

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

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s):	Uriel Alejandro
Apellido (s):	Español Marroquin
Código:	20152375004
E-mail:	uaemud@hotmail.co
Teléfono fijo:	-
Celular:	3194558525



Ejecutor 2

Nombre (s):	Sergio David
Apellido (s):	Montaña Canizales
Código:	20151375018
E-mail:	sdmontanac@gmail.com
Teléfono fijo:	-
Celular:	3193295194



INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DESTALONAR EL ALAMBRE DE LAS LLANTAS EN LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE NACIONAL	
Duración (estimada):	11 semanas	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	O	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Proyecto de	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico local e institucional	
Línea de Investigación del Proyecto	Diseño en ingeniería mecánica	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de		
Áreas del conocimiento que involucra:	Diseño, Investigación Documental	

INFORMACIÓN PASANTÍA

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

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.)	Ing. Carlos Arturo Bohórquez Avila
Proyecto de Pasantía: (Tutor):	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo.	

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DESTALONAR EL
ALAMBRE DE LAS LLANTAS EN LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE
NACIONAL.**

**SERGIO DAVID MONTAÑA CANIZALES
COD: 20151375018
URIEL ALEJANDRO ESPAÑOL MARROQUIN
COD: 20152375004**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2016**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA DESTALONAR EL
ALAMBRE DE LAS LLANTAS EN LA INDUSTRIA DEL RECICLAJE
NACIONAL.**

**SERGIO DAVID MONTAÑA CANIZALES
COD: 20151375018
URIEL ALEJANDRO ESPAÑOL MARROQUIN
COD: 20152375004**

Proyecto de grado para optar al grado de Ingeniero Mecánico

**PRESENTADO A:
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2016**

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG.
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	4
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2. ESTADO DEL ARTE	5
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. OBJETIVOS	8
4.1 OBJETIVO GENERAL	8
4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
5. MARCO TEÓRICO	8
5.1 ¿CÓMO ES EL FUNCIONAMIENTO DE UNA DESTALONADORA?	8
5.2 ¿PARA QUÉ SIRVE LA METODOLOGÍA QFD?	9
5.3 MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS	10
5.4 DIAGRAMA ESTÁTICO EN UNA PLACA	11
5.5 ESQUEMA DINÁMICO DE UNA PLACA	13
6. METODOLOGÍA GENERAL	14
7. CRONOGRAMA	15
8. RECURSOS	16
8.1 RECURSOS MATERIALES	16
8.2 RECURSOS HUMANOS	16
8.3 RECURSOS ECONÓMICOS	16
9. COSTOS	17
10. BIBLIOGRAFÍA	18

RESUMEN

A partir de esta propuesta se desea plantear el diseño de una máquina para destalonar (extraer el alambre interno) de las llantas, con la tentativa de su posible construcción a futuro y aplicación en la industria nacional del reciclaje, además de hacer parte fundamente de una línea de pulverizado de llanta reciclada, será un paso para la creación de una línea de pulverizado de diseño propio con la que se desea incursionar en el mercado nacional a mediano plazo.

INTRODUCCION

Los procesos para la reutilización de llantas a nivel nacional han sido fundamentales para la mejora del medio ambiente y la reducción de factores contaminantes. Dicho proceso exige un constante mejoramiento de los subprocesos que lo componen y que se practican en la manufactura actual de algunos países. Algunos métodos se vinieron incursionando en el país pero ante la ausencia de normas que regularan el uso que se les daba a estos residuos, por un tiempo estuvo en discusión el uso de técnicas que permitieran aprovechar de nuevo este elastómero una vez termina su vida útil como llanta. No obstante, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en su momento, reglamentó el manejo de llantas usadas a través de la Resolución Nacional 1457¹.

El proceso para el aprovechamiento de las llantas usadas está explorando diversas alternativas para mejorar las condiciones de la actividad o reorientarse hacia otras pretensiones del mercado actual, abarcando nuevos métodos que entreguen un material limpio, que dé mayores opciones para su uso y reduzca los factores que impiden su comercialización.

Sin embargo a nivel nacional en el momento existen métodos rústicos para el procesamiento del material, que carecen de aspectos como seguridad para el operador y en muchos casos por tratarse de maquinaria sin especificaciones de diseño, constantes fallas.

La importancia de identificar los elementos sobre los cuales se pueda obtener maquinaria para realizar una correcta extracción de la materia prima reutilizable en llantas, incrementaría las ganancias económicas de las empresas que están incursionando en este mercado y a su vez de las que fabrican este tipo de maquinaria a nivel nacional, adicionalmente combinar los requerimientos que precisan empresas que están en este mercado, con los lineamientos de calidad que rigen los mercados internacionales en cuanto a este tipo de maquinaria incluiría una mayor participación económica para las empresas colombianas que se encuentran aventurando en este mercado.

¹busca otorgar responsabilidades a los actores principales involucrados en la cadena de manejo de "llantas usadas y no conformes".

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

El sector del reciclaje se viene posicionando como una alternativa de ingresos económicos en países como Colombia, donde en los últimos años hay un mayor acceso al automóvil. Al elevarse el poder adquisitivo de las clases de ingresos medios, más acceso al crédito, reducción de los precios de venta, más oferta de autos usados, crecimiento de la población, menos habitantes por hogar y escasa aplicación de políticas estructuradas en el transporte urbano² se entiende que a su vez se desechan grandes cantidades de residuos generados por automotores al día, es evidente que consigo llegan residuos sólidos como las llantas que terminan su vida útil como llantas para vehículos, pero, como materia prima para otras aplicaciones tienen vigencia.

La venta de equipos para triturado y pulverizado de llantas en la industria colombiana ha generado poca competencia ya que existen pocas empresas que construyen estos equipos, en muchos casos se opta por importar maquinaria de países como China. En la actualidad las empresas tienen los mismos diseños de máquinas para destalonar (extraer el alambre de las llantas), sin haber mejoras significativas en aspectos como consumo de energía, protección al operario y facilidad en el mantenimiento. En general lo que se ha hecho en Colombia con este tipo de equipos es copiar los diseños que se importan.

Las principales causas que no dejan aumentar las ventas en maquinaria para el triturado de llantas producido por la industria nacional más explícitamente en equipos para destalonar llantas 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 se ha copiado la apariencia de maquinaria de otros países y la falta de impacto visual generado en los clientes.

Es por este motivo que el fin de este proyecto es diseñar una máquina para destalonar el alambre de las llantas que cubra aspectos importantes como la protección al operario, reducción en peso de la máquina, apariencia atractiva para el cliente y facilidad constructiva.

2. ESTADO DEL ARTE

Fue importante el abordar artículos, textos y personas naturales, no solo científicas y de vínculo con la ingeniería que nos lleven a identificar en qué punto ha estado y puede estar para diferentes personas la temática que deseamos abordar sobre la maquinaria para el triturado de llantas, uno de estos textos que tanto nos ha llegado a servir es el titulado: "DISEÑO DE UN TRITURADOR DE NEUMÁTICOS USADOS CAPACIDAD 1 Ton/h PARA LA EMPRESA MUNICIPAL DE CUENCA (EMAC) " de los autores: Christian Mendez Peñaloza y Franklin Solano Arias, es gracias a este que hemos podido visualizar como se establece en dicho trabajo que "El chasis o la estructura de este tipo de

² Ian Thomson, Alberto Bull "La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales" Revista de la Cepal 76 Abril de 2002.

maquinaria, la cual presta un servicio muy 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 generada al cumplir su tarea. Cuando la máquina está en operación el mencionado chasis está sujeto a vibraciones inducidas y a la excitación producida por los componentes vibrantes montados sobre el mismo. En la presente simulación computacional, realizamos tres estudios: a) análisis del eje del triturador b) análisis del eje con cuchillas c) análisis de los componentes estructurales. Los tres estudios nos servirán para realizar a futuro un análisis de nuestra propuesta de máquina. Primero realizamos un análisis de tensiones para localizar los puntos críticos de la estructura, 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 estructura dejando sentada las bases para el cálculo a posteriori de nuevos diseños. Para ellos nos valemos del software comercial Autodesk Inventor 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 a este tipo de maquinaria se transmiten a partir de las vibraciones causadas por la oposición del material de las llantas a romperse.

Otro texto por recomendación es “QFD APLICADO: COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN DE CARA AL MERCADO” escrito por: DAVID VIÑAS TUBAU, JOSEP TRESSERRAS PICAS, PAULA GONZALEZ SANTAMARIA. Aquí se explica de manera detallada 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”, se puede afirmar que El QFD es una metodología que hace más fácil conocer lo que el mercado tiene como expectativas importantes frente a un determinado producto, se debe tener claridad para llegar a hacer un contraste real de la oferta específica de cualquier empresa.

Es así como la metodología QFD permite ajustes empresariales tanto a los productos actuales como futuros basándose en el análisis que se refleja en los resultados aplicado a nuestro proyecto, al iniciar el diseño de una máquina para destalonar llantas es necesario el 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: “ANÁLISIS DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN SELECTIVA Y GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS LLANTAS USADAS DESARROLLADO POR LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA (ANDI)” por Ana Milena Muñoz Montaño, donde además de darnos diferentes alternativas en los procesos de

reutilización de llantas se menciona que “El sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas, es uno de los primeros instrumentos que permite tener control en la generación de este residuo, cambiando la forma de una economía lineal que se basa en la extracción, producción, consumo y disposición final de un producto, a una economía circular en la cual se considera al residuo en un recurso que puede formar nuevamente parte de la cadena de producción“, a partir de ello se da validez para pensar que éste proyecto será un aporte para beneficio de dicha cadena mencionada.

Finalmente el uso de QFD como una estrategia que permite un adecuado análisis inicial, da un esquema primario de las gestiones que se deben realizar, y es un tema fundamental para confrontar el diseño final con los requerimientos establecidos por los clientes.

En la simulación el simplificar los modelos es una buena forma de llegar a una solución confiable sin incurrir en un error grave, para ello se deben utilizar aproximaciones bidimensionales además de estudiar las condiciones críticas, el análisis tridimensional presentar magnitudes de esfuerzos y deformaciones tenderán a disminuir contrario a aumentar.

Para nuestro tema de investigación cada uno de los textos consultados además de la bibliografía nos describen procedimientos que se han propuestos en los objetivos, y dan una tentativa al campo en el que se desea incursionar.

3. JUSTIFICACIÓN:

Debido al entorno del mercado nacional que se ha generado en el campo del reciclaje y la reutilización de materia prima, con el bum del cuidado al medio ambiente en Colombia se ha incrementado la competitividad en la industria, un sector que viene incrementando su demanda es el de triturado y pulverizado de llanta, por este motivo algunas pequeñas y medianas empresas se han visto en la necesidad de generar nuevos productos, en muchos casos careciendo de estrategias de diseño y de optimización para la construcción de sus máquinas, que conlleven al diseño de un producto que cumpla con las condiciones deseadas por el mercado, utilizando avances tecnológicos para la posterior fabricación cumpliendo así con la necesidades de la industria.

Los trabajos en Colombia en el campo del diseño se ven reflejados en la parte universitaria donde se han 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 abrir una propuesta que se pueda materializar con los procesos que aplican en la industria nacional y así disminuir la brecha que existe entre la Industria y la academia en el país.

4. OBJETIVOS:

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Diseñar una máquina para destalonar el alambre de las llantas para reciclaje.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 4.2.1 Recolectar información acerca de los diferentes tipos de llantas en el mercado nacional, formas de extracción del alambre interno y seguido de ello aplicar una metodología válida de diseño que permita decidir el diseño a trabajar para la máquina.
- 4.2.2 Plantear y evaluar las alternativas de diseño según los resultados que aporte el método de diseño a aplicar.
- 4.2.3. Dimensionar los elementos que constituyen la máquina.
- 4.2.3 Hacer la simulación por el método de elementos finitos de los componentes de la máquina que lo requieran.
- 4.2.4 Hacer un análisis de costos de la construcción de la máquina.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 ¿CÓMO ES EL FUNCIONAMIENTO DE UNA DESTALONADORA?

La Destalonadora de llanta tiene como función principal proporcionar una eficaz trituración de las llantas, esto lo logra extrayendo el alambre que se encuentra en el interior de las llantas, la retirada del cordón de alambre de acero es de suma importancia antes de la trituración y gracias a ésta tarea se disminuye el costo de mantenimiento de las trituradoras.

Generalmente una destalonadora está compuesta por un cilindro hidráulico con su respectiva unidad que tiene conexión a un gancho de alta resistencia, dicho gancho tiene entrada a una placa fija en acero la cual impide el movimiento de la llanta mientras el gancho realiza la tarea de extraer el alambre como se ilustra en la (figura 1).



Figura 1. Funcionamiento máquina destalonadora.

5.2 ¿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 éste 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.

5.3. 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.

5.4. 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.

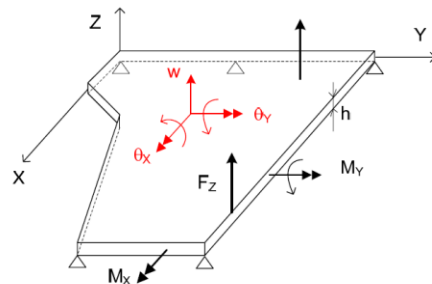


Figura 2. Placa plana a flexión.

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 deformaciones unitarias es.

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

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

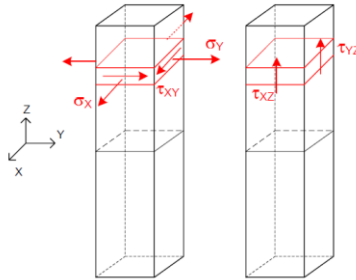


Figura 3. Estado de tensiones en una placa

Siendo \mathbf{D} la matriz elástica y ε_0 el vector de deformaciones unitarias iniciales. Cuando está originado por una variación de temperatura T este vector tiene el valor siguiente:

$$\varepsilon_{0T} = \begin{Bmatrix} \alpha T \\ \alpha T \\ 0 \end{Bmatrix}$$

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

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

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

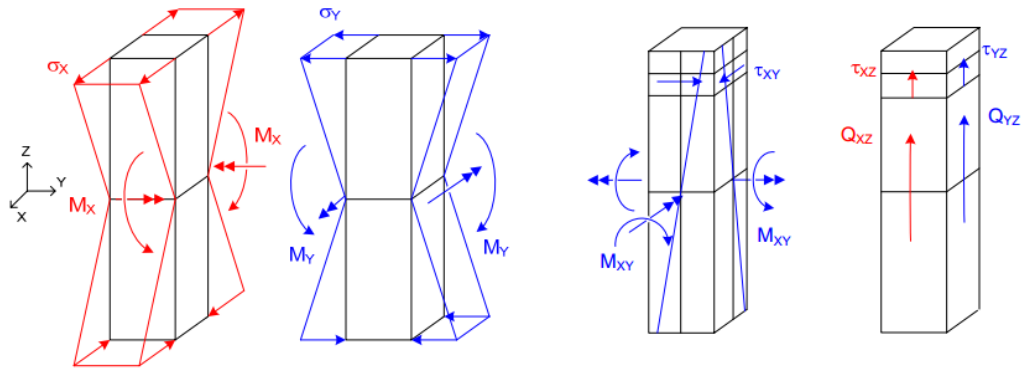


Figura 4. Esfuerzos de flexión y esfuerzos cortantes y de torsión en una placa

5.5. 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

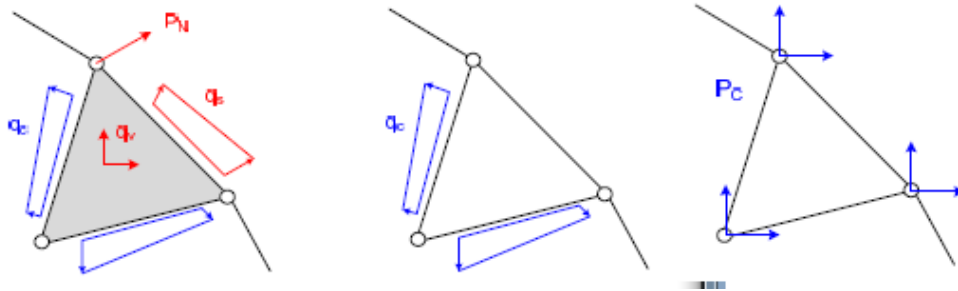


Figura 5. Fuerzas aplicadas sobre un elemento y las fuerzas nodales equivalentes a las fuerzas de conexión.

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

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

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:

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

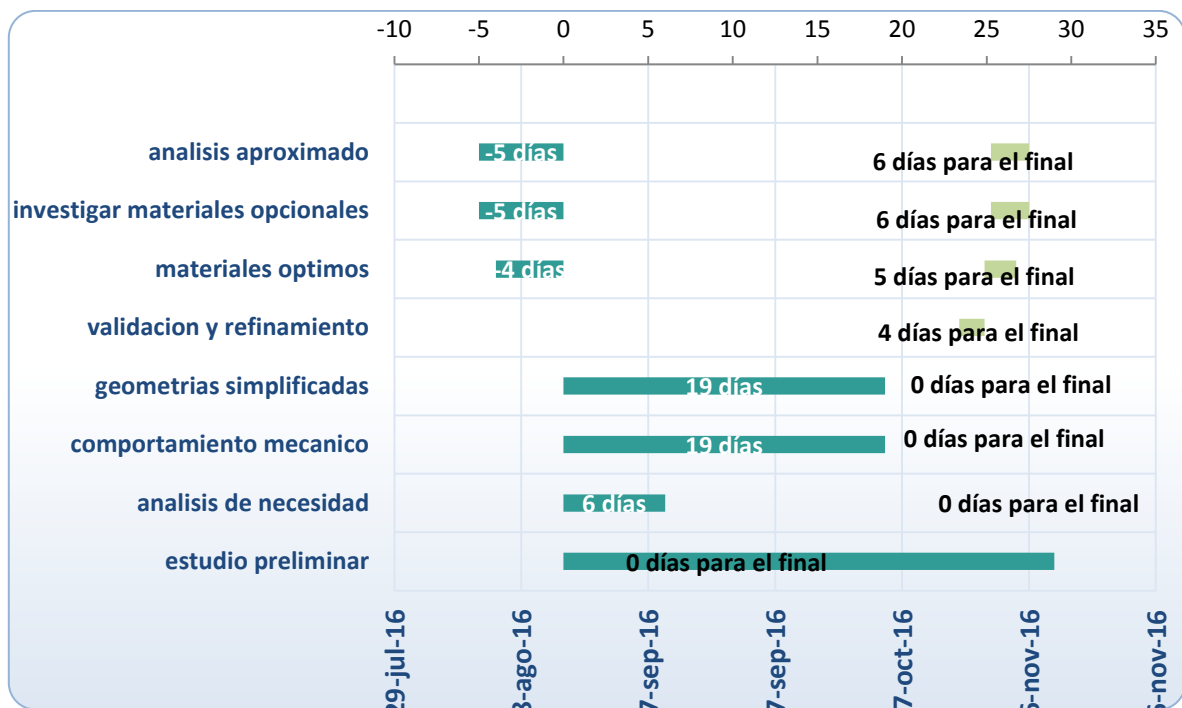
Esta matriz representa la distribución de masas en el interior del elemento y en consecuencia define las fuerzas de inercia que aparecen en sus grados de libertad, al aplicarse unas aceleraciones unitarias a dichos grados de libertad.

6. METODOLOGÍA GENERAL:

- ✓ Realizar un estudio preliminar de la composición de las llantas y sus propiedades mecánicas.
- ✓ Desarrollar el análisis de la necesidad y contexto actual de las máquinas para destalonar llanta.
 - Definir requerimientos del cliente
 - Definir requerimientos de diseño
 - Realizar un bench marking
 - Realizar la matriz de calidad
- ✓ Analizar el comportamiento mecánico estructural de una máquina para destalonar existente en el mercado.
 - 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 geometrías simplificadas para el diseño modificado que se desea plantear y calcular unidad hidráulica.
 - 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
 - Realizar el diseño en Software CAD
 - Realizar análisis estático por medio de un software FEA
 - Análisis dinámico por medio de un software FEA
 - Realizar diseño final
- ✓ 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.
- ✓ Hacer un análisis aproximado de costo de la construcción de la máquina.

7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Proyecto	Fecha inicio prevista	Días trabajados	Fecha final prevista	Situación	Días para el final
estudio preliminar	1-sep.-16	29	30-sep.-16	Terminado	0
analisis de necesidad	1-sep.-16	6	7-sep.-16	Terminado	0
comportamiento mecanico	1-oct.-16	19	20-oct.-16	Terminado	0
geometrias simplificadas	1-oct.-16	19	20-oct.-16	Terminado	0
validacion y refinamiento	26-oct.-16	0	30-oct.-16	En curso	4
materiales optimos	30-oct.-16	-4	31-oct.-16	En curso	5
investigar materiales opcionales	31-oct.-16	-5	1-nov.-16	En curso	6
analisis aproximado	31-oct.-16	-5	1-nov.-16	En curso	6



8. RECURSOS

8.1 RECURSOS MATERIALES

Por parte de la universidad distrital y cuenta personal necesitamos computadores con software y características que permitan modelar y simular, ya que será de vital importancia para tres objetivos propuestos en el proyecto.

8.2 RECURSOS HUMANOS

El uso de metodologías aplicadas en distintas materias a lo largo de la carrera serán

aplicadas y así mismo se deberá obtener conocimiento nuevo en cada uno de los objetivos propuestos. Lo que dará como resultado una propuesta de diseño objetiva con características constructivas posibles en el mercado nacional, por lo anterior, gran parte del material humano corresponderá a nuestra capacidad como estudiantes próximos a graduarnos de ingeniería mecánica, el apoyo de docentes además de nuestro tutor y personas con conocimiento del tema en la industria.

8.3 RECURSOS ECONÓMICOS

Los recursos económicos corren por cuenta propia esperando en el camino sea atractiva la propuesta para alguna empresa que quiera a futuro intervenir en un proceso constructivo.

9. COSTOS

PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO	
RUBROS	COSTO
PERSONAL DE APOYO	350.000
CONSULTORÍA ESPECIALIZADA	2'000.000
MATERIALES O INSUMOS	0
TRABAJO DE CAMPO	300.000
EQUIPOS	200.000
BIBLIOGRAFÍA	0
MATERIAL DE DIFUSIÓN Y PROMOCIÓN DE RESULTADOR	0
TOTAL PRESUPUESTO PROYECTO	2'850.000

PERSONAL CIENTÍFICO					
PERSONAL	CONTRATO	VALOR HORA	DEDICACIÓN HORAS	SEMANAS	SUBTOTAL
CARLOS BOHORQUES	INSTRUCTOR	65.000	5	12	3'900.000
SERGIO DAVID MONTAÑA	TITULAR	35.000	20	12	8'400.000
URIEL ALEJANDRO ESPAÑOL	TITULAR	35.000	20	12	8'400.000
				TOTAL	20'700.000

CONSULTORÍA ESPECIALIZADA Y SOFTWARE		
DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	VALOR
SOFTWARE AUTODESK INVENTOR	MODELADO, SIMULACIÓN Y PLANOS	1'000.000

CONSULTORÍA ESPECIALIZADA	EMPRESAS DEL SECTOR	0
	TOTAL	1'000.000

EQUIPOS		
DESCRIPCIÓN	JUSTIFICACIÓN	VALOR
ALQUILER DE COMPUTADORA	CON ESPECIFICACIONES QUE PERMITAN UN TRABAJO ÓTIMO	700.000
	TOTAL	700.000

10. BIBLIOGRAFÍA

Christian Mendez Peñaloza y Franklin Solano Arias “DISEÑO DE UN TRITURADOR DE NEUMÁTICOS USADOS CAPACIDAD 1 Ton/h PARA LA EMPRESA MUNICIPAL DE CUENCA (EMAC)” Universidad politécnica salesiana 2010.

Ana Milena Muñoz Montaña “ANÁLISIS DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN SELECTIVA Y GESTIÓN AMBIENTAL DE LAS LLANTAS USADAS DESARROLLADO POR LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE EMPRESARIOS DE COLOMBIA (ANDI)” Universidad Militar Nueva Granada 2015.

ANSYS Theory Reference, Design Optimization, Swanson Analysis System, 1999

Oscar Mauricio Vargas Bayona “Evaluación de Caucho Recuperado de Llantas Usadas” Universidad Nacional de Colombia 2013.

Akao (1997) ubica el nacimiento del concepto en 1966, al concluir un período (1960-1965) de transición del control estadístico de la calidad al control total de la calidad

Fernando Rubiera Morollón y Elizabeth Aponte Jaramillo “Retos para el crecimiento equilibrado de la ciudad Bogotá. El declive del centro y el desamparo de la periferia meridional” Investigaciones Regionales edición 16 sección artículos, 22 de julio de 2009.

Christian Marcelo Torres Risaralda, Gonzalo Daniel Nicolalde González “diseño, simulación y automatización de un sistema multiplicador de aparcamiento de automóviles y elaboración de su modelo a escala” Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador.

The Goodyear Tire and Ruder company, (1990) “Engineering data for multiple V-betts” Ed. GoodYear, USA.

Elias Xaver (2009) "Reciclaje de residuos industriales", Ed. Diaz de Santos, 2da Edición, España.