

**DISEÑO DE UNA RAMPA PORTÁTIL PARA CARGA Y DESCARGA DE
CABALLOS EN CAMIONES CONVENCIONALES**

RAYMUNDO PEÑA MARRUGO

PAUL ALEXANDER NISPERUZA LLORENTE

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
MINOR EN DISEÑO DE MÁQUINAS
CARTAGENA DE INDIAS, D. T. Y C.
2004**

**DISEÑO DE UNA RAMPA PORTÁTIL PARA CARGA Y DESCARGA DE
CABALLOS EN CAMIONES CONVENCIONALES**

RAYMUNDO PEÑA MARRUGO

PAUL ALEXANDER NISPERUZA LLORENTE

Monografía de grado presentada como
requisito para optar el título de Ingeniero
Mecánico

Director:
ALEXANDER VALENCIA CRUZ
Ingeniero Mecánico M.Sc

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
MINOR EN DISEÑO DE MÁQUINAS
CARTAGENA DE INDIAS, D. T. Y C.
2004**

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Cartagena de Indias, D. T y C., Mayo 28 del 2004

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	11
1. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2. OBJETIVOS	12
1.2.1. Objetivo General	12
1.2.2. Objetivos Específicos	12
1.3. JUSTIFICACIÓN	13
1.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	13
2. COMPORTAMIENTO DE LOS CABALLOS	15
2.1. SUBIR AL TRANSPORTE	15
2.2. PROBLEMAS PARA LA CARGA	19
2.3. LA CONDUCCIÓN	19
2.4. ENSEÑAR A CARGAR	19
2.5. EN EL INTERIOR DEL REMOLQUE	21
2.6. BAJAR DEL TRANSPORTE	21
2.7. CONSEJOS PRÁCTICOS	22
2.8. ESTRUCTURA DE LOS CASCOS	23
2.8.1. Cómo mantener Sano el Casco	23
2.8.2. La Importancia del Herrado	23

2.8.3 Cojeras	24
3. REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE	26
4. ANÁLISIS POR RESISTENCIA	27
4.1. COMENTARIOS	27
4.2. CARGA DE TRABAJO	28
4.3. SECCIÓN DE LOS PERFILES	28
4.3.1. Número de Perfiles Transversales	29
4.3.2. Dimensiones de los Perfiles	29
4.3.3. Perfiles Transversales	31
4.3.4. Calculo del Cortante Máximo	32
4.3.5. Calculo del Momento Máximo	33
4.3.6. Perfiles Laterales	33
4.3.6.1. Cortante Máximo	33
4.3.7. Selección	35
4.3.8. Módulo de Perfiles Transversal	36
4.3.9. Módulo de Perfiles Laterales	36
4.3.10. Designación de los Perfiles Seleccionados	36
4.4. RESISTENCIA DE LOS PERFILES TRANSVERSALES	37
4.4.1. Resistencia a Cortante	37
4.4.2. Resistencia a Flexión	39
4.4.3. Cálculos de Deflexión	40
4.5. RESISTENCIA DE LOS PERFILES LATERALES	41

4.5.1. Resistencia a la Flexión	41
4.5.2. Resistencia al Cortante	42
4.5.3. Calculo del Eje Neutrón	42
4.5.4. Calculo de Deflexión	43
4.5.5. Resistencia a la Torsión	44
4.5.6. Deformación Angular	45
4.6. CÁLCULOS DE LOS DISPOSITIVOS DE UNIÓN	46
4.6.1. Calculo de Pasadores	46
4.6.1.1. Diámetro de Pasadores	46
4.6.2. Resistencia del Tubo	47
4.6.3. Calculo de las Bisagras	49
4.6.3.1. Sección Transversal	50
4.6.3.2. Calculo del Valor de “b” Según el Cortante	50
4.6.3.3. Según el Criterio del Esfuerzo Normal Máximo	51
4.7. ANÁLISIS DE RESISTENCIA DE LAS UNIONES SOLDADAS	52
4.7.1. Soldadura de Perfiles Transversales	53
4.7.2. Calculo de Espesor de Cordón de Soldadura	54
4.7.2.1. Según el Criterio de Esfuerzo Cortante	54
4.7.2.2. Según Criterio del Esfuerzo Normal Máximo	55
4.8. ANÁLISIS DE LA SOLDADURA EN LAS BISAGRAS	55
4.8.1. Soldadura en la Platina	56
4.8.1.1. Según Esfuerzo Normal Máximo	57
4.8.1.2. Según Esfuerzo Cortante Máximo	57

4.9. CÁLCULO DE LA SOLDADURA EN LA UNIÓN DEL TUBO Y LA PLATINA	58
4.9.1. Cortante Primario	59
4.9.2. Cortante Secundario	59
4.10. CÁLCULO DE LAS COLUMNAS	61
4.10.1 Tabla Dinámica	65
4.11. CÁLCULO DEL ESFUERZO POR APLASTAMIENTO	66
4.12. CÁLCULO DE LA TENSIÓN EN EL CABLE DEL DIFERENCIAL	67
5. DEFINICIÓN DEL SISTEMA Y RECOMENDACIONES DE USO	71
5.1. RECOMENDACIONES DE USO	71
5.2. RECOMENDACIONES PARA EL VEHÍCULO	72
5.3. SISTEMA DE SUJECIÓN	73
6. ANÁLISIS DE COSTOS	75
7. ANÁLISIS POR ANSYS 5.5	76
7.1. LÁMINA	76
7.2. PERFILES LATERALES	77
7.3. PERFILES TRANSVERSALES	78
7.4. SOPORTES DE LEVANTE	79
8. CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura inferior de la rampa	30
Figura 2. Diagrama general de cuerpo libre	31
Figura 3. Diagrama de carga distribuida	32
Figura 4. Diagrama de cuerpo libre para perfiles transversales	33
Figura 5. Diagrama de deflexión (perfiles laterales)	34
Figura 6. Diagrama de sección de corte	34
Figura 7. Figura de corte	35
Figura 8. Sección transversal de perfiles U50x38	37
Figura 9. Diagrama de deflexión (perfil transversal)	40
Figura 10. Sección transversal (perfil transversal)	41
Figura 11. Sección transversal (perfil transversal)	42
Figura 12. Deflexión del perfil lateral	44
Figura 13. Diagrama de cuerpo libre – torsión	44
Figura 14. Sección transversal pasador	46
Figura 15. Sección transversal – tubo	48
Figura 16. Posición de las bisagras	49
Figura 17. Diagrama de cuerpo libre – bisagras	49
Figura 18. Sección transversal platinas – bisagra	50

Figura 19. Sección transversal platina – bisagra	51
Figura 20. Cordones de soldadura	53
Figura 21. Secciones transversales	54
Figura 22. Soldadura en las platinas – bisagras	56
Figura 23. Unión platina tubería	58
Figura 24. Diagrama de Columnas	61
Figura 25. Condición de frontera de las columna	62
Figura 26. Isométrico perfil lateral	66
Figura 27. Área proyectada UPN100	67
Figura 28. Diagrama de levantamiento	68
Figura 29. Diagrama de cuerpo libre de la rampa	68
Figura 30. Diagrama de cuerpo libre de la rampa	69
Figura 31. Esquema general del diseño	73
Figura 32. Esfuerzos en la lámina	76
Figura 33. Esfuerzos en el perfil UPN100	77
Figura 34. Esfuerzos en perfil U50x38	78
Figura 35. Deformaciones en perfil U50x38	79

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Láminas Alfajor o Antideslizante	83
Anexo B. Perfil C Estándar Europeo - Upn	84
Anexo C. Perfil C Europeo Sección Pequeña – U	85
Anexo D. Propiedades a la Flexión de Uniones de Soldadura de Filete	86
Anexo E. Junta Tipica a Tope	88
Anexo F. Juntas a Translape, con dos Filetes Transversales	89
Anexo G. Deflexiones en Pendientes de Vigas	90
Anexo H. Propiedades Típicas De Materiales Seleccionados Usados En Ingeniería (Unidades Si)	91
Anexo I. Coeficientes para Barras Rectangulares Sometidas a Torsión	92
Anexo J. Secciones transversales	93
Anexo K. Tubería Comercial de Acero con Base en ANSI B36.10: 1970 Y Bs 1600: Parte 2:1970	94
Anexo L. Columna graduable	95
Anexo M. Placa numero uno.	96
Anexo N. Estructura completa	97

INTRODUCCIÓN

Las estructuras son los dispositivos artificiales algo simples de utilizar. Estas poseen como función principal las de sostén y protección. En algunos casos, cumplen además funciones de transporte, como es el caso de las rampas. Las rampas son, en términos físicos, claros ejemplos de planos inclinados que favorecen la caída de cuerpos por efecto de la ley de gravedad y favorecen (en otros términos) el ascenso de los cuerpos con un esfuerzo menor al necesario si levantáramos la carga de manera vertical.

No obstante, se puede trabajar la construcción de numerosos tipos de rampas orientada a desarrollar un conjunto de contenidos propios del área de Tecnología que, básicamente, se orientan al conocimiento de aspectos relacionados con estructura y función de las rampas.

La estructura de una rampa: está compuesta por dos elementos fundamentales, un plano inclinado (digamos plancha, tabla o como queramos denominarla) y un soporte. Luego podremos perfeccionarlas – complejizarlas- sumándoles otras partes, en este caso aquellas que favorecen funciones de control secundario al interior del sistema: barreras y finales de carrera.

En cuanto a la rampa que aquí se diseñara, se destinara para el ascenso y descenso de caballos hacia o desde camiones convencionales, sin obviar la posibilidad que pueda ser usada para otras funciones, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones de uso.

1. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente la policía cuenta con remolques para caballos que dan a 40 centímetros del piso, por lo que es sencillo subir y bajar los caballos. Estos vehículos son de fabricación canadiense pero son bastante costosos y no son muy adecuados para las condiciones topográficas de Bogotá (y de otras ciudades en el país).

Lo que se requiere es poder subir los caballos a camiones Ford 8000 con los que cuenta la policía actualmente y que son más económicos. En un principio la policía pensó en usar un montacargas. El problema del montacargas además de su transporte es el precio y que los caballos pesan en promedio 700 kilos.

El presente trabajo busca diseñar un sistema que permita cargar y descargar caballos en cualquier sitio de la ciudad (y del país) de una manera sencilla y económica, además de tener una inclinación tal que los caballos caminen sin tener la sensación de saltar o de deslizarse.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General. Diseñar una Rampa Portátil de fácil manejo, que permita cargar y descargar caballos en camiones convencionales en cualquier lugar del país, asegurando que los caballos no tengan problemas de deslizamiento.

1.2.2. Objetivos Específicos

- ❖ Investigar y estudiar las características de los camiones Ford 8000, con que cuenta la policía nacional.

- ❖ Realizar un análisis detallado del tipo de carga que se va a transportar (caballos), en donde se tendrá en cuenta aspectos como: peso promedio, cantidad promedio a transportar, etc.
- ❖ Consultar sobre diferentes materiales para ver cuáles cumplen con los requisitos necesarios para el diseño; entre estos requisitos tenemos: resistencia, peso, precio, etc.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La razón para realizar este diseño, es la de brindar una solución adecuada al problema que viene afrontando la Policía Nacional con respecto al transporte de sus caballos. Esta entidad utiliza para dicho transporte remolques que adquiere a un alto costo y éstos no son aptos para la geografía de nuestro país.

Como se puede observar, este nuevo diseño ahorrará costos a esta entidad y mejorará el servicio de transporte de sus caballos.

1.4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Básicamente la investigación realizada es de tipo aplicada y la metodología utilizada para la recolección de información, se basó en los siguientes parámetros:

- ❖ Visitas
- ❖ Asesorías
- ❖ Consultas (Internet, textos)

VISITAS

En este parámetro se realizaron visitas a parqueaderos para ver las características físicas de los camiones Ford 8000.

ASESORÍAS

En este ítems se realizaron consultas a personas especialistas en el tema, o con experiencia previa en el transporte de caballos y en montajes de estructuras en general.

CONSULTAS (INTERNET, TEXTOS)

Las consultas en Internet y en textos, se hicieron con el fin de identificar las diferentes razas de caballos y sus pesos promedios, esto con el fin de identificar la carga de trabajo de la rampa.

2. COMPORTAMIENTO DE LOS CABALLOS

2.1. SUBIR AL TRANSPORTE

Si el caballo ya de potro ha aprendido a subir al transporte hay menos problemas. Primero el caballo tiene que aprender a seguir y obedecer con cabezada y ramal, si no es así, no resultará fácil hacerle subir. Es muy importante tener tiempo cuando se entrena a subir al transporte. El entrenamiento ha de tardar el tiempo que haga falta, si no, hay que volver a hacerlo una y otra vez. Es demasiado tarde para empezar a pensar en el entrenamiento cinco minutos antes del primer viaje del caballo.

Hay gente que sube los caballos al transporte drogados, eso dice todo lo que hay que saber sobre sus conocimientos del manejo de caballos. Una persona tiene que poder cargar el caballo solo, puede que se encuentre solo en una emergencia, y la vida del caballo dependa de que pueda subirle al transporte.

Como con todo el entrenamiento con caballos, es más seguro si el entrenador está solo con el caballo, está bien tener ayudantes a mano, pero puede ser más complicado si hay muchas personas en medio. Es mejor que los ayudantes se queden mirando.

El transporte tiene que estar preparado para el entrenamiento, la partición no es necesaria al principio. Es más fácil para el caballo entrar en un transporte ancho y bien iluminado. Hay que quitar todos los restos de comida que pueda haber en el suelo, no es buena idea fracasar con el entrenamiento porque el caballo agacha la cabeza para comer del suelo y por ello se golpea la cabeza con la barra delantera. El caballo no se va a morir de hambre durante el entrenamiento, mejor olvidarse de las zanahorias, los cubos de avena y las redes con alfalfa.

La rampa es lo que causa más problemas, los caballos no quieren subirse a ella y pueden hacer de todo para evitarlo. Lo más fácil sería que no existiese la rampa, por alguna razón los dueños de caballos piensan que

los caballos pueden saltar obstáculos de más de un metro, pero no pueden levantar el pie unos decímetros para subir a un remolque.

Las salidas que encuentra un caballo para no entrar pueden ser irse de lado, hacia atrás, hacia arriba, quedarse inmóvil o en algunos casos acostarse. Da igual la vía de escape que el caballo elija, no hay que ceder. Solo se cede cuando el caballo se mueve hacia el transporte. Si quiere subir la rampa desde el lado hay que dejarle, al final aprenderá que es más fácil subir recto. Si se entrena en la puerta del picadero redondo el caballo no puede tirarse de lado. La puerta de la cuadra se debe utilizar solo si no hay otra solución posible. Si el caballo va hacia atrás, hay que frenarle todo lo posible, nadie es tan fuerte como para que el caballo no pueda ir atrás si quiere. Se cederá solo cuando el caballo haya parado y haya intentado ir hacia delante.

Si el caballo piensa que ir hacia atrás es una buena solución, hay que dejarle ir, pero tiene que ir un poco más lejos y un poco más rápido de lo que se había pensado. Cuando quiere ir hacia delante otra vez, tiene que ser fácil y cómodo para él.

Si se levanta el caballo hay que frenarle y ceder solo cuando va hacia delante, pero hay que quitarse de en medio. Mucha gente comete el error de estar demasiado cerca del caballo y le impiden moverse hacia delante, un caballo no quiere pasar por encima de su entrenador para entrar en el transporte. Mejor es utilizar una cuerda de 3 m. o más de largo y darle espacio al caballo.

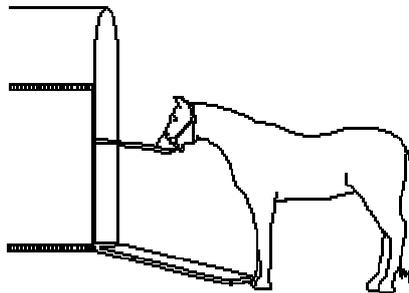
A veces el caballo salta la rampa para entrar, por eso no hay que estar en medio. Si insiste en levantarse hay que darle trabajo, hacerle retroceder con cuidado para que no se tire al suelo y se haga daño. Si se acuesta hay que ayudarlo a levantarse, si no quiere levantarse hay que dejarle en el suelo un rato más largo de lo que se había pensado.

Si el caballo se queda inmóvil hay que esperar hasta que se mueva manteniendo una presión constante en la cuerda para que esté incómodo, el que tiene más paciencia gana. Si se niega totalmente a moverse hacia delante, un ayudante puede mandarle desde atrás, pero tiene que ceder en cuanto el caballo se mueva hacia delante.

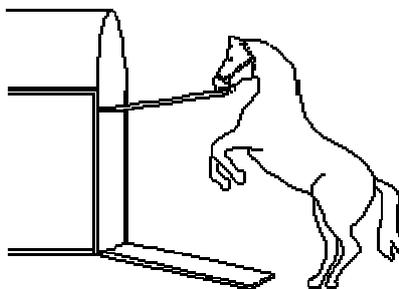
El caballo tiene que aprender que dentro del transporte la vida es cómoda. La misma técnica se puede utilizar para enseñarle a pasar fosas, etc.

Cuando el caballo entra sin protestar se puede entrenar con la partición en su sitio, primero hacia un lado, después en el centro. Luego con dos caballos, tienen que poder entrar con uno ya dentro. Y habrá que poder sacar uno sin que pase nada. Cuando el caballo esté dentro se tiene que sentir suelto, no forzado. Si se tira hacia fuera solo se puede frenar lo máximo posible y seguirle fuera, se cede solo cuando el caballo ha parado y se ha movido hacia el transporte. Hay que volver a cargarlo.

Un ayudante puede levantar la rampa de forma ruidosa, agitar cadenas escandalosamente, tirar piedrecillas contra el remolque, etc. Cuando ya se está en marcha con el caballo dentro es demasiado tarde para intentar evitar que el caballo se asuste de los ruidos. Cuando se descarga el caballo tiene que ser a su propio ritmo, si se le ha enseñado a retroceder con la palabra "atrás" aquí tiene una utilidad. Muchos caballos aprenden a tirarse hacia fuera porque el que le aguanta le frena cuando va a salir.



El que tiene más paciencia gana. Usar cuerdas atadas por detrás solo complica las cosas para la próxima vez.



A los caballos no les gusta entrar en agujeros oscuros. Un transporte con luz facilita mucho el aprendizaje.

Pocos transportes están hechos para caballos, la rampa tiene bordes agudos y esquinas cortantes. Las lámparas se caen de su sitio cuando el caballo pisa la rampa. Bordes salientes y agudos a la altura de los ojos. La partición no se puede quitar porque se cae la barra. Un caballo que viaja solo está más cómodo con todo el espacio, algunas yeguas no pueden viajar en un transporte estrecho.

El espacio interior es demasiado corto para caballos de más de 1.55 m. de altura. La rampa delantera es una excusa para personas que no saben de caballos. Las anillas de atar están fijadas demasiado bajo, un caballo puede apoyarse y tirar y levantar hacia atrás con gran fuerza, pero si está atado alto se levanta a si mismo y no ejerce ninguna fuerza sobre la anilla. Ningún caballo se ha muerto de hambre durante un transporte normal, al contrario muchos caballos se han hecho daño con redes de alfalfa durante viajes cortos. Es mejor parar durante el viaje, sacar al caballo a tomarse una pausa para comer, al igual que el conductor.

Si se quiere refinar el subir al transporte se puede, por ejemplo, llevar el caballo hasta el remolque y mandarle solo hacia dentro, o darle cuerda hacia dentro con una cuerda larga.



2.2. PROBLEMAS PARA LA CARGA

Los caballos cuentan con una memoria asombrosa, en especial cuando se trata de recordar acontecimientos que les han resultado dolorosos o desagradables. Por eso no es de extrañar que un caballo rehúse a realizar un viaje después de haber pasado por una de esas experiencias traumatizantes. Para evitar estas asociaciones negativas con los trailer, se recomienda cargar al animal de vez en cuando, realizando viajes cortos para después descargarlo y premiarle montándolo para dar un agradable paseo.

Por otro lado, está el problema de la claustrofobia, que suele ser una de las principales dificultades para la carga y uno de los males que más caballos sufren. Puede darse en diferentes grados e incluso en algunos animales impide que puedan viajar correctamente; si no es muy pronunciada, la claustrofobia puede combatirse ofreciendo al caballo un lugar amplio para el transporte.

2.3. LA CONDUCCIÓN

Resulta fundamental conducir suavemente y tratar en todo momento de no realizar cambios bruscos de velocidad ni de trayectoria. En los viajes largos, es recomendable parar cada tres horas, realizando paradas de unos 15 a 20 minutos. Si no lo considera adecuado, no tiene por qué bajarlos del transporte, pero sí deberá parar totalmente el motor, puesto que esto relaja al animal, permitiéndole descansar. Si el viaje es de más de seis horas, sí deberemos bajarlos y hacer que caminen un poco.

2.4. ENSEÑAR A CARGAR

Resulta esencial equipar al animal con ropa de protección, teniendo en cuenta que resulta muy fácil producirse todo tipo de heridas, al igual que durante el viaje (y debemos tener presente que si asocia esta acción a algo doloroso, resultará sumamente difícil que quiera repetir la experiencia). En este equipo deberemos incluir:

- ❖ Protectores de viaje con cierre de velcro

- ❖ Manta de viaje: que protegerá el cuerpo del caballo de posibles roces y también de los cambios meteorológicos (imprescindible en el invierno).
- ❖ Cabezada de brida: tenga en cuenta que una cabezada normal no ofrece el suficiente control con un caballo que sea indócil o que tenga tendencia a echarse hacia delante.
- ❖ Protector para la cabeza
- ❖ Protector de cola: hay caballos que se "sientan" cuando viajan y así pueden lastimarse.

Debemos saber que los caballos se asustan con mucha facilidad si notan que la rampa se mueve al pisar sobre ella, puesto que se trata de una sensación que no suelen experimentar (es como si "les faltara el suelo"). Por eso es fundamental que intentemos una colocación firme y segura de la rampa, colocando el remolque en un terreno plano y poniendo tacos o ladrillos para sujetar la rampa en caso de que se considere necesario. Hay que tener presente que los caballos con problemas en el lomo puede tener muchas dificultades para subir rampas que tengan una pendiente pronunciada (algo muy común en los camiones), por lo que será necesario acondicionar la rampa para que tenga menor desnivel. La persona que conduzca al caballo deberá caminar a su lado, nunca por delante, puesto que esto le tapanía la visión, entorpeciendo su deseo de avanzar. No debemos tirar hacia delante de un caballo que rehúsa a entrar, puesto que lo único que conseguiremos será que él tire más hacia atrás, entrando en una pelea del todo absurda. Debemos utilizar métodos que incentiven al animal a desarrollar la actitud que nosotros deseamos: ponerle comida como incentivo resulta siempre una buena idea.

Otra posible solución pasa por atar una rienda larga a un lado del remolque o furgoneta y pasarla por detrás del caballo (rodeando cuidadosamente los cuartos traseros), siendo sujeta en el otro extremo por un ayudante. A medida que el animal vaya avanzando, la persona que sujeta el extremo de la rienda la irá acortando gradualmente, con lo que se ejerce una tensión que sirve para empujar al caballo hacia arriba de la rampa. Por supuesto, una vez que el caballo haya entrado en el remolque, deberá ser recompensado con golosinas y algunos mimos.

2.5. EN EL INTERIOR DEL REMOLQUE

A pesar de que muchos caballos cargan adecuadamente en el remolque, son malos viajeros y comenzarán a dar problemas nada más ponernos en marcha y sentir el movimiento.

Muchos pierden el equilibrio con facilidad, llegan a piafar (se balancean lateralmente) e incluso se caen, lo que sin duda es un enorme peligro. La mejor forma de prevenir o reducir este efecto es una correcta y lenta conducción.

Debemos intentar que el remolque o camión donde el animal va a viajar sea lo más acogedor posible, haciéndole el viaje más placentero. Para ello existen unos pequeños trucos:

- ❖ Ponga en el suelo una ligera cama de paja
- ❖ En caso de existir divisiones internas, retírelas: hará que el lugar parezca más espacioso, al tiempo que se reducen los riesgos de lesión
- ❖ Si se trata de un remolque con descarga frontal, deje bajada la rampa delantera, es importante que el caballo pueda ver la luz del día desde el lado de carga

2.6. BAJAR DEL TRANSPORTE

Tras el viaje, llegará el momento de bajar a nuestro caballo del remolque o camión. Lo haremos con cuidado, sin movimientos bruscos y dejándoles tiempo para que descansen y se acostumbren al nuevo lugar (si ha sido un viaje largo, le dejaremos al menos dos horas antes de trabajar con él, para que vayan reconociendo el terreno).

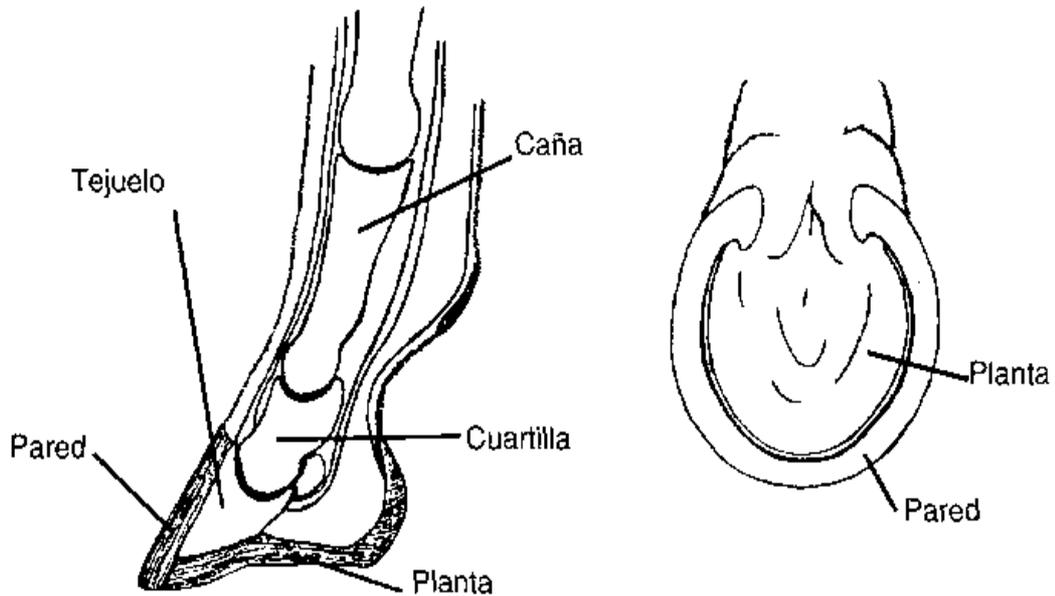
Conviene acariciarlos y hablarles, para que no se sientan extraños. Tenga mucho cuidado con los caballos que intentan salir rápidamente del remolque hacia atrás; busque para la descarga un lugar seguro y amplio.

2.7. CONSEJOS PRÁCTICOS

- ❖ No conviene que el caballo realice esfuerzos el día antes de viajar. Procure que trabaje poco
- ❖ No deje al animal preparado el día anterior, puesto que así sabrá lo que le espera y no descansará bien, lo cual achacará durante el viaje. Es preferible que el caballo no sepa que tiene que viajar.
- ❖ La comida anterior al viaje (la cena del día anterior o la comida de ese mismo día, si el viaje se realiza por la tarde), deberá ser la mitad de la habitual. Justo antes de partir se le dará una ración de heno o similar (no grano), para que tenga los intestinos llenos y, por supuesto, toda el agua que desee.
- ❖ Tenga en cuenta que al caballo no le gusta entrar en un hueco oscuro: procure iluminar el remolque
- ❖ Si deben viajar dos caballos, primero haremos subir al más manso.



2.8. ESTRUCTURA DE LOS CASCOS



2.8.1. Cómo mantener Sano el Casco. El animal debe acostumbrarse a que se le levante la pata. Limpie la planta del casco eliminando el barro y el estiércol. Si no se eliminan estos materiales, la humedad que contienen provoca la infección de la planta.

Cubra con regularidad la pared del casco con grasa o aceite para mantenerla untuosa. Esto evitará que se agriete.

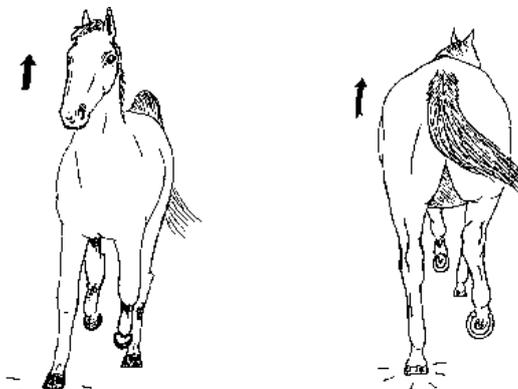
2.8.2. La Importancia del Herrado. La tapa del casco crece como crecen las uñas de su mano. Se desgasta a medida que el animal camina. Cuando los animales pasean o trabajan en superficies duras, como cemento, asfalto y caminos montañosos, el casco puede desgastarse más rápidamente de lo que crece. En este caso el herrado protege el casco. Si se herra un animal, las herraduras deben quitarse cada seis semanas para poder eliminar el crecimiento extra del casco.

El herrado y engrosamiento del casco evitan que se agriete. Contacte con el herrador cada vez que necesite herrar los animales o cuando cojeen debido a problemas de las herraduras.

2.8.3 Cojeras. En la planta del pie se encuentra un órgano de vital importancia para nuestro caballo, es la RANILLA o CANDADO, de forma triangular, estructura cartilaginosa, ayuda a bombear sangre por la extremidad cuando el pie entra en contacto con el suelo, también actúa como antideslizante, previene que se contraigan los talones y protege la parte sensitiva del casco. Cuando la ranilla se pudre y la infección llega hasta la parte sensitiva del casco, se produce la cojera, la cual se manifiesta con un caminar anormal.

Recuerde que puede ser difícil descubrir el punto de la cojera del animal y cuál es la causa. Para identificar el miembro cojo deberá proceder como sigue:

- ❖ Encabestrar el animal y pedir a alguien que lo haga caminar
- ❖ Para observar los miembros anteriores, pídale a su ayudante que haga trotar al animal (caminar más de prisa que andando) hacia usted; el animal cojo sube y baja la cabeza al trotar. La levantará cuando el miembro cojo toca el suelo
- ❖ Para observar los miembros posteriores, el animal debe trotar alejándose de usted. Observe el dorso del animal y verá que lo levanta cuando el miembro cojo toca el suelo
- ❖ Examine el miembro cojo por si presenta alguna herida inflamación o dolor
- ❖ La cojera generalmente se debe a un problema del casco.



Pida consejo a su veterinario, aunque a veces podrá resolver el problema usted mismo

- ❖ A veces, la cojera se debe a una infección de la planta del casco. El casco está dolorido y se forma pus (secreción amarilla). Limpie la herida y aplíquese tintura de yodo. Deje descansar al animal sin hacerlo trabajar.

- ❖ Una grieta en la pared del casco puede causar cojera que se cura engrasándolo y herrándolo bien

- ❖ La planta del casco puede infectarse y estar húmeda, negra y maloliente. Esto se denomina aguadura y se observa en los animales mantenidos en condiciones húmedas. Elimine el material infectado y aplique a la zona formalina o tintura de yodo

3. REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

Lo que se requiere es un sistema que pueda subir y bajar los caballos a camiones Ford 8000 con los que cuenta la policía actualmente, ya que son más económicos que los vehículos canadienses utilizados para este transporte. En un principio la policía pensó en usar un montacargas. El problema del montacargas además de su transporte es el precio y que los caballos pesan en promedio 700 kilos.

En conclusión; se requiere es un sistema que cumpla con las siguientes características:

- ❖ Que sea económico en comparación al sistema que se esta utilizando (camiones de fabricación canadiense).
- ❖ Que sea de fácil manejo, es decir, que pueda ser operado por pocas personas.
- ❖ Que no requiera de ningún sistema hidráulico, neumático o eléctrico para su funcionamiento. Se necesita que este sistema no altere o modifique las funciones del motor.
- ❖ Debe ser lo mas liviano posible.
- ❖ Que se le pueda hacer mantenimiento fácilmente.

4. ANÁLISIS POR RESISTENCIA

Para realizar este análisis tomaremos en cuenta los parámetros que comúnmente rigen estos tipos de diseños.

Los parámetros son los siguientes:

- ❖ Esfuerzos Cortantes
- ❖ Esfuerzos Normales
- ❖ Deflexiones
- ❖ Esfuerzos de Aplastamientos
- ❖ Deformaciones angulares

Cabe destacar que dichos esfuerzos son causados por diferentes factores, entre los cuales cabe mencionar: flexión, torsión, compresión, tensión, etc.

4.1. COMENTARIOS

El sistema que se va a analizar es una estructura que cuenta con un especie de armazón o sercha horizontal, sobre el cual se apoya la lámina antideslizante que actúa como una especie de piso antideslizante, sobre la cual caminarán los caballos al descender del vehículo.

El sistema es una rampa que la conforman dos de los armazones mencionados los cuales están unidos por tres bisagras. Por otra parte la rampa se encuentra unida al vehículo por 6 bisagras.

Lo primero que se va a analizar es la sercha horizontal que soporta el peso de los caballos.

4.2. CARGA DE TRABAJO

El peso promedio de un caballo varía entre un rango de 200Kg hasta 800Kg pero por especificaciones exigidas por el cliente usaremos el valor de 657Kg que es mayor que el peso de un caballo normal. Esta es la carga que soporta la armadura de una de las placas, cuando la carga de trabajo se encuentra sobre ella. Este es el caso más crítico.

Carga total sobre la estructura.

Peso del caballo	=	657Kg
Peso de la lamina	=	47 Kg.
Peso de un hombre promedio	=	100Kg
CARGA TOTAL (sobre el armazón)	=	<u>704Kg</u>

4.3. SECCIÓN DE LOS PERFILES

Para definir el tipo de perfil o los tipos de perfil que vamos a utilizar, debemos fijar el número de estos para saber cuál sección es la más apropiada, o en caso contrario podemos elegir la sección y determinar el número de perfiles a utilizar. Por cuestiones de ergonomía y de funcionalidad exigidas por el diseño, hemos seleccionado perfiles de sección transversal en **U**, ya que estas cumplen con las características necesarias para este diseño.

Entre dichas características podemos mencionar las siguientes:

1. Nos permite diseñar un sistema resistente y de poco grosor cuando se encuentra recogido.
2. Nos permite esconder las patas de las placas de tal manera que estas se puedan guardar en el canal.
3. Son livianos con relación a otros perfiles.

4.3.1. Número de Perfiles Transversales. Debido a que nuestro sistema debe ser lo mas liviano posible, hemos decidido trabajar con una lamina de 2.5 mm de espesor fabricada en acero estructural.

Dicha lámina debe tener muchos apoyos para que no se vea muy afectada por la flexión.

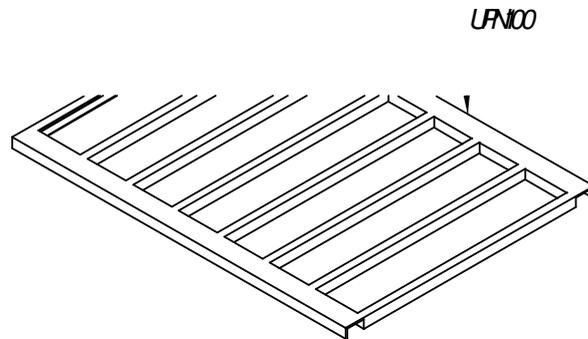
Por lo anterior la separación entre los perfiles transversales de la estructura esta basada en el estudio de estructuras (pisos metálicos de buses, escaleras metálicas etc.) que cumplen funciones parecidas y que trabajan con láminas de igual espesor e incluso soportan mayor peso que el que normalmente soporta esta rampa. La separación recomendada para estos casos, varía entre 20 y 25 centímetros, dependiendo de la carga de trabajo. Para la rampa que se esta diseñando, hemos seleccionado una separación de 23 cm. Para esta separación, el número de perfiles será:

$$\# \text{PERFILES}_{\text{MINIMO}} = \frac{175\text{cm}}{23\text{cm}} = 7.27 \approx 8$$

4.3.2. Dimensiones de los Perfiles. Para seleccionar las dimensiones de los perfiles a utilizar, es necesario conocer la geometría de la estructura y los esfuerzos que se presentan en los perfiles, para que una vez escogidos, de puedan verificar otros parámetros de diseño.

La rampa que se diseñará es la siguiente:

Figura 1. Estructura inferior de la rampa



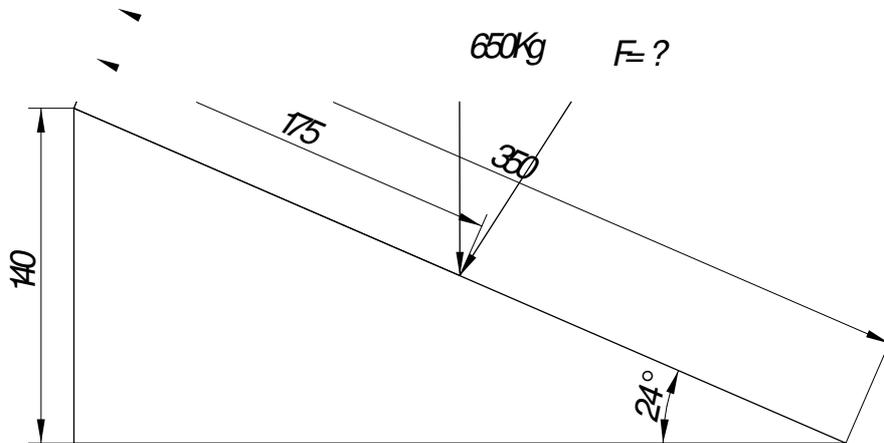
Esta es una estructura muy compleja para analizarla puesto que se supone que la carga de trabajo se distribuye sobre todos los perfiles.

La razón de esto es que la lámina antideslizante es rígida y se encarga de distribuir la fuerza sobre toda la superficie.

Este es un caso de cargas combinadas en donde los perfiles transversales se apoyan sobre los perfiles laterales, pero los laterales a su vez también se apoyan sobre los transversales constituyéndose en una armadura bastante compleja.

Para simplificar los cálculos, estudiaremos el caso más crítico, cada perfil por separado y calculando los esfuerzos a los que está sometido.

Figura 2. Diagrama general de cuerpo libre



NOTA: Los cálculos se harán para una de las placas, puesto que el caso más crítico se da cuando la carga se encuentra sobre una de astas. La fuerza perpendicular que actúa sobre la placa es:

$$F = 704\text{Kg} \times \cos(23)$$

$$F = 645.70\text{Kg}$$

4.3.3 Perfiles Transversales. Analizamos para el caso mas critico el cual seria que la carga se distribuyera sobre los perfiles transversales y estos la transmitieran a los perfiles laterales.

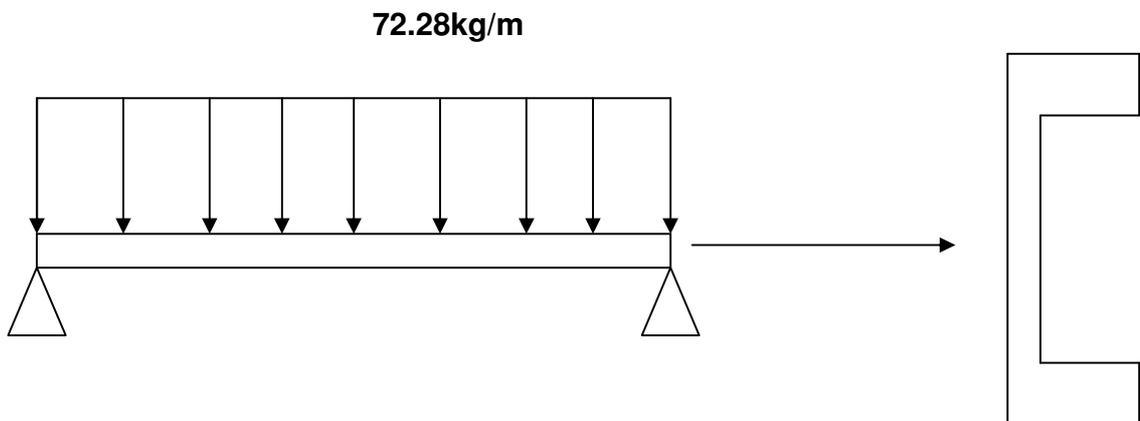
El peso que soportaría cada perfil lateral seria:

$$\frac{Q_T}{H_{\text{PERFILES}}} = \frac{645.70}{8} = 80.11\text{Kg}$$

Esta carga se distribuye en toda la longitud del perfil

$$W = \frac{80.1\text{Kg}}{\text{long}} = \frac{80.1\text{Kg}}{1.1\text{m}} \Rightarrow W = 72.28 \text{ Kg/m}$$

Figura 3. Diagrama de carga distribuida (perfil transversal)



$$R_A = R_B = \frac{Q_T}{2} = \frac{80.1\text{Kg}}{2}$$

$$R_A = 40.5\text{Kg} = R_B$$

4.3.4 Calculo del Cortante Máximo

$$r_A - v_x - \frac{WX}{2} = 0$$

$$40.5\text{Kg} - \frac{WX}{2} - V_x = 0$$

$$40.5\text{Kg} - 36.68X - V_x = 0$$

El cortante máximo para este tipo de cargas se presenta en la mitad de la viga

$$V = 40.5\text{Kg} - 36.68(0.55)$$

$$V = 20.32\text{Kg}$$

4.3.5. Calculo del Momento Máximo

$$\sum M_x = 0$$

$$-r_A X + WX \left(\frac{X}{2} \right) + M_x = 0 \Rightarrow M_x = \frac{WX^2}{2} - r_A X$$

$$M_x = 36.68X^2 - 40.5KgX$$

El momento máximo se da en $X = \frac{X}{2}$

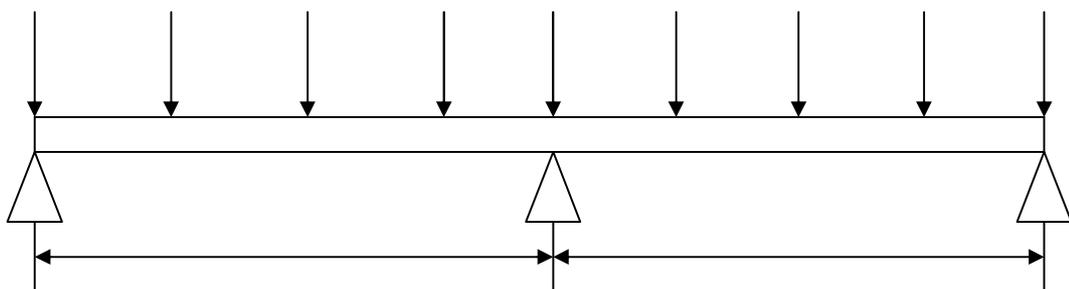
$$M_{Max} = 63.68(0.55)^2 - 40.5(0.55)$$

$$M_{Max} = 11.179Kg.m$$

4.3.6. Perfiles Laterales

4.3.6.1. Cortante Máximo. Debido a que son dos perfiles los que soportan el peso que se distribuye sobre los ocho perfiles horizontales, el diagrama de fuerzas que se presenta es el siguiente:

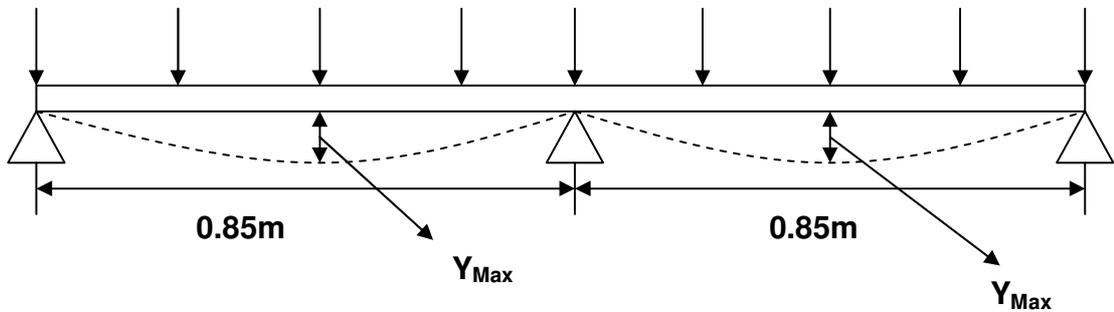
Figura 4. Diagrama de cuerpo libre (perfiles laterales)



$$F = \frac{Q_t + Q_{barras}}{(8) \times (2)}$$

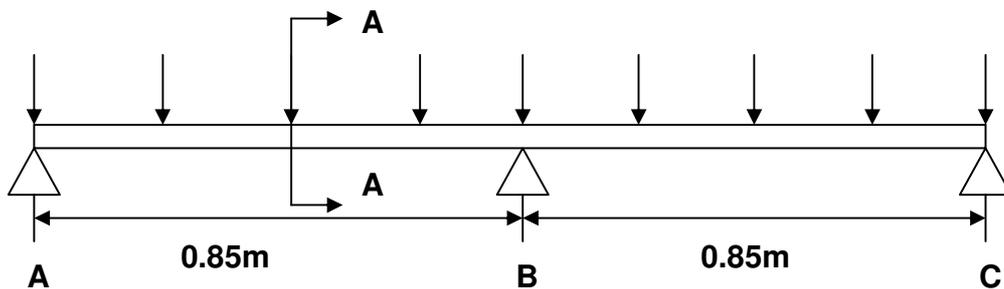
$$F = \frac{[645.7 + (559 \times 8.8)]}{16} \Rightarrow F = 43.42Kg$$

Figura 5. Diagrama de deflexión (perfil lateral)



Esta viga se puede analizar dividiéndola en dos partes iguales, ya que las cargas son simétricas y tienen valores constantes.

Figura 6. Diagrama de plano de corte



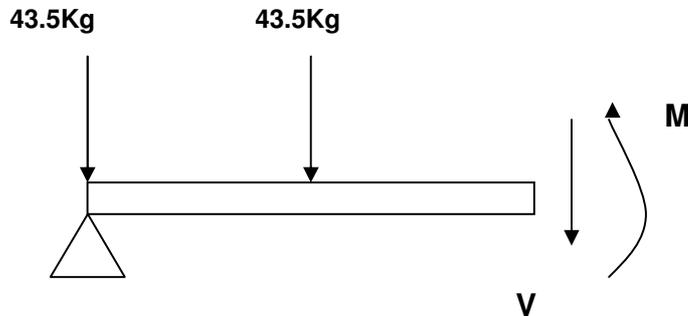
Las reacciones son iguales puesto que están ubicadas a la misma distancia y las cargas son simétricas con respecto al punto B

$$R_A = R_B = R_C = \frac{Q_T}{3} = \frac{43.42 \times 8}{3}$$

$$R_A = R_B = R_C = 115.7 \text{Kg}$$

El cortante máximo para esta configuración se presenta en el punto medio de cada tramo de la viga, al igual que el momento máximo.

Figura 7. Figura de corte



Tomando como referencia que las fuerzas dirigidas hacia arriba son positivas y los momentos en contra de las manecillas del reloj también son positivos tenemos:

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ R_A - 43.5 - V_{Max} - 43.5 &= 0 \\ V_{Max} &= R_A - (43.5) \times 2 \\ V_{Max} &= 115.7 - (43.5) \times 2 \\ V_{Max} &= 28.61 \text{Kg} \end{aligned}$$

$$(43.5 \text{Kg} \times 0.4375 \text{m}) - R_A \times (0.437 \text{m}) + (43.5 \text{Kg} \times 0.218 \text{m}) + M_x = 0$$

Remplazando el valor de la reacción en el punto A por 115.7Kg y despejando el momento en el corte tenemos que el momento es igual a:

$$M_x = 27.50 \text{Kg.m} \approx 205.8 \text{N.m}$$

4.3.7. Selección. El parámetro de selección que se a tomado como referencia es el **modulo de sección "s"**, es decir que el modulo que tenga el perfil seleccionado, debe ser mayor que el mínimo requerido.

4.3.8. Módulo de Perfiles Transversal

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{MC_{\text{Max}}}{I}$$

$$S = \frac{I}{C}$$

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{M_{\text{Max}}}{S} \leq \sigma_{\text{Adm}}$$

η = Factor de seguridad

$$S_{\text{min}} = \frac{M_{\text{Max}} \eta}{\sigma_{\text{Adm}}}$$

$$S_{\text{min}} = \frac{109.55(3)}{248 \times 10^6} \Rightarrow S_{\text{min}} = 1.32 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \approx 1.35 \text{ cm}^3$$

4.3.9. Módulo de Perfiles Laterales

$$S = \frac{M_{\text{Max}} \eta}{\sigma_{\text{Adm}}} = \frac{205.8(3)}{248 \times 10^6}$$

$$S = 2.48 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \approx 2.48 \text{ cm}^3$$

4.3.10. Designación de los Perfiles Seleccionados

Existen muchos perfiles que cumplen con los requisitos, pero limitados por las dimensiones del sistema, los perfiles que satisfacen estas expectativas son:

UPN100 para los perfiles laterales; $S = 8.49$

U50X38 para los perfiles transversales; $S = 10.60$

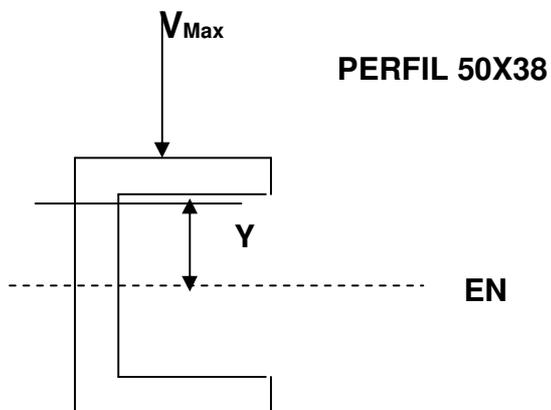
Una razón más para escoger estos perfiles, es que en sus dimensiones, la longitud de un patín del **UPN 100** es la misma que tiene el alma de un **U50X38** y esto nos permite tener una estructura mas uniforme e cuanto a su forma.

4.4. RESISTENCIA DE LOS PERFILES TRANSVERSALES

4.4.1. Resistencia a Cortante

Figura 8. Sección transversal perfiles 50x38

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{V_{\text{Max}} Q}{I t} \leq \tau_{\text{admisible}}$$



El cortante máximo se presenta en el eje neutro

Los valores de I_x , t se encuentran en la anexo C de los catálogos de Nicastillo

$$I_x = 2.64 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$V = 20.32 \text{ Kg} = 199.1 \text{ N}$$

$$t = 5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Para calcular el Q asumimos el espesor constante en toda el área transversal del perfil tomando un espesor de 0.005m.

$$Q = A_{\text{sobreeleje neutro}} \times Y_{\text{areasobreeleje neutro}}$$

$$Y = \frac{\sum A \cdot Y}{\sum A} \quad \text{Estas dimensiones de Y son dadas en milímetros}$$

$$A_1 = (5 \times 38) = 190 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = (20 \times 5) = 100 \text{ mm}^2$$

$$Y = \frac{(190 \times 22.5) + (100 \times 10)}{(190 + 100)} \Rightarrow Y = 18.18 \text{ mm}$$

$$Q = (A_1 + A_2)Y = (100 + 190) \text{ mm}^2 \cdot (18.18 \text{ mm})$$

$$Q = 5272.2 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{119.13 \times (5.272 \times 10^{-6})}{(2.64 \times 10^{-7}) \times (5 \times 10^{-3})} \Rightarrow \tau_{\text{Max}} = 2.830 \text{ Mpa}$$

Usando un factor de seguridad de dos (2) verificamos su resistencia al corte comparándolo con el esfuerzo cortante admisible.

NOTA: Este diseño se calculo con base al límite de fluencia, es decir, que el comportamiento de la estructura será un comportamiento elástico y los cortantes admisibles generalmente tienen un valor que esta por encima de la mitad del valor del esfuerzo normal admisible. Nosotros hemos decidido usar como cortante admisible:

$$\tau_{\text{adm}} = \frac{\sigma_{\text{adm}}}{2} \quad \text{lo anterior se tomo por recomendaciones de diferentes autores que han escrito sobre el tema. (agregar nota de pie de pagina)}$$

$$\tau_{adm} \leq \frac{\tau_{adm}}{F.S}$$

$$2.83\text{Mpa} \leq \frac{248\text{Mpa}}{2 \times 2}$$

$$2.83\text{Mpa} \leq 62\text{Mpa}$$

En conclusión se tendrán mejores resultados. ya que el cortante que se cumple la relación planteada.

4.4.2. Resistencia a Flexión

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

$$S = \frac{I}{C} \qquad \sigma_{Max} = \frac{M}{S}$$

$S = 1.06 \times 10^{-5} \text{m}^9$ (Los valores de S se encuentran en el anexo C de los catálogos de Nicastillo)

$$M = 11.177 \text{Kg.m}$$

$$M = 109.55 \text{N.m} \quad \text{Usando un factor de seguridad } F.S = 2$$

$$\sigma_{Max} = \frac{109.55 \times 2}{1.06 \times 10^{-5}} \Rightarrow \sigma_{Max} = 20.67 \text{Mpa}$$

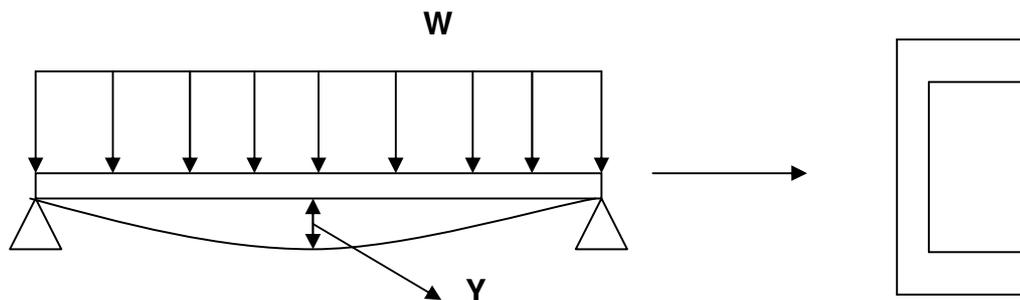
$$\sigma_{Max} \leq \sigma_{adm}$$

$$20.67 \text{Mpa} \leq 248 \text{Mpa}$$

Estas vigas no se encuentran sometidas a torsión, por lo tanto no realizaremos análisis de torsión.

4.4.3. Cálculos de Deflexión

Figura 9. Diagrama de deflexión (perfil transversal)



La deflexión máxima para este tipo de carga esta dada por:

$$Y_{\text{Max}} = \frac{5 WL^4}{348EI}$$
$$Y_{\text{Max}} = \frac{5.(708.3).(1.1)^4}{348.(207 \times 10^9).2.64 \times 10^{-7}} \Rightarrow Y_{\text{Max}} = 0.24 \text{mm}$$

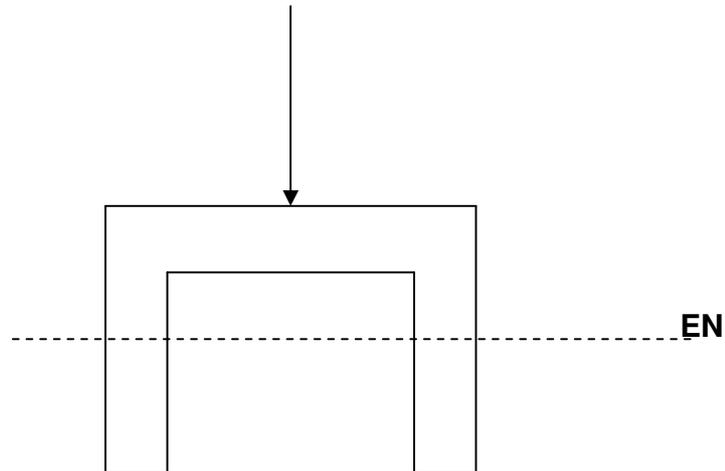
Cabe resaltar que si usamos un factor de seguridad de dos (2) la deflexión resultante seria de:

$$Y_{\text{Max}} = 0.49 \text{mm}$$

Podemos decir que aunque estas deflexiones parezcan algo exageradas con respecto a las que hay en otras estructuras, en el caso nuestro son admisibles ya que este es un sistema que debe presentar un pequeño grado de flexibilidad pues ellas van a estar expuestas a posibles choques con los caballos, cuando este recogida en el camión (con los caballos dentro) así que es mejor que sea algo flexible para que los caballos sufran el menor daño posible.

4.5. RESISTENCIA DE LOS PERFILES LATERALES

Figura 10. Sección transversal perfil lateral



Estos perfiles están sometidos a esfuerzos normales, cortantes y a flexión.

4.5.1. Resistencia a la Flexión

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{MC}{I}$$

$$S = \frac{I}{C}$$

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{M}{S}$$

$$S = 8.49 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{205.8 \text{ Nm}}{8.49 \times 10^{-6} \text{ m}^3} \Rightarrow \sigma_{\text{Max}} = 24.24 \text{ Mpa}$$

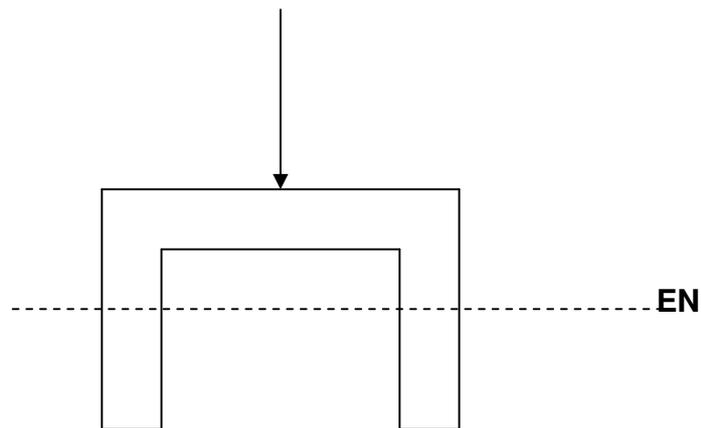
Usando un factor de seguridad de dos (2)

$$\sigma_{\text{Max}} \leq \sigma_{\text{Adm}}$$

$$48.48 \text{ Mpa} \leq 248 \text{ Mpa}$$

4.5.2. Resistencia al Cortante

Figura 11. Sección transversal perfil lateral



$$\tau_{\text{Max}} = \frac{V_{\text{Max}} Q}{I_t} \leq \tau_{\text{admissible}}$$

4.5.3. Calculo del Eje Neutrón

$$A_1 = A_3 = (50\text{mm} \times 6\text{mm}) = 300\text{mm}^2$$

$$A_2 = (88\text{mm} \times 6\text{mm}) = 528\text{mm}^2$$

$$\sum A = (300 \times 2) + (528) = 1128\text{mm}^2$$

$$Y_{\text{EN}} = \frac{\sum AY}{\sum A}$$

$$Y_{\text{EN}} = \frac{[2 \times (300 \times 2.5)] + [528 \times 47]}{1128}$$

$$Y_{\text{EN}} = 35.29\text{mm}$$

Cálculo del Y para el área por arriba del eje neutro

$$Y = \frac{\sum AY}{\sum A}$$

$$A_1 = A_3 = (6\text{mm} \times 14.71\text{mm}) = 88.26\text{mm}^2$$

$$A_2 = (88\text{mm} \times 6\text{mm}) = 528\text{mm}^2$$

$$\sum A = (2 \times 88.26) + (528) = 704.52\text{mm}^2$$

$$Y = \frac{[2 \times (88.26 \times 7.35)] + [528 \times 11.7]}{704.52}$$

$$Y = 10.61\text{mm}$$

$$Q = A_{\text{sobreEN}} Y$$

$$Q = (704.58\text{mm}^2)(10.6\text{mm})$$

$$Q = 7474.9\text{mm}^3 \approx 7.47 \times 10^{-6} \text{m}^3$$

$$I = 2.06 \times 10^{-6} \text{m}^4$$

$$t = 0.012\text{m}$$

$$V = 280.378\text{N}$$

Remplazando los valores de **Q,t,V,I**

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{2 \times 280.37 \times (7.47 \times 10^{-6})}{(2.06 \times 10^{-6}) \times (0.012)}$$

$$\tau_{\text{Max}} = 0.169\text{Mpa}$$

$$\tau_{\text{Max}} \leq \tau_{\text{Adm}}$$

Usando un factor de seguridad de dos (2)

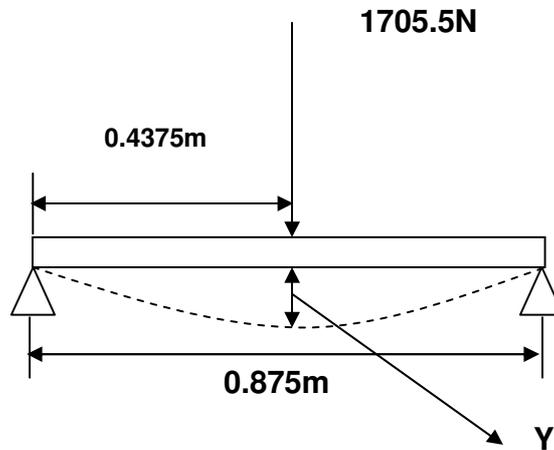
$$0.169\text{Mpa} \leq \frac{248}{2} \leq 124\text{Mpa}$$

4.5.4. Cálculo de Deflexión. Para garantizar que la deflexión es bastante pequeña, la calculamos suponiendo que toda la carga que se distribuye en cada subtramo del perfil (**UPN 100**). Para este caso la carga es:

$$43.5 \times 4 = 174\text{Kg}$$

$$F = 1705.5\text{N}$$

Figura 12. Deflexión de perfil lateral



Para este caso la deflexión máxima esta dada por:

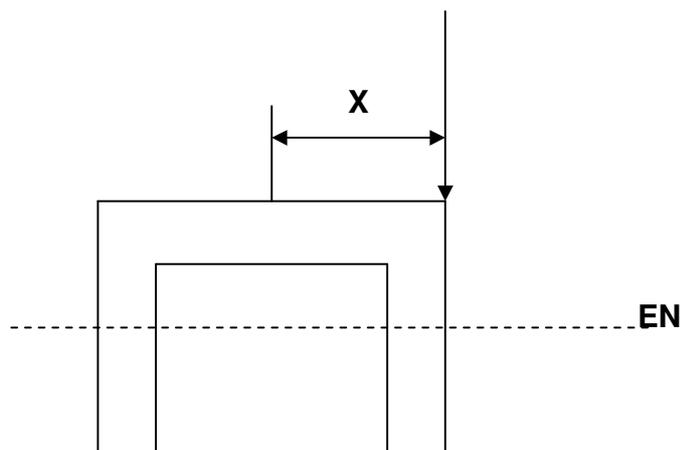
$$Y = \frac{PL^2}{48EI}$$

$$Y = \frac{1705.5N(0.875)^3}{48(200 \times 10^9)2.06 \times 10^{-6}}$$

$$Y = 0.0577\text{mm}$$

4.5.5. Resistencia a la Torsión

Figura 13. Diagrama de cuerpo libre falla - torsión



El troqué esta dado por:

$$T = V_{\text{Max}}(X)$$

$$V = 28.98\text{Kg}$$

$$V = 284\text{N}$$

$$T = 284\text{N} \times 0.05\text{m}$$

$$T = 14.2\text{N.m}$$

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{T}{C_1 ab^2}$$

C_1 depende del valor de a/b y los valores están tabulados en el anexo I

$$\frac{a}{b} = \frac{200\text{mm}}{6\text{mm}} = 33.33$$

De las tablas tal del libro tal tenemos que $C_1 = C_2 = 0.333$

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{14.20\text{N.m}}{0.333(0.006\text{m})^2 0.2\text{m}}$$

$$\tau_{\text{Max}} = 0.197\text{Mpa}$$

$$\tau_{\text{Max}} \leq \tau_{\text{Adm}}$$

$$\text{F.S} = 2$$

$$0.197 \times (2) \leq \frac{248\text{Mpa}}{2}$$

$$0.395\text{Mpa} \leq 124\text{Mpa}$$

4.5.6. Deformación Angular

$$\phi_{\text{rad}} = \frac{TL}{C_2 ab^3 G}$$

$$\phi_{\text{rad}} = \frac{14.20\text{N.m}(0.875\text{m})}{0.333(0.2\text{m})(0.006\text{m})^3 77 \times 10^9 \text{pa}}$$

$$\phi_{\text{rad}} = 0.0112\text{rad}$$

$$\phi \approx \frac{0.011\text{rad}(180)}{\pi\text{rad}}$$

$$\phi \approx 0.64^\circ$$

4.6. CÁLCULOS DE LOS DISPOSITIVOS DE UNIÓN

El sistema esta conformado por dos placas, es necesario unir las con articulaciones móviles.

Para este sistema hemos diseñado unas Bisagras que se utilizaran para unir las dos estructuras antes mencionadas y para asimismo unir toda la rampa al camión.

4.6.1. Cálculo de Pasadores. Estos pasadores de las bisagras nunca soportaron la carga de trabajo como si esta estuviera actuando toda sobre ellos, pero debido a su especial importancia serán diseñados como si la carga de trabajo actuara sobre ellas.

4.6.1.1. Diámetro de Pasadores. La carga de trabajo es 704Kg

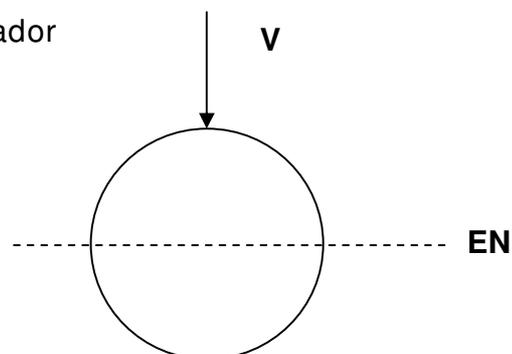
El pasador encuentra sometido a un esfuerzo cortante. Este esta dado por la formula:

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{VQ}{It} \leq \tau_{\text{Adm}}$$

Como el número de pasadores es tres, la carga que resiste cada uno es:

$$V = \frac{704\text{Kg} \frac{9.8\text{N}}{1\text{Kg}}}{3}$$
$$V = 2318.50\text{N}$$

Figura 14. Sección transversal pasador



$$Q = AY_{\text{trazo}}$$

$$Y = \frac{4r}{3\pi}$$

$$I = \frac{\pi r^4}{4}$$

$$t = 2r$$

$$F.S = 3$$

$$\tau_{\text{max}} = \frac{VQ}{It} \leq \tau_{\text{Adm}}$$

$$\frac{(2318.50)3 \frac{\pi r^2}{2} \left(\frac{4r}{3\pi} \right)}{\frac{\pi r^4}{4} 2r} \leq \frac{248 \times 10^6}{2}$$

Despejando el valor de r en la ecuación tenemos que **r = 5.34mm.**

Debido a que las bisagras requieren de tubos circulares para su construcción, el tubo estandarizado con un diámetro interior inmediatamente superior al diámetro del pasador es un tubo doble extra reforzado construido en acero estructural con un diámetro nominal de 3/4".

$$\phi_{\text{Nom}} = \frac{3}{4} \text{ pul}$$

$$\phi = 26.7 \text{ mm}$$

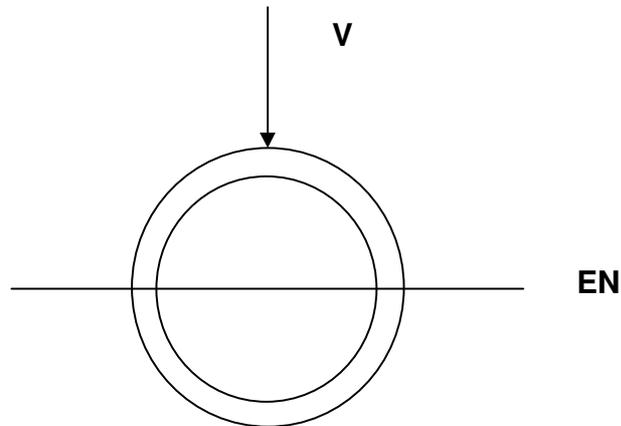
$$\phi_{\text{Int}} = 11.1 \text{ mm}$$

$$\text{espesor} = 7.82 \text{ mm}$$

La tolerancia entre el pasador y el tubo es de 0.5mm por tanto el pasador tendrá un diámetro de 11.05 mm.

4.6.2. Resistencia del Tubo. Este tubo se encuentra sometido a un esfuerzo cortante debido a un cortante directo como se muestra en la siguiente figura:

Figura 15. Sección transversal tubo



Para una sección circular como la que se muestra el cortante máximo esta dado por:

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{2V}{A}$$

$$\text{F.S} = 3$$

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{(\text{F.S})2V}{A}$$

$$A = \frac{\pi(\phi_{\text{Ext}}^2 - \phi_{\text{Int}}^2)}{4}$$

$$A = \frac{\pi[(26.7\text{mm})^2 - (11.7\text{mm})^2]}{4}$$

$$A = 463.13\text{mm}^2$$

$$A = 4.63 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{3 \times 2 \times (2318.5\text{N})}{4.63 \times 10^{-4} \text{m}^2}$$

$$\tau_{\text{Max}} = 30.04\text{Mpa}$$

$$\tau_{\text{Max}} \leq \tau_{\text{Adm}}$$

$$\tau_{\text{Max}} \leq 124\text{Mpa}$$

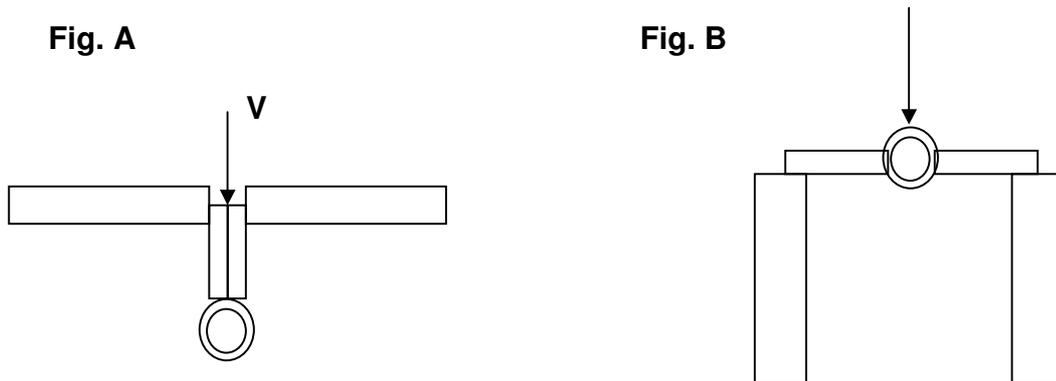
$$30.04\text{Mpa} \leq 124\text{Mpa}$$

4.6.3. Cálculo de las Bisagras

Las posiciones mas críticas para las platinas de las bisagras son:

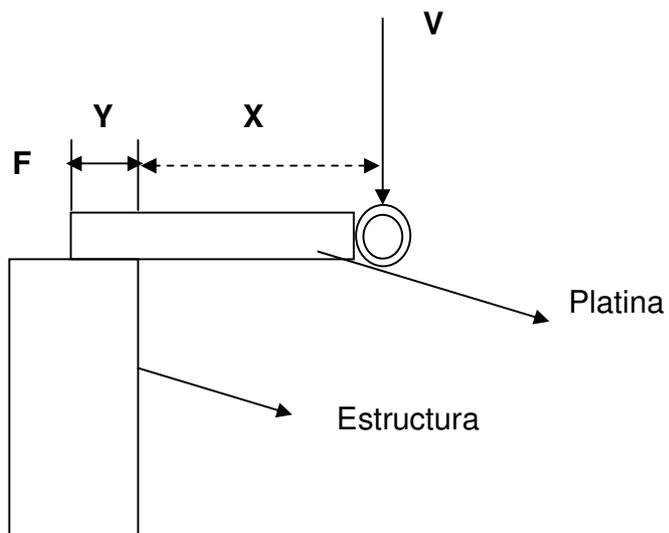
- ❖ Cuando están totalmente abiertas
- ❖ Totalmente cerradas

Figura 16. Posición de las bisagras



Por medio de los esquemas anteriores nos damos cuenta que la posición más crítica es cuando la rampa se encuentra recogida (Fig. B)

Figura 17. Diagrama de cuerpo libre - bisagras



Para la platina

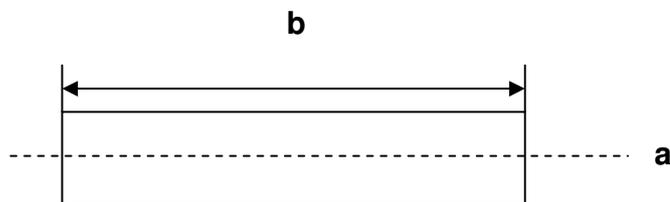
$$M_{\text{Max}} = V(X)$$

$$= 4 \text{ cm}$$

$$X = 2.5 \text{ cm}$$

4.6.3.1. Sección Transversal

Figura 18. Sección transversal – platina - bisagras



De las tablas y basándonos en la separación que hay entre las placas del sistema, seleccionamos un valor de:

$$a = \frac{1}{2} \text{ pulg} = 1.27 \text{ cm}$$

4.6.3.2. Calculo del Valor de “b” Según el Cortante

Según el esfuerzo cortante

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{VQ}{It} \leq \tau_{\text{Adm}}$$

$$V = \frac{170\text{Kg}}{3}$$

$$V = 56.66\text{Kg}$$

$$V = 55.3\text{N}$$

Este cortante se debe al paso de una de las placas del sistema

$$F.S = 3$$

$$\tau_{\text{Max}} = 1.5 \frac{V}{A} \leq \tau_{\text{Adm}}$$

$$1.5 \frac{V}{A} \leq \frac{248 \times 10^6}{2}$$

$$A = \frac{3V}{248 \times 10^6}$$

$$A = \frac{3[(55.3)3]}{248 \times 10^6}$$

$$A = 2.016 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$A = 20.16 \text{ mm}^2$$

$$ab = A \Rightarrow b = \frac{A}{a} \Rightarrow b = \frac{20.16 \text{ mm}^2}{12 \text{ mm}} \Rightarrow b = 1.58 \text{ mm}$$

4.6.3.3. Según el Criterio del Esfuerzo Normal

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{Mc}{I} \leq \sigma_{\text{Adm}}$$

$$M_{\text{Max}} = V(x)$$

$$M_{\text{Max}} = 555.3 \text{ N}(0.025 \text{ m})$$

$$M_{\text{Max}} = 13.89 \text{ N.m}$$

Figura 19. Sección transversal –platina - bisagra



$$I = \frac{0.0127b^3}{12}$$

$$I = 1.058 \times 10^{-3} b^3$$

$$C = 0.00635m$$

$$\frac{McFS}{I} \leq \sigma_{Adm}$$

$$\frac{(13.89)(0.00635)3}{1.058 \times 10^{-3} b^3} \leq 248 \times 10^6$$

Despejando b tenemos que b es igual a:

$$b = 10.028 \text{ mm}$$

Este es el valor mínimo de b que se requiere, pero por razones de seguridad y para dar mas resistencia a la soldadura que unirá a éstas con las placas, se utilizara un valor de b igual a 30 mm

Por lo tanto el esfuerzo normal que resistirá la platina será:

$$\sigma_{Max} = \frac{Mc}{I} \times FS$$

$$\sigma_{Max} = \frac{13.89(3)(6.35 \times 10^{-3})}{\frac{0.0127(0.03)}{12}}$$

$$\sigma_{Max} = 9.26 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{Adm}$$

$$9.26 \text{ Mpa} \leq 248 \text{ Mpa}$$

4.7. ANÁLISIS DE RESISTENCIA DE LAS UNIONES SOLDADAS

Los cálculos de soldadura están basados en tablas de los anexo D que proporcionan propiedades de diferentes configuraciones de soldaduras a tope y de filete.

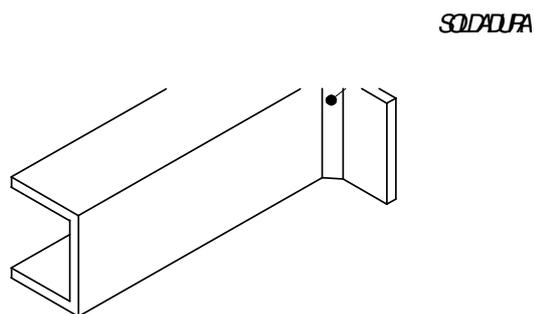
Estas son los dos tipos de soldadura utilizados en la estructura. El electrodo que se usara es E60xx

El cual tiene resistencia en la zona elástica de 345Mpa (Sy)

Para estos cálculos se sigue considerando el $\tau_{Adm} = \frac{\sigma_{Adm}}{2}$ y siguen basándose en la fluencia del material de aporte. El factor de seguridad que se usara será de 3, el cual esta por encima del recomendado por el reglamento AISC para metal soldante.

4.7.1. Soldadura de Perfiles Transversales

Figura 20. Cordones de soldadura



$$F = 43.5\text{Kg} = 426.3\text{N}$$

$$X = 0.55\text{m}$$

$$L = ((38 \times 2) + 50)$$

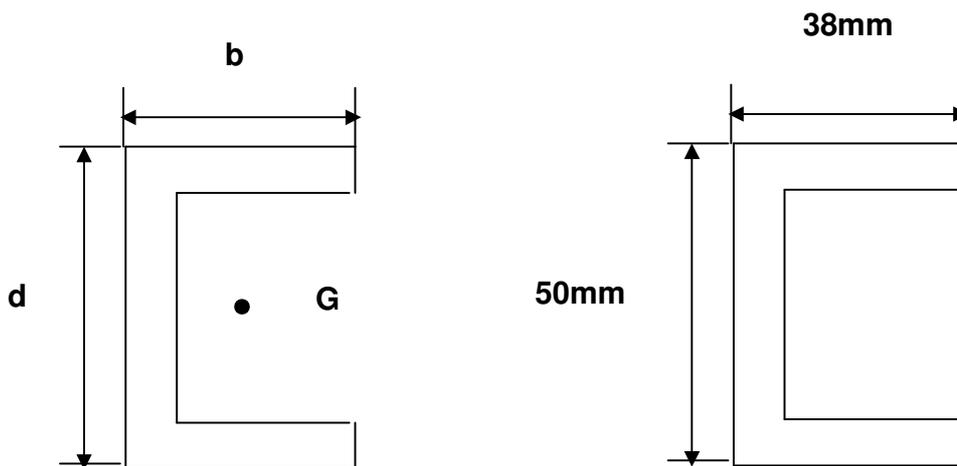
$$L = 126\text{mm}$$

La fuerza que actúa ocasiona esfuerzos normales y cortantes.

4.7.2. Calculo de Espesor de Cordón de Soldadura

4.7.2.1. Según el Criterio de Esfuerzo Cortante

Figura 21. Secciones transversales perfil 50x38



$$\tau_{Max} = \frac{1.414F(\eta)}{hl} \leq \tau_{Adm}$$

$$\eta = 3$$

l = largo del cordón

η = Factor de seguridad

Reemplazando los valores tenemos:

$$\frac{1.1414(426.3)3}{h0.126} \leq 172 \times 10^6$$

Despejando h tenemos:

$$h = 1.24 \times 10^{-4} \text{m} = 0.124 \text{mm}$$

4.7.2.2. Según el Criterio del Esfuerzo Normal Máximo

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{MC_{\text{Max}}}{I} = \frac{1.414M}{bdh} \leq \sigma_{\text{Adm}}$$

$$M = F(X) = 426.3N(0.55m)$$

$$M = 234.46Nm$$

$$\frac{1.44xM\eta}{bdh} \leq 345x10^6 \text{ pas}$$

$$\frac{1.414(234.64)3}{0.038(0.05)h} \leq 345x10^6 \text{ pas}$$

Despejando h:

$$h = 1.51x10^{-3}m = 1.5mm$$

El espesor mínimo del cordón es 1.5mm, pero por razones de diseño se usará 5mm. Los nuevos esfuerzos son:

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{F\eta 1.414}{hl}$$

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{426.3N(3)}{(0.005)(0.126)}$$

$$\tau_{\text{Max}} = 2.9Mpa$$

$$2.9Mpa \leq 345Mpa$$

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{1.414M\eta}{dbh}$$

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{1.414(2234.64)3}{0.038(0.05)0.005}$$

$$\sigma_{\text{Max}} = 104.69Mpa$$

$$104.69Mpa \leq 345Mpa$$

4.8. ANÁLISIS DE LAS SOLDADURAS EN LAS BISAGRAS

Como las bisagras que mas soportan carga son las que unen las placas debido a que solo son tres, se calculara la soldadura como si la carga de trabajo se ubicara sobre ellas.

No. Bisagras = 3

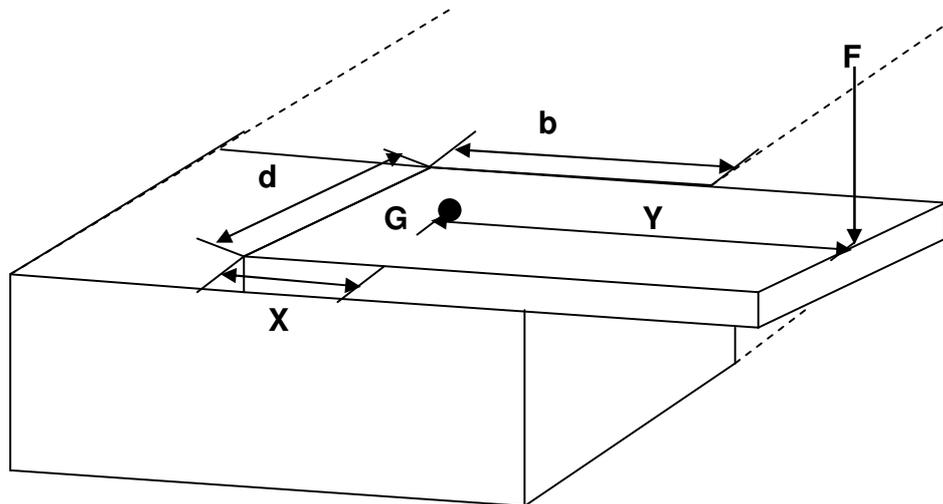
$$F_T = 6454.3\text{Kg} = 6323.13\text{ N}$$

$$F_{\text{bisagra}} = \frac{F_T}{3} = \frac{623.13}{3}$$

$$F_{\text{bisagra}} = 2107.7\text{N}$$

4.8.1. Soldadura en la Platina

Figura 22. Soldadura en las platinas - bisagra



G = centroide

La fuerza que actúa ocasiona una flexión que produce un esfuerzo normal y un cortante.

Según las tablas

$$X = \frac{b^2}{2b + d} = \frac{(40\text{mm})^2}{[2(40\text{mm})] + (30\text{mm})}$$

$$X = 14.54\text{mm}$$

$$Y = (Z - X) = (65 - 14.54)$$

$$Y = 50.46\text{mm} = 0.05046\text{m}$$

Es el valor del espesor mínimo requerido

4.8.1.1. Según Esfuerzo Normal Máximo

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{1.414M\eta}{bdh} \leq \sigma_{\text{Adm}}$$
$$\frac{1.414(2107.7N \times 0.0504m)^3}{(0.04)(0.03)h} \leq 345 \times 10^6$$

Despejando h tenemos que:

$$h = 1.08 \times 10^{-3} \text{m} = 1.08 \text{mm}$$

4.8.1.2. Según Esfuerzo Cortante Máximo

Aunque el cortante que actúa es mucho menor que F usaremos F como si fuera la fuerza cortante, para tener más seguridad.

$$\tau_{\text{Max}} = \frac{1.414F\eta}{hl} \leq \tau_{\text{Adm}}$$
$$\frac{1.414(2107.7N)^3}{h \cdot 0.11 \text{m}} \leq 172.5 \times 10^6$$

Despejando h tenemos que:

$$h = 4.71 \times 10^{-4} = 0.47 \text{mm}$$

El valor de h mínimo es de 1.08mm pero por razones de diseño y para mejorar la construcción usaremos 5mm.

Para 5 mm los esfuerzos son los siguientes:

$$\sigma_{\text{Max}} = \frac{1.414M\eta}{bdh} \leq \sigma_{\text{Adm}}$$

$$\frac{1.414(2107.7N_x 0.0504m)3}{(0.04)(0.03)0.005m} \leq 345 \times 10^6$$

$$75\text{Mpa} \leq 3454\text{Mpa}$$

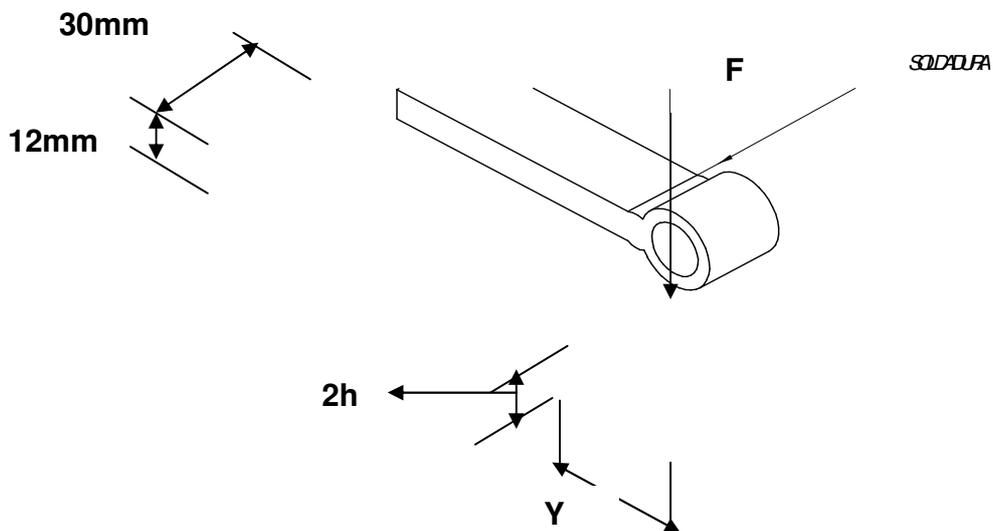
$$\tau_{\text{Max}} = \frac{1.414F\eta}{hl} \leq \tau_{\text{Adm}}$$

$$\frac{1.414(2107.7N)3}{(0.005)0.11m} \leq 172.5 \times 10^6$$

$$16.25\text{Mpa} \leq 172\text{Mpa}$$

4.9. CALCULO DE LA SOLDADURA EN LA UNIÓN DEL TUBO Y LA PLATINA

Figura 23. Unión de platina - tubo



$$2h = 12 \text{ mm}$$

En este caso ya tenemos los valores de h, l por lo tanto se verifican que estos sean apropiados para al diseño.

Puesto que el cordón esta sometido a torsión, se verificara que los esfuerzos cortantes primarios y secundarios, no excedan al permisible.

4.9.1. Cortante Primario

$$\tau' = \frac{F\eta}{0.707hl}$$
$$\tau' = \frac{2017.7N(3)}{0.707(0.127)(0.3)}$$
$$\tau' = 0.2347\text{Mpa}$$

4.9.2. Cortante Secundario

$$\tau'' = \frac{Mr\eta}{J}$$
$$M = T = F(Y)$$
$$M = 2107.7N(0.01335\text{m})$$
$$M = 28.132\text{N.m}$$

J = segundo momento polar unitario
 $J = 0.707hJ_U$

$$J_U = \frac{d^3}{12} = \frac{0.012}{12} = 1 \times 10^{-3}$$
$$\tau'' = \frac{(28.13)(0.006)3}{1 \times 10^{-3}}$$
$$\tau'' = 506.34\text{pas}$$
$$\tau'' = 5.063\text{Mpa}$$

El mayor esfuerzo es:

$$\tau'' = 5.063\text{Mpa}$$
$$5.063\text{Mpa} \leq 172.5\text{Mpa}$$

Las bisagras que unen a la rampa con el vehículo son los mismos que unen las dos placas.

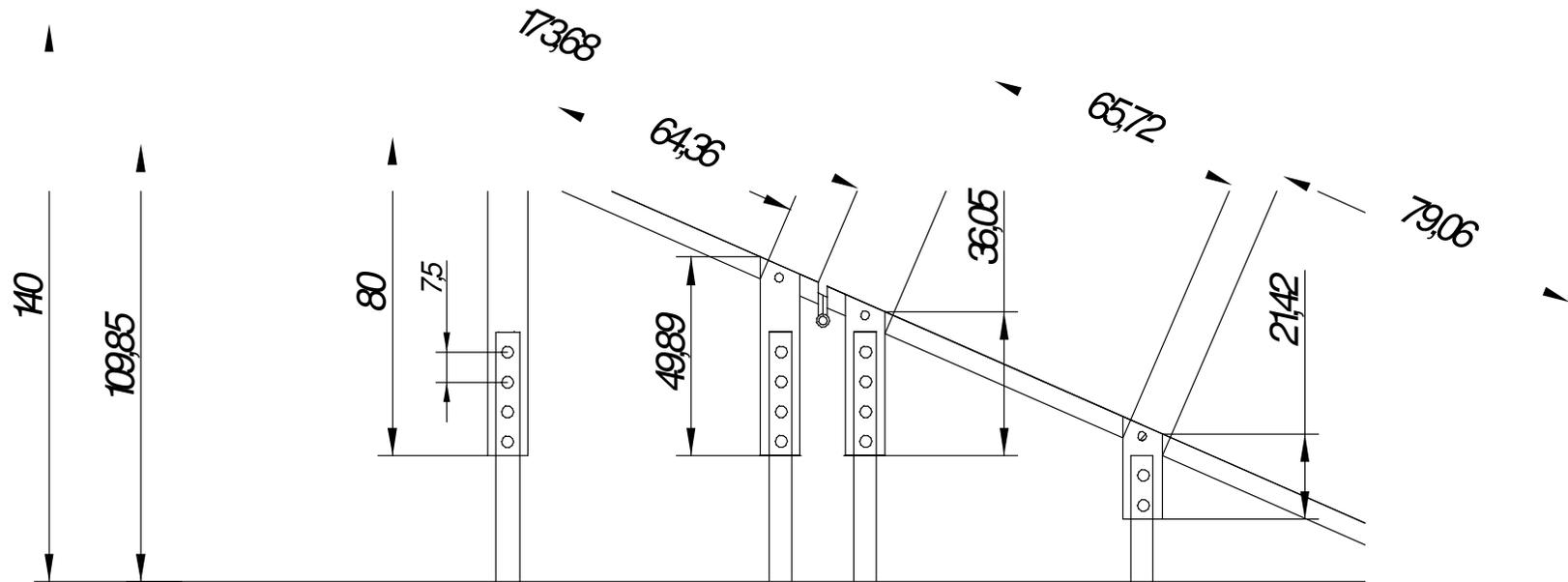
Debido a esto solo se calcula la soldadura para las bisagras que unen las placas, pues estos son tres, que mientras los que se sueldan al camión son seis, resistiendo así menos carga que los centrales.

NOTA. Los diámetros de los soportes de apoyo para el levantamiento de la rampa y de los puntales (ejes) para las llantas tienen un valor de 18 mm y 20 mm respectivamente. Estos son mayores que el diámetro utilizado para los pasadores de las bisagras, por tanto no fallaran antes que fallen los de las bisagras. La razón de esto es que dichos soportes y puntales soportan una carga mucho menor que utilizada para los cálculos de los pasadores de las bisagras.

Lo mismo ocurre con la soldadura, por tanto se usará en ellos soldaduras de filete y a tope. El cordón seguirá teniendo un espesor de 5mm.

4.10. CALCULO DE LAS COLUMNAS

Figura 24. Diagrama de Columnas



NOTA: UNIDADES EN CENTÍMETRO

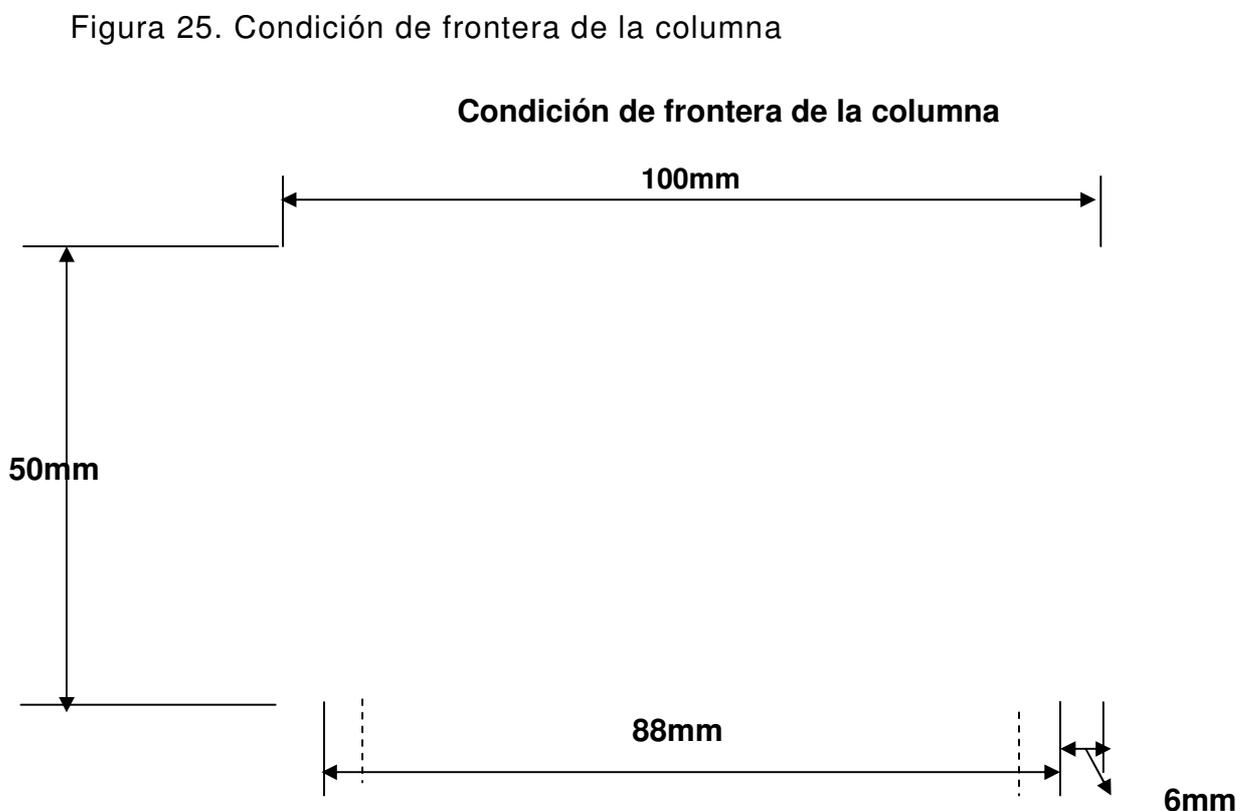
Para realizar el cálculo de las columnas analizaremos la columna de mayor longitud ya que esta representa la situación mas critica de pandeo que se puede presentar en el diseño.

Para determinar la columna debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ❖ Tipo de sección transversal
- ❖ Condiciones de frontera
- ❖ Tipo de material

Para nuestro diseño hemos seleccionadota sección transversal circular, debido a que este perfil es muy práctico de usar, muy resistente y liviano en comparación con los demás perfiles.

En cuanto a las condiciones de frontera están dadas por la siguiente ilustración:



Basándonos en las condiciones de frontera, la columna que nosotros vamos a diseñar será una columna graduable, para así brindarle a la plataforma diferentes tipos de posiciones. Esto a que como la rampa se utilizara para transportar caballos, es posible que las condiciones de terreno no sean las más uniformes y como también la rampa será portátil, es decir, que se pudra quitar y colocar en otro camión, se podría presentar que la altura del chasis de los demás camiones varié un poco.

Para este diseño analizaremos la sección de la columna que estará por dentro, ya que esta sección será más pequeña y podrá presentar más probabilidad de falla.

Para esto nos basamos en el criterio de diseño de columna con sección transversal no prismática y con carga concéntrica.

Para este criterio verificamos que se cumplan las siguientes condiciones:

$$\frac{Le}{r} \leq C_c$$

Donde:

Le = longitud equivalente
r radio mínimo de giro de la columna

$$Le = KL$$

Donde:

K = constante debido a las condiciones de frontera
L = longitud de la columna

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

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

$$I = \frac{(r_2^4 - r_1^4)\pi}{4}$$

$$A = \frac{\pi(r_2^2 - r_1^2)}{2}$$

Luego de tener todos los datos se verifica el criterio y si se cumple se aplica la siguiente formula para determinar la carga critica que puede soportar la columna.

$$P_a = \left[1 - \frac{(Le/r)^2}{2C_c^2} \right] \frac{S_y}{FS} A$$

Este es el procedimiento general que se puede aplicar mientras se conozca la sección transversal del perfil, para cuestiones de diseño y para evitar el calculo y el despeje de ecuaciones decidimos relajar una tabla dinámica en Excel para así, al asumir una sección poder decir cuanto es la carga que resiste y compararla con muestra carga de trabajo que es de:

$$F = \frac{\text{Carga}}{\# \text{ de columnas}}$$

$$F = \frac{2107.5N}{4}$$

$$F = 526.875N$$

Tomamos las siguientes constantes:

$$K = 0.8$$

$$L = 1.1$$

$$E = 200Gpa \text{ (acero estructural)}$$

$$S_y = 248Mpa$$

4.10.1. Tabla Dinámica

CEDULA 40												
Ø (pulg)	Ø ext(mm)	Ø int(mm)	rad est(m)	rad int(m)	area(m2)	M _I (m4)	r(m)	le(m)	le/r	Cc	pa(N)	FS
1/2	21.3	15.8	0.01065	0.0079	8.009E-05	7.04118E-09	0.009376	0.88	93.852986	134.57	46452.16967	2
3/4	26.7	21	0.01335	0.0105	0.0001067	1.53924E-08	0.01201	0.88	73.273251	134.57	52281.04698	2
1	33.4	26.6	0.0167	0.0133	0.0001601	3.64943E-08	0.015096	0.88	58.2934874	134.57	55621.08621	2
1 1/4	42.2	35.1	0.0211	0.0176	0.0002154	8.11269E-08	0.019406	0.88	45.3459924	134.57	57895.19627	2
1 1/2	48.3	40.9	0.02415	0.0205	0.0002591	1.29725E-07	0.022377	0.88	39.326786	134.57	58758.93729	2
2	60.3	52.5	0.03015	0.0263	0.0003453	2.75939E-07	0.028267	0.88	31.1313341	134.57	59737.5356	2
2 1/2	73	62.7	0.0365	0.0314	0.0005486	6.35026E-07	0.034023	0.88	25.8651721	134.57	60246.2136	2
3	88.9	77.9	0.04445	0.039	0.0007202	1.25772E-06	0.041791	0.88	21.0573775	134.57	60628.53446	2

Partiendo de las condiciones de frontera del perfil, donde incluiremos la columna, tenemos que este tiene una cavidad de 88mm así que la sección mas apropiado es una de diámetro 2 ½ pulg. Cedula 40, ya que este cuenta con un diámetro exterior de 73mm y el juego que se presenta entre este y el perfil seria de 7.5mm siendo este el más apropiado según las tablas de los perfiles estandarizados.

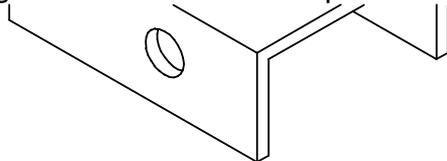
Este perfil cuenta con un diámetro interior de 62.7mm siendo este un parámetro fundamental para el diseño, ya que el calculo realizado se hizo para el perfil que se introducirá dentro de el de 2 1/2pulg, teniendo como conclusión que el perfil mas apropiado para este caso será el de 2 pul de diámetro ya que este tiene un diámetro exterior de 60.3mm y la tolerancia es de 6.35mm siendo la mas apropiada para esta situación.

Todo esto se realizo con el fin de trabajar con perfiles estandarizados para así reducir un objetivo primordial del diseño que son los costos.

4.11. CÁLCULOS DE ESFUERZOS DE APLASTAMIENTO

Ya determinado el diámetro del tubo y la sección transversal a utilizar procedemos a verificar su resistencia por aplastamiento, para así calculando un espesor mínimo determinar si el espesor de la sección nos sirve o no.

Figura 26. Isométrico – perfil lateral



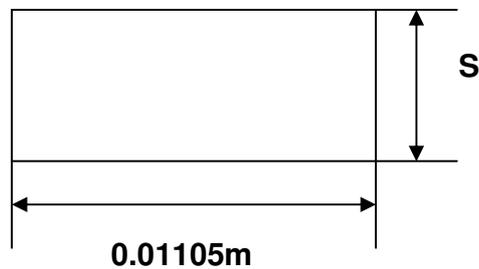
$$\sigma = \frac{F}{A_{\text{proyectada}}}$$

$$A_p = 0.01105\text{m}(\text{S})$$

$$\frac{248 \times 10^6}{2} = \frac{6899.2\text{N}}{0.01105\text{m}(\text{S})}$$

$$S = 0.005035\text{m} \approx 5.03\text{mm}$$

Figura 27. Área proyectada



Como el perfil que nosotros utilizamos es un UPN100 de espesor 6mm estamos supremamente bien, con respecto a la tubería usada para las columnas utilizamos el mismo cálculo ya que el diámetro de los pasadores será el mismo, esto con el fin de tratar de unificar las dimensiones y que al momento de construir la rampa no se presenten problemas de consecución de materiales.

Y por otra parte la tubería utilizada es doble extra reforzada y los espesores mínimos de esta tubería superan los 7mm.

4.12. CALCULO DE TENSIÓN EN EL CABLE DEL DIFERENCIAL

Al igual que en los cálculos anteriores se analizara la situación mas critica, en la cual es cable soporta la máxima tensión. Esta ocurre cuando el diferencial soporta el peso de toda la rampa.

Figura 28. Diagrama de levantamiento

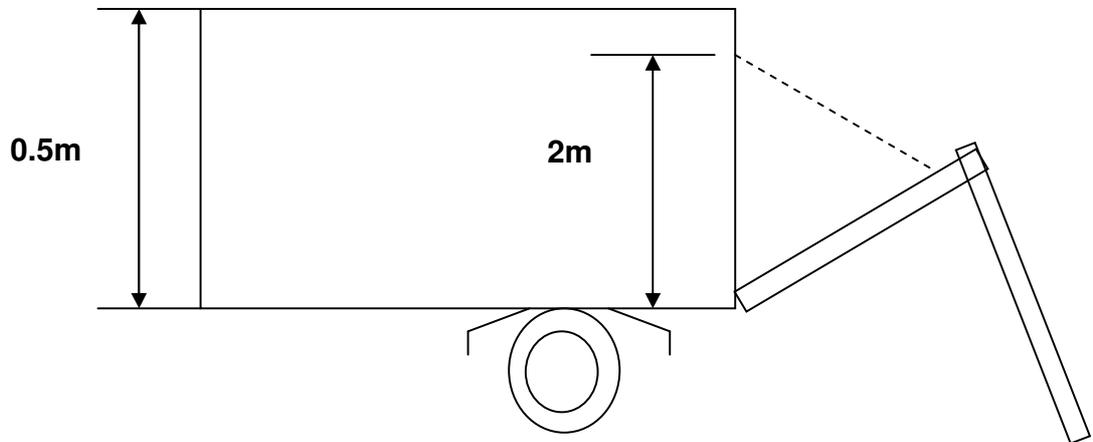
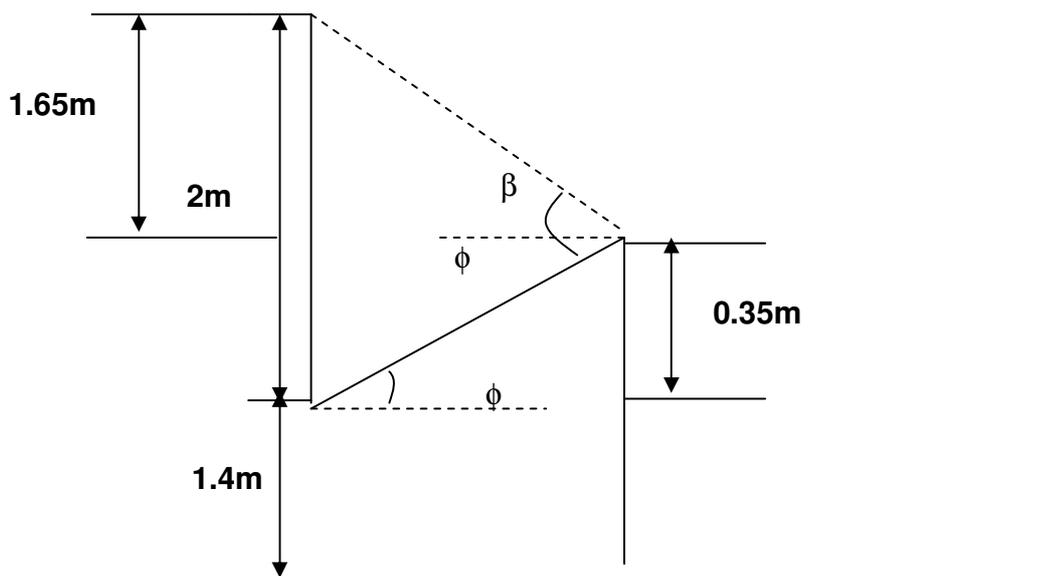


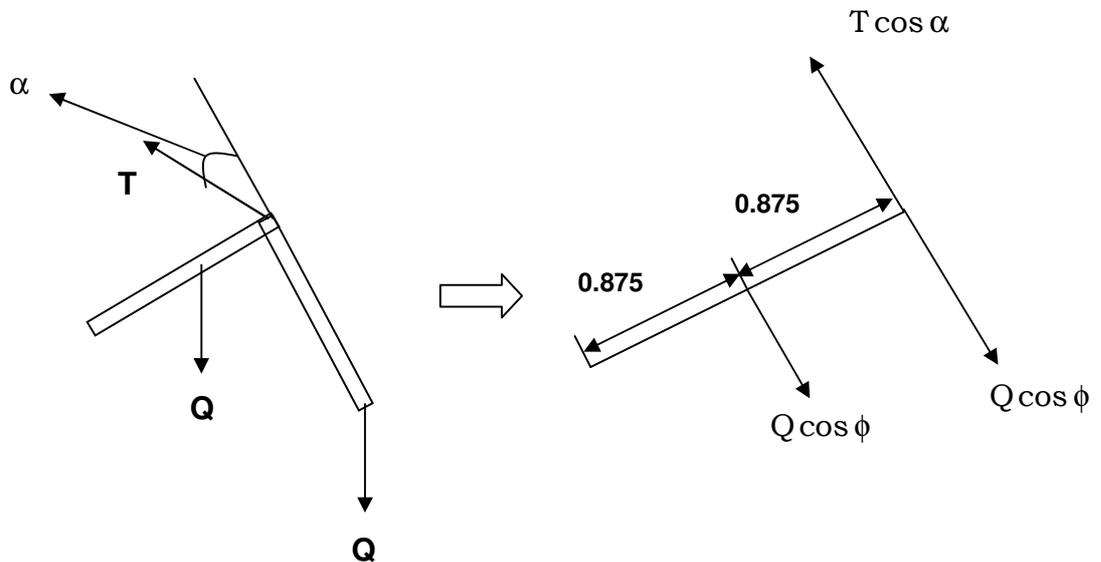
Figura 29. Diagrama de cuerpo libre



$$\phi = \text{sen}^{-1} = \frac{0.35}{1.75} = 11.536$$

$$\beta = \text{Tan}^{-1} = \frac{1.65}{1.75} = 43.413$$

Figura 30. Diagrama de cuerpo libre



$$\alpha = 90 - (\beta + \phi)$$

$$\alpha = 35.3224^\circ$$

Asumiendo sumatoria de momentos positivo en sentido contrario de las manesillas del reloj tenemos:

$$\sum M_0 = 0 = (T \cos \alpha \cdot (1.75)) - (Q \cos \phi \cdot (0.875)) - (Q \cos \phi \cdot (1.75))$$

$$\Rightarrow T(1.4278) - Q(0.8573 + 1.7146) = 0$$

$$\Rightarrow T = \frac{Q(2.5719)}{1.4278}$$

$$\Rightarrow T = 1.801Q$$

NOTA: Q es el peso de una sola placa

Remplazando el valor de Q.

el valor de Q resulta de la sumatoria de todos los componentes de una placa:

PESO DE LAS PATAS (PLACA DELANTERA):	15 Kg
PESO DE LA LAMINA:	54 Kg
PESO DE PERFILES UPN100:	37.1 Kg
PERFILES U50x38	49.192 Kg
PESO DE ACCESORIOS	5 Kg
PESO TOTAL	160.2 Kg

Por tanto la tension en el cable sera de:
 $T = 1.801(160.2\text{Kg}) = 288.3\text{Kg} = 2825.9\text{N}$

Deacuerdo con lo anterior, calcularemos el tipo de barra que sujetara el diferencial.

El claro de la barra en de 0.5 m y el momento maximo que actua tiene un valor de 353.23 N.m. por tanto el modulo de sección mínimo requerido es:

$$\frac{M}{S} \leq \sigma_{\text{adms}}$$

$$\frac{353.23 \times 3}{S} \leq 248\text{E}6$$

$$S = 2.846 \text{ cm}^3$$

Deacuerdo a esto podemos decir que La barra semicircular del camión en donde se sujetará el tramo de barra recta que sostendrá el diferencial, debe tener un diámetro que se encuentre entre 40 y 50 m

5. DEFINICIÓN DEL SISTEMA Y RECOMENDACIONES DE USO Y MANTENIMIENTO

El sistema que se ha diseñado es una rampa extendible, construida en acero estructural. Esta rampa ha sido diseñada con la finalidad de facilitar el transporte de caballos de la policía nacional, pero también puede ser utilizada para otras funciones como por ejemplo: transportar motocicletas.

La rampa esta conformada por dos placas que se encuentran unidas por bisagras que se sueldan en cada una de las placas. Asimismo, toda la rampa se encuentra unida al camión a través de bisagras que van soldadas a la base del camión y a una de las placas.

La rampa cuenta con soportes que son diseñados para colocar paredes laterales desmontables. Estas paredes se usaran solo si el entrenador de los caballos lo considera necesario. Las paredes son de madera, además son bastante livianas ya que su finalidad es la de guiar el caballo, si este no esta muy entrenado.

El sistema de elevación esta constituido por un diferencial de baja capacidad (1 o $\frac{1}{2}$) tonelada. El diferencial se encuentra suspendido de una barra que esta unida a la última varilla del camión. Esta varilla debe ser un poco más resistente que las demás y a la vez se encuentra conectada con las demás por medio de travesaños, conformando una especie de armadura que tendrá mayor resistencia.

El piso de la estructura esta conformado por una lámina de acero de 2.5 mm de espesor, la cual cuenta con una especie de caucho (parecido al utilizado en buses urbanos) adherido a ella, que brinda a los caballos una fricción adecuada para el ascenso y descenso.

5.1. RECOMENDACIONES DE USO

Para un adecuado se deben tener en cuenta los siguientes recomendaciones:

- ❖ El número mínimo de personas requeridas para el manejo de la rampa es de dos.

- ❖ Es necesario que los caballos sean lidiados por personas con experiencia en el transporte y manejo de estos.
- ❖ En lo posible los caballos deben estar entrenados, para el transporte o por lo menos haberlos practicado un poco antes del viaje.
- ❖ No exceder la carga de trabajo. Aunque el sistema no falle, no se debe bajar más de un caballo al mismo tiempo.
- ❖ Asegurarse de las patas estén bien graduadas antes de bajar o subir los caballos. Si es necesario se deben usar cuñas para evitar el efecto pata-coja.
- ❖ Mantener las bisagras con buena lubricación.
- ❖ En caso de que se usen, se deben desmontar las paredes laterales antes de elevar la rampa.

5.2. RECOMENDACIONES PARA EL VEHÍCULO

El vehículo debe estar en buenas condiciones para el montaje de la rampa. Debe tener lo siguiente:

- ❖ La defensa trasera en donde se pegara la rampa, debe estar hecha en acero estructural y tener un espesor que se encuentre entre 7 y 10 mm de espesor.
- ❖ La barra semicircular del camión en donde se sujetará el tramo de barra recta que sostendrá el diferencial, debe tener un diámetro que se encuentre entre 40 y 50 mm.
- ❖ Las varillas que conforman la estructura del techo del camión, deben ser unidas con mínimo tres barras entre varilla y varilla. Estas barras pueden ser del mismo diámetro de las varillas.
- ❖ La varilla de la estructura de techo que se encuentra sujetando el diferencial, tendrá un “pie de amigo” que le aumentara su resistencia.

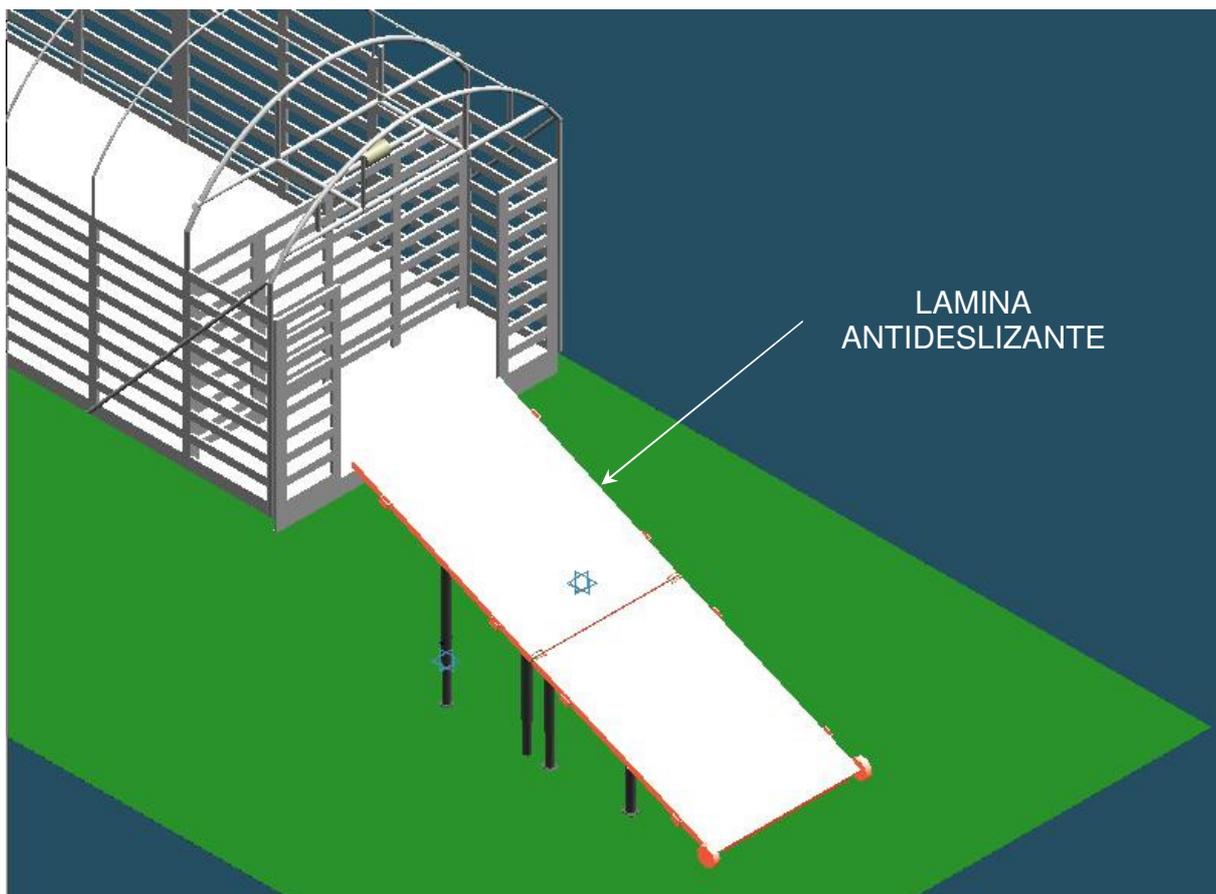
5.3 SISTEMA DE SUJECION

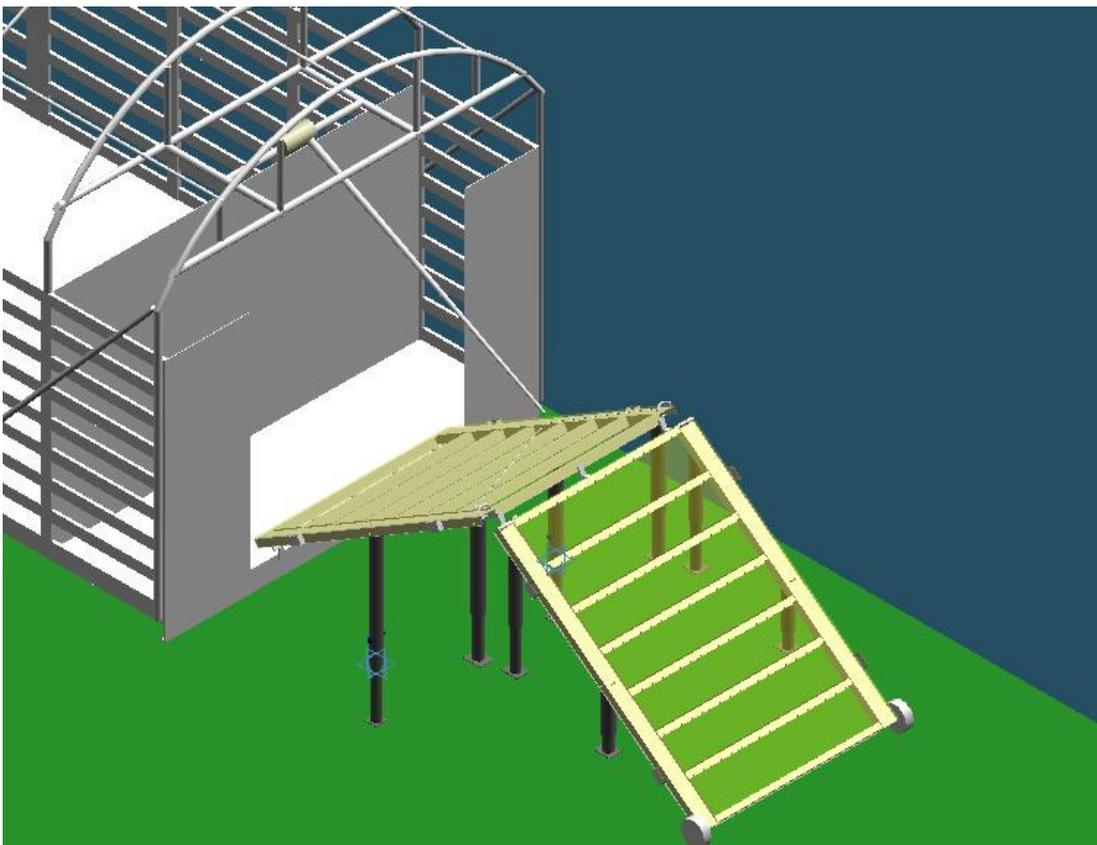
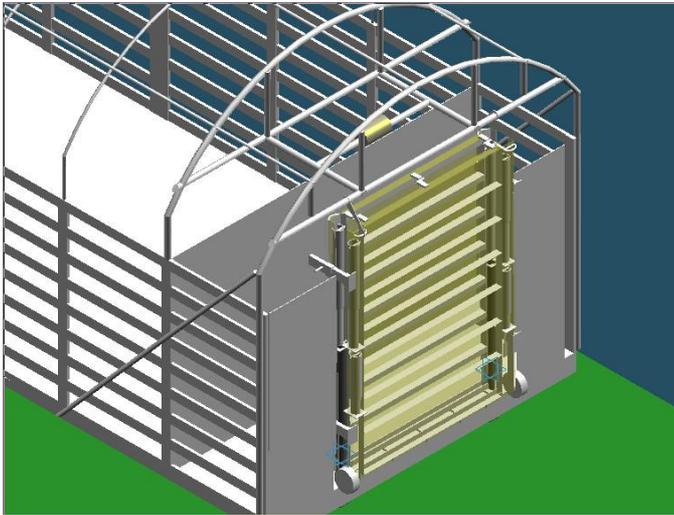
La rampa quedara sujeta en su posición recogida, por sujetadores (barras) que se adhieren a la placa # 1 y a la barra que sujeta el diferencial. También quedara sujeta a la barra que normalmente tienen los camiones para sujetar las puertas traseras.

El sistema se opera con dos personas; es decir, que mientras uno se encarga de manejar el diferencial, el otro se encargará de los otros detalles que incluyen las patas y ayudar a que la placa que tiene ruedas baje perfectamente.

También para la subida uno controlará el diferencial y el otro se encargará de colocar los sujetadores del sistema.

Figura 31. Esquema general del diseño





6. ANÁLISIS DE COSTOS

La siguiente tabla ilustra los costos del diseño

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNID.	V/UNIT.	V/TOTAL
Perfil UPN100	7	m	\$ 29,666.70	\$ 207,666.90
Perfil U50x38	18	m	\$ 26,000.60	\$ 468,010.80
Lamina 2.5mm de espesor A/C	6	m2	\$ 95,000.00	\$ 570,000.00
Tuberia de Ø=2 1/2 pulg Sch 40 A/C	6	m	\$ 29,000.00	\$ 174,000.00
Tuberia de Ø=2 pulg Sch 40 A/C	6	m	\$ 17,000.00	\$ 102,000.00
Platina de 1/2 pulg x30mm A/C	1	m	\$ 11,000.00	\$ 11,000.00
Tuberia de 1/4 pulg Sch 40 A/C	1	m	\$ 9,000.00	\$ 9,000.00
Perno de 1/8 pulg x3 pulg grado 8	16	c/u	\$ 5,000.00	\$ 80,000.00
Diferencial de 1 TON	1	c/u	\$ 300,000.00	\$ 300,000.00
Caucho antideslizante	5	m2	\$ 10,000.00	\$ 50,000.00
Perno de 1/8 pulg x3 1/2 pulg grado 8	8	c/u	\$ 5,000.00	\$ 40,000.00
VALOR PARCIAL				\$ 2,011,677.70
IVA 16%				\$ 321,868.43
COSTO DE MATERIALES				\$ 2,333,546.13
COSTO DE PRODUCCION				\$ 2,600,000.00
COSTO TOTAL				\$ 4,933,546.13

Material de construcción acero estructural.

7. ANÁLISIS POR ANSYS 5.5

En este capítulo se realiza un estudio por elementos finitos de algunas de las que conforman el diseño. Los resultados se muestran en las siguientes gráficas.

Nota: los valores de esfuerzos y deformaciones son los que aparecen al lado de cada figura, indicándose la zona en donde se presenta cada valor.

7.1 LÁMINA

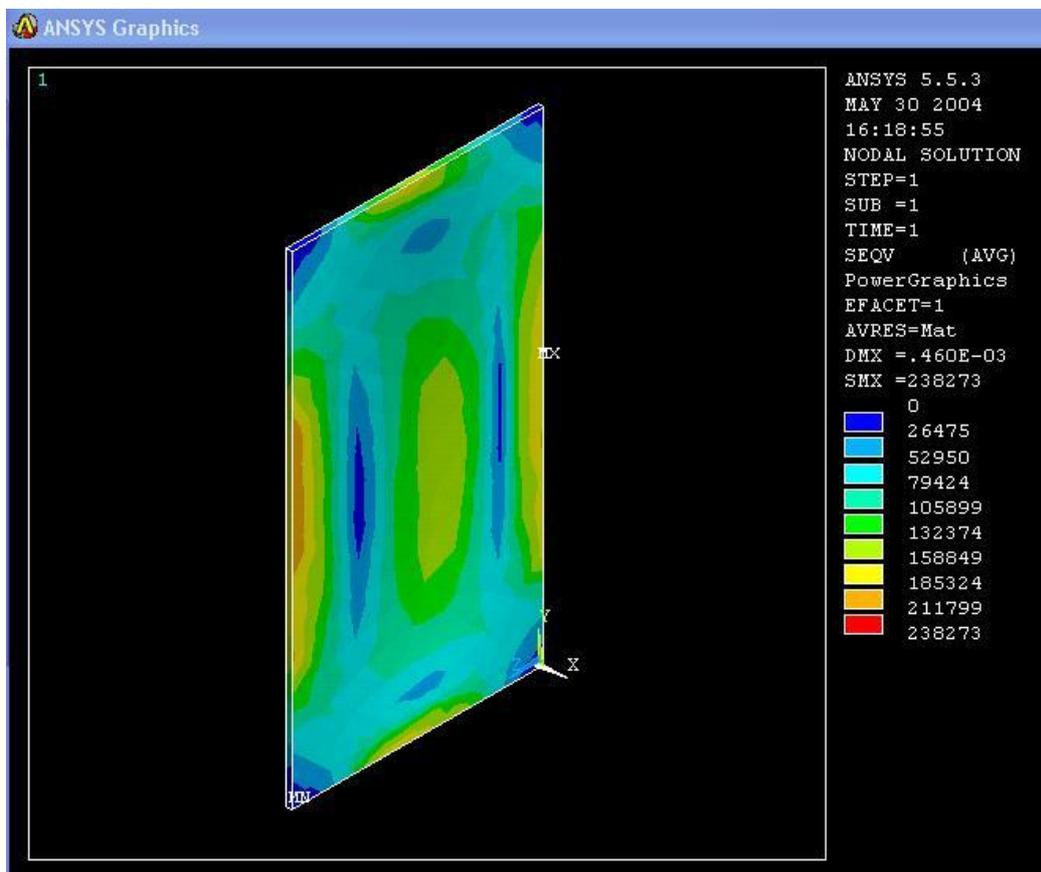


Figura 32. Esfuerzos en la lámina

7.2 PERFILES LATERALES

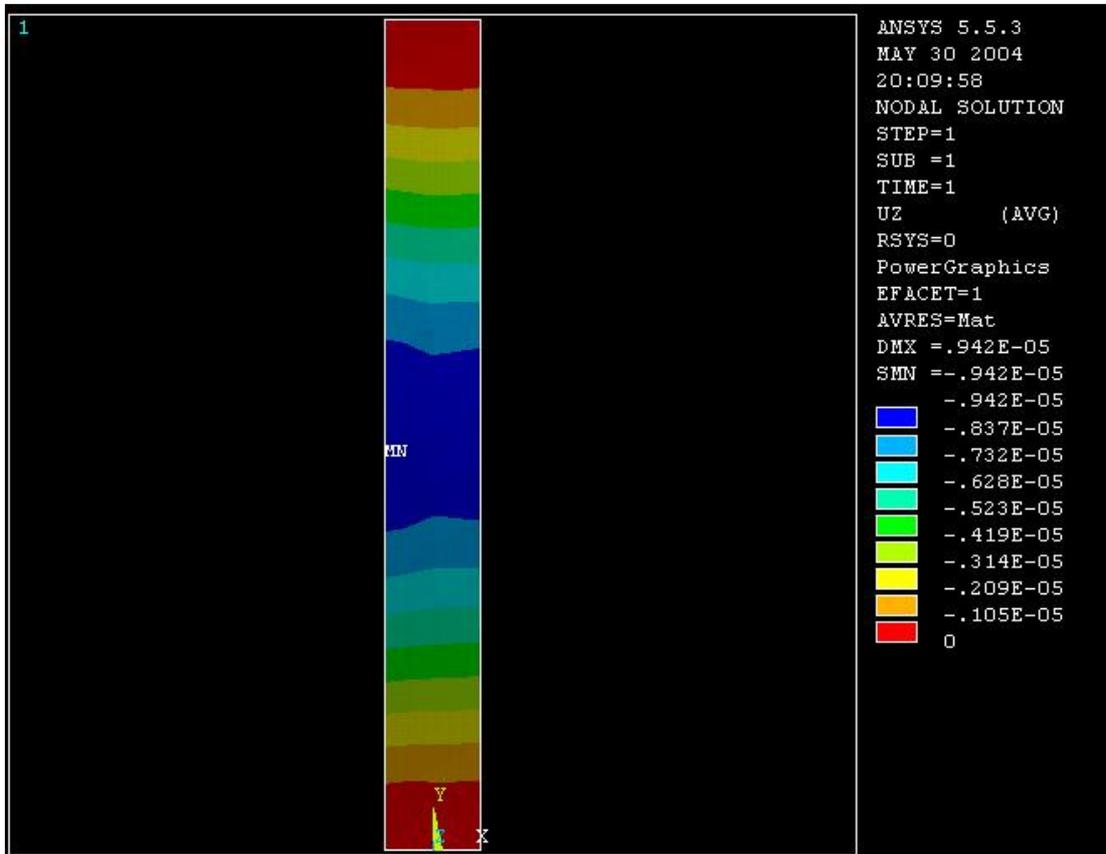


Figura 33. Esfuerzos en el perfil UPN100

7.3 PERFILES TRANSVERSALES

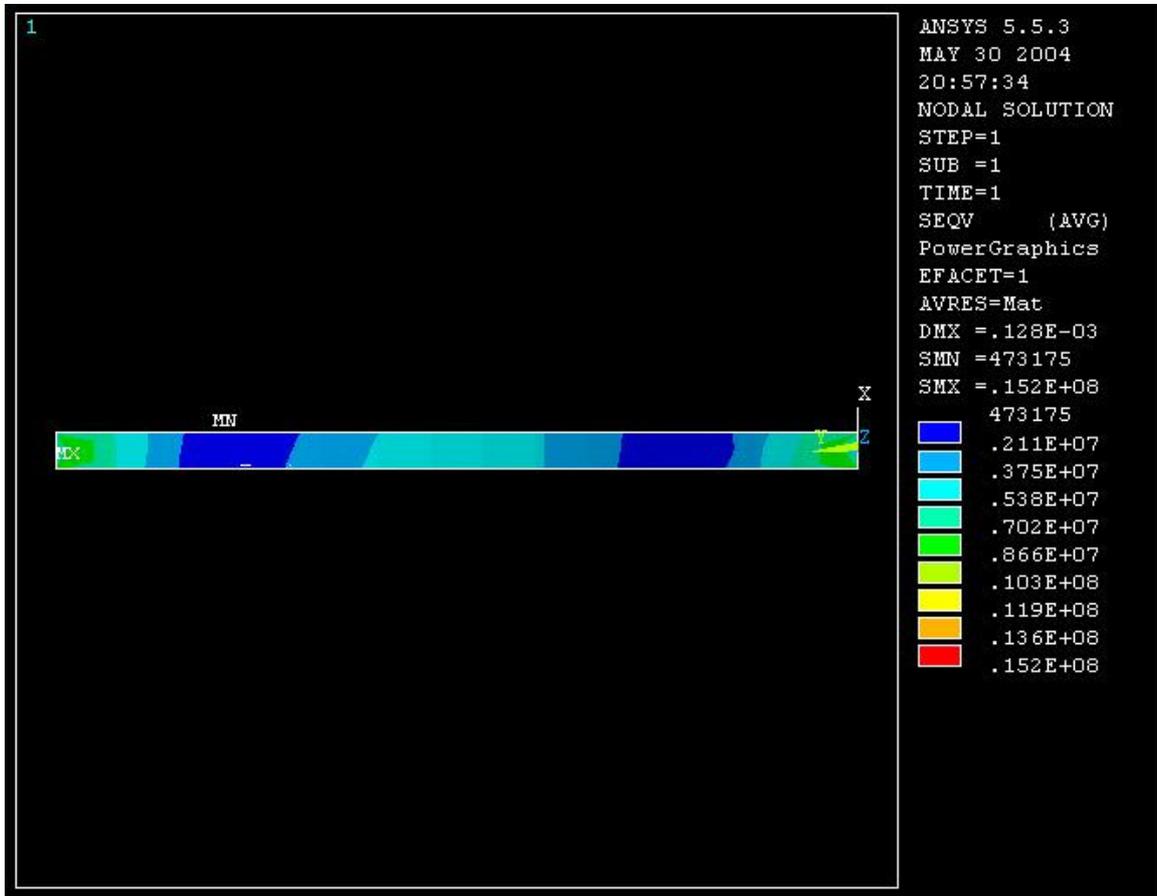


Figura 34. Esfuerzos en perfil U50x38

7.4 SOPORTES DE LEVANTE

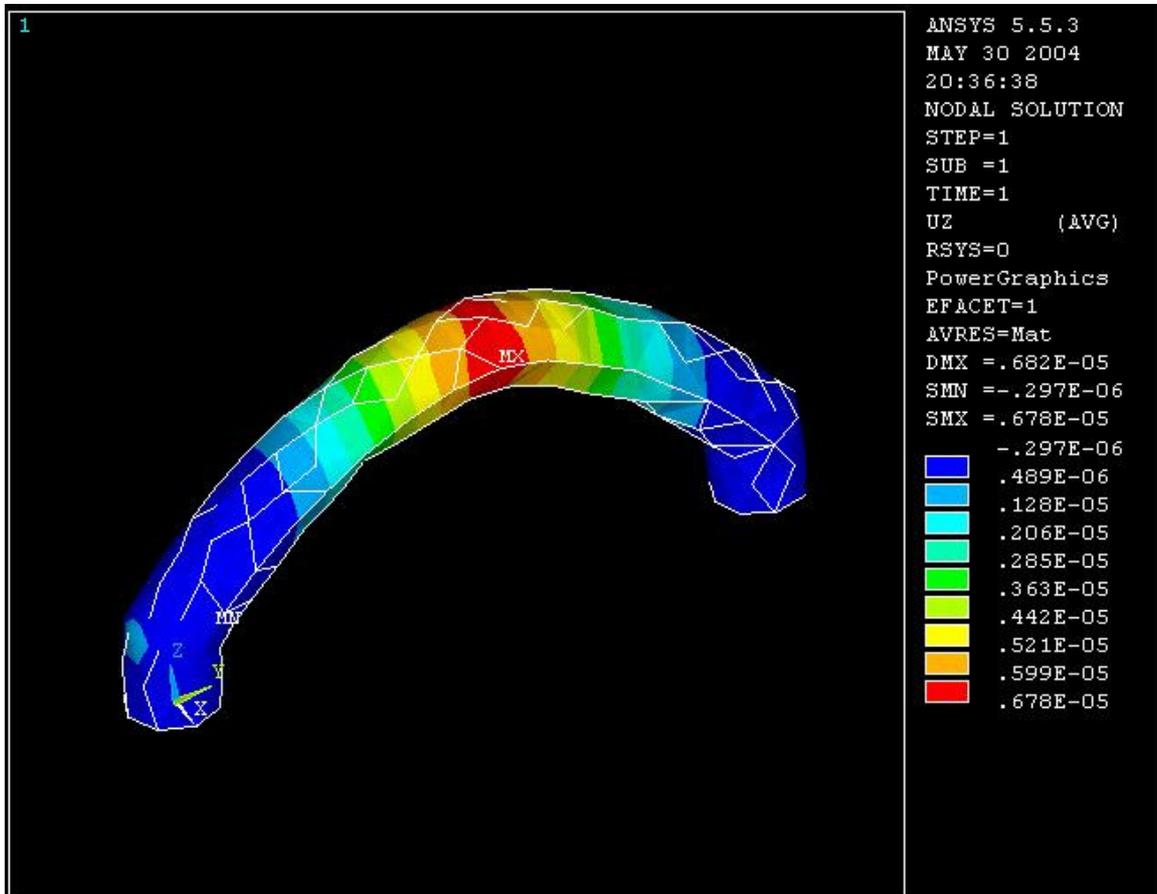


Figura 35. Deformaciones en perfil U50x38

8. CONCLUSIONES

Después de haber realizado este diseño, concluimos que el sistema es adecuado para lo que se requiere. Las razones son las siguientes:

- ❖ Es económico en comparación a los gastos que el cliente viene realizando para el transporte de caballos.
- ❖ Su mantenimiento es sencillo y económico.
- ❖ Es de fácil manejo ya que puede ser operado por dos personas.
- ❖ Es un sistema liviano en comparación al peso que puede soportar. Esto es una ventaja ya que no ocasiona problemas en la estabilidad del vehículo.
- ❖ Presenta un pequeño grado de flexibilidad que garantiza que los caballos no sufran mayores daños en caso de colisiones menores.

BIBLIOGRAFÍA

BEER, Ferdinand P; JOHNSTON, Jr. E. Russell. Mecánica de Materiales. 2ª edición. McGraw – Hill. Santafé de Bogotá

SHIGLEY, Joseph Edward; MISCHKE, Charles R. Diseño en Ingeniería Mecánica. McGraw – Hill. México

www.caballopastoreo.galeon.com/productos846028.html

www.elprisma.com

ANEXOS

ANEXO A. LAMINAS ALFAJOR O ANTIDESLIZANTE

LAMINAS ALFAJOR O ANTIDESLIZANTE

Especificaciones técnicas

CALIDADES MAS COMUNES		COMPOSICION QUIMICA							PROPIEDADES MECANICAS				APLICACIONES MAS FRECUENTES
		L	C	MN	P	S	SI	CU	LIMITE ELASTICO	RESISTENCIA A LA TRACCION	% ALARGA		
ASTM	DIN												Fabricacion de pisos antideslizantes
ASTM 569		MIN	(x 100)										
		MAX	15	60	3.5	1			25Kg/mm3	250MPa	35Kg/mm2	365MPa	

DIMENSIONES Y PESOS DE PLANCHAS COMERCIALES

L	CALIBRE	ESPESOR		M2	1.0 X 2.0 MTS	1.22 X 2.44 MTS (4 X 8')	1.0 X 3.0 MTS	1.22 X 3.66 MTS (4 X 12')	1.83 X 6.09 MTS (6 X 20')
		PULGADA	MILIMETRO	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg
A			2.50	20.68	41.35	61.44	62.03	92.32	230.00
M	12		2.66	22.00	44.00	65.38	65.99	96.23	245.00
I	11		3.00	24.81	49.62	73.73	74.43	110.78	277.00
N		1/8"	3.17	26.22	52.43	77.91	78.65	117.06	292.00
A			4.00	33.08	66.16	98.31	99.24	147.71	369.00
S			4.50	37.22	74.43	110.60	111.65	166.17	415.00
		3/16"	4.76	39.37	78.73	116.99	118.10	175.77	439.00
			5.00	41.35	82.70	122.89	124.05	184.64	461.00
			5.50	45.49	90.97	135.18	136.46	203.10	507.00
A			6.00	49.62	99.24	147.47	148.66	221.56	553.00
L		1/4"	6.35	52.51	105.03	156.06	157.54	234.49	585.00
F			7.50	62.03	124.05	184.33	186.08	276.95	691.00
A		5/16"	7.94	65.66	131.32	195.15	196.99	293.20	732.00
J			8.00	66.16	132.32	196.62	198.48	295.42	738.00
O			9.00	74.43	148.86	221.20	223.29	332.34	830.00
R		3/8"	9.53	78.81	157.63	234.22	236.44	351.92	879.00
			10.00	82.70	165.40	245.78	248.10	369.27	922.00
			12.00	99.24	198.48	294.93	297.72	443.13	1,106.00
		1/2"	12.70	105.03	210.06	312.14	315.09	468.98	1,171.00

ANEXO B. PERFIL C ESTÁNDAR EUROPEO - UPN

PERFILES UPN

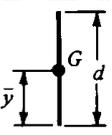
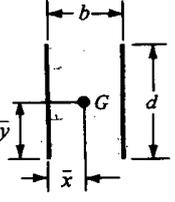
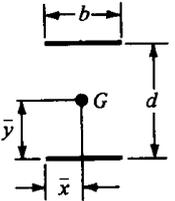
Dimensiones y propiedades para el diseño

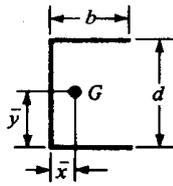
DESIGNACION	DIMENSIONES							AREA	PESO	PROPIEDADES ELASTICAS						CON TOR
	ALTURA		ALA		DISTANCIAS					EJE X-X			EJE Y-Y			
	h	s	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	
UPN 80	80.00	6.00	45.00	8.00	8.00	4.00	46.00	11.00	8.64	106.00	26.50	3.10	19.40	6.36	1.33	2.16
UPN 100	100.00	6.00	50.00	8.50	8.50	4.50	64.00	13.50	10.60	206.00	41.20	3.91	29.30	8.49	1.47	2.81
UPN 120	120.00	7.00	55.00	9.00	9.00	4.50	82.00	17.00	13.40	364.00	60.70	4.62	43.20	11.10	1.59	4.15
UPN 140	140.00	7.00	60.00	10.00	10.00	5.00	98.00	20.40	16.00	605.00	86.40	5.45	62.70	14.80	1.75	5.66
UPN 160	160.00	7.50	65.00	10.50	10.50	5.50	115.00	24.00	18.80	925.00	116.00	6.21	85.30	18.30	1.89	7.36
UPN 180	180.00	8.00	70.00	11.00	11.00	5.50	133.00	28.00	22.00	1,350.00	150.00	6.95	114.00	22.40	2.02	9.55
UPN 200	200.00	8.50	75.00	11.50	11.50	6.00	151.00	32.20	25.30	1,910.00	191.00	7.70	148.00	27.00	2.14	11.9
UPN 220	220.00	9.00	80.00	12.50	12.50	6.50	167.00	37.40	29.40	2,690.00	245.00	8.48	197.00	33.60	2.30	16.0
UPN 240	240.00	9.50	85.00	13.00	13.00	6.50	184.00	42.30	33.20	3,600.00	300.00	9.22	248.00	39.60	2.42	19.7
UPN 260	260.00	10.00	90.00	14.00	14.00	7.00	200.00	48.30	37.90	4,820.00	371.00	9.99	317.00	47.70	2.56	25.5
UPN 280	280.00	10.00	95.00	15.00	15.00	7.50	216.00	53.30	41.80	6,280.00	448.00	10.90	399.00	57.20	2.74	31.0
UPN 300	300.00	10.00	100.00	16.00	16.00	8.00	232.00	58.80	46.20	8,030.00	535.00	11.70	495.00	67.80	2.90	37.4
UPN 320	320.00	14.00	100.00	17.50	17.50	8.75	246.00	75.80	59.50	10,870.00	679.00	12.10	597.00	80.60	2.81	66.7
UPN 350	350.00	14.00	100.00	16.00	16.00	8.00	282.00	77.30	60.60	12,840.00	734.00	12.90	570.00	75.00	2.70	61.2
UPN 380	380.00	13.50	102.00	16.00	16.00	8.00	313.00	80.40	65.10	15,760.00	829.00	14.00	615.00	79.70	2.77	59.1
UPN 400	400.00	14.00	110.00	18.00	18.00	9.00	324.00	91.50	71.80	20,350.00	1,020.00	14.90	846.00	102.00	3.04	81.6

ANEXO C. PERFIL C EUROPEO SECCIÓN PEQUEÑA – U

DESIGNACION	DIMENSIONES							PROPIEDADES ELASTICAS							CÓDIGO		
	ALTURA		ALA		DISTANCIAS			AREA	PESO	EJE X-X			EJE Y-Y			Jt	
	h	s	b	t	r1	r2	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy			ry
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/mf	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴		
U 30 X 15	30.00	4.00	15.00	4.50	4.50	2.00	12.00	2.21	1.74	2.53	1.69	1.07	0.38	0.39	0.42	0.16	
U 40 X 20	40.00	5.00	20.00	5.50	5.00	2.50	18.00	3.66	2.87	7.58	3.79	1.44	1.14	0.86	0.56	0.36	
U 40 X 35	40.00	5.00	35.00	7.00	7.00	3.50	11.00	6.21	4.87	14.10	7.05	1.50	6.68	3.08	1.04	1.00	
U 50 X 25	50.00	5.00	25.00	6.00	6.00	3.00	25.00	4.92	3.86	16.80	6.73	1.85	2.49	1.48	0.71	0.87	
U 50 X 38	50.00	5.00	38.00	7.00	7.00	3.50	20.00	7.12	5.59	26.40	10.60	1.92	9.12	3.75	1.13	1.12	
U 60 X 30	60.00	6.00	30.00	6.00	6.00	3.00	35.00	6.46	5.07	31.60	10.50	2.21	4.51	2.16	0.84	0.93	
U 65 X 42	65.00	5.50	42.00	7.50	7.50	4.00	33.00	9.03	7.09	57.50	17.70	2.52	14.10	5.07	1.25	1.61	
U 70 X 40	70.00	6.00	40.00	6.50	6.50	3.25	42.00	8.62	6.77	61.80	17.60	2.68	13.00	4.85	1.22	—	

ANEXO D. PROPIEDADES A LA FLEXIÓN DE UNIONES DE SOLDADURA DE FILETE

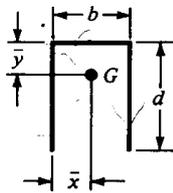
FORMA DE UNIÓN	ÁREA DE GARGANTA	UBICACIÓN DE G	SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA UNITARIO
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hb$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$



$$A = 0.707h(2b + d) \quad \bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$$

$$\bar{y} = d/2$$

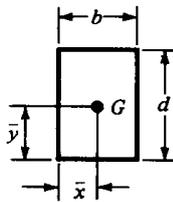
$$I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$$



$$A = 0.707h(b + 2d) \quad \bar{x} = b/2$$

$$\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$$

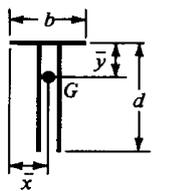
$$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$$



$$A = 1.414h(b + d) \quad \bar{x} = b/2$$

$$\bar{y} = d/2$$

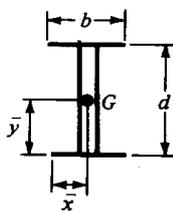
$$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$$



$$A = 0.707h(b + 2d) \quad \bar{x} = b/2$$

$$\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$$

$$I_u = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$$



$$A = 1.414h(b + d) \quad \bar{x} = b/2$$

$$\bar{y} = d/2$$

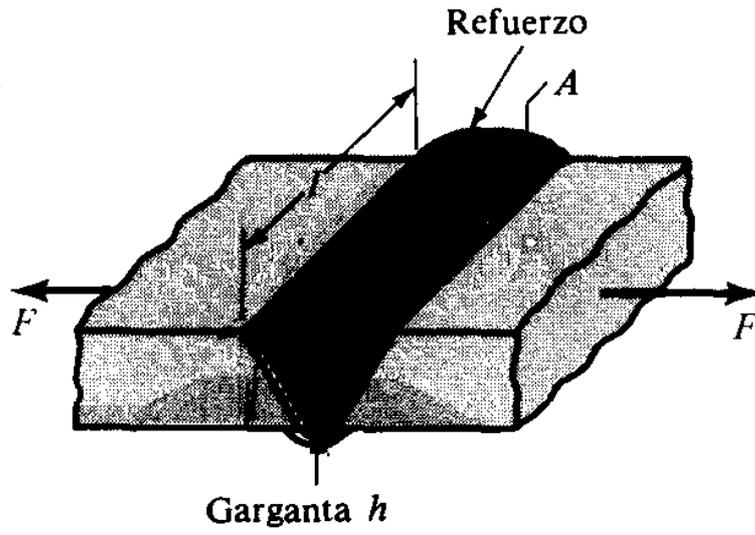
$$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$$



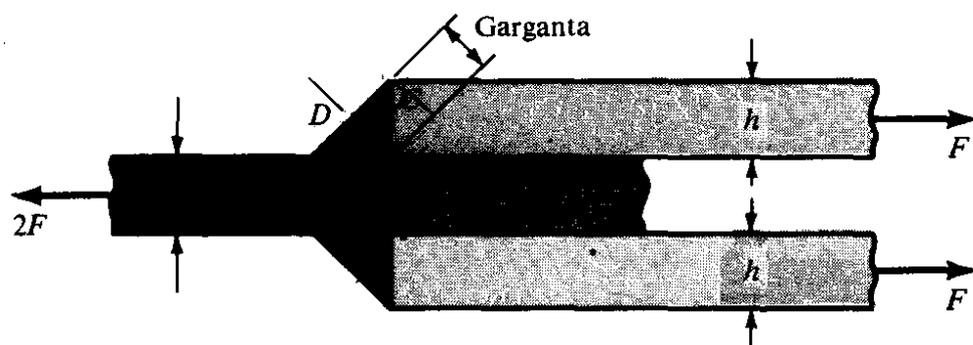
$$A = 1.414\pi hr$$

$$I_u = \pi r^3$$

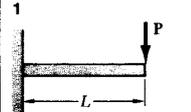
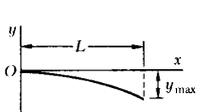
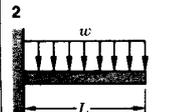
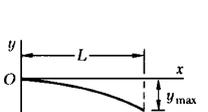
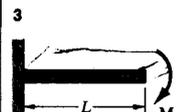
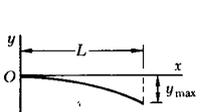
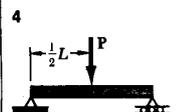
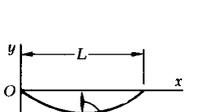
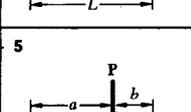
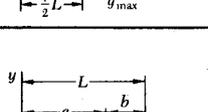
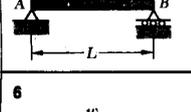
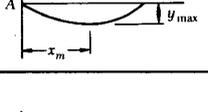
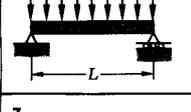
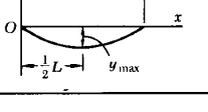
ANEXO E. JUNTA TIPICA A TOPE



ANEXO F. JUNTAS A TRANSLAPE, CON DOS FILETES TRANSVERSALES



ANEXO G. DEFLEXIONES EN PENDIENTES DE VIGAS

Viga y carga	Curva elástica	Deflexión máxima	Pendiente en el extremo	Ecuación de la curva elástica
1 		$-\frac{PL^3}{3EI}$	$-\frac{PL^2}{2EI}$	$y = \frac{P}{6EI}(x^3 - 3Lx^2)$
2 		$-\frac{wL^4}{8EI}$	$-\frac{wL^3}{6EI}$	$y = -\frac{w}{24EI}(x^4 - 4Lx^3 + 6L^2x^2)$
3 		$-\frac{ML^2}{2EI}$	$-\frac{ML}{EI}$	$y = -\frac{M}{2EI}x^2$
4 		$-\frac{PL^3}{48EI}$	$\pm \frac{PL^2}{16EI}$	Para $x \leq \frac{1}{2}L$: $y = \frac{P}{48EI}(4x^3 - 3L^2x)$
5 		Para $a > b$ $-\frac{Pb(L^2 - b^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}EIL}$ en $x_m = \sqrt{\frac{L^2 - b^2}{3}}$	$\theta_A = -\frac{Pb(L^2 - b^2)}{6EIL}$ $\theta_B = +\frac{Pa(L^2 - a^2)}{6EIL}$	Para $x < a$: $y = \frac{Pb}{6EIL}[x^3 - (L^2 - b^2)x]$ Para $x = a$: $y = -\frac{Pa^2b^2}{3EIL}$
6 		$-\frac{5wL^4}{384EI}$	$\pm \frac{wL^3}{24EI}$	$y = -\frac{w}{24EI}(x^4 - 2Lx^3 + L^3x)$
7 		$\frac{ML^2}{9\sqrt{3}EI}$	$\theta_A = +\frac{ML}{6EI}$ $\theta_B = -\frac{ML}{3EI}$	$y = -\frac{M}{6EIL}(x^3 - L^2x)$

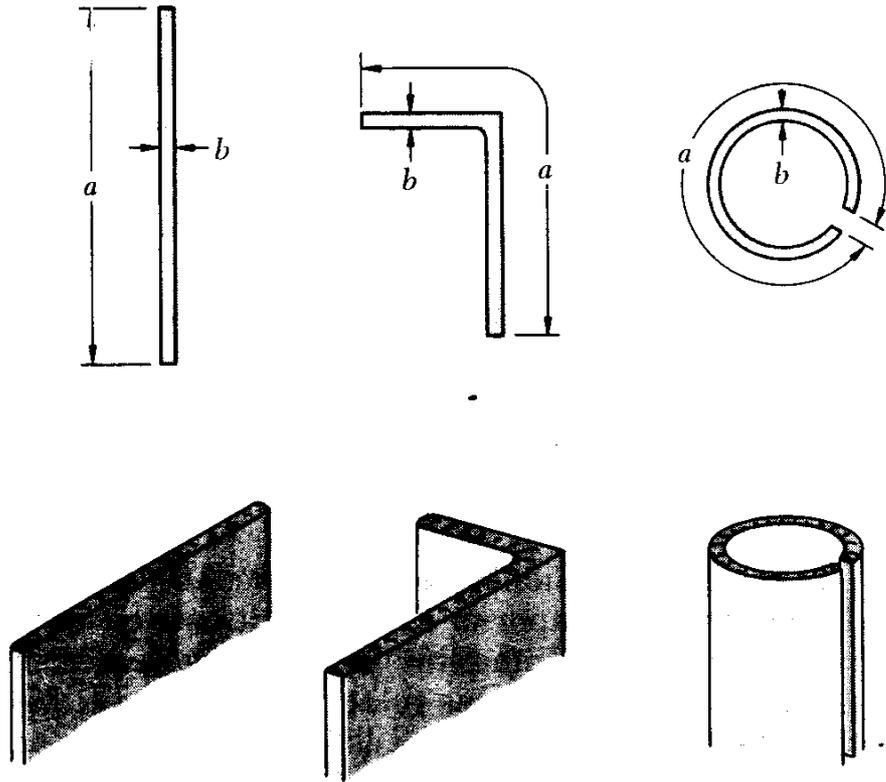
**ANEXO H. PROPIEDADES TÍPICAS DE MATERIALES SELECCIONADOS
USADOS EN INGENIERÍA (UNIDADES SI)**

Material	Densidad kg/m ³	Resistencia última			Fluencia ³		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica 10 ⁻⁶ /°F	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm!
		Tensión, MPa	Compresión ² , MPa	Cortante, MPa	Tensión, MPa	Cortante, MPa				
ACERO:										
Estructural (ASTM-A36)	7860	400			250	145	200	77	11.7	23
Alta resistencia										
ASTM-A242	7860	480			345	205	200	77	11.7	22
ASTM-A441	7860	460			320		200	77	11.7	21
ASTM-A572	7860	415			290		200	77	11.7	24
Templado										
ASTM A-514	7860	760			690	380	200	77	11.7	18
AISI 302										
Laminado en frío	7920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7920	655			260	150	190	75	17.3	50
Acero de refuerzo										
Resistencia media	7860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7860	620			415		200	77	11.7	
FUNDICIÓN:										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	7200	170	655	240			69	28	12.1	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
ALUMINIO:										
Aleación 1100-H14 (99% Al)	2710	110		70	100	55	70	26	23.6	9
Aleación 2014-T6	2800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Aleación 2024-T4	2800	470		280	325		73		23.2	19
Aleación 5456-H116	2630	320		185	230	130	72		23.9	16
Aleación 6061-T6	2710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Aleación 7075-T6	2800	570		330	500		72	28	23.6	11
COBRE										
Libre de oxígeno (99.9% Cu)										
Recocido	8910	220		150	70		120	44	16.9	45
Endurecido	8910	390		200	265		120	44	16.9	4
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)										
Laminado en frío	8470	510		300	410	250	105	39	20.9	8
Recocido	8470	320		220	100	60	105	39	20.9	65
Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)										
Laminado en frío	8740	585		320	435		120	44	18.7	3
Recocido	8740	270		210	70		120	44	18.7	48
Estaño bronce (88 Cu, 8Sn, 4Zn)	8800	310			145		95		18.0	30
Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)	8360	655			330		105		21.6	20
Aluminio bronce (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)	8330	620	900		275		110	42	16.2	6

ANEXO I. COEFICIENTES PARA BARRAS RECTANGULARES SOMETIDAS A TORSIÓN

<i>a/b</i>	<i>c</i>₁	<i>c</i>₂
1.0	0.208	0.1406
1.2	0.219	0.1661
1.5	0.231	0.1958
2.0	0.246	0.229
2.5	0.258	0.249
3.0	0.267	0.263
4.0	0.282	0.281
5.0	0.291	0.291
10.0	0.312	0.312
∞	0.333	0.333

ANEXO J. SECCIONES TRANSVERSALES

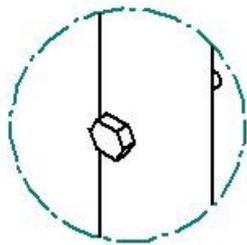


**ANEXO K. TUBERÍA COMERCIAL DE ACERO CON BASE EN ANSI B36.10:
1970 Y BS 1600: PARTE 2:1970**

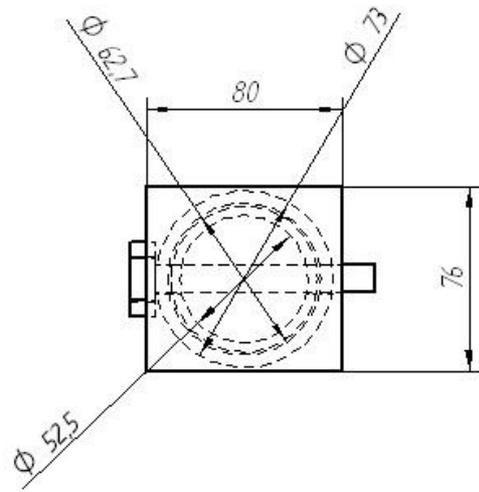
	Medida nominal de la tubería		Espesor	Diámetro interior		Medida nominal de la tubería		Espesor	Diámetro interior
	pulgadas	mm				pulgadas	mm		
Cédula 10	14	355.6	6.35	342.9	Cédula 80 (continuación)	3½	101.6	8.08	85.4
	16	406.4	6.35	393.7		4	114.3	8.56	97.2
	18	457.2	6.35	444.5		5	141.3	9.52	122.3
	20	508.0	6.35	495.3		6	168.3	10.97	146.4
	24	609.6	6.35	596.9		8	219.1	12.70	193.7
	30	762.0	7.92	746.2		10	273.0	15.09	242.8
Cédula 20	8	219.1	6.35	206.4	12	323.9	17.47	289.0	
	10	273.0	6.35	260.3	14	355.6	19.05	317.5	
	12	323.9	6.35	311.2	16	406.4	21.44	363.5	
	14	355.6	7.92	339.8	18	457.2	23.82	409.6	
	16	406.4	7.92	390.6	20	508.0	26.19	455.6	
	18	457.2	7.92	441.4	24	609.6	30.96	547.7	
Cédula 30	8	219.1	7.04	205.0	Cédula 100	8	219.1	15.09	188.9
	10	273.0	7.80	257.4		10	273.0	18.26	236.5
	12	323.9	8.38	307.1		12	323.9	21.44	281.0
	14	355.6	9.52	336.6		14	355.6	23.82	308.0
	16	406.4	9.52	387.4		16	406.4	26.19	354.0
	18	457.2	11.13	434.9		18	457.2	29.36	398.5
Cédula 40	20	508.0	12.70	482.6	20	508.0	32.54	442.9	
	24	609.6	14.27	581.1	24	609.6	38.89	531.8	
	30	762.0	15.88	730.2	Cédula 120	4	114.3	11.13	92.0
	¾	10.3	1.73	6.8		5	141.3	12.70	115.9
	¾	13.7	2.24	9.2		6	168.3	14.27	139.8
	¾	17.1	2.31	12.5		8	219.1	18.26	182.6
½	21.3	2.77	15.8	10		273.0	21.44	230.1	
¾	26.7	2.87	21.0	12		323.9	25.40	273.1	
1	33.4	3.38	26.6	14	355.6	27.79	300.0		
1¼	42.2	3.56	35.1	16	406.4	30.96	344.5		
1½	48.3	3.68	40.9	18	457.2	34.92	387.4		
2	60.3	3.91	52.5	20	508.0	38.10	431.8		
2½	73.0	5.16	62.7	24	609.6	46.02	517.6		
3	88.9	5.49	77.9	Cédula 140	8	219.1	20.62	177.9	
3½	101.6	5.74	90.1		10	273.0	25.40	222.2	
4	114.3	6.02	102.3		12	323.9	28.58	266.7	
4½	141.3	6.55	128.2		14	355.6	31.75	292.1	
5	141.3	6.55	128.2		16	406.4	36.52	333.4	
6	168.3	7.11	154.1		18	457.2	39.69	377.8	
8	219.1	8.18	202.7	20	508.0	44.45	419.1		
10	273.0	9.27	254.5	24	609.6	52.39	504.8		
Cédula 60	12	323.9	10.31	303.3	Cédula 160	½	21.3	4.78	11.7
	14	355.6	11.13	333.3		¾	26.7	5.56	15.6
	16	406.4	12.70	381.0		1	33.4	6.35	20.7
	18	457.2	14.27	428.7		1¼	42.2	6.35	29.5
	20	508.0	15.09	477.8		1½	48.3	7.14	34.0
	24	609.6	17.48	574.6		2	60.3	8.74	42.8
8	219.1	10.31	198.5	2½	73.0	9.52	54.0		
10	273.0	12.70	247.6	3	88.9	11.13	66.6		
12	323.9	14.27	295.4	4	114.3	13.49	87.3		
14	355.6	15.09	325.4	5	141.3	15.88	109.5		
16	406.4	16.64	373.1	6	168.3	18.26	131.8		
18	457.2	19.05	419.1	8	219.1	23.01	173.1		
20	508.0	20.62	466.8	10	273.0	28.58	215.8		
24	609.6	24.61	560.4	12	323.9	33.34	257.2		
Cédula 80	16	406.4	16.64	373.1	14	355.6	35.71	284.2	
	18	457.2	19.05	419.1	16	406.4	40.49	325.4	
	20	508.0	20.62	466.8	18	457.2	45.24	366.7	
	24	609.6	24.61	560.4	20	508.0	50.01	408.0	
	¾	10.3	2.41	5.5	24	609.6	59.54	490.5	
	¾	13.7	3.02	7.7					
¾	17.1	3.20	10.7						
½	21.3	3.73	13.8						
¾	26.7	3.91	18.9						
1	33.4	4.55	24.3						
1¼	42.2	4.85	32.5						
1½	48.3	5.08	38.1						
2	60.3	5.54	49.2						
2½	73.0	7.01	59.0						
3	88.9	7.62	73.7						

ANEXO L. COLUMNA GRADUABLE

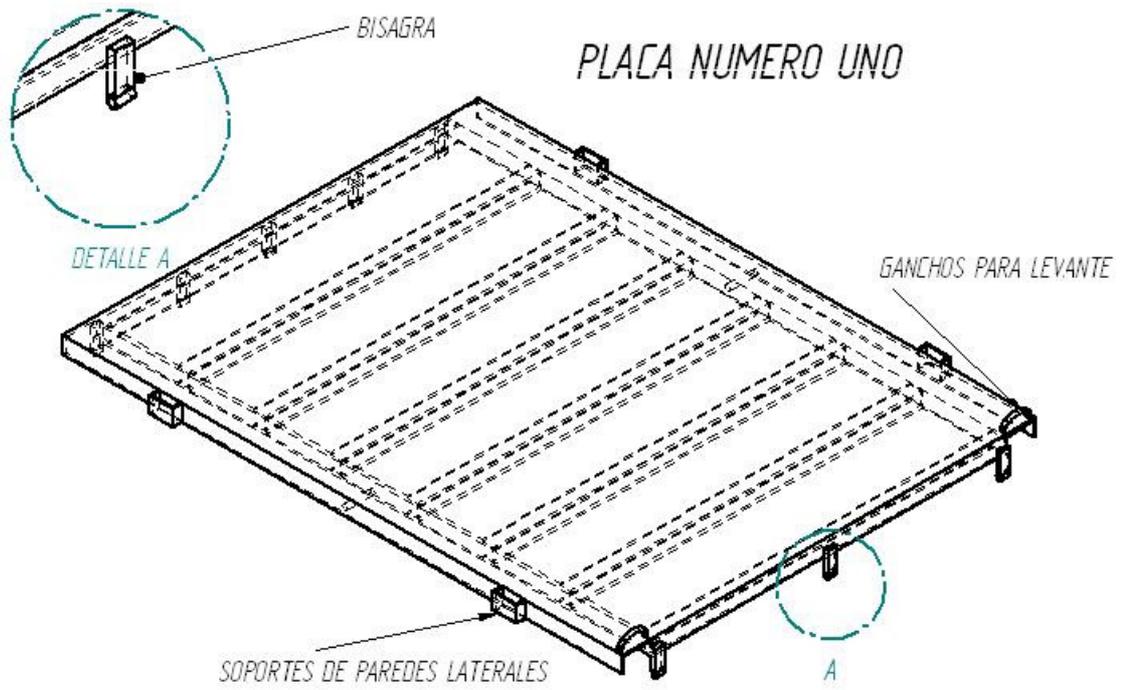
COLUMNA GRADUABLE



DETALLE A



ANEXO M. PLACA NUMERO UNO



ANEXO N. ESTRUCTURA COMPLETA

