	2,32	36,1	44070	60	17	10,15	41,9
IPN 280	280	119	10,1	15,2	6,1	225	966	61,1	316	7590	542	11,1	364	61,2	2,45	47,8	64580	62	17	11,04	48,0
IPN 300	300	125	10,8	16,2	6,5	241	1030	69,1	381	9800	653	11,9	451	72,2	2,56	61,2	91850	64	21	11,83	54,2
IPN 320	320	131	11,5	17,3	6,9	257	1090	77,8	457	12510	782	12,7	555	84,7	2,67	78,2	128800	70	21	12,72	61,1
IPN 340	340	137	12,2	18,3	7,3	274	1150	86,8	540	15700	923	13,5	674	98,4	2,80	97,5	176300	74	21	13,51	68,1
IPN 360	360	143	13,0	19,5	7,8	290	1210	97,1	638	19610	1090	14,2	818	114	2,90	123	240100	76	23	14,50	76,2
IPN 380	380	149	13,7	20,5	8,2	306	1270	107	741	24010	1260	15,0	975	131	3,02	150	318700	82	23	15,29	84,0
IPN 400	400	155	14,4	21,6	8,6	323	1330	118	857	29210	1460	15,7	1160	149	3,13	183	419600	86	23	16,18	92,6
IPN 450	450	170	16,2	24,3	9,7	363	1478	147	1200	45850	2040	17,7	1730	203	3,43	288	791100	94	25	18,35	115



SC-CER96940

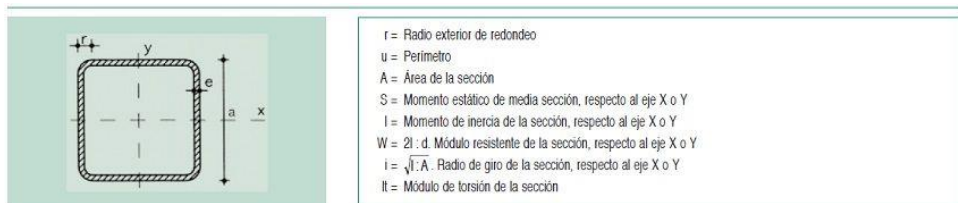


“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
 www.unipamplona.edu.co



ANEXO C

Perfiles cuadrados



Perfil	Dimensiones				Términos de sección						Peso	
	a mm	e mm	r mm	u mm	A cm ²	S cm ³	I cm ⁴	W cm ³	i cm	I _x cm ⁴	p kg/m	P
# 40.2	40	2	5	151	2,90	2,04	6,60	3,40	1,53	11,3	2,28	P
# 40.3	40	3	8	147	4,13	2,80	9,01	4,51	1,48	15,6	3,24	P
# 40.4	40	4	10	143	5,21	3,40	10,50	5,26	1,42	18,9	4,09	P
# 45.2	45	2	5	171	3,30	2,63	9,94	4,42	1,74	16,3	2,59	C
# 45.3	45	3	8	167	4,73	3,65	13,40	5,95	1,68	22,9	3,71	C
# 45.4	45	4	10	163	6,01	4,49	15,90	7,07	1,63	28,2	4,72	C
# 50.2	50	2	5	191	3,70	3,30	13,90	5,57	1,94	22,7	2,91	P
# 50.3	50	3	8	187	5,33	4,62	19,00	7,59	1,89	32,0	4,18	P
# 50.4	50	4	10	183	5,81	5,73	22,90	9,15	1,83	39,9	5,35	P
# 55.2	55	2	5	211	4,10	4,04	18,90	6,86	2,14	30,5	3,22	C
# 55.3	55	3	8	207	5,93	5,70	25,90	9,43	2,09	43,4	4,66	C
# 55.4	55	4	10	203	7,61	7,12	31,60	11,50	2,04	54,5	5,97	C
# 60.2	60	2	5	231	4,50	4,86	24,80	8,28	2,35	39,9	3,53	P
# 60.3	60	3	8	227	6,53	6,89	34,40	11,50	2,30	57,1	5,13	P
# 60.4	60	4	10	223	8,41	8,66	42,30	14,10	2,24	72,2	6,60	P
# 60.5	60	5	13	219	10,10	10,20	48,50	16,20	2,19	85,2	7,96	C
# 70.2	70	2	5	271	5,30	6,71	40,30	11,50	2,76	64,1	4,16	P
# 70.3	70	3	8	267	7,73	9,60	56,60	16,20	2,71	92,6	6,07	P
# 70.4	70	4	10	263	10,00	12,20	70,40	20,10	2,65	118,0	7,86	P
# 70.5	70	5	13	259	12,10	14,50	82,00	23,40	2,60	141,0	9,53	P
# 80.3	80	3	8	307	8,93	12,80	86,60	21,70	3,11	140,0	7,01	P
# 80.4	80	4	10	303	11,60	16,30	108,80	27,20	3,06	180,0	9,11	P
# 80.5	80	5	13	299	14,10	19,50	128,00	32,00	3,01	217,0	11,10	P
# 80.6	80	6	15	294	16,50	22,40	144,00	36,00	2,95	250,0	13,00	C
# 90.3	90	3	8	347	10,10	16,40	126,00	37,90	3,52	202,0	7,95	P
# 90.4	90	4	10	343	13,20	21,10	159,00	35,40	3,47	281,0	10,40	P
# 90.5	90	5	13	339	16,10	25,30	189,00	41,90	3,42	316,0	12,70	P
# 90.6	90	6	15	334	18,90	29,20	214,00	47,60	3,36	366,0	14,90	P
# 100.3	100	3	8	387	11,30	20,10	175,00	35,00	3,93	279,0	8,89	P
# 100.4	100	4	10	383	14,80	26,40	223,00	44,60	3,88	363,0	11,60	P
# 100.5	100	5	13	379	18,10	31,90	266,00	53,10	3,83	440,0	14,20	P
# 100.6	100	6	15	374	21,30	37,00	304,00	60,70	3,77	513,0	16,70	P
# 120.4	120	4	10	463	18,00	38,90	397,00	66,20	4,70	638,0	14,10	P
# 120.5	120	5	13	459	22,10	47,20	478,00	79,60	4,64	780,0	17,40	P
# 120.6	120	6	15	454	26,10	55,10	551,00	91,80	4,59	913,0	20,50	C
# 140.5	140	5	13	539	26,10	65,60	780,00	111,00	5,46	260,0	20,50	P
# 140.6	140	6	15	534	30,90	76,80	905,00	129,00	5,41	480,0	24,30	P
# 140.8	140	8	20	526	40,00	97,50	1.130,00	161,00	5,30	890,0	31,40	P
# 160.5	160	5	13	619	30,10	86,90	1.190,00	149,00	6,28	1.901,0	23,70	P
# 160.6	160	6	15	614	35,70	102,00	1.390,00	173,00	6,23	2.240,0	28,00	P
# 160.8	160	8	20	609	46,40	131,00	1.740,00	218,00	6,12	2.890,0	36,50	P
# 170.5	170	5	13	659	32,10	98,70	1.440,00	169,00	6,69	2.290,0	25,20	C
# 170.6	170	6	15	654	38,10	116,00	1.680,00	198,00	6,64	2.710,0	29,90	C
# 170.8	170	8	20	646	49,60	149,00	2.120,00	249,00	6,53	3.410,0	39,00	P



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co