

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO
PARA DESCARGAR LOS CAMIONES
TRASPORTADORES DE LA EMPRESA “LADRILLOS
Y TUBOS Ltda.”**

**DIEGO JULIAN RUIZ GOMEZ
DANIEL FRANCISCO PARRA ACEVEDO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2.008

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO
PARA DESCARGAR LOS CAMIONES
TRASPORTADORES DE LA EMPRESA “LADRILLOS
Y TUBOS Ltda.”**

**DIEGO JULIAN RUIZ GOMEZ
DANIEL FRANCISCO PARRA ACEVEDO**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
ROMULO NIÑO DELGADO
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2.008

AGRADECIMIENTOS

Rómulo Niño Delgado, ingeniero mecánico, director del proyecto y amigo, por su respaldo, confianza y colaboración.

Roberto Parra Stunkel, Gerente de Ladrillos y Tubos Ltda., por su apoyo y gestión para la realización del proyecto.

Alfredi Camacho y demás empleados de Ladrillos y Tubos Ltda., que colaboraron en las diferentes etapas del proyecto.

A nuestros padres y familiares.

A todos nuestros amigos.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. GENERALIDADES	4
1.1 LA EMPRESA "LADRILLOS Y TUBOS LTDA."	4
1.1.1 Misión	4
1.1.2 Visión	5
1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL LADRILLO	7
2.1 HISTORIA	7
2.2 MATERIA PRIMA (ARCILLAS)	8
2.2.1 Propiedades Físicas de las Arcillas	9
2.2.2 Propiedades químicas de las arcillas	9
2.2.3 Materiales Acompañantes	10
2.3 ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	10
2.3.1 Etapa de extracción	11
2.3.2 Etapa de beneficio	11
2.3.3 Etapa de transformación	13
2.4 CLASIFICACION DE LA INDUSTRIA (TIPOS DE HORNO)	15
2.4.1 Chirca Artesanal	16
2.4.2 Chirca Mecanizado	17
2.4.3 Pequeña Industria	19
2.4.4 Mediana Industria	20
2.4.5 Gran Industria	21
2.5 TRANSPORTE Y ENTREGA	23
3. PROCESO DE DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE DESCARGA	25
3.1 EVALUACIÓN DEL PROBLEMA	25
3.1.1 Identificación del problema	25
3.1.2 Requisitos y delimitaciones	26
3.1.3 Generación y evaluación de alternativas	27
3.2 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN	31
4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO DE DESCARGA	33

4.1 DIMENSIONAMIENTO GENERAL	33
4.1.1 Dimensiones frontales del pórtico	33
4.1.2 Inclinación permitida para el camión	34
4.1.3 Dimensiones de los laterales	35
4.2. ESTATICA Y ANALISIS DE RESISTENCIA	36
4.2.1 Sistema de Enganche	37
4.2.1.1 Selección de las eslingas	37
4.2.1.2 Paletas Inferiores	39
4.2.1.3 Viga en Suspensión	43
4.2.2 Sistema Estructural	47
4.2.2.1 Mayoramiento de la Carga	47
4.2.2.2 Estática general de la viga principal	48
4.2.2.3 Estática general de los laterales	48
4.2.2.4 DCL lado de la rueda con seguro	52
4.2.2.5 DCL unión telescópica del lado de la rueda con seguro	53
4.2.2.6 DCL lado de la rueda sin seguro	54
4.2.2.7 DCL unión telescópica del lado de la rueda sin seguro	54
4.2.2.8 Análisis del Tubo superior del telescópico	55
4.2.2.9 Análisis del Tubo inferior del telescópico	58
4.2.2.10 Tenedor para las Ruedas	60
4.2.2.11 Conjunto de la Ruedas	63
4.2.2.12 Eje de las Ruedas	64
4.2.2.13 Unión "T"	66
4.2.2.14 Tubo "Viga - T"	69
4.2.2.15 Tubo horizontal	70
4.2.2.16 Pasadores	71
4.2.2.17 Viga Principal	72
 5. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE	 78
5.1 LATERALES DEL PORTICO	78
5.2 VIGA PRINCIPAL	80
5.3 SISTEMA DE ENGANCHE	81
5.4 MODIFICACIONES AL DISEÑO ORIGINAL	84
5.4.1 Sistema de separación de las paletas inferiores	84
5.4.2 Sistema de transmisión del pórtico	85
 6. MANUAL DE INSTRUCCIONES Y OPERACIÓN	 89
6.1 INSTRUCCIONES DE OPERACION	89
6.1.1 Transporte del dispositivo	89
6.1.2 Armado del dispositivo en el sitio de descarga	90

6.1.3 Procedimiento de descarga de las estibas	92
6.2 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD	95
6.2.1 Transporte del dispositivo	95
6.2.2 Armado del dispositivo	96
6.2.3 Procedimiento de descarga	96
6.3 MANTENIMIENTO	97
6.3.1 Estructura	97
6.3.2 Sistema de enganche	98
6.3.2.1 Diferencial de cadena	98
6.3.2.2 Paletas inferiores y viga en suspensión	98
6.3.2.3 Eslingas tejidas	98
6.3.3 Sistema de transmisión	99
7. COSTOS DEL PROYECTO	101
8. CONCLUSIONES	103
9. RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXOS	107

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de mediana industria	14
Figura 2. Horno tipo fuego dormido	17
Figura 3. Horno tipo Árabe	18
Figura 4. Horno tipo Colmena	20
Figura 5. Horno tipo Hoffman	21
Figura 6. Horno tipo Túnel	22
Figura 7. Descarga manual de ladrillos	24
Figura 8. Dimensiones planchón del camión	26
Figura 9. Alternativa elevador manual con mecanismo de tijera	28
Figura 10. Alternativa mecanismo de tijera para dos estibas	28
Figura 11. Alternativa grúa pluma y gancho	29
Figura 12. Alternativa rampa de descarga con carro	30
Figura 13. Alternativa grúa pórtico	30
Figura 14. Dimensiones del camión modelo	33
Figura 15. Dimensiones generales de pórtico	34
Figura 16. Inclinación máxima para el camión	34
Figura 17. Dimensiones generales de los laterales del pórtico	36
Figura 18. Esquema general y designación de partes	36
Figura 19. Vista general sistema de enganche	37
Figura 20. Tipos de amarre catalogo NTSlings	38
Figura 21. Factor de corrección de carga catalogo NTSlings	38
Figura 22. Tipo de eslinga catalogo NTSlings	39
Figura 23. Diagrama de carga de las paletas inferiores	39
Figura 24. Diagrama de cortante y momento de las paletas inferiores	40

Figura 25. Perfiles “C” compañía general de aceros	40
Figura 26. Cargas para análisis CAE de las paletas inferiores	41
Figura 27. Resultados análisis CAE paletas inferiores	42
Figura 28. Diagrama de deflexión paletas inferiores	43
Figura 29. Diagramas de carga de la viga en suspensión	43
Figura 30. Diagrama de cortante y momento de la viga en suspensión	44
Figura 31. Cargas para análisis CAE de la viga en suspensión	45
Figura 32. Resultado análisis CAE de la viga en suspensión	46
Figura 33. Diagrama de deflexión para la viga en suspensión	47
Figura 34. Fuerzas sobre la viga principal	48
Figura 35. Distribución de cargas para lateral completamente horizontal	49
Figura 36. Distribución de carga para inclinación máxima de los laterales	50
Figura 37. Triangulo de inclinación máxima del lateral	51
Figura 38. DCL Lado de la rueda con seguro	52
Figura 32. Resultado análisis CAE de la viga en suspensión	46
Figura 33. Diagrama de deflexión para la viga en suspensión	47
Figura 34. Fuerzas sobre la viga principal	48
Figura 35. Distribución de cargas para lateral completamente horizontal	49
Figura 36. Distribución de carga para inclinación máxima de los laterales	50
Figura 37. Triangulo de inclinación máxima del lateral	51
Figura 38. DCL Lado de la rueda con seguro	52
Figura 39. DCL Unión telescópica lado de la rueda con seguro	53
Figura 40. DCL Lado de la rueda sin seguro	54
Figura 41. DCL Unión telescópica lado de la rueda sin seguro	55
Figura 42. Diagrama de cargas para el tubo superior del telescópico	56
Figura 43. Diagrama de cortante y momento tubo superior telescópico	56
Figura 44. Cargas para el análisis CAE del tubo superior	57
Figura 45. Resultados de análisis CAE para el tubo superior	58

Figura 46. Diagrama de cargas para el tubo inferior del telescópico	59
Figura 47. Diagramas cortante y momento tubo inferior del telescópico	59
Figura 48. Modelo CAD tubo inferior y tenedor	60
Figura 49. Cargas para el análisis CAE del tubo inferior y tenedor	61
Figura 50. Resultados análisis CAE del tubo inferior y tenedor	61
Figura 51. Diagrama general del eje de las ruedas	64
Figura 52. Diagrama de cargas del eje de las ruedas	65
Figura 53. Diagramas de cortante y momento para el eje de las ruedas	65
Figura 54. Modelo CAD de la unión "T"	66
Figura 55. Cargas para el análisis CAE de la unión "T"	67
Figura 56. Resultados del análisis CAE para la unión "T"	67
Figura 57. Diagrama del tubo "Viga-T"	69
Figura 58. Diagrama general del tubo horizontal	71
Figura 59. Geometría de la viga principal	73
Figura 60. Resistencia de los tramos de tubería de la viga principal	74
Figura 61. Carga axial para los tramos de tubería de la viga principal	75
Figura 62. Deformación máxima de la viga principal	76
Figura 63. Unión "T" (2 unidades)	78
Figura 64. Tubo "Viga - T" (2 unidades)	78
Figura 65. Tubos superiores del telescópico (4 unidades)	79
Figura 66. Tubo inferior del telescópico "Tenedor" (4 unidades)	79
Figura 67. Tubo horizontal (2 unidades)	79
Figura 68. Conjunto Rin – Bocín (4 unidades)	80
Figura 69. Pasadores (12 unidades)	80
Figura 70. Viga principal completa	81
Figura 71. Detalle del acople de la viga a los laterales	81
Figura 72. Diferencial de cadena de 2 toneladas	82
Figura 73. Eslingas tejidas (2 unidades)	82

Figura 74. Viga en suspensión	82
Figura 75. Paletas inferiores (2 unidades)	83
Figura 76. Detalle horquillas de enganche de las paletas	83
Figura 77. Montaje total del diseño original	83
Figura 78. Detalle sistema separador de las paletas inferiores	84
Figura 79. Montaje del sistema separador de las paletas inferiores	84
Figura 80. Modelo para cálculo de la resistencia a la rodadura	85
Figura 81. Medición del coeficiente de resistencia a la rodadura	85
Figura 82. Diagrama de la transmisión por cadena	86
Figura 83. Piezas del sistema de transmisión	87
Figura 84. Conjunto rueda – piñón 40B-65	87
Figura 85. Conjunto superior de la transmisión	88
Figura 86. Sistema de transmisión completo	88
Figura 87. Elementos asegurados sobre las estibas en el camión	89
Figura 88. Lateral cerrado en posición de transporte	90
Figura 89. Laterales al lado del camión durante el proceso de armado	91
Figura 90. Viga principal suspendida con la diferencial de cadena	92
Figura 91. Ejemplo de pasador en posición correcta	93
Figura 92. Ubicación de las paletas inferiores bajo la estiba	93
Figura 93. Elementos del sistema de enganche	94
Figura 94. Estiba enganchada adecuadamente para descarga	94

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de la industria ladrillera en Colombia	16
Tabla 2. Resultados análisis de las paletas inferiores	42
Tabla 3. Selección del diámetro de la tubería para la viga en suspensión	44
Tabla 4. Resultados análisis de la viga en suspensión	46
Tabla 5. Selección del diámetro de la tubería del tubo superior	56
Tabla 6. Resultados análisis del tubo superior del telescópico	58
Tabla 7. Selección diámetro de tubería del tubo inferior del telescópico	60
Tabla 8. Resultados análisis del tubo inferior del telescópico	62
Tabla 9. Catalogo llantas Solideal	64
Tabla 10. Costos de construcción diseño original	101
Tabla 11. Costos de construcción modificaciones al diseño original	102
Tabla 12. Costo total del proyecto	102

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Planos “Dispositivo para descargar los camiones transportadores de la empresa ladrillos y tubos Ltda.”	107

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA DESCARGAR LOS CAMIONES TRASPORTADORES DE LA EMPRESA "LADRILLOS Y TUBOS Ltda." *

AUTORES:

Diego Julián Ruiz Gómez.

Daniel Francisco Parra Acevedo. **

PALABRAS CLAVES:

Grúa Pórtico, Diferencial de cadena, Estiba, Paleta.

DESCRIPCIÓN:

Con el objetivo de aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera para la solución de un problema real de nuestra industria, en el campo de la ingeniería mecánica, se ha diseñado un dispositivo sencillo y económico que permite la descarga de estibas de ladrillo en el lugar de entrega. Este dispositivo fue creado para la empresa "Ladrillos y Tubos Ltda."

El procedimiento de diseño inició con el análisis preliminar de la problemática, en donde se identificaron las diferentes variables influyentes y se propusieron una serie de soluciones tentativas. Posteriormente, se eligió la solución más adecuada, la cual consiste en una "grúa pórtico" desarmable y cuyo movimiento vertical de la carga es realizado con un diferencial de cadena. Los cálculos de diseño iniciales se realizaron de forma manual y fueron comprobados finalmente con la ayuda de software CAE (ANSYS), para los elementos adicionales también se utilizó ANSYS; el diseño de la viga principal, en celosía con sección transversal triangular, fue realizado con la ayuda del software (SAP 2000). Adicionalmente se elaboró un manual de usuario en donde se registran las instrucciones para ensamble, uso adecuado y mantenimiento.

El resultado es un dispositivo que cumple con todos los requerimientos presentados por la empresa patrocinadora del proyecto y que soluciona el problema de manera sencilla, pero que a su vez está sujeto a futuras modificaciones y mejoras con el fin de hacerlo cada vez más versátil.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Rómulo Niño.

SUMMARY

TITLE:

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A DEVICE TO UNLOAD THE TRANSPORTATION TRUCKS FOR THE COMPANY “LADRILLOS Y TUBOS Ltda.” *

AUTHORS:

Diego Julián Ruiz Gómez.

Daniel Francisco Parra Acevedo. **

KEY WORDS:

Gantry Crane, Chain Hoists, Stowage, Palets.

DESCRIPTION:

With the objective to apply the knowledge acquired during the course of the career to solve real problems for our industry, in the field of mechanical engineering, a simple and economical device has been designed, which allows the unloading of brick stowage's in the place of delivery. This device has been created for the company “Ladrillos y Tubos Ltda.”

The design procedure started with the preliminary analysis of the problem at hand, in which the different influential variables were identified and a series of possible solutions were proposed. Subsequently, the most adequate solution was chosen, this solution consists of a “Gantry Crane” which can be disassembled, the vertical movement of the load is made by a manual chain hoist. The initial design calculations were made manually and verified with the aid of CAE software (ANSYS), for the additional elements ANSYS was also used. The design of the main beam, a lattice girder with a triangular transverse section, was made with computer software (SAP 2000). Supplementary a user's manual was made in which the instructions for assembly, proper use and maintenance are registered.

The result is a device that fulfils all the requirements presented by the sponsoring company, a simple solution for the problem at hand, but takes in notice that the device is subject for future modifications and improvements to make the crane more versatile.

* Degree Work.

** Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Rómulo Niño.

INTRODUCCIÓN

Sin lugar a dudas, el ladrillo de arcilla es y seguirá siendo uno de los principales materiales de construcción, el cual, debido a su gran importancia, es requerido en grandes cantidades para la mayoría de obras de tipo civil que se realizan. Actualmente en nuestro medio, el transporte del ladrillo se realiza sobre camiones que constan de un gran planchón trasero en donde se ubican los ladrillos, bien sea de manera individual o en estibas.

En este momento, la empresa “Ladrillos y Tubos Ltda.”, se encuentra en un proceso de mejora de su producción, dentro del cual se pretende que todo el ladrillo sea entregado en estibas con el fin de estandarizar la entrega, reducir el costo de misma y a su vez disminuir las pérdidas e inconvenientes asociados con la descarga manual del ladrillo transportado individualmente.

Cumpliendo con uno de los principales objetivos de la escuela de Ingeniería Mecánica y de la Universidad Industrial de Santander, el de dar solución a las diferentes necesidades industriales dentro de nuestra sociedad, este trabajo de grado dio como resultado, un dispositivo que facilita la descarga de camiones transportadores de estibas de ladrillo, haciendo de ésta algo sencillo, económico, rápido y sin la necesidad de un gran número de operarios o de interrumpir el funcionamiento normal de la obra.

La solución adoptada es una grúa pórtico desarmable, la cual es transportada en el mismo camión transportador de ladrillos y que facilita la descarga de estibas con un máximo de 1800Kg de peso por medio de una diferencial manual de cadena que va enganchada a la viga principal del pórtico.

La estructura esta construida con tubería de acero estructural y la viga principal esta hecha en celosía con la intención de hacerla más liviana y facilitar el armado general de la grúa. Los apoyos al suelo son llantas de caucho inflables, las cuales facilitan el movimiento de la estructura bajo condiciones de cierta hostilidad.

El contenido de este libro expone el proceso completo de diseño de la grúa, así como la construcción de la misma y el manual de usuario en donde se dan las recomendaciones de operación y mantenimiento.

El capitulo uno expone las generalidades tanto de la empresa patrocinadora como del proyecto como tal.

El en capitulo dos se realiza un breve recorrido por las diferentes fases del proceso productivo del ladrillo, teniendo en cuenta la historia, las diferentes materias primas, la clasificación de la industria y el transporte.

En el tercero se muestra la evaluación preliminar hecha al problema, se destacan los requisitos de solución y se muestran las soluciones tentativas.

El capitulo cuatro consta de todos los cálculos de diseño y resistencia de los elementos estructurales y del sistema de descarga, y su respectivo chequeo con la ayuda de software de ingeniería CAE.

En el capitulo cinco se hace una recopilación de todo el proceso de construcción de la grúa.

El capítulo seis se dedica al manual de usuario, el cual incluye las instrucciones para un manejo óptimo del sistema en general y las recomendaciones de seguridad y mantenimiento del mismo.

Finalmente, en el capítulo 7 se muestran los costos generales de construcción del proyecto.

1. GENERALIDADES

1.1. LA EMPRESA “LADRILLOS Y TUBOS LTDA.”

“Ladrillos y tubos Ltda.” es una empresa que nace en el municipio de Girón – Santander el 22 de Noviembre de 1.962 a partir de la necesidad observada en el mercado por algunos profesionales que se desempeñaban en diferentes campos relacionados con el área de la construcción.

Aunque el tiempo no ha pasado en balde, el arte cerámico no ha envejecido ni caído en desuso, por el contrario se a diversificado con técnicas propias y la alta calidad de sus arcillas. Lo que antes eran tejares o chircales arrebatados por el olvido, se han renovado con el secado artificial en las cámaras de aceleración, en los hornos tipo Hoffman que con inmensa capacidad de producción han superado los antiguos hornos de fuego invertido.

Ladrillos y Tubos diseña productos tradicionales y especiales a solicitud, para no relegar el ladrillo a la historia de los objetos perdidos, se forja como elemento y módulo de ornamentación básico que atraviesa los años, garantizando estrictamente el terminado, las medidas, el peso y la resistencia requeridos.

1.1.1 Misión. Ser la empresa líder en la proveeduría de insumos de ARCILLA de óptima calidad, para obra negra y acabados en la industria de la construcción; para satisfacer las necesidades de los clientes en el oriente y el caribe colombiano, a través del cumplimiento y constante innovación de nuestros productos, ofreciendo un excelente servicio.

1.1.2 Visión. “Para el año 2011 lograr el posicionamiento de nuestra marca en la Costa Atlántica en el sector de la construcción, y que concentrándose en los intereses de la comunidad, de los empleados y los accionistas se continúe desarrollando como una empresa privada ejemplar para el departamento.”

1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.2.1. Objetivo General.

Cumpliendo con la misión de la Universidad Industrial de Santander en lo referente a la participación activa y el liderazgo de los procesos de cambio en busca del progreso y de una mejor calidad de vida para nuestra comunidad, este proyecto tiene como fin diseñar y construir un dispositivo que facilite la descarga de los camiones transportadores de ladrillos en obras civiles de pequeña y mediana magnitud sin requerir la colaboración de muchos operarios para su manejo.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Diseñar una grúa pórtico que cumpla con los siguientes requerimientos:
 - Capacidad para descargar estibas de un máximo de 1800Kg de peso.
 - Posibilidad de descargar estibas desde un máximo de 2.5 metros de altura.
 - Habilidad para descargar camiones con un máximo de 2.5 metros de ancho.
 - Debe ser modular, desarmable y fácilmente transportable en el mismo camión a descargar, incluso estando completamente cargado.

- Realizar el diseño completo de los laterales del pórtico apoyados en software CAD y CAE. Para lo anterior se utilizará Solid Edge (CAD) y Ansys Workbench (CAE).
- Diseñar la viga principal en celosía apoyados en un software especializado para estructuras de este tipo. Se utilizará SAP (Structural Analysis Program).
- Elaborar un manual de instrucciones donde se especifique claramente el proceso de armado y desarmado del pórtico y se enfatizen los riesgos y las precauciones que se deben tener para un funcionamiento apropiado

2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL LADRILLO

2.1. HISTORIA

El ladrillo constituyó el principal material de la construcción en las antiguas Mesopotamia y Palestina, donde apenas se disponía de madera y piedras. Los habitantes de Jericó en Palestina fabricaban ladrillos desde hace unos 9000 años. Los constructores sumerios y babilonios levantaron zigurats, palacios y ciudades amuralladas, con ladrillos secados al sol, que recubrían con otros ladrillos cocidos en hornos, más resistentes y a menudo con esmaltes brillantes formando frisos decorativos. En sus últimos años los persas construían con ladrillos, al igual que los chinos, que levantaron la gran muralla. Los romanos construyeron baños, anfiteatros y acueductos con ladrillos, a menudo recubiertos de mármol.

En el curso de la edad media, en el imperio bizantino, al norte de Italia, en los Países Bajos y en Alemania, así como en cualquier otro lugar donde escaseara la piedra, los constructores valoraban el ladrillo por sus cualidades decorativas y funcionales. Realizaron construcciones con ladrillos templados, rojos y sin brillo, creando una amplia variedad de formas, como cuadros, figuras de punto de espina, de tejido de esterilla o lazos flamencos. Esta tradición continuó en el renacimiento y en la arquitectura georgiana británica, y fue llevada a América del norte por los colonos. El ladrillo ya era conocido por los indígenas americanos de las civilizaciones prehispánicas. En regiones secas construían casas de ladrillos de adobe secado al sol. Las grandes pirámides de los olmecas, mayas y otros pueblos fueron construidas con ladrillos revestidos de piedra. Pero fue en España donde por influencia

musulmana, el uso del ladrillo alcanzó más difusión, sobre todo en Castilla, Aragón y Andalucía.

La nobleza del ladrillo como elemento de construcción ha permitido grandes manifestaciones arquitectónicas en las culturas de todas las épocas, un ejemplo entre muchos, el antiguo y magnífico alcantarillado de Londres que ha demostrado su resistencia y tenacidad permaneciendo incólume con el paso del tiempo y las condiciones críticas a que se ha sometido, llegando en funcionamiento hasta nuestros días.

Hoy a las puertas de un nuevo siglo vemos desfilar ante nosotros los más grandes avances científicos y las más modernas técnicas de ingeniería y arquitectura. Con todo esto el ladrillo cocido sigue soportando el peso de la construcción, debido a su gran adaptación.

Si hablamos de la resistencia exigida, cabe anotar que los métodos constructivos más avanzados y los códigos para la edificación sismorresistente actuales, siguen involucrando al ladrillo como elemento clave de la construcción.

2.2. MATERIA PRIMA (ARCILLAS)

La arcilla no es una roca primitiva sino el producto de la descomposición de ciertas rocas ígneas antiguas, se presenta en terrenos llamados estratificados generalmente en capas muy regulares. La arcilla pura es el silicato de aluminio llamado caolín.

Pueden ser de dos clases, según su procedencia:

- Primarias o residuales: Formadas in situ, o sea, donde se desintegró la roca. Contienen partículas sin ninguna clasificación, desde caolinizadas hasta fragmentos de roca y minerales duros e inalterados. Por su heterogeneidad no son de mucha aplicación en la industria cerámica.
- Secundarias o sedimentarias: Han sido transportadas y depositadas en pantanos, lagos, el océano, etc. Están clasificadas por tamaño. Tienen mejores condiciones para la industria cerámica.

2.2.1. Propiedades Físicas de las arcillas.

- Elasticidad: Producida por la mezcla de la arcilla con una adecuada cantidad de agua.
- Endurecimiento: Lo sufren al ser sometidas a la acción de calor.
- Color: Este se debe a la presencia de óxidos metálicos.
- Absorción: Absorben materiales tales como aceites, colorantes, gases, etc.

2.2.2. Propiedades químicas de las arcillas.

La arcilla pura es bastante resistente a la acción química de los reactivos; sin embargo, es atacada por algunos reactivos, sobre todo si se le aplican en condiciones apropiadas de presión, temperatura y concentración.

- El ácido clorhídrico y el sulfúrico concentrados la descomponen a una temperatura de 250 a 300° C y actúan más lentamente sobre arcilla calcinada.

- Algunos álcalis como sosa y potasa atacan el silicato aluminico si hay calentamiento prolongado y la transforman en silicatos dobles de sodio o potasio y aluminio.
- El anhídrido bórico la transforma en una masa vítrea (vitrificado) más atacable por los reactivos químicos.
- Con mayor facilidad actúa el ácido fluorhídrico y los fluoruros ácidos formando fluoruro de Al y de Si.

Pero para la industria cerámica, las propiedades más importantes son las relacionadas con las reacciones efectuadas entre los diferentes silicatos de la arcilla para formar compuestos de ciertas características como resistencia, dureza, aumento de densidad, disminución de absorción, según la reacción que haya tenido lugar.

2.2.3. Materiales acompañantes.

Granos de cuarzo, feldespato, micas, carbonatos (Ca y Mn), compuestos de hierro (óxidos, carbonatos, silicatos y sulfuros) y material orgánico.

2.3. ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Las arcillas son el producto de la descomposición mecánica y química de varios tipos de roca que dan como resultado silicatos de aluminio, de magnesio o potasio hidratados o no, conocidos como minerales arcillosos. Las más empleadas en la industria ladrillera son las originadas a partir de procesos sedimentarios (transporte y acumulación) que dan origen a extensos paquetes o estratos. La arcilla en forma natural tiene un aspecto terroso, fino

granular de variados colores, pero para obtener un producto cerámico de buena calidad y resistencia, la arcilla requiere de unas condiciones físico químicas especiales tales como buena granulometría, grado de plasticidad y homogeneización compatibles a los cambios térmicos, debe estar libre de caolín y materia orgánica para obtener un producto con buena textura, color, cocción homogénea, buen acabado y presentación. Este proceso consta de las siguientes etapas presentadas a continuación.

2.3.1. Etapa de extracción.

A ella se asocian las actividades adelantadas para la extracción de la arcilla normalmente conocidas como operaciones mineras de arranque, cargue y transporte del mineral y otras operaciones auxiliares. Las explotaciones de arcilla en su mayoría son superficiales o a cielo abierto, los métodos de explotación utilizados son el Terraceo y Open Cast en explotaciones tecnificadas, en extracciones rudimentarias se desarrollan patios de excavación o se generan derrumbes en los depósitos para el acopio del mineral.

2.3.2 Etapa de beneficio.

Esta etapa consiste en la preparación de la arcilla para su posterior transformación. Los procesos a los que es sometida son: la oxidación o maduración, molienda, homogenización, moldeo y secado. El desarrollo completo de estos procesos incide de una manera importante en la calidad y uniformidad de los productos.

- **Oxidación o maduración:** Permite la fijación de oxígeno a los minerales arcillosos a través de la exposición y movimiento del material in

situ o en patios, esta oxigenación permitirá un mejor comportamiento de la arcilla en la cocción.

- **Trituración y molienda:** La trituración consiste en disminuir de tamaño las partículas de arcilla, inicialmente por una trituradora de mandíbula o martillos y luego es molido a grano fino por molinos de rodillo.
- **Homogenización:** Consiste en imprimir a la masa cerámica propiedades uniformes de tamaño de grano, plasticidad y composición. Esto comienza desde la misma remoción en patios pasando por la trituración y molienda y se continúa mediante dosificadores de agua y vibradores; adicionalmente en su recorrido sobre bandas se retiran los elementos metálicos por medio de electroimanes.
- **Moldeo:** Mediante este proceso se conforman las diferentes piezas: ladrillos, bloques, tejas, tubos, etc, y se logra a través de la extrusión a presión de la masa cerámica. La arcilla homogenizada y con un grado de plasticidad óptimo pasa a través de un cilindro o columna extrusora (con o sin cámara de vacío) que en su parte final permite el acople de distintas boquillas de acuerdo a los productos que se quieren elaborar.
- **Secado:** De acuerdo a las características físico-químicas de la arcilla se debe determinar la velocidad de secado por aireación natural o artificial para retirar la humedad del producto sin producir contracción. Este proceso es de los más importantes, ya que en esta etapa se pueden generar la mayor cantidad de fisuras por contracción o se ocasiona la deformación del producto antes y durante la cocción. El secado natural consiste en la exposición de las piezas a temperatura ambiente en patios cubiertos en forma tal, que se

permita la circulación del aire. El secado artificial se logra forzando un flujo de aire con ventiladores o bien a través de cámaras en forma de túnel donde se recirculan gases calientes provenientes de los hornos.

2.3.3. Etapa de transformación.

Corresponde al proceso de cocción o quema de los ladrillos en hornos. Existe una gran diversidad de hornos que se pueden clasificar atendiendo a la temperatura que alcanzan (Hornos refractarios, para Cerámica, para tostación), o a la forma en que se distribuye el calor (llama directa o invertida) o bien al tipo de ciclo continuo o discontinuo. La arcilla para adquirir sus propiedades de resistencia, dureza y color pasa por tres fases: Caldeo, cocción y enfriamiento.

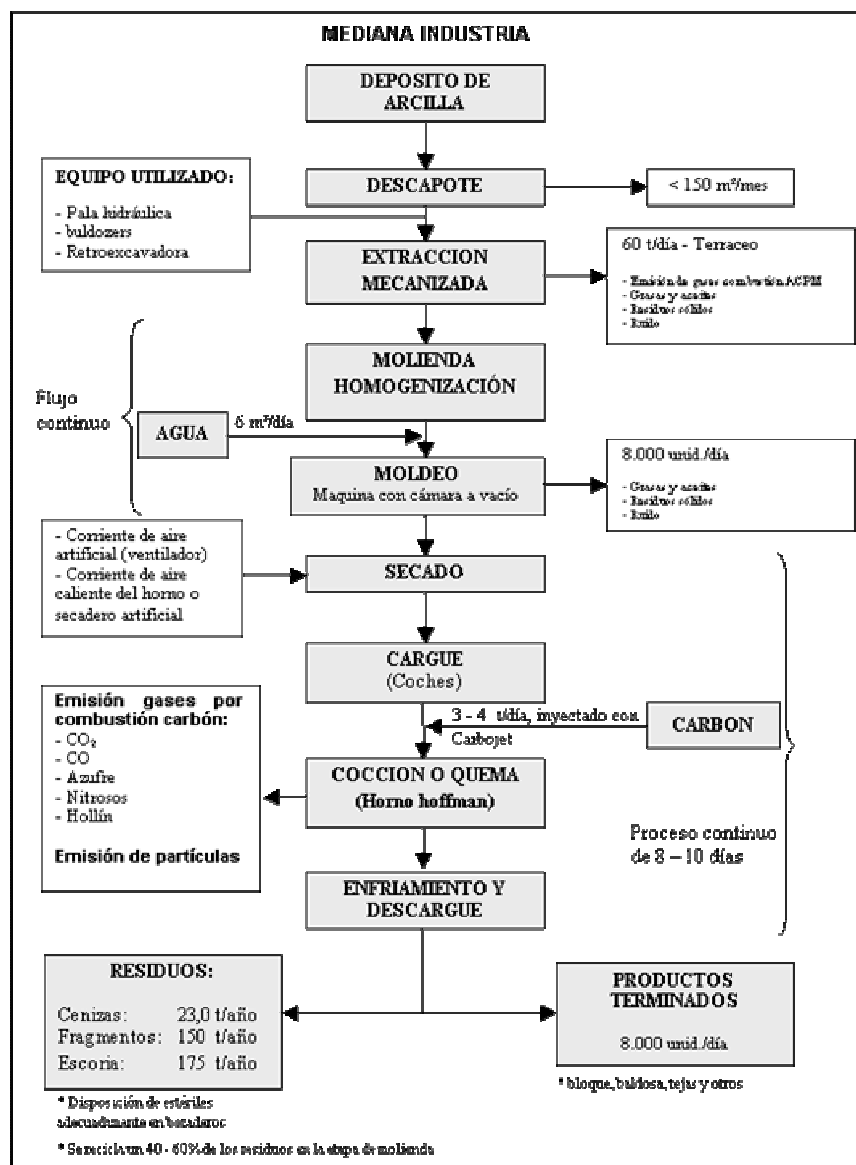
La etapa de caldeo, de los 100 a 500° C, inicia con la evaporación del agua libre a los 100° C, el agua absorbida a 120° C y entre 200 - 300° C el agua combinada. Esta fase debe ser lenta, de lo contrario se generan contracciones que pueden ocasionar fisuras o deformaciones. A los 300° C hay combustión de la mayor parte de materias orgánicas.

La cocción inicia a 600 - 700° C, con la descomposición de la arcilla y entre 800 - 1.100° C se inicia la recristalización de nuevos compuestos.

La vitrificación se realiza a 1050° C, al añadir sal y bórax al horno, los materiales silico-aluminosos se sintetizan formando una capa dura, brillante y generalmente transparente. Este proceso hace al producto impermeable, resistente al rayado y químicamente inerte.

La fase de enfriamiento es clave para obtener productos de buena calidad, resistencia, acabado y tonalidades de las piezas. El enfriamiento debe ser lento, especialmente en el rango de 600 - 500° C donde el cuarzo se forma, este paso puede generar igualmente contracciones o fisuras.

Figura 1. Diagrama de Producción Mediana Industria



Fuente: ANFALIT (1.999) "Diagnóstico de la Industria Ladrillera y Cerámica de Santafé de Bogotá y Zonas de Influencia"

2.4. CLASIFICACION DE LA INDUSTRIA (TIPOS DE HORNOS)

Para tener una descripción mas detallada de las características de las industrias es necesario adoptar una clasificación. De las diferentes clasificaciones que se han empleado para describir la industria ladrillera se encuentran aquellas que parten de la extracción o explotación únicamente, como las empleadas por INGEOMINAS (1.998) y que alude principalmente al nivel de producción, clasificando las explotaciones en pequeña, mediana y gran minería. Sin embargo, esta clasificación adolece de no considerar la parte del procesamiento o industrial de las empresas y los rangos de clasificación se encuentran sobrestimados. Para el caso de arcillas, el Código de Minas las contempla en el régimen común (es decir diferentes a materiales como metales y piedras preciosas o carbón) donde los rangos de producción para este tipo de minería a cielo abierto se demarcan así: hasta 10.000 ton/año se considera como pequeña minería, entre 10.000 y 150.000 ton/año como mediana minería y las minas que sobrepasan las 150.000 ton/año se clasifican como de gran minería, de tal forma que llevadas a esta clasificación la mayoría de explotaciones de arcilla en Colombia se catalogarían como de pequeña minería, situación que no refleja la diversidad de la industria ladrillera.

Se plantean cinco categorías para clasificar la actividad; en ellas se vincula el tipo de horno y los aspectos tecnológicos que regulan los ciclos de producción y los impactos ambientales asociados con estas técnicas.

Tabla 1. Clasificación de la industria ladrillera en Colombia.

TIPO	HORNO	PRODUCCIÓN	TIPOS DE PRODUCTO
Chircal Artesanal	Fuego Dormido	< 600 Ton/año	Tolete, Tejas
Chircal Mecanizado	Arabe	600 - 2.500 Ton /año	Tolete, Tejas
Pequeña Industria	Colmena - Baúl	600 - 2.500 Ton/año	Tubos, adoquines, Tableta, Tejas productos vitrificados
Mediana Industria	Hoffman	5.000 - 10.000	Bloque
Gran Industria	Túnel	60.000 -120.000	Bloque y productos vitrificados

Fuente: ACERCAR "Unidad de asistencia para la pequeña y mediana industria"

A continuación se describe de una manera breve las características de los diferentes tipos de industria que se encuentran en la zona de estudio. Es importante destacar, que no obstante se presenta en una forma generaliza los principales efectos ambientales que genera cada una de las industrias.

2.4.1. Chircal artesanal.

Este tipo de unidad extractiva y transformadora involucra procesos artesanales de fabricación tales como la extracción manual de arcillas y la cocción en hornos tipo fuego dormido. Tienen un rango de producción que no supera las 600 ton/año y emplea de 4 a 6 personas por quema y se estima que el costo del montaje o nivel de inversión es inferior 10 millones. La selección de materiales y control de calidad son prácticamente nulos y el principal producto que se fabrica es el ladrillo tipo Tolete.

Es una forma tradicional de industria, bastante arraigada histórica y territorialmente, donde se practica una minería e industria de subsistencia,

donde la mano de obra es fundamentalmente familiar. El conocimiento de la actividad es aprendido tradicionalmente, y ha sido transmitido a través de generaciones de familias o parientes dedicados a la misma actividad.

Figura 2. Horno Tipo Fuego Dormido



Fuente: <http://www.degelo.com/noticiario/not29.htm>

Las principales afectaciones al medio ambiente que se generan en los chircales artesanales tienen que ver con la extracción anti-técnica de la arcilla, que ocasiona taludes inestables y desorden en las explotaciones, lo que se refleja en la presencia de áreas extensas sujetas a erosión laminar, en surcos y cárcavas. Como efecto del bajo rendimiento térmico de los hornos se produce contaminación atmosférica por emisión de CO, CO₂, azufre, nitrosos y partículas en suspensión. En muchas explotaciones la disposición de los residuos se realiza de una forma desordenada en áreas próximas al horno.

2.4.2 Chircal mecanizado.

Se trata de unidades de extracción y transformación que involucran procedimientos mecanizados en el beneficio de las arcillas sin un alto grado tecnológico. La extracción continúa siendo manual y a nivel de la transformación emplean hornos tipo Arabe que tienen el mismo principio de

funcionamiento que el horno fuego dormido, pero son de forma rectangular y de mayor capacidad.

Este tipo de chircal en un ritmo normal de producción alcanza entre 600 y 2.500 ton/año, empleando entre 7 y 15 trabajadores por horno. El tipo de productos que se obtienen son principalmente, ladrillo tolete y tejas, se calcula que el nivel de inversión por chircal puede ascender a los de 25 millones de pesos.

La mayor parte de los chircales mecanizados que existen en la actualidad fueron inicialmente chircales artesanales que fueron ampliando la infraestructura productiva, lo que significa un similar arraigo y tradición al que posee la población de dichos chircales.

Figura 3. Horno Tipo Arabe



Fuente: ANFALIT (1.999) "Diagnóstico de la Industria Ladrillera y Cerámica de Santafé de Bogotá y Zonas de Influencia"

Ambientalmente este tipo de industria ocasiona mayores impactos que el chircal artesanal ya que en la extracción y en la transformación utiliza las mismas técnicas pero a mayor escala, por lo tanto hay un mayor nivel de

emisiones y de intensidad de impactos en la explotación. De otro lado el volumen de residuos es mayor.

2.4.3. Pequeña industria.

La pequeña industria se caracteriza por ser mucho más tecnificada y con procesos de mayor valor agregado, además de ser administrada como una verdadera empresa. La extracción se adelanta en forma mecanizada usando buldózer o retroexcavadoras, se utilizan criterios de selección y calidad de materias primas (los productos así lo requieren) y se incorpora un circuito de molienda y homogenización para la pasta cerámica; la extrusión se realiza al vacío para eliminar aire y agua y como horno tipo se tiene el de llama invertida en sus formas Colmena y Baúl. Esta industria emplea de 16 a 25 personas, en muchos casos tienen mas de un horno y el nivel de inversión puede superar los 100 millones de pesos dependiendo del tamaño y el nivel tecnológico.

Los productos que se obtienen son tubería de gres en varios diámetros, adoquines y pisos que se someten a vitrificación para lo cual incorporan a la quema fundentes como Sal (NaCl), borax o chamote.

En el ámbito social, si bien es mayor el nivel de tecnificación e infraestructura que emplea, la población que labora en la pequeña industria presenta deficientes condiciones de vida y de seguridad social, pues en su mayoría no están afiliados a regímenes de salud o pensión, y es inestable la situación laboral pues depende de la demanda externa de productos. Esta industria vincula indirectamente mano de obra para el transporte de productos a los sitios de compra, pero no tienen ninguna relación patronal directa.

Figura 4. Horno Tipo Colmena



2.4.4. Mediana industria.

Esta categoría relaciona empresas con una inversión en general mayor a 250 millones de pesos en solo montaje, su capacidad de producción asciende a más de 5.000 ton/año, emplean entre 25 y 40 personas.

Se configuran procesos continuos en la cocción; el tipo de horno que caracteriza esta industria es el tipo Hoffman (horno continuo), las etapas de extracción, molienda y homogenización son similares a la pequeña industria pero a mayor escala, lo que implica en muchos casos que se automaticen procesos como en la introducción de secadores artificiales tipo túnel. Esta industria puede producir diferentes piezas tales como tabletas, pisos, ladrillos, tejas pero tienen una dedicación especial a la fabricación de bloques.

En el campo ambiental estas empresas por el tipo de tecnología que emplean hacen un uso más eficiente de la energía y de los recursos, el tipo de horno, los quemadores de carbón (Carbojet) y el uso de filtros logran una mejor combustión, menos residuos y menos emisiones por tonelada que en las industrias anteriores. En esta industria ya se puede hablar de un

reprocesamiento de los rechazos o de los residuos, esto se logra mediante una retritución de los desechos que se incorporan nuevamente a los stocks de arcilla para su homogenización, extrusión y posterior cocción.

Figura 5. Horno Tipo Hoffman



Fuente: ANFALIT (1.999) "Diagnóstico de la Industria Ladrillera y Cerámica de Santafé de Bogotá y Zonas de Influencia"

2.4.5. Gran industria.

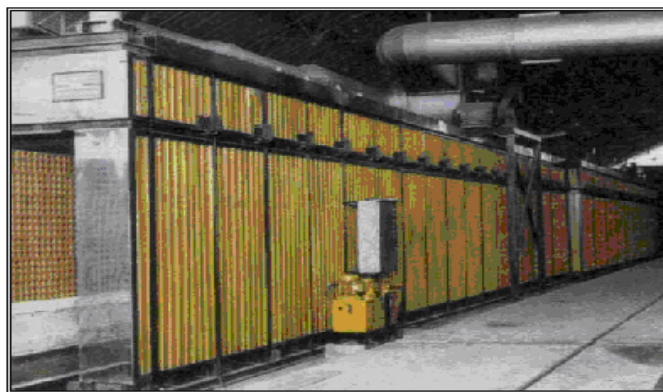
Este rango es el de mayor grado tecnológico y en él se desarrollan una serie de etapas planeadas y programadas técnicamente, que van desde la caracterización y selección de materias primas, hasta procesos de cocción en hornos continuos tipo túnel y rodillos con dispositivos de control y simulación digital. En la extracción de la arcilla se involucra personal técnico capacitado; para el proceso se utilizan dispositivos que automatizan las operaciones de homogeneización, molienda y secado. Las inversiones superan al millón de dólares, en estas industrias el rendimiento por horno es elevado entre 60.000 y 120.000 ton/año. El manejo de los productos terminados es mucho más técnico y cuidadoso que en las otras industrias ya que la movilización y empaque se efectúa en forma mecanizada. Los tipos de

piezas que se producen son diversas e incluyen pisos, adoquines, tabletas, bloques y productos estructurales.

Esta industria no demanda grandes cantidades de mano de obra, ocupa alrededor de 40 personas por horno pero sus productividades son mayores que en las anteriores escalas. Esta industria involucra de forma indirecta mano de obra que depende de esta, básicamente la que tiene que ver con el proceso de transporte y puesta en obra de los materiales. Vincula gran número de empleos directos e indirectos, requeridos para los volúmenes de producción que tienen.

En algunas de estas industrias, el personal contratado directamente debe tener un nivel básico de capacitación, se exige el grado de bachiller incluso para las actividades menos calificadas.

Figura 6. Horno Tipo Túnel



Fuente: ANFALIT (1.999) "Diagnóstico de la Industria Ladrillera y Cerámica de Santafé de Bogotá y Zonas de Influencia"

2.5. TRANSPORTE Y ENTREGA

El proceso de transporte empieza con el cargado del camión, este tiene dos modalidades, la primera es cuando el producto ya se encuentra totalmente estibado en donde la izada y postura de la carga se hace con un montacargas de pinzas normal, la segunda forma es cuando el ladrillo es montado directamente desde la salida del horno al camión, después de previa refrigeración, en esta modalidad la carga se hace con la ayuda de un montacargas con dispositivo de pinzas, después de montada la pila de ladrillos en el planchón del camión los auxiliares reorganizan los ladrillos para maximizar el espacio y darle estabilidad a la carga.

El transporte de la carga debe ser a una velocidad moderada para evitar cualquier accidente.

La descarga también tiene dos posibilidades, la primera es cuando en el lugar de entrega se dispone de un montacargas, si esta es la situación la descarga se hace con la ayuda de este, la segunda manera de transferir la carga, y la cual es el objetivo de nuestro estudio, es la descarga manual, para esta se disponen un mínimo de dos auxiliares, el proceso empieza con el posicionamiento del camión pues la descarga se hace al pie de éste, a partir de ahí comienza el manipuleo del material en el cual se pierde y se maltrata parte del ladrillo, la disposición de los ladrillos en el lugar depende del espacio con el que se cuenta, en total la descarga manual demora aproximadamente una hora y media.

Figura 7. Descarga Manual de Ladrillos



3. PROCESO DE DISEÑO DEL DISPOSITIVO DE DESCARGA

3.1. EVALUACIÓN DEL PROBLEMA

3.1.1. Identificación del problema.

Sin lugar a dudas, el ladrillo de arcilla es y seguirá siendo uno de los principales materiales de construcción, el cual, debido a su gran importancia, es requerido en grandes cantidades para cualquier tipo de obra civil que se realice. Actualmente en nuestro medio, el transporte del ladrillo se realiza sobre camiones que constan de un gran planchón trasero en donde se ubican los ladrillos, bien sea de manera individual o en estibas.

En este momento, la empresa “Ladrillos y Tubos Ltda.”, se encuentra en un proceso de mejora de su producción, dentro del cual se pretende que todo el ladrillo sea entregado en estibas con el fin de estandarizar la entrega, reducir el costo de misma y a su vez disminuir las pérdidas e inconvenientes asociados con la descarga manual del ladrillo. Lo anterior no sería un inconveniente, si en los sitios de entrega se pudiera contar con grúas o montacargas que fácilmente pueden descargar las estibas de los camiones. Sin embargo, este no es el caso, y por el contrario se viene presentando un gran inconveniente debido a que la descarga de estos camiones transportadores es necesario realizarla manualmente, generando así, grandes pérdidas de material, tiempo y por consiguiente de dinero.

Con la intención de generar una solución al problema anteriormente descrito, la empresa “Ladrillos y Tubos Ltda.”, nos encomendó la tarea de idear, diseñar y construir un dispositivo que permita la descarga del ladrillo

estibado en los diferentes sitios de entrega, sin requerir un alto numero de operarios o una elevada inversión de dinero para su construcción, manejo y mantenimiento.

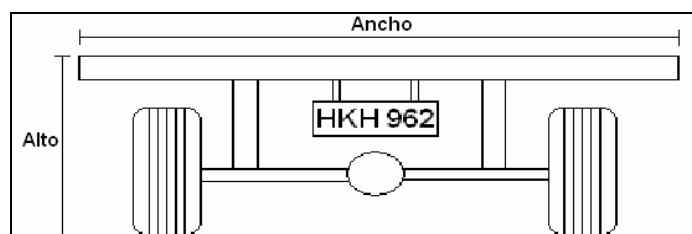
3.1.2. Requisitos y delimitaciones

Para la realización de este proyecto de diseño, se identificaron dos tipos principales de requerimientos, los requerimientos de tipo económico y los de tipo dimensional.

La limitación económica fue presentada por la empresa patrocinadora, quienes, sin especificar una cifra límite, siempre insistieron en que el costo no podía ser elevado, debido principalmente a que el transporte y la entrega del ladrillo no pueden ser procedimientos costosos ya que se elevaría el costo de la unidad de ladrillo y por consiguiente se afectarían las ventas. Por otro lado, los camiones que se utilizan para este propósito, son viejos y por lo tanto no aptos para ser reforzados o adaptados a sistemas complejos.

Adicionalmente, se identificaron los requerimientos de diseño. Para esto se tomó como modelo el camión más grande y alto, debido a que es el más utilizado y el que más capacidad de carga presenta.

Figura 8. Dimensiones Planchón del Camión



Medidas principales del camión,

- Ancho = 2.52 m
- Alto Adelante = 1.3 m
- Alto Atrás = 1.48 m
- Largo del planchón = 5.96 m

Para la carga máxima a descargar, se tomo como referencia la tabla de estibas de la empresa, en la cual se presentan los diferentes tipos de ladrillos con sus respectivas dimensiones de la estiba y el peso de la misma.

Dimensiones críticas según tabla de estibas,

- Peso máximo = 1803 Kg
- Altura máxima = 1.31 m

3.1.3. Generación y evaluación de alternativas

Basados en la investigación anterior, se realizó el planteamiento de alternativas, en donde se fue indispensable el apoyo del director de proyecto así como de la empresa patrocinadora. A continuación se destacan las principales alternativas generadas:

- **Elevador manual con mecanismo de tijera:** Este mecanismo se puede conseguir fácilmente en el mercado, cumple con el requisito de ser portátil debido a su bajo peso y fácil operación, pero su capacidad de carga máxima era de 1500Kg y no alcanza alturas mayores a 80cm. Adicionalmente debía ser modificado para permitir sacar las estibas del planchón del camión en donde se encuentran.

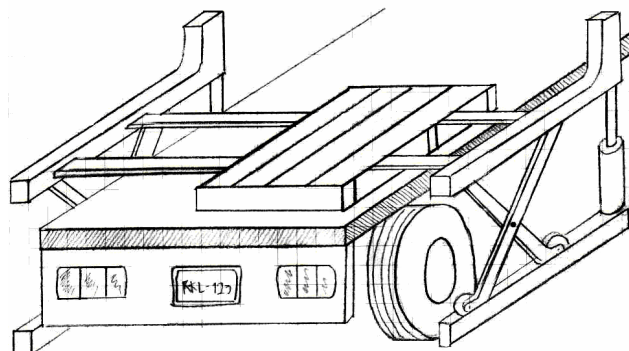
Figura 9. Alternativa elevador manual con mecanismo de tijera



Fuente: [http:// www.bassler.cl/images/thumb_trans_ma_tijerah1.jpg](http://www.bassler.cl/images/thumb_trans_ma_tijerah1.jpg)

- **Variación del elevador de tijera para dos estibas:** Esta alternativa se presentó como una variación de la anteriormente analizada, con ella se podrían descargar dos estibas a la vez (reducción del tiempo). El principal inconveniente era que el sistema de elevación tendría que ser muy robusto debido al peso a levantar, y por ende tendría un alto peso (no transportable) y costo.

Figura 10. Alternativa mecanismo de tijera para dos estibas



- **Grúa pluma con gancho para estibas:** Esta solución podría encontrarse en el mercado. Tendría problemas principalmente de robustez y estabilidad debido al peso de la carga a levantar, además el gancho debería ser modificado para eliminar la dificultad de transporte ya que no es plegable.

Figura 11. Alternativa grúa pluma y gancho

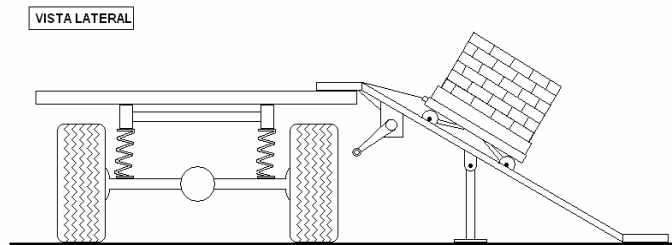


Fuente: <http://www.activelifting.com.au/.../pha-img.jpg>

http://www.solcas.net/images/grua_de_base.jpg

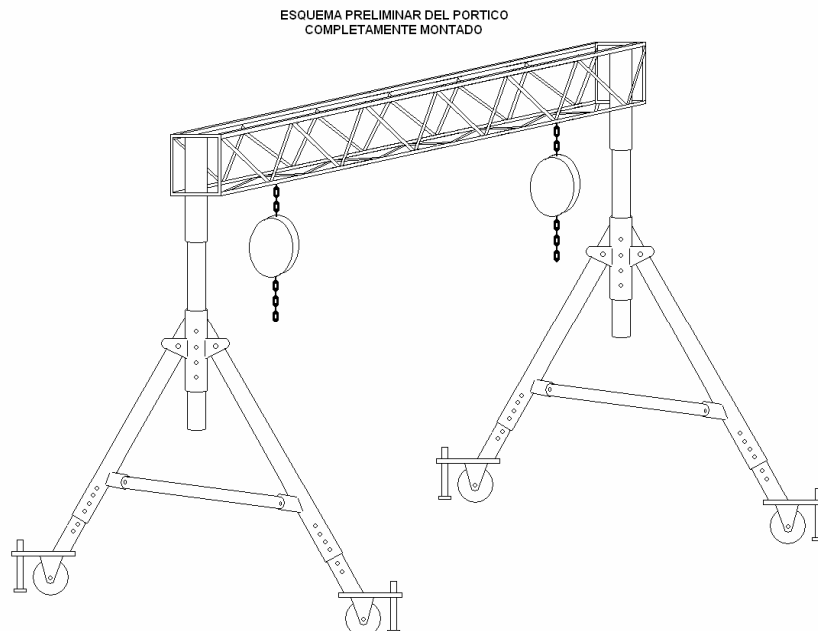
- **Rampa de descarga con carro transportador:** Requeriría mucho espacio a los lados del camión debido a que la inclinación de la rampa no podría ser muy pronunciada. Adicionalmente se presentarían problemas de alineación entre el carro y los rieles de la rampa y sería necesario reforzar el planchón del camión ya que al apoyar la rampa en uno de los lados del mismo, la carga sería puntual y el chasis podría presentar problemas.

Figura 12. Alternativa rampa de descarga con carro



- **Grúa pórtico con aparejo de elevación:** Tiene la ventaja de poder ser desmontable, y de contar con una viga principal en celosía para ahorrar peso, requiere poco mantenimiento. También posee buena estabilidad y permite alcanzar la altura necesaria.

Figura 13. Alternativa grúa pórtico



Una opción que no se muestra en este trabajo como una alternativa destacada, es la posibilidad de un dispositivo que fuera parte del camión, esa alternativa se consideró y se analizó, pero no se destacó debido a que los camiones utilizados para el transporte de ladrillos son muy viejos y generalmente no tienen el chasis en muy buen estado, esta posibilidad fue descartada debido a que habría que reforzar el chasis de cada camión elevando mucho los costos del proyecto.

Después de un análisis profundo de pros y contras para cada una de las alternativas, realizado junto con el director del proyecto y los interesados en el mismo, la grúa pórtico resultó ser una idea muy apropiada para dar solución a este problema debido a que cumple con los requisitos de sencillez, economía, resistencia al trato fuerte, adaptabilidad a medios hostiles y facilidad de transporte (debida a su condición modular).

3.2 JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En este proyecto consiste en el diseño y la construcción de una grúa pórtico que debe permitir descargar estibas de ladrillos de un máximo de 1800Kg de peso, la cual debe cumplir con los requerimientos de costo impuestos por la empresa patrocinadora del proyecto. Adicional a lo anterior, este pórtico debe poder ser transportado hasta el lugar de entrega de los ladrillos en el mismo camión transportador, incluso estando completamente cargado, por lo cual debe ser completamente modular y desarmable para que permita ser montado y desmontado del camión sin mayores complicaciones y sin requerir del trabajo de varios operadores. En la mayoría de las grúas pórtico utilizadas en nuestro medio, se utilizan perfiles de acero laminado o tubería como viga principal del pórtico, para este caso se va a usar la opción de una

viga armada en celosía con el fin de disminuir al máximo el peso de la misma, utilizando materiales comunes y económicos. El sistema de descarga estará compuesto por una diferencial de cadena (señorita) manual, que permita subir y bajar la carga de manera sencilla. Esta diferencial irá enganchada a la viga principal del pórtico y en su parte inferior engancharán un par de vigas que atravesarán las estibas. Para solucionar un importante problema relacionado con la irregularidad de los terrenos en donde se realizan las descargas, el pórtico debe ser soportado por unos apoyos muy versátiles, que permitan variar el ángulo para sortear pequeñas inclinaciones del terreno y rodar en los casos donde el suelo lo permita.

Por último, y basados en el hecho de que será un pórtico desmontable y que la carga a descargar no es precisamente despreciable, se creará un manual de usuario en donde se indique claramente el proceso de armado del pórtico y se expliquen las instrucciones básicas para asegurar un uso seguro tanto para el personal como para la carga.

En resumen, un proceso que hoy en día requiere un gasto innecesario de tiempo de carga y descarga de los camiones transportadores y que produce pérdidas de dinero por ladrillos que se parten en la descarga, se convertirá en algo más sencillo, en donde el camión llega al sitio de entrega y con la ayuda de máximo dos operarios realiza el montaje del pórtico completo, se realiza la descarga de los ladrillos estibados en un tiempo moderado y finalmente se desmonta el pórtico y se carga nuevamente en el camión.

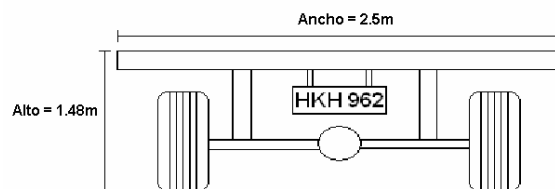
4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL DISPOSITIVO DE DESCARGA

4.1 DIMENSIONAMIENTO GENERAL

El dimensionamiento general se realizó basado en los requerimientos dimensionales del problema, y comprende tanto las dimensiones frontales como laterales del pórtico.

4.1.1 Dimensiones frontales del pórtico. Para el dimensionamiento frontal del pórtico se tomo como modelo el camión mas grande y ancho que utilizan en la empresa, así como el tipo de ladrillo que presenta mayor altura al ser estibado.

Figura 14. Dimensiones del camión modelo.

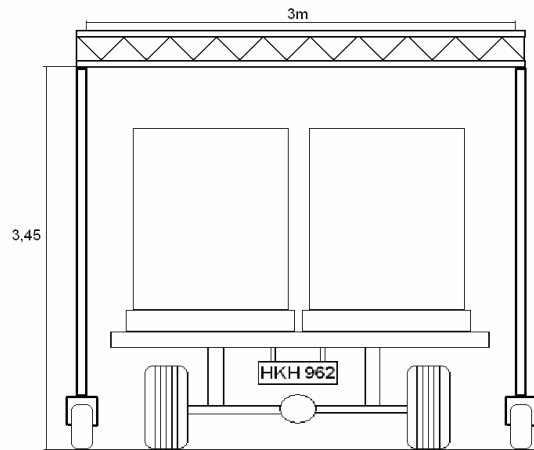


De la tabla de estibas de la empresa “Ladrillos y tubos SA”, se obtiene la altura de la estiba más alta, la cual tiene un valor de 1.31m; entonces:

- $\text{Altura de la estiba} + \text{el camión} = 2.79\text{m} \approx 2.80\text{m}$

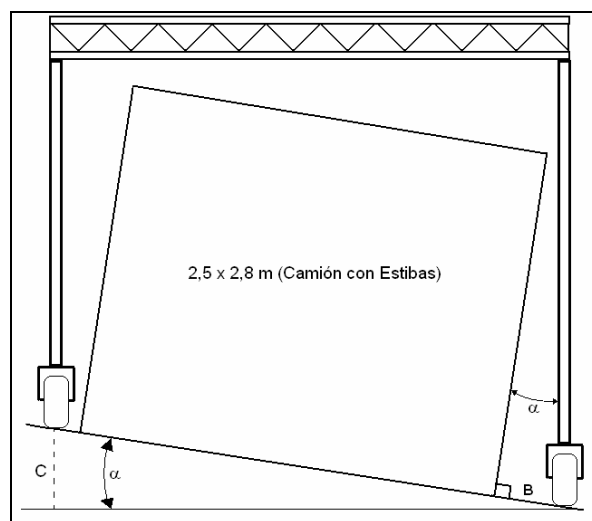
Teniendo en cuenta la longitud mínima del diferencial manual de cadena y la posibilidad de alguna inclinación del camión se tomaron las siguientes medidas principales para el pórtico.

Figura 15. Dimensiones generales del pórtico.



4.1.2 Inclinación permitida para el camión. Como se explicó anteriormente, debido a la irregularidad del suelo en donde se realizan las descargas, es importante que el pórtico se acomode a los casos en donde exista cierta inclinación del camión.

Figura 16. Inclinación máxima para el camión.



Calculo del ángulo máximo de inclinación:

$$\tan \alpha = \frac{B}{2,8} \quad ; \quad B = 2,8 * \tan \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{3}{2.5 + B} = \frac{3}{2.5 + 2.8 \left(\frac{\text{sen} \alpha}{\cos \alpha} \right)}$$

$$\boxed{2.5 \cos \alpha + 2.8 \text{sen} \alpha = 3}$$

Por iteración:

$$\alpha = 11.3^\circ$$

Ahora:

$$c = (\tan \alpha) * 3$$

$$c = 0.599m$$

Con el fin de evitar colisiones entre el camión y los laterales del pórtico, disminuimos este valor de “C”:

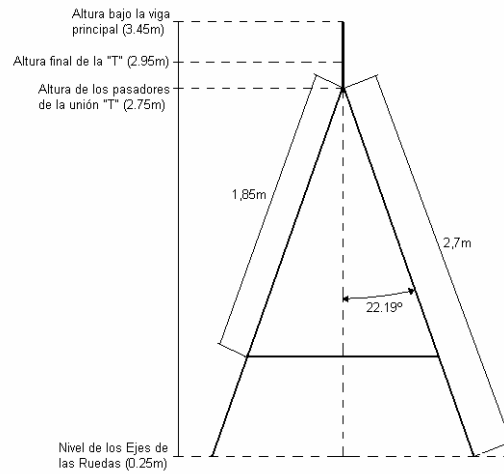
$$c = 0.5m = 50cm$$

$$\Rightarrow \boxed{\alpha = 9.46^\circ}$$

Según la reglamentación del Instituto Nacional de Vías (Invías), la pendiente máxima permitida en vías urbanas es del 12% lo que significa un ángulo máximo de inclinación de $6,842^\circ$.

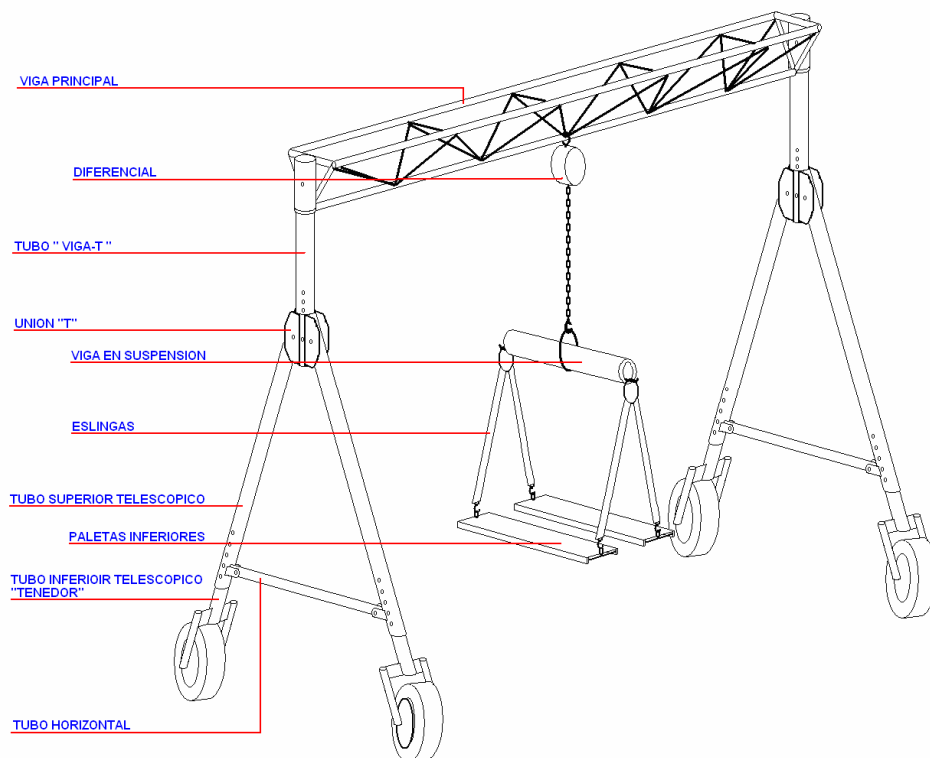
4.1.3 Dimensiones de los laterales. Basados en los requerimientos de altura para la descarga de las estibas y en la estática general para los laterales del pórtico, pretendiendo que éste sea estable bajo las condiciones de carga crítica, se realizó el dimensionamiento general de los mismos.

Figura 17. Dimensiones generales de los laterales del pórtico.



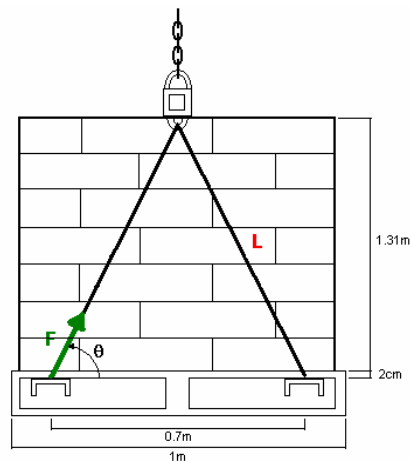
4.2 ESTATICA Y ANALISIS DE RESISTENCIA

Figura 18. Esquema general y designación de partes.



4.2.1 Sistema de Enganche. El sistema de enganche de las estibas está compuesto por dos paletas inferiores que atraviesan la estiba de un lado a otro, una viga en suspensión que va enganchada a la diferencial, y dos eslingas que unen la viga en suspensión con las dos paletas inferiores.

Figura 19. Vista general del sistema de enganche.



4.2.1.1 Selección de las eslingas. El procedimiento utilizado para la selección de las eslingas fue tomado del catalogo de productos de “NT Slings” de la empresa Nacional de Trenzados de Colombia. Para este propósito se utilizarán reatas de tejido sintético

Angulo θ :

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1.33}{0.35}\right) = 75.26^\circ$$

Longitud de la eslinga (L):

$$L = \sqrt{1.33^2 + 0.35^2} = 1.375m \approx 1.38m$$

Cada reata de la eslinga debe soportar una carga de 500Kg en dirección vertical (F_y):

$$\Rightarrow F = \frac{500}{\text{Sen}75.26^\circ} = 517.01\text{Kg}$$

El primer paso para la selección de la eslinga es la determinación del tipo de amarre a utilizar:

Figura 20. Tipos de amarre catalogo NTSlings.



A continuación se debe tener en cuenta un factor de reducción de la capacidad de carga de la eslinga dependiendo del ángulo de elevación entre la carga y la eslinga.

Figura 21. Factor de corrección de carga catalogo NTSlings.

Ángulo / Grados Horizontal	Factor de Ajuste	Ángulo / Grados Horizontal	Factor de Ajuste
90	1.000	55	0.819
85	0.996	50	0.766
80	0.985	45	0.707
75	0.966	40	0.643
70	0.940	35	0.574
65	0.906	30	0.500
60	0.866		

Capacidad de Utilización = Carga de la Eslinga X Factor de Ajuste

Con esta información se procede a la selección del tipo de eslinga dependiendo de las características necesarias para la aplicación y posteriormente se selecciona el ancho y número de capas basados en la carga a soportar.

Figura 22. Tipo de eslinga catalogo NT Slings.

MAMUT

Eslinga tipo III

*Eslinga fabricada con un ojo plano en cada punta que abre en el mismo plano de cuerpo de la Eslinga.
Este Tipo de Eslinga se llama algunas veces de Ojo Plano (Flat eye)
Ojo a Ojo (eye and eye) o Doble Ojo (double eye).*

Ancho		Números de capas	Código de colores	Capacidad Límite de Trabajo (lb)			Capacidad Límite de Trabajo (kg)		
mm	pulg.			Vertical	Lazo	Canasta	Vertical	Lazo	Canasta
50	2	1	■	3.200	2.560	6.400	1.450	1.160	2.900
		2	■	6.400	5.120	12.800	2.900	1.310	5.800
		3	■	8.600	6.880	17.200	3.900	3.120	7.800
75	3	1	■	4.800	3.840	9.600	2.180	1.740	4.360
		2	■	8.600	6.880	17.200	3.900	3.120	7.800
		3	■	12.900	10.320	25.800	5.850	4.680	11.700
100	4	1	■	6.400	5.120	12.800	2.900	2.320	5.800
		2	■	11.400	9.120	22.800	5.170	4.130	10.340
		3	■	17.200	13.760	34.400	7.800	6.240	15.600
125	5	1	■	8.000	6.400	16.000	3.630	2.900	7.260
		2	■	14.200	11.360	28.400	6.440	5.150	12.880
		3	■	21.600	17.280	43.200	9.800	7.840	19.600

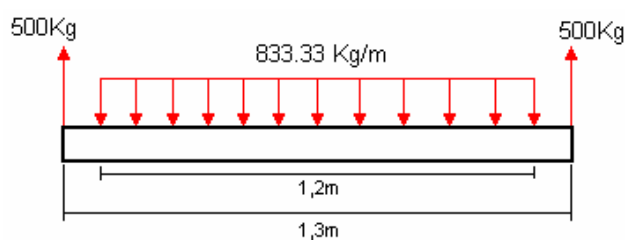
Factor de seguridad 5:1

1. Tejido clase 98 en Polyester
2. Código de colores en las eslingas
3. Protectores sobre demanda
4. Baja elongación

Eslinga Seleccionada: Eslinga de tejido sintético tipo III
Una sola capa, color verde.
Ancho = 50mm

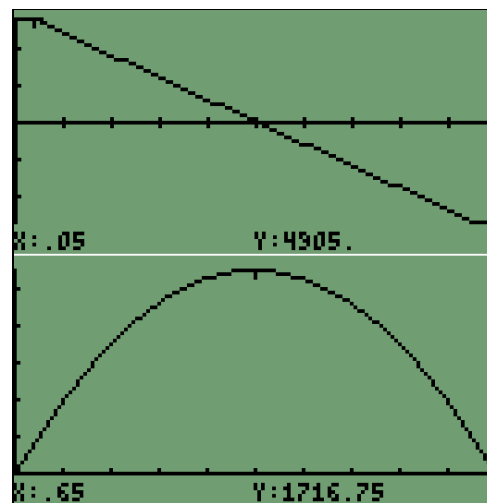
4.2.1.2 Paletas Inferiores. Las dos paletas inferiores pasan a lo largo de la estiba, tienen una longitud total de 1,3 m y soportan una carga máxima de 1000kg de peso cada una:

Figura 23. Diagrama de carga de las paletas inferiores.



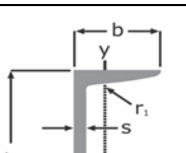
Estas cargas se le suministraron al programa “VigaG” de la calculadora HP 48G y se obtuvieron los siguientes diagramas de cortante y momentos respectivamente. Los resultados se muestran en Newton (eje Y) por metro (eje X).

Figura 24. Diagramas de cortante y momento de las paletas inferiores.



Para las paletas inferiores de enganche se utilizarán perfiles “C” de acero estructural ASTM A36. Datos tomados del catalogo de productos de la “Compañía General de Aceros”.

Figura 25. Perfiles “C” Compañía General de Aceros.

	TIPO AMERICANO -PERFILES EN U												
	DIMENSIONES						AREA	PESO	MOMENTO DE INERCIA		MODULO DE SECCIÓN		
	h	b	s	t	r1	r2			Ix	Iy	wx	wy	
	mm						cm ²	kg./m	cm ⁴		cm ³		
	C3x4.1	76.2	35.8	4.3	6.9	6.9	2.5	7.68	6.10	66.6	8.32	18.0	3.44
	C4x5.4	101.6	40.1	4.6	7.5	7.1	2.8	10.10	8.04	158.0	13.30	31.1	4.75
	C6x8.2	152.4	48.8	5.1	8.7	7.6	3.0	15.40	12.20	541.0	29.10	70.5	8.19
	C8x11.5	203.2	57.4	5.6	9.9	8.1	3.3	21.70	17.10	1344.0	54.10	133.0	12.90
	C10x15.3	254.0	66.0	6.1	11.1	8.6	3.6	28.80	22.80	2785.0	95.70	220.0	19.70
	C12x20.7	304.8	74.7	7.1	12.7	9.7	4.3	38.90	30.80	5332.0	162.00	351.0	27.90
	C12x30	304.8	80.5	12.9	12.7	9.7	4.3	56.70	44.60	6707.0	216.00	441.0	34.40
	C15x40	381.0	89.4	13.2	16.5	12.7	6.1	75.50	59.50	14410.0	387.00	757.0	55.70
	PERFIL TIPO EUROPEO UPN												
	C100	100	50	6.00	8.5	8.5	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.2	8.49
	C160	160	65	7.50	10.5	10.5	5.50	24.00	18.80	925.00	85.30	116.0	18.30
	C200	200	75	8.50	11.5	11.5	6.00	32.20	25.30	1,910.00	148.00	191.0	27.00
	C260	260	90	10.00	14.0	14.0	7.00	48.30	37.90	4,820.00	317.00	371.0	47.70
	C300	300	100	10.00	16.0	16.0	8.00	58.80	46.20	8,030.00	495.00	535.0	67.80

C = 0.26 máx.
P = 0.040 máx.
S = 0.050 máx.
Si = 0.40 máx.

C = 0.26 máx.
P = 0.040 máx.
S = 0.050 máx.
Si = 0.40 máx.

Cálculos:

$$\sigma = \left(\frac{M * c}{I} \right) \quad ; \quad M_{Max} = 171675 [N * cm]$$

$$I_y = 54.10 [cm^4]$$

$$W_y = Z_y = 12,9 [cm^3]$$

$$C = I/Z$$

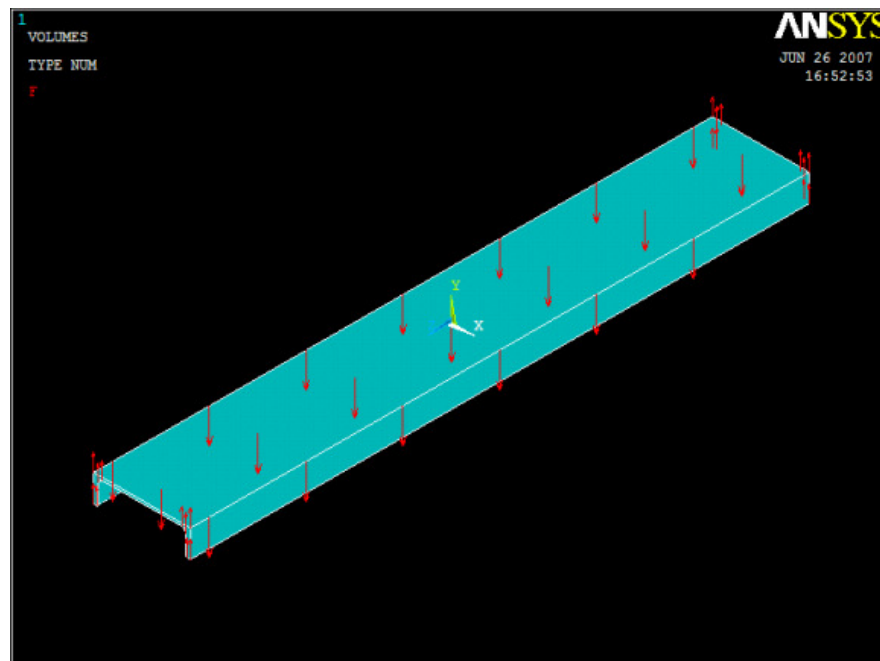
$$\Rightarrow \sigma = 13307,83 \left[\frac{N}{cm^2} \right] = 133,08 [MPa]$$

Acero estructural A36: $\sigma_y = 36000 [Psi] = 248.21 [MPa]$

$$\rightarrow \text{Factor de seguridad} = \frac{\sigma_y}{\sigma} = 1.86 \Rightarrow O.K$$

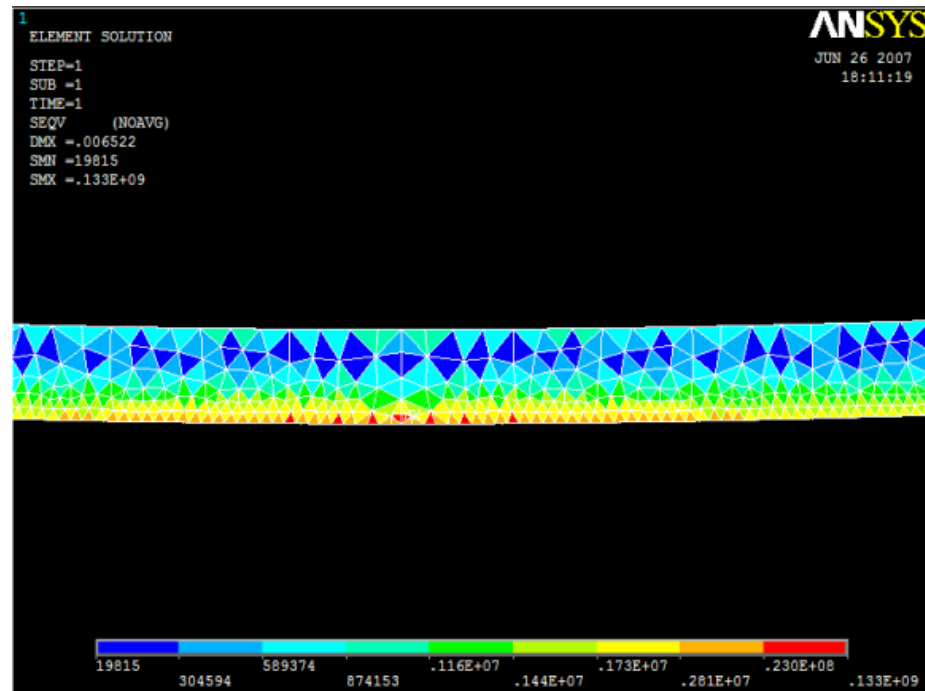
- **Chequeo en software CAE (Ansys):** Los valores geométricos y las cargas, se le suministraron al programa con el fin de realizar una comprobación de los cálculos manuales.

Figura 26. Cargas para el análisis CAE de las paletas inferiores.



En la imagen anterior se observa la aplicación de la carga distribuida a lo largo de toda la longitud de las paletas.

Figura 27. Resultados del análisis CAE para las paletas inferiores.



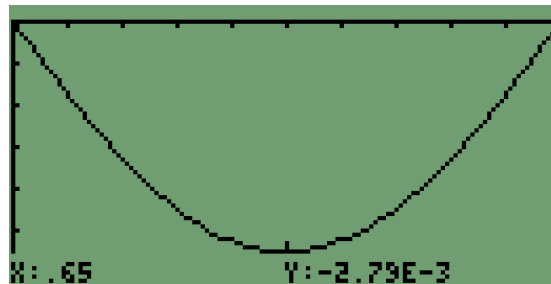
Como se esperaba, la mayor concentración de esfuerzos se presenta en la mitad de la longitud de las paletas.

Tabla 2. Resultados análisis paletas inferiores.

Cálculos manuales		Verificación software CAE	
Esfuerzo máximo	F. de seguridad	Esfuerzo máximo	F. de seguridad
133.08 (MPa)	1.86	133 (MPa)	1.8651

- **Chequeo Por deflexión.** El cálculo de deflexión se realizó con la ayuda del programa de vigas de la calculadora HP 48G, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 28. Diagrama de deflexión para las paletas inferiores.

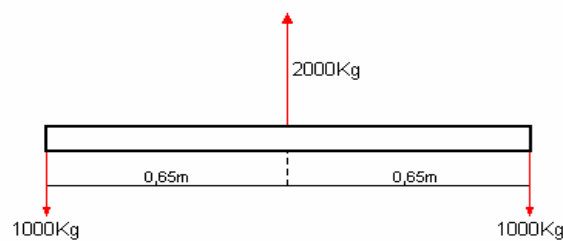


La gráfica muestra la deformación de la viga, se aprecia que la deformación máxima se presenta en la mitad de la longitud total y tiene un valor de:

$$Y = 2.79^{-3} m = 2.79 mm \Rightarrow \text{O.K.}$$

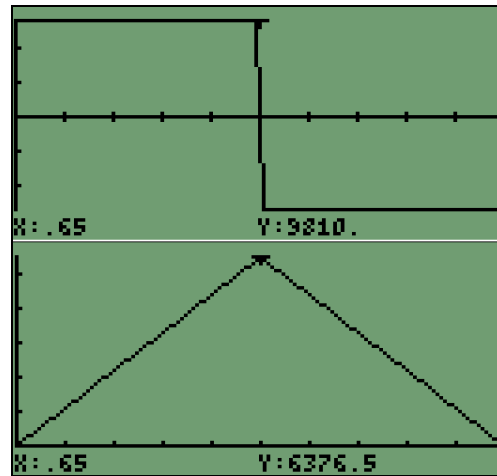
4.2.1.3 Viga en Suspensión. Esta viga tiene una longitud total de 1,3 y debe soportar una carga máxima de 2000 Kg de Peso:

Figura 29. Diagrama de carga de la viga en suspensión.



Estas cargas se le suministraron al programa “VigaG” de la calculadora HP 48G y se obtuvieron los siguientes diagramas de cortante y momentos respectivamente:

Figura 30. Diagramas de cortante y momento de la viga en suspensión.



Para esta viga se utilizará tubería de acero estructural ASTM A53 Grado B. Datos tomados del catalogo de productos de Ferretería Reina S.A. Para la selección de los diámetros de la tubería, se analizaron los resultados las diferentes posibilidades:

Tabla 3. Selección del diámetro de tubería para la viga en suspensión.

Selección diámetro tubo para la viga en Suspensión						
De (mm)	E. Pared (mm)	Di (mm)	I (m ⁴)	M (N m)	Esfuerzo (Pa)	F. Seguridad
101,6	8,08	85,44	2,61466E-06	6376,5	123888640,5	1,947878345
101,6	5,74	90,12	1,99268E-06	6376,5	162557738,6	1,484518682
88,9	7,62	73,66	1,62094E-06	6376,5	174858932,4	1,380083915
88,9	5,49	77,92	1,2565E-06	6376,5	225574575,6	1,069801414
73	7,01	58,98	7,99992E-07	6376,5	290930743,8	0,829475761
73	5,16	62,68	6,36315E-07	6376,5	365765575,5	0,659766846

$$\Rightarrow Di = De - 2 * E.Pared$$

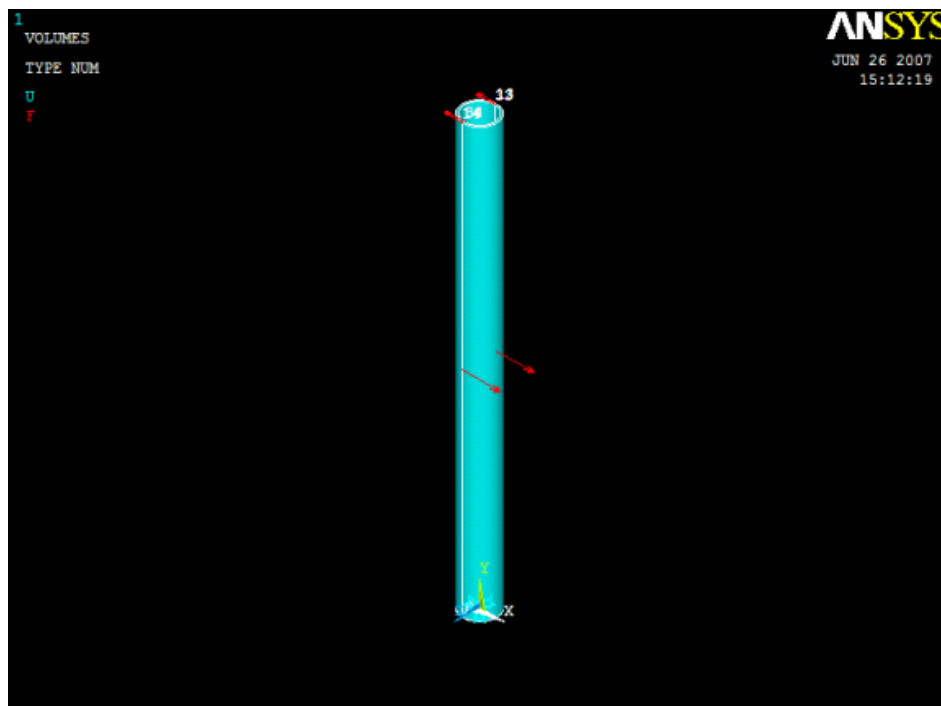
$$\Rightarrow I = \frac{\pi}{64} (De^4 - Di^4)$$

$$\Rightarrow Esfuerzo = \frac{M * \left(\frac{De}{2}\right)}{I}$$

$$\Rightarrow F.Seguridad = \frac{F_y}{Esfuerzo} ; F_y = 241.32 MPa \text{ (Acero ASTM A53 Grado B)}$$

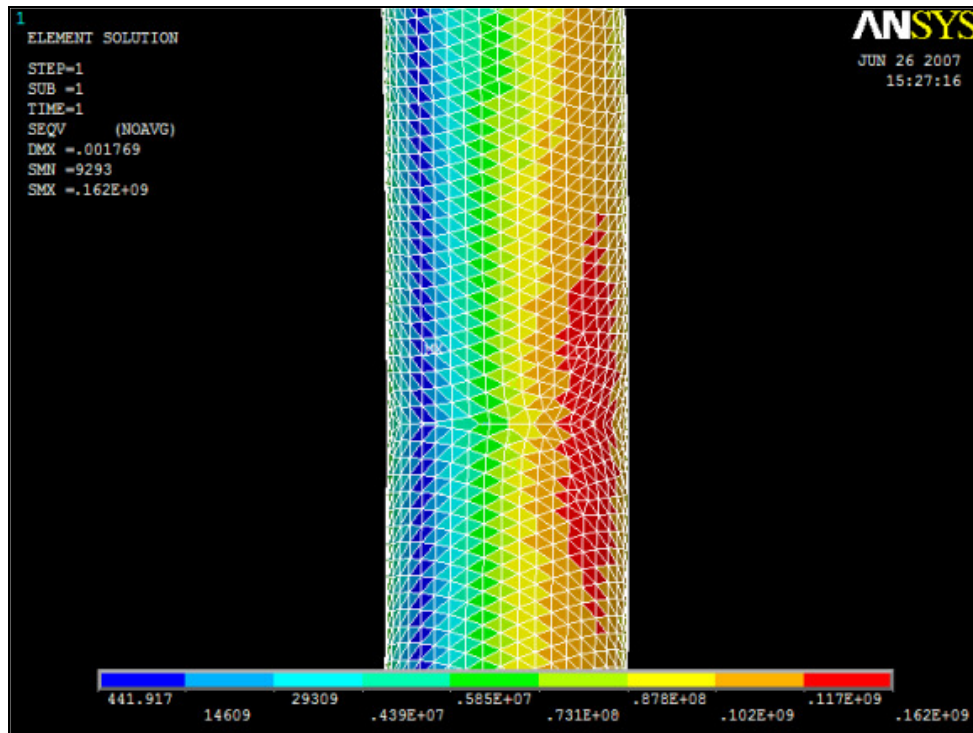
- **Chequeo en software CAE (Ansys):** Los resultados anteriores se verificaron con la ayuda del software.

Figura 31. Cargas para el análisis CAE de la viga en suspensión.



En la imagen anterior se observan los diferentes puntos de aplicación de cargas y las direcciones de las mismas, utilizadas para el análisis de ésta viga.

Figura 32. Resultados del análisis CAE para la viga en suspensión.



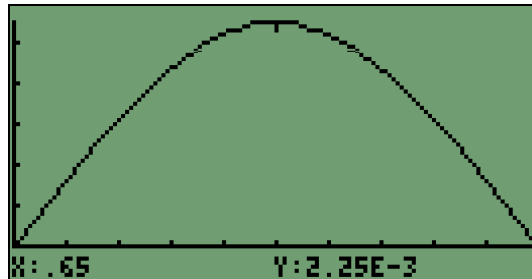
El esfuerzo máximo se presenta en la mitad de la longitud de la viga y presenta un factor de seguridad mínimo de **1.4845**, garantizando la veracidad de los cálculos anteriores y la confiabilidad de la viga.

Tabla 4. Resultados análisis viga en suspensión.

Cálculos manuales		Verificación software CAE	
Esfuerzo máximo	F. de seguridad	Esfuerzo máximo	F. de seguridad
162.5 (MPa)	1.485	162 (MPa)	1.4845

- **Chequeo Por deflexión.** Con la ayuda del programa “VigaG” de la calculadora HP 48G se realizó el chequeo de la deflexión de la viga, obteniendo los siguientes resultados:

Figura 33. Diagrama de deflexión para la viga en suspensión.



La deformación máxima se presenta en la mitad de la longitud total y tiene un valor de:

$$\Rightarrow Y = 2.25 * 10^{-3} m = 2.25 mm \Rightarrow \text{O.K.}$$

4.2.2 Sistema Estructural. El sistema estructural del pórtico esta compuesto por los dos laterales y la viga principal del mismo.

4.2.2.1 Mayoramiento de la Carga. Basados en el procedimiento del libro “APARATOS DE ELEVACIÓN Y TRANSPORTE” de ERNST HELLMUT, se realizó un mayoramiento de las cargas a levantar teniendo en cuenta diferentes factores que pueden influir en ella. A continuación se muestran los resultados:

Coeficiente de mayoración (ψ) $\rightarrow$ Tabla 80, Pág. 298.

- Carga relativa $\rightarrow$ Grupo II
- Duración relativa de servicio $\rightarrow$ Grupo I
- Choques $\rightarrow$ Grupo I

Por lo anterior $\psi = 1.4$ (Grupo II)

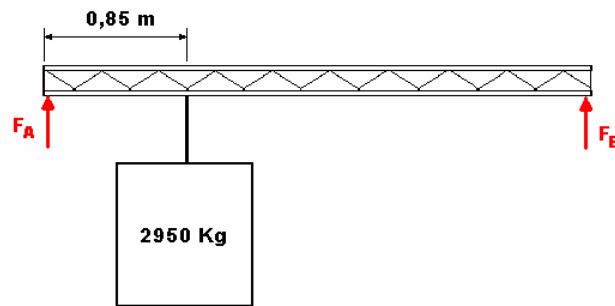
Coeficiente de choque (ϕ) $\rightarrow$ Tabla 81, Pág. 298.

- Velocidad inferior a 1m/s $\rightarrow \phi = 1.1$

$$\text{Carga total mayorada} = 1900\text{Kg} * 1.4 * 1.1 = 2926\text{Kg} \approx 2950\text{Kg}$$

4.2.2.2 Estática general de la viga principal. La viga principal del pórtico siempre debe estar en posición horizontal, por otro lado, las estibas no van ubicadas en el centro de la viga debido a su disposición sobre el planchón del camión.

Figura 34. Fuerzas sobre la viga principal.



$$\Rightarrow \sum F_y = 0 ; F_A + F_B = 2950\text{Kg}$$

$$\Rightarrow \sum M_A = 0 \quad \curvearrowright$$

$$(F_B * 3) - (2950 * 0.85) = 0$$

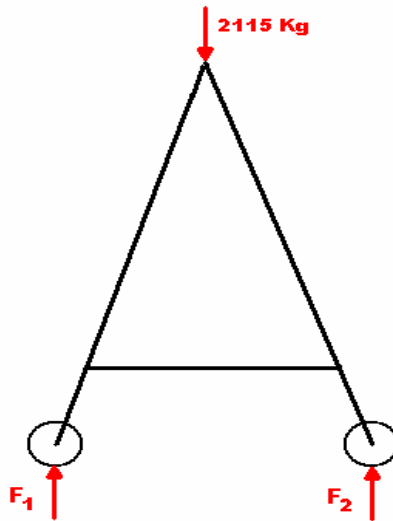
$$F_B = 835.8\overline{3}\text{Kg}$$

$$F_A = 2950 - F_B ; F_A = 2114.1\overline{6}\text{Kg} \approx 2115\text{Kg}$$

4.2.2.3 Estática general de los laterales. Para el análisis estático de los laterales, se utiliza la carga F_A obtenida anteriormente. Se consideran los casos de inclinación cero e inclinación máxima de los laterales.

- **Lateral completamente horizontal.** Para el caso en el que el lateral se encuentra sobre una superficie totalmente horizontal, la distribución de cargas es completamente simétrica.

Figura 35. Distribución de cargas para el lateral completamente horizontal.



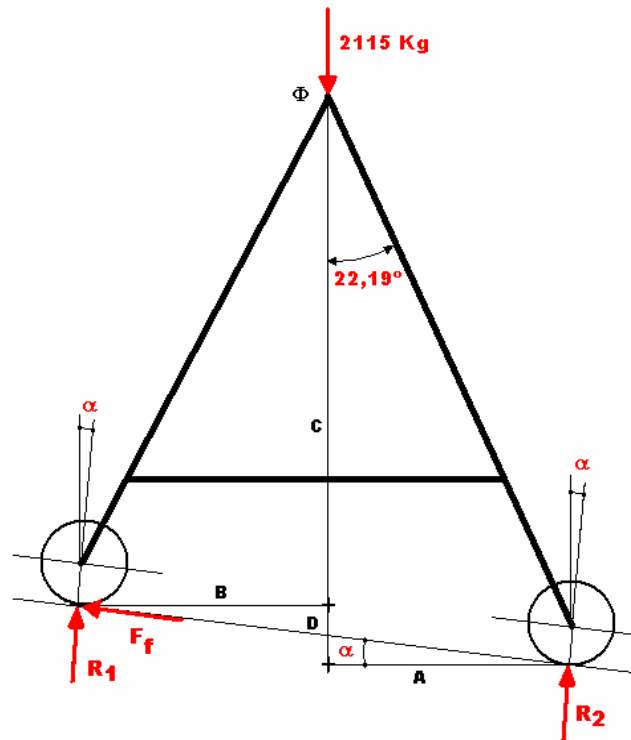
Por simetría: $F_1 = F_2$

$$\Rightarrow \sum Fy = 0 ; \frac{2115}{2} = F_1 = F_2$$

F_1 y $F_2 = 1057,5Kg$ $\Rightarrow$ Fuerza soporta el eje de cada rueda del lateral.

- **Lateral con su inclinación máxima.** Teniendo en cuenta los casos en los que el suelo no es completamente horizontal, el lateral del pórtico tiene la capacidad de adaptarse a cierto grado de inclinación.

Figura 36. Distribución de cargas para la inclinación máxima de los laterales.



$$A = (2.7 * \text{sen} 22.19) - (0.25 * \text{sen} \alpha)$$

$$B = [(2.7 - 0.3) * \text{sen} 22.19] + (0.25 * \text{sen} \alpha)$$

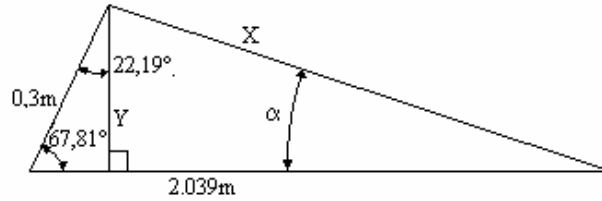
$$C = (2.4 * \cos 22.19) + (0.25 * \cos \alpha)$$

$$D = [(2.7 * \cos 22.19) + (0.25 * \cos \alpha)] - C$$

El ángulo α está determinado por la longitud telescópica de los tubos en los laterales y por la geometría del mismo.

$\Rightarrow$ Longitud máxima de los telescopios = 30cm

Figura 37. Triangulo de inclinación máxima de los laterales.



$$\Rightarrow X^2 = 0.3^2 + 2.039^2 - 2(0.3)(2.039)\cos(67,81^\circ)$$

$$X^2 = 4.248 - 0.462$$

$$X = \sqrt{3.786}$$

$$X = 1.946$$

$$\Rightarrow \frac{0.3}{\sin \alpha} = \frac{1.946}{\sin 67,81^\circ} \Rightarrow \alpha = 8.21^\circ$$

$$Y = X \sin \alpha = 0.278m$$

Ahora:

$$A = 0.984m ; B = 0.942m ; C = 2.47m ; D = 0.278m$$

$$\Rightarrow \sum Fy = 0 ; R_1 * \cos \alpha + F_F * \sin \alpha + R_2 * \cos \alpha = 2115$$

$$\Rightarrow \sum Fx = 0 ; R_1 * \sin \alpha + R_2 * \sin \alpha - F_F * \cos \alpha = 0$$

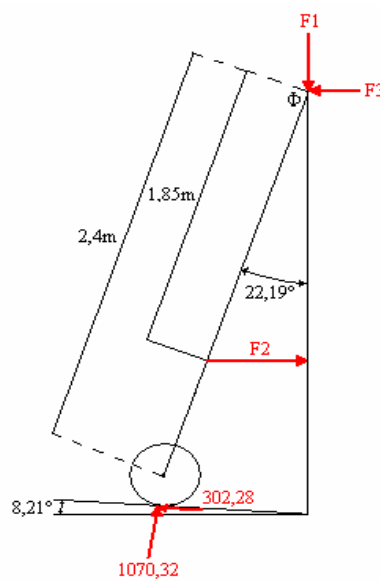
$$\Rightarrow \sum M\phi = 0 ; (R_2 * \cos \alpha * A) + [R_2 * \sin \alpha * (C + D)] + (R_1 * \sin \alpha * C) - (R_1 * \cos \alpha * B) - (F_F * \cos \alpha * C) - (F_F * \sin \alpha * B) = 0$$

$$R_1 = 1070.32Kg ; R_2 = 1022.38Kg ; F_F = 302.28Kg$$

Debido a que los resultados de las fuerzas obtenidos para el caso de máxima inclinación de los laterales son mayores que en el caso en el que éstos están completamente horizontales, los cálculos de fuerzas internos se muestran solo para éste caso crítico.

4.2.2.4 DCL lado de la rueda con seguro. Para este lado del lateral existe una fuerza adicional debida a la fricción de la rueda con el suelo, pero la longitud total de los tubos es menor debido a que la unión telescópica se encuentra retraída.

Figura 38. DCL lado de la rueda con seguro.



$$\sum F_y = 0 ; (1070,32 * \cos 8,21^\circ) + (302,28 * \sen 8,21^\circ) - F_1 = 0$$

$$\sum F_x = 0 ; (1070,32 * \sen 8,21^\circ) + F_2 - (302,28 * \cos 8,21^\circ) - F_3 = 0$$

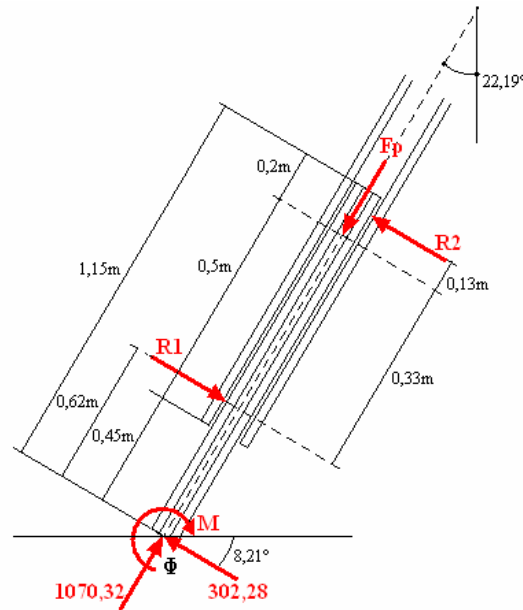
$$\begin{aligned} \sum M_\phi = 0 ; & (F_2 * 1,85 * \cos 22,19^\circ) + (1070,32 * \sen 8,21^\circ * 2,47) - (1070,32 * \cos 8,21^\circ * 0,942) \\ & - (302,28 * \cos 8,21^\circ * 2,47) - (302,28 * \sen 8,21^\circ * 0,942) = 0 \end{aligned}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos los siguientes resultados:

$$F_1 = 1102,51Kg ; F_2 = 817,12Kg ; F_3 = 670,78Kg$$

4.2.2.5 DCL unión telescópica del lado de la rueda con seguro. La unión telescópica de los tubos del lateral se comporta como un empotramiento, produciendo una fuerza de reacción en cada extremo.

Figura 39. DCL unión telescópica del lado de la rueda con seguro.



$$\Rightarrow \boxed{M = 302,28 * 0,25 = 75,57 [Kg * m]}$$

$$\sum F_x = 0 ; (1070,32 * \text{sen} 8,21^\circ) - (302,28 * \cos 8,21^\circ) + (R_1 * \cos 22,19^\circ) - (F_p * \text{sen} 22,19^\circ) - (R_2 * \cos 22,19^\circ) = 0$$

$$\sum F_y = 0 ; (1070,32 * \cos 8,21^\circ) + (302,28 * \text{sen} 8,21^\circ) - (R_1 * \text{sen} 22,19^\circ) - (F_p * \cos 22,19^\circ) + (R_2 * \text{sen} 22,19^\circ) = 0$$

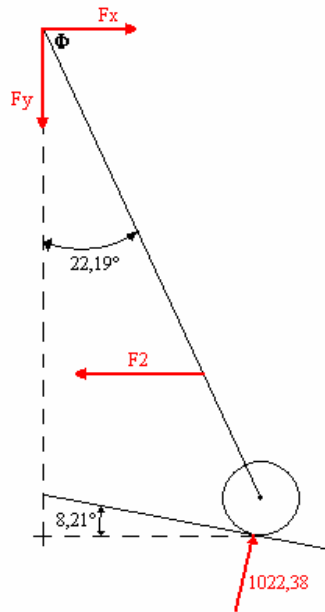
$$\sum M_\phi = 0 ; (R_2 * 1,08) - (R_1 * 0,62) - 75,57 = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos los siguientes resultados:

$$\boxed{F_p = 965,59 Kg ; R_1 = 1460,04 Kg ; R_2 = 908,14 Kg}$$

4.2.2.6 DCL lado de la rueda sin seguro. En este lado del lateral la rueda es libre y no existe fuerza de fricción, sin embargo los tubos están completamente extendidos.

Figura 40. DCL lado de la rueda sin seguro.



$$\sum F_x = 0 ; F_x - F_2 + 1022,38 * \text{sen} 8,21^\circ = 0$$

$$\sum F_y = 0 ; 1022,38 * \cos 8,21^\circ - F_y = 0$$

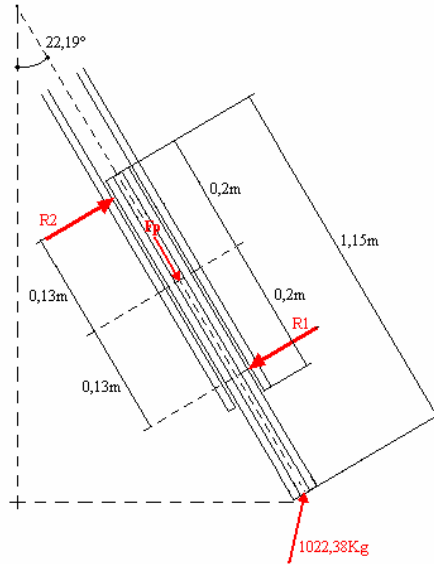
$$\sum M_\phi = 0 ; (1022,38 * \cos 8,21^\circ * 0,984) - (F_2 * \cos 22,19^\circ * 1,85) + (1022,38 * \text{sen} 8,21^\circ * 2,75) = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos los siguientes resultados:

$$F_x = 669,66 \text{Kg} ; F_y = 1011,9 \text{Kg} ; F_2 = 815,66 \text{Kg}$$

4.2.2.7 DCL unión telescópica del lado de la rueda sin seguro. La unión telescópica presenta el mismo comportamiento que para el lado opuesto, cambian los valores de las cargas.

Figura 41. DCL unión telescópica del lado de la rueda sin seguro.



$$\begin{aligned}\sum F_x &= 0 ; (R_2 * \cos 22,19^\circ) + (F_p * \sin 22,19^\circ) - (R_1 * \cos 22,19^\circ) + (1022,38 * \sin 8,21^\circ) = 0 \\ \sum F_y &= 0 ; (R_2 * \sin 22,19^\circ) - (F_p * \cos 22,19^\circ) - (R_1 * \sin 22,19^\circ) + (1022,38 * \cos 8,21^\circ) = 0 \\ \sum M_\phi &= 0 ; -R_2 * 0,13 - R_1 * 0,13 + (1022,38 * \cos 8,21^\circ * 0,359) + (1022,38 * \sin 8,21^\circ * 0,88) = 0\end{aligned}$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones obtenemos los siguientes resultados:

$$R_1 = 2103,21Kg ; R_2 = 1585,85Kg ; F_p = 881,82Kg$$

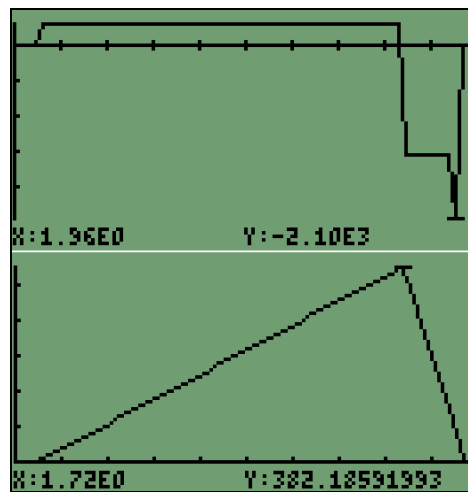
Debido a que los resultados de las cargas en los tubos son ampliamente mayores para este último caso, se toman estos valores de carga para el análisis y la selección de la tubería.

4.2.2.8 Análisis del Tubo superior del telescópico. Este análisis fue realizado con la ayuda del programa “VigaG” de la calculadora HP 48G, al cual se le suministraron los valores de las cargas críticas y las longitudes respectivas y se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 42. Diagrama de cargas para el tubo superior del telescópico.



Figura 43. Diagramas cortante y momento del tubo superior del telescópico.



Selección del diámetro de tubería basada en los esfuerzos por momento flector en el tubo. Datos tomados del catalogo de tubería estructural suministrado por “Ferretería Reina S.A.”.

Tabla 5. Selección de diámetro de tubería del tubo superior del telescópico.

Selección diámetro tubo Superior						
De (mm)	E. pared (mm)	Di (mm)	I (m ⁴)	M (N m)	Esfuerzo (Pa)	F. Seguridad
101,6	8,08	85,44	2,61466E-06	3773,6127	73317297,44	3,291447018
101,6	5,74	90,12	1,99268E-06	3773,6127	96201669,73	2,508480369
88,9	7,62	73,66	1,62094E-06	3773,6127	103481516,2	2,33201067
88,9	5,49	77,92	1,2565E-06	3773,6127	133495033,8	1,807707696
73	7,01	58,98	7,99992E-07	3773,6127	172172814,2	1,401615006
73	5,16	62,68	6,36315E-07	3773,6127	216460067,6	1,114847661

$$\Rightarrow Di = De - 2 * E.Pared$$

$$\Rightarrow I = \frac{\pi}{64}(De^4 - Di^4)$$

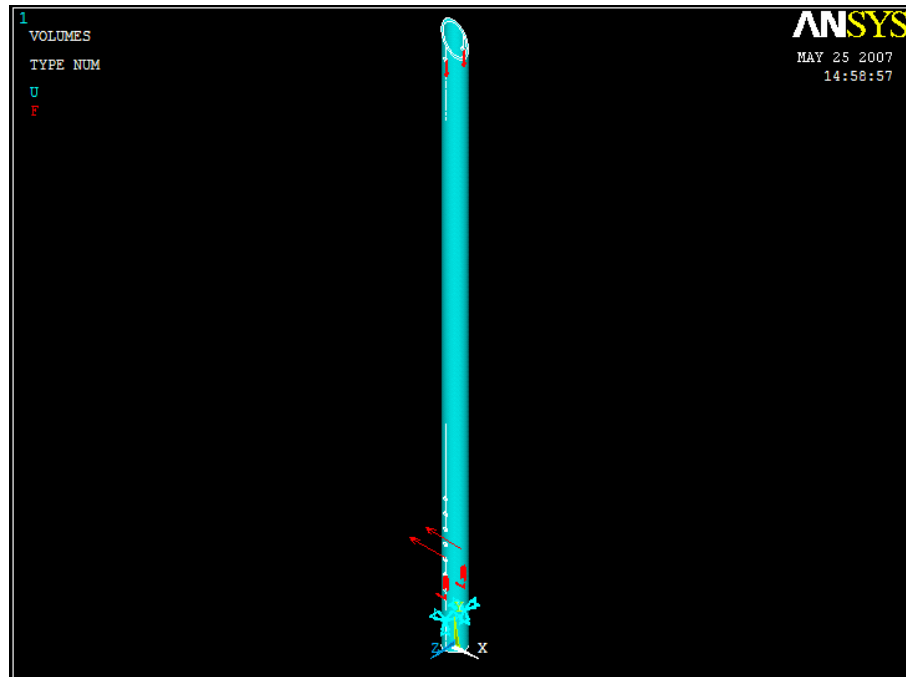
$$\Rightarrow M_{Max} = 384.67[Kg * m]$$

$$\Rightarrow Esfuerzo = \frac{M * \left(\frac{De}{2}\right)}{I}$$

$$\Rightarrow F.Seguridad = \frac{Fy}{Esfuerzo} ; Fy = 241.32MPa \text{ (Acero ASTM A53 Grado B)}$$

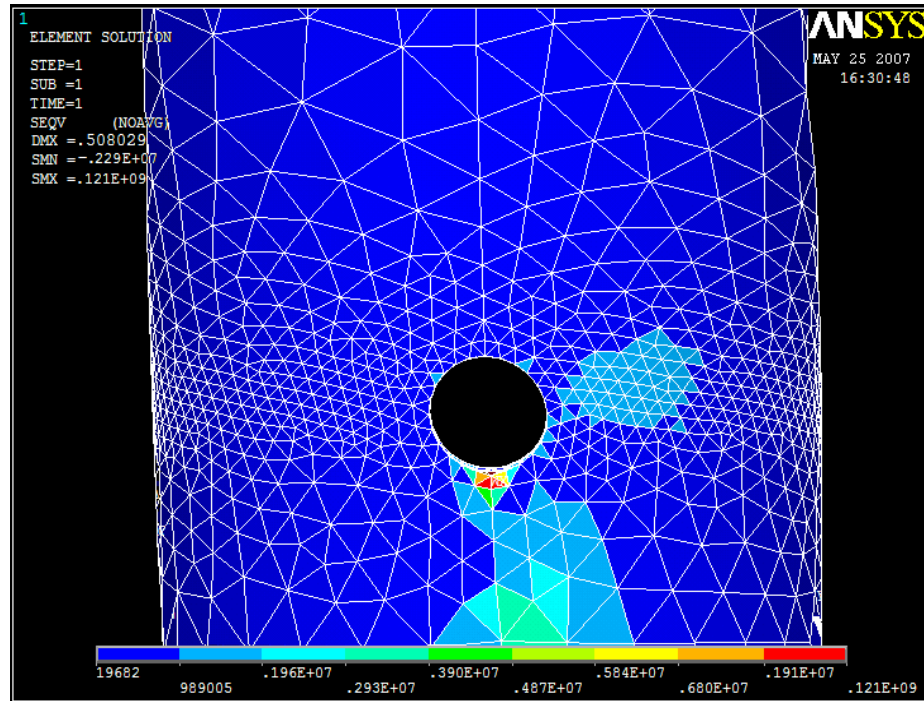
- **Chequeo en software CAE (Ansys):** Los valores geométricos y de cargas, obtenidos anteriormente, se le suministraron al programa con el fin de realizar una comprobación y de obtener un análisis más acertado teniendo en cuenta los diferentes concentradores de esfuerzos.

Figura 44. Cargas para el análisis CAE del tubo superior.



En la figura se observan las direcciones de las cargas y los puntos de aplicación. Los agujeros de la unión telescópica representan concentradores de esfuerzo como se verá a continuación.

Figura 45. Resultados del análisis CAE del tubo superior.



Claramente se observa la concentración del esfuerzo en el agujero en donde se encuentra el pasador.

Tabla 6. Resultados análisis tubo superior del telescópico.

Cálculos manuales		Verificación software CAE	
Esfuerzo máximo	F. de seguridad	Esfuerzo máximo	F. de seguridad
133.5 (MPa)	1.81	121 (MPa)	1.9811

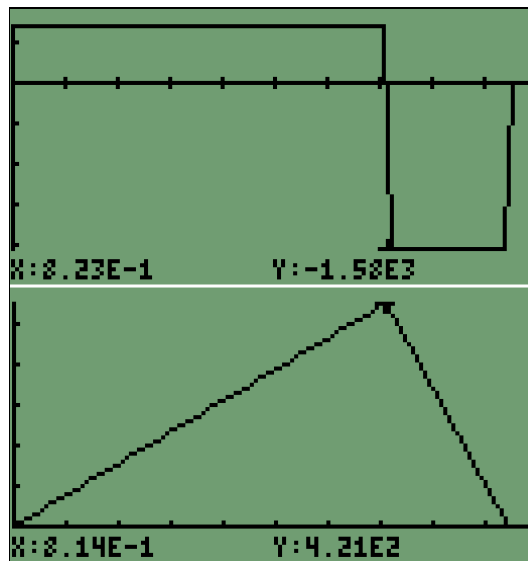
4.2.2.9 Análisis del Tubo inferior del telescópico. Este análisis fue realizado con la ayuda del programa “VigaG” de la calculadora HP 48G, al cual se le

suministraron los valores de las cargas críticas y las longitudes respectivas y se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 46. Diagrama de cargas para el tubo inferior del telescópico.



Figura 47. Diagramas cortante y momento del tubo inferior del telescópico.



Selección del diámetro de la tubería basada en los esfuerzos por momento flector en el tubo. Se utilizan las mismas ecuaciones utilizadas para el análisis del tubo superior.

$$\Rightarrow M_{Max} = 421.84 [Kg * m]$$

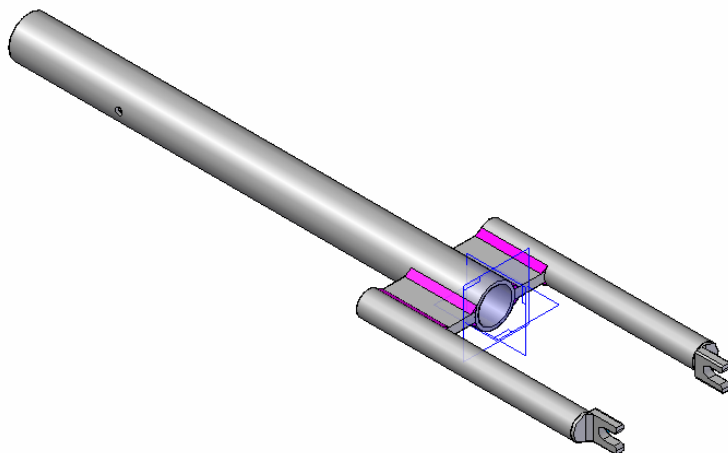
Tabla 7. Selección de diámetro de tubería del tubo inferior del telescópico.

Selección diámetro tubo inferior						
De (mm)	E. pared (mm)	Di (mm)	I (m ⁴)	M (N m)	Esfuerzo (Pa)	F. Seguridad
88,9	7,62	73,66	1,62094E-06	4138,2504	113480757	2,126527936
88,9	5,49	77,92	1,2565E-06	4138,2504	146394429,2	1,648423382
73	7,01	58,98	7,99992E-07	4138,2504	188809576,9	1,278113134
73	5,16	62,68	6,36315E-07	4138,2504	237376231,3	1,016614
60,3	3,91	52,48	2,76647E-07	4138,2504	451001663,3	0,535075632
60,3	5,54	49,22	3,60896E-07	4138,2504	345717731	0,698026102

Se aceptan valores de factor de seguridad cercanos a 1 debido a que anteriormente se había realizado la mayoración de la carga que induce un factor de seguridad mínimo de 1.6. Para el caso del tubo inferior, se realizó el análisis CAE incluyendo la geometría del tenedor en donde se alojarán las ruedas del pórtico. A continuación se muestra el análisis de la pieza completa.

4.2.2.10 Tenedor para las ruedas. El diseño de esta pieza se realizó teniendo en cuenta los diámetros de tubería previamente seleccionados para el tubo inferior del telescópico.

Figura 48. Modelo CAD tubo inferior y tenedor.



Debido a la geometría especial de la pieza, el análisis se realizó en software CAE (Ansys), suministrándole las cargas previamente obtenidas.

Figura 49. Cargas para el análisis CAE del tubo inferior y tenedor.

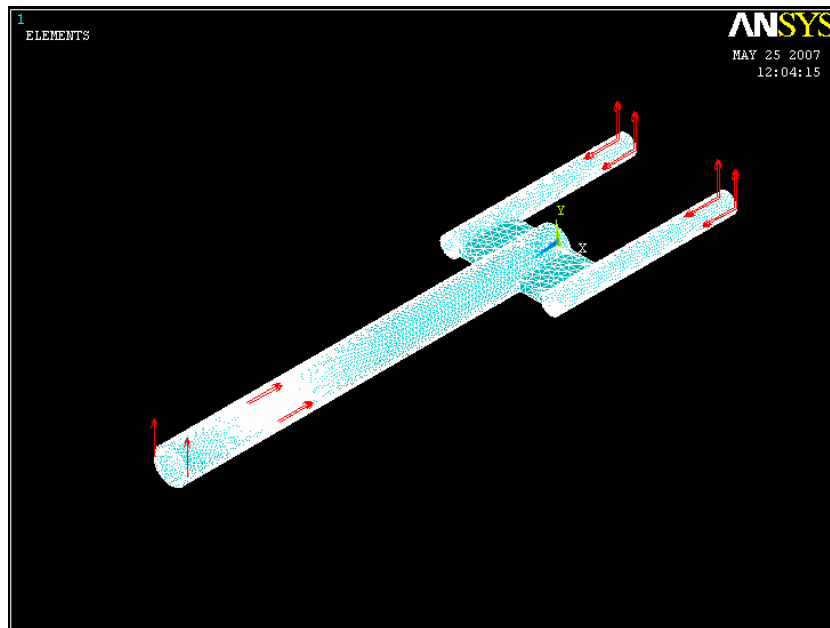
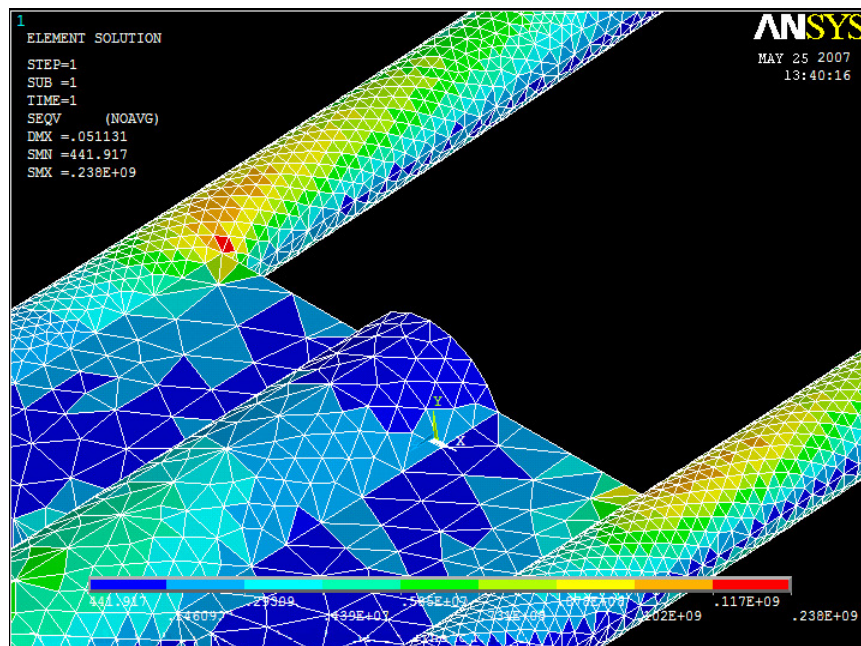


Figura 50. Resultados del análisis CAE del tubo inferior y tenedor.



Como se observa, el esfuerzo mayor se presenta en la unión de los tubos del tenedor. Como se había visto anteriormente, se acepta cualquier factor mayor que 1 debido a la mayoración previa de la carga.

Tabla 8. Resultados análisis tubo inferior del telescópico.

Cálculos manuales		Verificación software CAE	
Esfuerzo máximo	F. de seguridad	Esfuerzo máximo	F. de seguridad
237.4 (MPa)	1.016	238 (MPa)	1.01

- **Soldadura del Tenedor de las Ruedas**

Para este calculo se utilizo el método presentado en el Capitulo 9 del libro “Diseño en Ingeniería Mecánica” de Shigley, 6a edición.

Verificación por Cortante

Datos:

- Tipo de Electrodo: E6011, $S_y = 345 \text{ MPa}$, $\tau = 172,5 \text{ MPa}$
- Fuerza Cortante: $F = 241,4 \text{ Kg.} = 2368,13 \text{ N}$

Nota: Debido a que el tubo inferior se separa en dos tubos para darle forma al tenedor, la fuerza del tubo se divide en dos.

- Longitud del cordón: $\ell = 0,12 \text{ m}$
- Garganta: t

Cálculo:

$$\tau = \frac{F}{t * \ell} ; 172,5 * 10^6 = \frac{2368,13}{t * 0,12}$$

$$t = 1.144 * 10^{-4} \text{ m}$$

Para efectos de seguridad tomamos un cordón de $t = 3 \text{ mm}$

Verificación por Torsión

Datos:

- Tipo de Electrodo: E6011, $S_y = 345 \text{ MPa}$, $\sigma = 172,5 \text{ MPa}$
- Momento: $M = 1345,22 \text{ N-m}$
- Longitud del Cordón: $d = 0,12 \text{ m}$
- Distancia de separación entre las dos soldaduras: $b = 0,015875 \text{ m}$
- Garganta: $t = 0,003 \text{ m}$
- Distancia de la fibra mas lejana desde el centroide: $r = 0,0605 \text{ m}$
- Segundo momento polar de inercia del área: $J = t^* J_u$

Cálculo:

$$J_u = \frac{d^3(3b^2 + d^2)}{6} ; \text{ Tabla 9 - 2, pag 545}$$

$$J_u = \frac{0,12^3(3 * 0,01587^2 + 0,12^2)}{6} = 3,031 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$J = 0,003 * 3,031 * 10^{-4} = 9,09 * 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$\tau = \frac{M * r}{J} = \frac{1345,22 * 0,0605}{9,09 * 10^{-7}} = 89,6 \text{ Mpa} \leq 172,5 \text{ Mpa}$$

Con este resultado verificamos que la soldadura resiste por torsión.

4.2.2.11 Conjunto de las ruedas. Este conjunto consta de 3 elementos que son, las llantas, los rines y los bocines. Estos elementos fueron seleccionados basados en dos criterios principales: La carga a soportar y el tipo de terreno para la aplicación.

Se buscaron unas llantas de tamaño intermedio para evitar atascamientos debidos a las irregularidades del terreno y que a la vez fueran prácticas para su traslado. La carga máxima a soportar es de 1070,32 Kg.

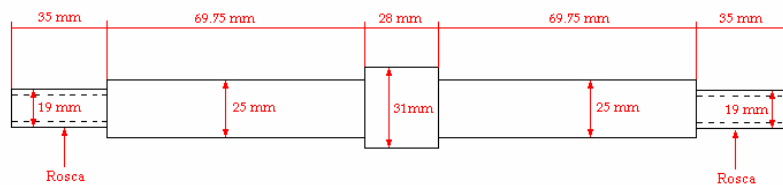
Tabla 9. Catalogo llantas Solideal

Size	PR	Tread	Tube	Valve	Recommended Rim	OD (in.)	Section Width (in.)	Infl. Pressure (psi)	Load Cap. Forklifts to 16 mph - Load (lbs.)	Load Cap. Forklifts to 16 mph - Steer (lbs.)	Load Cap. Other Vehicles 6 mph (lbs.)	Load Cap. Other Vehicles 16 mph (lbs.)	Load Cap. Side Loaders - Static (lbs.)	Weight (lbs.)
4.00 - 8	6	ED	4.00 - 8	JS2	2.5	16.00	4.30	115	1720	1320	1720	1323	1996	11.5
4.00 - 8	8	ED	4.00 - 8	JS2	2.5	16.00	4.30	120	2725	2095	2723	2095	3164	13.2
5.00 - 8	10	ED	5.00 - 8	JS2	3.00/3.25/3.75	18.75	5.63	145	3120	2403	3120	2403	3627	14.3
16 X 6 - 8	16	ED	16 X 6 - 8	V3-02-05	4.33	17.10	6.46	131	3484	2679	3484	2679	4046	15.4
18 X 7 - 8	16	ED	18 X 7 - 8	V3-02-05	4.33	18.56	7.37	145	4730	3640	4730	3638	5490	18.5

En la tabla anterior se muestra el tipo de llanta seleccionada con sus diferentes dimensiones y capacidad de carga. Debido a que en la empresa se utiliza este tipo de llanta para diversos equipos de transporte, se disponía del conjunto completo para las ruedas seleccionadas.

4.2.2.12 Eje de las ruedas. Este eje no gira, simplemente soporta los rodamientos sobre los que gira el bocín de la rueda. Su análisis es el de una viga simple.

Figura 51. Diagrama general del eje de las ruedas.



El análisis se realizó para el caso crítico en el que la carga de 1070,32 Kg. está ubicada en el centro del eje. Los diagramas fueron realizados con la ayuda del programa de vigas de la calculadora HP 48G.

Figura 52. Diagrama de cargas del eje de las ruedas.

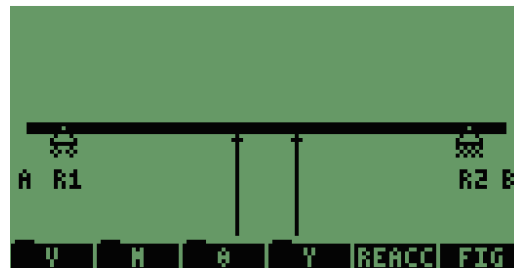
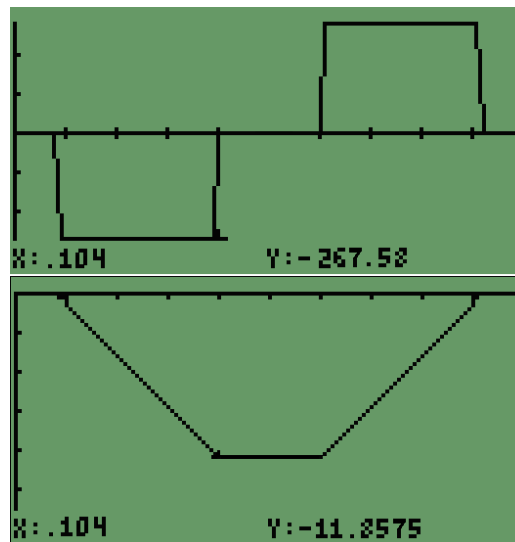


Figura 53. Diagramas de cortante y momento para el eje de las ruedas.



A continuación se muestran los cálculos de resistencia para hallar los diámetros mínimos en cada una de las secciones del eje:

- Sección Crítica (momento máximo):

$$M = 11.8575 [Kg * m]$$

$$\sigma = \frac{M * c}{I} ; I = \frac{\pi * d_{Min}^4}{64} ; c = \frac{d_{Min}}{2}$$

Tomamos Acero 1020 $\Rightarrow F_y = 207 \text{ MPa}$ y un factor de seguridad de 1.3

$$r = 2 \text{ mm} ; D/d = 1.23 ; r/d = 0.057$$

Según tabla de concentrador de esfuerzos (Modulo de fatiga Alfredo Parada);

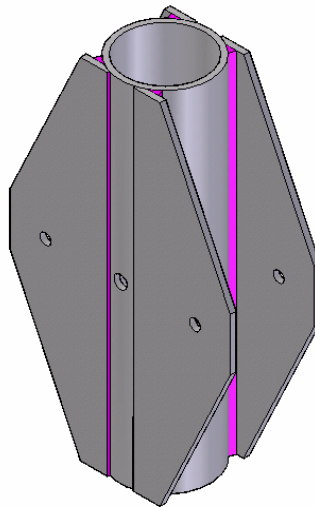
$$K_t = 1.90$$

$$\frac{207 * 10^6}{1.3} = 1.90 * \frac{116.322 * (d_{\min}/2)}{\pi * d_{\min}^4 / 64}$$

$$d_{\min} = 0.0242 \text{ m} \approx 2.42 \text{ cm} \Rightarrow \text{O.K.}$$

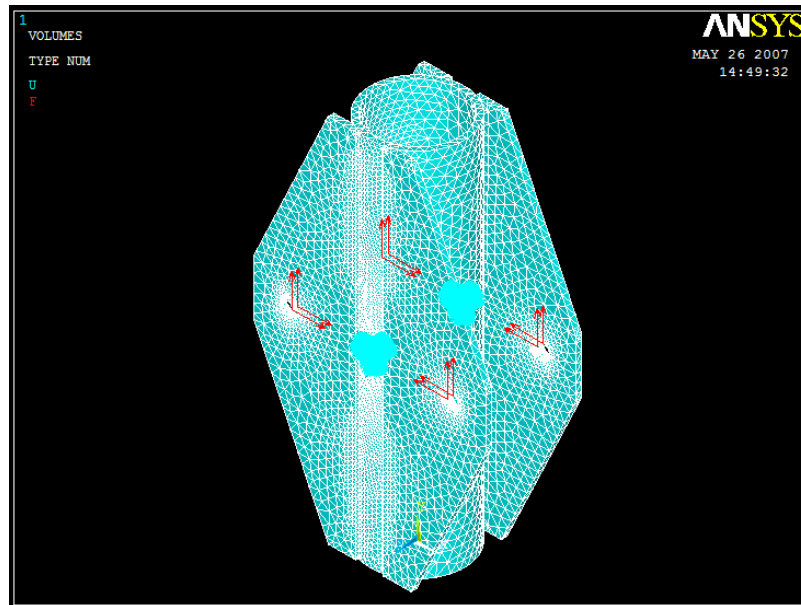
4.2.2.13 Unión "T".

Figura 54. Modelo CAD de la unión "T".



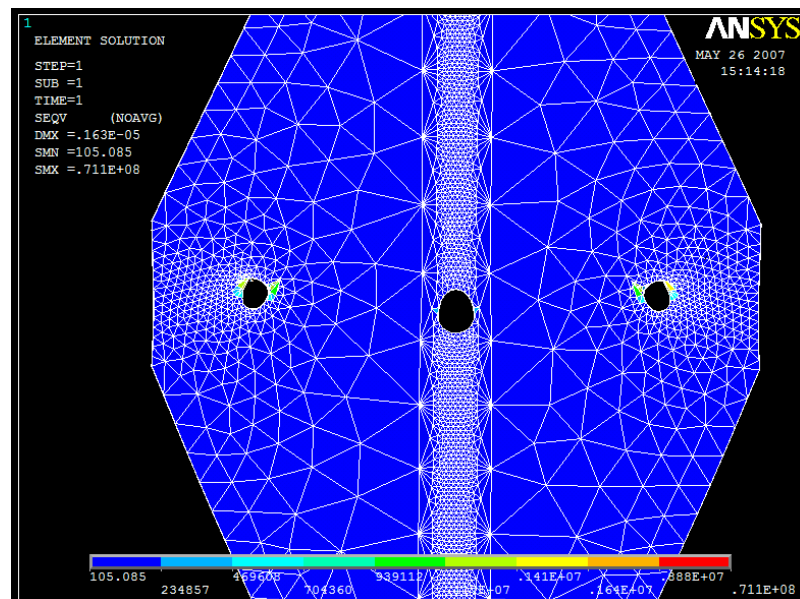
La "T" es la encargada de unir los elementos que conforman el lateral, en esta convergen los tubos superiores del telescópico y el tubo vertical que une el lateral con la viga principal (Tubo Viga-T), todas estas uniones están dadas por pasadores. Su estructura se basa en un tubo central de $3\frac{1}{2}$ pulg. en el cual se ubica el tubo "Viga-T", las extensiones son laminas de acero en donde se acoplan los tubos superiores del lateral.

Figura 55. Cargas para el análisis CAE de la unión "T".



Para el análisis CAE se usaron las fuerzas del cálculo manual, se aplicaron las fuerzas de los tubos superiores del telescopico y se ancló el tubo central de la "T"; en la figura también se puede apreciar el tipo de malla utilizado.

Figura 56. Resultados del análisis CAE para la unión "T".



En la anterior figura se observa un detalle del estrés al que son sometidos los concentradores de esfuerzos de la "T", como se puede apreciar, gracias a la escala de colores, los agujeros críticos son los de las extensiones pero aun se encuentran bajo esfuerzos admisibles. El software nos indico que esta pieza cuenta con un factor de seguridad de **3.39**, lo que aprueba el diseño.

- **Soldadura Unión "T"**

Para este calculo se utilizo el método presentado en el Capitulo 9 del libro "Diseño en Ingeniería Mecánica" de Shigley, 6a edición.

Verificación por Cortante

Datos:

- Tipo de Electrodo: E6011, $S_y = 345 \text{ MPa}$, $\sigma = 172,5 \text{ MPa}$
- Fuerza Cortante: $F = 551,3 \text{ Kg.} = 5408,253 \text{ N}$
- Nota: Debido a que existen dos aletas por cada tubo la fuerza de este último se divide en dos.
- Longitud del Cordón: $\ell = 0,4 \text{ m}$
- Garganta: $t = 0,707 \cdot h$

Cálculo:

$$\tau = \frac{F}{t \cdot \ell} ; 172,5 \cdot 10^6 = \frac{5408,253}{(0,707 \cdot h) \cdot 0,4}$$

$$h = 1,11 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Para efectos prácticos y de seguridad se usa un cordón de $h = 5 \text{ mm}$

Verificación por Torsión

Datos:

- Tipo de Electrodo: E6011, $S_y = 345 \text{ MPa}$, $\sigma = 172,5 \text{ MPa}$
- Momento: $M = 306 \text{ N-m}$

- Longitud del Cordón: $d = 0,4 \text{ m}$
- Garganta: $t = 0,707 \cdot h$
- $h = 0,005 \text{ m}$
- Distancia de la fibra mas lejana: $r = 0,2 \text{ m}$
- Segundo momento polar de Inercia de área unitaria: $J_u = d^3/12$
- Segundo momento polar de inercia del área: $J = 0,707 \cdot h \cdot J_u$

Cálculo:

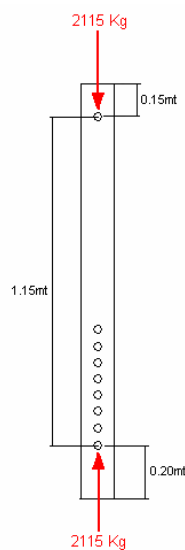
$$J = 0,707 \cdot 0,005 \cdot \frac{0,4^3}{12} = 1,89 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$\tau = \frac{M \cdot r}{J} = \frac{306 \cdot 0,2}{1,89 \cdot 10^{-5}} = 3,23 \text{ Mpa} \leq 172,5 \text{ Mpa}$$

Con este resultado verificamos que la soldadura resiste por torsión.

4.2.2.14 Tubo “Viga - T”. Este tubo va en el extremo superior de los laterales y conecta la “T” con la viga principal del pórtico. El diámetro externo de éste tubo se basa en el diámetro interno del tubo central de la “T”. El tubo trabaja a compresión y se chequea según la teoría de columnas.

Figura 57. Diagrama del Tubo “Viga - T”.



Cálculos:

$$\frac{\mu \times L}{r} \text{ vs } Cc$$

$$r = \sqrt{I/A}$$

$$L = \text{Distancia entre apoyos} = 1.15 \text{ m}$$

$$\mu = \text{Factor de apoyos} = 1$$

$$I = \frac{1}{4} \pi (r_e^4 - r_i^4)$$

$$A = \pi (r_e^2 - r_i^2)$$

⇒ Se utilizará tubo de acero ASTM A-53 Grado B, diámetro externo 88.9mm, cédula 40 (diámetro interno 77.9mm).

$$Cc = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{S_{y_c}}} ; E_{(\text{Acero})} = 206.84 [\text{MPa}] ; S_{y_c} = 120.6 [\text{MPa}]$$

$$\Rightarrow \frac{\mu L}{r} = 19.45 ; Cc = 5.82$$

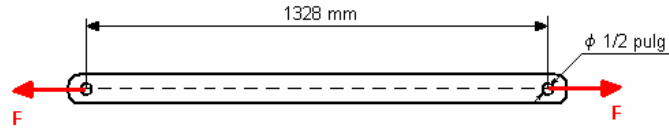
$$\boxed{\frac{\mu L}{r} \geq Cc \Rightarrow \text{Formula de Euler}}$$

$$\frac{Pc}{A} = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{\mu L}{r}\right)^2} \Rightarrow Pc = 30361,74 [\text{N}]$$

$$\boxed{N = Pc/P_n \Rightarrow \text{Factor de seguridad} = 1.4633}$$

4.2.2.15 Tubo horizontal. Este tubo horizontal cumple la función de mantener los tubos del lateral en la posición requerida, solo trabaja a tensión. Tomamos Acero ASTM A-36; $S_y = 248 \text{ MPa}$.

Figura 58. Diagrama general del tubo horizontal.



Cálculos:

$$F = \frac{818 \text{ Kg}}{2} = 409 \text{ Kg} \quad ; \quad F = 4012,3 \text{ N}$$

$$A = b * h \quad ; \quad h = H - \left(\frac{1}{2} \text{ pulg.}\right)$$

$$S_y = \frac{F}{A} \quad ; \quad 248 * 10^6 = \frac{4012,3}{A}$$

$$A = 1,62 * 10^{-5} \text{ m}^2 = 0,162 \text{ cm}^2$$

⇒ Se utilizará tubería de acero.

4.2.2.16 Pasadores. Los pasadores soportan las cargas en las diferentes uniones de la estructura, su diseño se hace por esfuerzo cortante doble.

- **Pasadores Unión T-Tubo Superior de la unión telescópica:**

Variables:

P = Fuerza Cortante

D = Diámetro del Pasador

A cortante = Área Transversal del Pasador

Cálculos:

$$P = \sqrt{1102,51^2 + 670,78^2} = 1290,53 \text{ Kg} = 12660,12 \text{ N}$$

Acero A-36 con $F_y = 248 \text{ MPa}$ y un factor de seguridad de 1,5 tenemos:

$$\tau = \frac{P}{A \text{ cortante}} \quad ; \quad A \text{ cortante} = \left[\frac{\pi * D^2}{4} \right] * 2$$

$$\tau = \frac{F_y}{2} * \frac{1}{N_s} = \frac{248 \text{ MPa}}{2 * 1,5} = 82,67 \text{ MPa}$$

$$D = \sqrt{\frac{12660,12 * 2}{82,67 * 10^6 * \pi}}$$

$$D = 0,00987 \text{ m} = 9,87 \text{ mm}$$

- **Pasadores Unión telescópica:**

Se utiliza el mismo acero y el mismo factor de seguridad del caso anterior.

Cálculos:

$$P = 979,18 \text{ Kg} = 9605,76 \text{ N} \quad ; \quad \tau = 82,67 \text{ MPa}$$

$$D = \sqrt{\frac{9605,76 * 2}{82,67 * 10^6 * \pi}}$$

$$D = 0,0086 \text{ m} = 8,6 \text{ mm}$$

- **Pasadores Unión T - Tubo "Viga - T":**

Se utiliza el mismo acero y el mismo factor de seguridad del caso anterior.

Cálculos:

$$P = 2115 \text{ Kg} = 20749 \text{ N} \quad ; \quad \tau = 82,67 \text{ MPa}$$

$$D = \sqrt{\frac{20749 * 2}{82,67 * 10^6 * \pi}}$$

$$D = 0,0126 \text{ m} = 12,6 \text{ mm}$$

Con el fin de estandarizar todos los pasadores, se utilizaran pasadores de varilla de acero de 1/2 pulgada de diámetro.

4.2.2.17 Viga Principal. Como viga principal del pórtico, se decidió construir una celosía a base de tubería, debido a la ventaja de peso que representa sobre los perfiles laminados de alma llena. La carga de diseño es la misma

utilizada para el análisis de los laterales teniendo en cuenta la mayoración realizada. Para el diseño completo de la viga se utilizó SAP 2000 (Structural Analysis Program).

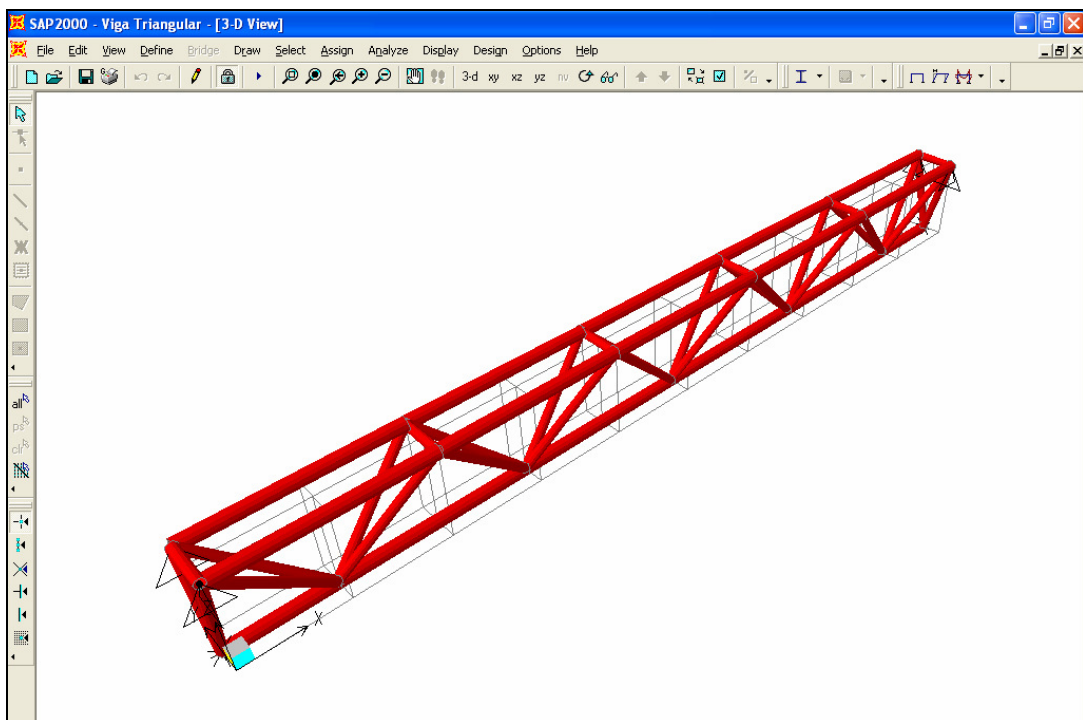
- **Cargas de diseño**

Las cargas de diseño de la viga fueron ubicadas en la mitad de la longitud total de la misma, debido a que este caso es el más crítico.

- $F_z = -2950\text{Kg}$
- $F_y = -400\text{Kg}$

En cada extremo se ubicaron restricciones de movimiento que simulan la acción de los laterales del pórtico y producen las respectivas reacciones.

Figura 59. Geometría de la viga principal.

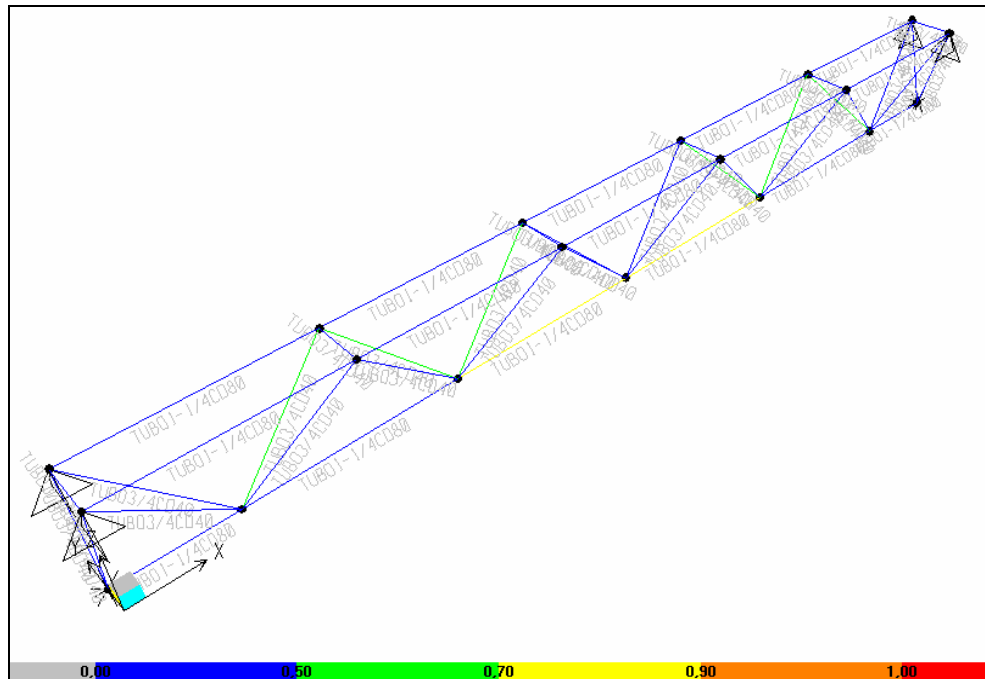


La viga esta constituida de la siguiente manera:

- Geometría:
 - Sección triangular de 30cm de alto por 15cm de ancho.
 - Longitud total de 3m.
 - 10 divisiones a lo largo de su longitud (30cm c/u), en donde se ubican los nodos.
- Tubería:
 - Tubería en acero ASTM A-53, $S_y = 241.32\text{MPa} = 2460.78\text{Kg/cm}^2$
 - Tres tubos principales de 1-1/4 de pulgada Cd 80
 - El resto de la tubería es de 3/4 de pulgada Cd 40

Después de realizar el montaje de la sección con sus cargas y apoyos en los extremos se obtuvieron los siguientes resultados, unidades en (Kg, cm y °C):

Figura 60. Resistencia de los tramos de tubería de la viga principal.

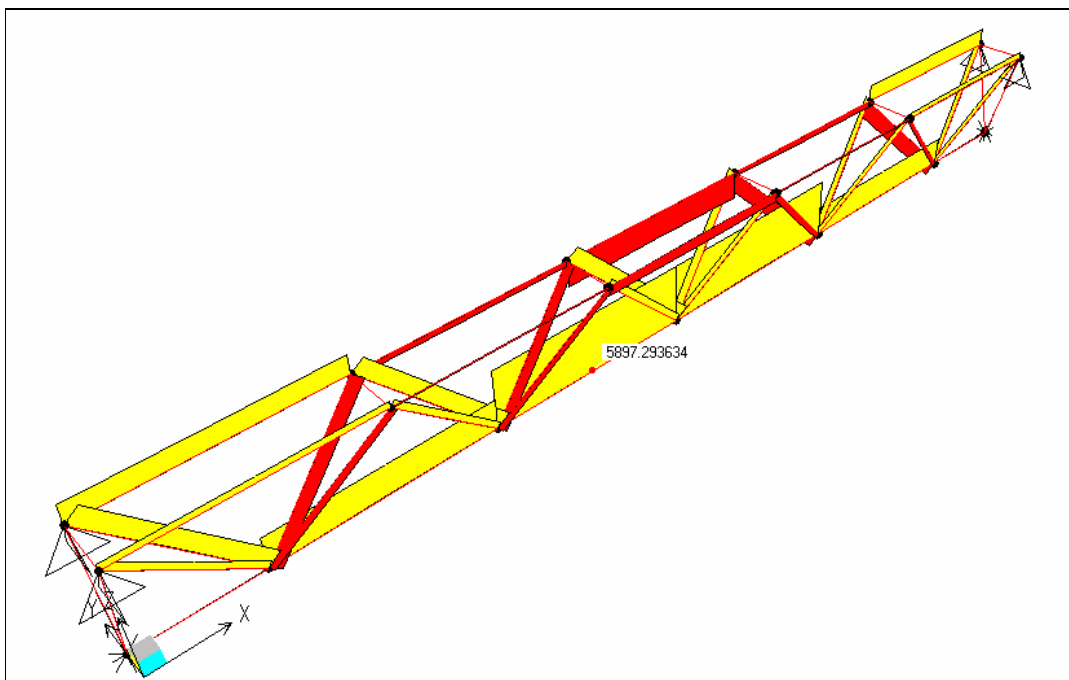


El programa muestra la tubería en diferentes colores dependiendo del nivel de esfuerzo que presenta cada tramo, la barra de colores inferior define cada color de acuerdo a la resistencia máxima del material.

- **Chequeo por carga axial.**

En la grafica se muestra el esfuerzo axial en los tramos de tubería. Rojo representa esfuerzos de compresión y amarillo tensión.

Figura 61. Carga axial para los tramos de tubería de la viga principal.



Como se aprecia los dos tramos centrales presentan el máximo esfuerzo axial con una carga de: 5897.3 Kg

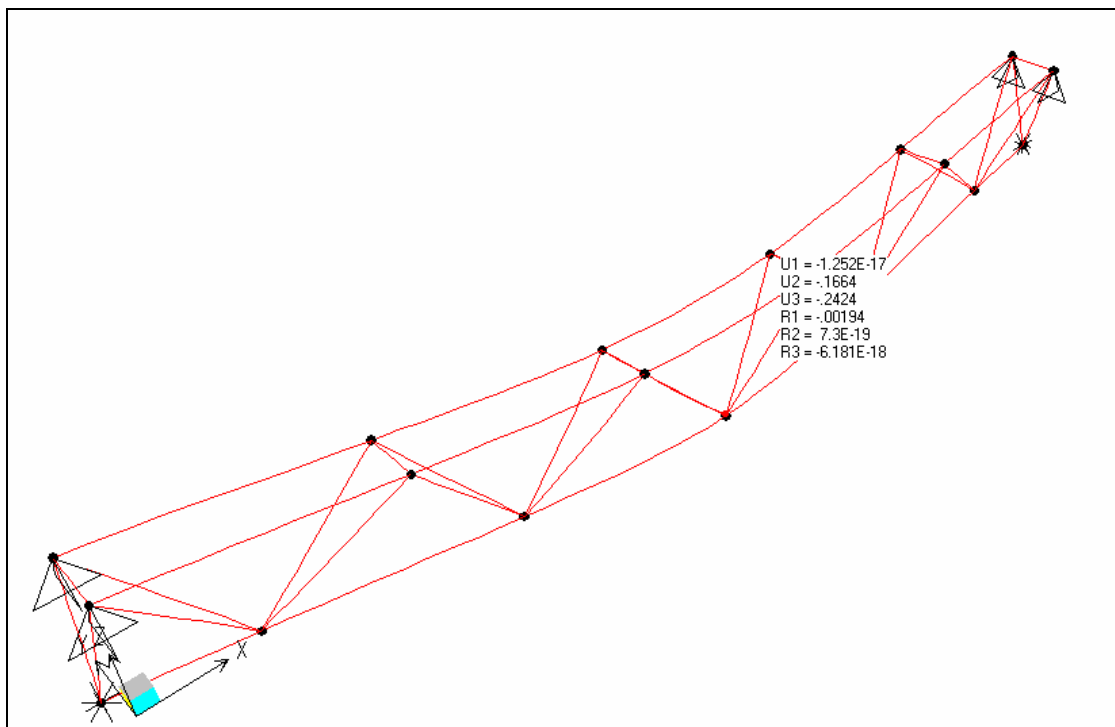
$$\Rightarrow \sigma = \frac{F}{A} ; A = \frac{\pi(De^2 - Di^2)}{4} = 5.6909 \text{ cm}^2 (\text{Tuberia } 1-1/4, \text{ Cd } 80)$$

$$\sigma = 1036.3 \left[\frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right]$$

$$F.\text{Seguridad} = 2460.78 / 1036.3 = 2.375 \Rightarrow \text{O.K.}$$

- Chequeo por deformación máxima.

Figura 62. Deformación máxima de la viga principal.



Como es de esperarse, la deformación máxima se presenta en el nodo central de la viga y tiene los siguientes valores:

- $Y_x = 1.25E - 17[cm] \approx 0$
- $Y_y = 0.1664[cm] \approx 1.7[mm]$
- $Y_z = 0.2424[cm] \approx 2.4[mm]$

5. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Una vez finalizado el diseño general del pórtico, se procedió a la búsqueda de un taller de metalmecánica para realizar el proceso de construcción de cada una de las partes. La construcción se cotizó bajo planos incluyendo mano de obra y materiales.

5.1 LATERALES DEL PORTICO

La construcción de los diferentes componentes de los laterales del pórtico fue contratada completamente en un mismo taller con el fin de evitar posibles complicaciones posteriores en el montaje. El proceso de construcción tuvo una duración total de 6 semanas.

Figura 63. Unión “T” (dos unidades).



Figura 64. Tubo “Viga - T” (dos unidades).



Figura 65. Tubos Superiores del telescopico (cuatro unidades).



Figura 66. Tubo Inferior del Telescopico "Tenedor" (cuatro unidades).



Figura 67. Tubo horizontal (dos unidades).



Figura 68. Conjunto Rin – Bocín (cuatro unidades).



Figura 69. Pasadores (doce unidades).



5.2 VIGA PRINCIPAL.

La construcción de la viga principal del pórtico se realizó en las instalaciones de de la empresa “Ladrillos y Tubos Ltda”. El proceso fue realizado por personal especializado en este tipo de estructuras y tuvo una duración de 2 semanas. La construcción de la viga se inició después de recibir los laterales por parte del contratista.

Figura 70. Viga principal completa.



Figura 71. Detalle del acople de la viga a los laterales.



5.3 SISTEMA DE ENGANCHE.

El sistema de enganche cuenta con piezas que se construyeron posteriormente a la finalización de la estructura principal del pórtico, así como piezas que se habían seleccionado previamente y solo debieron ser compradas a sus respectivos distribuidores.

Figura 72. Diferencial de cadena para dos toneladas.



Figura 73. Eslingas tejidas NTSlings (2 unidades).



Figura 74. Viga en Suspensión.



Figura 75. Paletas inferiores (dos unidades).



Figura 76. Detalle horquillas de enganche de las paletas.



Figura 77. Montaje total del diseño original.



5.4 MODIFICACIONES AL DISEÑO ORIGINAL.

Debido a inconvenientes presentados en el montaje y con el fin de facilitar al máximo la labor de los futuros operarios del dispositivo, fue necesario realizar algunas modificaciones al diseño original del pórtico.

5.4.1 Sistema de separación de las paletas inferiores. Con el fin de evitar que las paletas de enganche se cierren en el momento de iniciar el levantamiento de la estiba, se adecuó una barra doblada en forma de “U”, la cual se inserta en un par de tubos soldados a un extremo de las paletas.

Figura 78. Detalle sistema separador de paletas inferiores.



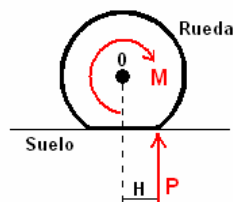
Figura 79. Montaje del sistema de separación de las paletas inferiores.



5.4.2 Sistema de transmisión del pórtico. Como se pudo evidenciar durante las primeras pruebas realizadas al dispositivo, resultaba muy difícil movilizar el pórtico cuando este se encontraba con carga máxima. Por esta razón fue necesario diseñar un sistema de tracción que facilitara éste proceso y que adicionalmente cumpliera una función de seguridad previniendo el balanceo de la carga por desplazamientos poco uniformes.

Para lo anterior se tomó un modelo para calcular la resistencia a la rodadura del lado más cargado del pórtico.

Figura 80. Modelo para cálculo de la resistencia a la rodadura.



$$\Rightarrow P = 1362Kg$$

La carga P es la carga que soporta el lado cargado del pórtico de acuerdo al peso de la estiba más pesada. “H” representa el coeficiente de rodadura. Para este dato fue necesario hacer una medición real de la deformación de la llanta del pórtico con carga máxima. La medición exacta de este valor es muy compleja, razón por la cual se asumió un modelo bastante conservativo:

Figura 81. Medición del coeficiente de resistencia a la rodadura.



De acuerdo a la grafica anterior, se tomó una longitud total de la deformación de la rueda de 8cm.

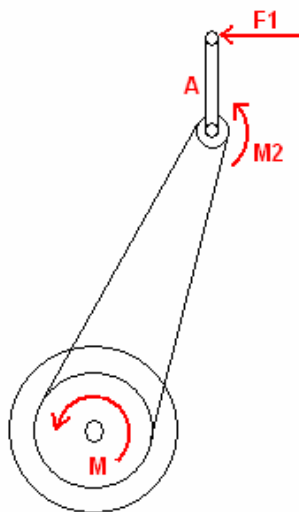
$$\Rightarrow H = 4cm = 0.04mt$$

Entonces:

$$\Rightarrow M = P \times H = 1362 \times 0.04 = 54.48 [Kg * mt]$$

Torque necesario para poner a andar el pórtico cargado.

Figura 82. Diagrama de la transmisión por cadena.



Se utilizó un juego de piñones con una relación 1:5,5. El piñón pequeño cuenta con 13 dientes y el grande con 72 dientes.

$$M = 54.48 [Kg * mt]$$

$$M_2 = \frac{M}{5.5} = 9.9 [Kg * mt]$$

$$M_2 = \frac{F_1}{A}; A = \text{Longitud de la manivela.}$$

Asumiendo una fuerza máxima que el operario puede suministrar a la manivela de 25 Kg.

$$A = \frac{M_2}{25} = 0.396mt \approx 40cm$$

Figura 83. Piezas del sistema de transmisión.

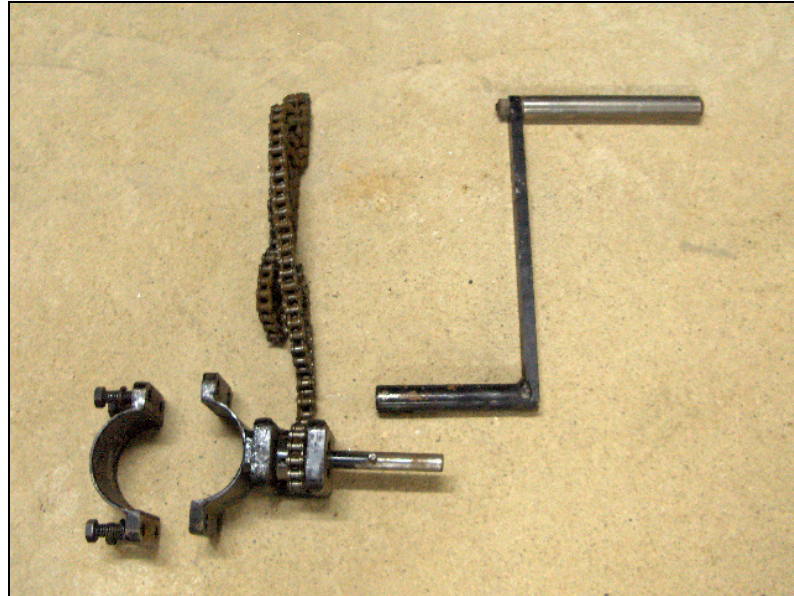


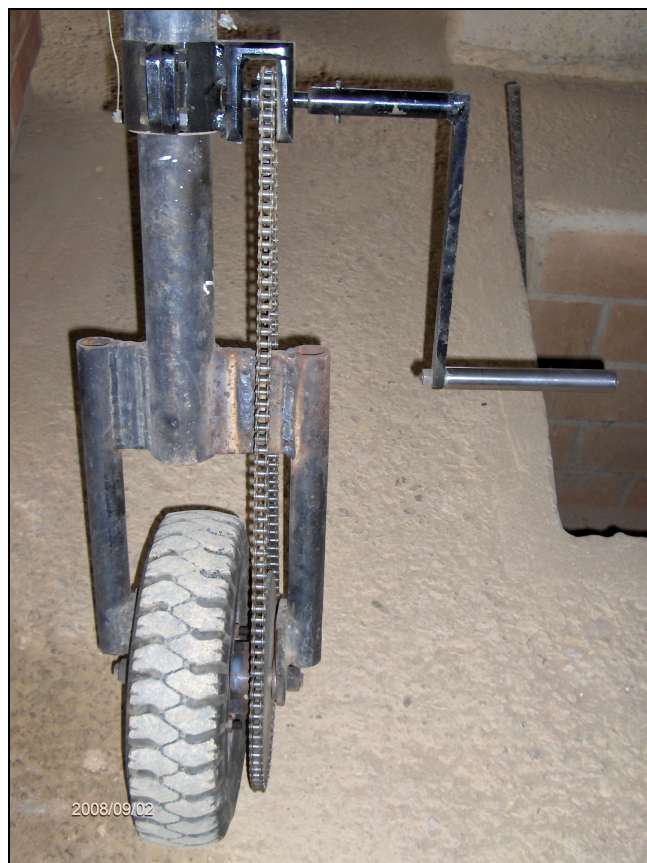
Figura 84. Conjunto Rueda - Piñon 40B-65.



Figura 85. Conjunto superior de la transmisión.



Figura 86. Sistema de transmisión completo.



6. MANUAL DE INSTRUCCIONES Y OPERACIÓN

A continuación se describe el procedimiento utilizado para una óptima operación del pórtico, y se hacen las recomendaciones para la seguridad de los operarios y el mantenimiento del dispositivo.

6.1 INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

Para la utilización adecuada del dispositivo se requiere de un mínimo de dos operarios de buena condición física y excelente visión.

6.1.1 Transporte del dispositivo. Tanto la estructura del pórtico como el sistema de enganche de las estibas, deben estar desarmados para que sea posible transportarlos en el mismo camión de ladrillos.

La viga principal al igual que los dos laterales del pórtico, se ubicará sobre las estibas, y se deben asegurar con las mismas reatas utilizadas para amarrar las estibas al camión, de tal forma que no exista riesgo que se salga alguna de las piezas durante el recorrido.

Figura 87. Elementos asegurados sobre las estibas en el camión.



Para cerrar los laterales, se debe soltar la barra horizontal y cerrar los dos tubos principales los cuales se mantienen unidos por una correa. La barra horizontal se ubicara dentro del tubo “Viga-T” el cual a su vez se ubicara en su posición mas baja respecto a la unión “T”.

Figura 88. Lateral cerrado en posición de transporte.



Debido a que las piezas del sistema de enganche de las estibas (viga en suspensión, paletas inferiores y diferencial) son relativamente pequeñas, se transportarán en los espacios que quedan en el planchón después de cargar completamente el camión, asegurando que no exista la posibilidad de que se salgan durante el recorrido.

6.1.2 Armado del dispositivo en el sitio de descarga. El armado del pórtico en el sitio de descarga se puede considerar como una de las actividades claves del uso del dispositivo ya que del buen armado dependen la seguridad de los operarios y el éxito del procedimiento de descarga.

El primer paso es descargar los laterales al suelo y ubicar uno a cada lado del camión. Los laterales deben ubicarse de tal forma que la rueda que

lleva el sistema de tracción esté ubicada hacia la parte trasera del camión y la rueda libre hacia la cabina. Los operarios deben verificar visualmente la inclinación del suelo (si existe) para corregirla por intermedio de los telescópicos de cada una de las patas del lateral, garantizando que la “barra horizontal” quede efectivamente en posición horizontal. Finalmente los laterales se levantan y se ubican a cada lado del camión para recibir la viga principal.

Figura 89. Laterales al lado del camión durante el proceso de armado.



Una vez se tengan los laterales armados y a cada lado del camión se procederá al montaje de la viga principal. Para este procedimiento es necesario que uno de los dos operarios se monte sobre las estibas en el planchón del camión. Para facilitar el proceso de montaje de la viga, el camión cuenta con un tubo en forma de "L", el cual se acopla a la estructura del planchón y en el que se monta la diferencial de cadena para levantar la viga hasta la posición en la cual se unirá a los laterales.

Figura 90. Viga principal suspendida con la diferencial de cadena.



El operario que se encuentra en el suelo debe ubicar el lateral, mientras que el operario sobre el camión ubica la viga de tal forma que hagan coincidir las tuberías y se pueda desmontar la viga del diferencial y así culminar el proceso de montaje de la estructura del pórtico.

6.1.3 Procedimiento de descarga de las estibas. Antes de iniciar el procedimiento de descarga de la primera estiba, los operarios deben realizar un chequeo general de las condiciones de la estructura, garantizando que todos los pasadores estén totalmente atravesados y con su respectivo pin de seguridad.

Figura 91. Ejemplo de pasador en posición correcta.



El diferencial de cadena se debe colgar en el nodo de la viga principal correspondiente a la ubicación de la estiba que se va a descargar. La viga en suspensión se debe enganchar en el extremo móvil de el diferencial y las eslingas a su vez se deben enganchar en cada extremo de la viga en suspensión.

Las paletas inferiores se deben insertar a través del espacio inferior de la estiba de ladrillos, asegurando mediante el dispositivo de separación que estas queden debidamente centradas respecto al ancho de la estiba.

Figura 92. Ubicación de las paletas inferiores bajo la estiba.



Después de que las paletas inferiores estén adecuadamente ubicadas, se procede al enganche de las mismas, para esto se debe bajar el gancho móvil de la diferencial hasta un nivel que permita insertar los ganchos de las eslingas en las horquillas de las paletas inferiores. Con el fin de facilitar el enganche de las paletas con las eslingas en el centro del planchón del camión, se utilizará un “pallet” de madera que se ubicará entre las dos estibas ubicadas a lo ancho del camión en el momento de cargar el camión en la planta.

Figura 93. Elementos sistema de enganche.



Figura 94. Estiba enganchada adecuadamente para descarga.



Una vez enganchada la estiba, uno de los operarios toma la cadena de la diferencial para izar la estiba, mientras el otro mantiene las manos en la manivela de uno de los laterales para garantizar que el pórtico se mantenga frenado. La estiba debe ser levantada a un máximo de 25 cm sobre el nivel del planchón para evitar complicaciones durante el desplazamiento. Con la estiba levantada, el operario suelta la cadena del diferencial y procede a tomar la manivela del otro lateral para desplazar el pórtico. Los dos operarios deben trabajar con la mayor coordinación posible durante el movimiento del pórtico con el fin de evitar movimientos pendulares de la carga.

El pórtico debe trasladarse en línea recta (nunca se debe intentar girar la estructura cuando este cargada) hasta el punto de descargue. Es importante determinar adecuadamente el punto de descargue, con el fin de garantizar que se pueden ubicar todas las estibas del camión y no generar reubicaciones que retracen el proceso.

Debido a que las estibas vienen ubicadas de a pares a lo ancho del camión, esto genera la necesidad de reubicar el sistema de enganche en la viga principal, cada vez que se cambia de lado. Para garantizar la seguridad del proceso se deben descargar máximo de a dos estibas de cada lado del planchón, ya que de lo contrario existe la posibilidad de producir volcamiento del camión por concentración del peso en un solo lado.

6.2 RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Con el fin de garantizar principalmente la seguridad de los operarios, se hacen las siguientes recomendaciones de uso del dispositivo de descarga.

6.2.1 Transporte del dispositivo. El principal riesgo potencial que se puede generar durante el transporte del dispositivo es que alguna de las

piezas se suelte y se caiga en la vía. Por lo anterior se deben tomar las siguientes medidas:

- La viga principal debe ir ubicada en dirección longitudinal sobre las estibas de ladrillos y asegurada con suficiente fuerza por las reatas que ajustan los ladrillos.
- Los laterales deben ir completamente cerrados y con sus respectivos pasadores con pin de seguridad.
- Las piezas del sistema de enganche se ubicarán de tal forma que no exista posibilidad de caída. Si es necesario se deben ajustar al la estructura del camión tal como en el caso de la viga principal.

6.2.2 Armado del dispositivo. Para el caso del armado se debe garantizar que cada pieza tenga la ubicación adecuada según las marcas. De lo contrario se presentan desalineamientos los cuales complican la movilidad del dispositivo.

Adicionalmente es de vital importancia seguir el procedimiento descrito en la sección anterior para el montaje de la estructura en el sitio de descarga. Nunca se debe intentar montar la viga principal en los laterales sin que esta este suspendida en la diferencial de cadena.

6.2.3 Procedimiento de descarga. El procedimiento de descarga es la labor más delicada desde el punto de la seguridad de los operarios. Se deben seguir los procedimientos descritos y adicionalmente tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

- Nunca debe estar un operario debajo de la carga suspendida en la estructura.

- Nunca se debe dejar el pórtico solo mientras este cargado. Siempre debe haber un operario sujetando una de las manivelas para garantizar que el pórtico estará quieto.
- Nunca debe haber un operario sobre la estructura del pórtico cargado o en movimiento.
- El movimiento de traslación de la carga debe ser lo mas coordinado posible entre los dos operarios para garantizar la estabilidad de la carga. Nunca pretender trasladar el pórtico a velocidades elevadas.
- Nunca se debe montar el pórtico sobre alguna superficie diferente al suelo. No intentar pasar sobre tablas para evitar huecos.
- Por ningún motivo exceder el límite de carga del pórtico. Máximo 2 Ton.

6.3 MANTENIMIENTO

Con el fin de asegurar una mayor vida útil de los elementos de los que se compone el dispositivo, se deben seguir las siguientes actividades como plan de mantenimiento preventivo.

6.3.1 Estructura. La estructura del pórtico comprende todas las piezas de los laterales y la viga principal:

- Inspección visual general por parte del operador, del estado de todas las estructura. Previa a cada utilización.
- Revisión del estado general de los pasadores. Realizado por el operador del dispositivo previo a cada utilización.
- Revisión del estado de corrosión de la estructura. Lijar y aplicar anticorrosivo en los lugares donde sea necesario. Realizado por el departamento de mantenimiento de la empresa. Una vez por mes.
- Revisión general de la estructura para detectar posibles grietas, revisión de las uniones soldadas y detección de pasadores con

riesgo de falla. Realizado por el departamento de mantenimiento de la empresa. Cada 3 meses.

6.3.2 Sistema de enganche. El sistema de enganche se divide en tres grupos de elementos principales para definir las tareas de mantenimiento.

6.3.2.1 Diferencial de cadena.

- Inspección visual general por parte del operador. Previa a cada utilización.
- Limpieza y lubricación general. Realizado por el operador del dispositivo. Una vez al mes.

6.3.2.2 Paletas inferiores y viga en suspensión

- Revisión del estado general de los elementos. Realizado por el operador del dispositivo previo a cada utilización.
- Revisión del estado de corrosión de la estructura. Lijar y aplicar anticorrosivo en los lugares donde sea necesario. Realizado por el departamento de mantenimiento de la empresa. Una vez por mes.
- Revisión general de la estructura para detectar posibles grietas, revisión de las uniones soldadas y detección de pasadores con riesgo de falla. Realizado por el departamento de mantenimiento de la empresa. Cada 3 meses.

6.3.2.3 Eslingas Tejidas.

Inspección frecuente: Esta inspección debe ser realizada por el operador, cada vez que la eslinga vaya a ser utilizada. Se debe asegurar de que no existan indicadores visibles de desgaste o desgarramiento.

Los Indicadores visuales más comunes de degradación por rayos ultravioleta son:

1. Blanqueamiento severo del color original del tejido
2. Incremento en la dureza del tejido

Inspección periódica: Esta inspección debe ser realizada por el departamento de mantenimiento de la empresa. Las Eslingas deben ser removidas de servicio si alguno de los siguientes puntos es visible:

- Si la capacidad de carga o la identificación del material de la eslinga se han perdido o no se pueden leer.
- Si tiene quemaduras por ácidos o alcalinos
- Si tiene huecos, rasgados, cortadas
- Si tiene costuras rotas o desgaste de uso en los lugares de carga
- Si tiene exceso de abrasión
- Si tiene nudos en cualquier parte de la eslinga
- Fundido o partículas de soldadura en cualquier parte de la Eslinga Tejida
- Distorsión o excesivos huecos, corrosión o ruptura en algún elemento
- Cualquier condición que genere duda en la capacidad de reviente de la eslinga

6.3.3 Sistema de transmisión. El sistema de tracción comprende las manivelas, cadenas piñones, rodamientos bocines, rines y ruedas.

- Inspección visual por parte del operador, revisión del estado general del sistema. Revisión de la presión en las llantas. Previa a cada utilización.

- Limpieza y lubricación de cadenas y piñones. Realizado por el operador del dispositivo. Una vez por semana.
- Revisión del estado de corrosión de todos los elementos. Lijar y aplicar anticorrosivo en los lugares donde sea necesario. Realizado por el departamento de mantenimiento de la empresa. Una vez por mes.
- Desmontar las ruedas y revisar desgaste de las llantas y los rodamientos tanto de los bocines como del sistema de manivela. Realizado por el departamento de mantenimiento de la empresa. Cada 3 meses.

De todas las actividades descritas anteriormente, deben mantenerse registros por escrito, utilizando una identificación para cada pieza establecida por el usuario, esta información debe llevarse en un archivo y mantenerse en la empresa.

7. COSTOS DEL PROYECTO

La construcción del proyecto se realizó en dos etapas principales. En la primera se construyó todo el sistema estructural, el sistema de enganche y se compraron los diferentes elementos que fueron seleccionados en la etapa de diseño preliminar. Posteriormente, durante la realización de las pruebas del dispositivo se fue necesario contratar la realización de algunas correcciones, así como la compra de otros elementos para garantizar el óptimo funcionamiento del dispositivo.

A continuación se listan todos los costos tanto de materias primas como de mano de obra que fueron necesarios para la realización de las dos etapas anteriormente mencionadas.

Tabla 10. Costos de Construcción Diseño Original.

SISTEMA ESTRUCTURAL				
<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Unit.</i>	<i>Precio Total</i>
Soportes laterales.	Tubería acero ASTM A-53	2	\$ 1.287.113	\$ 2.574.226
Viga Principal (Celosía)	Tubería acero ASTM A-53	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
Conjunto Rin-Bocin	Acero	4	\$ 425.000	\$ 1.700.000
Ejes para llantas.	Acero 1020	4	\$ 72.000	\$ 288.000
Llantas 4,00 x 8	Solideal 10PR	4	\$ 108.460	\$ 433.840
Neumáticos		4	\$ 16.170	\$ 64.680
Pasador Removible 1/2"	Acero	12	\$ 34.365	\$ 412.380
Pasador Fijo 1/2"	Acero	4	\$ 5.652	\$ 22.608
	TOTAL SISTEMA ESTRUCTURAL			\$ 6.695.734

SISTEMA ENGANCHE				
<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Unit.</i>	<i>Precio Total</i>
Polea Diferencial 2Ton x 3m	Marca Vital	1	\$ 580.000	\$ 580.000
Tubería con Horquilla (Viga Suspensión)	Tubería acero ASTM A-53	1	\$ 185.000	\$ 185.000
Eslinga CLASE 7 PET Tipo III	1C 02 Pulg x 06 Ft	4	\$ 45.000	\$ 180.000
AS Gancho corredizo Ojo Slip	4.400 Lbf	4	\$ 30.000	\$ 120.000
OMLF 3/4	12.120 Lbf	2	\$ 100.000	\$ 200.000
Perfil C (Paletas inferiores)	Acero estructural A-36	2	\$ 113.043	\$ 226.086
	TOTAL SISTEMA ENGANCHE			\$ 1.491.586

Tabla 11. Costos de Construcción Modificaciones al Diseño Original.

SISTEMA DE TRANSMISION				
<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Precio Unit.</i>	<i>Precio Total</i>
Macanizar Bocines	Camisa para rodamientos	2	\$ 50.000	\$ 100.000
Mecanizar Ejes de Ruedas		2	\$ 100.000	\$ 200.000
Alargar Bases Tenedor		2	\$ 40.000	\$ 80.000
Bases Piñon Grande	Ensamblarlo al Bocín	2	\$ 80.000	\$ 160.000
Bases para piñon pequeño	Abrazaderas de acople	2	\$ 200.000	\$ 400.000
Tornillería, chavetas, tuercas		1	\$ 50.000	\$ 50.000
TOTAL SISTEMA ENGANCHE				\$ 990.000

Tabla 12. Costo Total del Proyecto.

COSTO TOTAL PROYECTO	
<i>Item</i>	<i>Precio Total</i>
Total Construcción	\$ 9.177.320
Costos Imprevistos (5%)	\$ 458.866
GRAN TOTAL	\$ 9.636.186

8. CONCLUSIONES

Con el presente trabajo de grado se logro mejorar el proceso de descarga de los camiones de la empresa Ladrillos y Tubos Ltda teniendo en cuenta los objetivos y delimitaciones acordados al inicio del proyecto.

Los principales resultados obtenidos por este proyecto fue la disminución en daños del producto debido a la menor manipulación de este, también se reduce el tiempo de descarga y esfuerzo de los operarios, factores que al final representan un beneficio económico para la empresa promotora.

El dispositivo de descarga fue construido en su totalidad con materiales y mano de obra local, lo cual facilita futuras reparaciones o incluso mejoras al diseño original.

La operación tanto del sistema de translación de la estructura como del sistema de movimiento vertical de la carga es bastante sencillo y no requiere elevados costos de mantenimiento lo que representa una ventaja frente a otros dispositivos para el mismo propósito.

Con el fin de garantizar la seguridad de los operarios y asegurar en excelente funcionamiento del dispositivo, se creo un manual de operación sencillo incluyendo diagramas explicativos y fotografías del proceso de armado de la estructura.

Con el fin de reducir costos y estandarizar repuestos, el dispositivo utiliza elementos de uso común en maquinaria ya existente en la empresa.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda siempre seguir las instrucciones del manual de operación y mantenimiento del dispositivo (Capítulo 6), así como la guía de armado del pórtico (Ver Anexo B).

Con el fin de agilizar el proceso de descarga sería ventajoso la implementación de un diferencial eléctrico.

Para futuras replicas de este dispositivo se recomienda mejorar la calidad de la mano de obra en el proceso de construcción con el fin de evitar desalineaciones y así facilitar el armado. Adicionalmente se considera viable una optimización al diseño estructural con miras a reducir el peso de los diferentes componentes.

BIBLIOGRAFIA

SHIGLEY, Joseph Eward; MISCHKEY, Charles R. Diseño en Ingeniería Mecánica. Sexta Edición. Mexico: Editorial McGraw Hill. 2002.

ERNST, Hellmut. Aparatos de Elevación y Transporte. Barcelona: Editorial Blume. 1970.

NORTON, Robert L. Diseño de Maquinaria. Mexico: Editorial McGraw Hill. 2000. 878P.

HAMROCK, Bernard; JACOBSON, Bo O; SCHMID, Steven R. Elementos de Maquinas. Mexico: Editorial McGraw Hill. 2000. 926P.

BEER, Ferdinand Pierre; JHONSTON, Elwod Russell; EISEMBERG, Eliot R. Mecánica Vectorial para Ingenieros: Estática. Sexta Edición. Madrid: Editorial McGraw Hill. 1997. 593P.

ROJAS GARCIA, Hernan. Rodamientos. Bucaramanga: UIS, Departamento de Ingeniería Mecánica. 1984. 267P.

PARADA, Alfredo. Teoría de Columnas. Bucaramanga: UIS, Departamento de Ingeniería Mecánica.

Diagnostico de la Industria Ladrillera y Cerámica de Santa Fe de Bogotá y Zonas de Influencia. Colombia: ALFARIT. 1999.

Catálogo Virtual de Productos SKF. Disponible en Internet:
<http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&newlink=first&lang=en>

Catalogo Caracteristicas Generales Tubería de Acero Carbon,
FERRETERIA REINA.

Catalogo de Sistemas de Izaje para Carga, NT SLINGS. 73P.

Disponible en Internet:

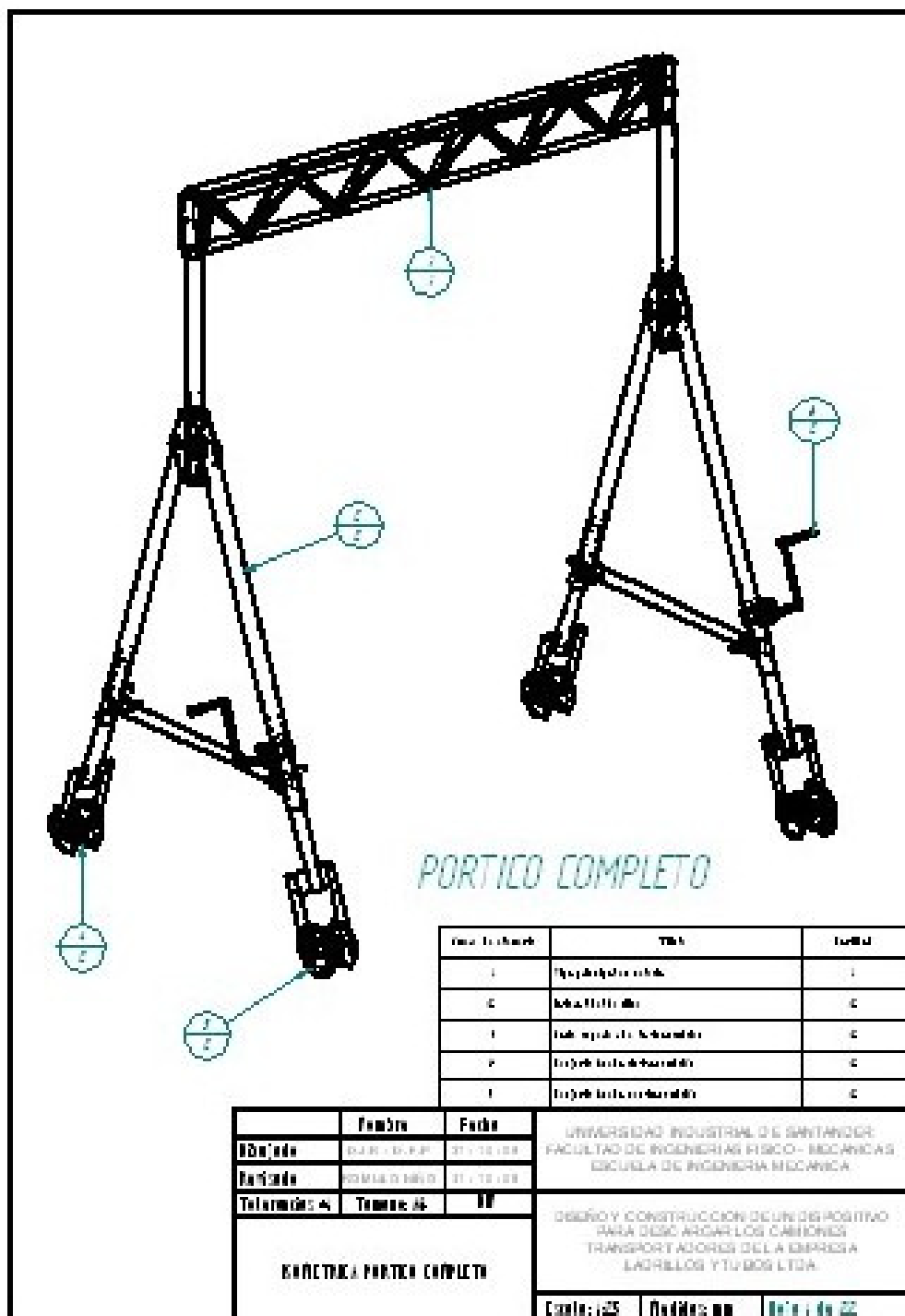
http://es.wikipedia.org/wiki/ingenier%C3%ADa_de_elevaci%C3%B3n

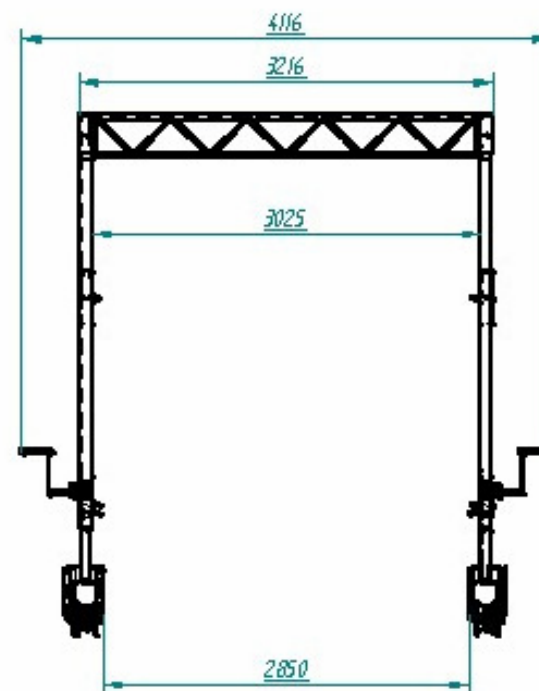
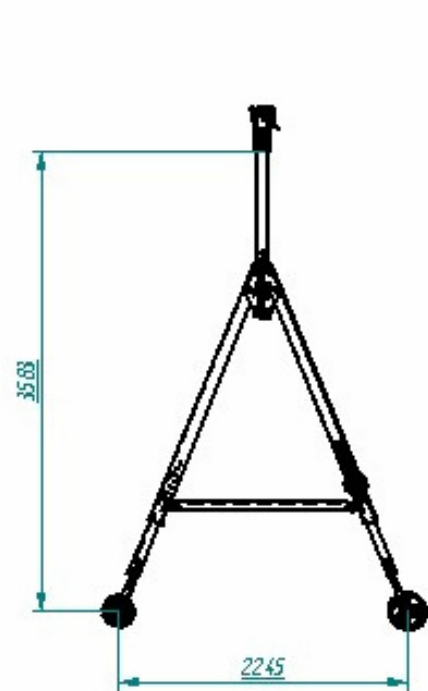
Disponible en Internet:

http://fai.unne.edu.ar/contenido/apuntes_de_TM.htm

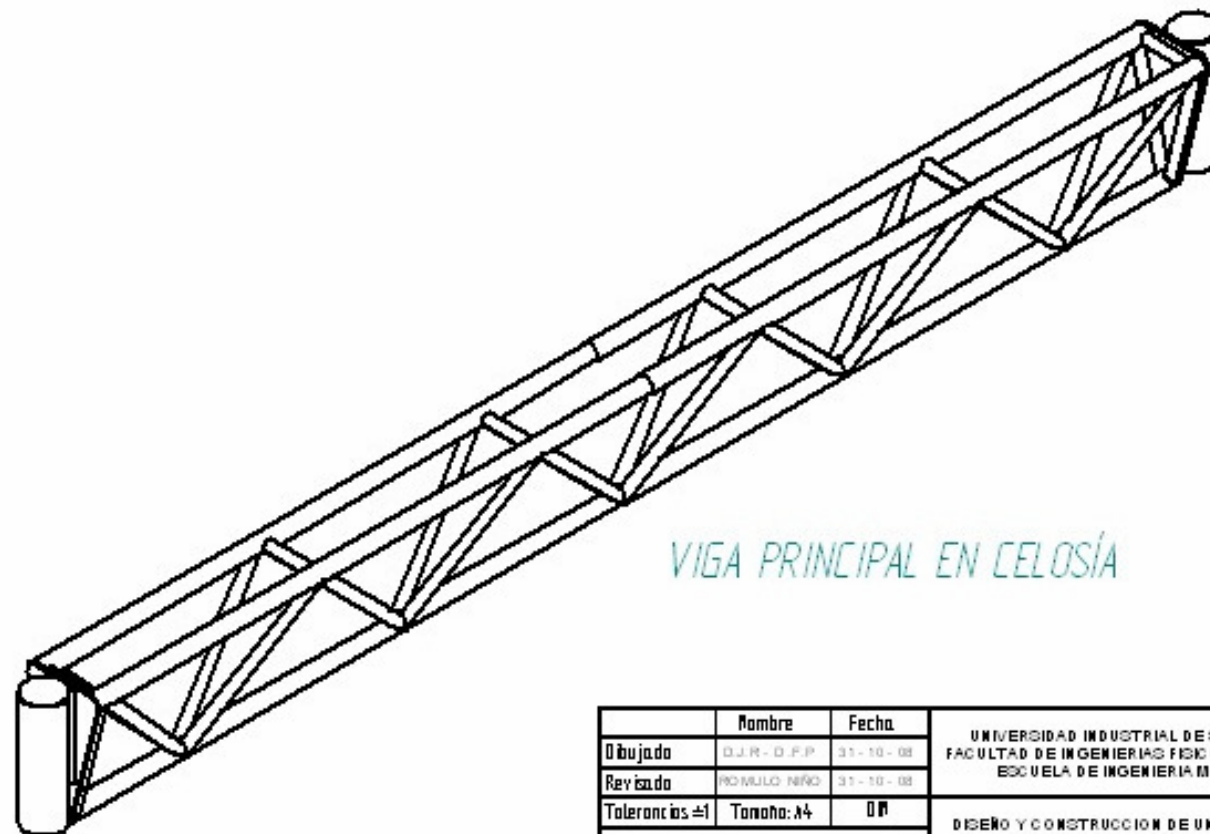
ANEXO A

**PLANOS “DISPOSITIVO PARA DESCARGAR LOS CAMIONES
TRANSPORTADORES DE LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS
LTDA.”**



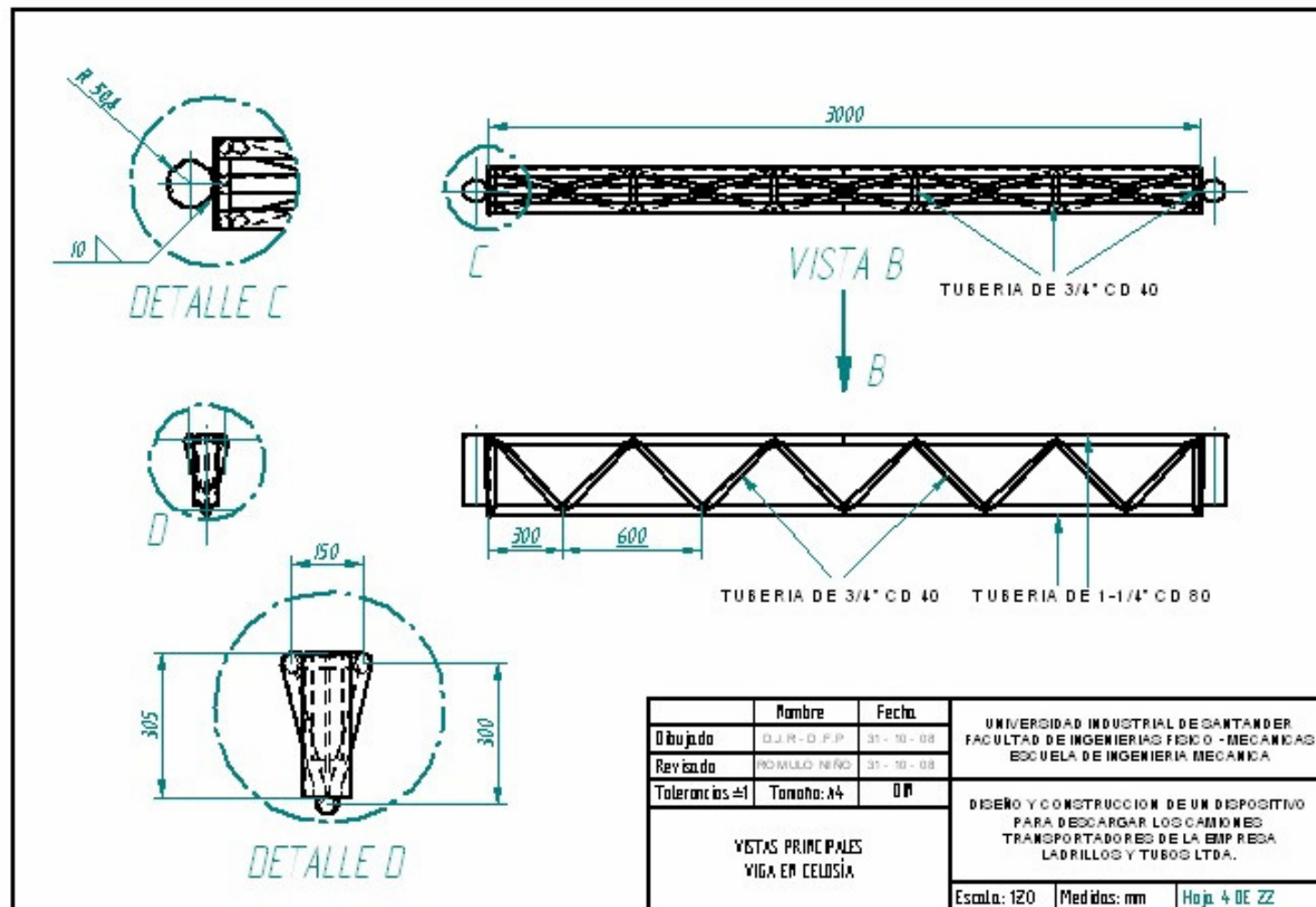


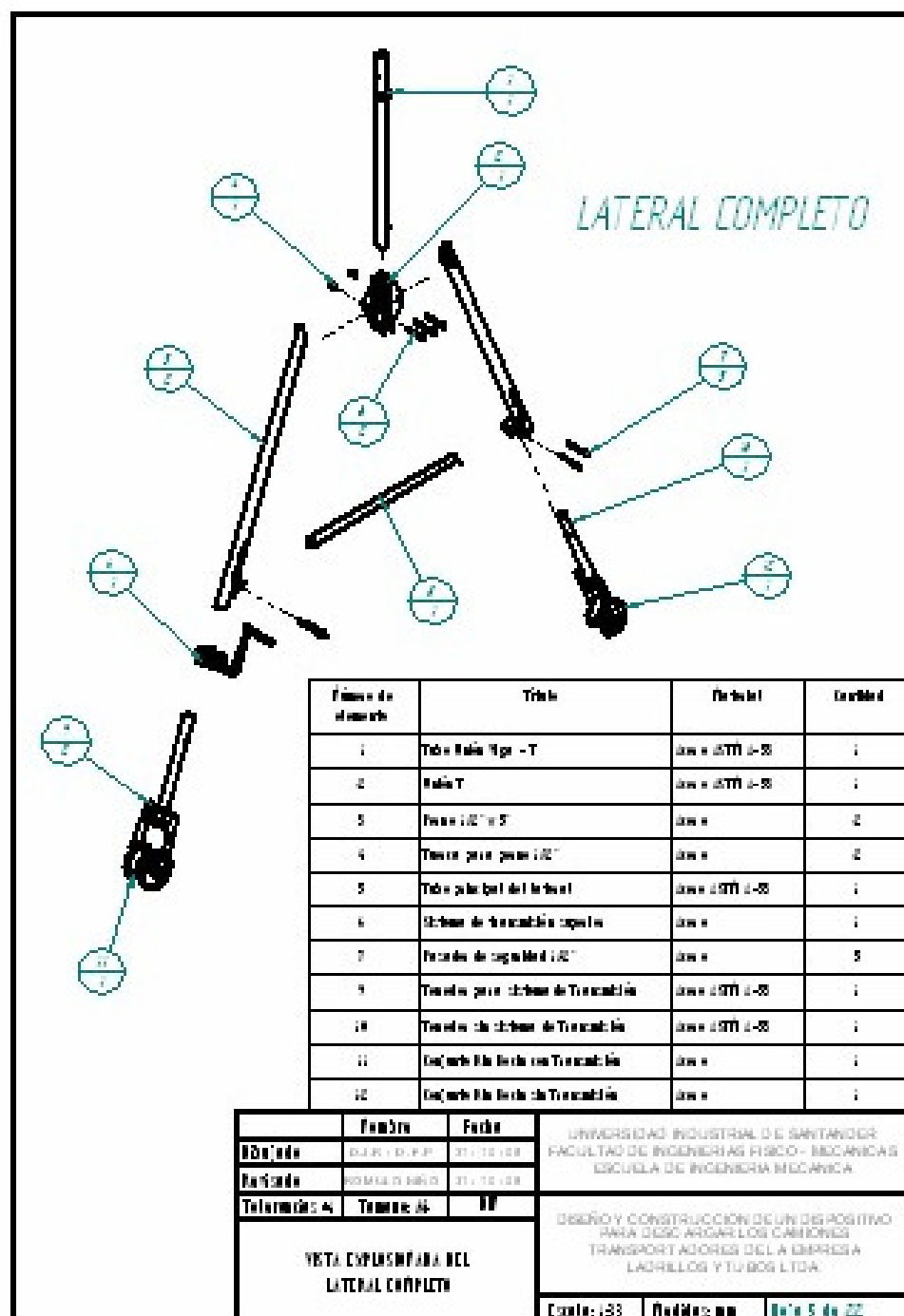
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Dibujado	D.J.R - D.F.P	31 - 10 - 08			
Revisado	POMILIO NIÑO	31 - 10 - 08			
Tolerancias ± 1	Tamaño: A4	DM	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO PARA DESCARGAR LOS CAMIONES TRANSPORTADORES DE LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA.		
VISTAS PRINCIPALES PORTICO COMPLETO			Escala: 1:40	Medidas: mm	Hoja 2 de 22

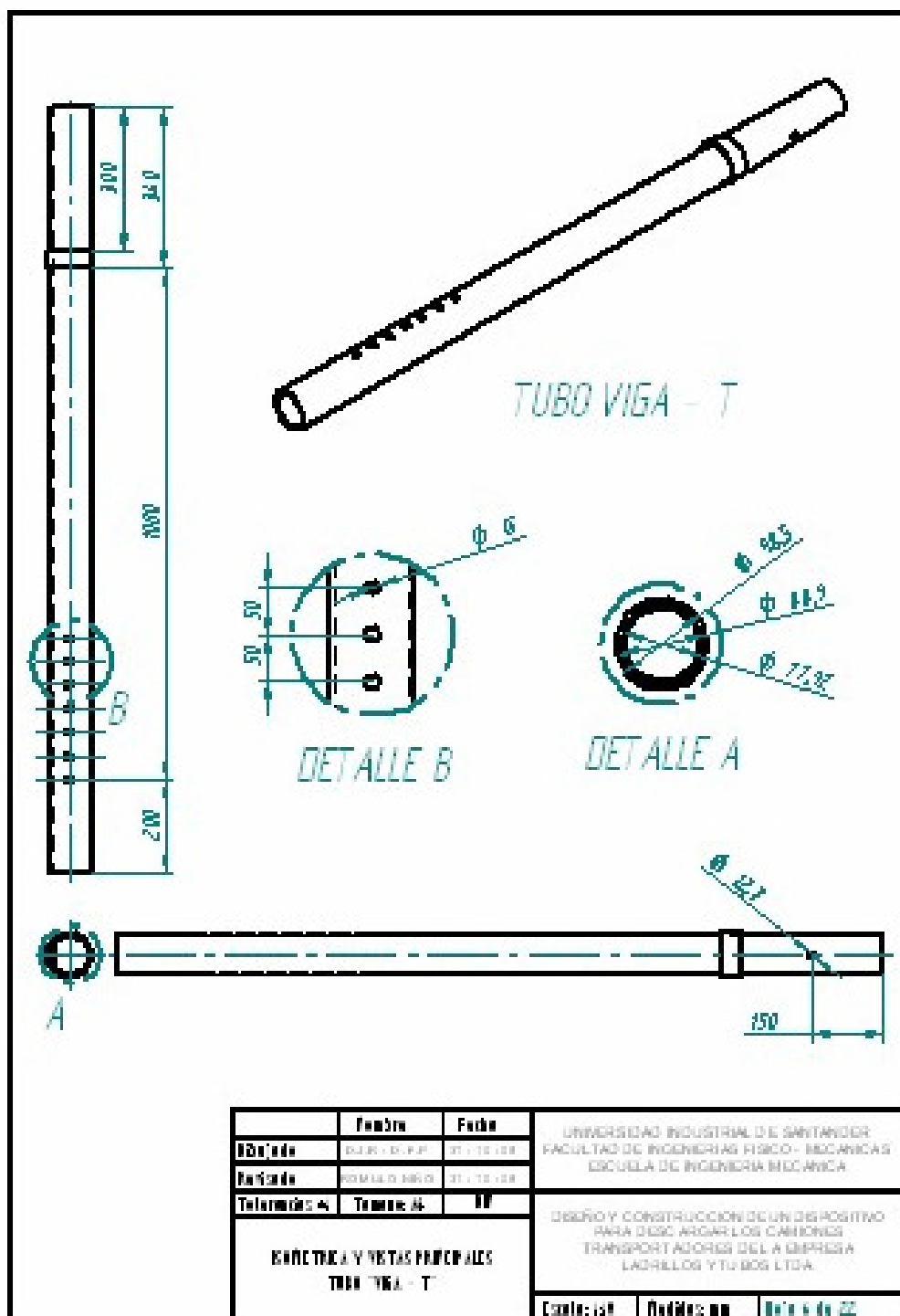


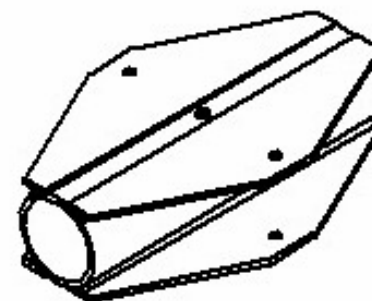
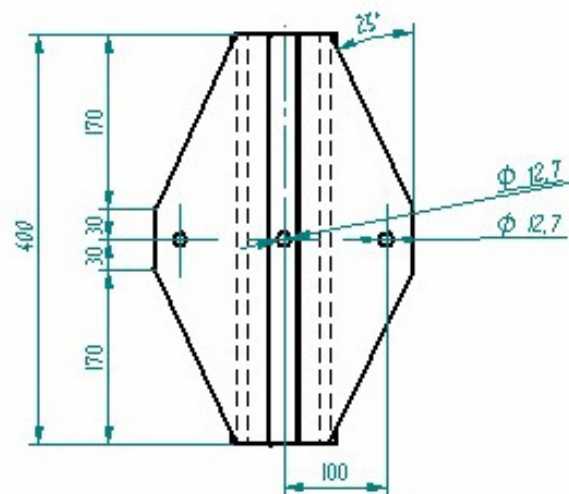
VIGA PRINCIPAL EN CELOSÍA

	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Dibujado	D.J.R. - D.F.P.	31-10-08			
Revisado	POMILIO NIÑO	31-10-08			
Tolerancias ± 1	Tamaño: A4	DR	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO PARA DESCARGAR LOS CAMIONES TRANSPORTADORES DE LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA.		
ISOMETRICA VIGA EN CELOSÍA			Escala: 1:10	Medidas: mm	Hoja: 3 de 22

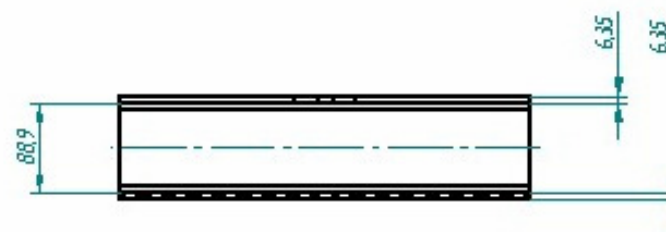
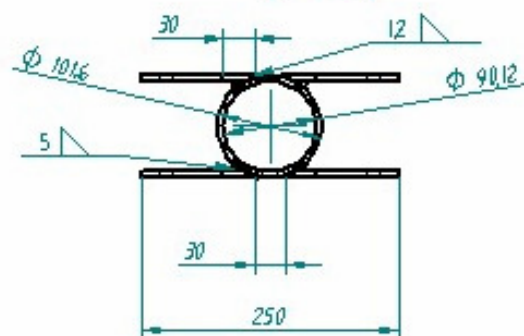




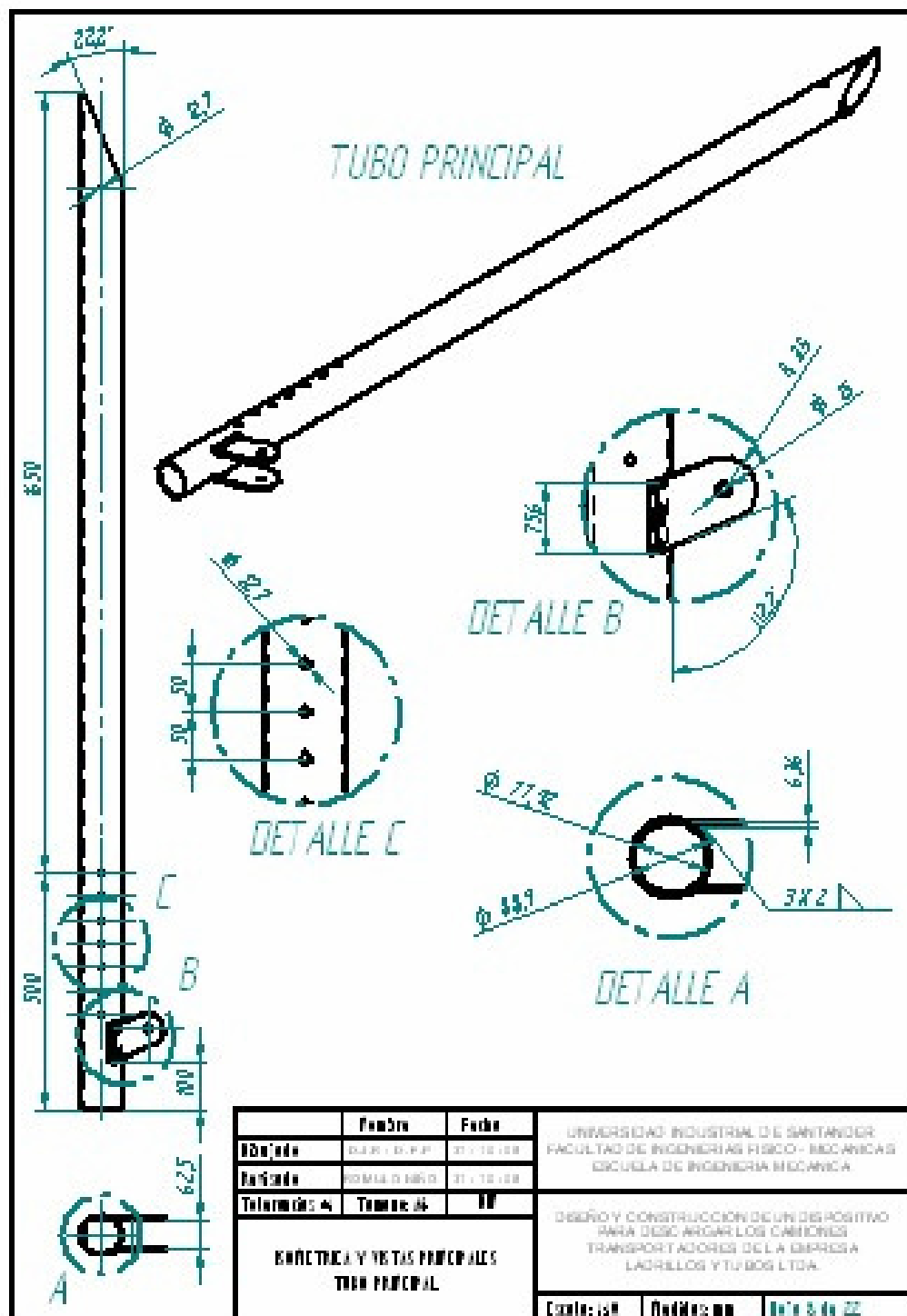


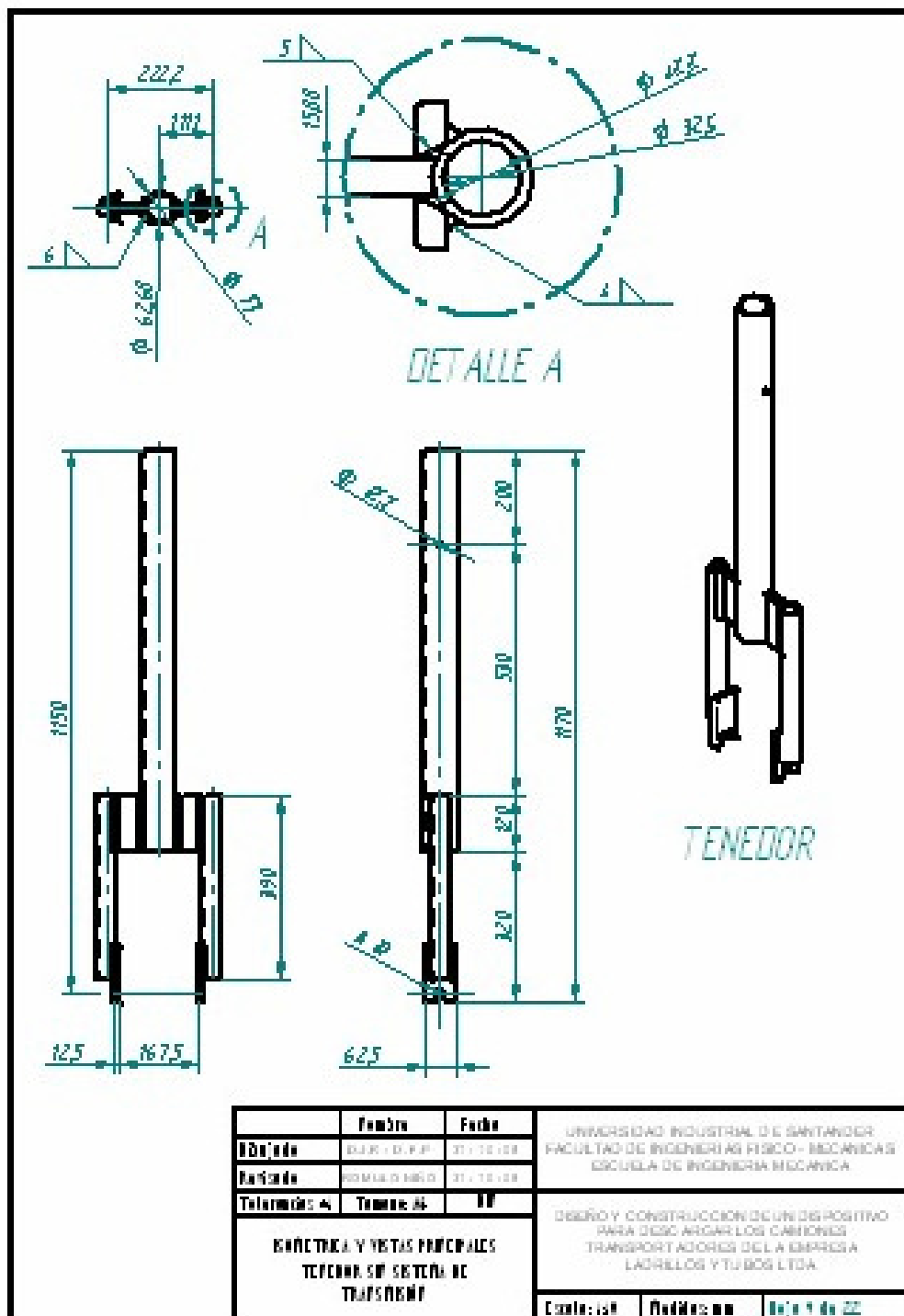


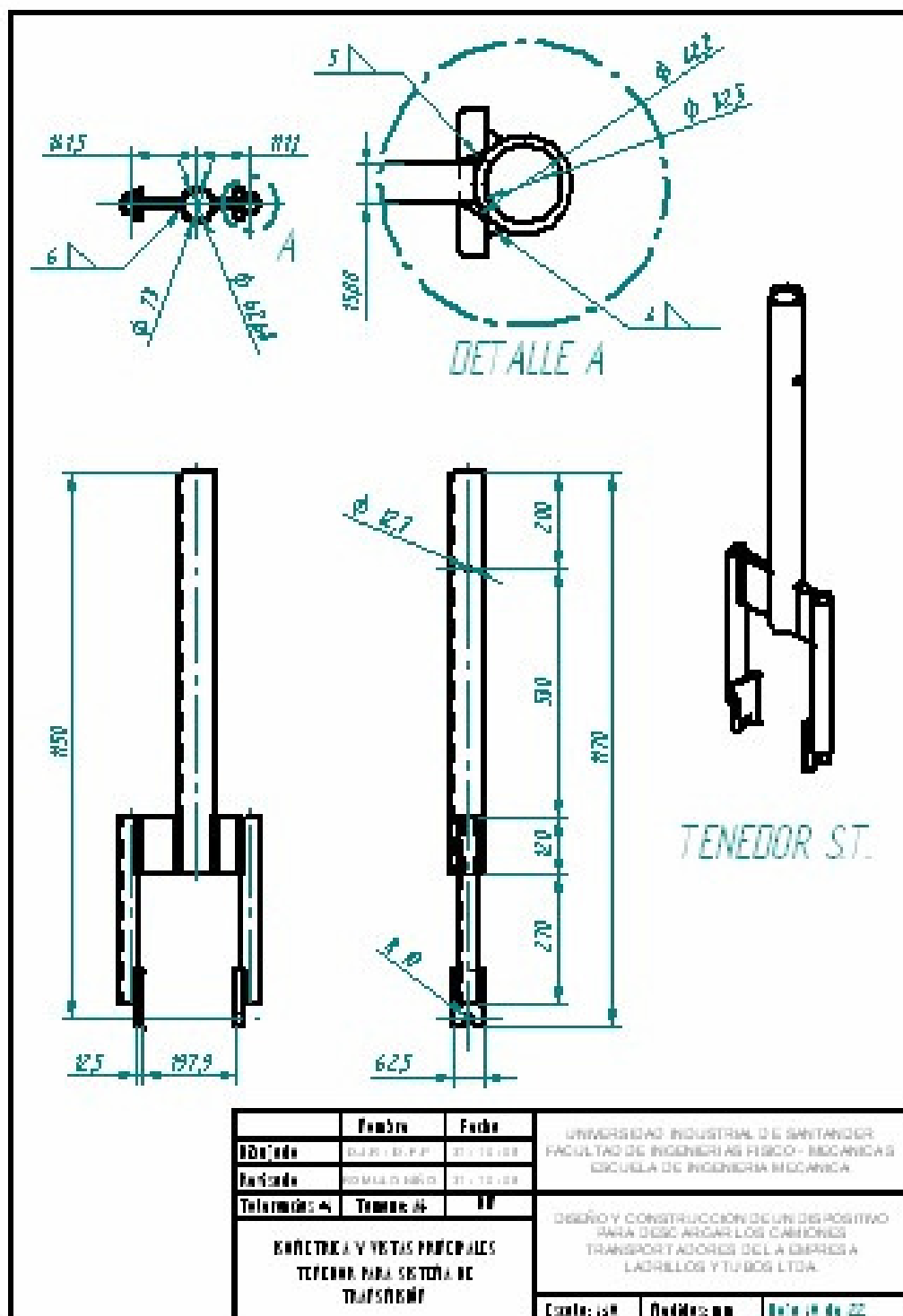
UNION "T"

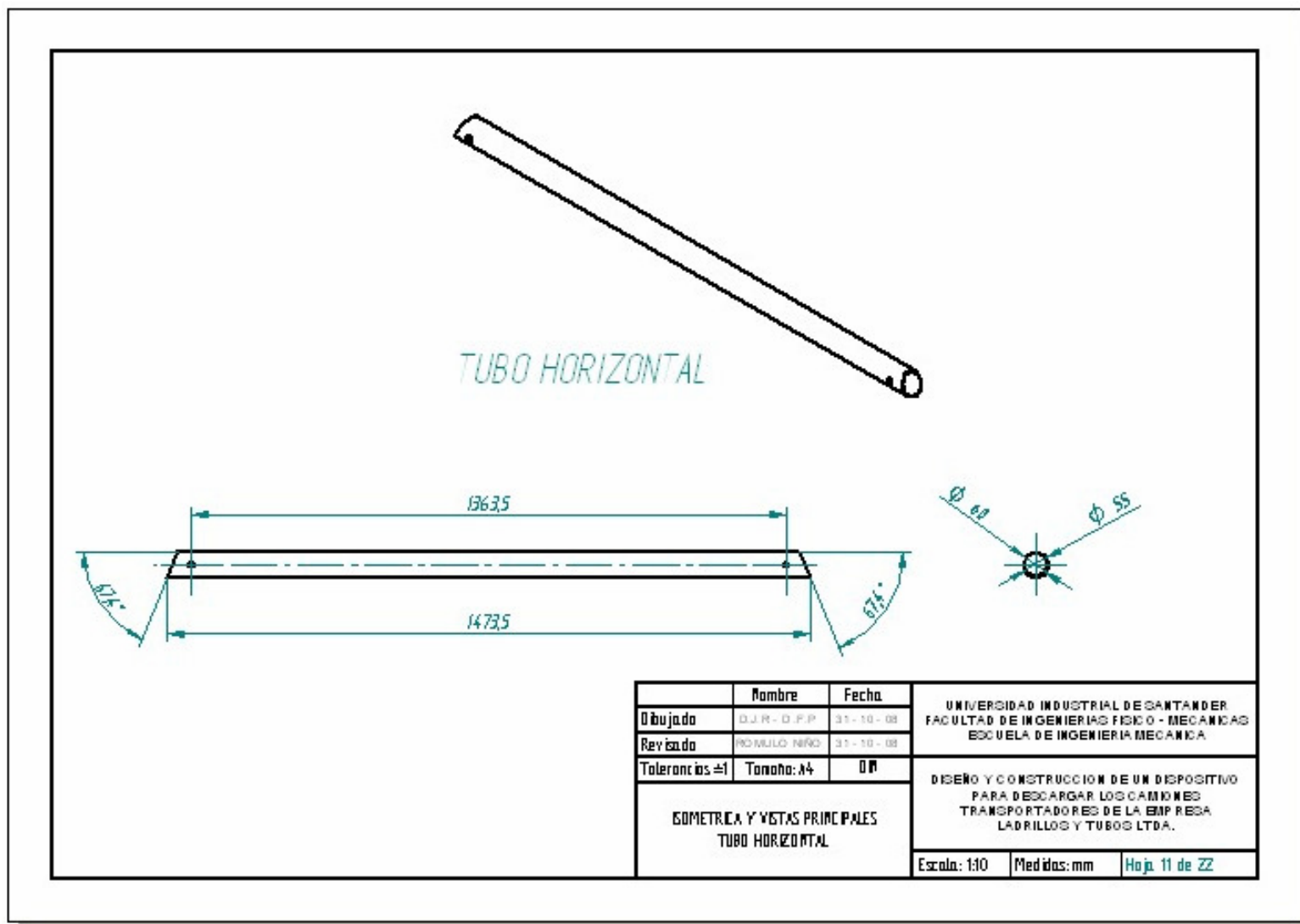


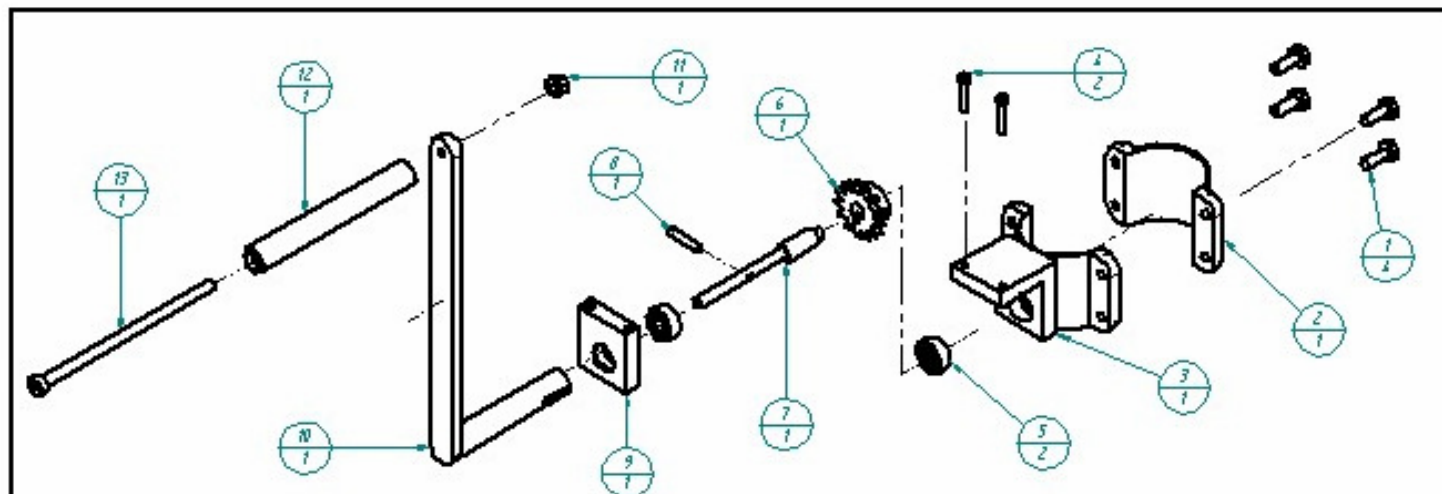
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Dibujado	D.J.R. - D.F.P.	31-10-08	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO PARA DESCARGAR LOS CAMIONES TRANSPORTADORES DE LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA.		
Revisado	PROMILIO NIÑO	31-10-08			
Tolerancias ±1	Tamaño: A4	DM			
ISOMETRICA Y VISTAS PRINCIPALES UNION "T"			Escala: 15	Medidas: mm	Hoja 7 de 22







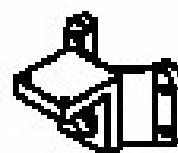
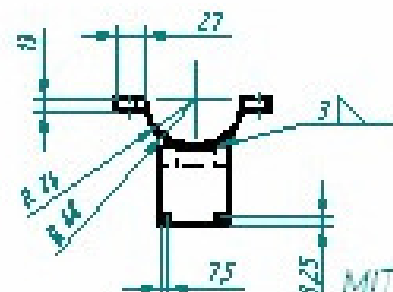




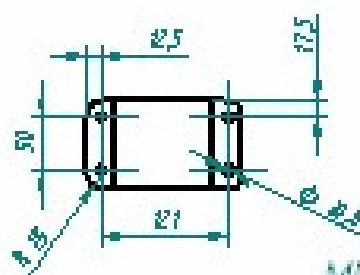
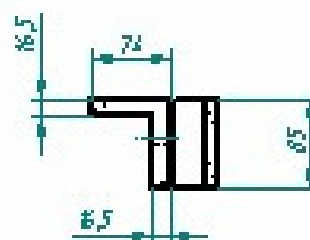
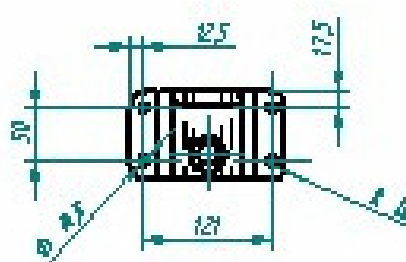
Número de elemento	Título	Material	Cantidad
1	Parancho para abrazadores 1/2" x 1/2"	ACERO	4
2	Abrazadora lateral	ACERO	1
3	Abrazadora Exterior con placas para retención de	ACERO	1
4	Terminales brida 1/2" x 1/2"	ACERO	2
5	Endentador 1/2" x 1/2"	ACERO	2
6	Placa 40 x 8	ACERO	1
7	Eje para placa 40 x 8	ACERO	1
8	Pie para soporte de la armadura	ACERO	1
9	Placas para retención de armadura	ACERO	1
10	Barra Principal Armadura	ACERO	1
11	Armador de la Armadura	ACERO Inoxidable	1
12	Tuerca 1/2" x 1/2"	ACERO	1
13	Terminales 1/2" x 1/2"	ACERO	1

PARTE SUPERIOR SISTEMA DE TRANSMISIÓN

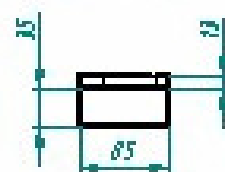
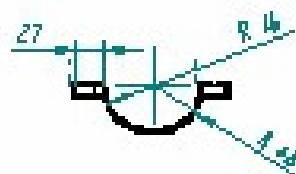
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Dibujado	D.J.R. - D.F.P.	31-10-08			
Revisado	PROF. NERO	31-10-08			
Tolerancias ± 1	Tamaño: A4	08	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO PARA DESCARGAR LOS CAMIONES TRANSPORTADORES DE LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA.		
VISTA EXPLOSIÓN DE LA PARTE SUPERIOR SISTEMA DE TRANSMISIÓN			Escala: 1:5	Medidas: mm	Hoja: 12 de 22



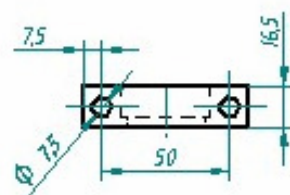
MITAD EXTERIOR ABRAZADERA



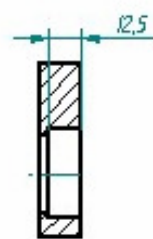
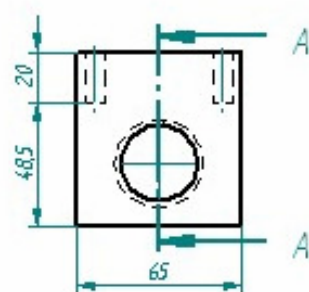
MITAD INTERIOR ABRAZADERA



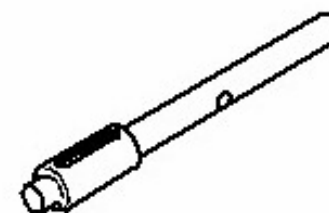
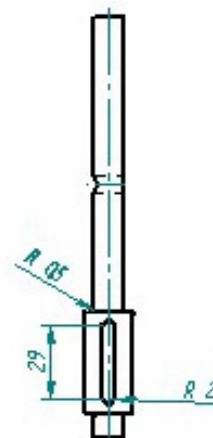
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Diseño	DIAZ R. D. P. P.	21 / 10 / 2019			
Revisado	SOMILIO MENDO	21 / 10 / 2019			
Terminado	Terminado	IV			
ENUNCIADO Y VISTAS PRINCIPALES ABRAZADERA DEL SISTEMA DE TRANSPORT			DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO PARA DESCARGAR LOS CAMIONES TRANSPORTADORES DEL A EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA.		
			Escala: 1:5	Autores: mm	Hoja 13 de 22



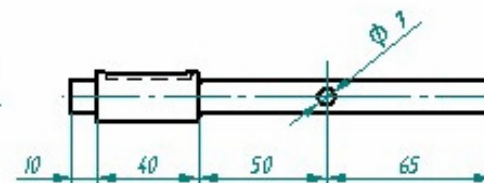
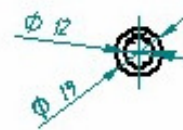
PLATINA



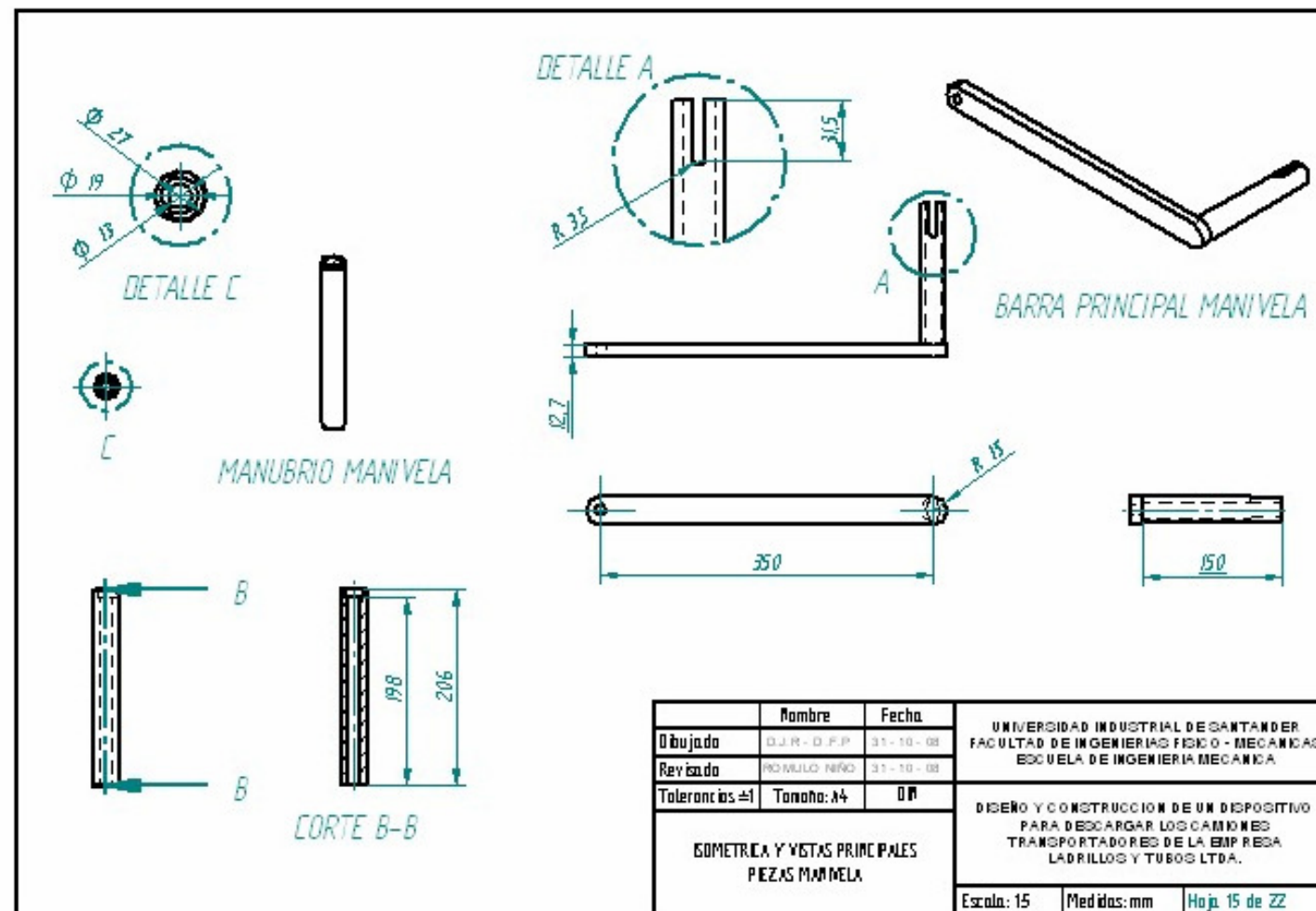
CORTE A-A

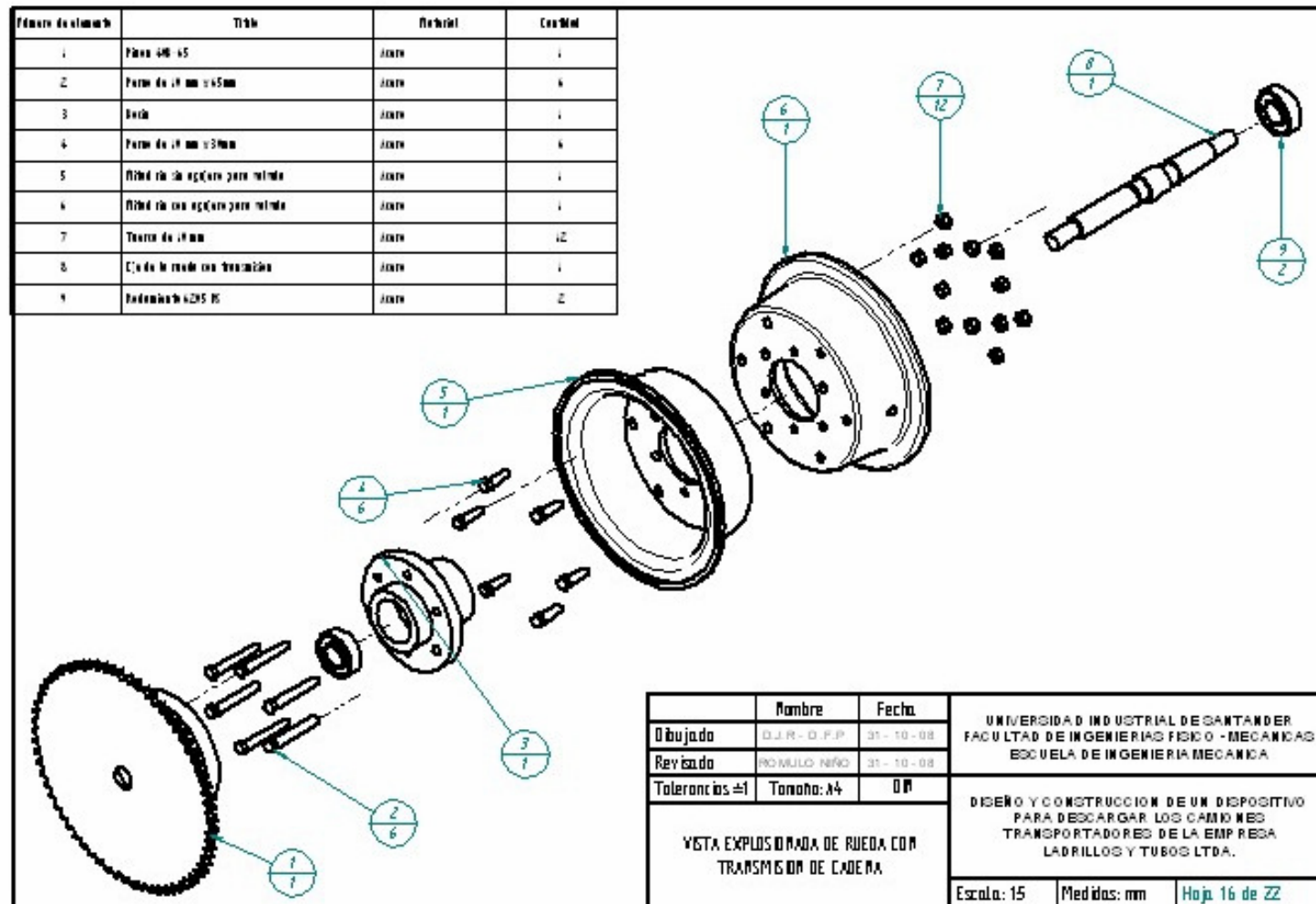


EJE PIÑON PEQUEÑO

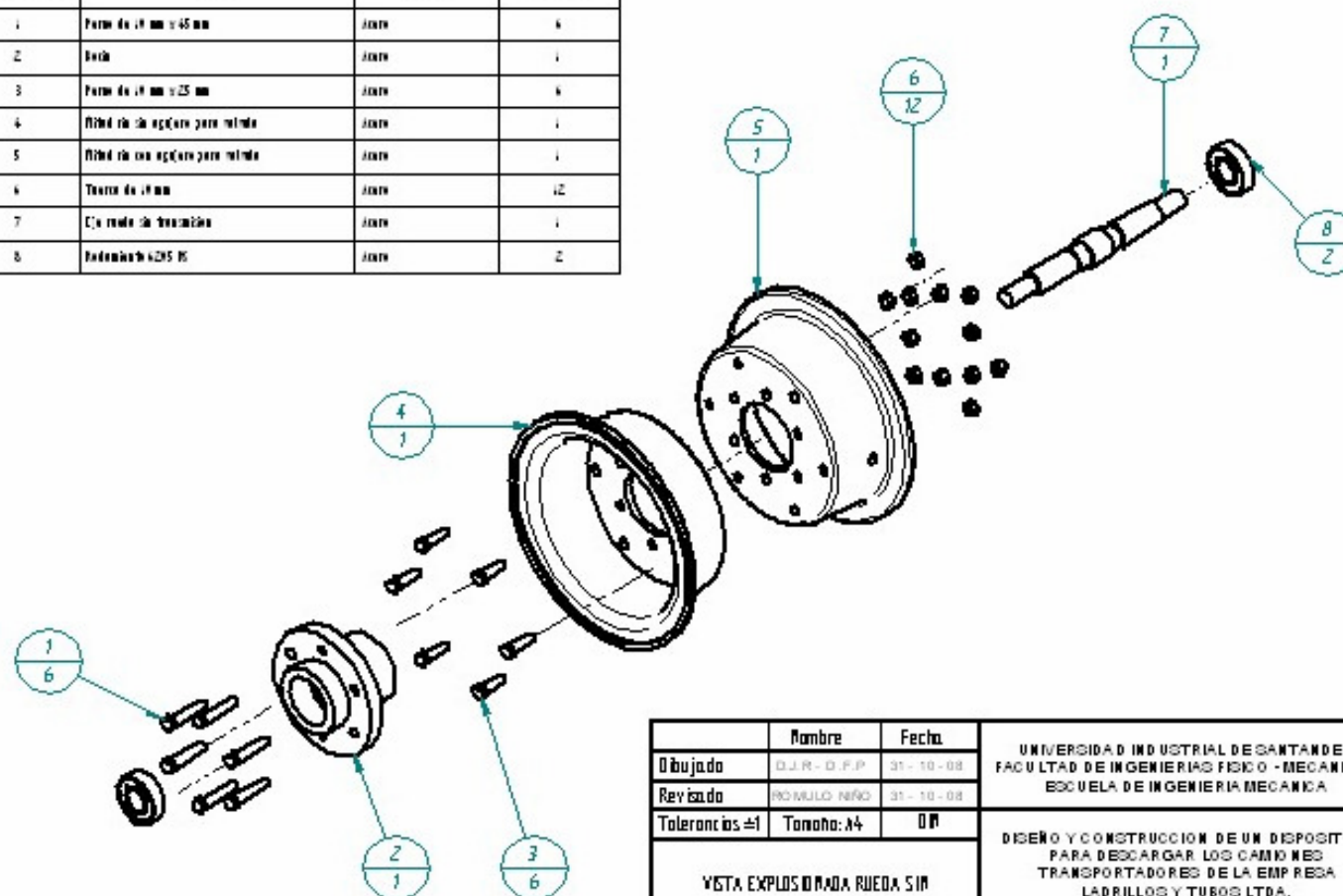


	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Dibujado	D.J.R. - D.F.P.	31-10-08	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO PARA DESCARGAR LOS CAMIONES TRANSPORTADORES DE LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA.		
Revisado	POMILLO NIÑO	31-10-08			
Tolerancias ± 1	Tamaño: A4	OP	ESQUEMA Y VISTAS PRINCIPALES EJE DEL PIÑON PEQUEÑO Y PLATINA PARA RODAMIENTO		
			Escala: 1:2	Medidas: mm	Hoja: 14 de 22





Número de elemento	Título	Material	Cantidad
1	Patón de 18 mm x 45 mm	ACERO	6
2	Arca	ACERO	1
3	Patón de 18 mm x 25 mm	ACERO	6
4	Almendra de la aguja para rodamiento	ACERO	1
5	Almendra de la aguja para rodamiento	ACERO	1
6	Tensor de 18 mm	ACERO	12
7	Caja rodamiento de fricción	ACERO	1
8	Rodamiento 6205 RS	ACERO	2



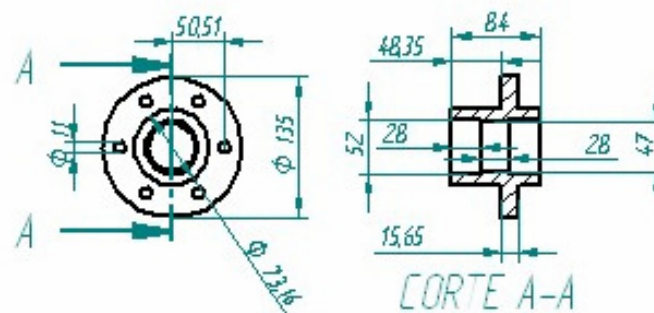
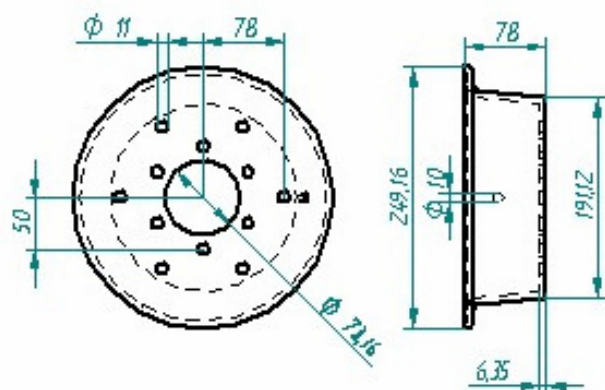
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
Dibujado	D.J.R. - D.F.P.	31-10-08	
Revisado	ROMULO NINO	31-10-08	
Tolerancias ± 1	Tamaño: A4	DM	
VISTA EXPLOSIONADA RUEDA SIN TRANSMISION DE CADENA			DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO PARA DESCARGAR LOS CAMIONES TRANSPORTADORES DE LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA.
Escala: 15			Medidas: mm
			Hoja 17 de 22



MITAD RIN

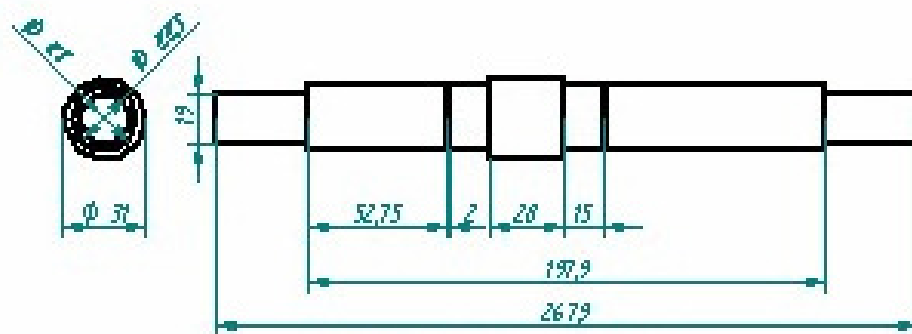


BOCIN

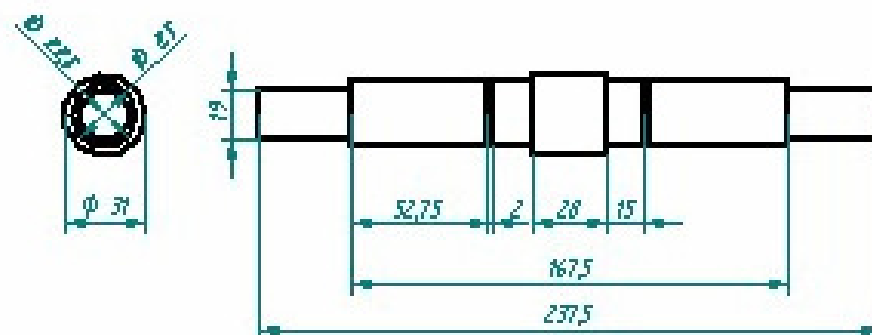


CORTE A-A

	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Dibujado	D.J.R. - D.F.P.	31-10-08			
Revisado	ROMULO NIÑO	31-10-08			
Tolerancias ± 1	Tamaño: A4	DM	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO PARA DESCARGAR LOS CAMIONES TRANSPORTADORES DE LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA.		
ISOMETRICA Y VISTAS PRINCIPALES MITAD DE RIN Y BOCIN					
			Escala: 15	Medidas: mm	Hoja 18 de 22



EJE CON TRANSMISION

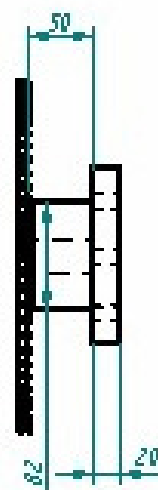
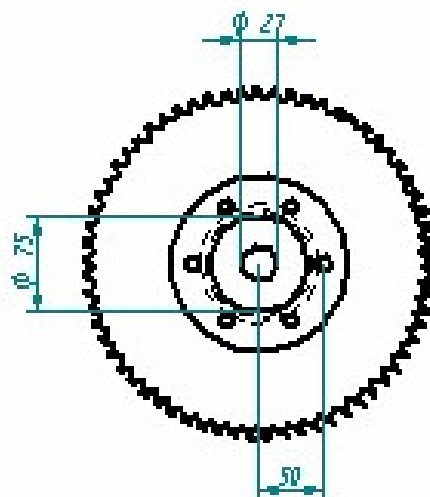


EJE SIN TRANSMISION

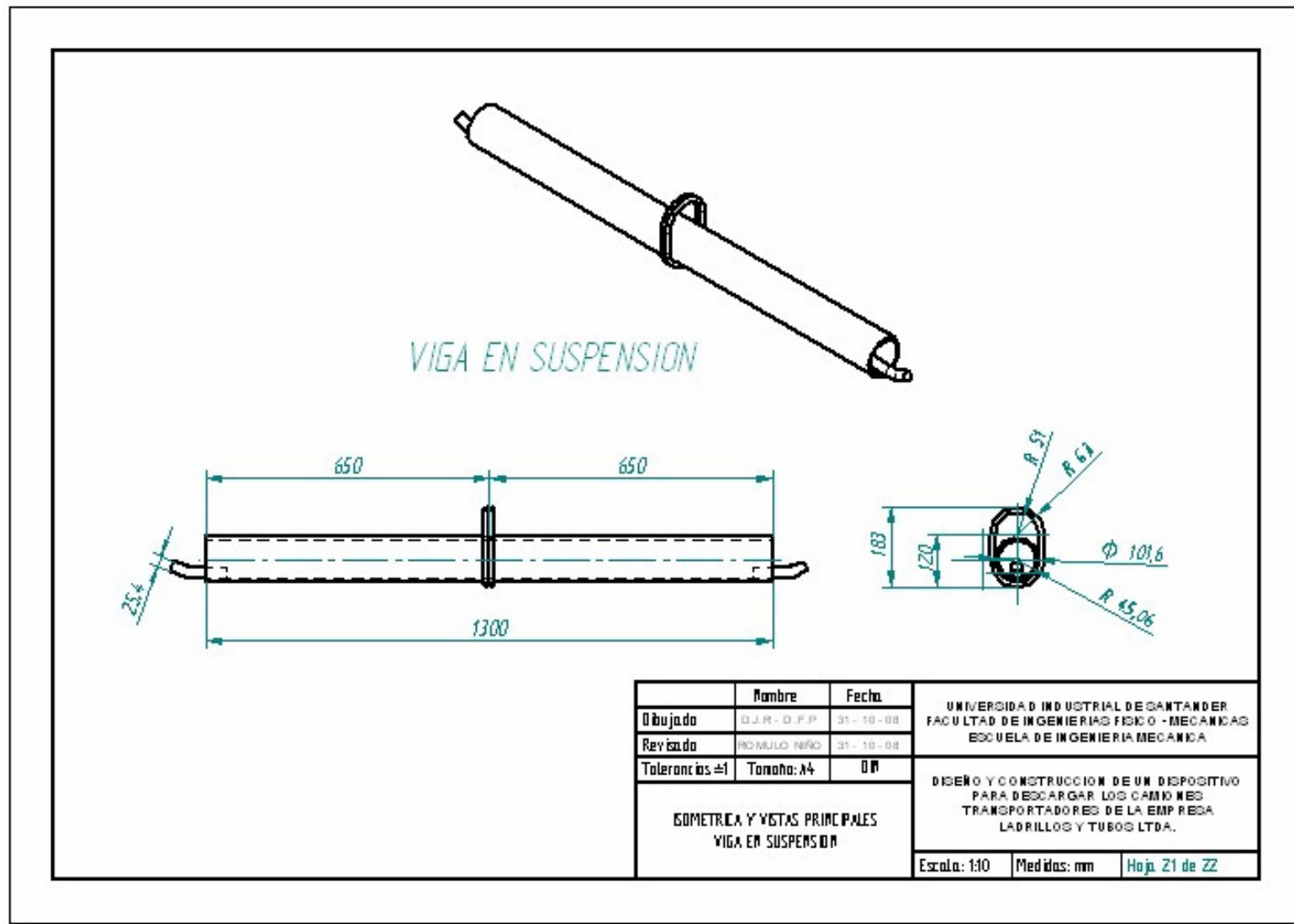
	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANT ANDRÉS FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
Diseñado	D.A.R.I.O. A.P.	27.12.22	
Dibujado	ROMA ORSIO	27.12.22	
Revisado	ROMA ORSIO	27.12.22	
Elaborado	ROMA ORSIO	27.12.22	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DEPOSITO PARA ALMACENAR LOS CAMIONES TRANSPORTADORES DE LA EMPRESA LAORILLOS Y TUBOS LTDA.
Revisado	ROMA ORSIO	27.12.22	
VISTAS PRINCIPALES DE LAS BACIAS			Escala: 1:2 Hoja: 01 de 01 Fecha: 27 de 22

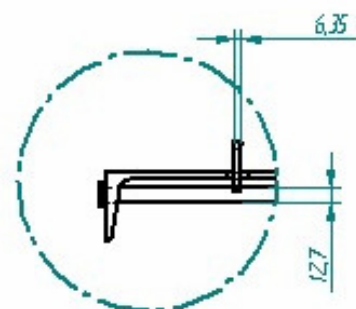


PIÑON 40B-65

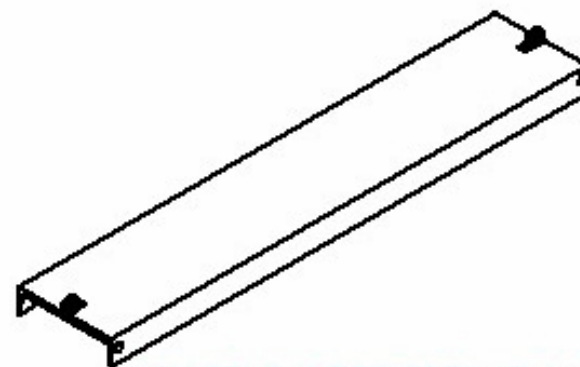


	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANT ANDRÉS FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Diseño	D. J. R. D. J. R.	21.12.20			
Revisión	R. M. L. D. J. R.	21.12.20			
Tolerancias:	Tamaño: 14	10			
ESTRUCTURA Y VISTAS PRINCIPALES PIÑON 40B-65			DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA ADESGAR LOS CARLOS ABRIONES TRANSPORTADORES DEL A EN PRENSA LAGRELLOS Y TUBOS L.T.O.A.		
			Copia: 14	Reducción: mm	Hoja 20 de 22

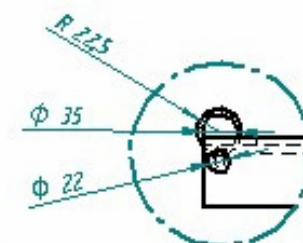




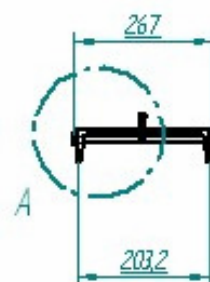
DETALLE A



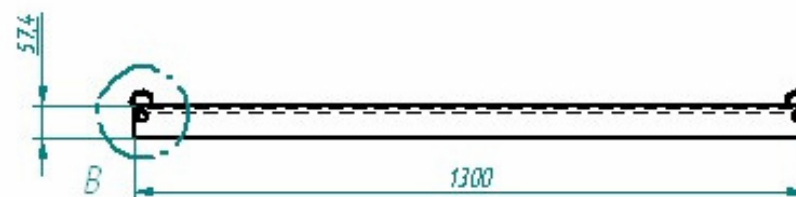
PALETAS INFERIORES (2 und)



DETALLE B



A



B

	Nombre	Fecha	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO - MECANICAS ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		
Dibujado	D.J.R. - D.P.P.	31 - 10 - 08	DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN DISPOSITIVO PARA DESCARGAR LOS CAMIONES TRANSPORTADORES DE LA EMPRESA LADRILLOS Y TUBOS LTDA.		
Revisado	PROMULO NIÑO	31 - 10 - 08			
Tolerancias ± 1	Tamaño: A4	08			
ISOMETRICA Y VISTAS PRINCIPALES PALETAS INFERIORES			Escala: 1:10	Medidas: mm	Hoja 22 de 22

