

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO DEL PROYECTO

**“ DISEÑO DE LOS PLATOS DE ALIMENTACIÓN DE LA BOBINA
PLÁSTICA Y EL CULOTE METÁLICO DE LA MÁQUINA DE
ENSAMBLAJE DE LA MUNICIÓN DE CAZA CALIBRE 16 ”**

REALIZADO POR:

JORGE WASHINGTON CARRERA BUSTILLOS

DIRECTOR: ING. FERNANDO OLMEDO

CODIRECTOR: ING. PABLO FIGUEROA

Sangolquí, 2006

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “ DISEÑO DE LOS PLATOS DE ALIMENTACIÓN DE LA BOBINA PLÁSTICA Y EL CULOTE METÁLICO DE LA MÁQUINA DE ENSAMBLAJE DE LA MUNICIÓN DE CAZA CALIBRE 16 ” fue realizado en su totalidad por el señor Jorge Washington Carrera Bustillos, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

**Ing. Fernando Olmedo
DIRECTOR**

**Ing. Pablo Figueroa
CODIRECTOR**

Sangolquí, 2006-05-30

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

**“ DISEÑO DE LOS PLATOS DE ALIMENTACIÓN DE LA BOBINA
PLÁSTICA Y EL CULOTE METÁLICO DE LA MÁQUINA DE ENSAMBLAJE
DE LA MUNICIÓN DE CAZA CALIBRE 16 ”.**

ELABORADO POR:

Sr. Jorge Washington Carrera Bustillos

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

EL DECANO

Sangolquí, 2006-05-30

DEDICATORIA

Al fin de mis estudios dedicó el presente trabajo a mi familia y amigos que a lo largo de toda mi carrera supieron apoyarme incondicionalmente sin dudar ni un segundo cuando necesité que me brinden su ayuda, pero especialmente a mis padres Jorge y Marina quienes con su esfuerzo, dedicación, paciencia y amor supieron guiarme y alentarme a conseguir mis objetivos, levantarme cuando existieron reveses y dificultades en el largo camino de mi vida y enseñarme el valor de la constancia para ser una mejor persona cada día.

A mi tía Marcela, por siempre estar preocupada de mi y de mi familia y por inculcarme que en la vida siempre debe existir la suficiente fe para afrontar las situaciones difíciles, junto con la necesaria humildad para aceptar lo que no se puede cambiar.

A mis hermanos Lisbet, Bolívar y Laura, quienes con su ejemplo supieron cultivar en mi el sentido de responsabilidad, honestidad y respeto pero sobre todo la confianza en mi mismo y saber que no existe límite para alcanzar mis sueños.

Jorge Washington - Junior

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme la sabiduría y perseverancia para alcanzar mis metas y hacer que día a día crezca como una persona integra.

A mi familia ya que son la razón de alcanzar todos mis ideales y lo seguirán siendo.

A mis amigos pues me han dedicado su tiempo para ayudarme y aconsejarme además de darme la fuerza necesaria de seguir con pasos firmes hacia los objetivos que me he planteado.

A la Escuela Politécnica del Ejército especialmente a la Facultad de Ingeniería Mecánica por acogerme en sus aulas y brindarme una educación de excelencia.

A mi Director y Co-director de tesis por todos los sus conocimientos impartidos y todo el apoyo para culminar de la mejor manera este proyecto.

Y por último a las personas que conforman la “Fábrica de Municiones Santa Bárbara” por la confianza que depositaron en mi para realizar este proyecto.

Jorge Washington - Junior

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. GENERALIDADES	17
1.1. ANTECEDENTES.....	17
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. OBJETIVO GENERAL	20
1.4. OBJETIVO DEL PROYECTO	20
1.5. ALCANCE DEL PROYECTO	21
2. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS	22
2.1. PARÁMETROS DIMENSIONALES	22
2.2. PARÁMETROS FUNCIONALES	25
2.2.1. DESCRIPCIÓN.....	25
2.3. PARÁMETROS DE LA ALIMENTACIÓN.....	28
2.3.1. Características de la Munición.....	28
2.3.1.1. Componentes del cartucho semimetálico.....	28
2.3.1.1.1. Vaina.-.....	28
2.3.1.1.2. PISTÓN.-.....	31
2.3.1.1.3. PÓLVORA.-.....	34
2.3.1.1.4. TACOS.-.....	35
2.3.1.1.5. CIERRE.-.....	35
2.3.1.1.6. LOS PERDIGONES.-	36
2.3.2. Proceso y Parámetros de la alimentación	37
2.4. PARÁMETROS OPERACIONALES	38
2.4.1. APLICACIONES DE LOS ELECTROIMÁNES.....	39
3. DISEÑO	41
3.1. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS	41
3.1.1. DESCRIPCIÓN.....	41
3.1.2. RECIPIENTE O PLATO.....	42
3.1.3. GUÍAS INTERIORES.....	44
3.1.4. PLACAS	55
3.1.5. PERNOS	67
3.1.6. BASES PARA LOS NÚCLEOS Y BOBINAS	68
3.1.7. BASE DE APOYO PARA EL MECANISMO	69

3.2.	MECANISMOS PARA LA ALIMENTACIÓN	69
3.2.1.	BOBINAS Y NÚCLEOS	69
3.2.2.	GUÍAS DE DESCENSO DE LOS ELEMENTOS	70
3.3.	SISTEMA DE CONTROL.....	71
3.3.1.	SISTEMA DE CONTROL PARA EL ELEMENTO CULOTE METÁLICO.....	71
3.3.2.	SISTEMA DE CONTROL PARA EL ELEMENTO BOBINA PLÁSTICA.....	73
3.3.3.	SIMULACIÓN DE ESFUERZOS.....	77
3.3.3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA SIMULACIÓN	77
3.3.3.1.1.	ANÁLISIS ESTÁTICO	77
3.3.3.2.	ANÁLISIS DE FATIGA	90
3.3.4.	SEGURIDAD	97
4.	ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.....	98
4.1.	ANÁLISIS ECONÓMICO	98
4.1.1.	ESTUDIO DE MERCADO	98
4.1.1.1.	ESTUDIO DE LA OFERTA Y LA DEMANDA	98
4.1.1.1.1.	OFERTA.....	98
4.1.1.1.2.	DEMANDA	99
4.1.1.1.3.	DEMANDA INSATISFECHA	100
4.1.2.	ESTUDIO TÉCNICO.....	100
4.1.2.1.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	101
4.1.2.2.	DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO	101
4.1.2.3.	INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	101
4.1.2.3.1.	SELECCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	101
4.1.2.3.2.	ABASTECIMIENTO DE INSUMOS	103
4.1.2.3.3.	SELECCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	103
4.1.2.3.4.	IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL	104
4.1.2.3.5.	PERSONAL REQUERIDO	105
4.1.3.	ANÁLISIS DE COSTOS	105
4.1.3.1.	MATERIA PRIMA	106
4.1.3.1.1.	MANO DE OBRA DIRECTA.....	106
4.1.3.1.2.	COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN.....	107
4.1.3.1.3.	GASTOS ADMINISTRATIVOS E IMPREVISTOS.....	108

4.1.3.2.	ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN	108
4.1.3.3.	APLICACIONES DE LOS RECURSOS.....	110
4.1.3.3.1.	INVERSIÓN.....	110
4.2.	ANÁLISIS FINANCIERO.....	111
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
5.1.1.	CONCLUSIONES.....	112
5.1.2.	RECOMENDACIONES.....	114
5.2.	BIBLIOGRAFÍA.....	116
5.3.	ANEXOS.....	117

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Partes básicas del cartucho de caza.....	19
Figura 2.1	Distribución de Planta.....	23
Figura 2.2	Medidas Bobina Plástica.....	24
Figura 2.2	Medidas Culote Metálico.....	24
Figura 2.4	Máquina PB 31 -10.....	25
Figura 2.5	Culote Metálico.....	26
Figura 2.6	Bobina Plástica.....	27
Figura 2.7	Cartucho Semimetálico.....	28
Figura 2.8	Vaina de un Cartucho Semimetálico.....	29
Figura 2.9	Formas de Tapones.....	31
Figura 2.10	Pistón Boxer aparato abierto.....	32
Figura 2.11	Pistón Boxer aparato cerrado.....	32
Figura 2.12	Pistón Boxer americano.....	33
Figura 2.13	Pistón berdan.....	33
Figura 2.14	Disposición de las postas de los cartuchos.....	36
Figura 3.1	Esquema de una tolva alimentadora por vibración.....	41
Figura 3.2	Sistema Recipiente - Elementos.....	44
Figura 3.3	Importación de los elementos.....	45
Figura 3.4	Sistema Masa – Resorte de un solo grado de libertad.....	46
Figura 3.5	Condiciones iniciales para la simulación.....	47
Figura 3.6	Fuerza más óptima para la simulación.....	48
Figura 3.7	Simulación del avance del Culote Metálico.....	49
Figura 3.8	Diagrama de cuerpo libre de la Membrana considerada como viga.....	50
Figura 3.9	Diagramas de fuerza cortante y momento flector.....	52
Figura 3.10	Diagrama de cuerpo libre del recipiente.....	56
Figura 3.11	Fuerza transmitida a la placa.....	57
Figura 3.12	Diagrama de cuerpo libre de la placa y sección transversal...	58
Figura 3.13	Esquema Sistema Selector para la alimentación del Culote Metálico.....	72

Figura 3.14	Corte transversal de la Bobina Plástica para encontrar el centro de masa (y).....	73
Figura 3.15	División de la Bobina Plástica en áreas.....	74
Figura 3.16	Esquema Sistema Selector para la alimentación de la Bobina Plástica.....	76
Figura 3.17	Modelo de placas a analizarse.....	78
Figura 3.18	Estudio escogido (estático).....	78
Figura 3.19	Aplicación del material al modelo.....	79
Figura 3.20	Selección de la biblioteca del material.....	79
Figura 3.21	Curvas S-N fatiga.....	80
Figura 3.22	Colocación de Restricciones (empotramiento).....	81
Figura 3.23	Visualización de Restricciones.....	81
Figura 3.24	Aplicación de las cargas.....	82
Figura 3.25	Colocación de la Fuerza.....	82
Figura 3.26	Invertir Fuerza.....	83
Figura 3.27	Visualización de cargas aplicadas.....	83
Figura 3.28	Creación del Mallado.....	84
Figura 3.29	Parámetros para el Mallado.....	84
Figura 3.30	Mallado de los elementos.....	85
Figura 3.31	Parámetros finales del Mallado.....	85
Figura 3.32	Ejecución del programa.....	86
Figura 3.33	Corrida.....	86
Figura 3.34	Resultado estático de Von Misses.....	87
Figura 3.35	Resultado deformación unitaria.....	88
Figura 3.36	Resultado factor de seguridad.....	89
Figura 3.37	Modelo de placas a analizarse a fatiga.....	90
Figura 3.38	Menú para propiedades de la fatiga.....	90
Figura 3.39	Propiedades para el análisis de fatiga.....	91
Figura 3.40	Selección de sucesos.....	91
Figura 3.41	Parámetros de los sucesos.....	92
Figura 3.42	Ejecución del programa en fatiga.....	92

Figura 3.43	Corrida en fatiga.....	93
Figura 3.44	Resultado trazado de vida estudio fatiga.....	94
Figura 3.45	Resultado trazado de daños estudio fatiga.....	95
Figura 3.46	Resultado trazado factor de seguridad estudio fatiga.....	96
Figura 4.1	Diagrama de proceso para el ensamblaje de la munición.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Comparación de costos entre el Cartucho con Cápsula Fulminada Importada y los cartuchos con Cápsula Fulminada realizada en la F.M.S.B.....	18
Tabla 3.1	Medidas principales de la Bobina Plástica y el Culote Metálico.....	42
Tabla 3.2	Pesos aproximados de la Bobina Plástica y el Culote Metálico.....	43
Tabla 3.3	Frecuencias Circulares posibles.....	47
Tabla 3.4	Propiedades del material.....	64
Tabla 3.5	Características de las bobinas selenoides.....	69
Tabla 4.1	Oferta a nivel nacional.....	99
Tabla 4.2	Demanda Insatisfecha.....	100
Tabla 4.3	Proceso productivo Máquina PB 31 –10.....	102
Tabla 4.4	Elementos de la munición de caza y su procedencia.....	103
Tabla 4.5	Maquinaria requerida para ensamblar la munición de caza..	104
Tabla 4.6	Número de personal para el proceso de ensamblaje.....	105
Tabla 4.7	Materias Primas requeridas.....	106
Tabla 4.8	Mano de obra directa requeridas.....	107
Tabla 4.9	Costos Indirectos de fabricación.....	107
Tabla 4.10	Costos de los platos o tolvas de alimentación.....	108
Tabla 4.11	Costos de producción de la munición de caza.....	109
Tabla 4.12	Inversión para el proceso de ensamblaje.....	110

NOMENCLATURA

S_{ut}	Resistencia última a la tracción
S_{uc}	Resistencia última a la compresión
S_y	Límite de resistencia a la fluencia
Se'	Límite de resistencia a la fatiga
Se	Límite de resistencia a la fatiga corregido
S_{fb}	Esfuerzo admisible a la fatiga por flexión
E	Módulo de elasticidad
σ	Esfuerzo normal
σ_{eq}	Esfuerzo equivalente
σ_a	Esfuerzo alternante
σ_m	Esfuerzo medio
τ	Esfuerzo cortante
b	Espesor requerido por las placas
δ	Deflexión
$F.S.$	Factor de seguridad
F	Fuerza producida por la vibración
Pt	Fuerza Transmitida a las placas
V	Fuerza cortante
M	Momento flector
Ptx	Reacción en la placa en el sentido de las x
Pty	Reacción en la placa en el sentido de las y
Ra , Rb	Reacciones en los apoyos de la membrana
A	Área transversal
a	Ancho de la placa
α	Ángulo para que se desplacen los elementos por las guías interiores
p	Peso
Wn	Frecuencia natural circular
W	Frecuencia circular

K	Constante elástica del resorte
M	Masa
Tr	Transmisibilidad
C_{carga}	Factor de corrección del tipo de carga para el esfuerzo de fatiga
$C_{tamaño}$	Factor de corrección de tamaño para el esfuerzo de fatiga
$C_{superficie}$	Factor de corrección de acabado superficial para el esfuerzo de fatiga
$C_{temperatura}$	Factor de corrección de temperatura para el esfuerzo de fatiga
$C_{confiabilidad}$	Factor de corrección de confiabilidad del diseño para el esfuerzo de fatiga
Kt	Concentrador de esfuerzos a fatiga
Kf	Concentrador de esfuerzos estático
Kv	Factor dinámico
I	Inercia de la sección de estudio
A	Área de la sección de estudio
P	Perímetro
e	Espesor
h	Altura
L	Longitud
d	Diámetro

RESUMEN

Nuestro país en la actualidad se presenta ante el desafío de la globalización, por lo que la industria nacional como la Fábrica de Municiones “Santa Bárbara” tiene la responsabilidad de modernizarse y desarrollarse para responder satisfactoriamente a los requisitos de la sociedad, permitiéndole ser competitiva ante las condiciones actuales.

Por esta razón luego de realizar un estudio, se estableció que existe una gran demanda de munición de caza actualmente específicamente del calibre 16 de aproximadamente de 12 millones de cartuchos al año a nivel nacional y que en dicha fábrica solamente se producen 7,5 millones de cartuchos los cuales se ensamblan con cápsulas fulminadas importadas y que existe una demanda insatisfecha de munición de 1,6 millones, siendo este el motivo la fábrica se ha visto la necesidad de aprovechar la maquinaria que se encargaba de la producción de la bala calibre 7,62 mm., que actualmente está fuera de uso, a fin de rediseñarla y complementarla con diseño de maquinaria que hace falta para que realice el ensamblaje de la cápsula de munición de caza y de esta manera producir los 9,1 millones de cartuchos lo que representaría ganancias para la fábrica de municiones.

El diseño de estas máquinas va dirigido a satisfacer las necesidades de alimentación de la máquina PB 31 – 10 de dos elementos básicos para el cartucho de caza que son el culote metálico y la bobina plástica para lo cual se contempló inicialmente una definición de parámetros tanto del espacio físico con que se cuenta, características específicas de los elementos, características de la máquina PB 31-10, así como el principio de funcionamiento para proporcionarle movimiento de dichas máquinas.

Después de este análisis se diseño cada uno de los elementos que conforman los platos o tolvas de alimentación vibratorios siendo algunos de ellos de diseño netamente geométrico en donde la precisión de sus dimensiones y la

tolerancia que se tendrá en el momento de la construcción es fundamental al igual que todos los materiales que se emplearán, también se analizó el movimiento de dichos platos mediante la teoría de vibraciones proporcionadas por electroimanes a través del programa Working Model que nos proporciona las herramientas adecuadas para simular el movimiento de este tipo y como consecuencia de esto los componentes que realizan el trabajo de resortes como son las placas rígidas debieron ser analizadas mediante la teoría de fatiga la cual nos proporcionará una estimación muy segura de nuestro diseño garantizándonos que existe seguridad y confiabilidad al momento de su posterior construcción.

Se simuló a través de un modelo en el programa COSMOS cuales son los esfuerzos que se producirán en los elementos por causa de las cargas aplicadas dándonos una gran certeza de que el diseño se realizó de forma correcta.

En lo que respecta a las bobinas eléctricas y núcleos se seleccionó aquella que proporcione la fuerza adecuada para transmitir el movimiento la cual funciona con una corriente de 220 V y logrando así que se desplacen sin ningún problema tanto el culote metálico como la bobina plástica.

Se diseñó además los sistemas de control tanto para el culote metálico como para la bobina plástica para que estos elementos sean seleccionados de forma adecuada y entren a la etapa de ensamblaje sin ningún inconveniente.

Para finalizar se realizó el análisis económico financiero para ver su viabilidad, para lo cual se calculó el costo del diseño de los platos o tolvas de alimentación vibratorios por un valor aproximado de 11 mil dólares y el costo de producir 8 millones de cartuchos al año, y luego se procedió a elaborar el flujo de caja presupuestado a 10 años obteniéndose un VAN de 1,8 millones de dólares, un TIR de 75% en un tiempo de recuperación de la inversión de dos años, con lo cual se justifica la ejecución del proyecto.

CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

- La Fábrica de Municiones "Santa Bárbara" no posee platos de alimentación para el ensamblaje de las partes de la munición de caza calibre 16 específicamente el culote metálico y la bobina plástica los cuales son de tipo vibratorio por lo que se necesita desarrollar el diseño de estos platos para que en conjunto con el rediseño de la maquinaria para el ensamblaje de dicha munición se logre tomar una decisión adecuada para su posterior construcción o adquisición.
- Actualmente las cápsulas fulminadas están siendo importadas desde Europa para posteriormente mediante procesos que posee la FMSB terminar el producto para su comercialización, lo que obliga a desarrollar proyectos para el completo ensamblaje de estas cápsulas en los cuales puede reducir sus costos.
- La Fábrica de Municiones "Santa Bárbara" cerró la línea de producción de munición calibre 7,62mm. debido al cambio de armamento y por consiguiente del calibre, por lo que pretende desarrollar un proyecto de fabricación en serie de cápsulas fulminadas para munición de escopeta con la ayuda de la maquinaria que al momento no esta operando y que posee características similares con máquinas que realizan el mismo proceso y que existen en el mercado pero cuyo valor alcanza los 457.443 dólares americanos.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Al importar las cápsulas fulminadas sus costos son excesivamente elevados tal como nos indican los estudios realizados por la F.M.S.B. en donde se muestra que la utilidad del producto terminado es del 13,16% , en cambio si el ensamblaje se lo realizara en la fábrica la utilidad a alcanzarse sería del 28,74%, como se observa en el siguiente cuadro:

Tabla 1.1 Comparación de Costos entre Cartuchos con Cápsula fulminada Importada y los Cartuchos con Cápsula fulminada realizada en F.M.S.B.

	COSTO DEL CARTUCHO CON CÁPSULA FULMINADA IMPORTADA	COSTO DEL CARTUCHO CON CÁPSULA FULMINADA F.M.S.B.
COSTO OPERACIONAL	0,19	0,167
PRECIO DE VENTA	0,215	0,215
UTILIDAD	13,16%	28,74%

Dichas cápsulas fulminadas de munición de caza ascienden a un valor unitario de 0,0654 dólares al ser importadas, pero si consideramos la elaboración de las cápsulas en la F.M.S.B. su valor se reduce a 0,0478 dólares, teniendo un ahorro anual de 140.800 dólares con una producción de 8'000.000 de cartuchos anuales, valores que han sido verificados y proporcionados por la empresa.

Para que el ensamblaje de la munición de caza calibre 16 se realice en forma correcta es necesario que la alimentación de sus componentes sean los más adecuados especialmente de la bobina plástica la cual será proporcionada por I.E.P.E.S.A. a un valor unitario de \$0.005 y el culote metálico que es importado siendo el diseño de estos platos de alimentación fundamental para el adecuado funcionamiento del ensamblaje.

Por lo antes expuesto la Fábrica de Municiones Santa Bárbara a fin de reducir los costos en la fabricación de este tipo de munición, necesita diseñar este plato de alimentación para la bobina plástica y el culote metálico de la munición de caza, además de conocer cual será el costo para fabricarlo siendo el complemento de todo el rediseño de la maquina ensambladora PB 31-10 ya que adquirir la maquinaria que realiza el ensamblaje de la munición y los sistemas anexos que esta necesita tiene un valor aproximado de \$457.443.

Es importante señalar que la cápsula fulminada, constituida por el tubo plástico, la bobina plástica, el culote metálico y el fulminante (Fig.1), es el componente que normalmente se importa y que luego en la F.M.S.B. se completa su proceso de fabricación y posterior comercialización. Por lo que lo óptimo sería obtener la cápsula fulminada en la misma fábrica.

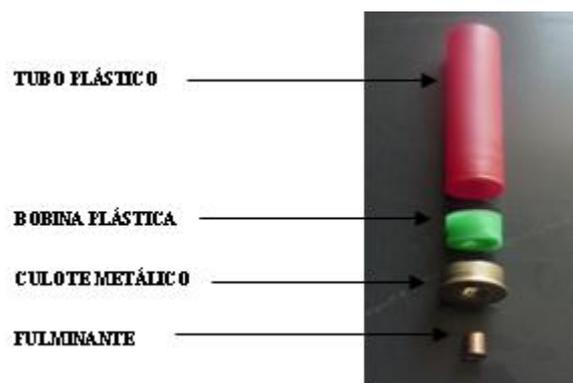


Fig. 1-1 Partes básicas del cartucho de caza

De igual manera es importante considerar el diseño de los mecanismos de ensamblaje y de alimentación más adecuados; tomando en cuenta que la sincronización es de gran importancia para la perfecta exactitud al momento de ensamblar los componentes de la cápsula no fulminada y por consiguiente una mejor disponibilidad y organización del tiempo al momento que la F.M.S.B. decida la construcción.

Por todo esto se puede decir que la ejecución de este proyecto es un prerequisite para la puesta en marcha de la maquina ensambladora de la cápsula de la munición caza calibre 16.

La elaboración de este proyecto requiere de una gran inversión de tiempo, debido al minucioso estudio que se debe tener con cada uno de los elementos, mecanismos y sistemas de control a ser diseñados e implementados en la máquina.

En la actualidad el Ecuador se presenta ante un nuevo desafío, la globalización, ante esta realidad el país se ve obligado a desarrollar tecnología que permita industrializar sus actividades. El desarrollo de este proyecto tiene gran importancia en este sentido ya que sustenta la tecnología en cálculos y teorías lo cual permitirá mejoras posteriores o diseños similares que se realizarán en la Fábrica de Municiones "Santa Bárbara".

Este proyecto nos permitirá contar con todas las herramientas y conocimientos necesarios que establezcan la factibilidad constructiva y económica que garanticen el rediseño de la ensambladora PB 31-10 para ensamblar la cápsula de munición de caza calibre 16.

1.3. OBJETIVO GENERAL

Diseñar los platos de alimentación para la bobina plástica y el culote metálico de la cápsula de munición de caza calibre 16, estudio económico y cual es la viabilidad para su construcción.

1.4. OBJETIVO DEL PROYECTO

- ♦ Evaluar las condiciones de funcionamiento de la Máquina PB 31-10 y geometrías adecuadas para la correcta alimentación de la bobina plástica y el culote metálico.
- ♦ Determinar, estudiar y diseñar los elementos, partes, piezas mecánicas y mecanismos más adecuados que van a ser diseñados e implementados en la Máquina PB 31-10 y permitan desarrollar la correcta alimentación y ensamblaje de la cápsula de la munición de caza calibre 16.

- ♦ Realizar el estudio económico que permita establecer la viabilidad de la posterior construcción de los elementos, mecanismos y sistemas diseñados.

1.5. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto pretende realizar el diseño de los platos de alimentación para la bobina plástica y el culote metálico que permita satisfacer las necesidades del ensamblaje de la munición de caza calibre 16 de una manera adecuada con gran precisión y exactitud; contribuyendo de esta manera al desarrollo tecnológico del país en lo que respecta a la construcción de maquinaria.

Además se elaboran los planos de las partes diseñadas que permite visualizar el montaje de los elementos que constituyen la máquina así como la comprobación del diseño de resistencia de las partes y del movimiento de mecanismo.

CAPITULO II

2. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS

2.1. PARÁMETROS DIMENSIONALES

2.1.1 DESCRIPCIÓN

Los alimentadores para el culote metálico y la bobina plástica son alimentadores por vibración los cuales son de construcción más simple que aquellos alimentadores rotativos los cuales posee la Fábrica de Municiones Santa Bárbara S.A., dando los mismos resultados en el momento de seleccionar estos elementos para el ensamblaje de la munición calibre 16.

El primer parámetro dimensional para los platos de alimentación para el culote metálico y la bobina plástica de la munición calibre 16 es el espacio del cual se dispone ya que estos platos no deben ocupar un espacio mayor a 2.5 m^2 .

Por lo tanto la distribución en planta del galpón donde se encuentra la máquina PB 31 -10 a ser rediseñada y cuyos platos servirán para su alimentación en la Fabrica de municiones Santa S.A. es la que se muestra en la figura 2.1.

Siendo este el espacio aprovechable pues dicha máquina se encuentra anclada al piso siendo obviamente muy difícil de transportarla a otro lugar, además, de que debe existir la posibilidad de reducir al mínimo el recorrido de las materias primas y/o el personal pero tomando en cuenta que exista el espacio suficiente para realizar el trabajo.

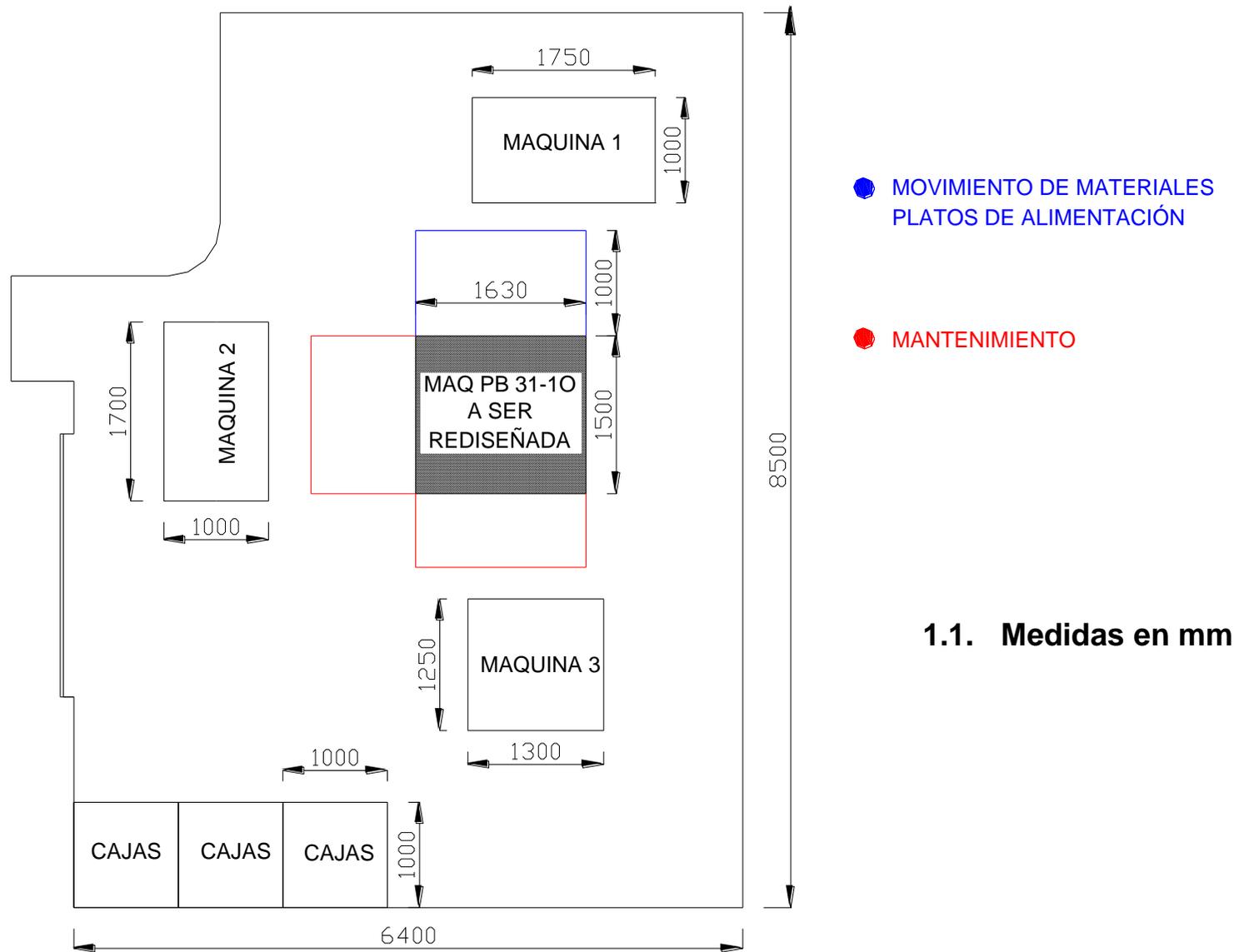


Fig. 2.1 Distribución de Planta

Otro aspecto a considerar son las medidas o las geometrías de la bobina plástica y del culote metálico especialmente su diámetro y altura ya que son fundamentales para el diseño de dichos platos de alimentación, y se muestran a continuación:

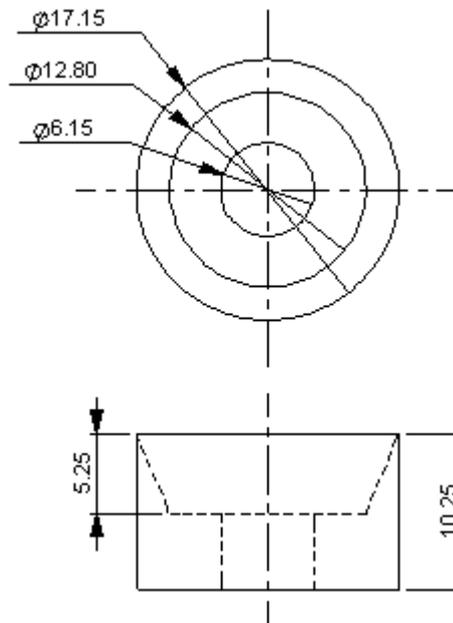


Figura 2.2 Medidas Bobina plástica

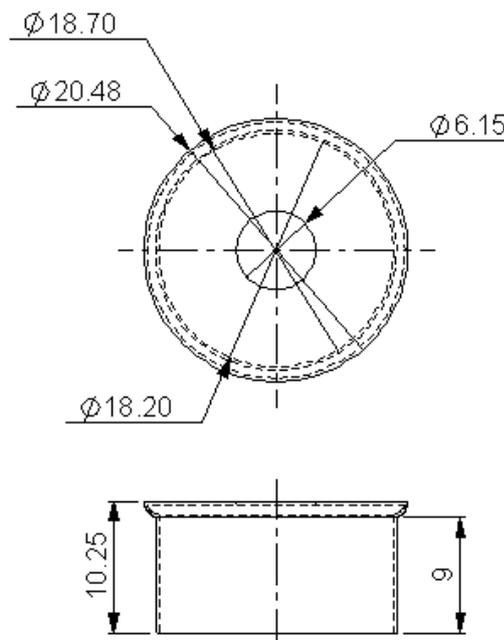


Figura 2.3 Medidas Culote metálico

Además se debe observar cual es el espacio del cual se dispone en la máquina PB 31 – 10 a ser rediseñada, como se muestra en la figura 2.4 ya que la alimentación para el ensamblaje debe realizarse con gran precisión y exactitud.

Siendo la altura a partir del suelo fundamental ya que es donde se colocarán las bobinas plásticas y los culotes metálicos mediante guías de alimentación en alimentadores lineales horizontales ubicados en la parte posterior de la misma y cuya medida es igual a 900 mm.



Figura 2.4 Máquina Pb 31-10

2.2. PARÁMETROS FUNCIONALES

2.2.1. DESCRIPCIÓN

Básicamente consiste en una tolva de alimentación que imprime a las piezas un movimiento continuo de vibración, el cual las obliga a avanzar a lo largo de

unas guías en las que se han dispuesto tabiques selectores. A continuación de estas guías internas vienen las de conducción de las piezas, en las cuales puede tener lugar, si es necesario, un segundo proceso de selección.

El principal parámetro funcional de estos platos de alimentación es el de colocar el culote metálico y la bobina plásticas en la posición correcta o apropiada para el ensamblaje de la munición de caza calibre 16 en la máquina PB 31 – 10 a ser rediseñada.

Al mismo tiempo no permite que cualquiera de estos elementos mal posicionados continúe con su recorrido hacia el ensamblaje devolviéndolo para que logre su adecuada posición.

Cabe aclarar que la posición adecuada para el culote metálico para su posterior ensamble debe ser con el abombado o donde se aloja el fulminante hacia arriba y donde se introduce el cuerpo plástico el momento del ensamble debe estar orientado hacia abajo como se muestra en la figura 2.5.



Figura 2.5 Culote Metálico

Mientras que en el caso de la bobina plástica la parte que debe orientarse hacia arriba es aquella que es maciza o posee mayor cantidad de masa de igual forma donde se aloja el fulminante y su parte cóncava en la cual se colocará a la pólvora tienen que orientarse hacia abajo.



Figura 2.6 Bobina Plástica

Se debe lograr la ubicación correcta tanto del culote metálico como de la bobina plástica siendo un proceso esencial en el ensamblaje pues su inadecuada colocación no permitiría que el ensamblaje se realice de una forma óptima teniendo como consecuencias municiones de mala calidad que posteriormente no permitirán un correcto disparo y podría ser perjudicial tanto para el arma como para la persona que la utiliza, además el proceso debe estar exactamente sincronizado con la alimentación de los demás elementos como es el cuerpo plástico.

2.3. PARÁMETROS DE LA ALIMENTACIÓN

2.3.1. Características de la Munición¹

2.3.1.1. Componentes del cartucho semimetálico

El cartucho se compone de los elementos siguientes: Vaina, Pistón, Pólvora propulsora, Taco, Perdigones, Posta o Bala y Opérculo de cierre.

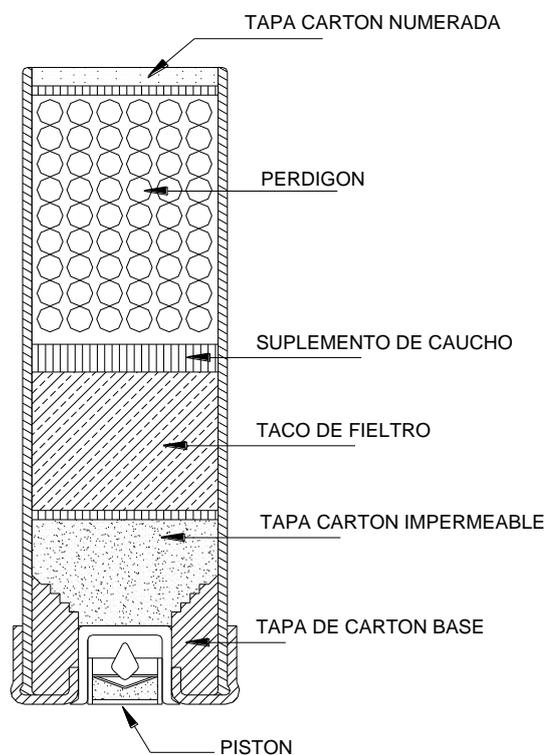


Figura 2.7 Cartucho Semimetálico

2.3.1.1.1. Vaina.-

Es el elemento que aloja y reúne a todos los elementos del cartucho. Es el vaso en el que realiza la combustión de la pólvora, previamente introducido en la recámara del arma; a cuyas paredes se adhiere fuertemente, durante la

¹ LANZA Francisco, *TRATADO DE CARTUCHERÍA*, Editorial Merino AG, Tercera Edición, Madrid 1978.

combustión, sellando el paso de los gases hacia atrás, y dejándose extraer después con toda facilidad.

La vaina se compone de un cuerpo cilíndrico, un culote metálico provisto de alojamiento para el pistón y de pestaña para la extracción, y un tapón discoidal, con agujero central, que hace solidarios al cuerpo y al culote de la vaina y refuerza este último. El cuerpo de la vaina puede ser de cartón, de plástico o metálico.

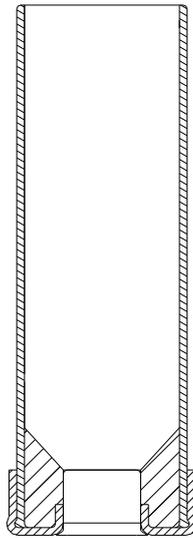


Figura 2.8 Vaina de un Cartucho Semimetálico

2.3.1.1.1.1. Cuerpo de Cartón.-

Lo forma un tubo cilíndrico de papel Kraft especial, arrollado muchas veces sobre sí mismo y previamente untado en cola, para conseguir que sea impermeable. Su acabado tanto de aspecto como de dimensiones ha de ser prácticamente perfecto. En ocasiones el cartón es finalmente plastificado. Ambas operaciones son sumamente importantes impermeabilidad y plastificado ya que impiden que por acción de la humedad el cartón se hinche y se salga de las dimensiones, y que incluso la pólvora se llegue a cargar de humedad.

2.3.1.1.1.2. Cuerpo de Plástico.-

Reúne las tres características tan deseadas para el cuerpo de la vaina: impermeabilidad, plasticidad y una buena presentación. Tan buenas características, tan fácil y económicamente conseguidas, llevan a la construcción en plástico de la totalidad de la vaina, culote incluido, que hasta ahora no ha conseguido cuajar por la dificultad de conseguir las medidas (diámetro, pestaña, alojamiento del pistón) dentro de las estrechas tolerancias que exige una buena obturación. El cuerpo de plástico para vainas se fabrica por extrusión, partiendo de barra o de pastilla, y excepcionalmente por inyección. Cuando la vaina va a llevar cuerpo metálico, no se reduce la fabricación, en acero, latón o aluminio, al cuerpo sólo. Se fabrica la vaina completa (cuerpo y culote) metálica, generalmente por embutición en frío (formación de copa y estirados) y queda, naturalmente exenta de tapón. Pese a sus evidentes ventajas de impermeabilidad, indeformabilidad, posibilidad de un gran número de recargas, entre otras, no se ha popularizado este tipo de vaina porque los inconvenientes de ser más cara, recarga difícil por el complicado plegado de boca y la falta de tacos adecuados, inclinan la balanza a favor de las vainas semimetálicas con cuerpos de cartón o de plástico.

2.3.1.1.1.3. Culote.-

Por lo general metálico, procura el cierre de la vaina por un extremo; lleva el alojamiento para el pistón, y una amplia pestaña que facilita la extracción. Es de acero latonado o de latón, de pequeños espesores, obtenido por técnica de plegado y embutición de chapa fina, y de altura variable. De 8 a 10 milímetros en los cartuchos llamados económicos; de 10 a 16 mm en cartuchos de calidad y 20 ó más en cartuchería magnum de gran potencia. El alojamiento del pistón puede ser del tipo Boxer o del tipo Berdan según la clase de éste. En algunos casos, se niquelan o se utiliza una aleación maillechort, sólo para efectos de presentación.

2.3.1.1.1.4. Tapón o bobina.-

Es el elemento de la vaina que une y mantiene solidarios al cuerpo y al culote y refuerza la resistencia de éste. Se suele fabricar de papel comprimido y de forma tal que su adaptación al culote sea perfecta; la parte anterior, la que va en contacto con la pólvora a menudo presenta formas particulares (plana, cónica, etc.) para favorecer la inflamación de la pólvora. Actualmente se lo fabrica de plástico dando una mayor resistencia al culote y facilitando su producción.

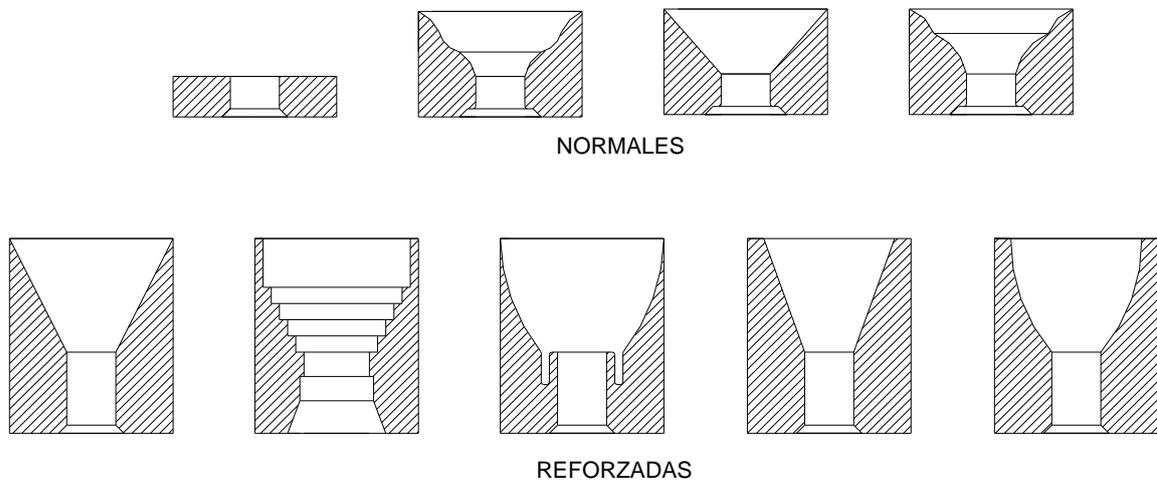


Figura 2.9 Formas de Tapones

2.3.1.1.2. PISTÓN.-

Es la cápsula iniciadora de la cartuchería semimetálica, así por ejemplo, es interesante señalar que son tres los pistones Boxer que se utilizan y que cada uno tiene una aplicación muy concreta.

2.3.1.1.2.1. Pistón Boxer de aparato Abierto.-

El más barato, el más popular y el menos bueno, consta sólo de dos partes. La cápsula cargada con el explosivo iniciador y el yunque que aloja la cápsula y se acopla al culote de la vaina mediante un cuerpo cilíndrico y una pestaña. Al pie

del yunque propiamente dicho van dos o más aberturas para dar paso al fuego de la cápsula.

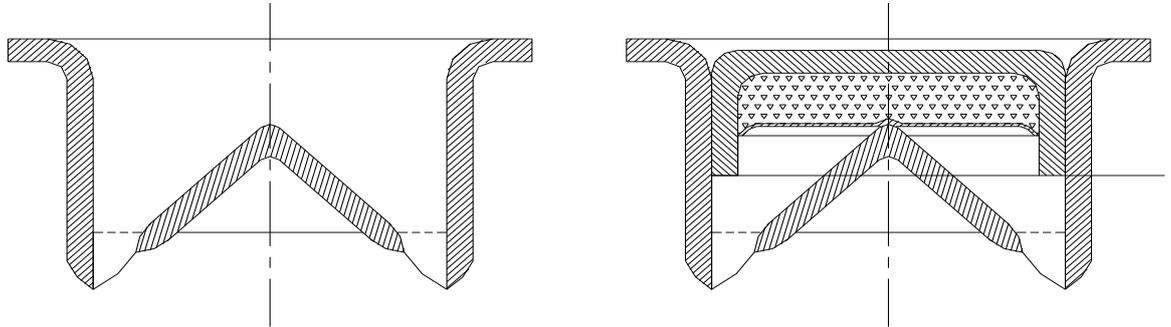


Figura 2.10 Pistón Boxer de aparato abierto

2.3.1.1.2.2. Pistón Boxer de aparato Cerrado.-

El más caro, de gran calidad, excelente resultado y el más apreciado, consta de tres partes. La cápsula, el yunque y una envuelta (a modo de vaina de pestaña tórica) que aloja a ambos elementos y se acopla a la vaina.

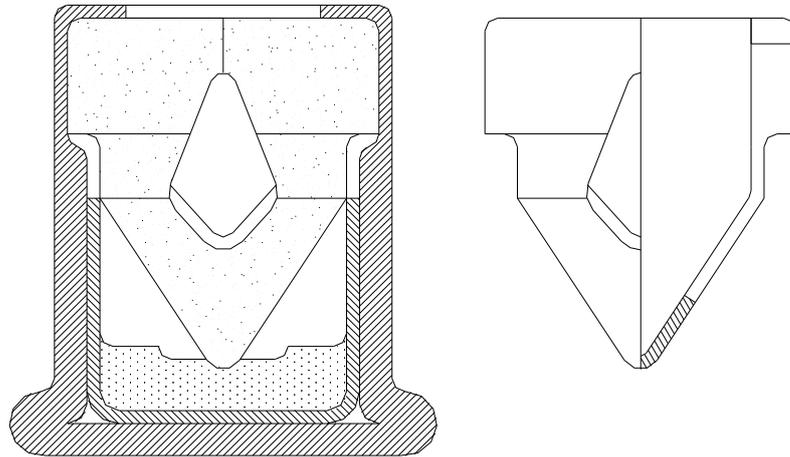


Figura 2.11 Pistón Boxer de aparato cerrado

2.3.1.1.2.3. Pistón Boxer Americano.-

gran competidor del aparato cerrado, casi tan caro como él, de magnífica calidad y estupendos resultados, consta también de tres partes las mismas que las del aparato cerrado, pero la envuelta que aloja a la cápsula y al yunque está abierta por ambos lados.

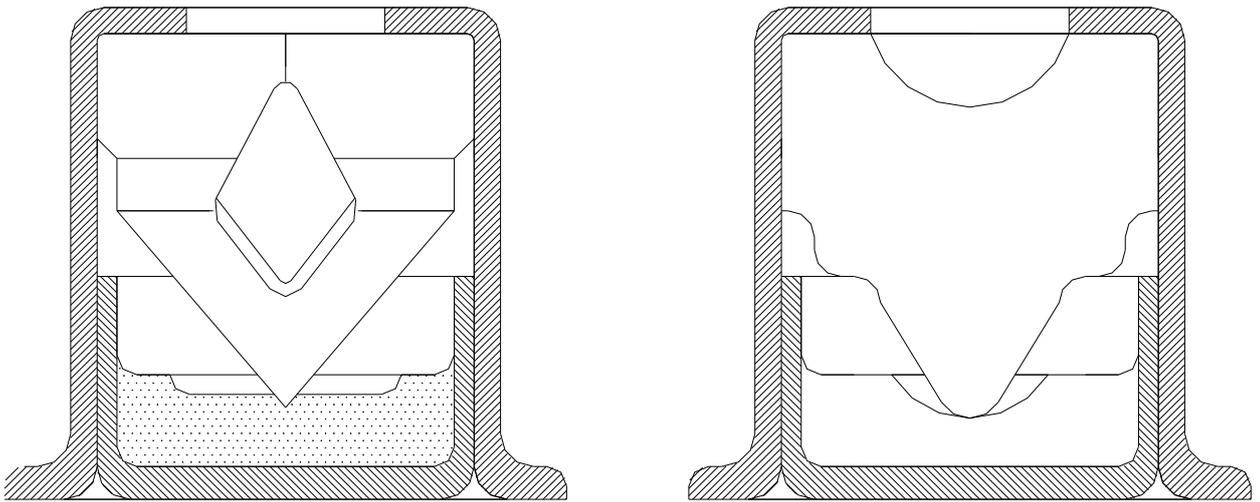


Figura 2.12 Pistón Boxer, americano

Naturalmente también se usa el **pistón Berdan**, que es idéntico a la cápsula Berdan usada en la cartuchería metálica acondicionado para ello (con yunque), requiere una fabricación muy esmerada de ese culote.

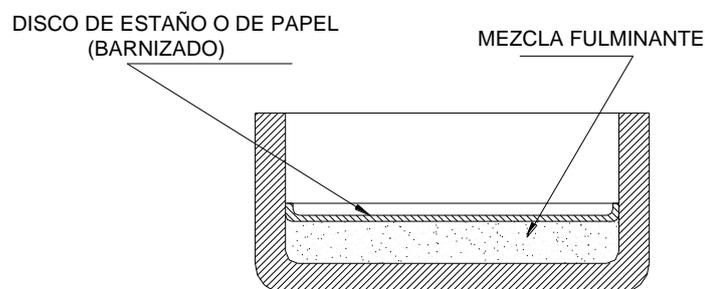


Figura 2.13 Pistón Berdan

2.3.1.1.3. PÓLVORA.-

De la función de la pólvora en un cartucho de cualquier clase, del fenómeno de la combustión, de la forma de los granos, del desarrollo de los gases, de la composición química, de los detalles de la carga y de los cálculos balísticos que pueden hacerse con las pólvoras solo vamos a añadir algún matiz que es peculiar solamente para la cartuchería semimetálica. Así por ejemplo, es forzoso hablar de la pólvora negra, porque este tipo de pólvora se usa aún, además, del uso masivo de la pólvora sin humo en sus dos versiones, de una base (nitrocelulosa) y de doble base (nitroglicerina y nitrocelulosa).

La pólvora negra fue la primera que se utilizó en las armas de fuego y su composición actual no varía mucho de la que se tecnicó hace algunos años. Su uso está prácticamente desterrado en la cartuchería de caza moderna, pero no faltan viejos amantes de la caza o del tiro a la antigua. Existen tres tipos de pólvora negra de acuerdo a su tamaño de grano, la ordinaria o estándar, fina o fuerte y extrafina o especial. La más viva se emplea preferentemente en los pequeños calibres que, al ser usados en las distancias más cortas, precisan mayor precisión para los perdigones.

La pólvora negra sin embargo contienen gran cantidad de humedad y hay que conservarla en un lugar fresco y muy seco, produce mucho humo y ocasiona suciedad y residuos abundantes en los tubos cañón difíciles de limpiar.

La pólvora sin humo masivamente empleada en la cartuchería semimetálica es la de una base o de nitrocelulosa mientras que la pólvora de doble base se usa poco en la cartuchería de caza, cabe indicar que usualmente se las denomina "duras" por lo que deben ir cebados con pistones sensibles y de gran potencia, para reducir al máximo el retardo del encendido. Conviene decir que las pólvoras deben someterse periódicamente a una serie de pruebas que nos informan sobre su estado de uso, ya que una pólvora químicamente hablando es un sistema que entra en descomposición desde el mismo momento en que finaliza su formación.

2.3.1.1.4. TACOS.-

La aparente y única misión del taco en un cartucho de perdigones, parece ser la de separar los perdigones de la pólvora y mantener sobre ésta un discreto atraque. Sin embargo, si pensamos en el rendimiento práctico que cabe esperar del conjunto arma-cartucho, el taco cobra una importancia casi equiparable a la de los tres elementos fundamentales del cartucho, es decir la vaina la pólvora y los perdigones. Porque el taco tiene misiones múltiples aparte de las secundarias mencionadas que influyen decisivamente en el rendimiento; misiones tales como amortiguar la transmisión de la potencia de la combustión de la pólvora a los perdigones, lograr una obturación perfecta a lo largo del ánima, cerrando el paso a los gases; elasticidad suficiente para adaptarse a las variaciones de diámetros en la recámara, ánima y choke, y lubricar toda la zona de su recorrido hasta la boca del arma para evitar emplomados y suciedades.

Las características exigibles a un taco, si ha de cumplir las misiones que de él se esperan, son en primer lugar, un buen material y una forma adecuada; su diámetro exterior debe ser ligeramente superior al de la vaina y su cuerpo perfectamente cilíndrico; su peso ha de ser pequeñísimo, y por último, su forma y dimensiones han de ser fácilmente normalizada, entre estrechas tolerancias, para que su fabricación sea regular y homogénea.

2.3.1.1.5. CIERRE.-

Durante muchos años se redujo a un simple opérculo de cartón, corcho, celuloide o plástico, tiene considerable intervención en la buena marcha y distribución de los perdigones. Este debe ser delgado, fácilmente desintegrable, capaz de mantener compacto el conjunto antes del disparo y resistente a los golpes, caídas, roturas, etc.

La tendencia actual trata de sustituir el opérculo de cierre por un plegado en el extremo de la vaina algo así como un cierre de estrella hacia adentro que

proporciona regularidad a la munición y su efecto es beneficioso a costa de muy escasa energía pérdida.

2.3.1.1.6. LOS PERDIGONES.-

La carga de perdigones o postas, o la bala con que puede ir armados los cartuchos semimetálicos de escopeta, es el elemento que va a decir la última palabra a al hora de obtener rendimientos. El material utilizado para la fabricación de perdigones, postas o balas desde el principio fue siempre el plomo, metal de tan alto peso específico que consigue un gran peso en un volumen relativamente pequeño, sin que en esto sea superado por ningún otro. Los perdigones deben cumplir con ciertas características de suma importancia para una mayor eficiencia en el disparo como son: Homogeneidad, Densidad regular, Dureza, Tamaño igual dentro de estrechas tolerancias, esfericidad y un buen binomio carga de pólvora - carga de perdigones. Cuando los perdigones esféricos alcanzan diámetros superiores a 5 mm llegando hasta 8.5 mm reciben el nombre de postas.

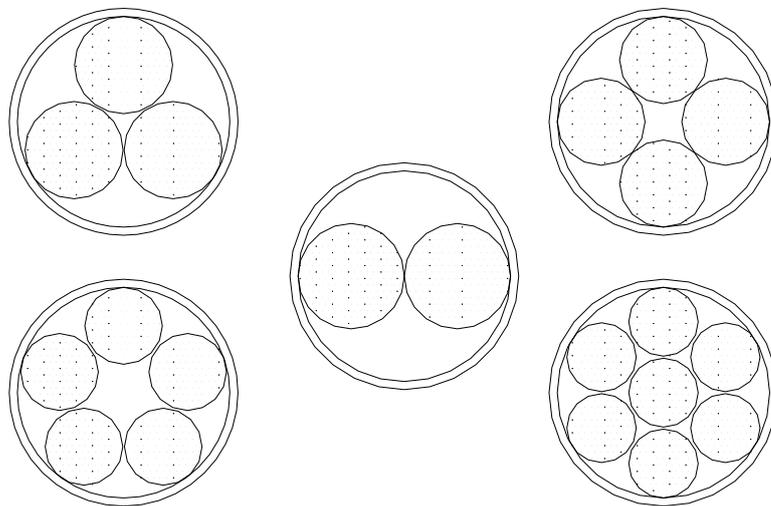


Figura 2.14 Disposición de las postas en los Cartuchos

2.3.2. Proceso y Parámetros de la alimentación

El proceso de la alimentación para la máquina PB 31 – 10 a ser rediseñada se debe realizar de forma ordenada ya que el ensamblaje de la munición requiere que cada uno de los elementos estén perfectamente posicionados logrando así que el proceso de ensamblaje sea de forma continua y que no existan errores teniendo que alimentar al cuerpo plástico, la bobina plástica y al culote metálico en ese orden en particular; teniendo el cuerpo plástico otro tipo de alimentación que son mediante mecanismos de sujeción mientras que el culote metálico y la bobina plástica requieren de platos o tolvas de alimentación vibratorios y en la cual se centra todo el estudio para el correcto diseño de dichos platos o tolvas siendo la finalidad de esta tesis.

El proceso a seguir es el siguiente:

Primer paso.- este primer paso lo realiza el operario de forma manual ya que debe colocar varios culotes metálicos dentro del plato de alimentación, observando una cantidad adecuada para que estos tengan la libertad de colocarse correctamente y moverse por los caminos o guías de la tolva o plato vibratorio de alimentación, encontrándose estos culotes en sus respectivos lugares de almacenamiento; de igual manera procederá con la colocación manual para la bobina plástica.

Segundo paso.- se debe encender la tolva o plato vibratorio de alimentación el cual trabaja con corriente alterna de 220 V para que los culotes metálicos que se encuentran allí se coloquen en la posición adecuada y comiencen su ascenso, para lograr este objetivo se colocará dos electroimanes ya que no son elementos de gran peso por lo que solo requieren de esta cantidad de electroimanes, este paso se repite para el plato de alimentación de la bobina plástica.

Tercer paso.- nivelar el plato de alimentación ya que de esto depende su correcto funcionamiento pues si no se encuentra firme y con una adecuada nivelación con respecto al suelo no producirá las vibraciones adecuadas para

alimentar el culote metálico y la bobina plástica adecuadamente por lo que se necesitará una mesa que pueda ser regulable tanto en su altura como en su nivelación con respecto al suelo.

Cuarto paso.- colocados de la manera adecuada gracias a los tabiques selectores deben entrar al proceso de ensamblaje en caso contrario mediante estos mismos tabiques de selección los culotes metálicos vuelven a caer nuevamente a la tolva de alimentación y mediante la vibración del mismo ponerlo en forma apropiada; ocurriendo lo mismo cuando se trate de la bobina plástica.

Quinto paso.- los elementos descienden por guías hasta llegar a los alimentadores lineales horizontales para su correspondiente ensamblaje.

2.4. PARÁMETROS OPERACIONALES

El fundamento operacional de las tolvas o platos de alimentación para el culote metálico y la bobina plástica es el campo magnético que generan electroimanes produciendo vibración, los cuales, son imanes obtenidos en base a una corriente eléctrica, un conductor y un trozo de hierro y deben ser colocados de manera adecuada para generar dicho campo.

Si introduces un trozo de hierro (un clavo, por ejemplo) en una bobina por la cual circula una corriente eléctrica, el campo magnético producido por la corriente induce a alinearse a los dominios magnéticos del hierro. Esto incrementa la intensidad del campo magnético producido por la corriente eléctrica, y tenemos así lo que llamamos un electroimán.

La acción atractiva del electroimán termina en cuanto se interrumpe la corriente eléctrica.

En forma específica un electroimán es un dispositivo formado por un núcleo de hierro dulce, en el que se ha arrollado, en forma de bobina, un hilo conductor recubierto de un material aislante tal como seda o barniz.

Este dispositivo se comporta como un imán mientras se hace circular una corriente por la bobina, cesando el magnetismo al cesar la corriente.

Los electroimanes se suelen construir con diversas formas, dependiendo de la aplicación a que estén destinados. Una forma muy común es la de núcleo en herradura, ya que así disminuyendo la distancia entre los polos se aumenta extraordinariamente la intensidad del campo magnético que producen.

2.4.1. APLICACIONES DE LOS ELECTROIMÁNES

Entre las aplicaciones de los electroimanes se pueden citar:

- a. **Trenes de levitación magnética.** Estos trenes no se mueven en contacto con los rieles, sino que van “flotando” a unos centímetros sobre ellos debido a una fuerza de repulsión electromagnética. Esta fuerza es producida por la corriente eléctrica que circula por unos electroimanes ubicados en la vía de un tren, y es capaz de soportar el peso del tren completo y elevarlo.
- b. **Timbres.** Al pulsar el interruptor de un timbre, una corriente eléctrica circula por un electroimán creado por un campo magnético que atrae a un pequeño martillo golpea una campanilla interrumpiendo el circuito, lo que hace que el campo magnético desaparezca y la barra vuelva a su posición. Este proceso se repite rápidamente y se produce el sonido característico del timbre.
- c. **Motor eléctrico.** Un motor eléctrico sirve para transformar electricidad en movimiento. Consta de dos partes básicas: un rotor y un estator. El rotor es la parte móvil y esta formado por varias bobinas. El estator es un imán fijo entre cuyos polos se ubica la bobina. Su funcionamiento se basa en que al pasar la corriente por las bobinas, ubicadas entre los polos del imán, se produce un movimiento de giro que se mantiene constante, mediante un conmutador, generándose una corriente alterna.

d. **Transformador.** Es un dispositivo que permite aumentar o disminuir el voltaje de una corriente alterna. Esta formado por dos bobinas enrolladas en torno a un núcleo o marco de hierro. Por la bobina llamada primario circula la corriente cuyo voltaje se desea transformar, produciendo un campo magnético variable en el núcleo del hierro. Esto induce una corriente alterna en la otra bobina, llamada secundario, desde donde la corriente sale transformada. Si el numero de espiras del primario es menor que el del secundario, el voltaje de la corriente aumenta, mientras que, si es superior, el voltaje disminuye.

CAPITULO III

3. DISEÑO

3.1. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS

3.1.1. DESCRIPCIÓN

Las tolvas o platos alimentadores por vibración (figura 3.1) se componen básicamente de un recipiente (1) cuyo fondo es una membrana vibratoria (2).

Esta membrana hace contacto exterior con el núcleo de un electroimán (3) recorrido por una corriente alterna o pulsatoria.

En las paredes internas del recipiente están dispuestas las guía (4) por donde van las piezas o elementos, además de los tabiques selectores que van clasificando las piezas a medida que estas avanzan.

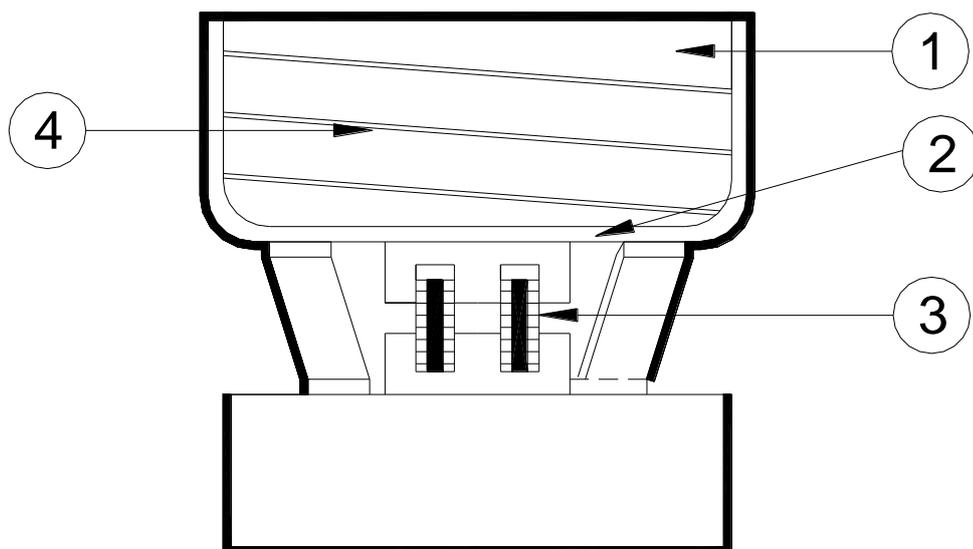


Figura 3.1 Esquema de una tolva alimentadora por vibración

A continuación se detalla el diseño de cada uno de los elementos mecánicos.

3.1.2. RECIPIENTE O PLATO

La función principal de este recipiente es el de contener a los elementos por lo que para el diseño de este recipiente se considerará el volumen que ocupa tanto la Bobina Plástica como el Culote Metálico ya que con el espacio disponible alrededor de la máquina PB 31 – 10 que se analizó en el capítulo anterior es muy importante conocer las medidas principales por lo que dichas medidas se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.1 Medidas principales de la Bobina plástica y el Culote metálico.

ELEMENTO	Diámetro (mm)	Altura (mm)	VOLUMEN (mm³)
Culote Metálico	20.48	10.25	3376.55
Bobina Plástica	17.15	10.25	2367.78

Analizando el volumen de la bobina plástica y del culote metálico se concluye que son similares por ser elementos de poco tamaño por lo que este recipiente o plato tendrá las mismas características geométricas para ambos elementos en los cuales se podrá depositar alrededor de 500 elementos en su interior.

Otra consideración de gran importancia es el peso de cada elemento tanto de la bobina plástica como del culote metálico ya que es un factor fundamental para obtener posteriormente cuales son los esfuerzos que se producirán en los elementos mecánicos que conforman la tolva de alimentación vibratoria. El peso de los elementos se presenta en la tabla 3.2:

Tabla 3.2 Peso de la Bobina plástica y el Culote metálico.

ELEMENTO	Peso (gr)
Culote Metálico	1.65
Bobina Plástica	1.345

Cada elemento presenta un peso relativamente bajo pero que en el momento que se encuentren acumulados en el interior del recipiente producirán a los demás elementos mecánicos que conforman esta tolva de alimentación una carga significativa.

Dada la naturaleza del material del cual se realizará este recipiente (Chapa Metálica de Acero A36 y espesor 2.5 mm), los esfuerzos a considerarse son nulos por lo que no se tendrá tampoco una deflexión ya que las características o propiedades mecánicas del material escogido resistirán sin ningún problema reduciéndose este diseño a un diseño netamente geométrico.

Además se considerará que ni la bobina plástica ni el culote metálico sufrirán ningún tipo de deformación a causa de las vibraciones que esta tolva de alimentación produce ya que lo único que ocurrirá es el desplazamiento de las mismas para su posterior ensamblaje.

El plano de construcción donde se muestran detalladamente las medidas, tolerancias y acabado superficial del recipiente o plato que contendrá a la bobina plástica y al culote metálico se encuentra en el Anexo D Código PV D-04.

3.1.3. GUÍAS INTERIORES

Estas guías interiores que se encontrarán en el contorno interior del recipiente o plato servirán para que las piezas o elementos se desplacen desde el fondo del recipiente hacia la parte superior del mismo con el fin de ser seleccionadas durante la trayectoria hacia la máquina PB 31 – 10.

Por tal razón el ángulo de inclinación que deberán poseer estas guías es de suma importancia ya que debe ser el ángulo indicado para que los elementos como la bobina plástica y el culote metálico puedan avanzar sin ningún problema con el movimiento de vibración.

A continuación se detalla el análisis de este ángulo y cual es la fuerza de vibración con la cual estos elementos se desplazarán por las guías mediante la utilización del programa Working Model 2D².

El primer paso que se seguirá es dibujar a los elementos que conforman nuestro sistema a analizar en el programa Autocad³ como son la bobina plástica, el culote metálico y el recipiente que los contiene como se muestra en la figura 3.2.

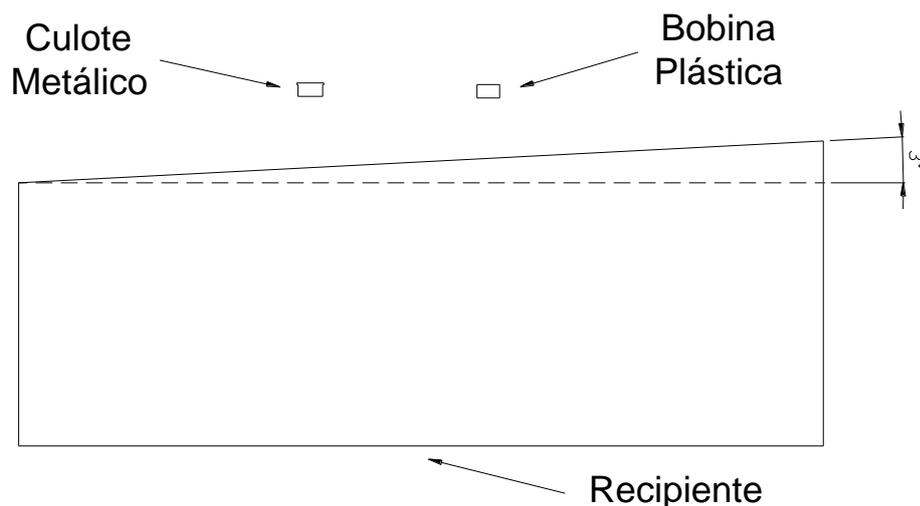


Figura 3.2 Sistema Recipiente - Elementos

² Simulación en WM2D de "Teoría de Máquinas y Mecanismos asistida por computador", 2004.

³ Software dirigido al dibujo asistido por computadora.

A continuación se importará estos elementos del programa Autocad al programa Working Model 2D.

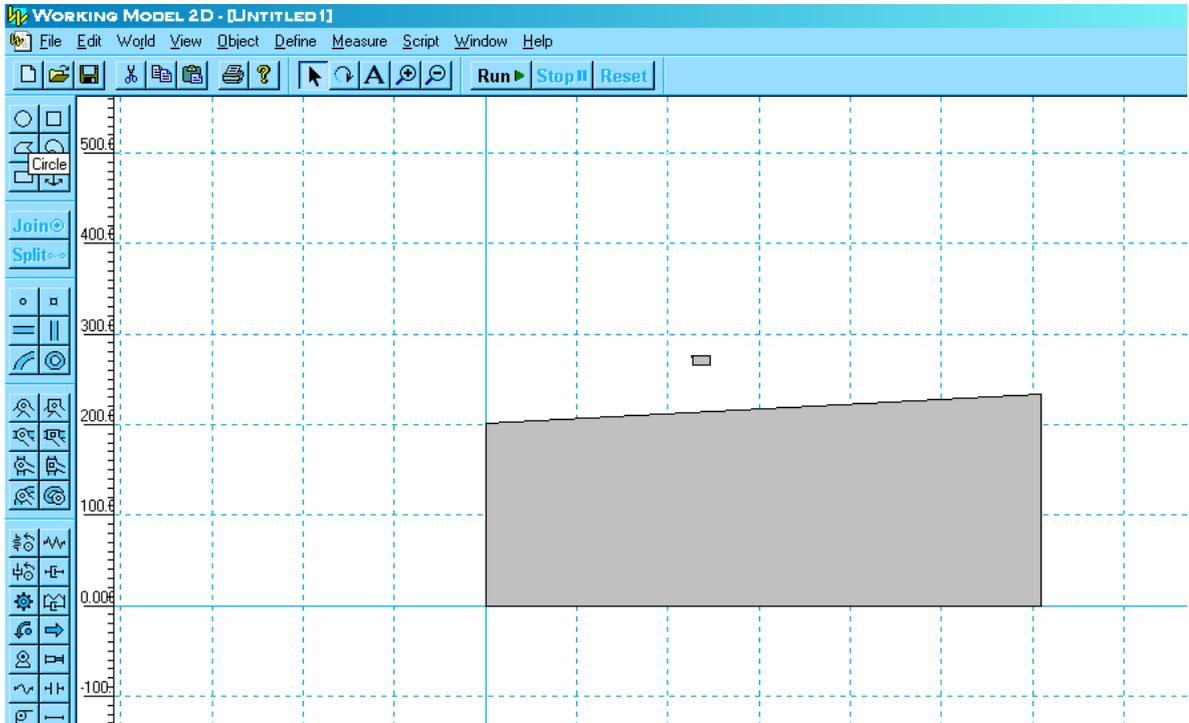


Figura 3.3 Importación de los Elementos

Una vez los elementos importados, se tomará en consideración solamente uno de los elementos para el análisis ya que su peso al ser muy pequeño se asume como si fuera el mismo por lo tanto al demostrar que uno de los elementos cumple con la condición de avanzar por la guía del recipiente el otro elemento también avanzará sin ningún inconveniente.

Luego se deberá completar el sistema mediante las herramientas que posee el Working Model 2D el cual es un sistema masa – resorte con un solo grado de libertad (ver Anexo B –parte 1), tratando de simularlo lo más aproximado al diseño requerido.

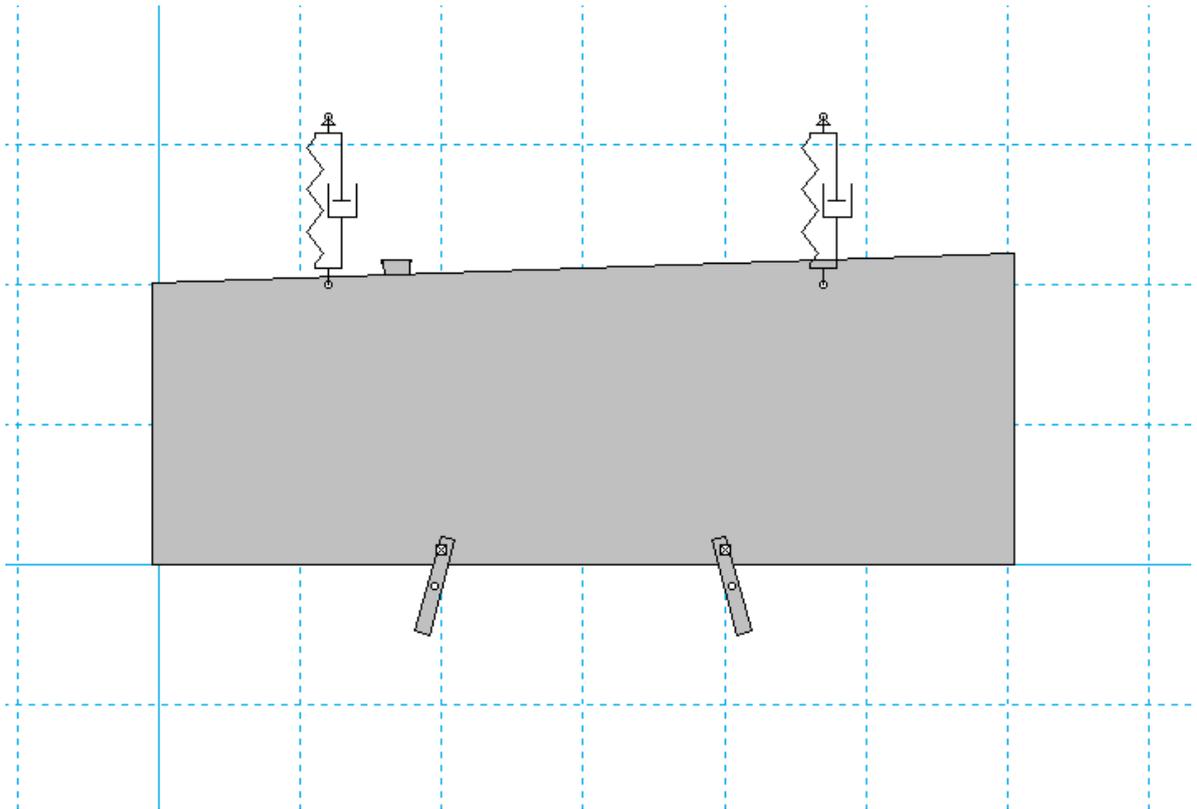


Figura 3.4 Sistema Masa – Resorte de un solo grado de libertad

El siguiente paso es colocar las condiciones iniciales a los elementos que conforman el sistema las cuales son:

- ◆ **Masa del recipiente⁴:** 90 Kg
- ◆ **Masa del Culote Metálico:** 0.02 Kg
- ◆ **Coeficiente de fricción⁵:** 0.1
- ◆ **Coeficiente de elasticidad para los resortes:** 1500 N/m
- ◆ **Fuerzas producida por la Vibración:** $F = F_0 \sin (w*t)^6$

⁴ Ver Memoria de Cálculo realizada en el programa Mathcad

⁵ Tomado de *Máquinas Prontuario*, Larburu Nicolás, Editorial Paraninfo, 10 Edición, Madrid

⁶ Ver Anexo B – parte 1 Ec. (7)

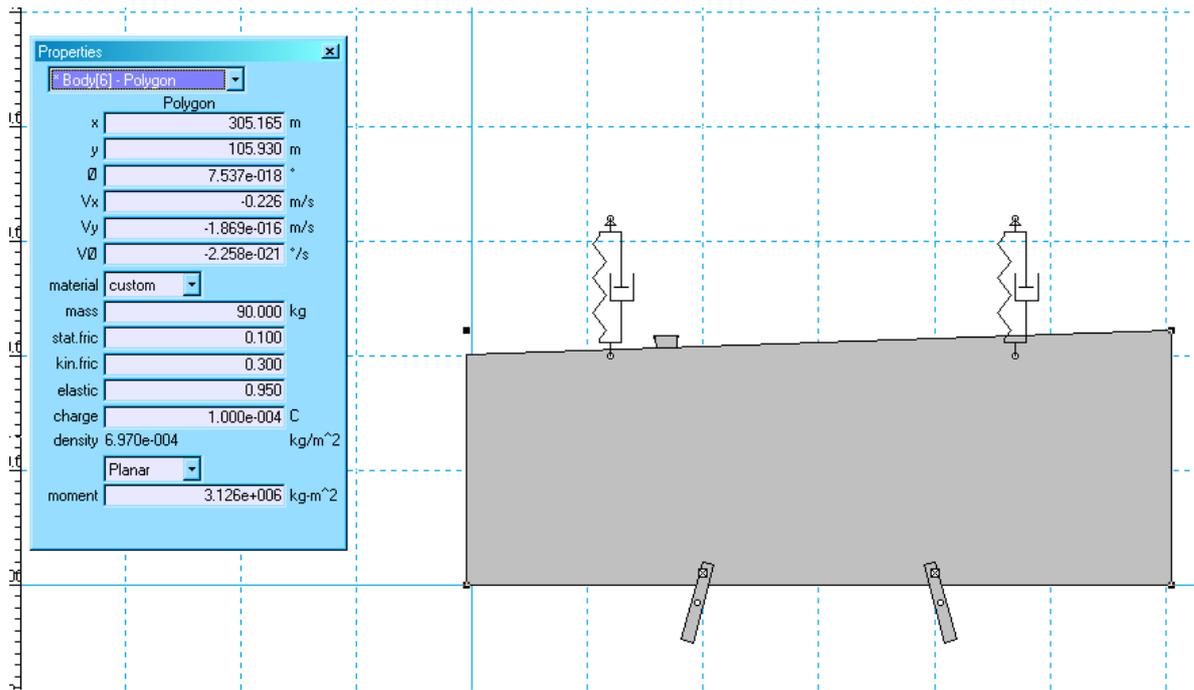


Figura 3.5 Condiciones Iniciales para la simulación

Con las condiciones iniciales del sistema se tratará de obtener cual es la fuerza más óptima para que el elemento Culote Metálico ascienda por la rampa la cual representa a la guía por lo que se probará con una fuerza F_0 de 1500 N y variando la frecuencia circular como muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.3 Frecuencias circulares posibles

Frecuencia Circular W	$F = F_0 \sin(W*t)$
1	No asciende
9	Asciende
12	Asciende
39	Asciende con brinco
90	Asciende

Como se muestra en la tabla anterior existen varias alternativas con las cuales el culote metálico puede ascender pero se escogió la que producía menos brincos en la trayectoria además la que lograba que dichos elementos ascendieran de manera más rápida.

La escogida fue: $F = 1500 \sin(9^\circ t)$ la cual producirá la vibración más adecuada.

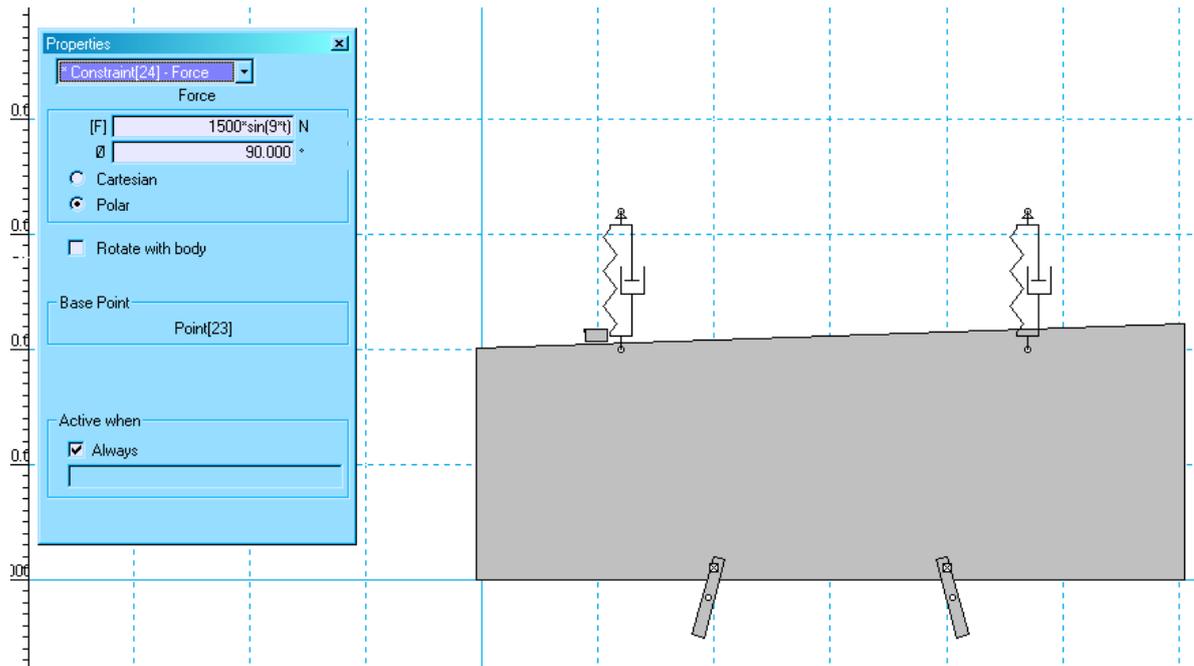


Figura 3.6 Fuerza más óptima para la simulación

Finalmente observamos como mediante esta fuerza de vibración los culotes ascienden sin ningún problema a través de la representación de las guías con una inclinación de 3° por lo que se tendrá tres niveles de espirales en el recipiente.

Además se muestra una gráfica de Fuerza vs Tiempo la cual nos indica la forma del movimiento periódico de las oscilaciones siendo una forma de entender mejor las vibraciones⁷.

⁷ Ver Anexo B – parte 1 “Cinemática de las Vibraciones”

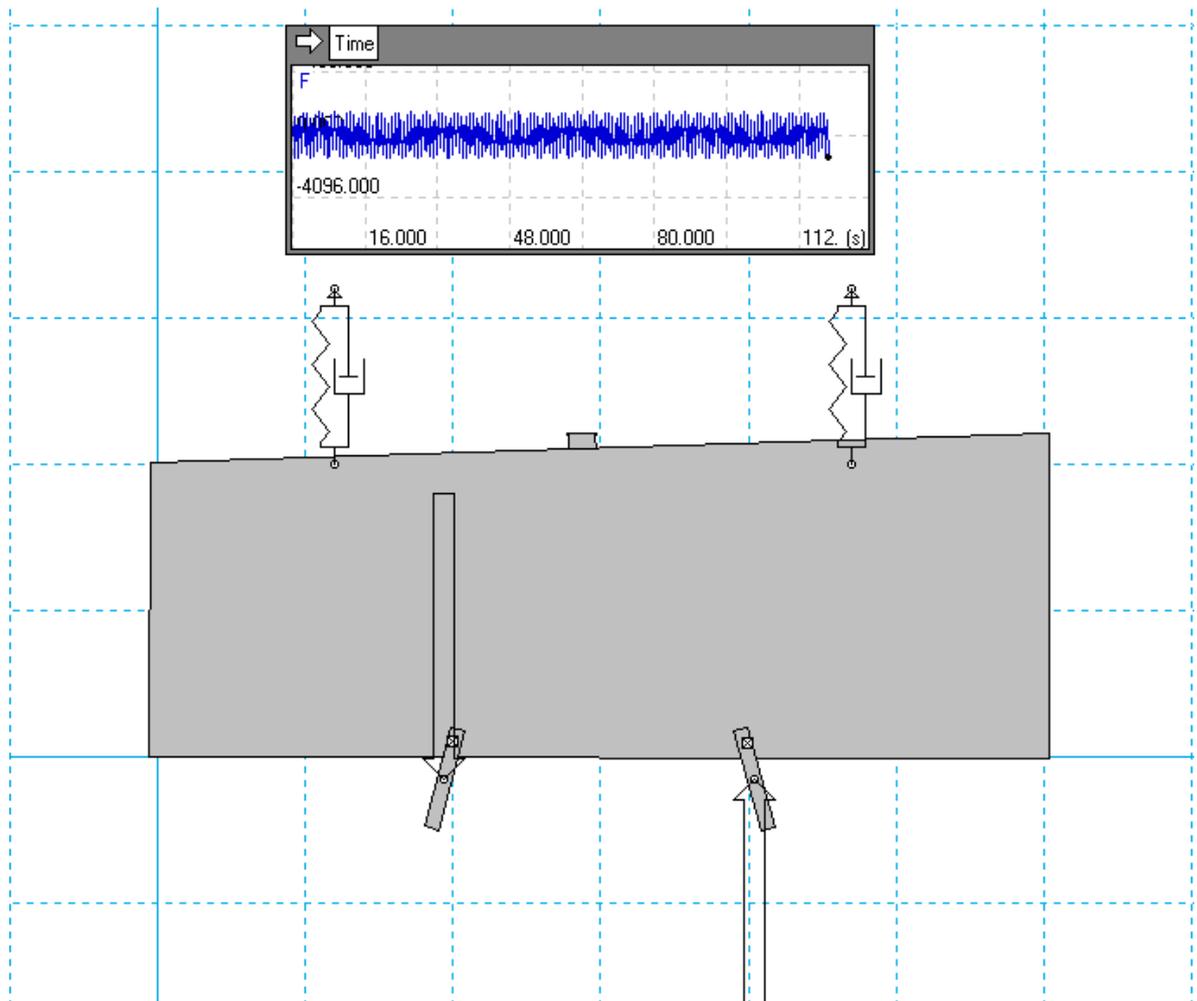


Figura 3.7 Simulación del avance del Culote metálico

De igual forma el material seleccionado a emplearse para el diseño de estas guías (Chapa metálica de Acero A36 de espesor 2.5 mm) tiene características mecánicas que soportarán sin ningún inconveniente a las bobinas plásticas o a los culotes metálicos ya que sólo necesitarán desplazarse sobre ellas.

El plano de las guías interiores por donde se desplazarán la bobina plástica y el culote metálico será el mismo y se encuentra en el Anexo D Código PV D-03.

3.1.1. MEMBRANA

La membrana se la realizará en hierro fundido debido a que posee una menor densidad por consiguiente un menor peso y de igual forma es un material que tiene un muy buen comportamiento al estar en contacto con vibraciones.

Por otro lado cabe recalcar que los materiales frágiles como lo es el hierro fundido tienden a fallar cuando se encuentran sometidos a esfuerzos de tracción el cual no es el caso para nuestro diseño.

Se analizará a la membrana o base de hierro fundido mediante tres métodos para ver los efectos que se producen los cuales son: Análisis como viga de corta longitud, Análisis como viga de larga longitud y Análisis de Rigidez.

El diagrama de cuerpo libre de la membrana que se encuentra por debajo del recipiente se muestra en la figura 3.8.

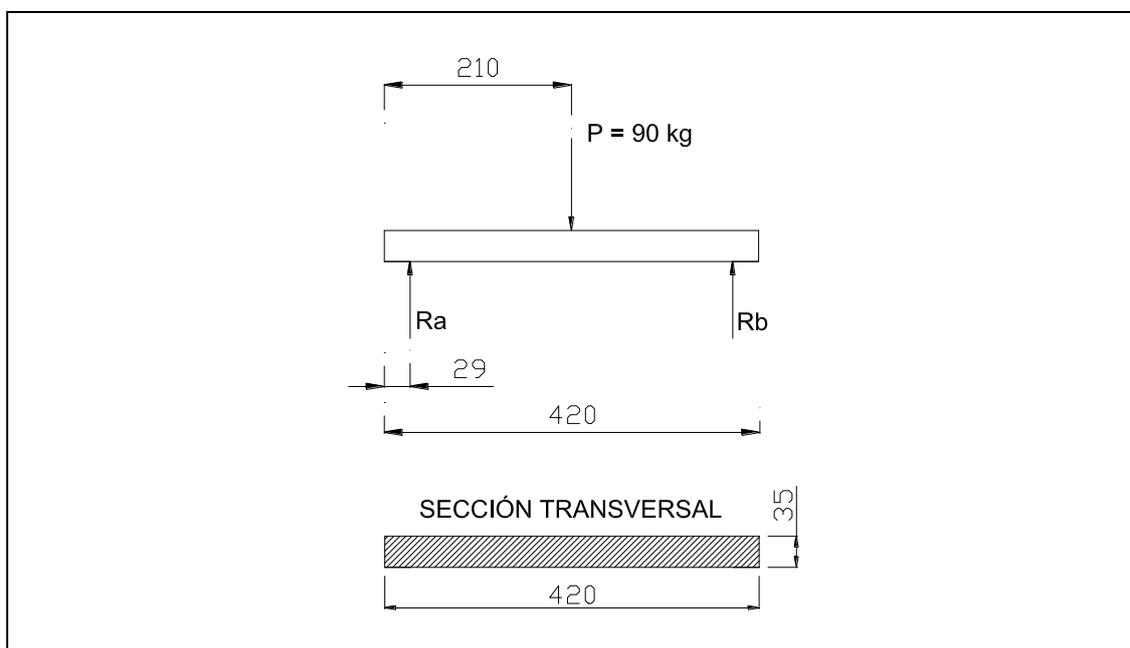


Figura 3.8 Diagrama de cuerpo libre de la membrana considerada como viga

La distancia entre el punto de aplicación de la fuerza P y los apoyos R_a y R_b mostrada en la figura 3.8 corresponde a la posición donde se colocarán las placas sujetadas con sus respectivos pernos.

A partir del diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 3.7 se plantean las siguientes ecuaciones de equilibrio estático para definir las reacciones R_a y R_b en los apoyos.

$$\begin{aligned}
 + \nearrow \sum F &= 0 \\
 R_a + R_b - P &= 0 \\
 R_a &= P - R_b
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

$$\begin{aligned}
 \circlearrowleft \sum M_o &= 0 \\
 P \cdot (181\text{mm}) - R_b(362\text{mm}) &= 0 \\
 R_b &= \frac{P \cdot (181\text{mm})}{(362\text{mm})} \\
 R_b &= \frac{P}{2}
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Remplazando la ecuación 3.1 en la 3.2 se tiene:

$$R_a = R_b = \frac{P}{2} = 45\text{Kg} = 441\text{N}$$

Definido el diagrama de cuerpo libre de la viga se obtienen los siguientes diagramas de fuerza cortante y momento flector del eje.

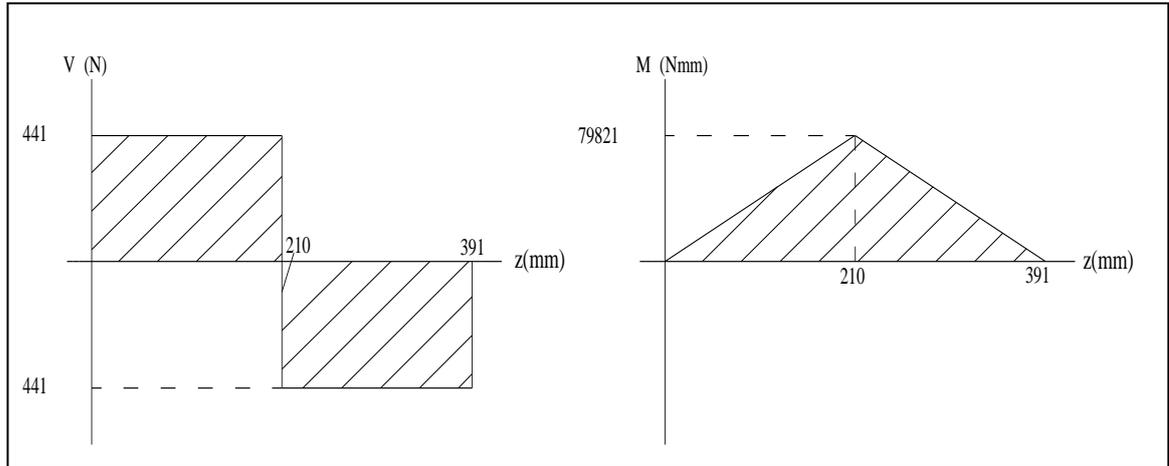


Figura 3.9 Diagramas de fuerza cortante y momento flector

Análisis como viga de corta longitud.- El análisis consiste en analizar la incidencia de la fuerza cortante máxima que soporta la membrana en su sección. Del diagrama de fuerza cortante V mostrado en la figura 3.9 se tiene que la fuerza cortante máxima es $V = 441N$, así, el esfuerzo cortante máximo τ_{\max} en la sección rectangular de la viga se calcula aplicando la ecuación 3.3.

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V}{A} \quad (3.3)$$

Remplazando se tiene:

$$\tau_{\max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{441N}{(420 \cdot 35)mm} = 0.045N$$

Como se puede observar los esfuerzos que se producen debido a la fuerza cortante en la membrana o base de hierro fundido son sumamente bajos por lo que no existirán problemas en el momento de su posterior construcción.

Análisis como vigas de larga longitud-. El análisis consiste suponer que la longitud de la viga es tal que se provoca flexión. El diagrama de momento flector M de la figura 3.8 muestra que el momento máximo se da en la mitad del eje con un valor de $M = 79821Nmm$.

Aplicando este momento el esfuerzo de flexión se define partir de la ecuación 3.4 para la fibra más externa del eje se tiene.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I} \quad (3.4)$$

Donde, la distancia desde el centroide de la sección a la fibra más externa

$y = \frac{b}{2}$ y la inercia es $I = \frac{1}{12} \cdot a \cdot b^3$. El esfuerzo de flexión es:

$$\sigma = \frac{79821 \cdot \frac{35}{2}}{\frac{1}{12} \cdot 420 \cdot 35^3} = 0.931Nmm$$

De igual manera al observar el esfuerzo que se produce en la membrana a causa del momento flector máximo se concluye que es sumamente bajo lo que no producirá fallas en nuestro elemento.

Rigidez-. El análisis por rigidez de la membrana se basa en definir las medidas de su sección transversal que permita obtener una deformación unitaria $\frac{\delta}{L}$ considerada como una rigidez requerida para un diseño óptimo como se muestra en el anexo A , este análisis es importante para establecer un rango que permita verificar que nuestro diseño se lo realizará de forma adecuada.

Para este análisis se aplica la ecuación de deflexión para una viga simplemente apoyada como la mostrada en la tabla A3 del anexo A que se reproduce a continuación.

$$\delta = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (3.5)$$

Despejando de la ecuación 3.5 se tiene que:

$$\delta/l = \frac{F \cdot l^2}{48 \cdot E \cdot I}$$

Reemplazando la fuerza $F = 441N$ ($99lb$) con, la longitud entre apoyos de la viga $l = 362mm$ ($14.25pulg$), el módulo de elasticidad del material (hierro fundido) $E = 25 \times 10^6 psi$ y las medidas de la sección $a = 420mm$ ($16.53pulg$) y $b = 35mm$ ($1.38pulg$) se obtiene:

$$\frac{\delta}{l} = \frac{2036.32lb \cdot (3.15pulg)^2}{48 \cdot 30 \times 10^6 \frac{lb}{pulg^2} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 16.53 \cdot 1.38^3 \right)} = 0.000004 pulg/pulg$$

Según este análisis por rigidez se obtuvo una deformación unitaria recomendada en el rango para partes de máquinas con alta precisión lo que nos permite observar que existirá un mínimo de deformación la cual no afectará a la membrana dando seguridad a nuestro diseño.

El plano de la membrana será el mismo para ambos platos vibratorios y se encuentra en el Anexo D Código PV D-04.

3.1.4. PLACAS

Estos elementos que realizan la función de resortes mecánicos para poder proporcionar el movimiento para el recipiente y este a su vez a los elementos que son el culote metálico y la bobina plástica se encuentran sometidos a esfuerzos variables o fluctuantes debido a que las cargas que actúan sobre estos del tipo alternante produciendo esfuerzos máximos y mínimos y teniendo como consecuencia una falla por fatiga si se los diseña de forma no adecuada. (ver Anexo A)

A continuación se analizarán a estos elementos detalladamente sabiendo de antemano que se encuentran sometidos a fatiga.

Primero se definirá que cantidad de la fuerza de vibración se transmitirá a las placas o resortes mediante la utilización de la trasmisibilidad (ver Anexo B – parte 1) para ello se calculará la frecuencia natural W_n del sistema en estudio mediante la ecuación 8 del anexo B.

$$W_n = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad (3.6)$$

Reemplazando la ecuación 3.6 obtenemos:

$$W_n = \sqrt{\frac{1500N/m}{90kg}} = 4.082 \frac{rad}{s}$$

A continuación se muestran diagramas de cuerpo libre de del recipiente y de las placas para que se pueda visualizar de que forma están actuando las cargas sobre los mismos.

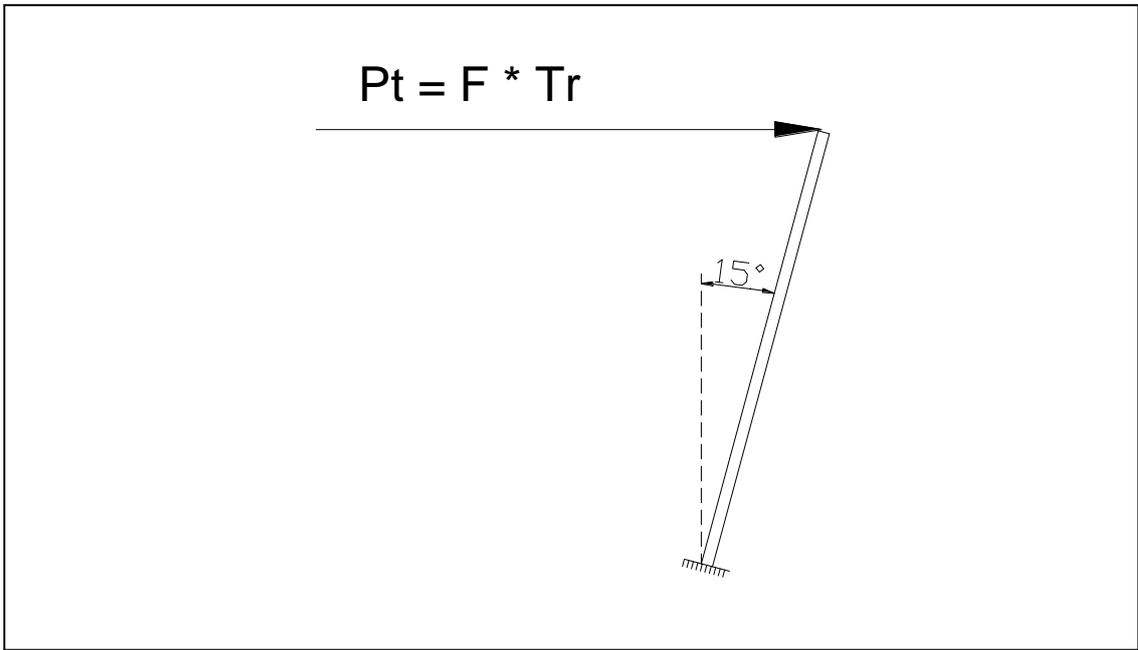


Figura 3.10 Diagrama de cuerpo libre del recipiente

Por lo tanto el diagrama de cuerpo libre de la placa es:

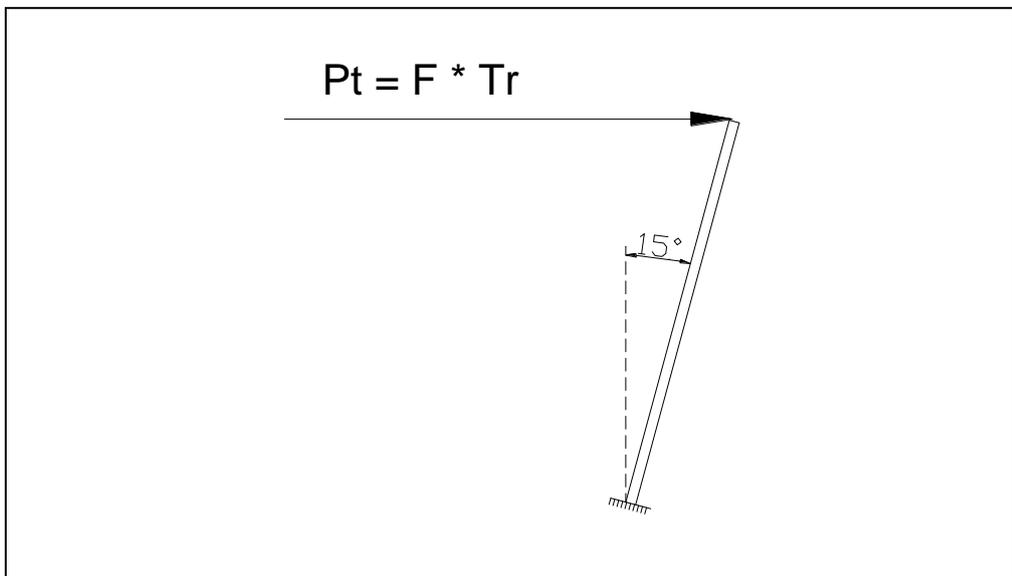


Figura 3.11 Fuerza transmitida a la placa

Se calculará esta fuerza mediante la trasmisibilidad mencionada anteriormente mediante la ecuación 15 del Anexo B.

$$Tr = \frac{1}{1 - \left(\frac{W}{Wn}\right)^2} \quad (3.7)$$

Reemplazando la ecuación 3.7 con la frecuencia circular W obtenida en la simulación del sistema masa – resorte y la frecuencia natural Wn el resultado será:

$$Tr = \frac{1}{1 - \left(\frac{9rad/s}{4.082rad/s}\right)^2} = -0.259$$

Obtenida la transmisibilidad se procederá a calcular la Fuerza Pt transmitida a los elementos mediante la ecuación 3.8 mostrada a continuación:

$$Pt = F \cdot Tr \quad (3.8)$$

donde P es la fuerza obtenida en la simulación en el programa Working Model siendo esta una fuerza variable y nos queda:

$$Pt = 1500sen(9 * t) \cdot (-0.259)N \quad (3.9)$$

la variable t puede tomar infinito número de valores, pero se requiere los valores en los cuales la fuerza es máxima y en la cual está se vuelve mínima.

Para ello se derivará y se igualará a cero con el fin de cumplir estas condiciones, así tendremos:

$$Pt' = (-0.259) \cdot 1500t \cos(9 * t)N \quad (3.10)$$

$$0 = (-0.259) \cdot 1500t \cos(9 * t)N$$

Despejando:

$$0 = \cos(9 * t)$$

$$\cos^{-1}(0) = 9 * t$$

$$t = \frac{\cos^{-1}(0)}{9} = 0.1745s$$

Siendo este valor de tiempo en el cual la fuerza tiene su mayor magnitud y el valor negativo del mismo el efecto contrario la fuerza tiene su menor magnitud, por lo tanto la fuerza Pt reemplazando en la ecuación 3.9 nos queda:

$$Pt = 1500\text{sen}(9 * \pm 0.1745) \cdot (-0.259)N$$

$$Pt_{\text{maxima}} = 388.5N$$

$$Pt_{\text{mínima}} = -388.5N$$

Obtenida la fuerza transmitida a los miembros se analizará cuales son los esfuerzos que se producen en el mismo para ello realizaremos el diagrama de cuerpo libre de la placa y su sección transversal:

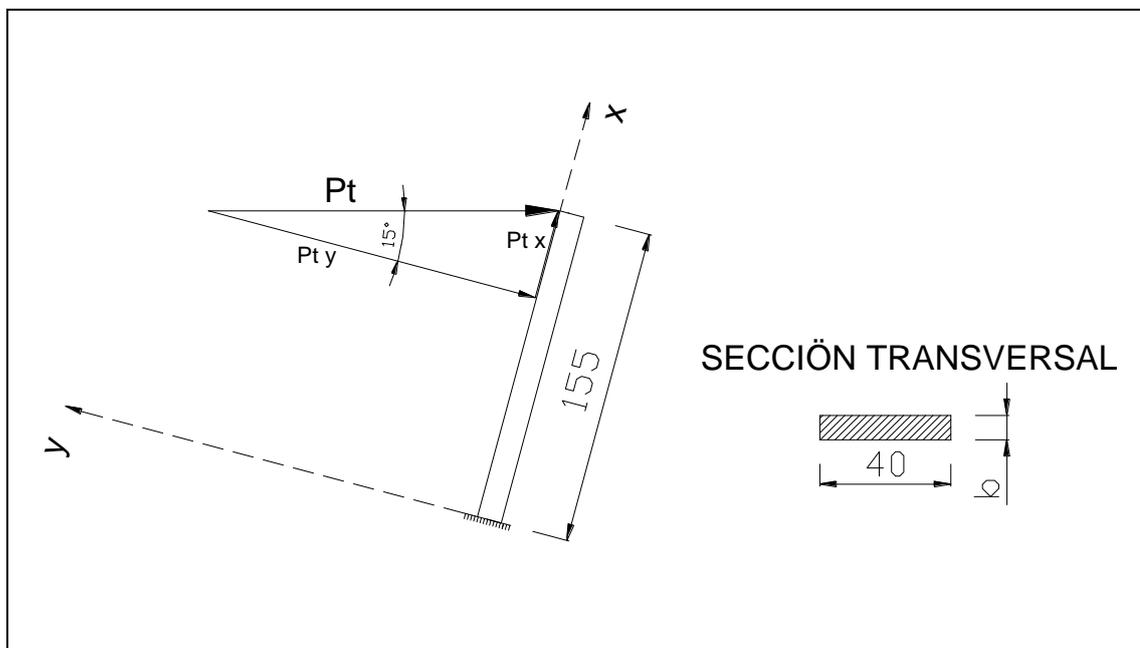


Figura 3.12 Diagrama de cuerpo libre de la placa y sección transversal

A partir del diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura 3.10 se plantean las siguientes ecuaciones de equilibrio estático para definir las reacciones P_{tx} y P_{ty} y en el empotramiento.

$$\begin{aligned}
 + \nearrow \sum F_x &= 0 \\
 P_t \cdot \text{sen}(15^\circ) - P_{tx} &= 0 \\
 P_{tx} &= \pm 388.5N \cdot \text{sen}(15^\circ)
 \end{aligned}$$

$$P_{tx_m\acute{a}ximo} = +100.55N$$

$$P_{tx_m\acute{i}nimo} = -100.55N$$

$$\begin{aligned}
 + \nearrow \sum F_y &= 0 \\
 P_t \cdot \text{cos}(15^\circ) - P_{ty} &= 0 \\
 P_{ty} &= \pm 388.5N \cdot \text{cos}(15^\circ)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \curvearrowright \sum M_o &= 0 \\
 P_{ty} \cdot (155\text{mm}) - M_z &= 0 \\
 M_z &= [\pm 388.5N \cdot \text{cos}(15^\circ)] \cdot (155\text{mm})
 \end{aligned}$$

$$M_z_m\acute{a}ximo = +58165.64N \cdot \text{mm}$$

$$M_z_m\acute{i}nimo = -58165.64N \cdot \text{mm}$$

Ya obtenidas las reacciones se obtendrán los esfuerzos que estos producen en la placa como se muestra a continuación, para nuestro análisis se considerará la fibra externa.

Se realizarán estos cálculos para definir cual es el espesor b de las placas más adecuado para que no se produzcan fallas debido a la fatiga.

Esfuerzo Cortante

Como se analiza la fibra superior más externa el área efectiva $Q = 0$ por lo tanto el esfuerzo cortante es igual a cero.

$$\tau_{yx} = \frac{VQ}{Ib} = 0 \frac{N}{mm^2} \quad (3.11)$$

Esfuerzo Axial

El esfuerzo axial producido por la fuerza P_x se calcula mediante la ecuación (3.12) el cual se produce en la cara transversal de la placa y al igual que existen fuerzas variables existirán esfuerzos variables uno máximo y uno mínimo.

$$\sigma_x = \frac{P_x}{A} \quad (3.12)$$

$$\sigma_x = \frac{\pm 100.5N}{40mm \cdot b}$$

$$\sigma_{x_m\acute{a}ximo} = \frac{+2.513}{b} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.13)$$

$$\sigma_{x_m\acute{i}nimo} = \frac{-2.513}{b} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.14)$$

Esfuerzo Flector

Este esfuerzo producido por el momento flector al cual está sometido se calculará mediante la ecuación 3.15 produciendo de igual manera esfuerzos variables dentro del elemento.

$$\sigma_x = \frac{My}{I} \quad (3.15)$$

donde y es la distancia del centro de gravedad de la sección transversal de la placa hacia la fibra que se quiere analizar en este caso la fibra superior externa y cuya inercia I se encuentra definida por la ecuación $I = \frac{1}{12} \cdot a \cdot b^3$ y donde a y b son las dimensiones geométricas de la sección transversal de la placa.

Reemplazando la ecuación 3.15 tendremos:

$$\sigma_x = \frac{\pm 58165.64 N \cdot mm \left(\frac{b}{2} \right)}{\frac{1}{12} \cdot 40 \cdot (b^3) mm^4}$$

$$\sigma_x = \frac{\pm 29082.82(b)}{3.33(b^3)}$$

$$\sigma_{x_m\acute{a}ximo} = \frac{8724.85}{(b^2)} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.17)$$

$$\sigma_{x_m\acute{i}nimo} = \frac{8724.85}{(b^2)} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.18)$$

Una vez encontrados los esfuerzos producidos en el elemento se deben hallar los esfuerzos principales que en este caso serán la suma del esfuerzo axial y del esfuerzo flector ya que tienen la dirección del eje X.

Esfuerzos Principales

Para encontrar el esfuerzo principal máximo se sumarán las ecuaciones 3.15 y 3.17, mientras que para encontrar el esfuerzo principal mínimo se lo realizará entre las ecuaciones 3.16 y 3.18 como se muestra a continuación.

$$\sigma_{\max} = \frac{2.513}{b} + \frac{8724.85}{(b^2)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{2.513b + 8724.85}{b^2} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.19)$$

$$\sigma_{\min} = -\frac{2.513}{b} + \left(-\frac{8724.85}{b^2} \right)$$

$$\sigma_{\min} = \frac{-2.513b - 8724.85}{b^2} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.20)$$

Encontrados los esfuerzos principales máximo y mínimo se procederá a encontrar tanto el esfuerzo alternante σ_a como el esfuerzo medio σ_m que nos indica la teoría de falla por fatiga (ver Anexo A).

Esfuerzo alternante

Este esfuerzo se calculará mediante la ecuación 18 del Anexo A y se muestra a continuación:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad (3.21)$$

Reemplazando las ecuaciones 3.19 y 3.20 en la ecuación 3.21 tenemos:

$$\sigma_a = \frac{\left(\frac{2.513b + 8724.85}{b^2} \right) - \left(\frac{-2.513b - 8724.85}{b^2} \right)}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{5.026 \cdot b + 17449.7}{2 \cdot b^2} \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.22)$$

Esfuerzo medio

Este esfuerzo se calculará mediante la ecuación 19 del Anexo A y se muestra a continuación:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad (3.23)$$

Reemplazando las ecuaciones 3.19 y 3.20 en la ecuación 3.21 tenemos:

$$\sigma_m = \frac{\left(\frac{2.513b + 8724.85}{b^2} \right) + \left(\frac{-2.513b - 8724.85}{b^2} \right)}{2}$$
$$\sigma_m = 0 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \quad (3.24)$$

A continuación se utilizará el criterio de Soderberg⁸ para la fatiga (ver Anexo A) con el cual se establecerá cual es el espesor adecuado para nuestras placas mediante la ecuación 20 del anexo A.

$$Kf \frac{\sigma_a}{Se} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{F.S} \quad (3.25)$$

Para ello se calculará primero Se mediante la ecuación 2 del Anexo A que se muestra a continuación:

$$Se = C_{carga} \cdot C_{tamaño} \cdot C_{superficie} \cdot C_{temperatura} \cdot C_{confiabilidad} \cdot Se' \quad (3.26)$$

es necesario previamente conocer las características mecánicas que posee el material con el que se va a construir dichos elementos, y estos se muestran en la siguiente tabla:

⁸ *Diseño en Ingeniería Mecánica*, Shigley, 1990, Sexta Ed, Editorial McGraw Hill, México.

⁹ Todos los parámetros de esta ecuación se definen en el Anexo A – Resistencia a la Fatiga

Tabla 3.4 Propiedades del material

Designación	Resistencia última a la tracción S_{ut} (MPa)	Resistencia a la cedencia S_y (MPa)
ASTM A-36	400	200

Entonces Se' esta dado por la ecuación 1 del anexo A la cual es:

$$Se' \cong 0.5S_{ut} \quad (3.27)$$

reemplazando los valores de la tabla 3.4 en la ecuación 3.27 obtenemos:

$$Se' \cong 0.5 \cdot 400 \text{ Mpa}$$

$$Se' \cong 200 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Luego reemplazaremos este valor en la ecuación 3.26 con los factores de corrección¹⁰ correspondientes así tenemos:

$$Se = (1) \cdot (0.9) \cdot (1) \cdot (0.897) \cdot (1) \cdot 200 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

$$Se = 161.75 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Ahora se calculará Kf que se encuentra definido por la ecuación 21 del anexo A y se muestra a continuación:

$$Kf = 1 + q \cdot (Kt - 1) \quad (3.28)$$

¹⁰ Factores de corrección detallan en el anexo A y como se obtuvieron Memoria de cálculo.

donde q se calcula mediante la ecuación 22 del anexo A y Kt^{11} mediante la figura A7 del anexo A y se muestran a continuación:

$$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{r}}} \quad (3.29)$$

donde a es el factor de Neuber¹² para aceros tomado de la tabla A2 del Anexo A y r es el radio de la muesca así tenemos:

$$q = \frac{1}{1 + \frac{0.118 pu \lg^{0.5}}{\sqrt{\left(\frac{20mm}{25.4}\right) pu \lg}}}$$

$$q = 0.88$$

Mientras que la gráfica para Kt muestra un valor de:

$$Kt = 1.3$$

Reemplazando estos valores en la ecuación 3.28 nos da como resultado:

$$Kf = 1 + 0.88 \cdot (1.3 - 1)$$

$$Kf = 1.264$$

Finalmente resolvemos la ecuación 3.25 reemplazando la ecuación 3.22 y 3.24 en ella, además de S_y tomado de la tabla 3.4 y sus demás términos.

¹¹ Tomado de *Diseño en Ingeniería Mecánica*, Joseph Shigley, 1998, Sexta Edición, Editorial McGraw Hill, México

¹² Tomado de *Diseño de Máquinas*, Robert Norton, 1999, Editorial Prentice Hall

Asumimos un factor de seguridad $F.S.$ con un valor de 2 recomendado para máquinas en las cuales se puede determinar las cargas, los esfuerzos y el material es conocido.

Así obtenemos:

$$1.264 \cdot \frac{5.026 \cdot b + 17449.7}{161.75 \cdot 2 \cdot b^2} + \frac{0}{200} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{6.353 \cdot b + 22056.4}{161.75 \cdot (2b^2)} = \frac{1}{2}$$

$$6.353 \cdot b + 22056.4 = 161.75 \cdot b^2$$

$$161.75 \cdot b^2 - 6.353 \cdot b - 22056.4 = 0 \quad (3.30)$$

Resolviendo la ecuación 3.30 obtendremos el espesor más óptimo para la placa sometida a fatiga, así el resultado será:

$$b = 11.69 \text{ mm}$$

$$b = -11.65$$

Se obtuvo un espesor $b = 11.69 \text{ mm}$ para una sola placa pero para un método constructivo que ofrezca facilidades se colocará cuatro placas de acero ASTM A – 36 cuyas medidas serán 40 x 4 mm.

El plano de las de las placas para la tolva o plato de alimentación vibratorios se encuentran detallados en el Anexo D Código PV D-09, D-10, D-11 y en el plano de conjunto código PV D-12.

3.1.5. PERNOS

En el diseño de los platos o tolvas de alimentación vibratorios existirán uniones permanentes mediante pernos las cuales una vez que ya se encuentren armadas mediante todos sus elementos se preferirá no desensamblarlas ya que son los sujetadores principales de dicha máquina.

En el caso que se necesite desensamblarlas se calculará la fuerza de apriete para conexiones reutilizables recomienda para los pernos en contacto con las placas según la ecuación 33 del anexo A como se indica:

$$F_i = 0.75 \cdot F_p \quad (3.31)$$

donde F_p se define como:

$$F_p = A_t \cdot S_p \quad (3.32)$$

los valores A_t y S_p serán tomados del Anexo A de las tablas A4 y A5 respectivamente. Reemplazando la ecuación 3.7 tenemos:

$$F_p = 58\text{mm}^2 \cdot 828.55\text{N} / \text{mm}^2$$

$$F_p = 48055.9\text{N}$$

concluyendo la fuerza de apriete es igual a:

$$F_i = 0.75 \cdot 48055.9\text{N}$$

$$F_i = 36041.93\text{N}$$

Los pernos tienen gran funcionalidad dentro del diseño de los platos vibratorios por lo que se han escogido cuidadosamente para asegurar la integridad de las uniones.

Además como se pudo apreciar anteriormente en una parte de este capítulo las cargas a los que están sometidos estos elementos no provocarán en los mismos grandes esfuerzos aclarando que todos los pernos escogidos tienen una gran resistencia (ver anexo A tabla A11).

Todos los pernos que se emplearán en los platos vibratorios se describen en el Anexo D Código PV D-16.

3.1.6. BASES PARA LOS NÚCLEOS Y BOBINAS

El diseño de las bases donde se apoyarán los núcleos de igual manera será únicamente geométrico ya que no se encuentra sometido a ningún tipo de esfuerzo.

Más bien estas bases tendrán la utilidad de soportar a los núcleos y deberán tener una geometría que permitirá regular la distancia entre las bobinas eléctricas y dichos núcleos para que se genere adecuadamente la fuerza electromagnética y como consecuencia la vibración.

El material del que se realizará estas bases es de hierro fundido ya que es la forma más fácil y adecuada para conseguir las medidas requeridas y su complicada geometría.

El plano de las de las bases para soportar a los núcleos se encuentra en el Anexo D Código PV D-06.

3.1.7. BASE DE APOYO PARA EL MECANISMO

La base en la cual estará apoyado toda la máquina de alimentación vibratoria debe poseer una gran cantidad de masa para mantener el equilibrio estático para soportar a todos los elementos pero no sufrirá grandes esfuerzos ya que los elementos que los soportarán serán las placas y pernos que ya se analizó anteriormente los cuales se introducirán en la base por tal razón su diseño también es geométrico.

Se la realizará en hierro fundido debido a que no soporta cargas significativas ya que el material presenta características mecánicas que resistirán sin ningún problema.

El plano de las de las bases se encuentra en el Anexo D Código PV D-05.

3.2. MECANISMOS PARA LA ALIMENTACIÓN

3.2.1. BOBINAS Y NÚCLEOS

El mecanismo a emplearse para producir el movimiento de vibración es a través de bobinas selenoides y núcleos que generan un campo electromagnético que se describe en el Anexo B para lo cual se deberá escoger cuales son las características de dicha bobina para que se logre producir una fuerza de 1500 Newton las cuales se muestran a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 3.5 Características de las bobinas selenoides

DETALLE	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
VOLTIOS	220 V
AMPERIOS	0.8 – 1 A
HERCIOS	0 - 60 Hertz

Su manufactura no es complicada se la realiza de excelente forma en Ecuador específicamente en Quito en la industria SERTEC la cual proporcionó el costo el cual se detalla en el anexo C.

Mientras que los núcleos se los realizarán mediante placas de hierro silícico apilándolas una tras de otra para que se genere correctamente el campo electromagnético y cuyo espesor será de 1mm cada placa y su descripción total se muestra detalladamente en el Anexo D código PV D – 07.

Además cabe acotar que la distancia entre las bobinas selenoides y núcleos electromagnéticos debe tener un máximo de 5 mm ya que las líneas de fuerza que se producen entre estos elementos pueden no producirse correctamente si tienen una mayor separación.

3.2.2. GUÍAS DE DESCENSO DE LOS ELEMENTOS

Antes de entrar a las guías de descenso tanto los culotes metálicos como las bobinas plásticas deben previamente pasar un sistema de control el cual se detallará en el siguiente sub-capítulo.

Dichas guías permitirán deslizarse y descender a los culotes metálicos y las bobinas plásticas hacia la máquina PB 31 – 10 específicamente hacia los alimentadores lineales los cuales funcionan mediante un sistema neumático y de allí hacia el posterior proceso de ensamblaje.

El culote y la bobina plástica caerán sin ningún inconveniente por la guía gracias a la fuerza de gravedad y el ángulo de inclinación que posee el cual es igual a 45°.

El plano de las de las guías de descenso tanto para el culote metálico como para la bobina plástica se encuentran detallados en el Anexo D Código PV D - 17.

3.3. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control para el culote metálico y la bobina plástica se los realizará mediante el empleo de selectores de posición o tabiques selectores los cuales son mecanismos sencillos y de fácil construcción pero de gran eficiencia en el momento de elegir el sentido correcto de las piezas para que sean posteriormente ensambladas. A continuación se detallan estos sistemas:

3.3.1. SISTEMA DE CONTROL PARA EL ELEMENTO CULOTE METÁLICO

Para realizar este sistema de alimentación es preciso tener en cuenta, fundamentalmente, las características de la pieza a alimentar, cuyas medidas se detalló anteriormente y también se resaltan en los planos en la parte de los anexos.

Estas piezas a alimentar se colocarán al azar en el recipiente formando un montón y poco a poco se desplazarán por las guías (4) dispuestas las paredes internas del recipiente, donde el mecanismo selector ocupa una posición intermedia entre el sistema alimentador y la máquina PB 31 -10 donde son conducidas.

Está selección se efectúa concretamente durante el tránsito de las piezas hacia la máquina mediante un tabique selector (1) y un deflector (2) que debe alinear las piezas o culotes metálicos (3) como se muestra en la figura 3.13.

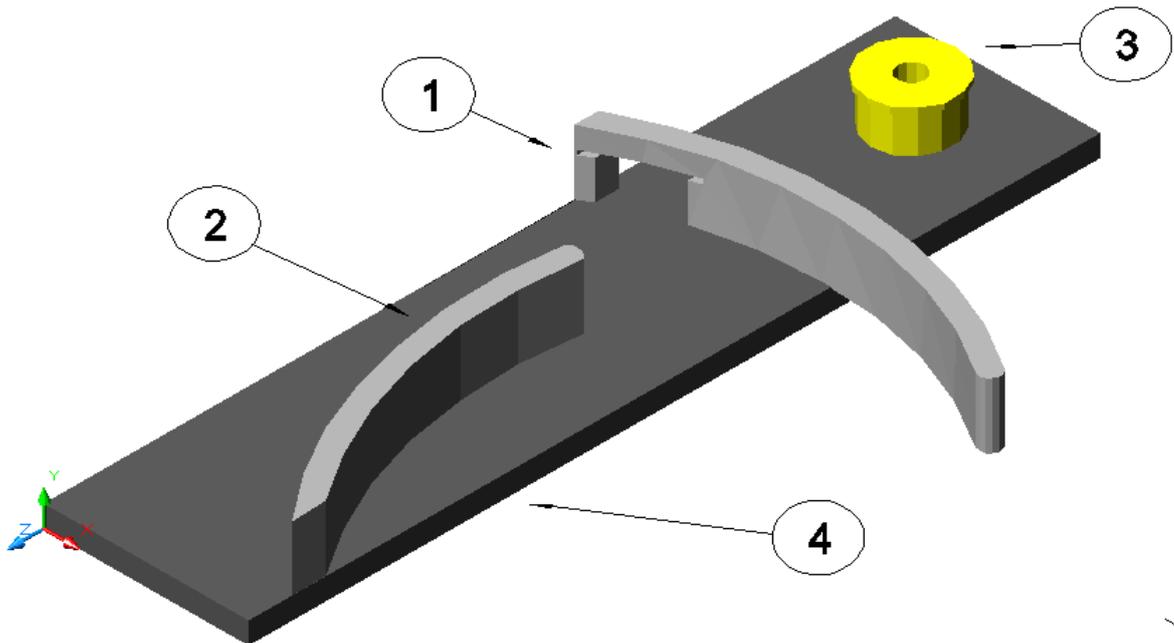


Figura 3.13 Esquema Sistema Selector para la alimentación del Culote Metálico

En el tabique selector se encuentra un orificio de la forma exacta del culote metálico en posición correcta para el ensamblaje.

Si el culote metálico avanza con la posición correcta que es con el abombado hacia arriba el momento de alinearse cruzará sin ningún problema a través del orificio del tabique selector, por el contrario si se encuentra con el abombado hacia la parte de abajo este chocará y se moverá nuevamente hacia el recipiente o plato guiado por el mismo tabique selector para que comience el proceso de ascenso y de selección.

Considerando que los esfuerzos a los que van a estar sometidos tanto el deflector como el tabique selector son completamente bajos o nulos en relación a las características del material (chapa metálica A36 2.5 mm de espesor), y además por su función de únicamente seleccionar y contener al culote metálico, el diseño de los mismos es básicamente geométrico.

El plano de construcción del deflector y del tabique selector se encuentra en el Anexo D Código PV D - 12.

3.3.2. SISTEMA DE CONTROL PARA EL ELEMENTO BOBINA PLÁSTICA

Para este sistema selector que igualmente es estático, es decir, carece de mecanismos móviles para situar la pieza en su correcta posición de trabajo para su ensamblaje, se requiere en esencia de un diseño conveniente de la guía que se encuentra en el recipiente del alimentador para que luego pueda avanzar hacia la máquina PB 31 -10 y sea ensamblada, adaptado siempre a las peculiaridades de la pieza a manipular.

Como la bobina plástica posee una forma particular ya que es completamente cilíndrica y no existen aristas vivas que generalmente son puntos de partida para el diseño de un tabique selector se debe partir del hecho que la bobina plástica posee una mayor cantidad de masa en donde se aloja el fulminante por esta razón se encontrará como primer paso el centro de masas de la bobina plástica. Se calcula a continuación:

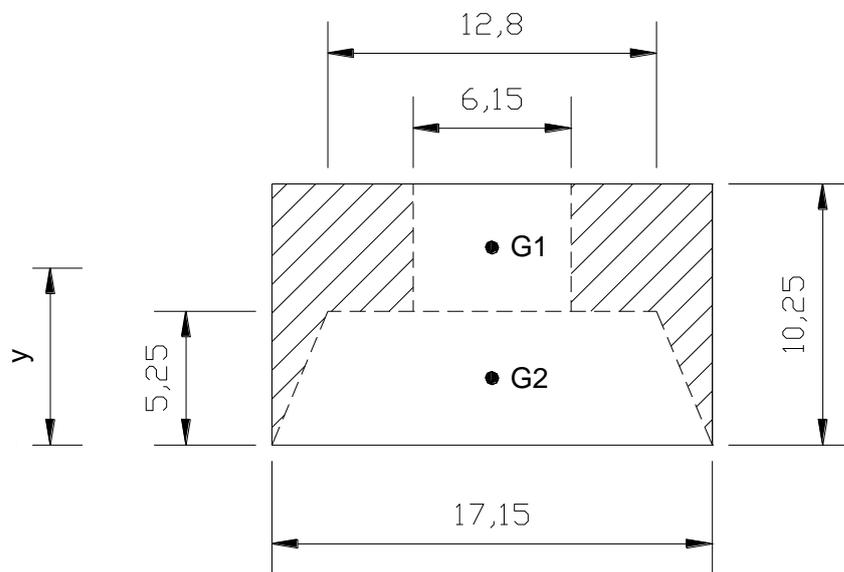


Figura 3.14 Corte transversal de la Bobina Plástica para encontrar el Centro de Masa (y)

Se dividirá en dos áreas al elemento y se encontrará la distancia al centro de gravedad de cada área como se muestra en la figura 3.15.

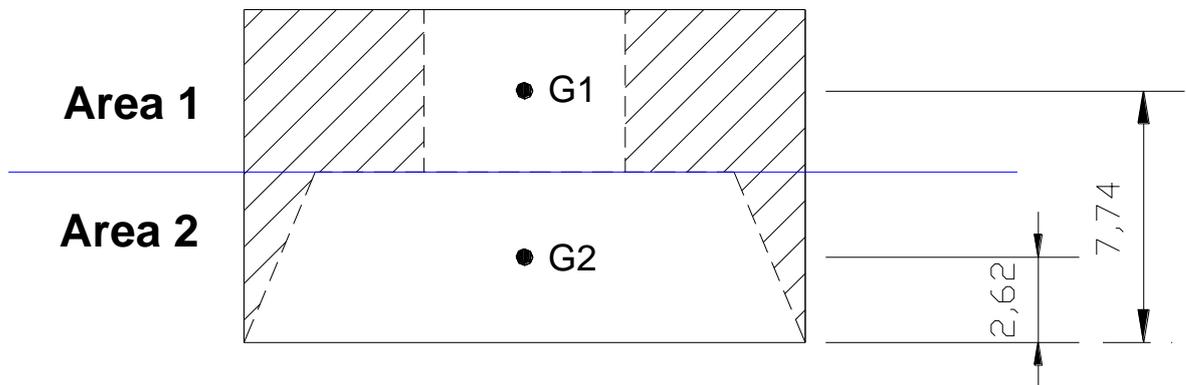


Figura 3.15 División de la Bobina Plástica en áreas

Conociendo ya todos los datos geométricos de la bobina plástica procedemos a calcular donde se ubicará el centro de masas.

DATOS :

- Diámetro N°1 **D1 := 17.15 mm**
- Diámetro N°2 **D2 := 12.80 mm**
- Diámetro N°3 **D3 := 6.15 mm**
- Altura N°1 **A1 := 5 mm**
- Altura N°2 **A2 := 5.25 mm**
- Distancia a G1 **Y2 := 2.625 mm**
- Distancia a G2 **Y1 := 7.75 mm**

Utilizaremos la ecuación⁷ (3.33) para calcular el centroide:

⁷ Ecuación tomada del libro “Mecánica de Materiales” Riley, Sturges, Morris – Limusa 2001.

$$y = \frac{\sum A_i Y_i}{\sum A_i} \quad (3.33)$$

$$y = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2}{A_1 + A_2}$$

$$y = \frac{(D_1 \cdot A_1 - D_3 \cdot A_1) \cdot Y_1 + \left[D_1 \cdot A_2 - \left[\frac{(D_1 + D_2) \cdot A_2}{2} \right] \right] \cdot Y_2}{(D_1 \cdot A_1 - D_3 \cdot A_1) + \left[D_1 \cdot A_2 - \left[\frac{(D_1 + D_2) \cdot A_2}{2} \right] \right]}$$

Reemplazando los valores numéricos se obtiene:

$$y = \frac{(17.15 \cdot 5 - 6.15 \cdot 5) \cdot 7.75 + \left[17.15 \cdot 5.25 - \left[\frac{(17.15 + 12.80) \cdot 5.25}{2} \right] \right] \cdot 2.625}{(17.15 \cdot 5 - 6.15 \cdot 5) + \left[17.15 \cdot 5.25 - \left[\frac{(17.15 + 12.80) \cdot 5.25}{2} \right] \right]}$$

$$y = 6.869 \text{ mm}$$

Determinado el centro de masas o centroide se procederá a diseñar la geometría del sistema de control para la alimentación de la bobina plástica el cual constará de un tabique (1) que alineará a las bobinas plásticas al mismo tiempo que las pondrá en forma vertical.

Además parte de la guía (2) deberá ser inconclusa con una distancia igual a la del centro de masas ya que si la bobina plástica (3) en posición vertical se encuentra con su centro de masas sobre la guía cruzará sin ningún problema.

Pero si por el contrario ésta se encuentra con su centro de masa hacia la parte inconclusa está caerá nuevamente al recipiente debido a que tiene una mayor acumulación de peso en uno de sus extremos por lo que le será imposible mantenerse sobre la guía de la pared interior del recipiente o plato y comenzar nuevamente su proceso de selección.

Las piezas que crucen de manera adecuada por la guía serán colocadas en posición horizontal mediante otros dos tabiques, el primer tabique (4) empujará a la bobina plástica para que nuevamente se coloque en posición horizontal mientras que el segundo tabique (5) ayudará a que la misma no caiga de forma violenta permitiéndole descender lentamente para que finalmente puedan resbalar ya en posición correcta para que sean ensamblados como se muestra a continuación en la figura 3.16.

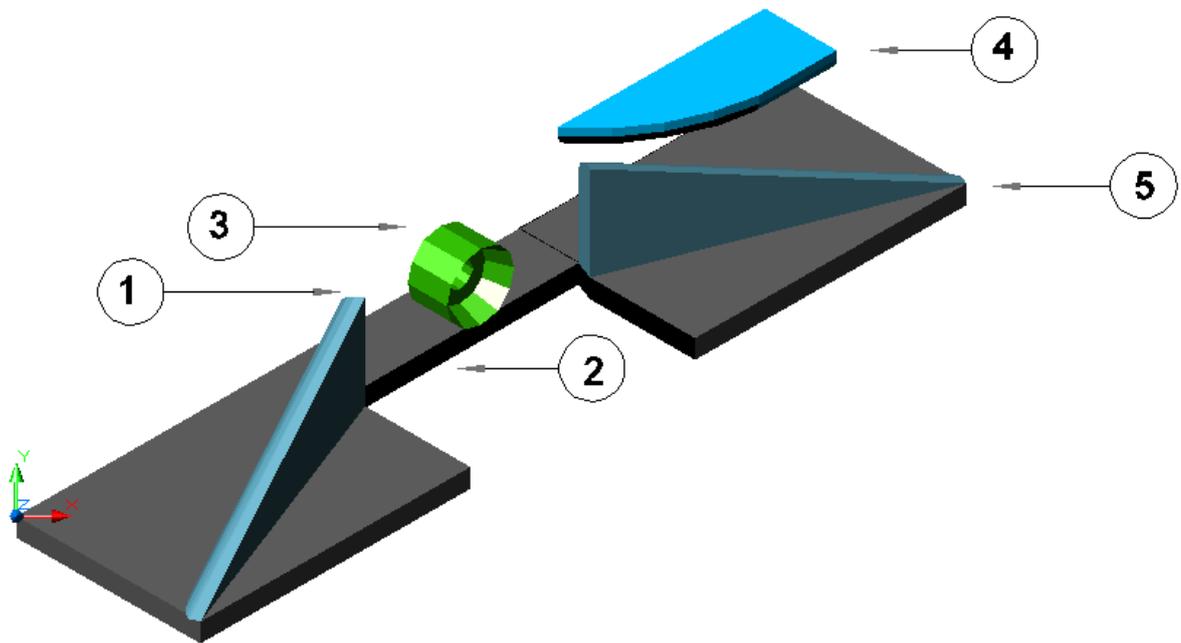


Figura 3.16 Esquema Sistema Selector para la alimentación de la Bobina Plástica

Considerando que los esfuerzos a los que van a estar sometidos los elementos que conforman este sistema de control o selección son completamente bajos o nulos en relación con las características del material (chapa metálica A36 2.5 mm de espesor), y además por su función de únicamente seleccionar y contener a la bobina plástica, el diseño de los mismos es básicamente geométrico.

El plano de construcción de la guía y los tabiques selectores los puede observar en el Anexo D Código PV D - 13.

3.3.3. SIMULACIÓN DE ESFUERZOS

El análisis de resistencia de los diferentes elementos que integran la máquina y que constituye el diseño de los mismos realizado en el capítulo 3 se vuelve a ejecutar aplicando el programa COSMOSWORKS el cual forma parte del Solid Works.

Mediante la aplicación de esta herramienta se realiza la validación y certificación del diseño anteriormente realizado, este estudio es primordialmente importante para aquellos elementos en los que por su geometría o naturaleza se han aplicado aproximaciones a modelos teóricos en este caso es sumamente necesario realizarlo a las placas que funcionarán como resortes mecánicos. De esta manera se definen procedimientos de diseño rápido y seguro que pueden ser de mucha utilidad para realizar una primera aproximación de un diseño en la vida profesional.

3.3.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA SIMULACIÓN

3.3.3.1.1. ANÁLISIS ESTÁTICO

- Primeramente, se realiza el modelo del ensamblaje del elemento o elementos que se desea analizar en tres dimensiones, de acuerdo a las medidas y detalles necesarios para el montaje y aplicación del mismo.

- Luego se debe realizar un análisis estático el cual define los esfuerzos y deformaciones resultantes de la aplicación de fuerzas externas. La aplicación de cargas externas sobre un cuerpo genera en éste deformación y responde con la generación de fuerzas y reacciones que mantengan el balance del sistema.

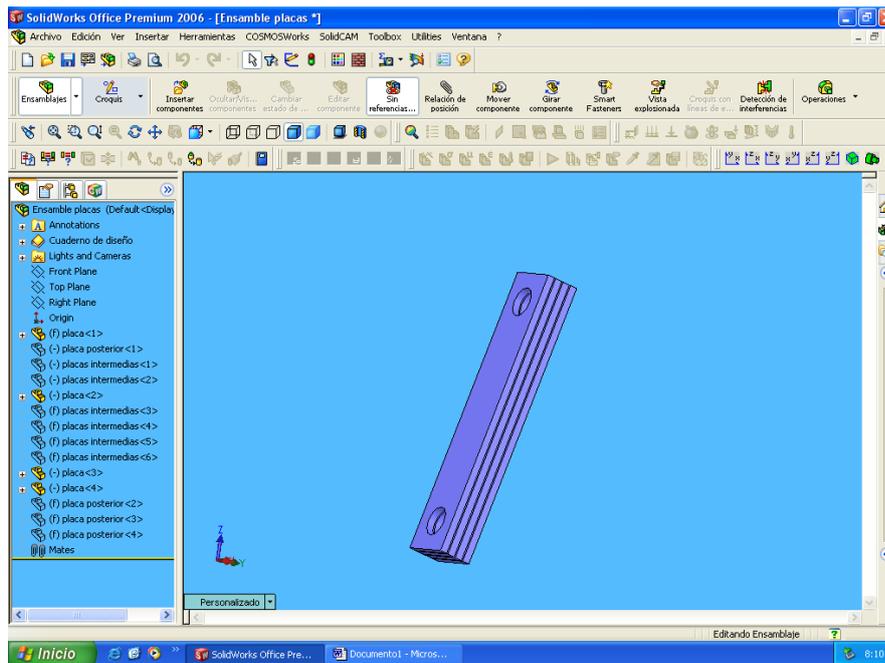


Figura 3.17 Modelo de placas a analizarse

- Damos clic en el icono de Cosmos y dentro de este menú se encuentra el nombre **ensamble de las placas** hacemos clic derecho y escogemos **Studio** y dentro de este seleccionamos **Malla** donde a su vez debemos escoger **Malla con elementos sólidos** y **tipo de análisis estático** finalmente clic en **Aceptar**.

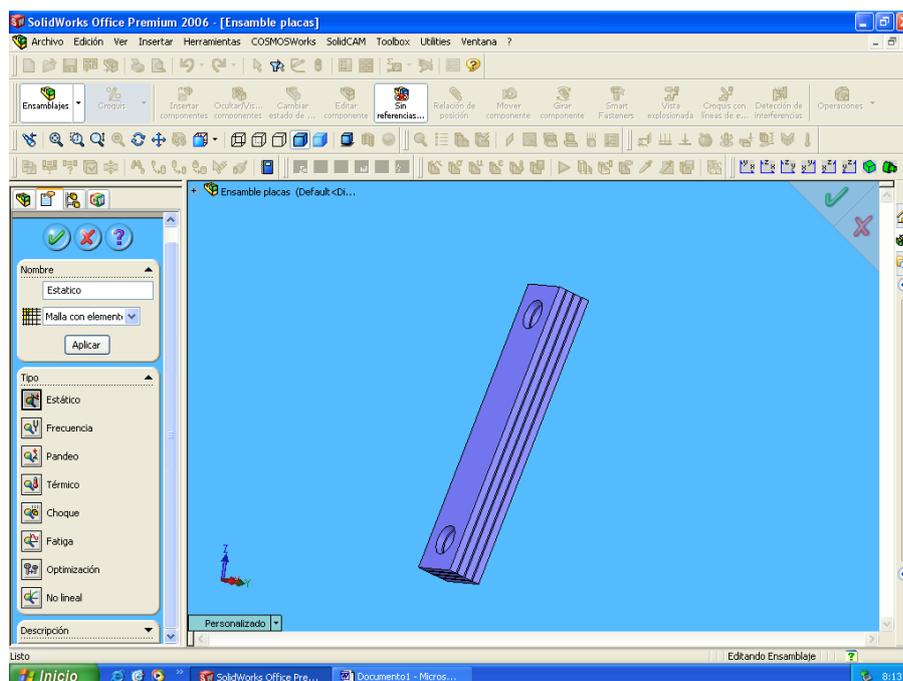


Figura 3.18 Estudio escogido (estático)

- Desplegamos el análisis estático donde se encuentra el sub-menú **Sólidos** damos clic derecho y escogemos **Aplicar el material a todo**.

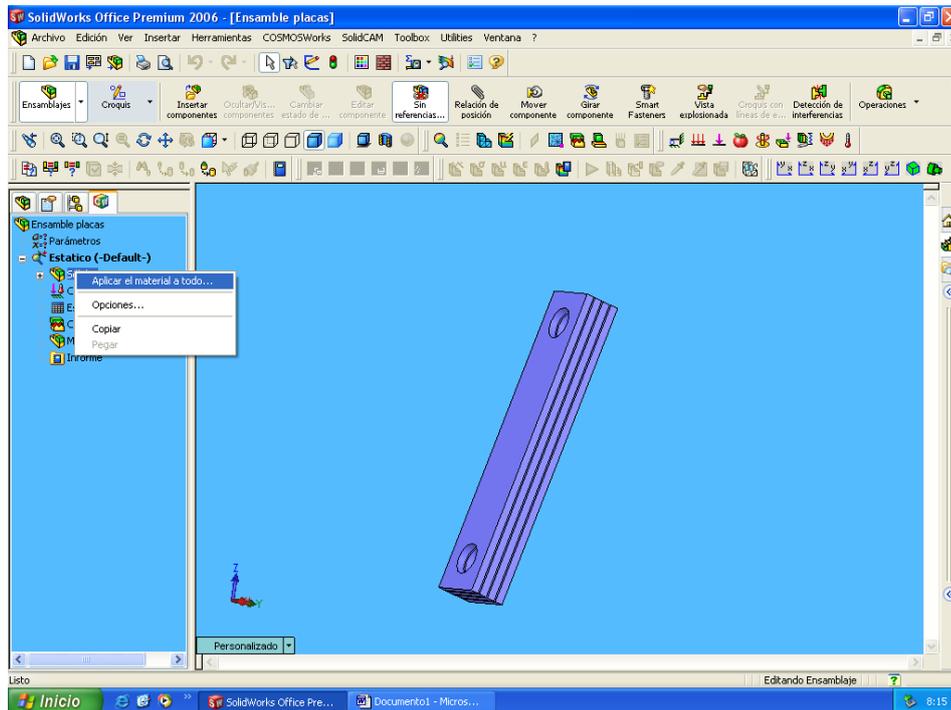


Figura 3.19 Aplicación del material al modelo

- Dentro de este menú escogemos el material **desde archivo de la biblioteca** y seleccionamos el material del cual se elaborarán las placas o resortes mecánicos el cual es **ASTM A 36**.

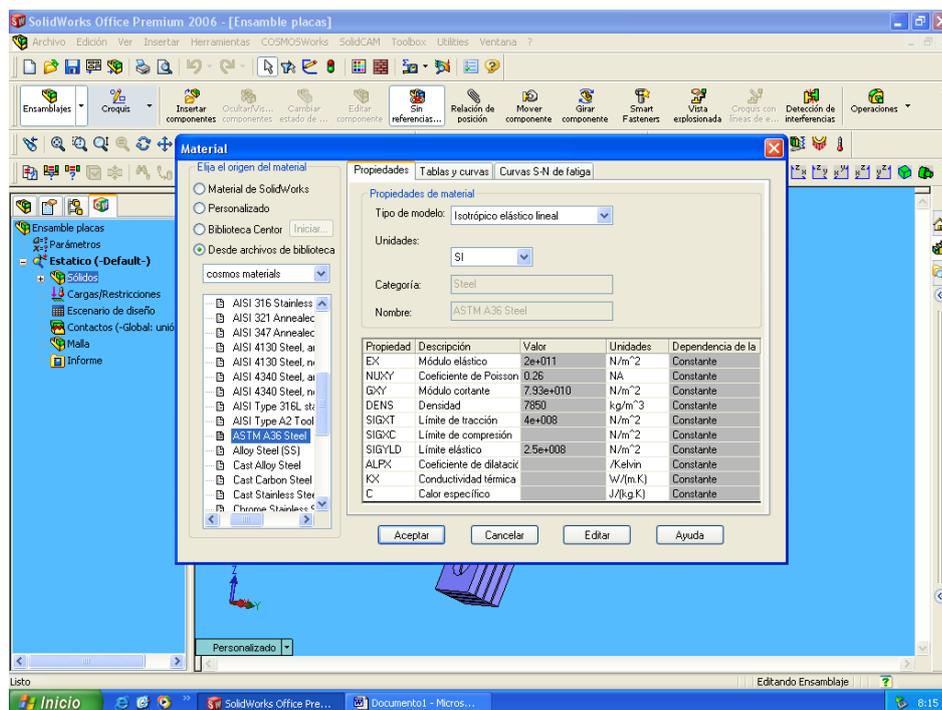


Figura 3.20 Selección de la biblioteca del material

- Posteriormente en la misma ventana escogemos **Curvas S- N fatiga** y seleccionamos **derivar a partir del modelo elástico del material** y dentro de este elegimos **Basado en curvas ASME de acero al carbono**.

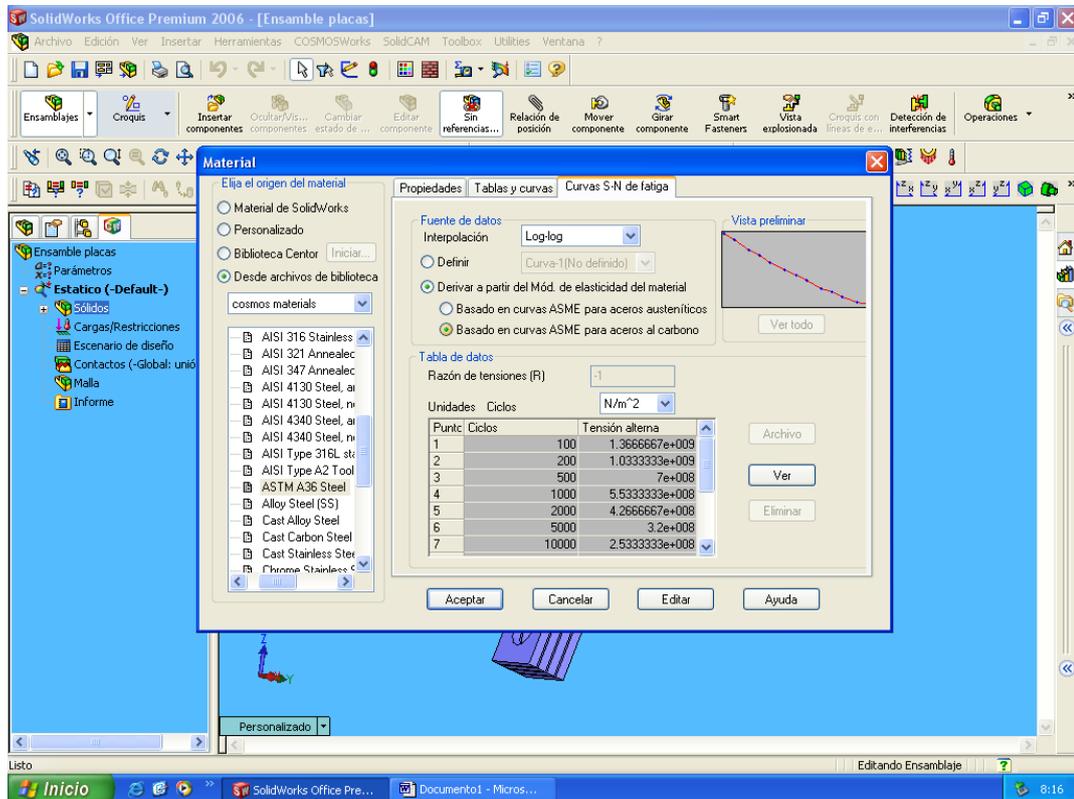


Figura 3.21 Curvas S-N fatiga

- Continuamos con el análisis estático colocando las cargas y restricciones que tienen estas placas en la cual en su parte inferior se encuentra empotrado por lo que hay que escoger en el icono de restricciones **tipo de empotramiento sin traslación** y escogemos las cuatro caras del hueco interno donde se alojarían los pernos.

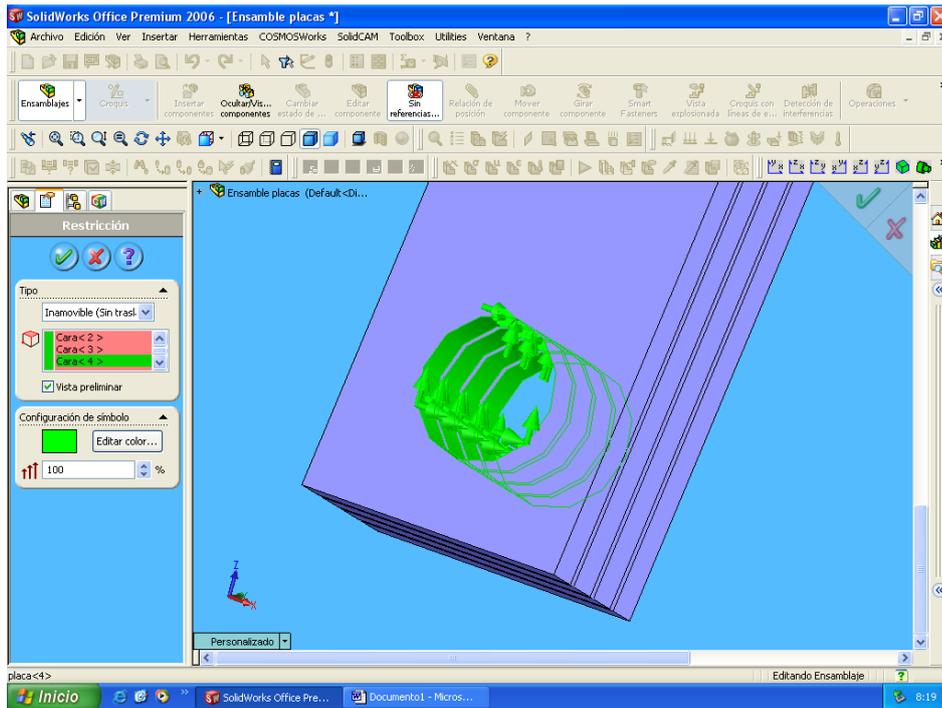


Figura 3.22 Colocación de Restricciones (empotramiento)

- Observamos que las restricciones de empotramiento quedan colocadas de color verde indicándonos que esa parte de los elementos no podrán moverse.

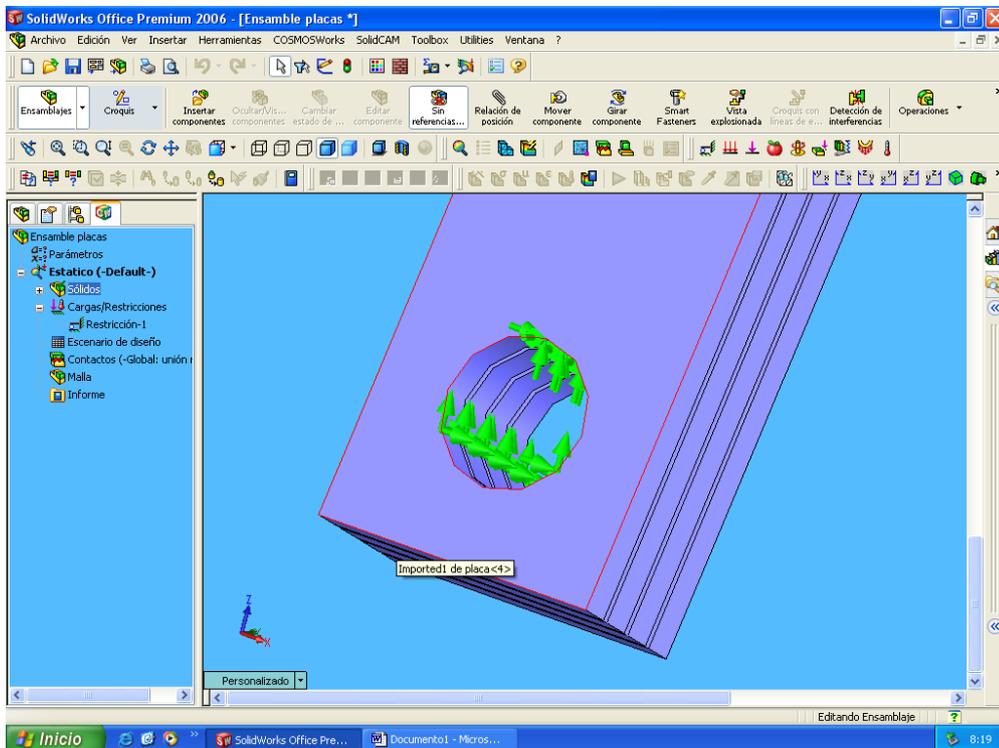


Figura 3.23 Visualización de Restricciones

- Luego vamos al icono de **cargas o fuerzas** damos clic y dentro de este menú escogemos **Aplicar fuerza y momento** luego escogemos el borde exterior de los orificios superiores de las cuatro caras de las placas.

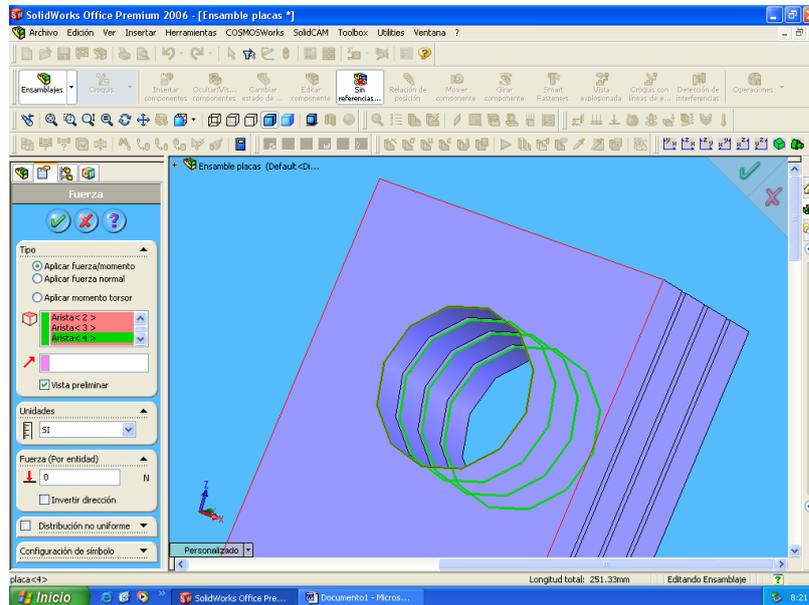


Figura 3.24 Aplicación de las cargas

- Luego escogemos una de las caras de las placas como plano de referencia la cual observamos se pinta de color rosado, además escogemos las unidades y en el menú **fuerza** escogemos **fuerza normal al plano de referencia** y colocamos el valor de la misma que es 375.26 N.

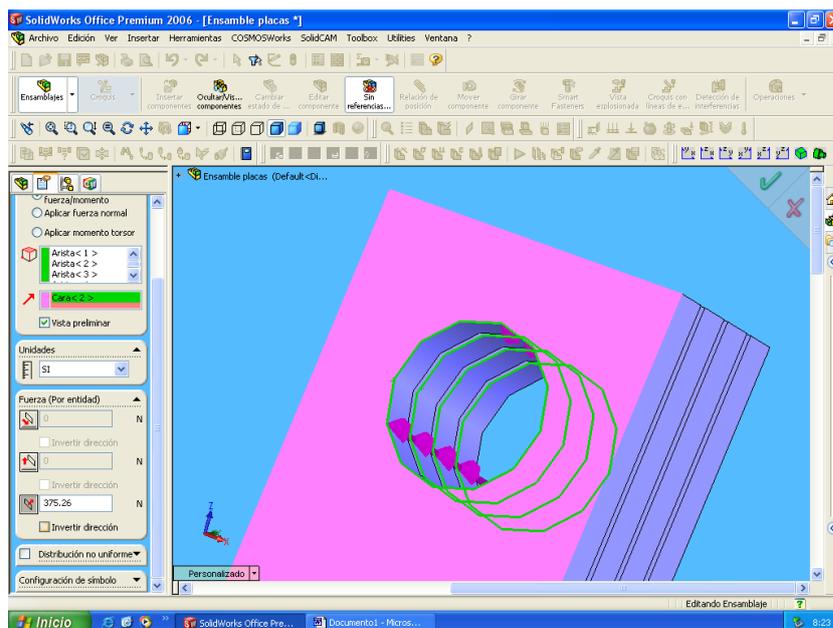


Figura 3.25 Colocación de la fuerza

- Luego si la fuerza no se encuentra en la dirección correcta se da un clic en **invertir la dirección** y se **Acepta**.

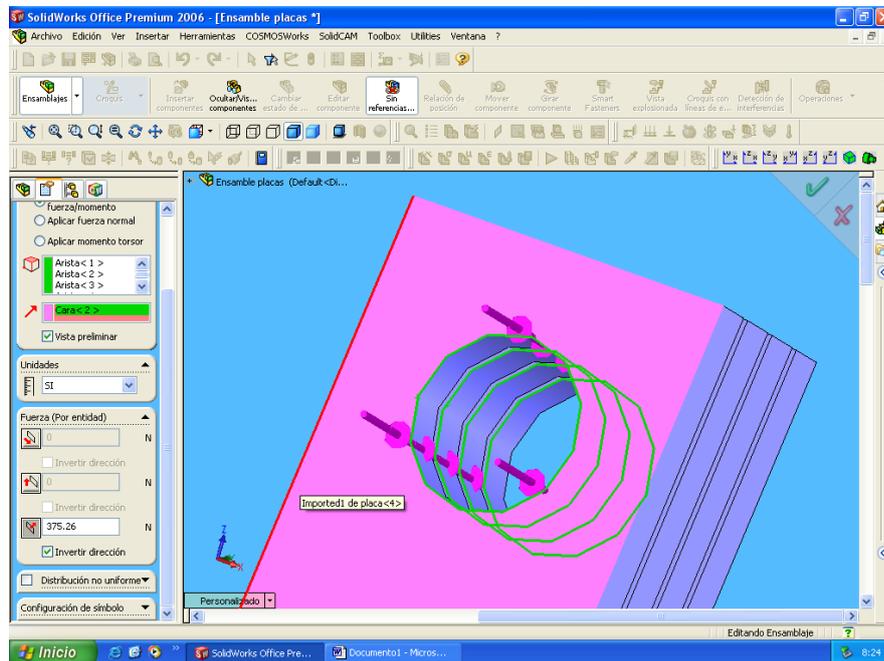


Figura 3.26 Invertir Fuerza

- Observamos que las cargas a las que se encuentra sometido nuestro ensamble de placas se muestra en color rosado como se analizó anteriormente en este capítulo.

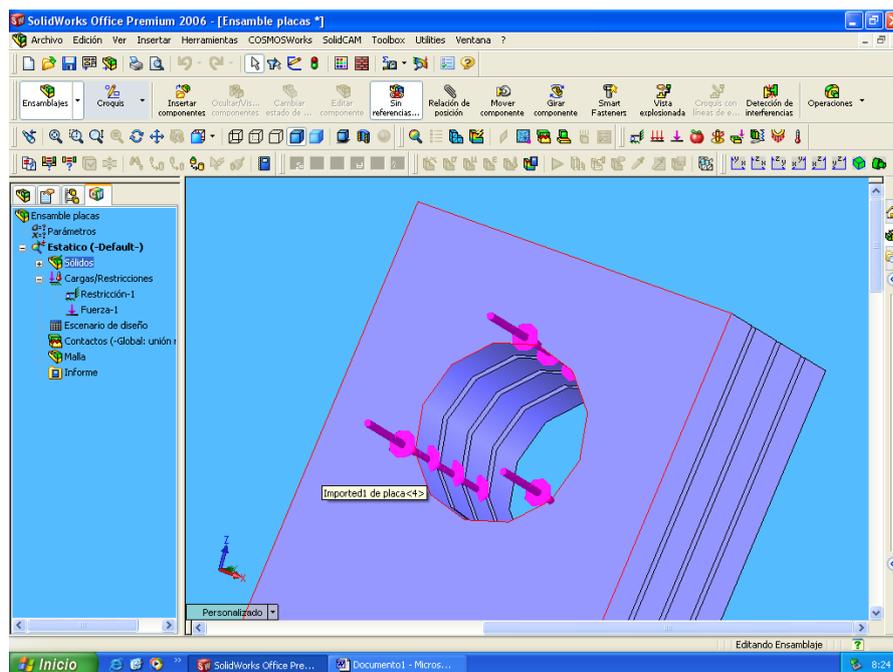


Figura 3.27 Visualización de Cargas Aplicadas

- El siguiente paso de igual forma dentro del análisis estático se encuentra **mallado** donde damos clic derecho y escogemos **crear malla** donde seleccionamos los parámetros de **unidades** mientras que los demás parámetros ya se encuentran predeterminados como son el **tamaño global** y la **tolerancia** completado esto damos clic en **Aceptar**.

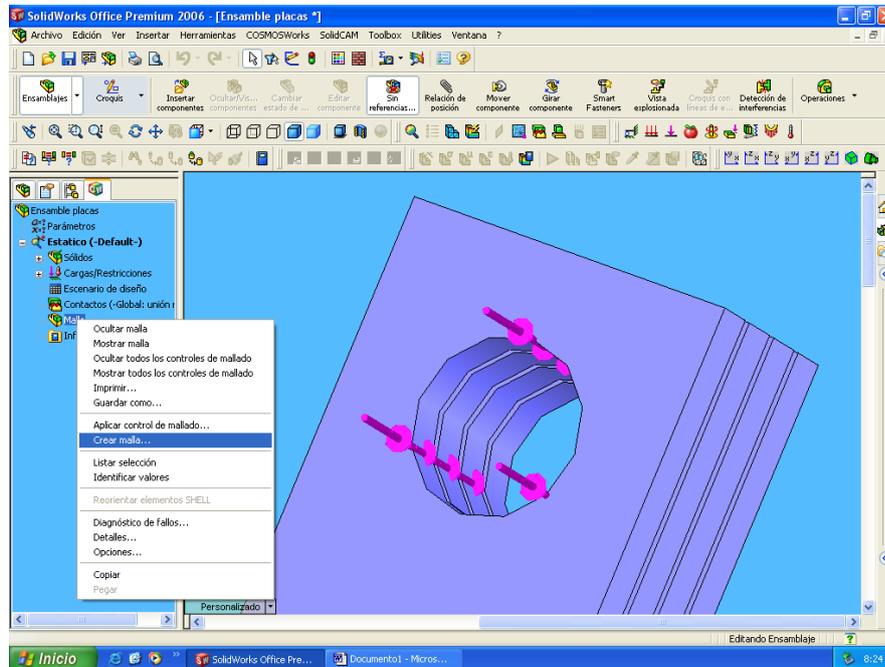


Figura 3.28 Creación del mallado

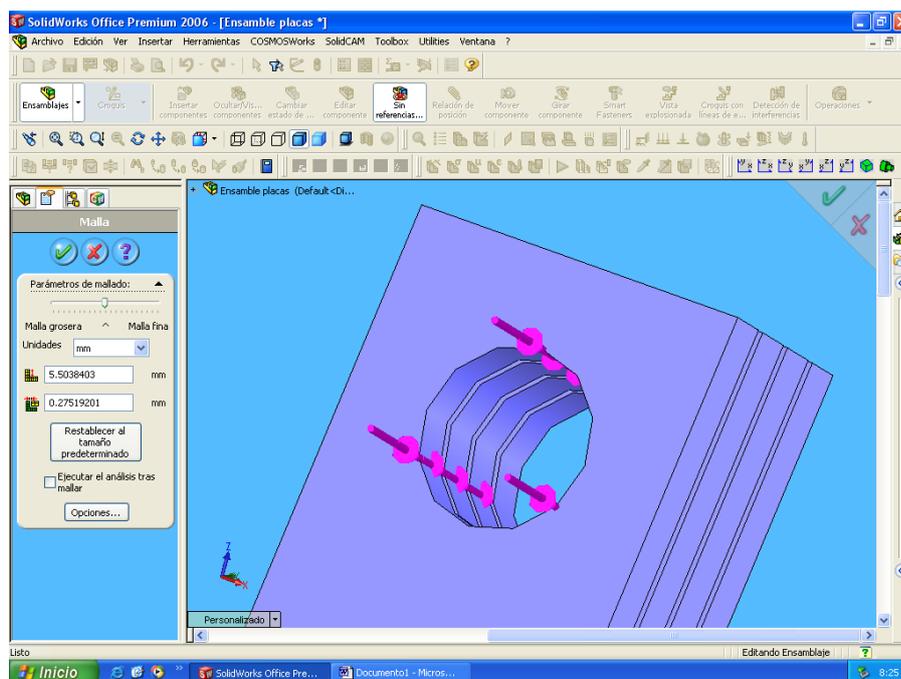


Figura 3.29 Parámetros para el mallado

- Observamos como se coloca la malla en nuestros elementos pues lo analizará mediante elementos finitos.

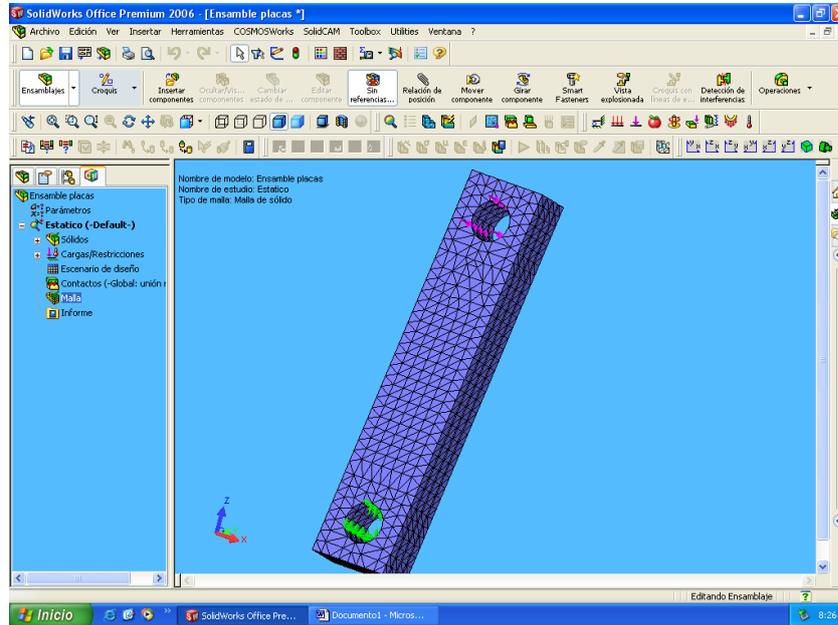


Figura 3.30 Mallado de los elementos

- Nuevamente damos clic derecho en **malla** y escogemos **Opciones** en donde elegiremos **tipo de mallado - estándar**, **calidad de malla - elemento cuadrático de alto orden**, **control de malla - alizado superficial** y las demás opciones por default y **Aceptar**.

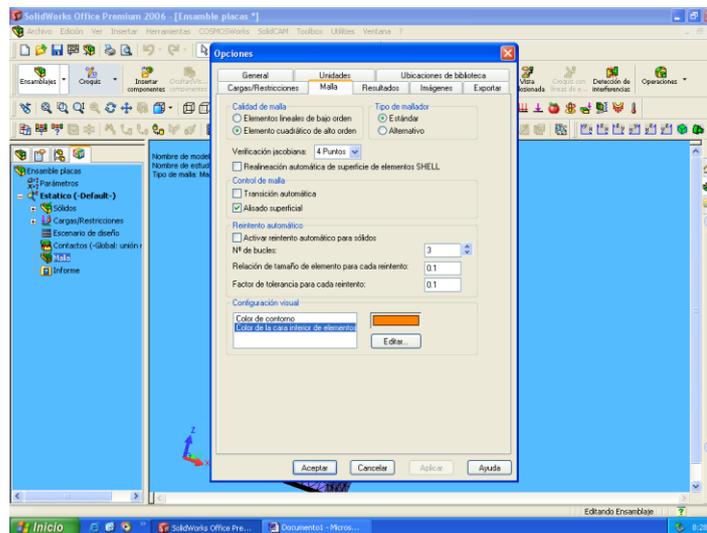


Figura 3.28 Parámetros finales del mallado

- Finalmente para acabar con el análisis estático damos clic en el mismo y escogemos la opción **ejecutar**.

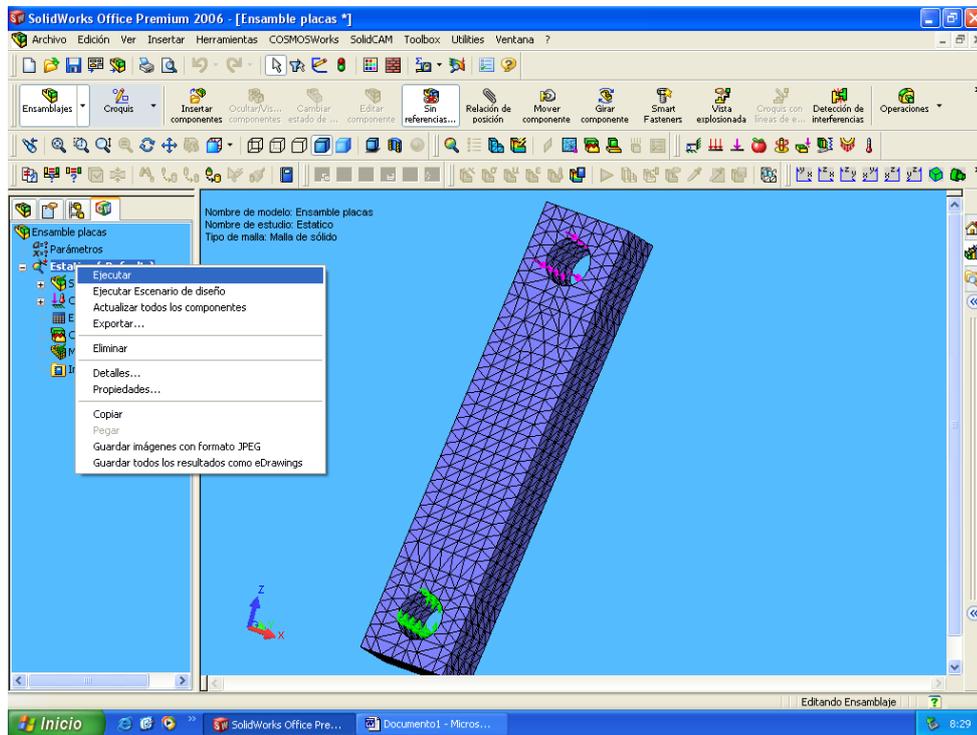


Figura 3.30 Ejecución del programa

- Corre el programa

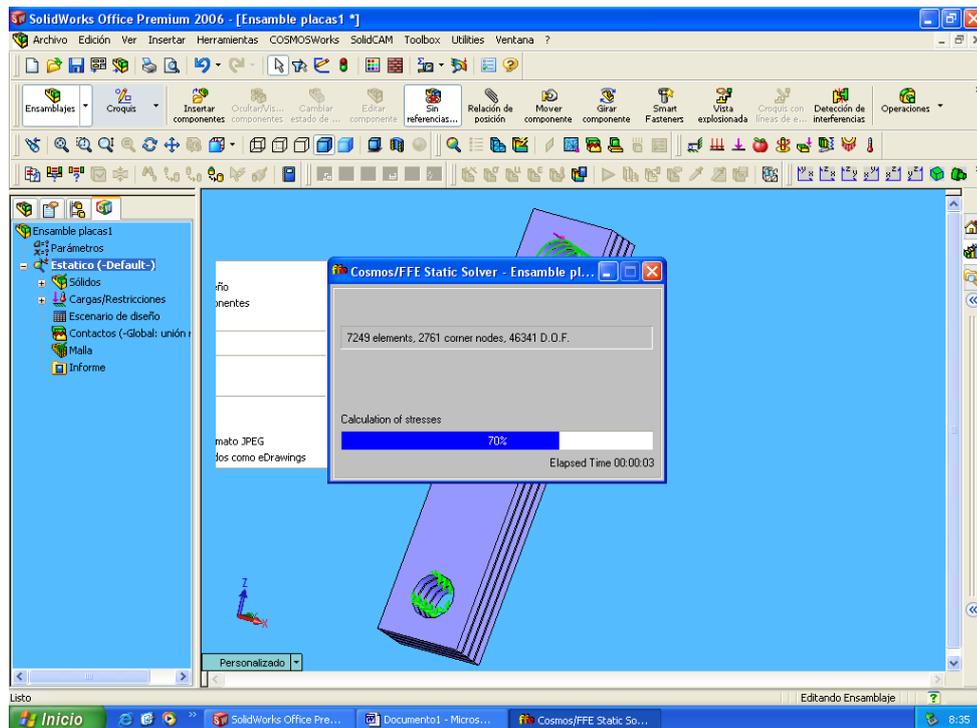


Figura 3.33 Corrida del programa

- Se muestran los siguientes resultados:

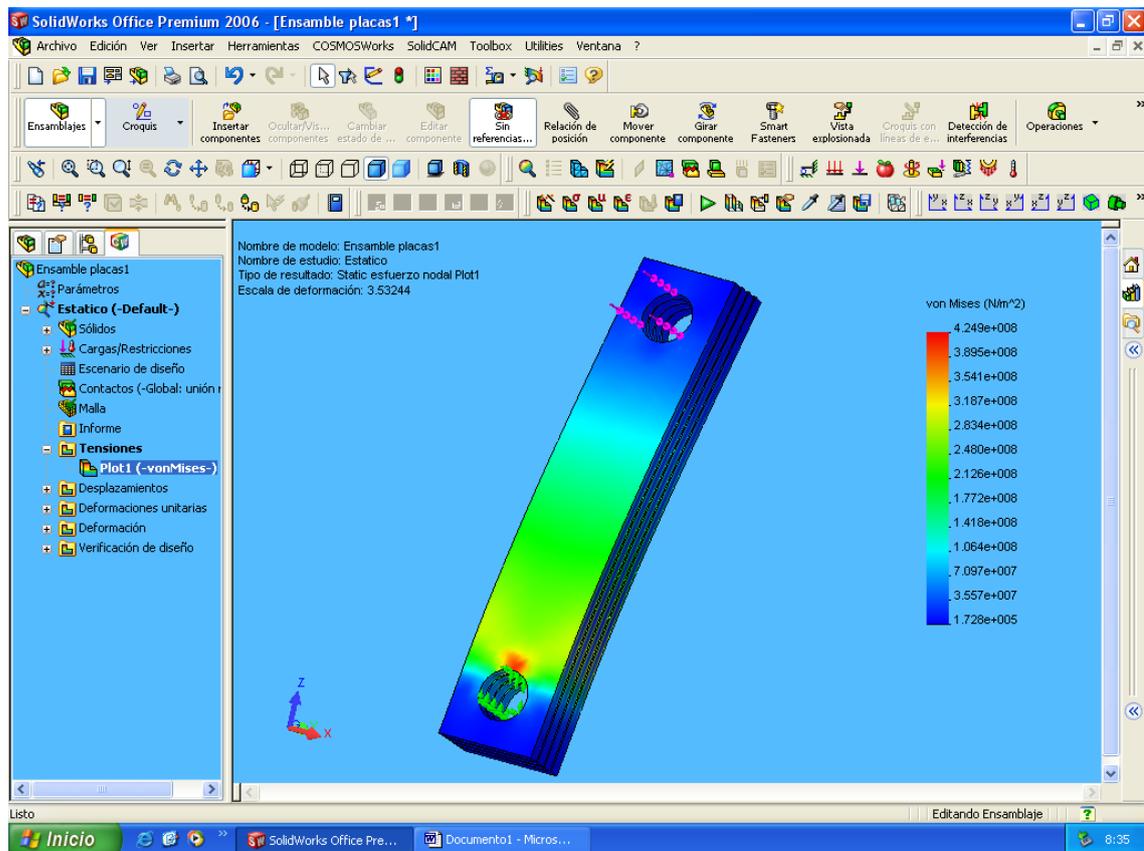


Figura 3.34 Resultado Estático Esfuerzo de von Mises

Como resultado de la aplicación de las cargas antes mencionadas, se pueden obtener los análisis de esfuerzo de von Mises, que son de importancia central. En la figura 3.34 se muestra el resultado del computo del esfuerzo de von Mises, donde las zonas de mayor concentración de esfuerzo se muestran en color rojo, así el esfuerzo máximo definido es de 424.9 MPa y se encuentra en la zona de unión de los pernos y las placas siendo una zona mínima que no causará ningún problema.

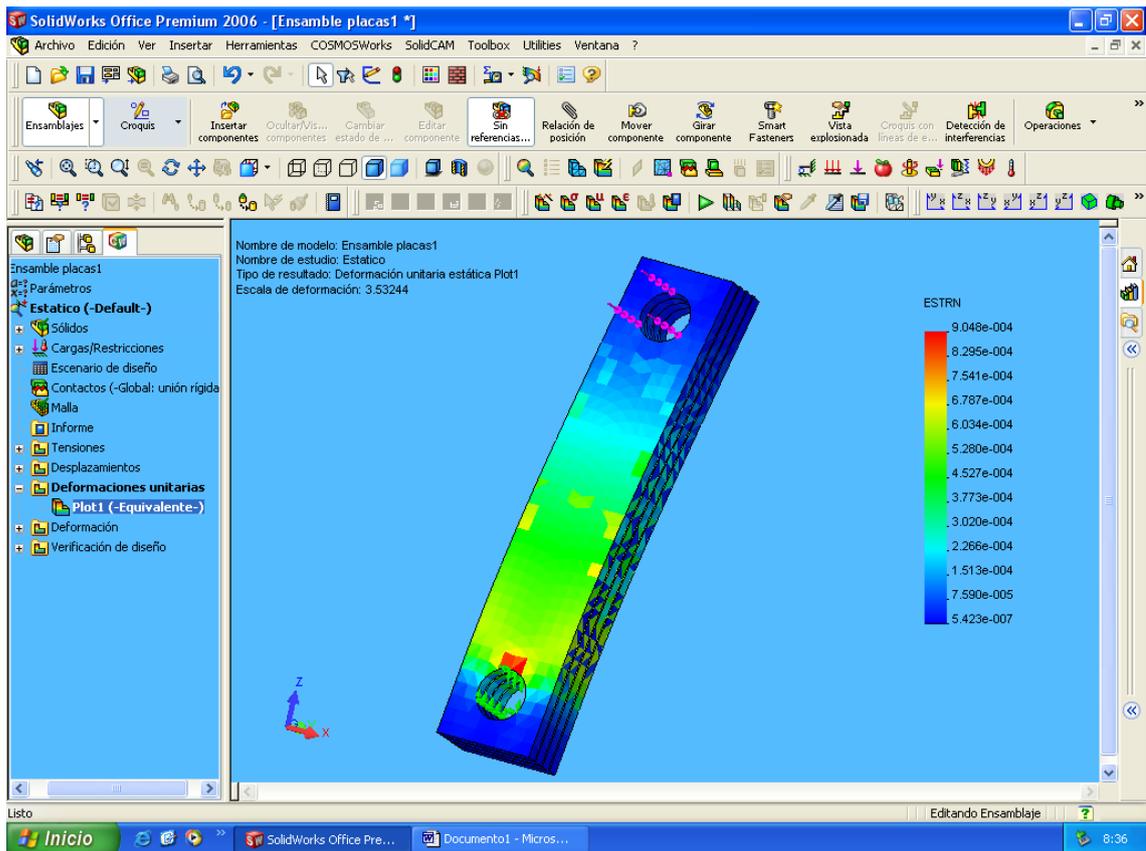


Figura 3.35 Resultado Deformación Unitaria

La deformación unitaria que presenta el cuerpo por acción de las cargas aplicadas se determina en la figura 3.35, donde se aprecia que la mayor deformación unitaria tiene un valor de $0.0009048 \frac{mm}{mm}$ que corresponde a la recomendación para un diseño de precisión moderada en la base de los pernos y la placa.

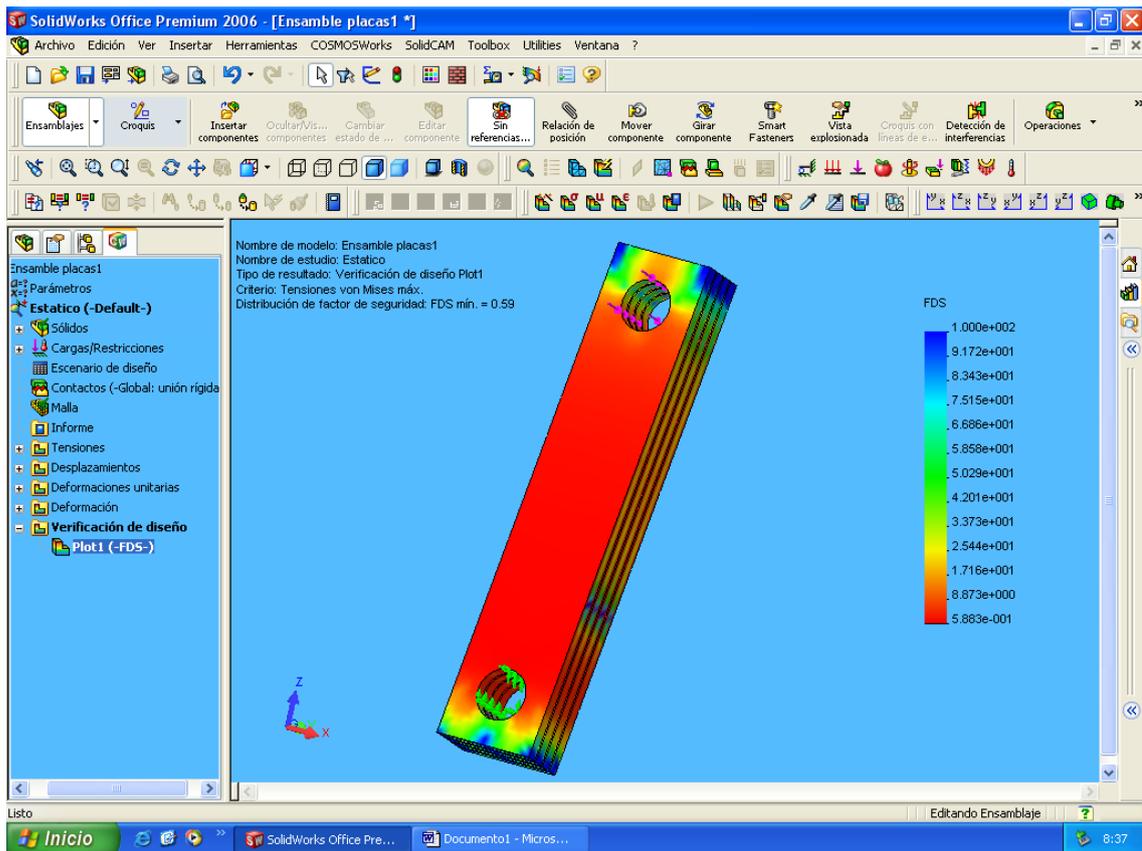


Figura 3.36 Resultado Factor de seguridad

En la 3.36 se muestra en color rojo las zonas donde el factor de seguridad tiene su valor mínimo y en las azules las zonas donde el diseño es más seguro, así se define; que el mínimo factor de seguridad se presenta en la zona central y tiene un valor de 0.59. Cabe destacar que el factor de seguridad, no es concluyente en el diseño pues al tener la máquina, partes que en su movimiento interactúan deben presentar una deformación unitaria aceptable.

3.3.3.2. ANÁLISIS DE FATIGA

- Una vez realizado el análisis estático a las placas damos clic derecho en ensamble de las placas escogemos Studio y en tipo de análisis escogemos fatiga.

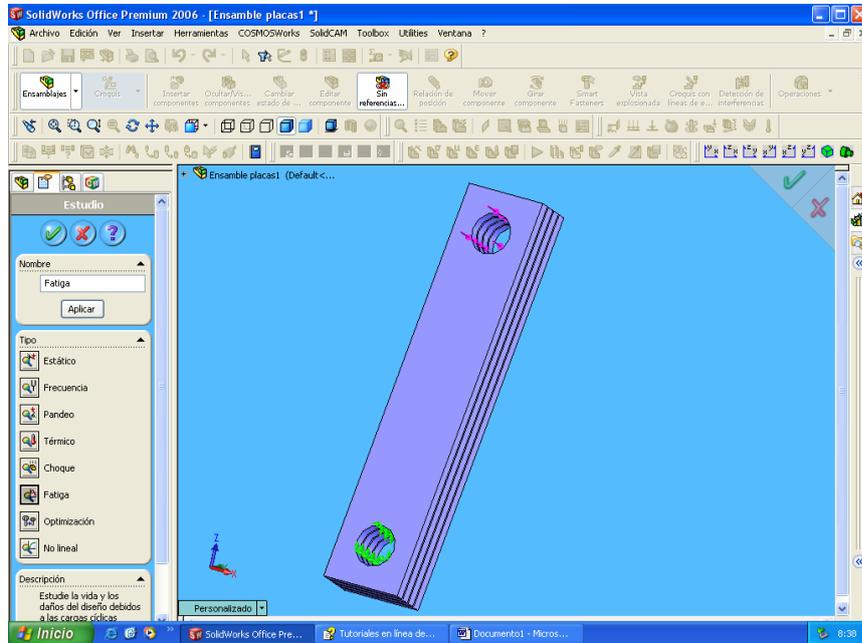


Figura 3.37 Modelo de placas a analizarse a fatiga

- En el análisis de fatiga clic derecho y elegimos **Propiedades**.

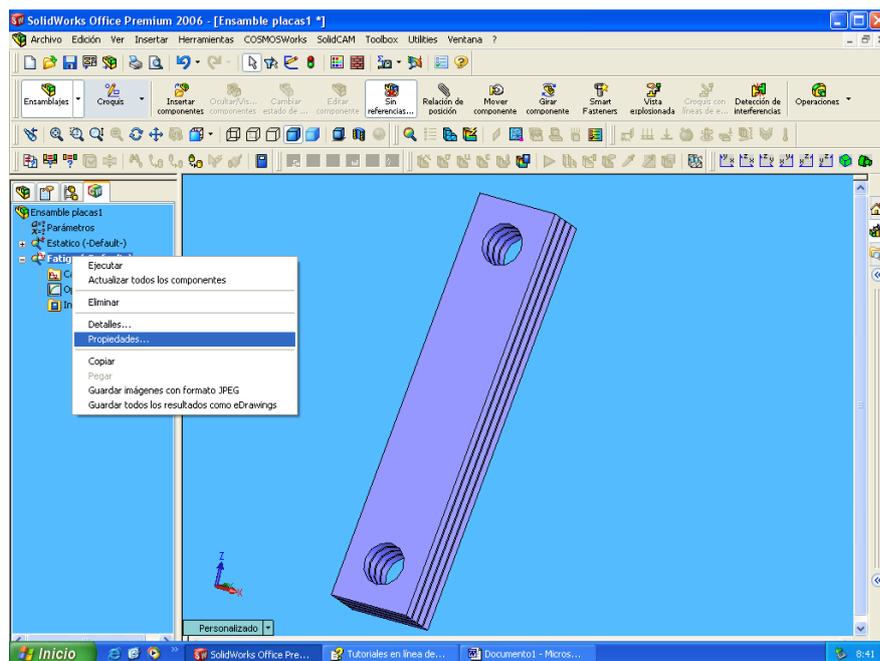


Figura 3.38 Menú para propiedades de la fatiga

- Al desplegarse el cuadro de las propiedades seleccionamos calcular tensiones alternas usando **tensión equivalente de von Mises**, factor de reducción de resistencia a la fatiga K_f igual a **1** y en corrección de tensiones medias escogemos **Soderberg**.

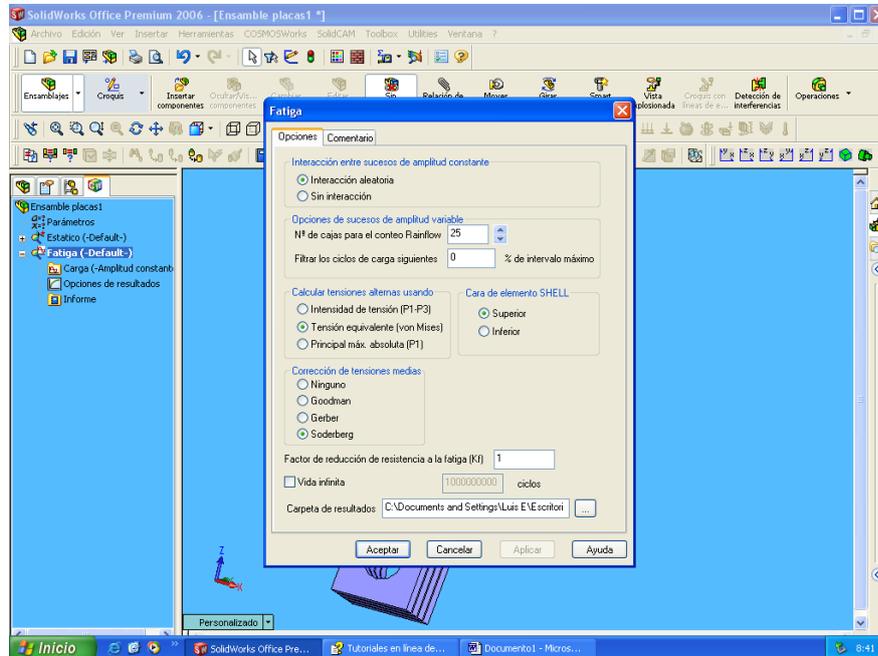


Figura 3.39 Propiedades para el análisis de fatiga

- Ahora en el sub menú de **carga** damos clic derecho y escogemos **agregar suceso**.

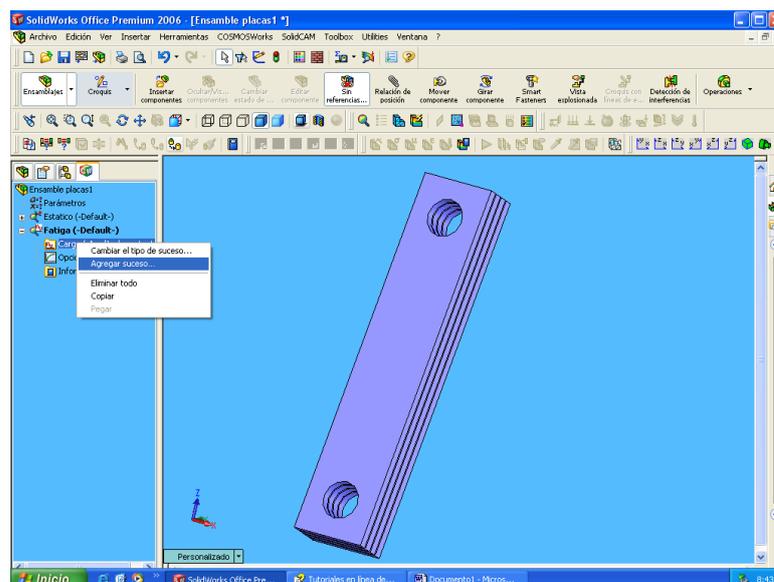


Figura 3.40 Selección de los sucesos

- Luego en tipo de carga escogemos **Carga base cero**, y en asociación de estudios debajo de estudio cargamos el **estudio estático** y aceptar.

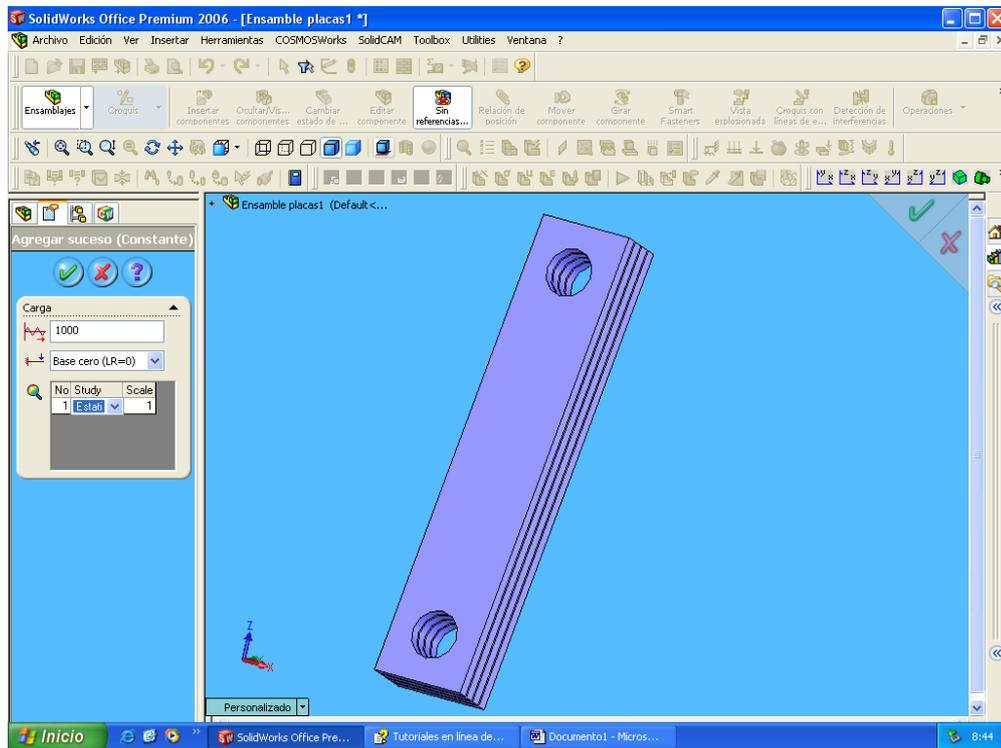


Figura 3.41 Parámetros de los sucesos

- Finalmente clic derecho en análisis de fatiga y elegimos **ejecutar**.

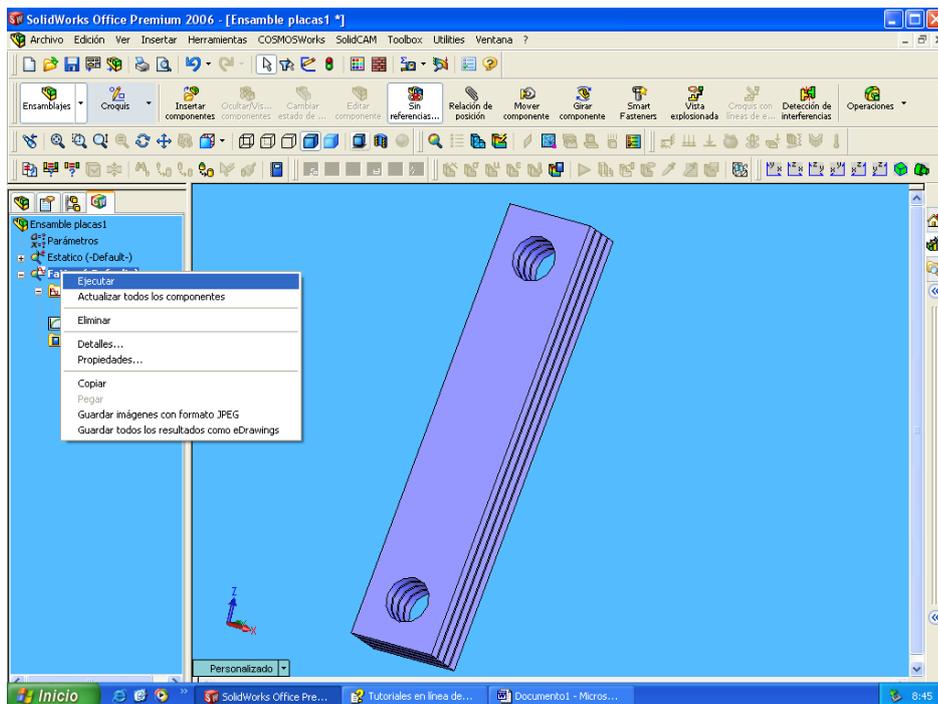


Figura 3.42 Ejecución del programa en fatiga

- Corre el programa

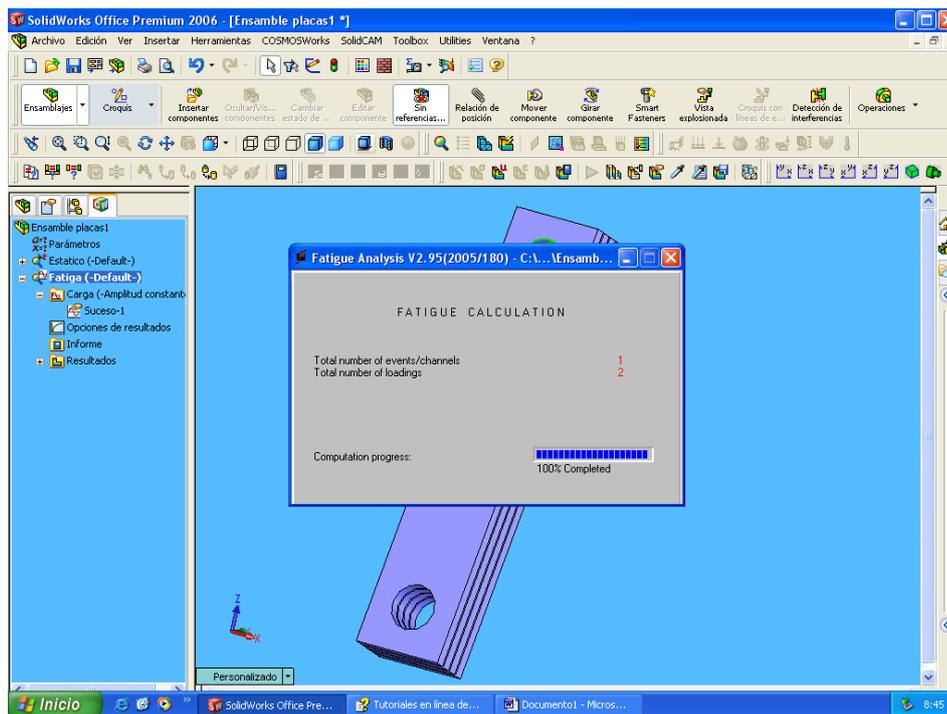


Figura 3.43 Corrida del programa en fatiga

- A continuación se muestran los siguientes resultados.

- ◆ Trazado de vida
- ◆ Trazado de daños
- ◆ Trazado de factor de seguridad

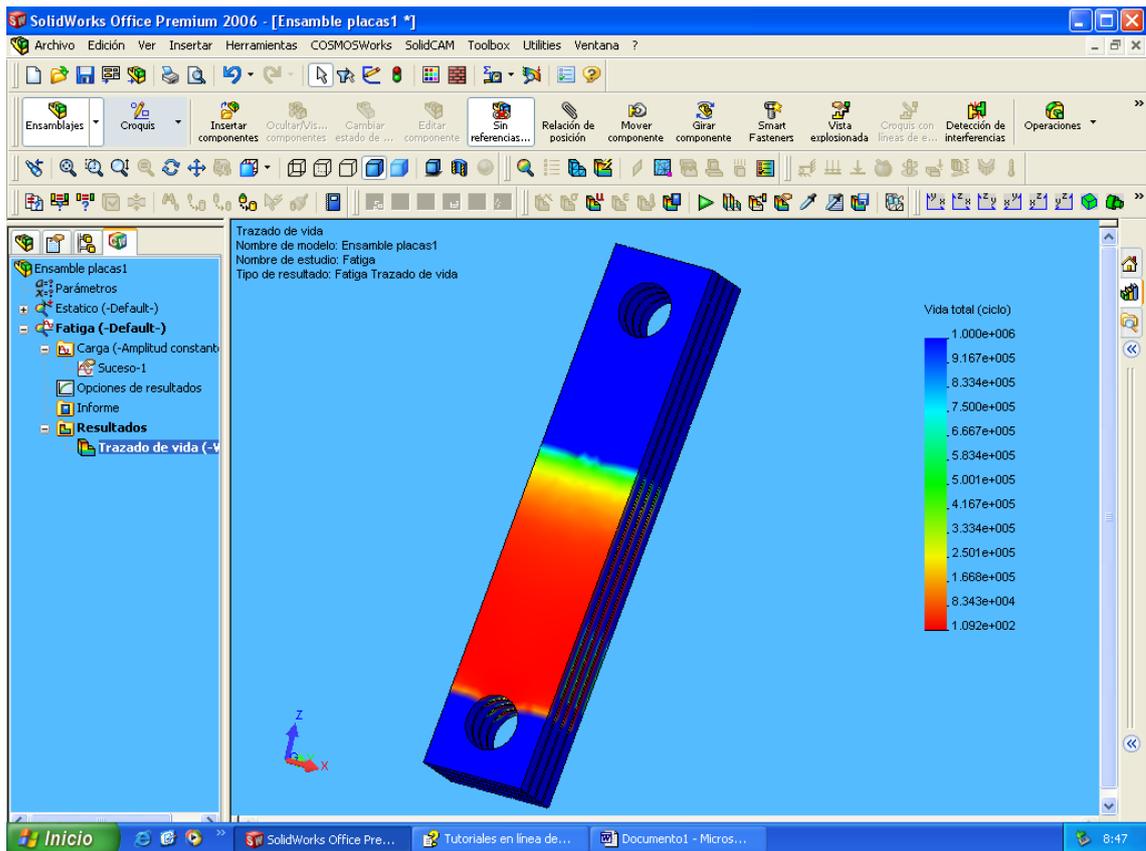


Figura 3.44 Resultado trazado de vida estudio a fatiga

Como resultado de la aplicación de la teoría de fatiga antes mencionada, en la figura 3.44 se puede observar el análisis mediante el trazado de vida que muestra que el fallo provocado por la fatiga puede producirse en los dos taladros o agujeros luego de 10.920ciclos, aproximadamente.

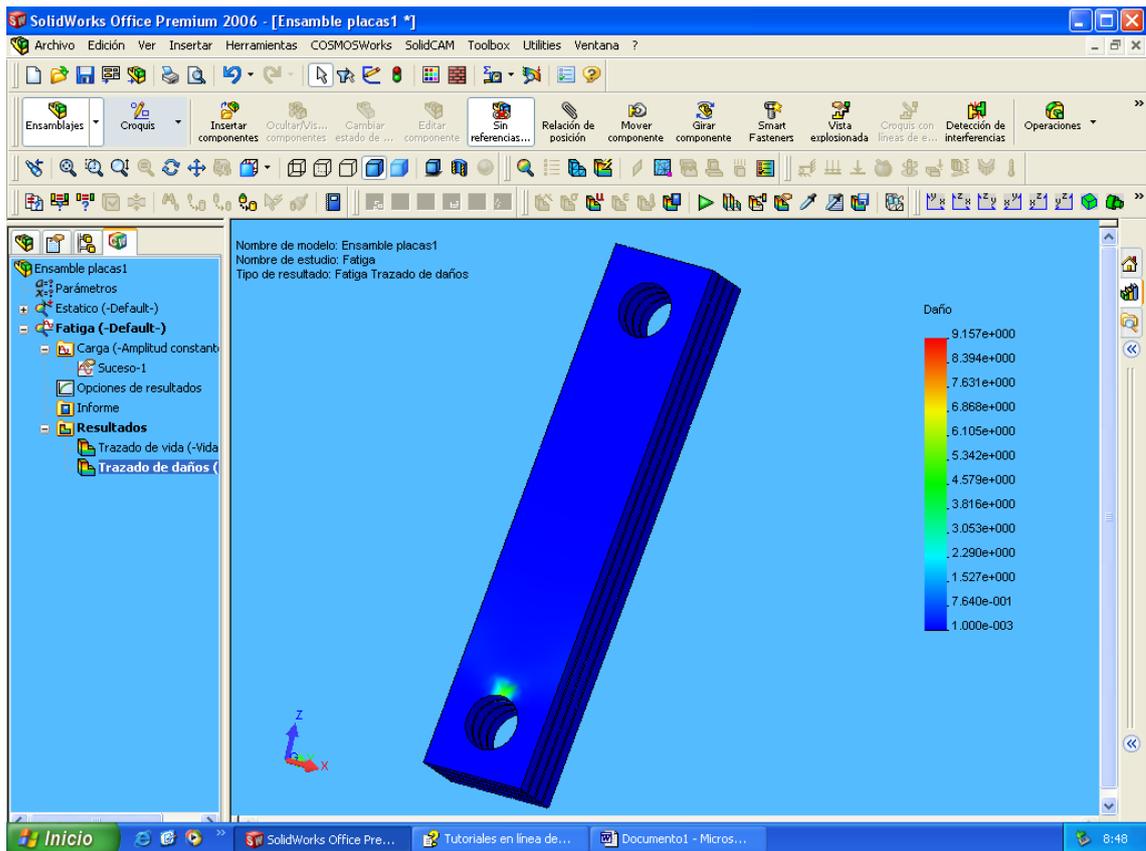


Figura 3.45 Resultado trazado de daños estudio a fatiga

Los resultados del factor de daño indican que el suceso especificado consume cerca del 5.342% de la vida del modelo que se encuentra de color verde siendo este el máximo, lo cual nos indica que el diseño de dichas placas es el correcto para la aplicación deseada .

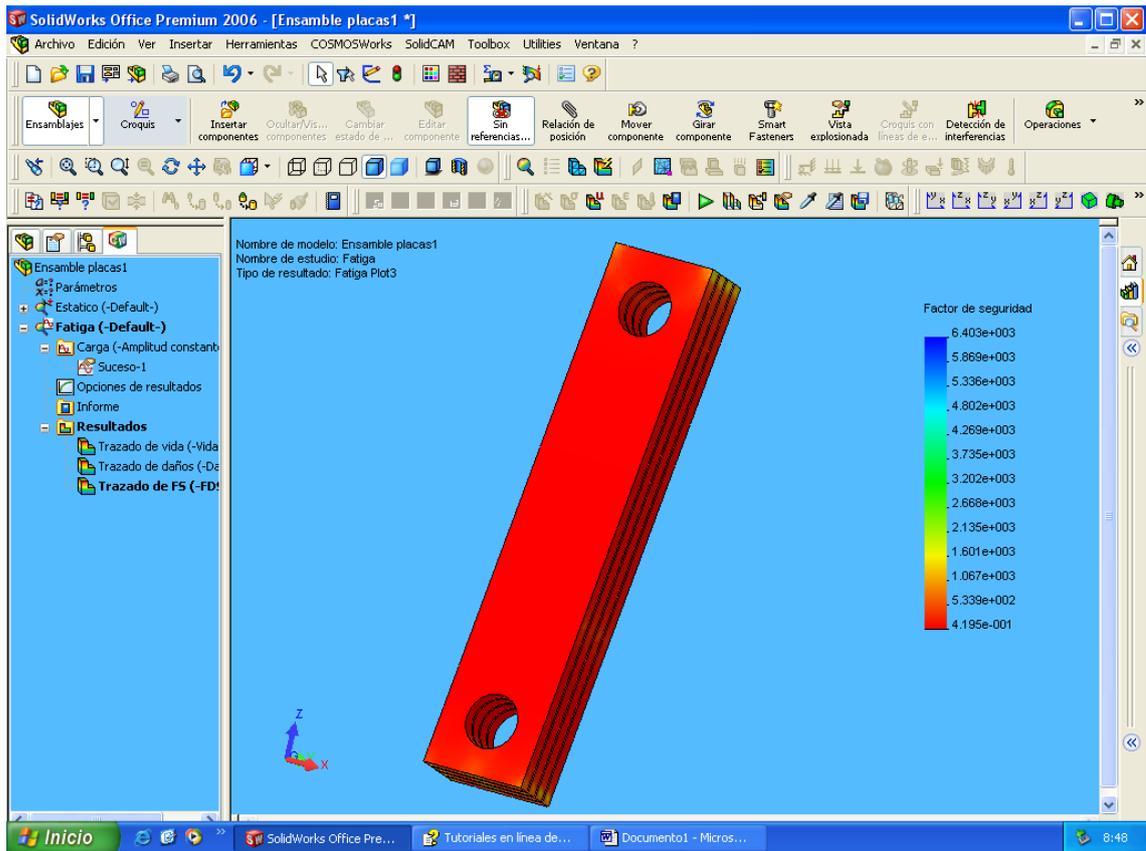


Figura 3.4 Resultado trazado factor de seguridad estudio a fatiga

Los resultados del factor de seguridad indican que las placas o resortes mecánicos fallará debido a la fatiga si las cargas se multiplican por 0.5 (el factor de seguridad mínimo) dando confiabilidad al diseño y seguridad al diseñador.

3.3.4. SEGURIDAD

La seguridad es sumamente importante ya que no se presta la atención debida al proceder a realizar las actividades diarias especialmente al momento de utilizar un sistema que requiere de energía eléctrica para su funcionamiento exponiéndose a un riesgo innecesario ya que puede causar algún tipo de daño tanto al operario como al funcionamiento de la demás maquinaria existente en la Fábrica de Municiones “Santa Bárbara” por tal razón se aconseja seguir las normas de seguridad necesarias dentro del establecimiento para evitar cualquier contratiempo.

Es importante resaltar que se sincronizará correctamente la parte de la alimentación con la parte del ensamblaje ya que así se asegurará el adecuado funcionamiento de la máquina PB 31-10 y evitar que existan interrupciones en el proceso de ensamblaje.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

4.1. ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1.1. ESTUDIO DE MERCADO

Con la preparación de este proyecto de tesis se busca demostrar la viabilidad de invertir en una determinada actividad económica en este caso en particular en los platos o tolvas de alimentación vibratorios para la bobina plástica y el culote metálico para la máquina de ensamblaje PB 31 – 10 los cuales tienen como objetivo final producir la munición de caza calibre 16.

Además trata de que el riesgo de inversión sea un riesgo calculado, partiendo del hecho evidente de que cualquier inversión entraña un riesgo.

Con este estudio no se pretende eliminar este riesgo implícito, pero si cuantificar cuán grande o pequeño es el riesgo y hasta cierto punto tratar de minimizarlo.

4.1.1.1. ESTUDIO DE LA OFERTA Y LA DEMANDA

4.1.1.1.1. OFERTA

En la actualidad el producto final, la munición de caza calibre 16, es ofertada principalmente por fabricantes locales como son la Fábrica de Municiones Santa Bárbara (F.M.S.B.) y la Fábrica de Municiones de Cuenca (FANAC); además de personas naturales como importadores.

Según la información proporcionada por el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas (CC.FF.AA) acerca de la oferta de dicha munición se tiene:

Tabla 4.1 Oferta a nivel nacional

	Cantidad de cartuchos
FANAC	1'000.000
FMSB y FANAC	7'500.000
Importación	1'852.015
Total	10'352.015

Analizando la oferta, la Fabrica de Municiones Santa Bárbara (F.M.S.B) y la Fábrica de Municiones de Cuenca (FANAC) que conjuntamente realizan la mayor cantidad de munición de caza consumida en nuestro país no tienen otra empresa que se constituya en competencia por lo que es lógico pensar en el desarrollo de tecnología pues esto significaría una disminución en sus costos de producción ya que se entregará una mayor cantidad de munición de caza al mismo precio que se ofertaba.

4.1.1.1.2. DEMANDA

Según estudios de mercado a través de un proceso de recolección de información realizados por DINECOMS los cuales pretenden cuantificar el volumen de municiones de caza que se utiliza en el país, la demanda de munición de caza alcanza los 12'000.000 unidades de cartuchos, siendo los principales consumidores de este producto:

- ♦ Camaroneras.
- ♦ Seguridad industrial, privada.
- ♦ Cías. que dan servicio de seguridad.
- ♦ Cacería (mínima cantidad).

Una vez determinada la oferta y demanda actuales se observa que existe una demanda insatisfecha la cual pretende ser cubierta por la Fábrica de Municiones Santa Bárbara (F.M.S.B) por lo que la detalla a continuación:

4.1.1.1.3. DEMANDA INSATISFECHA

Este análisis permite establecer el balance entre la oferta y la demanda actuales determinando la brecha existente, la cual fue la primera condición para determinar la realización de este proyecto de tesis.

Tabla 4.2 Demanda Insatisfecha

OFERTA	DEMANDA	DEMANDA INSATISFECHA
10'352.015	12'000.000	1' 647.985

Por lo tanto, la F.M.S.B proyecta captar esta cantidad de cartuchos (1' 647.985) sabiéndose en la capacidad para instalar la maquinaria y de un suficiente y continuo aprovisionamiento de materias primas.

4.1.2. ESTUDIO TÉCNICO

El estudio técnico analizará la posibilidad de fabricar los platos o tolvas de alimentación vibratorios en función de un adecuado diseño para una producción óptima de la munición de caza con la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles en la F.M.S.B. en términos de lo más recomendable posible.

Básicamente la Fábrica de Municiones Santa Bárbara (F.M.S.B) centrará todos sus esfuerzos en satisfacer con la demanda que existe a nivel nacional preocupándose al mismo tiempo de elevar sus ingresos.

4.1.2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se ubicará en las instalaciones de la F.M.S.B., para lo cual existe la infraestructura adecuada ya que esta localización no comprende ningún problema de espacio para la ubicación de los platos o tolvas de alimentación vibratorios como se analizó anteriormente al igual que para la máquina PB 31 – 10 a ser rediseñada y para el movimiento de materias primas.

4.1.2.2. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO

El tamaño del proyecto o capacidad instalada se expresará en unidades de producción por año.

Con la maquinaria que se va a reacondicionar e implementar, la capacidad instalada para la fabricación de la munición de caza calibre 16 será de 666.670 unidades/mes en un turno de 8 horas diarias durante 260 días al año de producción.

Con esta capacidad la F.M.S.B. estará en capacidad de cubrir una demanda de 8'000.000 unidades al año dentro del país.

4.1.2.3. INGENIERÍA DEL PROYECTO

Existen varias etapas de la ingeniería que engloban la realización total de la munición de caza calibre 16 pero específicamente se detallará lo relacionado con los platos o tolvas de alimentación vibratorios para la máquina PB 31 –10.

4.1.2.3.1. SELECCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Una representación resumida del proceso productivo se puede observar en la siguiente tabla conociendo que los elementos necesarios como materia prima son: el tubo plástico, la bobina plástica y el culote metálico.

Tabla 4.3 Proceso Productivo Máquina PB 31-10

ESTADO INICIAL	PROCESO TRANSFORMADOR	PRODUCTO FINAL
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Tubo Plástico ◆ Bobina Plástica ◆ Culote Metálico 	<ul style="list-style-type: none"> a. Aumento del diámetro de la boca del tubo plástico. b. Alimentación de la bobina plástica. c. Ensamblaje de la bobina plástica. d. Reducción del diámetro de la boca del tubo plástico. e. Alimentación del culote metálico. f. Ensamblaje del culote metálico. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Cápsula sin fulminante

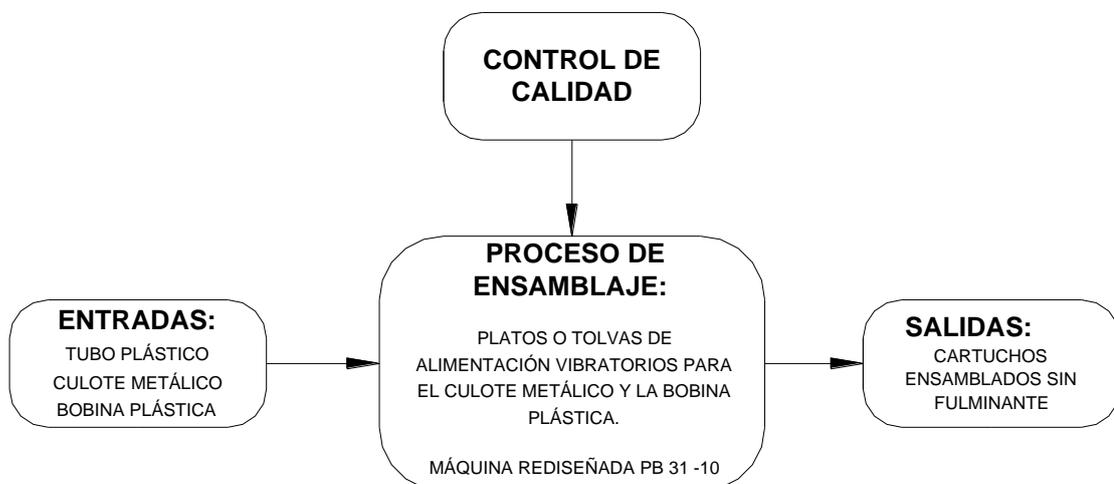


Figura. 4.1 Diagrama de procesos para el ensamble de la munición

El proceso que realizan los platos o tolvas de alimentación vibratorios y la máquina PB 31 –10 a ser rediseñada concluye con la cápsula sin la colocación del fulminante o pistón el cual será realizado en otro proceso pero formará parte de nuestro análisis ya que las cápsulas que se importan al momento si cuentan con el fulminante ensamblado.

4.1.2.3.2. ABASTECIMIENTO DE INSUMOS

Es necesario realizar un censo de los proveedores locales e internacionales para que se tenga un normal abastecimiento cuando se realice el ensamblaje.

Tabla 4.4 Elementos de la munición de caza y su procedencia

COMPONENTE	PROCEDENCIA
TUBO PLÀSTICO	Industria Local I.E.P.E.S.A.
BOBINA PLASTICA	Industria Local I.E.P.E.S.A.
CULOTE METÁLICO	Industria Local F.M.S.B.
FULMINANTE	IMPORTADO

4.1.2.3.3. SELECCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS

Conociendo el proceso productivo descrito anteriormente se debe seleccionar la maquinaria y equipos para la fabricación de las cápsulas fulminadas que requiere la F.M.S.B.

La maquinaria que se requiere se puntualiza a continuación:

Tabla 4.5 Maquinaria requerida para ensamblar la munición de caza

MAQUINARIA	PROCEDENCIA
♦ Máquina para fabricar el Culote Metálico	Posee (F.M.S.B.)
♦ Máquinas para Alimentar Culote Metálico y Bobina Plástica	Diseño (F.M.S.B.)
♦ Máquina para ensamblar Cápsula no Fulminada	Rediseño Maq. PB 31-10 (F.M.S.B.)
♦ Máquina para Fulminar	Posee (F.M.S.B.)
♦ Máquina para el Prensado Definitivo	BSN Italia

4.1.2.3.4. IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Existe la necesidad vital de proteger y preservar el ambiente ya que es, al mismo tiempo, materia prima y hábitat para el futuro desarrollo humano y productivo del país, es imperioso que la F.M.S.B. haga uso racional y planificado de los recursos para la minimización del deterioro ambiental.

Por esta razón el área donde operarán los platos o tolvas de alimentación para el ensamblaje de la munición de caza actualmente debe ser reforzada ya que trabajan con pólvora y con altos índices de decibeles.

Además si bien la ejecución del proyecto no afectará al ambiente ya que es categoría II – neutral al ambiente y se tiene buena ventilación y una correcta utilización de medidas de seguridad industrial podría ser mejorado.

4.1.2.3.5. PERSONAL REQUERIDO

El personal que se requerirá para una adecuada puesta en marcha de la máquina PB 31 –10 y sus correspondientes platos de alimentación vibratorios para ensamblar la cápsula no fulminada de la munición de caza calibre 16 se observa en la siguiente tabla:

Tabla 4.6 Número de personal para el proceso de ensamblaje

DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	NIVEL DE PREPARACIÓN	Nº DE OPERADORES
♦ Operador de maquinaria	Bachiller	3
♦ Mantenimiento de maquinaria	Bachiller Técnico	1
♦ Control de Calidad de la Cápsula	Bachiller	1
♦ Pruebas o Ensayos y Planificación	Ingeniero	1
	TOTAL :	6

4.1.3. ANÁLISIS DE COSTOS

4.1.3.1. ANÁLISIS DE COSTOS DE LOS PLATOS O TOLVAS DE ALIMENTACIÓN VIBRATORIOS

Con la finalidad de realizar el análisis de costos del proyecto de ensamblaje de la cápsula fulminada se valoró inicialmente el costo del diseño de los platos o tolvas de alimentación para la máquina PB 31 - 10 tal como lo define en el

anexo C-1 considerando para ello los siguientes puntos fundamentales que son: Materia prima, Mano de obra directa (Personal técnico), Costos indirectos de fabricación (Maquinaria, M.O.I y asesoramiento), Gastos de administración e imprevistos.

4.1.3.1. MATERIA PRIMA

La siguiente tabla permitirá elaborar el costo unitario teniendo en cuenta las materias primas que contribuyen a formar el producto:

Tabla 4.7 Materias Primas Requeridas

MATERIAS PRIMAS	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Hierro Fundido	KG	245	3.00	735.00
Acero				145.30
COSTO TOTAL (incluye 12 % I.V.A)				985.94

Las Materias Primas requeridas para la elaboración de los platos o tolvas de alimentación vibratorios se detallan en el anexo C-2.

4.1.3.1.1. MANO DE OBRA DIRECTA

Los requerimientos de mano de obra directa se constituyen en un trabajo minucioso que la F.M.S.B. posee para la realización de los platos o tolvas de alimentación vibratorios con obreros calificados con excelente rendimiento para la elaboración del producto.

Tabla 4.8 Mano de Obra Directa Requeridas

MANO DE OBRA DIRECTA	CANTIDAD	VALOR C/ HORA	COSTO TOTAL
Sr. Jácome	320	3.86	1235.20
Sr. Aguirre	320	3.50	1120.00
Sr. Revelo	320	4.66	1491.20
TOTAL M.O.D.			3846.40

4.1.3.1.2. COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN

Los costos indirectos de fabricación están integrados por la mano de obra indirecta, los materiales indirectos, los suministros, reparación y mantenimiento, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.9 Costos Indirectos de Fabricación

COSTOS INDIRECTOS	CANTIDAD	VALOR C/ HORA	COSTO TOTAL
CIF (Maquinaria Servicios)			350.00
CIF (Misceláneos)			150.00
Mano de obra Indirecta	80	10.00	800.00
Materiales e Insumos			64.28
Sr. Jorge Carrera	240	7.00	1680.00
Asesoramiento	80	10.00	800.00
TOTAL M.O.D.			3844.28

4.1.3.1.3. GASTOS ADMINISTRATIVOS E IMPREVISTOS

Los gastos administrativos tendrán un porcentaje del 15% del costo total descrito anteriormente mientras que por imprevisto se considerará un porcentaje del 10% del total de los gastos administrativos.

Los mismos que se resumen de la siguiente manera:

Tabla 4.10 Costo de los platos o tolvas de alimentación

DESCRIPCIÓN	VALOR USD
Materia Prima	985.94
Mano de Obra Directa	3846.40
Costo Indirecto de Fabricación (CIF)	3844.28
Costo Total Platos	8676.62
Gastos Administrativos (15% CTP)	1301.49
Subtotal	9978.11
Imprevistos (10%)	997.81
COSTO TOTAL PLATOS VIBRATORIOS	10975.92

4.1.3.2. ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

Una vez determinado el costo de los platos o tolvas de alimentación vibratorios para la máquina PB 31-10 se deberá encontrar cual es costo de producción de las cápsulas fulminadas tal como lo muestra el anexo C-3 donde se observará la estructura general del flujo de caja tomando para su desarrollo los siguientes componentes:

- ◆ Materia prima (tubo plástico, bobina, culote y fulminante)
- ◆ Mano de obra directa (Operarios)
- ◆ Costos indirectos de fabricación (Maquinaria y M.O.I)
- ◆ Gastos de administración

Tabla 4.11 Costo de producción de la munición de caza

DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO USD	PROVEEDOR
◆ Tubo Plástico	0.0120	I.E.P.E.S.A.
◆ Bobina Plástica	0.0050	I.E.P.E.S.A.
◆ Culote Metálico	0.0104	F.M.S.B.
◆ Fulminante	0.0120	IMPORTADO
Total Materia Prima	0.0394	
Gastos de fabricación y Administrativos	0.0072	
COSTO TOTAL DE LAS CÁPSULAS FULMINADAS	0.0466	

Los costos unitarios obtenidos fueron realizados teniendo en cuenta una producción anual de 8 millones de cartuchos anuales (320000 cajas de veinte y cinco unidades), cifra obtenida del análisis de mercado para este producto.

De acuerdo con el análisis de costos que se encuentra en el anexo C-2 de ensamblaje de la cápsula munición de caza calibre 16 se indica claramente que

el precio es de 0,0466 ^{USD}/_{cartucho}, la cual comparando con el costo de un cartucho importado que es igual a 0,0654 ^{USD}/_{cartucho}, existe un ahorro de 0,0188 ^{USD}/_{cartucho}.

4.1.3.3. APLICACIONES DE LOS RECURSOS

4.1.3.3.1. INVERSIÓN

La F.M.S.B. deberá realizar la siguiente inversión para lograr que el proceso de ensamblaje se ejecute de forma apropiada:

Tabla 4.12 Inversión para el proceso de ensamblaje

MAQUINARIA	COSTO USD	PROCEDENCIA
Platos de Alimentación Vibratorios	10.975,92	F.M.S.B. (Diseño)
Máquina para ensamblar la cápsula	22.695,24	F.M.S.B. (Rediseño)
Máquina PB 31 - 10	100.000,00	F.M.S.B.
Máquina para el Prensado Definitivo	87.817,00	BSN ITALIA
Máquina fab. del Culote Metálico	15.000,00	F.M.S.B.
Máquina para colocar Fulminante	4.000,00	F.M.S.B.
INVERSIÓN TOTAL EN MAQUINARIA:	240.488,16	

4.2. ANÁLISIS FINANCIERO

El estudio financiero permitirá verificar los resultados que genera el proyecto dentro de un escenario económico que debe ser lo más aproximado a las circunstancias reales de la vida del proyecto.

Por lo tanto para verificar dichos resultados se determinará la rentabilidad del proyecto por medio de tres indicadores que muestran cuantitativamente el impacto dentro de la Fábrica de Municiones Santa Bárbara. Estos son: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el tiempo de recuperación de la inversión. Sin embargo, para poder calcular estos indicadores, es necesario primero elaborar el flujo de caja presupuestado correspondiente a diez períodos, que en este caso equivalen a diez años.

Es importante resaltar que para un adecuado análisis es necesario que los estados financieros para el proyecto correspondan a períodos iguales y la metodología o principios aplicados guarden concordancia entre los períodos.

Como se puede observar en los cuadros del anexo C-4, los valores del valor actual neto (VAN) que es el valor monetario que excede la rentabilidad deseada después de que se ha recuperado toda la inversión, es de 1.769.388,31 dólares y una tasa interna de retorno (TIR) que es el porcentaje máximo que puede ser exigido al proyecto, es decir, cuando el VAN es cero el TIR es el 75%. El último indicador del análisis financiero es el tiempo de recuperación de la inversión el cual es de aproximadamente dos años.

Es importante tomar en cuenta que el mantenimiento de la maquinaria es un rubro que por su importancia debe ser tomado en cuenta dentro de este análisis, debido a que permitirá mantener operativos los elementos mecánicos como son las bobinas eléctricas etc.

El análisis económico – financiero ha demostrado que el proyecto es viable y que su ejecución está plenamente justificada.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1. CONCLUSIONES

1. La Fábrica de Municiones “Santa Bárbara” propone el proceso de ensamblar la munición de caza calibre 16 el cual consiste en ingresar como materia prima los componentes tubo plástico, bobina plástica y culote metálico, para ser ensamblados y obtener el cartucho de munición de caza sin fulminar, concluyendo que dicha munición será terminada por procedimientos posteriores, a razón de 30.305 unidades diarias, llegando así, a producir 8 millones de cartuchos por año.
2. Se cuenta con los planos para la posterior construcción de los Platos o Tolvas de Alimentación Vibratorias para el Culote Metálico y la Bobina Plástica que alimentará a la máquina PB 31 –10 a ser rediseñada, obtenidos a partir del diseño teórico y computarizado de la misma.
3. La máquina diseñada presenta características que la diferencian de sus similares ya que la alimentación mediante tambor rotativo y guía de conducción y la alimentación mediante el empleo únicamente de guías con dispositivos especiales son sumamente complejos; mientras que si se realiza la alimentación mediante el empleo de una tolva vibratoria con selectores de posición o tabiques selectores el proceso toma una naturaleza más sencilla volviendo automático y logrando así un buen complemento para la máquina PB 31 –10 para el proceso de ensamblaje.
4. En el diseño se ha considerado los aspectos constructivos, tecnológicos y económicos que faciliten el desarrollo de la máquina con recursos existentes en el país concretamente en la Fábrica de Municiones “Santa Bárbara” , pues los materiales empleados para el diseño son comunes; los planos de construcción han sido definidos de acuerdo a la operación de manufactura

requerida, por lo que no se necesita de maquinaria especializada para realizar una posterior construcción de la máquina, de esta manera se contribuye al desarrollo de maquinaria con tecnología nacional.

5. En lo referente al análisis económico que se define en el anexo C la máquina tiene un costo de 10975.92 dólares. Cabe destacar que ésta es la cotización para ambas máquinas, este valor decrecería pues las remuneraciones al personal se dividen en ese caso para el número de máquinas fabricadas, además se obtiene precios especiales en los materiales utilizados por la Fábrica de Municiones “Santa Bárbara”, otra manera de abaratar los costos es la construcción de la máquina por fundición, ya que es una técnica fácil y de gran resultado en el Ecuador.
6. Ante la globalización de los mercados, el Ecuador requiere de la industrialización de los procesos así como la reactivación de la mediana y pequeña industria, el proyecto va dirigido a este sector como lo es la Fábrica de Municiones Santa Bárbara, donde no se tienen los recursos para adquirir maquinaria compleja por lo que es preferible pensar en tecnología y soluciones que se puedan desarrollar en el país, ya que, el desarrollo de máquinas de alimentación como la diseñada, puede ser una opción de ahorrar muchísimos recursos.
7. Una vez realizado el análisis de vibraciones del sistema además del análisis de esfuerzos a los que está sometida la máquina, y conjuntamente al determinar que el proceso de ensamblaje no está sometido a esfuerzos, se concluye que los Platos o Tolvas de Alimentación Vibratorios no tendrán ningún problema al momento de su funcionamiento ya que cumplirán con las dimensiones y parámetros de construcción para permitir el correcto ensamblaje de la munición de caza calibre 16 .
8. Al realizar el estudio económico financiero teniendo en cuenta que la producción anual es de 8 millones de cartuchos y que esta es establecida por la Fábrica de Municiones “Santa Bárbara”, se determinó que nuestro proyecto tiene un indicador del valor actual neto (VAN) de 1.769.388,31 y

una tasa interna de retorno (TIR) de 75 % y cuya inversión se puede recuperar en 2 años, lo que nos permite concluir que el proyecto es viable.

5.1.2. RECOMENDACIONES

1. La Fábrica de Municiones “Santa Bárbara” debe seguir el proceso de transformación y elaboración de la máquina PB 31 – 10 y los Platos de Alimentación para la misma para el ensamblaje de la munición de caza calibre 16, con el fin de reutilizar dicha máquina que actualmente no se encuentra operando.
2. El instante que se realice la construcción de las piezas mecánicas indicadas en los planos debe cumplirse con los parámetros de construcción, de manera de que no exista problemas el momento de poner en funcionamiento la máquina.
3. Al momento de montar los Platos o Tolvas de Alimentación Vibratorios estos deben estar nivelados correctamente sobre estructuras o soportes adecuados ya que si existen pequeñas inclinaciones estos no podrán funcionar adecuadamente y el proceso no se realizará con precisión y exactitud.
4. Los diseños de maquinaria deben ser siempre el resultado de la interacción entre costo, resistencia y comodidad para el usuario en este caso en particular la Fábrica de Municiones “Santa Bárbara”, pues en la actualidad se busca que el trabajo sea una actividad confortable y satisfactoria para el trabajador de manera que no pierda la motivación y sea más productivo.

5. Se debe hacer conciencia que el desarrollo tecnológico no está únicamente en las grandes y novedosas máquinas, sino en el aprovechamiento de los recursos.
6. El mecanismo de vibración así como sus análisis podrían ser aplicado como base para la generación de otro tipo de maquinaria dentro de la Fábrica de Municiones “Santa Bárbara” , además de que puede ser usada en para alimentar y mejorar otros procesos dentro de la Fábrica.
7. Debemos pensar que para que un proyecto sea apoyado, éste no debe estar en constante crecimiento y representar cada vez mayores ingresos para la empresa sino más bien observar cual es la utilidad que nos va a generar como se demostró anteriormente, siendo muy productivo para la Fábrica de Municiones.
8. Finalmente se recomienda tratar de reutilizar la maquinaria que en estos momentos se encuentra fuera de servicio en la Fábrica de Municiones “Santa Bárbara” mediante la elaboración de otros proyectos ya sea de diseño o rediseño para que existan otros procesos dentro de la empresa y ésta crezca día a día.

5.2. BIBLIOGRAFÍA

- **LANZA Francisco, TRATADO DE CARTUCHERÍA**, Editorial Merino AG, Tercera Edición, Madrid 1978.
- **LÓPEZ NAVARRO Tomás, AUTOMATISMO Y CONTROL**, Editorial Gustavo Gili S.A., Segunda Edición Ampliada, Barcelona 1975.
- **SANDOR George, DISEÑO DE MECANISMOS**, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, 1998.
- **SHIGLEY Joseph, DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA**, Editorial McGraw-Hill, Quinta Edición, México 1990.
- **NORTON Robert, DISEÑO DE MÁQUINAS**, Editorial Prentice Hall, México 1999.
- **SMITH Willam, FUNDAMENTOS DE LA CIENCIA E INGENIERIA DE LOS MATERIALES**, Editorial McGraw-Hill, Tercera Edición, 1998.
- **LARBURU Nicolás, MÁQUINAS PRONTUARIO**, Editorial Paraninfo, Décima Edición, Madrid 1998
- **MENESESE ALVAREZ Edilberto, PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS EN LA EMPRESA**, Impreso XEROX –PUCE, Primera Edición, Quito 1999.

5.3. ANEXOS