

22



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**DISEÑO Y MANUFACTURA ASISTIDO
POR COMPUTADORA.**

**“ DISEÑO Y ANALISIS DE CARGAS EN
CARROCERIAS ”**

TRABAJO DE SEMINARIO

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:
ENRIQUE CRUZ MACEDA**

280606

ASESOR: M.I. FELIPE DIAZ DEL CASTILLO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Diseño y Manufactura Asistido por Computadora

"Diseño y Análisis de Cargas en Carrocerías."

que presenta el pasante: Enrique Cruz Maceda

con número de cuenta: 9119211-4 para obtener el título de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 28 de Febrero de 2000.

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>Modulo I</u>	<u>M.I. Felipe Diaz Del Castillo</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Modulo II</u>	<u>Ing. Enrique Cortes Gonzalez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Modulo III</u>	<u>Ing. Eusebio Reyes Carranza</u>	<u>[Firma]</u>

La realización del presente trabajo fue posible gracias a la incesante ayuda y colaboración de varias personas. Especialmente mis mejores agradecimientos a mi asesor el M.I. Felipe Díaz Del Castillo, por las correcciones y la atención e interés mostrados.

Con dedicatoria especial a mi alma mater, la Universidad, la cual que de entre sus principios básicos, que son la docencia, la investigación y la difusión de la cultura. Pretendo sinceramente que con este estudio se cumpla alguno de estos principios.

A mis Padres, de quien gracias a su apoyo he cumplido con una de mis metas. La cual constituye la herencia mas valiosa que pudiera recibir.

INDICE

	Página
INTRODUCCION.....	1

CAPITULO I

REGLAMENTOS Y NORMAS GENERALES PARA VEHICULOS DE AUTOTRANSPORTE.

1.1 Reglamento para la especificación de pesos dimensiones y capacidad de los Vehiculos de autotransporte que transiten en los caminos y puentes de jurisdicción federal.....	3
1.2 Clasificación de los caminos y puentes de jurisdicción federal para los vehiculos de autotransporte.....	5
1.3 Pesos autorizados por tipo de vehiculo, eje y camino.....	9
1.4 Dimensiones autorizadas por el tipo de camino.....	11

CAPITULO II

DISEÑO DE UNA CARROCERIA PARA VOLTEO DE 7 m³ DE CAPACIDAD VOLUMÉTRICA

2.1 Selección del chasis para montar la caja de volteo.....	12
2.2 Localización del centroide de la caja y carga.....	14
2.3 Localización del centro de gravedad del chasis cabina.....	16
2.4 Análisis de fuerzas que actúan sobre la caja de volteo.....	19
2.5 Cálculo del ángulo de levante.....	22
2.6 Desarrollo de un programa de computadora para calcular los centros de gravedad y el ángulo de levante en un camión de volteo.....	24
2.7 Uso del programa	25

CAPITULO III

CONCLUSIONES	29
BIBLIOGRAFIA	30
APÉNDICE A	31

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objeto describir algunas de las características, funciones y aplicaciones del diseño en ingeniería, particularmente en este caso se desarrollara una carrocería de volteo, así como también se mencionarán algunas de las normas a las que se encuentran sujetos estos tipos de diseños.

La finalidad de diseñar consiste en planear y fabricar los elementos y equipos de los sistemas productivos con los que se obtienen satisfactores para la vida humana, buscando siempre que estos satisfactores sean funcionales, rentables y de alta calidad, optimando el uso de materiales y energía. Algunos de los factores que caracterizan al diseño son: costos, procesos de fabricación, y la confiabilidad en el funcionamiento del producto, para esto; la labor del ingeniero consiste en elaborar un plan de trabajo en el cual detalle la construcción y operación de algún prototipo a desarrollar; en este punto se deben de determinar todas las condiciones necesarias para garantizar el óptimo y correcto funcionamiento de todos los procesos que intervendrán en su elaboración.

Debido a que en los procesos de fabricación de cualquier nuevo diseño o producto, existen factores externos que afectan la elaboración de estos, es necesario prever todas las limitantes que puedan surgir para su construcción, tales como; la selección adecuada de los materiales que resistan las cargas a aplicar o determinar si es posible dar una configuración determinada a alguna estructura, etc., de tal manera que el proceso de fabricación sea rápido y continuo, sin que se detenga por fallas o errores del diseño.

Para el caso específico de construcción de carrocerías de volteo, el diseño se enfoca directamente en la construcción de la caja; ya que se cuenta con los vehículos (conocidos como chasis-cabina).

En la fabricación de una caja de volteo se selecciona primero el tipo de vehículo sobre el cual se va a montar la caja, para saber la capacidad con la cual se puede diseñar, una vez determinado el tipo de chasis y la capacidad de este, se definen las dimensiones de la caja. Para esto se debe de considerar la forma geométrica que va tener, ya que su configuración nos determina la distribución de cargas en cada uno de los ejes del vehículo, dicha configuración debe de ser adecuada para balancear las cargas, asegurándose principalmente que la mayor concentración de carga se de en el eje trasero, ya que este es el que cuenta con mayor capacidad en cualquier tipo de vehículo.

Además se debe tener en cuenta; algunas otras limitantes externas que afectan al diseño. Estas limitantes suelen ser desconocidas o pocas veces consideradas por el ingeniero de diseño, ya que no se esta familiarizado con ellas, entre estas están, por ejemplo las normas o reglamentos que rigen el tránsito de vehículos de autotransporte por las carreteras, en estas normas se especifica las dimensiones y pesos máximos con los que se puede permitir el tránsito de estos vehículos, por lo que al realizarse cualquier diseño de carrocerías se debe considerar cumplir con estas normas, de las que se hará mención, solo de las mas importantes, en el primer capítulo.

CAPITULO I

REGLAMENTOS Y NORMAS GENERALES PARA LOS VEHÍCULOS DE AUTOTRANSPORTE.

1.1 Reglamento para la especificación de pesos, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal.

Los pesos, dimensiones, características o especificaciones de los vehiculos según el tipo de camino por el que transiten y la presión de inflado de las llantas, se ajustan a las normas expedidas de conformidad con lo previsto en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Basándose en la fracción I del artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y con fundamento en los artículos 24, 34 y 36 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y lo., 2o. fracciones I y V, 5o., 8o., fracción 1, 12, 33, 39, 50, 70, 74 fracciones I, II y IX y demás aplicables de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal, se expide el Reglamento sobre el peso, dimensiones y capacidad de los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal. Entendiéndose por caminos y puentes de jurisdicción federal a todas las vías generales de comunicación a que se refiere el Artículo 2o. fracciones I y V de Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal.

Este reglamento tiene por objeto regular el peso, dimensiones y capacidad a que se deben sujetar los vehículos de autotransporte de carga que transiten en los caminos de jurisdicción federal. Apegándose al cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-1995, la cual fue elaborada por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes como

proyecto de Normas Oficiales Mexicanas, respecto a la fabricación y operación de los vehículos y equipos destinados al autotransporte federal.

Con esta norma se pretende resolver las necesidades de disminuir los índices de accidentes viales ocasionados por vehículos con exceso de peso y dimensiones que circulan por los Caminos y Puentes de jurisdicción Federal y el deterioro acelerado de los mismos, así como para tener un control estricto del peso y las dimensiones con que circulan los vehículos del autotransporte.

Considerando que el autotransporte es la columna vertebral en la actividad comercial del transporte de servicios y bienes a nivel nacional y habiendo dado cumplimiento al procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la expedición de Normas Oficiales Mexicanas y previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, se ha tenido a bien expedir la Norma Oficial Mexicana, NOM-012-SCT-2-1995, sobre el peso y dimensiones máximas con las que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal; (publicada en el diario oficial el 7 de enero de 1997) dicha norma se encuentra contemplada dentro del reglamento anteriormente mencionado.

Para la fabricación del diseño solo se mencionaran las disposiciones y normas a las que se encuentra sujeto y se definirán algunos términos que son importantes para la comprensión de este trabajo.

1.2 Clasificación de los caminos y puentes de jurisdicción federal para los vehículos de autotransporte

De acuerdo a la tipificación de carreteras de la red nacional con las que cuenta el país y las que se encuentran aun en proceso (ya sea en, proyecto o construcción) Los caminos se clasifican en:

Carretera tipo A : Son aquellas que por sus características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados con las máximas dimensiones, capacidad y peso.

Carretera tipo B : Son aquellas que conforman la red primaria y que atendiendo a sus características geométricas y estructurales prestan un servicio de comunicación interestatal, además de vincular el tránsito.

Carretera tipo C : Red secundaria.- Son carreteras que atendiendo a sus características geométricas y estructurales, prestan servicio dentro del ámbito estatal con longitudes medias, estableciendo conexiones con la red primaria.

Carretera tipo D : Red alimentadora.- Son carreteras que atendiendo a sus características geométricas y estructurales principalmente prestan servicios dentro del ámbito municipal con longitudes relativamente cortas, estableciendo conexiones con la red secundaria.

Atendiendo a sus características Geométricas de construcción se tipifican de acuerdo a la tabla "1.1" de la siguiente manera:

Tabla 1.1 Tipificación y Nomenclatura de las carreteras

Tipo de carretera	Nomenclatura
Carretera de cuatro carriles	A4
Carretera de dos carriles	A2
Carretera de cuatro carriles, red privada	B4
Carretera de dos carriles, red privada	B2
Carretera de dos carriles, red secundaria	C
Carretera de dos carriles, red alimentadora	D

Las industrias cuyas instalaciones se encuentren ubicadas a una distancia de la red troncal superior a los 150 km., deberán solicitar autorización de la Secretaría para que su carga pueda ser trasladada en caminos de menor clasificación por una longitud mayor a ésta.

Los términos que se describen a continuación son comúnmente usados, tanto como por los fabricantes y reconstructores de carrocerías y camiones, como por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes por lo que se deben generalizar para evitar confusiones y se define a cada uno de la siguiente manera:

Carga útil o peso útil: Peso máximo de la carga que un vehículo puede transportar en condiciones de seguridad y para el cual fue diseñado por el fabricante.

Dimensiones: Alto, ancho y largo máximo expresado en metros, de un vehículo en condiciones de operación incluyendo la carga.

Peso: Fuerza que ejerce sobre la superficie terrestre un vehículo expresado en kilogramos fuerza (kgf).

Peso vehicular: Peso de un vehículo o combinación vehicular con accesorios, en condiciones de operación sin carga.

La tabla 1.2 especifica el Peso Bruto Vehicular con el que se permitirá circular a los vehículos C4, esto es, la nomenclatura aplicada a los camiones unitarios que constan de un eje delantero y de tres ejes en la parte posterior, con un total de 4 ejes en todo el camión. Por lo tanto se designa al camión unitario con la letra C, y a continuación el numero de ejes que este tenga. Y dependiendo del total de llantas con las que circule se clasifican los tipos de caminos por los que debe transitar.

Tabla 1.2 Peso bruto vehicular máximo (en toneladas)

Tipo de camino

Tipo de vehículo	No. de llantas	A4 Y A2	B4 Y B2	C	D
C4	Ocho	25	25	23	22
	Catorce	35	35	33	31

En la tabla 1.3 se especifica el tipo de vehículo (C4, camión unitario de 4 ejes) y tipo de camino por el que se le permite circular, en donde, L: es la longitud del camión medida desde la defensa delantera hasta la defensa trasera, A: es el ancho total del camión y H: la altura medida desde el nivel de piso hasta la parte superior máxima del camión, todas estas dimensiones son las máximas autorizadas para estos tipos de caminos.

Tabla 1.3 Dimensiones máximas autorizadas

Tipo de camino

Tipo de vehículo	A4 Y A2	B4 Y B2	C	D
C4	L = 14	L = 14	L = 14	L = 14
	A = 2.60	A = 2.60	A = 2.60	A = 2.60
	H = 4.15	H = 4.15	H = 4.15	H = 4.15

L = LARGO EN METROS

A = ANCHO EN METROS

H = ALTO EN METROS

1.3 Pesos autorizados por tipo de vehículo, eje y caminos

La distribución de cargas tiene que ser calculada de manera que la concentración de cada una de estas sea balanceada de acuerdo a la capacidad de carga de los ejes del vehículo sin que se excedan los límites de capacidad, tanto de los especificados por el fabricante del vehículo así como de los que se hace mención en este reglamento. Esto se hace con la finalidad de evitar el desgaste de pavimentos y el rápido deterioro de partes del vehículo, por lo que se debe tomar en cuenta el tipo de carga o material que se va a transportar para seleccionar el vehículo y el lugar por donde va transitar.

Sujeción de la carga: Para garantizar la seguridad, es responsabilidad del transportista sujetar la carga con los elementos necesarios y vigilar que el centro de gravedad sea adecuado a la misma, a fin de evitar que toda o parte de ésta se desplace o caiga del vehículo, por lo que los fabricantes o reconstructores de vehículos de carga tienen la obligación de proporcionar los planos o documentos en donde se indique el peso de la carga, posición probable del centro de gravedad de las cargas, cargas por eje y llanta; de tal manera que los transportistas definan los vehículos a utilizar

Concentraciones máximas de carga por eje: Las concentraciones máximas de carga por daño a pavimentos que se autorizan por eje de acuerdo al tipo de camino en que transitan, son las indicadas en la tabla "1.4" del apéndice normativo, *así mismo la carga deberá estar colocada de forma tal, que al cumplir con el peso bruto vehicular autorizado, la concentración de carga por eje no exceda lo establecido en la tabla "1.3" de cargas por eje, o bien la resistencia de puentes.*

Tabla 1.4 Pesos máximos autorizados por tipo de eje y camino(toneladas)

CONFIGURACIÓN DE EJES	Tipo de camino			
	A4 y A2	B4 y B2	C	D
SENCILLO DOS LLANTAS	6,50	6,50	5,50	5,00
SENCILLO CUATRO LLANTAS	10,00	10,00	9,00	8,00
MOTRIZ SENCILLO CUATRO LLANTAS	11,00	11,00	10,00	9,00
MOTRIZ DOBLE O TANDEM SEIS LLANTAS	15,50	15,50	14,00	12,50
DOBLE O TANDEM OCHO LLANTAS	18,00	18,00	16,00	14,00
MOTRIZ DOBLE O TANDEM OCHO LLANTAS	19,50	19,50	17,50	15,50
TRIPLE O TRIDEM DOCE LLANTAS	22,50	22,50	20,00	18,00

Peso bruto vehicular máximo autorizado: El peso bruto vehicular máximo autorizado a cada vehículo, según el tipo de camino por el que transitan se indica en la tabla "1.5". Sin que se exceda el peso máximo de diseño que indique el fabricante.

Tabla 1.5 Peso bruto vehicular máximo autorizado por tipo de vehículo y camino (toneladas)

Número de llantas	Tipo de camino			
	A4 y A2	B4 y B2	C	D
6	17,50	17,50	15,50	14,00
8	22,00	22,00	19,50	17,50
10	26,00	26,00	23,00	20,50

1.4 Dimensiones autorizadas por el tipo de camino

Dimensiones máximas autorizadas

El ancho máximo autorizado para todas las clases de vehículos que transitan en los diferentes tipos de caminos, será de 2.60 m.

La altura máxima autorizada para todas las clases de vehículos que transiten en los diferentes tipos de caminos, será de 4.25 m.

El largo máximo autorizado de la defensa delantera a la defensa trasera para los vehículos se indica en la tabla "1.6".

Tabla 1.6 Largo máximo del vehículo por tipo de camino

Largo máximo por tipo de camino (m)

Numero de ejes	A 4 y A 2	B 4 y B 2	C	D
2	LT = 14	LT = 14	LT = 14	LT = 12.5
3	LT = 14	LT = 14	LT = 14	LT = 12.5

La revisión del peso y dimensiones se realizará en operativos de control que autorice la Secretaría o en los centros de control de peso y dimensiones acreditados que para tal efecto se establezcan, los cuales podrán ser operados por la propia Secretaría o bien por terceros autorizados en los términos de las disposiciones legales vigentes aplicables en la materia.

CAPITULO II
DISEÑO DE UNA CARROCERÍA PARA VOLTEO DE 7 M³ DE
CAPACIDAD VOLUMÉTRICA

2.1 Selección del chasis para montar la caja de volteo.

La necesidad de diseñar un camión de volteo se basa principalmente en el tipo de carga que se va a transportar, y tomándose también en cuenta el vehículo, para el cual se va a fabricar la caja de volteo. Para el análisis de construcción del camión de volteo, se hará la suposición de que este deba de transportar arena, siendo este uno de los materiales más frecuentemente transportado con un peso específico promedio de 1250 kg/m³, y que la capacidad de la caja de volteo que contenga esta carga sea de 7m³. Después se selecciona el vehículo más adecuado para soportar esta carga, basándose en la capacidad de carga útil con la que cuente dicho vehículo. Para ello; se hará uso de la ficha técnica de especificaciones que proporciona el fabricante del vehículo y que se muestra en la tabla 2.1

Tabla 2.1 Datos técnicos de la unidad

CHASIS MERCEDES-BENZ MODELO MB O-1621

PESO BRUTO VEHICULAR	16000 kg.
CAP. MAX. EJE DELANTERO	5400 kg.
CAP. MAX. EJE TRASERO	10600 kg.
PESO VEHICULAR	4200 kg.
PESO VEHIC. DEL EJE DELANTERO	2436 kg.
PESO VEHIC. DEL EJE TRASERO	1764 kg.

Siendo que el peso específico promedio de la arena es de 1250 kg/m^3 y la capacidad volumétrica de la caja de volteo de 7m^3 , las cargas que tiene que soportar el vehículo son las siguientes:

8750 kg(carga útil)

1400 kg(peso de la caja)

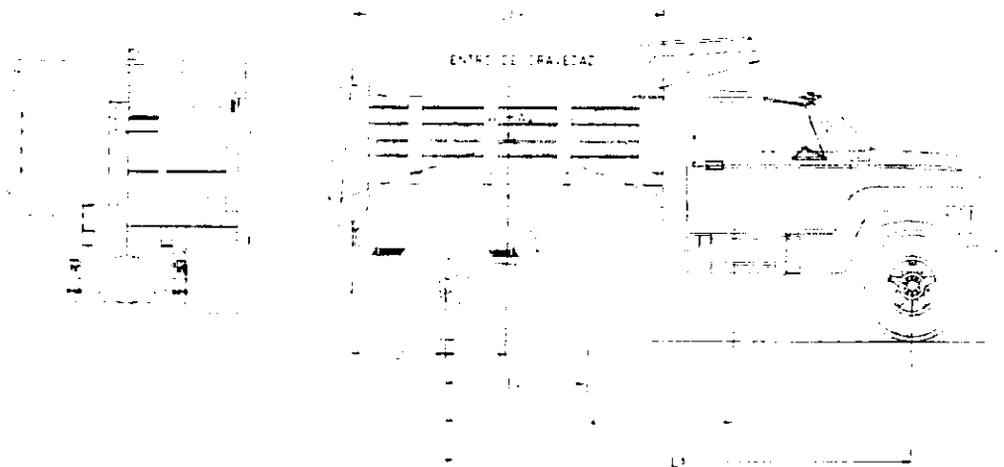
4200 kg(peso vehicular)

Así la carga total será de **14350 kg**, que es la suma del peso del chasis, el peso de la carga y el peso de la caja, comparándose este valor con el peso bruto vehicular del vehículo que es de **16000 kg**, se puede considerar que la capacidad de carga es adecuada, ya que nos da un margen de seguridad de **1650 kg**, sin que la unidad quede sobrecargada. Una vez que se ha seleccionado el vehículo, se determinan las dimensiones de la caja de tal manera que el centro de gravedad de ésta se encuentre lo más cerca posible del eje trasero para tener una distribución de cargas balanceada tanto en el eje delantero como en el eje trasero. Se considera el peso del cuerpo como una sola fuerza pasando por el centro de gravedad. Esto es que el centro de gravedad de un cuerpo es el punto por el que siempre pasa el vector peso y en dirección vertical hacia el centro de la tierra. Para un cuerpo de densidad constante, el centro de gravedad se localiza en el centroide del cuerpo.

Se considera que la arena se va a depositar en una caja con una configuración casi rectangular y se puede establecer que el centro de gravedad de la carga de arena, esto es sin considerar el peso y la forma exacta de la caja de volteo, se encuentra en el mismo punto que el centroide de la caja.

2.2 Localización del centroide de la caja y carga

Se puede localizar gráficamente el centroide de la caja (incluyendo el de la carga) trazando dos líneas diagonales en un dibujo del modelo a escala. hecho por computadora, como se muestra en la figura 2.1.



L = Distancia del eje trasero al centro de la caja y carga = 0.7 m

L_1 = Distancia de la bisagra al eje trasero = 0.81 m

L_2 = Distancia del eje trasero al pistón = 1.4 m

L_3 = Distancia entre ejes = 5.05 m

L_4 = Distancia del centro de gravedad del chasis-cabina al eje trasero = 2.92 m

L_5 = Longitud de la caja = 3 m

W_1 = Peso de la caja = 1400 kg

W_2 = Peso de la carga útil = 8750 kg

Nota: los valores dados son para éste caso en particular.

Figura 2.1 Localización del centroide de la caja y carga.

De los datos que se obtuvieron de la figura 2.1, se encuentra que la distancia del eje trasero al centroide de la caja es de 0.7 m. Por otro lado, si se considera que el centroide de la caja se encuentra justo a la mitad de su longitud; (esto es a 1.5 m) y dicha distancia debe ser aproximadamente igual a la suma de la distancia L_1 (0.81 m) y L (0.7 m), se obtiene un valor de 1.51 m, esto es que tan solo difiere de 1 cm del valor antes calculado lo cual nos lleva a concluir que se puede suponer de manera general que el centroide de la caja se localiza de manera aproximada, justo a la mitad de su longitud.

Una vez que se ha obtenido el centro de gravedad de la caja de volteo que es el punto sobre el cual esta concentrado todo el peso, se trata ahora de conocer, si la ubicación de este punto sobre el chasis del camión es el adecuado para la distribución de la carga, ya que dependiendo de este punto, el peso se va repartir en cada uno de los ejes. Como se mencionó anteriormente el centro de gravedad debe localizarse más cerca del eje trasero que del eje delantero, debido a que el eje trasero es el que esta preparado para recibir la mayor parte del peso.

Pero antes de hacer este análisis, es importante conocer también el centro de gravedad del chasis cabina, ya que la carga contenida en la caja de volteo, no solo será transportada, sino que además esta deberá de ser también descargada por la acción del levantamiento de la caja de volteo sobre su eje vertical.

De tal manera que éste centro de gravedad también debe de ser considerado en el diseño.

2.3 Localización del centro de gravedad del chasis cabina

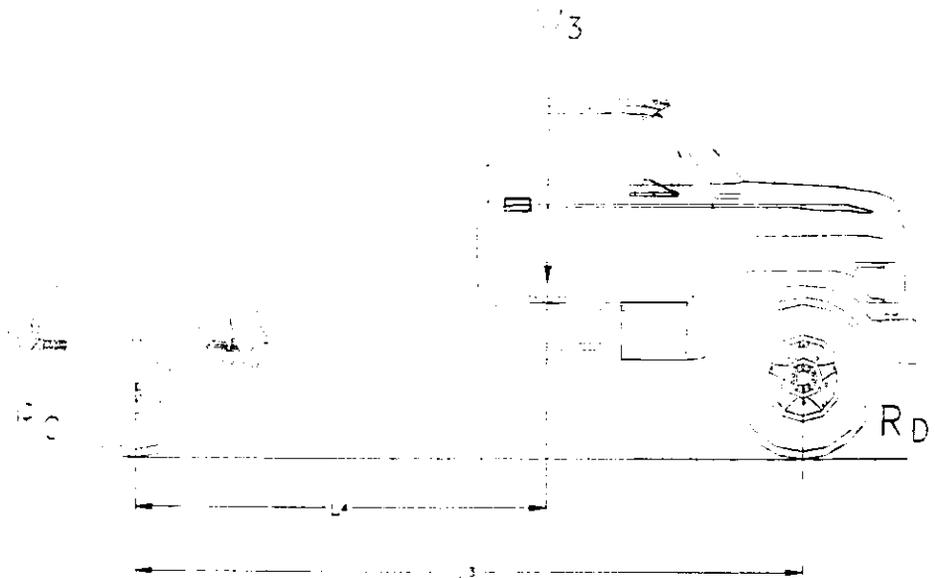
Ahora para obtener la distancia L_4 , de la tabla 2.1 se utilizarán los valores de la ficha técnica en donde se tienen los datos del peso vehicular y la carga que está soportando cada eje debido a dicho peso, así:

Peso vehicular en el eje delantero = 2436 kg (R_D)

Peso vehicular en el eje trasero = 1764 kg (R_C)

Peso vehicular total = 4200 kg (W_3)

Con estos valores y apoyándose en la figura 2.2 se puede calcular la localización del centro de gravedad del chasis-cabina.



L_3 = Distancia entre ejes (5.05 m)

L_4 = Distancia del eje trasero al centro de gravedad del chasis-cabina

Figura 2.2 Localización del centro de gravedad del chasis-cabina.

Aplicando las ecuaciones de equilibrio en el plano se tiene:

$$\sum M_C = 0$$

$$-W_3(L_4) + R_D(L_3) = 0$$

Despejando a L_4 se obtiene la distancia del centro de gravedad del chasis-cabina con respecto al eje trasero.

$$L_4 = \frac{(R_D)(L_3)}{W_3} \dots\dots\dots (2.1)$$

Sustituyendo valores se obtiene:

$$L_4 = \frac{(2436 \text{ kg})(5.05 \text{ m})}{4200 \text{ m}} = 2.92 \text{ m}$$

Después de haber obtenido todas las distancias, ahora se puede conocer la distribución de cargas entre el eje delantero y el eje trasero de la siguiente manera:

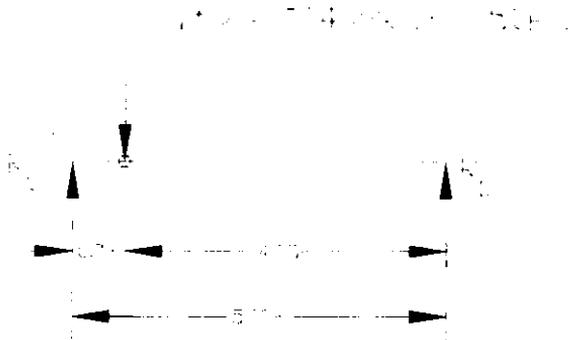


Diagrama de cuerpo libre

Del diagrama de cuerpo libre se calculan las reacciones

$$R_C = (10150 \text{ kg})(4.35 \text{ m}) / (5.05 \text{ m}) = 8743 \text{ kg}$$

$$R_D = (10150 \text{ kg})(0.7 \text{ m}) / (5.05 \text{ m}) = 1407 \text{ kg}$$

Siendo la reacción en el punto (C) la correspondiente a la carga que va tener el eje trasero. Y la reacción en (D) la correspondiente a la carga que va tener el eje delantero.

Si se suman estos pesos respectivamente con los datos de la tabla 2.1 del peso vehicular:

Peso vehicular del eje delantero = **2436 kg**,

Peso vehicular del eje trasero = **1764 kg**

Se obtiene que:

La carga en el eje trasero es igual a **10507 kg**, y la carga en el eje delantero es de **3843 kg**

Si se comparan estos resultados con las capacidades máximas de la ficha técnica de especificaciones (tabla 2.1):

Capacidad máxima en el eje trasero = **10600 kg**

Capacidad máxima en el eje delantero = **5400 kg**

Se concluye que hay una distribución de cargas balanceada tanto para el eje delantero como para el eje trasero. Y así se comprueba que la posición y las dimensiones de la caja de volteo son adecuadas, para que ninguno de los ejes del camión quede sobrecargado o exceda sus capacidades de carga.

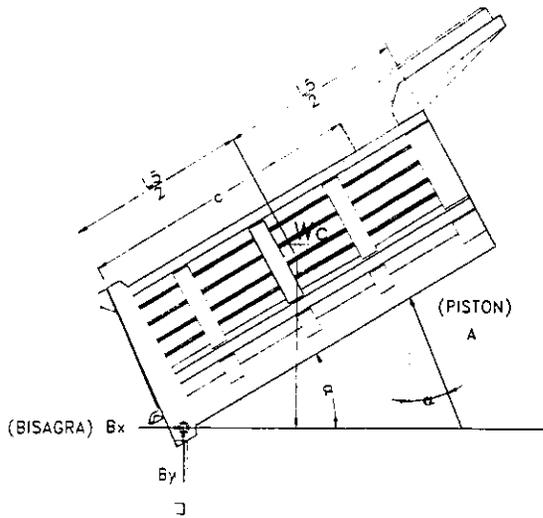
2.4 Análisis de las fuerzas que actúan sobre la caja de volteo.

Una vez que se ha definido, que la configuración y la posición de la caja de volteo ya montada sobre el chasis del camión junto con la distribución de la carga para cada uno de los ejes es la apropiada, se determinará ahora la fuerza que necesitaría ejercer el pistón, (también conocido como cilindro telescópico), colocado en un extremo de la base de la caja de volteo, para levantar dicha caja de volteo con carga.

Para este análisis se considerará que la caja se encuentra apoyada en uno de sus extremos por un apoyo articulado, es decir una bisagra, por lo que se calcularán las componentes de las fuerzas que actúan sobre el eje (X) y sobre el eje (Y) de la bisagra a partir de la distancia (C) que existe entre está y el cilindro telescópico o pistón.

Además, al realizar este análisis se considerará que la tapa trasera de la caja de volteo se encuentra cerrada sin permitir que se descargue el material, aunque realmente al empezar a levantarse la caja de volteo aun con la tapa trasera cerrada el material se **descargará** un poco al resbalarse hacia la parte de atrás, pero se mantendrá teóricamente que el peso de la carga será siempre el mismo sin sufrir ninguna variación.

Como se muestra a continuación en la figura 2.3



$W_c = W_1 + W_2 =$ Peso de la caja + Peso de la carga

$C =$ Distancia del pistón a la bisagra

$L_s =$ Longitud de la caja

Figura 2.3 Determinación de fuerzas para el pistón y la bisagra

Tomando sumatoria de momentos con respecto a la bisagra en el punto B, se tiene:

$$\Sigma M_B = 0$$

$$-W_c \left(\frac{L_s}{2} \right) \cos \alpha + A (C) = 0$$

Despejamos A para obtener la fuerza que necesita ejercer el pistón

$$A = \frac{W_c \left(\frac{L_s}{2} \right) \cos \alpha}{c} = \frac{W c L_s \cos \alpha}{2 c} \dots\dots\dots(2.2)$$

De las ecuaciones de equilibrio, se obtiene que las fuerzas que actúan sobre la caja con respecto a su componente en el eje (By).

$$\Sigma F_y = 0$$

$$B_y - W_c + A \cos \alpha = 0$$

$$B_y = W_c - A \cos \alpha \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\Sigma F_x = 0$$

$$B_x - A \sin \alpha = 0$$

$$B_x = A \sin \alpha \dots\dots\dots (2.4)$$

Una vez resueltas estas ecuaciones se puede ahora seleccionar el pistón más adecuado para levantar la caja de volteo con carga.

Con todos los parámetros necesarios para el diseño de la caja de volteo ya definidos, se pueden ahora hacer los cálculos, considerando al camión de volteo completo.

2.5 Cálculo del ángulo de levante.

Con todas las ecuaciones anteriormente obtenidas, se pretende conocer el probable ángulo de levante que podría alcanzar la caja de volteo sin tener el riesgo de que se levante la parte delantera del camión y volcarse, debido al peso de la caja de volteo y la carga, ya que en algunos casos es necesario que se levante a ángulos mayores de 45° con respecto a su eje horizontal, para poder descargar completamente el material que transporta. Además de que se debe de conocer un margen de seguridad con el cuál se pueda levantar la caja sin tener ningún problema.

Se iniciará el análisis a partir de la suposición de que para lograr que el camión de volteo se vuelque, la reacción en el eje delantero debe ser igual a cero, para esto se obtendrán todas las fuerzas que actúan sobre el camión de volteo. Como se muestra en la figura 2.4.

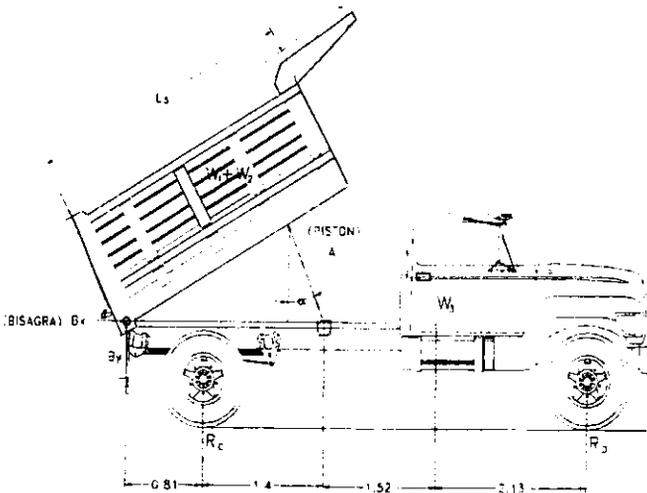


Figura 2.4 Fuerzas que actúan sobre el camión de volteo.

Tomando sumatoria de momentos con respecto al eje trasero en el punto C.

$$\sum M_C = 0$$

$$B_y (0.81) - A(\cos \alpha) (1.4) - W_3 (2.92) + R_D (5.05) = 0$$

Se despeja a D_y , para obtener la reacción en el eje delantero

$$R_D = \frac{W_3(2.92) + A \cos \alpha (1.4) - B_y(0.81)}{5.05} \dots\dots\dots (2.5)$$

Sustituyendo valores se obtiene que:

$$\alpha = 45^\circ$$

$$W_3 = 4200 \text{ kg}$$

$$L_s = 3 \text{ m}$$

$$C = 2.21 \text{ m}$$

$$W_c = 10150 \text{ Kg}$$

De la ecuación (2.2)

$$A = \frac{10150 \text{ kg} (3 \text{ m}) \cos 45^\circ}{2 (2.21)} = 4871.35 \text{ kg}$$

De la ecuación (2.3)

$$B_y = 10150 - 4871.35 \cos 45^\circ = 6705.4 \text{ kg}$$

De la ecuación (2.5)

$$R_D = \frac{4200\text{kg}(2.92) + (4871.35)\cos 45^\circ(1.4) - 6705.4\text{kg}(0.81)}{5.05} = 2307.92 \text{ Kg}$$

Siendo que la reacción en el eje delantero tiene un valor mayor que cero, se puede entonces asegurar que el camión de volteo no se volcará al levantar la caja a 45°

2.6 Desarrollo de un programa de computadora para calcular centros de gravedad y el ángulo de levante en un camión de volteo.

Si el análisis anterior debe realizarse para distintos valores del ángulo de levante α o para distintos modelos de chasis-cabina, entonces lo más apropiado es realizar un programa por computadora que facilite enormemente el análisis. Por comodidad, el programa se realizará utilizando el lenguaje QBASIC que es una variante del BASIC tradicional y que trabaja bajo el entorno de MS-DOS. Posteriormente se planea una actualización a VISUAL-BASIC que opera bajo el entorno de WINDOWS.

El programa tendrá la estructura que se muestra en la figura 2.5 y el listado completo del programa se proporciona en el apéndice A.

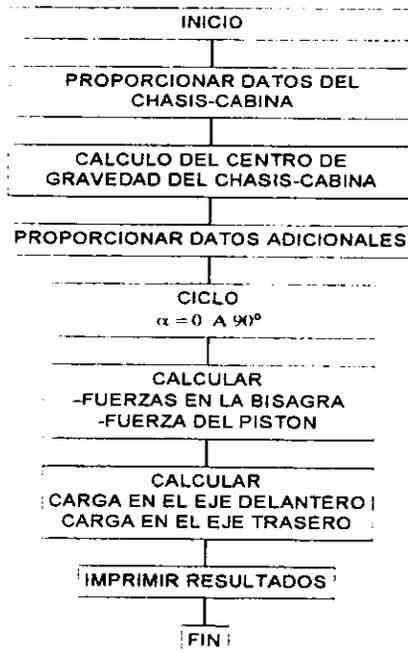


Figura 2.5

2.7 Uso del programa

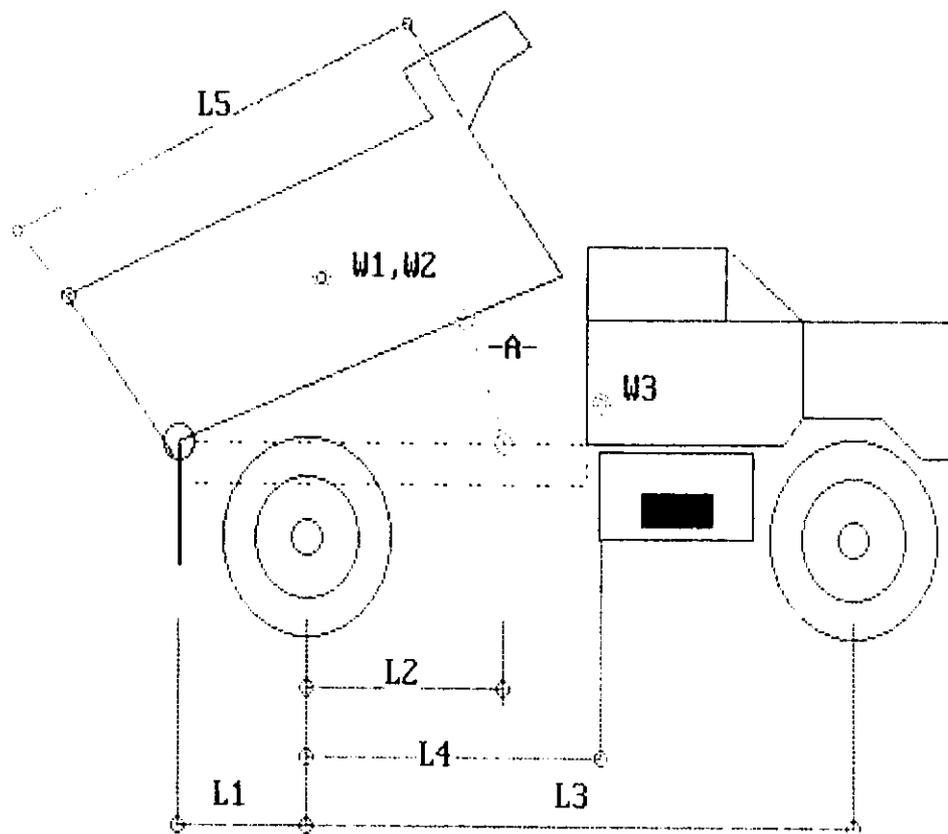
Para ejemplificar el uso del programa se utilizarán los datos del análisis anteriormente realizado, y que son los correspondientes al chasis-cabina modelo Mercedes Benz MB O-1621.

Así después de ejecutar el programa (CAMIÓN.EXE) se tiene la pantalla que se muestra en la figura 2.6 donde se proporcionan los datos del chasis cabina y se calcula la ubicación del centroide del mismo.

En la siguiente pantalla (figura 2.7) se proporcionan los datos restantes de tal forma que el programa ya puede realizar todos los cálculos correspondientes y los muestra en conjunto en una sola pantalla como se muestra en la figura 2.8.

Finalmente el programa nos pregunta si queremos realizar otro cálculo, si la respuesta es afirmativa el programa repite todo el proceso anterior, si es negativa el programa terminará.

Figura 2.7 Introducción de datos para los cálculos.



- PROPORCIONE LA DISTANCIA DE LA BISAGRA AL EJE TRASERO ($L1$) EN m ? .81
- PROPORCIONE LA DISTANCIA DEL PISTON $-A-$ AL EJE TRASERO ($L2$) EN m ? 1.4
- PROPORCIONE LA LONGITUD DE LA CAJA ($L5$) EN m ? 3
- PROPORCIONE EL PESO DE LA CAJA ($W1$) EN kg ? 1400
- PROPORCIONE EL PESO DE LA CARGA UTIL ($W2$) EN kg? 8750
- PRESIONA UNA TECLA PARA CONTINUAR

CHASIS-CABINA !

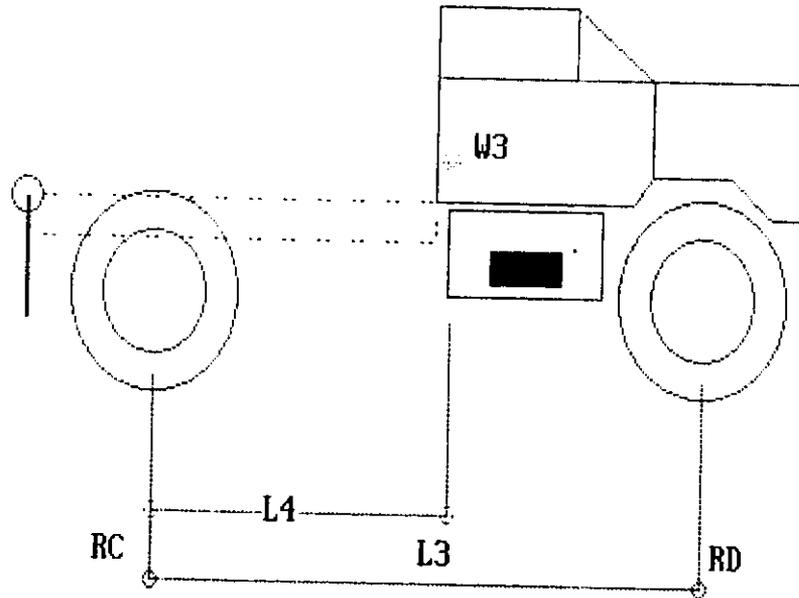


Fig. 2.6 Datos del chasis-cabina para localizar su centro de gravedad.

PROPORCIONE EL PESO DEL CHASIS-CABINA ($W3$) EN kg? 4200

PROPORCIONE LA DISTANCIA ENTRE EJES ($L3$) EN m? 5.05

PROPORCIONE LA CARGA EN EL EJE DELANTERO DEL CHASIS-CABINA (RD) EN kg? 2436

EL CENTRO DE GRAVEDAD DEL CHASIS-CABINA SE LOCALIZA A 2.929 metros
CON RESPECTO AL EJE TRASERO

PRESIONA UNA TECLA PARA CONTINUAR

ANGULO GRADOS	PISTON kg	BISAGRA kg	REAC DEL kg	REAC TRAS kg
0	0	0	3849	10500
5	6862	3314	3792	10557
10	6784	3469	3724	10625
15	6654	3722	3613	10736
20	6473	4067	3462	10887
25	6243	4491	3276	11073
30	5966	4983	3061	11288
35	5643	5527	2823	11526
40	5277	6107	2569	11780
45	4871	6705	2307	12042
50	4428	7303	2046	12303
55	3951	7883	1792	12557
60	3444	8428	1554	12796
65	2911	8919	1338	13011
70	2356	9344	1153	13196
75	1783	9688	1002	13347
80	1196	9942	891	13458
85	600	10097	823	13526
90	-1	10150	800	13550

DESEAS OTRO CÁLCULO (SI/NO)

?

Figura 2.8 Tabla de resultados para determinar el ángulo de levante, distribución de cargas y fuerza del pistón.

CAPITULO III CONCLUSIONES

En el presente estudio con respecto a las funciones y aplicaciones del diseño en ingeniería, se ha analizado y encontrado una solución práctica y funcional al planteamiento de un problema, que para este caso en particular, surge a partir de la necesidad en una empresa de desarrollar un nuevo tipo de diseño para una caja de volteo, y de conocer el margen de seguridad con el que se cuenta al ser está levantada.

Dentro de este estudio cabe también mencionar que para llegar a la solución de las ecuaciones y del problema en si, se hizo uso de paquetería y programas de computadora, que actualmente son una herramienta de gran ayuda para el diseño, ya que en estas se pueden realizar desde dibujos del prototipo con un alto grado de precisión hasta una compleja serie de cálculos, los cuales en caso de que tuvieran que hacerse de otra manera, es decir, sin la ayuda de la computadora, llevarían mucho más tiempo al realizarlos.

Con esto se concluye, de manera general, que el diseño como parte de un proceso productivo debe de cumplir sus funciones con rapidez, eficiencia y funcionalidad, lográndose estos objetivos ahora, de manera satisfactoria, con el uso y manejo de una computadora, convirtiéndose así estas en una base fundamental del diseño.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

BIBLIOGRAFÍA

(1) INTRODUCCION A LA DINAMICA.

Bruce H. Karnopp, Ed. Representaciones y Servicios de Ingenieria S.A. México.

(2) REGLAMENTO SOBRE EL PESO, DIMENSIONES Y CAPACIDAD DE LOS VEHÍCULOS DE AUTOTRANSPORTE QUE TRANSITAN EN LOS CAMINOS Y PUENTES DE JURISDICCIÓN FEDERAL.

Dirección General de Autotransporte Federal, Secretaria de Comunicaciones y Transportes, México. 1996.

(3) HEAVY TRUCK WEIGHT AND DIMENSION .

Catalogo Interprovincial de operaciones en Canadá y EU. Nov. 1992.

(4) MANUAL DE PROYECTO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS

Secretaria de comunicaciones y transportes. Año 1996.

(5) AUTOCAD AVANZADO V.12 (CON APLICACIONES ADS,AME,RENDER)

López Fernández Javier, Ed. Mc-Graw Hill. México 1993

(6) BASIC.

Bartee C. Thomas, Harvard University, Ed. Harla. México 1985.

A P É N D I C E

A

LISTADO DEL PROGRAMA QBASIC, PARA REALIZAR LOS CÁLCULOS DEL
ÁNGULO DE LEVANTE, DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN CADA UNO DE LOS
EJES Y LA FUERZA QUE REQUIERE EJERCER EL PISTÓN.

REM **** PROGRAMA PARA EL CALCULO DE LAS FUERZAS INVOLUCRADAS EN UN

REM **** EN UN CAMION DE VOLTEO. ASI COMO DEL ANGULO DE LEVANTE ****
REM **** REALIZO: ENRIQUE CRUZ MACEDA ****
REM **** VER: 1.0 *****

REM ****SELECCION DE LA PANTALLA GRAFICA****
10 CLS
SOUND 100, 2
SCREEN 12

REM ****ESTABLECER AREA DE TRABAJO****
WINDOW (-1.5, -2)-(7, 4.5)
VIEW (1, 1)-(560, 350)

REM ****DIBUJAR CAMION****
CIRCLE (1.81, .6), .6
CIRCLE (5.7, .6), .6
CIRCLE (1.81, .6), .36
CIRCLE (5.7, .6), .36
CIRCLE (.9, 1.3), .1
LINE (.9, 1.3)-(3.8, 1), , B, &HCC
LINE (3.8, 1.3)-(3.8, 2.75)
LINE -(4.8, 2.75)
LINE -(5.34, 2.2)
LINE -(6.43, 2.2)
LINE -(6.43, 1.2)
LINE -(6.2, 1.21)
LINE -(5.9, 1.5)
LINE -(5.34, 1.5)
LINE -(5.2, 1.3)
LINE -(3.8, 1.3)
LINE (3.9, 1.25)-(5!, .6), , B
LINE (4.2, .95)-(4.7, .7), , BF
LINE (.92, 1.28)-(9, .4), , BF
LINE (5.34, 2.2)-(5.34, 1.5)
LINE (5.34, 2.2)-(3.8, 2.2)
LINE (4.8, 2.75)-(4.8, 2.2)

REM ****ACOTACION DEL DIBUJO****
LINE (1.81, 0)-(1.81, -1!), 4
LINE -(3.91, -1), 4
LINE -(3.91, .4), 4
CIRCLE (3.91, -1), .04, 4
CIRCLE (1.81, -1), .04, 4
LINE (1.81, -1)-(1.81, -1.5), 4
LINE -(5.7, -1.5), 4
LINE -(5.7, 0), 4
CIRCLE (1.81, -1.5), .04, 4
CIRCLE (5.7, -1.5), .04, 4

REM **** CALCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA CABINA***
CIRCLE (3.91, 1.6), .06, 6
CIRCLE (3.91, 1.6), .03, 5
FOR I = 1 TO 100

```

SOUND 50. 1
NEXT 1
SOUND 500. 1
LOCATE 19, 35
PRINT "L4"
LOCATE 10, 47
PRINT "W3"
LOCATE 20, 44
PRINT "L3"
LOCATE 20, 25
PRINT "RC"
LOCATE 20, 61
PRINT "RD"
LOCATE 2, 7
PRINT "      ; CALCULEMOS LA LOCALIZACION DEL CENTRO DE GRAVEDAD DEL
"
LOCATE 4, 15
PRINT "          CHASIS-CABINA !"

```

```

REM ****INTRODUCCION DE DATOS****

```

```

SOUND 500, 2
LOCATE 23, 5
PRINT " PROPORCIONE EL PESO DEL CHASIS-CABINA (W3) EN kg";
INPUT W3
PRINT " PROPORCIONE LA DISTANCIA ENTRE EJES (L3) EN m";
INPUT L3
PRINT " PROPORCIONE LA CARGA EN EL EJE DELANTERO DEL CHASIS-CABINA
(RD) EN kg";
INPUT RD
IF W3 = 0 OR L3 = 0 OR RD = 0 THEN SCREEN 0: CLS : GOTO 10
L4 = (RD * L3) / W3
PRINT
PRINT " EL CENTRO DE GRAVEDAD DEL CHASIS-CABINA SE LOCALIZA A": L4;
"metros"
PRINT " CON RESPECTO AL EJE TRASERO"
PRINT
PRINT "PRESIONA UNA TECLA PARA CONTINUAR"
DO
LOOP WHILE INKEYS = ""

```

```

REM ****ESTABLECER PANTALLA GRAFICA****

```

```

SCREEN 0
CLS
SOUND 100, 2
SCREEN 12

```

```

REM ****ESTABLECER AREA DE TRABAJO****

```

```

WINDOW (-1.5, -2)-(7, 4.5)
VIEW (1, 1)-(560, 350)

```

```

REM ****DIBUJAR NUEVAMENTE CAMION****

```

```

CIRCLE (1.81, .6), .6
CIRCLE (5.7, .6), .6
CIRCLE (1.81, .6), .36
CIRCLE (5.7, .6), .36

```

CIRCLE (.9, 1.3), .1
LINE (.9, 1.3)-(3.62, 2.53)
LINE -(2.96, 3.62)
LINE -(3.14, 4.05)
LINE -(3.394, 4.23)
LINE -(3.21, 4.5)
LINE -(2.48, 4.06)
LINE -(2.7, 3.7)
LINE -(1, 2.35)
LINE -(85, 1.2)
LINE (3.21, 1.3)-(2.94, 2.2), 5, , &HC11C
CIRCLE (3.21, 1.3), .06, 2
CIRCLE (2.94, 2.2), .06, 2
CIRCLE (1.81, .6), .1
CIRCLE (5.7, .6), .1
LINE (.9, 1.3)-(3.8, 1), , B, &HCC
CIRCLE (.11, 2.35), .05
LINE (.92, 1.28)-(.9, .4), , BF
LINE (3.8, 1.3)-(3.8, 2.75)
LINE -(4.8, 2.75)
LINE -(5.34, 2.2)
LINE -(6.43, 2.2)
LINE -(6.43, 1.2)
LINE -(6.2, 1.21)
LINE -(5.9, 1.5)
LINE -(5.34, 1.5)

LINE -(5.2, 1.3)
LINE -(3.8, 1.3)
LINE (3.9, 1.25)-(5!, .6), , B
LINE (4.2, .95)-(4.7, .7), , BF

LINE (5.34, 2.2)-(5.34, 1.5)
LINE (5.34, 2.2)-(3.8, 2.2)
LINE (4.8, 2.75)-(4.8, 2.2)

REM ****ACOTACION DEL DIBUJO****

LINE (.9, 0)-(.9, -1.5), 4
LINE -(5.7, -1.5), 4
LINE -(5.7, 0), 4
CIRCLE (5.7, -1.5), .05
CIRCLE (1.81, -.5), .05
CIRCLE (3.21, -.5), .05
CIRCLE (.9, -1.5), .05
CIRCLE (1.81, -1.5), .05
LINE (1.81, 0)-(1.81, -1.5), 4
LINE (3.21, 0)-(3.21, -.6), 4
LINE (1.81, -.5)-(3.21, -.5), 4
LINE (1.81, -1)-(3.91, -1), 4
LINE -(3.91, .6), 4
CIRCLE (1.81, -1), .05
CIRCLE (3.91, -1), .05
LINE (.1, 2.35)-(-.252, 2.84), 4
LINE -(2.52, 4.4), 4
LINE -(2.96, 3.62), 4

```

CIRCLE (-.252, 2.84), .03, 4
CIRCLE (2.52, 4.4), .03, 4
CIRCLE (1.9, 2.5), .06, 6
CIRCLE (1.9, 2.5), .025, 7
CIRCLE (3.91, 1.6), .06, 6
CIRCLE (3.91, 1.6), .03, 5
FOR I = 1 TO 100
SOUND 50, .1
NEXT I
SOUND 500, 1
LOCATE 20, 23
PRINT "L1"
LOCATE 20, 43
PRINT "L3"
LOCATE 17, 33
PRINT "L2"
LOCATE 19, 35
PRINT "L4"
LOCATE 3, 22
PRINT "L5"
LOCATE 7, 31
PRINT "W1,W2"
LOCATE 10, 47
PRINT "W3"
LOCATE 9, 39
PRINT "-A-"
LOCATE 23, 5
SOUND 50, 1

```

REM ****INTRODUCCION DE DATOS****

```

PRINT "PROPORCIONE LA DISTANCIA DE LA BISAGRA AL EJE TRASERO (L1) EN m
";
INPUT L1
SOUND 60, 1
PRINT "PROPORCIONE LA DISTANCIA DEL PISTON -A- AL EJE TRASERO (L2) EN m
";
INPUT L2
SOUND 80, 1
PRINT "PROPORCIONE LA LONGITUD DE LA CAJA (L5) EN m ";
INPUT L5
SOUND 90, 1
PRINT "PROPORCIONE EL PESO DE LA CAJA (W1) EN kg ";
INPUT W1
SOUND 100, 1
PRINT " PROPORCIONE EL PESO DE LA CARGA UTIL (W2) EN kg";
INPUT W2
IF L3 < 0 OR L3 = 0 THEN SCREEN 0: CLS : GOTO 10
SOUND 100, 2
PRINT " PRESIONA UNA TECLA PARA CONTINUAR"
DO
LOOP WHILE INKEYS = ""

```

REM ****CALCULO E IMPRESION DE LAS FUERZAS INVOLUCRADAS****

```

PI = 3.1415926#
CONVER = PI / 180

```

```

CLS
SCREEN 0
PRINT "ANGULO", " PISTON", "BISAGRA", "REAC_DEL", "REAC_TRAS"
PRINT "GRADOS", " kg ", " kg ", " kg ", " kg "
PRINT
WC = W1 + W2
L6 = (L5 / 2) - L1
FOR ALFA = 0 TO 90 STEP 5
IF ALFA = 0 THEN
REACDEL = ((WC * L6) + (W3 * L4)) / L3
REACTRAS = WC + W3 - REACDEL
PISTON = 0
BISAGRA = 0
PRINT ALFA, INT(PISTON), INT(BISAGRA), INT(REACDEL), INT(REACTRAS)
END IF
IF ALFA > 0 THEN
ALFA1 = ALFA * CONVER
ANGULO = COS(ALFA1)
PISTON! = ((WC * L5) / (2! * (L1 + L2))) * ANGULO
BISAGRA = WC - (PISTON * ANGULO)
REACDEL = ((PISTON * ANGULO * L2) + (W3 * L4) - (BISAGRA * L1)) / L3
REACTRAS = (BISAGRA) + (PISTON * ANGULO) - REACDEL + W3
PRINT ALFA, INT(PISTON), INT(BISAGRA), INT(REACDEL), INT(REACTRAS)
END IF
NEXT ALFA
SOUND 250, 2
PRINT "DESEAS OTRO CALCULO (SI/NO)"
INPUT RESS
IF RESS = "SI" OR RESS = "si" THEN 10
FOR NN = 250 TO 50 STEP -5
SOUND NN, .4
NEXT NN
END

```