

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

SEDE LATACUNGA



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA
AMORTIGUADORES”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**ÁLVARO FABIÁN ARMAS MALDONADO
GUILLERMO MAURICIO MURILLO QUISHPE**

Latacunga, enero 2009

ÍNDICE

CARÁTULA. _____	i
ÍNDICE. _____	ii
ÍNDICE DE FIGURAS. _____	vii
ÍNDICE DE TABLAS. _____	xi
INTRODUCCIÓN. _____	xxi

I. LOS AMORTIGUADORES

1.1.- Introducción. _____	1
1.2.- Funcionamiento. _____	2
1.2.1.- Expansión. _____	2
1.2.2.- Compresión _____	3
1.3.- Tipos de amortiguadores. _____	4
1.3.1.- Amortiguador de doblotubo. _____	5
1.3.1.1.- Amortiguadores no presurizados. _____	8
1.3.1.2.- Amortiguadores presurizados. _____	9
1.3.2.- Amortiguadores monotubo. _____	10
1.4.- Parámetros de actuación del amortiguador. _____	15
1.4.1.- Desplazamiento máximo. _____	15
1.4.2.- Velocidad máxima. _____	16
1.5.- Representación de fuerzas de amortiguamiento. _____	18
1.5.1.- Coeficiente de amortiguamiento. _____	18
1.5.2.- Gráfico fuerza-posición. _____	20
1.5.3.- Gráfico fuerza-velocidad. _____	22

II. DISEÑO MECÁNICO

2.1. Introducción _____	24
2.2. Diseño de la estructura. _____	25
2.2.1. Estudio de análisis estático. _____	26
2.2.2. Asignación de material. _____	26
2.2.3. Aplicación de restricciones. _____	27

2.2.4.	Aplicación de fuerzas.	<u>28</u>
2.2.5.	Establecer opciones de mallado.	<u>29</u>
2.2.6.	Visualizar información de malla.	<u>30</u>
2.2.7.	Generar la malla de la pieza y ejecutar el análisis.	<u>30</u>
2.2.8.	Desplazamiento resultante.	<u>32</u>
2.3	Diseño de la biela.	<u>33</u>
2.3.1.	Crear el ensamblaje.	<u>34</u>
2.3.2.	Relación de posición de los componentes.	<u>35</u>
2.3.3.	Agregar contacto 3d a una animación.	<u>35</u>
2.3.4.	Agregar un motor a una animación.	<u>36</u>
2.3.5.	Agregar un amortiguador a una animación.	<u>37</u>
2.3.6.	Importar las cargas de cosmosmotion a cosmosworks.	<u>39</u>
2.3.7.	Asignar material.	<u>40</u>
2.3.8.	Crear escenario de diseño.	<u>41</u>
2.3.9.	Generar la malla de la pieza y ejecutar el análisis.	<u>42</u>
2.3.10	Generar un informe de análisis.	<u>42</u>
2.3.11.	Análisis de tensiones de la biela.	<u>43</u>
2.3.11.1	Descripción.	<u>43</u>
2.3.11.2	Información de modelo.	<u>43</u>
2.3.11.3	Propiedades del estudio.	<u>44</u>
2.3.11.4	Unidades.	<u>44</u>
2.3.11.5	Propiedades de material.	<u>45</u>
2.3.11.6	Cargas y restricciones.	<u>46</u>
2.3.11.7	Contacto.	<u>47</u>
2.3.11.8	Información de malla.	<u>47</u>
2.3.11.9	Fuerzas de reacción.	<u>48</u>
2.3.11.10	Fuerzas de cuerpo libre.	<u>48</u>
2.3.11.11	Momentos de cuerpo libre.	<u>48</u>
2.3.11.12	Resultados del estudio.	<u>49</u>
2.3.11.12.1	Resultados predeterminados.	<u>49</u>
2.4.	Diseño de la manivela.	<u>51</u>
2.4.1.	Análisis de tensiones de la manivela.	<u>51</u>
2.4.1.1	Descripción.	<u>51</u>

2.4.1.2	Información de modelo.	<u>52</u>
2.4.1.3	Propiedades del estudio.	<u>52</u>
2.4.1.4	Unidades.	<u>53</u>
2.4.1.5	Propiedades de material.	<u>53</u>
2.4.1.6	Cargas y restricciones.	<u>55</u>
2.4.1.7	Contacto.	<u>57</u>
2.4.1.8	Información de malla.	<u>57</u>
2.4.1.9	Fuerzas de reacción.	<u>58</u>
2.4.1.10	Fuerzas de cuerpo libre.	<u>58</u>
2.4.1.11	Momentos de cuerpo libre.	<u>58</u>
2.4.1.12	Resultados del estudio.	<u>59</u>
2.4.1.12.1	Resultados predeterminados.	<u>59</u>
2.5.	Cálculo de la fuerza de los amortiguadores.	<u>61</u>
2.6.	Impulsores de banda y cadena.	<u>62</u>
2.6.1.	Impulsores de banda.	<u>62</u>
2.6.2.	Impulsores de cadena.	<u>65</u>

III. DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

3.1.	Motor trifásico.	67
3.2.	Función de transferencia del sensor.	67
3.3.	Esquema eléctrico del circuito de acondicionamiento.	70
3.4.	Diseño de la placa.	71
3.5.	Selección y descripción del software (labview).	72
3.5.1.	Introducción.	72
3.5.2.	¿Qué es labview?	74
3.5.3.	Aplicaciones de labview.	74
3.5.4.	Programación gráfica con labview.	74
3.6.	Tarjeta daq ni usb-6009.	75
3.6.1.	Especificaciones técnicas.	79
3.6.2.	Configuración de la tarjeta ni usb-6009.	80
3.7.	El sistema de adquisición de datos.	83
3.8.	Acondicionamiento de señales.	85
3.9.	Configuración de la función daq assistant.	87

IV. CONSTRUCCIÓN

4.1	Construcción del bastidor.	90
4.2	Construcción de las columnas_____	91
4.3	Construcción de los soportes de los amortiguadores_____	92
4.4	Construcción del sistema biela – manivela_____	94
4.4.1	Construcción del cigüeñal _____	94
4.4.2	Construcción de la biela._____	96
4.4.3	Construcción del buje oscilante. _____	98
4.5.	Construcción del sistema de transmisión._____	99
4.5.1	Selección de juego piñon – catalina._____	100
4.5.2	Eje intermedio._____	100
4.5.3	Selección de poleas._____	101
4.5.4	Selección de motor._____	101
4.6.	Cuadro de procesos de construcción del banco de pruebas de amortiguadores_____	102

V. PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1.	Diseño de pantallas inicio en LabView. _____	109
5.2.	Diseño y programación de la pantalla de mediciones._____	110
5.3.	Diseño en LabView._____	111
CONCLUSIONES_____		115
RECOMENDACIONES_____		116
BIBLIOGRAFÍA_____		117
ANEXOS _____		118

ÍNDICE DE FIGURAS

I CAPÍTULO

Figura 1.1 Amortiguador en Expansión_____	3
Figura 1.2 Amortiguador en Compresión_____	4
Figura 1.3 Amortiguador de doblotubo_____	5
Figura 1.4 Amortiguador Monotubo_____	5
Figura 1.5 Esquema simplificado de un amortiguador doblotubo_____	6
Figura 1.6 Amortiguador Doblotubo_____	6
Figura 1.7 Esquema simplificado de un amortiguador monotubo _____	10
Figura 1.8 Amortiguador monotubo_____	11
Figura 1.9 Clasificación por tipo de carga_____	14
Figura 1.10 Representación del coeficiente de amortiguamiento en función de la velocidad para un amortiguador doblotubo_____	19
Figura 1.11 Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la posición para un amortiguador doblotubo_____	20
Figura 1.12 Representación gráfica de las fuerzas de amortiguamiento en función de la velocidad para un amortiguador doblotubo_____	22

II CAPÍTULO

Figura 2.1 Estructura del banco de pruebas para amortiguadores	25
Figura 2.2 Asignación del material para la estructura	27
Figura 2.3 Restricciones para la estructura	28
Figura 2.4 Fuerzas para la estructura	29
Figura 2.5 Creación del mallado de la estructura	31
Figura 2.6 Resultado de tensión en el peor caso de la estructura	31
Figura 2.7 Resultado del desplazamiento estático	33
Figura 2.8 La Biela	34
Figura 2.9 Seleccionamos un contacto 3D para la animación	36
Figura 2.10 Seleccionamos un motor para la animación	37
Figura 2.11 Seleccionamos un amortiguador para la animación	38
Figura 2.12 Calculamos el estudio de movimiento	39
Figura 2.13 Importar cargas a cosmosmotion	39
Figura 2.14 Importar cargas de la biela	40
Figura 2.15 Asignación de materia	41
Figura 2.16 La Creación del escenario de diseño	41
Figura 2.17 Opciones de informe de análisis	43
Figura 2.18 Tensiones	50
Figura 2.19 Desplazamientos	50
Figura 2.20 Deformaciones unitarias	51
Figura 2.21 La manivela	51
Figura 2.22 Tensiones	60
Figura 2.23 Desplazamientos	60
Figura 2.24 Deformaciones unitarias	61

III CAPÍTULO

Figura 3.1 Galga extensiométrica tipo S	68
Figura 3.2 Función de transferencia del sensor	70
Figura 3.3 Esquema eléctrico del circuito de acondicionamiento	71
Figura 3.4 Circuito impreso y componentes eléctricos	72
Figura 3.5 Tarjeta NI USB 6009	76
Figura 3.6 Diagrama de bloques de la tarjeta USB 6009	76
Figura 3.7 Reconocimiento de la tarjeta USB 6009	81
Figura 3.8 Prueba del estado de la tarjeta	81
Figura 3.9 Tipo de señales para un canal virtual	82
Figura 3.10 Estructura de un sistema de adquisición de datos	83
Figura 3.11 Funciones matemáticas	87
Figura 3.12 Icono DAQ Assistant	88
Figura 3.13 Construyendo VI	88
Figura 3.14 Icono del DAQ Assistant	89

IV CAPÍTULO

Figura 4.1 Bastidor	91
Figura 4.2 Columnas	92
Figura 4.3 Anclaje Superior	93
Figura 4.4 Acople del anclaje Superior	93
Figura 4.5 Anclaje Inferior	94
Figura 4.6 Cigüeñal	95
Figura 4.7 Eje fresado	95
Figura 4.8 Brazo de manivela	96
Figura 4.9 Brazo de manivela	96
Figura 4.10 Parte inferior de la biela	97
Figura 4.11 Biela	98
Figura 4.12 Buje en Construcción	99
Figura 4.13 Conjunto Piñón – Catalina	100
Figura 4.14 Polea junto a eje intermedio	101
Figura 4.15 Motor Weg 3hp	101

V CAPÍTULO

Figura 5.1 Pantalla de Inicio	109
Figura 5.2 Diseño de la pantalla de mediciones	110
Figura 5.3 Diagrama de la programación	111
Figura 5.4 Diagrama de adquisición de datos	112
Figura 5.5 Configuración de la tarjeta	112
Figura 5.6 Diagrama de la salida del filtro y la carga del amortiguador	113
Figura 5.7 Diagrama del cálculo de la fuerza del amortiguado	114

ÍNDICE DE TABLAS

II CAPÍTULO

Tabla 2.1 Información del modelo	43
Tabla 2.2 Propiedades de estudio	44
Tabla 2.3 Unidades	44
Tabla 2.4 Propiedades del material	45
Tabla 2.5 Cargas y restricciones	47
Tabla 2.6 Información de la malla	47
Tabla 2.7 Fuerzas de reacción	48
Tabla 2.8 Fuerzas de cuerpo libre	48
Tabla 2.9 Momentos de cuerpo libre	48
Tabla 2.10 Resultados predeterminados	49
Tabla 2.11 Información del modelo	52
Tabla 2.12 Propiedades de estudio	52
Tabla 2.13 Unidades	53
Tabla 2.14 Propiedades del material	54
Tabla 2.15 Cargas y restricciones	56
Tabla 2.16 Información de la malla	57
Tabla 2.17 Fuerzas de reacción	58
Tabla 2.18 Fuerzas de cuerpo libre	58
Tabla 2.19 Momentos de cuerpo libre	58
Tabla 2.20 Resultados predeterminados	59

III CAPÍTULO

Tabla 3.1	Terminales analógicas_____	77
Tabla 3.2	Terminales Digitales_____	78
Tabla 3.3	Especificaciones para las AI_____	79
Tabla 3.4	Especificaciones para las AO_____	79
Tabla 3.5	Especificaciones para las DIO_____	80
Tabla 3.6	Niveles lógicos digitales_____	80
Tabla 3.7	Descripción de los terminales del DAQ Assistant _____	89

IV CAPÍTULO

Tabla 4.1	Diagrama de procesos de construcción del bastidor_____	102
Tabla 4.2	Diagrama de procesos de construcción de las columnas_____	103
Tabla 4.3	Diagrama de procesos de construcción del soporte superior de los amortiguadores_____	104
Tabla 4.4	Diagrama de procesos de construcción del soporte inferior de los amortiguadores_____	105
Tabla 4.5	Diagrama de procesos de construcción de la manivela_____	106
Tabla 4.6	Diagrama de procesos de construcción de la biela_____	107
Tabla 4.7	Diagrama de procesos de construcción del buje oscilante_____	108

INTRODUCCIÓN

El Proyecto está enfocado en optimizar el laboratorio de Mecánica de Patio a través del mejoramiento en el proceso de diagnóstico de los amortiguadores mediante la construcción de un banco de pruebas para la evaluación del estado de los amortiguadores, siendo estos componentes importantes en el sistema de suspensión de los vehículos.

El ochenta por ciento de los fallos en los vehículos es debido generalmente a las averías producidas en el sistema de la suspensión por lo tanto el desgaste de los amortiguadores. Esto se debe, principalmente, a la pérdida de viscosidad del aceite, al mal funcionamiento de las válvulas y a problemas de pérdidas de aceite, de tipo mecánico y corrosión. Por ello, al ser defectos ocultos, en su mayoría parece que el amortiguador se encuentra en perfecto estado.

El primer capítulo presenta la información básica acerca de los factores que influyen sobre el funcionamiento de los amortiguadores y sus principales características.

El segundo capítulo explica el diseño mecánico del banco de pruebas de amortiguadores realizado en SolidWorks con la simulación de movimientos y pruebas de tracción y fiabilidad en CosmosMotion.

El tercer capítulo expone el funcionamiento del programa LabView en el que desarrollamos la programación y la recolección de datos de la galga extensiométrica mediante la tarjeta USB 6009.

El cuarto capítulo detalla cómo fueron construidos cada uno de los elementos que conforman el banco de pruebas de amortiguadores y la selección de sus componentes mecánicos.

El quinto capítulo muestra las pruebas de funcionamiento de los diferentes amortiguadores determinando en qué estado se encuentran los mismos.

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA AMORTIGUADORES”

Álvaro F. Armas M. AUTOR¹
Guillermo M. Murillo Q. AUTOR²
Ing. Guido Torres. AUTOR³
Ing. Julio Acosta. AUTOR⁴

¹Dept. of Mechanique Automotive Eng. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador, email: armasmaldonadoa@yahoo.com.

²Dept. of Mechanique Automotive Eng. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador, email: cruz-mauricio@hotmail.com

³Dept. of Mechanique Automotive Eng. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador, email :lamena@espe.edu.ec

⁴Dept. of Mechanique Automotive Eng. Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, Quijano y Ordóñez y Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador, email: jfacosta@espe.edu.ec

Resumen – La función de un amortiguador es la de frenar parcial o totalmente un movimiento no deseado que aparece en un sistema mecánico. En particular, el amortiguador en el ámbito del automóvil, debe amortiguar movimientos inesperados y debe hacerlo de forma óptima y según los criterios de maniobrabilidad y confort.

I. INTRODUCCIÓN

Para disminuir la velocidad de una masa se tiene que hacer una fuerza tal que se oponga a su velocidad. La fuerza más sencilla que cumple este requisito es la fricción de donde se basa el funcionamiento de los amortiguadores más comúnmente utilizados.

En los amortiguadores para automóviles, siempre se busca la fricción asociada al movimiento de un fluido ya que dicha fricción es función, entre otras variables, de la velocidad del fluido. Por el hecho de utilizar como medio un fluido, a este tipo de amortiguadores se los conoce como amortiguadores hidráulicos.

De la misma manera, es interesante que la fuerza que ofrece el amortiguador sea función de la velocidad. En particular, los fabricantes de automóviles han llegado a la conclusión que la optimización de la maniobrabilidad y del confort se obtiene cuando existe una dependencia lineal entre la velocidad y la fuerza de amortiguamiento.

II. DISEÑO DEL SISTEMA

El diseño mecánico este proyecto esta realizado en SolidWorks, tomando en cuenta todos los parámetros necesarios para su correcto funcionamiento mientras que la programación esta realizada en LabVIEW.

El objetivo del proyecto es diseñar y construir un banco de pruebas para amortiguadores.

A. Diseño mecánico

El diseño de la estructura esta realizado en SolidWorks, dibujamos en 3D, luego tenemos un miembro estructural y finalmente extruimos.

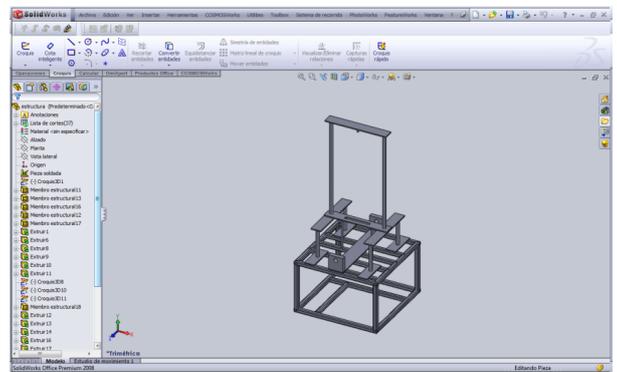


Fig1. Estructura del banco de pruebas para amortiguadores.

Procedemos a crear un estudio estático en COSMOS AnalysisManager .

El software crea el estudio en el gestor de COSMOS AnalysisManager. Observe la marca de verificación en el icono Sólidos indicando que usted asignó un material.

Asignamos el material ASTM A36 desde la biblioteca de materiales de SolidWorks

El nombre del material asignado aparece en el gestor del FeatureManager ASTM A36.

Aplicamos restricciones para el analisis estatico en Restricciones  en la barra de herramientas Cargas de COSMOSWorks.

El software fija las caras de la estructura crea un icono denominado Restricción-1 (Restraint-1) en la carpeta Cargas/Restricciones del gestor del COSMOSWorks AnalysisManager.

Aplicamos una fuerza, establecemos y generamos un mallado. En el peor caso el diseño de la estructura falla a los 43612068 N/m².

El desplazamiento obtenido viene dado en la figura 2

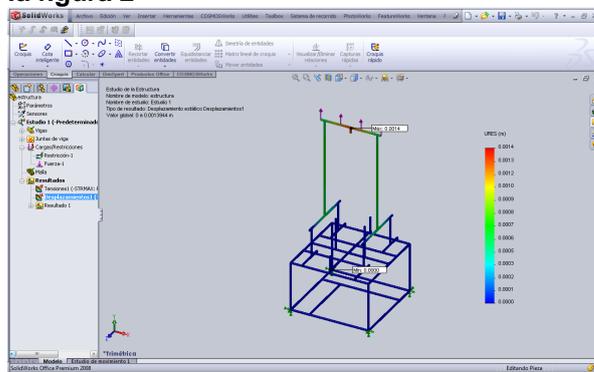


Fig 2. Resultado del desplazamiento estático.

En el diseño de la estructura la mayor fuerza que va soportar es la viga superior 0.0014 m (URES).

Para el diseño de la biela seguimos los mismo pasos



Fig 3. Desplazamiento

El diseño de la manivela lo realizamos siguiendo los mismos pasos vistos anteriormente, solo cambia el informe de análisis de tensiones.

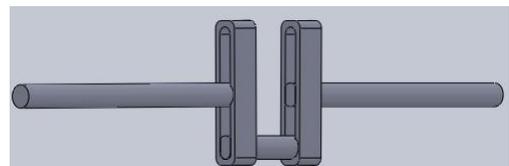


Fig 4. La manivela.

Los resultados del estudio vienen dados en la tabla siguiente

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.91564e+006 N/m ² Nodo: 3716	1.18986e+010 N/m ² Nodo: 9887
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	2.21401e-005 m Nodo: 7069	0.0172749 m Nodo: 7036
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.92288e-005 Elemento: 4511	0.0988412 Elemento: 6782

Tabla 1. Resultados predeterminados.

Las tenciones y desplazamientos obtenidos en el programa vienen dadas en las siguientes figuras.

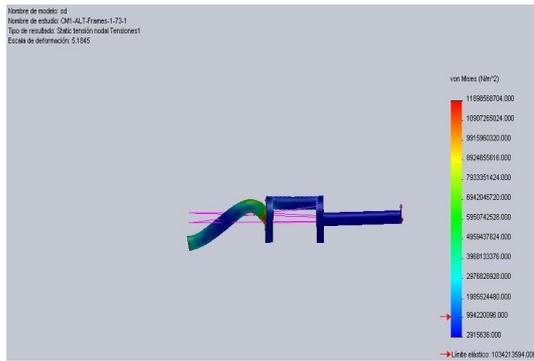


Fig 5. Tensiones

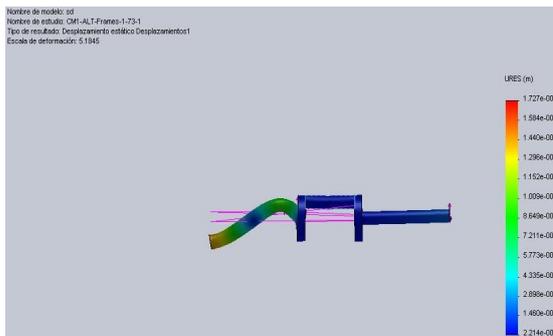


Fig 6. Desplazamientos

B. Diseño del sistema electrónico

El sensor utilizado es una galga extensiométrica de tipo “S” de marca Transcell modelo BSS-1K.



Fig 7. Galga Extensiométrica tipo “S”

La Célula de Carga es un dispositivo en cuyo interior se encuentra una pieza elástica de forma variable, generalmente metálica, sobre la que se transmite la fuerza aplicada. Esta fuerza provoca una deformación en la pieza que es medida mediante galgas extensiométricas montadas generalmente en puente de cuatro ramas activas (dos en compresión y dos en extensión). Dado que la pieza elástica ha sido calibrada en fábrica, podemos conocer la fuerza aplicada mediante la medida de la deformación por las galgas.

En nuestro proyecto, la gala utilizada es de este tipo, y la utilizamos para pensar las fuerzas de tracción y compresión que ejercen los diferentes tipos de amortiguadores.

ESQUEMA ELÉCTRICO DEL CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO.

En la figura 8 se muestra el esquema eléctrico del circuito de acondicionamiento de la señal de salida de la célula de carga. Esta señal de salida se encuentra en un rango de 0 a 37.42 mV correspondientes al rango de 0 a 1000 lb. de la entrada del sensor. El circuito está constituido por un amplificador de entrada diferencial con ganancia de 270, implementado con un amplificador operacional de instrumentación correspondiente al circuito integrado AD820 y alimentado con una fuente simétrica de 12Vdc.

La ganancia del amplificador está determinada por la relación.

$$V_0 = (V_1 - V_2) \cdot \frac{R_2}{R_3}$$

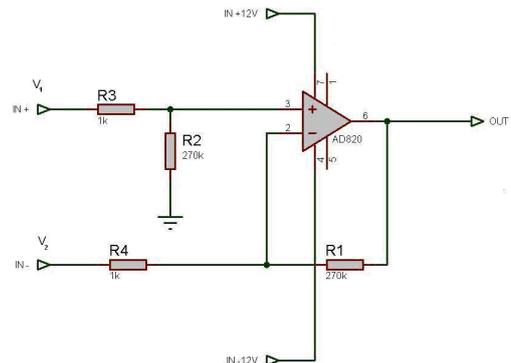


Fig 8. Esquema eléctrico del circuito de acondicionamiento.

DISEÑO DE LA PLACA.

A partir del circuito eléctrico de amplificación se diseñó el circuito impreso que se muestra a continuación en la figura 9.

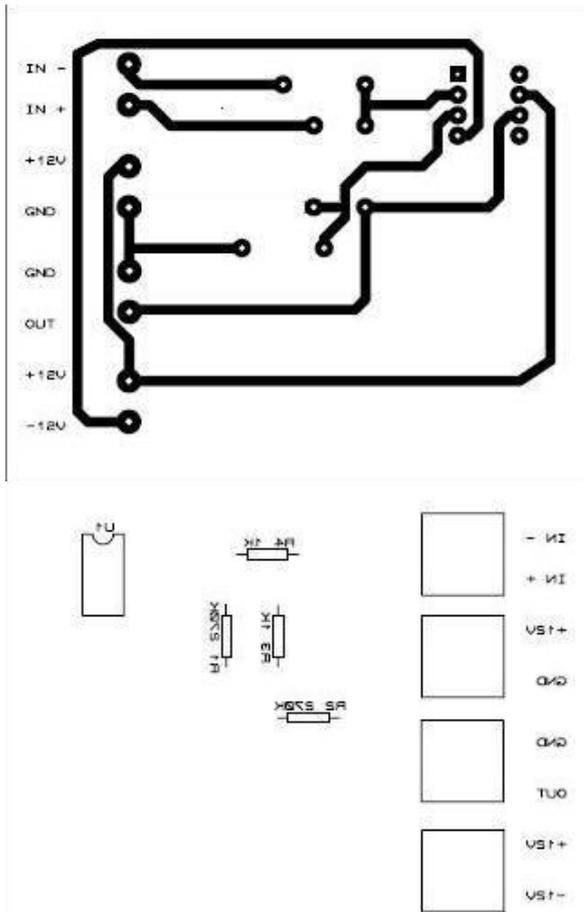


Fig 9. Circuito impreso y componentes electrónicos

IV. RESULTADOS

Una vez terminado el proyecto observamos que se puede medir satisfactoriamente la fuerza y presión que soportan los amortiguadores con la galga extensiométrica tipo S y los valores obtenidos tienen mucha precisión y son visualizados en cualquier computadora mediante el programa LABView.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se diseñó el banco de pruebas para amortiguadores con mando y programación electrónica para verificar en qué estado se encuentran los amortiguadores a las presiones y porcentajes en que se encuentran ya sea en buen estado o en mal estado.
- La gráfica de la curva de la fuerza del amortiguador fueron realizadas

con los parámetros del motor, y con las presiones que envía el amortiguador hacia la galga extensiométrica realizando un análisis de los resultados obtenidos en el computador mediante la tarjeta de adquisición de datos.

- En los catálogos de selección de amortiguadores no consta la fuerza máxima que soportan, simplemente constan el modelo del vehículo, el año, el número de serie y la procedencia por lo cual asumimos la presión máxima de 150 psi que se encuentra en la hoja de garantía de los amortiguadores.
- Se obtuvo la curva de la fuerza en el software LabVIEW en interfaz con la tarjeta DAQ NI USB-6009 para visualizar variación de la fuerza y de la presión que existe en el amortiguador dependiendo en qué estado se encuentre ya sea en buen estado o en mal estado.
- Con el diseño de la estructura en SolidWorks comprobamos que soporta una fuerza de 2000 N, esta fuerza es mayor que la del amortiguador y por ende realizamos la construcción de la estructura.
- Cuando utilizemos la tarjeta de adquisición de datos USB 6009, debemos tener el manual de operación y especificaciones técnicas para de esta manera poder evitar que el dispositivo llegue a dañarse o en el peor de los casos quemarse.
- Al momento de realizar las pruebas se debe tener en cuenta evitar los ruidos que hace el motor y el mecanismo para obtener datos reales en la medición de las fuerzas y presiones ejercidas por los amortiguadores.
- Cuando utilizemos el programa SolidWorks, debemos tener en cuenta que clase de estudio se debe aplicar a la estructura y el material que vamos a utilizar para dicha construcción siempre y cuando exista en el mercado y el costo no sea muy elevado.

- El banco de pruebas no debe mantenerse encendido por más de 20 segundos ya que se llega a calentar el amortiguador y por ende pierde sus propiedades, y no podemos obtener un resultado óptimo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ALONSO B, Marcos. “Estudio del comportamiento térmico y dinámico de los amortiguadores para vehículos automóviles tipo turismo”.
- CHARLOTEAUX, M. “Suspensión y dirección”.
- CROUSE, William. “Chasis y carrocerías del automóvil”.
- Manual de LABView 8.0.

- Manual de Solid Works 2008.
- MOTT, Robert. “Diseño de Elementos de Máquinas”. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Segunda Edición. 1992.
- SHIGLEY, Joseph Edward. “Diseño de Ingeniería Mecánica”.

VII. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos nuestros amigos por ser un eje de apoyo en nuestra vida universitaria. A todos los maestros por haber compartido sus conocimientos y sabios consejos. Igualmente a todas las personas que estuvieran cerca de nosotros apoyándonos para llegar a culminar este proyecto satisfactoriamente.

CAPÍTULO I

LOS AMORTIGUADORES

1.1.- INTRODUCCIÓN.

La misión de los amortiguadores es similar a la que realizan las rodillas en nuestro cuerpo; amortiguan cualquier imperfección del terreno y nos mantiene pegados a él. Su importancia radica en mantener el control del vehículo en curvas y trayectos y mantener la eficacia de otros sistemas vitales como el ABS, y desgastar antes de tiempo otras piezas.

La función de un amortiguador es la de frenar parcial o totalmente un movimiento no deseado que aparece en un sistema mecánico. En particular, el amortiguador en el ámbito del automóvil, debe amortiguar movimientos inesperados y debe hacerlo de forma óptima y según los criterios de maniobrabilidad y confort.

Para disminuir la velocidad de una masa se tiene que hacer una fuerza tal que se oponga a su velocidad. La fuerza más sencilla que cumple este requisito es la fricción de donde se basa el funcionamiento de los amortiguadores más comúnmente utilizados.

Se distinguen tres tipos de fricción: la fricción de Coulomb (asociada al movimiento relativo entre partes sólidas en contacto), la fricción asociada al movimiento viscoso de un fluido y la llamada fricción turbulenta que aparece a partir de la disipación energética como consecuencia del movimiento turbulento del fluido. En función del tipo de amortiguamiento deseado es conveniente buscar uno u otro tipo de fricción.

En los amortiguadores para automóviles, siempre se busca la fricción asociada al movimiento de un fluido ya que dicha fricción es función, entre otras variables, de

la velocidad del fluido. Por el hecho de utilizar como medio un fluido, a este tipo de amortiguadores se los conoce como amortiguadores hidráulicos.

De la misma manera, es interesante que la fuerza que ofrece el amortiguador sea función de la velocidad. En particular, los fabricantes de automóviles han llegado a la conclusión que la optimización de la maniobrabilidad y del confort se obtiene cuando existe una dependencia lineal entre la velocidad y la fuerza de amortiguamiento.

1.2.- FUNCIONAMIENTO.

El funcionamiento del amortiguador se basa en la circulación de aceite entre los dispositivos internos a través de un conjunto de válvulas que generan una resistencia al paso del mismo entre las cámaras del amortiguador. De esta forma se controlan las oscilaciones de la suspensión.

1.2.1.- EXPANSIÓN.

Para que el amortiguador se abra, el pistón necesita subir y esto solo se logra si el aceite que está arriba del pistón fluye a través de este. Para controlar el paso del aceite, están los barrenos ubicados en el cuello del pistón y las ranuras que se hacen en el asiento de la válvula de expansión. Además de los barrenos y las ranuras, está también el resorte de expansión que mantiene la válvula bajo presión controlada. El actuar de estos tres elementos, proporciona las fuerzas del amortiguador que se conocen como resistencias hidráulicas.

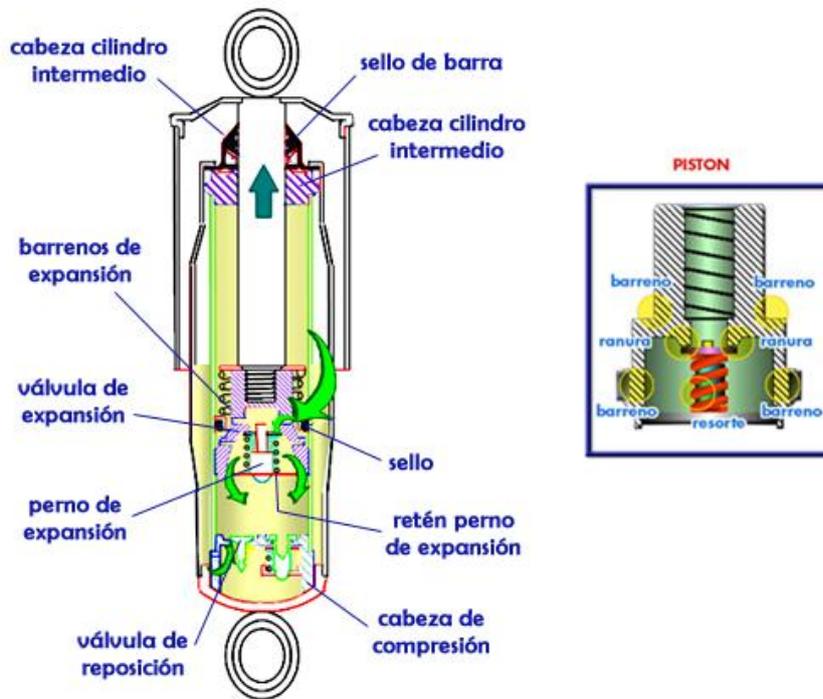


Figura 1.1. Amortiguador en expansión.

1.2.2.- COMPRESIÓN.

Para que el amortiguador se cierre, el pistón necesita bajar y esto solo se logra si el aceite que está en la parte inferior del pistón fluye a través de este. Para controlar el paso del aceite, están los barrenos ubicados en el cuerpo del pistón y las ranuras que se hacen en la cabeza de compresión donde se ubica la válvula de reposición. Además de los barrenos y las ranuras, está también el resorte de compresión ubicado en la cabeza de compresión que mantiene la válvula controlada.

Como en la expansión, el trabajo de estos elementos, genera las fuerzas del amortiguador que se conocen como resistencias hidráulicas.

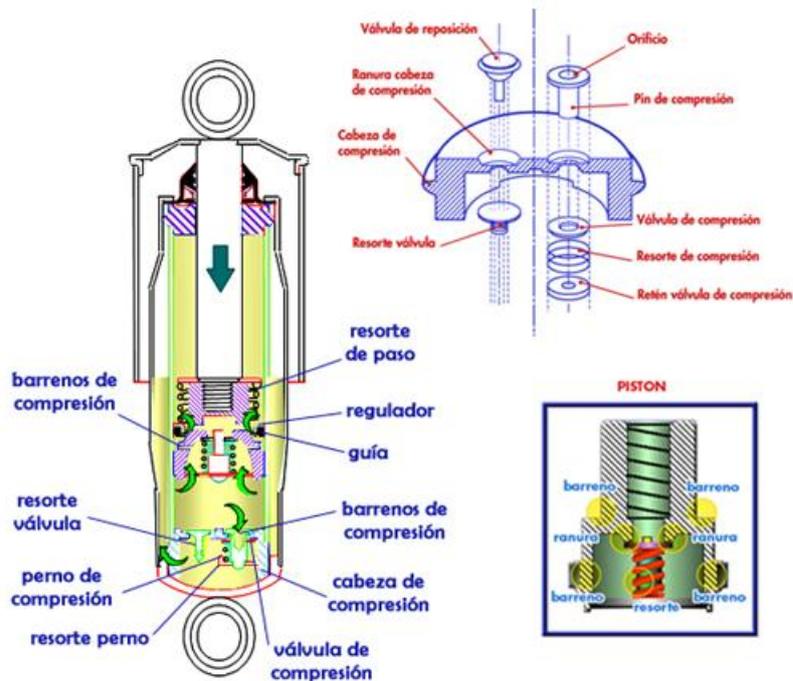


Figura 1.2. Amortiguador en compresión.

1.3.- TIPOS DE AMORTIGUADORES.

La parte encargada de transmitir el movimiento al pistón de trabajo para forzar el movimiento del fluido es el vástago, el cual entra y sale del cuerpo del amortiguador.

Debido a que el volumen interior del amortiguador es constante y a que los aceites de trabajo utilizados son prácticamente incompresibles, se deduce que el movimiento del vástago no sería posible si no existiera una parte del amortiguador destinada a absorber dichas variaciones de volumen.

La clasificación más comúnmente utilizada en los amortiguadores surge del modo en que se absorbe la variación del volumen. En concreto, se distinguen dos tipos de amortiguadores: el de doble tubo y el monotubo.

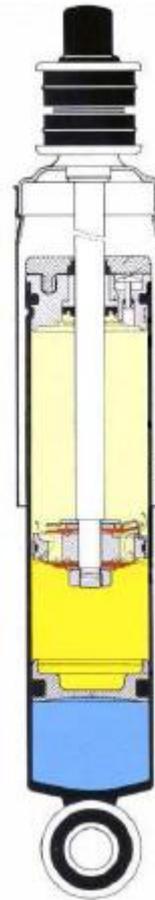
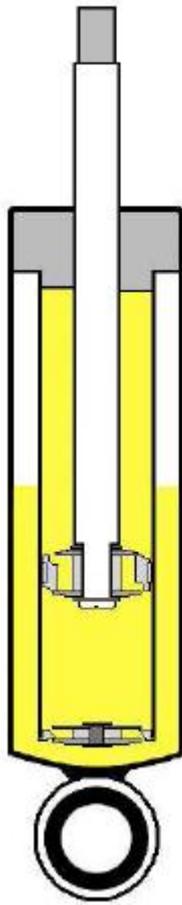


Figura 1.3. Amortiguador de doble tubo. Figura 1.4. Amortiguador monotubo.

1.3.1.- AMORTIGUADOR DE DOBLE TUBO.

Son los más comunes en la actualidad. A su vez los hay de dos tipos: no presurizados (aceite) y presurizados (con aceite y gas). Constan de dos cámaras una llamada interior y otra de reserva. Hay válvulas en la pistón y en la base del amortiguador, llamada válvula de pie.

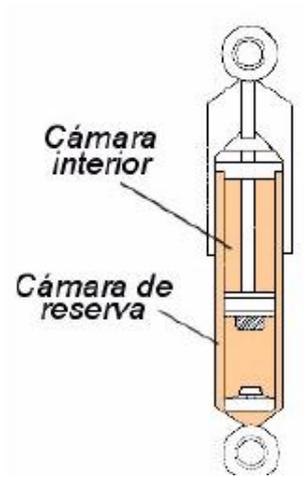


Figura 1.5. Esquema simplificado de un amortiguador doblotubo.

Entre los componentes principales de los amortiguadores doblotubo se encuentran:

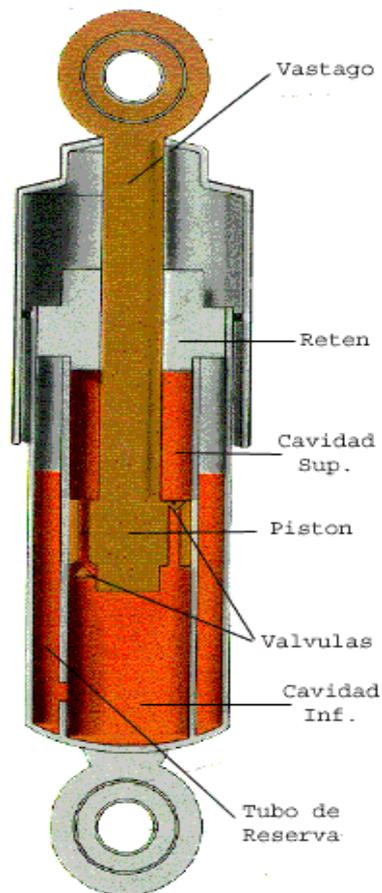


Figura 1.6. Amortiguador doblotubo

El retén.

El retén a través del cual se desliza el vástago subiendo y bajando en el amortiguador es muy importante por sí mismo: debe retener el aceite en el interior del amortiguador y mantener fuera los agentes exteriores (agua, sales, polvo).

Cuerpo del amortiguador.

El cuerpo consiste en dos tubos de acero concéntricos, de los cuales el tubo principal o tubo de trabajo es perfectamente cilíndrico y tiene unas dimensiones exactas. Los dos tubos se comunican entre sí a través de su parte inferior (válvula de pie).

El conjunto de válvulas.

El pistón y la válvula de pie del amortiguador llevan un conjunto de válvulas que abren o cierran los conductos de dimensiones exactas a través de las cuales pasa el aceite a presión. Al ser de acero inoxidable mantienen sus características durante más de 20 millones de ciclos.

El aceite.

Es el elemento esencial de los amortiguadores, sin el cual no tendría utilidad alguna. El índice de viscosidad permite que el amortiguador tenga un rendimiento constante entre -40° C y 120° C. El aceite ha de lubricar también los componentes lo mejor posible para asegurarles una larga vida útil.

El vástago del pistón.

El vástago va unido al pistón y desempeña un papel importante. No solamente ha de ser muy robusto para soportar esfuerzos mecánicos, también su estado superficial tiene gran importancia. El vástago está fabricado en acero templado

por inducción que va después cromado. Ha de ser lo más liso posible a fin de evitar cualquier rugosidad que pudiera causar el desgaste del reten de aceite. La capa de cromo duro confiere al vástago una excelente resistencia a la corrosión.

El pistón.

El pistón que desliza dentro del cilindro de trabajo es de metal sinterizado (el sinterizado es un proceso que consiste en fabricar piezas a partir de un polvo metálico que se comprime a alta presión dentro de un molde y posteriormente se calienta). La porosidad de este material asegura un grado de lisura óptimo para el movimiento del pistón en el aceite. El pistón lleva un reten de sellado metálico, de teflón o nailon.

Funcionamiento.

Un pistón se desliza por el interior de un cilindro lleno de aceite. Unos orificios calibrados en el pistón permiten que el aceite pase entre las dos partes del cilindro (superior e inferior) amortiguando así la oscilación del muelle. Cuando el pistón sube y baja, obligando al aceite a pasar a través de las válvulas, el vástago del pistón entra y sale del tubo. Al entrar y salir del tubo el vástago modifica el volumen disponible para el aceite. Cuando se reduce el volumen, hay momentáneamente un exceso de aceite, este es forzado a volver al depósito de aceite (tubo de reserva) a través de la válvula de pie.

1.3.1.1.- Amortiguadores no presurizados.

En los amortiguadores no presurizados se puede formar bolsas de aire bajo las siguientes condiciones:

- El amortiguador se almacena o se transporta horizontal antes de ser instalado.

- La columna de aceite de la cámara principal cae por gravedad cuando el vehículo permanece quieto durante mucho tiempo.
- El aceite se contrae como consecuencia de su enfriamiento al final de un viaje y el aire es succionado hacia la cámara principal.

Como consecuencia de ello, por lo general en días fríos, algunos amortiguadores pueden padecer lo que se conoce como “enfermedad matinal”.

1.3.1.2.- Amortiguadores Presurizados.

El aceite utilizado en los amortiguadores contiene partículas de aire. El movimiento rápido del pistón del amortiguador provoca lo que se conoce como cavitación. Esto sucede cuando el aire contenido en el aceite forma espuma. El aceite con espuma no provee la resistencia adecuada. Esto afecta el funcionamiento del amortiguador. Presurizando el aceite, los ingenieros pueden eliminar los efectos negativos de la cavitación. El resultado es un control más consistente y un manejo superior.

Los amortiguadores Presurizados poseen un tipo de configuración empleada sobre todo en vehículos de gama alta cuando se busca mejorar las prestaciones de los amortiguadores de doble tubo convencionales.

La solución consiste en añadir una cámara de gas de baja presión. Unos 4 bares de presión, ya que la fuerza amortiguadora en compresión la sigue proporcionando la válvula de pie.

De esta forma la fuerza de extensión realizada por el amortiguador en su posición nominal es baja. Esto permite utilizar esta solución en suspensiones McPherson en las que se requieren diámetros de amortiguador mas elevados.

Sus ventajas respecto de los no presurizados son los siguientes:

- Respuesta de la válvula más sensible para pequeñas amplitudes.
- Mejor confort de marcha.
- Mejores propiedades de amortiguación en condiciones extremas (grandes baches).
- Reducción de ruido hidráulico.
- Siguen operativos aunque pierdan el gas.

Respecto a los amortiguadores monotubos, los de doble tubo presurizados tienen la ventaja de tener una mejor longitud y fricción para las mismas condiciones de operación.

1.3.2.- AMORTIGUADORES MONOTUBO.

Constan de dos cámaras principales. Una contiene el aceite y la otra gas a presión (normalmente nitrógeno) que están separadas por un pistón flotante. Solamente hay válvulas en el pistón.

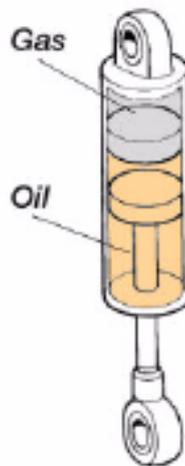


Figura 1.7. Esquema simplificado de un amortiguador monotubo.

Entre los componentes principales de los amortiguadores mototubo se encuentran:

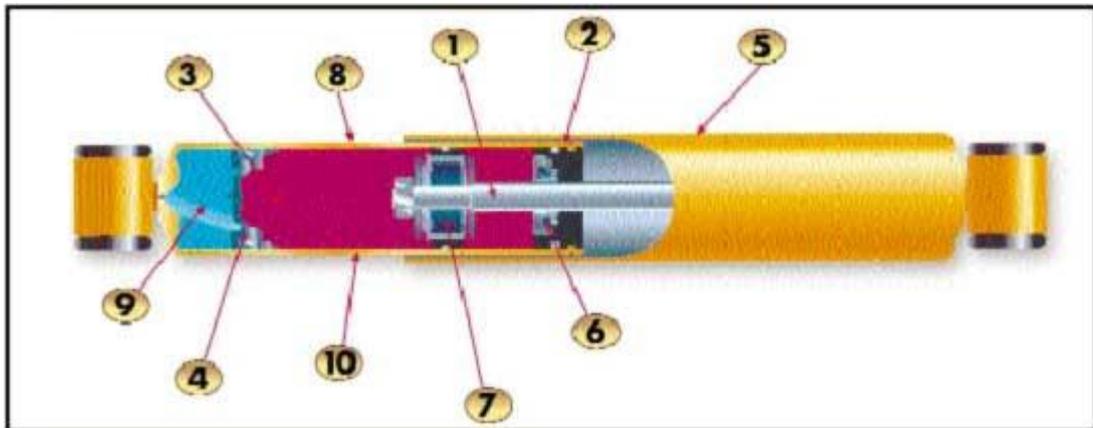


Figura 1.8. Amortiguador monotubo.

1. Vástago del cilindro de 14 milímetros de diámetro y recubierto con una gruesa capa de cromo endurecido para conseguir una larga duración y una resistencia máxima.
2. Excelente sistema de sellado para asegurar la longevidad del producto y prevenir pérdidas, así como la corrosión y la entrada de polvo.
3. Aceite de alta viscosidad y calidad superior que garantiza unos efectos de amortiguación constantes en un rango de temperaturas que va de -40°C a 120°C , asegurando un mejor control de la amortiguación en recorridos fuera de carretera y áreas de clima muy duro.
4. Pistón flotante de material sintético con sellado de baja fricción que mejora la respuesta de amortiguación.
5. Escudo metálico para frenar la entrada de suciedad, que da mayor protección al vástago que los escudos tradicionales de plástico.

6. Nueva guía de aluminio auto-lubricante para el vástago con una excelente resistencia al desgaste.
7. El pistón autoajustable (46 milímetros de diámetro), con valvulado de discos y muelles de acero, regula con precisión el flujo de aceite para un control óptimo de la compresión y el efecto rebote.
8. Un único tubo de 46 milímetros con gran contenido de aceite para mejor refrigeración.
9. Gas nitrógeno comprimido (20 bares) -separado del aceite de alta calidad por un pistón flotante de diseño especial, con tolerancia muy ajustada- para conseguir una respuesta instantánea en cuanto a amortiguación y un menor ruido.
10. Las paredes de 2 milímetros de grosor del tubo reducen de forma drástica los daños que puedan provocar los golpes con piedras u otros obstáculos.

Funcionamiento

- Primer nivel: Cuando, por ejemplo, se alarga lentamente el amortiguador, el pistón y su vástago se mueven hacia arriba y fuerzan el aceite a fluir de la cámara superior a la inferior a través de la válvula del pistón. El aceite pasa sucesivamente a través de los agujeros del pistón y de las sangrías taladradas en los discos en el fondo del pistón. Debido al pequeñísimo tamaño de estas sangrías, la resistencia al flujo del aceite aumenta con rapidez al elevarse la velocidad del pistón.
- Segundo nivel: Cuando se eleva la velocidad del pistón, la presión tiene fuerza suficiente para subir los discos. La amortiguación, así, adquiere características lineales.

- Tercer nivel: Cuando el pistón se mueve con rapidez dentro del cilindro, es preciso que la fuerza de amortiguación aumente de inmediato, también para prevenir los golpeteos en los topes. En ese momento, los discos están completamente abiertos, pero al ser su capacidad de apertura limitada, se consigue aumentar la resistencia al flujo del aceite.

Ventajas:

- Buena refrigeración debido a que la cámara está en contacto directo con el aire. Esto se traduce en una mayor eficiencia, pues hay que tener en cuenta que el amortiguador es un dispositivo que convierte la energía cinética en energía calorífica.
- Mayor diámetro de pistón a igual diámetro de carcasa, lo que permite reducir las presiones de operación.
- El nivel de aceite no baja al quedar el vehículo estacionado, lo que evita funcionamientos deficientes al volver a arrancar.
- Debido a la presurización, el aceite no forma espuma, evitando problemas de cavitación y resultando un buen amortiguamiento incluso con pequeñas vibraciones de alta frecuencia.
- Gracias al pistón separador, no queda restringida la posición de montaje, pudiéndose colocar incluso tumbados.

Desventajas:

- Mayores costos derivados de mayores requerimientos de precisión, tolerancias de fabricación y estanqueidad del gas.

- La valvulería es mas compleja.
- Su mayor necesidad de espacio puede aumentar su longitud por encima de 100 mm en aplicaciones a automóviles.
- La fuerza de extensión que realizan en su posición nominal, debido a la presión interna del gas y a la diferencia de areas efectivas a ambos lados del pistón. Esta fuerza puede provocar variaciones en la altura de suspensión que es necesario considerar en su diseño.

Otra forma de clasificar a los amortiguadores es por el tipo de carga que soportan, así:

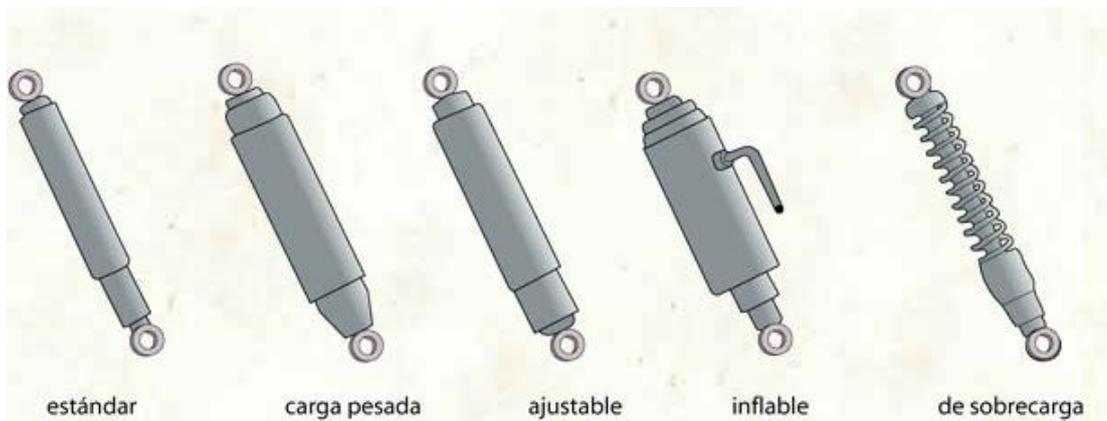


Figura 1.9. Clasificación por el tipo de carga.

- **Estándar:** modelo estándar.
- **Carga pesada:** modelo utilizado para vehículos pesados.
- **Ajustable:** modelo que puede ajustarse según las dimensiones de una carga.
- **Inflable:** modelo que puede inflarse.
- **De sobrecarga:** modelo que puede recibir una sobrecarga.

1.4.- PARÁMETROS DE ACTUACIÓN DEL AMORTIGUADOR.

El amortiguador, está pensado para operar dentro de unos rangos determinados de desplazamiento y de velocidad, rangos que se determinan a partir de la experimentación y de la experiencia acumulada en el sector.

Conocer los parámetros de actuación del amortiguador resulta de especial interés, sobre todo en lo que se refiere al apartado experimental ya que, de no conocerlos, se podría trabajar en un régimen demasiado elevado que podría tener como consecuencias resultados poco útiles y en el peor de los casos, la rotura del material utilizado.

Se entiende como parámetros de actuación del amortiguador los desplazamientos y velocidades máximas a las que se encuentra sometido en condiciones normales de funcionamiento, valores que no necesariamente son las condiciones límite a las que se puede someter al amortiguador.

1.4.1.- DESPLAZAMIENTO MÁXIMO.

Si bien se encuentran rangos concretos de actuación en lo que refiere a velocidad, no es usual acotar el rango de actuación del amortiguador en lo que a desplazamiento se refiere ya que, en casos extremos (como son cambios bruscos de rasante a altas velocidades o fuertes escalones sobre la vía), la suspensión puede trabajar al límite de su carrera de compresión o de extensión, encontrándose acotada o no por el propio amortiguador.

En la carrera de compresión y con el fin de evitar el contacto entre partes sólidas en estos casos extremos, se dota, bien en la parte más externa del vástago del amortiguador y de forma concéntrica a este o bien en algún punto del mecanismo de suspensión, de unos topes de caucho o goma elástica tales que, a medida que son comprimidos, aumentan su resistencia de forma exponencial en forma progresiva.

Normalmente, para el ciclo de extensión es el propio amortiguador el que internamente se encuentra dotado de un tope de plástico semielástico, situado de forma concéntrica al vástago y correctamente fijado mediante algún tope interno, el cual tiene la misión de evitar el contacto entre partes metálicas a la vez que debe ser capaz de frenar el movimiento de la suspensión de forma rápida y progresiva.

1.4.2.- VELOCIDAD MÁXIMA.

En el ciclo de extensión, la velocidad máxima a que se someterá el amortiguador aparecerá cuando la rueda pierda el contacto con el suelo y se produzca la caída libre del vehículo (o parte de él).

La velocidad máxima a compresión es radicalmente diferente a la de extensión ya que, en extensión es el muelle el único responsable de separar la masa suspendida de la no suspendida mientras que en compresión son elementos externos a través del neumático los responsables de comprimirlo.

Teóricamente no existe limitación en la velocidad máxima de compresión ya que la fuerza de entrada (o desplazamiento) sobre el neumático puede ser tan grande como se quiera. No obstante se presentarán casos prácticos que serán útiles para determinar la velocidad de compresión máxima que se suele presentar en el amortiguador.

La velocidad máxima que se alcanza para una oscilación forzada se obtiene de la teoría de la vibración:

$$V_{\max} = A\omega = 2A\pi f$$

Donde: A : Amplitud del desplazamiento,
 ω : Frecuencia de la oscilación, y

$$f = \omega/2\pi$$

El movimiento extiende y comprime totalmente el amortiguador y que este tiene un recorrido útil de $0,2m$, la velocidad máxima a la que trabajará el amortiguador es:

$$V_{\max} = 2 \times 0,1 \times \pi \times 1 = 0,6 \frac{m}{s}$$

El caso presentado corresponde a una conducción extrema, por lo que rara vez se dará en condiciones normales.

En las maniobras de entrada en curvas también se hace trabajar al amortiguador a tracción y compresión si bien no se contemplará tal situación ya que las velocidades máximas que se suelen dar son del orden de $1 \frac{m}{s}$ en casos muy extremos.

El último caso a que se debería contemplar para la determinación de la velocidad máxima corresponde al de aceleración o frenado, caso que tampoco se tendrá en cuenta debido a que en tales maniobras el amortiguador trabaja a unas velocidades inferiores a los $0,5 \frac{m}{s}$, lo cual implica que la fuerza de amortiguación se controla mediante los denominados circuitos de baja velocidad.

Lógicamente, en las condiciones reales de trabajo, nunca se dan las situaciones citadas por separado sino que la velocidad resultante del amortiguador es una combinación de los casos anteriores.

La experiencia muestra que en vehículos automóviles tipo turismo, la velocidad máxima de amortiguamiento que se alcanza en condiciones normales de uso es del orden de $0,3 \frac{m}{s}$, para condiciones de conducción fuertes o vías en mal estado se alcanza la velocidad de $1 \frac{m}{s}$ y muy rara vez la velocidad de

funcionamiento se sitúa entre 1 y 2 m/s , motivo por el cual se limita el margen de actuación del amortiguador en lo que a velocidad se refiere al rango de $\pm 2\text{ m/s}$.¹

Contrariamente a lo que se piensa, las velocidades de actuación de los amortiguadores para vehículos de competición son inferiores a las que se dan para vehículos normales ya que, la optimización de la maniobrabilidad tiende a amortiguamientos más restrictivos y muelles más rígidos, lo cual hace que la fuerza transmitida sea mucho mayor, impidiendo una velocidad relativa elevada entre la masa suspendida y no suspendida. Como ejemplo clarificador, para una conducción fuerte sobre un Fórmula Indy se alcanzan velocidades normalmente inferiores a los $0,4\text{ m/s}$.²

1.5.- REPRESENTACIÓN DE FUERZAS DE AMORTIGUAMIENTO.

Existen tres formas diferentes de caracterizar el comportamiento del amortiguador. La primera es por medio el coeficiente de amortiguamiento, la segunda en presentar gráficamente la fuerza generada con respecto a al posición relativa del pistón y la tercera consiste en presentar la dependencia de la fuerza con la velocidad relativa de sus partes.

1.5.1.- COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO.³

La primera consiste en presentar el coeficiente de amortiguamiento (constante de proporcionalidad entre la fuerza generada y la velocidad).

El caso más sencillo ocurre cuando únicamente se da a conocer el coeficiente de amortiguamiento medio, pudiendo distinguir entre dos valores distintos para el ciclo de compresión y el de extensión.

¹ Milliken & Milliken. -Race Car Vehicle Dynamics (SAE book, 1995)

² Milliken & Milliken. -Race Car Vehicle Dynamics (SAE book, 1995)

³ Dr. Alonso Báez, Marcos. Estudio del comportamiento térmico y dinámico de los amortiguadores para vehículos automóviles tipo turismo.

La gran ventaja de este método es su sencillez, permitiendo un estudio simplificado del comportamiento del vehículo.

La gran desventaja es que se está asumiendo que la relación entre la fuerza y la velocidad es lineal, lo que suele inducir a error debido a que generalmente dicha relación suele ser compleja, perdiendo detalles del comportamiento como pueden ser la cantidad de histéresis que presenta el amortiguador, la presión de apertura de las válvulas limitadoras o la dependencia con la posición y la aceleración.

La derivación lógica de este método consiste en hallar el coeficiente de amortiguamiento definido como la relación puntual entre la fuerza y la velocidad. El resultado se puede presentar en forma de gráfico, tal y como se muestra en la figura 1.10., o bien mediante un ajuste de la curva obtenida, en el cual se suele utilizar como variable independiente la velocidad, siendo opcional el uso de la posición e incluso la aceleración en función de la calidad de representación que se desee obtener.

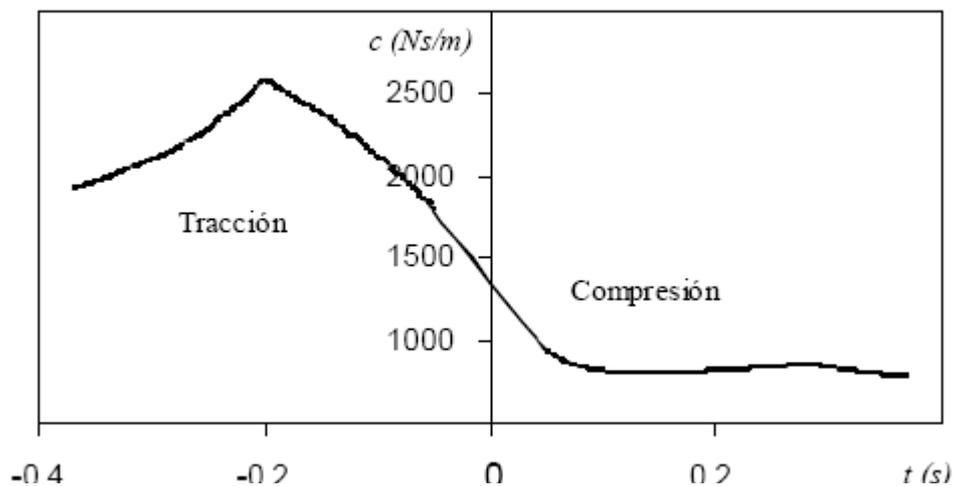


Figura 1.10. Representación del coeficiente de amortiguamiento en función de la velocidad para un amortiguador de doblotubo.

1.5.2.- GRÁFICO FUERZA-POSICIÓN.

Otra de las formas de caracterizar al amortiguador proviene de la representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la posición del pistón de trabajo una vez escogido el nivel cero y para una frecuencia dada.

Se muestra un ejemplo de este tipo de gráfico para un amortiguador real en la figura 1.11, donde se ha mantenido el criterio de velocidad positiva en el ciclo de compresión y se ha escogido el origen de coordenadas en la posición media de la carrera.

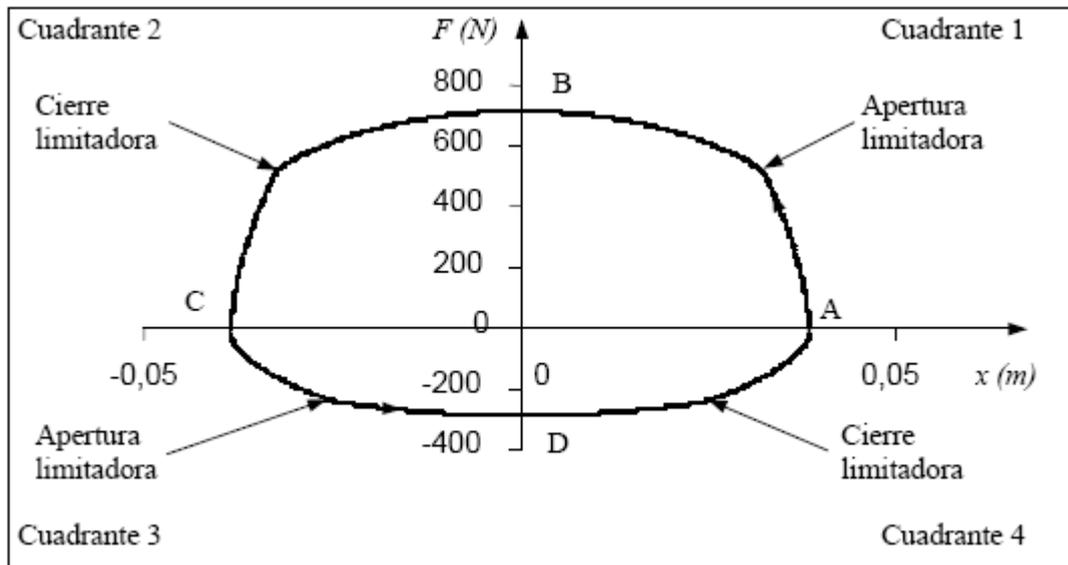


Figura 1.11. Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la posición para un amortiguador de doble tubo.

El punto A del cuadrante 1 corresponde al inicio del ciclo de tracción (por lo que su compresión es máxima). A partir de este punto empiezan a trabajar las válvulas de baja velocidad hasta el punto en que la presión es suficiente para abrir las limitadoras.

En el punto B se alcanza la velocidad máxima del amortiguador para el ciclo de tracción, por lo que la característica de actuación está gobernada por la actuación conjunta de las válvulas de alta y baja velocidad.

Es en algún punto del segundo cuadrante cuando se produce el cierre total de las limitadoras a tracción, por lo que nuevamente son los conductos de baja velocidad los que determinan la fuerza de amortiguamiento.

Una vez se ha alcanzado el punto C del tercer cuadrante, el amortiguador se encuentra en su máxima extensión y comenzando el ciclo de compresión. En la primera zona, de la misma forma que sucedía en el inicio del ciclo de tracción, la fuerza de amortiguamiento está gobernada por las válvulas de baja velocidad a compresión, hasta el punto en que las limitadoras empiezan a funcionar.

El punto D es el momento de máxima velocidad de compresión y el comportamiento del amortiguador está definido tanto las válvulas de baja como de alta velocidad.

Nuevamente, en algún momento del cuarto cuadrante, las válvulas limitadoras a compresión cierran y el comportamiento se encuentra impuesto por las válvulas de baja velocidad.

La ventaja del gráfico posición fuerza frente al coeficiente de amortiguamiento es que permite la determinación directa de la fuerza de amortiguamiento a la vez que permite observar los momentos de apertura y de cierre de las válvulas limitadoras.

Como ya se ha mencionado repetidas veces, es deseable que la fuerza de amortiguamiento sea una función de la velocidad debido a que es la velocidad la que determina los caudales circulantes por las válvulas, por lo que el gran inconveniente que presenta este método es no mostrar dicha variable de forma explícita, si bien es deducible a partir de la frecuencia a la que se han obtenido los datos.

1.5.3.- GRÁFICO FUERZA-VELOCIDAD.

El método más empleado para la caracterización del amortiguador debido a las ventajas que aporta consiste en la representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la velocidad de trabajo de éste.

Se muestra un ejemplo en la figura 1.12., donde se han representado los puntos A, B, C y D obtenidos anteriormente en el gráfico de fuerza-posición.

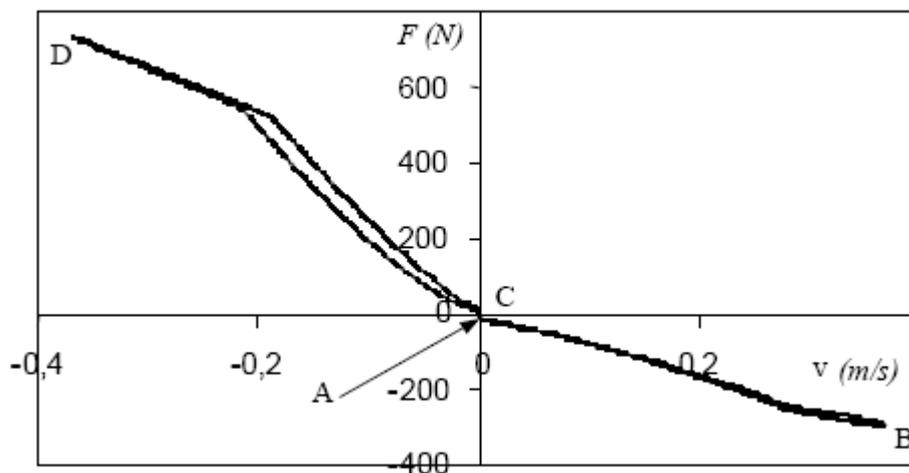


Figura 1.12. Representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la velocidad para un amortiguador de doble tubo.

La representación gráfica de la fuerza de amortiguamiento en función de la velocidad permite visualizar de una forma directa la linealidad del amortiguador. Los fabricantes de automóviles tratan de que la fuerza de amortiguamiento dependa de forma lineal con la velocidad, hecho que, como se puede observar, está lejos de la realidad para los amortiguadores reales.

Otra de las ventajas del gráfico anterior es que permite observar de forma clara la cantidad de histéresis presente en el amortiguador.

La representación de la velocidad como variable independiente permite hacerse una idea del grado de sollicitación a la que se encuentra expuesto el amortiguador en el ciclo de trabajo, hecho que no sucedía en la representación de la fuerza como función de la posición.

Por último, cabe comentar que un gráfico de este tipo, del mismo modo que lo hacía el gráfico de fuerza posición, permite ver los momentos de apertura y cierre de las válvulas limitadoras, lo cual facilita su ajuste en el caso en que la unidad lo permita.

CAPÍTULO II

DISEÑO MECÁNICO

2.1. INTRODUCCIÓN.

Para el diseño mecánico del proyecto de tesis utilizamos el software de análisis y simulación que es una herramienta que sirve para desarrollar maquinarias a grandes escalas. Estas herramientas nos permiten que podamos evaluar los diseños en una fase temprana del ciclo de diseño, que determine las causas de los fallos prematuros en el campo, que analice rápidamente los cambios del diseño que pretenden reducir costos y peso, y que determine el factor de seguridad del producto. Las herramientas de análisis permiten identificar problemas de diseño que se pueden escapar durante la revisión de un diseñador sencillamente por la naturaleza dinámica de muchas piezas móviles de la maquinaria, ayudando además a los diseñadores de maquinaria a comprender el comportamiento físico de sus diseños rápidamente sin recurrir a costosos prototipos ni a pruebas físicas que amplíen el ciclo de diseño del producto.

Finalmente, estas herramientas permiten que los ingenieros y estudiantes experimenten con materiales y diseños que pueden dar como resultado productos con un peso y un costo mínimos.

SolidWorks es un software CAD en tres dimensiones, miles de compañías a nivel mundial la utilizan como herramienta para el diseño de ingeniería. Su funcionalidad a nivel de diseño CAD incluye desarrollo avanzado de partes, ensambles, dinámica, superficies.

El software de análisis COSMOSWorks se integra estrechamente con los principales sistemas de CAD y se integra directamente con el sistema de modelado de SolidWorks, el estándar para el diseño en 3D, por lo que COSMOSWorks utiliza el FeatureManager de SolidWorks y muchos de los mismos comandos del ratón y del teclado para que cualquier persona que puede diseñar una pieza en SolidWorks también pueda analizarla sin tener que aprender una nueva interfaz. COSMOSWorks contiene las herramientas de validación de diseños utilizadas con mayor frecuencia, ofreciendo funciones de análisis de esfuerzos, tensiones y desplazamientos para piezas y ensamblajes.

El software COSMOSMotion simula el funcionamiento mecánico de ensamblajes motorizados y calcula las fuerzas físicas que éstos generan. Mediante la determinación de factores tales como el consumo de electricidad y las interferencias entre las piezas móviles, COSMOSMotion ayuda a determinar si un diseño fallara, si las piezas se romperán o si se producirán riesgos para la seguridad.

2.2. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

El diseño de la estructura está realizado en SolidWork, dibujamos en 3D, luego tenemos un miembro estructural y finalmente extruimos.

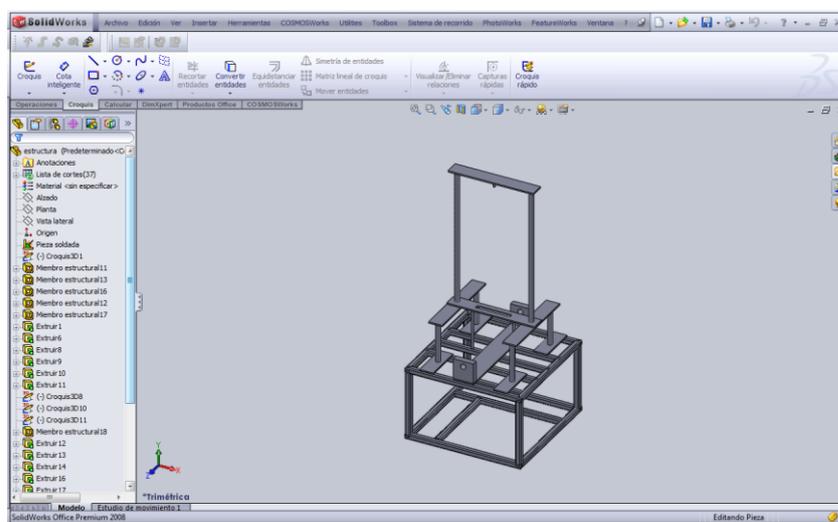


Figura 2.1. Estructura del banco de pruebas para amortiguadores.

2.2.1. ESTUDIO DE ANÁLISIS ESTÁTICO.

Para crear un estudio estático hacer clic en la pestaña de COSMOS

AnalysisManager .

1. Haga clic en Estudio  en la barra de herramientas principal de COSMOSWorks.
2. En el PropertyManager, en Nombre:
 - a. Escriba Estático-1 (Static-1).
 - b. En Tipo de malla, seleccione Malla sólida.
3. En Tipo, haga clic en Estático .
4. Haga clic en Aceptar .

El software crea el estudio en el gestor de COSMOS AnalysisManager. Observe la marca de verificación en el icono Sólidos indicando que usted asignó un material.

2.2.2. ASIGNACIÓN DE MATERIAL.

Para asignar el material ASTM A36 desde la biblioteca de materiales de SolidWorks:

1. Haga clic en la opción Editar material  en la barra de herramientas Estándar de SolidWorks.
2. Aparece el PropertyManager Editor de Materiales.
3. En Materiales, haga lo siguiente:
 - a. Seleccione Materiales de SolidWorks en el menú desplegable.
 - b. Haga clic en la biblioteca de materiales y seleccione el ASTM A36.
4. Haga clic en Aceptar .

El nombre del material asignado aparece en el gestor del FeatureManager ASTM A36.

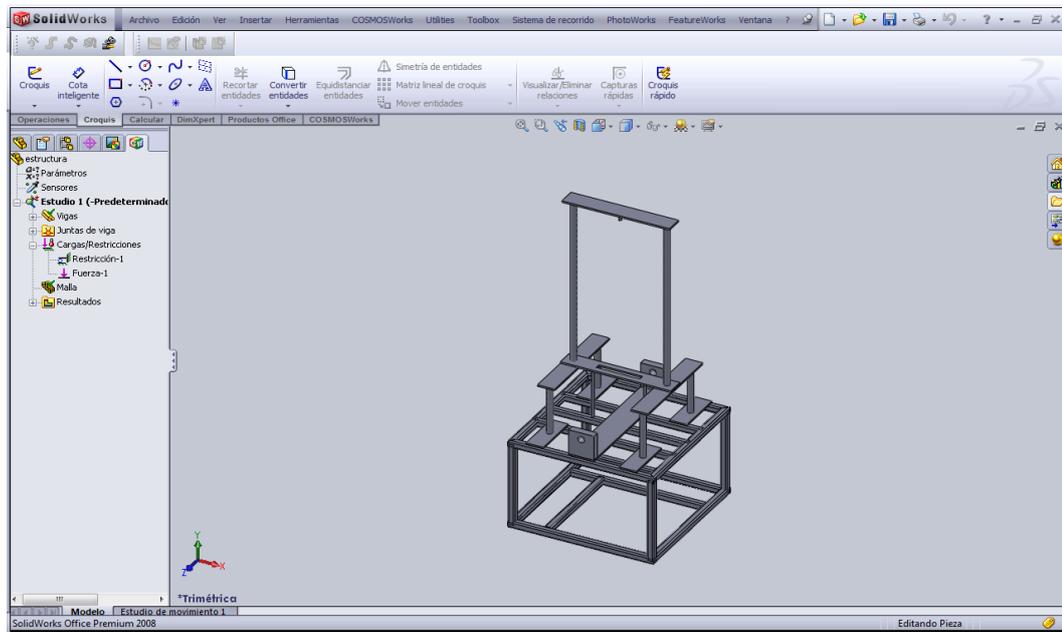


Figura 2.2. Asignación del material para la estructura.

2.2.3. APLICACIÓN DE RESTRICCIONES.

Para el análisis estático, debe aplicar restricciones adecuadas para estabilizar el modelo. Haga clic en Restricciones  en la barra de herramientas Cargas de COSMOSWorks.

1. Aparece el PropertyManager Restricción.
2. En Tipo, seleccione Inamovible (Sin traslación).
3. En la zona de gráficos, haga clic en las caras de la estructura que se muestran en las figuras.
4. Cara<1> y Cara<2> (Face<1> y Face<2>) aparecen en el cuadro Caras, aristas o vértices para restricción .
5. Haga clic en Aceptar .

El software fija las caras de la estructura crea un icono denominado Restricción-1 (Restraint-1) en la carpeta Cargas/Restricciones del gestor del COSMOSWorks AnalysisManager.

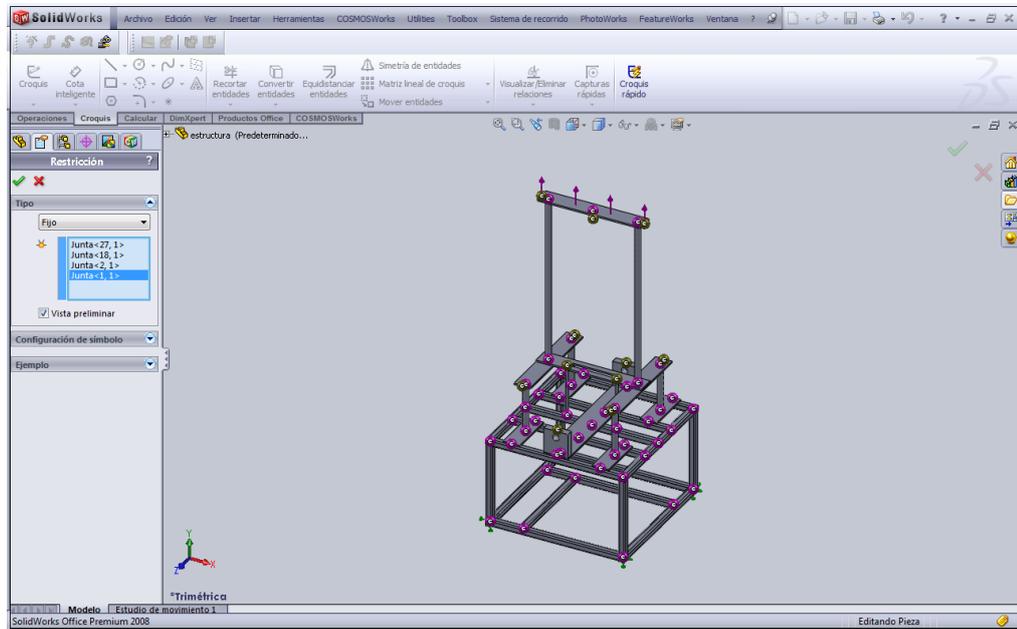


Figura 2.3. Restricciones para la estructura.

2.2.4. APLICACIÓN DE FUERZAS.

Para aplicar una fuerza en el gestor de COSMOSWorks AnalysisManager, haga clic con el botón secundario del ratón en Carga/Restricciones y haga clic en Fuerza.

1. Aparece el PropertyManager Fuerza.
2. En Tipo, haga clic en Aplicar fuerza/momento.
3. Haga clic dentro del cuadro Caras, aristas o vértices para fuerza  y luego haga clic en la cara de la viga superior de la estructura (CrankArm), como se muestran en la figuras.

4. Haga clic dentro del cuadro Cara, arista, plano o eje para la dirección  y luego seleccione Plano1 (Plane1) en la estructura desde el gestor del FeatureManager desplegable.
5. En Unidades , seleccione (SI).
6. En Fuerza (Por entidad):
 - a. Haga clic en A lo largo del plano Dir. 1 .
 - b. Escriba 2000 N como magnitud de la fuerza.
7. Haga clic en Aceptar .

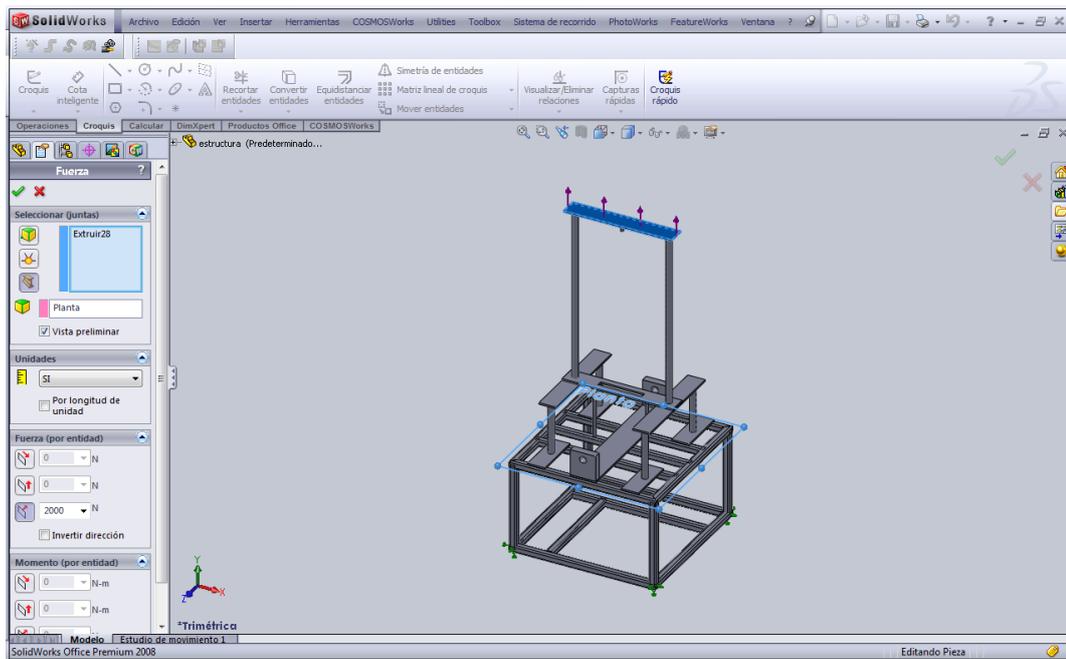


Figura 2.4. Fuerzas para la estructura.

2.2.5. ESTABLECER OPCIONES DE MALLADO.

El mallado depende de las opciones de mallado activas.

Para configurar opciones de mallado:

1. En el gestor de COSMOS AnalysisManager, haga clic con el botón secundario del ratón en el icono de Malla y seleccione Crear malla o haga clic en Malla  en la barra de herramientas principal de COSMOSWorks.

2.2.6. VISUALIZAR INFORMACIÓN DE MALLA.

Para visualizar la información de malla:

1. En el gestor del COSMOSWorks AnalysisManager, haga clic con el botón secundario del ratón en Malla y seleccione Detalles.
2. Cierre el cuadro de lista Detalles de malla.

Para ocultar o mostrar la malla:

Haga clic en Mostrar/Ocultar malla  en la barra Herramientas de resultados de COSMOSWorks.

2.2.7. GENERAR LA MALLA DE LA PIEZA Y EJECUTAR EL ANÁLISIS.

El software utiliza las opciones de mallado activas para crear la malla.

Para generar una malla de la pieza y ejecutar el análisis estático:

1. Haga clic en  para aceptar los valores predeterminados de Tamaño global  y Tolerancia. 

El mallado se inicia y aparece la ventana Mallando. Después de que el mallado se completa, el modelo mallado aparece en la zona de gráficos.

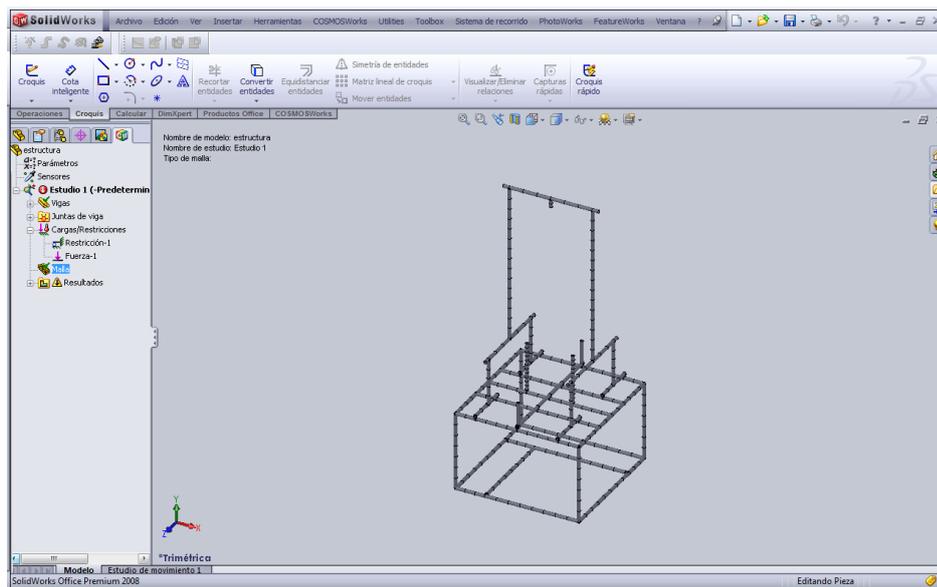


Figura 2.5. Creación del mallado de la estructura.

2. Haga clic en Ejecutar  en la barra de herramientas Principal de COSMOSWorks.

Se ejecuta el análisis y se crean los trazados predeterminados en el gestor del COSMOSWorks AnalysisManager.

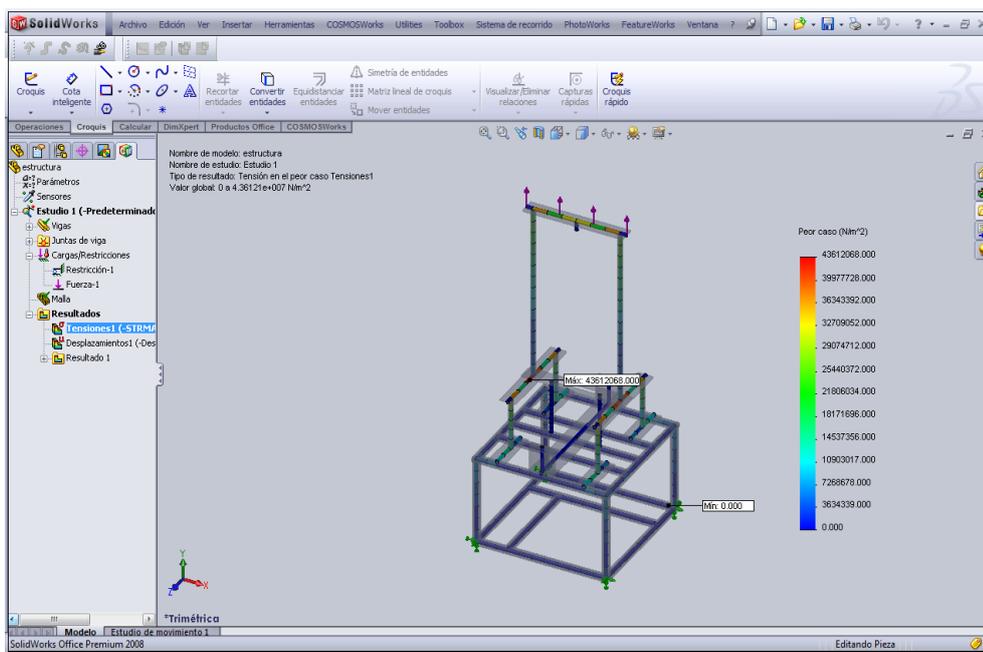


Figura 2.6. Resultado de tensión en el peor caso de la estructura

En el peor caso el diseño de la estructura falla a los 43612068 N/m^2 .

2.2.8. DESPLAZAMIENTO RESULTANTE.

Para realizar un trazado del desplazamiento resultante:

1. En el gestor del COSMOS AnalysisManager, abra la carpeta Resultados .
2. Haga doble clic en Desplazamiento (-Res disp) para mostrar el trazado.

Para animar el trazado de desplazamientos resultante:

Haga clic en Animar  en la barra Herramientas de resultados de COSMOSWorks.

1. De forma predeterminada, la animación se reproduce en un patrón de reproducción alternativa continua. Lo reproducirá desde el inicio hasta el final, a continuación desde el final hasta el inicio y seguirá repitiéndolo.
2. Haga clic en  para detener la animación.
3. Haga clic en Bucle  y, a continuación, en  para iniciar la animación.
4. La animación se reproduce en un patrón de bucle continuo. Lo reproducirá desde el inicio hasta el final, volverá a empezar hasta el final y seguirá repitiéndolo.
5. Haga clic en  para detener la animación.
6. Haga clic en .

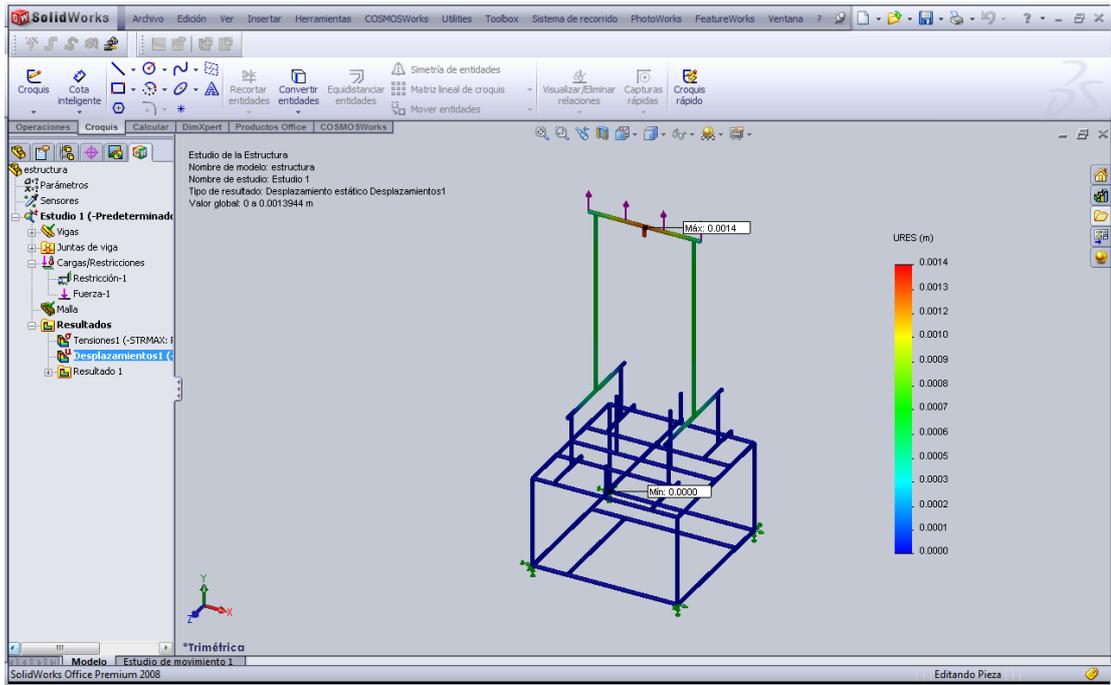


Figura 2.7. Resultado del desplazamiento estático.

En el diseño de la estructura la mayor fuerza que va soportar es la viga superior 0.0014 m (URES).

2.3 DISEÑO DE LA BIELA.

Creamos un croquis 3D en el plano alzado croquizamos la biela y la manivela acotamos con cota inteligente y extruimos.

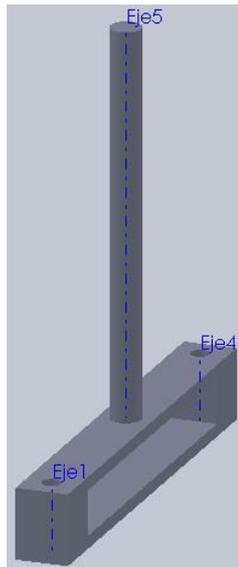


Figura 2.8. La biela.

2.3.1. CREAR EL ENSAMBLAJE.

Ahora puede crear el ensamblaje utilizando las tres piezas.

1. Haga clic en Abrir  en la barra de herramientas Estándar para abrir la pieza.
2. Haga clic en Nuevo  en la barra de herramientas Estándar, haga clic en Ensamblaje y, a continuación, en Aceptar.
3. Aparece el PropertyManager Empezar ensamblaje.
4. En Pieza/Ensamblaje para insertar.
5. Aparece una vista preliminar de la estructura en la zona de gráficos y el cursor cambia a .
6. Haga clic en Mantener visible  en el PropertyManager para insertar más de un componente sin tener que volver a abrirlo.
7. Haga clic en cualquier punto de la zona de gráficos para colocar la pieza estructura.
8. En el PropertyManager, en Pieza/ensamblaje a insertar, seleccione la biela.
9. En el PropertyManager, en Pieza/ensamblaje a insertar, seleccione la manivela.

10. Haga clic en la zona de gráficos para colocar la pieza de la biela y de la manivela junto a estructura.

11. Haga clic en Aceptar .

2.3.2. RELACIÓN DE POSICIÓN DE LOS COMPONENTES.

En esta sección se definen las relaciones de posición del ensamblaje entre los componentes para conseguir la alineación y la unión adecuadas de los mismos.

1. Haga clic en Relación de posición  en la barra de herramientas Ensamblaje.

Aparece el PropertyManager Relación de posición.

2. En la barra de herramientas emergente Relación de posición, haga lo siguiente:

a. Haga clic en Coincidente  como el tipo de relación de posición.

b. Haga clic en Concentrica  como el tipo de relación de posición.

c. Haga clic en Agregar/Finalizar relación de posición .

3. Guardar el ensamble.

4. Haga clic en la pestaña Estudio de movimiento 1 (en la parte inferior de la zona de gráficos).

2.3.3. AGREGAR CONTACTO 3D A UNA ANIMACIÓN.

Para agregar un contacto 3D seguimos los siguientes pasos.

1. Haga clic en contacto 3D y creamos un contacto entre la biela y la manivela.

2. Haga clic en .

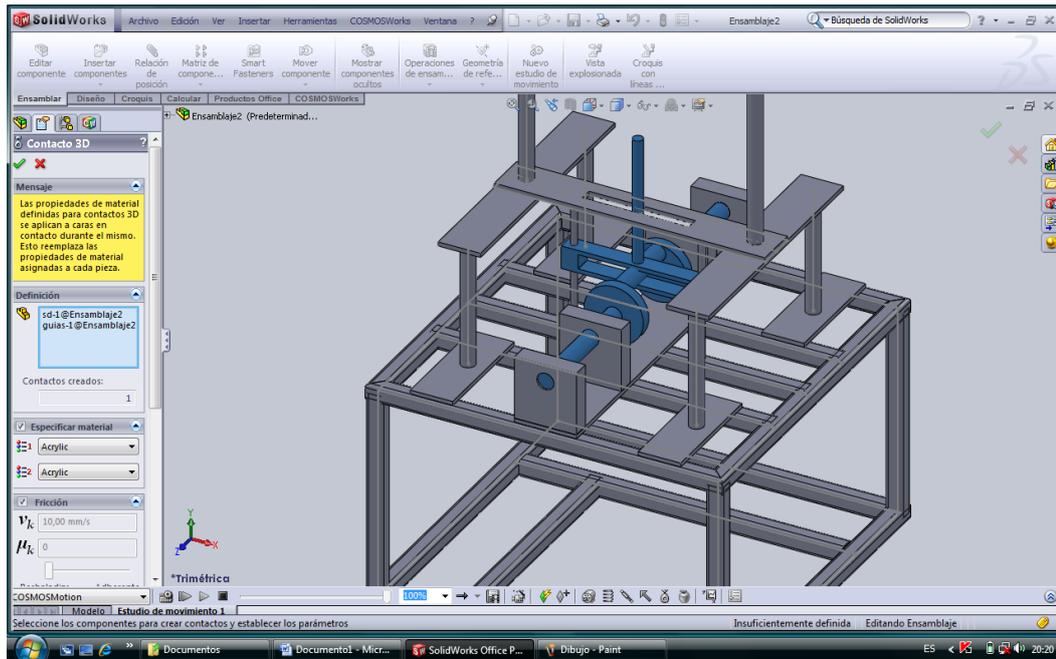


Figura 2.9. Seleccionamos un contacto 3D para la animación.

2.3.4. AGREGAR UN MOTOR A UNA ANIMACIÓN.

Para agregar un motor a una animación.

1. Haga clic en Motor  (en la barra de herramientas MotionManager).
 - a. En el PropertyManager:
2. Haga clic en Motor rotatorio .
3. Para Dirección de motor, seleccione la cara de la Pieza 2 en la zona de gráficos.
En Movimiento:
4. Para Tipo de motor, seleccione Velocidad constante.
 - a. Para Motor de velocidad constante, introduzca 144.
5. Haga clic en .

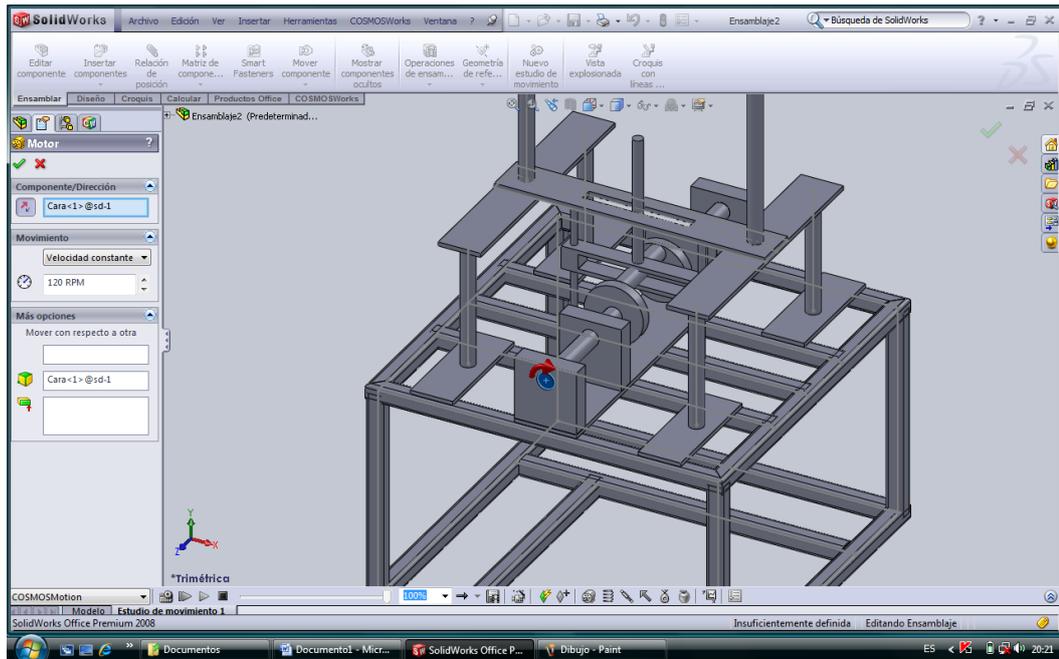


Figura 2.10. Seleccionamos un motor para la animación.

2.3.5 AGREGAR UN AMORTIGUADOR A UNA ANIMACIÓN.

1. Haga clic en el amortiguador (en la barra de herramientas MotionManager).
2. En el PropertyManager:
3. Colocamos un amortiguador en él un extremo la arista de la biela y al otro la parte superior de la estructura.
4. Introducimos el valor de la carga 21,00 N/(mm/s)
5. Haga clic en .

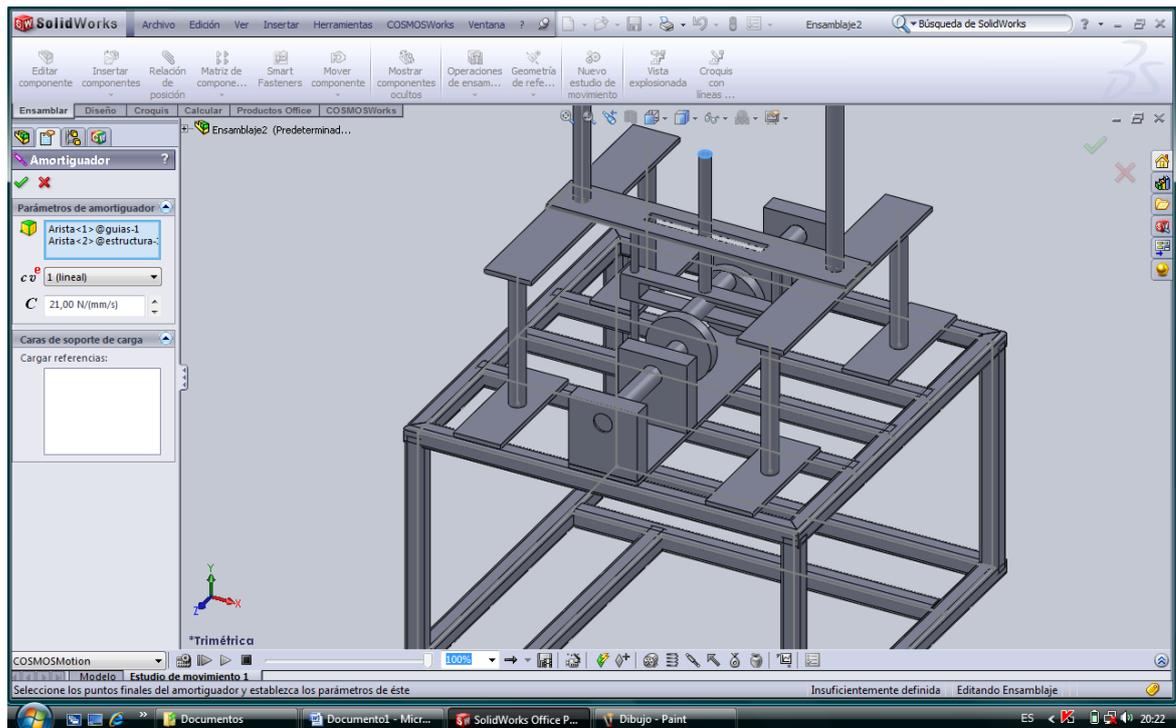


Figura 2.11. Seleccionamos un amortiguador para la animación.

6. Configure la barra de tiempo en 0.5 segundos.
7. Haga clic en  **Calcular**.

Después de que una animación haya sido calculada, quedará almacenada en la memoria temporal y para volver a verla deberá hacer clic en  **Reproducir desde el inicio**. Si realiza un cambio en la animación, deberá hacer clic en  **Calcular** para ver los cambios.

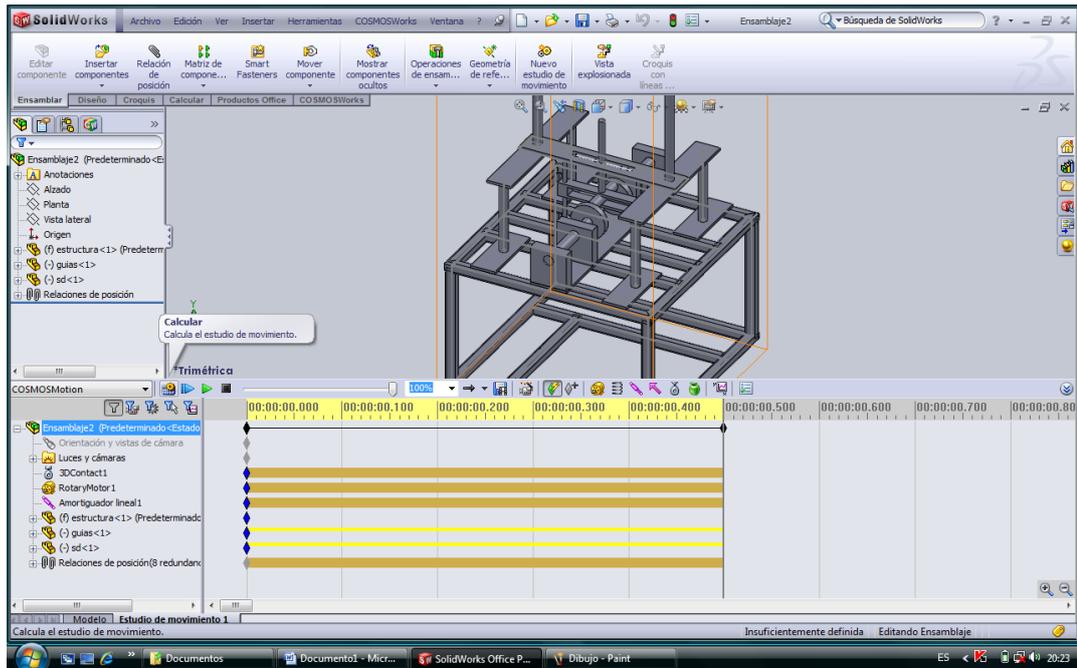


Figura 2.12. Calculamos el estudio de movimiento

2.3.6 IMPORTAR LAS CARGAS DE COSMOSMOTION A COSMOSWORKS.

Luego importamos las cargas realizado en cosmosmotion a cosmosworks como vemos en la figura 2.13.

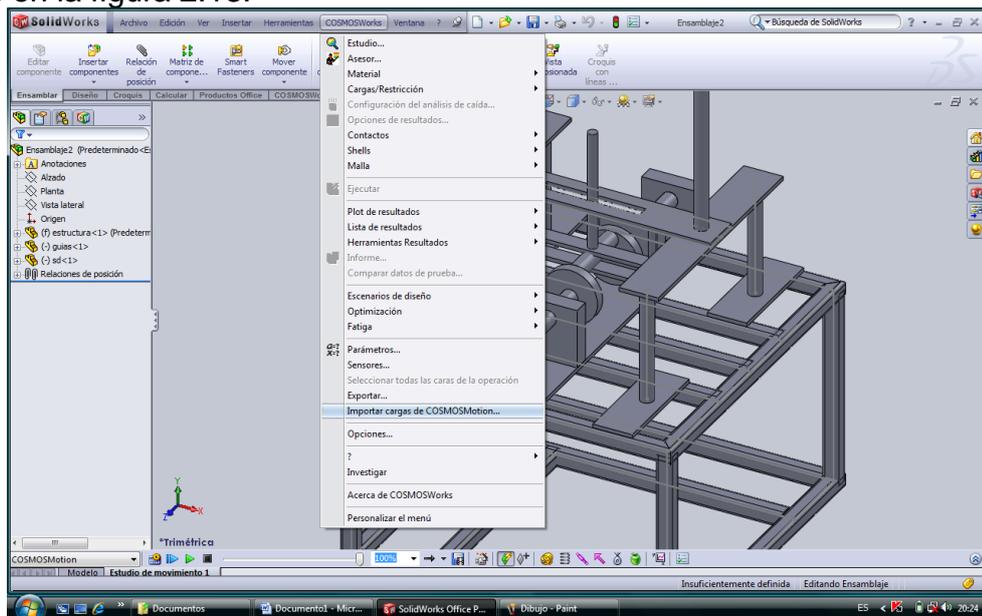


Figura 2.13. Importar cargas a cosmosmotion.

Seleccionamos el estudio de multiples instantes de tiempo en 73 escenarios de diseño en un incremento de uno en uno en un tiempo de 0.5seg como se ve en la fig 2.14.

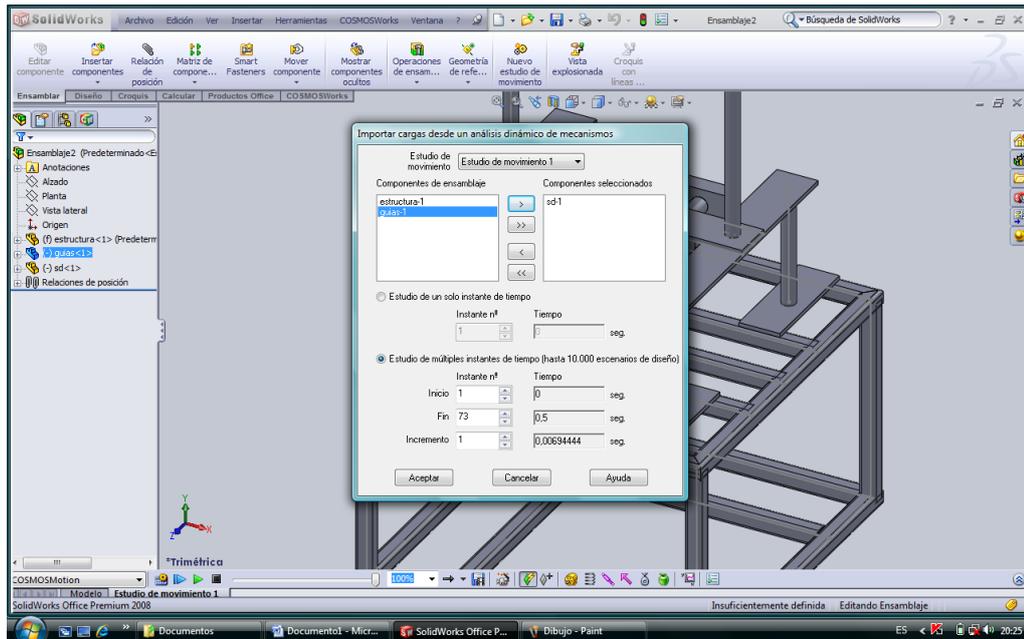


Figura 2.14. Importar cargas de la biela.

2.3.7 ASIGNAR MATERIAL.

En este paso, asignamos un material al ensamble desde la biblioteca de materiales de SolidWorks. La biela está hecha de ASTM A36 Steel.

Para asignar Acero aleado a la pieza:

1. Haga clic en el signo más **+** junto a steel para ver todos los materiales de esta clase.
2. Seleccione ASTM A36 Steel.
3. Haga clic en Aplicar.

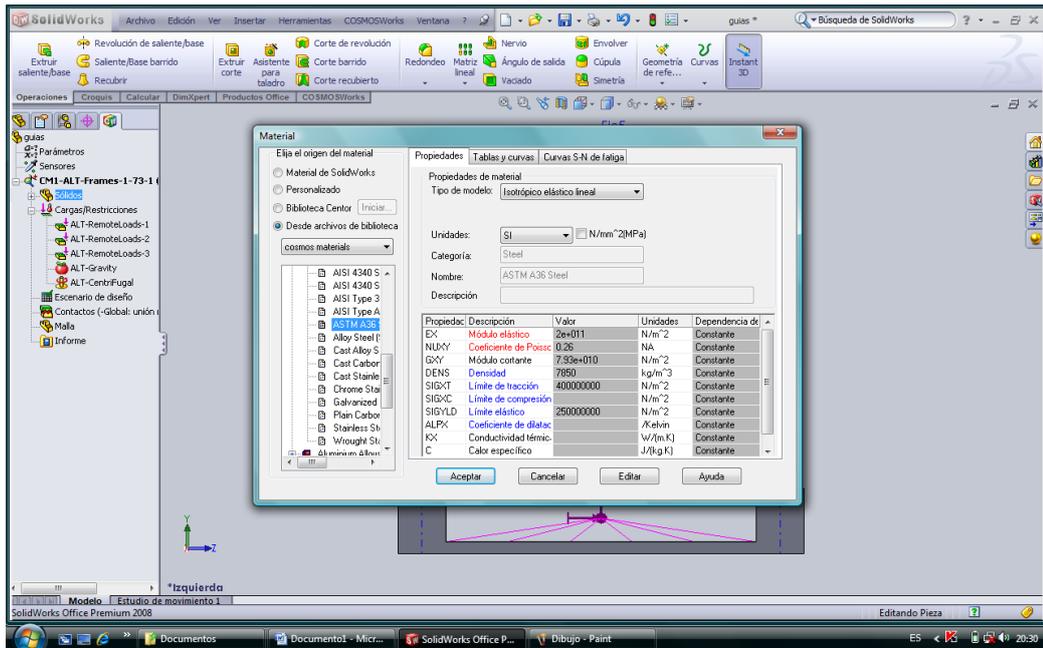


Figura 2.15. Asignación del material.

2.3.8. CREAR ESCENARIO DE DISEÑO.

En este escenario de diseño se debe cambiar todos los ceros negativos a ceros positivos para ver de mejor manera los resultados.

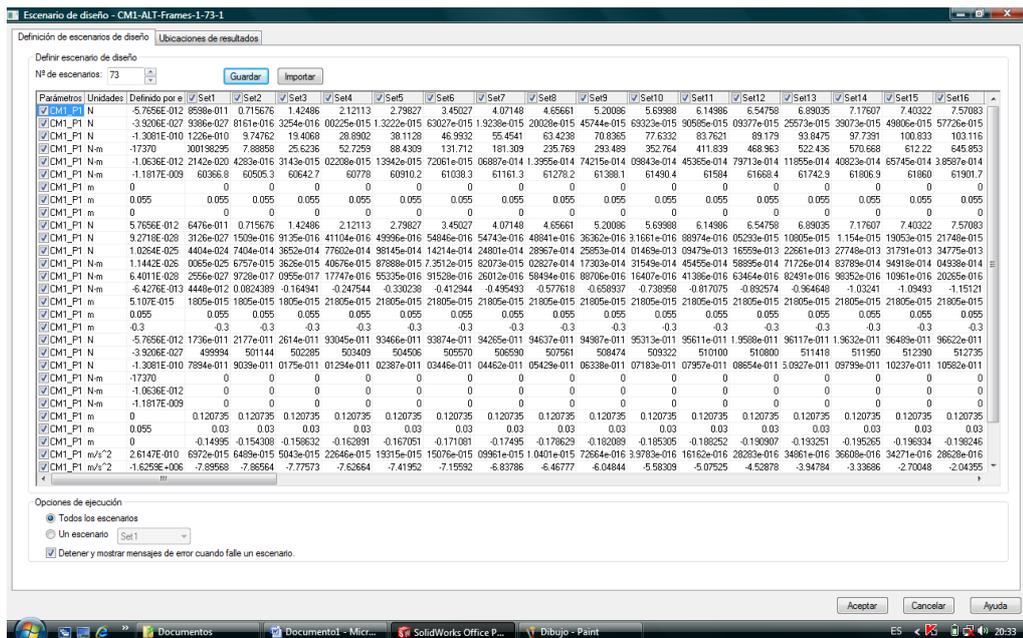


Figura 2.16. La creación del escenario de diseño.

2.3.9 GENERAR LA MALLA DE LA PIEZA Y EJECUTAR EL ANÁLISIS.

El software utiliza las opciones de mallado activas para crear la malla.

Para generar una malla de la pieza y ejecutar el análisis estático:

1. Haga clic en  para aceptar los valores predeterminados de Tamaño global  y Tolerancia. 

El mallado se inicia y aparece la ventana Mallando. Después de que el mallado se completa, el modelo mallado aparece en la zona de gráficos.

2.3.10 GENERAR UN INFORME DE ANÁLISIS.

Para generar un informe HTML:

1. Haga clic en Generar un informe HTML y en Siguiente.
2. Active las casillas Portada, Introducción y Conclusión y haga clic en Siguiente.
3. Introduzca el título del informe, el nombre del autor y el nombre de la empresa. Haga clic en Examinar para buscar un logotipo. Escriba la fecha del informe y haga clic en Siguiente.
4. Escriba el texto de la introducción y haga clic en Siguiente.
5. Escriba el texto de la conclusión y haga clic en Siguiente.
6. Escriba el nombre del archivo de informe. Active la casilla Versión para impresora para que los gráficos del informe se impriman correctamente.
7. Haga clic en Siguiente.

El informe se genera y visualiza en el explorador Web predeterminado.

8. Haga clic en crear.

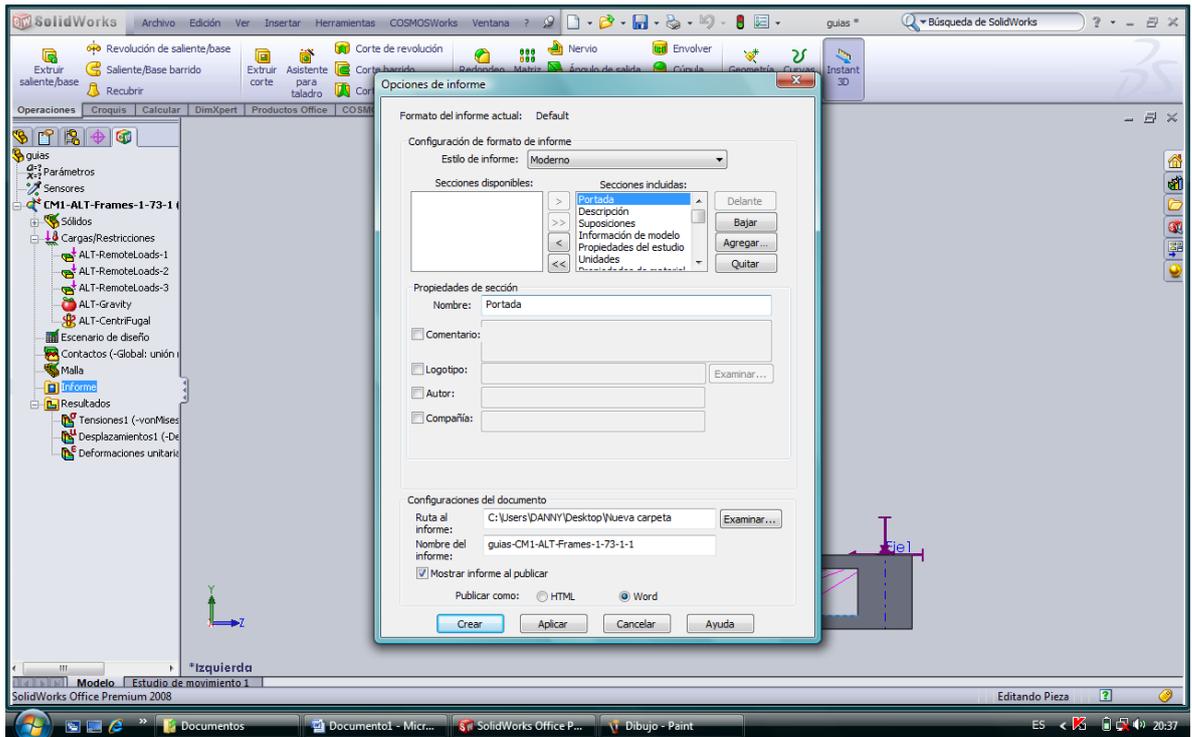


Figura 2.17. Opciones de informe de análisis.

2.3.11. ANÁLISIS DE TENSIONES DE LA BIELA.

2.3.11.1 Descripción.

Resuma el análisis mediante el Método de elementos finitos (MEF) de la biela.

2.3.11.2 Información de modelo.

Nombre de documento	de Configuración	Ruta al documento	Fecha de modificación
Bielá	Predeterminado	C:\Tesis\biela.SLDPRT	Sat Nov 08 20:27:53 2008

Tabla 2.1. Información del modelo.

2.3.11.3 Propiedades del estudio.

Nombre de estudio	CM1-ALT-Frames-1-73-1
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla:	Malla sólida
Tipo de solver	Solver tipo FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando (Soft Spring):	Desactivar
Desahogo inercial:	Activar
Efecto térmico:	Introducir temperatura
Temperatura a tensión cero	298.000000
Unidades	Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde COSMOSFloWorks	Desactivar
Fricción:	Desactivar
Ignorar distancia para contacto superficial	Desactivar

Tabla 2.2 Propiedades de estudio.

2.3.11.4 Unidades.

Sistema de unidades:	SI
Longitud/Desplazamiento	M
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	rad/s
Tensión/Presión	N/m ²

Tabla 2.3. Unidades.

2.3.11.5 Propiedades de material.

Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	Biela	ASTM A36 Steel	3.92718 kg	0.000500278 m ³
Nombre de material:			ASTM A36 Steel	
Descripción:			Biela	
Origen del material:			Archivos de biblioteca	
Nombre de biblioteca de materiales:			cosmos materials	
Tipo de modelo del material:			Isotrópico elástico lineal	
Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor	
Módulo elástico	2e+011	N/m ²	Constante	
Coefficiente de Poisson	0.26	NA	Constante	
Módulo cortante	7.93e+010	N/m ²	Constante	
Densidad	7850	kg/m ³	Constante	
Límite de tracción	4e+008	N/m ²	Constante	
Límite elástico	2.5e+008	N/m ²	Constante	

Tabla 2.4. Propiedades del material.

2.3.11.6 Cargas y restricciones.

Carga			
Nombre de carga	Conjunto de selecciones	Tipo de carga	Descripción
ALT-Gravity	Gravedad con respecto a con la aceleración de la gravedad -1.6259e+006 m/s ² a lo largo del plano Dir. 2	Carga secuencial	
ALT-CentriFugal	Centrífuga con respecto a	Carga secuencial	
ALT-Remote Loads-1 <biela>	Carga activar 1 Cara aplicar fuerza -5.7656e-012 N momento -17370 N-m a lo largo de la dirección X fuerza -3.9206e-027 N momento -1.0636e-012 N-m a lo largo de la dirección Y fuerza -1.3081e-010 N momento -1.1817e-009 N-m a lo largo de la dirección Z en la ubicación (0 m, 0.055 m, 0 m)	Carga secuencial	
ALT-Remote Loads-2 <biela>	Carga activar 1 Cara aplicar fuerza 5.7656e-012 N momento 1.1442e-026 N-m a lo largo de la dirección X fuerza 9.2718e-028 N momento 6.4011e-028 N-m a lo largo de la dirección Y fuerza 1.0264e-025 N momento -6.4276e-013 N-m a lo largo de la dirección Z en la ubicación (5.10703e-015 m, 0.055 m, -0.3 m)	Carga secuencial	
ALT-Remote Loads-3 <biela>	Carga activar 1 Cara aplicar fuerza -5.7656e-012 N momento -17370 N-m a lo largo de la dirección X fuerza -3.9206e-027 N momento -1.0636e-012 N-m a lo largo de la dirección Y fuerza -1.3081e-010 N momento -1.1817e-009 N-m a lo largo de la dirección Z en la ubicación (0 m, 0.055 m, 0 m)	Carga secuencial	

Tabla 2.5. Cargas y restricciones.

2.3.11.7 Contacto.

Estado de contacto: Caras en contacto – Unido.

2.3.11.8 Información de malla.

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	7.9405 mm
Tolerancia:	0.39702 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	7905
Número de nodos:	13872
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:03

Tabla 2.6. Información de la malla.

2.3.11.9 Fuerzas de reacción.

Conjunto de selecciones	de Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	-149.775	1111.57	44227.6	44241.8

Tabla 2.7. Fuerzas de reacción.

2.3.11.10 Fuerzas de cuerpo libre.

Conjunto de selecciones	de Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	95.282	1531.16	394176	394179

Tabla 2.8. Fuerzas de cuerpo libre.

2.3.11.11 Momentos de cuerpo libre.

Conjunto de selecciones	de Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N-m	0	0	0	1e-033

Tabla 2.9. Momentos de cuerpo libre.

2.3.11.12 Resultados del estudio.

2.3.11.12.1 Resultados predeterminados.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	1.4714e+06 N/m ² Nodo: 4060	(-4.10171 mm, 326.048 mm, -157.35 mm)	2.87899e+09 N/m ² Nodo: 9213	(-16 mm, 0 mm, -21.5116 mm)
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 m Nodo: 1736	(-4.81607 mm, 83.1162 mm, -151.048 mm)	0.00413558 m Nodo: 8635	(-4.47035 e-007 mm, 0 mm, 20 mm)
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	6.35968e-006 Elemento: 4984	(0.644483 mm, 144.177 mm, -149.591 mm)	0.00905791 Elemento: 7608	(-7.70019 mm, 1.49577 mm, -19.443 mm)

Tabla 2.10. Resultados predeterminados.



Figura 2.18. Tensiones



Figura 2.19. Desplazamientos



Figura 2.20. Deformaciones unitarias

2.4. DISEÑO DE LA MANIVELA.

El diseño de la manivela lo realizamos siguiendo los mismos pasos vistos anteriormente en el literal 2.3. En el diseño de la manivela solo cambia el informe de análisis de tensiones.

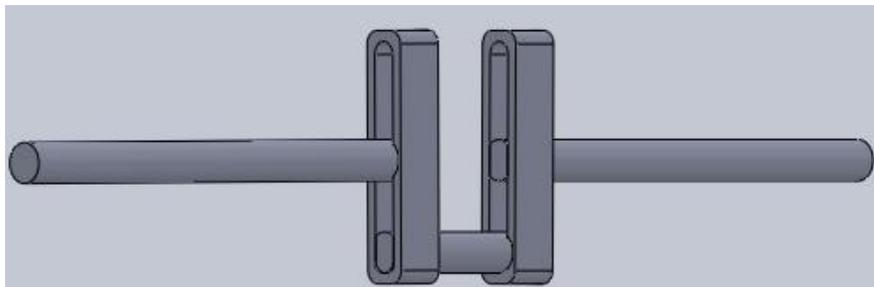


Figura 2.21. La manivela.

2.4.1. ANÁLISIS DE TENSIONES DE LA MANIVELA.

2.4.1.1 Descripción.

Resuma el análisis mediante el Método de elementos finitos (MEF) de manivela.

2.4.1.2 Información de modelo.

Nombre de documento	Configuración	Ruta al documento	Fecha de modificación
Manivela	Predeterminado	C:\tesis manivela.SLDPRT	Tue Nov 04 12:36:52 2008

Tabla 2.11. Información del modelo.

2.4.1.3 Propiedades del estudio.

Nombre de estudio	CM1-ALT-Frames-1-73-1
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla:	Malla sólida
Tipo de solver	Solver tipo FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando (Soft Spring):	Desactivar
Desahogo inercial:	Activar
Efecto térmico:	Introducir temperatura
Temperatura a tensión cero	298.000000
Unidades	Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde COSMOSFloWorks	Desactivar
Fricción:	Desactivar

Tabla 2.12. Propiedades del estudio.

2.4.1.4 Unidades.

Sistema de unidades:	SI
Longitud/Desplazamiento	M
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	rad/s
Tensión/Presión	N/m ²

Tabla 2.13. Unidades.

2.4.1.5 Propiedades de material.

Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	Manivela	Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr (SS)	8.37379 kg	0.0017373 m ³
Nombre de material:		Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr (SS)		
Origen del material:		Archivos de biblioteca		
Nombre de biblioteca de materiales:		cosmos materials		
Tipo de modelo del material:		Isotrópico elástico lineal		
Nombre de propiedad		Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico		1.04e+011	N/m ²	Constante
Coeficiente de Poisson		0.33	NA	Constante

Módulo cortante	4e+010	N/m ²	Constante
Densidad	4820	kg/m ³	Constante
Límite de tracción	1.22e+009	N/m ²	Constante
Límite de compresión	1.09e+009	N/m ²	Constante
Límite elástico	1.0342e+009	N/m ²	Constante
Coefficiente de dilatación térmica	8e-006	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica	6.2	W/(m.K)	Constante
Calor específico	515	J/(kg.K)	Constante
Factor de endurecimiento (0.0-1.0; 0.0=isotrópico; 1.0=cinemático)	0.85	NA	Constante

Tabla 2.14. Propiedades del material.

2.4.1.6 Cargas y restricciones.

Carga			
Nombre de carga	Conjunto de selecciones	Tipo de carga	Descripción
ALT-Gravity	Gravedad con respecto a con la aceleración de la gravedad -0.54831 m/s ² a lo largo del plano Dir. 20.10472 m/s ² normal a plano de referencia	Carga secuencial	
ALT-CentriFugal	Centrífuga con respecto a con velocidad angular 5.236 rad/s	Carga secuencial	
ALT-RemoteLoads-4	Carga activar 1 Cara aplicar fuerza 0 N momento	Carga secuencial	

<manivela>	-17329 N-m a lo largo de la dirección X fuerza 0 N momento -3.4582e-012 N-m a lo largo de la dirección Y fuerza 0 N momento 5.0611e-012 N-m a lo largo de la dirección Z en la ubicación (0.3 m, -1.11022e-016 m, 5.55112e-017 m) Masa remota de 0 kg y momento de inercia de (0, 0, 0, 0, 0, 0) kg.m ²		
ALT-RemoteLoads-1 <sd>	Carga activar 1 Cara aplicar fuerza 1.3428e-009 N momento 1.4392e-009 N-m a lo largo de la dirección X fuerza 5.706e+006 N momento -21437 N-m a lo largo de la dirección Y fuerza 2.6797e+006 N momento 45648 N-m a lo largo de la dirección Z en la ubicación (0.82 m, -0.02 m, 9.71445e-017 m) Masa remota de 0 kg y momento de inercia de (0, 0, 0, 0, 0, 0) kg.m ²	Carga secuencial	
ALT-RemoteLoads-3 <manivela>	Carga activar 1 Cara aplicar fuerza 0 N momento -17329 N-m a lo largo de la dirección X fuerza 0 N	Carga secuencial	

	momento $-3.4582e-012$ N-m a lo largo de la dirección Y fuerza 0 N momento $5.0611e-012$ N-m a lo largo de la dirección Z en la ubicación (0.3 m, $-1.11022e-016$ m, $5.55112e-017$ m)		
--	---	--	--

Tabla 2.15. Cargas y restricciones.

2.4.1.7 Contacto.

Estado de contacto: Caras en contacto - Unido

2.4.1.8 Información de malla.

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	12.024 mm
Tolerancia:	0.6012 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	6787
Número de nodos:	11592
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:02

Tabla 2.16. Información de la malla.

2.4.1.9 Fuerzas de reacción.

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	-189528	-2.14398e+006	-859572	2.31764e+006

Tabla 2.17. Fuerzas de reacción.

2.4.1.10 Fuerzas de cuerpo libre.

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	19870.1	-9779.38	6278.3	23019

Tabla 2.18. Fuerzas de cuerpo libre.

2.4.1.11 Momentos de cuerpo libre.

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N-m	0	0	0	1e-033

Tabla 2.19. Momentos de cuerpo libre.

2.4.1.12 Resultados del estudio.

2.4.1.12.1 Resultados predeterminados.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.91564e+006 N/m ² Nodo: 3716	(675.366 mm, -27.3717 mm, 1.09473 mm)	1.18986e+010 N/m ² Nodo: 9887	(300 mm, -37.5967 mm, -16.8067 mm)
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	2.21401e-005 m Nodo: 7069	(312.5 mm, 10.0085 mm, -63.2415 mm)	0.0172749 m Nodo: 7036	(7.15256e-006 mm, -14.8236 mm, -19.3185 mm)
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.92288e-005 Elemento: 4511	(785.824 mm, -11.3587 mm, -14.8639 mm)	0.0988412 Elemento: 6782	(294.684 mm, -24.5323 mm, 17.0603 mm)

Tabla 2.20. Resultados predeterminados.

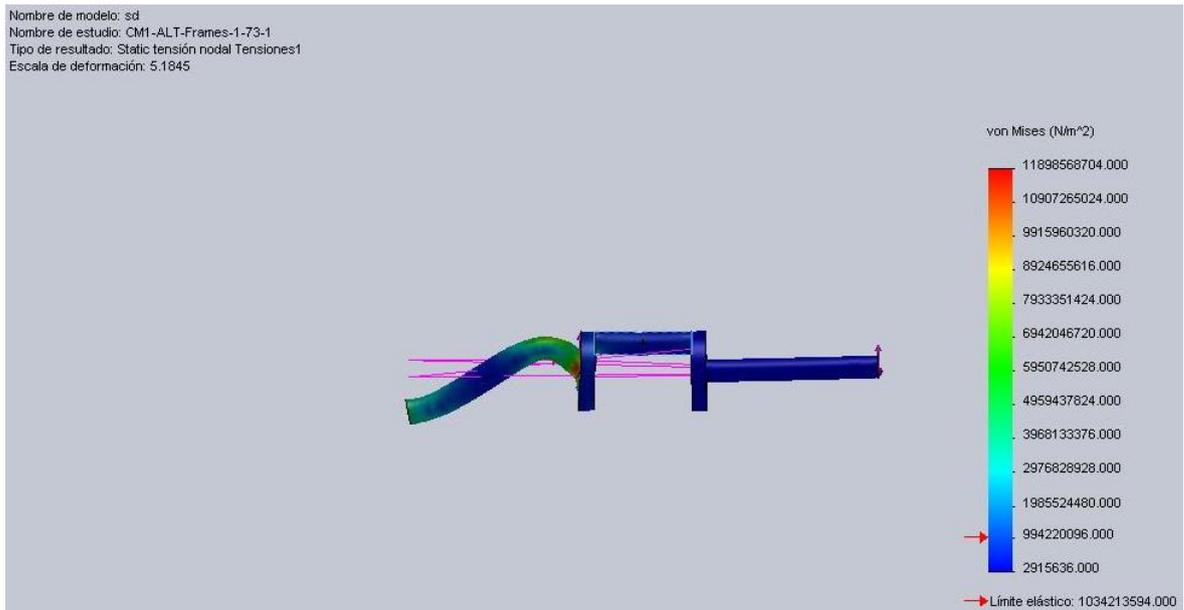


Figura 2.22. Tensiones

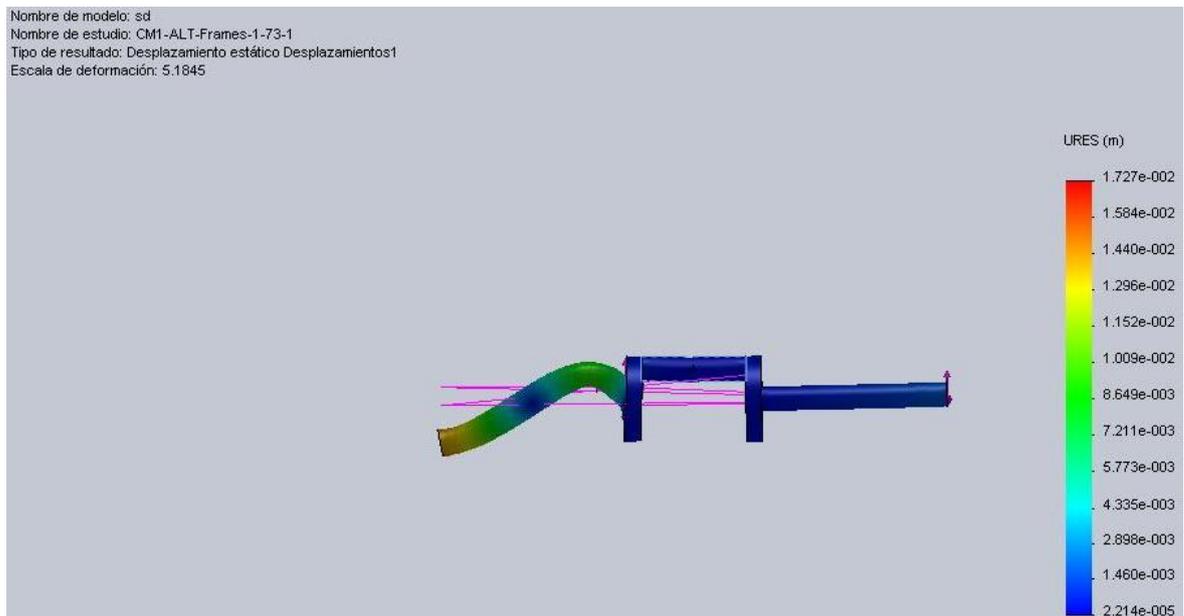


Figura 2.23. Desplazamientos

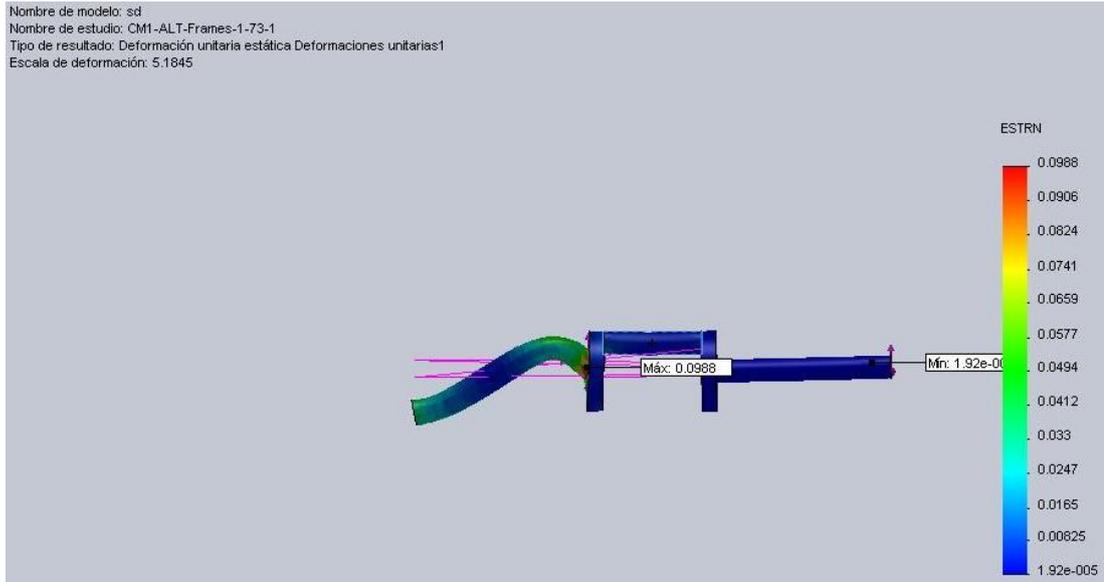


Figura 2.24. Deformaciones unitarias

2.5. CÁLCULO DE LA FUERZA DE LOS AMORTIGUADORES.

Datos:

Presión del amortiguador:

$$p_{min} = 20 \text{ psi}$$

$$p_{max} = 150 \text{ psi}$$

Radio del embolo del pistón del amortiguador:

$$r = 0,72 \text{ in}$$

$$A = \pi \times r^2$$

$$A = \pi \times 0,72^2$$

$$A = 1,66 \text{ in}^2$$

$$p = \frac{F}{A}$$

$$F = p \times A$$

$$F = 150 \text{ psi} \times 1,66 \text{ in}^2$$

$$F = 249,98 \text{ lb}$$

Donde:

r = Radio del embolo del amortiguador.

F = Área del embolo del amortiguador.

p = Presión del amortiguador.

F = Fuerza del amortiguador.

2.6. IMPULSORES DE BANDA Y CADENA.

2.6.1. IMPULSORES DE BANDA.

Datos:

$$D_1 = 7,5 \text{ cm}$$

$$\omega_1 = 1750 \text{ rpm} = 183,26 \text{ rad/s}$$

$$D_2 = 27,5 \text{ cm}$$

$$C = 35 \text{ cm}$$

$$S = 33,54 \text{ cm}$$

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 \times D_1}{D_2}$$

$$\omega_2 = \frac{183,26 \text{ rad/s} \times 0,075 \text{ m}}{0,275 \text{ m}}$$

$$\omega_2 = 49,98 \text{ rad/s}$$

Donde:

D_1 = Diámetro Polea 1.

D_2 = Diámetro Polea 2.

ω_1 = Velocidad angular polea 1.

ω_2 = Velocidad angular en polea 2.

C = Distancia entre centros.

S = Longitud del espacio libre.

Velocidad de la banda:

$$v_b = r_1 \times \omega_1 = r_2 \times \omega_2$$

$$v_b = 0,0375 \text{ m} \times 183,26 \text{ rad/s}$$

$$v_b = 6,8722 \text{ m/s}$$

Donde:

v_b = Velocidad de la banda.

r_1 = Radio polea 1.

r_2 = Radio polea 2.

ω_1 = Velocidad angular polea 1.

ω_2 = Velocidad angular polea 2.

Longitud de banda:

$$L = 2C + 1,57(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C}$$

$$L = 0,7 + 0,54 + 0,02$$

$$L = 1,27 \text{ m}$$

Donde:

L = Longitud de la banda.

C = Distancia entre centros.

D_1 = Diámetro Polea 1.

D_2 = Diámetro Polea 2.

Ángulo de contacto de la banda Polea 1:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \left[\frac{0,275 - 0,075}{2 \times 0,35} \right]$$

$$\theta_1 = 146,79^\circ$$

Donde:

θ_1 = Ángulo de contacto de la banda Polea 1.

C = Distancia entre centros.

D_1 = Diámetro Polea 1.

D_2 = Diámetro Polea 2.

Ángulo de contacto de la banda Polea2:

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \sin^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 \sin^{-1} \left[\frac{0,275 - 0,075}{2 \times 0,35} \right]$$

$$\theta_2 = 213,20^\circ$$

Donde:

θ_2 = Ángulo de contacto de la banda Polea2.

C = Distancia entre centros.

D_1 = Diámetro Polea 1.

D_2 = Diámetro Polea 2.

2.6.2. IMPULSORES DE CADENA.

Datos:

$$N_1 = 16 \text{ dientes}$$

$$N_2 = 49 \text{ dientes}$$

$$n_1 = 477,27 \text{ rpm} = 49,98 \text{ rad/s}$$

$$p = \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$C = 41,2 \text{ cm}$$

Tabla 13-3 Tamaño de cadenas con rodamientos.

Tabla 13-4 Especificaciones de potencia, cadena estándar de tramo único con rodamientos, número 40, paso $\frac{1}{2}$ in.

$$2,25 \times 1,7 = 3,825$$

Tabla 13-7 Asumo el factor de servicio para impulsores de cadena = 1,3

$$\text{Potencia de diseño} = 1,3 \times 3 \text{ hp} = 3,9 \text{ hp.}$$

$$\text{Relación} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$\text{Relación} = \frac{49}{16} = 3,06$$

Velocidad de salida en la catalina:

$$n_2 = n_1 \times \frac{N_1}{N_2}$$

$$n_2 = 436,85 \times \frac{16}{49}$$

$$n_2 = 142,64 \text{ rpm}$$

Donde:

N_1 = Número de dientes de piñón.

N_2 = Número de dientes de la catalina.

η_1 = Velocidad del piñón.

η_2 = Velocidad de la catalina.

Longitud de la cadena.

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

$$L = 2(41,2) + \frac{49 + 16}{2} + \frac{(49 - 16)^2}{4\pi^2(41,2)}$$

$$L = 114,90 \text{ cm}$$

Donde:

L = Longitud de la cadena.

C = Distancia entre centros.

N_1 = Número de dientes de piñón.

N_2 = Número de dientes de la catalina.

CAPÍTULO III

DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

3.1. MOTOR TRIFÁSICO.

El motor trifásico se compone fundamentalmente de un rotor y un estator. Ambas partes están formadas por un gran número de láminas ferromagnéticas, que disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estatóricos y rotóricos respectivamente. Al alimentar el bobinado trifásico del estator, con un sistema de tensiones trifásicas, se crea un campo magnético giratorio, el cual induce en las espiras del rotor una fuerza electromagnética, y como todas las espiras forman un circuito cerrado, circula por ellas una corriente, obligando al rotor a girar en el mismo sentido que el campo giratorio del estator.

3.2. FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL SENSOR.

El sensor utilizado es una galga extensiométrica de tipo “S” de marca Transcell modelo BSS-1K.

Las aplicaciones de las galgas extensiométricas son casi innumerables, pero su aplicación directa se puede concretar a aquellas situaciones que requieren la medida de esfuerzos y deformaciones en estructuras tales como aviones, vagones trenes, puentes, grúas, hormigón armado, automóviles, edificios, etc. Normalmente hay que estudiar un gran número de puntos y con frecuencia es un factor importante la facilidad de montaje y conexión. Este tipo de aplicaciones de las galgas extensiométricas surge, en general, en estudios de investigación o de desarrollo. También se utilizan con profusión en sensores para la monitorización, y en sistemas de control, donde constituyen la parte activa de un transductor.

Un transductor de galgas extensiométricas requiere, para su funcionamiento, que el fenómeno en estudio se convierta previamente en una deformación mecánica, es decir, la galga se monta en un elemento elástico dentro del transductor, sometido a una fuerza proporcional a la variable medida. Si la fuerza es pequeña, como por ejemplo al medir diferencias de presión pequeñas, se puede adoptar un montaje con galgas extensiométricas sin soporte, en el cuál el propio hilo de la galga actúa a la vez como elemento elástico.

A la hora medir la fuerza, se aplican las galgas sobre un elemento sensor, que a partir de su deformación permiten medir la fuerza ejercida sobre él, así, fuerza de compresión, tracción o flexión, aplicadas sobre materiales elásticos, generan deformaciones que son transmitidas a la galga, respondiendo ésta con una variación de su propia resistencia eléctrica. Por esto, aplicando las galgas a la célula de carga, se puede realizar una báscula que obtenga el peso que se quiere medir en la célula de carga.



Figura 3.1. Galga Extensiométrica tipo “S”

La Célula de Carga es un dispositivo en cuyo interior se encuentra una pieza elástica de forma variable, generalmente metálica, sobre la que se transmite la fuerza aplicada. Esta fuerza provoca una deformación en la pieza que es medida mediante galgas extensiométricas montadas generalmente en puente de cuatro ramas activas (dos en compresión y dos en extensión). Dado que la pieza elástica ha sido calibrada en fábrica, podemos conocer la fuerza aplicada mediante la medida de la deformación por las galgas.

En nuestro proyecto, la gala utilizada es de este tipo, y la utilizamos para censar las fuerzas de tracción y compresión que ejercen los diferentes tipos de amortiguadores.

Las especificaciones del Sensor empleados están dadas a continuación:

FT: 3.05 mV/V.

Rango de la entrada: 0 a 1000 lb.

Rango de excitación: 12.27 V

La FT 3.05 mV/V quiere decir que por cada voltio de la fuente de alimentación genera 3.05 mV. Para 12.27 V de la fuente de alimentación y aplicada la tensión o compresión máxima de 1000 lb., entonces se espera medir:

$$3.05 \text{ mV/V} * 12.27 \text{ V} = 37.42 \text{ mV}$$

Obviamente a 0 lb. Aplicadas, se debe tener 0 mV a la salida.

Entonces aplicando la ecuación de la recta dados dos puntos:

$$Y - Y_1 = \frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)}(X - X_1) \text{ Ec. (3.1.)}$$

A(0,0) Pto inicial

B(1000,37.42) Pto. Final

A y B en (1):

$$Y - 0 = \frac{(37.42/1000)}{(X - 0)}$$

Entonces Y es el voltaje en mV, mientras que X es el esfuerzo aplicado (tensión o compresión) expresado en libras (F).

Se obtiene: $V=0.037 \cdot F$ ó $F=27.027V$ Ec. (3.2.).

Si se mide 9.5 mV en estas condiciones, equivale a una $F=256.75$ lb.

La curva obtenida es del tipo lineal

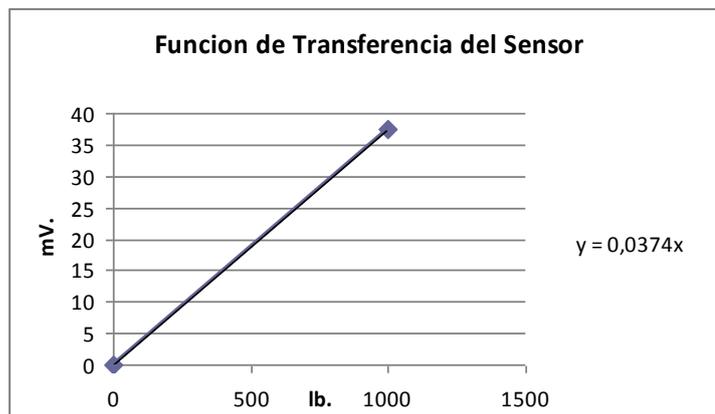


Figura 3.2. Función de transferencia del sensor.

3.3. ESQUEMA ELÉCTRICO DEL CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO.

En la figura 3.3 se muestra el esquema eléctrico del circuito de acondicionamiento de la señal de salida de la célula de carga. Esta señal de salida se encuentra en un rango de 0 a 37.42 mV correspondientes al rango de 0 a 1000 lb. de la entrada del sensor. El circuito está constituido por un amplificador de entrada diferencial con ganancia de 270, implementado con un amplificador operacional de instrumentación correspondiente al circuito integrado AD820 y alimentado con una fuente simétrica de 12Vdc.

La ganancia del amplificador está determinada por la relación.

$$V_0 = (V_1 - V_2) \cdot \frac{R_2}{R_3} \quad \text{Ec. (3.3).}$$

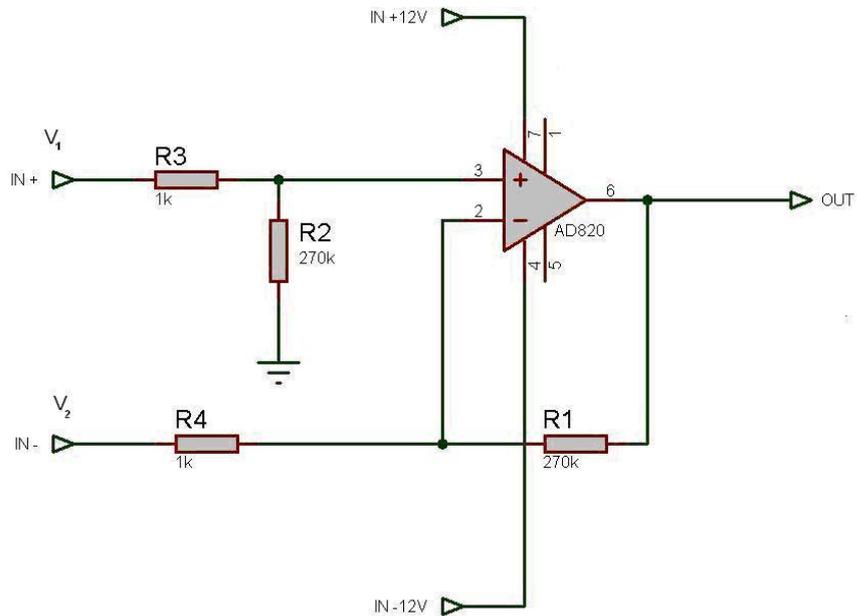


Figura 3.3 Esquema eléctrico del circuito de acondicionamiento.

3.4. DISEÑO DE LA PLACA.

A partir del circuito eléctrico de amplificación se diseño el circuito impreso que se muestra a continuación en la figura 3.4.

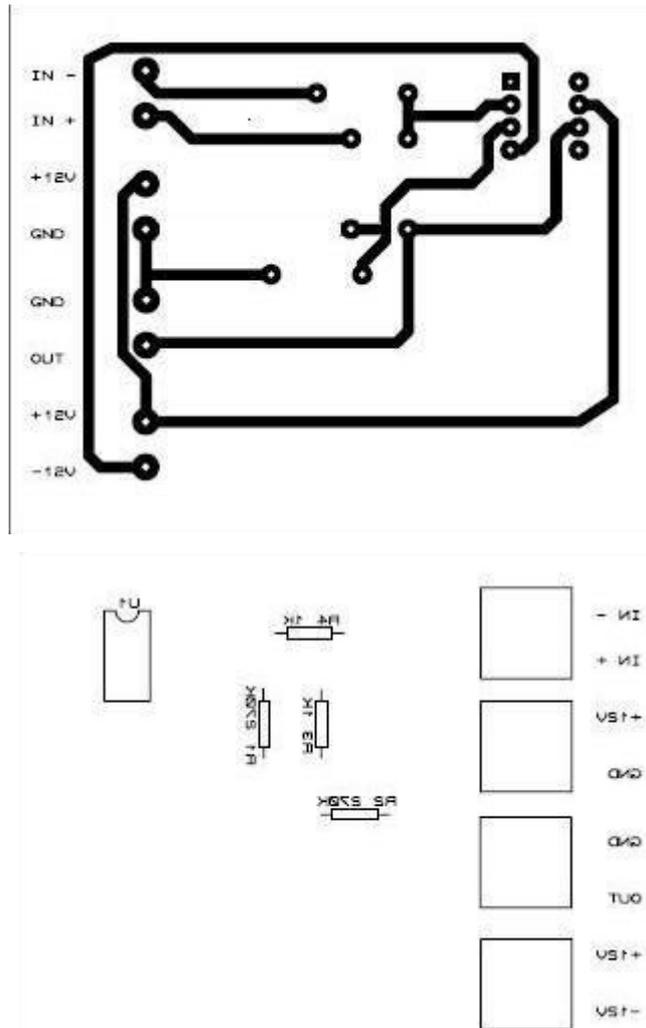


Figura 3.4 Circuito impreso y componentes electrónicos

3.5. SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE (LABVIEW).

3.5.1. INTRODUCCIÓN.

LabVIEW constituye un revolucionario sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos.

Las ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW se resumen en las siguientes:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.

- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el *lenguaje C* o *BASIC*. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o *lenguaje G* para crear programas basados en diagramas de bloques.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales.

LabVIEW posee extensas librerías de funciones y subrutinas. Además de las funciones básicas de todo lenguaje de programación, LabVIEW incluye librerías específicas para la adquisición de datos, control de instrumentación VXI, GPIB y comunicación serie, análisis presentación y guardado de datos.

LabVIEW también proporciona potentes herramientas que facilitan la depuración de los programas.

3.5.2. ¿QUÉ ES LABVIEW?

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un lenguaje de programación gráfico para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control, permite diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactiva basada en software.

Se puede diseñar especificando un sistema funcional, un diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería.

LabVIEW es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de otra área de aplicación. Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

3.5.3. APLICACIONES DE LABVIEW.

LabVIEW tiene su mayor aplicación en sistemas de medición, como monitoreo de procesos y aplicaciones de control, un ejemplo de esto pueden ser sistemas de monitoreo en transportación, Laboratorios para clases en universidades, procesos de control industrial.

LabVIEW es muy utilizado en procesamiento digital de señales, procesamiento en tiempo real de aplicaciones biomédicas, manipulación de imágenes y audio, automatización, diseño de filtros digitales, generación de señales, entre otras, etc.

3.5.4. PROGRAMACIÓN GRÁFICA CON LABVIEW.

Cuando se diseñan programas con LabVIEW se trabaja siempre bajo algo denominado VI, es decir, un instrumento virtual. Se pueden crear VI a partir de

especificaciones funcionales. Estos VI's puede utilizarse en cualquier otra aplicación como una sub función dentro de un programa general.

Los VI's se caracterizan por ser representados por un cuadrado con su respectivo símbolo relacionado con su funcionalidad, tener una interfaz con el usuario, tener entradas con su color de identificación de dato, tener una o varias salidas y por su puesto ser reutilizables.

3.6 TARJETA DAQ NI USB-6009.

La tarjeta de adquisición de datos (DAQ) de National Instruments (NI) USB-6009 (figura 3.4), consta de 8 entradas analógicas (AI) (14 bits, 48 kS/s), de 2 salidas analógicas(AO) (12 bits a 150 S/s), 12 E/S digitales (DIO), un contador de 32 bits y es energizado por bus para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada.

La USB-6009 de National Instruments brinda funcionalidad de adquisición de datos básica para aplicaciones como registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio.

Es accesible para uso de estudiantes y lo suficientemente poderoso para aplicaciones de medida más sofisticadas. En la figura 3.6, se muestra los principales componentes funcionales de la tarjeta USB 6009, en un diagrama de bloques.

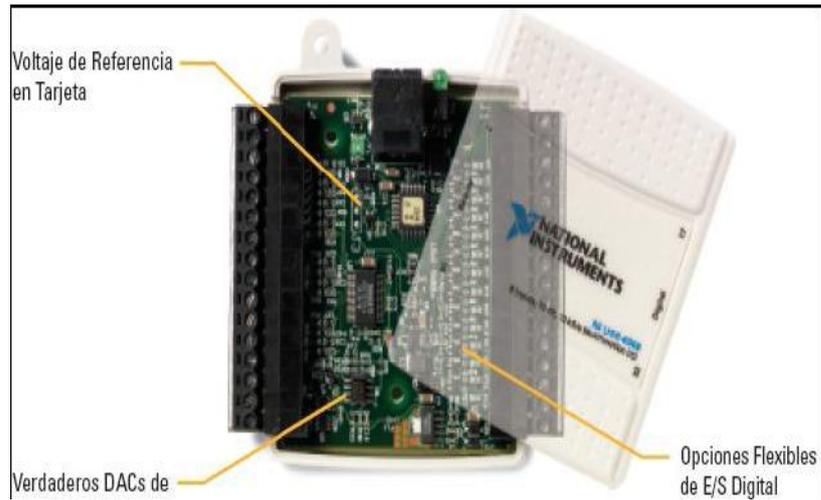


Figura 3.5 Tarjeta NI USB 6009

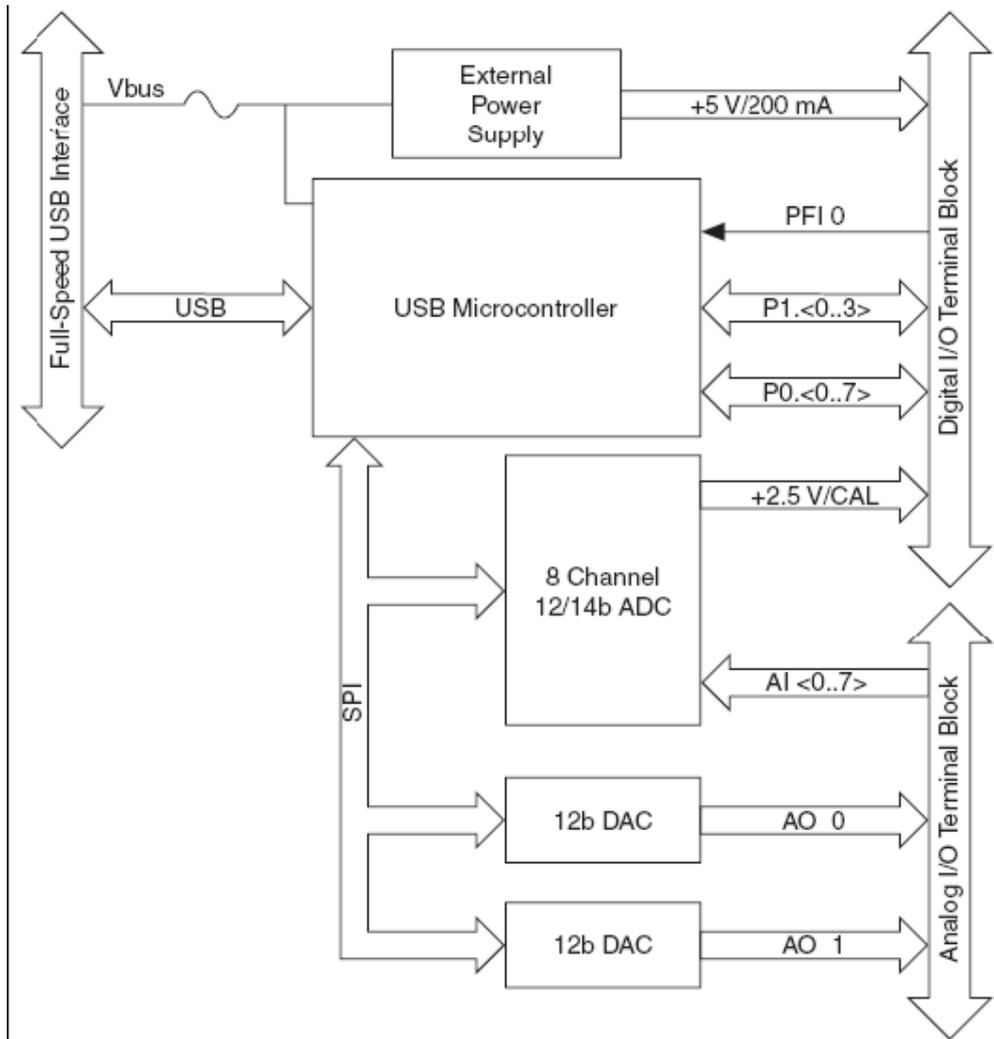


Figura 3.6 Diagrama de bloques de la tarjeta USB 6009

En la tabla 3.1 se muestra las diferentes asignaciones de las terminales analógicas.

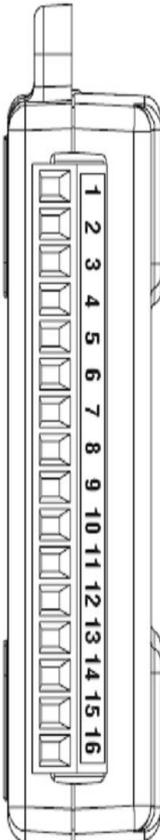
Module	Terminal	Signal, Single-Ended Mode	Signal, Differential Mode
	1	GND	GND
	2	AI 0	AI 0+
	3	AI 4	AI 0-
	4	GND	GND
	5	AI 1	AI 1+
	6	AI 5	AI 1-
	7	GND	GND
	8	AI 2	AI 2+
	9	AI 6	AI 2-
	10	GND	GND
	11	AI 3	AI 3+
	12	AI 7	AI 3-
	13	GND	GND
	14	AO 0	AO 0
	15	AO 1	AO 1
	16	GND	GND

Tabla 3.1 Terminales analógicas.

En la tabla 3.2 se muestra las diferentes asignaciones de las terminales digitales.

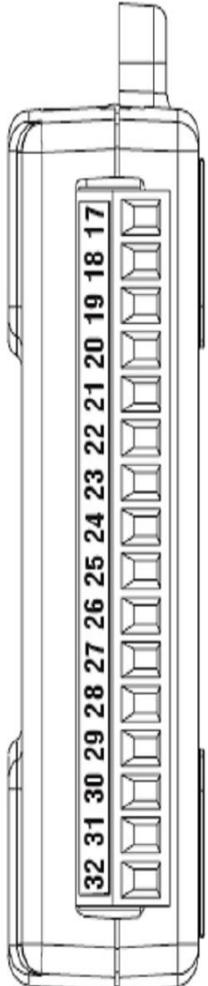
Module	Terminal	Signal
	17	P0.0
	18	P0.1
	19	P0.2
	20	P0.3
	21	P0.4
	22	P0.5
	23	P0.6
	24	P0.7
	25	P1.0
	26	P1.1
	27	P1.2
	28	P1.3
	29	PFI 0
	30	+2.5 V
	31	+5 V
	32	GND

Tabla 3.2 Terminales digitales.

3.6.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.

En la tabla 3.3 se muestran las especificaciones de las entradas analógicas.

Tipo de conversor	Aproximación sucesiva
Número entradas analógicas	Modo simple: 8. Modo diferencial: 4
Resolución de las entradas	Modo diferencial: 14 bits. Modo simple: 13 bits
Tasa de muestreo máximo	Canal simple: 48 Kilo muestras / segundo. Canales múltiples: 42 Kilo muestras / segundo
Rangos de voltaje de entrada	Modo simple: ± 10 V. Modo diferencial: ± 20 V, ± 10 V, ± 15 V, ± 4 V, $\pm 2,5$ V, ± 2 V, $\pm 1,25$ V, ± 1 V.
Voltaje de trabajo	± 10 V
Impedancia de entrada	144 K Ω .
Sobrevoltaje de protección	± 35 V
Nivel de ruido	Modo simple: 0,73 mVrms. Modo diferencia: 0,37 mVrms.

Tabla 3.3 Especificaciones para las AI.

En la tabla 3.4, se muestra las especificaciones técnicas para las salidas analógicas.

Tipo de conversor	Aproximación sucesiva
Número salidas analógicas	2
Resolución de las salidas	12 bits
Tasa de muestreo máximo	150 Hz
Rangos de voltaje de salida	0 a +5V
Impedancia de salida	50 Ω .
Corriente de salida	5 mA.

Tabla 3.4 Especificaciones para las AO.

En la tabla 3.5, se muestra las especificaciones de las entradas y salidas digitales.

Número entradas/salidas analógicas	P0. <0...7>: 8 líneas. P0. <1...3>: 4 líneas.
Modo de control	Cada canal individualmente será programable para que sea una entrada o una salida.
Compatibilidad	TTL, LVTTTL, CMOS.
Máximo rango de voltaje absoluto	-0,5 a 5,8 V con respecto a GND.

Tabla 3.5 Especificaciones para las DIO.

En la tabla 3.6, se indica los niveles lógicos digitales.

Level	Min	Max	Units
Input low voltage	-0.3	0.8	V
Input high voltage	2.0	5.8	V
Input leakage current	—	50	μA
Output low voltage (I = 8.5 mA)	—	0.8	V
Output high voltage			
Active drive (push-pull), I = -8.5 mA	2.0	3.5	V
Open collector (open-drain), I = -0.6 mA, nominal	2.0	5.0	V
Open collector (open-drain), I = -8.5 mA, with external pull-up resistor	2.0	—	V

Tabla 3.6 Niveles lógicos digitales.

3.6.2. CONFIGURACIÓN DE LA TARJETA NI USB-6009.

El enlace entre LabVIEW y los canales virtuales de entrada y salida con la tarjeta de adquisición de datos USB 6009, así como la configuración de los distintos parámetros de la misma se lo realiza mediante el “**Measurement & Automation Explorer MAX**”, que es una herramienta que se instala con los drivers de LabVIEW para la verificación de las condiciones de la tarjeta y la simulación de las tareas creadas en los canales virtuales.

Inicialmente la tarjeta USB 6009 debe ser reconocida al ejecutar el **MAX** y debe permitir su configuración. Una vez conectada la tarjeta al computador para verificar su reconocimiento se hace doble-clic sobre el icono del **Measurement & Automation** en el escritorio para abrir el **MAX**, se despliega en **Devices and Interfaces**, luego se despliega **NI-DAQmx Devices** en donde se encuentra el nombre del dispositivo conectado, como se indica en la figura 3.7

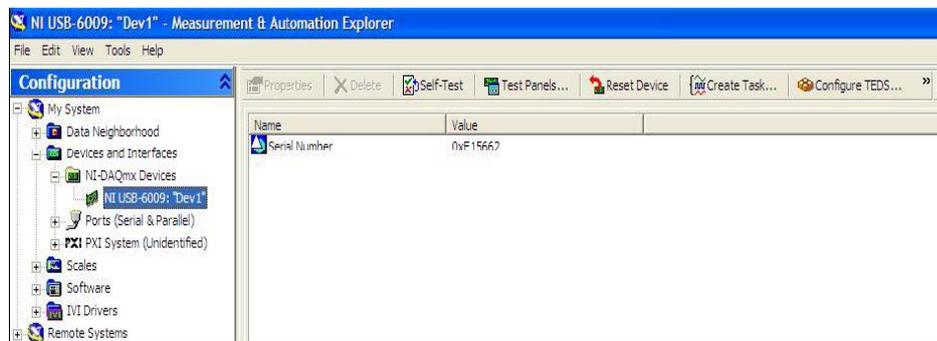


Figura 3.7 Reconocimiento de la tarjeta USB 6009

Además se encuentran ítems en la figura anterior que despliegan la verificación del estado de la tarjeta, un panel de prueba, un reset del dispositivo o para crear tareas para los diferentes canales virtuales.

Al oprimir en **Self-Test**, se mostrará un cuadro de diálogo, figura 3.8, indicando el éxito en la verificación de la tarjeta.

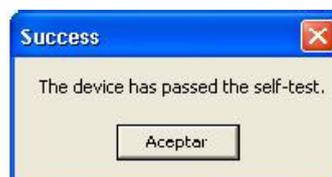


Figura 3.8 Prueba del estado de la tarjeta.

En la pestaña del **Test Panels** despliega un panel de pruebas, para lo cual es necesario tener conectado alguno de los canales virtuales para luego configurarlos y comprobar su funcionamiento además encontramos varias opciones de obtención de las señales como son entradas analógicas "AI", salidas analógicas "OI", entradas y salidas digitales "DIO" y un contador.

En la pestaña de entradas analógicas se selecciona el nombre del canal, el modo de obtención del dato y la configuración de la entrada, así como los límites de voltaje, el número de muestras a leer y la velocidad de obtención de las muestras. Para las salidas analógicas debemos seleccionar el nombre del canal por el que sale el dato y los límites de voltaje. En las entradas o salidas digitales se selecciona el puerto y luego el nombre del canal, se puede configurar a todo un puerto como entrada o salida o en forma individual por canales, el estado de entrada se indica por medio de unos leds y las salidas por switches indicando como bajo "0" o alto "1" el estado de las salidas.

Para el contador se configura el nombre del canal, el modo del contador, si selecciona la generación de un tren de pulsos se colocan valores para la frecuencia y el ciclo de trabajo y si selecciona el contador de lados se debe escoger el lado del pulso que se toma como referencia para el conteo de la señal.

Para crear tareas en los canales virtuales se hace clic en **Create News** y aparece la ventana de la figura 3.9 en donde se tiene múltiples tipo de medidas de acuerdo a la señal que se va a manejar en donde se selecciona al ítem y luego se le da un nombre al canal virtual.



Figura 3.9 Tipo de señales para un canal virtual.

3.7. EL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

Un sistema de adquisición de datos DAQ, es un equipo que permite tomar señales físicas del entorno y convertirlas en datos que posteriormente se podrán procesar y presentar. A veces el sistema de adquisición es parte de un sistema de control y por tanto la información recibida se procesa para obtener una serie de señales de control.

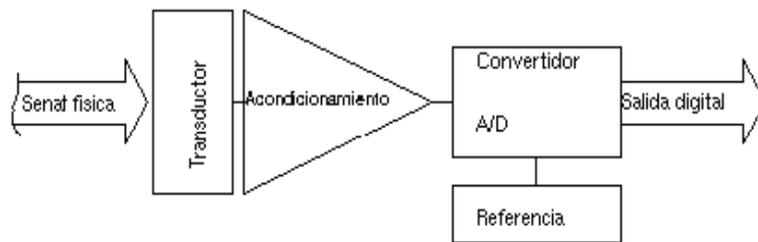


Figura 3.10 Estructura de un sistema de adquisición de datos.

En la figura 3.10 podemos ver los bloques que componen un sistema de adquisición de datos:

- El transductor
- El acondicionamiento de señal
- El convertidor analógico-digital
- La etapa de salida

El **transductor** es un elemento que convierte la magnitud física a medir en una señal de salida (normalmente tensión o corriente) que puede ser procesada por el sistema. Salvo que la señal de entrada sea eléctrica, podemos decir que el transductor es un elemento que convierte energía de un tipo en otro. Por tanto, el transductor debe tomar poca energía del sistema bajo observación, para no alterar la medida.

El **acondicionamiento de señal** es la etapa encargada de filtrar y adaptar la señal proveniente del transductor a la entrada del convertidor analógico/digital.

Esta adaptación suele ser doble y se encarga de:

- Adaptar el rango de salida del transductor al rango de entrada del convertidor.
- Acoplar la impedancia de salida de uno con la impedancia de entrada del otro.

La adaptación entre los rangos de salida del convertidor y el de entrada del convertidor tiene como objetivo el aprovechar el margen dinámico del convertidor, de modo que la máxima señal de entrada debe coincidir con la máxima que el convertidor (pero no con la máxima tensión admisible, ya que para ésta entran en funcionamiento las redes de protección que el convertidor lleva integrada).

Además, la adaptación de impedancias es imprescindible, los transductores presentan una salida de alta impedancia, que normalmente no puede excitar la entrada de un convertidor, cuya impedancia típica suele estar entre 1 y 10 k.

El **convertidor Analógico/Digital** es un sistema que presenta en su salida una señal digital a partir de una señal analógica de entrada, (normalmente de tensión) realizando las funciones de **cuantificación** y **codificación** .

La cuantificación implica la división del rango continuo de entrada en una serie de pasos, de modo que para infinitos valores de la entrada la salida sólo puede presentar una serie determinada de valores. Por tanto la cuantificación implica una pérdida de información que no podemos olvidar.

La codificación es el paso por el cual la señal digital se ofrece según un determinado código binario, de modo que las etapas posteriores al convertidor puedan leer estos datos adecuadamente.

La **etapa de salida** es el conjunto de elementos que permiten conectar el sistema de adquisición de datos con el resto del equipo, y puede ser desde una serie de buffers digitales incluidos en el circuito convertidor, hasta un interfaz RS 232, RS 485 o Ethernet para conectar a un ordenador.

3.8. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES.

En la etapa de acondicionamiento de la señal podemos encontrar estas etapas, aunque no todas están siempre presentes:

- Amplificación
- Excitación
- Filtrado
- Multiplexado
- Aislamiento
- Linealización

Amplificación.- Es el tipo más común de acondicionamiento. Para conseguir la mayor precisión posible la señal de entrada deber ser amplificada de modo que su máximo nivel coincida con la máxima tensión que el convertidor puede leer.

Aislamiento.- Otra aplicación habitual en acondicionamiento de la señal es el aislamiento eléctrico entre el transductor y el ordenador, para proteger al mismo de transitorios de alta tensión que puedan dañarlo. Un motivo adicional para usar aislamiento es el garantizar que las lecturas del convertidor no son afectadas por diferencias en el potencial de masa o por tensiones en modo común.

Cuando el sistema de adquisición y la señal a medir están ambas referidas a masa pueden aparecer problemas si hay una diferencia de potencial entre ambas masas, apareciendo un "bucle de masa", que puede devolver resultados erróneos.

Multiplexado.- El multiplexado es la conmutación de las entradas del convertidor, de modo que con un sólo convertidor podemos medir los datos de diferentes canales de entrada. Puesto que el mismo convertidor está midiendo diferentes canales, su frecuencia máxima de conversión será la original dividida por el número de canales muestreados.

Filtrado.- El fin del filtro es eliminar las señales no deseadas de la señal que estamos observando. Por ejemplo, en las señales casi continuas, (como la temperatura) se usa un filtro de ruido de unos 4 Hz, que eliminará interferencias, incluidos los 50/60 Hz de la red eléctrica.

Las señales alternas, tales como la vibración, necesitan un tipo distinto de filtro, conocido como filtro antialiasing, que es un filtro pasabajo pero con un corte muy brusco, que elimina totalmente las señales de mayor frecuencia que la máxima a medir, ya que si no se eliminasen aparecerían superpuestas a la señal medida, con el consiguiente error.

Excitación - La etapa de acondicionamiento de señal a veces genera excitación para algunos transductores, como por ejemplos las galgas extensométricas, termistores o RTD, que necesitan de la misma, bien por su constitución interna, (como el termistor, que es una resistencia variable con la temperatura) o bien por la configuración en que se conectan (como el caso de las galgas, que se suelen montar en un puente de Wheatstone).

Linealización - Muchos transductores, como los termopares, presentan una respuesta no lineal ante cambios lineales en los parámetros que están siendo medidos. Aunque la linealización puede realizarse mediante métodos numéricos en el sistema de adquisición de datos, suele ser una buena idea el hacer esta corrección mediante circuitería externa.

3.9. CONFIGURACIÓN DE LA FUNCIÓN DAQ ASSISTANT.

El paquete del software LabVIEW 8.5 incluyen funciones que se destinan a la adquisición de datos y que permiten relacionar canales físicos para crear tareas o canales globales virtuales con la configuración del **Measurement & Automation Explorer “MAX”** y también a través de la función **DAQ ASSISTANT**.

La función DAQ Assistant la encontramos en el diagrama de bloques, al dar clic derecho aparece el menú de *Functions*, como se indica en la figura 3.11 y nos colocamos sobre el ítem *Express*, en donde aparecen algunas opciones para el tratamiento de las señales.

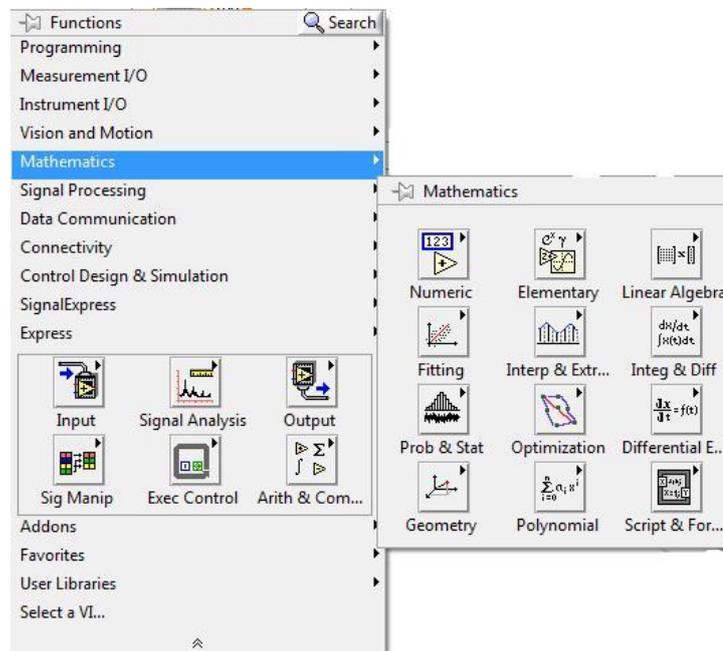


Figura 3.11. Funciones matemática.

Al colocar el puntero sobre la función *Input* se despliega un sub-menú y nos colocamos sobre el icono DAQ Acquisition como se muestra en la figura 3.12.



Figura 3.12. Icono DAQ Assistant.

Al seleccionar el icono anterior y colocarlo sobre el diagrama de bloques, la función DAQ Assistant construye un VI automáticamente al detectar la configuración de los canales virtuales en la tarjeta de adquisición de datos configurada anteriormente en el **MAX**, como se puede observar en la figura 3.13.



Figura 3.13 Construyendo VI.

Luego aparece una ventana igual al de la figura 3.14 para configurar los valores de las señales adquiridas, así como opciones para adherir o quitar canales virtuales, además permite la opción de test para probar la forma en que las señales son obtenidas. Al dar clic en **OK** se coloca el DAQ Assistant con sus terminales para ser conectadas y permitir el acceso de las señales obtenidas mediante la programación con lenguaje gráfico.



Figura 3.14 Icono del DAQ Assistant.

La tabla 3.7 indica las funciones como entrada y salida del icono DAQ Assistant.

ENTRADAS	
PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Data	Contiene las muestras que se van a leer durante la ejecución de la tarea
Error In	Describe una condición de error que ocurre antes de que se ejecute el VI
Stop	Especifica el paro de la tarea de adquisición. Para señales analógicas de entrada y salida y para contadores, este valor por defecto está en FALSE, lo que significa que la tarea sigue corriendo aun después de que se ha parado la aplicación.
SALIDAS	
Data	Contiene el número de muestras leídas durante la ejecución de la tarea
Error out	Contiene información de errores. Si el error in contiene información de que ocurrió un error antes que corra el VI, error out contendrá esta misma información y se desplegará un mensaje.

Tabla 3.7 Descripción de los terminales del DAQ Assistant.

CAPITULO IV

CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se detalla cómo fue construido el banco de pruebas de amortiguadores; su estructura y mecanismo.

4.1 CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR.

El bastidor está construido en estructura metálica cuadrada de 40 x 40 x 3 mm de acero tipo ASTM A 36.

1. Se cortó manualmente con sierra en partes de 800mm y 500mm de longitud.
2. Soldamos a tope las partes con soldadura manual con electrodo revestido (Smaw) y electrodo 6011 de manera que coincidan con la figura 4.1. obteniendo así la base del bastidor.
3. Esmerilamos las partes soldadas para quitar la escoria y remover restos de soldadura.
4. En la parte superior soldamos 4 pedazos de la misma estructura y de 800mm de longitud.
5. Esmerilamos las uniones para quitar defectos.
6. En una plancha de 10 mm. de espesor cortamos 4 pedazos de 150 x 275 mm. con suelda oxiacetilénica.
7. Sujetamos las piezas obtenidas en una prensa y procedimos a quitar la escoria con la amoladora.
8. Ubicamos y fijamos las planchas con suelda en la parte superior del bastidor.

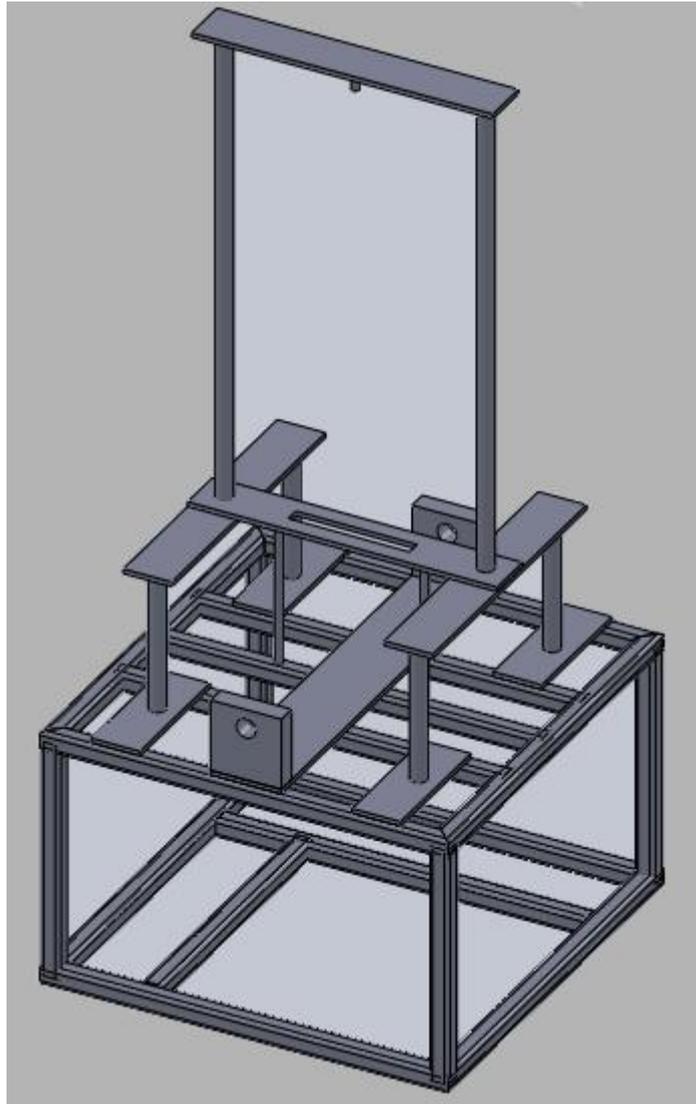


Figura 4.1 Bastidor

4.2 CONSTRUCCIÓN DE LAS COLUMNAS

Las columnas a su vez fueron construidas con una altura de 1000 mm., unidas a la parte superior reforzada mediante pernos (2), con el fin de tener espacio para la colocación de amortiguadores y la ubicación de la galga extensiométrica tipo S.

1. Compramos tubos circulares de 33mm de diámetro.
2. Cortamos los tubos circulares con cierra, 4 pedazos de 310 mm. y 2 pedazos de 1000mm de longitud.

3. Utilizamos la misma plancha utilizada en el bastidor, es decir, de 10 mm. de espesor pero esta vez de 600 mm x 150 mm.
4. Perforamos las platinas en un taladro de pedestal un diámetro de 10 mm.
5. Cortamos una platina de 710 mm. x 150 mm. y después de quitarles las rebabas con la amoladora, la perforamos en el centro con un diámetro de 30mm.
6. Para la parte superior de las columnas utilizamos una placa de 8 mm. de espesor, reforzada con esta misma placa en forma vertical de 7,5 mm. soldada a la placa antes mencionada.
7. Perforamos esta placa en los extremos un diámetro de 10 mm.
8. En la parte central perforamos un agujero similar, y dejamos un espacio en el refuerzo para poder acoplar el sensor.
9. Unimos estas partes como consta en la figura 4.2.

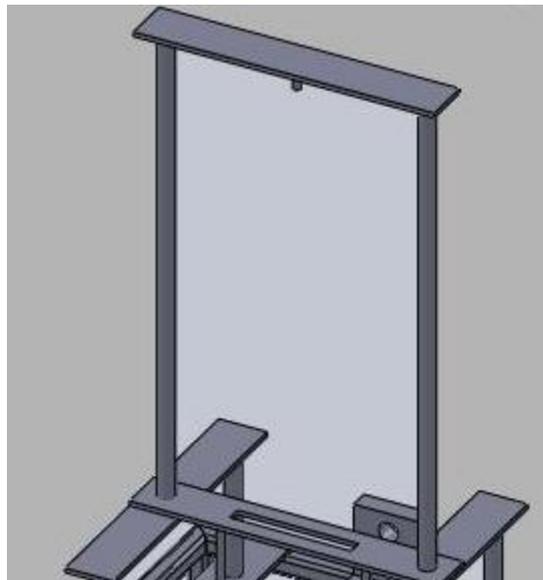


Figura 4.2. Columnas

4.3 CONSTRUCCIÓN DE LOS SOPORTES DE LOS AMORTIGUADORES

La construcción de los soportes del amortiguador se la hizo conociendo las diferentes formas de amortiguadores existentes, es así como:

1. En una platina de 8 x 40 mm, cortamos un pedazo de 205 mm. y lo doblamos con la ayuda de una prensa, en forma de U.
2. En los extremos, a una distancia de 15 mm desde los bordes, perforamos unos agujeros de 10 mm. de diámetro y en su parte medular perforamos con una broca de 10 mm. de tal forma como se muestra en la figura 4.3.
3. Debido a que existen otros tipos de amortiguadores, debemos construir otro acople con las mismas características.

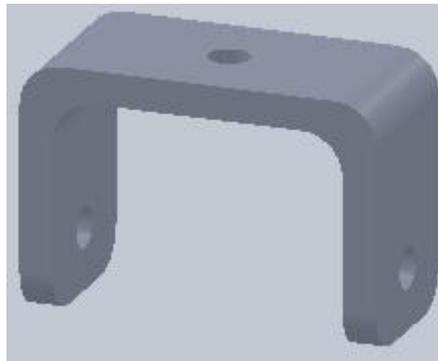


Figura 4.3 Anclaje Superior

4. Tomamos una platina de 8 x 40 mm y la cortamos de modo que tenga una longitud de 190 mm.
5. Con la ayuda de una prensa la doblamos en forma de U.
6. Perforamos los extremos con la misma broca en los extremos y en la parte medular, como se muestra en la figura 4.4.

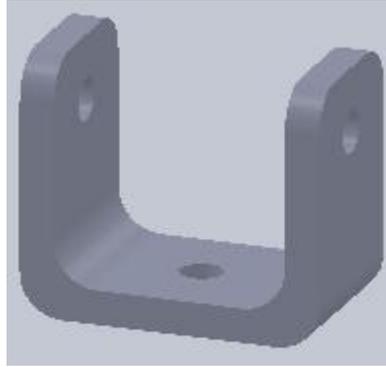


Figura 4.4 acople del anclaje superior

Para la construcción del soporte de la parte inferior, seguimos el siguiente proceso.

1. Cortamos en una platina de 8 x 40 mm. un pedazo de 195 mm.
2. Doblamos en una prensa en forma de U.
3. Perforamos los extremos con la misma broca y a las mismas distancias que utilizamos en los anclajes superiores.
4. Cortamos un tubo de 31 mm. de diámetro y 220 mm. de longitud.
5. Roscamos al tubo internamente con un paso de 3mm.
6. Soldamos el anclaje inferior al tubo de en su parte central de manera que queden fijos como se muestra en la figura 4.5.

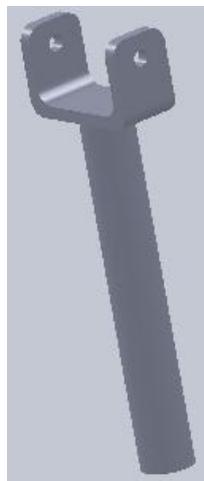


Figura 4.5. Anclaje inferior

4.4 CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA BIELA – MANIVELA

En la construcción del sistema de biela – manivela se debe tomar en cuenta todos los elementos empleados para el funcionamiento del mismo; así, se debe tener en cuenta la construcción de la manivela (cigüeñal), la biela, las guías y el buje oscilante.

4.4.1 CONSTRUCCIÓN DEL CIGÜEÑAL

Como se explicó anteriormente, en el cigüeñal se distinguen tres partes básicas: **eje, cuello y brazo.**

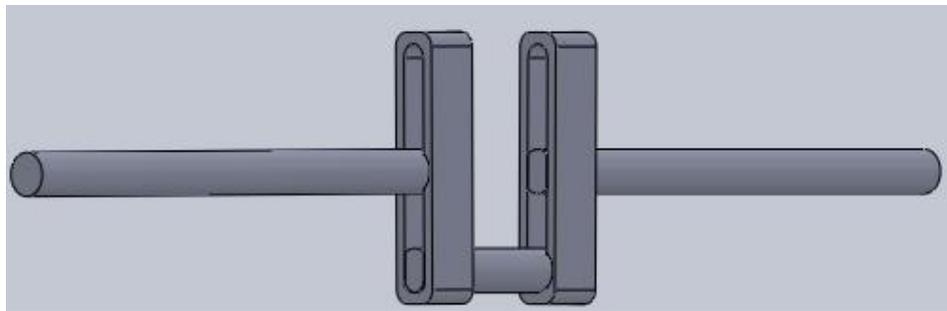


Figura 4.6. Cigüeñal

1. Para el **eje** se utilizó acero de transmisión tipo SAE 1018 de 31 mm., de diámetro y en total tiene una longitud de 960 mm.
2. Se le cortó con cortadora automática en tres partes, de 380 mm., 420 mm. y 160 mm.
3. En uno de los extremos de los ejes más grandes fresamos una distancia de 40 mm. una profundidad de 8 mm. para colocar el brazo de la manivela. Como se muestra en la figura 4.7.



Figura 4.7. Eje fresado

4. Perforamos los lados fresados con broca de 15 mm de diámetro.
5. Para los brazos de la manivela, cortamos en platinas de 8 x 40 mm., 4 pedazos de 190 mm. y 4 pedazos de 40 mm.
6. Soldamos las platinas para obtener los brazos de manivela como se indica en la figura 4.8.
7. Perforamos las platinas con broca de 15 mm. para unirla a los ejes mediante pernos.



Figura 4.8 Brazo de manivela

8. Fresamos al eje de 160 mm en los dos extremos.
9. Soldamos los brazos al eje de 160 mm. como se indica en la figura 4.9.



Figura 4.9. Brazo de Manivela

4.4.2 CONSTRUCCIÓN DE LA BIELA.

En este mecanismo, la biela esta unida al anclaje inferior, en la zona roscada y sujeta mediante una tuerca. Se lo construyó con el mismo material ASTM A36.

1. Cortamos 2 placas de 150 x 60x 8 mm. y 4 placas de 60 x 37 x 25mm. mediante soldadura oxiacetilénica.
2. Sujetamos las placas en una prensa y limpiamos la escoria con la amoladora.
3. Soldamos las placas en forma de C como se muestra en la figura 4.10.

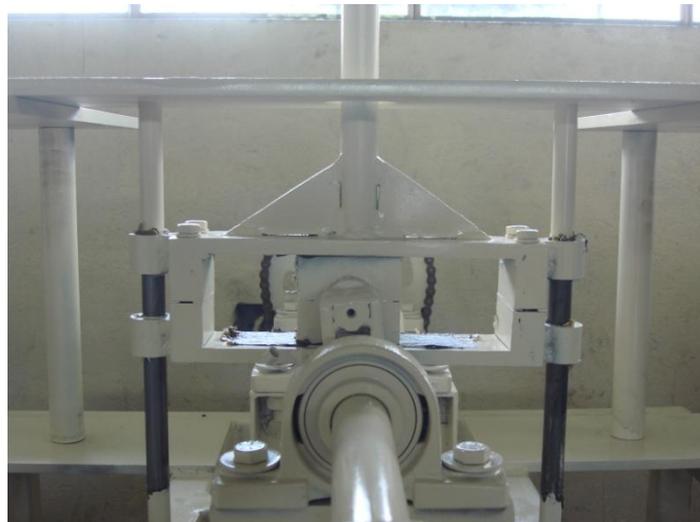


Figura 4.10. Parte Inferior de la Biela

4. Perforamos los extremos con broca de 10 mm. de diámetro. (2 agujeros por lado).
5. Roscamos la parte interior con un paso de 1.5 mm.
6. Juntamos las 2 partes mediante pernos.
7. Cortamos un eje de 25 mm de diámetro y una longitud de 400 mm. roscamos su parte exterior una distancia de 200 mm con un paso de 3 mm. que es la distancia que puede variar el tamaño de la biela.
8. Soldamos el eje a la base.
9. Cortamos placas de platina en forma triangular.

10. Soldamos las placas triangulares como refuerzo al eje como se indica en la figura 4.10.

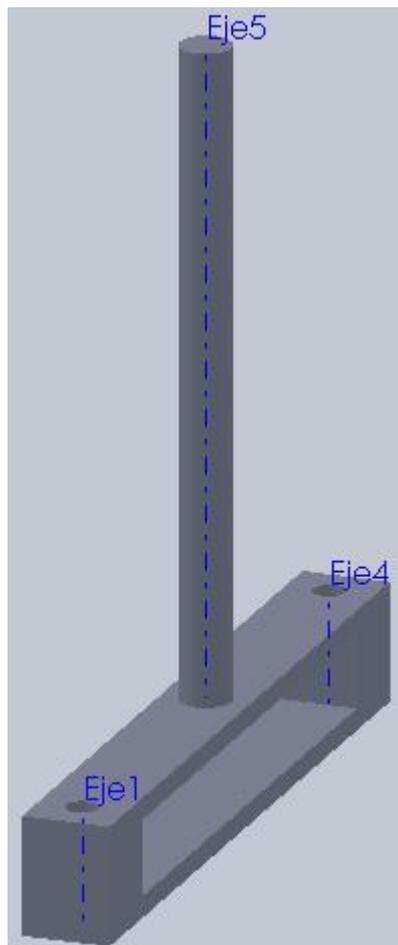


Figura 4.11. Biela

4.4.3 CONSTRUCCIÓN DEL BUJE OSCILANTE.

El buje fue hecho con acero de transmisión ASI 1018.

1. Cortamos 4 platinas de 70 x 70 x 8 mm.
2. Perforamos el interior del eje de 31 mm. con una broca de 20 mm.
3. Soldamos las platinas al eje.
4. Colocamos el buje en la manivela a presión.



Figura 4.12. Bujes en Construcción

4.5. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN.

El sistema de transmisión fue construido en base al diseño descrito anteriormente, para que nos permita en la salida una velocidad de 144 rpm.

Para este caso, empleamos: un juego de piñón catalina con cadena simple, un eje intermedio, dos poleas unidas entre sí mediante una banda y acopladas al eje de salida de un motor eléctrico.

Los elementos se encuentran distribuidos de la siguiente manera:

1. Cortamos un eje de 25 mm de diámetro una longitud de 320 mm.
2. Colocamos al eje en un soporte con chumaceras.
3. Soldamos al piñón al eje de 25 mm de diámetro
4. Soldamos la catalina al eje de la manivela.
5. Perforamos un chavetero para ubicarlos en su respectivo eje.
6. Colocamos la cadena seleccionada.

7. En el otro extremo del eje colocamos la polea de diámetro 25mm.
8. Acoplamos la polea de 75mm al eje de salida del motor eléctrico.
9. Colocamos la banda seleccionada.
10. Posteriormente templamos banda y cadena.

4.5.1 SELECCIÓN DE JUEGO PIÑÓN – CATALINA.

La catalina empleada tiene 49 dientes, y un diámetro de 20cm, la distancia que los separa es de 41,2 cm mientras que el piñón posee 16 dientes y un diámetro de 7 cm. Ambos son adaptados de un juego para moto que poseen una relación de 3,0625.



Figura 4.13. Conjunto Piñón - Catalina

4.5.2 EJE INTERMEDIO.

Tiene las siguientes dimensiones, 2,5 cm de diámetro y 32cm de longitud, está unida a dos chavetas

4.5.3 SELECCIÓN DE POLEAS.



Figura 4.14. Polea junto a eje intermedio

Las poleas están separadas entre sí una distancia de 350 mm y tiene una sola ranura de tipo trapezoidales para transmisión de potencia.

4.5.4 SELECCIÓN DE MOTOR.

Se seleccionó un motor eléctrico con una potencia de 3 hp, 1750 rpm en baja, de marca Weg disponible en el mercado local.



Figura 4.15. Motor Web 3hp

4.6. CUADRO DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES										
DIAGRAMA DE PROCESOS										
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL		<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA: 22-12-2008		PÁGINA 1 DE 7				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: BASTIDOR										
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN										
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS	DIAGRAMA DE FLUJO		
	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO				
<input type="radio"/> OPERACIONES	10						POR QUÉ CUÁNDO QUÉ QUIÉN DÓNDE CÓMO			
<input type="checkbox"/> TRANSPORTE	1									
<input type="checkbox"/> INSPECCIONES	4									
<input type="checkbox"/> RETRASOS										
<input type="checkbox"/> ALMACENAM.	1									
DIST. RECORRID.	5	FT.		FT.		FT.	ESTUDIADO POR: ÁLVARO ARMAS GUILLERMO MURILLO			
PASO	DETALLES DEL PROCESO		MÉTODO	OPERACIÓN TRANSPORTE INSPECCIÓN RETRASO ALMACENA- MIENTO			DIST. EN KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULOS DE TIEMPO /COSTO
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES		CARRO DE MANO	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3		
2	MOVER AL TALLER		VEHÍCULO LIVIANO	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	3		
3	MEDICIONES ESTRUCTURA CUADRADA			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		12		
4	CORTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12		
5	SOLDADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		16		
6	DESBASTE			<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		16		
7	MEDICIONES PLACAS			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4		
8	CORTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3		
9	DESBASTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		3		
10	SOLDADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6		
11	CEPILLO METÁLICO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6		
12	PERFORADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4		
13	ALMACENADO		TALLER	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		

Tabla 4.1 Diagrama de procesos de construcción del bastidor

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES										
DIAGRAMA DE PROCESOS										
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL <input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO FECHA: 22-12-2008 PÁGINA 1 DE 1										
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:										
COLUMNAS										
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:										
CONSTRUCCIÓN										
RESUMEN		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS		DIAGRAMA DE FLUJO
	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO				
<input type="radio"/>	OPERACIONES	12						POR QUÉ CUÁNDO QUÉ QUIÉN DÓNDE CÓMO		
<input type="checkbox"/>	TRANSPORTE	1								
<input type="checkbox"/>	INSPECCIONES	4								
<input type="checkbox"/>	RETRASOS									
<input type="checkbox"/>	ALMACENAM.									
DIST. RECORRID.		5 FT.		FT.		FT.		ESTUDIADO POR:		
								ÁLVARO ARMAS GUILLERMO MURILLO		
PASO	DETALLES DEL PROCESO		MÉTODO	OPERACIÓN TRANSPORTE INSPECCIÓN RETRASO ALMACENA- MIENTO			DIST. EN KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULOS DE TIEMPO /COSTO
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES		CARRO DE MANO	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	MOVER AL TALLER		VEHÍCULO LIVIANO	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	MEDICIONES ESTRUCTURA CIRCULAR			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	CORTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	SOLDADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	DESBASTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	MEDICIÓN PLACAS			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	CORTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	DESBASTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	PERFORADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	SUELDA DE REFUERZO SUPERIOR			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	CEPILLADO METALICO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	ARMADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Tabla 4.2 Diagrama de procesos de construcción de las columnas

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES										
DIAGRAMA DE PROCESOS										
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL		<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA: 22-12-2008		PÁGINA 1 DE 1				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: SOPORTE SUPERIOR DE LOS AMORTIGUADORES										
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN										
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS	DIAGRAMA DE FLUJO		
	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO				
<input type="radio"/> OPERACIONES	6						POR QUÉ CUÁNDO QUÉ QUIÉN DÓNDE CÓMO			
<input type="checkbox"/> TRANSPORTE	1									
<input type="checkbox"/> INSPECCIONES	2									
<input type="checkbox"/> RETRASOS										
<input type="checkbox"/> ALMACENAM.	1						ESTUDIADO POR: ÁLVARO ARMAS GUILLERMO MURILLO			
DIST. RECORRID.	5 FT.		FT.		FT.					
PASO	DETALLES DEL PROCESO		MÉTODO	OPERACIÓN TRANSPORTE INSPECCIÓN RETRASO ALMACENA- MIENTO			DIST. EN KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULOS DE TIEMPO /COSTO
1	ADQUISICIÓN DE PLATINA		CARRO DE MANO	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		
2	MOVER AL TALLER		VEHÍCULO LIVIANO	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	1		
3	MEDICIÓN			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		12		
4	CORTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2		
5	DESBASTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2		
6	DOBLADO 90°			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4		
7	PERFORADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6		
8	ALMACENADO		TALLER	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2		

Tabla 4.3 Diagrama de procesos de construcción del soporte superior de los amortiguadores

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES												
DIAGRAMA DE PROCESOS												
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL		<input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO		FECHA: 22-12-2008		PÁGINA 1 DE 1						
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: SOPORTE INFERIOR DE AMORTIGUADORES												
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN												
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS	DIAGRAMA DE FLUJO				
	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO						
<input type="radio"/> OPERACIONES	12						POR QUÉ QUÉ DÓNDE CUÁNDO QUIÉN CÓMO					
<input type="checkbox"/> TRANSPORTE												
<input type="checkbox"/> INSPECCIONES	3											
<input type="checkbox"/> RETRASOS												
<input type="checkbox"/> ALMACENAM.	1						ESTUDIADO POR: ÁLVARO ARMAS GUILLERMO MURILLO					
DIST. RECORRID.	FT.		FT.		FT.							
PASO	DETALLES DEL PROCESO		MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. EN KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULOS DE TIEMPO /COSTO
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES		CARRO DE MANO	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2		
4	MEDICIÓN PLATINA			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4		
5	CORTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		
6	DESBASTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		
7	DOBLADO 90°			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4		
8	PERFORADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2		
9	MEDICIÓN DE EJE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2		
10	CORTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		
11	SOLDADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		
12	DESBASTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		
13	ALMACENADO		TALLER	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		

Tabla 4.4 Diagrama de procesos de construcción del soporte inferior de los amortiguadores

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES											
DIAGRAMA DE PROCESOS											
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL <input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO FECHA: 22-12-2008 PÁGINA 1 DE 1											
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:											
MANIVELA											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:											
CONSTRUCCIÓN											
RESUMEN		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS	DIAGRAMA DE FLUJO		
		NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO				
<input type="radio"/> OPERACIONES		11									
<input type="checkbox"/> TRANSPORTE		1									
<input type="checkbox"/> INSPECCIONES		4									
<input type="checkbox"/> RETRASOS											
<input type="checkbox"/> ALMACENAM.		1						ESTUDIADO POR: ÁLVARO ARMAS GUILLERMO MURILLO			
DIST. RECORRID.		5 FT.		FT.		FT.					
PASO	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. EN KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULOS DE TIEMPO /COSTO
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES	CARRO DE MANO	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2		
2	MOVER AL TALLER	VEHÍCULO LIVIANO	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	2		
3	MEDICIÓN ACERO TRANSMISIÓN		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3		
4	CORTE		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3		
5	FRESADO		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		8		
6	PERFORADO		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2		
7	MEDICIÓN PLATINAS		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		8		
8	CORTE		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		8		
9	SOLDADO		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		8		
10	DESBASTE		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		8		
11	PERFORADO		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4		
12	ENSAMBLE		<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5		
13	ALMACENAMIENTO		<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1		

Tabla 4.5 Diagrama de procesos de construcción de la manivela

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES										
DIAGRAMA DE PROCESOS										
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL <input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO FECHA: 22-12-2008 PÁGINA 1 DE 1										
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE:										
BIELA										
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN:										
CONSTRUCCIÓN										
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS	DIAGRAMA DE FLUJO		
	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO				
<input type="radio"/> OPERACIONES	13						POR QUÉ CUÁNDO QUÉ QUIÉN DÓNDE CÓMO			
<input type="checkbox"/> TRANSPORTE	1									
<input type="checkbox"/> INSPECCIONES	5									
<input type="checkbox"/> RETRASOS										
<input type="checkbox"/> ALMACENAM.										
DIST. RECORRID.	5 FT.		FT.		FT.		ESTUDIADO POR: ÁLVARO ARMAS GUILLERMO MURILLO			
PASO	DETALLES DEL PROCESO		MÉTODO	OPERACIÓN TRANSPORTE INSPECCIÓN RETRASO ALMACENA- MIENTO			DIST. EN KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULOS DE TIEMPO /COSTO
1	ADQUISICIÓN DE ESTRUCTURAS		CARRO DE MANO	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2		
2	MOVER AL TALLER		VEHÍCULO LIVIANO	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	2		
3	MEDICIÓN PLACAS			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		6		
4	CORTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6		
5	DESBASTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		6		
6	SOLDADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4		
7	PERFORADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		8		
8	ROSCADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		8		
9	ENSAMBLE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1		
10	MEDICIÓN EJE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1		
11	CORTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		
12	SOLDADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		
13	ROSCADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		
14	ENSAMBLAJE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1		

Tabla 4.6 Diagrama de procesos de construcción de la biela

CONSTRUCCIÓN DE BANCO DE PRUEBAS DE AMORTIGUADORES										
DIAGRAMA DE PROCESOS										
<input type="checkbox"/> MÉTODO ACTUAL <input type="checkbox"/> MÉTODO PROPUESTO FECHA: 22-12-2008 PÁGINA 1 DE 1										
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: BUJE OSCILANTE										
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN										
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS	DIAGRAMA DE FLUJO		
	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO	NÚM.	TIEMPO				
<input type="radio"/> OPERACIONES	7						POR QUÉ CUÁNDO QUÉ QUIÉN DÓNDE CÓMO			
<input type="checkbox"/> TRANSPORTE	1									
<input type="checkbox"/> INSPECCIONES	1									
<input type="checkbox"/> RETRASOS										
<input type="checkbox"/> ALMACENAM.										
DIST. RECORRID.	5 FT.		FT.		FT.		ESTUDIADO POR: ÁLVARO ARMAS GUILLERMO MURILLO			
PASO	DETALLES DEL PROCESO		MÉTODO	OPERACIÓN TRANSPORTE INSPECCIÓN RETRASO ALMACENA- MIENTO			DIST. EN KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULOS DE TIEMPO /COSTO
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES		CARRO DE MANO	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2		
2	MOVER AL TALLER		VEHÍCULO LIVIANO	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5	2		
3	MEDICIÓN PLATINAS			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4		
4	CORTE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4		
5	MEDICIÓN EJE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		
6	PERFORADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		
7	SOLDADO			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5		
8	ENSAMBAJE			<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1		

Tabla 4.7 Diagrama de procesos de construcción del buje oscilante

CAPITULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS.

5.1. DISEÑO DE PANTALLAS INICIO EN LabVIEW.



Figura 5.1 Pantalla de inicio.

La pantalla de INICIO figura 5.1, es la primera pestaña de un TAB CONTROL, que es una herramienta de LabVIEW que nos permite trabajar en el sistema de pestañas que es familiar para el usuario. La pestaña de INICIO contiene la información general del proyecto.

5.2. DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA DE MEDICIONES.



Figura 5.2 diseño de la pantalla de mediciones.

La siguiente pestaña llamada MEDICIONES, es la interfaz del usuario con el sistema, en ella se encuentran dos controles numéricos que permiten al operador ingresar el diámetro del émbolo del amortiguador así como la presión máxima que soporta el mismo, datos que son proporcionados por el fabricante. En esta pestaña tenemos también dos botones, uno que da paso a la realización de las mediciones y otro detiene la ejecución del programa. Al presionar el botón llamado MEDIR, se adquieren los datos y se los procesa, a la vez que su estado cambia a PARAR, lo que indica que al pulsar dicho botón la adquisición de datos se detendrá.

5.3. DISEÑO EN LabVIEW.

Como parte principal se presenta una gráfica de la carga soportada por el amortiguador con respecto al tiempo, las magnitudes de estas fuerzas, el cálculo de la constante K del amortiguador y los indicadores del estado del mismo; uno que especifica su estado y otro que muestra el porcentaje de fuerza absorbida.

Como consideraciones del diseño se ha determinado para que el amortiguador esté en buen estado la fuerza absorbida debe estar en el rango del 70 al 100%.

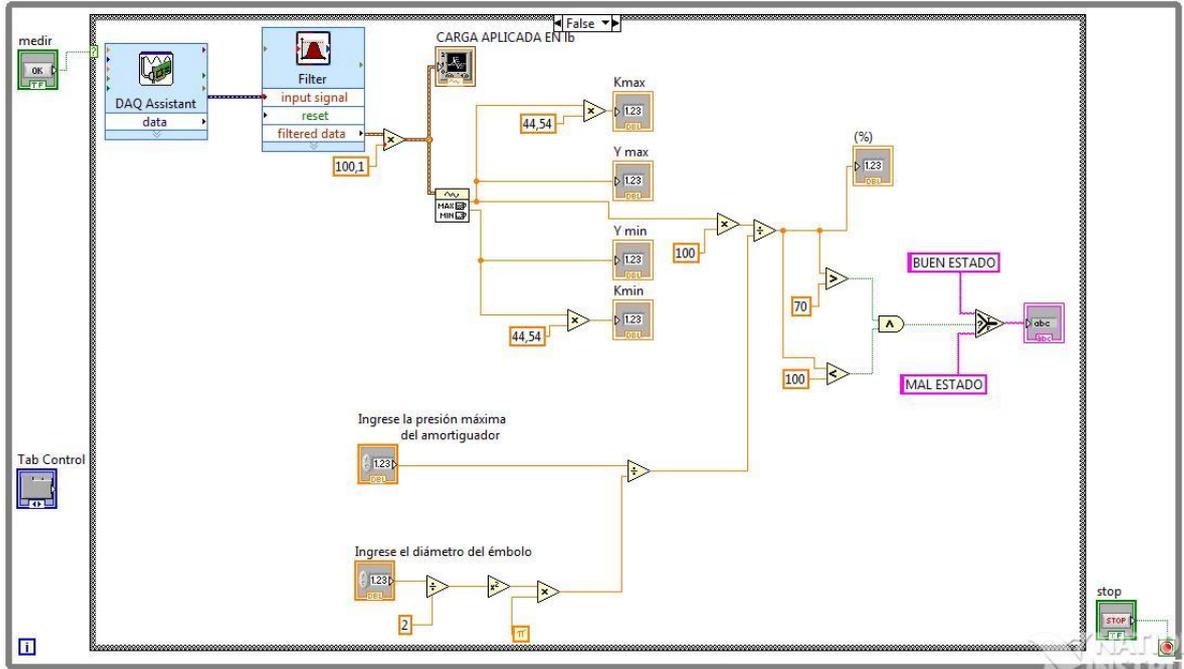


Figura 5.3 Diagrama de la programación.

En la figura 5.3 se muestra una visión global del software diseñado en LabVIEW para la adquisición y procesamiento de datos. Se utilizó una estructura WHILE LOOP, que ejecuta el diagrama en su interior mientras el usuario no indique lo contrario con la activación del botón STOP en el panel de control. En el interior del lazo principal se utilizó un CASE STRUCTURE, que permite la ejecución del diagrama en su interior cuando el usuario lo mande al pulsar el botón MEDIR del panel de control.

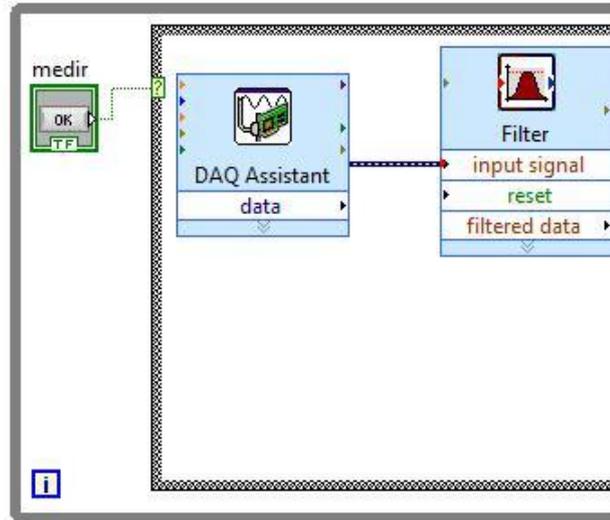


Figura 5.4 Diagrama de adquisición de datos.

En la figura 5.4 se muestra la programación para la adquisición de datos que se hizo a través de un DAQ Assistant, configurado como en la figura 5.5:

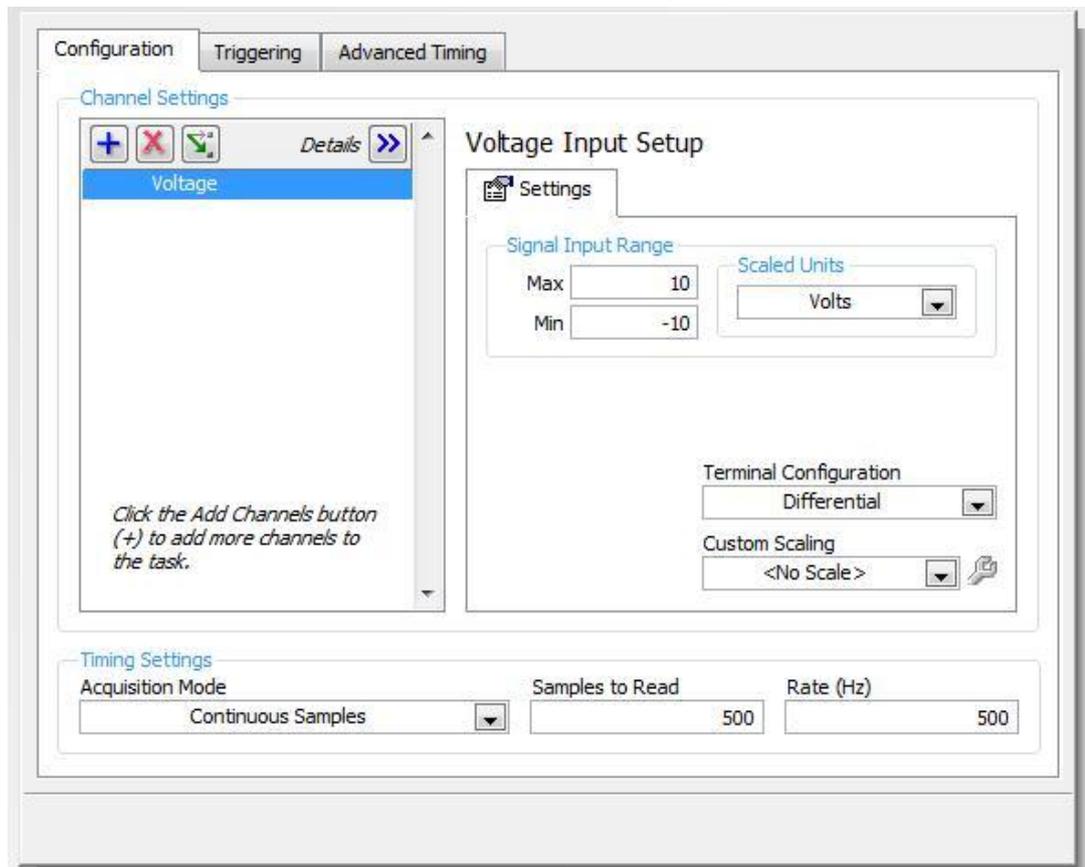


Figura 5.5 Configuración de la tarjeta.

Para filtrar ruidos indeseables en la señal se implementó un filtro digital, mostrado en la figura A, un filtro pasabajos con una frecuencia de corte de 5Hz.

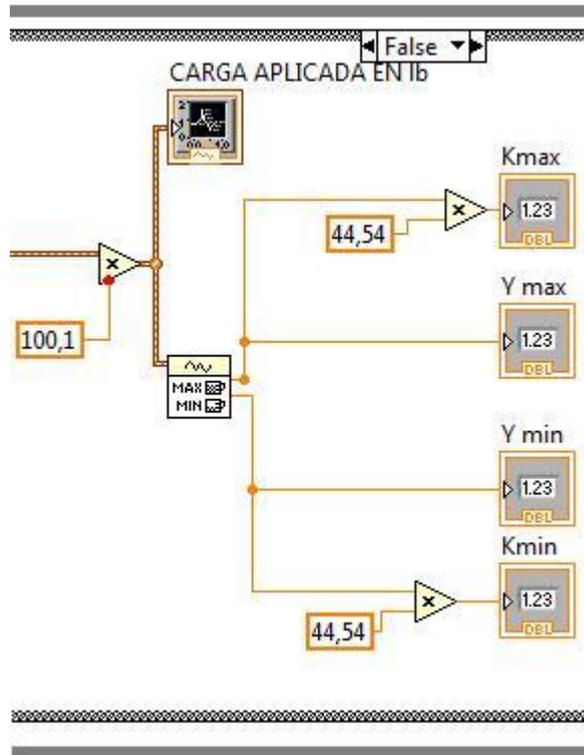


Figura 5.6 Diagrama de la salida del filtro y la carga del amortiguador.

En la figura 5.6 a la señal de salida del filtro se multiplica por una constante que convierte el voltaje ingresado a la tarjeta de adquisición en la magnitud de la carga en libras que soporta el amortiguador. Esta magnitud se presenta gráficamente al usuario a través de un WAVEFORM CHART. De estas mediciones se toma los valores máximos y mínimos para presentarlos al usuario y en base a éstos se calcula la constante de elasticidad del amortiguador.

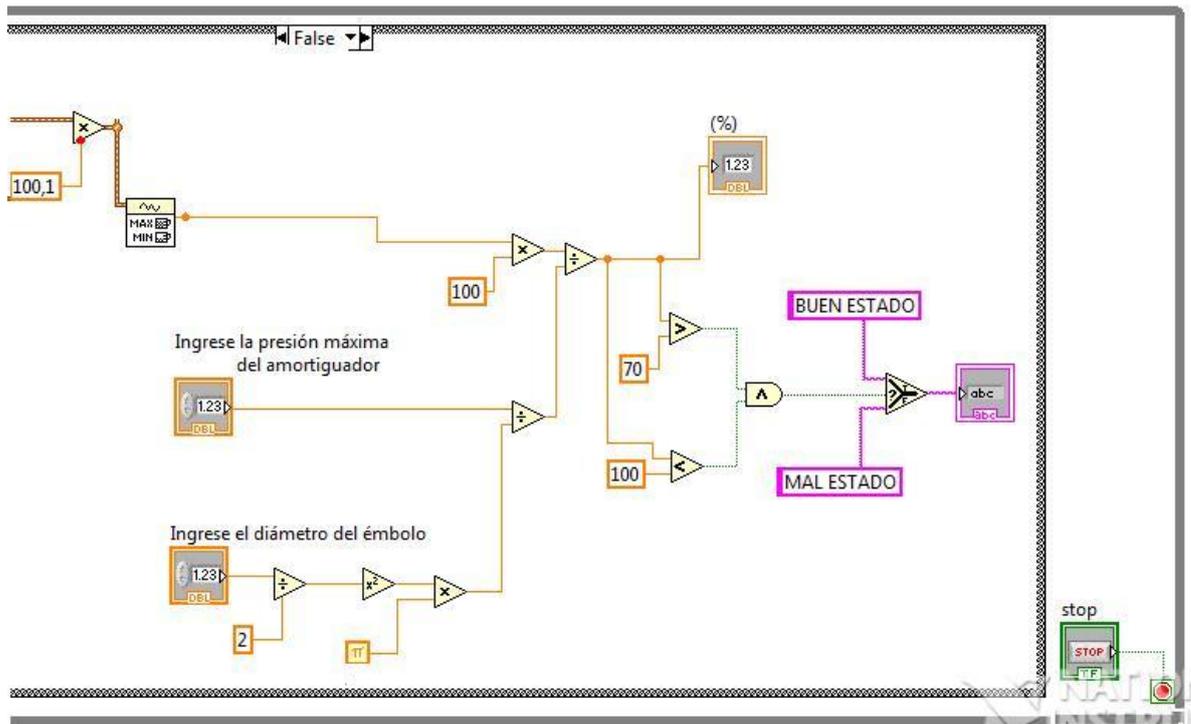


Figura 5.7 Diagrama del cálculo de la fuerza del amortiguador.

En la figura 5.7 se muestra como se realiza el cálculo de la fuerza que debe soportar el amortiguador en base a los datos ingresados, y la conversión a porcentajes de las fuerzas medidas con respecto a la fuerza calculada. Como se indicó anteriormente para el diseño hemos considerado que un amortiguador está en buen estado si este porcentaje se encuentra en el rango del 50 al 100%, si las mediciones indican que la fuerza excede este rango el programa nos indica que el amortiguador está en mal estado.

CONCLUSIONES

- Se diseñó el banco de pruebas para amortiguadores con mando y programación electrónica para verificar en qué estado se encuentran los amortiguadores a las presiones y porcentajes en que se encuentran ya sea en buen estado o en mal estado.
- La gráfica de la curva de la fuerza del amortiguador fueron realizadas con los parámetros del motor, y con las presiones que envía el amortiguador hacia la galga extensiométrica realizando un análisis de los resultados obtenidos en el computador mediante la tarjeta de adquisición de datos.
- En los catálogos de selección de amortiguadores no consta la fuerza máxima que soportan, simplemente constan el modelo del vehículo, el año, el número de serie y la procedencia por lo cual asumimos la presión máxima de 150 psi que se encuentra en la hoja de garantía de los amortiguadores.
- Se obtuvo la curva de la fuerza en el software LabVIEW en interfaz con la tarjeta DAQ NI USB-6009 para visualizar variación de la fuerza y de la presión que existe en el amortiguador dependiendo en qué estado se encuentre ya sea en buen estado o en mal estado.
- Con el diseño de la estructura en SolidWorks comprobamos que soporta una fuerza de 2000 N, esta fuerza es mayor que la del amortiguador y por ende realizamos la construcción de la estructura.

RECOMENDACIONES

- Cuando utilicemos la tarjeta de adquisición de datos USB 6009, debemos tener el manual de operación y especificaciones técnicas para de esta manera poder evitar que el dispositivo llegue a dañarse o en el peor de los casos quemarse.
- Al momento de realizar las pruebas se debe tener en cuenta evitar los ruidos que hace el motor y el mecanismo para obtener datos reales en la medición de las fuerzas y presiones ejercidas por los amortiguadores.
- Cuando utilicemos el programa SolidWorks, debemos tener en cuenta que clase de estudio se debe aplicar a la estructura y el material que vamos a utilizar para dicha construcción siempre y cuando exista en el mercado y el costo no sea muy elevado.
- El banco de pruebas no debe mantenerse encendido por más de 20 segundos ya que se llega a calentar el amortiguador y por ende pierde sus propiedades, y no podemos obtener un resultado óptimo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO B, Marcos. “Estudio del comportamiento térmico y dinámico de los amortiguadores para vehículos automóviles tipo turismo”.
- CHARLOTEAUX, M. “Suspensión y dirección”.
- CROUSE, William. “Chasis y carrocerías del automóvil”.
- Manual de LABView 8.0.
- Manual de Solid Works 2008.
- MOTT, Robert. “Diseño de Elementos de Máquinas”. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. Segunda Edición. 1992.
- SHIGLEY, Joseph Edward. “Diseño de Ingeniería Mecánica”.

Páginas de Internet consultadas

- <http://www.mimecanicapopular.com>
- <http://www.yummatissrl.com.ar/suspension.php>
- <http://www.autocosmos.cl/noticias/expand.asp?id=7435>
- <http://www.gabriel.com.mx/ES/Asesoriatecnica>
- http://www.infovisual.info/05/017_es.html
- http://www.tecnun.es/automocion/files/ebooks/Amortiguadores_y_suspension.pdf
- http://www.emc.uji.es/d/mecapedia/sistema_no_amortiguado.html