



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto de Investigación

TEMA: SISTEMAS DE TRANSPORTE PARA EL ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURAS DE CARROCERÍAS EN LA EMPRESA PICOSA CÍA. LTDA.

AUTOR: Jorge Luis Guerra Pérez

TUTOR: Ing. Mg. Cesar Arroba

AMBATO – ECUADOR

2015

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “SISTEMAS DE TRANSPORTE PARA EL ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURAS DE CARROCERÍAS EN LA EMPRESA PICOSA CÍA. LTDA.”; elaborado por la Sr. Jorge Luis Guerra Pérez, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente Tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Esta concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, octubre 2015

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

.....
Ing. Mg. Cesar Arroba

Tutor de Tesis

AUTORÍA DE LA TESIS

Yo, Jorge Luis Guerra Pérez con C.I. 1804317962 declaro que los resultados obtenidos y expuestos en el presente trabajo de investigación con el tema “SISTEMAS DE TRANSPORTE PARA EL ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURAS DE CARROCERÍAS EN LA EMPRESA PICOSA CÍA. LTDA”, son absolutamente de mi autoría; a excepción de las referencias bibliográficas que se incluyen en este texto.

Que los criterios emitidos en el trabajo de investigación así como también los contenidos, conclusiones, recomendaciones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor del presente trabajo.

Ambato, octubre 2015



Jorge Luis Guerra Pérez

1804317962

DEDICATORIA

El presente Proyecto lo dedico a Dios, por darme las fuerzas necesarias para seguir mis sueños, por fortalecerme de corazón en los momentos de flaqueza y por haberme dado la bendición de tener a mi familia e inolvidables amistades.

A mis padres: Edgar y Ligia quienes me impulsan a lograr este mérito, quienes con su amor y con su ejemplo de esfuerzo y responsabilidad me apoyaron incondicionalmente para dar cada paso adelante. A mis hermanos: Andrea, Fernando y Katy, quienes supieron darme ánimos y ayudarme en todas las necesidades que se presentan y así poder culminar mi carrera.

Jorge Luis Guerra Pérez

AGRADECIMIENTO

A Dios porque siempre me conduce hacia adelante y librándome de todo lo malo y me guía por el camino del bien dándome lo necesario para mantenerme feliz y en bondad con los demás ya que con Él todo se puede.

A mis padres, hermanos y familia en general por ayudarme en todo momento para así alcanzar mis metas deseadas.

A mi compañera de vida Rosa Paredes que me da la guía y fuerzas para superarme en todo momento.

Mi más sincero agradecimiento a quienes de alguna forma contribuyen a darme alegría y respaldo para mantenerme en pie en los malos tiempos y brindarme la mano para salir de los problemas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Portada	i
Certificación.....	ii
Autoría de la tesis.....	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenido	vi
Índice de figuras.....	x
Índice de tablas.....	xiii
Índice de anexos.....	xvi
Resumen ejecutivo	1
CAPÍTULO I	
EL PROBLEMA	
1.1. Tema	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Contextualización	2
1.2.2. Análisis crítico	4
1.2.3. Prognosis.....	5
1.2.4. Formulación del problema	5
1.2.5. Preguntas directrices	5
1.2.6. Delimitación del problema.....	6
1.2.7. Justificación	6
1.2.8. Objetivos	7
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes investigativos.....	9
2.2. Fundamentación filosófica.....	10
2.3. Fundamentación legal	10
2.4. Red de categorías fundamentales.....	12
2.4.1. Definición de sistema de transporte.....	13
2.4.2. Equipos de elevación y transporte	13
2.4.3. Métodos de ensamblaje.....	24

	Pág.
2.4.4. Definición de carrocería.....	30
2.4.5. Método ordinal corregido de criterios ponderados	36
2.4.6. Ergonomía en el trabajo	37
2.5. Hipótesis	39
2.5.1. Variables	39
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA	
3.1. Enfoque	40
3.2. Modalidad y tipo de investigación	40
3.2.1. Modalidad	40
3.2.2. Tipo de investigación	41
3.3. Población y muestra	42
3.3.1. Población o universo (n)	42
3.3.2. Muestra	42
3.4. Operacionalización de variables	43
3.4.1. variable independiente	43
3.4.2. variable dependiente	44
3.5. Técnicas de recolección de la información	45
3.6. Procesamiento y análisis de la información.....	45
CAPÍTULO IV	
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	
4.1. Análisis de resultados	46
4.2. Interpretación de los datos	46
4.2.1. Proceso actual de transporte.....	49
4.2.2. Sistemas mejorados en el transporte de estructuras.....	51
4.2.3. Selección del sistema adecuado	53
4.3. Verificación de la hipótesis.....	83
CAPÍTULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones	86
5.2. Recomendaciones	87

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos informativos.....	88
6.1.1. Título.....	88
6.1.2. Institución ejecutora.....	88
6.1.3. Beneficiarios	88
6.1.4. Ubicación	88
6.1.5. Costo	88
6.2. Antecedentes de la propuesta.....	88
6.3. Justificación	89
6.4. Objetivos	90
6.4.1. Objetivo general.....	90
6.4.2. Objetivos específicos	90
6.5. Análisis de factibilidad	90
6.6. Fundamentación.....	91
6.6.1. Características de la nave industrial.....	93
6.6.2. Material de los perfiles estructurales	93
6.6.3. Material de las cimentaciones	94
6.6.4. Material de aporte (soldaduras)	94
6.6.5. Precio de los materiales	95
6.6.6. Mantenimiento	95
6.6.7. Esquemas generales de la estructura tipo puente grúa a diseñar.....	95
6.6.8. Cálculos.....	97
6.6.8.1. Determinación de las cargas actuantes	106
6.7. Metodología, modelo operativo	140
6.7.1. Placa base.....	140
6.7.2. Columna principal.....	140
6.7.3. Vigas carrileras	141
6.7.4. Rieles de desplazamiento	142
6.7.5. Carros testeros.....	142
6.7.8. Viga de carga	143

	Pág.
6.8. Administración.....	144
6.8.1. Costo de materiales	145
6.9. Previsión de la evaluación	147
6.9.1. Conclusiones	148
6.9.2. Recomendaciones	148
Bibliografía	149

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Red de categorías fundamentales	12
Figura 2. Montacargas.....	14
Figura 3. Grúa pórtico	15
Figura 4. Polipasto birrail.....	16
Figura 5. Viga principal	17
Figura 6. Viga testero.....	17
Figura 7. Puente grúa monorraíl	18
Figura 8. Puente grúa birrail	19
Figura 9. Puente grúa suspendido	19
Figura 10. Grúa de consola	20
Figura 11. Grúa semipórtico	21
Figura 12. Rraíl de carga pesada.....	22
Figura 13. Transporte de línea continua por rodillo y cadena.	24
Figura 14. Esquema de soldadura por arco eléctrico	25
Figura 15. Nomenclatura para la designación de electrodos	26
Figura 16. Diagrama proceso GMAW	27
Figura 17. Distribución del par de apriete entre cuerdas.	28
Figura 18. Diagrama de un remache.	29
Figura 19. Piezas que componen una estructura	31
Figura 20. Estructura de la carrocería	31
Figura 21. Chasis.....	32
Figura 22. Estructura del piso	32
Figura 23. Carga torsional en las paredes laterales de la estructura	33
Figura 24. Estructura Lateral.	33
Figura 25. Estructura del techo.	34
Figura 26. Estructura frontal	35
Figura 27: Estructura posterior	36
Figura 28. Posición ergonómica de carga.	38
Figura 29. Teclé con estructura en la empresa PICOSA Cía. Ltda.....	50
Figura 30. Traslado de estructura con grúa pórtico	61
Figura 31. Paso de la cadena en el transporte por rodillos.....	64

	Pág.
Figura 32. Curva de una cola	85
Figura 33. Esquema general del puente grúa	95
Figura 34. Detalles de elementos grúa torre	96
Figura 35. Espectro de carga Q1-Ligero	100
Figura 36. Espectro de carga Q2-Moderado	100
Figura 37. Espectro de carga Q3- Pesado	100
Figura 38. Espectro de carga Q4- Muy pesado	100
Figura 39. Espectro de carga L1-Ligero	104
Figura 40. Espectro de carga Q2-Moderado	105
Figura 41. Espectro de carga Q3- Pesado	105
Figura 42. Espectro de carga Q4- Muy pesado	105
Figura 43. Cargas verticales cuando el teclc ejerce carga en posición central	111
Figura 44. Cargas verticales cuando el teclc ejerce carga en posición extrema ..	112
Figura 45. Empuje lateral efectivo y área efectiva resistente.	113
Figura 46. Diagrama del cuerpo libre de la viga carrilera	119
Figura 47. Reacciones resultantes (kN)	119
Figura 48. Diagrama de cortante en la viga carrilera (kN)	120
Figura 49. Diagrama de momento flector de la viga carrilera (kN-m)	120
Figura 50. Diagrama del momento cortante.....	123
Figura 51. Simbología de partes de la viga.....	124
Figura 52. Deflexión máxima en la viga.....	126
Figura 53. Sección transversal de viga en alma doble	128
Figura 54. Diagrama del cuerpo libre de la viga de carga	129
Figura 55. Esquema de viga con alma doble	130
Figura 56. Viga doble alma 800x305.....	130
Figura 57. Reacciones resultantes (kN)	131
Figura 58. Diagrama de cortante de la viga de alma doble (kN)	131
Figura 59. Diagrama de momento flector de la viga carrilera (kN – m).....	131
Figura 60. Deflexión máxima en la viga.....	132
Figura 61. Simbología de las partes de viga doble alma.....	132
Figura 62. Vista superior del esquema.....	139

	Pág.
Figura 63. Placa Base.....	140
Figura 64. Columna principal	141
Figura 65. Viga carrilera	141
Figura 66. Carro testero acoplado a la viga de carga	143
Figura 67. Viga de carga acoplada en el suelo.....	143

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valoración de criterios ponderados.	36
Tabla 2. Muestra de Investigación	42
Tabla 3. Operacionalización variable independiente	43
Tabla 4. Operacionalización de variable dependiente	44
Tabla 5. Evaluación del peso ponderado para cada criterio.....	54
Tabla 6. Evaluación del peso ponderado del criterio capacidad de carga.....	55
Tabla 7. Tiempos de trabajo por unidad de longitud para la solución A	56
Tabla 8. Tiempos de trabajo por unidad de longitud para la solución B.	56
Tabla 9. Tiempos de trabajo por unidad de longitud para la solución C.	57
Tabla 10. Tiempos de trabajo por unidad de longitud para la solución D.	57
Tabla 11. Evaluación del peso ponderado del criterio Tiempo.....	57
Tabla 12. Evaluación del peso ponderado del criterio Recursos humanos.....	58
Tabla 13. Dimensiones de las grúas pórtico que se utilizan en la empresa.	59
Tabla 14. Dimensiones del puente grúa.	59
Tabla 15. Dimensiones del Riel de carga pesada.	59
Tabla 16. Dimensiones del transporte de línea continua por rodillo y cadena.	60
Tabla 17. Evaluación del peso ponderado del criterio Espacio Físico.....	60
Tabla 18. Tolerancias entre los rodillos transportadores t y las cargas de rotura. 65	
Tabla 19. Evaluación del peso ponderado del criterio riesgos.....	65
Tabla 20. Categoría de Frecuencia del sistema grúa pórtico	67
Tabla 21. Categoría de los impactos de falla del sistema grúa pórtico	67
Tabla 22. Nivel de criticidad del sistema grúa pórtico	68
Tabla 23. Categoría de Frecuencia del sistema puente grúa	69
Tabla 24. Categoría de los impactos de falla del sistema puente grúa.....	70
Tabla 25. Nivel de criticidad del sistema puente grúa	70
Tabla 26. Categoría de Frecuencia del sistema riel de carga pesada	72
Tabla 27. Categoría de los impactos de falla del sistema riel de carga pesada.....	72
Tabla 28. Nivel de criticidad del sistema riel de carga pesada	73
Tabla 29. Categoría del sistema línea continua por rodillo y cadena	74
Tabla 30. Categoría de impactos de falla del sistema l por rodillo y cadena.....	75
Tabla 31. Nivel de criticidad del sistema línea continua por rodillo y cadena	75

	Pág.
Tabla 32. Evaluación del peso ponderado del criterio mantenibilidad.....	76
Tabla 33. Precios estimados del sistema grúa pórtico.	76
Tabla 34. Presupuesto de equipos y accesorios del puente grúa.....	77
Tabla 35. Presupuesto de materia prima	78
Tabla 36. Presupuesto mano de obra	78
Tabla 37. Presupuesto de consumibles	78
Tabla 38. Total de costos para la construcción del puente grúa.	79
Tabla 39. Presupuesto de equipos y accesorios del Riel de carga pesada	79
Tabla 40. Presupuesto de materia prima	80
Tabla 41. Presupuesto mano de obra	80
Tabla 42. Presupuesto de consumibles	80
Tabla 43. Total de costos para la construcción del Riel de carga pesada.	81
Tabla 44. Presupuesto de equipos del transporte por rodillo y cadena.	81
Tabla 45. Presupuesto de materia prima	82
Tabla 46. Presupuesto mano de obra	82
Tabla 47. Presupuesto de consumibles	82
Tabla 48. Total de costos del transporte de línea por rodillo y cadena.....	82
Tabla 49. Evaluación del peso ponderado del criterio costo.....	83
Tabla 50. Conclusión final de criterios ponderados.....	83
Tabla 51. Nivel de significancia	84
Tabla 52. Características de la nave industrial.....	93
Tabla 53. Características del puente grúa.	93
Tabla 54. Clase de utilización	98
Tabla 55. Estado de carga del aparato.....	99
Tabla 56. Grupo de clasificación de aparatos completos.....	101
Tabla 57. Clase de utilización mecanismos	102
Tabla 58. Estado de carga del mecanismo	104
Tabla 59. Grupo de clasificación de aparatos completos.....	106
Tabla 60. Porcentajes de impacto vertical, Empuje lateral y Empuje Axial.....	109
Tabla 61. Accesorios del puente grúa.	110
Tabla 62. Factores de impacto utilizados en Puentes grúas.	114

	Pág.
Tabla 63. Cargas actuantes en el puente grúa	115
Tabla 64. Valores de cortante y momento flector de la viga de carga	120
Tabla 65. Módulo de sección, longitudes última y crítica de los perfiles	122
Tabla 66. Revisión de sección en patines de perfiles seleccionados	124
Tabla 67. Revisión de sección en alma de perfiles seleccionados	125
Tabla 68. Verificación del momento nominal.	125
Tabla 69. Deflexiones máximas permisibles.	126
Tabla 70. Accesorios del puente grúa.	128
Tabla 71. Dimensiones de viga supuesta por restricción del trolley (Anexo8) ...	130
Tabla 72. Valores de cortante y momento flector de la viga de carga	131
Tabla 73. Valores de K, teóricos y de diseño, para columnas.	136
Tabla 74. Dimensiones del riel ASCE 40	142
Tabla 75. Diagrama de Gantt para la construcción de un puente grúa	144
Tabla 76. Presupuesto de equipos y accesorios del puente grúa.....	145
Tabla 77. Presupuesto de materia prima	145
Tabla 78. Presupuesto mano de obra	146
Tabla 79. Presupuesto de consumibles	146
Tabla 80. Total de costos para la construcción del puente grúa.	146

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Características técnicas de birrail de carga pesada.....	153
Anexo 2. Características técnicas del sistema de rodillos y cadena.....	154
Anexo 3. Capacidad de carga sistema rodillos y cadena.	155
Anexo 4. Tipo de inspección del sistema grúa pórtico	156
Anexo 5. Perfiles IPE disponibles en IPAC.....	157
Anexo 6. Valores Lu y Lc.....	158
Anexo 7. Dimensiones del trolley a usar	159
Anexo 8. Planchas disponibles en IPAC.....	160
Anexo 9. Cotización de materiales y equipos.	161

RESUMEN EJECUTIVO

TEMA: Sistemas de transporte para el ensamblaje de estructuras de carrocerías en la empresa PICOSA Cía. Ltda.

Autor: Jorge Luis Guerra Pérez

Tutor: Ing. Mg. Cesar Arroba

Fecha: 07 agosto 2015

El presente proyecto consiste en el estudio de sistemas de transportes que mejoren el ensamblaje de estructuras de carrocerías para la empresa PICOSA Cía. Ltda, cuya finalidad es minimizar los tiempos de producción, buscando alternativas de ensamblaje y optimizando los recursos disponibles en la empresa. De esta manera se estudia el proceso que se está empleando en la empresa para ver las carencias que este posee y poder mejorarlo o sustituirlo por uno mejor.

Se toman varios sistemas que pueden ser aplicables para el ensamblaje de estructuras, entre estos sistemas es necesario utilizar el más conveniente para la empresa, es así que mediante una selección bajo criterios ponderados los mismos que tienen que estar orientados a mejorar el proceso en sí se selecciona el puente grúa que es el más eficaz.

Una vez seleccionado el sistema puente grúa para mejorar el proceso se hace un diseño aplicable mediante el conocimiento de normas y el cálculo de cargas y esfuerzos, estos cálculos sirven para comparar las deformaciones que sufre las estructuras y así seleccionar los perfiles que soporten dicha estructura. Posteriormente se selecciona los materiales necesarios para el montaje de la estructura como columnas, placas, rieles y equipos. Finalmente se propone un diseño de estructura que se muestra mediante un plano para la elaboración de este.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. TEMA

SISTEMAS DE TRANSPORTE PARA EL ENSAMBLAJE DE ESTRUCTURAS DE CARROCERÍAS EN LA EMPRESA PICOSA CÍA. LTDA.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.2.1.1. MACRO

Hoy en día en Ecuador las empresas carroceras en su producción han logrado un proceso industrializado al momento del ensamblaje, bajo normas y técnicas que transforman los recursos en productos terminados.

El proceso de ensamblaje también ha ido mejorando conforme se va creando nuevos sistemas de transporte de estructuras de carrocerías, los mismos que tienen mayor acogida en el sector carrocerero, ya que aumentan la producción en menor tiempo generando rentabilidades e ingresos que influyen ampliamente en la economía.

Los sistemas de transporte para el ensamblaje de carrocerías han mejorado con las últimas décadas, ya que ahora a más de que son motorizados son también automatizados y esto logra que el operario ensamblaje la estructura con mayor comodidad, ya sea montándola por partes o completamente en el chasis y evitando sufrir problemas ergonómicos que puedan ocasionar lesiones y accidentes dentro del proceso de ensamblaje.

1.2.1.2. MESO

En Tungurahua existen muchos medios transporte para el ensamblaje de estructuras de los autobuses urbanos, escolares e interprovinciales, pero no se conoce un proceso que sea automatizado y que la necesidad humana sea mínima, debido a esto; el tema dictado es muy importante para algunas empresas carroceras, ubicadas en cada una de las Provincias, las mismas que tienen un objetivo en común.

Los sistemas de transporte para el ensamblaje de estructuras en las empresas carroceras tungurahueses tienen como objetivo aumentar la demanda en cuanto a cantidad, además de puntualidad y sobre todo evitar riesgos o lesiones por riesgos ergonómicos; aprovechando al máximo todos los recursos disponibles, como recursos humanos, equipos e instalaciones, obteniendo altos índices de calidad y competitividad, logrando expandirse a nivel nacional.

La provincia cuya producción de carrocerías es una de las mayores a nivel nacional, produce altos ingresos económicos. A través del tiempo en la búsqueda de mejorar la producción se fueron implementando sistemas de transporte para el ensamblaje.

En la actualidad, en Tungurahua funcionan unos 45 talleres dedicados a la construcción de carrocerías, entre grandes y pequeños. En estos dan gran apertura a trabajadores y operarios. La producción en la provincia cubre más del 50 por ciento del mercado nacional.

Al momento muchas de estas empresas carroceras no cuentan con estos nuevos sistemas de transporte que ya han revolucionado la producción de carrocerías en otros países desarrollados, lo que da apertura a la implementación de las mismas.

Las empresas Carroceras en el Ecuador, especialmente en Tungurahua y Ambato, cumplen con las normas técnicas y reglamentarias (INEN), de acuerdo al tipo de carrocería que se desee fabricar.

1.2.1.3. MICRO

Existen muchas empresas con gran prestigio en la ciudad, para nuestro estudio se limitó a las carrocerías PICOSA Cía. Ltda. y su proceso para el ensamblaje de estructuras; la misma que se basa en reglamentación clara para la producción y calidad de sus productos y servicios, como en buses de servicio urbano e interprovincial.

Por otra parte el sistema de transporte para el ensamblaje de las estructuras en la empresa PICOSA Cía. Ltda., es totalmente manual, con técnicas poco modernas en el proceso, lo mismo que no garantiza un buen rendimiento en el ensamblaje, y por ende la mejora en la producción.

1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO

En el problema de estudio se ha identificado que la disminución de la producción se debe a que existe déficit de recursos en el proceso para el ensamblaje de estructuras de carrocerías al igual que existe un rendimiento ineficaz por parte de los trabajadores, es decir; al momento de ensamblar y trasladar las estructuras, malgastan un gran porcentaje del tiempo para la actividad en la que están programados, lo cual crea tiempos muertos en la producción retrasando la obra y por ende la entrega para la que fue estimada, generando pérdidas económicas para la empresa y un impacto negativo para los clientes.

La empresa PICOSA al no tener una adecuada planificación provoca otro factor preocupante en la producción, como es la desorganización de la empresa, ya que al no contar con un control en las actividades que realiza el personal, existirán inconvenientes en el procedimiento para la producción de las carrocerías de igual forma si no se ejecuta inspecciones que guíen a los obreros a cumplir con los tiempos estimados, se originó demoras así también como una calidad del producto cuestionable.

1.2.3. PROGNOSIS

La empresa “PICOSA” Cía. Ltda. en la producción de sus carrocerías depende del buen ensamblaje de estructuras, es así que se busca mejorar los procesos de ensamblaje mediante la aplicación de métodos y recursos mejorando el rendimiento por parte de los obreros en el área de estructuras además de mejorar la eficiencia y eficacia de los tiempos de producción, en consecuencia la empresa podrá ser competitiva.

Es así que se busca una solución para mejorar la producción en el área de estructuras, ya que al no hacerlo no cumplirá con los tiempos predeterminados para su ejecución, obteniendo una demora en la entrega, esto generará desconformo por los consumidores y no tendrá oportunidad de obtener mayor cobertura en el mercado carrocerero, disminuyendo la productividad y así, evitando su crecimiento como empresa, dando paso a la competencia y perdiendo potenciales clientes.

Así también, al no contar con un personal eficiente, que genera pérdida de tiempo, bajo rendimiento en la producción, deficiente calidad en el producto, dará como resultado un aumento en los costos para la fabricación, y esto provocará una discontinuidad en el mejoramiento de la planta y su maquinaria; además de incapacidad de pagar las deudas, dando como resultado pérdidas y una situación baja financiera.

1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El sistema de transporte influye en el ensamblaje de estructuras de carrocerías?

1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES

¿Cómo es el proceso de transporte para el ensamblaje de las estructuras en la empresa PICOSA Cía. Ltda.?

¿Qué sistemas de transporte mejorarán el proceso de ensamblaje de estructuras de carrocerías en la empresa PICOSA Cía. Ltda.?

¿Qué sistema de transporte es el más eficiente para el ensamblaje de estructuras de carrocerías en la empresa PICOSA Cía. Ltda.?

1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.6.1. DELIMITACIÓN DEL CONTENIDO

En la presente investigación se encaminó por el campo de Ingeniería Mecánica, en las áreas comprendidas de diseño de máquinas, procesos de manufactura, seguridad industrial, automatización y control industrial.

1.2.6.2. ESPACIAL

El presente tema se la realizará en:

- ✓ La empresa “PICOSA” Cía. Ltda., Huachi Chico, La Magdalena, Vía Guaranda, KM.1, Ambato, Tungurahua-Ecuador.

- ✓ La Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, información bibliográfica e internet, relacionada con el tema de estudio.

1.2.6.2. TEMPORAL

El presente trabajo de investigación se desarrolló durante los meses comprendidos entre Noviembre del 2014 a Abril del 2015.

1.2.7. JUSTIFICACIÓN

Con la presente investigación se buscó los problemas de desarrollo que se presentan en la empresa “PICOSA” Cía. Ltda., en general lo referente al rendimiento en el área de ensamblaje de estructuras; es decir; si al realizar el ensamblaje utilizando un nuevo sistema para transportar las estructuras.

Con la realización de esta investigación, la planificación en la empresa podrá ser mejorada, generando una mejor relación obrero-máquina, esto permitirá lograr un

alto rendimiento de la producción, dando como resultado el eficiente desempeño dentro de la empresa, al mismo tiempo que reducirá los costos de mano de obra

Uno de los beneficios que la empresa “PICOSA” Cía. Ltda. obtendrá al resolver este problema, es que buscará nuevas formas para mejorar el rendimiento de cada uno de sus procesos, esto implica la adaptación de nuevas tecnologías, además se desarrollará una mejora competitiva aprovechando todos los recursos materiales y humanos en la producción como es la mano de obra e insumos y así, incrementar las utilidades de la empresa.

Los propietarios se beneficiarán y tendrán la satisfacción de alcanzar una empresa con nuevas tecnologías y una planificación adecuada, por lo tanto; podrá alcanzar su anhelo de ser una de las mejores empresas líderes en carrocerías, ya que reducirá costos y propondrá mejores productos a los clientes.

Los empleados también se verán beneficiados, ya que utilizarán nuevas tecnologías modernas y seguras, evitando ser explotados en sus labores diarias, dado que al realizar sus tareas de una manera cómoda y eficiente avanzarán en sus actividades sin preocupaciones.

Esta investigación ayudará a adquirir nuevos conocimientos teóricos y prácticos al investigador, fortaleciendo una ventaja profesional y el interés por desarrollar nuevas tecnologías.

1.2.8. OBJETIVOS

1.2.8.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los sistemas de transporte que se pueden emplear para el ensamblaje de las estructuras de la carrocería en la empresa “PICOSA” Cía. Ltda. del cantón Ambato.

1.2.8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el proceso de transporte para el ensamblaje de las estructuras en la empresa PICOSA Cía. Ltda.
- Identificar los sistemas de transporte que mejoren el proceso de ensamblaje de estructuras de carrocerías en la empresa PICOSA Cía. Ltda.
- Determinar el sistema de transporte más eficiente para el ensamblaje de estructuras de carrocerías en la empresa PICOSA Cía. Ltda.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En sus inicios las empresas carroceras, realizaban su fabricación de una manera empírica, es decir; las construían mediante la experiencia que adquirirían con el tiempo, y sus diseños anticuados a base de prueba y error, los mismo que no eran estandarizados y no cumplían con ninguna normas y requisitos mínimos de seguridad.

El transporte de los materiales que utilizaban en la mayoría de las carrocerías era pesado, lo que era forzoso para los operarios ya que lo hacían manualmente. Además de su proceso artesanal, las estructuras de madera se trasladaban y montaban al chasis de una manera anticuada. Con el tiempo fueron ganando experiencia y desarrollando nuevos métodos de fabricación. Después aparecieron varios sistemas de transporte como mecanismos con ruedas, cadenas y rieles tipo bancada, haciéndola más cómoda y menos forzado para los operarios. Aunque sus procesos habían mejorado, aún seguían construyéndolos sin algún criterio técnico.

Viendo la necesidad de mejorar los tiempos de producción, los ingenieros buscaron ideas innovadoras para ensamblar las carrocerías de una forma segura y bajo especificaciones ergonómicas que cumplan con los requerimientos de seguridad industrial.

Con el pasar del tiempo se fueron industrializando y creando nuevas tecnologías que darían lugar al mejoramiento del transporte de estructuras de carrocería, es así que aparecen los puentes grúas, los mismos que facilitan el traslado y adaptación de las estructuras necesarias para montar y ensamblar en el chasis, otra tecnología en el proceso de ensamblaje es la utilización de una matriz para armar las estructuras.

2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

En el presente proyecto de investigación se va a utilizar el paradigma crítico propositivo donde se utiliza el modelo del conocimiento independiente del investigador, el mismo que se ayudará de la estadística para medir y verificar tiempos, sin la necesidad de realizar una medición periódica.

El problema citado en la investigación se manifiesta dentro de la empresa, debido a que no cuenta con un proceso adecuada, no posee de un sistema de transporte eficiente y esto afecta directamente a la empresa.

Crear una organización positiva donde exista la incorporación propia del investigador y la de los demás participantes, ya que en este ámbito que está continuamente cambiando, obliga al uso de este paradigma, además; el problema ocurre en la realidad y la obligación de ser más productivo y alcanzar la mejora de la producción.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El presente proyecto de investigación estará fundamentado en la norma ISO 9001-2008, que tiene que ver con la gestión de calidad y en uno de sus estipulados expresa:

7. Realización del producto

7.1 Planificación de la realización del producto

La organización debe planificar y desarrollar los procesos necesarios para la realización del producto. La planificación de la realización debe ser coherente con los requisitos de los otros procesos del sistema de gestión de la calidad.

Durante la planificación de la realización del producto, la organización debe determinar, cuando sea apropiado, lo siguiente:

a) los objetivos de la calidad y los requisitos del producto;

- b) la necesidad de establecer procesos y documentos, y de proporcionar recursos específicos para el producto;
- c) las actividades requeridas de verificación, validación, seguimiento, medición, inspección y ensayo/prueba específicas para el producto así como los criterios para la aceptación del mismo;
- d) los registros que sean necesarios para proporcionar evidencia de que los procesos de realización y el producto resultante cumplen los requisitos.

El resultado de esta planificación debe presentarse de forma adecuada para la metodología de operación de la organización.

Nota 1 Un documento que especifica los procesos del sistema de gestión de la calidad (incluyendo los procesos de realización del producto) y los recursos a aplicar a un producto, proyecto o contrato específico, puede denominarse plan de la calidad.

Nota 2 La organización también podría aplicar los requisitos citados en el apartado 7.3 para el desarrollo de los procesos de realización del producto.

✓ CPE INEN 03:1989 Código de Dibujo Técnico - Mecánico, referente a normas técnicas que se emplearán para realizar planos.

Este Código establece las disposiciones referentes a la representación en dibujos de piezas mecánicas y sus conjuntos.

- El presente Código resume las normas técnicas más recientes sobre dibujo técnico, particularmente las normas ISO, (International Organization for Standardization) y está en completa conformidad con éstas.
- Este Código responde a la necesidad de ofrecer un compendio de material actualizado, a fin de unificar los criterios sobre dibujo técnico en el país y facilitar de esta manera su correcta interpretación y utilización.

- ✓ NTE-INEN 1323:2009 Vehículos Automotores. Carrocerías de buses. Requisitos.

Esta norma se aplica a todas las carrocerías de buses, sean importadas o de construcción nacional.

Esta norma incluye a las carrocerías que son parte de los chasis carrozados importados y carrocerías autoportantes.

2.4. RED DE CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

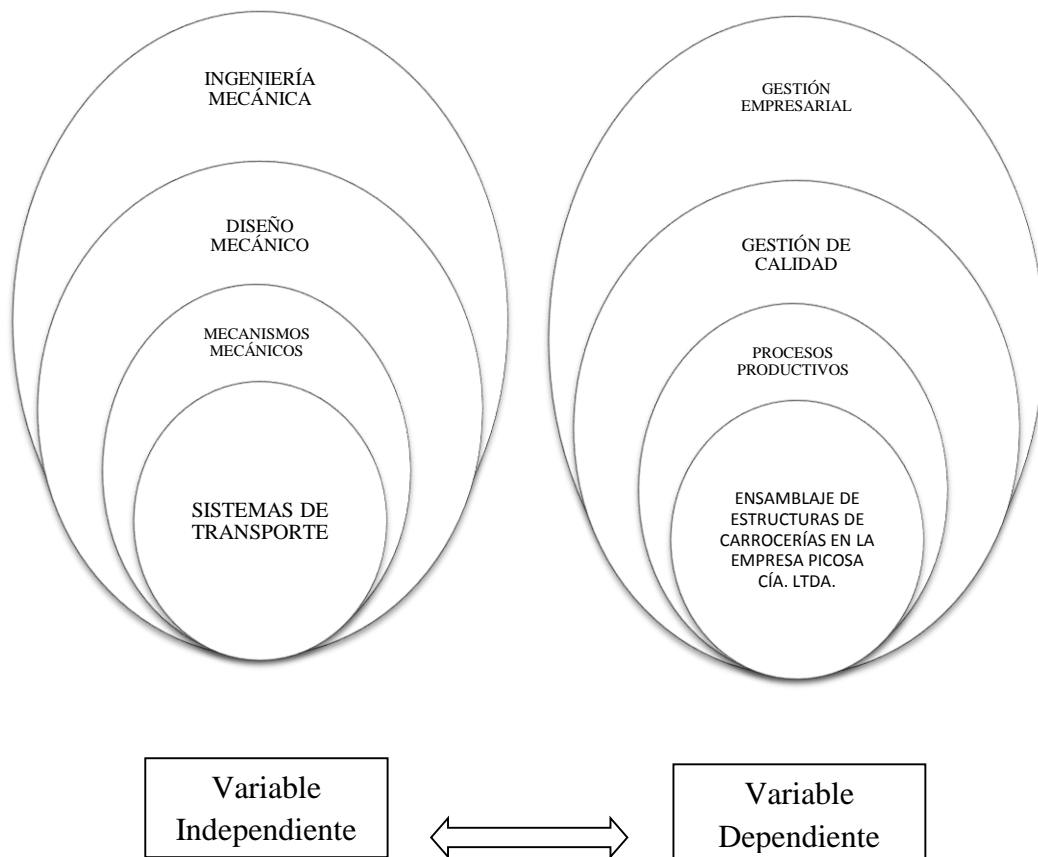


Figura 1. Red de categorías fundamentales
Fuente: Jorge Guerra

2.4.1. DEFINICIÓN DE SISTEMA DE TRANSPORTE

Un sistema de transporte se encarga de transportar bienes o productos livianos o pesados, mediante equipos o mecanismos de un lugar a otro. Estos sistemas sirven para trasladar la carga de una forma más rápida y segura, evitando daños al producto ya sea por mala manipulación o por factores externos que pueden intervenir al momento del traslado.

El uso de estos sistemas generalmente es debido a que el hombre no cuenta con la fuerza suficiente para levantar estas cargas, a más de que puede sufrir daños a su salud y riesgos laborales por difícil manipulación de la carga.

Los sistemas de transporte de carga a más de reducir tiempos también facilitan llevar cargas a lugares de poco alcance y lejanos para el ser humano, además de lugares que se tenga poco alcance, es decir; cuando se trata de lugares pequeños o de gran altura para el hombre.

Otra ventaja que brinda estos sistemas es que se tiene mayor precisión para manipular la carga y así realizar un trabajo seguro, en algunos casos sin la necesidad de la intervención del hombre.

2.4.2 EQUIPOS DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE

Según la tesis de Pérez D.(2009)Existen muchos tipos de grúas con formas diversas y funciones diferentes dentro de un ciclo de trabajo, pero todas con un objetivo básico común, a pesar del campo de aplicación y la zona de trabajo, que es el de elevar una carga y moverla transportándola de un sitio a otro, ya sean containers, carga a granel, materiales como tubos, planchas, etc., entre estos se tiene montacargas, tecele, puente grúa, grúa torre y otros equipos que transportan de manera continua como el sistema de rodillo y cadena, bandas transportadoras, etc.

Para la elevación de cargas como son las estructuras metálicas, se pueden utilizar equipos cuyo mecanismo tenga las características para montar y desmontar cargas.

2.4.2.1. MONTACARGAS

Es un vehículo pesado de acero u otro metal, que está elaborado con una plataforma que se desliza por una guía lateral o vertical rígida o bien por dos guías rígidas paralelas.

Tiene dos barras paralelas planas en su parte frontal, llamadas horquillas montadas sobre un soporte unido a un mástil de elevación para la manipulación de las tarimas. Las ruedas traseras son orientables para facilitar la maniobra de conducción y recoger las tarimas o palés.

Es de uso rudo e industrial, y se utiliza en almacenes y tiendas de autoservicio para transportar tarimas o palés con mercancías y acomodarlas en estanterías o racks.

Aguanta cargas pesadas que ningún grupo de personas podría soportar por sí misma, y ahorra horas de trabajo pues se traslada un peso considerable de una sola vez en lugar de ir dividiendo el contenido de las tarimas por partes o secciones.

Su uso requiere una cierta capacitación y los gobiernos de distintos países exigen a los negocios que sus empleados tramiten licencias especiales para su manejo.



Figura 2. Montacargas

Fuente: <http://www.traverstool.com.mx/61-001-324.html>

2.4.2.2. GRÚA PÓRTICO CON TECLE

La grúa pórtico es un tipo especial de grúa que eleva la carga mediante un montacargas instalado sobre una viga, que a su vez es rígidamente sostenida mediante dos o más patas. Estas patas generalmente pueden desplazarse sobre unos rieles horizontales al nivel del suelo.

En algunas fábricas y naves se utiliza la llamada Puente-grúa que tiene el mismo funcionamiento que la grúa pórtico con la diferencia de que la viga descansa directamente sobre los rieles. Tanto una como otra tienen un sistema de montacargas similar que puede recorrer la viga completamente, y un pórtico apoyado sobre rieles que recorre todo el largo del área de trabajo.

Las grúas pórtico se utilizan particularmente para elevar cargas muy pesadas en la industria pesada, como la naval. Permiten el transporte y la colocación de secciones completas de un barco moderno.



Figura 3. Grúa pórtico

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/comege/gruas-porticos-moviles-taller-aluminios-71053-614690.html>

2.4.2.3. PUENTE GRÚA

El puente grúa es una maquinaria que se utiliza para levantar y movilizar cargas de liviano o gran peso como materiales especialmente en tareas de almacenamiento o proceso de fabricación.

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene de España INSHT (1980). Afirma que la máquina propiamente dicha está compuesta generalmente por una doble estructura rematada en dos testeros automotores sincronizados dotados de ruedas con doble pestaña para su encarrilamiento. Apoyado en dicha estructura y con capacidad para discurrir encarrilado a lo largo de la misma, un carro automotor soporta un polipasto cuyo cableado de izamiento se descuelga entre ambas partes de la estructura (también puede ser mono-raíl con estructura simple). La combinación de movimientos de estructura y carro permite actuar sobre cualquier punto de una superficie delimitada por la longitud de los raíles por los que se desplazan los testeros y por la separación entre ellos. (INSHT,1980)

PARTES DEL PUENTE GRÚA

Mecanismo de elevación

El mecanismo de elevación no es más que un polipasto o carro móvil dónde se engancha la carga y este está basado en función de la capacidad de carga y de la luz del puente.



Figura 4. Polipasto birraíl

Fuente: <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/puente%20grua.htm>

Viga principal

La viga principal en sistemas grúa por lo general es diseñada para levantar cargas bajas la misma que está compuesta de una sola viga y de un polipasto simple. En casos que la carga máxima a levantar no supera las 4 toneladas se utiliza perfiles laminados tipo I, los rodillos del polipasto corren a lo largo del perfil sobre los patines del perfil.

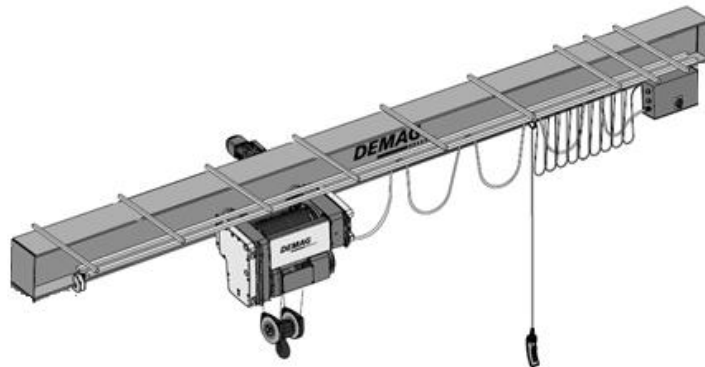


Figura 5. Viga principal

Fuente: <http://mecaser.ec/?productos=producto-2>

Viga Testero

Mueven la viga principal a lo largo del camino de rodadura.

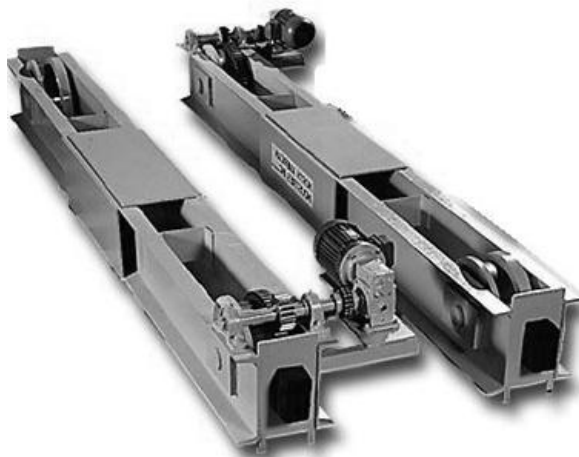


Figura 6. Viga testero

Fuente: <http://dim.usal.es/areaim/guia%20P.%20I/puente%20grua.htm>

TIPOS DE PUENTE GRÚA

Puentes grúa monorraíles

Estos puentes tienen disponen de un solo riel donde recorre el carro automotor y tienen una capacidad de 500 a 12500 Kg. Están provistos por limitadores de recorrido en las dos velocidades de los tres movimientos elevación, traslación de carro y puente; y en los movimientos de traslación carro y puente las maniobras se realizan con variadores de frecuencia, permitiendo según la necesidad de su utilización.

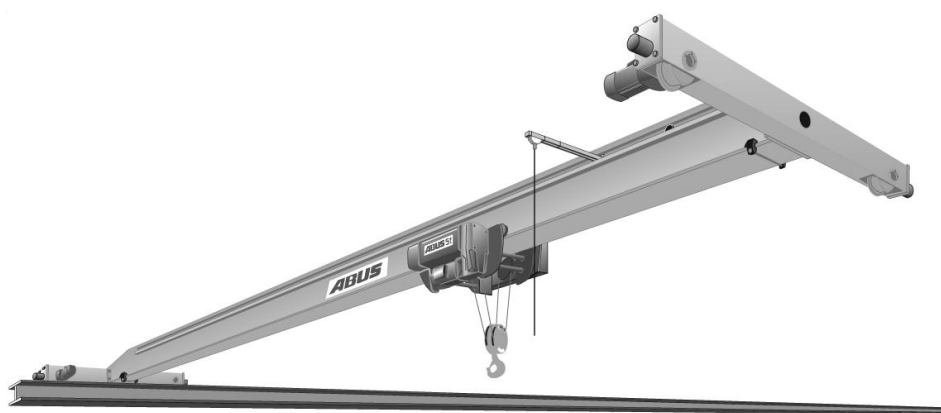


Figura 7. Puente grúa monorraíl

Fuente: <http://www.abusgruas.es/productos/puentes-grua/puentes-grua-monorrailes>

Puentes grúas birrailes

Es particularmente un puente con dos rieles para soportar cargas del doble de peso con cargas de hasta 120 t, pueden instalarse con muchas variantes para adaptarse a las construcciones de nave diseñadas o existentes más complicadas y garantizar, al mismo tiempo, un máximo de funcionalidad, flexibilidad y comodidad de manejo.

La corporación ABUS (2015) afirma que los puentes grúa Riel alcanzan luces de hasta 40 m y ofrecen las mejores condiciones para requisitos adicionales como mayor velocidad de traslación, la instalación de pasarelas, carros de polipasto con plataforma de mantenimiento o polipastos auxiliares (ABUS,2015)

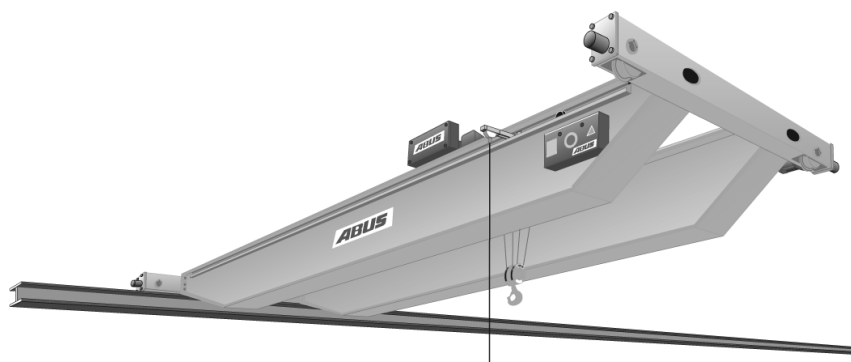


Figura 8. Puente grúa birrail

Fuente: <http://www.abusgruas.es/productos/puentes-grua/puentes-grua-birrailes>

Puentes grúas suspendidos

La corporación ABUS (2015) afirma que los puentes grúa suspendidos aprovechan al máximo el ancho de las naves gracias a la posibilidad de adaptar los voladizos por un lado y al aprovechado recorrido de los carros por el otro. Insertando la viga principal entre los testeros se puede mejorar también la altura máxima de gancho. Los puentes grúa suspendidos ofrecen capacidades de hasta 8 t y luces de hasta 25 m El montaje de la viga carril bajo el techo en lugar de sobre pilares ofrece soluciones perfectas incluso bajo condiciones de sitio y arquitectura difíciles (ABUS,2015)

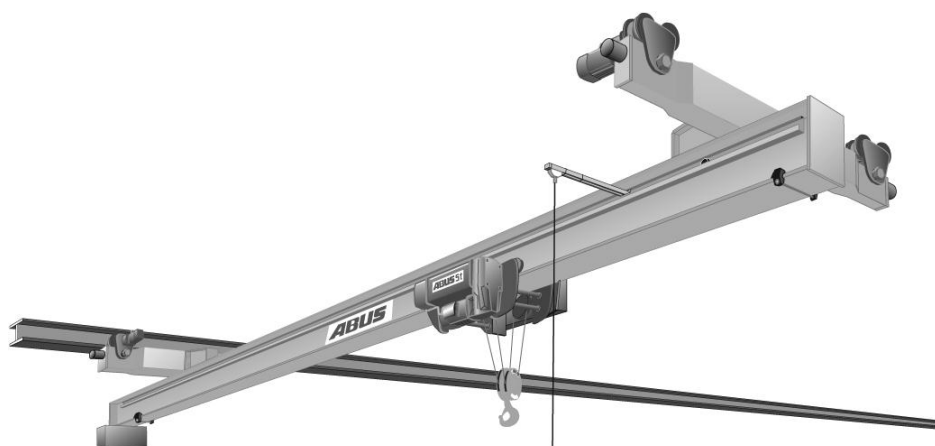


Figura 9. Puente grúa suspendido

Fuente: <http://www.abusgruas.es/productos/puentes-grua/puentes-gruas-suspendidos>

Grúa de consola

Las grúas de consola monorraíles se trasladan bajo un puente grúa de mayor carga. La movilidad de materiales mediante esta maquinaria aumenta la velocidad de producción.

Esta maquinaria dispone de varios ángulos de trabajo lo que facilita el uso de esta en varios puestos de la planta en el mismo momento. Las grúas de consola monorraíl pueden levantar cargas de hasta 5 toneladas y la longitud de la viga de hasta 12m.

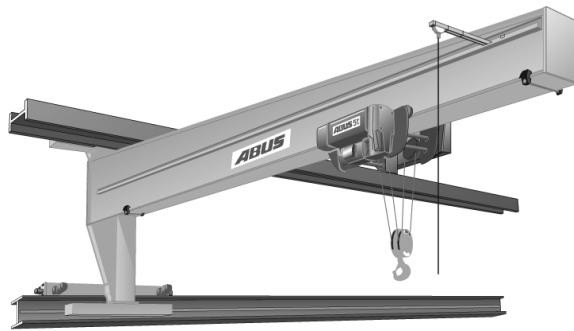


Figura 10. Grúa de consola

Fuente: <http://www.abusgruas.es/productos/puentes-grua/grua-de-consola>

Grúa semipórtico

Las grúas semi pórtico están compuestas de una estructura similar a la de un pórtico pero con una guía de rodadura elevada por columnas. Se utiliza además de carros testeros uno sobre la guía de rodadura elevada mediante la acción de motoreductores con dispositivos de seguridad que detectan el movimiento y luminosidad.

Las grúas pórtico y semipórticos pueden levantar cargas de entre los 500 y 50000 g. Generalmente utilizada en campo de acción marítimo.

Según la corporación ABUS (2015) las ventajas del sistema son:

- Sin salientes ni ranuras en el suelo debido a la no necesidad de vía de rodadura en el testero inferior

- Gracias a la ausencia de vía de rodadura en el pavimento, hay una libertad total de movimiento para carretillas elevadoras o cualquier otro vehículo que pueda circular por la nave
- Rápida instalación y puesta en marcha de la grúa
- Bajo nivel de inversión en relación a la superficie a cubrir con la grúa
- Reducción de las cargas transmitidas a la estructura de la nave (ABUS,2015)

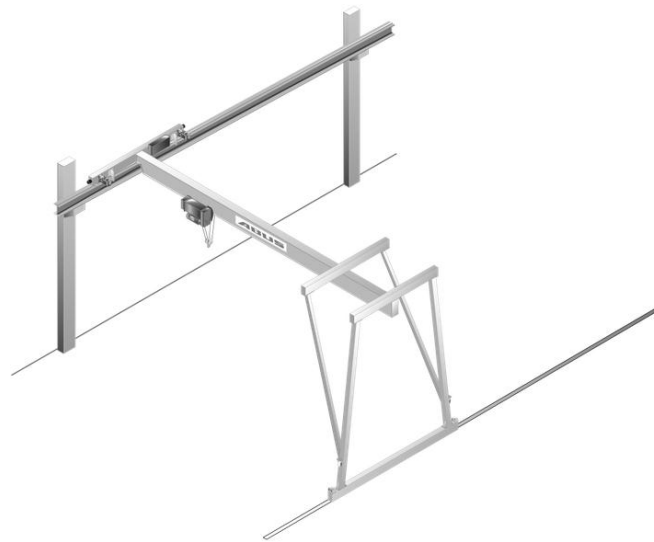


Figura 11. Grúa semipórtico

Fuente: <http://www.abusgruas.es/productos/puentes-grua/semiportico>

2.4.2.4. MONORRAÍL Y RIEL DE CARGA PESADA

Los sistemas monorraíl y Riel son utilizados mayormente en la fabricación y montaje de automóviles ya que son sistemas programados para levantar las carrocerías y recorrer por una línea de producción para posteriores procesos en forma perpendicular a la maquinaria o según a necesidad de ensamble.

Según la corporación MATEC (2014) afirma que los equipos tipo rraíl son unidades integrales independientes de otros sistemas de transporte, es decir su funcionamiento es completamente libre, cuenta con la capacidad de moverse a largas distancias en línea recta y de forma bidireccional, completamente

automáticos, estos sistemas brindan la calidad y seguridad al momento de proporcionar movimiento sistemático y programado (MATEC, 2014)

Su principal funcionamiento se basa en una platina empotrada al suelo sobre un riel o suspendida sobre una estructura según la necesidad del proceso, las medidas del moto-reductor depende del peso y las dimensiones de la carga a levantar. Este motor-reductor está compuesto por chumaceras y una rueda para trabajo pesado la misma que va sobre una guía riel brindando una movilidad en dos sentidos.



Figura 12. Rraíl de carga pesada.

Fuente: <http://solumat.co/productos/shuttle-carriage>

La maquinaria en su parte superior consta de un sistema de recepción y descarga de material por lo general carrocerías, este sistema está encargado de guiar las carrocerías con la ayuda de transportadores de entrega y recibo, donde la movilidad de este sistema se basa en un motor-reductor diferente del que utiliza el equipo.

Estos reductores activan la señal de movimiento para bajar y subir la carga por medio de bandas dentadas descargando y regresando a la línea de movimiento a la producción. Las áreas en las que se emplea este sistema de transporte es en auto partes y moto partes, por lo general se recomienda para el óptimo funcionamiento del sistema, no exceder la capacidad de carga del equipo.

2.4.2.5. CADENAS Y RODILLOS

El transportador de rodillos es un dispositivo que utiliza rodillos metálicos para facilitar el manejo y traslado de una gran diversidad de objetos, siempre y cuando cumplan la condición de contar con un fondo regular. En caso contrario, suelen emplearse otro tipo de dispositivos como el transportador de banda, el transportador helicoidal, etc.

El transportador de rodillos se utiliza en múltiples procesos industriales y en almacenes.

Los transportadores de rodillos activados por cadena son accionados por medio de una cadena que transmite el movimiento de rodillo a rodillo; este tipo de transportadores es ideal para el manejo de objetos de servicio pesado, como pueden ser estructuras, tarimas o tambos.

Rodillos de impacto

Estos rodillos son los que reciben la carga en la cinta transportadora; están ubicados debajo de los chutes o tolvas por donde ingresa la carga, generalmente son de caucho debido a que absorben mejor el impacto.

Rodillos de carga

Son los que transportan a lo largo de la cinta transportadora la carga de esta, generalmente son de tubo de acero y pueden ser de configuración de carga normal triple (consta de un bastidor y 3 rodillos) que son los más usados, también los hay de un solo rodillo que se denomina de carga simple.

Rodillos de retorno

Estos rodillos van ubicados en la parte inferior de la estructura de la cinta transportadora, y la cinta se apoya en ellos cuando empieza la secuencia de retorno hacia la zona donde va a recibir nuevamente la carga.

Dependiendo de la longitud de la cinta transportadora también se colocan rodillos de carga triple autoalineante, que sirven para evitar que la cinta se desalinee a lo largo de su tramo debido al trabajo realizado; también se colocan en la zona de retorno rodillos autoalineantes.

Los diámetros más usados de los polines (poleas) son 4", 5", 6", 7"; estas medidas están relacionadas con la carga que transporta la cinta transportadora y la velocidad de la misma.



Figura 13. Transporte de línea continua por rodillo y cadena.
Fuente: http://intraresa.com.ar/productos_transportadores.htm

2.4.3. MÉTODOS DE ENSAMBLAJE

2.4.3.1. SOLDADURA

Se denomina soldadura al proceso en el cual se realiza la unión de dos materiales, usualmente obtenido a través de fusión, en la cual los elementos son soldados derritiendo ambos y agregando un material de relleno derretido (metal). Éste, al enfriarse, se convierte en un empalme fuerte. La soldadura puede ser hecha en diferentes ámbitos: al aire libre, bajo el agua y en el espacio.

La mayoría de las soldaduras se efectúan en forma manual, lo cual requiere mano de obra calificada e implica un coste considerable de obra.

Existen aproximadamente cuarenta tipos distintos de soldaduras.

Soldadura de Arco Eléctrico

La Soldadura de Arco Manual o SMAW es también conocida como Soldadura de Electrodo Cubierto, Soldadura de Varilla o Soldadura de Arco Eléctrico, es la más antigua y más versátil de todos los diferentes procesos de soldadura de arco.

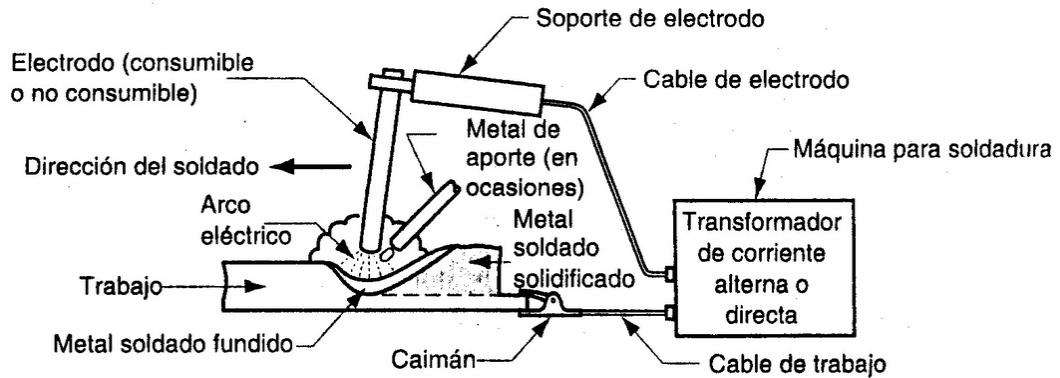


Figura 14. Esquema de soldadura por arco eléctrico

Fuente: <http://procesosmanufacturau4.weebly.com/ensamblaje-por-soldadura.html>

Un arco eléctrico es mantenido entre la punta de un electrodo cubierto (Coated Electrode) y la pieza a trabajar. Las gotas de metal derretido son transferidas a través del arco y son convertidas en un cordón de soldadura, un escudo protector de gases es producido de la descomposición del material fundente que cubre el electrodo, además, el fundente también puede proveer algunos complementos a la aleación, la escoria derretida se escurre sobre el cordón de soldadura donde protege el metal soldado aislándolo de la atmósfera durante la solidificación, esta escoria también ayuda a darle forma al cordón de soldadura especialmente en soldadura vertical y sobre cabeza. La escoria debe ser removida después de cada procedimiento.

Las juntas de soldadura deben ser paralelas a la dirección de carga. Evite juntas de soldadura cruzada. Si no se pueden evitar estas juntas para las vigas que pueden doblarse, asegure que los puntos de conexión estén perfectamente soldados.

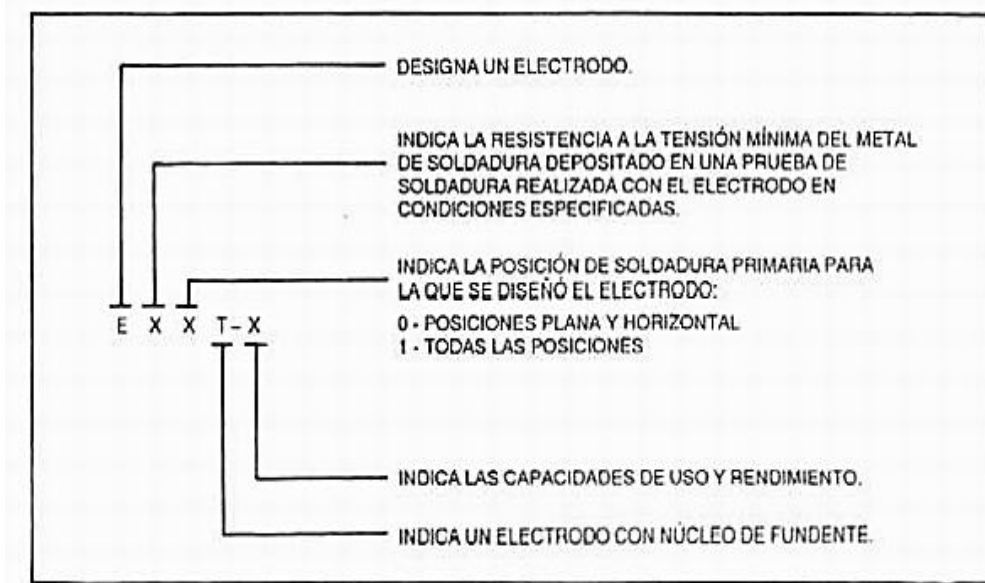


Figura 15. Nomenclatura para la designación de electrodos

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos46/soldadura-por-arco/soldadura-por-arco2.shtml>

Los electrodos, en particular, tienen su propio código en todas las agencias que los clasifica, que los separa de los demás productos y los hace identificables de manera específica, el código que AWS usa para esto, y que probablemente sea el más popular en Latino-América se ha convertido en la referencia que más comúnmente se usa para Clasificar, son el AWS A5.1 para los electrodo de acero "dulce" o de relleno, y el AWS A5.5 para los electrodos de aleación de acero (alto contenido de carbón), muchos los identifican separándolos erróneamente como "Electrodos de Bajo Hidrogeno y Electrodos de Alto Hidrogeno" respectivamente, pero algunas variaciones de los electrodos en ambas clasificaciones contienen en sus fundentes altas o bajas cantidades de Hidrogeno que los excluye de esa referencia.

Soldaduras Mig

La soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding) es un proceso semiautomático, automático o robotizado de soldadura que utiliza un electrodo consumible y continuo que es alimentado a la pistola junto con el gas inerte en soldadura MIG o gas activo en soldadura MAG que crea la atmósfera protectora. Hace que no sea necesario estar cambiando de electrodo constantemente. Este proceso se utiliza mucho en industrias donde el tiempo y la calidad de la soldadura son cruciales.

El principio es similar a la soldadura por arco, con la diferencia en el electrodo continuo y la protección del gas inerte lo que le dan a este método la capacidad de producir cordones más limpios (no forma escoria, por lo que se pueden formar varias capas sin necesidad de limpieza intermedia).

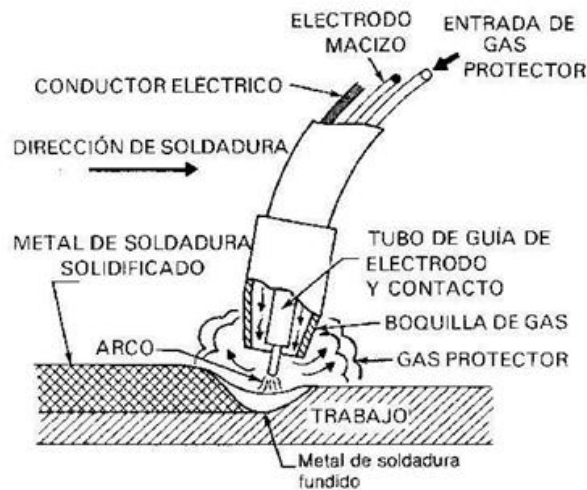


Figura 16. Diagrama proceso GMAW

Fuente: http://www.tecnoficio.com/soldadura/soldadura_electrica4.php

El método MIG (Metal Inerte Gas) utiliza un gas inerte (Argón, Helio o una mezcla de ambos). Se emplea sobre todo para soldar aceros inoxidable, cobre, aluminio, chapas galvanizadas y aleaciones ligeras. A veces es mejor utilizar helio ya que este gas posee mayor ionización y por lo tanto mayor rapidez de generación de calor.

2.4.3.2. ENSAMBLAJE POR ATORNILLADO

Los sujetadores roscados fijan de manera semi-permanente los diferentes componentes de un ensamblaje en una determinada posición. Derivado de las cargas de servicio en un ensamblaje, existen dos tipos de uniones con tornillos.

- **Unión a tensión.** La fuerza que actúa en el ensamblaje es paralela al eje del tornillo.
- **Unión a cortante.** La fuerza en el ensamblaje se presenta perpendicular al eje del tornillo.

Generalmente un tornillo trabaja como si éste fuera un resorte rígido. Cuando alguno de los sujetadores, tuerca o tornillo, es apretado, el tornillo tiende a alargarse cierta cantidad. Esta elongación es medida por la deformación que sufre el tornillo en el apriete, produciendo el esfuerzo a la tensión provocando la fuerza de apriete.

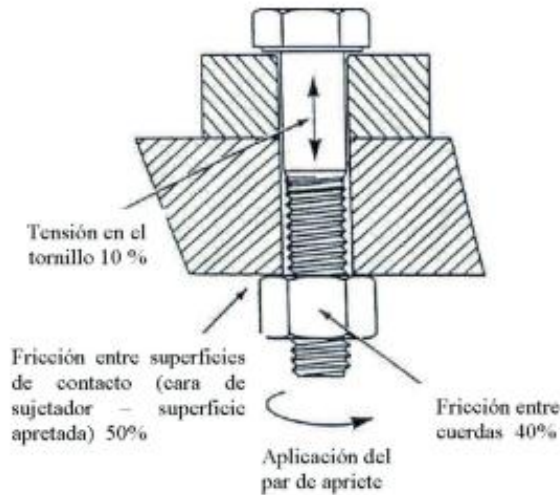


Figura 17. Distribución del par de apriete entre cuerdas.
Fuente: Ingeniería Mecánica Tecnología y Desarrollo.

En un ensamblaje convencional tornillo-tuerca, gran cantidad de esta fuerza se utiliza en vencer la fricción producida al entrar en contacto la cuerda del tornillo y la tuerca, así como la cabeza del tornillo o la tuerca con la superficie del elemento a apretar. Dado que la fricción es, por definición, una resistencia al movimiento relativo, es necesario mantener la unión sin que se presente pérdida en la fuerza de apriete o algún tipo de relajamiento.

Dada la presencia de la resistencia a la fricción entre la cuerda del tornillo y la cuerda de la tuerca al apretar cualquier elemento de éstos, se induce un esfuerzo torsional, es decir, una torsión interna en el tornillo.

2.4.3.3. OTROS MÉTODOS

Remaches

Elementos de unión para uniones permanentes, de bajo coste y capaces de poder ser colocados en procesos de montaje manuales, semi-automáticos y automáticos. Un

remache es una pieza metálica formada de una varilla cilíndrica con una cabeza en su parte superior, utilizada para conectar chapas o piezas metálicas permanentemente. Para remachar es necesario contraer la cabeza del remache mediante un dispositivo de presión y deformar éste hasta que se rompa el remache por la presión.

El remachado puede darse por medio de una remachadora manual o eléctrica aunque su principal razón para su elección es su bajo coste de fabricación e instalación, en comparación con los elementos roscados.

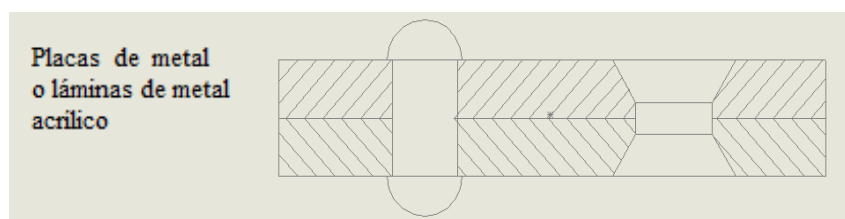


Figura 18. Diagrama de un remache.

Fuente: Ingeniería Mecánica Tecnología y Desarrollo.

Unión por ajuste a presión

Una unión por ajuste a presión o también llamada por apretamiento se aplica cuando el material conducido es de mayor diámetro que el agujero donde se piensa colocar. Al unir las piezas bajo presión de estos dos materiales no permite la movilidad entre ambas partes.

La fijación de esta unión dependerá de las dimensiones de las dos piezas, entre más discontinuas sean sus diámetros mayor será el ajuste.

En el primer caso, para introducir una pieza dentro de la otra, será necesario calentar la pieza donde esté situado el agujero para que se dilate y, seguidamente, poder introducir el eje con facilidad. Cuando ambas piezas alcanzan la temperatura ambiente, la unión estará realizada. Con este método se introduce, por ejemplo, el bulón en la biela y esto, a su vez, en el conjunto biela-pistón de un motor de automóvil en el que el bulón va fijo a la biela. Para ajustes con poca diferencia se

introduce una pieza en la otra por medio de presión, ya sea aplicando un método manual o ayudándose de prensas hidráulicas. (Villalba, 2000,p.7)

En la producción de piezas metálicas la mayoría de ensambles se realiza mediante acoplamiento de piezas por ajuste.

Adhesivo

Este tipo de unión se realiza interponiendo entre las dos superficies que se desea unir una capa de material con alto poder de adherencia, que se denomina adhesivo. La experiencia nos muestra que tras aplicar el adhesivo, las piezas se juntan y se presionan ligeramente hasta que el pegamento se seca. A partir de este momento la unión es firme. (Villalba, 2000,p.8)

Los tipos de adhesivos son:

- Adhesivos naturales: de origen animal o vegetal. Son los más antiguos y menos eficaces. Su uso decae.
- Adhesivos sintéticos: son los que más se emplean hoy en día, por ser más eficaces.

2.4.4. DEFINICIÓN DE CARROCERÍA

La estructura de la carrocería, está compuesto de varias piezas conectadas entre sí formando una estructura estable, la misma que esta predispuesta a soportar cargas externas trasmitiendo hacia sus apoyos dando como resultado un sistema equilibrado de cargas.

Las partes de la estructura están compuestas por elementos de diferentes dimensiones; están pueden darse de dos maneras:

- a. Una de las dimensiones es pequeña a diferencia de las otras dos. Por ejemplo las placas donde el espesor es más pequeño que su superficie.
- b. Dos de las dimensiones son pequeñas a diferencia de una tercera. Este es el caso de las barras por ejemplo las vigas o columnas.

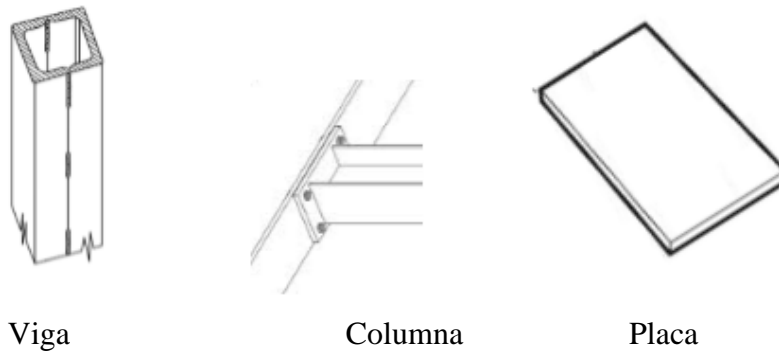


Figura 19. Piezas que componen una estructura
 Fuente: http://concretoerikagm.blogspot.com/2012_03_01_archive.html

Los grupos de construcción de los soportes de la carrocería, como por ejemplo grupo de preparación de materiales, piso, paredes laterales, techo, parte delantera y parte trasera, se deben elaborar como soportes armados con diagonales, chapas de sujeción, etc. Las aberturas requeridas: por ejemplo ventanas, puertas, etc., se deben encuadrar con secciones reforzadas y rígidas a la flexión y añadir mediante uniones que favorezcan la transmisión de fuerzas. (Jaque, 2010, p.34)

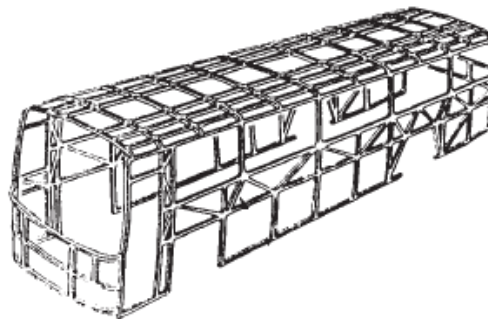


Figura 20. Estructura de la carrocería
 Fuente: Manual para montaje carrocerías HINO

2.4.4.1. CHASIS

Constituye el soporte de todos los órganos principales del vehículo (motor, transmisión, suspensión sobre la que se apoya, dirección, ruedas, frenos).

Armazón del vehículo que comprende el bastidor, ruedas, transmisión, con o sin motor excluido la carrocería y todos los accesorios necesarios para acomodar al conductor y a los pasajeros.



Figura 21. Chasis

Fuente: <http://www.agraleargentina.com.ar/chasis-buses-urbanos/ma-150>

El chasis a ser usado para un bus urbano debe tener la certificación del fabricante de que se trata de un chasis para bus urbano de transporte de pasajeros. La certificación debe indicar que el chasis es de fabricación original y no debe ser modificado.

2.4.4.2. ESTRUCTURA DEL PISO

Esta estructura debe soportar todas las cargas durante la marcha. La estructura del piso no solo que soporta directamente el peso de la carga útil del vehículo, sino que, juega un rol extremadamente importante en la unión del bastidor del chasis con la carrocería del bus y asegura la rigidez estructural total y la resistencia. El método de la unión de la carrocería al bastidor del chasis, que se realiza por largueros transversales, es un tipo de diseño adoptado por gran parte de los fabricantes de carrocerías en todo el mundo. (Jaques,2010,p.34)

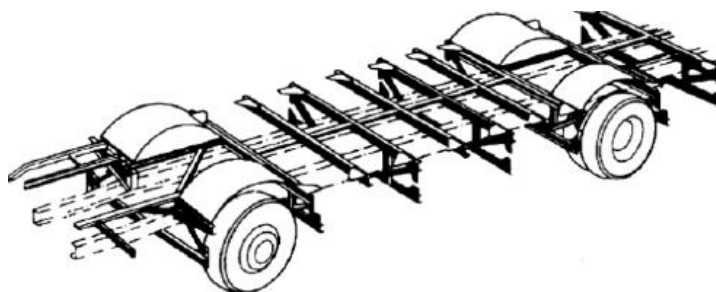


Figura 22. Estructura del piso

Fuente: Directivas de Carrozado – General, Todos los modelos Mercedes Benz

2.4.4.3. PAREDES LATERALES

Esta parte de la carrocería debe soportar la fuerza de combamiento por la rigidez de la estructura. La carga torsional que se transmite por la estructura del lado derecho e izquierdo respectivamente, como fuerzas o cargas de arriba hacia abajo.

La carga torsional se puede interpretar como una carga de vertical de combamiento sobre las estructuras laterales del lado derecho e izquierdo.

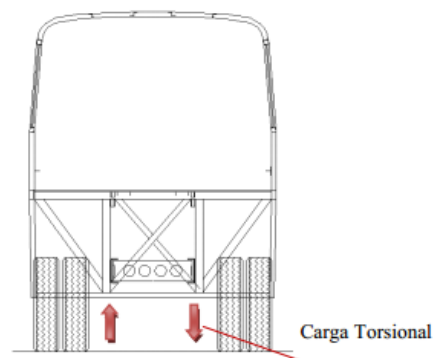


Figura 23. Carga torsional en las paredes laterales de la estructura
Fuente: MAN. Prescripciones de montaje de carrocerías.

En las estructuras laterales en su parte del armazón por debajo de la estructura para ventanas brindan una rigidez sumamente alta disminuyendo las fuerzas verticales del combamiento.

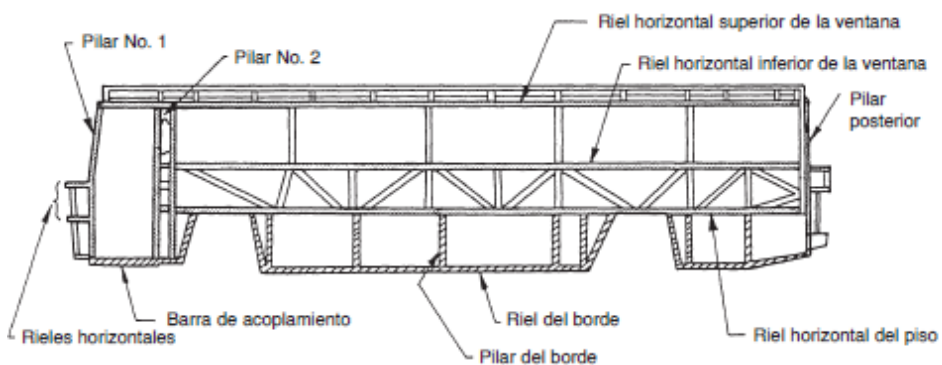


Figura 24. Estructura Lateral.
Fuente: Manual para montaje de carrocerías HINO

2.4.4.4. ESTRUCTURA DEL TECHO

La estructura del techo soporta altos esfuerzos dinámicos. Ésta tiene una estructura tejida tipo reja y con refuerzos dirigidos a lo largo del techo hasta su parte posterior frontal de su carrocería. Además se asegura la estructura por medio de cerchas conectando a las columnas de ventanas y pisos y la estructura del piso.

Según la rigidez exigida y para asegurar la exactitud dimensional se pueden montar adicionalmente cerchas intermedias, chapas en forma de “Z”, en forma de “U” para las claraboyas y refuerzos intermedios en el interior de las cerchas en su parte central.(Jaque,2010,p.34)

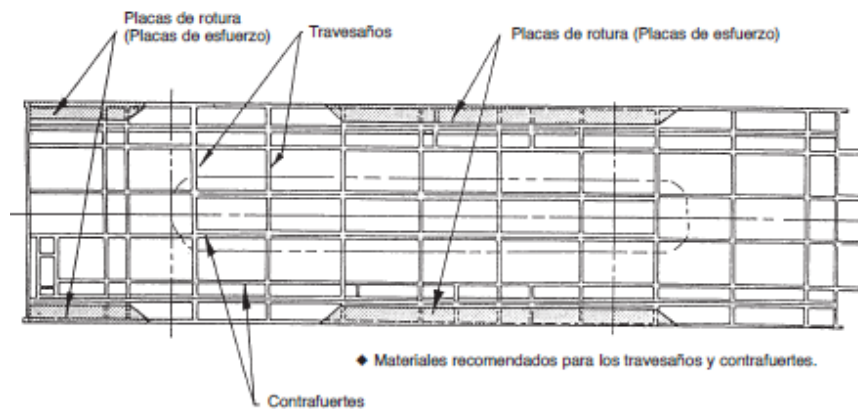


Figura 25. Estructura del techo.
Fuente: Manual para montaje de carrocerías HINO

El techo es la estructura de unión de los laterales y forma entre ellos unidades rígidas o pórticos; su forma es diseñada para evitar que lluvia, ceniza y polvo se acumule en su superficie y dependiendo de la aplicación puede ser reforzada para transportar carga en general.

2.4.4.5. ESTRUCTURA FRONTAL

La estructura frontal hace mucho más rígida la estructura de la parte delantera y así a la carrocería completa. Se debe reforzar por medio de chapas así como las aberturas que se den en la estructura delantera como es la mascarilla.

Es necesario armar una estructura tipo reja que soporte la rigidez a la flexión a las que está expuesta la estructura frontal, además de las cargas torsionales las mismas que se aplican una reacción en la superficie de la pista sobre la carrocería y a los costados alternándose a la derecha y a izquierda.

El parabrisas en su parte del montaje que por lo general se lo realiza con caucho constituye una importante apertura sobre la estructura frontal y es por lo tanto, difícil asegurar suficiente rigidez torsional en la estructura frontal contra esta carga.

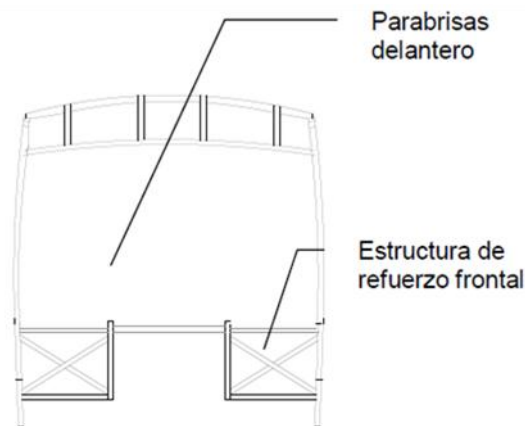


Figura 26. Estructura frontal
Fuente: MAN. Prescripciones de montaje de carrocerías.

2.4.4.6. ESTRUCTURA POSTERIOR

La estructura de la parte posterior, igual que el de la parte delantera, contribuye considerablemente a la rigidez transversal de la carrocería. Este se debe reforzar con diagonales y esquinas con curvas.

Reforzar los huecos necesarios como por ejemplo para el vidrio posterior, compuerta posterior, focos, etc., con encuadramientos rígidos a la flexión.

La estructura posterior está montada sobre el extremo del voladizo posterior del bastidor del chasis y está sujeta a la influencia de dos tipos de carga.

1. Una carga de combamiento debido a la carga útil que lleva el voladizo posterior.

2. Una carga torsional, como la estructura frontal, las cuales actúan alternativamente sobre los lados derechos e izquierdos del bus.

La Carga de combamiento son las fuerzas que tratan de combar la carrocería, y resultan del peso de la carga útil y las fuerzas de reacción provenientes de la superficie de rodamiento.

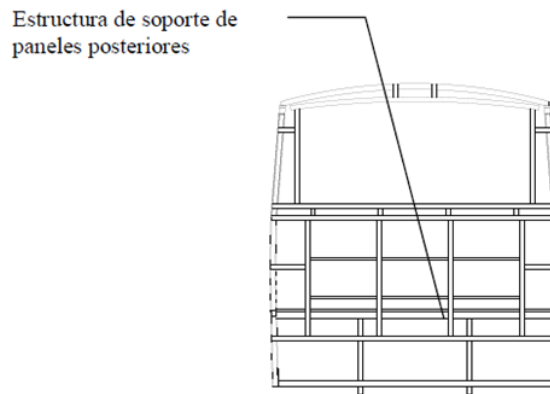


Figura 27: Estructura posterior
Fuente: MAN. Prescripciones de montaje de carrocerías.

2.4.5. MÉTODO ORDINAL CORREGIDO DE CRITERIOS PONDERADOS

Este método ayuda a encontrar una posible solución en base a tablas que sin la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad, y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos.

Los criterios seleccionados se corelacionan entre ellos, para realizar las tablas se asignan la siguiente escala de valores.

Tabla 1. Valoración de criterios ponderados.

Valor	Criterio
1	Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas.
0,5	Si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas
0	si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas

Fuente: RIBA R. CARLES, "Diseño Concurrente" (2002).

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad (para evitar que el criterio o solución menos favorable tenga una valoración nula); después, en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio.

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso ponderado del respectivo criterio.

2.4.6. PROPIEDADES Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Cada sistema tiene diferentes propiedades y requerimientos que hacen que éste sea apropiado o no para su aplicación. Las propiedades son las cualidades que hacen que el sistema sea aplicable para la función requerida, es decir que estos deben cumplirse para el buen funcionamiento del sistema y por ende el buen traslado de la carga.

Los requerimientos del sistema en cambio son los factores que debe satisfacer por exigencias de la empresa, es decir por necesidad tanto del lugar como de las condiciones de trabajo.

Entre las propiedades que se consideran para la elección del sistema se tiene:

La capacidad de carga es la condición de levantamiento para la que va a ser utilizada, las cargas pueden ser moderadas o extremadamente pesadas. Siempre es necesario elevar la capacidad para la que se requiere en casos de que exista sobrecarga. En los sistemas de grúas se evalúa el tipo de carga mediante la clase de utilización por medio de los ciclos de trabajo y también por el estado de carga desde ligero hasta pesado.

Los tiempos de traslación tienen que ver más con la velocidad con que funciona el sistema, este se debe tener muy en cuenta cuando el trabajo que se requiere debe ser a velocidades moderadas. Para condiciones de cargas extremas es recomendado

velocidades pequeñas ya que se puede ocasionar riesgos laborales por el descontrol de éste.

Lo que tiene que ver con requerimientos del sistema, existen varios factores que intervienen en este como:

Los recursos humanos que es la condición de mano de obra de la que dispone la empresa, ya que algunos sistemas deben ser controlados por un buen número de personal, siempre es recomendable utilizar lo menos posible mano de obra para lo que es levantamiento de cargas debido al esfuerzo físico que estos deben imponer.

Es espacio físico también es un factor importante para la implementación del sistema, debido a que éste debe brindar la comodidad necesaria para su buena manipulación, sin embargo también la empresa debe cumplir con el espacio necesario para el óptimo desarrollo del sistema.

Los riesgos laborales es otro factor crucial junto al espacio físico para la selección del sistema, esto es debido a que no se puede dar prioridad al sistema si este no cuenta con la seguridad necesaria para la buena salud del personal. Existen normas de seguridad industrial para el uso de maquinaria pesada y es necesario seguirlas para no correr ningún riesgo laboral. Los riesgos mecánicos se presentan por lo general cuando no se utiliza adecuadamente el sistema, siempre es necesario que lo operen personal calificado.

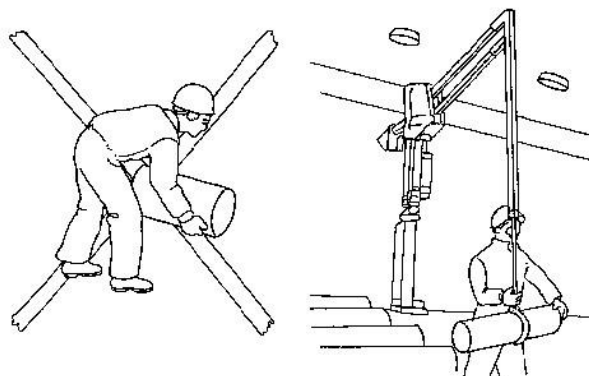


Figura 28. Posición ergonómica de carga.

Fuente: http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ergo/ergonomi.htm

Los riesgos ergonómicos que son los riesgos por posturas inadecuadas o por levantamiento sobre esforzado que hace una persona, se debe seguir las recomendaciones necesarias para no sufrir ningún tipo de lesión por incumplimiento de las mismas.

La mantenibilidad que es un requisito indispensable para el buen funcionamiento de la maquinaria, se debe realizar chequeos periódicos y mantenimientos preventivos para que no se provoque ningún tipo de percance. Existen guías de revisión con las fechas que deben ser revisados los elementos que conforman un equipo o maquinaria

2.5. HIPÓTESIS

En el proceso de transporte para el ensamblaje de estructuras, un puente grúa será más eficiente que una grúa pórtico manual.

H₀ El sistema puente grúa será más eficiente que una grúa pórtico.

2.5.1. VARIABLES

2.5.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Sistemas de transporte

2.5.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Ensamblaje de estructuras de carrocerías en la empresa “PICOSA” Cía. Ltda.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE

Para la presente investigación es predominante lo cuantitativo, por su naturaleza y características que se plantean en las variables del problema, es decir; se enfocará estadísticamente, lo que generará información con resultados para un buen análisis del proceso y ensamblar mayor número de estructuras disminuyendo los tiempos de producción, sin embargo; la modalidad cualitativa servirá como ayuda en la investigación para el objeto de estudio.

En este tipo de investigación se utiliza modelos matemáticos mediante teorías e hipótesis, que orientan una solución al problema, es por eso que se ha optado como la más apropiada para realizar el presente trabajo de investigación, además que cumple con todas las características determinadas en el estudio.

El enfoque cualitativo también será de ayuda para solucionar preguntas de investigación. A menudo utiliza métodos en los que se recolecta información descriptiva sin datos numéricos.

3.2. MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. MODALIDAD

3.2.1.1. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Hemos elegido la investigación de campo porque el investigador va a la realidad para recabar información sobre el problema a ser investigado.

En esta investigación el investigador se relaciona directamente con la realidad, para tomar datos e información de acuerdo con los objetivos del proyecto. Esta modalidad

de investigación aportará con información recolectada en el lugar que se desarrolla la problemática a ser analizada, para ello se realizará encuestas y entrevistas.

Esta investigación es de gran utilidad para el presente trabajo de investigación, nos facilitará la obtención y recolección de información, sobre investigaciones anteriores y que guardan relación con la presente, además que nos ayudará en la profundización de conceptos, teorías y otros datos que nos servirán de base y de guía para el desarrollo de la investigación.

3.2.1.2. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Esta investigación se realizará con este tipo de modalidad debido a que el investigador se apoyará en información de libros, folletos e internet, indispensable para realizar un buen trabajo, explorar de manera teórica-científica el proceso investigativo y realizar los ensayos, conceptualizar algunos aspectos importantes, determinar los tipos de equipos y materiales utilizados, etc.

3.2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.2.1. INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Este tipo de investigación consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican con un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.

3.2.2.2. INVESTIGACIÓN EXPLICATIVA

Este tipo de investigación consiste en explicar el desarrollo del conocimiento, razón por la cual el rigor científico se constituye en pilar fundamental para su ejecución. Esta investigación permitirá dar una explicación del porqué del comportamiento de las variables, lo cual implica un esfuerzo por parte del investigador y una gran capacidad de análisis, síntesis e interpretación de este problema específico para analizar los tiempos en la producción de las carrocerías “PICOSA” Cía. Ltda.

3.2.2.3. INVESTIGACIÓN CORRELACIONAL

La investigación por asociación de variables, permite ver como se relacionan o vinculan unos factores con otros en la investigación. Para desarrollar este trabajo será necesario conocer o identificar que variable causa u ocasiona el problema dentro de la empresa, por cuanto es preciso aplicar este tipo de investigación.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN O UNIVERSO (N)

En estadística e investigación se denomina población a todo un grupo de personas u objetos que poseen una característica común, ya sean profesionales, operarios, obreros, etc., que laboran en una planta. La población sobre la cual se enmarca el proyecto de investigación está constituida por el número de 100 elementos de estructuras laterales de carrocería “PICOSA” Cía. Ltda.

3.3.2. MUESTRA

Para la elaboración del presente trabajo investigativo se basó en un muestreo no probabilístico de forma intensional, es decir, a criterio del investigador.

Ya que solo se realizará una tabulación de datos, se tomó los tiempos de traslación que tardan en transportar 5 estructuras laterales por medio del mecanismo grúa pórtico.

Tabla 2. Muestra de Investigación

Estructuras laterales	Tipo	Peso	Altura
1	Urbano	3 ton	4 m
2	Urbano	3 ton	4 m
3	Urbano	3 ton	4 m
4	Provincial	3,5 ton	4,5 m
5	Provincial	3,5 ton	4,5 m

Fuente: Archivos Empresa PICOSA

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.4.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Sistemas de transporte

Tabla 3. Operacionalización variable independiente

CONCEPTO	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS/ INSTRUMENTOS
Un sistema de transporte se encarga de transportar productos livianos o pesados mediante equipos o mecanismos de un lugar a otro, bajo parámetros de selección.	Transporte terrestre	Grúa Pórtico Sistema de cadena y rodillos	¿Cuáles son las eficiencias de los sistemas de transporte terrestres?	Observación/Ficha de observación
	Transporte aéreo	Puente grúa Riel de carga	¿Cuáles son las eficiencias de los sistemas de transporte aéreos?	Observación/Ficha de observación.

3.4.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Ensamblaje de estructuras de carrocerías.

Tabla 4. Operacionalización de variable dependiente

CONCEPTO	CATEGORÍAS	INDICADORES	ITEMS	TÉCNICAS/ INSTRUMENTOS
El ensamblaje de las estructuras de carrocerías, es la suma de todas las actividades requeridas para construir y ensamblar la estructura mediante la movilización de las mismas cumpliendo ciertos requerimientos de selección en el sistema.	Propiedades del sistema de transporte	Capacidad de carga Tiempo de traslación	¿Cuáles son las propiedades del sistema de transporte?	Observación/Ficha de observación
	Requerimientos del sistema de transporte	Espacio Físico Recursos Humanos Riesgos Laborales Mantenibilidad Costo	¿Cuáles son los requerimientos que exige la empresa PICOSA Cía. Ltda.?	Observación/Ficha de observación.

3.5. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de la presente investigación, se procedió a la toma de información mediante la observación y análisis del procedimiento en el momento efectuado, además de los tiempos y movimientos que se generan para el ensamblaje de las estructuras de carrocerías en la empresa “PICOSA” Cía. Ltda. del cantón Ambato. Las técnicas e instrumentos en que nos apoyaremos para la investigación serán cuaderno de notas, registros históricos, fichas de campo, información bibliográfica.

Además se optó por realizar entrevistas al Supervisor encargado y a los operadores respecto al proceso de ensamblaje de estructuras, apoyados en un cuestionario de preguntas.

3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Una vez recolectada toda la información, se realizará una Revisión crítica de la información recogida, es decir; descartar información innecesaria como información defectuosa o contradictoria, incompleta y no pertinente.

Se buscará la repetición de la recolección para ciertos casos individuales y corregir fallas de contestación.

Será necesaria la tabulación o cuadros según variables de cada hipótesis. Para esto nos basaremos los modelos gráficos y cuadros que se utilizarán para el desarrollo de la investigación

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

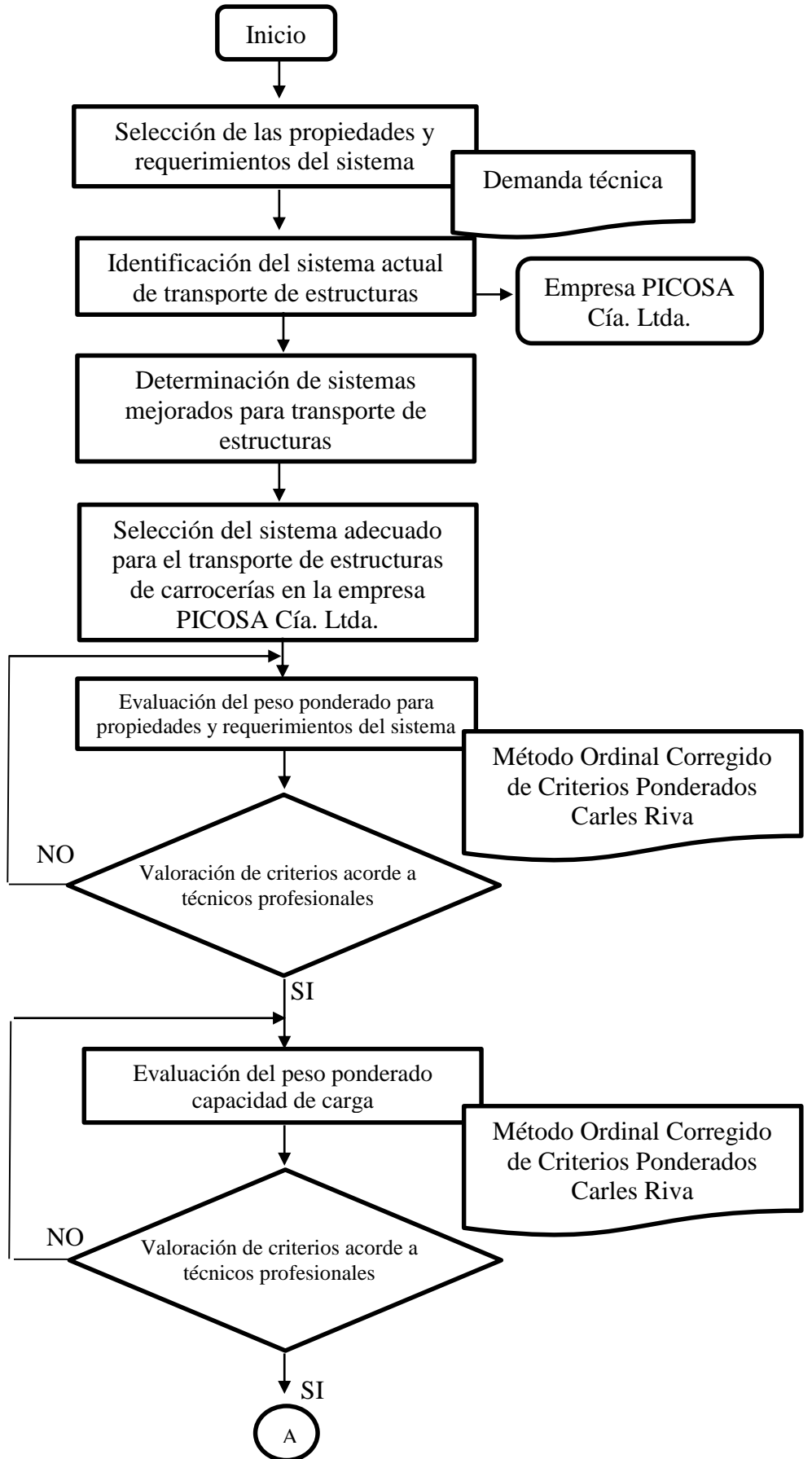
En la búsqueda para determinar los sistemas de transporte que podrían mejorar el sistema actual en el ensamblaje de estructuras de carrocería, se ha recolectado toda la información basándose en la investigación bibliográfica y de campo, las mismas que sirvieron como apoyo para adquirir los datos necesarios y realizar la comparación de parámetros que intervienen en el proceso de transporte que se encuentra actualmente funcionando en la empresa PICOSA Cía. Ltda.

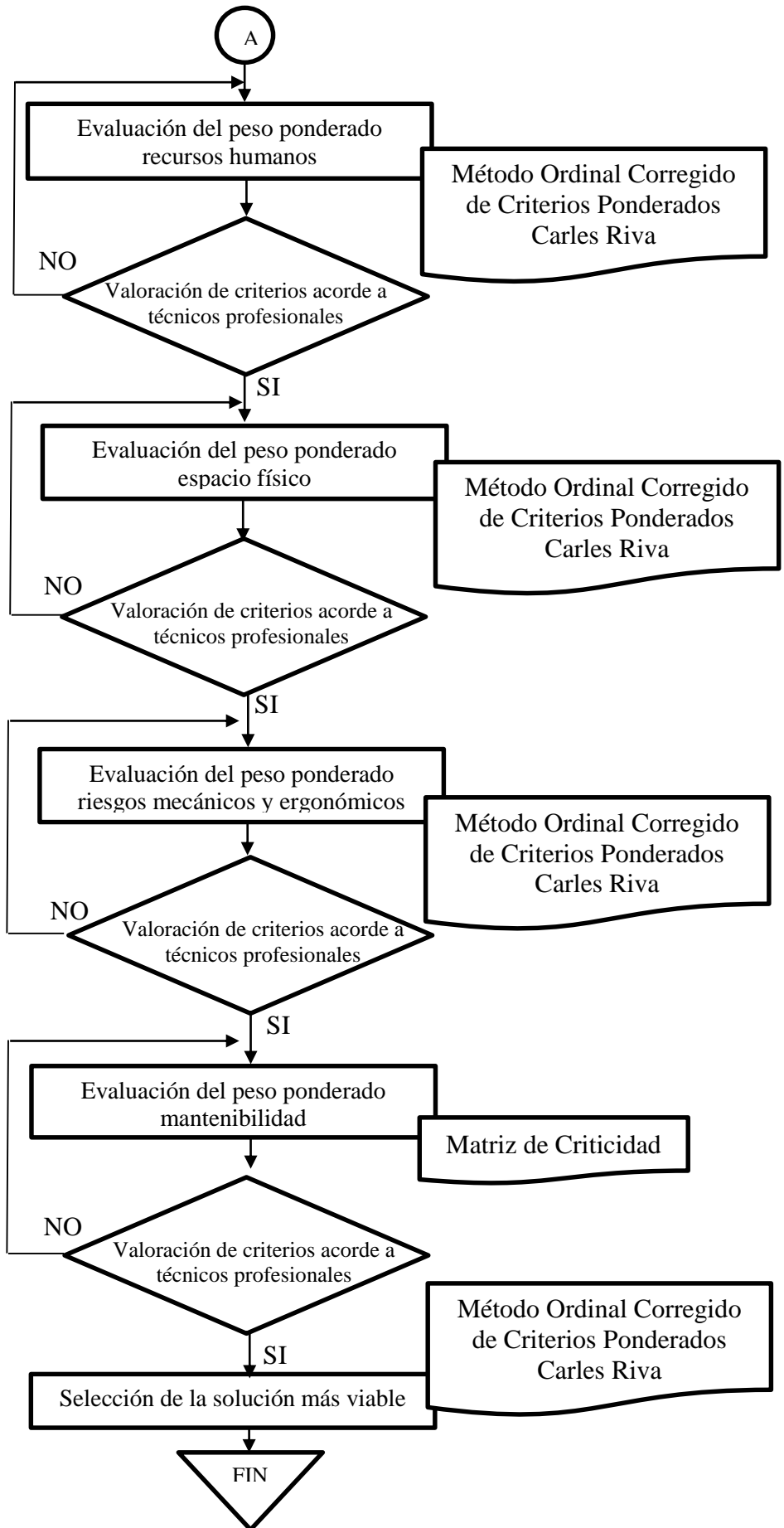
Para esto se ha decidido tomar datos mediante la observación del proceso y una vez obtenido los mismos se procedió a buscar los factores que pueden intervenir en la mejora del sistema actual y que se mencionan a continuación:

- Capacidad de carga
- Tiempo de traslación
- Recursos humanos
- Espacio físico
- Riesgos mecánicos y ergonómicos
- Mantenibilidad
- Costo

Estos parámetros nos sirven para distinguir cuales pueden afectar la producción en el transporte de estructuras de carrocerías, ya que se buscó una mejora que sea considerable para la elección del nuevo sistema.

También se tuvo en cuenta factores como es el costo, construcción y mantenimiento que favorezcan a la empresa, es decir; que satisfaga a las necesidades de los propietarios sin dejar de lado las necesidades de los empleados.





4.2. INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

4.2.1. PROCESO ACTUAL DE TRANSPORTE

En el proceso de transporte de estructuras de carrocerías se planea mover las estructuras construidas hacia el puesto de trabajo ensamblaje de carrocerías, una vez ahí se unen todas las estructuras al piso de la carrocería y el techo a las estructuras laterales.

Una vez concluida la soldadura tanto de las estructuras laterales como el techo, el operador se apoya en el mecanismo grúa pórtico para levantar las estructuras del molde y así estar listas para su movilización. Para esto el operador requiere ayuda por parte de los demás operadores de diferentes puestos de trabajo, un grupo de personal sostiene la estructura rodante de la grúa pórtico y a la señal del operador empujan la estructura implementando esfuerzo para mover hasta el puesto de ensamblaje.

Se realizan dos tiempos para llevar las estructuras, en un tiempo llevan las estructuras laterales desde el puesto donde arman hasta el puesto de ensamblaje y en otro tiempo levantan y mueven la estructura del techo desde el puesto de trabajo hasta el mismo puesto de ensamblaje anterior.

Los tiempos para transportar las estructuras varían según el número de personal y del puesto donde se encuentra el chasis, para esto se ha tomado varios tiempos donde se distingue una referencia de los mismos cuyos valores son aproximados (Tabla 5).

Para el ensamblaje de estructuras de carrocerías se utiliza un sistema de transporte denominado grúa pórtico, el cual se hace uso exclusivamente para este proceso y es la única herramienta de apoyo.



Figura 29. Tecele con estructura en la empresa PICOSA Cía. Ltda.

Fuente: Empresa PICOSA Cía. Ltda.

En la empresa cuentan con dos grúas pórticos que facilitan la movilización de las estructuras y de otras cargas pesadas que se requieran en el proceso.

A continuación se muestran las ventajas y desventajas que posee este sistema actual grúa pórtico.

Ventajas:

- Fácil manejo.
- Poco espacio de trabajo.
- Fácil mantenimiento.

Desventajas:

- Difícil orientación.
- Debe ser controlado por varias personas.
- Existe riesgo mecánico y ergonómico.
- Velocidad baja de transporte.

En el análisis de este sistema de transporte se puede distinguir que es una herramienta básica para movilizar carga pesada, pero que no cuenta con las suficientes ventajas como para realizar el transporte de las estructuras.

4.2.2. SISTEMAS MEJORADOS EN EL TRANSPORTE DE ESTRUCTURAS

4.2.2.1. Puente Grúa

Este sistema es muy utilizado en industrias que necesitan cargar equipos, maquinaria y materia prima de gran magnitud, los mismos que son empleados para la fabricación del producto que produzca la empresa.

Además este sistema se puede aplicar para el transporte de estructuras, debido a que tiene facilidad de movimiento y mejoraría el ensamblaje controlado la disposición de la estructura antes del acople al suelo de la carrocería.

Ventajas:

- Fácil manejo.
- Levantamiento de grandes cargas
- Dispone de 6 grados de libertad
- Bajo recurso humano.

Desventajas:

- Difícil mantenimiento.
- Existe riesgo mecánico.
- Riesgo de caída para objetos pesados.

4.2.2.2. Riel de carga pesada.

Este sistema es muy utilizado en industrias que necesitan cargar equipos, maquinaria y materia prima en una sola dirección de movimiento, es decir; que solo tenga una secuencia de destino.

Aunque puede soportar cargas de esta hasta 500 kg, solo serviría exclusivamente para el levantamiento de cargas que tengas el mismo destino y el peso apto para el sistema. Este sistema se puede aplicar para el transporte de estructuras, debido a que se puede designar el camino y secuencia necesario para el ensamblaje coordinado al suelo del chasis.

Ventajas:

- Fácil manejo.
- Levantamiento cargas hasta 500kg
- Dispone de 4 grados de libertad
- Bajo recurso humano.

Desventajas:

- Difícil mantenimiento.
- Existe riesgo mecánico.
- Riesgo de caída para objetos pesados.
- Una sola línea de movimiento.

4.2.2.3. Transporte de línea continua por rodillo y cadena.

Este sistema es muy utilizado en industrias que necesitan cargar materia prima en una sola dirección de movimiento, aunque en empresas carroceras utilizan para el movimiento del chasis y así ir armando la estructura en una línea de producción.

Este sistema se puede aplicar para el transporte de estructuras, debido a que se puede designar el camino y secuencia necesario para el ensamblaje coordinado al suelo del chasis.

Ventajas:

- Fácil manejo.
- Levantamiento cargas hasta 500kg
- Bajo recurso humano.

Desventajas:

- Difícil mantenimiento.
- Existe riesgo mecánico.
- Una sola línea de movimiento.

4.2.3. SELECCIÓN DEL SISTEMA ADECUADO PARA EL TRANSPORTE DE ESTRUCTURAS DE CARROCERÍAS

Con el fin de determinar el sistema que mejore el transporte de estructuras de carrocerías se ha tomado el método Ordinal Corregido de Criterios Ponderados.

4.2.3.1. Sistemas de transporte para estructuras de carrocerías

Se trata de encontrar un mejor sistema de transporte de estructuras de carrocerías mejorando los tiempos y reduciendo el personal necesario para el uso del mismo.

La evaluación que se presenta a continuación está relacionada con las soluciones alternativas estudiadas en la fundamentación teórica.

4.2.3.2. Parámetros de selección

a) Capacidad de carga: el sistema que se quiere seleccionar debe soportar el peso de las estructuras y cargas de partes pesadas que se encuentran en la carrocería.

b) Tiempos de traslación: los tiempos de traslación deben ser similares o superiores al sistema actual.

c) Recursos humanos: el sistema a seleccionar debe ocupar un número reducido de personas para su control.

d) Espacio físico: este sistema debe ocupar un espacio que no obstruya el proceso de ensamblaje.

e) Riesgos mecánicos y ergonómicos: el sistema deseado no debe provocar riesgos tanto mecánicos como ergonómicos.

f) Mantenibilidad: el sistema a seleccionar debe requerir un aceptable esfuerzo para conservar su funcionamiento normal.

g) Costo: el costo del sistema debe ser moderado.

Una vez descrito los parámetros de selección, se nombró las soluciones o sistemas que pueden ser puestos a discusión y que suelen ser utilizados para el transporte de estructuras de carrocerías:

Solución A: Grúa pórtico.

Solución B: Puente Grúa.

Solución C: Riel de carga pesada.

Solución D: Transporte de línea continua por rodillo y cadena.

Tabla 5. Evaluación del peso ponderado para cada criterio.

Capacidad carga >Tiempos>Recursos humanos>Espacio físico>Riesgos>Mantenibilidad= Costo									
Criterio	Capacidad de carga	Tiempos	Recursos humanos	Espacio físico	Riesgos	Mantenibilidad	Costo	$\Sigma + 1$	Ponderado
Capacidad de carga	1	1	1	1	1	1	1	7	0,25
Tiempos	0	1	1	1	1	1	1	6	0,21
Recursos Humanos	0	0	1	1	1	1	1	5	0,18
Espacio físico	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	3	0,11
Riesgos	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	3	0,11
Mantenibilidad	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1	3	0,11
Costo	0	0	0	0	0	0	0	1	0,03
							Suma	28	1,00

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

a) Capacidad de carga

El sistema debe ser apto para soportar cargas de hasta 500 kg.

Solución A (Grúa pórtico): Este sistema está construido para soportar cargas moderadas desde 200 Kg hasta 3 toneladas que es un sistema de transporte aceptable para la movilización de estructuras que tienen pesos de hasta 500 Kg.

Solución B (Puente Grúa): Para este sistema el peso es un factor muy importante, ya que está diseñado explícitamente para soportar grandes cargas de hasta 30 toneladas (dependiendo del caso), este sistema es apropiado para el transporte de estructuras inclusive partes de carrocerías que superan el peso de estas estructuras.

Solución C (Riel de carga pesada): En este sistema la carga a soportar es apropiada para transportar estructuras como las de carrocerías, la carga máxima que soporta este sistema es de 500 Kg.

Solución D (Transporte de línea continua por rodillo y cadena): La carga que soporta este tipo de sistema es muy aceptable, puede soportar cargas de hasta 5 toneladas pero en una sola línea de movimiento lo que condiciona el ensamblaje.

Tabla 6. Evaluación del peso ponderado del criterio capacidad de carga.

Solución B > Solución C = Solución D > Solución A						
Carga	Soluc. A	Soluc. B	Soluc. C	Soluc. D	$\Sigma + 1$	Promedio
Soluc. A		0	0	0	1	0,1
Soluc. B	1		1	1	4	0,4
Soluc. C	1	0		0,5	2,5	0,25
Soluc. D	1	0	0,5		2,5	0,25
				Suma	10	1,00

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

b) Tiempos

Solución A (Grúa pórtico): En este sistema interviene el esfuerzo físico del hombre lo cual variará en el tiempo según la cantidad de personal disponible. Este sistema se encuentra actualmente en uso en la empresa por lo que los tiempos fueron tomados por unidad de longitud (1m) y tabulados a continuación:

Tabla 7. Tiempos de trabajo por unidad de longitud para la solución A

Movimientos (1 m)	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Promedio (Seg)
Elevación	20	22	22	20	20	20,8
Traslación	6	8	8	7	5	6,8
Descenso	18	19	19	18	18	18,4

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Solución B (Puente Grúa): Este sistema es impulsado mecánicamente y su velocidad es constante así que los tiempos de movilización solo dependerán del control que posea el operador. Así mismo los tiempos fueron medidos de una empresa que posee este sistema.

Tabla 8. Tiempos de trabajo por unidad de longitud para la solución B.

Movimientos (1 m)	Tiempo 1 (Seg)	Tiempo 2 (Seg)	Tiempo 3 (Seg)	Tiempo 4 (Seg)	Tiempo 5 (Seg)	Prom (Seg)
Elevación	11	12	13	12	11	11,8
Traslación transversal	7	8	6	7	8	7,2
Traslación longitudinal	5	6	6	5	5	5,4
Descenso	10	11	9	9	10	9,8

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Solución C (Riel de carga pesada): En este sistema los tiempos serán similares a la Solución B (Puente Grúa) debido a que es el mismo principio de funcionamiento y su aplicación será para el mismo propósito, lo que discrepa de este es solo en su movilidad y grados de libertad.

Tabla 9. Tiempos de trabajo por unidad de longitud para la solución C.

Movimientos (1 m)	Tiempo 1	Tiempo o 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Promedio
Elevación	3,2 seg	3,4 seg	3,3 seg	3,3 seg	3,3 seg	3,3 seg
Traslación	5 seg	5 seg	5 seg	5 seg	5 seg	5 seg
Descenso	3 seg	3,2 seg	3,2 seg	5 seg	5 seg	3,88 seg

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Solución D (Transporte de línea continua por rodillo y cadena): Este sistema a diferencia de los anteriores solo cuenta con un movimiento lineal lo que lo hace más simple pero con funcionalidad limitada. Los tiempos dependen de motor con que se hale la cadena y giren los rodillos, estos tiempos fueron basados

Tabla 10. Tiempos de trabajo por unidad de longitud para la solución D.

Movimientos (1 m)	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Promedio
Traslación	6,6 seg	6,6 seg	6,6 seg	6,6 seg	6,6 seg	6,6 seg

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Tabla 11. Evaluación del peso ponderado del criterio Tiempo.

Solución D = Solución A > Solución C > Solución B						
Tiempos	Soluc. A	Soluc. B	Soluc. C	Soluc. D	$\Sigma + 1$	Promedio
Soluc. A		0,5	0,5	0,5	2,5	0,25
Soluc. B	0,5		0,5	0,5	2,5	0,25
Soluc. C	0,5	0,5		0,5	2,5	0,25
Soluc. D	0,5	0,5	0,5		2,5	0,25
				Suma	10	1,00

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

c) Recursos Humanos

Solución A (Grúa pórtico): Para el uso de este sistema se requiere de una cantidad considerable de personal, en el caso actual se ocupa de 6 a 10 personas (según la

distancia), y esto es desfavorable para los demás procesos en los que se encuentran destinados los operarios en uso.

Solución B (Puente Grúa): En este sistema el recurso humano es muy satisfactorio ya que solo se requiere de una persona la misma que a través de un mando se encargará de maniobrar el puente grúa. En caso de que esta persona no tenga un amplio campo de visibilidad se usará otro ayudante. La persona que utilice y controle este mando debe poseer habilidades y ser capacitado para dicha actividad.

Solución C (Riel de carga pesada): Para este sistema el personal es reducido al mínimo, una persona capacitada es la encargada de usar el mando para maniobrar el equipo y como tiene una sola línea de movimiento no necesita de alguien que le guíe.

Solución D (Transporte de línea continua por rodillo y cadena): Similar a los otros sistemas, este se controla a través de un mando el mismo que es manipulado por una sola persona capacitada.

Tabla 12. Evaluación del peso ponderado del criterio Recursos humanos.

Solución B= Solución C = Solución D > Solución A						
Rec. Hum.	Soluc. A	Soluc. B	Soluc. C	Soluc. D	$\Sigma + 1$	Promedio
Soluc. A		0	0	0	1	0,1
Soluc. B	1		0,5	0,5	3	0,3
Soluc. C	1	0,5		0,5	3	0,3
Soluc. D	1	0,5	0,5		3	0,3
				Suma	10	1,00

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

d) Espacio Físico

En este parámetro se considera solo las dimensiones de los equipos a lo ancho y alto, esto se debe a que el espacio que ocupa las guías para los diferentes sistemas depende de la carrera que se la quiera aplicar.

Solución A (Grúa pórtico): Las dimensiones de este sistema fueron medidos del mecanismo actual de la empresa.

Tabla 13. Dimensiones de las grúas pórtico que se utilizan en la empresa PICOSA.

Elemento	Ancho (m)	Alto (m)
Grúa pórtico N1	2	5
Grúa pórtico N2	2	5
TOTAL	4	10

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Solución B (Puente Grúa): Las dimensiones del puente grúa están dispuestas por un diseño previo con características similares.

Tabla 14. Dimensiones del puente grúa.

Elemento	Ancho (m)	Alto (m)
Viga de carga (W14x120)	0,373	0,368
Riel y Carro testero	0,15	0,2
TOTAL	0,523	0,568

Fuente: Silva Proaño C. y Morales Gordón S. (2011) “Diseño de un puente grúa tipo de 5 toneladas de capacidad para la industria metalmecánica” (Tesis de tercer nivel) Escuela Politécnica Nacional, Quito -Ecuador.

Solución C (Riel de carga pesada): Las dimensiones de este sistema se encuentran en el Anexo A, en las mismas que se encuentran estipuladas lo siguiente:

Tabla 15. Dimensiones del Riel de carga pesada.

Elemento	Ancho (m)	Alto (m)
Riel serie 3000	0,068	0,135

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Solución D (Transporte de línea continua por rodillo y cadena): Las dimensiones de este sistema se encuentran en el Anexo B. A continuación las dimensiones del sistema de línea continua por rodillo y cadena.

Tabla 16. Dimensiones del transporte de línea continua por rodillo y cadena.

Elemento	Ancho (m)	Alto (m)
Sistema rodillo-cadena	1,20	0,12
Base de acero	1,00	0,50
TOTAL	1,2 m (incluido la base)	0,62 m

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Tabla 17. Evaluación del peso ponderado del criterio Espacio Físico.

Solución C > Solución B = Solución D > Solución A						
Esp. Físico	Soluc. A	Soluc. B	Soluc. C	Soluc. D	$\Sigma + 1$	Promedio
Soluc. A		0	0	0	1	0,1
Soluc. B	1		0	1	3	0,3
Soluc. C	1	1		1	4	0,4
Soluc. D	1	0	0		2	0,2
				Suma	10	1,00

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

e) Riesgos Mecánicos y Ergonómicos.

Los riesgos que se ponen a discusión tienen que ver con el equipo en funcionamiento más no los riesgos que se puedan producir al montar el sistema.

Solución A (Grúa pórtico): Los riesgos que presenta este sistema son más ergonómicos debido a que depende de un gran esfuerzo físico por parte del personal. Esto es debido a que realizan el movimiento de la estructura manualmente y esto podría ocasionar lesiones musculares.

Con respecto a los riesgos mecánicos, el sistema no debe sobrepasar el peso de carga máximo para evitar el colapso y daños del mecanismo:

No dejar que la tierra o la grasa gruesa se acumulen en las partes de movimiento del técle, particularmente en las cavidades de las ruedas de la cadena de carga, mantenga su técle limpio y bien lubricado para un mayor y seguro rendimiento.



Figura 30. Traslado de estructura con grúa pórtico
Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Los técles de cadena deben ser limpiados, inspeccionados y lubricados a intervalos periódicos o improvisadamente cuando el caso lo requiera. Para reparaciones y reemplazo de partes por favor contactar a los proveedores o fabricantes del técle.

Solución B (Puente Grúa): Los riesgos mecánicos que puede presentar este sistema puede ser por el mal uso y sobrepasar la carga máxima a levantar, también pueden fallar los componentes eléctricos si no se da un mantenimiento preventivo.

Velocidades de traslación. Es imprescindible que exista una relación correcta entre velocidad de traslación final y los valores de aceleración y deceleración correspondientes.

Arrastre o atrapamientos por la carga o por la propia grúa.

Impacto por la carga o por la propia grúa. Estos riesgos pueden estar originados por:

- Acompañar la carga con las manos.

- Depositar la carga sobre superficies irregulares.
- Traslado de la carga a baja altura no estado expedito el recorrido.
- Traslado de la carga sin efectuar las señales de aviso de peligro.
- Pérdida de estabilidad (de la carga, de la máquina o de sus elementos).
- Riesgo que presenta el sistema puente grúa.
- Caída del propio puente (salida del camino de rodadura, rotura del apoyo); Caída del carro o polipasto; Rotura del elemento de tracción (cable, cadena) por sobrecarga, etc.; Fallo del freno del polipasto; Rotura del elemento de sujeción de la carga (eslinga); Desprendimiento de la carga.
- Rotura de elementos de la máquina (por envejecimiento, fatiga, etc.)
- Desplome de las cargas, elementos de la máquina y el de la propia máquina; desplome de estructuras de sustentación.

Para garantizar un servicio eficaz del puente grúa, el tiempo de traslación a plena velocidad, será un 85 por 100 de la marcha total.

Este sistema no presenta riesgo ergonómico para el operario pero se debe seguir algunas recomendaciones para evitar daños al personal:

Para el uso del mando se recomienda que para velocidades mayores a 63 m /minuto se utilice un mando suspendido del carro o mando por radio.

No utilizar equipos de elevación de cargas sobre zonas bajo las que se encuentre personal en ese momento, y no transitar o permitir el tránsito bajo su zona de trabajo. Los equipos de elevación de cargas no son aparatos aptos la para ser utilizados para elevación de personas.

Solución C (Riel de carga pesada): En este sistema los riesgos mecánicos tienen que ver con el esfuerzo mecánico que debe realizar, es por eso que se debe utilizar para cargas no mayores a las dispuestas por el fabricante.

Arrastre o atrapamientos por la carga o por el propio sistema.

Impacto por la carga o por la propia grúa. Estos riesgos pueden estar originados por:

- Acompañar la carga con las manos.
- Depositar la carga sobre superficies irregulares.
- Traslado de la carga a baja altura no estado expedito el recorrido.
- Traslado de la carga sin efectuar las señales de aviso de peligro.
- Pérdida de estabilidad (de la carga, de la máquina o de sus elementos).

Riesgo que presenta el sistema Riel de carga pesada:

- Fallo del freno del polipasto; Rotura del elemento de sujeción de la carga (eslinga); Desprendimiento de la carga.
- Rotura de elementos de la máquina (por envejecimiento, fatiga, etc.)
- Desplome de las cargas, elementos de la máquina y el de la propia máquina; desplome de estructuras de sustentación.

Este sistema no presenta riesgo ergonómico para el operario pero se debe seguir algunas recomendaciones para evitar daños al personal:

Los equipos de elevación de cargas no son aparatos aptos para ser utilizados para elevación de personas.

Solución D (Transporte de línea continua por rodillo y cadena): En este sistema el riesgo mecánico puede darse por el desprendimiento o exceso de la carga. Se debe utilizar un transportador de rodillos con cadena para una marcha lenta con fuerza de tracción grande.

Se debe colocar los materiales sobre el sistema sobre la guía de rodillos para transportarlos de manera segura. Al retirar los materiales del sistema, los trabajadores deben permanecer alerta y salvaguardar sus manos; el material en movimiento puede crear puntos de aplastamiento. La manera de vestirse, ropa suelta, cabello largo y joyas al trabajar cerca del sistema puede representar el riesgo de quedar atrapado por los componentes mecánicos.

Las cadenas se caracterizan por su robustez y larga vida útil, y es insensible frente a la suciedad e influencias ambientales. Con una cadena pueden transmitirse potencias muy grandes.

Las cadenas requieren mantenimiento y son relativamente ruidosas durante el funcionamiento. Deben lubricarse periódicamente para alcanzar una vida útil óptima. Debido al nivel de ruido rápidamente creciente no se recomiendan velocidades por encima de 0,5 m/s.

En el accionamiento a paso, cada rodillo transportador va unido al siguiente por medio de una cadena. Por este motivo los rodillos transportadores requieren cabezales de accionamiento con dos piñones, que exigen una mayor protección contra manipulaciones que en el accionamiento tangencial.

Una guía de cadena no es necesaria. La distancia entre los rodillos transportadores está sujeta a tolerancias estrechas porque la distancia depende del paso de la cadena.

La longitud máxima de transportador accionada por una estación del motor queda limitada por la carga de rotura admisible de la cadena. A la vez, la cadena se somete a la carga más alta en la estación del motor. Las tolerancias para la distancia entre los rodillos transportadores t y las cargas de rotura están representadas en la siguiente tabla.

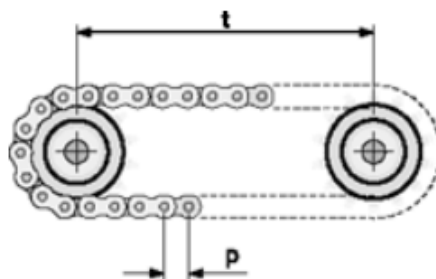


Figura 31. Paso de la cadena en el transporte por rodillos.
Fuente: <http://www.interroll.com/es>

Tabla 18. Tolerancias para la distancia entre los rodillos transportadores t y las cargas de rotura.

Paso de la cadena	P mm	Tolerancias para t mm	Carga de rotura N
3/8	9,525	0 a -0,4	9100
1/2	12,700	0 a -0,5	18200
5/8	15,875	0 a 0,7	22700
3/4	19,050	0 a -0,8	29500
1	25,400	0 a -1,0	58000

Fuente: http://www.interroll.com/es/grupo-interroll/productos/rodillos-transportadores/informacion-tecnica/accionamientos/cadena/chain_1.php

Para mantener lo más bajas posibles las fuerzas de la cadena, la estación de accionamiento debe instalarse de forma centrada en el trayecto completo.

Adicionalmente, durante la construcción de la estación de accionamiento debe prestarse atención a que el accionamiento paso a paso de los piñones sea de mín. 180° y a que la cadena pueda retensarse.

Existen otras precauciones generales de seguridad que todos deben cumplir, incluso si no trabajan directamente con sistemas de rodillo y cadena. Nadie debe subirse ni pasar debajo del sistema y nunca viajar o de otra manera usar los rodillos para transportarse.

Tabla 19. Evaluación del peso ponderado del criterio riesgos mecánicos y ergonómicos.

Solución C > Solución B = Solución D > Solución A						
Riesgos	Soluc. A	Soluc. B	Soluc. C	Soluc. D	$\Sigma + 1$	Promedio
Soluc. A		0,5	0,5	0,5	2,5	0,25
Soluc. B	0,5		0,5	0,5	2,5	0,25
Soluc. C	0,5	0,5		0,5	2,5	0,25
Soluc. D	0,5	0,5	0,5		2,5	0,25
				Suma	10	1,00

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

f) Mantenibilidad

Para el análisis y ponderado del criterio mantenibilidad se recurre a una metodología de criticidad

Solución A (Grúa pórtico): En este sistema lo más adecuado es realizar una revisión periódica de los componentes del tecele para que este se encuentre en una condición segura de trabajo Anexo C.

Equipo: Grúa pórtico

Condiciones operacionales:

Polipasto: Manual

Movimiento longitudinal: Manual

Filosofía operacional:

Sistema con un polipasto de cadena y una estructura metálica tipo pórtico con rodamientos.

Modo de falla representativo:

Daño en la cadena del polipasto.

Frecuencia de ocurrencia:

Cada 10 años.

Tiempo de reparación:

De 1 a 5 días.

Consecuencias:

Daños al personal: Heridos o daños medianos que requieren de atención médica.

Impacto a la población: Sin impacto

Impacto ambiental: Sin impacto

Impacto de producción: Pérdida del 5% de la producción semanal manejada por el sistema entre 15 -20 m (usd)

Daños a las instalaciones: Sin impacto.

Costos de reparación: 10 m (usd)

Se determina las categorías de frecuencias y las categorías de ocurrencias.

Tabla 20. Categoría de Frecuencia del sistema grúa pórtico

Categoría	Tiempo medio entre fallas TPEF, en años	Frecuencia: número de fallas por año λ	Interpretación de probabilidad
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias veces en un año
4	$1 < TPEF < 10$	$0,1 < \lambda < 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año
3	$10 < TPEF < 100$	$0,01 < \lambda < 0,1$	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años
2	$100 < TPEF < 1000$	$0,001 < \lambda < 0,1$	Es poco probable que ocurra en 100 años
1	$TPEF < 1000$	$0,001 < \lambda$	Es poco probable que ocurra en 1000 años

Fuente:http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis

_Criticidad.pdf

Tabla 21. Categoría de los impactos de falla del sistema grúa pórtico

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa. Requiere suspensión laboral	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población	De 5 a 50 MM	De 5 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Daños reportables.	Pueden resultar en la hospitalización de al menos 3 personas, requiere tratamiento médico o primeros auxilios	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	Puede resultar en heridas o enfermedades leves	De 50 mil a 500 mil	De 50 mil a 500 mil
1	No se esperan heridas o daños físicos.	Sin efecto en la población	Hasta 50 mil	Hasta 50 mil

Fuente:http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis

_Criticidad.pdf

$$\text{Críticidad} = \text{Frecuencia de la falla} * \text{Impacto total}$$

$$\text{Impacto total} = \text{Impacto personal} + \text{impacto a la población} + \text{impacto ambiental} \\ + \text{impacto de producción} + \text{daño a las instalaciones}$$

$$\text{Impacto (categorías)} = 2 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6$$

$$\text{Nivel de criticidad} = 3 * 6 = 18$$

Tabla 22. Nivel de criticidad del sistema grúa pórtico

Frecuencia	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Impacto																						

- Criticidad Alta (A) Color rojo $50 \leq \text{Criticidad} \leq 125$
- Criticidad Media (B) Color amarillo $30 \leq \text{Criticidad} \leq 49$
- Criticidad Baja (C) Color verde $\text{Criticidad} \leq 29$

Fuente: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf

Para el sistema puente grúa la jerarquía de la criticidad es Criticidad Baja (C)

Solución B (Puente Grúa):

La comprobación y mantenimiento de estos equipos deben realizarlas personal cualificado y con formación suficiente. Como siempre, remitimos a los técnicos a los manuales de mantenimiento correspondientes a sus propios equipos, que ofrecen la información exacta de las necesidades de mantenimiento preventivo; nosotros solamente apuntamos información genérica complementaria.

Equipo: Puente grúa

Condiciones operacionales:

Polipasto: Eléctrico

Movimiento longitudinal: Eléctrico

Filosofía operacional:

Sistema con un polipasto de cadena eléctrico y una estructura metálica sobre carros testers accionados con moto reductores.

Modo de falla representativo:

Rotura del elemento de tracción, caída del propio puente.

Frecuencia de ocurrencia:

Cada 10 años.

Tiempo de reparación:

De 1 semana a 3 meses.

Consecuencias:

Daños al personal: Heridos o daños altos que requieren de atención médica.

Impacto a la población: Sin impacto

Impacto ambiental: Sin impacto

Impacto de producción: Pérdida del 5% de la producción semanal manejada por el sistema entre 15 -20 m (usd)

Daños a las instalaciones: Sin impacto.

Costos de reparación: 60 m (usd)

Se determina las categorías de frecuencias y las categorías de ocurrencias.

Tabla 23. Categoría de Frecuencia del sistema puente grúa

Categoría	Tiempo medio entre fallas TPEF, en años	Frecuencia: número de fallas por año λ	Interpretación de probabilidad
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias veces en un año
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0,1 \lambda <= 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0,01 \lambda <= 0,1$	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0,001 \lambda <= 0,1$	Es poco probable que ocurra en 100 años
1	$TPEF < 1000$	$0,001 <= \lambda$	Es poco probable que ocurra en 1000 años

Fuente: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis

_Criticidad.pdf

Tabla 24. Categoría de los impactos de falla del sistema puente grúa

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa. Requiere suspensión laboral	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población	De 5 a 50 MM	De 5 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Daños reportables.	Pueden resultar en la hospitalización de al menos 3 personas, requiere tratamiento médico o primeros auxilios	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	Puede resultar en heridas o enfermedades leves	De 50 mil a 500 mil	De 50 mil a 500 mil
1	No se esperan heridas o daños físicos.	Sin efecto en la población	Hasta 50 mil	Hasta 50 mil

Fuente: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis

_Criticidad.pdf

$$Criticidad = Frecuencia de la falla * Impacto total$$

$$Impacto total = Impacto personal + impacto a la población + impacto ambiental + impacto de producción + daño a las instalaciones$$

$$Impacto (categorías) = 4 + 1 + 1 + 2 + 2 = 10$$

$$Nivel de criticidad = 3 * 10 = 30$$

Tabla 25. Nivel de criticidad del sistema puente grúa

Frecuencia	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Impacto																						

Criticidad Alta	(A)	Color rojo	$50 \leq \text{Criticidad} \leq 125$
Criticidad Media	(B)	Color amarillo	$30 \leq \text{Criticidad} \leq 49$
Criticidad Baja	(C)	Color verde	$\text{Criticidad} \leq 29$

Fuente: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf

Para el sistema puente grúa la jerarquía de la criticidad es Criticidad Media (B)

Solución C (Riel de carga pesada): Se recomienda para el óptimo funcionamiento del sistema, no exceder la capacidad de carga del equipo.

Equipo: Riel de carga pesada

Condiciones operacionales:

Rodillos: Rodamientos de acero

Movimiento longitudinal: Eléctrico

Filosofía operacional:

Sistema con doble riel con cadena y carretillas que disponen de rodillos. El riel superior se encuentra la cadena con dispositivos de arrastre, las carretillas se en el riel inferior.

Modo de falla representativo:

Desgaste de los rodillos, caída del propio sistema

Frecuencia de ocurrencia:

Cada 10 años.

Tiempo de reparación:

De 1 semana a 3 meses.

Consecuencias:

Daños al personal: Heridos o daños altos que requieren de atención médica.

Impacto a la población: Sin impacto

Impacto ambiental: Sin impacto

Impacto de producción: Pérdida del 5% de la producción semanal manejada por el sistema entre 15 -20 m (usd)

Daños a las instalaciones: Sin impacto.

Costos de reparación: 50 m (usd)

Se determina las categorías de frecuencias y las categorías de ocurrencias.

Tabla 26. Categoría de Frecuencia del sistema riel de carga pesada

Categoría	Tiempo medio entre fallas TPEF, en años	Frecuencia: número de fallas por año λ	Interpretación de probabilidad
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias veces en un año
4	$1 < TPEF < 10$	$0,1 < \lambda < 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año
3	$10 < TPEF < 100$	$0,01 < \lambda < 0,1$	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años
2	$100 < TPEF < 1000$	$0,001 < \lambda < 0,1$	Es poco probable que ocurra en 100 años
1	$TPEF < 1000$	$0,001 < \lambda$	Es poco probable que ocurra en 1000 años

Fuente:http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis

_Criticidad.pdf

Tabla 27. Categoría de los impactos de falla del sistema riel de carga pesada

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa. Requiere suspensión laboral	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población	De 5 a 50 MM	De 5 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Daños reportables.	Pueden resultar en la hospitalización de al menos 3 personas, requiere tratamiento médico o primeros auxilios	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	Puede resultar en heridas o enfermedades leves	De 50 mil a 500 mil	De 50 mil a 500 mil
1	No se esperan heridas o daños físicos.	Sin efecto en la población	Hasta 50 mil	Hasta 50 mil

Fuente:http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis

_Criticidad.pdf

$$\text{Críticidad} = \text{Frecuencia de la falla} * \text{Impacto total}$$

$$\text{Impacto total} = \text{Impacto personal} + \text{impacto a la población} + \text{impacto ambiental} \\ + \text{impacto de producción} + \text{daño a las instalaciones}$$

$$\text{Impacto (categorías)} = 4 + 1 + 1 + 2 + 2 = 10$$

$$\text{Nivel de criticidad} = 3 * 10 = 30$$

Tabla 28. Nivel de criticidad del sistema riel de carga pesada

Frecuencia	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Impacto																						

- Críticidad Alta (A) Color rojo $50 \leq \text{Críticidad} \leq 125$
- Críticidad Media (B) Color amarillo $30 \leq \text{Críticidad} \leq 49$
- Críticidad Baja (C) Color verde $\text{Críticidad} \leq 29$

Fuente: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf

Para el sistema riel de carga pesada la jerarquía de la criticidad es Críticidad Media(B)

Solución D (Transporte de línea continua por rodillo y cadena): Similar a los otros sistemas, estos requieren un mantenimiento mecánico y eléctrico.

Equipo: Transporte de línea continua por rodillo y cadena

Condiciones operacionales:

Rodillos: Rodamientos de acero

Movimiento longitudinal: Eléctrico

Filosofía operacional:

Sistema de rodillos accionados con moto reductores y cadena.

Modo de falla representativo:

Desgaste de los rodillos, desprendimiento o exceso de la carga

Frecuencia de ocurrencia:

Es probable que ocurra algunas veces en 10 añ

Tiempo de reparación:

De 1 semana a 3 meses.

Consecuencias:

Daños al personal: Heridos o daños altos que requieren de atención médica.

Impacto a la población: Sin impacto

Impacto ambiental: Sin impacto

Impacto de producción: Pérdida del 5% de la producción semanal manejada por el sistema entre 15 -20 m (usd)

Daños a las instalaciones: Sin impacto.

Costos de reparación: 25 m (usd)

Se determina las categorías de frecuencias y las categorías de ocurrencias.

Tabla 29. Categoría de Frecuencia del sistema línea continua por rodillo y cadena

Categoría	Tiempo medio entre fallas TPEF, en años	Frecuencia: número de fallas por año λ	Interpretación de probabilidad
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias veces en un año
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0,1 \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0,01 \lambda \leq 0,1$	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0,001 \lambda \leq 0,1$	Es poco probable que ocurra en 100 años
1	$TPEF < 1000$	$0,001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 1000 años

Fuente: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis

_Criticidad.pdf

Tabla 30. Categoría de los impactos de falla del sistema línea continua por rodillo y cadena

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa. Requiere suspensión laboral	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población	De 5 a 50 MM	De 5 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Daños reportables.	Pueden resultar en la hospitalización de al menos 3 personas, requiere tratamiento médico o primeros auxilios	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.	Puede resultar en heridas o enfermedades leves	De 50 mil a 500 mil	De 50 mil a 500 mil
1	No se esperan heridas o daños físicos.	Sin efecto en la población	Hasta 50 mil	Hasta 50 mil

Fuente: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de la falla} * \text{Impacto total}$$

$$\text{Impacto total} = \text{Impacto personal} + \text{impacto a la población} + \text{impacto ambiental} + \text{impacto de producción} + \text{daño a las instalaciones}$$

$$\text{Impacto (categorías)} = 4 + 1 + 1 + 2 + 1 = 9$$

$$\text{Nivel de criticidad} = 4 * 9 = 36$$

Tabla 31. Nivel de criticidad del sistema línea continua por rodillo y cadena

Frecuencia	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Impacto																						

Criticidad Alta	(A)	Color rojo	$50 \leq \text{Criticidad} \leq 125$
Criticidad Media	(B)	Color amarillo	$30 \leq \text{Criticidad} \leq 49$
Criticidad Baja	(C)	Color verde	$\text{Criticidad} \leq 29$

Fuente: http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/Guia_SCO_Analisis_Criticidad.pdf

Para el sistema línea continua por rodillo y cadena la jerarquía de la criticidad es Criticidad Media (B)

Tabla 32. Evaluación del peso ponderado del criterio mantenibilidad.

Solución A > Solución B = Solución C = Solución D						
Mantenib.	Soluc. A	Soluc. B	Soluc. C	Soluc. D	$\Sigma + 1$	Promedio
Soluc. A		1	1	1	4	0,4
Soluc. B	0		0,5	0,5	2	0,2
Soluc. C	0	0,5		0,5	2	0,2
Soluc. D	0	0,5	0,5		2	0,2
				Suma	10	1,00

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

g) Costo

Solución A (Grúa pórtico): El precio es uno de los factores más importantes para la adquisición de un equipo y este tipo de grúa pórtico es uno de los más convenientes. A continuación una valoración estimada de los componentes del sistema para 3 toneladas:

Tabla 33. Precios estimados del sistema grúa pórtico.

Elemento	Precio
Tecele manual de cadena para 3 ton.	175,00
Estructura tipo pórtico	1000,00
TOTAL	1175,00

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Solución B (Puente Grúa): Para este sistema el precio fue presupuestado en un proyecto previo, estos precios estimados no se han incrementado y se han mantenido por los dos últimos años.

A continuación se muestra un presupuesto general de todos los parámetros necesarios para la construcción de un puente grúa como son:

Equipos y accesorios del puente grúa

Tabla 34. Presupuesto de equipos y accesorios del puente grúa

Item	Cant. unidad	Cant. en metros	USD	TOTAL
Tecla Eléctrico con cadena	1	-	5974,73	5974,73
Motor reductor	2	-	550,32	1100,64
Trole Eléctrico	1	-	4993,91	4993,91
Cadena	-	10	87,58	875,8
Cable eléctrico	5	-	19,92	99,6
Vigas Testeras	2	-	2250,00	2250,00
TOTAL				15294,7

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Materia Prima

En esta valoración se considera perfiles comunes utilizados en puentes grúas 5 ton.

- Columnas primarias utilizando 26 perfiles IPE 300 de 4,5 m con un peso de 42,2 kg/m, que da un peso total de 4937,4 kg.
- Viga carrilera utilizando 24 perfiles IPE 500 de 5,2 m con un peso de 90,7 kg/m, que da un peso total de 14601,6 kg.
- Viga de carga utilizando un perfil HB700E de 14 m con un peso de 241 kg/m, que da un peso total de 3374 kg.
- Placas base 14 placas A36 con un peso de 45,72 kg/placa, que da un peso total de 640,08 kg.

Tabla 35. Presupuesto de materia prima

Elemento	Cantidad	Costo (USD/Kg)	kg	Precio
Perfiles IPE 300, A572 GR50	26	1,3	4937,4	6418,6
Perfiles IPE 500, A527 GR50	24	1,3	11319,4	14715,2
Viga carga pre fabricada	1	1,3	3008,0	3008,0
Riel ASCE 40-12m	10	1,3	238	3094,00
Placa base A36	26	1,10	1188,72	1307,6
TOTAL				28543,4

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Mano de obra

Para la cotización del precio por mano de obra se detallan la cantidad y el precio por semana de obreros e ingenieros que se requieren para la construcción y montaje de la estructura en un plazo de 2 meses.

Tabla 36. Presupuesto mano de obra

Empleado	Cantidad	USD/semana	Semanas	Total USD
Ingeniero	1	250,00	4	1000
Soldadores	3	150,00	4	1800
Ayudantes	5	85,00	4	1700
TOTAL				4500

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Consumibles

En el presupuesto de consumibles está englobado todo lo que tiene que ver con materiales de herramientas, equipos y para fondeo, etc.

Para el valor del precio de consumibles se asume un 5% de los costos de materia prima.

Tabla 37. Presupuesto de consumibles

Ítem	Costo materia prima USD	Total USD (5% C.M.P)
Consumibles	28543,4	1427,2

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Costo total del proyecto

Tabla 38. Total de costos para la construcción del puente grúa.

Ítem	USD
Equipos	15294,7
Materia prima	28543,4
Mano de obra	4500,00
Consumibles	1272,47
TOTAL	49610,6

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Solución C (Riel de carga pesada): Para este sistema el presupuesto general de consta de todos los parámetros como equipos, accesorios, materia prima, mano de obra y consumibles necesarios para la construcción y montaje de un Riel de carga pesada con 500 kg a soportar.

Equipos y accesorios del Riel de carga pesada

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto necesario para el uso de equipos y accesorios para montar el Riel de carga pesada.

Tabla 39. Presupuesto de equipos y accesorios del Riel de carga pesada

Item	Cant. unidad	Cant. en metros	USD	TOTAL
Motor reductor	2	-	550,32	1100,64
Cadena	-	60	8,00	480,00
Cable eléctrico	1	-	46,00	46,00
Doble Gancho	1	-	80,00	80,00
Rodillos con rodamientos	4	-	85,00	340,00
TOTAL				2046,64

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Materia Prima

A continuación se muestran perfiles utilizados en rrailes de carga pesada.

- Rraíl superior e inferior, 24 perfiles especiales de correas de 5,2 m con un peso de 24,06 kg/m, que da un peso total de 6005,38kg.

- Placas de sujeción, 30 placas A36 para rrailes (160x100x6) con un peso de 25 kg, da un peso equivalente de 750 kg.

Tabla 40. Presupuesto de materia prima

Elemento	Cantidad	Costo (USD/kg)	kg	Precio
Perfiles IPE500, A572 GR50	24	1,3	11319,4	14715,2
Placa de sujeción A36	30	1,10	25	825,00
TOTAL				15540,2

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Mano de obra

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto de mano de obra.

Tabla 41. Presupuesto mano de obra

Empleado	Cantidad	USD/semana	Semanas	Total USD
Ingeniero	1	250,00	4	1000
Soldadores	3	150,00	4	1800
Ayudantes	5	85,00	4	1700
TOTAL				4500

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Consumibles

El presupuesto de consumibles está relacionado a materiales adicionales para la construcción del sistema. Para el valor del precio de consumibles se asume un 5% de los costos de materia prima.

Tabla 42. Presupuesto de consumibles

Ítem	Costo materia prima USD	Total USD (5% C.M.P)
Consumibles	15540,2	777

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Costo total del proyecto

Tabla 43. Total de costos para la construcción del Riel de carga pesada.

Ítem	USD
Equipos	2046,64
Materia prima	15540,2
Mano de obra	4500,00
Consumibles	777
TOTAL	22863,8

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Solución D (Transporte de línea continua por rodillo y cadena): La carga que soporta este tipo de sistema es muy aceptable, puede soportar cargas de hasta 500 kg pero en una sola línea de movimiento lo que condiciona el ensamblaje.

A continuación se muestra un presupuesto general de todos los parámetros necesarios para la construcción y montaje de transporte por rodillo y cadena como son:

Equipos y accesorios de transporte por rodillo y cadena.

Tabla 44. Presupuesto de equipos y accesorios de transporte por rodillo y cadena.

Item	Cant. unidad	Cant. en metros	USD	TOTAL
Motor reductor	12	-	550,32	6603,84
Cadena	-	60	8,00	480,00
Cable eléctrico	1	-	46,00	46,00
Rodillos de brida	180	-	15	2700,00
Rodillos de gravedad	120	-	8	960,00
TOTAL				11269,84

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Materia Prima

A continuación se muestran perfiles utilizados en transporte de rodillos y cadena.

- Perfiles estructurales ángulos, 20 perfiles ASTM A36 GR50 de 6m con un peso de 45,16 kg/m, da un peso total de 5419,2 kg.

Tabla 45. Presupuesto de materia prima

Elemento	Cantidad	Costo (USD/kg)	kg	Precio
Perfiles estructurales ángulo	20	1,52	5419,2	8237,18

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Mano de obra

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto de mano de obra.

Tabla 46. Presupuesto mano de obra

Empleado	Cantidad	USD/semana	Semanas	Total USD
Ingeniero	1	250,00	4	1000
Soldadores	3	150,00	4	1800
Ayudantes	5	85,00	4	1700
TOTAL				4500

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Consumibles

El presupuesto de consumibles está relacionado a materiales adicionales para la construcción del sistema. Para el precio de consumibles se asume un 5% de los costos de materia prima.

Tabla 47. Presupuesto de consumibles

Ítem	Costo materia prima USD	Total USD (5% C.M.P)
Consumibles	8237,18	411,86

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Costo total del proyecto

Tabla 48. Total de costos para el transporte de línea continua por rodillo y cadena

Ítem	USD
Equipos	11269,84
Materia prima	8237,18
Mano de obra	4500,00
Consumibles	411,86
TOTAL	24418,88

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Tabla 49. Evaluación del peso ponderado del criterio costo.

Solución A > Solución D > Solución C > Solución B						
Costo	Soluc. A	Soluc. B	Soluc. C	Soluc. D	$\Sigma + 1$	Promedio
Soluc. A		1	1	0,5	4	0,4
Soluc. B	0		0	0	1	0,1
Soluc. C	0	1		1	3	0,3
Soluc. D	0	1	0		2	0,2
				Suma	10	1,00

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

La evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso ponderado del respectivo criterio.

Tabla 50. Conclusión final de criterios ponderados.

Conclusión	Capacidad de carga	Tiempos	Recursos humanos	Espacio físico	Riesgos	Mantenibilidad	Costo	Σ	Prioridad
Solución A	0,1x0,25	0,25x0,21	0,1x0,18	0,1x0,11	0,25x0,11	0,4x0,11	0,4x0,03	0,19	4
Solución B	0,4x0,25	0,25x0,21	0,3x0,18	0,3x0,11	0,25x0,11	0,2x0,11	0,1x0,03	0,292	1
Solución C	0,25x0,25	0,25x0,21	0,3x0,18	0,4x0,11	0,25x0,11	0,2x0,11	0,3x0,03	0,2715	2
Solución D	0,25x0,25	0,25x0,21	0,3x0,18	0,2x0,11	0,25x0,11	0,2x0,11	0,2x0,03	0,2465	3

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

La solución B es la mejor situada, siguen las soluciones C y D (poco distantes), mientras que la solución A queda a mucha distancia.

Siguiendo la conclusión del método ordinal corregido de criterios ponderados la solución más viable para la mejora de nuestro sistema es la solución B correspondiente al Puente Grúa.

4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Bajo la hipótesis planteada donde se especifica que el proceso de transporte para el ensamblaje de estructuras, un puente grúa será más eficiente que una grúa pórtico.

Para la verificación de esta hipótesis se valió por medio de la Distribución t de student, donde se desea probar que el promedio de las eficiencias en tiempos (media: μ) del sistema puente grúa son mejores que las del grúa pórtico. Se seleccionó una muestra aleatoria de 5 tiempos a transportar las estructuras laterales y se obtuvo una media muestral de $\bar{X}= 7$ tiempo longitudinal y una desviación estándar es de $S= 1,7$. Se puede asumir que estas medidas son normales para este tipo de sistema, con un riesgo de error tipo I con una probabilidad de $\alpha=0,05$

Primero se define el valor supuesto que se desea probar:

La hipótesis Nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1).

La formulación de la hipótesis es $H_0: \mu=6,8$ y $H_1: \mu<6,8$ (H_1 cola hacia la izquierda)

Se selecciona el nivel de significación α y los grados de libertad $n-1$.

Si se utiliza $\alpha=0,05$ y $5-1=4$ grados de libertad, el valor crítico de t tabulado para una cola en la tabla podemos encontrar +/- 2,132 para t de una cola.

Tabla 51. Nivel de significancia

df	Nivel de Significación para la prueba de una cola					
	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
	Nivel de Significación para la prueba de dos colas					
	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,599
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587

Fuente: <http://es.slideshare.net/williamleon20/prueba-de-hipotesis-para-muestras-pequeas-est-ind-clase03>

Se procede a calcular el estadístico t aplicando la fórmula

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Se tiene los siguientes datos:

$$N=5$$

$$\bar{X}= 7$$

$$\mu=6,8$$

$$S= 1,3$$

$$t = \frac{7 - 6,8}{\frac{1,3}{\sqrt{5}}}$$
$$t=0,34$$

Se formula la regla de decisión y concluir tomando y justificando la decisión: rechazar o no la Hipótesis Nula (H_0).

Como el valor calculado del estadístico $t= 0,34$ es menor que el valor de t tabulado $t_{(0,05;4)}:2,132$. Entonces no se rechaza H_0 , en otras palabras la eficiencia de tiempos promedio del puente grúa no es menor a 6,8.

Gráficamente se observa

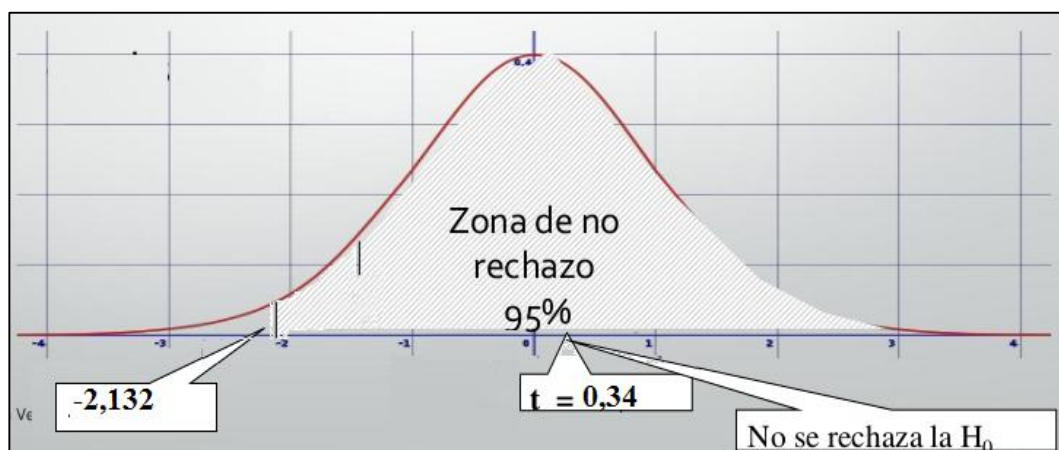


Figura 32. Curva de una cola

Fuente: <http://es.slideshare.net/williamleon20/prueba-de-hipotesis-para-muestras-pequeas-est-ind-clase03>

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se determinó los sistemas que pueden ser utilizados para el transporte de cargas como el montacargas, el puente grúa, el grúa pórtico, el Riel de carga pesada y el sistema de transporte por rodillo y cadena, muchos de estos tienen características muy favorables como velocidad de transporte, facilidad de traslado y control, etc; los mismos que pueden ser ocupados para el transporte de estructuras de carrocerías.

El proceso de transporte para el ensamblaje de estructuras de carrocerías en la empresa PICOSA Cía. Ltda. cuenta con dos mecanismos de apoyo grúa pórtico, los cuales se utilizan exclusivamente para el transporte de estas estructuras y sirven de apoyo para los operadores del puesto. Los operadores mueven la grúa pórtico desde el puesto donde se arman las estructuras hasta el puesto donde se encuentra el chasis.

Los sistemas planteados para transportar estructuras de carrocerías como el puente grúa, el Riel y el transporte por cadena y rodillo demostraron ser más eficientes que el sistema actual grúa pórtico, concluyendo que si se cambia por uno de estos sistemas se mejorará el proceso para ensamblar la carrocería, reduciendo recurso humano y aumentando la producción en las áreas donde dejan los operadores su puesto de trabajo.

Se determinó bajo el método de criterio ponderados que el puente grúa será la mejor opción para implementar en el proceso de transporte para el ensamblaje de estructuras de carrocerías de la empresa carrocera PICOSA Cía. Ltda. con una prioridad de 1 a la sumatoria de pesos por criterio. Para esto se propone un diseño previo de este sistema evitando contratiempos e inconvenientes en el futuro.

5.2. RECOMENDACIONES

En la toma de datos, se recomienda tomar el tiempo de movilización de la grúa pórtico en base a una referencia de distancia propuesta, ya que no siempre es la misma distancia a trasladar y los operadores no realizan la actividad continuamente haciendo difícil saber el tiempo aproximado. Para esto se necesita realizar varias tomas donde sea el mismo número de operadores.

Para el precio de los diferentes sistemas, se recomienda optar por un presupuesto proforma de una empresa confiable, si no se encuentra la parte o accesorio tratar de buscar vía internet para tener una referencia de precios en países vecinos y de no existir buscar otra parte o accesorio que posea similares características o mejores.

En la selección del sistema se recomienda realizar la ponderación de criterios según una calificación estándar y básica, se puede utilizar el mismo método ordinal corregido de Criterios Ponderados para evitar discrepancias de calificaciones a los criterios y llegar a una misma conclusión.

Una recomendación sería conversar con los propietarios y los operadores, para saber cuáles son las complicaciones y necesidades que requieran; se puede tener una idea de lo que se planea modificar e implementar en el sistema.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

6.1.1. TÍTULO

Diseño de un puente grúa de 5 toneladas para el ensamblaje de estructuras de carrocerías en la empresa PICOSA Cía. Ltda.

6.1.2. INSTITUCIÓN EJECUTORA

Empresa carrocera PICOSA Cía. Ltda.

6.1.3. BENEFICIARIOS

Empresa carrocera PICOSA Cía. Ltda.

6.1.4. UBICACIÓN

La empresa está ubicada en la provincia de Tungurahua, en la ciudad de Ambato, en las calles José Peralta y Medardo Ángel Silva, sector Huachi la Magdalena, barrio Santa Catalina, parroquia Huachi Chico.

6.1.5. COSTO

La construcción de la máquina está presupuestada por 56865,48 dólares.

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En la empresa carrocera PICOSA Cía. Ltda. se da el proceso de transporte para el ensamblaje de estructuras de carrocerías donde se movilizan las estructuras laterales

y la estructura techo desde el puesto armado hacia el puesto ensamblaje de estructuras.

De acuerdo a la investigación realizada se impone la necesidad de implementar un sistema de transporte mejorado para el ensamblaje de estructuras de carrocerías, aumentando la producción y reduciendo el riesgo ergonómico de los operadores.

Además de que no se cuenta con una investigación previa y la necesidad de un sistema mejorado para el transporte de estructuras en la empresa PICOSA Cía. Ltda., se hizo el análisis de criterios ponderados, donde se obtuvo como mejor opción de un grupo de distintos sistemas de transporte la solución puente grúa, basándose en parámetros importantes y significativos como capacidad de carga, tiempos de ejecución, recursos humanos, riesgos mecánicos y ergonómicos, mantenibilidad y costos.

6.3. JUSTIFICACIÓN

La empresa cuenta con una buena demanda de carrocerías, y éstas requieren que se les provea el chasis para empezar la construcción, pero en algunos casos se quiere avanzar con la obra para optimizar recursos y ahorrar tiempo, es ahí donde surge la idea de armar la carrocería en un molde de varias marcas de chasis conocidas y más utilizadas.

Para trasladar la carrocería ya armada se requiere de un sistema que pueda soportar cargas pesadas y se tenga control en los 6 grados de libertad para centrarla al chasis, es así, de las soluciones analizadas el puente grúa cuenta con estas dos características en particular. Para el sistema de carga es necesario que levante pesos de 4000 kg en adelante, éste corresponde a la suma de todas las estructuras que conforman la carrocería.

Otro punto que se quiere mejorar es la condición ergonómica por parte de los operadores ya que estos realizan el traslado del chasis implementando esfuerzo

físico y lo que se evitaría al implementar el puente grúa, ya que solo dependería de un operador para controlar la carga por medio del mando.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un puente grúa de 5 toneladas para el ensamblaje de estructuras de carrocerías en la empresa PICOSA Cía. Ltda.

6.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las cargas actuantes para el diseño estático y dinámico del puente grúa.
- Seleccionar los elementos estructurales para las columnas principales, viga de carga y viga carrilera.
- Diseñar la placa base para la cimentación.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

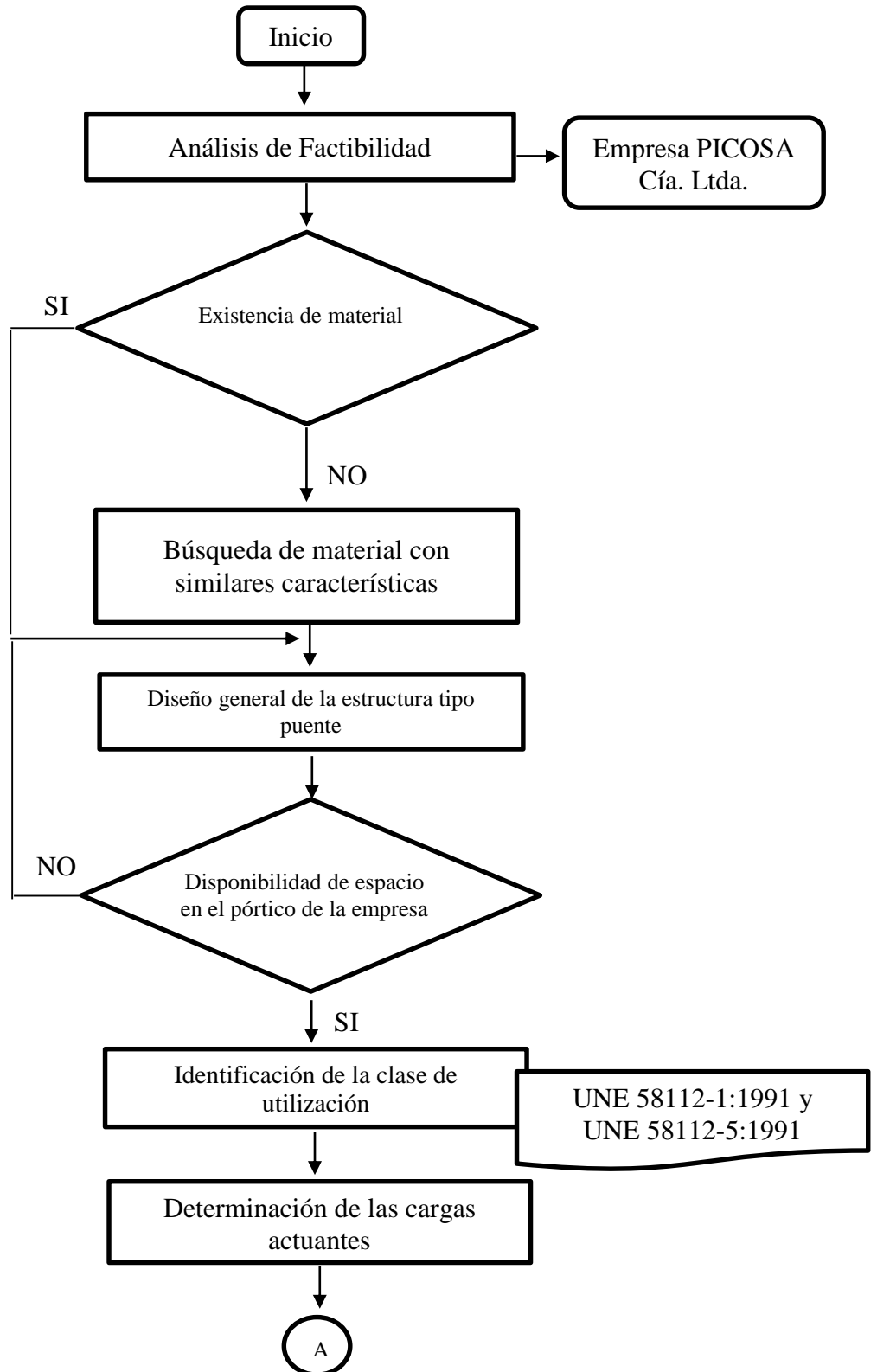
El puente grúa de 5 toneladas para el ensamblaje de estructuras de carrocerías, utiliza materiales y accesorios disponibles en el mercado nacional. Además los equipos utilizados para el montaje son fáciles de adquirir y las estructuras no tienen un peso exagerado.

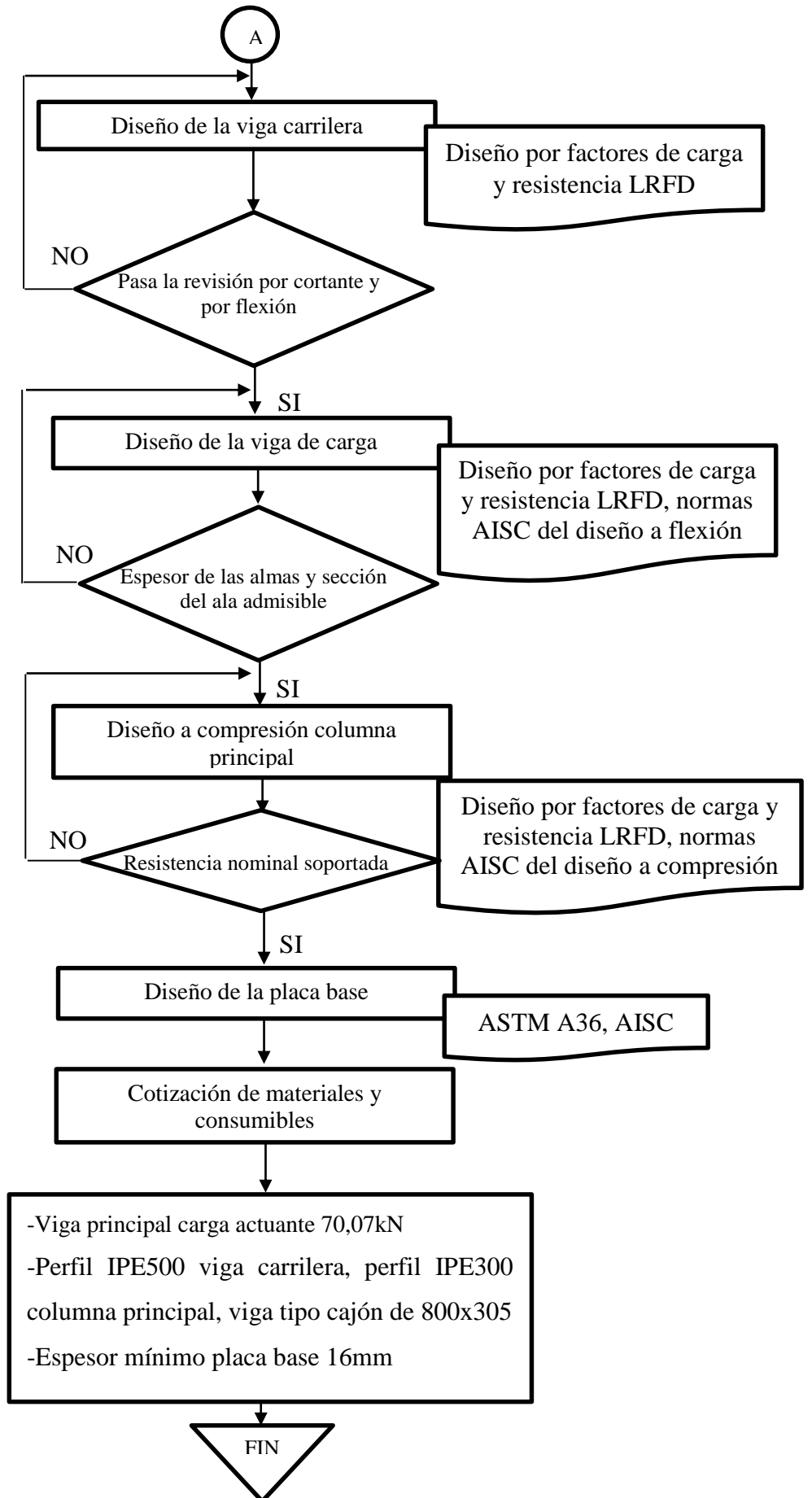
La empresa PICOSA Cía. Ltda., dispone del espacio necesario para su montaje además de la supervisión técnica en el campo de diseño para guiar en la obra. Los estudios y análisis de diseño pueden ser interpretados correctamente por el supervisor del área de diseño.

El costo de adquisición es aceptable ya que la empresa cuenta con un mercado amplio con muchas ganancias y es un equipo necesario para el ensamblaje de estructuras de carrocería. Además se puede utilizar recursos de la empresa para reducir los costos de montaje y dirección de obra.

6.6. FUNDAMENTACIÓN

Esta propuesta se ha fundamentado en la información reunida en los capítulos anteriores, mostrando un análisis previo de los parámetros importantes para la adquisición de este equipo puente grúa de 5 toneladas.





6.6.1. CARACTERÍSTICAS DE LA NAVE INDUSTRIAL

En la siguiente tabla se muestra las dimensiones disponibles en el pórtico y requeridas además de un esquema general de la nave industrial en empresa PICOSA Cía. Ltda.

Tabla 52. Características de la nave industrial.

Nave Industrial	
Ítem	Características
Tipo de pórtico	2 aguas, sección constante
Luz del pórtico	15 m
Ancho entre pórticos	5,2 m
Número de pórticos	12
Longitud de la nave industrial	62,4 m
Perfiles para columnas y vigas	Perfil W laminado en caliente (A572) grado 50
Material de aporte	E6010, E7018

Fuente: Empresa PICOSA Cía. Ltda.

Tabla 53. Características del puente grúa.

Puente grúa	
Ítem	Características
Capacidad de carga	5 toneladas
Tipo	Grúa Riel
Horas de servicio	2000 h/año
Velocidad de traslación	0,3 m/s
Tipo de mando	Control por cable

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

6.6.2. MATERIAL DE LOS PERFILES ESTRUCTURALES

El material que se elige para los perfiles estructurales puede ser:

Un acero ASTM A572 grado 50 (esfuerzo de fluencia de 50 ksi), o acero de baja aleación y alta resistencia. Se utiliza en aplicaciones atornilladas o soldadas. La razón de que se use este material es debido a que resisten mejor a la corrosión.

Un acero ASTM A588 grado 50 (esfuerzo de fluencia de 50 ksi), este tiene similares características que el acero ASTM A572 con baja aleación y alta resistencia. Este posee otros componentes que permiten mejorar la resistencia del material entre ellos tenemos carbono, manganeso, cromo, el vanadio, el cromo, el silicio, el cobre, el níquel, entre otros.

La empresa IPAC se encarga de dar accesoria en perfiles para construir estructuras como puentes metálicos. Para lo que es galpones industriales se puede utilizar un acero ASTM A36 ya que no están sometidos a grandes esfuerzos.

En el diseño de este proyecto se va a utilizar un acero ASTM A572 por su alta resistencia en aplicaciones de estructuras metálicas y por la recomendación de las industrias de acero.

6.6.3. MATERIAL DE LAS CIMENTACIONES

Para el diseño de la cimentación se pretende utilizar principalmente una combinación de hormigón para estructura, un esqueleto de la zapata y los pernos de anclaje que van sujetos a la placa base.

6.6.4. MATERIAL DE APORTE (SOLDADURAS)

Lo que tiene que ver con conexiones soldadas se utiliza electrodos El E6010 para el pase de raíz, y E7018 para los pases siguientes.

El electrodo E6010 es de tipo celulósico, sirve para la soldadura de aceros al carbono con gran penetración y exclusivamente para posición vertical.

Otro electrodo es el E7018 (con polvo de hierro de bajo hidrógeno) se utilizan en construcciones de estructuras metálicas. Además se lo utiliza para la unión de aceros difíciles como las aplicadas en maquinaria pesada, grúas, plataformas, tanques, etc.

6.6.5. PRECIO DE LOS MATERIALES

Este parámetro es fundamental para el diseño ya que al seleccionar materiales de construcción es necesario que estos cuenten con un factor de seguridad confiable y fiabilidad al momento de construir.

6.6.6. MANTENIMIENTO

En el mantenimiento de este sistema de transporte de carga éste debe ser lo más rápido posible y no debe importunar a los procesos de la empresa ya que esto puede generar pérdida de dinero por paro de producción.

6.6.7. ESQUEMAS GENERALES DE LA ESTRUCTURA TIPO PUENTE GRÚA A DISEÑAR.

El esquema general se muestra las partes básicas que conforma el puente grúa:

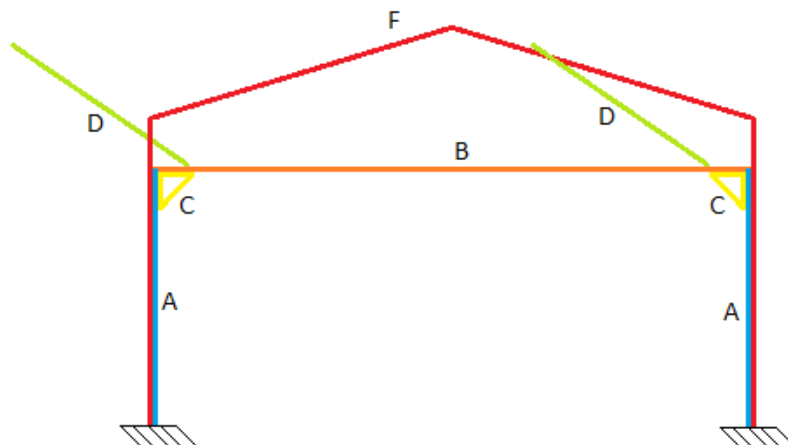


Figura 33. Esquema general del puente grúa
Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Donde:

- A: Columna primaria
- B: Viga de carga
- C: Ménsula de sujeción
- D: Viga carrilera
- F: Pódico del galpón

Los pórticos en la empresa PICOSA Cía. Ltda., se encuentran previamente contruidos para soportar el galpón. El puente grúa está diseñado bajo medidas del pórtico existente y será independiente de cargas que pueden presentarse en la estructura de los pórticos. Para el diseño del puente grúa se necesita seleccionar otros elementos que son de gran importancia para que éste sistema tenga mayor seguridad y puede cumplir con requerimientos del diseño.

A continuación se puede observar una gráfica detallada de los elementos que constituye el puente grúa considerados para el diseño:

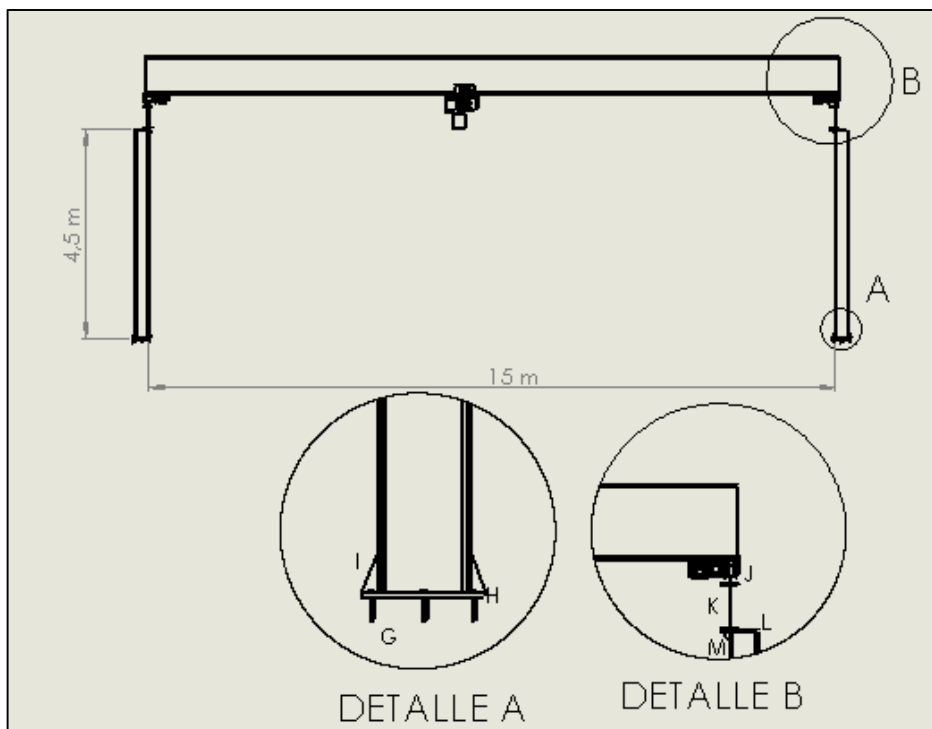


Figura 34. Detalles de elementos grúa torre
Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Donde:

G: Perno de anclaje

H: Placa base entre cimentación y columna primaria

I: Ménsula base entre placa base primaria y columna primaria

J: Viga testera con ruedas

K: Viga carrilera

L: Placa tapa entre columna primaria y la viga carrilera

M: Ménsula de sujeción de la viga

6.6.8. CLASIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA PRINCIPAL

Para el diseño del puente grúa la resistencia no está expresada solo en función de las propiedades geométricas, la carga nominal y del peso propio, sino que además necesita de las condiciones para su utilización y también del espectro de sus estados de carga.

A continuación se establece la clasificación según los criterios del prontuario de ENSIDESA (12) y de la normativa vigente UNE 58112-1:1991 y UNE 58112-51991 (13).

6.6.8.1. CLASE DE UTILIZACIÓN

En el parámetro clase de utilización se toma primero el número de ciclos de maniobra a lo largo de la vida útil del aparato. Es así que se suma todos los ciclos de maniobra donde se especifica la vida del aparato de elevación, es decir el lapso de tiempo que pasa entre manutención de una carga y el momento en el que la maquinaria se encuentra preparada.

Se calcula el número de ciclos de maniobra del puente grúa durante su vida útil a partir de la fórmula:

$$Ciclos\ Totales = V_{\acute{u}til} * D * H * C_h$$

Dónde:

$V_{\acute{u}til}$ = Vida útil del puente grúa

D= Días de utilización al año

H= Horas de utilización al día

C_h =Ciclos de maniobra por hora

Tabla 54. Clase de utilización

Clase de utilización	Número máximo de ciclos de maniobra	Observaciones
U_0	$1,6 * 10^4$	Utilización ocasional
U_1	$3,2 * 10^4$	
U_2	$6,3 * 10^4$	
U_3	$1,25 * 10^5$	
U_4	$2,5 * 10^5$	Utilización regular en servicio ligero
U_5	$5 * 10^5$	Utilización regular en servicio intermitente
U_6	$1 * 10^6$	Utilización regular en servicio intensivo
U_7	$2 * 10^6$	Utilización intensiva
U_8	$4 * 10^6$	
U_9	<i>Más de</i> $4 * 10^6$	

Fuente: Normativa UNE serie 58.

$$V_{\text{útil}} = 10 \text{ años}$$

$$D = 240 \text{ días}$$

$$H = 2 \text{ horas}$$

$$C_h = 5 \text{ ciclos/ hora}$$

$$Ciclos \text{ Totales} = 10 * 240 * 2 * 5 = 24000 = 2,4 * 10^5$$

Se puede establecer que las condiciones de utilización son de clase U_4 o utilización regular en servicio ligero.

Estado de carga

Este parámetro consiste en estimar la vida de la estructura, para esto se determina los ciclos de maniobra en función de la carga de transporte en magnitud relacionado con la capacidad que soporta el aparato.

$$K_p = \sum \left[\frac{C_i}{C_T} \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^3 \right]$$

C_i = representa el número medio de ciclos de maniobra para cada nivel de carga distinto.

C_T = es el total de los ciclos de carga individuales para todos los niveles de carga.

P_i = representa las magnitudes individuales de las cargas (nivel de carga) características del servicio del aparato.

P_{max} = es la carga mayor que el aparato está autorizado a levantar (carga útil).

$m = 3$

Tabla 55. Estado de carga del aparato

Estado de carga	Coefficiente nominal del espectro de cargas K_p	Definición
Q1 – Ligero	0.125	Aparato que levanta raramente la carga máxima de servicio y corrientemente cargas muy pequeñas
Q2 – Moderado	0.25	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas pequeñas
Q3 – Pesado	0.50	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas medianas
Q4 –Muy Pesado	1.00	Aparato que corrientemente maneja cargas próximas a la carga máxima de servicio

Fuente: Normativa UNE serie 58.

Es necesario mostrar los espectros de carga para los distintos estados de carga:

1. Q1 – Ligero

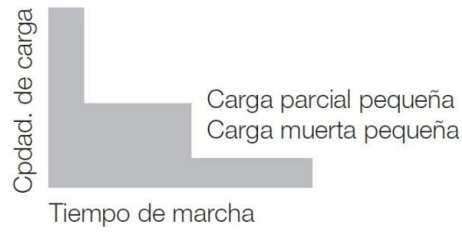


Figura 35. Espectro de carga Q1-Ligero

Fuente: Catalogo ABUS. 2011

2. Q2- Moderado



Figura 36. Espectro de carga Q2-Moderado

Fuente: Catalogo ABUS. 2011

3. Q3- Pesado



Figura 37. Espectro de carga Q3- Pesado

Fuente: Catalogo ABUS. 2011

4. Q4- Muy pesado



Figura 38. Espectro de carga Q4- Muy pesado

Fuente: Catalogo ABUS. 2011

Según experiencia de proveedores en proyectos reales se toma un punto intermedio entre “Q2 – Moderado” y “Q3 – Pesado”. Para tener una referencia por imprevistos.

Grupos de clasificación de aparatos completos

Con los datos anteriores de condiciones de utilización y los estados de carga se clasifican los puentes grúa en:

Tabla 56. Grupo de clasificación de aparatos completos

Estado de carga	Coeficiente nominal del espectro de las cargas K_p	Clases de utilización y número máximo de ciclos de maniobra del aparato									
		U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
Q1 – Ligero	0,125	A1	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2 – Moderado	0,25	A1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8
Q3 – Pesado	0,50	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8
Q4 –Muy Pesado	1,00	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A8	A8	A8

Fuente: Normativa UNE serie 58.

Como se puede observar este puente grúa está sometido a una clasificación entre clase A4 y A5, para tener un criterio más seguro se toma la clase A5.

6.6.8.2. CLASIFICACIÓN DE LOS MECANISMOS

Así como se clasifico el aparato según la carga ahora se clasifica los mecanismos y su vida útil. Los mecanismos se clasifican según normativa UNE 58112-1:1991 y UNE 58112-5:1991.

Clase de utilización

Estos mecanismos se clasifican según su utilización a lo largo de su vida útil, el parámetro principal es la duración total del servicio en horas, este periodo de tiempo en el que funciona el mecanismo y su parada dependiendo del número de ciclos.

Tabla 57. Clase de utilización mecanismos

Clase de utilización	Duración total de servicio (horas)	Observaciones
T_0	200	Utilización ocasional
T_1	400	
T_2	800	
T_3	1600	
T_4	3200	Utilización regular en servicio ligero
T_5	6300	Utilización regular en servicio intermitente
T_6	12000	Utilización regular en servicio intensivo
T_7	25000	Utilización intensiva
T_8	50000	
T_9	100000	

Fuente: Normativa UNE serie 58.

Estos valores de duración de servicio son valores teóricos como referencia para el diseño y cálculo de los mecanismos, no se deben tomar como criterios garantizados.

Para la selección es necesario conocer el número de ciclos que va a desempeñar la estructura y que tipos de movimientos se van a realizar en dichos ciclos de manutención.

Es así que se plantea la hipótesis de dividir en partes iguales la utilización por ciclo de cada mecanismo, esto es asignar un 33% del tiempo total del ciclo a cada mecanismo.

$$\text{Horas de servicio} = V_{\text{útil}} * D * H$$

Dónde:

$V_{\text{útil}}$ = Vida útil del puente grúa = 10 años

D = Días de utilización al año = 240 días

H = Horas de utilización = 2 horas

$$\text{Horas de servicio} = 10 * 240 * 2 * (0.33) = 1584$$

Con las horas de servicio nuestro mecanismo es de clase T_3 o utilización ocasional pero para mantener márgenes de seguridad lo clasificaremos en clase T_4 o Utilización regular en servicio ligero para luego escoger el caso más desfavorable.

Estado de carga

Este parámetro consiste en estimar en qué medida un mecanismo está sometido a una carga máxima, para esto se determina la duración individual en todos los niveles de carga relacionado con la magnitud de la carga máxima aplicada al mecanismo.

$$K_m = \sum \left[\frac{t_i}{T_t} \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^3 \right]$$

t_i = representa la duración media de servicio del mecanismo a los niveles de la carga individual.

T_t = es la suma de todas las duraciones individuales en todos los niveles de carga

P_i = representa las magnitudes individuales de las cargas (nivel de carga) características del mecanismo.

P_{max} = es la magnitud de la carga máxima aplicada al mecanismo

Tabla 58. Estado de carga del mecanismo

Estado de carga	Coefficiente nominal del espectro de cargas K_p	Definición
L1 – Ligero	0.125	Mecanismo sometido excepcionalmente a la carga máxima de servicio y normalmente cargas muy pequeñas
L2 – Moderado	0.25	Mecanismo sometido con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas pequeñas
L3 – Pesado	0.50	Mecanismo sometido con bastante frecuencia la carga máxima de servicio y corrientemente cargas medianas
L4 –Muy Pesado	1.00	Mecanismo sometido corrientemente a la carga máxima de servicio

Fuente: Normativa UNE serie 58.

Es necesario mostrar los espectros de carga para los distintos estados de carga:

1. L1 – Ligero



Figura 39. Espectro de carga L1-Ligero

Fuente: Catalogo ABUS. 2011

2. L2- Moderado



Figura 40. Espectro de carga Q2-Moderado
Fuente: Catalogo ABUS. 2011

3. L3- Pesado



Figura 41. Espectro de carga Q3- Pesado
Fuente: Catalogo ABUS. 2011

4. L4- Muy pesado



Figura 42. Espectro de carga Q4- Muy pesado
Fuente: Catalogo ABUS. 2011

Según experiencia de proveedores en proyectos reales se toma un punto intermedio entre “L2 – Moderado” y “L3 – Pesado”. Para tener una referencia por imprevistos.

Grupos de clasificación de mecanismos completos

Con los datos anteriores de condiciones de utilización y los estados de carga se clasifican al mecanismo en:

Tabla 59. Grupo de clasificación de aparatos completos

Estado de carga	Coeficiente nominal del espectro de las cargas Km	Clases de utilización y número máximo de ciclos de maniobra del mecanismo									
		T_0	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9
L1 – Ligero	0,125	M1	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
L2 – Moderado	0,25	M1	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8
L3 – Pesado	0,50	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8
L4 –Muy Pesado	1,00	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8	M8

Fuente: Normativa UNE serie 58.

Como se puede observar los mecanismos del puente grúa está sometido a una clasificación entre clase M3 y M5, para dar un margen más seguro se toma la clase M5.

6.6.9. CÁLCULOS

6.6.9.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS ACTUANTES

Es necesario para el diseño determinar las cargas que ha de soportar la estructura del puente grúa. Estas cargas se dividen en cargas estáticas o cargas vivas dinámicas, las mismas que varían según la condición de trabajo y el tipo de estructura.

CARGA ESTÁTICA O CARGA MUERTA D

Las Cargas Estáticas que se consideran en este sistema son aquellas cargas que permanecen constantes durante el transcurso del tiempo en su punto de aplicación como el peso del sistema estructural y sus accesorios fijos.

$$D = W_{pp} + W_s$$

Donde,

D= Carga muerta

Wpp= Carga del peso propio

Ws= Carga de seguridad

Carga De Peso Propio W_{pp}

Las cargas muertas se originan del peso del material por medio de volumen y de las dimensiones del material usado en el sistema puente grúa. Las cargas muertas que intervienen son:

- Peso de los perfiles columna
- Peso de las vigas carrileras

Peso de los perfiles columna W_p

Para el conocimiento de este valor es necesario estimar algunos parámetros:

- Se selecciona un perfil base para el diseño inicial con el fin de estimar el peso de la columna.
- El perfil debe ser de la lista AISC, en esta lista hay perfiles desde IPE80 hasta IPE600, se toma un perfil intermedio como el IPE300 (Anexo 6)

Según estas condiciones, el perfil IPE300 tiene un peso 42,2 kg/m y la longitud de la columna es 4,5 m. Como este elemento es el mismo para las cuatro columnas base la longitud total es 9 m.

$$W_p = 9m * 42,2 \text{ kg/m}$$

$$W_p = 379,8 \text{ kg} = 3,72 \text{ kN}$$

Peso de las vigas carrileras W_c

Para el peso de las vigas carrileras también estimaremos el peso a partir de un perfil intermedio IPE 400 con un peso de 66,3 kg/m. Este valor únicamente para el cálculo de cargas, una vez calculado esta carga se procede a seleccionar el perfil que se utiliza para el sistema puente grúa.(Anexo 6)

Este sistema se conforma de 2 vigas carrileras base ya que este afecta a la carga del peso propio, es así que:

$$W_c = 2 * 66,3 \text{ kg/m} * 5,2\text{m}$$

$$W_c = 689,52 \text{ kg} = 6,75 \text{ kN}$$

Cálculo de la carga del peso propio W_{pp}

Una vez determinado los pesos de los perfiles columna y vigas carrileras

$$W_{pp} = W_p + W_c$$

$$W_{pp} = 379,8 \text{ kg} + 689,52 \text{ kg}$$

$$W_{pp} = 1069,32 \text{ kg} = 10,47 \text{ kN}$$

Cálculo de la carga de seguridad W_s

Según criterios de diseño de la tesis de Jennifer Consuelo Salazar Contreras, “Cálculo y diseño de cimentaciones para equipos y maquinaria presentes en una facilidad de producción petrolera”, para la construcción de estructuras se incrementa en un 10% el peso por efecto de conexiones, tuberías y plataformas.

$$W_s = 0,1 * W_{pp}$$

$$W_s = 0,1 * 1069,32 \text{ kg}$$

$$W_s = 106,93 \text{ kg} = 1,04 \text{ kN}$$

Para determinar la carga estática se realiza la sumatoria de la carga de peso propio más la carga de seguridad.

$$D = W_{pp} + W_s$$

$$D = 10,47 \text{ kN} + 1,04 \text{ kN}$$

$$D = 11,52 \text{ kN}$$

CARGAS DINÁMICAS

Las Cargas Dinámicas se consideran aquellas cargas ajenas al sistema, es decir las que provienen de fuerzas de la naturaleza y no son constantes en magnitud y en su punto de aplicación.

Ya que este sistema se lo quiere acoplar al galpón existente de la empresa PICOSA, no se toman en cuenta las cargas por ocupación ya que la estructura no cuenta con

piso, además de las cargas vivas de cubierta, cargas de viento, carga de granizo y carga de ceniza volcánica por ser mínimas son despreciables.

Carga de operación C_n

La carga de 5 toneladas para el puente grúa se justifica al inicio de este capítulo debido a requerimientos del proyecto. Se considera que este valor no se puede modificar ya que alteraría todos los parámetros que fueron tomados a partir de este valor.

Esta carga de operación es la capacidad que puede levantar el puente grúa, además de una carga de seguridad en casos de sobrecargar el sistema, es así que se estima un valor de 30% de la carga nominal basado en recomendaciones estructurales para fines de cálculo.

$$C_n = 5000 + 0,3 * 5000kg$$

$$C_n = 6500kg = 63,7 kN$$

Impacto vertical C_i

Esta carga resulta del impacto entre el carril superior en la viga carrilera y las ruedas de los carros testers. Este valor es de suma importancia en el diseño las vigas carrileras como se muestra más adelante.

Tabla 60. Porcentajes de impacto vertical, Empuje lateral y Empuje Axial.

Tipo de grúa	Impacto vertical ⁽¹⁾	Empuje lateral total ⁽²⁾	Fuerza de tracción ^{(3) (4)}
Grúa viajera con cabina	25 %	20 %	10 %
Grúa operada por control remoto	10 %	10 %	5 %
Grúa operada a mano, Riel, pescante o trole	50 %	-	5 %

Fuente: www.cimepi.com/admcontenidos/archivos_links/docu_152.doc

Es necesario que el empuje lateral sea el mayor valor entre lo expuesto en la tabla 38 o a su vez el 10% del peso combinado entre la carga máxima a levantarse con el peso del puente grúa sin carga.

Tomando en consideración los factores citados en la tabla 38 para una grúa operada a control remoto se tiene la correlación existente entre el impacto vertical y la carga nominal:

$$C_i = 10\% C_n$$

$$C_i = 0,1 * 6500 \text{ kg}$$

$$C_i = 650 \text{ kg} = 6,37 \text{ kN}$$

Peso del puente grúa sin carga $W_{P.G}$

Para tomar este valor nos basamos en un puente grúa de 5 toneladas diseñado y construido previamente que posee las mismas condiciones como 15 metros de luz en los talleres de la Industria IPAC.

Estos datos fueron de gran importancia debido a que se puede hacer un estudio previo próximo a la realidad. A continuación se muestra la carga de cada accesorio para el puente grúa.

Tabla 61. Accesorios del puente grúa.

Accesorios	Unidades	kg
Tecla de velocidad sencilla con trole a velocidad sencilla	1	201
Parte eléctrica/acoplados	1	220
Carro testero	2	370
Mecanismo de traslación carro testero	1	650
Viga puente o viga de carga	1	3012
Total		4453

Fuente: Fichas técnicas Industrias IPAC

Al conocer esta información se puede aplicar un factor de seguridad para después determinar la viga de carga real. También es necesario estimar el peso de la soldadura, para esto asumiremos un factor que compense este peso igual a 1,4.

$$W_{P.G} = 1,4 * 4453 \text{ kg}$$

$$W_{P.G} = 6234,2 \text{ kg}$$

Carga vertical de diseño para la viga carrilera C_{VS}

Para calcular este valor se suma todas las cargas verticales que se aplican sobre el puente grúa.

- El peso propio del puente grúa $W_{P.G}$
- La carga de operación del puente grúa C_n
- La carga por impacto vertical C_i

$$C_{VS} = W_{P.G} + C_n + C_i$$
$$C_{VS} = 6234,2 + 6500 + 650$$
$$C_{VS} = 13384,2 \text{ kg} = 131,16 \text{ kN}$$

De esta forma se ve afectada la viga carrilera y así se puede analizar la estructura según la carga que ejerce el tecele sobre la viga principal de carga.

a) Cuando el tecele está en posición central

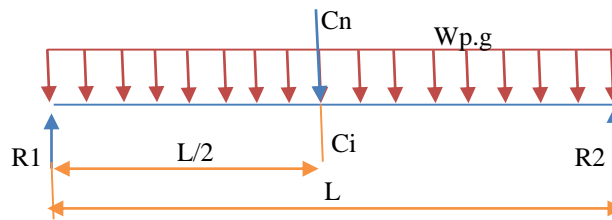


Figura 43. Cargas verticales cuando el tecele ejerce la carga en posición central
Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Para esta estructura R1 y R2 tienen la misma carga vertical por acción y reacción que se aplica sobre la viga carrilera.

$$R1 = R2 = \frac{C_n + C_i + W_{P.G}}{2}$$
$$R1 = R2 = 65,58 \text{ kN}$$

Ya que los carros testeros resisten la misma carga y cada uno está compuesto de 2 ruedas, cada rueda resistirá una carga de:

$$C_{rueda} = \frac{65,58}{2} \text{ kN} = 32,79 \text{ kN}$$

b) Cuando el tecele está en posición extrema

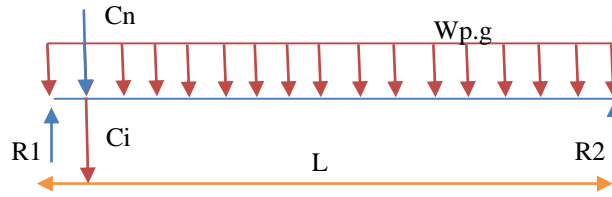


Figura 44. Cargas verticales cuando el tecele ejerce la carga en posición extrema

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Para cuando el tecele está en posición extrema, R1 es la carga crítica que se aplica en la viga carrilera, la misma que es:

$$R1 = C_n + \frac{W_{P.G}}{2} + C_i$$

$$R1 = 6500kg + \frac{6234,2}{2}kg + 650kg$$

$$R1 = 10267,1 = 100,62 kN$$

Se calcula R2 a partir de que de C_n y C_i actúen sobre el extremo de R1, se tiene:

$$R2 = \frac{W_{P.G}}{2}$$

$$R2 = \frac{6234,2}{2}kg = 3117,1 kg$$

$$R2 = 30,55kN$$

En este caso la carga crítica en la rueda viene dada por R1. Además, en este caso R1 es soportada por las 2 ruedas del carro testero, entonces la carga crítica de la rueda viene a ser:

$$C_{rueda} = \frac{100,62}{2} kN = 50,31 kN$$

Empuje lateral C_{SS}

En la Tabla 38, se puede interpretar para el diseño de la viga de carga, que los factores que se toman entre el empuje lateral y la carga vertical son:

$$C_{SS} = 10 \% C_{vS}$$

Es así que se considera la carga crítica vertical para el diseño de la viga de carga

$$C_{SS} = 0,1 * 131,16 kN$$

$$C_{SS} = 13,11 kN$$

Para la ubicación de esta carga de empuje lateral necesitamos conocer las dimensiones del riel así como las del perfil de la viga carrilera. La viga carrilera se diseña más adelante para tener un dato real.

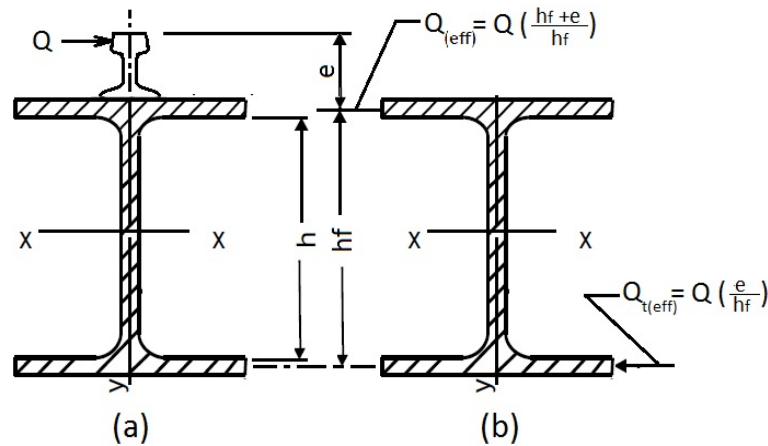


Figura 45. Empuje lateral efectivo y área efectiva resistente.
Fuente: Diseño de estructuras de McCormac

En la Figura 36 se puede observar cómo se muestra como se aplica la carga de empuje lateral sobre el riel (a) y sobre el patín de la viga carrilera solo que recalculada como una carga efectiva (b)

Empuje axial C_{is}

El empuje axial se relaciona directamente con la carga a soportar por la rueda conductora. En el análisis de ambas posiciones del tecla tanto en el medio como en el extremo se sabe que la carga en la rueda conductora se tiene una carga crítica de 50,31 kN donde el tecla se encuentra en un extremo. Así se tiene:

$$C_{is} = 10\% C_{rueda}$$

$$C_{is} = 0,1 * 65,65 \text{ kN} = 6,56 \text{ kN}$$

Carga de impacto en los fines de carrera C_{bs}

Se considera como una carga longitudinal aplicada sobre las vigas carrileras debido a la traslación del puente grúa, es decir, por los choques de éste al llegar al tope frenado por los finales de carrera. Como se muestra en la tabla 46, se aplica un factor de impacto según el caso que se va a diseñar.

Tabla 62. Factores de impacto utilizados en Puentes grúas.

Caso N.	1	2	3	4
Condición impacto				
Disposición parachoques				
Velocidad Ve'	V	$\frac{V}{2}$	$V_1 + V_2$	$\frac{V_1 + V_2}{2}$
Peso por impacto We	W	2W	$\frac{W_1 W_2}{W_1 + W_2}$	$\frac{2W_1 W_2}{W_1 + W_2}$
W=Peso máximo de riel excluyendo cualquier peso suspendido V= Máxima velocidad			We= Peso equivalente por la medida de impacto Ve= Velocidad equivalente por la medida de impacto	

Fuente: Normas AASHTO Standard, sección 3.8.2

Una vez seleccionado el caso se puede encontrar el factor de impacto Cbs

$$C_{bs} = \left[\frac{(KE_B)}{(\mu) \left(\frac{S_{AB}}{12} \right)} \right]$$

Donde:

C_{bs} = Fuerza máxima del parachoques (lbs)

KE_B = Energía cinética por parachoques (pies-lbs)

S_{AB} = Carrera disponible para el parachoques (pulg) =15,75 pulg

μ = Eficiencia de parachoques varía de 0,85 a 0,95

Se calcula la energía cinética del parachoques a partir del caso 1.

Peso del puente (W_{pp})=6234,2 kg = 13744 lbs

Carga de operación (Cn)= 6500kg = 14330 lbs

V_B = 0,3 m/s=0,98 pies/s (Recomendado por DEMAG)

$$WE_B = 0,5 W_{pp} + 0,9 Cn$$

$$WE_B = 0,5(13744) + 0,9(14330) = 19769 \text{ lbs}$$

$$KE_B = \frac{1}{2} \left(\frac{WE_B}{32,2} \right) V_B^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{19769}{32,2} \right) (0,98)^2$$

$$KE_B = 294,82 \text{ pies} - \text{lbs}$$

$$C_{bs} = \left[\frac{(294,82 \text{ pies} - \text{lbs})}{(0,85) \left(\frac{15,75 \text{ pulg}}{12} \right)} \right]$$

$$C_{bs} = 264,26 \text{ lbs} = 1,17 \text{ kN}$$

Tabla 63. Cargas actuantes en el puente grúa

CARGAS EN LA ESTRUCTURA			
TIPO DE CARGA	SIMBOLOGÍA	kgf	kN
Carga de peso propio	W_{PP}	1069,32	10,47
Carga muerta	D	1080,01	11,52
CARGAS DEL PUENTE GRÚA			
TIPO DE CARGA	SIMBOLOGÍA	kgf	kN
Carga de operación	C_n	6500	63,70
Impacto vertical	C_i	650	6,37
Carga vertical de diseño para la viga carrilera (máx)	C_{vs}	13384,2	131,16
Carga vertical en las ruedas (máx)	C_{rueda}	5133,7	50,31
Empuje lateral	C_{ss}	1338,4	13,11
Empuje axial	C_{is}	669,4	6,56
Carga de impacto en los fines de Carrera	C_{bs}	120,12	1,17

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

6.6.8.2. MÉTODOS DE DISEÑO

En la construcción de la estructura para el puente grúa es necesario seguir un método de diseño, a continuación se muestran los diseños que existen:

En el diseño elástico también llamado diseño por esfuerzos permisibles o diseño por esfuerzos de trabajo (ASD), en este método se considera las cargas de servicio o de trabajo, estas son las cargas que la estructura tiene que soportar, para esto se necesita el área transversal y el momento de inercia apto para permitir los esfuerzos máximos debidos a esas cargas, sin que rebasen el esfuerzo permisible que es menor que el esfuerzo de fluencia F_y , el que se encuentra en el rango elástico del material.

En resumen el miembro tiene que soportar las cargas de trabajo no mayores al esfuerzo permisible.

El diseño por factores de carga y resistencia (LRFD) se orienta según los estados límite del material, el mismo que es parecido al diseño plástico ya que considera la condición de falla.

Las cargas de servicio o de trabajo tienen que multiplicarse por factores de carga, estas cargas factorizadas se usan para el diseño del miembro estructural necesario para soportar la carga.

La resistencia teórica ó nominal es multiplicada por un factor de resistencia que es normalmente menor que la unidad. Este factor toma en cuenta las incertidumbres de resistencia de los materiales, dimensiones y la mano de obra.

Se tomará el método de diseño por factores de carga y resistencia LRFD ya que este método es mucho más económico para estructuras que soportan grandes cargas.

$$\sum \gamma_i Q_i \leq \phi R_n$$

Donde:

γ_i = un factor de carga

Q_i = un efecto de carga (una fuerza o un momento)

ϕ = factor de resistencia = 0,9

R_n = resistencia teórica o nominal del miembro

6.6.8.3. COMBINACIONES DE CARGA

Combinaciones de carga para el diseño

Según la CISC, existe una clasificación muy clara de combinaciones de carga para la viga carrilera y otra para la estructura soportante, y es la que se menciona continuación.

Caso 1. Fatiga

$$C_{vs} + 0,5 * C_{ss}$$

Caso 2. Impacto para choques

$$C_{vs} + C_{is} + C_{bs}$$

Este caso aplica las combinaciones de carga para miembros diseñados para cargas repetidas. El número de repeticiones de carga usadas para el diseño deberá estar en los rangos de acuerdo al tipo de construcción.

La resistencia factorizada ϕR_n se llama resistencia de diseño y la carga factorizada resulta de la combinación de los diferentes efectos de carga a que va estar sometido el miembro estructural.

$$U = 1.25 D + 1.5 C$$

Donde:

U = carga factorizada

D = carga muerta

C = carga viva debido al equipo (suma de las cargas en los casos 1 y 2)

Cálculo de la carga factorizada

Caso 1.

$$U = 1,25 D + 1,5 C$$

$$C = C_{vs} + 0,5 * C_{ss}$$

$$C = 100,62 + 0,5 * 13,11$$

$$C = 107,175 \text{ kN}$$

$$U = 1,25 (11,52) + 1,5 (107,175)$$

$$U = 175,16 \text{ kN}$$

Caso 2.

$$U = 1,25 D + 1,5 C$$

$$C = C_{vs} + C_{is} + C_{bs}$$

$$C = 100,62 + 6,56 + 1,17$$

$$C = 108,35 \text{ kN}$$

$$U = 1,25 (11,52) + 1,5 (108,35)$$

$$U = 176,92 \text{ kN}$$

6.6.8.2. DISEÑO DE LA VIGA CARRILERA

Para la selección de este perfil se requiere tener en cuenta algunos parámetros de construcción para poder facilitar el montaje como incluir el peso de la viga para el cálculo, ya que no se conoce este perfil tomaremos de referencia un perfil recomendado por IPAC que es el perfil IPE400 y sirve para determinar el perfil adecuado para este diseño.

Para la construcción de la estructura se requiere de 26 columnas que se colocan a lo largo del galpón, éstas van conectadas por medio de 24 vigas carrileras, cuya longitud de cada una es de 5,2 metros.

Para el diseño de las vigas carrileras es necesario someterle a un análisis a flexión debido a las cargas verticales que está sometido el puente grúa, además de un análisis un cortante para mayor seguridad.

Cada viga carrilera va apoyada sobre cada columna, estas van soldadas a través de una ménsula. Para el diseño es necesario aplicar un apoyo vertical.

El material que se va a utilizar es un acero ASTM A572 Gr. 50, ya que es más resistente que el acero ASTM A36 y si se dispone en el mercado.

Cargas que actúan sobre la viga carrilera

Peso propio de la viga carrilera utilizando un perfil IPE400:

$$W_1 = 66,3 \frac{kg}{m} * 5,2m$$

$$W_1 = 344,76 kg = 3,378 kN$$

Esta carga se convierte en distribuida a lo largo de toda la viga.

La carga a fatiga de la viga carrilera producida por la carga de C_{vs} a un extremo igual a la carga extrema R1 es $C = 107,175 kN$

Carga vertical de diseño C_{vs} de la viga carrilera

Una vez determinado las reacciones máximas de la viga de carga al asumir la carga del tecla en la mitad y sobre un extremo de esta, se conoce que la reacción máxima se da cuándo el tecla se encuentra al final de la viga de carga, es decir lo más próximo a los carros testeros.

Esta carga genero una reacción crítica de $R1 = 100,62 \text{ kN}$, la que se apoya en el centro del carro testero, esto produce una carga sobre las ruedas de $50,31 \text{ kN}$.

En primera instancia no se sabe cuáles serán las dimensiones de los carros testeros por lo que se aplica las cargas en el centro de la viga carrilera. Esto condición no es la real pero mejora el diseño más seguro debido a que genera una carga más crítica.

Diagrama del cuerpo libre

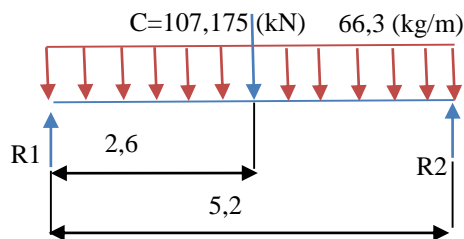


Figura 46. Diagrama del cuerpo libre de la viga carrilera
Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Al tener los datos iniciales se puede ingresar la información en un programa CAD para obtener los momentos máximos y cortantes de la estructura.

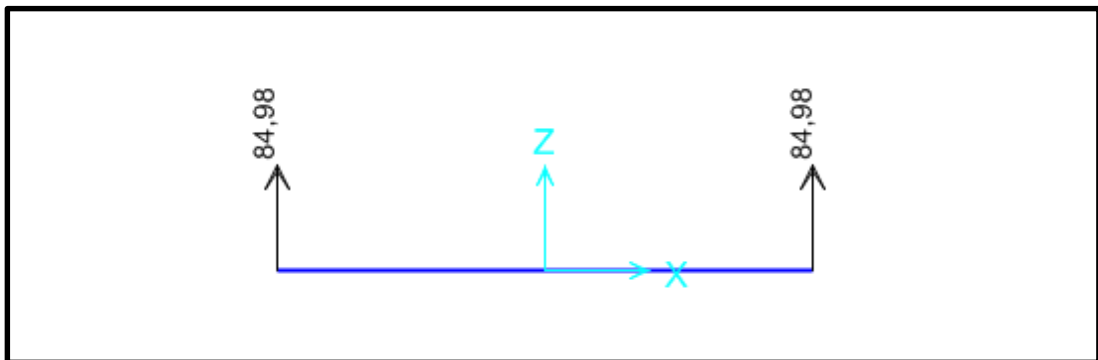


Figura 47. Reacciones resultantes (kN)
Fuente: Software CAD

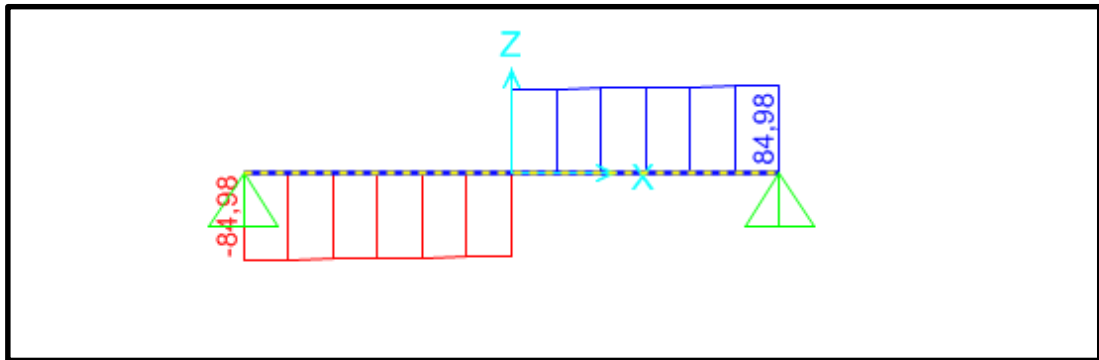


Figura 48. Diagrama de cortante en la viga carrilera (kN)
Fuente: Software CAD

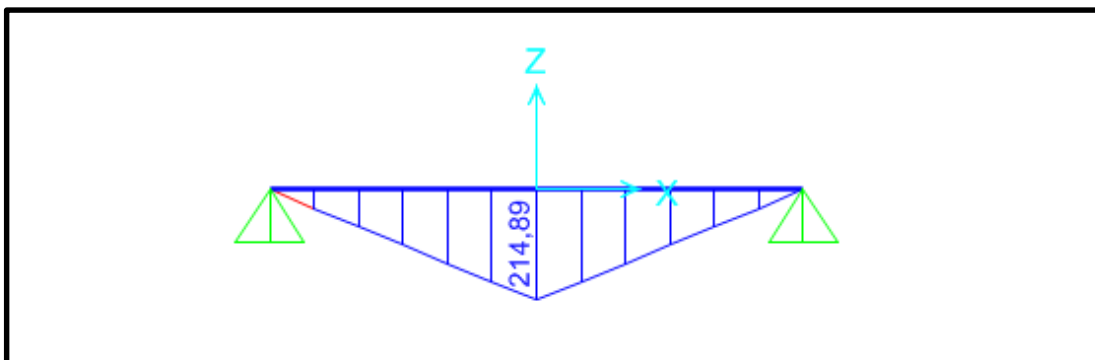


Figura 49. Diagrama de momento flector de la viga carrilera (kN-m)
Fuente: Software CAD

Resultados tomados del programa:

Tabla 64. Valores de cortante y momento flector a varios puntos de la viga de carga

Distancia (m)	0m	2,6 m	5,2 m
Cortante V (kN)	-84,98	-80,325	84,32
Momento flector (kN-m)	0	214,8907	-8,309E-16

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

De la tabla anterior podemos saber los valores máximos de diseño:

$$|M_{m\acute{a}x}| = 214,89kN - m = 21912,75 kg - m$$

$$|V_{m\acute{a}x}| = 84,32 kN = 8665,09 kg$$

Estos valores de momento máximo y cortante son los que se utilizan para el diseño y selección de la viga carrilera.

Procedimiento de diseño

Para el diseño de la viga carrilera se analiza como si se tratase del diseño de una viga simple. Además se considera que los apoyos son fijos con 2 articulaciones móviles al no poseer más de 2 articulaciones como el caso de viga completa.

1. Determinamos el módulo de sección:

$$\begin{aligned}M_u &= M_{max} \\Z_{xx} &\geq \frac{M_u}{\phi_b S_y} \\Z_{xx} &\geq \frac{2191275 \text{ kg} - \text{cm}}{(0,9)(3514 \text{ kg/cm}^2)} \\Z_{xx} &\geq 692,87 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

2. Se debe hallar los valores críticos de longitud no soportada.

El modo de falla de una viga, sin considerar el pandeo local, va a estar definido por la distancia entre soportes laterales o longitud no soportada lateralmente L_b . Existen dos valores límite que se deben considerar:

1. L_p es la longitud no soportada lateralmente máxima para lograr que la viga alcance el momento plástico y tenga capacidad de deformación inelástica después de este punto.

$$L_p = 1,76r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

2. L_r es la longitud no soportada a partir de la cual la viga fallará por pandeo lateral por flexo-torsión elástico.

$$L_t = 1,95r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{JC}{S_x h_0}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y S_x h_0}{E JC}\right)^2}}$$

La resistencia al pandeo lateral por flexo-torsión va a depender de la distancia entre soportes laterales. Para longitudes no soportadas lateralmente L_b , menores que L_p , el estado límite de plastificación controla o domina.

Para longitudes no soportadas lateralmente L_b , mayores o iguales que L_r , el estado límite de pandeo lateral por flexo-torsión elástico controla la resistencia de la viga. Está dada por el momento crítico de pandeo lateral por flexo-torsión elástico, multiplicada por el factor C_b para considerar el efecto y la forma del diagrama de momento.

Una primera estimación de L_p puede obtenerse igualando el momento crítico de pandeo lateral por flexo-torsión M_{cr} con M_p . El valor resultante, sin embargo, no garantiza que la viga tenga capacidad de deformación inelástica y, por lo tanto, L_p debe ser menor que ese valor.

4. Para la selección de la viga carrilera se debe buscar perfiles de módulo de sección superior al calculado. En la tabla se presentan 4 perfiles que están sometidos al análisis de diseño para la selección de la viga carrilera y se muestra también sus valores de longitud crítica y longitud última. (Anexo 7)

Tabla 65. Módulo de sección, longitudes última y crítica de los perfiles a seleccionar

Perfil	S_{xx} (cm ³)	L_p (cm)	L_r (cm)
IPE 360	510	163,0	480,3
IPE 400	654	169,9	487,8
IPE 450	851	177,2	499,5
IPE 500	1100	185,4	518,5

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Ahora se compara todos los datos de longitud última L_r con la longitud de la viga $L_b = 520$ cm

En todos los casos se da: $L_b > L_r$

Al obtener este parámetro se puede deducir que el diseño de la viga se debe realizar según el caso de análisis de independiente sección.

1. Cálculo del coeficiente de flexión C_b

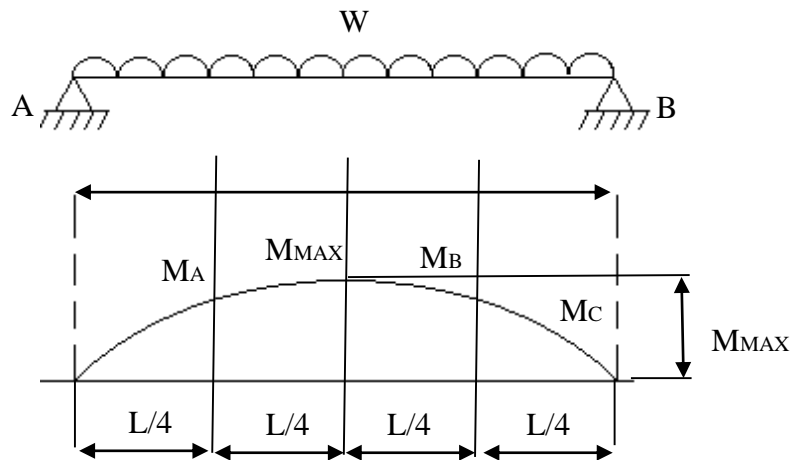


Figura 50. Diagrama del momento cortante

Fuente: Jorge Guerra

$$M(x) = \frac{1}{2}WLx - \frac{1}{2}WLx^2$$

Cuando:

$$x = \frac{L}{4} \rightarrow M(x) = M_A = 108,96$$

$$x = \frac{L}{2} \rightarrow M(x) = M_{max} = M_B = 214,89$$

$$x = L \rightarrow M(x) = M_C = 0$$

$$C_b = \frac{12,5M_{max}}{2,5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C}$$

$$C_b = \frac{12,5(214,89)}{2,5(214,89) + 3(108,96) + 4(214,89) + 3(0)}$$

$$C_b = 1,55 \approx 1,6$$

Tomaremos como coeficiente de flexión $C_b = 1,6$

Revisión de la sección compacta en el perfil (relación ancho/grueso)

Patines:

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{2100000}{3514}} = 9,28$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf}$$

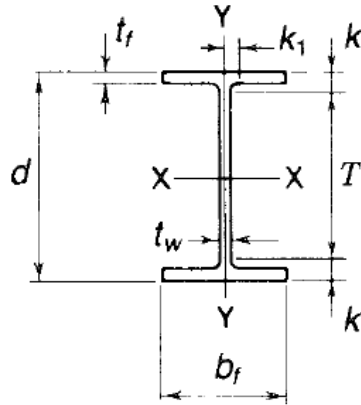


Figura 51. Simbología de partes de la viga
Fuente: Manual AISC ASD

Tabla 66. Revisión de sección en patines de perfiles seleccionados

Perfiles	b_f	$2t_f$	$\frac{b_f}{2t_f}$	Sección en patines
IPE 360	170	23	7,39	Compacta
IPE 400	180	27	6,67	Compacta
IPE 450	190	29,2	6,51	Compacta
IPE 500	200	32	6,25	Compacta

Fuente: Jorge Guerra

Alma:

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{2100000}{3514}} = 91,91$$

$$\frac{d}{t_w} < \lambda_{pw}$$

Tabla 67. Revisión de sección en alma de perfiles seleccionados

Perfiles	d	t_w	$\frac{d}{t_w}$	Sección en alma
IPE 360	360	8	45	Compacta
IPE 400	400	8,6	46,51	Compacta
IPE 450	450	9,4	47,87	Compacta
IPE 500	500	10,2	49,02	Compacta

Fuente: Jorge Guerra

Entonces el momento nominal será:

$$M_n = F_{cr} S_{xx} \leq M_p$$

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_t}\right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{J_c}{S_{xx} h_0} \left(\frac{L_b}{r_T}\right)}$$

$$M_p = F_y S_{xx}$$

$$M_u = 2191275 \text{ kg} - \text{cm}$$

Tabla 68. Verificación del momento nominal.

Perfiles	Fcr	Sxx	Mn	Mp (kg-cm)	$\phi_b M_n$	$M_n \leq M_p$	$\phi_b M_n \geq M_u$
IPE 360	1781,29	510	908460	1'792140	817614	Pasa	No pasa
IPE 400	1932,18	654	1263646	2298156	1137282	Pasa	No pasa
IPE 450	2099,89	851	1787012	2990414	1608311	Pasa	No pasa
IPE 500	2296,59	1100	2526253	3865400	2273627	Pasa	Pasa

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Revisión por cortante

La resistencia nominal por cortante para el perfil IPE500 está dada por:

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v$$

$$A_w = (d - 2t_f) t_w$$

$$V_n = (0,6)(3514)(46,8)(1,02)(1,0)$$

$$V_n = 100646,58 \text{ kg} = 100,64 \text{ ton}$$

$$\phi_v V_n = 90,576 \text{ ton}$$

$$V_u = \frac{W_u L}{2}$$

$$V_u = \frac{2100 * 5,2}{2}$$

$$V_u = 5460kg = 5,46 ton$$

Como se puede observar, el perfil seleccionado pasa sin mayor complicación. Comprobación de la deflexión. En esta sección se debe verificar lo mencionado en la tabla siguiente.

Tabla 69. Deflexiones máximas permisibles.

Caso	Máxima Deflexión permisible (dmax)
Viga de carga pesada	L / 1200; L = luz
Vigas carrileras	L / 750; L = luz

Fuente: www.cimepi.com/admcontenidos/archivos_links/docu_152.doc.

La deflexión máxima permisible, para vigas carrileras es:

$$d_{m\acute{a}x} \leq \frac{L}{750}$$

Con el software CAD, y utilizando el perfil IPE500, se obtiene la deflexión máxima en el elemento:

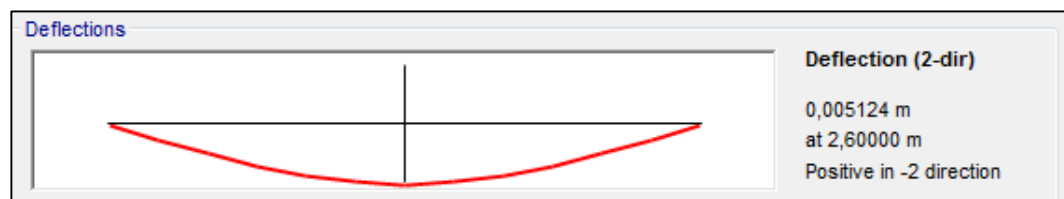


Figura 52. Deflexión máxima en la viga
Fuente: Software de diseño CAD.

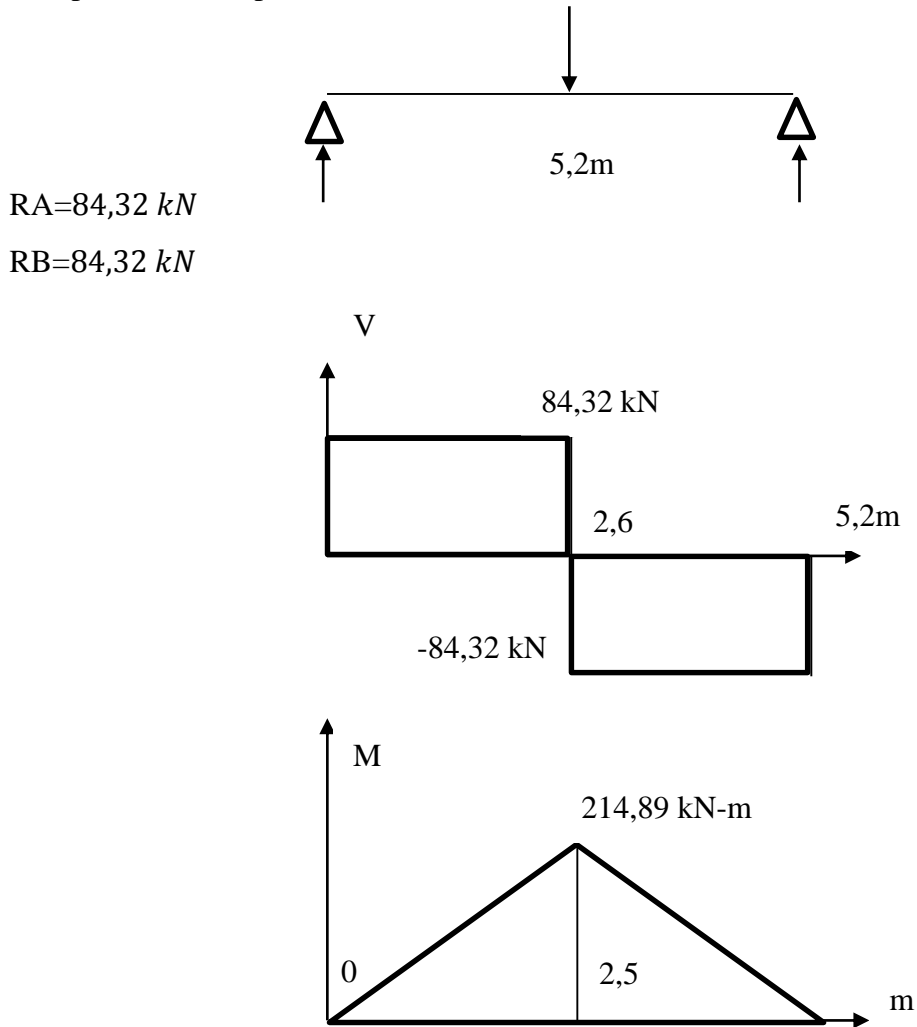
Se tiene de esta manera una deflexión máxima de 5,1 mm a los 2,6 metros, por tanto:

$$5,1 \leq \frac{5200}{750}$$

$$5,1mm \leq 6,9mm$$

Si pasa el perfil IPE500 seleccionado.

Comprobación del perfil IPE 500



$$R_A = 84,32 \text{ kN}$$

$$R_B = 84,32 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{M_{max}}{Z}; Z = \frac{I}{C}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma}; M_{max} = \frac{2I}{h} \sigma$$

$$\sigma = \frac{MC}{I} = \frac{21489 \text{ kg} \cdot \text{cm} \cdot 25 \text{ cm}}{2140 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma = 251 \text{ kN/cm}^2 = 25616 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{max} = \frac{2I}{h} \sigma = \frac{2 \cdot 2140 \text{ cm}^4}{50 \text{ cm}} \cdot \frac{25616 \text{ kg}}{\text{cm}^2}$$

$$n = \frac{S_y}{M_{max}/Z}$$

$$n = \frac{(692,87 \text{ cm}^3) \cdot 3514 \text{ kg/cm}^2}{2191275 \text{ kg} \cdot \text{cm}}$$

$$n = 3,11$$

6.6.8.3. DISEÑO DE LA VIGA DE CARGA

La viga carga que se desea implementar es una viga de alma doble, estas vigas son estructuras en la cual la viga es generalmente de secciones compuestas o prefabricadas por la unión de planchas o perfiles laminados de acero en el cual se emplean tecnologías de construcción mediante pernos, remaches o soldadura según el caso, utilizados para soportar mayores capacidades de carga y/o salvar luces importantes.

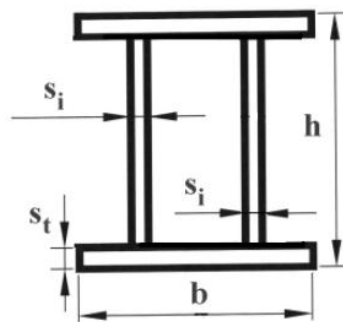


Figura 53. Sección transversal de viga en alma doble
Fuente: Jorge Guerra (Autor)

En el diseño de la viga de carga es necesario asumir que el polipasto está en el punto más crítico que será en el centro de la luz. También se debe utilizar como material un acero ASTM A572 grado 50 y para los cálculos se toma como referencia el peso del puente grúa de la empresa IPAC aumentado para tener mayor seguridad.

Tabla 70. Accesorios del puente grúa.

Accesorios	Unidades	kg
Tecla de velocidad sencilla con trole a velocidad sencilla	1	201
Parte eléctrica/acoplados	1	220
Carro testero	2	370
Mecanismo de traslación carro testero	1	650
Viga puente o viga de carga	1	3012
Total		4453

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Esta carga estimada de la empresa IPAC se utiliza para el diseño de la viga puente con un aumento de 1,4 % por motivos de seguridad ya que no se conoce el perfil para la viga de carga.

Este valor transformado corresponde entonces a:

$$W_{P.G} = 6234,2 \text{ kg} = 61,09 \text{ kN}$$

Esta carga es distribuida a lo largo de la luz por lo que resulta en 15 metros

$$W_{P.G} = 4,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Carga de operación del puente grúa C_n

La carga de operación viene dada en el centro de la luz.

$$C_n = 6500 \text{ kg} = 63,7 \text{ kN}$$

Carga de impacto vertical del puente grúa C_i

La carga de impacto viene dada en el centro de la longitud y está corresponde al 10% de la carga nominal.

$$C_i = 650 \text{ kg} = 6,37 \text{ kN}$$

Combinación de cargas verticales

$$C = C_n + C_i$$

$$C = (63,7 + 6,37) = 70,07 \text{ kN}$$

Diagrama del cuerpo libre y resultados

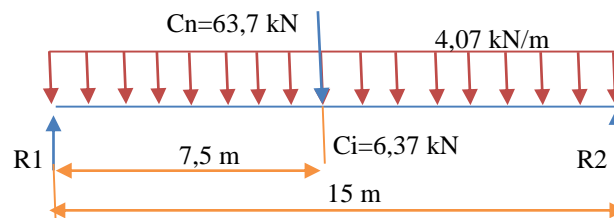


Figura 54. Diagrama del cuerpo libre de la viga de carga
Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Se toman los datos de la viga carga para el diseño en el programa CAD.

Estas vigas compuestas no se encuentran en ningún manual de vigas, por lo que se va a diseñar las dimensiones según medidas disponibles del trolley. Se sigue algunas condiciones para la suposición de las medidas como mantener una relación base/canto razonable e igualmente constante, y que la distancia entre las almas y el final de la base sea entre 4 y 7 veces el espesor del alma.

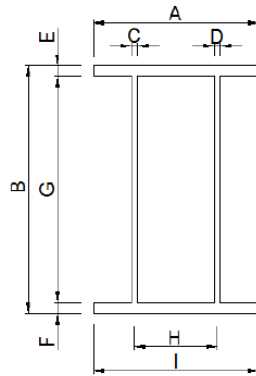


Figura 55. Esquema de viga con alma doble
Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Tabla 71. Dimensiones de viga supuesta por restricción del trolley (Anexo8)

Perfil	Datos (mm)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
800x305	305	800	16	16	12	24	764	240	305

Fuente: Jorge Guerra

Se selecciona una viga 800 x 305, se introduce la información en el programa CAD para obtener los siguientes resultados:

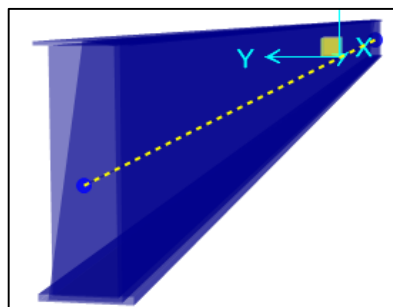


Figura 56. Viga doble alma 800x305
Fuente: Software CAD

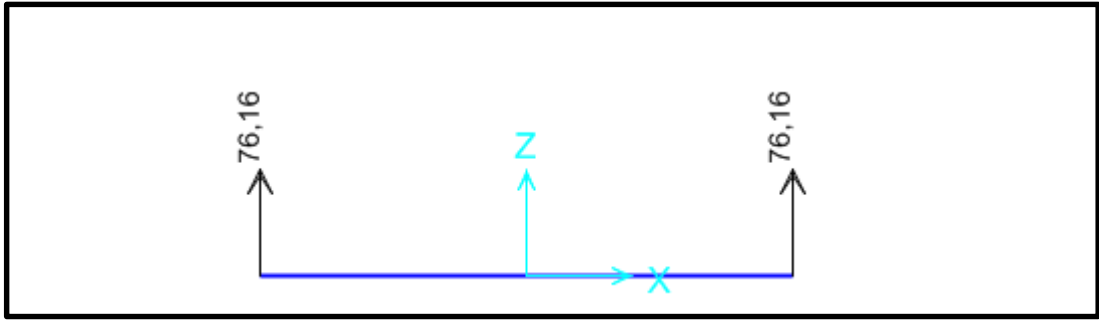


Figura 57. Reacciones resultantes (kN)
Fuente: Software CAD

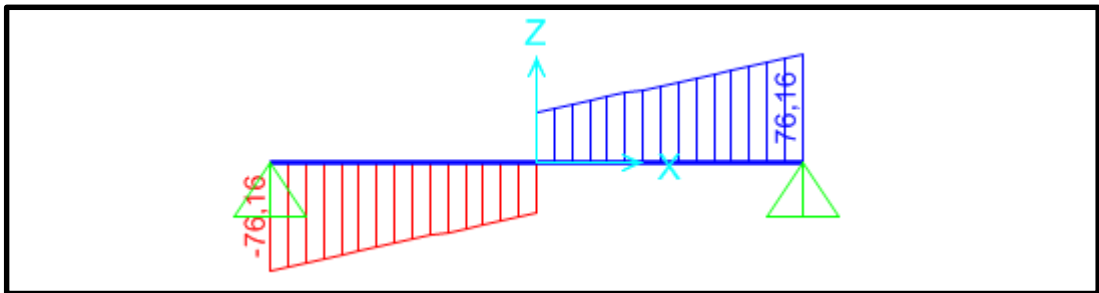


Figura 58. Diagrama de cortante de la viga de alma doble (kN)
Fuente: Software CAD

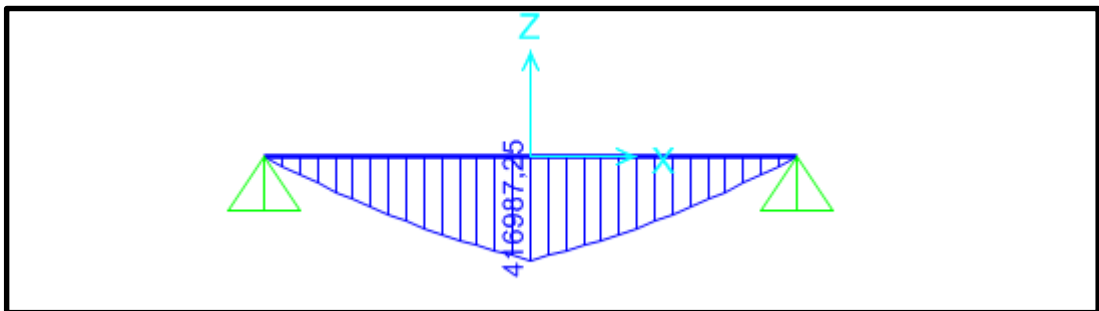


Figura 59. Diagrama de momento flector de la viga carrilera (kN - m)
Fuente: Software CAD

Resultados tomados del programa:

Tabla 72. Valores de cortante y momento flector a varios puntos de la viga de carga

Distancia (m)	0m	3,75 m	7,5 m	11,25 m	15 m
Cortante V (kN)	-76,162	-76,141	-35,03	55,598	76,162
Momento flector (kN-m)	0	246,87	416,98	246,878	-8,188E-13

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Por tanto, siendo los valores de diseño los máximos, se tiene que:

$$|M_{m\acute{a}x}| = 416,98 \text{ kN} - \text{m}$$

$$|V_{m\acute{a}x}| = 76,162 \text{ kN}$$

Los valores máximos de momento flector y cortante registrados son por tanto los parámetros que se utilizan para la comprobación.

Para esto se utiliza las fuerzas verticales, las mismas que son el resultado de las suma Vd máximo y Vd mínimo según norma española.

Valor de chequeo

$$\left(\frac{f}{l}\right)_a = \frac{1}{800}$$

$$f_a = 18,75 \text{ mm}$$

Se toma la Viga 800x 305 y se ingresa las dimensiones al software CAD, se obtiene la deflexión máxima en el elemento:

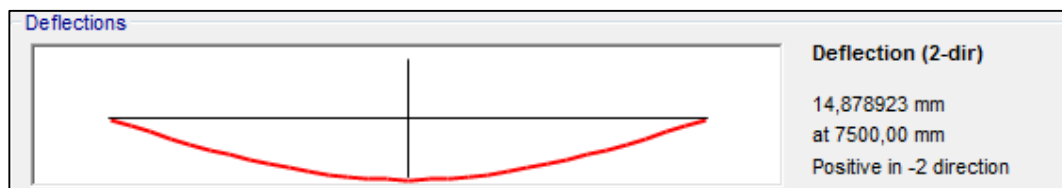


Figura 60. Deflexión máxima en la viga
Fuente: Software de diseño CAD.

Se tiene de esta manera una deflexión máxima de 14,87 mm a los 7500 mm, por tanto:

$$14,87 \leq 18,75 \quad ok$$

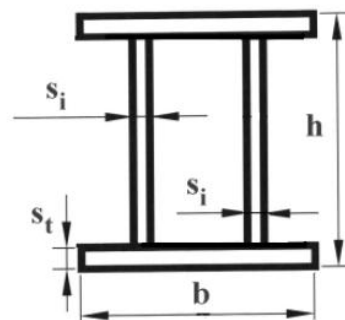


Figura 61. Simbología de las partes de viga doble alma
Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Chequeo de altura de la viga según condición de peso mínimo

$$M_{max} = \frac{P \cdot L}{4} = \frac{0,07007 MN \cdot 15m}{4} = 0,2627 MN \cdot m$$

$$h \geq 0,775 \sqrt{\frac{M_{max}}{s_i \cdot \sigma_a}}$$

$$0,8m \geq 0,775 \sqrt{\frac{0,2627 MN \cdot m}{0,016m \cdot 200MPa}}$$

$$0,752m > 0,222m \text{ Ok}$$

Comprobación del espesor de las almas

$$V_{max} = \frac{P}{2} = \frac{0,07007 MN}{2} = 0,035 MN$$

$$s_i \geq \frac{V_{max}}{0,8 \cdot h \cdot \sigma_a}$$

$$0,016m \geq \frac{0,035 MN}{0,8 \cdot 0,8 \cdot 200MPa}$$

$$0,016m \geq 0,00027m \text{ Ok}$$

Estabilidad de las almas

$$\frac{h}{s_i} \leq 160$$

$$50,0 < 160 \text{ Ok}$$

Comprobación de la sección del ala

$$b \cdot st \geq \frac{M_{max}}{\sigma_a \cdot h} - \frac{s_i \cdot h}{3}$$

$$0,305 \cdot 0,024 \geq \frac{0,2625 MN \cdot m}{200MPa \cdot 0,752m} - \frac{0,016m \cdot 0,0752m}{3}$$

$$0,00732m^2 \geq 0,0013 m^2 \text{ Ok}$$

Estabilidad de las alas

$$\frac{b}{s_i} \leq 30 \cdot \sqrt{\frac{2100}{\sigma_a}}$$

$$\frac{0,305}{0,016} \leq 30 \cdot \sqrt{\frac{2100}{200}}$$

$$19,06 < 97,2 \text{ Ok}$$

Como se puede observar, el perfil 800x305 seleccionado pasa sin mayor complicación.

Se calcula de nuevo el peso propio de la viga carga.

$$Wpg_{800x305} = (2GC + 2AE) * Lb * \rho_{acero A36}$$

$$Wpg = (2 * 76,4 * 1,6 + 3,05 * 2,4 + 3,05 * 1,2) cm^2 * 1500 cm * 7,85 gr/cm^3$$

$$Wpg_{800x530} = 3008041,5 gr = 3008,4 kg$$

Comprobación de viga cajón

Area de la viga.

$$Af = (bf * tf) = (30,5 \text{ cm} * 2,4 \text{ cm}) = 73,2 \text{ cm}^2.$$

$$Aw = (d - 2tf) * tw = (80 - 2 * 2,4) \text{ cm} * 1,4 \text{ cm} = 105,28 \text{ cm}^2.$$

$$AT = 2(Af + Aw) = 2(73,2 + 105,28) \text{ cm}^2 = 356,96 \text{ cm}^2.$$

Cálculo de momentos de inercia

Considerando que la sección es simétrica, la distancia al yi neutro será:

Respecto al eje Y

$$Ix = I_{YA1} + I_{YA2} + I_{YA3} + I_{YA4}$$

$$I_{YA1} = I_{Y-YA1} = \frac{1}{12} hb^3 = \frac{1}{12} (1,2)(30,5)^3 = 2837 \text{ cm}^4$$

$$I_{YA2-3} = I_{Y-YA2} + A_{A2}d^2 = \frac{1}{12} hb^3 + hbd^2$$

$$= \frac{1}{12} (76,4)(1,6)^3 + (76,4)(1,6)(12,8)^2 = 20053,88 \text{ cm}^4$$

$$I_{YA4} = I_{Y-YA4} = \frac{1}{12} hb^3 = \frac{1}{12} (2,4)(30,5)^3 = 5674,5 \text{ cm}^4$$

$$I_Y = I_{YA1} + 2(I_{YA2}) + I_{YA4} = 2837 + 2(20053,88) + 5674,5 = 48619 \text{ cm}^4$$

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

$$\sigma = \frac{41698 \text{ kN} - \text{cm} * 80 \text{ cm}}{48619 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma = 68,6 \text{ kN/cm}^2 = 700 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{3514kg/cm^2}{700kg/cm^2}$$

$$n = 5$$

Comprobación de la flecha máxima

$$f = Mmax \frac{l^2}{12EI}$$

$$Mmax = W * \sigma = \frac{2I}{h} \sigma$$

$$f = \frac{2I}{h} \sigma * \frac{l^2}{12EI} = \frac{l^2 \sigma}{6hE}$$

$$f = \frac{(2250000cm^2) * 700kg/cm^2}{6 * 80cm * 2100000kg/cm^2}$$

$$f = 1,5625 \text{ cm} = 15,6 \text{ mm}$$

Margen de error

$$f_{calculada} - f_{prog.cad} = 15,6mm - 14,88mm = 0,7$$

Porcentaje de error: 4,5%

6.6.8.4. DISEÑO A COMPRESIÓN COLUMNA PRINCIPAL

La columna se diseña a partir de un perfil intermedio IPE 300 y se utiliza un material acero A572 grado 50.

Parámetros de diseño

A partir de la longitud y la esbeltez del elemento se puede dar un fallo por fluencia debido a la compresión o por pandeo. El parámetro más relevante en el diseño de elementos sometidos a compresión y por tanto para columnas, es la esbeltez. Primero se debe verificar la relación de esbeltez recomendada por el AISC:

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

Donde:

l= longitud no arriostrada en el sentido de análisis

k= Coeficiente de longitud efectiva en el sentido de análisis

r= Radio de giro del perfil en el sentido de análisis

El tipo de restricción que tiene el elemento en los extremos está dado por el valor del Coeficiente de longitud efectiva, k y puede ser calculado por medio de diferentes métodos, uno de ellos es el de los Nomogramas, el cual se basa en sumar las rigideces de los elementos adyacentes a los nudos del elemento a analizar.

Existen algunos valores teóricos de k (Tabla 4.1) basados en condiciones idealizadas de los extremos del elemento.

Tabla 73. Valores de K , teóricos y de diseño, para columnas con diversas condiciones en los extremos.

TABLE C-C2.2 Approximate Values of Effective Length Factor, K						
Buckled shape of column is shown by dashed line.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code						

Fuente: AISC; Manual of Steel Construction; 8va Ed.; pág. 5-124

Considerando que el apoyo inferior es rígidamente anclado y en el peor de los casos se tiene tanto traslación como rotación en el apoyo superior debido a la acción de las cargas antes consideradas, se tiene un factor K crítico de 2,1.

A continuación se calcula el esfuerzo crítico de pandeo. Las especificaciones del AISC, muestran el Esfuerzo Crítico de Pandeo, F_{cr} , en función de la relación de

esbeltez, kl/r , empleando los siguientes criterios, válidos para elementos compactos y con dos ejes de simetría:

a) Cuando $\frac{kl}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$F_{cr} = \left[0,658 \left(\frac{F_y}{F_e} \right) \right] F_y$$

b) Cuando $\frac{kl}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$F_{cr} = 0,877 F_e$$

Donde:

F_e = Esfuerzo elástico de Pandeo

F_y = Esfuerzo de elasticidad del material

E = Módulo de elasticidad del material

l = Longitud del miembro sin arriostrar

r = Radio de giro que prima para el diseño.

Cálculo de la relación de esbeltez

$$\frac{kl}{r} = \frac{2,1 * 450cm}{3,35cm}$$

$$\frac{kl}{r} = 282,089$$

$$\lambda_r = 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71 \sqrt{\frac{2100000}{3514}} = 115,14$$

$$282,089 > 115,14$$

Calculo del Esfuerzo Crítico de Pandeo

Cuando $\frac{kl}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

$$F_{cr} = 0,877 F_e$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{kl}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 * 2100000 \text{ kg/cm}^2}{(282,089)^2}$$

$$F_e = 260,462 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{cr} = 0,877 * (260,462 \text{ kg/cm}^2)$$

$$F_{cr} = 228,425 \text{ kg/cm}^2$$

La resistencia de diseño a compresión se toma igual a $\phi_c P_n$

$$\phi_c P_n = \phi_c A_g F_{cr}$$

Donde:

P_n = resistencia nominal por compresión

A_g = Área transversal del perfil

$$P_n = 53,8 \text{ cm}^2 * 228,425 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = 12289 \text{ kg} = 12,3 \text{ ton}$$

Ahora vamos a considerar las cargas a soportar para comprobar la resistencia nominal a compresión tomando en cuenta que la carga viva se encuentra en un extremo de la viga carga.

$$P_n \geq W_p g + C_n$$

$$12289 \text{ kg} \geq 43,63 \text{ kN} * \frac{102,04 \text{ kg}}{1 \text{ KN}} + 63,7 * \frac{102,04 \text{ kg}}{1 \text{ KN}} = 10951,9 \text{ kg}$$

$$12,3 \text{ ton} \geq 10,9 \text{ ton}$$

Se selecciona un perfil para la viga columna IPE 300.

6.6.8.5. DISEÑO DE LA PLACA BASE

Para el diseño de la placa base se toma la columna principal donde se tiene condiciones de carga crítica. Anteriormente se determinó la combinación de carga y se determinó el momento flector máximo.

Una vez más tomando en consideración en la tentativa de diseño mostrada en la nomenclatura basada en la figura 51 para el diseño de la placa base, a partir de las dimensiones de la viga columna IPE 300, se tiene que:

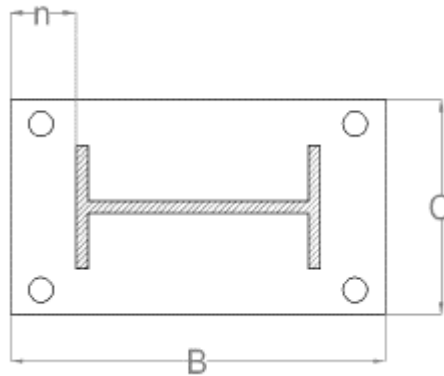


Figura 62. Vista superior del esquema.
Fuente: Jorge Guerra

Donde:

B= 400 mm

C= 300 mm

n= 50 mm

Con estos datos se calcula el ancho de la placa base y comprobar si el ala de la placa soporta pandeo local. Así es que se utiliza la teoría de viga de ancho unitario teniendo en cuenta que $C= 1,0$.

Parámetros de diseño placa base

- Las dimensiones de la placa son impuestas de una plancha de 400x300mm.
- Se utiliza un material acero ASTM A36

Se debe establecer la resistencia última del hormigón:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 2,987 \text{ ksi}$$

A partir de esta fórmula se obtiene el ancho de la placa unitaria.

$$t = \sqrt{\frac{1,25 * f'c * n^2}{S_y}}$$

$$t = \sqrt{\frac{1,25 * 2,987 \text{ ksi} * 50^2}{36 \text{ ksi}}} \text{ mm}$$

$$t = 16,1 \text{ mm} = 0,63 \text{ in}$$

Una vez encontrado el ancho de la plancha se aproxima a un espesor de 1 pulgada por ser comercial y por seguridad, es así que se selecciona una plancha de 400x300 x25,4 con acero ASTM A36 (Anexo 9).

6.7. METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

Este proyecto finamente terminado se procede a presentar los elementos que conforman el sistema del puente grúa.

6.7.1. Placa base

Primero se realizó la cimentación y una vez seco el concreto el material se colocó las placas base donde se fijaran las columnas. Es necesario que se encuentre nivelado el suelo y al final tener una simetría en la construcción.

Ya colocado la placa base sobre el cemento se empernan los pernos con arandelas y roscas.



Figura 63. Placa Base
Fuente: Jorge Guerra

- La placa base tiene dimensiones de 400x300x16 mm.
- El material a utilizar es un acero ASTM A36

6.7.2. Columna principal

Las columnas principales como se ha determinado por medio de los cálculos corresponden a perfiles IPE 300.

Usualmente se puede adquirir las vigas columnas de perfiles con longitudes de 6 y 12 metros, de ser necesario se puede hacer una solicitud de las vigas deseadas a medida lo que aumentaría el costo.

Respecto al montaje de las columnas se puede optar por usar una grúa, se suelda agarraderas a los perfiles o bien se puede usar andamios y tecla.

Para este caso se puede solicitar en longitudes de 4,5 m.



Figura 64. Columna principal
Fuente: Jorge Guerra (Autor)

6.7.3. Vigas carrileras

Se utilizan perfiles IPE 500 para las vigas carrileras, éstas deben ser solicitadas con una medida de 5200 mm. Las vigas deben ser montadas por medio de una grúa o de andamios.

Al colocar las vigas es necesario que se usen ciertos modos de unión como se aconseja tipo zigzag lo que da estabilidad a la estructura.



Figura 65. Viga carrilera
Fuente: Jorge Guerra

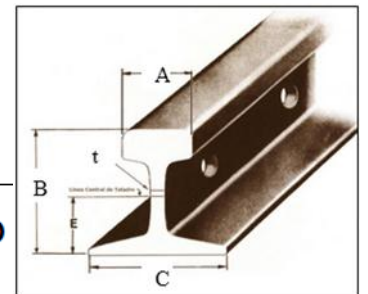
6.7.4. Rieles de desplazamiento

Bajo recomendaciones de algunos proveedores que trabajan con aceros y estructuras, manifiestan que son mejores los rieles bajo norma americana ASCE.

Con las dimensiones de las vigas carrileras ya se puede elegir un riel y carros testereros, por lo general estos carros testereros vienen con rodaduras de diámetro 50 mm. Haciendo referencia estos datos se elige un riel ASCE 40 cuyas dimensiones se proporcionan en la siguiente tabla:

Tabla 74. Dimensiones del riel ASCE 40

TAMAÑO	DIMENSION (mm)				PESO
	A	B	C	t	
ASCE 25	38.1	69.85	69.85	7.54	12.4
ASCE 30	42.86	79.38	79.38	8.33	14.88
ASCE 40	47.62	88.9	88.9	9.92	19.84
ASCE 60	60.32	107.95	107.95	12.3	29.76
ASCE 75	62.71	122.24	122.24	13.49	37.2
ASCE 85	65.09	131.76	131.76	14.29	42.17
ASCE 90	65.09	142.88	130.18	14.29	44.65
ASCE 115	69.06	168.28	139.7	15.88	56.9
ASCE 136	74.61	185.74	152.4	17.46	67.41
ASCE 175	109.86	152.4	152.4	38.1	86.8



Fuente: <http://www.riel.cl/clientes/pdf/asce40.pdf>

6.7.5. Carros testereros

Se conectan los carros testereros sobre las vigas principales mediante pernos y suelda.

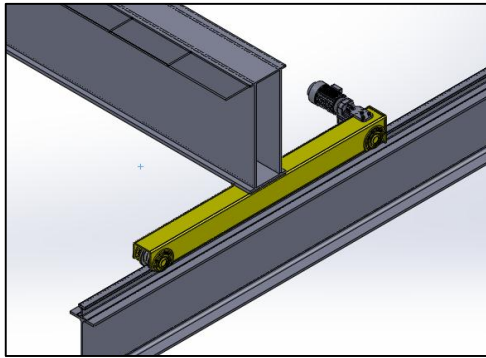


Figura 66. Carro testero acoplado a la viga de carga
Fuente: <https://grabcad.com/library/bridge-crane-and-structure-1>

Parámetros de diseño, conexión viga principal al carro testero.

- Agujeros pasantes de 10 mm para la conexión.
- Junta empernada de 3/8 de pulgada
- 4 pernos de conexión en cada extremo de la viga de carga

6.7.8. Viga de carga

Se monta en el piso la viga de carga, los carros testeros y el tecele dando holgura a los elementos para que no sufran daños.

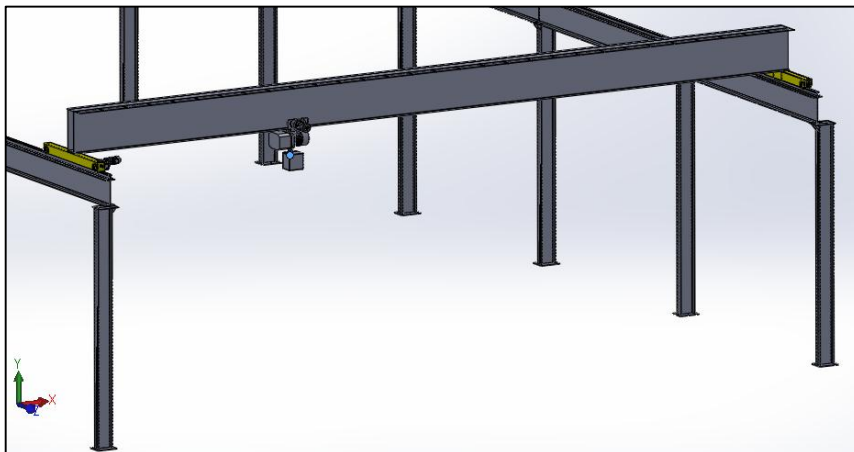
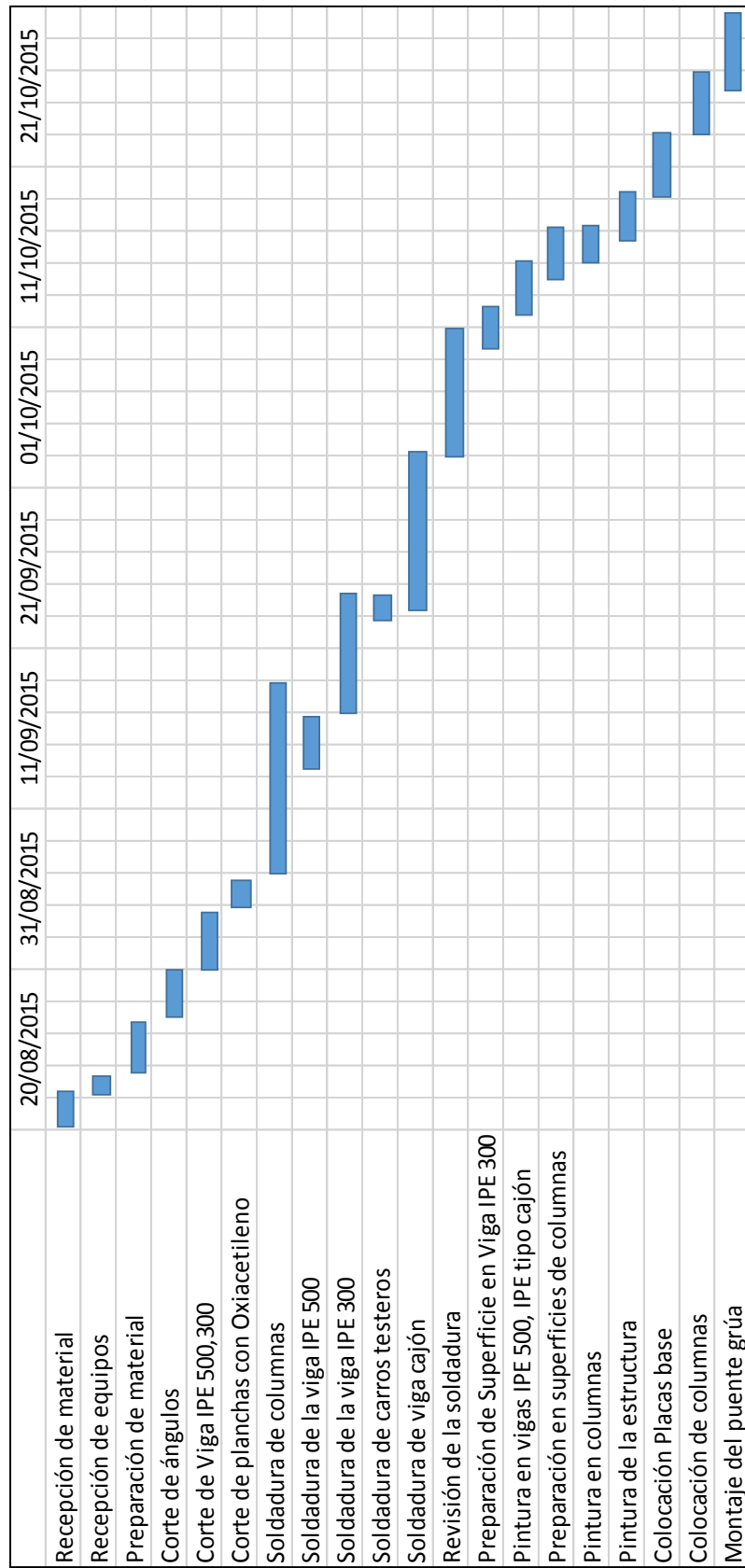


Figura 67. Viga de carga acoplada en el suelo
Fuente: <https://grabcad.com/library/bridge-crane-and-structure-1>

Finalmente se monta el conjunto sobre las vigas carrileras mediante una grúa o andamios y tecles.

Tabla 74. Diagrama de Gantt para la construcción de un puente grúa



Fuente: Jorge Guerra

6.8. ADMINISTRACIÓN

Para el desarrollo de este proyecto se ha tomado presupuestos de algunas empresas comerciales que disponen de material mecánico y otros.

Además se asume algunos costos adicionales como insumos, mano de obra.

6.8.1. Costo de materiales

Equipos y accesorios del puente grúa

Tabla 76. Presupuesto de equipos y accesorios del puente grúa

Item	Cant. unidad	Cant. en metros	USD	TOTAL
Tecla Eléctrico con cadena	1	-	5974,73	5974,73
Motor reductor	2	-	550,32	1100,64
Trole Eléctrico	1	-	4993,91	4993,91
Cadena	-	10	87,58	875,8
Cable eléctrico	5	-	19,92	99,6
Vigas Testeras	2	-	2250,00	2250,00
TOTAL				15294,7

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Materia Prima

Tabla 77. Presupuesto de materia prima

Elemento	Cantidad	Costo (USD/Kg)	kg	Precio
Perfiles IPE 300, A572 GR50	26	1,3	4937,4	6418,6
Perfiles IPE 500, A527 GR50	24	1,3	11319,4	14715,2
Viga carga pre fabricada	1	1,3	3008,0	3008,0
Riel ASCE 40-12m	10	1,3	238	3094,00
Placa base A36	26	1,10	1188,72	1307,6
TOTAL				28543,4

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Mano de obra

Para la cotización del precio por mano de obra se detallan la cantidad y el precio por semana de obreros e ingenieros que se requieren para la construcción y montaje de la estructura en un plazo de 2 meses.

Tabla 78. Presupuesto mano de obra

Empleado	Cantidad	USD/semana	Semanas	Total USD
Ingeniero	1	250,00	4	1000
Soldadores	3	150,00	4	1800
Ayudantes	5	85,00	4	1700
TOTAL				4500

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Consumibles

En el presupuesto de consumibles está englobado todo lo que tiene que ver con materiales de herramientas, equipos y para fondeo, etc.

Para el valor del precio de consumibles se asume un 5% de los costos de materia prima.

Tabla 79. Presupuesto de consumibles

Ítem	Costo materia prima USD	Total USD (5% C.M.P)
Consumibles	28543,4	1427,2

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

Costo total del proyecto

Tabla 80. Total de costos para la construcción del puente grúa.

Ítem	USD
Equipos	15294,7
Materia prima	28543,4
Mano de obra	4500,00
Consumibles	1427,2
TOTAL	49765,3

Fuente: Jorge Guerra (Autor)

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Al finalizar el trabajo de investigación, el cual determina los sistemas que pueden mejorar el sistema de transporte grúa pórtico para la empresa PICOSA así como para cualquier planta que utilice carga pesada, se pueden connotar que a partir de algunos criterios de selección existen muchos de ellos que necesitan más atención al momento de analizarlos, como la mantenibilidad y los riesgos mecánicos y ergonómicos.

Para mejorar estos criterios se puede partir de la ponderación que se le da a cada uno de estos, dando a distinguir la mantenibilidad la cual se debe tener muy en cuenta, es así que se puede realizar un plan de mantenimiento para estos sistemas según sea la necesidad, además se puede crear un manual de usuario para aquellos sistemas que son diseñados sin una guía o manual.

Al momento de seleccionar un sistema es necesario prever los riesgos tanto mecánicos como ergonómicos a los que se va a estar expuesto el personal de la planta a utilizar, es por eso que se puede realizar un análisis mecánico y así poder reducir fallas en los equipos y maquinaria. Se puede realizar un estudio de riesgos mecánicos para cada sistema por medio de un seguimiento minucioso, estas fallas pueden ser por agotamiento del material o por mal uso del mismo. Esto ayudará a evitar pérdidas innecesarias tanto de material como del equipo en sí.

A raíz de esto se puede mejorar también la ergonomía del personal si se evalúa los puestos de trabajo mediante una evaluación de las condiciones de trabajo como actividad física general, levantamiento de cargas, postura de trabajo y movimientos, riesgo de accidente, contenido del trabajo, autonomía, comunicación del trabajador y contactos personales, repetitividad del trabajo, iluminación, ambiente térmico, ruido, etc.

Otro de los factores que interviene en esta selección fue el factor costos, ya que se puede diseñar previamente un sistema haciendo un análisis previo al lugar que se

planea implementar, ya que al construirlos en condiciones de posterior aplicación se puede ahorrar mucho dinero.

6.9.1. CONCLUSIONES

1. Se calculó las cargas actuantes a través de un programa CAD asistido, donde se obtiene resultados de esfuerzos, momentos y deflexiones. En el caso de la viga principal se obtiene una carga puntual central de 70,07 kN y una flecha máxima de 18,71 mm, para la viga carrilera se aplica una carga de 107,2 kN y una flecha máxima de 7mm, y para la columna se calculó una resistencia nominal por compresión de 120,4kN (12289 kg).

2. Según el método de diseño por factores de carga y resistencia LRFD, se seleccionó un perfil IPE500(ASTM A572 Gr80) para la viga carrilera, un perfil de doble alma prefabricado 800x305 para la viga principal de carga (ASTM A36) y un perfil IPE300 para la viga columna (ASTM A572 Gr80).

3. La placa base que se diseño tiene dimensiones de 400x300 (ASTM A 36) donde se calculó el espesor mínimo de 16 mm.

6.9.2. RECOMENDACIONES

1. Este proyecto fue diseñado bajo una metodología secuencial y aplicable para la mayoría de estructuras metálicas, además se recomienda hacer un análisis de los elementos a utilizar para no tener problemas a futuro por ausencia de los mismos.

2. Es necesario utilizar la estructura bajo criterios de seguridad y no sobrecargarla para evitar riesgos mecánicos y laborales, además se debe hacer uso de personal calificado para la maniobra de esta estructura.

3. En el caso se hacer uso de esta obra a futuro, es necesario realizar un nuevo análisis económico de la estructura debido a los precios fluctuantes del acero en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOHMAN I. “Catálogo de aceros, Herramientas de Corte y Soldadura, Aceros de Transmisión SAE 1018”. (Catálogo)
2. EDWARD H., “Manual del Ingeniero Mecánico”. Novena Edición, Tomo 1. Mc Graw Hill (2007).
3. DOMINGUEZ A. “Ingeniería Mecánica Tecnología y Desarrollo”, Segunda Edición, México (2006)
4. HAMROCK B., “Elementos de Máquinas”, Segunda Edición, México, McGraw-Hill (2000).
5. HINO MOTORS. “Manual para el Montaje de Carrocerías Ltd.” Japón, Hino Motors Ltd. (2000)
6. INEN 1323. Vehículos Automotores Carrocerías de Buses Requisitos. 1ra Edición. Ecuador.(2010)
7. Jaque D. y Morales A. (2010). “Propuesta de reorganización técnica-económica de los procesos de producción para las carrocerías:interprovincial y bus-tipo en la empresa varma s.a. de la ciudad de Ambato”. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba.
8. MAN. Prescripciones de montaje de carrocerías.
9. MERCEDES BENZ .Directiva de carrozado, General-Todos los modelos.
10. MORAN I., “Apuntes de Diseño Mecánico”. Primera Edición. Ecuador (2006).
11. McCORMAC J., “Diseño de Estructuras de Acero”. Segunda Edición. México. Alfaomega Grupo Editor (2002).
12. Pérez D. “Estudio técnico y mantenimiento de una grúa porta-contenedores”, Ingeniería técnica naval especializada en propulsión y servicios del barco, (2009).
13. RIBA R. CARLES, Diseño Concurrente, Univ. Politécnica de Catalunya(2002).

Link-cografía

1. ABUS (2015). Sistemas de Grúas, Recuperado de Febrero 2014:
<http://www.abusgruas.es/productos/puentes-grua/puentes-grua-birrailes>
2. ANGELFIRE. (2013). *Carrocerias*. Recuperado de Mayo 2014:
<http://www.angelfire.com/retro/chapa/Carrocerias.htm>
3. BARROS, Patricio. (s,f). *La promesa y los problemas de la automatización*. Life Máquinas. Capítulo 8. Recuperado de Mayo 2014:
<http://www.librosmaravillosos.com/lifemaquinas/capitulo08.html>
4. CONVOYNORT. *Riel Serie 3000*. Recuperado Febrero 2014:
<http://www.convoynort.com/es/serie-3000.php>
5. DOMINGUEZ, Alberto. (2006). *Medición de la fuerza de apriete en un ensamblaje, utilizando tornillo autorroscante*. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. 2 No. 2 (2006) 53 – 62 Recuperado de Mayo 2014: http://revistasomim.net/revistas/2_2/art3.pdf
6. Estructuras elementales. Prontuario ENSIDESA. Tomo 3. 2011
7. ESQUIVEL, Emilio. (2009). *Semipórticos*. Taller metalúrgico Esquivel. Recuperado de Mayo 2014:
<http://www.esquivelgruas.com/semiporticos.html>
8. INSTITUTO NAVARRO DE SALUD LABORAL. *Guía para la adecuación y evaluación de riesgos en puentes grúa*. Recuperado Febrero 2014: <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/CE41E39E-E35D-45C6-9C65-21230A5655BF/149633/GuiaPuentesGrua.pdf>
9. INTRACSA S.A. *Transportadores Industriales*. Recuperado en Febrero 2015:http://intracsa.com.ar/productos_transportadores.htm
10. INTERROLL. *Rodillos transportadores –cadena*. Recuperado Febrero 2014: http://www.interroll.com/es/grupo-interroll/productos/rodillos-transportadores/informacion-tecnica/accionamientos/cadena/chain_1.php
11. JAQUE, Darwin. (2010). “*Propuesta de reorganización técnica-económica de los Procesos de producción para las carrocerías*” Tesis de grado.

- Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de Mayo 2014:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1443/1/85T00159.pdf>
12. KITO. *Manual de polipasto/ Tecla de cadena*. Recuperado Febrero 2015:
http://www.kitoamericas.com/products/pdf/owners_manual/CX%20Owners%20Manual.pdf
 13. METALICOS. S.A.S. (s,f). *Montaje Estructuras Metálicas*. Recuperado de Mayo 2014: <http://www.metalikos.com.co/Montaje-Estructuras-Metalicas>
 14. METALICOS. S.A.S. (s,f). *Ensamblajes usados en estructuras metálicas*. Recuperado de Mayo 2014: <http://www.metalikos.com.co/Ensamblajes-de-estructuras-metalicas>
 15. N, N. (s/f). *Sistemas de Gestión de la Calidad. NORMA ISO 9001:2008* Recuperado de Mayo 2014:<http://sgc.itchihuahua.edu.mx/ISO9001-2008.PDF> [1]
 16. N,N. (2008). *Definición de Polipasto*. Recuperado de Mayo 2014:
<http://definicion.de/polipasto/#ixzz3M5XZnTsm>
 17. Normativa UNE serie 58.
 18. ORTIZ, Alexis. (2009) INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Primera Edición. Quito – Ecuador. Recuperado en Mayo 2014.
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1323.2009.pdf>
 19. TECNI YALE.(2015), *Sistemas de elevación”* .Recuperado en Febrero 2015:<http://www.tecniyale.com/productos/16>
 20. VEGA, Javier. (2010) *Grúa Torre*. Recuperado de Mayo 2014:
<http://www.monografias.com/trabajos32/grua-torre/grua-torre.shtml#ixzz3M5xYRqdf>
 21. VILLALBA H. (2000) *Tecnología Industrial I*, Recuperado de Mayo 2014:
<https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/03/conformado-por-union-de-piezas.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Características técnicas de birrail de carga pesada

Birraíl - Serie 3000



El birraíl serie 3000 consta de dos raíles idénticos apilados.

Tramo de raíl 60 mm×68 mm×4mm de espesor.
Cadena y carretillas que disponen de rodillos con rodamiento de acero.
Temperatura máxima de uso 250°C.

En el raíl superior se encuentra la cadena con dispositivos de arrastre.
Las carretillas se encuentran en el raíl inferior.

El transportador birraíl serie 3000 es una versión motorizada del transportador manual serie 500. Utiliza las mismas carretillas.

En algunos casos, la instalación se puede organizar en el transportador aéreo de gravedad.
Acumulación de carretillas en un centro de clasificación postal.
Las bolsas se fijan a las carretillas por abrazaderas de bloqueo y desbloqueo automáticas.



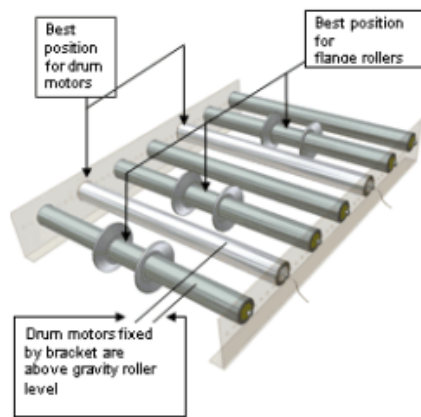
Puede estar equipada con agujas, elevadores y secciones manuales, zonas de almacenamiento (en algunos casos), dispositivos de rotación, etc. Su funcionamiento puede ser continuo, paso a paso.



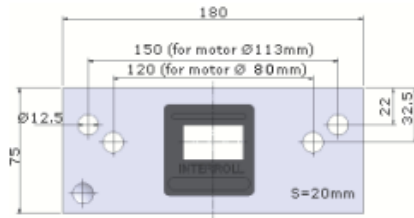
Anexo 2. Características técnicas del sistema de rodillos y cadena.

Interroll Pallet Drive

El nuevo concepto Pallet Drive de Interroll representa una alternativa ahorradora de espacio y libre de mantenimiento, que hace que los transportadores de paletas de acumulación sin presión sean más silenciosos e incluso más seguros durante el funcionamiento. Los beneficios de este innovador kit de transporte, que incluye dos Interroll Pallet Drives y cinco rodillos transportadores de gravedad, son asombrosos: juntos, forman un transportador extremadamente compacto, libre de mantenimiento, con el diseño de un transportador de rodillos de gravedad. Esto no es todo: cambiar de un motorreductor a los Interroll Pallet Drives, con la ventaja añadida de una instalación simplificada, es muy fácil gracias a los productos de Interroll perfectamente adaptados.



Los Interroll Pallet Drives se montan en unos soportes con unos rellenos de goma, de modo que quedan situados más altos que los rodillos transportadores de gravedad. La paleta presiona los Pallet Drives hacia abajo, hasta el nivel de los rodillos transportadores de gravedad portantes, de modo que el peso de la paleta se distribuye uniformemente durante el transporte. De esta manera el artículo a transportar está constantemente en contacto con los Pallet Drives.



Interroll Pallet Drive

Rango de velocidad	0.13 m/s - 0.27 m/s
Capacidad de carga	500 N - 1200 N
Pallet Drives	Ø 80 + 113 mm
Rodillos	Serie 1450 Ø 80 mm (con Pallet Drives Ø 80) Ø 89 mm (con Pallet Drives Ø 113)
Versiones	Estándar: galvanizada Opcional: versión en acero inoxidable con / sin bridas
Información técnica	Guía de instalación (documento PDF 478 KB) Novedades de producto (documento PDF 178 KB)

Anexo 3. Capacidad de carga sistema rodillos y cadena.

2 INNOVATION PTR
PALLET CONVEYOR

CONVEYING

Benefits

- The consistent modular design guarantees flexibility and a reduction in the assortment of parts needed, thus cutting the cost of spare part stockkeeping
- Center drive for easy access of the chain tensioning device
- Small chain wheel diameters and duplex chains enable reliable and smooth transition of the pallets from segment to segment

Service

- Worldwide service
- Customized design of the pallet conveying system
- Complete systems
- Commissioning
- Training courses

Option

- Frequency-controlled drives (central or decentralized control)
- Pallet roller conveyors with external drives
- Pallet roller conveyors with 95-mm roller pitch
- Over 700-mm conveying height

Technical Dates

Conveying Height

550-700 mm

Max. Pallets Weight

1,000 kg

Pallet dimensions across the direction of travel

max. 1,200 mm

Anexo 4. Tipo de inspección del sistema grúa pórtico

Inspección Inicial - Antes del uso inicial, todos los polipasto/tecle de cadenas nuevos, alterados o modificados debe ser inspeccionados por una persona designada para asegurar el cumplimiento de las disposiciones aplicables de este manual.

Clasificación de la Inspección - El procedimiento de inspección descrito en este documento está basado en ANSI/ASME B30.16. Las inspecciones para el polipasto/tecle de cadena dentro del servicio regular se dividen en los grupos FRECUENTE y PERIÓDICA, basándose en los intervalos en los cuales debe realizarse la inspección. A su vez los intervalos dependen del grado de servicio y uso al cual se somete el polipasto/tecle de cadena. Las dos clasificaciones generales aquí designadas son FRECUENTE y PERIÓDICA, con intervalos respectivos entre inspecciones como se define en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1 Intervalos de inspección		
Servicio	Inspección FRECUENTE	Inspección PERIÓDICA
Servicio normal	Mensual	Anual
Servicio pesado	Semanal o mensual	Semestral
Servicio severo	Diario o semanal	Trimestral
Servicio especial o poco frecuente	Como lo recomiende una persona calificada antes y después de cada ocurrencia.	Según la recomendación de una persona calificada antes de la primera ocurrencia de este tipo y como lo indique la persona calificada para cualquier ocurrencia subsiguiente.

Inspección Frecuente

5.3.1 Las inspecciones FRECUENTES se deben efectuar de acuerdo con la Tabla 5-2, "Inspección frecuente". Incluidas en esas inspecciones FRECUENTES hay observaciones hechas durante la operación por cualquier defecto o daño que haya aparecido entre las inspecciones periódicas. La evaluación y resolución de los resultados de las inspecciones FRECUENTES, debe hacerlas una persona designada de tal forma que el polipasto/tecle de cadena se mantenga en condiciones de trabajo seguras.

Tabla 5-2 Inspección frecuente
Todos los mecanismos de operación funcional para ver si funcionan apropiadamente, que se encuentren ajustados de manera adecuada, que no haya ajustes equivocados o ruidos extraños.
La correcta operación del sistema de frenado del polipasto/tecle de cadena
Los ganchos y cerrojos de acuerdo a la ANSI/ASME B30.10
Operación del cerrojo del gancho
Cadena de carga de acuerdo con la Sección 5.5
Daños en el soporte del polipasto/tecle de cadena

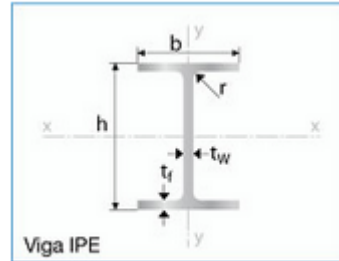
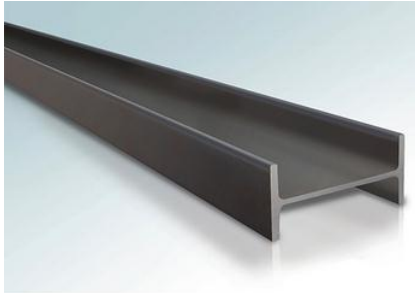
Inspección Periódica

5.4.1 Las inspecciones se deben efectuar PERIÓDICAMENTE de acuerdo con la Tabla 5-3, "Inspección periódica". La evaluación y resolución de los resultados de las inspecciones PERIÓDICAS, debe hacerlas una persona designada de tal forma que el polipasto/tecle de cadena se mantenga en condiciones seguras de trabajo.

5.4.2 Para inspecciones en donde se desensamblan las partes de la suspensión de carga del polipasto/tecle de cadena, se debe efectuar una prueba de carga en el polipasto/tecle de cadena de acuerdo a ANSI/ASME B30.16 después de volverlo a ensamblar y antes de regresarlo al servicio.

Tabla 5-3 Inspección periódica
Requerimientos de la inspección frecuente.
Evidencia de pernos, tuercas o remaches flojos.
Evidencia de partes desgastadas, corroídas, agrietadas o distorsionadas tales como alojamiento de la suspensión, sujeciones de la cadena, yugos, pernos de la suspensión, flechas, engranes, rodamientos, pasadores, rodillos y abrazaderas.
Evidencia de daños a las tuercas de retención del gancho o collares y pasadores, y soldaduras o remaches usados para asegurar los miembros de retención.
Evidencia de daños o desgaste excesivo de la polea de carga.
Evidencia de discos de fricción desgastados, vidriados o contaminados con aceite; desgaste en los trinquetes, levas o tambores dentados; corrosión, alargamientos o rupturas en los resortes del trinquete del mecanismo de freno.
Evidencia de daños en la estructura de soporte.
Legibilidad de la etiqueta de función en el polipasto/tecle de cadena.
Etiquetas de advertencia adecuadamente sujetas al polipasto/tecle de cadena y legibles (Consulte la Sección 8.0, Figura No. 33).
Conexiones del eslabón de tope del extremo de la cadena de carga.

Anexo 5. Perfiles IPE disponibles en IPAC



Especificaciones:

Largo Normal:	6 metros / 12 metros
Recubrimiento:	Negro
Calidad de acero:	ASTM A36 / ASTM A572 Gr. 50
Norma de Fabricación:	IPN: INEN 2230 / EN 10034 IPE: INEN 2231 / EN 10024
Observaciones:	Otras dimensiones y largos previa consulta

Aplicaciones

- Estructuras.
- Soporte de polipasto en puente grúas o tecles.
- Puentes
- Rieles.

Designación	Dimensiones					Área	Peso	Propiedades Elásticas						Módulo Plástico	
	Altura		Ala		Radio			Eje y-y			Eje x-x			Zy	Zx
	h	t _w	b	t _f	r			I	W	i	I	W	i	cm ³	cm ³
mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	
IPE 80	80	3,80	46	5,20	5,00	7,64	6,00	80,10	20,00	3,24	8,50	3,70	1,05	23,20	5,80
IPE 100	100	4,10	55	5,70	7,00	10,30	8,10	171,00	34,20	4,07	15,90	5,80	1,24	39,40	9,10
IPE 120	120	4,40	64	6,30	7,00	13,20	10,40	318,00	53,00	4,90	27,70	8,60	1,45	60,70	13,60
IPE 140	140	4,70	73	6,90	7,00	16,40	12,90	541,00	77,30	5,74	44,90	12,30	1,65	88,30	19,20
IPE 160	160	5,00	82	7,40	9,00	20,10	15,80	869,00	109,00	6,58	68,30	16,70	1,84	124,00	26,10
IPE 180	180	5,30	91	8,00	9,00	23,90	18,80	1.317,00	146,00	7,42	101,00	22,20	2,05	166,00	34,60
IPE 200	200	5,60	100	8,50	12,00	28,50	22,40	1.943,00	194,00	8,26	142,00	28,50	2,24	221,00	44,60
IPE 220	220	5,90	110	9,20	12,00	33,40	26,20	2.772,00	252,00	9,11	205,00	37,30	2,48	285,00	58,10
IPE 240	240	6,20	120	9,80	15,00	39,10	30,70	3.892,00	324,00	9,97	284,00	47,30	2,69	367,00	73,90
IPE 270	270	6,60	135	10,20	15,00	45,90	36,10	5.790,00	429,00	11,20	420,00	62,20	3,02	484,00	97,00
IPE 300	300	7,10	150	10,70	15,00	53,80	42,20	8.356,00	557,00	12,50	604,00	80,50	3,35	628,00	125,00
IPE 330	330	7,50	160	11,50	18,00	62,60	49,10	11.770,00	713,00	13,70	788,00	98,50	3,55	804,00	154,00
IPE 360	360	8,00	170	12,70	18,00	72,70	57,10	16.270,00	904,00	15,00	1.043,00	123,00	3,79	1.019,00	191,00
IPE 400	400	8,60	180	13,50	21,00	84,50	66,30	23.130,00	1.156,00	16,50	1.318,00	146,00	3,95	1.307,00	229,00
IPE 450	450	9,40	190	14,60	21,00	98,80	77,60	33.740,00	1.500,00	18,50	1.676,00	176,00	4,12	1.702,00	276,00
IPE 500	500	10,20	200	16,00	21,00	116,00	90,70	48.200,00	1.928,00	20,40	2.142,00	214,00	4,31	2.194,00	336,00
IPE 550	550	11,10	210	17,20	24,00	134,00	106,00	67.120,00	2.441,00	22,30	2.668,00	254,00	4,45	2.787,00	401,00
IPE 600	600	12,00	220	19,00	24,00	156,00	122,00	92.080,00	3.069,00	24,30	3.387,00	308,00	4,66	3.512,00	486,00
IPN 200	200	7,50	90	11,30	7,50	33,40	26,20	2.140,00	214,00	8,00	117,00	26,00	1,87	250,00	43,50
IPN 300	300	10,80	125	16,20	10,80	69,00	54,20	9.800,00	653,00	11,90	451,00	72,20	2,56	762,00	121,00

Anexo 6. Valores Lu y Lc

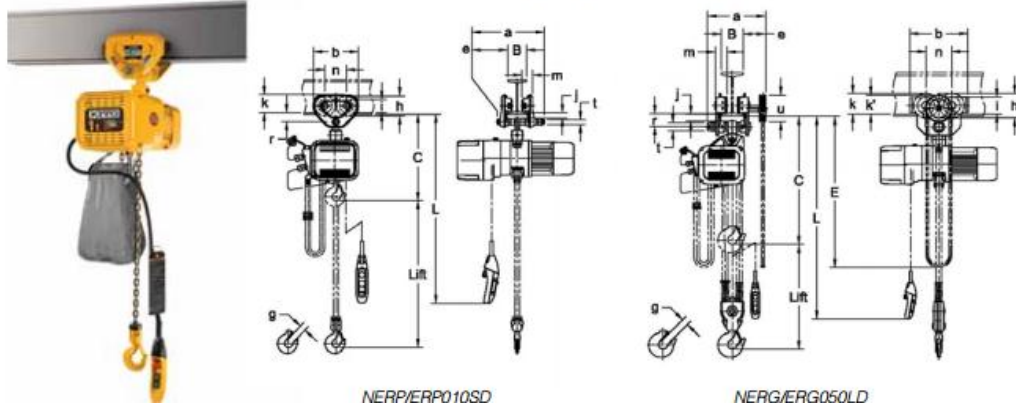
Perfiles	rt(cm)	d (mm)	tf (mm)	h0 (cm)	Sxx (cm ³)	JC (It) (cm ⁴)	ryy (cm)	Lp (cm)	Lr (cm)
IPE 360	3,79	360	11,5	34,85	510	37,3	3,79	163,0	480,3
IPE 400	3,95	400	13,5	38,65	654	48,3	3,95	169,9	487,8
IPE 450	4,12	450	14,6	43,54	851	65,9	4,12	177,2	499,5
IPE 500	4,31	500	16	48,4	1100	91,8	4,31	185,4	518,5

E módulo de elasticidad kg/cm ²
2100000
Fy ASTM572 Gr50 kg/cm ²
3514

Anexo 7. Dimensiones del trolley a usar

KITO

Polipastos/tecles eléctricos de cadena NERP/ERP y NERG/ERG con troles de empuje o engranados



NERP/ERP010SD

NERG/ERG050LD

Cap.	Código de producto	Elev. est. (m)	Cable de la botonera L (m)	Motor de elevación trifásico 60 Hz			Motor de elevación trifásico 50 Hz			Ajuste del ancho de pestaña B (mm)		Radio mínimo permitido para curva (mm)	Diámetro de cadena de carga (mm) x Líneas de caída de cadena	Peso neto (kg)		Peso para un metro adicional de elevación (kg)	
				Velocidad de elevación (m/min)	Rendimiento (kW)	Corriente nominal (amps)		Velocidad de elevación (m/min)	Rendimiento (kW)	Corriente nominal (amps)	Estándar			Opcional	NER		ER
						@208-230V	@480V										
125kg	(N)ERP(ERG)001HD	3.0	2.5	16.8/2.7	0.56	3.6	1.8	16.6/1.4	0.56	2.7	58 a 102 (58 a 127)	1100 (1300)	4.3 x 1	32 (40)	34 (42)	0.42 (1.4)	
250kg	(N)ERP(ERG)003SD			11.0/1.8	0.56	3.6	1.8	10.8/0.9	0.56	2.7			4.3 x 1	32 (40)	34 (42)	0.42 (1.4)	
250kg	(N)ERP(ERG)003HD			16.2/2.7	0.9	5.1	2.7	15.7/1.3	0.9	3.6			6.0 x 1	40 (48)	42 (50)	0.81 (1.7)	
500kg	(N)ERP(ERG)005LD			4.6/1.8	0.56	3.6	1.8	4.5/0.4	0.56	2.7			6.0 x 1	36 (44)	41 (48)	0.81 (1.7)	
500kg	(N)ERP(ERG)005SD			8.8/1.5	0.9	5.1	2.7	8.5/0.7	0.9	3.6			6.0 x 1	40 (48)	42 (50)	0.81 (1.7)	
1 t	(N)ERP(ERG)010LD			4.3/1.7	0.9	5.1	2.7	4.2/0.3	0.9	3.6	58 a 127	1300	7.7 x 1	53 (61)	57 (61)	1.33 (2.3)	
1 t	(N)ERP(ERG)010SD			8.5/1.4	1.8	9.1	4.5	8.2/0.7	1.8	5.1			7.7 x 1	60 (64)	61 (65)	1.33 (2.3)	
1.5 t	(N)ERP(ERG)015SD			5.5/1.9	1.8	9.1	4.5	5.3/0.4	1.8	5.1			82 a 153	1500	10.2 x 1	85 (89)	92 (96)
2 t	(N)ERP(ERG)020CD			2.1/1.3	0.9	5.1	2.7	2.1/0.2	0.9	3.6	7.7 x 2	70 (75)			74 (79)	2.7 (3.6)	
2 t	(N)ERP(ERG)020LD			4.3/1.7	1.8	9.1	4.5	4.3/0.4	1.8	5.1	10.2 x 1	86 (90)			92 (96)	2.3 (3.2)	
2 t	(N)ERP(ERG)020SD	8.5/1.4	3.5	17.3	8.3	8.2/0.7	3.5	9.2	10.2 x 1	103 (107)	106 (110)	2.3 (3.2)					
2.5 t	(N)ERP(ERG)025SD	6.7/1.1	3.5	17.3	8.3	6.6/0.6	3.5	9.2	1700	1500	11.2 x 1	123 (127)			129 (133)	2.8 (3.7)	
3 t	(N)ERP(ERG)030CD	5.2/1.9	3.5	17.3	8.3	5.2/0.4	3.5	9.2			10.2 x 2	127 (131)			130 (134)	4.7 (5.6)	
5 t	(N)ERP(ERG)050LD	3.4/1.6	3.5	17.3	8.3	3.3/0.3	3.5	9.2			100 a 178	179 a 305			2300	11.2 x 2	177 (184)

Anexo 8. Planchas disponibles en IPAC



ESTOY INTERESADO EN ESTE PRODUCTO

DESCARGAR ESPECIFICACIONES

Plancha Para Puentes


Espesor	Ancho	Largo	Peso Aprox.
mm	mm	mm	kg.
8,00 - 20,00	2.500	12.000	1.884 - 4.710
25,00	2.500	9.600	4.710
30,00	2.500	8.000	4.710
40,00	2.500	7.500	5.887
50,00	2.500	6.000	5.887
80,00	2.500	4.000	6.280
100,00	2.500	2.520	4.945

Especificaciones:

Recubrimiento:	Negro
Espesores:	Desde 8,00 a 100,00 mm
Norma de Fabricación:	ASTM A 6
Norma de Calidad:	ASTM A 588 Gr. A
Observaciones:	Dimensiones y largos especiales, previa consulta.

Anexo 9. Cotización de materiales y equipos.

No. PROFORMA : 421244



PAG. 001
ACERO COMERCIAL ECUATORIANO S.A.
www.acerocomercial.com

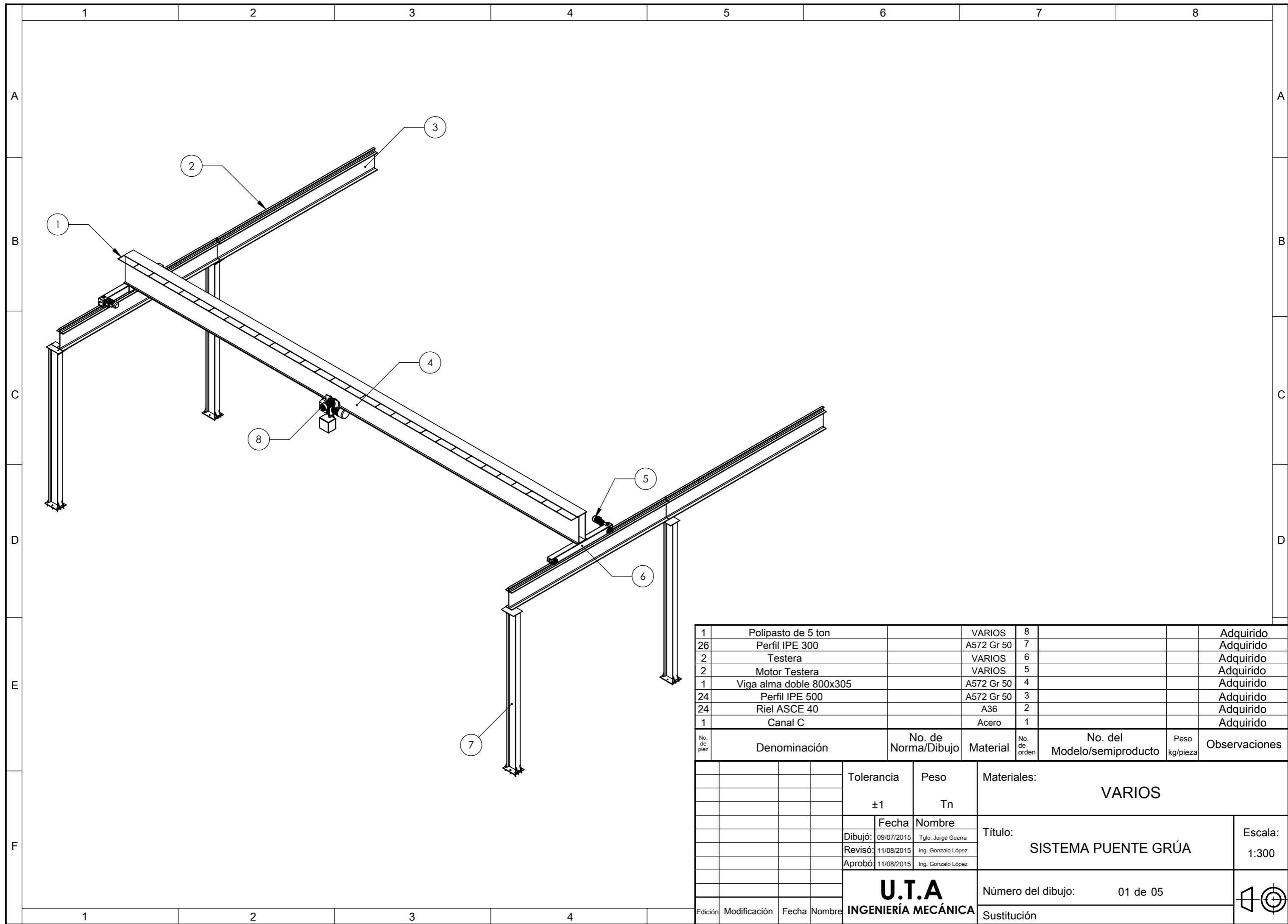
CLIENTE () : GUERRA PEREZ JORGE LUIS CEDULA/RUC : 1804317962 DIRECCION : AMBATO, MARCO MONTALVO Y ALONSO CASTILLO TELEFONO : 032842717 FAX : OBSERVACION : SOLICITA SR. JORGE GUERRA ENTREGAR EN : NUESTRAS BODEGAS FORMA DE PAGO : CONTADO FECHA IMPRESION : 09-04-2015 11:25:57	FECHA PROFORMA : 09-04-2015 ALMACEN : ACERO, MATRIZ UID. RUC : 1790008959001 DIRECCION : AV. DE LA PRENSA N15-14 Y TELEGRAFO 1 TELEFONO : 022454333 022454326 FAX : 022454455 VENDEDOR(A) : CHRISTIAN PADILLA
--	---

CODIGO	DESCRIPCION	MEDIDA	MARCA	CANTIDAD	PRECIO VENTA	DESCUOTO	VALOR TOTAL
101146	TECLE ELECTRICO A CADENA NERO30C DE 3 Ton. 230/3F BAJA VELOC. S/CADENA Y CABLE	UNIDAD	KITO	1.00	4.231.85	0.00	4.231.85
101145	TECLE ELECTRICO A CADENA NERO50L DE 5 Ton. 230/460/3f BAJA VELOC. S/CADENA Y CABLE	UNIDAD	KITO	1.00	5.974.73	0.00	5.974.73
100375	TROLLEY ELECTRICO MR2030S DE 2-1/2 - 3 Ton. 230/460/60/3F VELOC. STANDARD S/CABLE	UNIDAD	KITO	1.00	4.025.37	0.00	4.025.37
100536	TROLLEY ELECTRICO MR2050S DE 5 Ton. 230/460/60/3F VELOC. STANDARD S/CABLE	UNIDAD	KITO	1.00	4.993.91	0.00	4.993.91
100326	CADENA LCER2020NF P/TECLE ELECTRICO 3F. DE 2 Y 3 Ton.	M	KITO	1.00	87.58	0.00	87.58
99485	CABLE ELECTRICO 16/6P P/BOTONERA DE TROLLEY (CADA METRO)	M	KITO	1.00	19.92	0.00	19.92
100088	GANCHO ER1FR903I TIPO T P/ TECLES ELECTRICOS DE 5 Ton.	UNIDAD	KITO	1.00	152.46	0.00	152.46

SOMOS CONTRIBUYENTES ESPECIALES S.R.L. #39 PRECIOS SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO	TOTAL BRUTO 19.485.80 DESCUENTOS 0.00 SUBTOTAL 19.485.80 I. V. A. (12) % 2.338.30 TRANSPORTE 0.00 VALOR A PAGAR 21.824.10
---	--

SON: VEINTIUN MIL OCHOCIENTOS VEINTICUATRO DOLARES CON 10 CENTAVOS

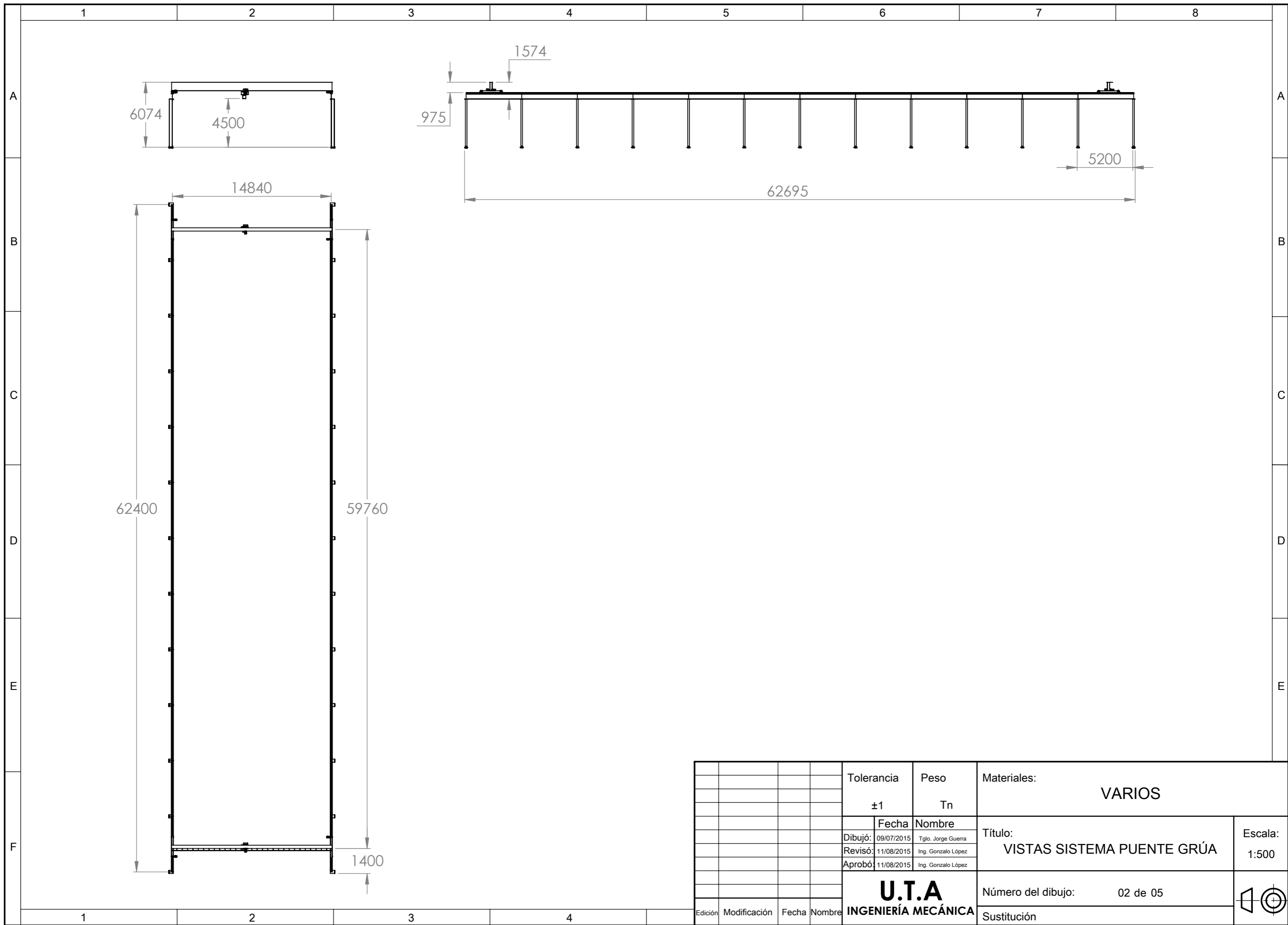
Anexo 10. Planos



1	Polipasto de 5 ton		VARIOS	8		Adquirido
26	Perfil IPE 300		A572 Gr 50	7		Adquirido
2	Testera		VARIOS	6		Adquirido
2	Motor Testera		VARIOS	5		Adquirido
1	Viga alma doble 800x305		A572 Gr 50	4		Adquirido
24	Perfil IPE 500		A572 Gr 50	3		Adquirido
24	Riel ASCE 40		A36	2		Adquirido
1	Canal C		Acero	1		Adquirido

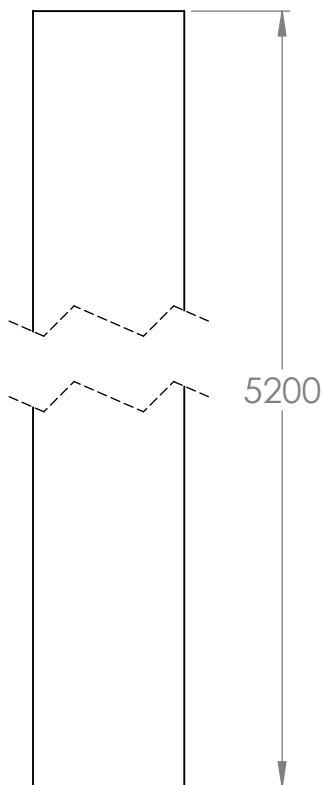
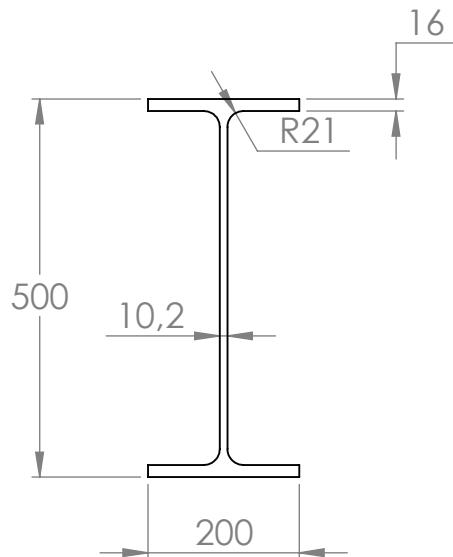
No. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No. del Modelo/semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
--------------	--------------	---------------------	----------	--------------	-----------------------------	---------------	---------------

				Tolerancia ±1	Peso Tn	Materiales: VARIOS	
				Fecha	Nombre	Título: SISTEMA PUENTE GRÚA	Escala: 1:300
				Dibujó: 09/07/2015	Tglo. Jorge Guerra		
				Revisó: 11/08/2015	Ing. Gonzalo López		
				Aprobó: 11/08/2015	Ing. Gonzalo López	Número del dibujo: 01 de 05	
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA			



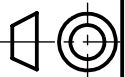
				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	Tn	VARIOS	
					Fecha	Nombre	Título: VISTAS SISTEMA PUENTE GRÚA
				Dibujó:	09/07/2015	Tglo. Jorge Guerra	
				Revisó:	11/08/2015	Ing. Gonzalo López	
				Aprobó:	11/08/2015	Ing. Gonzalo López	Escala: 1:500
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	02 de 05
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

N8
N7

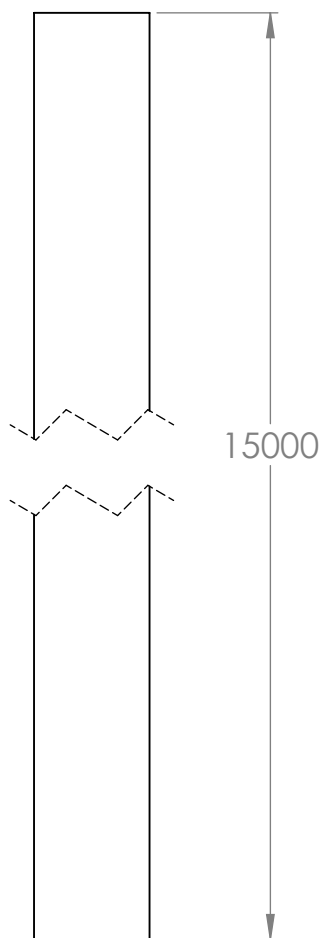
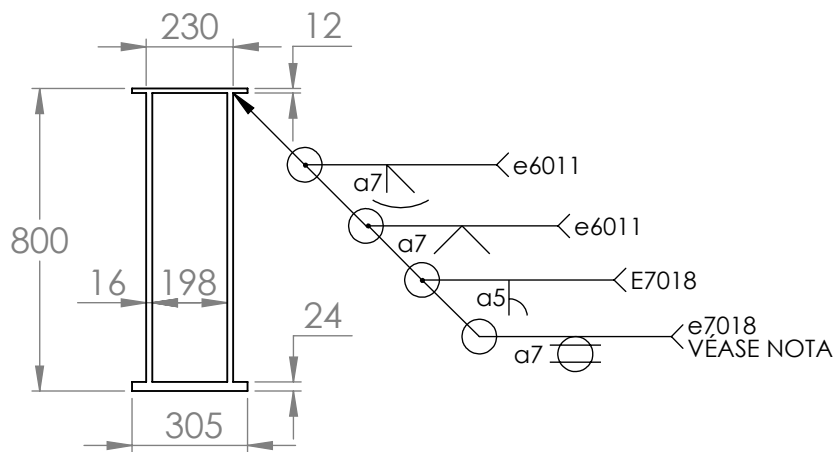


A
B
C
D
E

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	471,64 kg	ASTM A 572 Gr 50	
				Fecha	Nombre	Título: VIGA CARRILERA	Escala: 1:10
			Dibujó:	09/07/2015	Tglo. Jorge Guerra		
			Revisó:	11/08/2015	Ing. Gonzalo López		
			Aprobó:	11/08/2015	Ing. Gonzalo López		
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	03 de 05
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	

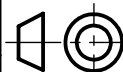


N8
N7/

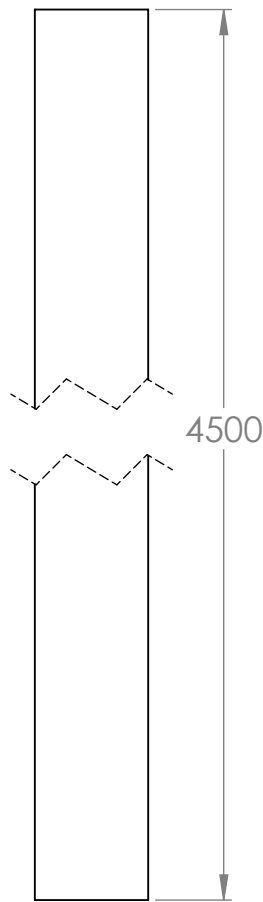
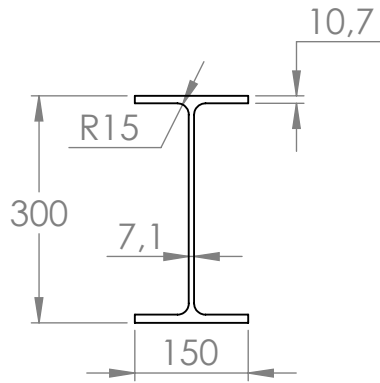


NOTA: Para el proceso de soldadura entre el alma y los patines inferior y superior se utilizan 4 pasadas de soldadura.

				Tolerancia	Peso	Materiales:	
				±1	12289 kg	ASTM A 572 Gr50	
				Fecha	Nombre	Título: VIGA ALMA DOBLE 800X305	Escala: 1:200
			Dibujó:	09/10/2015	Tglo. Jorge Guerra		
			Revisó:	09/10/2015	Ing. Gonzalo López		
				Aprobó:	09/10/2015	Ing. Gonzalo López	
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	04 de 05
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución	



N8
N7



A
B
C
D
E

				Tolerancia	Peso	Materiales:			
				±1	189,9 kg	ASTM A 572 Gr50			
				Fecha	Nombre	Título:	Escala:		
			Dibujó:	09/07/2015	Tglo. Jorge Guerra			VIGA COLUMNA	1:50
			Revisó:	11/08/2015	Ing. Gonzalo Lopéz				
				Aprobó:	11/08/2015	Ing. Gonzalo Lopéz			
				U.T.A INGENIERÍA MECÁNICA		Número del dibujo:	05 de 05		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustitución			

