

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA

FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO


Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	José Israel	
Apellido (s):	Monroy Díaz	
Código:	20122375050	
E-mail:	jimd_202@hotmail.com	
Teléfono fijo:	4076855	
Celular:	3125363916	

Ejecutor 2

Nombre (s):	Joan Sebastián	
Apellido (s):	Prada Chaparro	
Código:	20122375083	
E-mail:	Jsebastianprada@gmail.com	
Teléfono fijo:	7963867	
Celular:	3102435255	

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	DISEÑO DE UNA CAJA DE UN VOLTEO SEMI-REMOLQUE MEDIANTE TECNICAS DE OPTIMIZACIÓN	
Duración (estimada):	6 Meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	
	Prestación y Servicios Tecnológicos	X
	Otro	
Modalidad del Trabajo de Grado:		
Línea de Investigación de la Facultad*:	Apoyo tecnológico empresarial	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Diseño en ingeniería mecánica	
Grupo de Investigación:	DISING	
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	DISEÑO, MATERIALES,	

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

**DISEÑO DE UNA CAJA DE UN VOLTEO SEMI-REMOLQUE MEDIANTE
TECNICAS DE OPTIMIZACIÓN**

ANTEPROYECTO DE GRADO

JOAN SEBASTIAN PRADA CHAPARRO

20122375083

JOSE ISRAEL MONROY DIAZ

20122375050

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS

FACULTAD TECNOLÓGICA

INGENIERIA MECANICA

BOGOTÁ, NOVIEMBRE 21 DE 2013

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION
2. JUSTIFICACION
3. OBJETIVOS
 - 3.1 Objetivo general
 - 3.2 Objetivos específicos
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
5. ESTADO DEL ARTE
6. MARCO TEORICO
 - 6.1. ¿Cómo es el funcionamiento de un volteo semirremolque?
 - 6.2. ¿para qué sirve la metodología del QFD?
 - 6.3. Método de elementos finitos
 - 6.4. Diagrama estático en una placa
 - 6.5. Esquema dinámico de una placa
 - 6.6. ¿En que puede influir materiales anti desgaste como el hardox, aceros anti desgaste y de alta resistencia en el diseño del volteo semirremolque?
7. METODOLOGIA
8. DECLARACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD
9. CRONOGRAMA
10. PRESUPUESTO
11. BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCCION

Los convenios comerciales han sido fundamentales para el desarrollo de la economía colombiana y exigen un constante mejoramiento de los procesos ya existentes, conllevando a una mayor disponibilidad y accesibilidad de los bienes, por lo cual como se menciona en el XXVIII Congreso de COLFECAR¹, los progresos deben estar orientados hacia el transporte de carga.

El transporte de carga terrestre está explorando diversas alternativas para mejorar las condiciones de la actividad o reorientarse hacia otras pretensiones del mercado actual, abarcando una mayor capacidad de carga y reduciendo los factores que impiden una mayor diligencia en los tiempos de traslado de las mercancías.

Sin embargo existen déficits estratégicos en la movilidad nacional, tanto así que el 50% de los costos de logística se destinan para el transporte²; sin embargo por medio del transporte de carga terrestre se movilizan más de 190 millones de toneladas de las cuales el 59% son servicios del sector manufacturero, el 22% del sector agrícola y 9% en el sector minero e igual para el sector pecuario³.

La importancia de identificar los elementos sobre los cuales se pueda obtener una ventaja competitiva, incrementaría las ganancias económicas de las empresas que movilizan la carga y a su vez de las que fabrican los vehículos, adicionalmente combinar los requerimientos que precisa cada cliente, con los lineamientos de calidad que rigen los mercados internacionales en cuanto al transporte de carga incluiría una mayor participación económica para las empresas colombianas.

¹ Federación Colombiana de Transportadores de Carga por Carretera

² Duque, Gonzalo "Problemática y posibilidades del sistema de transporte de carga en Colombia" (2008)

³ Ministerio de transporte de Colombia (2012) "Transporte en cifras"

2. JUSTIFICACIÓN:

El crecimiento acelerado de la industria nacional y su masiva importación de productos, ha generado en los últimos 10 años gran demanda en el transporte de carga pesada⁴, sin embargo la creación de nuevas empresas enfocadas en la fabricación de vehículos de carga pesada ha trasladado a la empresa INCA FRUEHAUF de ser la líder del mercado, disminuyendo su productividad anual y reduciendo sus ventas, las anteriores razones mencionadas fomentaron la necesidad de generar nuevos productos, mediante estrategias de diseño y la optimización de estos, que conlleven a la fabricación de un producto que cumpla con las condiciones deseadas por el mercado, utilizando avances tecnológicos para el posterior proceso de manufactura y cumpliendo así con las necesidades de la industria.

Los trabajos en Colombia en optimización se ven reflejados en la parte universitaria como en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas que ha realizado varios trabajos entorno a la optimización por medios de software CAE, CAD y FEA, pero se ha visto muy poco en la industria ya que muchas de las tecnologías innovadoras de productos o servicios vienen implementadas por industrias de países desarrollados, es así que este proyecto quiere de un proceso de evolución y optimización de un diseño en Colombia más explícitamente en la empresa INCA FRUEHAUF desarrollando un diseño nuevo entorno a un equipo de transporte de carga pesada tipo volteo semirremolque y así disminuir la brecha que existe entre la Industria y la academia, y posteriormente dar razones concretas para abrir un posible vínculo entre la empresa y la universidad.

Para que haya una validación por la empresa se va tener un asesoramiento de INCA FRUEHAUF para que cumpla con las expectativas.

Y finalmente desde un punto de vista tecnológico se quiere generar nuevos conocimientos sobre los posibles materiales altamente resistentes aplicados en diseños óptimos en la industria nacional.

⁴ DANE-Comercio exterior – Importaciones, noviembre 2013.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

DISEÑAR UNA CAJA DE UN VOLTEO SEMI-REMOLQUE MEDIANTE TECNICAS DE OPTIMIZACIÓN

3.2. Objetivos específicos

3.2.1. Desarrollar el análisis de la necesidad y contexto actual del comportamiento de los semirremolques.

3.2.2. Analizar el comportamiento mecánico estructural y aporte de masa a un diseño actual de caja de volteo.

3.2.3. Plantear soluciones tecnológicas viables a partir de técnicas de optimización.

3.2.4. Realizar la verificación y refinamiento de la solución seleccionada con la aprobación de la empresa INCA FRUHAUF.

3.2.5. Buscar los materiales óptimos para la aplicación del diseño realizado.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El transporte de carga pesada se ha desarrollado como una actividad fundamental en el sector productivo colombiano, ya que es el medio por el cual se genera la circulación de bienes y se dinamiza la economía, así mismo se debe tener en consideración que el 70% de la carga en el país se moviliza a través del transporte terrestre⁵; inevitablemente el rezago tecnológico presente en los equipos de transporte imposibilita un mayor aprovechamiento de las ganancias económicas y un mejor desarrollo productivo para todo el país.

La fabricación de equipos de carga pesada en la industria colombiana entre 1970 y 1990 generaba poca competencia puesto que existían pocas empresas certificadas que realizaran estas fabricaciones, en especial remolques de tipo volteo, una de los fabricantes de esta maquinaria y líderes en la producción era la empresa INCA FRUEHAUF, en la actualidad la empresa tiene el mismo diseño en el equipo tipo volteo sin que se realice mejoras significativas por lo cual se han reducido sus ventas en gran porcentaje en el equipo, además de lo antes mencionado otros factores que influyen en reducción de a ventas son: la masiva producción de dichos equipos por parte de la competencia con otras empresas colombianas, por las tendencias del mercado y el aumento de remolques importados que poseen mejores características, imposibilitando obtener una mejor ganancia de tipo económico.

Las principales causas de la reducción de ventas en equipos de carga pesada más explícitamente en equipos de volteos semirremolque desde el punto de vista del diseño es la falta de innovación en criterios de selección de materiales que reduzcan el peso, el escaso progreso generado en su aspecto físico ya que por décadas este ha tenido el mismo exterior físico y la falta de impacto visual generado en los clientes.

Es por este motivo que el fin de este proyecto es generar nuevas estrategias en el tipo de diseños y de esta manera generar proyectos adecuados y que cumplan los requerimientos del mercado trayendo a su vez un incremento en la producción y fabricación de estos equipos.

⁵ Ministerio de transporte de Colombia (2012) "Transporte en cifras"

5. Estado del Arte:

Ha sido de gran importancia el llegar a abordar artículos y textos de diferentes autores y tipo que nos lleven a identificar en qué punto ha estado y puede estar para diferentes personas el problema que hemos podido establecer sobre los semirremolques, uno de estos texto que tanto nos ha legado a servir es el titulado: “ANÁLISIS DINÁMICO DE UN CHASIS DE SEMIRREMOLQUE DE SERVICIO PESADO” de los autores: Gerardo Francka, Sergio Gennarob, Bruno Lonardib, José Eichhornb y Alejandro Brunoc es gracias a este que hemos podido visualizar como se nos establece el texto que “El chasis de un semirremolque con vuelco trasero, de servicio pesado, representa la columna vertebral estructural del mismo. Su función principal es soportar el peso de los componentes y accesorios como así también la carga útil a transportar. Cuando el vehículo se desplaza por una carretera o un camino sin pavimentar, el mencionado chasis está sujeto a vibraciones inducidas y a la excitación producida por los componentes vibrantes montados sobre el mismo, dependiendo de la mayor o menor irregularidad del terreno. En la presente simulación computacional, realizamos dos estudios: a) el primero de ellos incluye el análisis estático de la estructura del chasis, calculando tensiones, desplazamientos y deformaciones, para dos estados de carga. Además se determinarán las fuerzas de reacción en las restricciones (ejes) y se verificará el factor seguridad de la estructura. b) El segundo tipo de simulación corresponde al análisis de las características de vibración, calculando frecuencias naturales y modos propios de la estructura, determinando su respuesta, incluyendo la repartición de esfuerzos y desplazamientos bajo condiciones diferentes de carga. Los resultados nos muestran que la causa principal de perturbación es la irregularidad del terreno, evitando que las frecuencias naturales del chasis estén dentro del rango de excitación de las fuerzas. Ambos estudios nos servirán para realizar a futuro un análisis a fatiga y predecir el rango de vida útil del mencionado chasis. Primero realizamos un análisis de tensiones para localizar los puntos críticos, el/los cuales pueden ser factores que causen una falla por fatiga en los componentes de la estructura. Este trabajo se realiza sobre un modelo hipotético de chasis dejando sentada las bases para el cálculo a posteriori de nuevos diseños. Para ellos nos valemos del software comercial SolidWorks Simulation (Cosmos Works Professional) que utiliza el método de elementos finitos para las diferentes simulaciones” es así como en conclusión se puede afirmar que gran parte de los esfuerzos dinámicos que le llegan al volteo se transmiten a partir de las vibraciones causados por los baches de la carretera, además que gran parte de estas vibraciones se pueden disminuir con las suspensión y la localización de esta en la estructura del bastidor del semirremolque, ya que en las zonas críticas o donde se visualizó mayor concentración de esfuerzos se debe ubicar la posición de la suspensión, Gracias a esto la energía que se transmitirá a la caja del volteo

va ser casi nula o muy poca. Y en relación con nuestro tema de investigación personal podemos afirmar que si se requiere optimización para una caja de volteo se debe hacer un adecuado análisis dinámico a la estructura del volteo

Uno más de los textos que nos ha ayudado en nuestra investigación es “QFD APLICADO: COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN DE CARA AL MERCADO” escrito por: DAVID VIÑAS TUBAU, JOSEP TRESSERRAS PICAS, PAULA GONZALEZ SANTAMARIA. En este texto podemos entender que “La metodología de QFD, más allá de la concepción matricial de la casa de la calidad, ha demostrado ser una poderosa herramienta que permite a las empresas concentrar sus esfuerzos en aquellas variables que demuestran real interés en su mercado final. Este principio básico –y de sentido común– suele dificultarse por una falta de visión en la toma de decisiones respecto a los atributos que las empresas incorporan a sus productos, normalmente concentrada en las propias capacidades y dominios. QFD soporta unas herramientas tecnológicas de organización y cálculo, que permite a las empresas estructurar su proceso de toma de decisiones a lo largo del desarrollo del producto, y consiste en proyectar las necesidades de consumidores y usuarios para traducirlas a especificaciones de producto, ponderadas según su nivel de importancia. El Centro CID de la Universidad de Girona, ha organizado un ciclo de trabajo con cinco importantes empresas manufactureras catalanas, para la evaluación de algunos de sus productos en relación al valor y ventajas competitivas esperadas, de acuerdo al análisis de su posición en el mercado. De esta experiencia, se presentarán los fundamentos metodológicos del proceso”, es así como en conclusión El QFD es una metodología que hace más fácil el proceso de conocer lo que el cliente tiene como expectativas importantes frente a un determinado producto, se hace necesario tener claridad tanto en la faceta cuantitativa como en la faceta cualitativa para de esta manera llegar a hacer un contraste real de la oferta específica de cualquier empresa.

Es así como la metodología QFD ayuda a la empresa a hacer haga ajustes tanto a los productos actuales como futuros basándose en el análisis que se refleja en los resultados.

Y en relación con nuestro proyecto podemos decir que Para empezar hacer un nuevo diseño entorno a la caja del volteo semirremolque se debe tomar la estrategia del QFD para realizar la matriz de calidad, para que el diseño que se realice sea el óptimo para el mercado, ya que lo deseado en el proyecto es cumplir gran parte de las necesidades del cliente y cumpla con los requerimientos de diseño del producto.

Otro más de los textos es: “DISEÑO ÓPTIMO DE UN SEMIREMOLQUE PARA VEHICULOS DE CARGA.” El cual fue escrito por: Acero Efraín y Ruiz Víctor, ellos nos explican como el “Diseño orientado a optimizar el comportamiento mecánico de un semirremolque del tipo plataforma para vehículos de carga. Se utiliza el QFD (Despliegue de Función de Calidad, por sus siglas en inglés) para establecer requerimientos de los clientes de este tipo de equipos, a través del uso de herramientas CAD CAE se obtiene el comportamiento mecánico del semirremolque y a partir de este resultado se planteó una estrategia de optimización topológica con el fin de disminuir peso en las vigas estructurales sin comprometer la resistencia mecánica del equipo. Se logró una reducción cercana al 13% de la masa de todo el conjunto de partes del semirremolque”.

En conclusión: La utilización de QFD como una estrategia que permite un adecuado análisis inicial no solo permite una apropiada esquematización de las gestiones que se deben realizar, sino que es un tema fundamental para confrontar el diseño final con los requerimientos establecidos por los clientes

La simplificación de los modelos es la mejor manera de llegar a una solución confiable sin incurrir en un error significativo, para lo cual se deben utilizar aproximaciones bidimensionales y conjuntamente estudiar las condiciones críticas, el análisis tridimensional presenta magnitudes de esfuerzos y deformaciones tenderán a disminuir contrario a aumentar.

Y en relación con nuestro tema de investigación podemos afirmar que el texto tiene gran implicación en el proyecto de investigación puesto que expone gran parte del análisis inicial que se abarcara mediante el uso del método QFD que relaciona las necesidades de los clientes y del mercado con los objetivos que representan la posible solución.

6. MARCO TEÓRICO:

6.1 ¿Cómo es el funcionamiento de un volteo semirremolque?

El volteo es un equipo tipo semirremolque utilizado para transportar mercancías pesadas como materiales de construcción su funcionamiento está en para descargar su producto lo hace girando su caja horizontal o verticalmente por medio de un pistón o pistones hidráulicos.

EL volteo está compuesto por una caja, un bastidor un acoplador puentes intermedios una suspensión, cilindro de levante y otros subsistemas que hacen que el equipo funcionen adecuadamente, estos semirremolque pueden ser apoyados por dos o tres ruedas dependiendo de su utilización

Un remolque tipo volteo tiene la capacidad de soportar cargas en función del número de ejes provistos en él, el diámetro de sus ejes y el tipo de rodamiento sobre el mismo. Es muy importante que la capacidad de carga del semirremolque nunca deba ser excedida. Ya que pueden generar daños en el cuerpo del equipo hasta daños a carreteras y superficies, pero en un semirremolque tipo volteo el mayor riesgo es que presente falla el equipo hidráulico que hace el trabajo de voltear el remolque durante el proceso de descarga. El proceso de inflexión requiere una gran cantidad de poder que el sistema hidráulico es capaz de ofrecer. La sobrecarga también causa graves daños a sistema de frenado del remolque que puede terminar en un desastre en caso de un fallo de funcionamiento.

6.2 ¿Para qué sirve la metodología del QFD?

La metodología del QFD es una estrategia de diseño para implementar la función de calidad QFD, por las siglas inglesas de (Quality Función Deployment) o despliegue de la función de calidad en la cual por medio de métodos se observa y se escucha lo que el mercado solicita, es escuchar la voz del cliente para así mismo cumplir en gran parte las expectativas que tiene esté acerca del producto, en este proceso de diseño se desea establecer una serie de demandas establecidas por el cliente para posteriormente jerarquizarlas mediante el grado de importancia, para aplicar los mayores recursos en las demandas y expectativas de mayor valor pero a la vez no descuidar los demás aspectos o requerimientos que se solicita.

Para establecer una metodología práctica se utiliza una matriz de calidad también llamada la “la casa de la calidad” para plantear y relacionar los requerimientos del cliente, los parámetros de diseño, la competencia o el “bench marking”, el valor agregado y llegar a una serie de diseños conceptuales que me puedan generar una serie de posibilidades a la solución del problema

Esta técnica del QFD nació en Japón en la década de 1960 y sus metodologías se fueron expandiendo hasta el día de hoy. Desde sus inicios fue considerada parte fundamental en la gestión total de la calidad, conocida en aquel país como Total Quality Control (TQC), y fue diseñada específicamente para la creación de nuevas aplicaciones y productos. En esta época se empezó a valorar la importancia de la calidad del diseño, y esta sirvió como una palanca motivadora para la creación del QFD.

Otro elemento de incentivo fue que, en el tiempo previo a la etapa de producción, no existían gráficas de control de calidad de los procesos; en palabras de Akao, uno de los creadores del concepto del QFD:

"En el momento en que se determina la calidad del diseño, deberían existir los puntos críticos de aseguramiento de la calidad necesarios para asegurar ciertas cualidades. Me pregunté entonces por qué no podíamos destacar estos puntos críticos en la gráfica de control de calidad del proceso como puntos predeterminados de control o puntos de verificación para la actividad de manufactura, antes de comenzar con la producción."

La gran importancia y ventajas del QFD es que integra en la matriz de calidad los aspectos más importantes al empezar un diseño de un producto, ya que es un gráfico que reúne tanto los requerimientos del cliente, menciona las características técnicas para satisfacerlos y da la posibilidad de evaluar el producto a diseñar con productos que ya se hayan fabricado, pero la ventaja de esta metodología no solo se basa en un gráfico, sino que ayuda a establecer una idea en general para brindar una mayor información a todos los integrantes del proyecto para así lograr una mayor calidad ya que cada elemento del proyecto va enfocado hacia el mismo objetivo ya que este va estar más claro y de esta forma, se comprende mejor la importancia de los datos, se facilita el diálogo, se asignan prioridades, y se establecen métricas todo ello sin perder el contacto con el cliente y con los productos de los competidores

Como no lo menciona el artículo Enrique Yacussi y Fernando Martin es su artículo acerca del QFD 5 "Más allá de estos enfoques cuantitativos—cuya relevancia en las etapas iniciales de un programa de calidad comentamos—el QFD se caracteriza por su carácter cualitativo. En las últimas décadas viene haciéndose notoria una tendencia de trabajo que, sin descuidar el análisis estadístico en las aplicaciones del marketing, presta especial atención a los elementos cualitativos, que permiten conocer mejor al cliente y contribuir a un tiempo al control de los costos: el QFD se inscribe en esta tendencia"

Es así que gracias a QFD se puede llegar a excelentes conclusiones como las que le han arrojado a compañías que han utilizado esta metodología por años como compañías japonesas como TOYOTA o compañías norteamericanas como la FORD que muestra las grandes ventajas entorno a la competitividad en el sector industrial

6.3. Método de elementos finitos

MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico mediante el cual por matrices y ecuaciones diferenciales se pueden obtener aproximaciones de análisis a soluciones de problemas de ingeniería y física, donde inicialmente se utilizaba para solucionar problemas de geometría complicadas de estructuras mecánicas pero al paso de los años se fue adoptando para múltiples propósitos, como análisis de fluidos, transferencia de calor y optimización entre otros.

El MEF permite obtener soluciones numéricas acertadas sobre un cuerpo, estructura o dominio, al cual se le aplican una serie de condiciones que pueden ser simuladas a través de funciones matemáticas, al interior de cada elemento es analizado por medio de la división de este en puntos significativos también denominados Nodos, el conjunto de nodos crea una malla que representa una idealización del elemento lo que permite el análisis de todo el conjunto, el conjunto de elementos presentes en un análisis por FEM forma una interacción del dominio también denominada discretización, que ayuda a construir un algoritmo de proyección sencilla, logrando conjuntamente que la solución por el método de elementos finitos sea generalmente exacta en un conjunto de puntos.

La solución de algoritmos por elementos finitos conlleva a una serie etapas que inicia con la reformulación del problemas en forma variacional, el dominio de variables independientes deben dividirse mediante subdominios llamados elementos finitos asociados a espacios vectoriales, permitiendo la solución aproximada numérica a través de una combinación lineal en dicho espacio vectorial, posteriormente se obtiene la proyección del problema variacional sobre el elemento finito, y dando lugar a un número de ecuaciones finitas de las cuales las incógnitas presentes serán iguales los espacios vectoriales de elementos finitos, por último la etapa de la realización del cálculo numérico para dar solución al problema.

La teoría de la optimización está constituida por una serie de resultados, relacionados con métodos numéricos enfatizados en buscar la mejor elección en un conjunto de alternativas, sin tener necesariamente que evaluar todas las alternativas, los diferentes tipos de optimización dependen de las variables de diseño utilizadas, que por lo general para evaluar proyecto del área ingenieril se basan en cuatro ítems, el primero por lo general se plantea como un ítem fijo y corresponde a material de trabajo, los otros parámetros son las propiedades de la sección, la geometría y la topología de la estructura

6.4. Diagrama estático en una placa

Las placas poseen estructuras continuas, y donde su espesor es constante o variable y mucho menor que las dimensiones transversales de elemento, la teoría expresada por Kirchhoff en 1850, donde menciona que las secciones rectas que se encuentran perpendiculares al plano medio de la placa permanezcan rectas y perpendiculares al plano, y en consecuencia el giro que sufre una sección recta perpendicular al plano medio de la placa es igual a la pendiente de dicho plano ver figura, implican despreciar la deformación cortante existente transversalmente.

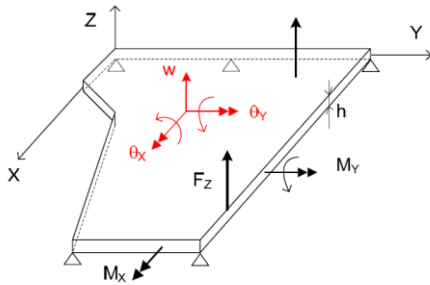


Figura 1. Placa plana a flexión.

EL estado de tensiones en la placa tiene cinco componentes ver figura, para simplificar el análisis, estas tensiones se agrupan en dos vectores diferentes, dado que los esfuerzos en el eje z son iguales a cero, solo existen las tres deformaciones unitarias situadas en el plano XY, la relación entre la tensión y las

$$\sigma = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} - \begin{Bmatrix} \varepsilon_{0x} \\ \varepsilon_{0y} \\ \gamma_{0xy} \end{Bmatrix} \end{pmatrix}$$

deformaciones unitarias es.

$$\sigma = \mathbf{D}(\varepsilon - \varepsilon_0)$$

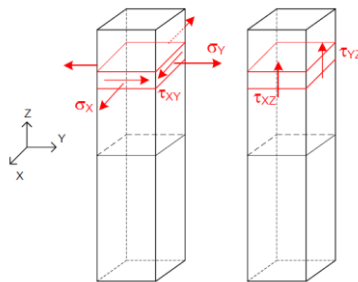


Figura 2. Estado de tensiones en una placa

Siendo \mathbf{D} la matriz elástica y $\mathbf{0} \ \boldsymbol{\varepsilon}$ el vector de deformaciones unitarias iniciales. Cuando está originado por una variación de temperatura T este vector tiene el valor siguiente:

$$\boldsymbol{\varepsilon}_{0T} = \begin{Bmatrix} \alpha T \\ \alpha T \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Las tensiones cortantes verticales τ son proporcionales a las deformaciones unitarias correspondientes γ , que según la hipótesis de deformación efectuada son ambas nulas.

Los esfuerzos internos correspondientes a tensiones se dividen en momentos flectores que son el momento estático de las tensiones respecto al plano medio de la placa, por unidad de anchura de la misma, el momento torsor que indica el momento estático de las tensiones cortantes situadas en el plano de la placa, respecto al plano medio de la misma, y por último Esfuerzos cortantes. Son la resultante de las tensiones cortantes transversales a la placa

$$M_x = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_x z \, dz \quad M_y = \int_{-h/2}^{+h/2} \sigma_y z \, dz \quad M_{xy} = \int_{-h/2}^{+h/2} \tau_{xy} z \, dz \quad \begin{Bmatrix} Q_{xz} \\ Q_{yz} \end{Bmatrix} = \int_{-h/2}^{+h/2} \begin{Bmatrix} \tau_{xz} \\ \tau_{yz} \end{Bmatrix} dz \quad Q = \int_{-h/2}^{+h/2} \tau \, dz$$

Momentos flectores. **Momento torsor.** **Esfuerzos cortantes.**

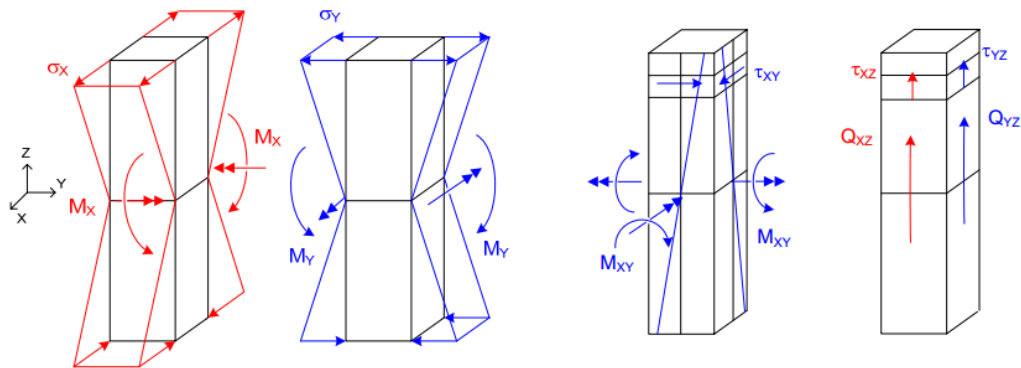


Figura 3. Esfuerzos de flexión y esfuerzos cortantes y de torsión en una placa

6.5. Esquema Dinámico De una Placa

El análisis de una estructura sometida a fuerzas exteriores que son variables con el tiempo y por lo cual sus deformaciones y tensiones también varían con el tiempo, dando lugar a un análisis de tipo dinámico, en el que además de los elementos presentes en el sistema como son, hay que tener en cuenta también sus características de inercia que en general serán fuerzas de volumen, fuerzas de superficie, y fuerzas puntuales.

Utilizando el principio de D'Alembert, se aplican sobre el sólido las fuerzas de inercia producidas por las aceleraciones, las cuales tienen la consideración de fuerzas distribuidas sobre todo el volumen del sólido y cuyo valor es:

$$\mathbf{q}_{IN} = \begin{Bmatrix} q_{INx} \\ q_{INy} \\ q_{INz} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} -\rho \ddot{u}_x \\ -\rho \ddot{u}_y \\ -\rho \ddot{u}_z \end{Bmatrix} = -\rho \ddot{\mathbf{u}}$$

La ecuación de equilibrio del sólido se puede obtener de la misma forma que para el caso estático, sin más que incluir entre las fuerzas de volumen a las fuerzas de inercia.

$$\frac{\partial \sigma_{ix}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{iy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{iz}}{\partial z} + q_{vi} = \rho \ddot{u}_i \quad i \equiv x, y, z$$

El aplicarse sobre el sólido una variación virtual al campo de deformaciones $\delta \mathbf{u}$, el trabajo virtual producido por las fuerzas de volumen y de superficie es:

$$\delta W = \int_v \delta \mathbf{u}^T \mathbf{q}_v dv + \int_s \delta \mathbf{u}^T \mathbf{q}_s ds$$

El trabajo virtual producido por las fuerzas de inercia es:

$$\delta W_{IN} = \int_v \delta \mathbf{u}^T \mathbf{q}_{IN} dv = - \int_v \delta \mathbf{u}^T \rho \ddot{\mathbf{u}} dv$$

Según el principio de Hamilton equivalente en régimen dinámico al principio de la mínima energía potencial, se define la función lagrangiana $L=T-U-V$, con lo que el principio puede enunciarse diciendo que: de todas las posibles configuraciones que una estructura puede adoptar a lo largo de un intervalo de tiempo $[t1, t2]$, aquélla que satisface el equilibrio es la que hace estacionaria la integral de la lagrangiana L durante dicho intervalo de tiempo.

Si se considera un elemento cualquiera, sobre él actúan las siguientes fuerzas: las fuerzas exteriores de volumen, las fuerzas exteriores de superficie aplicadas en el contorno libre del elemento, y las fuerzas interiores de superficie aplicadas en el contorno de unión del elemento con los elementos vecinos, que son desconocidas. Se consideran asimismo fuerzas puntuales aplicadas sobre sus nudos como se indica en la figura

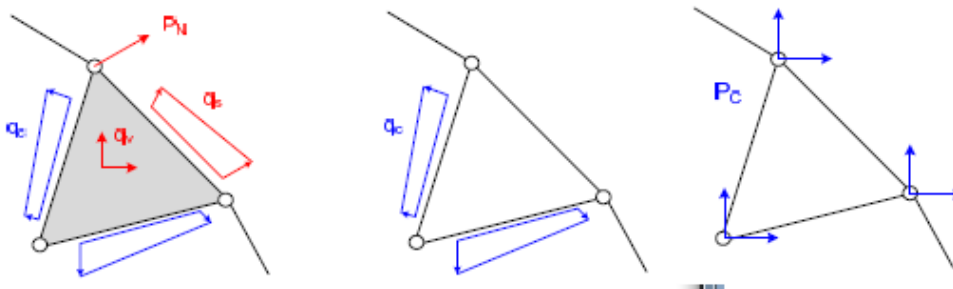


Figura 4. Fuerzas aplicadas sobre un elemento y las fuerzas nodales equivalentes a la fuerzas de conexión.

Aplicando el principio del trabajo virtual, se obtiene la ecuación de equilibrio dinámico del elemento:

$$\int_v \delta \mathbf{u}^T \mathbf{q}_v dv + \int_s \delta \mathbf{u}^T \mathbf{q}_s ds + \int_c \delta \mathbf{u}^T \mathbf{q}_c ds + \delta \delta^{\epsilon T} \mathbf{P}_N^e - \int_v \delta \mathbf{u}^T \rho \ddot{\mathbf{u}} dv$$

$$= \int_v \delta \epsilon^T \boldsymbol{\sigma} dv$$

Comparando con la ecuación obtenida en el caso estático, se identifican en ella los mismos términos que en dicho caso estático, y un único término nuevo, que corresponde a las fuerzas de inercia, el nuevo término, se identifica la *matriz de inercia* del elemento:

$$\mathbf{M}^e = \int_v \mathbf{N}^T \rho \mathbf{N} dv$$

Esta matriz representa la distribución de masas en el interior del elemento y en consecuencia define las fuerzas de inercia que aparecen en sus grados de libertad, al aplicarse unas aceleraciones unitarias a dichos grados de libertad.

7. METODOLOGÍA:

- ✓ Desarrollar el análisis de la necesidad y contexto actual del comportamiento de los semirremolques.

- Definir requerimientos del cliente
 - Definir requerimientos de diseño
 - Realizar un bench marking
 - Realizar la matriz de calidad

- ✓ Analizar el comportamiento mecánico estructural y aporte de masa a un diseño actual de caja de volteo.

- Simplificar el modelo 3D existente en un programa CAD
 - Simular el diseño actual con cargas estáticas a la que se va a estar sometido
 - Simular el diseño actual en cargas dinámicas a la que va estar sometido

- ✓ Plantear soluciones tecnológicas viables a partir de técnicas de optimización.

- Parametrizar las principales variables del diseño
 - Generar tres diseños conceptuales a partir de los principales parámetros.
 - Definir el diseño conceptual más óptimo.

- ✓ Realizar la validación y refinamiento de la solución seleccionada con la aprobación de la empresa INCA FRUHAUF

- Realizar el diseño en Software CAD
 - Realizar análisis estático por medio de un software FEA
 - Análisis dinámico por medio de un software FEA
 - Realizar la optimización
 - Evaluar su factibilidad
 - Realizar diseño final
 - Entregables (Diseño final en programa CAD, Análisis de esfuerzos)

- ✓ Buscar los materiales óptimos para la aplicación del diseño realizado

- Realizar una investigación sobre materiales existentes en el mercado que cumplan con los requerimientos de diseño.

8. DECLARACION DE CONFIDENCIALIDAD

La información suministrada por la empresa INCA FRUEHAUF –INCA S.A. es propiedad de ésta, por la cual no puede ser copiada, utilizada o reproducida sin autorización escrita de INCA FRUEHAUF- INCA S.A

Además se hará un acuerdo de confidencialidad de la empresa con los participantes del proyecto con el fin de restringir la información y los resultados del mismo.

9. CRONOGRAMA:

	ACTIVIDADES	DEPENDENCIA	DURACIÓN (semanas)
1	<i>Desarrollar el análisis de la necesidad y contexto actual del comportamiento de los semirremolques</i>		
1,1	Definir requerimientos del cliente	Ninguna	0.25
1,2	Definir requerimientos de diseño	Ninguna	0.25
1,3	Realizar un bench marking	Ninguna	0.25
1,4	Realizar la matriz de calidad	Ninguna	0.25
			1
2	<i>Analizar el comportamiento mecánico estructural y aporte de masa a un diseño actual de caja de volteo.</i>		
2,1	Simplificar el modelo 3D existente en un programa CAD	1	0.5
2,2	Simular el diseño actual con cargas estáticas a la que se va a estar sometido	1	1.5
2,3	Simular el diseño actual en cargas dinámicas a la que va estar sometido	1	1
			3
3	<i>Plantear soluciones tecnológicas viables a partir de técnicas de optimización</i>		
3,1	Parametrizar las principales variables del diseño	1 y 2	1
3,2	Generar tres diseños conceptuales a partir de los principales parámetros	1 y 2	1
3,3	Definir el diseño conceptual más óptimo	1 y 2	1

			3
4	La validación y refinamiento de la solución seleccionada. realizar		
4,1	Realizar el diseño en Software CAD	3	1
4,2	Realizar análisis estático por medio de un software FEA	3	1
4,3	Análisis dinámico por medio de un software FEA	3	1
4,4	Realizar la optimización	3	1
4,5	Evaluar su factibilidad	3	1
4,6	Realizar diseño final	3	1
4,7	Entregables (Diseño final en programa CAD, Análisis de esfuerzos)	3	1
			7
5	Buscar los materiales óptimos para la aplicación del diseño realizado		
	Realizar una investigación sobre materiales existentes en el mercado que cumplan con los requerimientos de diseño	4	10
			10
	DURACIÓN DEL PROYECTO		24

10. PRESUPUESTO



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

DISEÑO ÓPTIMO DE UNA CAJA DE UN VOLTEO SEMI-REMOLQUE

SIMIG

21/10/2013

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO

RUBROS	Fuentes de Financiamiento				Total
	Centro de Investigaciones UAC	Facultad / Programa	Otras fuentes Externas	Inca Fruehauf	
1. Personal Científico	\$ 2.400000,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0	\$ 2'400.000
2. Personal de Apoyo	\$ 0	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 350.000	\$ 350.000
3. Consultoría especializada y Servicios Técnicos externos	\$ 0,00	\$ 2.000.000,00	\$ 0,00	\$ 2'000.000	\$ 4.000.000
4. Materiales e Insumos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
5. Trabajo de Campo	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 250.000,00	\$ 250.000,0
6. Equipos	\$ 0,00	\$ 200.000,00	\$ 0,00	\$ 100.000,00	\$ 300.000,0
7. Bibliografía	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
8. Material de difusión y Promoción de resultados	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,0
TOTAL PRESUPUESTO DEL PROYECTO	\$ 2.400000'0	\$ 2.200.000	\$ 0,00	\$ 2700.000	\$ 7.300.000

1. PERSONAL CIENTIFICO										
Nombres y Apellidos	Tipo de Contrato	Función dentro del Proyecto	Valor Hora (\$)	Dedicación Horas/semana	No. de Semanas	Fuentes de Financiamiento				
						Centro de Investigaciones	Facultad / Programa	Otras Fuentes Externas	Contrapartida UAC	SUB-TOTAL
1. Víctor Ruiz	Instructor	Investigador Principal	\$ 60.000,00	5	24	\$ 2.440.800	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 2.440.800
2. José Monroy	Titular	Co-Investigador	\$ 30.000,00	20	24				\$ 5.374.080	\$ 5.374.080
3. Sebastián Preada	Titular	Co-Investigador	\$ 30.000,00	20	24				\$ 5.374.080	\$ 5.374.080
<i>SUB-TOTAL</i>						\$ 2.440.800	\$ 0	\$ 0	\$ 10.748.160	\$ 13.188.960
<i>SUB-TOTAL</i>						\$ 0		\$ 0		\$ 0
3. CONSULTORIA ESPECIALIZADA Y SERVICIOS TECNICOS EXTERNOS										
Descripción	Justificación				Fuentes de Financiamiento					
					Centro de Investigaciones	Facultad / Programa			SUB-TOTAL	
1. Software ANSYS	Realizar análisis por elementos finitos				\$ 0	\$ 1.000.000		\$ 1.000.000		
2. Software Inventor	Simular el diseño actual y final				\$ 0	\$ 1.000.000		\$ 1.000.000		
3. Consultoria especializada	INCA FRUEHAUF				\$ 0	\$		\$ 0		
<i>SUB-TOTAL</i>					\$ 0	\$ 2.000.000		\$ 2.000.000		
5. TRABAJO DE CAMPO										
Descripción	Justificación	No. De días	No. De personas	Costo/día de estadía por persona	Transporte por persona (ida/vuelta)	Fuentes de Financiamiento				
						Centro de Investigaciones	Facultad / Programa	Inca Fruehauf	SUB-TOTAL	
3. Solicitado a la empresa	Recolección de información existente	5	1			\$ 0	\$ 0	\$ 250.000	\$ 250.000	
<i>SUB-TOTAL</i>						\$ 0	\$ 0	\$ 250.000	\$ 250.000	

6. EQUIPOS

Descripción	Justificación	Cantidad	Fuentes de Financiamiento			
			Centro de Investigaciones	Facultad / Programa	Inca Fruehauf	SUB-TOTA7
1. Alquiler de PC	Computador con las características suficientes para ejecutar los software	2	\$ 0	\$ 200.000	\$ 500.000	\$ 700.000
<i>SUB-TOTAL</i>			\$ 0	\$ 200.000	\$ 500.000	\$ 700.000

11. BIBLIOGRAFÍA

Franck, G., Gennaro, S., Loanardi, B. Eichhorn, J. Bruno, A., Análisis dinámico de un chasis de semiremolque de servicio pesado. Mecánica computacional, XXVIII, 503-517.

Meléndez, M., Castejón, L., Valladares, D., (2012) Optimización topológica de los largueros del bastidor de un semirremolque de tipo bañera. Proyecto de finalización de carrera profesional, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.

Marino, M., Costamagna, M., Tais, C., Estudio de aceros microaleados de alta resistencia para su empleo en semirremolques. Mecánica computacional, XXX, 91-97

Ruiz, V., Acero E., Diseño óptimo de un semirremolque para vehículos de carga. Tecnura, XVI, 129-139.

Akao, Y. (Ed.), 1990a. Despliegue de la Función de Calidad: La integración de los requisitos del cliente en el diseño de Producto. Productivity Press, Cambridge, M A