



Facultad de Ingeniería Mecánica

TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Evaluación de la resistencia y rigidez del Alto Despeje del tractor YUMZ - 6M fabricado en el Taller T - 15 del MINAZ.

Autor: Leodelcys Villa Ramos

Tutores: Dr. Rafael Goytisoló Espinosa
Ing. Hernán Hernández Herrera

Julio 2005

Resumen

El Proyecto de Grado se desarrolló en el Taller T-15 del MINAZ, donde se fabrican y reparan los Altos Despejes Delanteros y Traseros de los Tractores YUMZ-6M y abarca precisamente la Evaluación de la resistencia y rigidez de estos elementos.

El trabajo está dividido en tres capítulos. En el primer capítulo se caracteriza la Empresa en General y en particular el Taller T-15 donde se realizó el trabajo.

En el segundo capítulo se caracteriza el Tractor YUMZ-6M y los Altos Despejes Delantero y Trasero y se elaboró algunas indicaciones para el mantenimiento de los Altos Despejes que no existían.

En el tercer capítulo se realizan los cálculos de los coeficientes de cargas dinámicas y se evalúa la rigidez y resistencia de ambos Altos Despejes y se propone el empleo de una barra rigidizadora que los conecta aprovechando la resistencia y rigidez del Alto Despeje Trasero para elevar la del Delantero.

Summary

The Project were developed in the Shop T-15 of the MINAZ, where they are manufactured and they repair the High Clearances Forward and Back of the Tractors YUMZ-6M and it in fact embraces the Evaluation of the resistance and rigidity of these elements.

The work this divided in three chapters. In the first chapter the Company is characterized in General and in particular the Shop T-15 where it was carried out the work.

In the second chapter the Tractor is characterized YUMZ-6M and the High Clearances Forward and Back and it was elaborated some indications for the maintenance of the High Clearances that they didn't exist.

In the third chapter they are carried out the calculations of the coefficients of dynamic loads and it is evaluated the rigidity and resistance of both High Clearances and it intends the employment of a rigid bar that connects them taking advantage of the resistance and rigidity of the High Clearance Bottom to elevate that of the Forward.

Indice	
Resumen.....	2
Summary.....	3
Indice.....	4
Introducción.....	6
<u>Capítulo I: GENERALIDADES DE LA EMPRESA.</u>	7
1.1- Descripción general de la Empresa.	7
1.2- Reseña histórica.	7
1.3- Principales producciones y significación social de éstas.	7
1.4- Tecnologías de fabricación instaladas.	8
1.5- Situación de la Protección e Higiene de la Empresa.	8
1.5.1- Medidas de protección.	8
1.5.2- Medidas de protección e higiene en la Máquina de soldar.	9
1.6- Formas de Organización de la Defensa Civil.	9
<u>Capitulo II: GENERALIDADES DEL TRACTOR.</u>	11
2.1- Clasificación general de los tractores.	11
2.2- Cualidades más importantes de la explotación.	12
2.3- Características técnicas específicas del Tractor YUMZ-6M.	14
2.4- Características técnicas del Alto Despeje.	14
2.5- Indicaciones para el mantenimiento del los Alto Despeje Delantero y el Trasero.....	14
<u>Capitulo III: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DEL ALTO DESPEJE DEL TRACTOR YUMZ-6M.</u>	15
3.1- Vista general del Tractor YUMZ-6M con Alto Despeje.	15
3.2- Esquema general del ensamblaje del Alto despeje, esquemas y dimensiones de las diferentes partes componentes.	16
3.3- Esquema general de cargas sobre el Tractor YUMZ-6M con Alto Despeje.....	19
3.4- Cálculo de las diferentes cargas sobre el Tractor.....	20
3.4.1- Fuerza Peso G_T	20
3.4.2- Fuerza tractiva y fuerza de resistencia a la rodadura	21
3.4.3- Fuerza sobre el gancho.....	21
3.4.4- Cálculo de la resistencia aerodinámica	21
3.4.5- Cálculo de la fuerza sobre el Alto Despeje delantero.....	22
3.4.6- Cálculo de las fuerzas sobre el Alto Despeje trasero.....	23
3.5- Cálculo del coeficiente de carga dinámica sobre el Alto Despeje Delantero.....	24
3.5.1 Condiciones dinámicas sobre el Alto Despeje Delantero.....	24
3.5.2 Cálculo del coeficiente de carga dinámica provocado por una caída libre de la rueda delantera en	24

una zanja de profundidad H.....	
3.5.3 Cálculo del coeficiente de carga dinámica provocado por el impacto de la rueda delantera con la cara frontal de la zanja a una velocidad V.....	32
3.6 Cálculo del coeficiente de carga dinámica sobre el Alto Despeje Trasero.....	37
3.6.1 Condiciones dinámicas sobre el Alto Despeje Trasero	37
3.6.2 Esquema de análisis para este impacto.....	37
3.6.3 Coeficiente de carga dinámica del Alto Despeje Trasero.....	38
3.6.4 Cálculo del desplazamiento estático de la estructura.....	39
3.6.5 Cálculo del desplazamiento estático del neumático trasero.....	39
3.6.6 Desplazamiento estático total.....	40
3.6.7 Coeficiente de carga dinámica y velocidad límite.....	40
3.7 Cálculo de la carga sobre la barra rigidizadora del Alto Despeje Delantero.....	41
3.7.1 Comprobación de la estabilidad del equilibrio de la barra rigidizadora.....	42
Conclusiones.....	43

Introducción

El Proyecto grado se desarrolló en el Taller ``Noelia Capote Figueroa`` (T-15) del MINAZ, donde se realiza la fabricación y reparación del Alto Despeje de los tractores YUMZ-6M para el cultivo de la caña de azúcar cuando esta tiene ya cierta altura, sin dañar la misma.

El Alto Despeje Delantero es fabricado de Acero 45 el cual posee una adecuada resistencia para estas aplicaciones, sin embargo, la experiencia de explotación de estos agregados demuestra que durante el trabajo se producen deformaciones e incluso fractura de alguno de sus componentes. El Alto Despeje Trasero se fabrica de chapas de acero de bajo carbono, sin embargo a simple vista se aprecia una mayor resistencia y rigidez producto de sus dimensiones y estructura, y ademas la experiencia de explotación confirma que las averías son menores.

Ante esta situación problemita se plantea como **Objetivo General** del presente trabajo el siguiente:

- Evaluar la resistencia y rigidez del Alto Despeje tanto Delantero como Trasero fabricados en el Taller T-15 de Cienfuegos.

Como **Objetivos Específicos** se proponen los siguientes:

- Estudiar las características del Tractor YUMZ-6M y en particular de los Altos Despejes Delanteros y Traseros y elaborar croquis con las dimensiones de todas sus partes.
- Determinar el coeficiente de carga dinámica de los Altos Despejes, tanto Delantero como Trasero y evaluar su resistencia en esas condiciones.
- Proponer las recomendaciones que se consideren necesarias para elevar la resistencia y rigidez del sistema.
- Evaluar económicamente las modificaciones propuestas.

Capítulo I: Generalidades de la Empresa.

1.1- Descripción general de la Empresa.

El taller **T-15** está compuesto por 84 trabajadores, 18 mujeres y 66 hombres, de ellos: 10 son técnicos medios, 4 obreros calificados, 2 profesionales y 2 ingenieros. Los trabajadores de dicha Empresa se clasifican en cinco grupos según su carga de trabajo:

- El personal dirigente.
- El personal administrativo.
- Los técnicos.
- El personal de servicio.
- Los obreros

1.2- Reseña histórica.

El taller Noelio Capote Figueroa (T-15) fue fundado en el año 1962, como apoyo a las tareas de la Industria Azucarera, el objetivo del mismo era la reparación de equipos pesados (de esteras y neumáticos) de la agricultura. Es una Unidad Empresarial de Base, subordinada a una Empresa en Villa Clara. Esta Unidad tiene 3 talleres que son:

1. T-15 (Noelio Capote Figueroa)
2. Fundición de Cruces
3. el taller Raúl Suárez en Rodas.

1.3- Principales producciones y significación social de éstas.

En estos momentos el taller se dedica a la reparación de equipos y agregados, fabricación de implementos; partes y piezas de la agricultura cañera, así como la recuperación de piezas.

Dentro del taller de reparación de agregados de petróleo se reparan las bombas de inyección de los tractores MTZ 80 y YUMZ, los equipos de DT75, las bombas de inyección de los KOMATSU, y los inyectores de todos los equipos. Además de otros tipos de bombas.

En el taller de electricidad se reparan todos los agregados eléctricos del motor de arranque y alternadores del motor agrícola y otros tipos de transporte.

En el taller Oleohidráulica se reparan las bombas hidráulicas NCH50 y NCH32 de las combinadas, bombas hidrostáticas de estos mismos equipos, y se recuperan todas las mangueras hidráulicas de los equipos agrícolas y cilindros hidráulicos de los mismos. En el taller se pailería se fabrican y reparan distintos tipos de implementos agrícolas, algunos son la modificación del tractor con alto despeje, fabricación de equipos M60. También se modifica el equipo SP280 para el aditamento del arriero, se fabrican segmentos de corte para combinadas.

Dentro de todos estos trabajos que se realizan a los equipos que operan en el taller, también se realizan las reparaciones llamadas imprevistas que abarcan el total de situaciones imprevistas competentes al taller que les pueden presentar a los equipos mencionados.

En el taller de la línea se reparan todo tipo de esteras de los KOMATZU y DT75.

En el taller de maquinado se realizan piezas que componen todas estas reparaciones, presta servicios a todos los CAI de la provincia, tales como: agregados eléctricos, hidráulicos, de inyección, y demás piezas que se deseen fabricar.

En el taller de gomas se fabrican todo los tipos de junta y ferrubles que llevan los cilindros hidráulicos, las bombas hidráulicas y otros equipos agrícolas.

1.4- Tecnologías de fabricación instaladas.

A continuación se relaciona el equipamiento con que cuenta el taller:

1. 6 taladros eléctricos.
2. 5 transformadores eléctricos para soldar.
3. 3 equipos de oxicorte.
4. 6 cargadores de batería.
5. 4 compresores de aire.
6. 5 prensas hidráulicas en el área de fundición de goma.
7. 16 bancos de prueba.
8. 1 balanceador de volantes.
9. 1 máquina de rectificar puntas.
10. 1 máquina de cortar metales.
11. 7 grúas viajeras.
12. 3 rectificadoras.
13. 2 fresadoras.
14. 7 tornos.

1.5- Situación de la Protección e Higiene de la Empresa.

1.5.1- Medidas de protección:

Para organizar un trabajo seguro y controlar el cumplimiento de las reglas y las normas de seguridad y de higiene laboral en los talleres de las empresas se organizan los servicios de seguridad. Estos servicios llevan a cabo la instrucción al recién ingresado a trabajar; preparan a los obreros que entran a trabajar; controlan el nivel de conocimientos de las reglas de seguridad por parte de los obreros; organizan el estudio y hacen propaganda de las medidas de seguridad del trabajo. La instrucción inicial al recién llegado a trabajar se da en el puesto de trabajo a todos estos antes de permitirles iniciar el trabajo, así como a todos los que han trasladado (incluso temporalmente) de otro taller y de otro trabajo. Se imparten instrucciones reiterativas a todos los trabajadores en sus puestos de trabajo, en función de sus profesiones en los plazos establecidos por las reglas, además de impartirse instrucciones extraordinarias en aquellos casos, cuando cambian las condiciones de trabajo al introducir un proceso tecnológico nuevo, cuando se cambia el equipo o cuando el trabajador infringe las reglas de seguridad.

La seguridad en el puesto de trabajo se logra aplicando una serie de medidas, entre las cuales las principales son: el equipamiento de la máquina herramienta con medios de seguridad y el cumplimiento de la técnica de seguridad y de higiene del trabajo. Esto significa que después de reparar, engrasar o

hacer la inspección profiláctica de la máquina herramienta, han de instalarse en su lugar las cubiertas de protección de las transmisiones, deben fijarse adecuadamente las unidades de montaje (conjuntos) de la máquina que han sido desplazadas durante el ajuste y el reglaje, debe añadirse aceite hasta el nivel requerido, se comprueba el estado de la rejilla del suelo y se eliminan las huellas del aceite derramado.

A continuación se dan las medidas de seguridad para las máquinas de soldar.

1.5.2- Medidas de protección e higiene en la Máquina de soldar:

1. Antes de comenzar a soldar, el operario debe revisar y comprobar los siguientes aspectos: buen funcionamiento de las máquinas, buen estado de los cables, conductores de electricidad, conexiones y aislamientos porta electrodos, anclaje a tierra y buen estado de todos los medios de protección individual.
2. Usar polainas de cuero.
3. Usar peto de cuero.
4. Uso de guantes incombustibles.
5. Uso de la carreta con vidrios adecuados o espejuelos correspondientes para soldadura oxiacetilénica con los filtros de tonalidad recomendada.
 - Filtro 3: ligeramente oscuro para cortes ligeros.
 - Filtro 4: oscuro para soldadura y cortes grandes.
 - Usar mangas medio oscuro para soldaduras pequeñas.
 - Filtro 5: oscuro para trabajos generales de corte y soldadura corriente.
6. Filtro 6: muy de amianto.
7. Revisar las conexiones y el equipo.
8. Local ventilado e iluminado.
9. Soldar a no menos de 5 m de donde exista combustible.
10. Revisar amperaje (poner el adecuado).
11. Eliminar el polvo y los gases nocivos (óxidos de cobre, de manganeso, fluoruro, etc.) sobre los puestos permanentes de soldadura.
12. No hacer contacto con las partes metálicas de la fuente, principalmente cuando se esté mojado o sudoroso.
13. Se prohíbe cambiar electrodos sin guantes o con estos húmedos.
14. Las tomas de corriente deben estar convenientemente situadas de manera tal de evitar cables muy largos. Si son necesarios cables de más de 5m, estos deben suspenderse a una altura de 3m, de no ser posible se situarán sobre el suelo protegiéndose para que las personas no pasen sobre ellos.

Después de terminar la operación de soldar el operario marcará el metal caliente o alertará de algún modo a los demás operario a los efectos de evitar contacto con dicho material.

1.6- Formas de Organización de la Defensa Civil.

En cuanto a la preparación para la defensa esta empresa se rige como todas las demás empresas del país por las siguientes leyes:

LEY 75, Ley Nacional de la Defensa.

- La Defensa es una tarea mas que se realiza en las Empresas donde el Director general elabora las Indicaciones donde distribuye las tareas de la Defensa entre sus Directores, Especialistas y funcionarios que sus tareas de tiempo de paz tengan se relacionen con las con su trabajo diario. Los Planes de Tiempo de Guerra se elaboran desde Tiempo de Paz.
- Esta tarea es analizada trimestralmente en el Consejo de Dirección tomándose los acuerdos al recibir una visita revisan las actas del Consejo de Dirección para comprobar si se analizó o no.
- La actividad de la defensa en una empresa es tan importante como el proceso productivo ya que se reciben controles, inspecciones etc y de no estar organiza los directivos tienen que responder hasta con su cargo.
- Existe en nuestra provincia una Escuela de Preparación para la Defensa donde los Directivos son preparados.
- La Defensa Civil. Se dirige fundamentalmente a:
 - Decreto Ley 170. Regula las Medidas de Defensa Civil. Dirigida al;
 - Aviso a la Población y a los trabajadores para caso de agresión armada y Catástrofes
 - La movilización.
 - La Desconcentración.
 - La Evacuación.
 - Los Trabajos de Salvamentos y Reparación Urgentes de averías.
 - La Capacitación a la población y los trabajadores de las normas de conducta a seguir en cada caso.
 - La Compatibilización de la economía en interés de la Defensa.
 - Plan Contra Catástrofes.
 - Documento que se elabora en las entidades según lo establecido en el Decreto Ley 170 y las Indicaciones bajadas por la instancia superior a la que se encuentra subordinada la empresa y las indicaciones del Gobierno en el territorio.
 - El mismo recoge una serie de medidas a tomar en caso de Catástrofes, fundamentalmente las acciones van encaminadas al aseguramiento para enfrentar estas situaciones.
 - Huracanes.
 - Intensas llluvias.
 - Incendios.
 - Escape de productos tóxicos etc.
 - **Decreto Ley 205.** Regula las formas organizativas de la Preparación de la Economía para la Defensa.
 - Plan para Tiempo de Guerra.

El mismo se elabora partiendo de este decreto, las Indicaciones emitidas por el MIFAR estas son únicas para todo el país e indicaciones del organismo superior al que se subordina la empresa. Necesidades del

territorio en interés de la defensa y de la Economía. Teniendo en cuenta la concepción de la guerra que es territorial.

- Este Plan se elabora al igual que se realiza un proceso productivo normal.
- La tarea a realizar.
- La fuerza de trabajo.
- Las maquinas a trabajar.
- Los aseguramientos.
- Las distintas cooperaciones que intervienen en el Plan.

- Decreto Ley 178.

- Es el que regula las formas organizativa para la acumulación de las Reservas Movilizativas y Estatales en las instituciones y Empresas estatales.
- Se elabora un Expediente de las Reservas Movilizativas que lo lleva la Dirección económica.
- Resolución No. 46.
- Es la que regula la situación militar de los trabajadores en las empresas esta es asumida por el departamento de Personal donde deben tener bien organizado el mismo así como también los diferentes Planes de avisos.

CAPITULO II: GENERALIDADES DEL TRACTOR.

2.1- Clasificación general de los tractores:

Se llama **tractor** a un vehículo autopropulsado, de ruedas o de oruga, destinado para la tracción de las máquinas (aperos) agrícolas, de carreteras y otros, remolcadas o suspendidas, y para el remolque de los carros; además, los mecanismos de las máquinas remolcadas o suspendidas pueden ser accionados por el motor del tractor a través de un árbol especial de toma de fuerza. El motor del tractor puede también poner en funcionamiento las máquinas estacionarias para lo cual en el tractor se monta una polea motriz.

El campo de empleo de los tractores es muy amplio. Es evidente que para cumplir gran cantidad de trabajos agrícolas, variados por su carácter, son necesarios los tractores de diferentes tipos.

Los tractores agrícolas se clasifican del modo siguiente:

1. Por las tareas a cumplir:

- De destinación común, se emplean para arar, sembrar, cultivar, cosechar cereales, etc.
- Universales-cultivadores, se emplean principalmente para la cultivación de entresurcos y la cosecha de los cultivos de entrecavado (remolacha, algodón, maíz, etc). Estos tractores pueden realizar también otras labores agrícolas.
- Especializados, se usan para cumplir cualquier tipo determinado de labores (en las viñas y plantaciones de té, en las explotaciones forestales, en los suelos pantanosos, en la agricultura de montaña).

2. Por la estructura del tren de rodaje:
 - De ruedas, o sea, tractores cuyo tren de rodaje lleva propulsores de ruedas.
 - De oruga, o sea, tractores cuyo tren de rodaje lleva propulsores de orugas.
3. Por el tipo de la armazón:
 - De bastidor, o sea, tractores cuya armazón es un bastidor remachado o soldado (ejemplo: DT-75)
 - De semibastidor, o sea, tractores cuya armazón está formada por el cuerpo de los mecanismos del puente trasero y por dos vigas longitudinales atornilladas o soldadas a este cuerpo (ejemplo: T-130, T-140, <<Belarus >>, MT3-50).
 - Sin bastidor, o sea, tractores cuya armazón consta de los cuerpos unidos de mecanismos separados (ejemplo: T-25).

El tractor de ruedas, en comparación con el oruga, es más universal, más ligero y más barato en fabricación y en empleo.

Puede ser usado para la cultivación de entresurcos y la siembra de los cultivos de entrecavado, la la mecanización de labores en los jardines y huertas de árboles y de arbustos de bayas, al cultivar las hortalizas, así como en los trabajos de transporte.

Sin embargo, los tractores de oruga tienen algunas ventajas esenciales ante los de ruedas. En los tractores de oruga la superficie de apoyo de los propulsores es tan grande que la presión específica sobre el suelo es sensiblemente menor que la de los tractores de ruedas. Además, los propulsores de los tractores de oruga están dotados de numerosas estrías que se hincan en el terreno. El hecho de que los tractores de oruga tienen menor presión específica sobre el suelo y mejor adherencia a él da lugar a que estos poseen cualidades de tracción y capacidad de paso elevadas al avanzar por los terrenos húmedos y poco consistentes. Es de importancia también que el tractor de oruga patina menos y menos consolida el suelo que el tractor de ruedas.

Las más de las veces los tractores especializados son modelos de base modificados.

2.2- Cualidades más importantes de la explotación

Las cualidades más importantes de explotación de tractores pueden ser divididas en cuatro grupos:

1. Cualidades que determinan los índices técnico-económicos de los tractores, en primer lugar, su rendimiento y economía.
2. Cualidades propias de los tractores como vehículos.
3. Cualidades de índoles técnica general, o sea, cualidades de las cuales, en mayor o menor grado, debe estar dotado un vehículo de cualquier designación.
4. Cualidades especiales que caracterizan la adaptación de los tractores para efectuar labores específicas emanadas de las condiciones de trabajo.

Explicación:

1. Cualidades técnico-económicas: El rendimiento del tractor se determina por la medida de la superficie de terreno que puede ser labrada por el mismo, agrupado con las correspondientes máquinas agrícolas, por la unidad de tiempo, observando los índices de calida previstos. El rendimiento depende, en primer lugar del frente de labor de las máquinas agrícolas, con las que trabájale tractor, y la velocidad de movimiento al realizar una operación dada. De esta manera el rendimiento del tractor depende de las cualidades de tracción y velocidad, así como también de los factores estructurales y de explotación que puedan influir en el aprovechamiento de estas cualidades.

El rendimiento económico del tractor se determina por l precio de costo de los trabajos realizados y depende de la cantidad de combustibles y materiales lubricantes consumidos y su costo, gastos para el salario de los conductores, gastos para el servicio técnico y reparación, plaza de servicio de las piezas, los descuentos de amortización y una serie de factores más. En el libro “Fundamentos de la Teoría y el Cálculo de Tractores y Automóviles” (Chudakov) se considera el rendimiento económico respecto al combustible de la máquina y su dependencia de la magnitud de los consumos específicos de combustible del motor en diferentes regímenes de trabajo, de las pérdidas que surgen durante el movimiento del vehículo, de la elección de la reducción en la transmisión y otros factores constructivos y de explotación.

2. Cualidades propias de los vehículos: Del conjunto de estas cualidades para los tractores tienen una importancia especial la dirigibilidad, la maniobrabilidad, la seguridad de la marcha y la comodidad del viaje. La posibilidad de satisfacer las exigencias de esta índole depende en sumo grado de las particularidades estructurales de la máquina: su facultad de giro, su estabilidad, su calidad de frenado y la suavidad de marcha.

3. Cualidades técnicas generales: En las cualidades técnicas generales de los vehículos se incluyen la resistencia y la durabilidad, la facilidad del servicio técnico y reparación. En el libro “Fundamentos de la Teoría y el Cálculo de Tractores y Automóviles” (Chudakov) se consideran los problemas relacionados con las primeras cualidades, ya que en la misma se examina la dinámica de los vehículos en diferentes condiciones de trabajo estable e inestable. Esto permite obtener los datos básicos necesarios para efectuar cálculos de resistencia y otros.

4. Cualidades especiales de explotación: En relación con el tractor se deben tener en cuenta las cualidades agrotécnicas, que determinan la adaptación del tractor a las exigencias tecnológicas de la producción agrícola.

La clasificación dada de las cualidades de explotación es en cierto grado convencional, ya que sus diferentes grupos están estrechamente ligados entre sí, y las mismas cualidades pueden ser incluidas en varios grupos. Por ejemplo, para el tractor la suavidad de marcha es importante también desde el punto de vista aerotécnico, ya que la misma influye en la uniformidad de la profundidad del labrado del suelo, especialmente cuando se utilizan máquinas suspendidas. Una disposición racional de las

máquinas suspendidas en el tractor tiene una importancia desde el punto de vista aerotécnico y al mismo tiempo mejora la estabilidad del tractor.

Una evaluación completa de las cualidades de explotación puede ser realizada basándose en la combinación del análisis de cálculo teórico y las investigaciones experimentales correspondientes.

2.3- Características técnicas específicas del Tractor YUMZ-6M:

--Modelo	YuMZ – 6M
--Tipo del tractor	Universales – cultivadores
--Tipo de los propulsores	Ruedas con neumáticos
--Tipo del Motor	Cuatro tiempos
--Modelo del Motor	D – 65M
--Potencia nominal	60 CV
--Base longitudinal del tractor	2450 mm
--Ancho de la vía de las ruedas traseras	1300 mm
--Luz sobre el suelo	450 mm
--Masa (constructiva) del tractor	2900 Kg
--Gama de velocidades de marcha (de cálculo, sin tomar en cuenta el patinaje) en Km/h:	
a) con las marchas adelante	2,1 – 24,5
b) con las marchas atrás	1,58 – 5,70
--Gama de esfuerzos de tracción (trabajo en la rastrojera a la Potencia nominal), en Kgf	1400 – 265
--Tamaño de los neumáticos:	
a) Ruedas delanteras	6,5 – 20
b) Ruedas traseras	12 - 38

2.4- Características técnicas del Alto Despeje:

Para una detallada información de las dimensiones de cada una de las piezas que componen el Alto Despeje Delantero y el Trasero ver el Capítulo III, epígrafe 3.2.

2.5- Indicaciones para el mantenimiento del los Alto Despeje Delantero y el Trasero.

1. Mantenimiento diario (antes de la explotación del vehículo).
 - Chequear la presión del neumático
 - Comprobación manual del funcionamiento
 - Uniones: sistema de fijación del Alto Despeje al tractor.
 - Comprobar el funcionamiento del equipo con un breve recorrido de 100 m.

2. Mantenimiento diario (después de la explotación del vehículo).
 - Revisar la estructura fundamentalmente:
 - La estructura para averiguar que no haya ninguna irregularidad de fractura etc. (específicamente en las uniones soldadas)
 - El neumático para asegurar que su inflado sea el adecuado.

3. Mantenimiento periódico.

- Revisar el tensado de las cadenas (en el Alto Despeje Trasero).
- Comprobar el aceite para un adecuado funcionamiento de la transmisión por cadenas.

CAPITULO III: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA Y RIGIDEZ DEL ALTO DESPEJE DEL TRACTOR YUMZ-6M.

3.1- Vista general del Tractor YUMZ-6M con Alto Despeje.

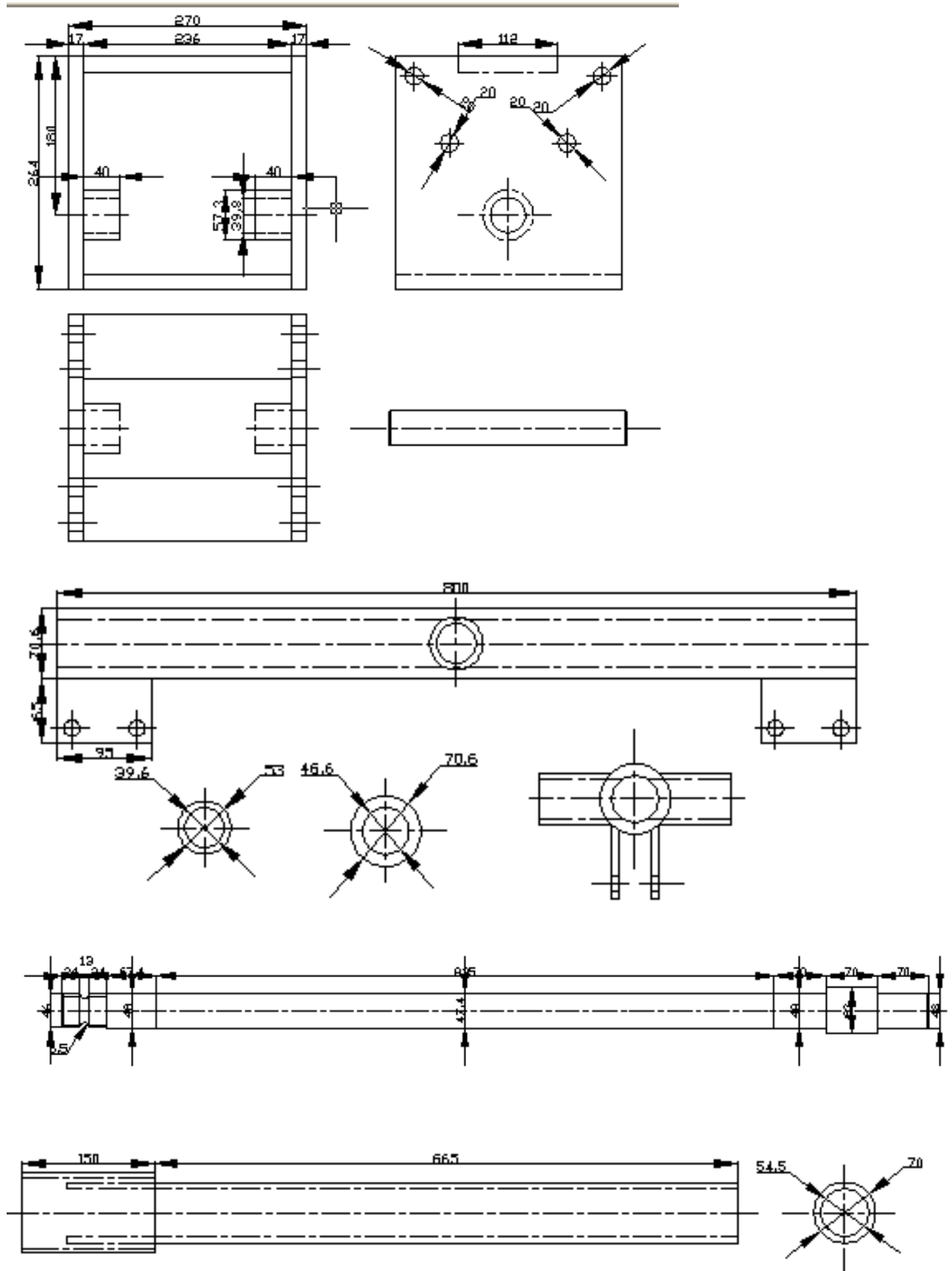


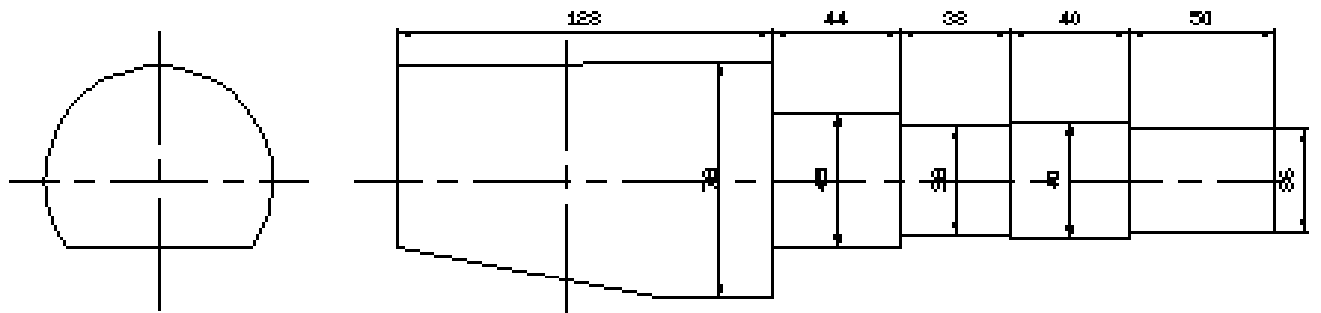


3.2- Esquema general del ensamblaje del Alto despeje, esquemas y dimensiones de las diferentes partes componentes.

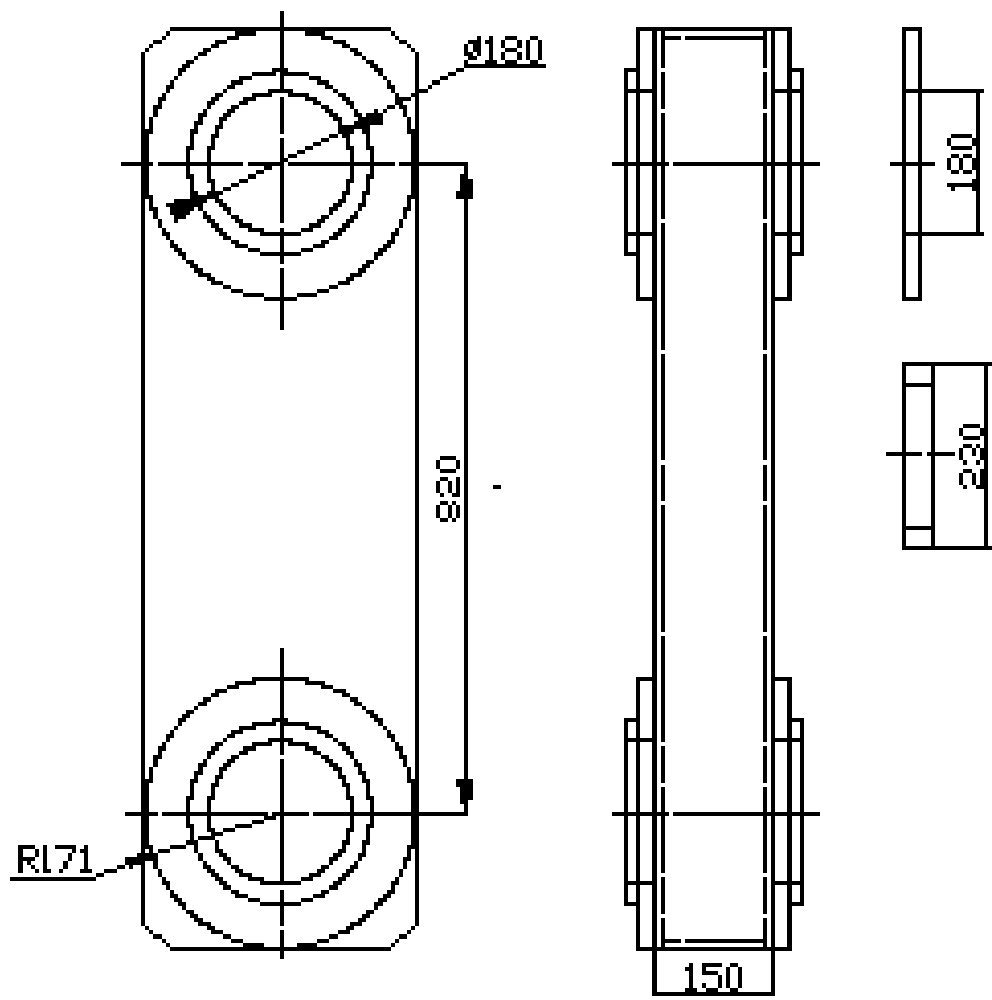
A continuación les mostramos los croquis de las distintas piezas que componen el Alto Despeje Delantero y Trasero. Para esquema general ver anexos 1y2.

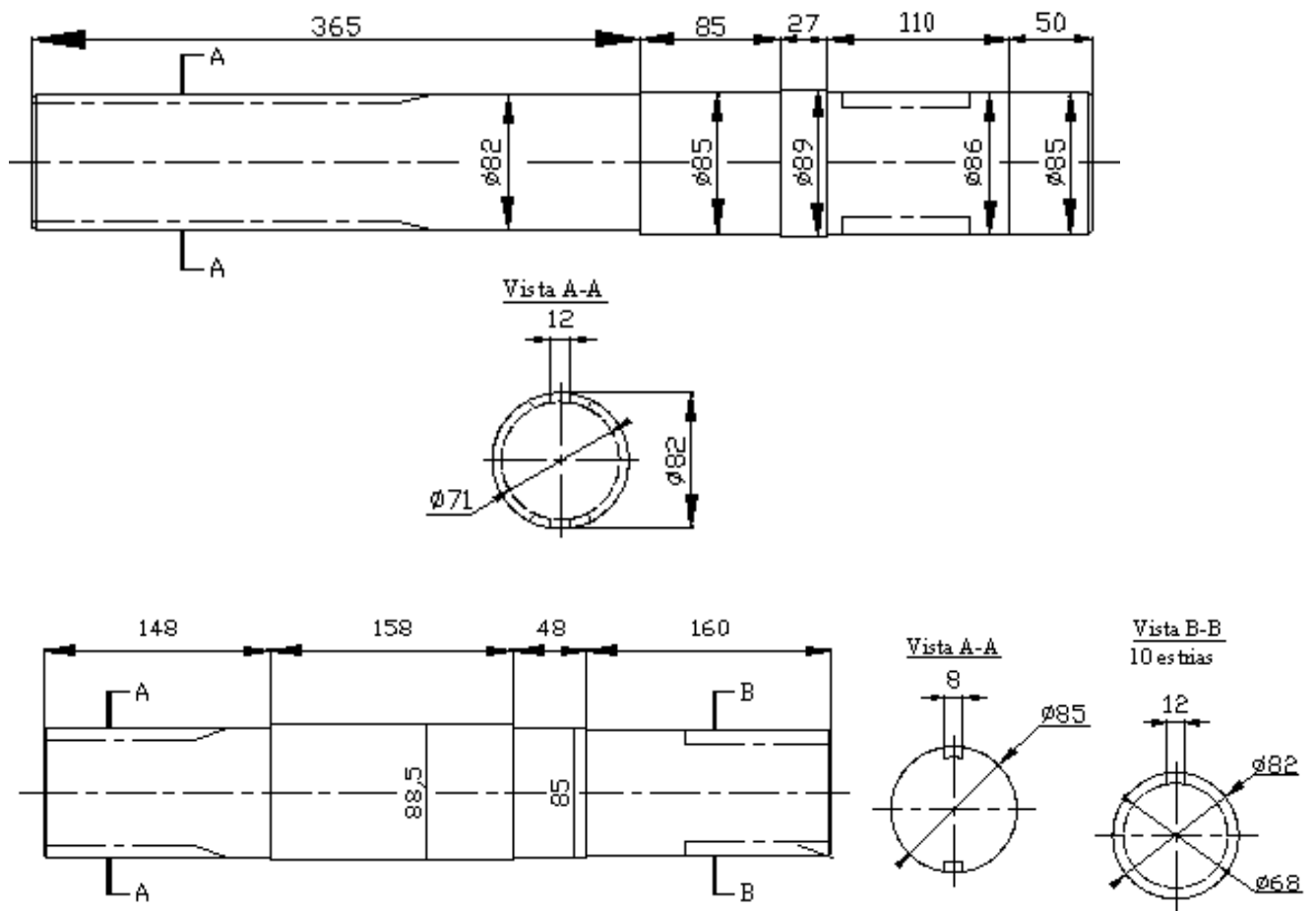
Alto Despeje Delantero:





Alto Despeje Trasero:





3.3- Esquema general de cargas sobre el Tractor YUMZ-6M con Alto Despeje.

En la Fig. 3.1 se muestra el esquema general de las cargas que serán consideradas.

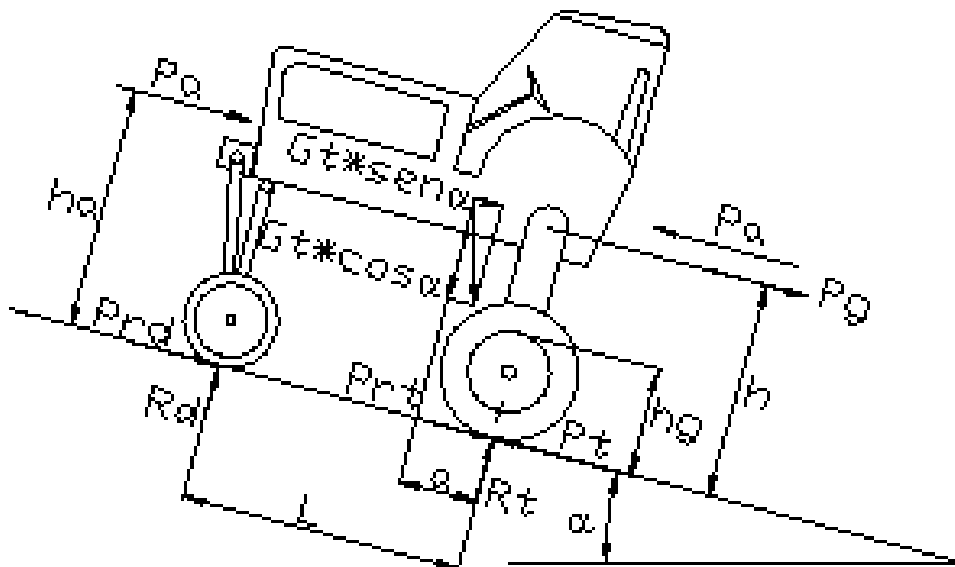


Fig. 3.1 Esquema general de cargas del Tractor con Alto Despeje.

Donde:

α - Angulo de inclinación del camino (puede ser positivo, ascenso o negativo, descenso)

P_T -Fuerza tractiva en el puente trasero. -kgf

G_T -Peso del tractor y del alto despeje. -kgf

P_g -Fuerza de resistencia en el gancho. -kgf

R_D y R_T - Reacciones sobre las ruedas delantera y trasera respectivamente. -kgf

P_{rd} y P_{rt} - Resistencias a la rodadura de las ruedas delantera y trasera respectivamente. -kgf

P_a - Fuerza aerodinámica. -kgf

L - Distancia entre ejes. -m

a - Coordenada horizontal del centro de gravedad. -m

h , h_g y h_a - Alturas del centro de gravedad, del gancho y del punto de aplicación de P_a -m

3.4- Cálculo de las diferentes cargas sobre el Tractor.

3.4.1- Fuerza Peso G_T .

La fuerza peso G_T es igual a la suma de los pesos del Tractor y del Alto Despeje. O sea:

$$G_T = G_{Tract} + G_{A.D.}$$

El peso del tractor YUMZ-6M según Gurévich¹ es:

$$G_{Tract} = 2900 \text{ kgf}$$

Y el peso del Alto despeje se cálculo sobre la base de las dimensiones de cada una de las piezas y la densidad del acero con el empleo del software AUTOCAD, obteniéndose:

$$G_{A.D.} = 313 \text{ kgf}$$

El peso total es:

$$G_T = 3213 \text{ kgf}$$

El centro de gravedad se considera se encuentra a las coordenadas:

$$a = \frac{1}{3} \cdot L \quad \text{y } h = 1.5\text{m}$$

3.4.2- Fuerza tractiva y fuerza de resistencia a la rodadura.

Estas fuerzas se calculan en función de las reacciones sobre las ruedas delantera y trasera por las expresiones siguientes. El Tractor YUMZ-6M no posee tracción delantera por lo que la fuerza tractiva se produce solo en la rueda trasera.

$$P_T' = \varphi \cdot R_T'$$

$$P_n' = f \cdot R_T'$$

$$P_{rd}' = f \cdot R_D'$$

Donde φ y f son los coeficientes de adherencia y de resistencia a la rodadura respectivamente. Estos coeficientes se dan en la tabla 3.1 para tractores con neumáticos en función del tipo de camino.

Tabla 3.1 Coeficientes de resistencia a la rodadura f y coeficiente de adherencia φ de tractores:

Tipo de camino	Tractores con neumáticos	
	f	φ
De tierra seco	0.03 – 0.05	0.6 – 0.8
Tierras vírgenes o baldío compacto	0.05 – 0.07	0.7 – 0.9
Rastrojera	0.08 – 0.10	0.6 – 0.8
Campo labrado	0.12 – 0.18	0.5 – 0.7
Campo preparado para la siembra	0.16 – 0.18	0.4 – 0.6

Se elegirán diferentes situaciones para evaluar la resistencia y la rigidez de los elementos del Alto Despeje delantero y del Trasero.

Para el delantero, la situación más crítica es cuando la fuerza P_{rd}' es máxima y eso se produce cuando el coeficiente de resistencia a la rodadura toma el mayor valor, o sea, en terreno labrado o camino preparado para la siembra donde $f=0.18$, $\varphi=0.7$. Para el trasero, la situación más crítica es cuando P_T' tome el valor máximo y P_n' un valor relativamente pequeño y eso ocurre cuando el tractor se desplaza por un camino de tierra virgen o baldío compacto: $\varphi=0.9$ y $f=0.05$

3.4.3- Fuerza sobre el gancho.

De las especificaciones técnicas del Tractor YUMZ-6M dadas por Gurévich¹ se tiene que la fuerza máxima sobre el gancho es:

$$P_g=1400 \text{ kgf}$$

Se considera la situación crítica de que el Tractor está operando con esta fuerza.

3.4.4- Cálculo de la resistencia aerodinámica.

Esta resistencia depende de la velocidad relativa del aire con relación al tractor. Se considera que esta velocidad es sobre la parte trasera de tractor cuando se están calculando las cargas sobre el Alto

Despeje delantero y desde la parte delantera del tractor cuando se está evaluando el Alto Despeje trasero.

Según lo planteado por Millo³ esta fuerza se puede calcular por la expresión:

$$P_a = \frac{\rho}{2} \cdot C_D \cdot A_f \cdot V^2$$

Donde:

ρ - densidad del aire, para Cienfuegos, $\rho=1.17 \text{ kg/m}^3$

C_D - coeficiente de resistencia aerodinámico según (según Yahima⁸) varía 0.30-0.46 para diferentes vehículos y se toma un valor medio, $C_D=0.38$

A_f - Área frontal del tractor

$$A_f = (0.79 \div 0.84) \cdot B \cdot H$$

Donde:

B- Vía

H- Altura total

Considerando que el tractor está montado sobre el Alto Despeje y por lo tanto su coeficiente de llenado es bajo, se toma $A_f = 0.79 \cdot B \cdot H$, donde:

B=1.66 m, H=3.30 m. De donde:

$$A_f = 0.79 \cdot 1.66 \cdot 3.30 = 4.33 \text{ m}^2$$

V- Velocidad relativa del aire con relación al tractor. -m/s

La coordenada h_a está en el centroide de la vista frontal del tractor $h_a=2 \text{ m}$

El análisis de las cargas y los efectos dinámicos sobre las ruedas se calculan para una velocidad relativa del aire razonable con relación a la máxima velocidad de desplazamiento del tractor, se toma

$$V = 30 \frac{\text{km}}{\text{h}} \cong 8.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$P_a = \frac{1.17}{2} \cdot 0.38 \cdot 4.33 \cdot 8.5^2 = 69.545 \text{ kgf}$$

3.4.5- Cálculo de la fuerza sobre el Alto Despeje delantero.

Esta carga es máxima cuando el tractor esta bajando una pendiente, que se asume $\alpha=15^\circ$ y cuando el aire esta desde la parte trasera y las condiciones del terreno son las más desfavorables en este caso tal como se vio anteriormente. Se asume en este que la fuerza del gancho es cero.

Datos:

$G_T=3213 \text{ kgf}$

$\phi=0.7$

$f=0.18$

$P_a=69.545 \text{ kgf}$

$h_a=1.5 \text{ m}$

$$L=2.58 \text{ m}$$

$$a=0.86 \text{ m}$$

Por sumatoria de momentos respecto al punto T:

$$\sum F_T = R_D' \cdot L - G_T \cdot \cos \alpha \cdot a - G_T \cdot \sin \alpha \cdot h - P_a \cdot h_a = 0$$

$$R_D' = \frac{G_T \cdot \cos \alpha \cdot a + G_T \cdot \sin \alpha \cdot h + P_a \cdot h_a}{L}$$

$$R_D' = \frac{3213 \cdot \cos 15^\circ \cdot 0.86 + 3213 \cdot \sin 15^\circ \cdot 1.5 + 71.19 \cdot 1.5}{2.58} = 1559.3 \text{ kgf}$$

$$\text{y } P_{rd}' = f \cdot R_D = 0.18 \cdot 1559.3 = 280.7 \text{ kgf}$$

3.4.6- Cálculo de las fuerzas sobre el Alto Despeje trasero.

Esta carga será máxima cuando el tractor está subiendo una pendiente, que se asume también $\alpha=15^\circ$, cuando el aire está de frente, la fuerza sobre el gancho sea máxima y el terreno el más desfavorable.

Los datos son:

$$G_T=3213 \text{ kgf}$$

$$P_a=69.545 \text{ kgf}$$

$$h_a=1.5 \text{ m}$$

$$L=2.58 \text{ m}$$

$$a=0.86 \text{ m}$$

$$P_g=1400 \text{ kgf}$$

Por sumatoria de momentos respecto a D:

$$\sum M_D = R_T' \cdot L - G_T \cdot \cos \alpha \cdot (L - a) - G_T \cdot \sin \alpha \cdot h - P_g \cdot h_g - P_a \cdot h_a = 0$$

$$R_T' = \frac{G_T \cdot \cos \alpha \cdot (L - a) + G_T \cdot \sin \alpha \cdot h + P_g \cdot h_g + P_a \cdot h_a}{L}$$

$$R_T' = \frac{3213 \cdot \cos 15^\circ \cdot (2.58 - 0.86) + 3213 \cdot \sin 15^\circ \cdot 1.5 + 1400 \cdot 0.86 + 71.19 \cdot 1.5}{2.58} = 3062.4 \text{ kgf}$$

La fuerza tractiva es:

$$P_T' = \varphi \cdot R_T' = 0.9 \cdot 3062.4 = 2756.14 \text{ kgf}$$

La fuerza de resistencia a la rodadura es:

$$P_{rr}' = f \cdot R_T = 0.05 \cdot 3062.4 = 153.12 \text{ kgf}$$

La fuerza transversal resultante sobre el Alto Despeje trasero es:

$$R_{xt}' = P_T' - P_{rr}' = 2603 \text{ kgf}$$

Todas estas fuerzas corresponden a la pareja de neumáticos tanto traseros como delanteros. Para hallar las cargas sobre uno de los neumáticos es necesario dividirlos entre dos. O sea:

$$R_D = \frac{R'_D}{2} = 779.7 \text{ kgf}$$

$$P_{rd} = \frac{P'_{rd}}{2} = 140.4 \text{ kgf}$$

$$R_T = \frac{R'_T}{2} = 1531.2 \text{ kgf}$$

$$R_{xt} = \frac{R'_{xt}}{2} = 1301.5 \text{ kgf}$$

3.5- Cálculo del coeficiente de carga dinámica sobre el Alto Despeje Delantero.

3.5.1 Condiciones dinámicas sobre el Alto Despeje Delantero.

Para evaluar la resistencia del Alto Despeje delantero se considerará una determinada situación donde se producen cargas dinámicas por impacto. Se considerará por ejemplo que el tractor cae en una zanja o bache de determinada profundidad y a una determinada velocidad de desplazamiento del tractor. Se considera razonable y al mismo tiempo crítico considerar la caída en una zanja de H cm de profundidad a una velocidad V en km/h. Estas situaciones se considerarán que actúan por separado una primero y otra después.

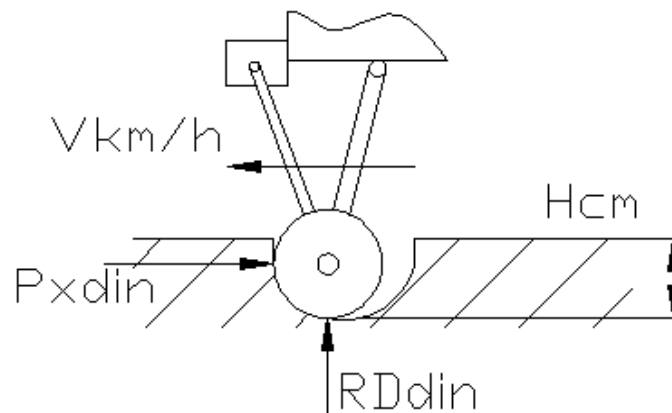


Fig. 3.2 Condiciones de carga dinámica del Alto Despeje Delantero.

3.5.2 Cálculo del coeficiente de carga dinámica provocado por una caída libre de la rueda delantera en una zanja de profundidad H.

Para el caso de impacto vertical con caída libre, el coeficiente de carga dinámica según Pisarenko²⁴ se puede calcular por la siguiente expresión:

$$k_{din} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot H}{\delta_{est}}}$$

Donde:

H- La altura de caída en cm

δ_{est} - La deformación estática del sistema del Alto Despeje delantero bajo la acción de la carga estática vertical (R_D) sobre uno de los neumáticos delanteros.

Esta deformación estática esta compuesta por la deformación entre las superficies de contacto neumático-terreno y la deformación de los elementos del Alto Despeje delantero.

$$\delta_{est} = \delta_{neum} + \delta_{elem}$$

- **Cálculo de la deformación estática en el contacto neumático-terreno.**

El neumático tiene realmente una configuración tórica, sin embargo el caso de contacto toro-plano no aparece en la literatura consultada de Mecánica de Materiales, por lo que se asumirá que el contacto es entre cilindro de radio R y un plano, tal como se muestra en la Fig.3.3

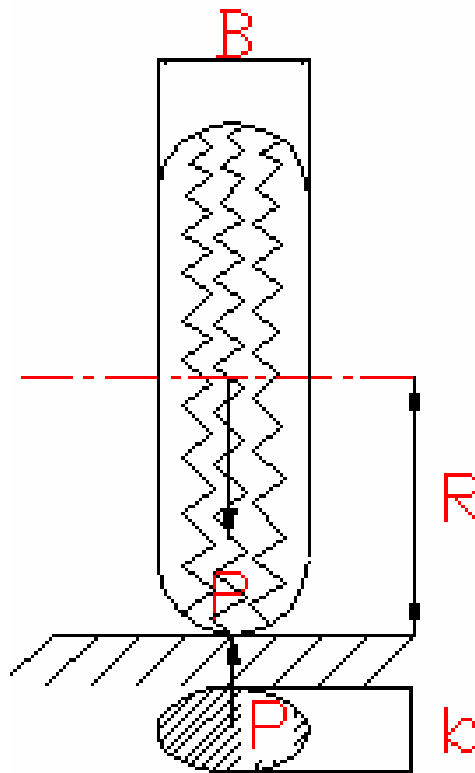


Fig.3.3 Contacto neumático-terreno.

Según Pisarenko²⁴ la deformación radial del cilindro bajo la acción de la carga R_D , que será igual a la deformación estática del neumático y se puede calcular por la expresión:

$$\delta_{neum} = \Delta R = 0.5795 \cdot \frac{R_D}{B \cdot E} \cdot \left(0.41 + P_n \cdot \frac{4 \cdot R}{b} \right)$$

Donde:

$R_D=779.7$ kgf.- Carga estática vertical sobre el neumático delantero.

$B=16.5$ cm.- Ancho del neumático delantero.

$$E = \frac{2 \cdot E_{goma} \cdot E_{terreno}}{E_{goma} + E_{terreno}}, \text{ en kgf/cm}^2\text{- M\u00f3dulo de elasticidad reducido de los cuerpos en contacto.}$$

Para la goma seg\u00fan Pisarenko²⁴ se puede tomar $E=200 \text{ kgf/cm}^2$ que es el valor m\u00e1s bajo del caucho, teniendo en cuenta que el neum\u00e1tico tiene aire en su interior.

Para el terreno el m\u00f3dulo de elasticidad var\u00eda en dependencia de este para arena seg\u00fan Pisarenko²⁴ $E=0.18 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ y para tierra caliza $E=0.42 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2$. Se tomar\u00e1 un valor medio $E=0.3 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2$.

De donde:

$$E = \frac{2 \cdot 200 \cdot 300000}{200 + 300000} = 400 \text{ kgf/cm}^2$$

$R=43.8 \text{ cm}$ – Radio del neum\u00e1tico delantero.

$$b = 1.526 \cdot \sqrt{\frac{R_D \cdot R}{B \cdot E}}, \text{ semieje menor de la elipse de contacto.}$$

$$b = 1.526 \cdot \sqrt{\frac{779.7 \cdot 43.8}{16.5 \cdot 400}} = 3.47 \text{ cm}$$

sustituyendo se obtiene:

$$\delta_{neum} = 0.5795 \cdot \frac{779.7}{16.5 \cdot 1596} \cdot \left(0.41 + \frac{4 \cdot 43.8}{1.74} \right) = 0.51 \text{ cm}$$

- **C\u00e1lculo de la deformaci\u00f3n est\u00e1tica de la estructura del Alto Despeje delantero.**

En la Fig.3.4 se muestra un esquema de Alto Despeje Delantero.

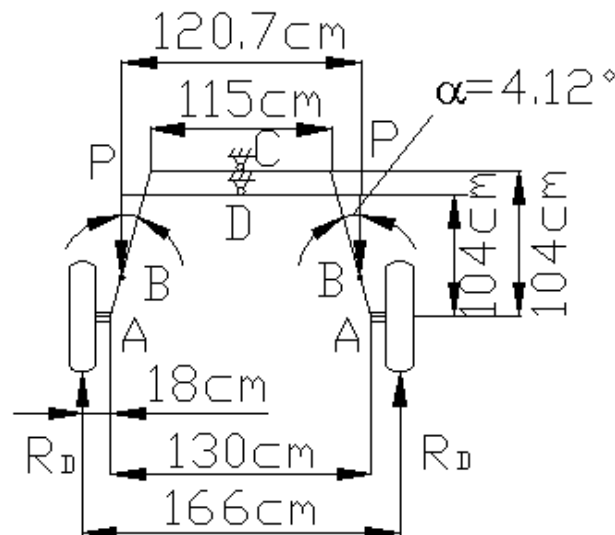


Fig. 3.4 Esquema de la estructura del Alto Despeje Delantero.

Como se aprecia el mismo est\u00e1 integrado por dos p\u00f3rticos pivoteados en los puntos C y D respectivamente y articulados entre s\u00ed en el punto B.

En la Fig.3.5 se muestra el esquema de an\u00e1lisis del Alto Despeje delantero.

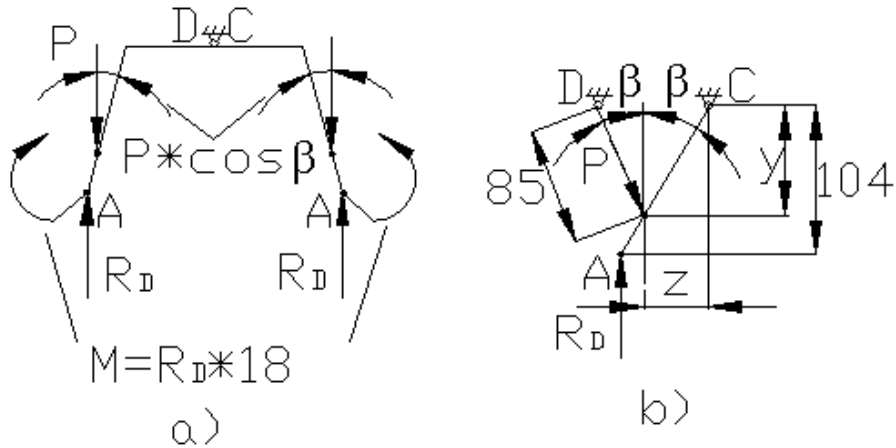


Fig.3.5 Esquema de Análisis del Alto Despeje Delantero.

Del equilibrio en el plano transversal Fig.3.5 b) se tiene que:

$$\sum M_c = R_D \cdot x - P \cdot \cos \beta \cdot z - P \cdot \sin \beta \cdot y = 0$$

despejando:

$$P = \frac{R_D \cdot x}{z \cdot \cos \beta + y \cdot \sin \beta}$$

Las distancias x, y, z son:

$$x = 104 \cdot \tan \beta = 104 \cdot \tan 7.5^\circ = 13.7 \text{ cm}$$

$$y = 85 \cdot \cos \beta = 85 \cdot \cos 7.5^\circ = 84.3 \text{ cm}$$

$$z = y \cdot \tan \beta = 84.3 \cdot \tan 7.5^\circ = 11.1 \text{ cm}$$

Sustituyendo:

$$P = \frac{779.7 \cdot 13.7}{11.1 \cdot \cos 7.5^\circ + 84.3 \cdot \sin 7.5^\circ} = 485.4 \text{ kgf}$$

Para la evaluación de la resistencia y rigidez del pórtico ABCBA lo descompondremos en dos pórticos:

- Un pórtico plano con las cargas en su plano.
- Un pórtico plano-espacial con las cargas perpendiculares al plano.
- **Análisis del pórtico plano.**

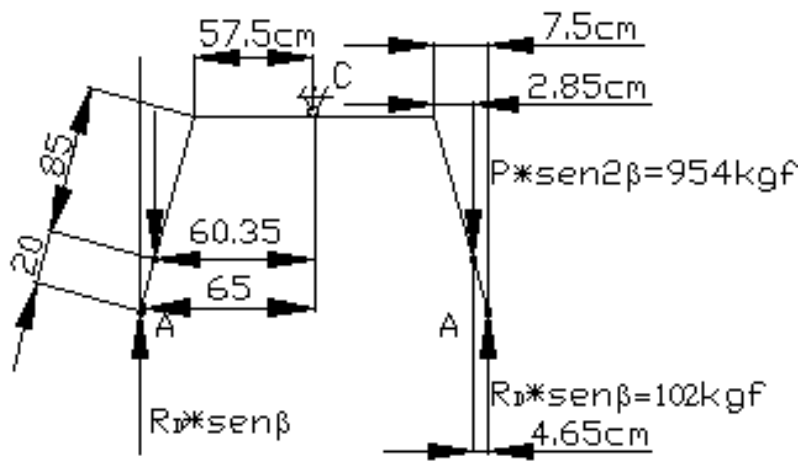


Fig.3.6 Carga sobre el pórtico plano.

Momento flector en este pórtico

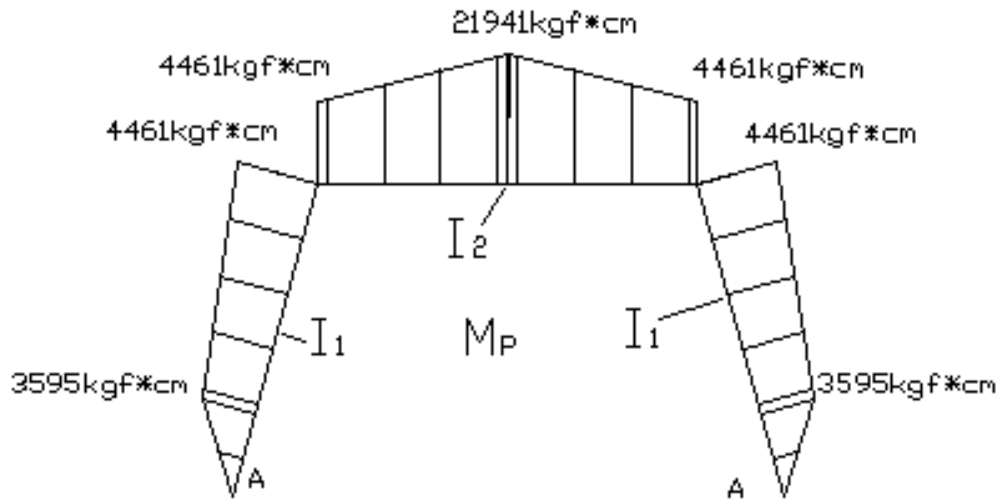


Fig 3.7 Diagrama de momentos flectores estáticos en el plano del pórtico.

Para calcular el desplazamiento estático en este plano tenemos que colocar en lugar de la fuerza R_D una fuerza unitaria $R_D=1$ y construir el diagrama de momentos flectores. El diagrama de momentos de la fuerza unitaria será igual al obtenido en la Fig.3.8 pero los momentos será $R_D=779.7$ veces más pequeños

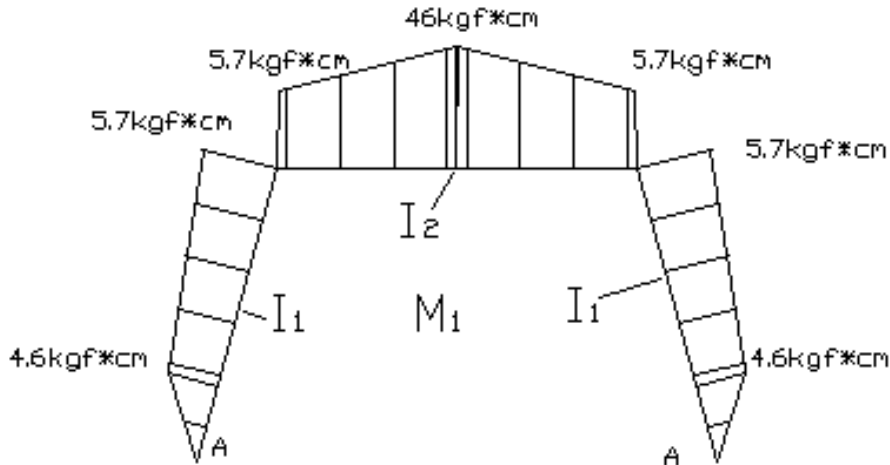


Fig.3.8 Diagrama de momentos flectores de la fuerza unitaria.

El desplazamiento estático en el propio plano del pórtico será:

$$\delta_{est.P} = \frac{(M_P \cdot M_1)_{I_1}}{E \cdot I_1} + \frac{(M_P \cdot M_1)_{I_2}}{E \cdot I_2}$$

Las barras verticales tienen una rigidez I_1 igual a:

$$I_1 = \frac{\pi}{64} \cdot (7.0^4 - 5.45^4) = 75 \text{ cm}^4$$

El tubo horizontal tiene una rigidez I_2 igual a:

$$I_2 = \frac{\pi}{64} \cdot 7.5^4 = 155 \text{ cm}^4$$

$$\delta_{estP} = 2 \cdot \left[\frac{\frac{1}{3} \cdot 3595 \cdot 4.6 \cdot 20 + \frac{1}{6} \cdot [3595 \cdot (2 \cdot 46 + 5.7) + 4461 \cdot (2 \cdot 5.7 + 4.6)] \cdot 85}{2 \cdot 10^6 \cdot 75} + \frac{\frac{1}{6} \cdot [4461 \cdot (2 \cdot 5.7 + 46) + 21941 \cdot (2 \cdot 46 + 5.7)] \cdot 57.5}{2 \cdot 10^6 \cdot 155} \right]$$

$$\delta_{estP} = 0.4 \text{ cm}$$

- **Análisis del pórtico plano-espacial.**

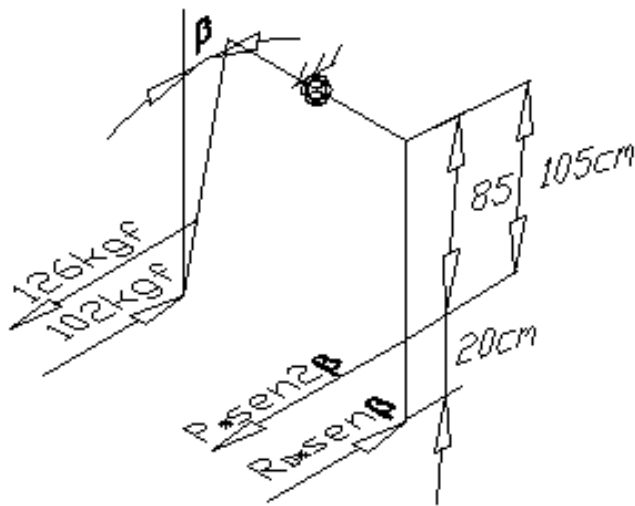


Fig.3.9 Carga en el plano perpendicular al plano del pórtico.

El diagrama de momentos flectores en el pórtico plano-espacial será:

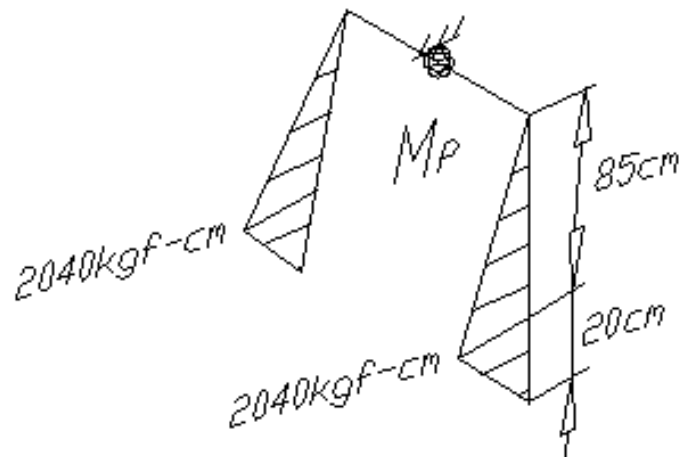


Fig.3.10 Diagrama de momentos flectores en el pórtico plano-espacial.

Igualmente el diagrama de momentos de la fuerza unitaria $R_D=1$ será igual que este pero $R_D=779.7$ veces más pequeño.

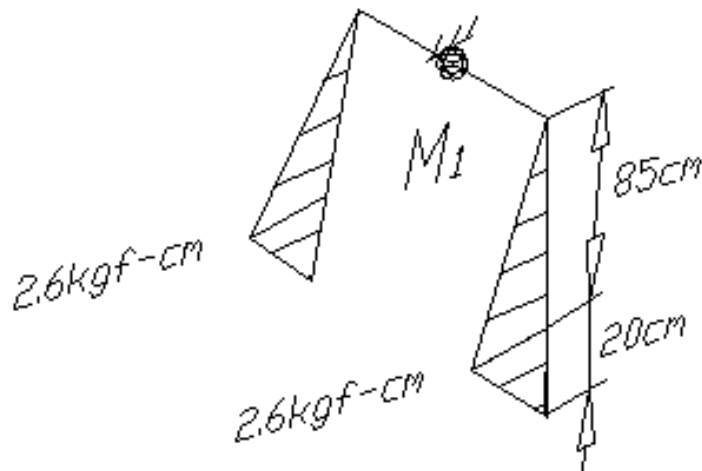


Fig.3.11 Diagrama de momentos de la fuerza unitaria.

El desplazamiento estático en el plano perpendicular al plano de pórtico será:

$$\delta_{estPE} = \frac{(M_p \cdot M_1)_{I_1}}{E \cdot I_1} = \frac{2 \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot 2040 \cdot 2.6 \cdot 20 + \frac{1}{3} \cdot 2040 \cdot 2.6 \cdot 85 \right]}{2 \cdot 10^6 \cdot 75} = 0.0025 \text{ cm}$$

El desplazamiento estático vertical resultante de la estructura será:

$$\delta_{est} = \sqrt{\delta_{estP}^2 + \delta_{estPE}^2} = 0.4 \text{ cm}$$

El desplazamiento estático total del punto de impacto será éste más el del neumático. O sea:

$$\delta_T = \delta_{est} + \delta_{neum} = 0.4 + 0.51 = 0.91 \text{ cm}$$

y el coeficiente de carga dinámica para la caída libre considerando $H > \delta_{est}$ desde una altura H será:

$$k_{din} \cong \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 30}{0.4}}$$

Se hallará primero cual es el máximo coeficiente de carga dinámica que puede asimilar la estructura y se despejará posteriormente de esta ecuación la máxima altura H de la zanja que admite el Alto Despeje Delantero en una caída sin que ocurra el comienzo de la aparición de deformaciones plásticas. La condición de aparición de deformaciones plásticas es:

$$\sigma_{max\ din} = k_{din} \cdot \frac{Mf_{max}}{W} \leq \sigma_f$$

El momento flector máximo de la estructura es:

$$Mf_{max} = 21941 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

El módulo de la sección será:

$$W = 0.1(7.5)^3 = 42.2 \text{ cm}^3$$

y el material del eje transversal se supondrá Acero de medio carbono Ac 35 cuyo límite de fluencia es

$$\sigma_f = 3200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} . \text{Despejando } k_{din}$$

$$k_{din} \leq \frac{\sigma_f \cdot W}{Mf_{\max}} \leq \frac{3200 \cdot 42.2}{21941}$$

$$k_{din} \leq 6.2$$

Calculando la altura máxima de caída:

$$H \leq \frac{k_{din}^2 \cdot \delta_T}{2} \leq \frac{6.2^2 \cdot 0.91}{2}$$

$$H < 17.5 \text{ cm}$$

El tractor en estas condiciones no puede caer en una zanja o bache de mayor profundidad pues puede ocurrir la deformación plástica de sus componentes o debido al impacto pudiera hasta fracturarse la bancada como lo demuestra la experiencia práctica de explotación de estos tractores con Alto Despeje en los cuales han ocurrido estas averías.

3.5.3 Cálculo del coeficiente de carga dinámica provocado por el impacto de la rueda delantera con la cara frontal de la zanja a una velocidad V.

- Esquema de análisis en estas condiciones.

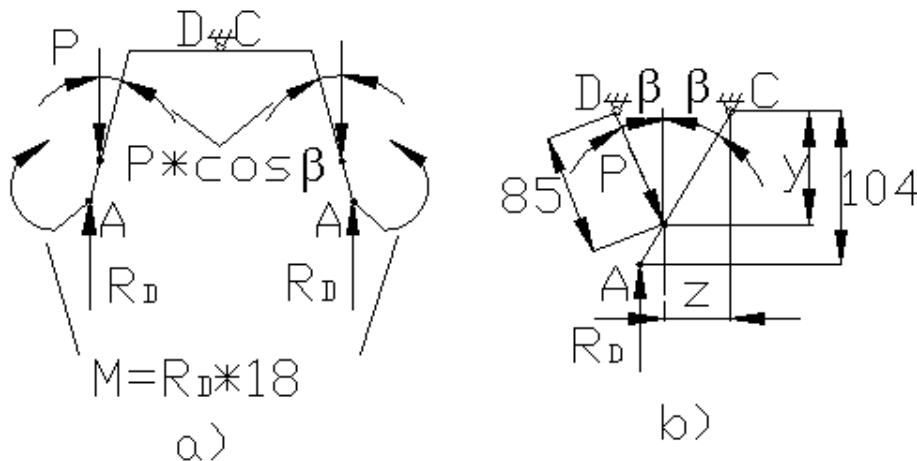


Fig.3.12 Esquema de Análisis del Alto Despeje Delantero.

De la sumatoria de momentos respecto al punto C se tiene que:

$$\sum M_c = R_D \cdot 104 - P \cdot \text{sen } \beta \cdot y - P \cdot \text{cos } \beta \cdot z = 0$$

despejando:

$$P = \frac{R_D \cdot x}{z \cdot \cos \beta + y \cdot \sin \beta}$$

Las distancias x, y, z son:

$$x = 104 \cdot \tan \beta = 104 \cdot \tan 7.5^\circ = 13.7 \text{ cm}$$

$$y = 85 \cdot \cos \beta = 85 \cdot \cos 7.5^\circ = 84.3 \text{ cm}$$

$$z = y \cdot \tan \beta = 84.3 \cdot \tan 7.5^\circ = 11.1 \text{ cm}$$

Sustituyendo:

$$P = \frac{779.7 \cdot 104}{11.1 \cdot \cos 7.5^\circ + 84.3 \cdot \sin 7.5^\circ} = 3685 \text{ kgf}$$

Igual que en el caso anterior se descompondrá en el plano del pórtico y en el plano perpendicular al del pórtico.

- **Análisis del pórtico plano.**

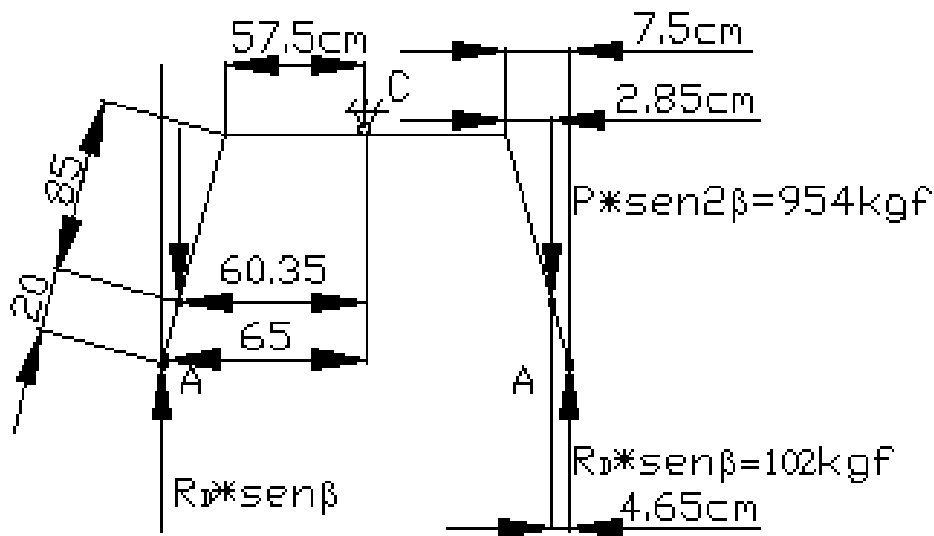


Fig.3.13 Carga sobre el pórtico plano.

Momento flector en este pórtico

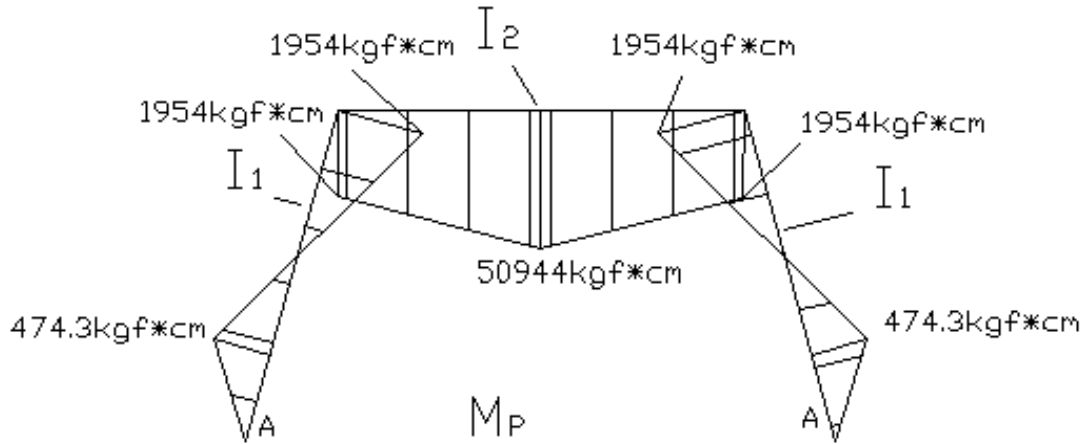


Fig.3.14 Diagrama de momentos flectores estáticos en el plano del pórtico.

Para calcular el desplazamiento estático en este plano tenemos que colocar en lugar de la fuerza R_D una fuerza unitaria R_D=1 y construir el diagrama de momentos flectores. El diagrama de momentos de la fuerza unitaria será igual al obtenido en la Fig.3.8 pero los momentos serán R_D=779.7 veces más pequeños.

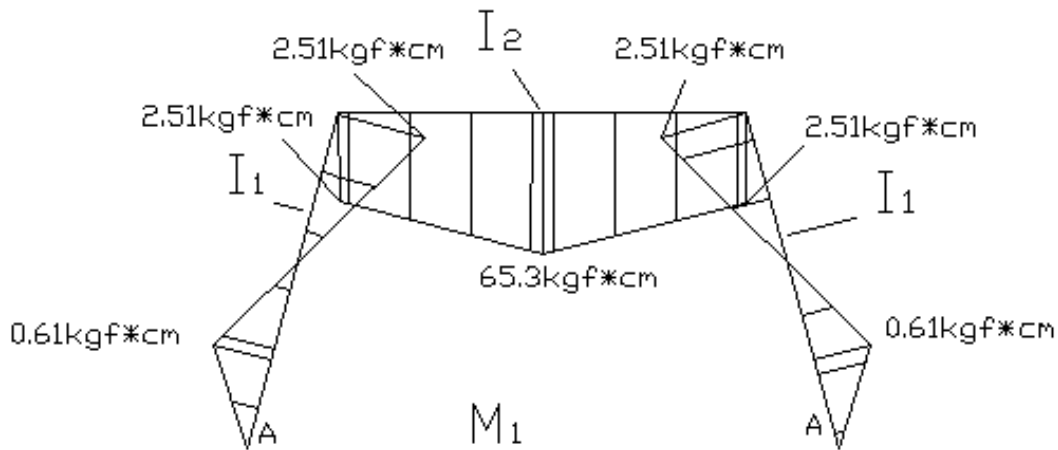


Fig.3.15 Diagrama de momentos flectores de la fuerza unitaria.

El desplazamiento estático en el propio plano del pórtico será:

$$\delta_{est.P} = \frac{(M_P \cdot M_1)_{I_1}}{E \cdot I_1} + \frac{(M_P \cdot M_1)_{I_2}}{E \cdot I_2}$$

Las barras verticales tienen una rigidez I₁ igual a:

$$I_1 = \frac{\pi}{64} \cdot (7.0^4 - 5.45^4) = 75 \text{ cm}^4$$

El tubo horizontal tiene una rigidez I₂ igual a:

$$I_2 = \frac{\pi}{64} \cdot 7.5^4 = 155 \text{ cm}^4$$

$$\delta_{estP} = 2 \cdot \left[\frac{\frac{1}{3} \cdot 474 \cdot 3 \cdot 0.61 \cdot 20 + \frac{1}{6} \cdot [474 \cdot 3 \cdot (2 \cdot 0.61 - 2.51) - 1954 \cdot (0.61 - 2 \cdot 2.51)] \cdot 85}{2 \cdot 10^6 \cdot 75} + \frac{\frac{1}{6} \cdot [1954 \cdot (2 \cdot 2.51 + 65 \cdot 3) + 50944 \cdot (2 \cdot 65 \cdot 3 + 2.51)] \cdot 57.5}{2 \cdot 10^6 \cdot 155} \right]$$

$$\delta_{estP} = 0.43 \text{ cm}$$

- **Análisis del pórtico plano-espacial.**

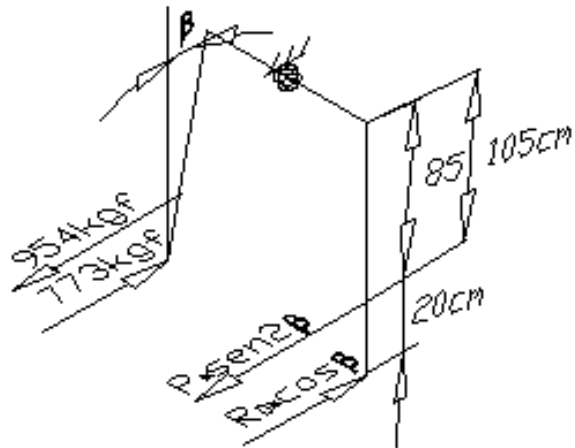


Fig.3.16 Carga en el plano perpendicular al plano del pórtico.

El diagrama de momentos flectores en el pórtico plano-espacial será:

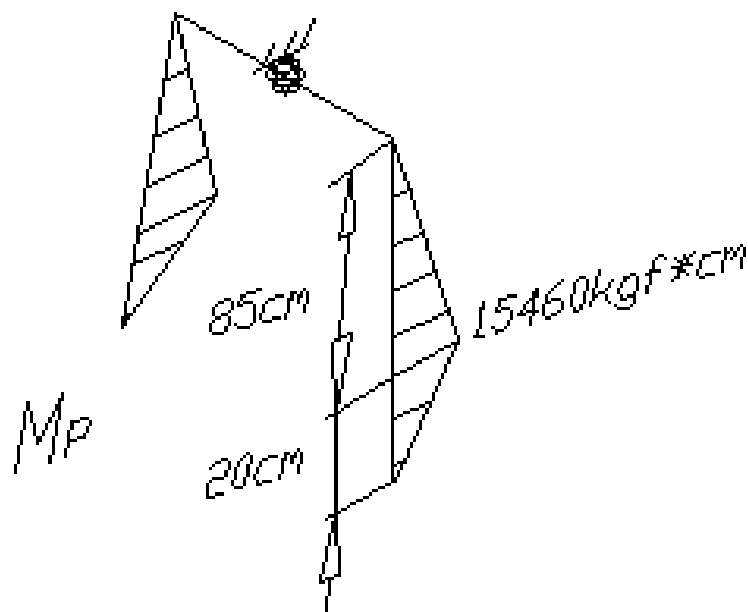


Fig.3.17 Diagrama de momentos flectores en el pórtico plano-espacial.

Igualmente el diagrama de momentos de la fuerza unitaria $R_D=1$ será igual que este pero $R_D=779.7$ veces más pequeño.

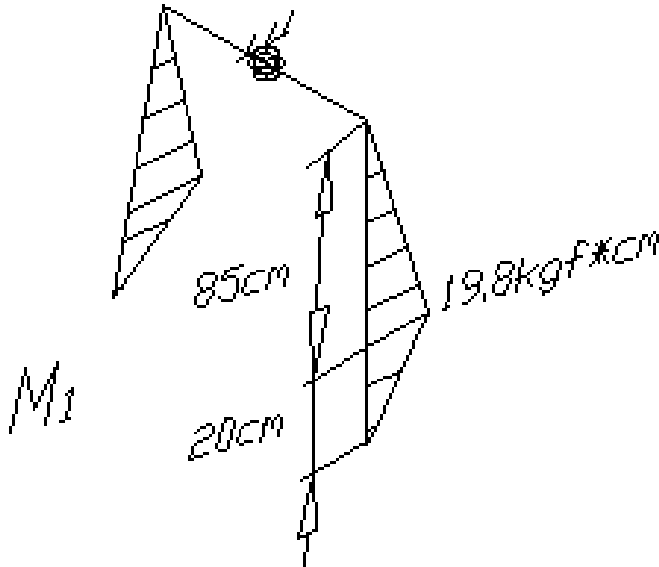


Fig.3.18 Diagrama de momentos de la fuerza unitaria.

El desplazamiento estático en el plano perpendicular al plano de pórtico será:

$$\delta_{estPE} = \frac{(M_p \cdot M_1)_{I_1}}{E \cdot I_1} = \frac{2 \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot 15460 \cdot 19.8 \cdot 20 + \frac{1}{3} \cdot 15460 \cdot 19.8 \cdot 85 \right]}{2 \cdot 10^6 \cdot 75} = 0.14 \text{ cm}$$

El desplazamiento estático horizontal resultante de la estructura será:

$$\delta_{est} = \sqrt{\delta_{estP}^2 + \delta_{estPE}^2} = 0.45 \text{ cm}$$

El desplazamiento estático total del punto de impacto será éste más el del neumático. O sea:

$$\delta_T = \delta_{est} + \delta_{neum} = 0.45 + 0.51 = 0.96 \text{ cm}$$

Se procederá de forma similar al caso anterior pero para despejar la velocidad. El coeficiente de carga dinámica en función de la velocidad es:

$$k_{din} \cong \sqrt{\frac{V^2}{g \cdot \delta_{est}}}$$

El momento flector máximo en este caso es: $Mf_{max} = 50944 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$ y el k_{din} límite será:

$$k_{din} \leq \frac{\sigma_f \cdot W}{Mf_{max}} = \frac{3200 \cdot 42.2}{50944}$$

$$k_{din} \leq 2.65$$

Despejando entonces la velocidad:

$$V_{max} = k_{din} \cdot \sqrt{g \cdot \delta_T}$$

$$V_{\max} = 2.65 \cdot \sqrt{9.81 \cdot 0.96} = 8.13 \text{ m/s}$$

Para obtener la velocidad en km/hr

$$V_{\max} = 8.13 \cdot \frac{3600}{1000} \approx 29 \text{ km/hr}$$

Esta es la velocidad máxima de un impacto que puede soportar el Alto Despeje delantero.

3.6 Cálculo del coeficiente de carga dinámica sobre el Alto Despeje Trasero.

3.6.1 Condiciones dinámicas sobre el Alto Despeje Trasero.

Para evaluar la resistencia del Alto Despeje Trasero se considerará en primer lugar que el mismo está dispuesto verticalmente (realmente el está inclinado hacia atrás uno o dos grados). Esto implica que ante la caída en una zanja su comportamiento será a compresión y el mismo posee una sección transversal considerable, lo que lo hace muy resistente a este tipo de sollicitación. Se considerará por lo tanto sólo la posibilidad de un impacto horizontal a una velocidad $v \text{ km/hr}$.

3.6.2 Esquema de análisis para este impacto.

En la Fig.3.19 se muestra el esquema del Alto Despeje Trasero, la carga y sus dimensiones básicas.

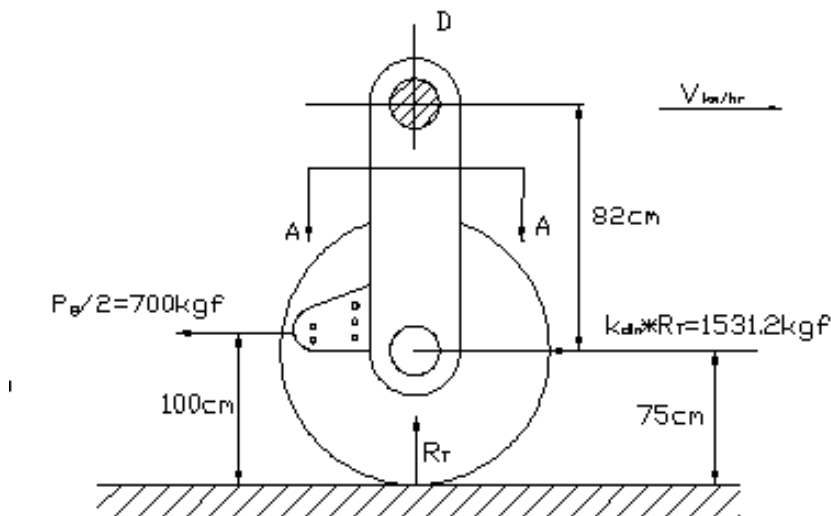


Fig.3.19 Esquema de análisis del Alto Despeje Trasero.

El Alto Despeje Trasero está unido en D al chasis por una brida, por lo que se considerará empotrado en esta sección.

El diagrama de momentos flectores estáticos para la fuerza R_T aplicada en el punto de impacto es:

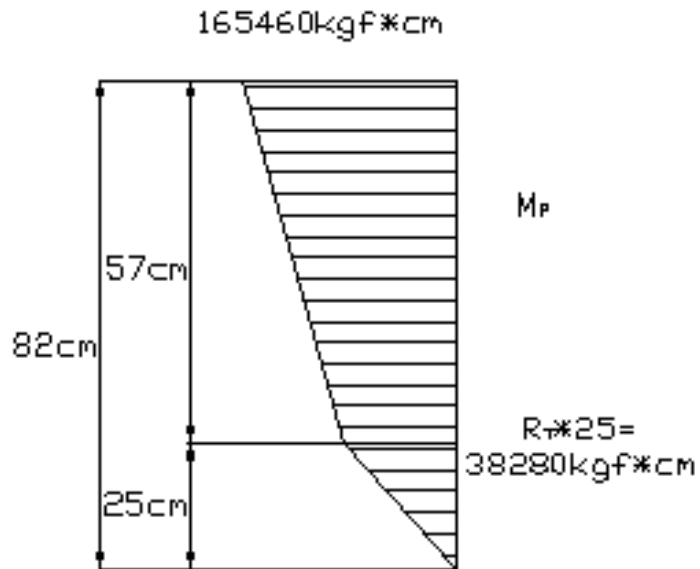


Fig.3.20 Diagrama de momentos flectores estáticos del Alto Despeje Trasero.

La sección transversal en la sección A-A del Alto Despeje Trasero es:

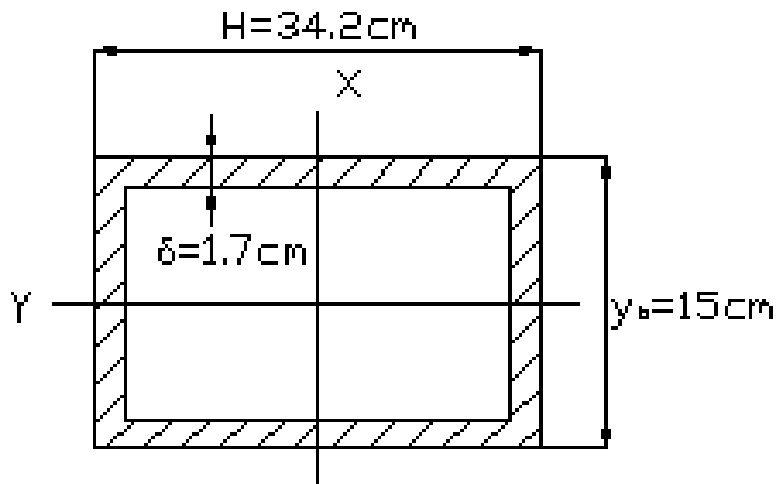


Fig.3.21 Sección transversal en el corte A-A del Alto Despeje Trasero.

El módulo y el momento de inercia a la flexión de esta sección es según Pisarenko²⁴ son:

$$I_x = \frac{\delta \cdot H^3}{6} \cdot \left(3 \cdot \frac{B}{H} + 1 \right) = \frac{1.7 \cdot (34.2)^3}{6} \cdot \left(3 \cdot \frac{15}{34.2} + 1 \right) = 52494 \text{ cm}^4$$

$$W_x = \frac{\delta \cdot H^2}{3} \cdot \left(3 \cdot \frac{B}{H} + 1 \right) = \frac{1.7 \cdot (34.2)^2}{3} \cdot \left(3 \cdot \frac{15}{34.2} + 1 \right) = 1535 \text{ cm}^3$$

3.6.3 Coeficiente de carga dinámica del Alto Despeje Trasero.

Se procederá de forma similar que esta situación en el Alto Despeje Delantero.

Se considerará el material de las chapas acero de bajo carbono Ct-3 con $\sigma_f = 2400 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot E I k_{din}$

se expresa por esta expresión:

$$k_{din} \cong \sqrt{\frac{V^2}{g \cdot \delta_{est}}}$$

3.6.4 Cálculo del desplazamiento estático de la estructura.

El diagrama de momentos de la carga unitaria en el punto de impacto es:

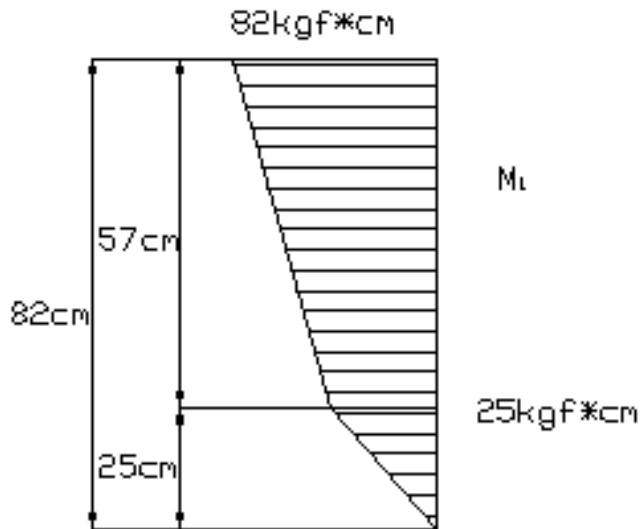


Fig.3.21 Diagrama de momentos unitarios.

El desplazamiento estático será:

$$\delta_{est} = \frac{\frac{1}{3} \cdot 38280 \cdot 25 \cdot 25 + \frac{1}{6} \cdot [38280 \cdot (2 \cdot 25 + 82) + 165460 \cdot (2 \cdot 82 + 25)] \cdot 57}{2 \cdot 10^6 \cdot 52494}$$

$$\delta_{est} = 0.0034 \text{ cm}$$

3.6.5 Cálculo del desplazamiento estático del neumático trasero.

$$\delta_{neum} = 0.5795 \cdot \frac{R_T}{B \cdot E} \cdot \left(0.41 + \ln \frac{4 \cdot R}{b} \right)$$

los datos son:

$$R_T = 1531.2 \text{ kgf}$$

$$R = 75 \text{ cm}$$

$$B = 38 \text{ cm}$$

$$E = 400 \text{ kgf/cm}^2$$

De donde:

$$b = 1.526 \cdot \sqrt{\frac{1531 \cdot .2 \cdot 75}{38 \cdot 400}} = 4.2 \text{ cm}$$

$$\delta_{neum} = 0.5795 \cdot \frac{1531 \cdot .2}{38 \cdot 400} \cdot \left(0.41 + \ln \frac{4 \cdot 75}{4.2} \right) = 0.27 \text{ cm}$$

3.6.6 Desplazamiento estático total.

$$\delta_T = \delta_{est} + \delta_{neum} = 0.0034 + 0.27 = 0.2734 \text{ cm}$$

3.6.7 Coeficiente de carga dinámica y velocidad límite.

$$k_{din} \leq \frac{2400 \cdot 1535}{165460} \leq 22.3$$

la velocidad límite se despeja entonces de la expresión de k_{din} :

$$V_{max} = k_{din} \cdot \sqrt{g \cdot \delta_T}$$

$$V_{max} = 22.3 \cdot \sqrt{9.81 \cdot 0.2734} = 36.5 \frac{m}{s} = 131.4 \frac{km}{hr}$$

3.7 Cálculo de la carga sobre la barra rigidizadora del Alto Despeje Delantero.

Como se pudo apreciar de los cálculos anteriores el Alto Despeje Delantero es el más débil, la altura que puede soportar en la caída es de $h_{max}=17.5$ cm y la velocidad máxima de un impacto horizontal fue de solo $V_{max D} = 29.3 \frac{km}{hr}$, mientras que el Alto Despeje Trasero puede soportar una

velocidad de impacto mucho mayor $V_{max T} = 131.4 \frac{km}{hr}$. Para elevar la rigidez de Alto Despeje

Delantero, sin modificar mucho el diseño del mismo, se propone en el presente trabajo colocar una barra rigidizadora que conecte el Alto Despeje Delantero con el trasero de manera que se pueda aprovechar la elevada rigidez y resistencia del Alto Despeje Trasero para elevar la rigidez y resistencia del Alto Despeje Delantero.

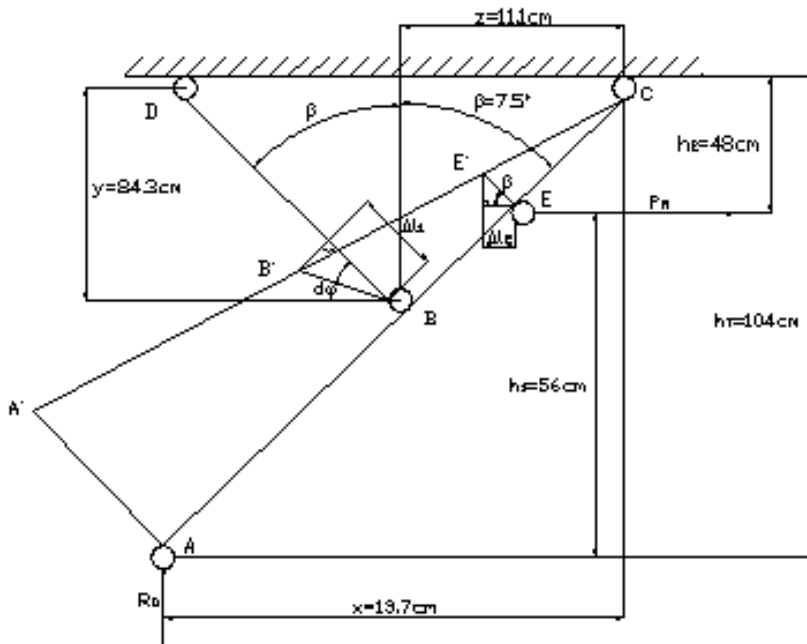


Fig.3.22 Esquema de análisis del Alto Despeje Delantero con refuerzo.

En la Fig. 3.22 se muestra un esquema del Alto Despeje Delantero con la fuerza que aparecerá en la barra de refuerzo P_R ubicada en su posición correspondiente, para calcular el valor de la misma.

El sistema se convierte en un sistema hiperestático, cuya solución es la siguiente:

Por sumatoria de momentos respecto a C:

$$\sum M_C = R_D \cdot x - P \cdot \cos \beta \cdot z - P \cdot \sin \beta \cdot y - P_R \cdot h_2 = 0$$

de donde:

$$P_R = \frac{R_D \cdot x - P \cdot \cos \beta \cdot z - P \cdot \sin \beta \cdot y}{h_2} = \frac{779.7 \cdot 13.7 - P \cdot 11 - P \cdot 11}{48}$$

$$P_R = 223 - 0.46 \cdot P \quad (1)$$

De la Fig.3.22 se puede plantear la siguiente proporción:

$$\frac{BB'}{BC} = \frac{EE'}{EC}$$

Como el ángulo que girará el elemento AC, acotado por $d\varphi \cong 0$, o sea, será muy pequeño, se puede admitir que $BB' \cong \Delta l_1$ y se tiene que:

$$EE' = \frac{\Delta l_2}{\cos \beta}$$

Sustituyendo, teniendo en cuenta que:

BC=85 cm

EC=48.4 cm

$$E_{BD} = E_{\text{barra rigidizadora}}$$

y que en general:

$$\Delta l_1 = \frac{P \cdot l_1}{E \cdot A_1} \quad \text{y} \quad \Delta l_2 = \frac{P_R \cdot l_2}{E \cdot A_2}$$

$$\frac{P \cdot l_1}{E \cdot A_1 \cdot 85} = \frac{P_R \cdot l_2}{E \cdot A_2 \cdot \cos \beta \cdot 48.4}$$

$$P = \frac{l_2}{l_1} \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot P_R \cdot \frac{85}{48.4 \cdot \cos \beta}$$

$$P = 1.77 \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot P_R$$

Las dimensiones conocidas son:

$$l_1 = 85 \text{ cm}$$

$$l_2 = 245 \text{ cm}$$

$$A_1 = b \cdot h = 1.7 \cdot 7.0 = 11.9 \text{ cm}^2$$

De la Norma Cubana NC 57-39:84. Aceros y sus Laminados. Tomo 2. Se seleccionó para la barra rigidizadora un tubo de acero grado 20, sin costura de diámetro exterior: $D=76 \text{ mm}=7.6 \text{ cm}$ y espesor $S=4 \text{ mm}=0.4 \text{ cm}$, cuyo peso por unidad de longitud es de $w=7.1 \text{ kgf/m}$.

El área de la sección transversal de este tubo será:

$$A_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (7.6^2 - 6.8^2) = 9 \text{ cm}^2$$

Sustituyendo:

$$P = 1.77 \cdot \frac{245}{85} \cdot \frac{11.9}{9} \cdot P_R$$

$$P = 6.75 \cdot P_R \quad (2)$$

Sustituyendo (2) en (1):

$$P_R = 223 - 0.46 \cdot 6.75 \cdot P_R$$

$$4.105 \cdot P_R = 223$$

$$P_R = 54.3 \text{ kgf}$$

3.7.1 Comprobación de la estabilidad del equilibrio de la barra rigidizadora.

La barra rigidizadora está articulada en ambos extremos unida a los Altos Despejes Delantero y Trasero mediante orejas y pasadores con pasapuntos para facilitar el ensamblaje, la misma estará construida en forma de tirante como se muestra en la Figura 67 de la pág. 146 del texto ``Elementos de Máquinas'' de V.I. Dobrovolski, Edición 1970. Por lo tanto $\nu=1$ y la razón de esbeltez será:

$$\lambda = \frac{\nu \cdot l_2}{i_{\min}}$$

El radio de giro mínimo se calcula por la siguiente expresión:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A_2}}$$

Donde:

$$I_{\min} = \frac{\pi}{64} \cdot (7.6^4 - 6.8^4) = 58.8 \text{ cm}^4$$

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{58.8}{9}} = 2.56 \text{ cm}$$

$$\lambda = 1 \cdot \frac{245}{2.56} = 95.7$$

Como para el acero grado 20, el límite de proporcionalidad es $\sigma_p \cong 2300 \text{ kgf/cm}^2$ y

$E = 2.02 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ (según Pisarenko²⁴), la razón de esbeltez límite es:

$$\lambda_{\text{lim}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{\sigma_p}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2.02 \cdot 10^6}{2300}}$$

$$\lambda_{\text{lim}} = 93$$

Como $\lambda > \lambda_{\text{lim}}$ el elemento es esbelto, de donde:

$$P_{\text{crit}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{\min}}{(\nu \cdot l_2)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2.02 \cdot 10^6 \cdot 58.8}{(1 \cdot 245)^2}$$

$$P_{\text{crit}} = 19324 \text{ kgf}$$

El factor de seguridad a la estabilidad estática es:

$$n_s = \frac{P_{\text{crit}}}{P_R \cdot k_{\text{din}}} = \frac{19324}{54.3 \cdot 6.2} = 57.4$$

La barra rigidizadora tiene una resistencia garantizada y es capaz de soportar un impacto considerable, dada su elevada estabilidad, de aquí que todo el conjunto se verá altamente favorecido.

Conclusiones

1. La vinculación con el Taller ``Noelia Capote Figueroa´´, Taller T-15 del MINAZ nos proporcionó la oportunidad de relacionarnos con un colectivo de técnicos y obreros vinculados directamente con nuestra futura profesión, aprendiendo su estilo de trabajo y métodos de análisis en el enfoque y solución de un problema técnico.
2. El estudio de la bibliografía y la práctica directa en el taller, nos permitió caracterizar de forma general el Tractor YUMZ-6M, elaborar un conjunto de croquis sobre las distintas partes componentes y elaborar algunas indicaciones para el mantenimiento de estos componentes que estaban ausentes en el Taller.
3. La elaboración del esquema de análisis del tractor con Altos Despejes, con las fuerzas en las condiciones más críticas de explotación y la consideración de determinados efectos dinámicos, permitió determinar los momentos flectores en condiciones dinámicas y de la condición de resistencia determinar la altura máxima de la zanja en que puede caer el Alto Despeje Delantero para que se produzca la deformación plástica, que resultó $H \leq 17.5 \text{ cm}$.
4. De igual manera se determinó la velocidad máxima a la que producirse un impacto frontal sobre el neumático delantero para que se produzca la deformación plástica del Alto Despeje Delantero. Esta velocidad resultó ser $V \leq 29.3 \text{ km/hr}$.
5. Se realizó un análisis similar de impacto a una determinada velocidad en el Alto Despeje Trasero y se despeja la velocidad a la que se podía producir un impacto en el mismo y se obtuvo una velocidad máxima $V \leq 131.4 \text{ km/hr}$, que para el Tractor es una velocidad alta.
6. No se evaluó la caída en una zanja del Alto Despeje Trasero pues este en esas condiciones trabaja a compresión y a esa sollicitación es extremadamente rígido y resistente.
7. Se concluye entonces que el Alto Despeje Delantero es mucho menos rígido y resistente que el Trasero. Ante esta situación se calculó una barra rigidizadora que conecta el Alto Despeje Delantero con el Trasero para aprovechar la elevada resistencia y rigidez del Trasero para así reforzar el Delantero. El cálculo de la estabilidad de esta barra para el coeficiente k_{din} mas grande obtenido demuestran que su resistencia es elevada.
8. El costo de la modificación propuesta es pequeño, resultando de: 649.59 USD.

BIBLIOGRAFÍA

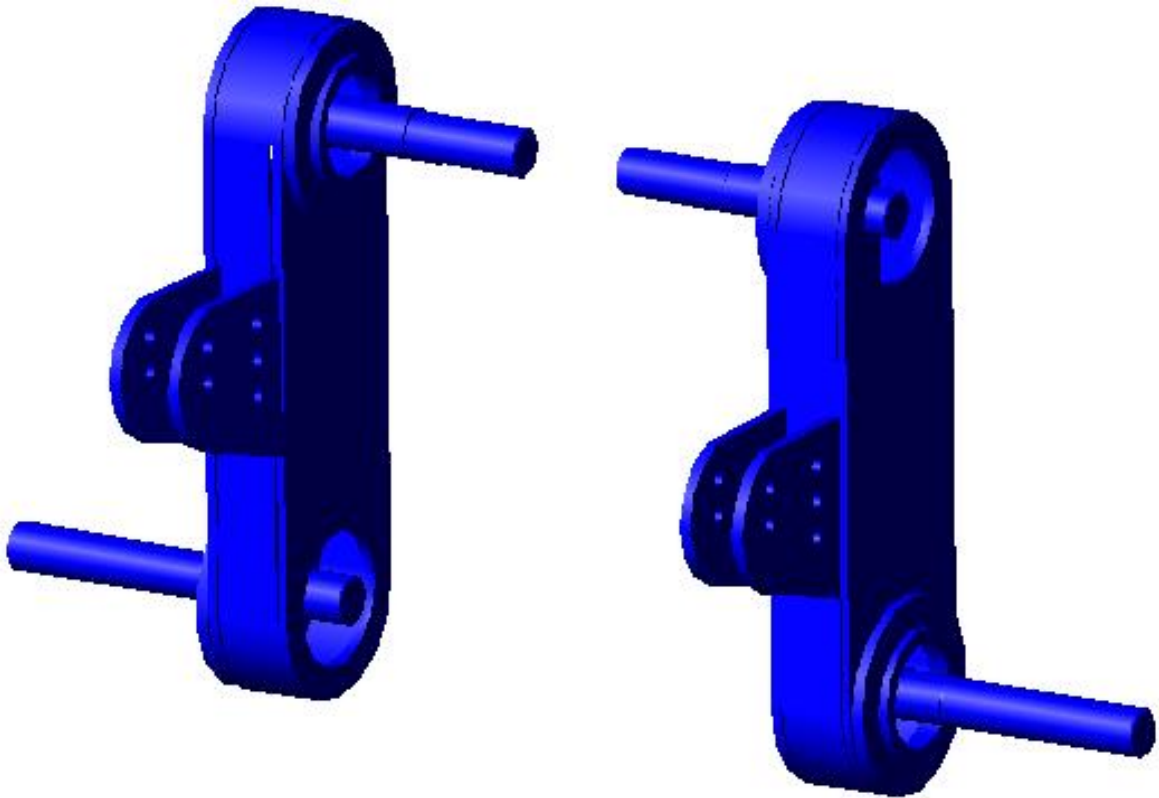
1. A.M. Gurévich y E.M. Sorokin. Tractores y Automóviles / A.M. Gurévich y E.M. Sorokin. — Moscú: Editorial MIR, 1978. (en 2 tomos)
2. Chudakov. Fundamentos de la Teoría y el Cálculo de Tractores y Automóviles / Chudakov. — Moscú: Editorial MIR, 1987. — 434p.

3. M.Sc. Ing. Víctor Millo Carménate Establecimiento de criterios para la comparación y/o evaluación de camiones diesel. Dr. C. Ing. José R. Fuentes Vega, Dr. C. Ing. Juan Cogollos Martínez (tutores). Resumen tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de Cienfuegos 2004.
4. Baranovski, V. Explotación Técnica, tomos I, II, III. / Vasili Baranovski, Víctor Millo - Cienfuegos Departamento de Transporte Automotor, I.S.T.C. Diciembre, 1989 – 350p.
5. Dobrovolski V, Zablonsii K, Radchik A, Erlj L. Elementos de Maquinas. Editorial MIR. Moscú, 1980.
6. Feodosiev V.I. Resistencia de Materiales. Editorial MIR, Moscú 1971.
7. Uribarri del Sol, A. Temas Especiales de Dinámica parte II, Anaibis Uribarri del Sol: Víctor Millo Carménate, tutor UCF 2002 – 2003 – 195p.
8. Vázquez Arana, Y. Temas Especiales de Dinámica parte I, Yahima Vázquez Arana: Víctor Millo Carménate, tutor UCF 2002 – 2003 – 268p.
9. Beer F.P., Jonhston E.R. Mecánica de los Materiales. 2ª. Ed. Colombia: Mc Graw – Hill, 1993.—738 p.
10. Birger I.A., Shorr B.F., Shneiderovich R.M. Cálculo de Resistencia de Piezas de Máquinas. Moscú: Editorial Mashinostroenie, 1966.-- 616 p.
11. Dobrovolski V. Elementos de Máquinas. Moscú: Editorial MIR, 1970.--692 p.
12. Goytisoló Espinosa, R. A., Noa Águila, J. G., Arzola de la Peña, N., Castellanos González, L., Hernández Herrera, H., López Torres, L., & Fernández Cañizares, A. (2005). Evaluación de la fractura por fatiga del cigüeñal de un motor Diesel. Ingeniería Mecánica, 8(2).
13. Goytisoló, R., Hernandez, H., Moya, J., & Jackson, I. M. (2005, January). Improved Scheme of Analysis and Stress Computation in Lap Welded Joints With Fillet Welds Transverselly and Longitudinally Loaded. In ASME 2005 International Mechanical Engineering Congress and Exposition (pp. 757-762). American Society of Mechanical Engineers.
14. Faires V.M./ Diseño de Elementos de Máquinas. México: Editorial UTEHA, 1985.-- 802 p.
15. Fernández Levy, Gilda S. Resistencia de Materiales. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1983. —511p.
16. Fitzgerald F. Mecánica de Materiales. México: Editorial Alfaomega S.A. de C.V., 1996.--560 p.
17. Fogiel M. Problem Solver in Strength of Materials and Mechanics of Solids. New Jersey: Editorial REA, 1988.—1140 p.
18. Goytisoló R. Diseño de Elementos de Máquinas. Las Villas: Editado por el Dpto. Mecánica Teórica y Aplicada. UCLV, 1973.--188p.
19. Herrera, H. H., Espinosa, R. G., Rodríguez, J. M., & Jackson, I. M. (2004). Nuevas expresiones para el cálculo a torsión de costuras soldadas de filete de configuración compleja.//New expressions for torsion shear stress calculation in welding fillets. Ingeniería Mecánica, 7(3), 7-14.
20. Hernández Herrera, H., Goytisoló Espinosa, R., Moya Rodríguez, J., & Jackson, I. M. (2004). Cálculo de tensiones en uniones soldadas con costuras de filete asimétricas sometidas a flexión. Ingeniería Mecánica, 7(3).

21. Hernández Herrera, H., Goytisoló Espinosa, R., Moya Rodríguez, J., & Jackson, I. M. (2005). Perfeccionamiento de los esquemas de análisis y del cálculo de las tensiones en las uniones soldadas a solape con costuras de filete longitudinal y transversal. *Ingeniería Mecánica*, 8(1).
22. Iusilievich G.V. Elementos de Máquinas. Moscú: Editorial Mashinostroenie, 1988.—388p
23. Ivanov, M. N. Elementos de Máquinas. Moscú: Editorial Vichaya Schkola, 1991.—386p.
24. Mott R.L. Applied Strength of Materials. New Jersey: Editorial Prentice- Hall, 2ª. Ed. 1990. —559 p.
25. Mott R.L. Resistencia de Materiales Aplicada. México: Editorial Prentice- Hall Hispanoamericana S.A. 3ª. Ed. 1996.—640 p.
26. Mukanov K. Design of Metal Structures. Moscú: Editorial MIR, 1968. --- 517p.
27. New Expressions for Fillet Weld Torsion Shear Stresses Calculation
28. Olsen G.A. Elements of Mechanics of Materials. La Habana: Editora de la Asociación de Estudiantes de Ingeniería, 1962. —536 p.
29. Orlov, P., Ingeniería del Diseño. Moscú: Editorial MIR, 1985.
30. Pisarenko G.S., Yakovlev A.P., Matveev V.K. Manual de Resistencia de Materiales. Moscú: Editorial MIR, 1989,-- 693 p.
31. Reshetov, D. Elementos de Máquinas. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1985. —830p.
32. Shigley J.E. El Proyecto en Ingeniería Mecánica. La Habana: Editora Revolucionaria, 1969.-- 658 p.
33. Shigley, J. E. / Diseño en Ingeniería. / México: Editorial Mc Graw Hill, 1977. -- 785 p.
34. Shigley, J. E.; Mitchell, L. D. / Diseño en Ingeniería Mecánica. / México: Editorial Mc Graw Hill, 1985. - - 915 p.
35. Shigley, J.E y Mischkie, C., Diseño en Ingeniería Mecánica. México: Editorial McGraw Hill Interamericana. 2001. —943 p.
36. Spiegel L., Limbrunner G.F. Applied Statics and Strength of Materials. Third Edition. New Jersey: Prentice Hall, 1999.—644 p.
37. Timoshenko S. Resistencia de Materiales. Moscú: Editorial Nauka, 1965. —480p.

Anexo I

Alto Despeje Trasero:



Anexo 2

Alto Despeje Delantero:

