



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Mecánica

“DISEÑO DE MÁQUINA BRIQUETEADORA DE VIRUTA DE ACERO PARA LA MAESTRANZA VALDIVIA.”

Trabajo para optar al Título de:
Ingeniero Mecánico

Profesor Patrocinante:
Sr. Claudio Bastidas Cumián
Ingeniero Mecánico.
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería
Diplomado en Ingeniería Especialidad en Mecánica

YOHAN FIBRE GARRIDO JIL
VALDIVIA - CHILE
2007

El Profesor Patrocinante y Profesores Informantes del Trabajo de Titulación comunican al Director de la Escuela de Mecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, que el Trabajo de Titulación del Señor:

YOHAN FIBRE GARRIDO JIL

Ha sido aprobado en el examen de defensa rendido el día 26/10/2007, como requisito para optar al Título de **Ingeniero Mecánico**. Y, para que así conste para todos los efectos firman:

Profesor Patrocinante:

Sr. Claudio Bastidas C.



Profesores Informantes:

Sr. Misael Fuentes P.



Sr. Milton Lemaríe O.



Vº Bº Director de Escuela

Sr. Milton Lemarie O.



INDICE

Resumen	1
Introducción	3
CAPITULO I: Marco Teórico	4
I.1 Principales Procedimientos Tecnológicos Aptos Para la Obtención de Piezas en Bruto o Acabadas	4
I.2 Tipos de Virutas Obtenidos en los Procesos de Mecanizado	5
I.3 Briqueteado	6
I.4 Problema y Problemática	7
I.5 Variables Dependientes y Variables Independientes	8
I.6 Hipótesis	8
CAPITULO II: Diseño de la Máquina Briquetadora de Viruta de Acero	9
II.1 Evaluación de los Requerimientos Específicos de la Maestranza Valdivia	9
II.2 Análisis de las Máquinas Briquetadoras de Viruta de Acero	9
II.3 Determinación del Tipo de Energía a Utilizar	11
II.4 Análisis del tipo y de la Cantidad de Viruta a Trabajar	11
II.5 Cálculo del Volumen de la Briqueta, Para no Superar un Peso Determinado	11
II.6 Esquema de la Máquina Briquetadora de Viruta de Acero	13
CAPITULO III: Cálculo de la Máquina Briquetadora y de sus Componentes	14
III.1 Cálculo de la Presión Necesaria para Briquetear la Viruta de Acero	14
III.2 Cálculo de Resistencia de los Componentes de la Máquina	19
III.3 Cálculo del Tornillo de Sujeción del Cilindro Briqueteador	36
III.4 Cálculo del Sistema Hidráulico	37
III.5 Especificaciones Técnicas del Sistema Hidráulico	42

CAPITULO IV: Costos de Construcción de la Máquina	45
Conclusiones	47
Bibliografía	48
Anexos	50

Resumen

Este trabajo se basa principalmente, en el diseño de una Máquina Briqueteadora de Viruta de Acero, capaz de satisfacer los requerimientos de la Maestranza Valdivia, entre los cuales, el principal es tener la capacidad de producir Briquetas de Viruta de diferentes Aceros a la vez, es decir, con diferentes tipos de Virutas de diferentes materiales, formar una Briqueta.

El volumen de viruta que genera la Maestranza Valdivia es de 750 kg. Semanal aproximadamente, por lo tanto, la Máquina que se diseña no necesita ser de producción continua y no es necesario que sea muy rápida en su proceso.

La Máquina que se diseña en este trabajo es sencilla, en comparación con las máquinas briqueteadoras existentes en el comercio y se basa principalmente en dos cilindros hidráulicos, uno que ejerce la presión de briqueteado y el otro se encarga de liberar la briqueta. Ambos dispuestos sobre una estructura de acero convencional (SAE 1045).

El tamaño de la briqueta que se produce en ésta Máquina es de 6,8 cm de altura y de 15 cm de diámetro aproximadamente, dependiendo del tipo de viruta (tipo de acero) que se esté briqueteando.

Todo el cálculo de presiones necesarias para briquetear la viruta de acero, está basado en un ensayo de tracción realizado al acero SAE 3415, en las instalaciones de la Universidad Austral de Chile.

Los cálculos de los componentes más importantes de la Máquina Briqueteadora son realizados en el Software Mechanical Desktop 6.0, y los resultados se dan a conocer en este mismo trabajo de manera escrita y de manera gráfica.

El sistema hidráulico que se emplea en la Máquina Briqueteadora, es muy sencillo de instalar y detectar una falla, ya que sólo está compuesto por un estanque hidráulico, una bomba, dos válvulas direccionales, una válvula limitadora de presión, una válvula reguladora de caudal, dos cilindros hidráulicos y dos filtros, uno de aspiración y el otro de retorno. Con todos estos componentes se logra operar la Máquina en su plenitud.

Los detalles acerca de la forma de la Máquina, los componentes estructurales y las dimensiones de ésta, se encuentran en los planos que acompañan este trabajo.

Summary

This work is based mainly, in the design of a Machine Briquet the shaving the steel, able to satisfy the requirements with the Valdivia Arsenal, between which, the main one is to have the capacity simultaneously to produce Steel Shaving Briquets different, that is to say, with different types from Shavings of different materials, to form a Briquet.

The volume of shaving that generates the Valdivia Arsenal is of 750 kg Weekly approximately, therefore, the Machine that is designed does not need to be continuous production and it is not necessary that she is very fast in his process.

The Machine that is designed in this work is simple, in comparison with the existing briquet Machine in the commerce and it is based mainly on two hydraulic cylinders, one that the pressure of briquet exerts and the other is in charge to release the briquet. Both ready on a conventional steel (SAE 1045).

The size of the briquet that takes place in this one Machine is of 6.8 cm of height and 15 cm of diameter approximately, depending on the type of shaving (type of steel) that is being briquet. All the calculation of pressures necessary to briquet the steel shaving, is based on a test of traction made to steel SAE 3415, in the facilities of the Austral University of Chile.

The calculations of the most important components of the Briquet Machine are made in Software Mechanical Desktop 6,0, and the results occur to know in this same work of written way and graphical way.

The hydraulic system that is used in the Briquet Machine, is very simple to install and to detect a fault, since only this a directional made up of a hydraulic pool, pump, two valves, a limiter valve of pressure, a regulating valve of volume, two hydraulic cylinders and two filters, the one of aspiration and other of return.

With all these components it is managed to operate the Machine in his fullness. The details about the structural form of the Machine, components and the dimensions of this one, are in the planes that accompany this work.

INTRODUCCIÓN

Desde comienzos de la historia de las maestranzas, las personas involucradas en los procesos productivos, han tenido que convivir con las grandes cantidades de viruta de acero que se obtienen como producto del maquinado de piezas de acero. Con el pasar de los años, las cantidades de viruta se han incrementado considerablemente debido a los grandes avances Tecnológicos desarrollados en el área de las Máquinas – herramienta. Estos avances tecnológicos, han incrementado el conocimiento en una serie de temas que están relacionados entre si, como lo son: los ciclos y métodos de trabajo, herramientas, tiempos de producción y utilización de las Máquinas – herramientas.

Hoy en día, en muchas Maestranzas de gran importancia a nivel mundial, se utilizan Máquinas briqueteadoras de viruta de acero, para briquetear toda la viruta que se produce en el proceso productivo de la Maestranza y de esta manera, poder comercializar la viruta a los centros de reciclaje de acero. Sin embargo, la utilización de Máquinas briqueteadoras de acero, no está al alcance de Maestranzas cuyas cantidades de viruta no supera las cinco toneladas semanales, debido a que todas las briqueteadoras de viruta de acero existentes, son de producción continua, lo cual eleva enormemente su valor de adquisición.

El objetivo de este trabajo, es diseñar una Máquina briqueteadora de viruta de Acero, para reducir el volumen de la viruta que se encuentra en la Maestranza Valdivia y junto con esto, facilitar el transporte de la viruta hacia los vertederos o hacia los puntos de reciclaje (facilitar su comercialización).

En este trabajo se realizará, el diseño de la Máquina Briqueteadora de Viruta de Acero, en base a los requerimientos específicos de la Maestranza Valdivia, considerando para tal efecto, los materiales más usados en la Maestranza. Junto con el diseño de la Máquina, se incluirá como parte de éste un cuadro resumen que dará a conocer los costos de inversión necesarios para implementar este diseño.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 PRINCIPALES PROCEDIMIENTOS TECNOLÓGICOS APTOS PARA LA OBTENCIÓN DE PIEZAS EN BRUTO O ACABADAS.

Las piezas pueden obtenerse, por medio de procesos sin arranques de viruta y procesos con arranques de viruta [1].

En los procesos sin arranque de viruta, se encuentran los siguientes: laminación, Trefilado, Fusión, Fundición en tierra, Fundición en copilla metálica, Forja, Estampado en caliente, estampado en frío, extrusión en caliente o en frío y sinterización.

En los procesos con arranque de viruta que nos centraremos, son [1]:

- Torneado: Consiste en perfilar, alrededor de un eje, un sólido de revolución.
- Taladrado o agujereado: consiste en elaborar un agujero cilíndrico en un cuerpo metálico.
- Escareado, mandrinado: es una operación muy parecida al torneado interior.
- Limado: consiste en arrancar viruta horizontalmente a fin de obtener una superficie plana o perfilada en un cuerpo.
- Cepillado o planeado: consiste en arrancar la viruta horizontalmente a fin de obtener una superficie plana.
- Amortajado: consiste en arrancar la viruta de un agujero, a fin de obtener una o varias ranuras longitudinales.
- Brochado: consiste en hacer pasar forzosamente una herramienta denominada brocha en un agujero cilíndrico, con el fin de transformar su perfil por medio de arranque de viruta.
- Fresado: consiste en arrancar la viruta mediante herramientas circulares de cortes múltiples denominadas fresas.
- Aserrado: consiste en cortar un trozo de acero mediante sierra, la cual puede ser, de movimiento circular o movimiento lineal.
- Rectificado: tiene por objeto corregir definitivamente una superficie.
- Bruñido o lapidado: consiste en reparar repetidamente, con abrasivos de grano fino y aceite lubricante, una superficie previamente templada y después rectificadas.

1.2 TIPOS DE VIRUTAS OBTENIDOS EN LOS PROCESOS DE MECANIZADO.

La *viruta*, se define como el material extraído de la pieza de trabajo, que puede asumir diferentes aspectos característicos (hoja, rizo, granillo, aguja, etc.) [1].

A partir de la apariencia de la viruta se puede obtener mucha información valiosa acerca del proceso de corte, ya que algunos tipos de viruta indican un corte más eficiente que otros. El tipo de viruta está determinado primordialmente por:

- a) Propiedades del material a trabajar.
- b) Geometría de la herramienta de corte.
- c) Condiciones del maquinado (profundidad de corte, velocidad de avance y velocidad de corte).

En general, es posible diferenciar inicialmente tres tipos de viruta de acero:

1.2.1 Viruta discontinua. Este tipo de viruta, es representativa del maquinado de los materiales frágiles, tales como, el hierro fundido y el latón fundido; para estos casos, los esfuerzos que se producen delante del filo de corte de la herramienta provocan fractura. Lo anterior se debe a que la deformación real por esfuerzo cortante excede el punto de fractura en la dirección del plano de corte, de manera que el material se desprende en segmentos muy pequeños. Por lo común se produce un acabado superficial bastante aceptable en estos materiales frágiles, puesto que el filo tiende a reducir las irregularidades [1].

1.2.2 Viruta Continua. Este tipo de viruta, representa el corte de la mayoría de los materiales dúctiles, los cuales permiten al corte tener lugar sin fractura y es producido por velocidades de corte relativamente altas, grandes ángulos de ataque (entre 10° y 30°) [1] y poca fricción entre la viruta y la cara de la herramienta.

1.2.3 Viruta Continua con protuberancias. Este tipo de viruta representa el corte de materiales dúctiles a bajas velocidades en donde existe una alta fricción sobre la cara de la herramienta. Esta alta fricción es causa de que una delgada capa de viruta quede cortada de la parte inferior y se adhiera a la cara de la herramienta. La viruta es similar a la viruta continua, pero la produce una herramienta que tiene una

saliente de metal aglutinado soldada a su cara. Periódicamente se separan porciones de la saliente y quedan depositadas en la superficie del material, dando como resultado una superficie rugosa; el resto de la saliente queda como protuberancia en la parte trasera de la viruta [1].

1.3 BRIQUETEADO

Consiste en prensar pequeñas partículas de materiales sólidos, para moldear formas coherentes de mayor tamaño. [2]

En 1848, se le concedió una Patente a William Easby para un MÉTODO DE CONVERSIÓN DE CARBÓN MENUDO EN TURRONES SÓLIDOS. En su requerimiento, Easby hizo únicamente una reivindicación, “La formación de pequeñas partículas de cualquier variedad de carbón en turrónes sólidos a través de presión” [2]. En una igualmente breve descripción del proceso, menciona “La utilidad y la ventaja de la descubierta es que, a través de ese proceso, un artículo de pequeño valor, casi despreciable, puede convertirse en un valioso material combustible para navíos a vapor, fraguas, culinaria y otras finalidades, ahorrando así lo que hasta ahora se pierde”.

Easby, en sus pocas palabras, había patentado toda la industria de briqueteado de carbón y de esa forma, estableció la razón para su existencia. [2]

1.3.1 TIPOS DE BRIQUETEADOS.

Existen diversos tipos de briqueteado, los más conocidos son los sistemas de briqueteación de maderas, tales como aserrín y chip. Estas briquetas generalmente son usadas para calefacción por medio de combustión. También existen briquetas de acero de distinto tipo, los que tienen por objetivo, mejorar y facilitar el transporte y almacenamiento de los desechos de acero, tales como viruta de acero, para reciclarlos posteriormente. Dentro de este tipo de briquetas, se pueden encontrar briquetas de [2]

1. Acero dulce.
2. acero de alto contenido de carbono.
3. Cobre.
4. Bronce.
5. Aluminio.

1.3.1.1 BRIQUETEADO CON AGLUTINANTES.

Muchos materiales se briquetean con aglutinantes, ya que éste ayuda a mejorar la cohesión entre las partículas, aplicando, un mínimo de esfuerzo. Las briquetas hechas con aglutinantes son generalmente prensadas en baja presión.

Algunos ejemplos de materiales briqueteados con aglutinantes son: El Mineral de hierro y cromita, los cuales, utilizan un aglutinante hecho de cal y melaza. La Fluorita, briquetada con aglutinante de cal y melaza y también con silicato de sodio [2].

1.3.1.2 BRIQUETEADO SIN AGLUTINANTES.

Cuando las briquetas se hacen sin aglutinantes las presiones de trabajo son mayores, no obstante el suceso del proceso depende de la trituración o de la deformación plástica de las partículas. No sorprende que muchos componentes orgánicos cristalinos puedan briquetearse solamente con presión. Las fuerzas que aglomeran esos cristales no son fuertes ni específicas, por lo tanto es necesario solamente comprimir los cristales individuales en contacto estrecho [2].

1.4 PROBLEMA Y PROBLEMÁTICA.

En todas las maestranzas de Máquinas-Herramienta, se presenta la problemática de la viruta, el ¿Qué hacer con la viruta?, ¿Dónde llevarla?, ¿Cómo transportarla?, etc. En algunas maestranzas se han implementado verdaderos centros de venta de la viruta, debido a su gran cantidad arrojada en los procesos de maquinado. Sin embargo, en las maestranzas más pequeñas, al no ser importante la cantidad de viruta que producen, la única solución es eliminarla como desperdicio, lo que incurre en gastos para la maestranza, debido a que tiene que tener un sector destinado al almacenamiento de este material inservible, el que con el tiempo va ocupando cada vez mas espacio.

En la Maestranza Valdivia, el problema se presenta a la hora de comercializar la viruta, ya que es difícil almacenarla, debido al espacio que ocupa, es difícil transportarla y sobre todo, es difícil comercializarla en este estado.

1.5 VARIABLES DEPENDIENTES Y VARIABLES INDEPENDIENTES.

Como variables dependientes, se pueden considerar: el peso de la viruta para cargarla, la periodicidad con que se saque la viruta, el número de personas que se ocupan para sacar la viruta y la forma de recoger y almacenar la viruta de acero.

Por su parte, como variables independientes se pueden considerar: la cantidad de viruta, el tipo de viruta, el número de Máquinas-Herramienta y los tipos de materiales trabajados.

1.6 HIPÓTESIS.

Es posible diseñar una máquina que haga briquetas de viruta de acero, para satisfacer los requerimientos específicos de la maestranza.

CAPITULO II

DISEÑO DE LA MAQUINA BRIQUETEADORA DE VIRUTA DE ACERO

2.1 EVALUACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE LA MAESTRANZA VALDIVIA.

Basado en la cantidad de viruta semanal que genera la Maestranza Valdivia, como requerimientos específicos, se consideran:

- Procesar una cantidad de viruta aproximada de 750 Kg. Semanal.
- Ser fácil de transportar.
- No requerir de una gran inversión para su realización.
- Tener un bajo costo de manutención.

2.2 ANALISIS DE LAS MÁQUINAS BRIQUETADORAS DE VIRUTA DE ACERO

Las Máquinas briqueteadoras, han sufrido grandes modificaciones a través del tiempo, de este modo, lejanos son aquellos días en donde las Máquinas briqueteadoras eran accionadas por fuerza humana, a los días de hoy, en donde existe briqueteadoras que realizan cualquier tipo de trabajo, ya que son accionadas por grandes unidades generadoras de potencia.

Existen diversos productos que no se pueden utilizar como combustible, pero que al briquetearlos, se pueden utilizar sin mayores complicaciones, como por ejemplo, el polvo de carbón vegetal, el aserrín, la paja, etc [3]. De esta forma, para aprovechar este tipo de materiales, es que aparecieron las primeras Máquinas Briqueteadoras, las que en un principio eran muy sencillas (fig. II.1)

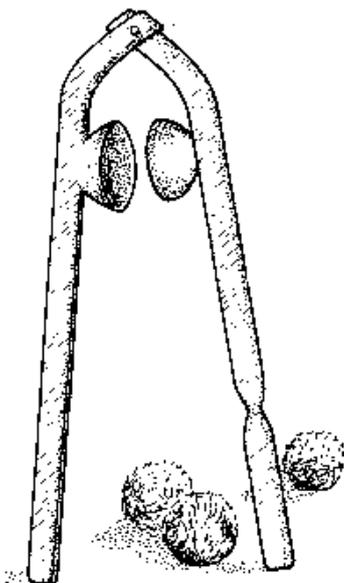


FIG. II.1 Prensa simple para la fabricación de briquetas. (Fuente. FAO Document Repository.htm)

A medida que fue transcurriendo el tiempo, estas Máquinas briqueteadoras fueron evolucionando, en el tipos de producto de trabajo, presiones de briqueteado, cantidad de briquetas por hora, etc., hasta llegar a convertirse en Máquinas briqueteadoras industriales, las cuales tienen una tasa de productividad muy elevada.

Al aparecer las briqueteadoras industriales, muchos de los trabajos o muchas de las briquetas que se producían dejaron de producirse, debido, a los bajos volúmenes de producción y a los elevados costos de las Máquinas briqueteadoras. Con esto se puede señalar que la evolución de las Máquinas briqueteadoras, varió, de una producción de poco volumen y artesanal, a una producción de alto volumen y netamente industrial.



FIG. II.2. Briqueteadora Industrial COMAFER. (Fuente. www.islasoria.com)

2.3. DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ENERGÍA A UTILIZAR.

Para producir una cohesión entre las partículas de la viruta de acero, es necesario contar con una fuente de energía, capaz de levantar grandes cantidades de presión. De este modo, se tiene que para briquetear viruta de acero y lograr cohesionar las partículas de esta viruta, es necesario utilizar presiones que varían de entre los 250 MPa a 500 MPa [4].

Estas presiones son difíciles de conseguir con algunos tipos de energía como la Energía Neumática o Mecánica, por lo cual, quedan descartadas de este proyecto. De este modo, la energía que se utilizará en la Briqueteadora de viruta de acero, será la energía Hidráulica.

2.4. ANÁLISIS DEL TIPO Y DE LA CANTIDAD DE VIRUTA A TRABAJAR.

En la Maestranza Valdivia, se trabajan distintos tipos de aceros, entre los cuales, se pueden encontrar, aceros inoxidable, aluminios, aceros blandos, bronce etc. Por este motivo, la Máquina Briqueteadora debe ser capaz de briquetear cualquier tipo de viruta que se le presente.

La cantidad de viruta que deberá procesar la Máquina Briqueteadora estará dada por la cantidad de trabajos que realice la maestranza durante la semana, pero como promedio, se estipula una cantidad aproximada de 750 Kg de viruta semanales.

2.5. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LA BRIQUETA, PARA NO SUPERAR UN PESO DETERMINADO.

El peso que no deberá superar la briqueta de acero es de 10 Kg, esto es debido, a que para transportarlas, se usarán el menor número de personas posibles, con el objetivo de disminuir costos agregados a las briquetas.

Para calcular el peso de la briqueta, se utilizará un peso específico promedio (entre el acero y el cobre), esto es debido, a que la briqueta estará compuesta por distintos tipos de materiales cuyos pesos específicos son diferentes entre sí [5]. El

peso específico utilizado será $\gamma = 8.375 \frac{Kg}{m^3}$, de este modo, el volumen de la briqueta queda expresado por la siguiente fórmula [6].

$$V = \frac{m}{\gamma} \quad (1)$$

Donde:

V : Volumen de la briqueta en m^3 .

m : Masa de la briqueta en Kg.

γ : Peso específico promedio igual a $8.375 \frac{Kg}{m^3}$

De este modo se tiene que:

$$V = \frac{10Kg}{8375 \frac{Kg}{m^3}} \Rightarrow V = 0.001194m^3$$

Al traspasar el volumen de m^3 a cm^3 , se obtiene un volumen de $V = 1194cm^3$.

Con este volumen, se procederá a calcular la altura que debe tener la briqueta para que no supere los 10 Kg de peso. Para esto, se considerará un diámetro de briqueta igual a 15 cm [7].

$$h = \frac{V}{r^2 * \pi} \quad (2)$$

Donde:

V : Volumen de la briqueta en cm^3 .

r : Radio considerado para la briqueta ($r = 7.5cm$)

π : Valor constante ($\pi = 3.1416$)

De la fórmula 2, se calcula la altura de la briqueta.

$$h = \frac{1194cm^3}{(7.5cm)^2 * 3.1416} \Rightarrow h = 6.8cm$$

De este modo la altura que debe tener la briqueta es de 6.8cm, con un diámetro de 15 cm. Todo esto para que no supere un peso máximo de 10 kg.

II.6. ESQUEMA DE LA MÁQUINA BRIQUETADORA DE VIRUTA DE ACERO.

El esquema que se presenta de la Máquina briquetadora de viruta de acero es sólo un prototipo inicial, esto quiere decir, que durante el desarrollo de su diseño, puede sufrir modificaciones en cuanto a la forma de ésta, no así, en cuanto a la energía utilizada o el volumen de las briquetas.

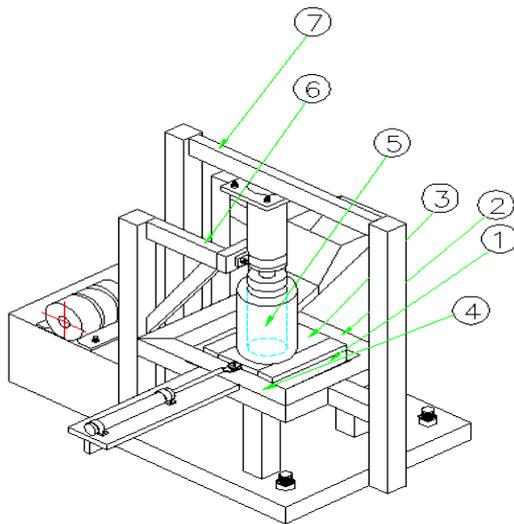


FIG. II.3. Esquema Inicial Máquina briquetadora de viruta de acero.

Los elementos indicados en la FIG.II.3, son los siguientes:

1. Travesaño 1
2. Travesaño 2
3. Placa Corrediza.
4. Travesaño 2'
5. Recipiente de Briquetado.
6. Travesaño de Apoyo 1
7. Travesaño de Apoyo 2

CAPITULO III

CALCULO DE LA MAQUINA BRIQUETADORA Y DE SUS COMPONENTES

3.1. CALCULO DE LA PRESIÓN NECESARIA PARA BRIQUETEAR LA VIRUTA DE ACERO.

Para obtener la presión necesaria para briquetear la viruta de acero, es necesario conocer el gráfico esfuerzo-deformación del acero más representativo, es decir, de aquel acero, al que se le deba aplicar un mayor esfuerzo para deformarlo.

Como acero representativo, se ha seleccionada un acero SAE 3415, el cual es un acero Níquel-Cromo-Molibdeno y sobre éste se ha desarrollado el ensayo de tracción para obtener su gráfico esfuerzo-deformación.

La cantidad de probetas (Nch 706) de este acero sometidas a ensayo han sido 5, de diferentes diámetros y los valores obtenidos son los que se muestran en la tabla III.1 (ANEXO 1)

TABLA 3.1. Resultados de ensayo de tracción del acero SAE 3415

<i>N° de Probeta</i>	<i>Diámetro (Ø) mm</i>	<i>Largo Inicial</i>	<i>% de alargamiento</i>	<i>Fuerza Max. (F_{max})</i>	<i>Fuerza de rotura (F_{rot.})</i>
1	5	69.4	9.10	16.05 KN	9.73 KN
2	5.6	69.4	9.2	19.44 KN	12.19 KN
3	6	69.4	9.7	22.97 KN	14.17 KN
4	6.5	69.4	10.09	26.78 KN	16.48 KN
5	7	69.4	10.30	31.6 KN	19.87 KN
PROMEDIO	6.02	69.4	9.67	23.368 KN	14.488

Con los 5 ensayos realizados, se ha obtenido un promedio, con el cual se trabajará el análisis. Cabe señalar, que los esfuerzos obtenidos en ensayo de tracción, son similar a los esfuerzos obtenidos en ensayo de compresión [8], por lo que es válida la aplicación de este ensayo en el proyecto.

Para calcular la presión necesaria para briquetear la viruta, es necesario conocer la fuerza que se debe aplicar al acero para deformarlo, ésta información se obtiene del ensayo del material y está dada en la tabla 3.1. La fuerza necesaria no es otra cosa que el esfuerzo máximo obtenido y para efectos de los cálculos, se ha considerado una fuerza máximo promedio de $F_{max} = 23.368 \text{KN}$.

Para adoptar un coeficiente de seguridad que aplicarle a esta fuerza, se hará una comparación entre la presión necesaria para hacer una briqueta de aserrín y la presión que realmente se ocupa para hacerlo.

Para obtener la fuerza necesaria que se le debe aplicar a una briqueta de aserrín, es necesario conocer el esfuerzo que se realiza al comprimir la madera.

TABLA 3.2. Valores de resistencia a la compresión de la Madera [9]

CLASE DE MADERA	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN N/mm^2
Abeto Blanco	43
Pino	47
Alerce	48
Abeto Rojo	40
Arce	49
Roble	60
Fresno	51
Haya Roja	53
PROMEDIO	48.88 N/mm^2

Fuente: Propiedades de la madera on-line

Para obtener la fuerza necesaria para deformar la madera, se calculará el área a partir del diámetro promedio del acero SAE 3415 utilizado en el ensayo de tracción. Esta área está dada por la expresión [8].

$$A_p = \pi * r_p^2 \quad (3)$$

Donde.

A_p : Área promedio de probeta de acero (mm^2).

r_p : Radio promedio de probeta de acero ($r = 3.01mm$).

De este modo

$$A_p = 3.1416 * (3.01mm)^2$$

$$A_p = 28.46mm^2$$

La fuerza que se debe aplicar para deformar la madera con esta área de sección estará dada por la expresión [3].

$$F_M = \sigma_P * A_P \quad (4)$$

Donde.

F_M : Fuerza que se debe aplicar a la madera (N).

σ_P : Esfuerzo promedio de la madera ($\sigma_P = 48.88 \frac{N}{mm^2}$)

Por lo tanto.

$$F_M = 48.88 \frac{N}{mm^2} * 28.46 mm^2$$

$$F_M = 1391.28 N$$

Para calcular la presión necesaria para briquetear en aserrín, se usará el diámetro considerado para la briqueta de acero. Con esta presión obtenida, se calculará la presión que se utiliza realmente para este proceso y se efectuará la comparación entre ambas, para de este modo, obtener el coeficiente de aplicación α .

Para obtener la presión necesaria para briquetear el aserrín se debe calcular el área de la briqueta, la que está dada por la siguiente expresión.

$$A_B = \pi * r^2 \quad (5)$$

Donde.

A_B : Área de la Briqueta (m^2).

r : Radio de la Briqueta (m).

De este modo, en área de la briqueta es:

$$A_B = 3.1416 * (0.075m)^2$$

$$A_B = 0.01767 m^2$$

Por lo tanto la presión necesaria para briquetear el aserrín, será dada por la siguiente expresión.

$$P_{BA} = \frac{F_M}{A_B} \quad (6)$$

Donde.

P_{BA} : Presión necesaria para briquetear aserrín (Pa).

De este modo la presión necesaria para briquetear el aserrín es:

$$P_{BA} = \frac{1391.28N}{0.01767m^2}$$

$$P_{BA} = 78737Pa$$

La fuerza que realmente se utiliza para briquetear aserrín, varía entre 500 a 2000 kilogramos [3], para efectos del análisis, se trabajará con la fuerza más baja, o sea, 500 Kg.

La presión que se utiliza realmente para briquetear el aserrín, está dada por la expresión siguiente, en donde 500Kg es igual a 4903.33N.

$$P_{RBA} = \frac{F_R}{A_B} \quad (7)$$

Donde.

P_{RBA} : Presión real para briquetear el aserrín (Pa).

F_R : Fuerza real de briquetado de aserrín (N).

Por lo tanto la presión real que se utiliza para briquetear aserrín es:

$$P_{RBA} = \frac{4903.33N}{0.01767m^2}$$

$$P_{RBA} = 273494.34Pa$$

De este modo, el coeficiente de aplicación α queda determinado por la fórmula descrita a continuación.

$$\alpha = \frac{P_{RBA}}{P_{BA}} \quad (8)$$

Donde.

α : Coeficiente de aplicación.

Por lo tanto el coeficiente de aplicación es:

$$\alpha = \frac{273494.34 Pa}{78737 Pa}$$

$$\alpha = 3.5$$

Para obtener mayor seguridad en el análisis, se ha considerado un coeficiente de aplicación α igual a 4. De este modo, la fuerza que se debe aplicar para briquetear la viruta de acero está dada por:

$$F_N = F_{\max} * 4 \quad (9)$$

Donde:

F_N : Fuerza necesaria para briquetear la viruta de acero (N).

F_{\max} : Esfuerzo máximo promedio (N).

4 : Coeficiente de aplicación.

De este modo la fuerza necesaria para briquetear será:

$$F_N = 23.368 * 4$$

$$F_N = 93.472 KN \quad \Rightarrow \quad F_N = 93472 N$$

La presión que se debe aplicar al sistema para lograr briquetear la viruta de acero estará dada por la expresión:

$$P = \frac{F_N}{A} \quad (10)$$

Donde:

P : Presión necesaria del sistema (Pa).

A : Área del recipiente de briqueteado (m^2).

El área del recipiente de briqueteado se obtiene de la fórmula 5

De este modo, la presión necesaria que debe tener el sistema para briquetear la viruta de acero será:

$$P = \frac{93472N}{0.01767m^2}$$

$$P = 5289870 \frac{N}{m^2} \Rightarrow P = 5289870Pa \approx P = 5.29MPa$$

3.2. CALCULO DE RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES DE LA MAQUINA

El cálculo de resistencia de materiales, será realizado, en el Software Mechanical Desktop utilizando el método de Elementos Finitos, y los componentes considerados, son todos aquellos elementos que se encuentran realizando los esfuerzos principales en la Máquina Briquetadora de Viruta de Acero.

El Acero considerado para cada elementos de la Máquina Briquetadora, es el acero SAE 1045, el cual, tiene un limite de fluencia de $RE = 413.8406 \frac{N}{mm^2}$ [10]

3.2.1 Cálculo de resistencia del travesaño 1. (Plano 8)

Debido a que en la Máquina Briquetadora de Viruta de Acero se encuentran dos travesaños 1 iguales entre si, se procederá a calcular sólo el esfuerzo de un travesaño, y por esta razón, las fuerzas consideradas, serán divididas en dos.

Las fuerzas que intervienen en el travesaño 1 son:

1. La fuerza necesaria para briquetear la viruta de acero
2. El peso de la Placa corrediza (10Kg =98.06 N) (ANEXOS 2)

De este modo, la fuerza ejercida sobre el travesaño 1, está dada por la ecuación siguiente.

$$F_{Ej1} = \frac{F_N}{2} + \frac{P_P}{2} \quad (11)$$

Donde:

P_P : Peso de la Placa corrediza (10Kg =98.06 N).

Por lo tanto la fuerza ejercida sobre el travesaño 1 es:

$$F_{Ej1} = \frac{93472N}{2} + \frac{98.06N}{2}$$

$$F_{Ej1} = 46785N$$

Para considerarlo como fuerza normal, F_{Ej1} debe ser dividida por el largo del travesaño. Por lo tanto.

$$F_{AT1} = \frac{F_{Ej1}}{L_{Tr}} \quad (12)$$

Donde:

F_{AT1} : Fuerza normal aplicada al travesaño 1 (N).

L_{Tr} : Largo del travesaño (400 mm).

Por lo tanto, la fuerza normal aplicada al travesaño 1 es.

$$F_{AT1} = \frac{46785N}{400mm}$$

$$F_{AT1} = 116.9625 \frac{N}{mm}$$

Una vez aplicada esta fuerza, los resultados de la resistencia del material, fueron los siguientes.

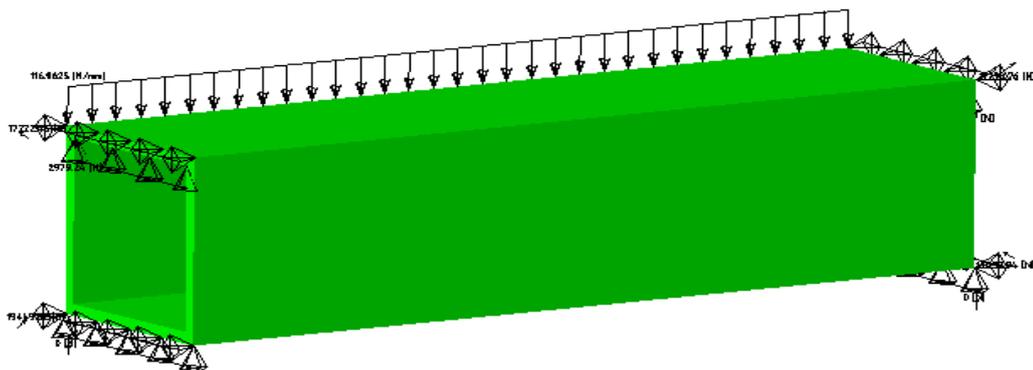


FIG. 3.4. Descripción de la disposición de la fuerza y de los apoyos en el travesaño 1.

Por medio del Método de Esfuerzo de Von Mises, se obtiene que el esfuerzo máximo que está realizando el travesaño, bajo las condiciones de carga señaladas en la FIG. 3.4 son:

$$\sigma_{Max1} = 398.3720 \frac{N}{mm^2}$$

Esto indica que el travesaño 1, está trabajando dentro del límite de fluencia del material ($RE = 413.8406 \frac{N}{mm^2}$), y por lo tanto, está soportando la carga que se ejerce sobre él, como se muestra en la FIG. 3.5.

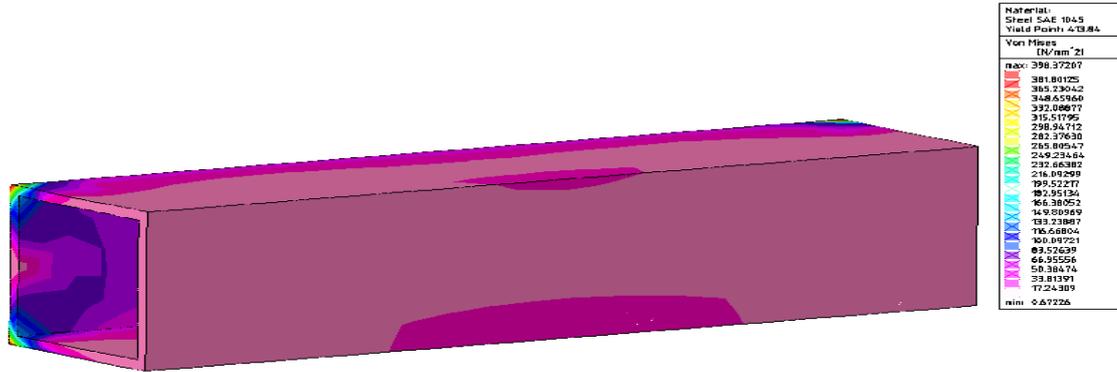


FIG. 3.5. Esfuerzo Máximo Realizado por el Travesaño1, según el Método de Von Mises.

La deformación que sufre el travesaño 1, está representada en la FIG.3.6. En ella se indican los desplazamientos que sufre el travesaño en los tres ejes, X, Y, Z, cuando se esta aplicando la máxima fuerza que actúa sobre él y por lo tanto, está realizando el esfuerzo máximo.

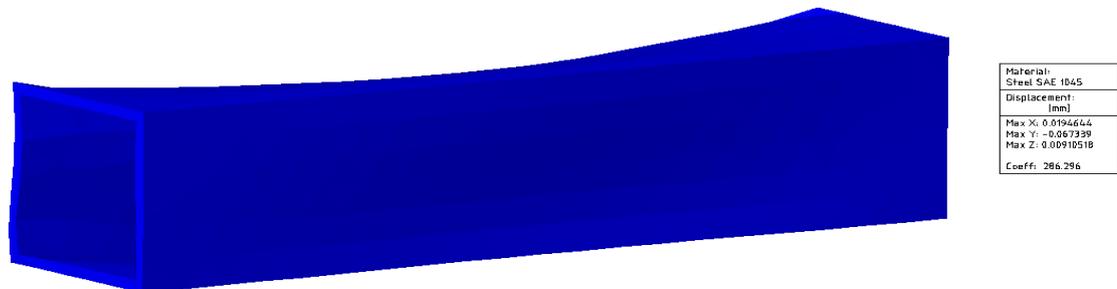


FIG. 3.6. Deformación sufrida por el travesaño 1, cuando esta realizando su máximo esfuerzo.

3.2.2 Cálculo de resistencia del travesaño 2. (Plano 9)

Al igual como ocurrió con el travesaño 1, en la Máquina Briquetadora se encuentran dos travesaños 2, los cuales son iguales entre si, pero están sometidos a cargas diferentes. Por este motivo, se calculará cada travesaño de manera independiente.

Las fuerzas que actúan sobre el travesaño 2 son:

1. La fuerza necesaria para briquetear la viruta de acero.0

2. El peso de la Placa corrediza (10Kg =98.06 N) (ANEXO 2)
3. El peso del travesaño 1 (6Kg =58.83 N) (ANEXO 3)

El travesaño 2, tiene dos puntos donde actúa la fuerza total sobre él, tal como se indica en la FIG.3.7. Por este motivo, la fuerza necesaria para briquetear la viruta de acero, al igual que el peso de la placa corrediza, deben ser divididas en cuatro, ya que se transmiten al travesaño 2 por cada extremo del travesaño 1. Por su parte, el peso del travesaño 1, debe ser dividido en dos, ya que su peso se transmite a través de sus extremos.

De este modo, la fuerza total que actúa sobre el travesaño 2, queda representada por la siguiente expresión.

$$F_{Ej2} = \frac{F_N}{4} + \frac{P_P}{4} + \frac{P_{T1}}{2} \quad (13)$$

Donde:

P_P : Peso de la Placa corrediza (10Kg =98.06 N).

P_{T1} : Peso del travesaño 1 (6Kg =58.83 N)

Por lo tanto la fuerza ejercida sobre el travesaño 2 es:

$$F_{Ej2} = \frac{93472N}{4} + \frac{98.06N}{4} + \frac{58.83N}{2}$$

$$F_{Ej2} = 23421.93N$$

Para considerarlo como fuerza normal, F_{Ej2} debe ser dividida por la longitud de aplicación de la fuerza. Por lo tanto.

$$F_{AT2} = \frac{F_{Ej2}}{L_{AF}} \quad (14)$$

Donde:

F_{AT2} : Fuerza normal aplicada al travesaño 2 (N).

L_{AF} : Longitud de aplicación de la fuerza (100 mm).

Por lo tanto, la fuerza normal aplicada al travesaño 2 es.

$$F_{AT2} = \frac{23421.93N}{100mm}$$

$$F_{AT2} = 234.2193 \frac{N}{mm}$$

Una vez aplicada esta fuerza, los resultados de la resistencia del material, fueron los siguientes.

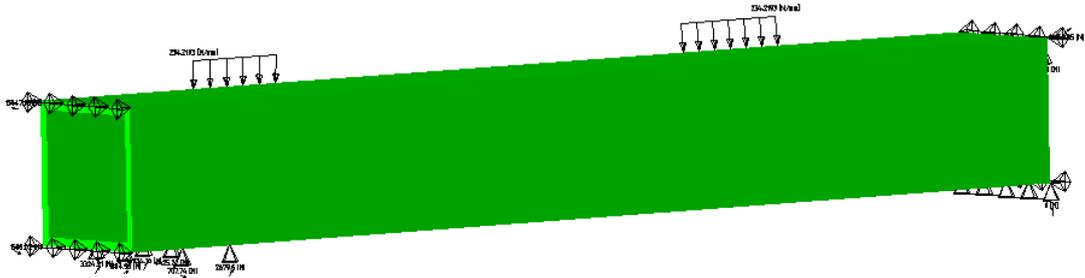


FIG. 3.7. Descripción de la disposición de la fuerza y de los apoyos en el travesaño 2.

Por medio del Método de Esfuerzo de Von Mises, se obtiene que el esfuerzo máximo que está realizando el travesaño, bajo las condiciones de carga señaladas en la FIG. 3.7 son:

$$\sigma_{Max2} = 238.9183 \frac{N}{mm^2}$$

Esto indica que el travesaño 2, está trabajando dentro del limite de fluencia del material ($RE = 413.8406 \frac{N}{mm^2}$), y por lo tanto, está soportando la carga que se ejerce sobre él, como se muestra en la FIG. 3.8.

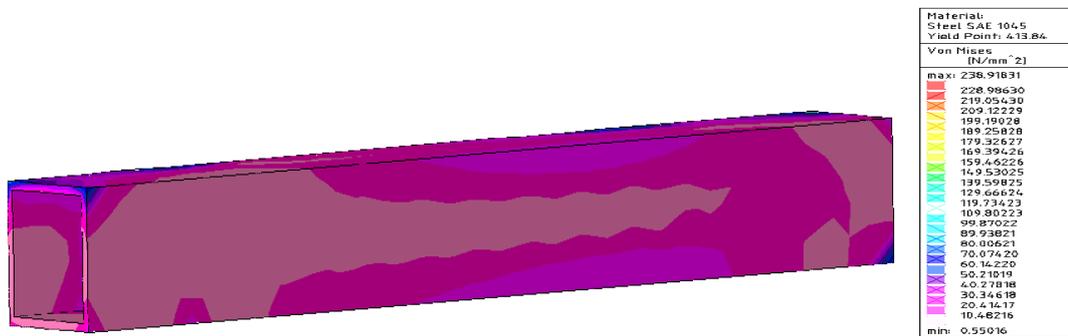


FIG. III.8. Esfuerzo Máximo Realizado por el Travesaño2, según el Método de Von Mises.

La deformación que sufre el travesaño 2, está representada en la FIG.3.9. En ella se indican los desplazamientos que sufre el travesaño en los tres ejes, X, Y,

Z, cuando se está aplicando la máxima fuerza que actúa sobre él y por lo tanto, está realizando el esfuerzo máximo.

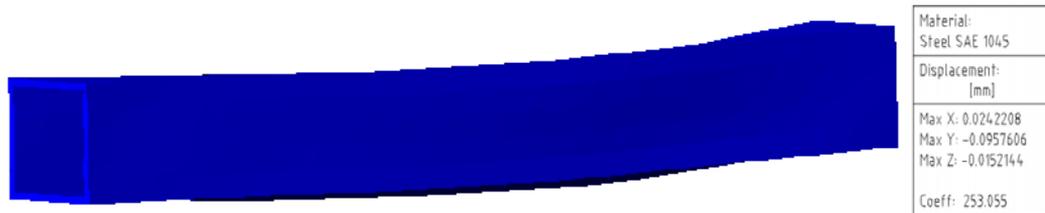


FIG.3.9. Deformación sufrida por el travesaño 2, cuando esta realizando su máximo esfuerzo.

3.2.3 Cálculo de la Placa corrediza. (Plano 12)

La fuerza que actúa sobre la Placa corrediza es la fuerza F_N necesaria para briquetear la viruta de acero. Esta fuerza debe ser considerada como presión, por lo que se debe dividir por el área de contacto entre la viruta y la Placa corrediza.

El área de contacto entre la viruta y la placa corrediza está dada por la siguiente expresión.

$$A_C = \pi * r^2 \quad (15)$$

Donde.

A_C : Área de contacto entre la viruta y la Placa corrediza.

Por lo tanto el área de contacto entre la viruta y la Placa corrediza es:

$$A_C = 3.1416 * (75mm)^2$$

$$A_C = 17671.5mm^2$$

Remplazando la fuerza F_N y el área A_C en la fórmula 10, se obtiene la presión a la cual esta sometida la Placa corrediza, la cual corresponde a:

$$P_{PC} = 5.2894 \frac{N}{mm^2}$$

Aplicando esta presión en el área de contacto entre la viruta de acero y la Placa corrediza, se obtienen los siguientes resultados.

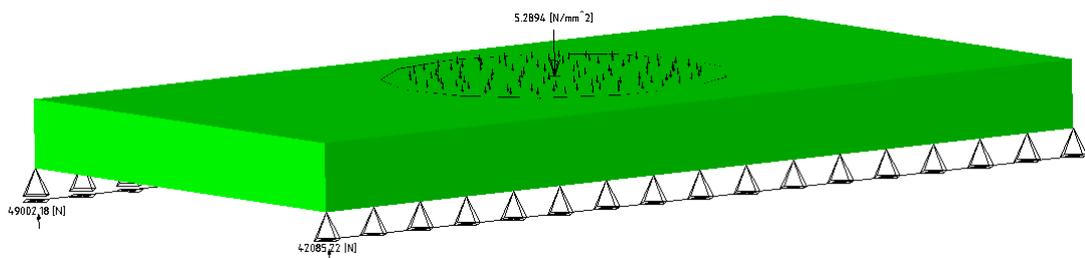


FIG. 3.10. Descripción de la disposición de la presión y de los apoyos en la Placa Corrediza.

Por medio del Método de Von Mises, se obtiene que el esfuerzo máximo que está realizando la Placa corrediza, bajo las condiciones de carga señaladas en la FIG. 3.10 son:

$$\sigma_{Max2} = 71.1215 \frac{N}{mm^2}$$

Esto indica que la Placa corrediza, está trabajando dentro del límite de fluencia del material ($RE = 413.8406 \frac{N}{mm^2}$), y por lo tanto, está soportando la carga que se ejerce sobre ella, como se muestra en la FIG. 3.11.

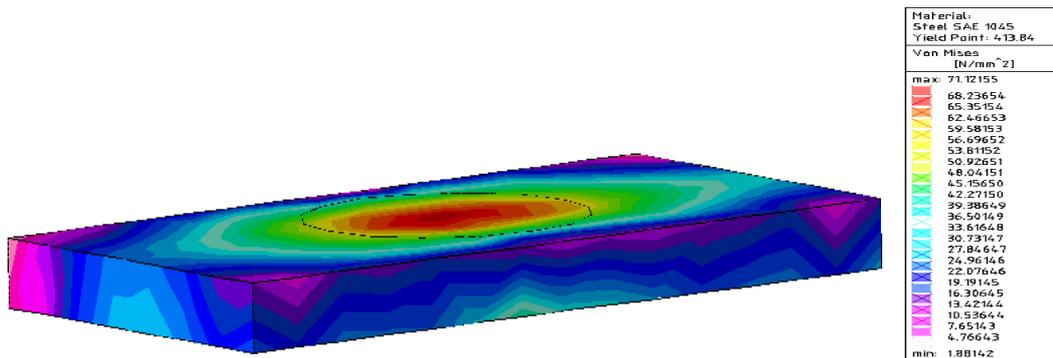


FIG. 3.11. Esfuerzo Máximo Realizado por la Placa Corrediza, según el Método de Von Mises.

La deformación que sufre la Placa Corrediza, está representada en la FIG.3.12. En ella se indican los desplazamientos que sufre la Placa en los tres ejes, X, Y, Z, cuando se está aplicando la máxima fuerza que actúa sobre ella y por lo tanto, está realizando el máximo esfuerzo.



FIG.3.12. Deformación sufrida por la Placa Corrediza, cuando esta realizando su máximo esfuerzo.

3.2.4 Cálculo del Travesaño 2'. (Plano 9)

Las fuerzas que actúan en el travesaño 2', son las mismas que en el travesaño 2 con sus dos puntos de aplicación de fuerza, sólo que al 2', hay que aplicarle una tercer punto de aplicación de fuerza, el que corresponde a la

sumatoria del peso del Cilindro Hidráulico que acciona la Placa Corrediza y el peso de la plataforma que sostiene al Cilindro Hidráulico.

Debido a que las fuerzas son iguales en ambos travesaños 2 y 2', para el 2', sólo se calculará la fuerza faltante y se realizarán los cálculos.

De este modo, la fuerza faltante, queda determinada por la siguiente expresión:

$$F_F = P_{PA} + P_C \quad (16)$$

Donde:

F_F : Fuerza faltante (N).

P_{PA} : Peso de la plataforma de acero (50Kg =490.33N). (ANEXO 2)

P_C : Peso del Cilindro (10Kg =98.06N) [11].

Por lo tanto.

$$F_F = 490.33N + 98.06N$$

$$F_F = 588.39N$$

Para considerarlo como fuerza normal, F_F debe ser dividida por la longitud de aplicación de la fuerza (210mm), lo cual corresponde a la longitud de contacto entre la plataforma de acero y el travesaño 2'. Por lo tanto.

$$F_{FA} = \frac{F_F}{L_{AF}} \quad (17)$$

Donde.

F_{FA} : Fuerza faltante aplicada (N).

De este modo, la fuerza faltante aplicada es:

$$F_{FA} = \frac{588.39N}{210mm}$$

$$F_{FA} = 2.8019 \frac{N}{mm}$$

Reemplazando esta fuerza en el travesaño 2', se obtienen los siguientes resultados.

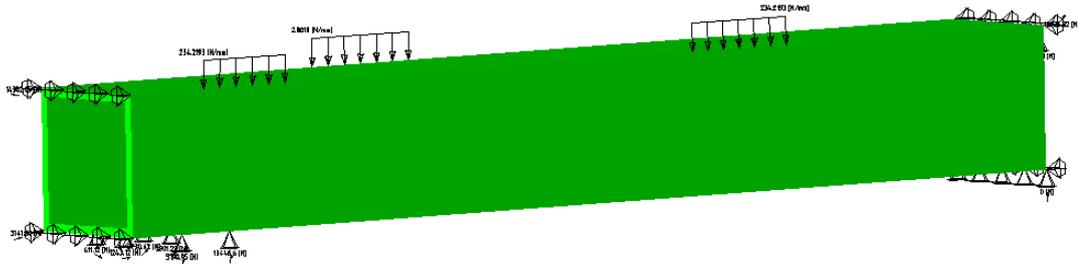


FIG. 3.13. Descripción de la disposición de las fuerzas y de los apoyos en el travesaño 2'.

Por medio del Método de Von Mises, se obtiene que el esfuerzo máximo que está realizando el travesaño, bajo las condiciones de carga señaladas en la FIG. III.13 son:

$$\sigma_{Max2'} = 208.9991 \frac{N}{mm^2}$$

Esto indica que el travesaño 2', está trabajando dentro del límite de fluencia del material ($RE = 413.8406 \frac{N}{mm^2}$), y por lo tanto, está soportando las cargas que se ejercen sobre él, como se muestra en la FIG. 3.14.

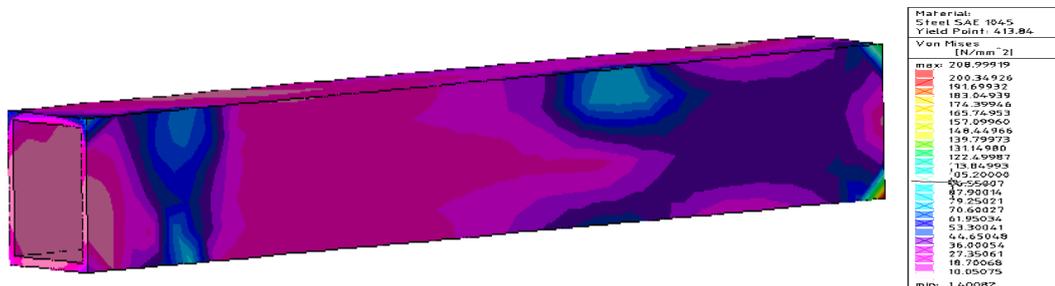


FIG. 3.14. Esfuerzo Máximo Realizado por el Travesaño2, según el Método de Von Mises.

La deformación que sufre el travesaño 2', está representada en la FIG.3.15. En ella se indican los desplazamientos que sufre el travesaño en los tres ejes, X, Y, Z, cuando se esta aplicando la máxima fuerza que actúa sobre él y por lo tanto, está realizando el esfuerzo máximo.



FIG.3.15. Deformación sufrida por el travesaño 2', cuando está realizando su máximo esfuerzo.

3.2.5 Cálculo del Recipiente de Briqueteado. (Plano 23)

El Recipiente de Briqueteado, está sometido sólo a la presión que genera la viruta de acero contra la pared interna de recipiente, cuando se está briqueteando.

Para calcular la presión en la pared interna del recipiente, se considerará la fuerza F_N necesaria para briquetear la viruta de acero. Por lo tanto, la presión al interior del recipiente, queda expresado por la siguiente ecuación.

$$P_{IR} = \frac{F_N}{A_C} \quad (18)$$

Donde.

P_{IR} : Presión al interior del recipiente.

A_C : Área del cilindro.

El área del cilindro por su parte, esta dada por la expresión [6]:

$$A_C = 2\pi * r * h \quad (19)$$

Donde.

h : Altura del recipiente (100mm).

De este modo el área del recipiente es:

$$A_C = 2 * 3.1416 * 75mm * 100mm$$

$$A_C = 47124mm^2$$

Por lo tanto, la presión interna del recipiente es:

$$P_{IR} = \frac{93472N}{47124mm^2}$$

$$P_{IR} = 1.9835 \frac{N}{mm^2}$$

Al aplicar esta presión al interior del recipiente, se obtienen los siguientes resultados.

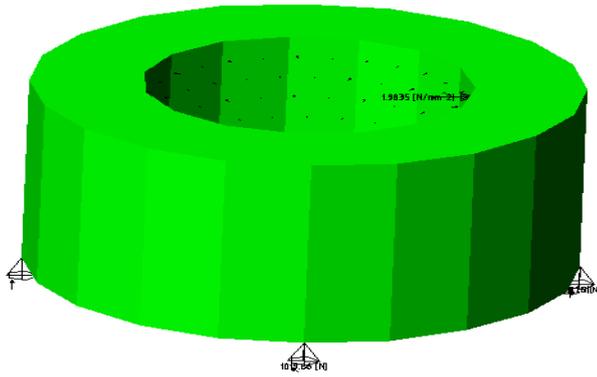


FIG. 3.16. Descripción de la aplicación de la presión y de los apoyos en el Recipiente de Briqueteado.

Por medio del Método de Von Mises, se obtiene que el esfuerzo máximo que está realizando el recipiente de Briqueteado, bajo las condiciones de presión señaladas en la FIG. III.16 son:

$$\sigma_{MaxRB'} = 8.9721 \frac{N}{mm^2}$$

Esto indica que el Recipiente de Briqueteado, está trabajando dentro del límite de fluencia del material ($RE = 413.8406 \frac{N}{mm^2}$), y por lo tanto, está soportando las cargas que se ejercen sobre él, como se muestra en la FIG. III.17.

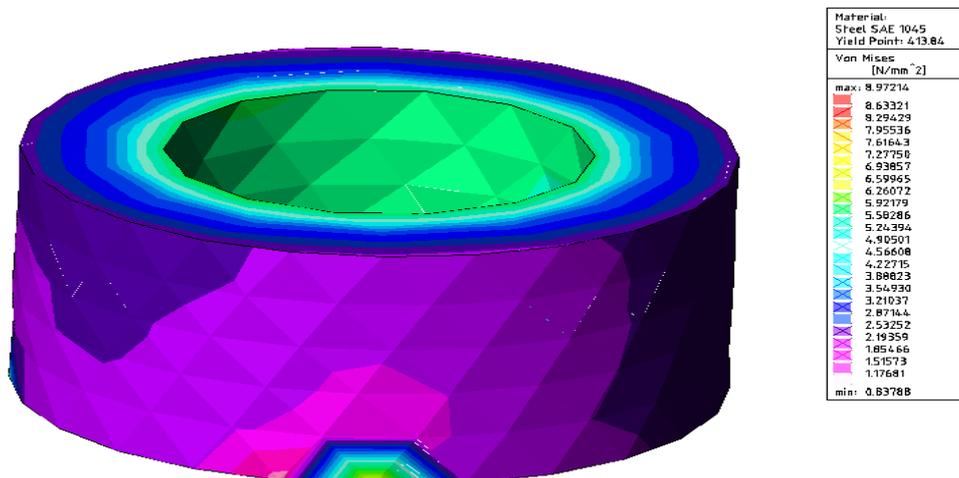


FIG. 3.17. Esfuerzo Máximo Realizado por el Recipiente de Briqueteado, según el Método de Von Mises.

La deformación que sufre el Recipiente de Briqueteado, está representada en la FIG.3.18. En ella se indican los desplazamientos que sufre el travesaño en los

tres ejes, X, Y, Z, cuando se está aplicando la máxima presión que actúa sobre él y por lo tanto, está realizando el máximo esfuerzo.

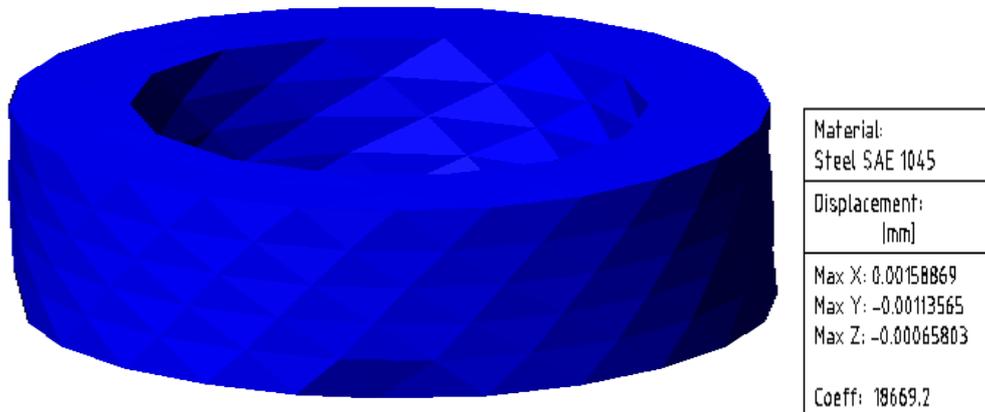


FIG.3.18. Deformación sufrida por el Recipiente de Briquetado, cuando esta realizando su máximo esfuerzo.

3.2.6 Cálculo del Travesañ de apoyo 1. (Plano 21)

En el cálculo del travesañ de apoyo 1, hay que destacar que son dos travesaños iguales entre si, por lo tanto, el cálculo de éste travesañ se desarrollará con las fuerzas divididas en dos.

En este cálculo, se encuentra una sumatoria de dos fuerzas, tal como se muestra en la FIG.3.19, estas fuerzas son:

1. El peso del Cilindro Hidráulico, el que es sostenido por los travesaños de apoyo 1.
2. La fuerza necesaria para briquetear la viruta de acero.



FIG.3.19. Diagrama de cuerpo libre del Travesañ de Apoyo 1.

Según el diagrama de cuerpo libre del Travesañ de Apoyo 1, la fuerza total que está soportando el travesañ, está dada por la siguiente expresión.

$$F_{TA1} = \frac{F_N}{2} - \frac{W}{2} \quad (20)$$

Donde.

F_{TA1} : Fuerza total actuadora sobre el travesaño de apoyo 1 (N).

W : Peso del cilindro Briqueteador (N).

Por lo tanto, la fuerza total actuadora sobre el travesaño de apoyo 1 es:

$$F_{TA1} = \frac{93472N}{2} - \frac{392.266N}{2}$$

$$F_{TA1} = 46540N$$

Como el travesaño de apoyo 1 tiene un ancho de 50 mm y la fuerza va aplicada sobre todo el ancho, se debe dividir la fuerza F_{TA1} por el ancho del travesaño de apoyo 1. Por lo tanto:

$$F_{NTA} = \frac{F_{TA1}}{AN}$$

Donde.

F_{NTA} : Fuerza normal que actúa sobre los travesaños de apoyo 1 (N).

AN : Ancho del travesaño de apoyo 1 (50mm).

Por lo tanto, la fuerza normal que actúa sobre el travesaño de apoyo 1 es:

$$F_{NTA} = \frac{46540N}{50mm}$$

$$F_{NTA} = 930.8 \frac{N}{mm}$$

Como existen dos travesaños de apoyo 1, los cuales, comparten la fuerza F_{NTA} , dicha fuerza debe ser dividida entre dos.

$$F_{NTA1} = \frac{F_{NTA}}{2} \quad (21)$$

Donde.

F_{NTA1} : Fuerza normal que soporta un travesaño de apoyo 1 (N).

Reemplazando los valores en la fórmula (21), se obtiene que:

$$F_{NTA1} = \frac{930.8 \frac{N}{mm}}{2}$$

$$F_{NTA1} = 465.4 \frac{N}{mm}$$

Al aplicar esta fuerza sobre el travesaño de apoyo 1, se obtienen los siguientes resultados.

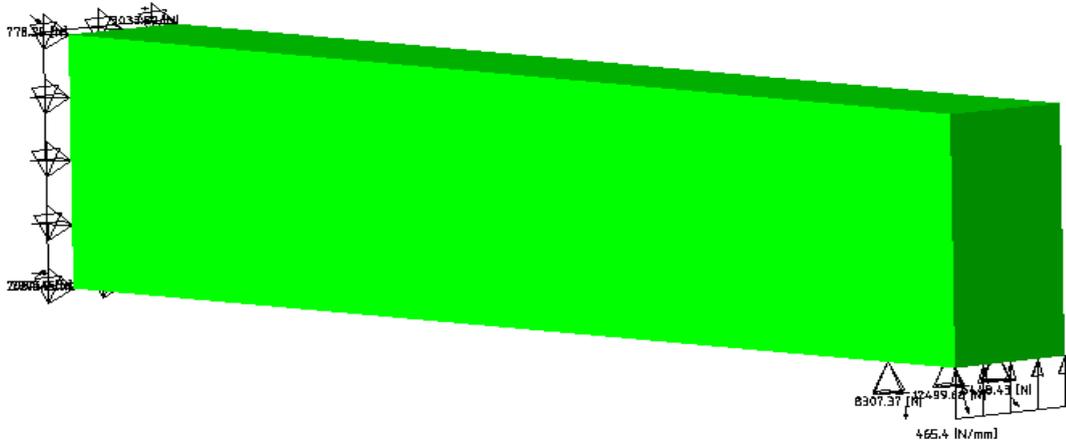


FIG. 3.20. Descripción de la disposición de la fuerza y de los apoyos que actúan en el Travesaño de Apoyo 1.

Por medio del Método de Von Mises, se obtiene que el esfuerzo máximo que está realizando el Travesaño de Apoyo 1, bajo las condiciones señaladas en la FIG. III.20 son:

$$\sigma_{MaxTA1} = 106.7571 \frac{N}{mm^2}$$

Esto indica que el Travesaño de Apoyo 1, está trabajando dentro del límite de fluencia del material ($RE = 413.8406 \frac{N}{mm^2}$), y por lo tanto, está soportando las cargas que se ejercen sobre él, tal como se muestra en la FIG. III.21.

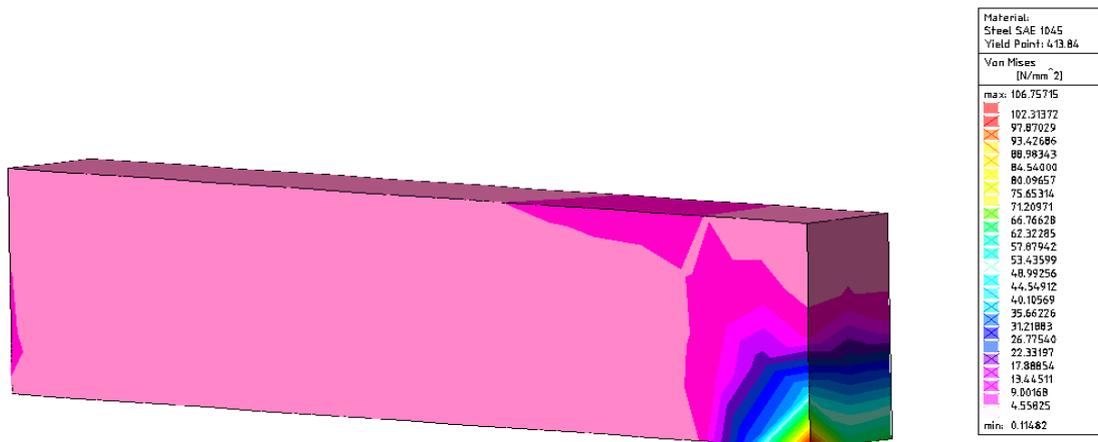


FIG. 3.21. Esfuerzo Máximo Realizado por el Travesaño de Apoyo 1, según el Método de Von Mises.

La deformación que sufre el Travesaño de Apoyo 1, está representada en la FIG.3.22. En ella se indican los desplazamientos que sufre el travesaño en los tres ejes, X, Y, Z, cuando se esta aplicando la carga máxima que actúa sobre él y por lo tanto, está realizando su máximo esfuerzo.

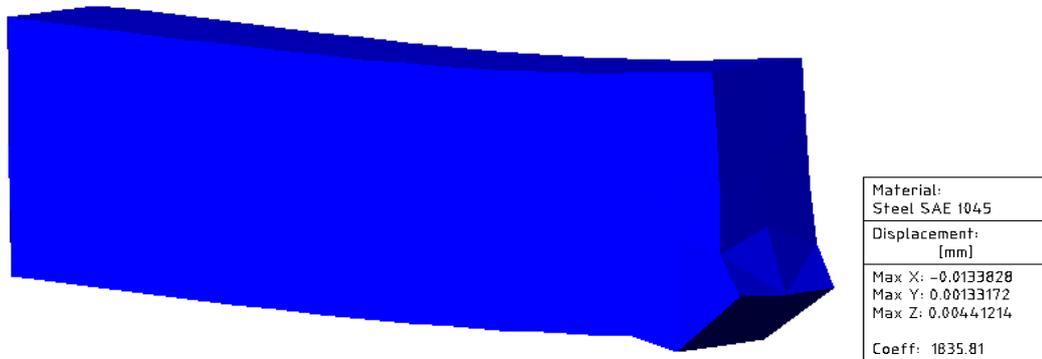


FIG.3.22. Deformación sufrida por el Travesaño de apoyo 1, cuando esta realizando su máximo esfuerzo.

Los resultados del cálculo de resistencia del otro travesaño de apoyo 1, son los mismos obtenidos, en los resultados de los cálculos de resistencia de este travesaño.

3.2.7 Cálculo del Travesaño de apoyo 2. (Plano 16)

El cálculo del travesaño de apoyo 2, es muy similar que el cálculo del travesaño de apoyo 1, la única diferencia, es que en el travesaño de apoyo dos, la fuerza se concentra en el centro del travesaño.

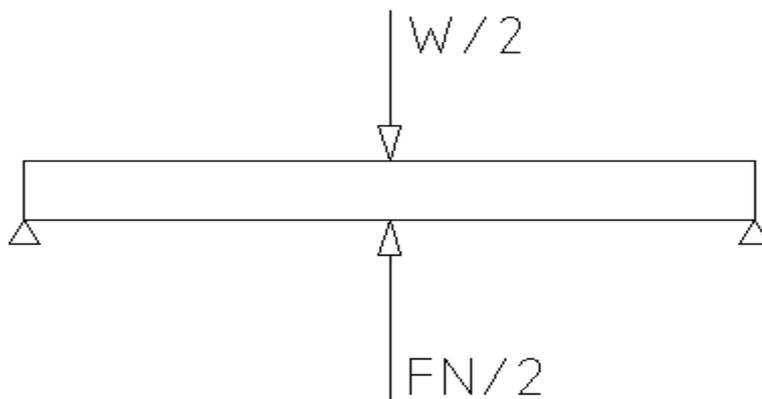


FIG.3.23. Diagrama de cuerpo libre del Travesaño de Apoyo 2.

De la fórmula (20), se obtiene que la fuerza a la cual está sometido el travesaño de apoyo 2 es de:

$$F_{TA2} = 46540N$$

La fuerza F_{TA2} , se transmitirá del cilindro briqueteador al travesaño de apoyo 2 por medio de una placa, la cual, sujeta a cilindro briqueteador. Debido a esto, se debe dividir la fuerza F_{TA2} por la sección de contacto entre la placa y el travesaño de apoyo 2.

La sección de contacto entre la placa que sostiene al cilindro briqueteador y el travesaño de apoyo 2, esta dado por la siguiente expresión [12]:

$$S = A * B \quad (22)$$

Donde.

S : Sección de contacto entre la placa y el travesaño de apoyo 2 (mm^2).

A : Ancho del travesaño de apoyo 2 (50 mm).

B : Largo de la placa que sostiene al cilindro briqueteador (250 mm).

Reemplazando los valores en la fórmula (22), se obtiene que la sección de contacto entre la placa que sostiene al cilindro briqueteador y el travesaño de apoyo 2 es:

$$S = 50mm * 250mm$$

$$S = 12500mm^2$$

Por lo tanto, la fuerza normal aplicada al travesaño de apoyo 2, esta dada por la siguiente expresión:

$$F_{NTA2} = \frac{F_{TA2}}{S} \quad (23)$$

Remplazando los valores en la fórmula (23), se obtiene que la fuerza normal aplicada sobre el travesaño de apoyo 2 es:

$$F_{NTA2} = \frac{46540N}{12500mm^2}$$

$$F_{NTA2} = 3.7232 \frac{N}{mm^2}$$

Al aplicar esta fuerza sobre el travesaño de apoyo 2, se obtienen los siguientes resultados.

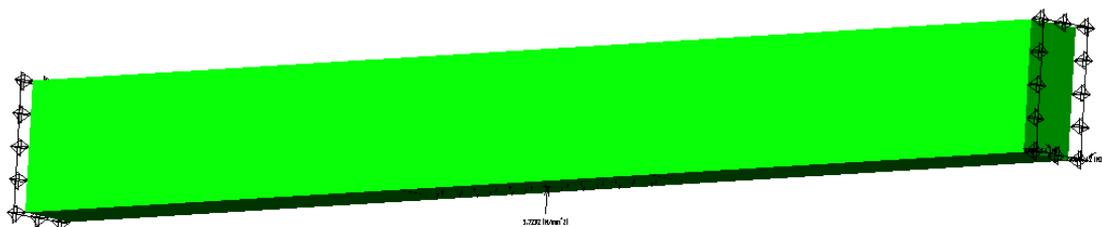


FIG. 3.24. Descripción de la disposición de la fuerza y de los apoyos que actúan en el Travesaño de Apoyo 2.

Por medio del Método de Von Mises, se obtiene que el esfuerzo máximo que está realizando el Travesaño de Apoyo 2, bajo las condiciones señaladas en la FIG. 3.24 son:

$$\sigma_{MaxTA2} = 248.4748 \frac{N}{mm^2}$$

Esto indica que el Travesaño de Apoyo 2, está trabajando dentro del límite de fluencia del material ($RE = 413.8406 \frac{N}{mm^2}$), y por lo tanto, está soportando las cargas que se ejercen sobre él, tal como se muestra en la FIG. 3.25.

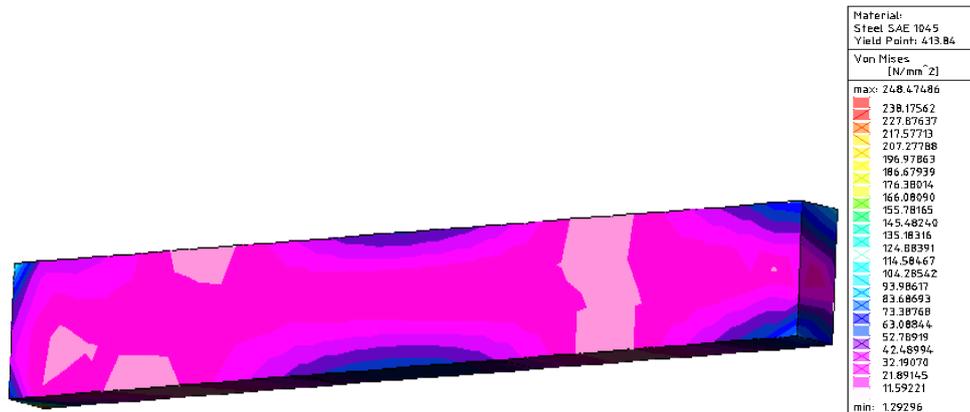


FIG. 3.25. Esfuerzo Máximo Realizado por el Travesaño de Apoyo 2, según el Método de Von Mises.

La deformación que sufre el Travesaño de Apoyo 2, está representada en la FIG.3.22. En ella se indican los desplazamientos que sufre el travesaño en los tres ejes, X, Y, Z, cuando se esta aplicando la carga máxima que actúa sobre él y por lo tanto, esta realizando su máximo esfuerzo.

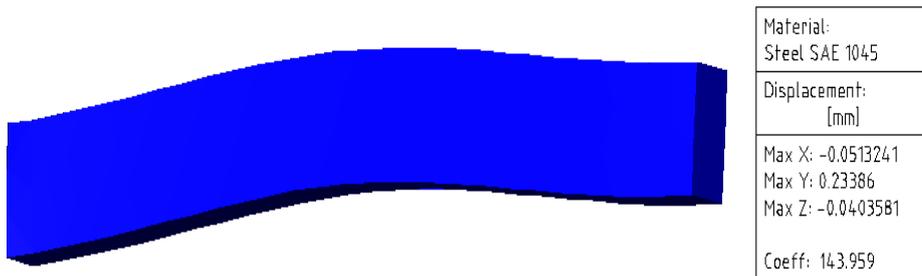


FIG.3.22. Deformación sufrida por el Travesaño de apoyo 2, cuando esta realizando su máximo esfuerzo.

3.3 CÁLCULO DEL TORNILLO DE SUJECCIÓN DEL CILINDRO BRIQUETeadOR.

Los tornillos que se calculan a continuación, son los tornillos que sujetan el cilindro briqueteador y que van conectados en el travesaño de apoyo 1. Estos tornillos son dos, por lo cual, la fuerza que ejerce el cilindro en esa zona, será dividida en dos. Esto queda indicado por la siguiente expresión.

$$F_{CT} = \frac{F_{TA1}}{2} \quad (24)$$

Donde.

F_{CT} : Fuerza aplicada a cada tornillo (N).

Remplazando los valores, se obtiene que:

$$F_{CT} = \frac{46540N}{2}$$

$$F_{CT} = 23270N$$

Para poder calcular el tornillo, lo primero que se debe obtener, es el diámetro de cálculo, el cual está dado por la siguiente expresión:

$$d_c = \sqrt{\frac{4 * F_{CT}}{\pi * S_Y}} \quad (25)$$

Donde.

d_c : Diámetro de cálculo (mm).

S_Y : Limite de fluencia $64 \frac{Kgf}{mm^2}$ (ANEXO 4)

n : Coeficiente de seguridad.

Para poder obtener el S_Y en la Norma DIN 931, se debe dar una calidad del tornillo. Para este caso, la calidad que se ha dado en una calidad de 8,8 (ANEXO 4) y al ver la calidad en la tabla, se encuentra la calidad dada anteriormente.

Por su parte, en coeficiente de seguridad, se obtiene de la tabla 1.1 (ANEXO 5), como una fuerza repetida, en una dirección y gradual, en la cual se obtiene un coeficiente de seguridad 3.

De esta forma, al remplazar los valores en la expresión (25), se obtiene que el diámetro de cálculo es:

$$d_c = \sqrt{\frac{4 * 23270N}{3.1416 * 627.63 \frac{N}{mm^2} * 3}}$$

$$d_c = 11.90mm$$

Con el d_c , se obtiene un diámetro de núcleo en la DIN 931 (ANEXO 4) y de esta manera se obtiene un tipo de rosca. Cabe señalar que el diámetro de núcleo debe ser mayor que el diámetro de cálculo.

El diámetro de núcleo obtenido de la norma DIN 931 (ANEXO 4) es de 13,402 mm y con este diámetro, se obtiene un tipo de Tornillo M16 (ANEXO 4)

De este modo, el Tornillo que se utilizará para sostener el cilindro briqueteador, es un Tornillo Hexagonal M16x90 DIN 931.

Para verificar el coeficiente de seguridad real, al cual queda trabajando el Tornillo, se reemplaza el diámetro d_c en la expresión (25) por el diámetro de núcleo obtenido y se despeja el nuevo coeficiente de seguridad. Al realizar esta operación, se obtiene un coeficiente de seguridad real de $n = 3,8$

3.4. CALCULO DEL SISTEMA HIDRÁULICO.

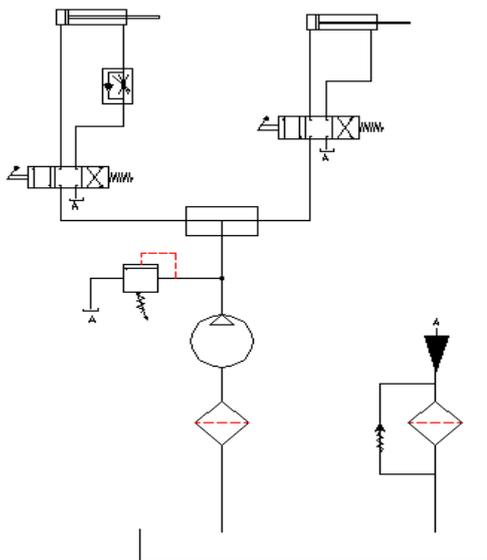


FIG.3.23. Sistema Hidráulico Máquina Briqueteadora de Viruta de Acero.

3.4.1. Cálculo del Caudal requerido en el Sistema.

Para poder calcular el caudal requerido en el sistema, se debe seleccionar primeramente uno de los cilindros de la Máquina briquetadora de viruta de acero. De ésta manera, el cilindro seleccionado, es un cilindro Vickers, modelo 3516, el cual corresponde al cilindro que opera la placa corrediza y posee las siguientes características.[11].

ESPECIFICACIÓN	VALOR
D. Interno Cilindro	63 mm
D. Vástago	45 mm
Área Interna Cilindro	31,17 cm ²
Presión Nominal	160 bar

La velocidad del vástago requerida para este cilindro es de 15 m/min, ya que, es el encargado de retirar la placa corrediza, para que la briqueta caiga hacia el fondo de la Máquina briquetadora, una vez que ha sido formada.

De este modo, una vez seleccionado el cilindro y teniendo establecida la velocidad del vástago, se procede a calcular el caudal requerido en el sistema, en función al área interna del cilindro y de la velocidad del vástago.

Considerando lo anterior, el caudal queda establecido por la siguiente expresión [12]:

$$Q_r = A_{IC} * V_v \quad (26)$$

Donde.

Q_r : Caudal requerido en el sistema ($\frac{m^3}{min}$).

A_{IC} : Área interna del cilindro ($31,17 \text{ cm}^2 = 0.003117 \text{ m}^2$).

V_v : Velocidad del vástago ($\frac{m}{min}$).

Remplazando los valores en la expresión (26), se obtiene que el caudal requerido en el sistema corresponde a.

$$Q_r = 0.003117 \text{ m}^2 * 15 \frac{m}{min}$$

$$Q_r = 0.04675 \frac{m^3}{min}$$

Al hacer la transformación correspondiente, se obtiene que $Q_r = 46.75 \frac{L}{min}$

3.4.2. Cálculo de las pérdidas secundarias del Sistema Hidráulico.

Las pérdidas secundarias, son todas aquellas perdidas de presión generadas por los elementos que componen el Sistema Hidráulico, tales como, válvulas direccionales, válvulas check, válvulas limitadoras de presión, etc [12].

- *Pérdidas en Válvulas Direccionales.*

Las pérdidas de presión generadas por estas Válvulas es de 6,2 bar por cada posición (ANEXO 6). Al considerar que los dos cilindros del sistema se encuentren operando de manera simultanea, se obtiene una caída de presión por las Válvulas directoras de 18,6 bar.

- *Pérdidas en Válvulas Reguladoras de Caudal.*

Las pérdidas de presión generadas por este tipo de válvulas es de 7 bar (ANEXO 7).

Debido a las pérdidas de presión generadas por los componentes del Sistema Hidráulico, la presión total requerida en es sistema, queda determinada por la siguiente expresión [12].

$$P_N = P + \sum \Delta P \quad (27)$$

Donde.

P_N : Presión necesaria en el sistema (*bar*).

ΔP : Pérdidas de presión en el elemento (*bar*).

Al remplazar los valores el la expresión (27), se obtiene que:

$$P_N = 53bar + (18.6 + 7)bar$$

$$P_N = 78.6bar$$

Por lo tanto, la presión mínima necesaria en el Sistema Hidráulico de la Máquina Briquetadora de Viruta de acero, es de 78,6 bar.

3.4.3. Cálculo de la Cilindrada de la Bomba Hidráulica.

La cilindrada de la bomba hidráulica está dada por la siguiente expresión [12]:

$$C = \frac{Q_r}{n * \eta_v * 10^{-3}} \quad (28)$$

Donde.

C : Cilindrada d la Bomba Hidráulica ($\frac{cm^3}{rev}$).

n : Velocidad de giro del motor *rpm* .

η_v : Rendimiento volumétrico (0.93 recomendado) [12].

Por velocidad de giro del motor, se ha considerado una velocidad de 1450 rpm, ya que es lo más común en velocidades de giro en los motores eléctricos a 50 Hz.

Al remplazar los valores en la expresión (28), se obtiene que la cilindrada de la bomba hidráulica es:

$$C = \frac{46.75 \frac{L}{\text{min}}}{1450 * 0.93 * 10^{-3}}$$

$$C = 34.67 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

De esta manera, se puede decir que la bomba hidráulica debe tener un caudal mínimo de 46.75 L/min, debe desplazar un caudal mínimo de 37.67 cm³/rev y debe entregar una presión mínima de 78.6 bar.

3.4.4. Cálculo del diámetro interior de la Manguera Hidráulica.

Para poder calcular el diámetro interno de la manguera hidráulica, se debe considerar la velocidad del fluido al interior de esta. Para este caso, se considerará una velocidad recomendada por texto [12].

La velocidad recomendada, se obtiene por tabla, en la cual se considera, la presión a la cual estará trabajando el sistema. Como el sistema hidráulico de la Máquina Briquetadora de viruta de acero esta trabajando a una presión de 78,6 bar, por tabla, se obtiene que la velocidad recomendada del fluido esta entre 3,5 a 4,5 m/s (ANEXO 8). En este caso se considerará una velocidad recomendada de 4 m/s.

Al realizar la transformación de las unidades, se obtiene que 4 m/s es igual a 240 m/min. De esta manera, el diámetro interno de la manguera hidráulica queda determinado por la siguiente expresión [12].

$$d_{im} = \sqrt{\frac{4 * Q_r}{\pi * V_{rec}}} \quad (29)$$

Donde.

d_{im} : Diámetro interno de la manguera hidráulica (m).

V_{rec} : Velocidad recomendada ($\frac{m}{min}$).

De este modo, al remplazar los valores en la expresión (29), se obtiene que el diámetro interno de la manguera hidráulica es:

$$d_{im} = \sqrt{\frac{4 * 0.04675 \frac{m^3}{min}}{3.1416 * 240 \frac{m}{min}}}$$

$$d_{im} = 0.0157m$$

Al realizar la transformación de unidades se obtiene que $d_{im} = 15.7mm$

Con este diámetro interno, se selecciona de la tabla de mangueras hidráulicas (ANEXO 9) el diámetro más cercano al obtenido en el cálculo. Es así, como de la tabla de mangueras hidráulicas se selecciona un $d_{im} = 16mm$, lo cual corresponde a una manguera de 5/8".

Para comprobar, si la velocidad real a la cual queda circulando el fluido hidráulico dentro de la manguera hidráulica, esta dentro la velocidad recomendada, se debe remplazar en la expresión (29) el diámetro interno de la manguera

hidráulica por el diámetro seleccionado de la tabla de mangueras hidráulicas y luego despejar la velocidad. Al realizar este procedimiento se obtiene que la velocidad del fluido en la manguera hidráulica es de

$$V_r = 3.87 \frac{m}{s}$$

Donde

V_r : Velocidad real del fluido en la manguera hidráulica ($\frac{m}{s}$).

La velocidad V_r , está dentro del rango de velocidades recomendadas para la presión a la cual está trabajando el sistema (ANEXO 8). Por este motivo, las pérdidas primarias producidas por el fluido hidráulico al interior de la manguera hidráulica son óptimas y no hay necesidad de calcularlas.

Una vez, obtenido el diámetro interno de la manguera hidráulica y comprobado la velocidad real del fluido hidráulico dentro de la manguera, se selecciona de tabla una manguera hidráulica (ANEXO 9). Para este caso la manguera hidráulica seleccionada es:

Manguera Hidráulica SAE 100-R2-10

3.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA HIDRÁULICO.

3.5.1. Bomba Hidráulica [11].

La bomba hidráulica es una Vickers B-20, de paleta y de desplazamiento fijo.

Esta bomba irá montada sobre el estanque, en los apoyos de montaje que éste posee y fijada con pernos M10-30 DIN 931.

El aceite hidráulico con el cual trabaja la bomba, es un aceite Shell Tellus 46 de la clase de aceites ISO. Otras características de la bomba son las siguientes:

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Caudal Máximo	48 L/min
Presión Máxima	110 bar
Velocidad Nominal	1500 rpm

3.5.2. Válvulas Direccionales [11].

Las válvulas direccionales son del tipo 4/3 marca Vickers, de tamaño nominal G 10, de pilotaje manual por medio de palanca y con retorno por muelle. Estas válvulas van montadas en un bloque sobre el estanque hidráulico.

El funcionamiento de las válvulas direccionales será el mismo para ambos cilindro, con la diferencia que en el cilindro de briqueteado, una vez alcanzada la presión de briqueteado se debe accionar nuevamente la válvula en dirección del trabajo, de tal modo, que el cilindro siga descendiendo para que pueda expulsar la briqueta fuera del recipiente de briqueteado.

Otras características de las válvulas direccionales son las siguientes:

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Presión Máxima de Servicio	210 bar
Caudal Máximo de trabajo	120 L/min
Temperaturas de trabajo	(-30 a 80)°C

3.5.3. Válvula Limitadora de Presión [11].

La válvula limitadora de presión es del tipo Vickers CT06, de tamaño nominal G12 y debe estar regulada a una presión de 80 bar.

La válvula limitadora de presión, al igual que las válvulas direccionales, van montadas en un bloque sobre el estanque hidráulico. Otras características de la válvula limitadora de presión son las siguientes.

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Presión Máxima de regulación	140 bar
Caudal Máximo	60 L/min
Temperatura de Trabajo	(-30 a 80)°C

3.5.4. Reguladora de Caudal [11].

La válvula reguladora de caudal es del tipo Vickers FN 03-20, de dos vías, de tamaño nominal G6. Esta válvula regulará el caudal hasta el punto en donde el pistón alcance una velocidad de 2.5 m/min. El anclaje de la válvula con el bloque montado sobre el estanque hidráulico, se realizará mediante pernos M10-30 DIN 931.

Otras características de la válvula reguladora de caudal son las siguientes

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Caudal Máximo de Regulación	48 L/min

3.5.5. Filtros [11].

El filtro de aspiración, es un filtro del tipo Vickers OF3-10-10, de tamaño nominal G16, el cual puede filtrar un caudal máximo de 110 L/min.

El filtro de retorno, es un filtro del tipo Vickers OFR5-25, de tamaño nominal G16 el cual puede filtrar un caudal máximo de 110 L/min.

3.5.6. Cilindros [11].

El cilindro briqueteador, es del tipo Vickers 4024, el cual es el encargado de ejercer la presión sobre la viruta para obtener la briqueta. Otras características del cilindro briqueteador, son las siguientes.

El aceite con el cual opera el cilindro, es un aceite Shell Tellus 46 de la clase de aceites ISO, el cual corresponde a un aceite mineral.

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Diámetro interior	100 mm
Diámetro del Vástago	70 mm
Longitud de Carrera	600 mm

El cilindro más pequeño, el cual es el encargado de accionar la placa corrediza, es un cilindro del tipo Vickers 3516. Este cilindro, al igual que el anterior, opera con un aceite del tipo Shell Tellus 46 de la clase de aceites ISO, el cual corresponde a un aceite mineral. Otras características de este cilindro son las siguientes.

ESPECIFICACIÓN	VALOR
Diámetro interior	63 mm
Diámetro del Vástago	45 mm
Longitud de Carrera	400 mm

CAPITULO IV

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

El análisis económico, está basado únicamente en los costos de inversión de la Máquina Briqueteadora de Viruta de acero, es decir, en los costos de los componentes y el montaje de éstos.

Cabe señalar que todos los componentes de la Máquina Briqueteadora de Viruta de Acero, fueron cotizados y existen en la ciudad de Valdivia.

A continuación se muestra el cuadro resumen de los costos de inversión de la Maquina Briqueteadora de Viruta de Acero.

CUADRO COSTOS DE INVERSIÓN

ITEM	DESCRIPCION O DESIGNACION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
1	Bomba Hidráulica Vickers B-20	1	221.050+IVA	263.050
2	Manguera Hidráulica SAE 100-R2-10	9.2 m	2.753 + IVA	30.140
3	Válvula Direccional 4/3 Vickers	2	58.793 + IVA	139.927
4	Válvula Limitadora de Presión Vickers CT06	1	152.100 + IVA	180.999
5	Válvula Reguladora de Caudal Vickers FN03-20	1	62.870 + IVA	74.815
6	Cilindro Vickers 3516	1	130.860 + IVA	155.723
7	Cilindro Vickers 4024	1	174.520 + IVA	207.679
8	Filtro de Succión Vickers OF3-10-10	1	21.500 + IVA	25.585
9	Filtro de Retorno Vickers OFR5-25	1	38.530 + IVA	45.851
10	Conectores Jic 37°	28	680 + IVA	22.658
11	Perfil Cuadrado SAE 1045 100*100*6	2	44.958 + IVA	107.000
12	Placa de Acero SAE 1045 210*800*30	43 Kg	800 + IVA	40.936

13	Placa de Acero SAE 1045 70*800*30	14.33 Kg	800 + IVA	13.642
14	Placa de Acero SAE 1045 250*250*30	16 Kg	800 + IVA	15.232
15	Placa de Acero SAE 1045 4000*100*50	160 Kg	800 + IVA	152.320
16	Placa de Acero SAE 1045 1000*1000*100	800 Kg	800 + IVA	761.600
17	Pieza de Acero SAE 1045 Maquinada 500*100*55	1	33.500 + IVA	39.865
18	Acero SAE 1045 Redondo 250*350	140 Kg	800 + IVA	133.280
19	Torneado del Acero Redondo En Elaboración de Agujero	1	23.000 + IVA	27.370
20	Plancha de Acero SAE 1045	1/2	18.235 + IVA	21.700
21	Estanque Hidráulico 60 Lts.	1	88.600 + IVA	105.434
22	Perno M10x30 DIN 931	20	540 + IVA	12.852
23	Perno M20x110 DIN 931	4	1.850 + IVA	8.806
24	Perno M16x90 DIN 931	10	1.340 + IVA	15.946
25	Montaje Sistema Hidráulico en Terreno		72.000 + IVA	85.680
26	Montaje Estructura de la Máquina en Terreno		96.000 + IVA	114.240
			Total Costos de Inversión \$	2.802.330

CONCLUSIONES

Del desarrollo de este trabajo se puede concluir que:

- Para diseñar la Máquina Briqueteadora de viruta de acero, fue muy importante la información que se logró recompilar acerca del funcionamiento de las máquinas de este tipo existentes en el mercado.
- Una de las cosas más importante, fue lograr hacer un esquema bastante acertado sobre la forma y el modo de funcionamiento de la Máquina Briqueteadora, ya que esto permitió, ahorrar bastante tiempo en el diseño de ésta.
- Resultó muy interesante lograr hacer todos los cálculos de la estructura de la Máquina Briqueteadora, en el software Mechanical Desktop 6.0, ya que esto permitió, un gran ahorro de tiempo en los cálculos junto con una selección más adecuada de los materiales que componen la estructura de la máquina.
- En la construcción de Máquina Briqueteadora, se deben seguir todas las indicaciones que se plantean en este trabajo, ya que de no hacerlo, se puede tener un mal funcionamiento de la Máquina o ésta podría quedar operando en condiciones poco favorables.
- Los objetivos que se han planteado en este trabajo, se han cumplido a cabalidad, ya que se ha podido diseñar una Máquina Briqueteadora de Viruta de Acero, disminuyendo al máximo los costos y además utilizando sólo materiales que se encuentran en la zona.
- En cuanto a la producción de la Máquina Briqueteadora, se puede decir que cumple las expectativas de la Maestranza Valdivia, ya que es una Máquina que ocupa un pequeño espacio, se puede utilizar cuando sea necesario y además, es segura para el operario que la manipula.

BIBLIOGRAFÍA.

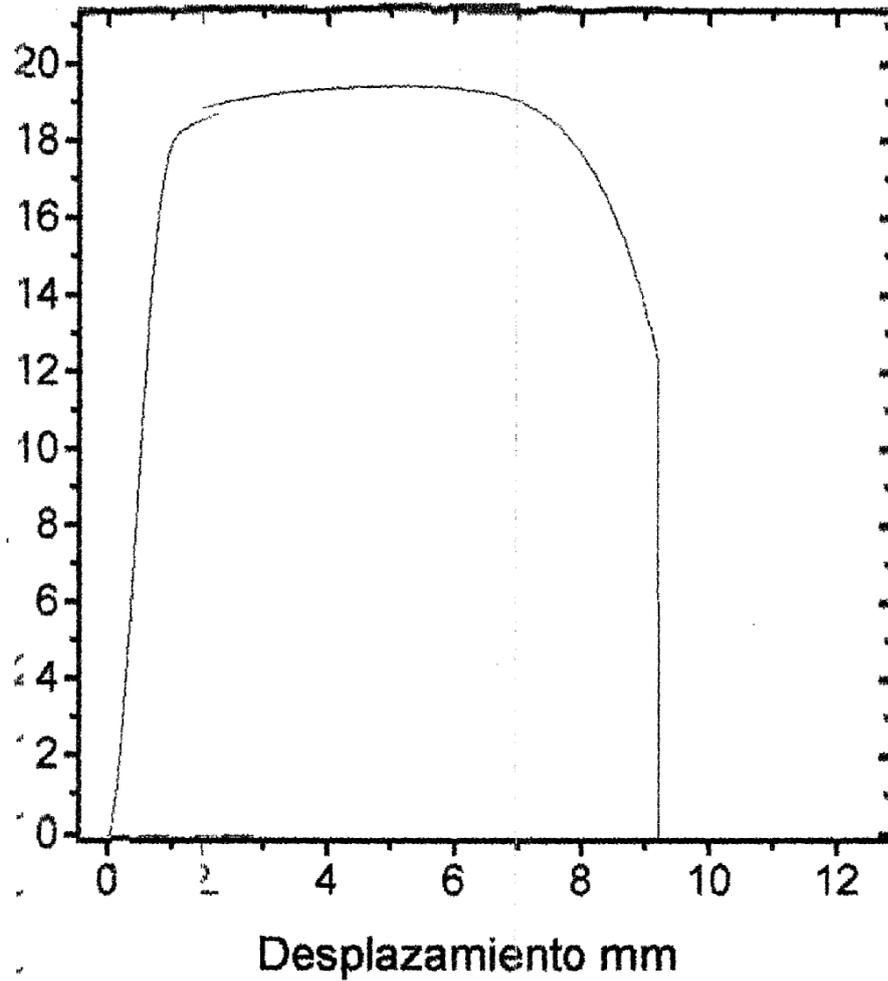
1. - JOHN L. – EARL E. TATRO. 1965. Maquinado de Metales en Maquinas Herramientas; 1° Edición, México, Editorial Continental. Volumen I.
- 2.- K.R.KOMAREK, INC. 1825. Estes Ave. Elk Grove Village (Disponible en : http://www.komarek.com/el_proceso_de_briquetado.html Consultado el: 02 de Enero de 2007).
3. - FAO. 1979. *Problems and priorities in developing wood stove programmes*. Intermediate Technology Development Group. (Disponible en: http://www.FAO.com/Document_Repository.htm. Consultado el: 29 de Enero de 2007).
- 4.- K.R.KOMAREK, INC. 1825. Estes Ave. Elk Grove Village (Disponible en: <http://www.komarek.com/modelos.html>. Consultado el: 29 de Enero de 2007).
- 5.- Peso Específico de materiales de Construcción 2003 (Disponible en: www.miliarium.com Consultado el 26 de Abril de 2007)
- 6.- Streeter Victor L. 1999. Mecánica de los Fluidos; Novena Edición, Editorial Mc Graw Hill.
- 7.- Encarta 2004 (Disponible en: www.encarta.com/volumenes.html. Consultado el 30 de Abril de 2007).
- 8.- Ensayo de materiales 2000 (disponible en www.ensayodemateriales.com/distintos_tipos.html. Consultado el 17 de Mayo de 2007).
- 9.- Propiedades de la Madera 1998 (Disponible en [www.Muebles.cl/propiedades de la madera.html](http://www.Muebles.cl/propiedades_de_la_madera.html) . Consultado el 24 de Mayo de 2007).
- 10.- Composición Química y Designación de los Aceros Comunes 1996 (Disponible en [www.Sabimet.com/composición química de los aceros.html](http://www.Sabimet.com/composición_química_de_los_aceros.html). Consultado el 27 de Mayo de 2007).
- 11.- Propiedades de los Elementos (Disponible en www.Vickers.com Consultado el 16 de Junio del 2007)

12.- Antonio Serrano Nicolás 2002 OLEOHIDRÁULICA; 1º Edición, España,
Editorial Mc Graw Hill.

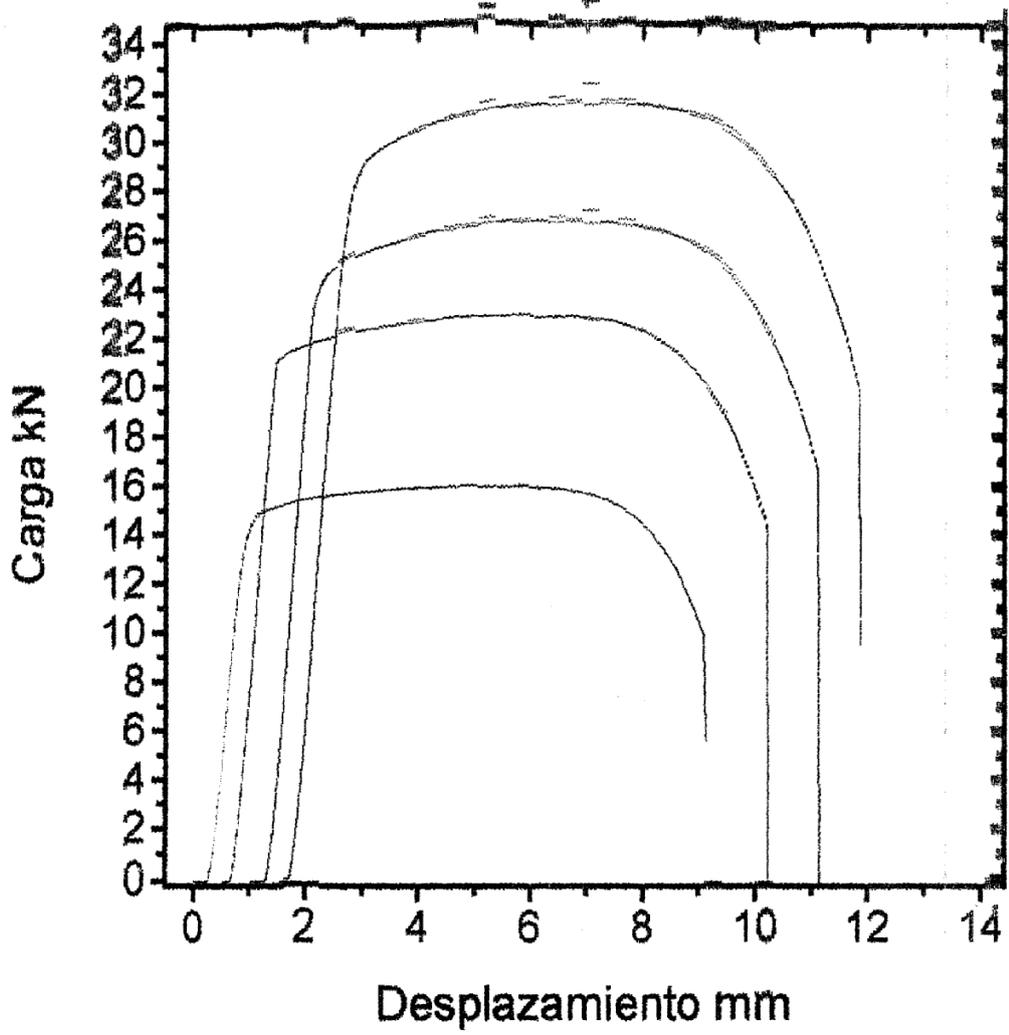
ANEXOS

ANEXO 1: Gráficos de Esfuerzo-Deformación del acero SAE 3415

Samples: DATA0112



Samples: DATA0113



ANEXO 2: Peso Placa Corrediza.

Barras Planas

- Calidades : Grados SAE 10 y SAE 1020.
Calidades Estructurales Solubles
A37 - 24ES, A42 - 27ES y A52 - 34ES




Secciones Normales y pesos nominales (kg / m)

- Largo Normal : 6 m; otros largos sujetos a consultas.

Ancho	Espesor								
	mm								
mm	3	5	6	8	10	11	12	20	25
12	0,283	0,471	-	-	-	-	-	-	-
16	0,377	0,628	-	-	-	-	-	-	-
20	0,471	0,785	0,942	1,25	1,57	1,73	1,88	-	-
25	0,589	0,981	1,18	1,57	1,96	2,16	2,36	-	-
30	0,707	1,18	1,41	1,83	2,36	2,59	2,83	-	-
32	0,754	1,26	1,51	2,01	2,51	2,76	3,01	-	-
38	0,895	1,49	1,79	2,39	2,98	3,28	3,58	-	-
50	1,18	1,86	2,36	3,14	3,93	4,32	4,71	7,85	9,81
63	-	2,47	2,97	3,93	4,95	5,44	5,93	9,89	12,4
75	-	2,94	3,53	4,71	5,89	6,48	7,07	11,8	14,7
90	-	3,53	4,24	5,65	7,07	7,77	8,48	14,1	17,7
100	-	3,93	4,71	6,28	7,85	8,64	9,42	15,7	19,6
120	-	-	-	-	-	-	-	18,8	23,6
125	-	-	-	-	-	-	-	19,6	24,5

Barras Planas para Resortes

- Calidad : Grados SAE 5160 y SAE 5160 H
- Largo Normal : 6 m



Secciones Normales y pesos nominales (kg / m)

Ancho	Espesor										
	mm										
mm	6	7	8	10	11	12	13	14	16	20	25
44	2,07	2,42	2,76	3,45	3,80	-	-	-	-	-	-
50	2,36	2,75	3,14	3,93	4,32	4,71	5,10	5,50	6,28	7,85	9,81
57	2,68	3,13	3,58	4,47	4,92	5,37	5,82	6,26	7,16	8,95	11,2
60	2,83	3,30	3,77	4,71	5,18	5,65	6,12	6,59	7,54	9,42	11,8
63	2,97	3,46	3,96	4,95	5,44	5,93	6,43	6,92	7,91	9,89	12,4
70	-	-	4,40	5,50	6,04	6,59	7,14	7,69	8,79	11,0	13,7
76	-	-	4,71	5,89	6,48	7,07	7,65	8,24	9,42	11,8	14,7
80	-	-	5,02	6,28	6,91	7,54	8,16	8,79	10,0	12,6	15,7
85	-	-	5,65	7,07	7,77	8,48	9,18	9,89	11,3	14,1	17,7
100	-	-	6,28	7,85	8,64	9,42	10,2	11,0	12,6	15,7	19,6

ANEXO 3: Peso de perfil 100*100*6

TUBOS DE ACERO ESTRUCTURALES CUADRADOS

DIMENSION	ESPESOR	PESO	PESO
mm.	mm.	kg X mt.	kg X tira
15	1.0	0.42	2.52
15	1.5	0.59	3.54
20	1.0	0.58	3.48
20	1.5	0.83	4.98
20	2.0	1.02	6.12
25	1.0	0.73	4.38
25	1.5	1.06	6.36
25	2.0	1.34	8.04
30	1.0	0.89	5.34
30	1.5	1.30	7.80
30	2.0	1.68	10.08
35	1.0	1.05	6.30
40	1.0	1.28	7.68
40	1.5	1.77	10.62
40	2.0	2.31	13.86
40	3.0	3.30	19.80
50	1.5	2.24	13.44
50	2.0	2.93	17.58
50	3.0	4.25	25.50
50	4.0	5.45	32.70
50	5.0	6.56	39.36
60	1.5	2.80	16.80
60	2.0	3.70	22.20
75	2.0	4.50	27.00
75	3.0	6.60	39.60
75	4.0	8.59	51.54
75	5.0	10.48	62.88
100	2.0	6.07	36.42
100	3.0	8.98	53.78
100	4.0	11.73	70.38
100	5.0	14.41	86.46
100	6.0	16.98	101.88

RECTANGULARES

DIMENSION	ESPESOR	PESO TEORICO	PESO
mm.	mm.	kg X mt.	kg X tira
20 x 10	1.0	0.42	2.52
20 x 10	1.5	0.59	3.54
25 x 15	1.0	0.54	3.48
25 x 15	1.5	0.83	4.98
25 x 15	2.0	1.02	6.12
30 x 20	1.0	0.73	4.38
30 x 20	1.5	1.06	6.36
30 x 20	2.0	1.36	8.16
40 x 20	1.0	0.89	5.34
40 x 20	1.5	1.30	7.80
40 x 20	2.0	1.68	10.08
40 x 30	1.0	1.05	6.30
40 x 30	1.5	1.53	9.18
40 x 30	2.0	1.99	11.94
50 x 20	1.5	1.53	9.18
50 x 20	2.0	1.99	11.94
50 x 30	1.0	1.28	7.68
50 x 30	1.5	1.77	10.62
50 x 30	2.0	2.31	13.86

ANEXO 4: Norma DIN 931

TORNILLOS																																																							
Designación - Ejecución		Propiedades de resistencia																																																					
TORNILLO HEXAGONAL M 12 x 50 DIN 931 - m 5,6																																																							
Ejemplo: Tornillo hexagonal M 12, 50 mm de long. DIN 931, ejecución m (véase más abajo) del acero con prop. de resistencia 5,6 (véase más abajo)			Ejecución: media, semi-besta, besta Característica de resistencia: Resist. a tracción, límite de fluencia																																																				
Tipos de resistencia p. tornillos		Designación de los tipos de resistencia																																																					
<table border="1"> <tr> <th>Simbolo de las resist.</th> <th>Resist. a la tracción R_m en MPa</th> <th>Fuerza F_m en daN</th> <th>Stab. $\sigma_{0.2}$ en daN/mm²</th> </tr> <tr> <td>4.8</td> <td>36</td> <td>30</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>4.6</td> <td>40</td> <td>34</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>4.5</td> <td>45</td> <td>40</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td>55</td> <td>50</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>5.8</td> <td>58</td> <td>50</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>6.0</td> <td>60</td> <td>56</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>6.8</td> <td>60</td> <td>48</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td>6.9</td> <td>60</td> <td>54</td> <td>42</td> </tr> <tr> <td>8.8</td> <td>80</td> <td>64</td> <td>52</td> </tr> <tr> <td>10.9</td> <td>100</td> <td>90</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>12.9</td> <td>120</td> <td>108</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>14.9</td> <td>140</td> <td>126</td> <td>7</td> </tr> </table>	Simbolo de las resist.	Resist. a la tracción R_m en MPa	Fuerza F_m en daN	Stab. $\sigma_{0.2}$ en daN/mm ²	4.8	36	30	20	4.6	40	34	24	4.5	45	40	24	5.0	55	50	30	5.8	58	50	40	6.0	60	56	36	6.8	60	48	48	6.9	60	54	42	8.8	80	64	52	10.9	100	90	7	12.9	120	108	8	14.9	140	126	7	Torn. hexagon. y con hexag. interior desde 5 mm \varnothing con tipos de resist. desde el 6.8 Prisioneros desde 5 mm \varnothing con resist. desde el tipo 5.8 tienen que designarse con el simbolo del tipo de resist. y con el del fabricante.		
Simbolo de las resist.	Resist. a la tracción R_m en MPa	Fuerza F_m en daN	Stab. $\sigma_{0.2}$ en daN/mm ²																																																				
4.8	36	30	20																																																				
4.6	40	34	24																																																				
4.5	45	40	24																																																				
5.0	55	50	30																																																				
5.8	58	50	40																																																				
6.0	60	56	36																																																				
6.8	60	48	48																																																				
6.9	60	54	42																																																				
8.8	80	64	52																																																				
10.9	100	90	7																																																				
12.9	120	108	8																																																				
14.9	140	126	7																																																				
<table border="1"> <tr> <th>4.8</th> <th>4.6</th> <th>4.5</th> <th>5.0</th> <th>5.8</th> <th>6.0</th> <th>6.8</th> <th>6.9</th> <th>8.8</th> <th>10.9</th> <th>12.9</th> <th>14.9</th> </tr> <tr> <td></td> </tr> </table>		4.8	4.6	4.5	5.0	5.8	6.0	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9													Marco del fabric. Marco del fabric. Marco del fabric.																													
4.8	4.6	4.5	5.0	5.8	6.0	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9																																												
<table border="1"> <tr> <th>4.8</th> <th>4.6</th> <th>4.5</th> <th>5.0</th> <th>5.8</th> <th>6.0</th> <th>6.8</th> <th>6.9</th> <th>8.8</th> <th>10.9</th> <th>12.9</th> <th>14.9</th> </tr> <tr> <td></td> </tr> </table>		4.8	4.6	4.5	5.0	5.8	6.0	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9													En vez de la designación pueden emplearse los siguientes simbolos en caso de falta de sitio.																													
4.8	4.6	4.5	5.0	5.8	6.0	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9																																												
<table border="1"> <tr> <th>4.8</th> <th>4.6</th> <th>4.5</th> <th>5.0</th> <th>5.8</th> <th>6.0</th> <th>6.8</th> <th>6.9</th> <th>8.8</th> <th>10.9</th> <th>12.9</th> <th>14.9</th> </tr> <tr> <td></td> </tr> </table>		4.8	4.6	4.5	5.0	5.8	6.0	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9													Tipo de resistencia: 5.6, 8.8, 10.9, 12.9, 14.9																													
4.8	4.6	4.5	5.0	5.8	6.0	6.8	6.9	8.8	10.9	12.9	14.9																																												
<table border="1"> <tr> <th>10.9</th> <th>12.9</th> <th>14.9</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		10.9	12.9	14.9				Simbolos																																															
10.9	12.9	14.9																																																					
<table border="1"> <tr> <th>10.9</th> <th>12.9</th> <th>14.9</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		10.9	12.9	14.9				Color de la etiqueta hasta 5,6 se recomiendan rojo azul para tornillos de acero																																															
10.9	12.9	14.9																																																					
1) La primera cifra de el 1/10 de la resist. min. a tracción en kg/mm. La segunda cifra de el decuplo de la relación entre fluencia mínima y resist. mínima a la tracción (relac. de límites de elasticidad). Ambos cifras multiplicados entre si dan el límite de fluencia mínima en kg/mm ² .																																																							
Ejecuciones m mg g																																																							
Superficie	m (media)	mg (semi-besta)	g (besta)																																																				
Profundidad de aserraca k , en μ m (micr)																																																							
Flancos roscas en tornillos y tuercas	25 ¹⁾	25 ¹⁾	40																																																				
Núcleo de rosca en tornillos																																																							
Superf. apoya, mangos																																																							
Bombes y superficies de floras	100																																																						
Núcleo de rosca en tuercas			arbitrario																																																				
Diámetro exterior de rosca en tornillos	arbitrario	arbitrario																																																					
Otras superficies	25 ¹⁾																																																						
Tornillos con rosca izquierda desde M 5, 1). Para roscas talladas superiores a M5: 40 μ m tienen que señalarse con L.																																																							

TORNILLOS Y ROSCAS											
Rosca métrica ¹⁾											
$r = 0,666 \cdot p$ $L = 2,5 \cdot p \cdot n$ $r = 0,1082 \cdot n \cdot p$											
Perno y tuerca		Tuerca				Arandela					
		Ejecución	Paso	Altura	Altura	Extremo	Medida			Espesor	
\varnothing	\varnothing	mm	mm	mm	mm	mm	mm	\varnothing	\varnothing	\varnothing	mm
1	1.2	0,676	0,36	0,75	—	—	—	—	—	—	—
2	1.4	0,876	0,40	0,75	—	—	—	—	—	—	—
3	1.6	1,010	0,45	0,75	—	—	—	—	—	—	—
4	1.7	1,246	0,50	0,75	1,0	1,4	3,0	4	4,5	0,5	—
5	1.8	1,482	0,55	0,75	1,4	1,6	4	4,5	0,5	0,5	—
6	2.0	1,780	0,60	0,75	1,6	1,8	4,5	5,0	0,5	0,5	—
8	2.2	2,016	0,65	0,75	1,8	2	5	5,5	0,5	0,5	—
10	2.4	2,350	0,70	0,75	2	2,4	5,5	6,4	0,5	0,5	—
12	2.5	2,720	0,75	0,75	2,4	2,8	6	6,9	0,5	0,5	—
14	2.6	3,090	0,80	0,75	2,8	3,2	7	8,0	0,5	0,8	—
16	2.7	3,56	0,85	0,75	3,2	4	9	10,4	0,5	1	—
18	2.8	4,070	0,90	0,75	3,6	4,5	10	11,0	0,5	1,5	—
20	2.9	4,630	0,95	0,75	4	5	11	12,0	0,5	—	—
22	3.0	5,240	1,00	0,75	4,5	5,5	12	13,0	0,5	—	—
24	3.1	5,900	1,05	0,75	5	6,5	14	14,0	0,5	—	—
27	3.2	6,720	1,10	0,75	5,5	7	17	16,0	0,5	—	—
30	3.3	7,700	1,15	0,75	6	8	19	18,0	0,5	—	—
36	3.4	9,160	1,20	0,75	7	9,5	23	21,0	0,5	—	—
42	3.5	10,820	1,25	0,75	8	11	27	24,0	0,5	—	—
48	3.6	12,700	1,30	0,75	9	12,5	32	28,0	0,5	—	—
54	3.7	14,800	1,35	0,75	10	14	37	32,0	0,5	—	—
60	3.8	17,100	1,40	0,75	11	16	43	36,0	0,5	—	—
66	3.9	19,600	1,45	0,75	12	18	50	41,0	0,5	—	—
72	4.0	22,300	1,50	0,75	14	20	58	47,0	0,5	—	—
78	4.1	25,200	1,55	0,75	16	22	67	53,0	0,5	—	—
84	4.2	28,300	1,60	0,75	18	24	77	59,0	0,5	—	—
90	4.3	31,600	1,65	0,75	20	26	88	66,0	0,5	—	—
96	4.4	35,100	1,70	0,75	22	28	100	73,0	0,5	—	—
102	4.5	38,800	1,75	0,75	24	30	113	80,0	0,5	—	—
108	4.6	42,700	1,80	0,75	26	32	127	88,0	0,5	—	—
114	4.7	46,800	1,85	0,75	28	34	142	96,0	0,5	—	—
120	4.8	51,100	1,90	0,75	30	36	158	104,0	0,5	—	—
126	4.9	55,600	1,95	0,75	32	38	175	113,0	0,5	—	—
132	5.0	60,300	2,00	0,75	34	40	193	122,0	0,5	—	—
138	5.1	65,200	2,05	0,75	36	42	212	131,0	0,5	—	—
144	5.2	70,300	2,10	0,75	38	44	232	140,0	0,5	—	—
150	5.3	75,600	2,15	0,75	40	46	253	149,0	0,5	—	—
156	5.4	81,100	2,20	0,75	42	48	275	158,0	0,5	—	—
162	5.5	86,800	2,25	0,75	44	50	298	167,0	0,5	—	—
168	5.6	92,700	2,30	0,75	46	52	322	176,0	0,5	—	—
174	5.7	98,800	2,35	0,75	48	54	347	185,0	0,5	—	—
180	5.8	105,100	2,40	0,75	50	56	373	194,0	0,5	—	—
186	5.9	111,600	2,45	0,75	52	58	400	203,0	0,5	—	—
192	6.0	118,300	2,50	0,75	54	60	428	212,0	0,5	—	—
198	6.1	125,200	2,55	0,75	56	62	457	221,0	0,5	—	—
204	6.2	132,300	2,60	0,75	58	64	487	230,0	0,5	—	—
210	6.3	139,600	2,65	0,75	60	66	518	239,0	0,5	—	—
216	6.4	147,100	2,70	0,75	62	68	550	248,0	0,5	—	—
222	6.5	154,800	2,75	0,75	64	70	583	257,0	0,5	—	—
228	6.6	162,700	2,80	0,75	66	72	617	266,0	0,5	—	—
234	6.7	170,800	2,85	0,75	68	74	652	275,0	0,5	—	—
240	6.8	179,100	2,90	0,75	70	76	688	284,0	0,5	—	—
246	6.9	187,600	2,95	0,75	72	78	725	293,0	0,5	—	—
252	7.0	196,300	3,00	0,75	74	80	763	302,0	0,5	—	—
258	7.1	205,200	3,05	0,75	76	82	802	311,0	0,5	—	—
264	7.2	214,300	3,10	0,75	78	84	842	320,0	0,5	—	—
270	7.3	223,600	3,15	0,75	80	86	883	329,0	0,5	—	—
276	7.4	233,100	3,20	0,75	82	88	925	338,0	0,5	—	—
282	7.5	242,800	3,25	0,75	84	90	968	347,0	0,5	—	—
288	7.6	252,700	3,30	0,75	86	92	1012	356,0	0,5	—	—
294	7.7	262,800	3,35	0,75	88	94	1057	365,0	0,5	—	—
300	7.8	273,100	3,40	0,75	90	96	1103	374,0	0,5	—	—
306	7.9	283,600	3,45	0,75	92	98	1150	383,0	0,5	—	—
312	8.0	294,300	3,50	0,75	94	100	1198	392,0	0,5	—	—
318	8.1	305,200	3,55	0,75	96	102	1247	401,0	0,5	—	—
324	8.2	316,300	3,60	0,75	98	104	1297	410,0	0,5	—	—
330	8.3	327,600	3,65	0,75	100	106	1348	419,0	0,5	—	—
336	8.4	339,100	3,70	0,75	102	108	1400	428,0	0,5	—	—
342	8.5	350,800	3,75	0,75	104	110	1453	437,0	0,5	—	—
348	8.6	362,700	3,80	0,75	106	112	1507	446,0	0,5	—	—
354	8.7	374,800	3,85	0,75	108	114	1562	455,0	0,5	—	—
360	8.8	387,100	3,90	0,75	110	116	1618	464,0	0,5	—	—
366	8.9	399,600	3,95	0,75	112	118	1675	473,0	0,5	—	—
372	9.0	412,300	4,00	0,75	114	120	1733	482,0	0,5	—	—
378	9.1	425,200	4,05	0,75	116	122	1792	491,0	0,5	—	—
384	9.2	438,300	4,10	0,75	118	124	1852	500,0	0,5	—	—
390	9.3	451,600	4,15	0,75	120	126	1913	509,0	0,5	—	—

ANEXO 5: Tabla de Coeficientes de Seguridad.

TABLA 1.1 COEFICIENTES DE SEGURIDAD (COEFICIENTES DE CÁLCULO)
Faires, Virgil Moring. "Diseño de Elementos de Máquinas", 1970

Los coeficientes de seguridad señalados con * están destinados principalmente al uso de principiantes, aunque son valores tradicionales. No se deberán utilizar cuando se haga un análisis detallado de las cargas variables, concentraciones de esfuerzos, etc., Son aceptables para utilizarlos con resistencias típicas (Sy, Sut).

CLASE DE CARGA (o Fuerza)	Acero, Metales Dúctiles		Hierro Fundido, Metales Quebradizos	Madera de Construcción
	<i>Basado en la Resistencia de fluencia Sy</i>	<i>Basado en la Resistencia máxima Sut</i>	<i>Basado en la Resistencia máxima Sut</i>	
Carga permanente	1.5-2	3-4	5-6	7
Repetida, una dirección, gradual (choque suave) *	3	6	7-8	10
Repetida, invertida, gradual (choque suave) *	4	8	10-12	15
Choque *	5-7	10-15	15-20	20

Cuando se investiga o declara un coeficiente de seguridad (CS), hay que declarar también su base, poniendo «coeficiente de seguridad basado en la resistencia de fluencia» o «basado en la resistencia máxima».

Probablemente la definición más fundamental del coeficiente de seguridad es

$$\text{Coeficiente de seguridad (CS)} = \frac{\text{Carga que podría originar la rotura (Fu)}}{\text{Carga real aplicada en el elemento (F)}} = \text{Coeficiente de cálculo}$$

al menos si sólo interviene una carga. También se emplea esta definición cuando el esfuerzo no varía linealmente con la fuerza, como en algunas fórmulas de columnas (Pandeo).

La tabla 1.1 da los valores prácticos que pueden servir de guía. En años recientes se manifiesta una tendencia al uso de la resistencia de fluencia como criterio preferible para obtener un esfuerzo de cálculo, muy conveniente para *cargas permanentes*. Esta práctica está basada en el supuesto lógico de que la rotura se produce cuando una pieza deja de realizar su función asignada y la mayoría de los elementos de las máquinas no la realizarán correctamente después de haber recibido una deformación permanente. Sin embargo, esta práctica es impugnada en el proyecto de máquinas sometidas a *cargas variables*, debido a que la resistencia a la fatiga de los aceros es casi proporcional. Si las cargas varían de una manera definible, se deben seguir los métodos de cálculo explicados en el capítulo Cargas variables y Concentración de Esfuerzos.

La resistencia de un material es su capacidad para resistir la acción de fuerzas aplicadas. Desafortunadamente, la resistencia de un material no se puede representar por un solo número porque su aptitud para resistir la acción de las cargas y fuerzas depende de la naturaleza de éstas, de las clases de esfuerzos inducidos y de otras circunstancias. Existen, por lo tanto, varias resistencias en un mismo material.

Ordinariamente el *coeficiente de seguridad* es el coeficiente que se aplica al criterio de resistencia a fin de obtener un criterio de cálculo.

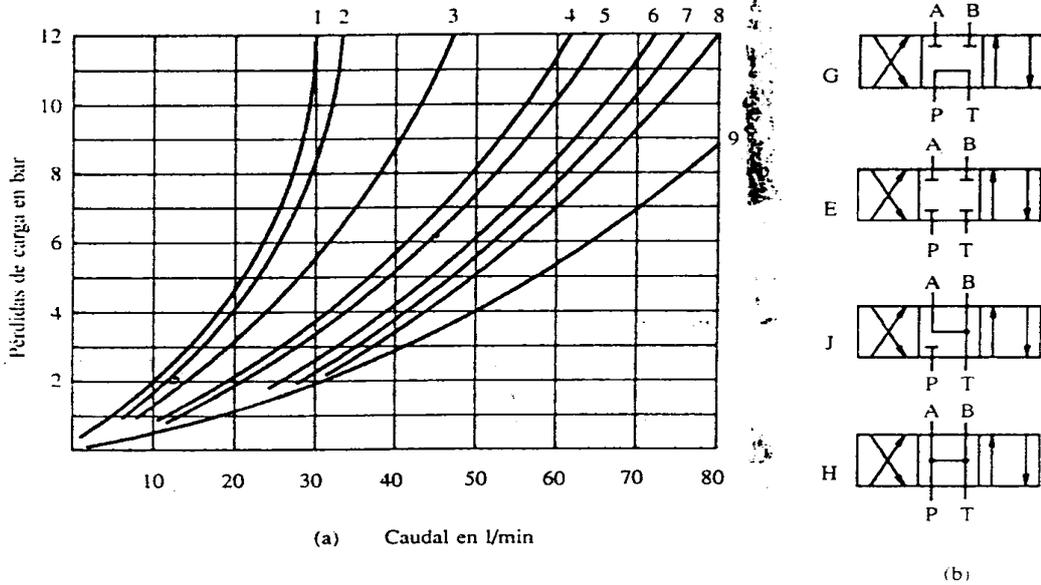
Un grado de seguridad innecesariamente grande implica un costo innecesariamente elevado.

ANEXO 6: Pérdida en Válvulas Direccionales.

192 *Oleohidráulica*

En la figura 9.6.1 se muestra un gráfico de *pérdidas de presión* internas correspondientes a una válvula cualquiera, normalizada en cuanto a dimensiones de fijación se refiere, de 80 l/min de caudal máximo y capaz de soportar presiones de hasta 315 bar. En el gráfico (a) se representan curvas de pérdidas de carga para las distintas vías de conexión de la válvula en función del caudal que circula por su interior. Con objeto de simplificar, aquí sólo se muestran cuatro correderas diferentes, según puede apreciarse en (b) de la misma figura. En (c) se muestra una tabla con el tipo de corredera y el número de curva correspondiente del gráfico mencionado. Como puede apreciarse, las pérdidas de carga varían dentro de una misma válvula según la dirección y sentido del flujo. En este caso el gráfico se refiere a un aceite con viscosidad de 23 cSt.

Como ya se vio en el capítulo dedicado a los principios fundamentales de la oleohidráulica, al pasar un determinado caudal por un conducto, las pérdidas aumentan a medida en que lo hace la velocidad del fluido. De ahí que en el gráfico las pérdidas se hagan más elevadas a medida en que aumenta el caudal y, por tanto, aumenta en la misma proporción la velocidad de circulación del aceite.



NÚMERO DE CURVA

Forma de corredera	P a A	P a B	A a T	B a T	P a T
G	1	1	2	2	3
E	5	5	6	6	—
J	5	5	9	9	—
H	6	6	8	8	—

Figura 9.6.1. Pérdidas de carga según corredera.

(c)

ANEXO 7: Pérdida en Válvulas Reguladoras de Caudal.

Válvulas de regulación, control y bloqueo 207

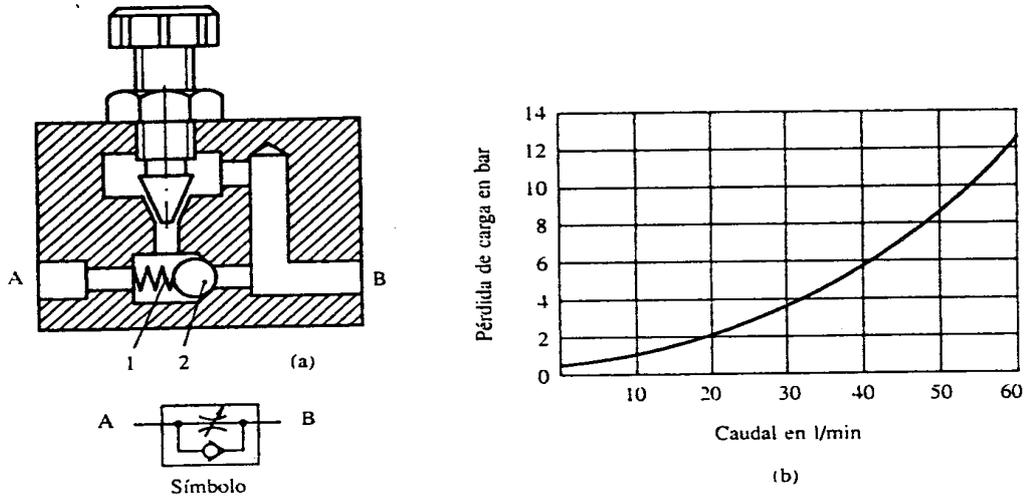


Figura 10.4.2. Reguladora de flujo unidireccional.

En la figura 10.4.3 se muestra una válvula *reguladora de caudal compensada de dos vías*. Estas válvulas compensadas por presión controlan los caudales de salida, con independencia de las variaciones de presión a la entrada o a la salida de la válvula, todo ello con pérdidas de carga mínimas y manteniéndose éstas prácticamente constantes.

Al igual que ocurre con las estranguladoras, estas válvulas descargan el caudal sobrante a la presión máxima, bien la de todo el circuito, o bien a la máxima presión que permite la parte del circuito donde van instaladas. También pueden llevar incorporada o no, válvula antirretorno. La que se muestra en la figura incorpora antirretorno. Esencialmente constan de un bloque o cuerpo (1) donde el conducto (A) es el de entrada del caudal y el (B) el de la salida controlada. La comunicación en el sentido de (B) hacia (A) tiene lugar sin estrangulación, a través del conducto (2) y la antirretorno (3).

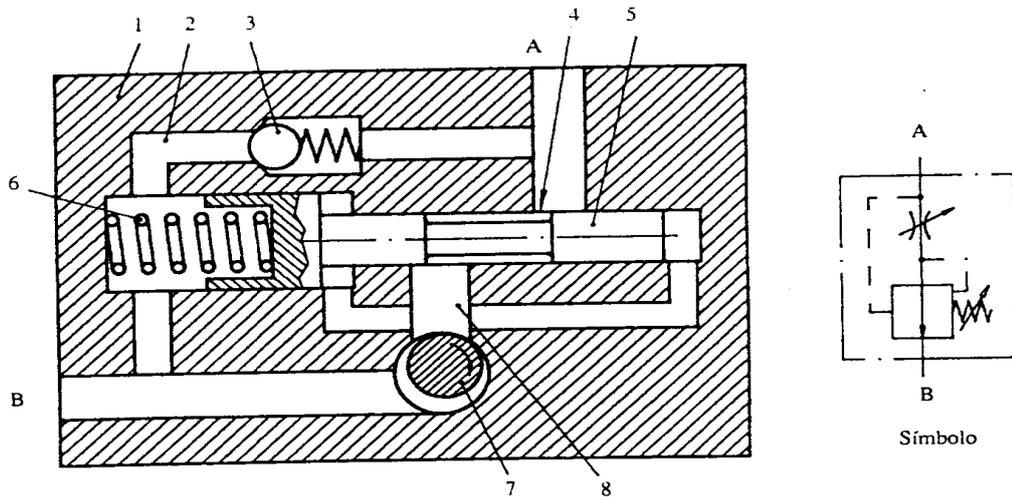


Figura 10.4.3. Válvula reguladora de caudal compensada.

ANEXO 8: Velocidades de Fluido Recomendadas Según la Presión de Trabajo.38 *Oleohidráulica*

Y ya para terminar, las tuberías de distribución hacia los actuadores (3) y (4) son tuberías que cumplen la doble función de tuberías de *presión* y de *retorno*, dependiendo del sentido del movimiento del vástago cuando el accionador es un cilindro, y del sentido de giro del eje, cuando tal accionador es un motor hidráulico o un accionador rotatorio. En el caso de la figura mencionada, donde el vástago del cilindro avanza, la tubería (3) se comporta como de presión y la (4) como tubería de retorno. Al invertir el movimiento del vástago, la (4) pasa a ser de presión y la (3) se convierte en tubería de retorno. En estas tuberías es necesario buscar un cierto equilibrio en lo que al dimensionado del diámetro interior se refiere. Se trata de dimensionarlas como tuberías de presión pero con cierta generosidad para que cumplan adecuadamente también la función como tuberías de retorno.

Figura 2.8.2. Velocidades recomendadas del fluido

VELOCIDADES DEL FLUIDO EN TUBERÍAS			
Conductos	Velocidades del fluido en m/s.		
	Presiones de trabajo en bar.		
	de 0 a 25	de 25 a 100	de 100 a 300
De presión	de 3,0 a 3,5	de 3,5 a 4,5	de 4,5 a 6,0
De alimentación		de 0,5 a 1,0	
De retorno		de 1,5 a 2,0	

En la tabla de la figura 2.8.2 se resumen los valores recomendados de las velocidades de circulación del fluido para cada uno de los casos. Como puede observarse, en los conductos de presión se han aconsejado velocidades diferentes para distintas presiones, que oscilan desde 0 a 300 bar. En efecto, al aumentar la presión del circuito puede aumentarse también la velocidad de circulación del aceite hasta el valor de 6 m/s, e incluso más en determinadas aplicaciones. En cambio, en los conductos de alimentación y retorno, al no existir presión apenas, la velocidad puede mantenerse constante entre los valores aproximados que se muestran.

2.9. CÁLCULO DE TUBERÍAS

Para el cálculo del diámetro interior de las tuberías es preciso tener en cuenta el caudal y la velocidad media de circulación del fluido por el conducto. El caudal, como ya se ha indicado, es la cantidad de aceite que pasa por la sección del conducto en un tiempo determinado. Dependerá pues de la velocidad media del fluido y de la sección de la tubería, según la relación siguiente:

$$Q = S \cdot V$$

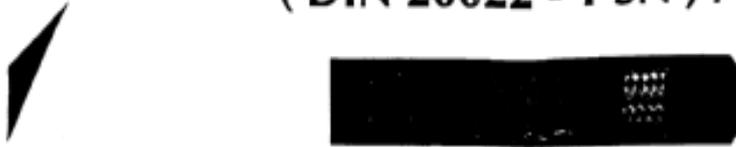
Pero si se tienen en cuenta las unidades típicas usadas en oleohidráulica donde:

Q = Caudal en l/min.

S = Sección del conducto en cm².

V = Velocidad media del fluido en m/s.

ANEXO 9: Tabla de Mangueras Hidráulicas.

(DIN 20022 - 1 SN) / R1

Tubo interno fabricado en caucho sintético • Refuerzo de una malla de acero de alta resistencia • Revestimiento en caucho sintético resistente a la abrasión • Rango de temperatura -40 °C + 121 °C

DASH	[in]	4	6	8	10	12	16	20	24	32
I.D	[in]	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 ^{1/4}	1 ^{1/2}	2
I.D	[mm]	6,4	9,5	12,7	16,0	19,0	25,4	31,8	38,1	60,8
O.D TIPO SN	[mm]	13,4	17,4	20,6	23,7	27,7	35,6	43,5	50,6	61,0
PRESION DE TRABAJO	[bar]	225	180	160	130	105	88	63	50	40
PRESION MAXIMA	[bar]	360	288	256	208	168	140	100	80	64

(DIN 20020 - 2 SN) / R2

Tubo interno fabricado en caucho sintético • Refuerzo de dos mallas de acero de alta resistencia • Revestimiento en caucho sintético resistente a la abrasión • Rango de temperatura -40 °C + 121 °C

DASH	[in]	4	6	8	10	12	16	20	24	32
I.D	[in]	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 ^{1/4}	1 ^{1/2}	2
I.D	[mm]	6,4	9,5	12,7	16,0	19,0	25,4	31,8	31,8	50,8
O.D TIPO SN	[mm]	15,0	19,0	22,2	25,4	29,3	38,1	48,3	54,6	67,3
PRESION DE TRABAJO	[bar]	400	330	275	250	215	165	125	90	80
PRESION MAXIMA	[bar]	640	528	440	400	340	260	200	144	128