

## CAPITULO IV

### DISEÑO DEL BASTIDOR

#### 4.1 Introducción.

En este capítulo se muestra el resultado de la búsqueda de un diseño adecuado de una estructura acorde a cubrir las necesidades para albergar todos los aditamentos con los que debe contar la máquina para su correcto funcionamiento, en base al diseño preliminar que se vio en el capítulo 3. En una primera instancia, se había pensado en colocar el extrusor junto con la tolva en la parte superior de la moldeadora, pero esto representaría tener una tolva con poca capacidad de almacenamiento, además de dificultar al operador su labor de abastecimiento de barro a la tolva debida a la altura. Es por eso que se optó por diseñar una tolva con una mayor capacidad colocada a un lado de la moldeadora y no sobre ésta. Esto obligó a pensar en el diseño de dos bastidores o estructuras, uno para la moldeadora y otro para el extrusor y la tolva. Al prácticamente dividir la máquina en dos partes se puede observar que el peso que debía a soportar el bastidor de la moldeadora no era un peso considerablemente alto; sin embargo para el bastidor del extrusor sí lo era. Es por eso que en este capítulo aunque se hace el desarrollo de la selección de los componentes del bastidor de la moldeadora, no se le somete a un análisis de esfuerzos, mientras que al bastidor del extrusor sí se le hace este análisis con la ayuda del software ALGOR ® . Para una fácil identificación se hace mención al bastidor de la moldeadora como el bastidor A, mientras que al bastidor del extrusor se le identifica como bastidor B (ver figuras 28 y 29).

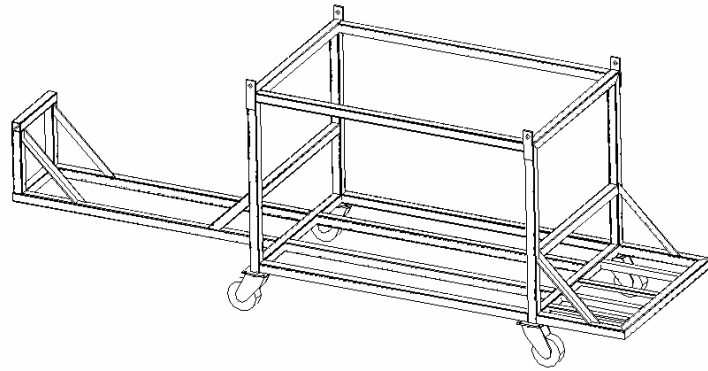
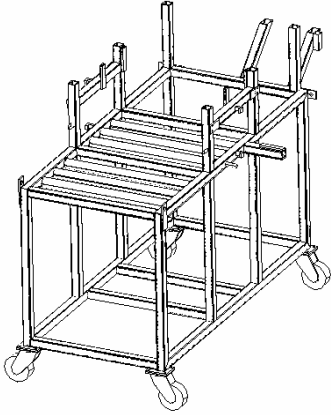


Figura 28. Bastidor de la moldeadora (A).      Figura 29. Bastidor del extrusor (B).

#### 4.2 Estructuras y parámetros de funcionamiento.

Una vez mencionado que son dos secciones en las que se divide el bastidor, el siguiente paso es identificar los parámetros bajo los cuales van a trabajar cada uno de ellos.

En el caso del bastidor A, como se planteó en la sección 3.4, este bastidor va a soportar todos los componentes y la cantidad de barro que se encuentre sobre esa sección en un momento determinado. A continuación se enlistan las cargas que va a soportar la sección A:

la palanca 16.6 kg,

parrilla de moldeo 28.7 kg,

el sistema de moldeo 47.0 kg

el abastecimiento de charolas 80.53 kg

las charolas 30 kg

el tubo de preparación 33.0 kg

boquilla 10.0 kg

base del tubo 17.71 kg

las guías 60.0 kg

y el barro contenido tanto en el tubo de preparación, en las guías y en la parrilla 92 kg

El total del peso máximo que debe soportar la sección A es de  $415.5 \text{ kg} = 4076.5 \text{ N}$ . Esta carga no está concentrada sobre un solo punto en específico sino que se reparte a lo largo de todos los puntos de apoyo destinados para cada uno de los componentes. De esta forma se piensa que aún así esta carga es relativamente pequeña, comparada con la capacidad de carga que tiene el perfil PTR que se ha pensado en utilizar, es por eso que se opta por no hacer un análisis de esfuerzos tan a fondo a este bastidor.

Por otra parte el bastidor B es el bastidor que va sostener a la tolva cargada con el barro necesario para el abasto, además de los componentes del extrusor. El origen de las dimensiones del bastidor se fueron dando por la selección de los diferentes componentes necesarios para el diseño de un extrusor, lo cual se verá con mayor detalle en el capítulo 5. La tolva se adaptó a estas dimensiones y como resultado se consideró adecuado diseñar la tolva para una capacidad de 1200 kg de barro.

La figura 30 muestra el bastidor B con un detalle importante, en ella se puede observar que la distribución de las cargas se van a dar mediante los soportes de la canaleta y solo se muestran los que se consideran son los más importantes. Las cargas se componen

de considerar los 1200 kg de barro, el peso de la tolva y componentes que integran a la misma y al extrusor.

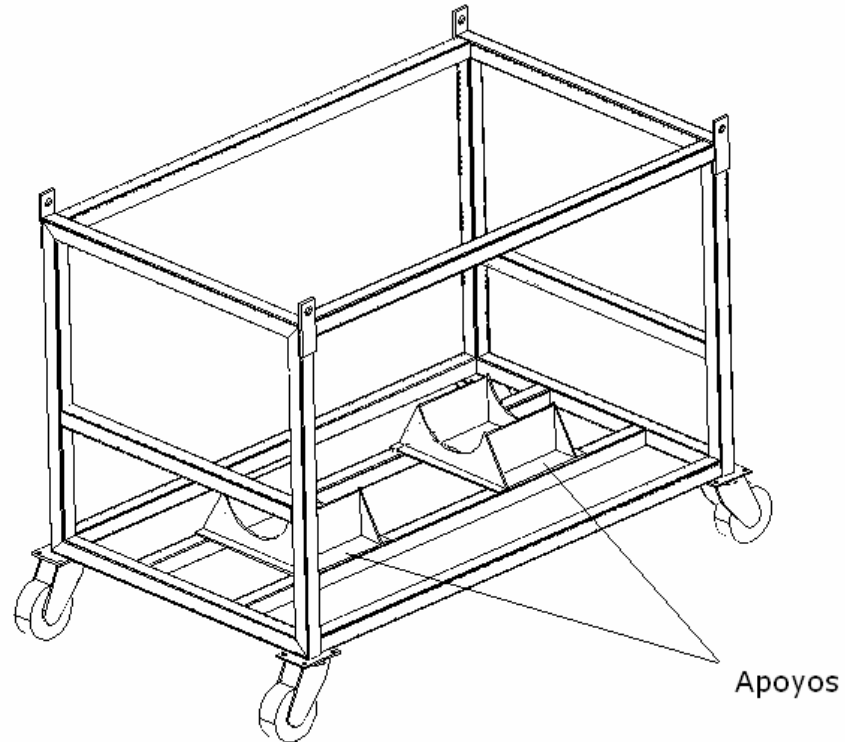


Figura 30. Sección del bastidor del extrusor para análisis.

Como se mencionó, las cargas sobre el bastidor se van a distribuir por medio de los apoyos de la canaleta que aparecen en la figura 30, las cargas se obtienen de sumar todos los pesos involucrados y dividirlos entre los dos apoyos a su vez distribuidas en cuatro puntos. De esta forma se tiene la siguiente relación:

$$W_T = (W_B + W_C) / 4 \quad (4.1)$$

$$= 403.75 \text{ kg.} = 3961.00 \text{ N} = 890 \text{ lbf}$$

Donde:

$W_T$  : Carga sobre cada uno de los puntos, [kg]

$W_B$  : Carga debida a la cantidad de barro = 1200 kg

$W_C$  : Carga de la suma de los componentes = 415.00 kg

La obtención de  $W_C$  es en base a los componentes del extrusor que se ven involucrados en la carga que soporta el bastidor B, aunque estos componentes se detallarán en el capítulo 5 se puede consultar el plano MM-10-00, todos los componentes de este subensamble se incluyen en el cálculo del peso así como las piezas MM-03-05, MM-03-06, MM-03-07 y los soportes MM-09-00 a continuación se enlistan los pesos de cada uno de ellos:

La tolva está compuesta de:

3.17 m<sup>2</sup> de placa de acero de ¼” que pesan 236.9 kg.

y de 10.93 m lineales de ángulo de 11/2×11/2×¼ in, que pesan 38.04 kg.

La canaleta se compone de:

1.26 m<sup>2</sup> de placa de acero de ¼” que pesan 94.2 kg.

3.00 m de ángulo de 11/2×11/2×¼ in, que pesan 10.44 kg.

Y los soportes se componen de:

0.237 m<sup>2</sup> de placa de acero de ¼", que pesan 17.71 kg c/u considerando que son 2 el peso de ambos sería de 35.4 kg.

La suma de todos estos pesos dan como resultado  $W_C = 415.00$  kg.

Básicamente estos son los parámetros a considerar en el diseño del bastidor B. En la figura 31, se muestra los valores de las cargas aplicadas en los cuatro puntos del bastidor.

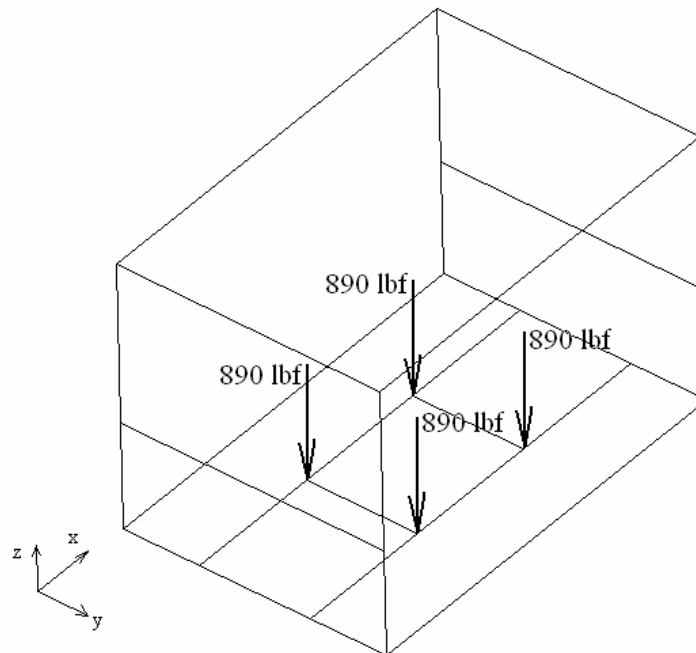


Figura 31. Estructura tridimensional para análisis.

#### 4.3 Diseño detallado de los bastidores.

Existen varios tipos de materiales para realizar una estructura, entre ellos se encuentran a los perfiles circulares (tubería estructural), rectangulares (PTR), ángulos, soleras, etc. De todas estas alternativas se optó por el perfil estructural PTR por ofrecer en

su geometría una buena facilidad de empotramiento entre sus uniones pero principalmente por su alta resistencia, por ser este tipo de perfiles hechos de un Acero de norma ASTM A-500 Grado B, las características mecánicas de este tipo de material se muestra en la tabla 1 del apéndice A. Otra consideración en la cual se pensó, es que con este tipo de perfiles se forman estructuras a la cual se le pueden adaptar todos los subsistemas de una manera fácil, con la ayudas de tornillos o soldadura, aprovechando las caras planas de sus lados.

#### **4.3.1 Diseño del bastidor A (ver planos de la serie MM-01).**

Como puede verse en el plano MM-01-00, el bastidor A está dividido en tres secciones; el área de las charolas, el área de moldeo y el área de despacho, esta estructura se pensó en hacerla de un perfil PTR de 2×2 in de color rojo (ver tabla 2 del apéndice A) debido a que en la siguiente sección se obtiene como resultado que un perfil adecuado al estudio de análisis de esfuerzos es uno con las características antes mencionadas, y para de alguna manera tratar de no aumentar la variedad de materiales a utilizar, se utiliza un perfil de las misma geometría para los dos bastidores.

Para lograr un armazón rectangular se utilizan los largueros (MM-01-01), los postes (MM-01-02) y los travesaños (MM-01-03), con la ayuda de 4 de los 8 travesaños y los postes internos (MM-01-04) es como se hace la subdivisión de las secciones. En la parte superior se encuentran los postes superiores (MM-01-05) que sirven como apoyos tanto para los soportes de moldeo (MM-01-06) que a su vez soportan a los soportes de las chumaceras (MM-01-09), como para los soportes de los travesaños guías (MM-01-11). En los costados de los dos largueros superiores se ubican a los ejes de la palanca (MM-01-10), a las guías de la cremallera (MM-01-12) y al soporte del motor de moldeo (MM-01-13).

Por último en la parte posterior a este bastidor se ubican a los soportes diagonales (MM-01-07) y en uno de ellos se encuentra el soporte para la chumacera trasera (MM-01-08). Los dispositivos mencionados para los cuales van a servir algunos de los componentes del bastidor se verán con detalles en los capítulos subsecuentes. El plan de ensamble para este bastidor se muestra en la figura 3 del anexo A.

#### **4.3.2 Diseño del bastidor B (ver planos de la serie MM-02).**

De igual forma se recomienda consultar el plano (MM-02-00), para observar las características generales del bastidor para el extrusor. Al igual que el otro bastidor, el bastidor del extrusor está dividido en tres secciones, la sección del tubo de extrusión, la sección de la tolva y la sección del sistema motriz.

La sección del tubo de extrusión está compuesta de los largueros para el tubo (MM-02-04) que con la ayuda de los refuerzos del soporte de la canaleta (MM-02-09) se le proporciona rigidez a los largueros. Los postes para el tubo (MM-02-05), el travesaño del poste para el tubo (MM-02-06), los refuerzos del poste para el tubo (MM-02-07) y el refuerzo del travesaño para el tubo (MM-02-08) ubicados en el otro extremo de los largueros funcionan como apoyo de elementos indispensables para el tornillo extrusor como lo es el rodamiento y su base, es además el punto en donde se conectan las dos secciones del tubo de extrusión para ser atornilladas (ver detalles en el capítulo 6). Para contener al sistema motriz del extrusor se diseñó una sección especial para estos mecanismos, esa sección la componen los largueros de la base para el motor (MM-02-10), los refuerzos de la base (MM-02-11), los refuerzos diagonales (MM-02-12) para dar rigidez a la base y un tramo de las mismas dimensiones que el soporte de la canaleta.



La sección de la tolva es la sección que va a estar sometida a las cargas calculadas anteriormente, esta sección esta compuesta por los postes (MM-02-01), los largueros (MM-02-02) y los soportes de la canaleta (MM-02-03). Dos de los largueros se utilizan para soportar a las bases para la canaleta. El plan de ensamble para el bastidor del extrusor se muestra en la figura 2 del anexo A.

Independientemente del diseño del bastidor B, la sección que va a ser sometida a esfuerzos considerables es la sección del bastidor B mostrada en la figura 29. Esta misma sección es la que se somete a un análisis de esfuerzos con la ayuda del software mencionado. En la tabla 2 del apéndice A, se muestra una gran variedad de tamaños de perfiles PTR, dentro de esta variedad se hace la simulación con varios de estos perfiles para tratar de encontrar un perfil que sin ser demasiado grande soporte de manera adecuada y segura las cargas a las cuales será sometido. Los datos que requiere el software para realizar la simulación son el área de la sección, la constante de torsión, el momento de inercia y el módulo de sección, todos estos contenidos en la misma tabla.

El software de análisis utilizado tiene la capacidad de analizar una estructura en su comportamiento más real posible, una vez que se introduce la estructura en forma tridimensional (ver figura 31), el programa selecciona las uniones de las líneas que representan cada uno de los elementos como una unión continua del mismo material, lo que significaría, una unión soldada. Para que se cumpla esto, es de suponer que, el proceso de soldadura debe de cumplir con los requisitos y consideraciones para poder estar en las condiciones necesarias de seguridad. De acuerdo a la tabla 3, el tamaño recomendado de

soldadura para los perfiles utilizados, PTR 2×2 in con grosor de pared de 0.156” es de 3/16”.

Tabla 3. Tamaños mínimos de soldadura para placas de gran espesor.[8]

<i>Espesor de la placa (pulg)</i>	<i>Tamaño mínimo de lado para soldadura de chaflán (pulg)</i>
$\leq 1/2$	3/16
$> 1/2 - 3/4$	1/4
$> 3/4 - 1 1/2$	5/16
$> 1 1/2 - 2 1/4$	3/8
$> 2 1/4 - 6$	1/2
$> 6$	5/8

#### 4.4 Análisis de resultados.

Una vez realizado el análisis, el software proporciona los resultados acorde a la figura 32. En ella se muestra, en variación de colores, los diferentes esfuerzos que se producen debido a las dimensiones de las cargas aplicadas. En el recuadro ubicado en la parte superior derecha, se encuentra el listado de los esfuerzos tanto de compresión como de tensión, y se puede ver que los valores oscilan entre los  $-250.28 \text{ lb/in}^2$  y los  $264.13 \text{ lb/in}^2$ . De acuerdo a la tabla 3 del apéndice A en la cual se menciona que la resistencia a la fluencia de un Acero ASTM A-500 es de un valor de  $42\,000 \text{ lb/in}^2$ , que comparado con los valores que arrojan los resultados se puede observar que no se tiene ningún problema con los esfuerzos que se ejercen, por lo que la estructura seleccionada es satisfactoriamente aceptable. Incluso, la figura 33 muestra el desplazamiento en el eje z de uno de los nodos en donde el valor indicado es de  $0.002285 \text{ in}$  en el cual no significaría mayor problema para la estructura.

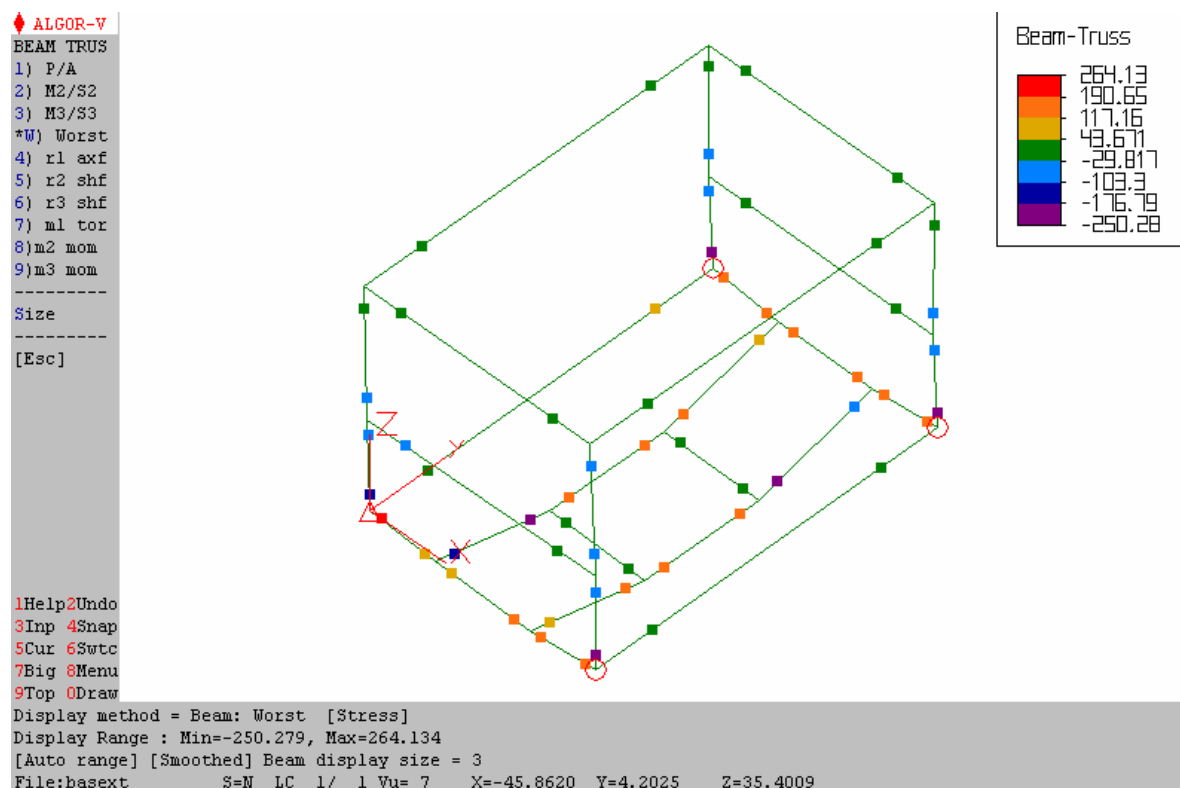


Figura 32. Análisis estructural.

#### 4.5 Otros elementos para los bastidores.

Como parte del bastidor, se ha considerado parte integral el agregarle unos rodillos que servirán como ayuda de desplazamiento de las charolas. La distribución de los rodillos se muestran en el plano del bastidor de la máquina MM-01-00. Los rodillos ayudarán tanto al mecanismo abastecedor de charolas para ubicarla debajo de la rejilla, como al operador para poder desalojar la charola cargada una vez realizado el moldeo, para de esta forma reducir la fricción que se tendría si no se utilizarán rodillos.

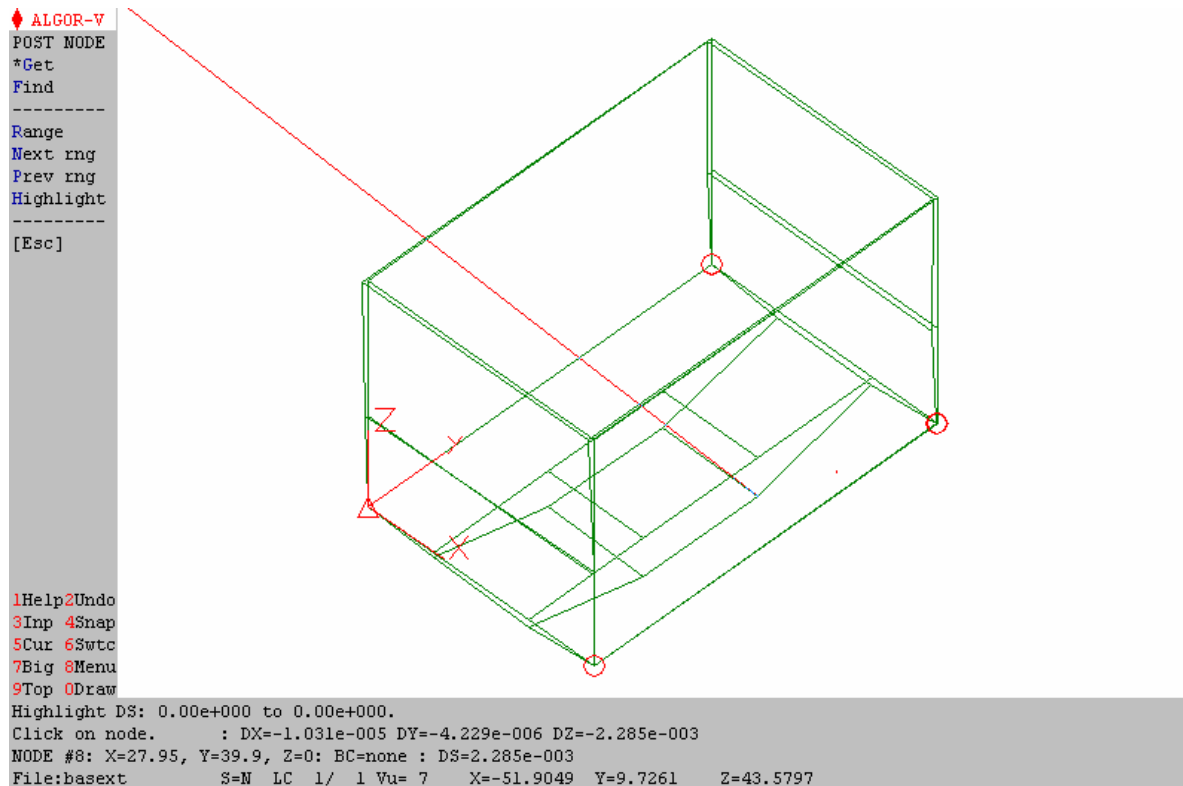


Figura 33. Desplazamiento de uno de los nodos.

Como se muestra en el apéndice C, la selección de los rodillos se lleva a cabo mediante una metodología; en donde se consideran múltiples aspectos, iniciando con el cálculo de la carga sobre un rodillo, para esto se utiliza la fórmula mostrada en la tabla 1 del apéndice C, donde se consideran diferentes parámetros que se van obteniendo de acuerdo a tablas y características de funcionamiento a los cuales van a ser sometidos los rodillos. Dentro de los muchos aspectos se encuentran, la velocidad a la que van a trabajar, la distancia entre estación y estación, y algunos factores de funcionamiento (carga, impacto y vida del rodillo). Pero haciendo la aplicación a este proyecto estos últimos aspectos no se tomarán en cuenta ya que los rodillos no trabajaran con una banda ni estarán sometidos a

una tracción mecánica, sino que actuaran de manera libre (movimiento giratorio) soportando solo el peso vertical de cada charola cargada.

Para elegir los rodillos que se van a utilizar en este proyecto, se tiene que en la tabla 2 del apéndice C muestra la capacidad de carga de los rodillos en función de la velocidad considerando que la velocidad es muy baja, y que un rodillo con un eje de 20 mm de diámetro con rodamientos serie 6.204 trabajando dentro del rango de 30 rpm hasta las 100 rpm, para una longitud de 750 mm puede soportar hasta 157 kg. Comparando esta capacidad con los 30 kg de peso de cada charola con ladrillos se verifica que este tipo de rodillos es adecuado para el bastidor. De igual manera en la tabla 3 del apéndice C se muestran las características geométricas del rodillo seleccionado. Dentro de los rodillos de este tipo existen varios diámetros de rodillos, por conveniencia se seleccionan los de menor diámetro que son los de 63.5 mm. perteneciente a la serie M/S-20.

Otro detalle el que se pensó es en agregarle unas llantas al bastidor para facilitar la movilización de la máquina, las llantas seleccionadas tienen la capacidad de soportar hasta 600 kg cada una por lo que se piensa tienen suficiente capacidad para soportar al extrusor aún con la tolva llena de barro, el tipo de llanta seleccionada se muestra en la tabla 4 perteneciente al apéndice A.

Para los casos en los que se requiera subir la máquina a un vehículo para su transportación con la ayuda de una grúa, se les agregaron unas orejas para facilitar la forma de apoyarlo y con la finalidad de evitar que se detenga de algún punto que pudiera provocar una ruptura (ver los planos MM-01-00 y MM-02-00)

Se pensó en agregarle unas orejas hechas a base de solera de 2"×3/8" de un acero A36 (ver tabla 8 del apéndice A) con un agujero de 1" (ver plano MM-01-14), para que sirvan como apoyos para algún tipo de ganchos y de esta forma poder levantar la máquina. Para cerciorarse que los apoyos van a soportar cada una de las secciones de la máquina se realiza el cálculo de los esfuerzos a los cuales van a ser sometidos:

Apoyos de la sección A:

En el capítulo 8 se muestra la lista 20 en donde se muestra los pesos de cada uno de los subensambles. La sección A se compone de las sumas de los pesos de las piezas tanto estándar como no estándar pertenecientes a los subensambles de:

Bastidor : 219.53kg

Palanca de la parrilla: 16.55 kg

Parrilla de moldeo: 28.73 kg

Mecanismo de moldeo: 47.02kg

Abastecimiento de charolas: 80.576kg

El resultado de la suma total es de 391.40 kg lo que es igual a 3849.50 N, este resultado se divide entre los cuatro apoyos que es igual a 962.4 N = 216.35 lbf.

Calculando el valor del esfuerzo axial con este valor, se tiene que: [11]

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (4.2)$$

Donde:

$\sigma$  : esfuerzo axial, [psi]

P: fuerza de aplicación = 216.35 lbf

A: área de la sección =  $9.50 \times 25.40 = 0.2413 \times 10^3 \text{ m}^2 = 0.374 \text{ in}^2$  (ver figura 34)

$\sigma = 577 \text{ psi} < 36000 \text{ psi}$  (esfuerzo a la fluencia, ver tabla 3 del apéndice A para un acero A36)

Apoyos de la sección B:

De igual forma los soportes de la sección B deben soportar los subensambles:

Bastidor del extrusor: 174.50 kg

Extrusor: 549.20 kg

Tolva: 196.23 kg

El resultado de sumar estos subensambles es de 797.50 kg lo equivale a 7823.50 N, que dividido entre los cuatro apoyos resulta un valor de 1955.88 N = 439.7 lbf. Utilizando la formula 4.2 en donde:

P: fuerza aplicada = 439.7 lbf

A: área de la sección =  $0.374 \text{ in}^2$

De esta manera se tiene como resultado que  $\sigma = 1172.53 \text{ psi} < 36000 \text{ psi}$ .

Solo como comprobación, para el caso en el que se llegue a levantar el bastidor B con todo y la tolva llena de 1200 kg (equivalentes a 11772 N = 2646.45 lbf) de barro, el esfuerzo sería de:

$$\sigma = \frac{439.7 + (2646.5/4)}{0.374} = 2944.7 \text{ psi}$$

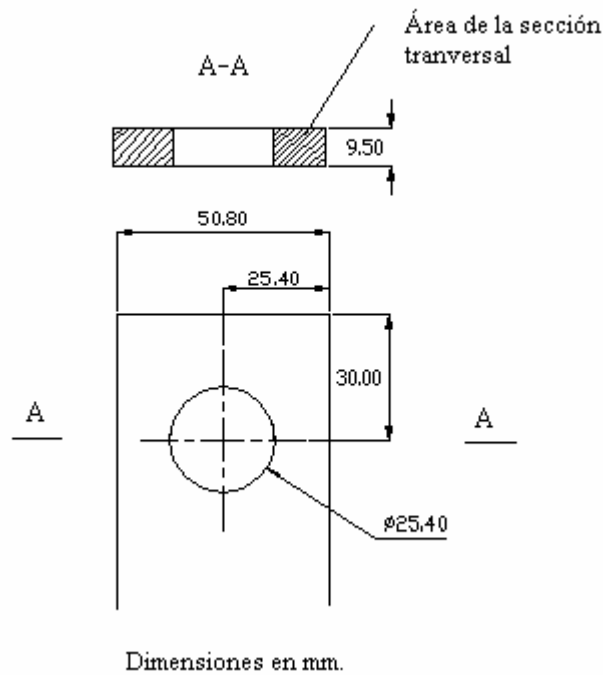


Figura 34. Características del apoyo de sujeción.

Por la geometría del soporte haciendo un análisis de concentración de esfuerzos (ver figura 35) se tiene que:[11]

$$\frac{D}{d} = \frac{2 \text{ in}}{1 \text{ in}} = 2 \quad \frac{r}{d} = \frac{0.5 \text{ in}}{1 \text{ in}} = 0.5$$

Por lo tanto k (factor de concentración de esfuerzos) = 2.15



De esta forma el esfuerzo a considerar es:

$$\sigma_{med} = \frac{\sigma_{max}}{k} \quad (4.3)$$

En donde:

$\sigma_{med}$  : es el esfuerzo medio en la sección mas estrecha del soporte, [psi]

$\sigma_{max}$  : es el esfuerzo a la fluencia, para este caso = 36 000 psi.

De este modo  $\sigma_{med} = 16\ 744.20$  psi, que comparándolo con cualquiera de los esfuerzos antes obtenidos se puede ver que ninguno de esos resultados pone en riesgo la integridad de la máquina ni de las personas, incluso con la tolva llena de barro.

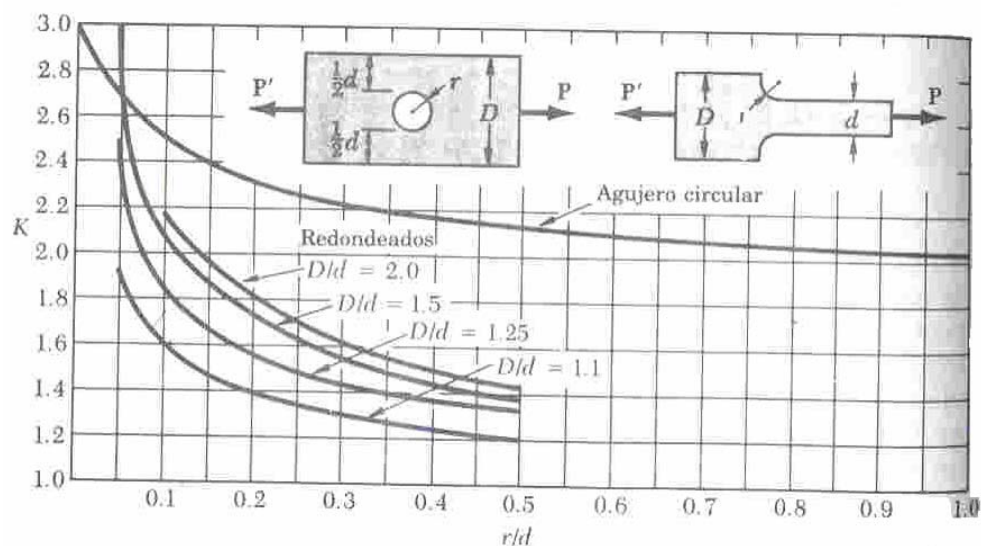


Figura 35. Diagrama para factores de concentración de esfuerzos.