

308917

57  
27



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**DISEÑO DE UN ADITAMENTO MONTABLE SOBRE  
UN TORNO PARALELO UNIVERSAL PARA  
REALIZAR EL PROCESO DE SUPERACABADO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

AREA: INGENIERIA MECANICA

**P R E S E N T A :**

**HECTOR DE SANTIAGO RAMIREZ**

**DIRECTOR DE TESIS: ING. ALFREDO GONZALEZ RUIZ**

MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Para Dios (muchas gracias) y:*  
*Mis papás (Angela y Mario Angel)*  
*Mis amigos de la carrera (Gabriel, Lorenzo, Luis, Pablo, Rogelio, Juan Claudio,*  
*Gustavo, Manolo, Rafael, Carlos, Ernesto, Javier, Juan, Ricardo)*  
*Mi novia (Mary)*  
*Mi hermanos (Manuel, Mario, Rocio, Hugo)*  
*Mi sobrinos*  
*Mi primo (Julio)*  
*Mi prima (Norma)*  
*Mi revisor de Tesis (ing. Javier Cervantes C.)*  
*Su hermano (ing. Oscar Cervantes C.)*  
*Todos los que se me olvidaron*  
*Los profesores que me caen bien*  
*Los que no me caen tanto*  
*Axler ( el perro de mi vecino in memoriam)*

## **INDICE**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUCCION.....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1. LOS PROCESOS DE ACABADO.....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>1.1 Ejemplos de procesos de acabado.....</b>                                  | <b>6</b>  |
| 1.1.1 Rectificado.....   | 6         |
| 1.1.2 Honeado.....   | 7         |
| 1.1.3 Superacabado.....  | 8         |
| <b>1.2 Calidad superficial inherente a los procesos de corte y acabado .....</b> | <b>8</b>  |
| <b>2. RELACIONES CINEMATICAS EN EL PROCESO DE SUPERACABADO .....</b>             | <b>10</b> |
| 2.1 Movimiento giratorio.....  | 10        |
| 2.2 Movimiento oscilatorio.....  | 10        |
| 2.3 Movimiento de avance .....   | 11        |
| 2.4 Relación entre los movimientos .....   | 11        |
| <b>3. PARAMETROS DEL PROCESO DE SUPERACABADO.....</b>                            | <b>14</b> |
| 3.1 El parámetro "e".....  | 14        |
| 3.2 Materiales, abrasivos, refrigerantes y el ancho de la piedra.....            | 15        |
| 3.2.1 Materiales.....  | 15        |
| 3.2.2 Ancho de la piedra.....  | 15        |
| 3.2.3 Abrasivos.....   | 15        |
| 3.2.4 Refrigerantes.....   | 18        |

#### **4. DISEÑO DEL ADITAMENTO**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>4.1 Planteamiento básico</b> .....                              | <b>21</b> |
| <b>4.2 Criterios de selección de la fuente de energía</b> .....    | <b>21</b> |
| <b>4.3 Dimensiones básicas del carro auxiliar del tomo</b> .....   | <b>25</b> |
| <b>4.4 Selección del actuador neumático</b> .....                  | <b>25</b> |
| <b>4.5 Diseño del circuito neumático oscilante</b> .....           | <b>28</b> |
| <b>4.6 Diseño del resorte</b> .....                                | <b>31</b> |
| <b>4.7 Estudio dinámico del aditamento</b> .....                   | <b>35</b> |
| <b>4.7.1 Estimación de la fuerza de carga</b> .....                | <b>37</b> |
| <b>4.7.2 Estimación de la masa oscilante</b> .....                 | <b>38</b> |
| <b>4.7.3 Modelo matemático del aditamento</b> .....                | <b>39</b> |
| <b>4.7.4 Frecuencia de oscilación</b> .....                        | <b>43</b> |
| <b>4.8 Resistencia de los elementos</b> .....                      | <b>44</b> |
| <b>4.8.1 Espárrago de unión</b> .....                              | <b>44</b> |
| <b>4.8.2 Vástago de presión</b> .....                              | <b>48</b> |
| <b>4.8.3 Tornillo de montaje</b> .....                             | <b>49</b> |
| <b>4.9 Frecuencia natural de oscilación</b> .....                  | <b>51</b> |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....  | <b>58</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....  | <b>60</b> |
| <b>APÉNDICE (Cortesía de Telemecanique Groupe Schneider)</b> ..... | <b>61</b> |

**TESIS**

**COMPLETA**

## **INTRODUCCIÓN**

*El hombre necesita para su existencia de bienes materiales y culturales. Las fuentes que proporcionan bienes son los objetos de la naturaleza y el trabajo humano. La naturaleza pone a disposición del hombre una cantidad insignificante de objetos que éste puede utilizar directamente, sin aplicar esfuerzo. Por eso, el hombre casi siempre tiene que gastar trabajo, con el fin de adaptar los objetos de la naturaleza mediante una transformación cualitativa para satisfacer sus necesidades.*

*A la modificación cualitativa de los objetos de la naturaleza realizada por el hombre se le ha dado el nombre de proceso tecnológico. Al realizar un proceso tecnológico, el hombre pone ante sí dos tareas: 1) la de obtener un producto que satisfaga su necesidad; 2) la de gastar en su elaboración el mínimo de trabajo.*

*Cada producto puede satisfacer una necesidad concreta, si y sólo si, éste cumple con las condiciones para las que fue diseñado. Sin la calidad debida, el producto puede ser inservible para el hombre y el trabajo invertido para su obtención, así como los objetos de la naturaleza que se hayan utilizado, se habrán consumido inútilmente.*

*A lo largo de la evolución de lo que hemos definido como proceso tecnológico, se ha encontrado la necesidad de diseñar máquinas herramientas que le permitan obtener productos para satisfacer sus necesidades. Invirtiendo el menor trabajo posible y con el mínimo desperdicio de recursos naturales.*

*Si se observa la historia en el diseño de máquinas herramientas, así como el diseño de instrumentos de medición, es notable que el avance se ha hecho en el sentido de evaluar y controlar la calidad superficial de las piezas fabricadas. La marcada mejora en la confiabilidad de los mecanismos de ingeniería construidos después de la segunda guerra mundial, es un ejemplo de lo anterior. No tendrá objeto especificar tolerancias dimensionales exigentes para un proceso cuya*

*rugosidad superficial inherente exceda dichos valores. La vida de las superficies en contacto tales como ejes y cojinetes, depende también del acabado superficial. Una superficie rugosa se verá más afectada por el desgaste que una superficie lisa; sin mencionar la baja eficiencia mecánica debida a la elevada fricción, y la pérdida de la resistencia del material a través del uso (conocida como fatiga del material), que es proporcional al número de microgrietas que el material presente en la superficie.*

*Por lo anterior, es patente la necesidad de que los ingenieros propongan métodos de acabado superficial cuya rugosidad inherente sea pequeña y diseños de máquinas herramientas especiales para llevar a cabo dichos métodos. De tal manera que los límites de tolerancia estrecha sean alcanzados y con ello mejoren las condiciones de desgaste y fricción en las superficies.*

*En la actualidad, este tipo de máquinas mantiene un grado elevado de especialización, dadas las características del proceso para el cual fueron concebidas, es decir, que solamente pueden ser usadas para llevar a cabo dicho proceso.*

*Si de alguna forma se pudieran adaptar los procesos especiales de acabado a los equipos convencionales, se produciría una mejora notable en cuanto al costo de fabricación de un producto.*

*Es por eso que el objetivo de esta tesis es presentar el diseño conceptual de un aditamento (o herramienta) montable sobre una máquina universal para llevar a cabo el proceso conocido como superacabado, especial para superficies cilíndricas exteriores, cónicas y planas; de tal manera que éste presente la mayor sencillez, confiabilidad y facilidad de fabricación posibles.*

*La obra se divide en dos partes. La primera parte (la cual se forma de los primeros tres capítulos) consiste en la presentación de los conceptos teóricos del proceso de superacabado. Dentro de ésta, el lector podrá encontrar la descripción*



*completa del proceso, así como una serie de especificaciones, las cuales serán necesarias para el diseño en sí del aparato. La segunda parte consiste en el trabajo de diseño del aditamento, desde su funcionamiento básico, hasta el diseño de los elementos mecánicos que lo conforman. En ésta, el lector encontrará la descripción del mismo y de sus componentes, incluyendo los materiales, dimensiones y planos de fabricación.*

*A lo largo de la obra se citan diversas fuentes bibliográficas, las cuales el lector podrá consultar, si desea profundizar acerca de algún tema específico que se mencione.*

## **1. LOS PROCESOS DE ACABADO**

*Dentro de los diversos procesos de fabricación, se encuentran aquéllos que involucran el arranque progresivo de material. A éstos se les conoce como procesos de corte con desprendimiento de viruta, en este caso se hará referencia a ellos simplemente como procesos de corte.*

*Dentro de los procesos de corte se distinguen tres elementos principales que a continuación se mencionan.*

**- Máquina herramienta.-** *Todos los procesos de corte hacen uso de una máquina la cual transforma algún tipo de energía en energía mecánica, que es utilizada para remover el material.*

**- Herramienta.-** *Aunque cada vez los procesos amplían su diversidad, todos ellos utilizan alguna clase de herramienta, la cual realiza propiamente el proceso de corte del material.*

**- El material de trabajo.**

*También dentro de las características comunes a todos los procesos de corte, se encuentran los movimientos que éstos realizan para llevarse a cabo. Estos movimientos son los siguientes:*

**- Movimiento principal.-** *Este movimiento tiene como finalidad proporcionar la energía necesaria para llevar a cabo el corte.*

**- Movimiento de avance.-** *Este movimiento se realiza para cubrir toda la superficie de trabajo que se desee.*

*Y finalmente hablaremos de la **profundidad de corte**, la cual se define como el espesor de la cepa de material que se remueve.*

*De todo esto depende el acabado superficial obtenido después de un proceso de corte. La combinación de estos factores determina la rugosidad de la superficie trabajada.*

*Una regla empírica general es que mientras la velocidad del movimiento principal sea más elevada, la velocidad de avance sea menor, la profundidad de corte disminuya y el número de filos en la herramienta aumente, el acabado de la pieza es mejor. (O bien, disminuye la rugosidad)*

*Dentro de la fabricación de una pieza mediante procesos de corte, se identifican dos etapas. La primera se refiere a la eliminación bruta del material, en la cual sólo es importante remover la mayor cantidad de material en el menor tiempo posible. Y la segunda etapa se refiere al acabado de la pieza, en la cual lo importante es obtener las dimensiones finales dentro de la tolerancia especificada, con el acabado superficial deseado.*

Dentro de la segunda etapa, se utilizan los procesos de acabado, los cuales remueven material de la pieza a un ritmo muy lento, permitiendo así obtener tolerancias reducidas y acabados superficiales muy finos.

Todos estos procesos tienen en común la característica de utilizar materiales abrasivos para eliminar el material. Los materiales abrasivos son cerámicas muy duras, las cuales son pulverizadas y combinadas con algún tipo de aglutinante para formar una herramienta abrasiva, la cual puede ser una rueda, una lima o una barra.

El principio fundamental de las herramientas abrasivas es el siguiente: La herramienta está formada por una gran cantidad de granos abrasivos dispuestos al azar dentro de una matriz de aglutinante. Cada uno de estos granos funciona como un filo cortante. Debido a que los granos son muy pequeños, la profundidad de corte es reducida. El acabado superficial es directamente proporcional al número de filos en la herramienta así como inversamente proporcional a la profundidad de corte. En la fig. 1.1 se muestra una ilustración del principio de trabajo de las herramientas abrasivas.

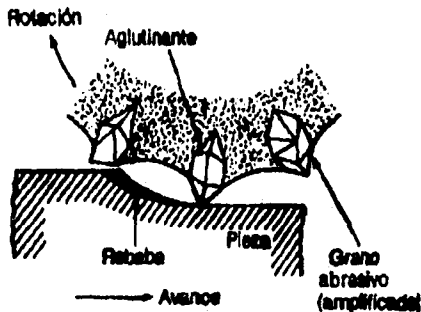


Fig. 1.1 Principio de trabajo de una herramienta abrasiva.

De esta manera todos los procesos de acabado se basan en el principio anterior, aunque cada uno posee su particular forma de realizarse.

Al igual que los demás procesos de corte, existe un desarrollo teórico completo acerca de los principios de cada proceso de acabado particular. No se encuentra dentro de los límites de este estudio, el desarrollo extensivo de dichos principios, aunque sí es necesario enunciarlos y dar una breve explicación de éstos, a fin de comprender como va a trabajar el diseño que aquí se propone.

## 1.1 Ejemplos de procesos de acabado

A continuación se explican las características particulares de algunos procesos de acabado que se utilizan ampliamente dentro de la industria.

### 1.1.1 Rectificado

Es el proceso de acabado más utilizado. Consiste fundamentalmente de una herramienta abrasiva en forma de rueda, la cual se mueve de manera similar a un cortador multi diente (fresa).

De igual forma que las fresadoras, las rectificadoras se clasifican de acuerdo a la posición del husillo con respecto a la mesa, esto es: horizontales, verticales y universales. La mesa es la parte de la máquina donde se monta la pieza a rectificar, la cual proporciona el movimiento de avance, mientras que el movimiento principal se produce en la herramienta.

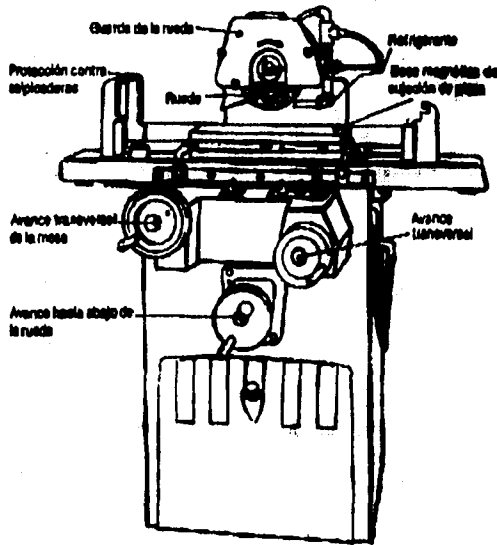
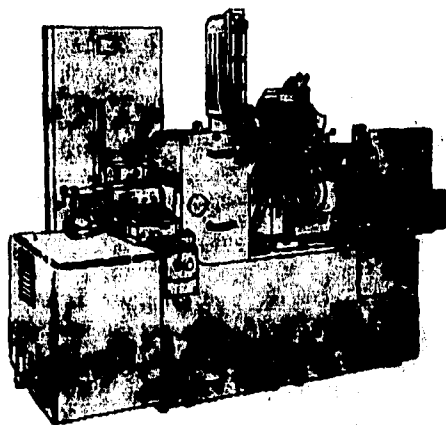


Fig. 1.2 Rectificadora de superficies planas

El rectificado que se da en estas máquinas se aplica para superficies planas. Para otros tipos de superficies como las cilíndricas o las cónicas, se utilizan máquinas especiales. En las figuras 1.2 y 1.3 se muestran respectivamente una rectificadora para superficies planas, y una rectificadora cilíndrica sin centros.



*Fig. 1.3 Rectificadora cilíndrica*

*En la fig. 1.2 se da un detalle de las partes fundamentales de la máquina.*

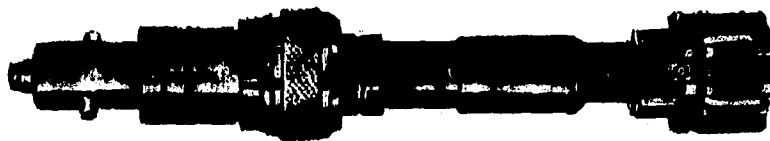
*El rectificado permite dar las dimensiones finales a una pieza además de proporcionar un buen acabado superficial. (ver la última sección de este capítulo)*

### **1.1.2 Honeado**

*Este es un proceso de acabado el cual remueve muy poco material de la pieza. Es utilizado en superficies cilíndricas interiores para corregir falta de redondez, defectos superficiales y concicidad.*

*El movimiento consiste en el avance de un mandril giratorio, en el cual se han montado barras abrasivas distribuidas uniformemente en su perímetro. El mandril posee un sistema de resortes que presiona las barras contra la superficie de trabajo. El mandril avanza a lo largo de toda la longitud del cilindro, y se utiliza algún líquido (aceite ligero generalmente) para remover el calor generado y para limpiar la superficie a medida que se desgastan las piedras.*

*En la fig. 1.4, se muestra un mandril de honeado.*



*Fig. 1.4 Mandril de honeado*

### 1.1.3 Superacabado

Este proceso es similar al bruñido, pero difiere en el movimiento que se le da a la piedra abrasiva. En el bruñido se proporciona un movimiento giratorio en la herramienta, en el superacabado, el movimiento es de tipo oscilatorio lineal. Si la longitud de la pieza lo requiere, también se da un movimiento de avance. El proceso se puede aplicar a superficies cilíndricas o cónicas interiores o exteriores, o bien superficies planas.

En el superacabado cilíndrico exterior, se presiona una piedra abrasiva contra la superficie de la pieza al tiempo que se hace oscilar ésta con movimientos de alta frecuencia y de carrera pequeña (de 5 a 15mm generalmente), al mismo tiempo, la pieza se hace girar sobre su propio eje. También, al igual que el bruñido, se utiliza algún líquido enfriador. Cuando la presión entre la piedra y la pieza ya no es suficiente para romper la delgada película de refrigerante que hay en medio, la acción de corte cesa.

La cantidad de material que se remueve es muy pequeña, aunque es suficiente para corregir ciertos defectos de forma y proporcionar una capa de material cristalino libre de defectos superficiales (acabado espejo).

En la fig. 1.5 se muestra un esquema de trabajo del superacabado cilíndrico exterior.

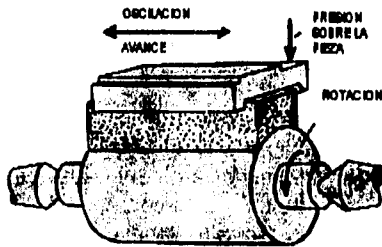


Fig. 1.5 Superacabado cilíndrico exterior

## 1.2 Calidad superficial inherente a los procesos de corte y acabado

Se ha mencionado que dentro de los procesos de corte existe un acabado inherente, y que éste depende de varios factores. También se han mencionado algunos ejemplos de procesos de acabado. Para complementar la información acerca de los procesos que se han tratado, la fig. 1.6 muestra una tabla con información referente a la rugosidad inherente de varios procesos entre los cuales se encuentren los que se han mencionado. Nótese que los últimos cuatro procesos de la tabla utilizan herramientas abrasivas.

Acabado superficial en micras (RMS)

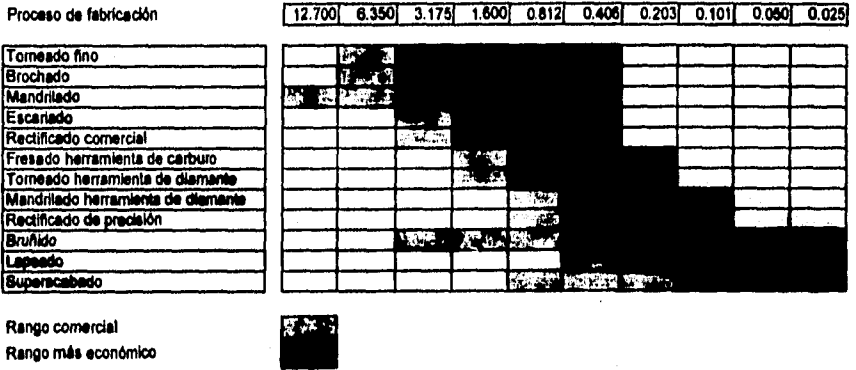


Fig. 1.6 Acabado superficial de diferentes procesos

## **2. RELACIONES CINEMATICAS EN EL PROCESO DE SUPERACABADO**

*Dentro del proceso de superacabado tienen lugar tres movimientos, a saber, el movimiento de giro de la pieza, el movimiento oscilatorio de la piedra abrasiva, y el movimiento de avance de la misma. Para obtener el acabado superficial deseado, es necesario que estos tres movimientos se coordinen y cumplan con ciertas características cinemáticas particulares, las cuales se desarrollan a lo largo del presente capítulo.*

### **2.1 Movimiento oscilatorio**

*La piedra o barra abrasiva que se usa dentro del proceso, mantiene un movimiento oscilatorio lineal de alta frecuencia y desplazamiento pequeño. Matemáticamente este movimiento se puede describir como una función senoidal del tipo.*

$$x = h \operatorname{sen} \omega t \quad (2.1)$$

*Dónde :*

*h.- Amplitud del movimiento en metros (o milímetros).*

*$\omega$ .- Frecuencia de oscilación en rad/s.*

*t.- Tiempo en segundos.*

*Derivando esta expresión obtendremos las expresiones para la velocidad y la aceleración.*

$$v = h \omega \operatorname{cos} \omega t \quad (2.2)$$

$$a = -h \omega^2 \operatorname{sen} \omega t \quad (2.3)$$

### **2.2 Movimiento giratorio**

*El movimiento giratorio que realiza la pieza de trabajo es un movimiento circular uniforme alrededor de su eje. En el caso de este estudio, el movimiento es proporcionado por el cabezal principal del torno sobre el cual se monta la pieza y el aditamento. La gama de frecuencias las proporcionará la caja de velocidades del torno, las cuales varían según cada fabricante y cada modelo. Para el caso del torno modal H11-1A para el cual está diseñado el aditamento, la gama de velocidades es: 66, 185, 220, 325, 430, 670, 990, 1525, 2245 r.p.m.*

*Más adelante se presenta la correcta selección de la velocidad del movimiento giratorio y su relación con los otros movimientos.*



## 2.3 Movimiento de avance

El movimiento de avance, al igual que el movimiento giratorio, lo proporciona el tomo. Este es necesario si la superficie de trabajo es demasiado larga para que la abarque la longitud de la piedra abrasiva.

La única condición que debe de cumplir este movimiento es que el avance lineal por revolución del husillo principal del tomo, no sea mayor que la longitud de la piedra, ya que esto provocará un pulido defectuoso.

## 2.4 Relación entre los movimientos

Ahora se trata el tema de las relaciones entre los movimientos que intervienen en el proceso, a saber, el movimiento oscilatorio, el giratorio y el de avance.

Respecto al movimiento de avance, este movimiento es opcional y no tiene una relación directa con los otros movimientos. De esta manera, sólo es necesario establecer la relación entre el movimiento oscilatorio y el movimiento giratorio.

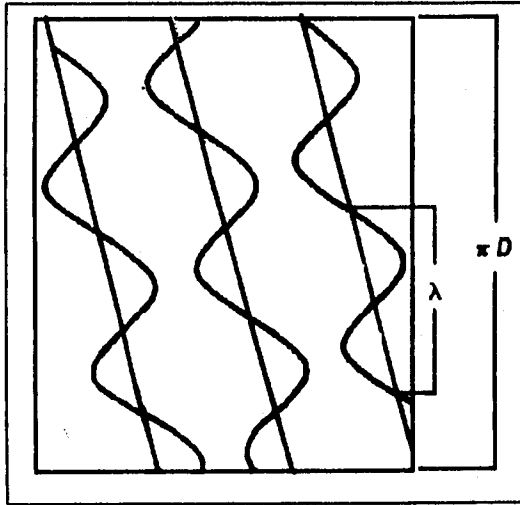


Fig. 2.1 Trayectoria de un grano abrasivo alrededor del cilindro

La fig. 2.1, muestra extendida la superficie exterior de un cilindro de diámetro  $D$ , y la trayectoria de un grano abrasivo a lo largo del perímetro del cilindro. En este caso existe el movimiento de avance. Lo que se desea es que un grano individual en la piedra no pase dos veces por el mismo sitio, es decir, que en cada vuelta de la pieza, dicho grano pase por una trayectoria diferente. Si observamos las ondas que forma el grano en su recorrido veremos que la condición que se debe cumplir para que esto suceda es la siguiente:

$$\frac{\pi D}{\lambda} = N + e \quad (2.4)$$

Donde:

*D.*- Diámetro de la pieza de trabajo.

*λ.*- Longitud de la onda descrita por el grano.

*N.*- Número entero de veces que la longitud de onda cabe dentro del perímetro del cilindro.

*e.*- Fracción de onda que no alcanza a completarse alrededor del perímetro ( $e < 1$ ).

Esto quiere decir que la razón entre el perímetro del cilindro y la longitud de la onda descrita por los granos abrasivos no debe ser un número entero, y dicho número se descompone en su parte entera "N" y en su parte fraccional "e".

Ahora veremos de qué depende el tamaño de la longitud de onda "λ" para poder establecer la relación (2.4) anterior en función de parámetros más fáciles de conocer.

La longitud de onda "λ" depende de la frecuencia de rotación de la pieza, y de la frecuencia de oscilación de la piedra. Si llamamos  $T_p$  al período de oscilación de la piedra, es decir, el tiempo que tarda la piedra en realizar una oscilación completa, y llamamos  $V_h$  a la velocidad tangencial en la superficie de la pieza de trabajo. Entonces tenemos la siguiente relación.

$$V_h = \omega_h \frac{D}{2} \quad (2.5)$$

Donde:

$\omega_h$ .- Es la frecuencia de giro de la pieza de trabajo.

Como el movimiento de giro es circular uniforme, la magnitud de la velocidad es constante. Así, la longitud que avanza la piedra relativa al cilindro en el tiempo que transcurre su período de oscilación será precisamente la longitud de onda, y a su vez, el cociente de la longitud de onda entre el período de la piedra será la velocidad tangencial de la pieza.

$$V_h = \frac{\lambda}{T_p} \quad (2.6)$$

Ahora si expresamos el período de oscilación de la piedra en función de su frecuencia de oscilación tenemos:

$$T_p = \frac{2\pi}{\omega_p} \quad (2.7)$$

Donde:

$\omega_p$ .- Es la frecuencia de oscilación de la piedra.

Así pues si sustituimos las ecuaciones (2.7) y (2.5) en la ecuación (2.6) tenemos.

$$\begin{aligned}\omega_h \frac{D}{2} &= \lambda \frac{\omega_p}{2\pi} \\ \frac{\pi D}{\lambda} &= N + e = \frac{\omega_p}{\omega_h}\end{aligned}\quad (2.8)$$

De este modo, la relación fundamental que debe cumplir el proceso expresada por la ecuación (2.4), queda reducida a la expresión (2.8), la cual nos dice simplemente que la relación de distancias alrededor del cilindro es igual a la relación entre las frecuencias de la piedra y de la pieza de trabajo.

Esta relación es importante ya que basta con conocer una de las frecuencias de oscilación para poder jugar con la otra, de tal manera que la relación sea un número no entero  $N + e$ .

En el capítulo siguiente se completará la información teórica mediante algunos parámetros relacionados con el proceso, así como los materiales y herramientas que intervienen en éste.

### **3. PARAMETROS DEL PROCESO DE SUPERACABADO**

Como complemento de las expresiones cinemáticas que describen los movimientos del proceso de superacabado, en éste capítulo se analizan ciertos parámetros, que determinan la calidad del proceso, y que sirven como referencia para realizar un buen diseño en una máquina herramienta destinada al mismo.

#### **3.1 El parámetro "e"**

La ecuación (2.8) muestra que la relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia de giro no debe ser un número entero y debe haber una parte de dicho número, la cual se ha llamado "e", donde  $e < 1$ . La pregunta lógica es, ¿Cual será un valor adecuado de "e" y por qué?. Dicha pregunta se contesta con base en los trabajos experimentales de Keller<sup>1</sup> cuyos estudios son los más completos en cuanto al proceso de superacabado, el cual proporciona una relación matemática que involucra la amplitud del movimiento oscilatorio de la piedra y la longitud de onda  $\lambda$ . Dicha relación es la siguiente.

$$h = \frac{\lambda}{C} \quad (3.1)$$

Donde:

h.- Es la amplitud del movimiento oscilatorio.

C.- Una constante experimental.

Si sustituimos la ecuación (3.1) en la ecuación (2.8) Obtendremos el siguiente resultado.

$$\frac{\pi D}{C h} = N + e \quad (3.2)$$

Esta ecuación garantiza un correcto desempeño del proceso y proporciona una guía en la selección del valor de "e". En el lado izquierdo de la ecuación tenemos información de la dimensión de la pieza y la amplitud del movimiento oscilatorio. Dicha amplitud, es una característica propia de la máquina que se esté utilizando para el proceso, y el diámetro de la pieza también es conocido. De tal manera, solo queda determinar el valor de la constante C. Este depende del efecto deseado en el proceso, lo cual nos proporciona dos valores posibles.

C = 3

Para máxima productividad

C = 12

Para aspereza mínima

<sup>1</sup> cfr. KELLER, C. *Dogladzanie oscylacyjne*, p. 65

## **3.2 Materiales, abrasivos, refrigerantes y el ancho de la piedra**

### **3.2.1 Materiales**

Los materiales que se pueden someter al superacabado son prácticamente el 90% de los materiales comúnmente usados en ingeniería. Estos van desde aleaciones ligeras de aluminio y aluminio cobre, latones, bronces, aleaciones de magnesio, aceros al carbono, aceros inoxidables y aceros aleados.

Lo que varía en el proceso de acuerdo a cada material es el material abrasivo utilizado, y la velocidad de giro de la pieza, la cual se especifica en tablas de acuerdo con la velocidad de corte recomendada<sup>2</sup> para cada material.

La presión que se aplica entre la piedra abrasiva y el material está en función de éste. Estas presiones se recomiendan como sigue:

De 0.2 a 1 kg/cm<sup>2</sup> para aluminio y aleaciones ligeras.

De 0.5 a 2.5 kg/cm<sup>2</sup> para aleaciones de aluminio cobre y aleaciones no ferrosas.

De 1 a 5 kg/cm<sup>2</sup> para acero y sus aleaciones.

### **3.2.2 Ancho de la piedra**

El ancho de la piedra se recomienda<sup>3</sup> que sea de aproximadamente 2/3 del diámetro de la pieza que se trabaja, y comúnmente el ancho utilizado va de los 20 a los 30 mm. Para piezas muy grandes se emplean dos o tres piedras en un montaje especial. Por las limitaciones de espacio en el tomo, el diseño propuesto se limitará al uso de una sola piedra pudiendo ser intercambiable, para poder abarcar el mayor rango de diámetros posibles. Se contará con dos medidas de piedras, una de 20 mm de ancho y otra de 30 mm.

### **3.2.3 Abrasivos**

Existen cinco características acerca de las herramientas abrasivas (ruedas, limas, piedras etc.), que las especifican completamente. Cada fabricante proporciona información completa acerca de sus productos y su selección. Este estudio toma como base el catálogo Norton<sup>4</sup>, el cual indica a su vez, siete factores que influyen en la selección de una herramienta.

Las cinco características que definen a una herramienta abrasiva son las siguientes:

- **Abrasivo.**- Toda herramienta abrasiva está formada por dos materiales. El abrasivo es el material que realmente corta. Los abrasivos son cerámicos y los tres más comúnmente utilizados dentro de las aplicaciones industriales son el óxido de aluminio, el carburo de silicio y el diamante. Cada fabricante ofrece

<sup>2</sup> cfr. SCHARKUS, E. *Prontuario de metales*. p.100

<sup>3</sup> cfr. KELLER, C. *Op.Cit.*

<sup>4</sup> cfr. NORTON *Manual de productos y ruedas abrasivas*

subtipos de abrasivos los cuales son mas o menos aptos para diferentes tareas.

- **Liga o aglutinante.**- Es el segundo material que compone a una herramienta abrasiva, y es el encargado de sujetar los granos de abrasivo mientras éstos cortan. Existen cinco tipos básicos de liga, los cuales son:

Vitrificada.  
Resinoide.  
De caucho.  
De goma laca.  
De silicato.

Cada una de las ligas proporciona características particulares a las herramientas, que las hacen propicias para llevar a cabo diferentes tipos de procesos.

- **Tamaño de grano.**- Es una medida que indica qué tanto se ha pulverizado el abrasivo para formar la herramienta. El tamaño de grano se especifica por un número que va desde 10 para un tamaño de grano grueso, hasta 600 para un grano muy fino.
- **Grado.**- O bien, la dureza de la liga. Esta característica indica qué tan fuertemente sujeta la liga a los granos abrasivos. En sí se refiere a la cantidad de liga que se ha utilizado dentro de la herramienta. Mientras mayor cantidad de liga se haya utilizado, mayor será el poder de sujeción entre los granos. El grado se especifica mediante una letra que va desde la "A", para un grado blando, hasta la "Z" para un grado Duro
- **Estructura.**- Es una medida del espacio entre los granos dentro de la herramienta. Está determinada por la proporción de liga y abrasivo dentro de la herramienta. Generalmente no hay que ocuparse de la estructura, ya que por experiencia el fabricante ha determinado una estructura óptima o de norma para cada tamaño de grano.

Ahora, ¿ Con base en qué factores, se seleccionan los cinco características de una herramienta abrasiva ?.

Como se ha mencionado anteriormente, existen siete factores que determinan la correcta selección de una herramienta, los cuales se explican a continuación.

- **El material de trabajo y su dureza.**- Este factor influye en la selección del abrasivo, del tamaño de grano y del grado de la herramienta. Para trabajos con acero y sus aleaciones se debe utilizar óxido de aluminio. Para trabajos con hierro fundido, carburos, metales no ferrosos y materiales no metálicos se debe utilizar carburo de silicio. Se debe de seleccionar un tamaño de grano fino para materiales duros y frágiles, y un tamaño de grano grueso para materiales blandos y dúctiles. Finalmente se debe seleccionar un grado duro para materiales blandos y un grado blando para materiales duros

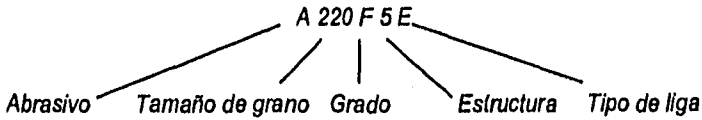
- **El acabado que se requiere en la operación de la herramienta.-** Este factor influye en el tamaño de grano y en la liga. Grano grueso para operaciones de desbaste y grano fino para operaciones de acabado fino. Liga vitrificada para operaciones de desbaste o de acabado comercial y ligas resinoide, de caucho y goma laca para acabados muy finos.
- **Si la operación se realizará en seco o en húmedo.-** Este factor permite usar, por lo menos, un grado más duro en operaciones húmedas.
- **La velocidad de corte.-** Lo cual influye en la selección de la liga. La liga vitrificada no se debe utilizar para operaciones cuya velocidad superficial sobrepase los 33 m/s. Para dichas operaciones se deben utilizar ligas orgánicas standard (caucho, goma laca etc.)
- **El área de contacto de la operación.-** Lo cual influye en la selección del tamaño de grano y el grado de la herramienta. Granos finos para áreas pequeñas, y granos gruesos para áreas grandes. En cuanto al grado, éste debe ser más duro mientras más pequeña sea el área de contacto.
- **El estado de la superficie de trabajo.-** Lo cual afecta en la selección del abrasivo. Se debe seleccionar un abrasivo tenaz para operaciones bajo condiciones rígoras, y un abrasivo suave para condiciones livianas.
- **La potencia de la máquina.-** Esta influye en la selección del grado, el cual debe ser más duro mientras mayor potencia suministre la máquina.

Como se puede ver son varios los factores que se aplican para la selección correcta de una herramienta abrasiva. Los fabricantes disminuyen el trabajo proporcionando tablas con selecciones recomendadas, aunque si la operación no se incluye en dichas tablas, es necesario recurrir a cada factor por separado para realizar la selección correcta.

A manera de ejemplo, vamos a desarrollar la selección de una herramienta para una operación de superacabado la cual se llevará a cabo en una máquina de mediana potencia, la velocidad de corte es de 45 m/s en la superficie de la herramienta. La pieza es una flecha de acero al carbón SAE 1050, tratado térmicamente, el cual ha sido sometido a un rectificado previo, el área de contacto es de 4 cm<sup>2</sup>, y la operación se llevará a cabo en húmedo.

De acuerdo al material y a su dureza, es recomendable óxido de aluminio. Como la operación es de acabado y el material es duro, es necesario seleccionar un grano fino no. 220. La velocidad sobrepasa los 33 m/s y el acabado es fino, por lo tanto seleccionamos una liga de goma laca. Finalmente, el área de contacto es pequeña y la operación se realizará en húmedo, pero se trata de superacabado, el cual requiere un grado blando, por lo que es factible utilizar un grado "F".

A continuación se muestra el número de especificación de la herramienta, junto con las tablas de especificación de cada característica de la herramienta.



**Abrasivo.**

Alundum = A

Alundum 16 = A16

Alundum 19 = A19

Alundum 23 = A23

Alundum 32 = A32

Alundum 38 = A38

Alundum 44 = A44

**Tamaño de grano.**

Grueso: 10, 12, 14, 16, 20, 24.

Mediano: 30, 36, 46, 54, 60.

Fino: 70, 80, 90, 100, 120, 150, 180.

Muy fino: 220, 240, 280, 320, 400, 500, 600.

**Grado.**

Blando: A, B, C, D, E, F, G, H.

Mediano: I, J, K, L, M, O, P.

Duro: Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z.

**Estructura. (Se omite a veces)**

El número de la estructura viene ligado al tamaño de grano. Indica el espaciado relativo de los granos abrasivos. Mientras mayor es el número más amplio es espacio entre los granos.

**Tipo de liga.**

V.- Vitrificada.

S.- Silicato.

B.- Resinoide.

R.- Caucho.

E.- Goma laca.

**3.2.4 Refrigerantes**

Al igual que en la selección de una herramienta abrasiva, la selección de un líquido refrigerante se realiza tomando en cuenta varios factores.

Un refrigerante se utiliza debido a varios factores, entre éstos están:



- *Enfriamiento de la pieza de trabajo y de la herramienta.*
- *Reducción de la fricción y del desgaste de la herramienta.*
- *Limpieza de la superficie de trabajo.*

*En el caso del superacabado, se tiene también la necesidad particular de que el líquido enfriante forme una película entre la piedra y la pieza, de tal forma que cuando la presión descienda, la película no pueda ser rota, y cese automáticamente la acción de corte.*

*En el caso de operaciones con abrasivos, la mayor parte del calor generado se transmite a la pieza, dado el bajo coeficiente de transmisión de la herramienta. Por eso es importante remover dicho calor de la pieza de trabajo para evitar propiedades indeseables en ésta. Más si se trata de piezas que han sido tratadas térmicamente.*

*Los fluidos refrigerantes se clasifican de la siguiente manera:*

- *Los aceites de corte.*
- *Las emulsiones agua-aceite.*

*Los aceites de corte son derivados del petróleo, a los cuales se le agregan ciertos aditivos para mejorar su rendimiento.*

*Las emulsiones agua aceite (conocidas también como aceites solubles en agua), son productos sintéticos que se vende como concretados, para ser mezclados con una parte de agua al momento de realizar el trabajo, y que forma una emulsión de aceite en agua. Estos a su vez también pueden contener aditivos.*

*La función de los aditivos es mejorar el desempeño de los refrigerantes. Concretamente en mejorar su tensión superficial, o bien, para evitar que la rebaba quede soldada a la herramienta (sólo herramientas de acero rápido) debido al calor generado. Este problema no se presenta en procesos con abrasivos. También se utilizan para reducir la fricción. Los aditivos pueden ser derivados de cloro, fósforo o azufre.*

*Los factores que afectan la selección de un fluido de corte son:*

- *La velocidad en la superficie de trabajo.*
- *La cantidad de calor que se genera en el proceso.*
- *El tipo de operación que se lleve a cabo.*

*En operaciones con abrasivos, generalmente se utilizan emulsiones de aceite-agua por sus excelentes propiedades refrigerantes y su facilidad para penetrar en la superficie de trabajo y limpiar todos los residuos de material y abrasivo que se desprenden. El balance entre aceite y agua que se utiliza varía de acuerdo a cada operación.*

*Un ejemplo de dichos fluidos son aquéllos proporcionados por Mobil<sup>5</sup>, conocidos como fluidos mobilmet<sup>®</sup>, los cuales contienen cierta cantidad de aditivos antisoldantes y antióxido, para protección de la pieza de trabajo, los cuales a su vez forma emulsiones muy estables en agua y proporcionan un adecuado enfriamiento así como una reducción considerable de la fricción entre la herramienta y la pieza.*

---

<sup>5</sup> cfr. MOBIL. Fluids for metal removal, p 55

## **4. DISEÑO DEL ADITAMENTO**

### **4.1 Planteamiento básico**

*El planteamiento básico del aditamento es: utilizar un actuador lineal que proporcione el movimiento alternativo que requiere el superacabado. Proporcionar la fuerza de presión que requiere la herramienta abrasiva mediante un resorte y montar todos los elementos sobre una base, la cual a su vez, se montará sobre del carro auxiliar del tomo.*

*Lo anterior implica realizar una serie de pasos que llevarán al diseño completo del aditamento. Dichos pasos son los siguientes:*

- *Seleccionar la fuente de energía que se utilizará para producir el movimiento, y seleccionar un actuador que funcione con dicho tipo de energía y que ejecute el movimiento oscilatorio lineal requerido.*
- *Diseñar un circuito de control para el actuador, es decir, que proporcione y regule el movimiento oscilatorio de éste. Seleccionar todos los elementos de dicho circuito.*
- *Diseñar o dar las especificaciones de un resorte, el cual proporcione la fuerza de presión necesaria para el proceso.*
- *Diseñar un sistema para sujetar la piedra abrasiva y que a su vez transmita la fuerza del resorte a la piedra. Especificar las dimensiones de la(s) piedras abrasiva(s) que se utilicen.*
- *Diseñar una base adecuada al carro auxiliar del tomo donde se montará el aditamento. En ella deben de colocarse todos los elementos del aditamento, por lo tanto, debe a su vez proporcionar una correcta forma de soporte.*

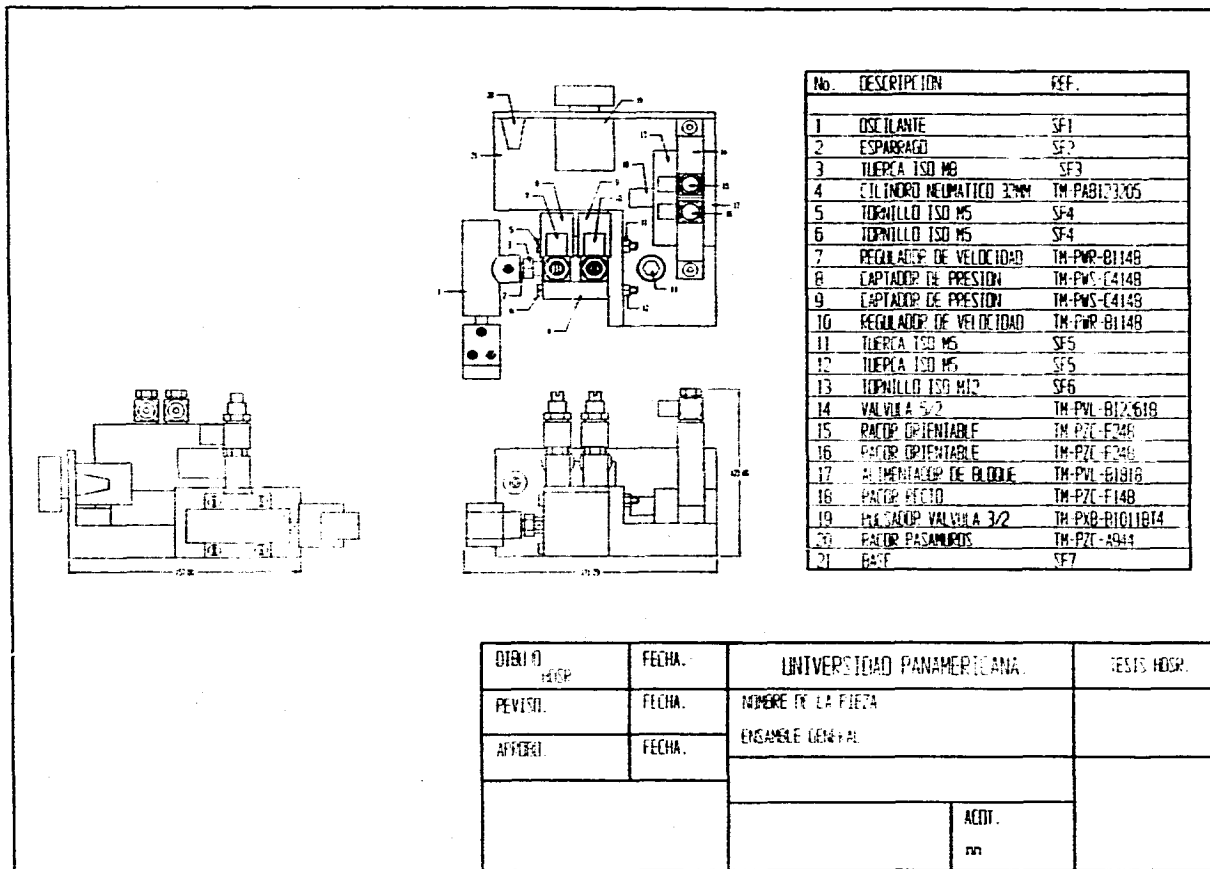
*Un diseño mecánico se considera completo si y sólo si se especifican todos los elementos que éste utilice. Si son piezas especiales, se deben especificar mediante su plano de fabricación y su material o materiales. Si se trata de un elemento seleccionado, se debe de proporcionar sus dimensiones básicas, el fabricante y de ser posible, el número de catálogo.*

*En las siguientes secciones se explica y/o desarrolla cada paso antes descrito.*

*En las siguientes páginas se muestran los planos generales del ensamble del aditamento, refiérase a ellos para obtener una visión clara de los pasos descritos anteriormente.*

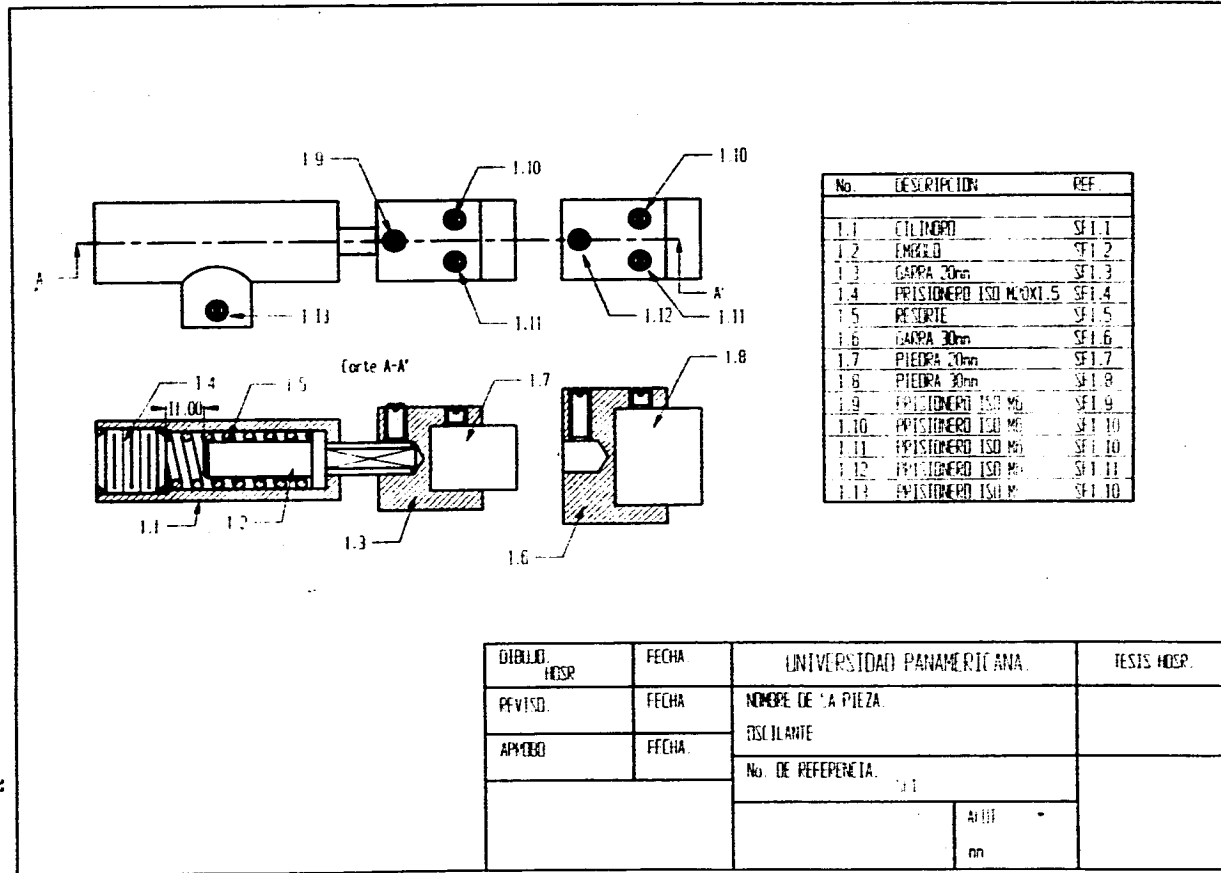
### **4.2 Criterios de selección de la fuente de energía**

*Las formas básicas de energía que se utilizan en la industria moderna son tres: La eléctrica, la hidráulica y la neumática.*



| No. | DESCRIPCION             | REF.            |
|-----|-------------------------|-----------------|
| 1   | OSCILANTE               | SF1             |
| 2   | ESPARRAGO               | SF2             |
| 3   | TUERCA ISO M8           | SF3             |
| 4   | CILINDRO NEUMATICO 32MM | TM-PAB123205    |
| 5   | TORNILLO ISO M5         | SF4             |
| 6   | TORNILLO ISO M5         | SF4             |
| 7   | REGULADOR DE VELOCIDAD  | TM-PWR-B1148    |
| 8   | CAPTADOR DE PRESSION    | TM-PWS-E4148    |
| 9   | CAPTADOR DE PRESSION    | TM-PWS-E4148    |
| 10  | REGULADOR DE VELOCIDAD  | TM-PWR-B1148    |
| 11  | TUERCA ISO M5           | SF5             |
| 12  | TUERCA ISO M5           | SF5             |
| 13  | TORNILLO ISO M12        | SF6             |
| 14  | VALVULA 3/2             | TM-PVL-B12618   |
| 15  | FACTOP. ORIENTABLE      | TM-PZC-E248     |
| 16  | FACTOP. ORIENTABLE      | TM-PZC-E248     |
| 17  | ALIMENTADOR DE BLOQUE   | TM-PVL-E1818    |
| 18  | FACTOP. FICHO           | TM-PZC-E148     |
| 19  | PLACADOR VALVULA 3/2    | TM-PXB-B1011814 |
| 20  | FACTOP. PASAPUOS        | TM-PZC-A944     |
| 21  | BASE                    | SF7             |

|               |        |                           |            |
|---------------|--------|---------------------------|------------|
| DIEN O<br>HOR | FECHA. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA. | TESTS HOR. |
| PREVISTO.     | FECHA. | NUMERO EN LA FIJETA       |            |
| APROBADO.     | FECHA. | ENSAMBLE GENERAL          |            |
|               |        |                           |            |
|               |        | ACOT.                     |            |
|               |        | mm                        |            |



| No.  | DESCRIPCION           | REF.   |
|------|-----------------------|--------|
| 1.1  | CILINDRO              | SF1.1  |
| 1.2  | EMBRIO                | SF1.2  |
| 1.3  | GAJERA 30mm           | SF1.3  |
| 1.4  | PRISTONERO ISO M3X1.5 | SF1.4  |
| 1.5  | RESORTE               | SF1.5  |
| 1.6  | GAJERA 30mm           | SF1.6  |
| 1.7  | PIEDRA 30mm           | SF1.7  |
| 1.8  | PIEDRA 30mm           | SF1.8  |
| 1.9  | PRISTONERO ISO M3     | SF1.9  |
| 1.10 | PRISTONERO ISO M3     | SF1.10 |
| 1.11 | PRISTONERO ISO M3     | SF1.10 |
| 1.12 | PRISTONERO ISO M3     | SF1.11 |
| 1.13 | PRISTONERO ISO M3     | SF1.10 |

| DIBUJO | FECHA | UNIVERSIDAD PANAMERICANA | TESTES HOSP. |
|--------|-------|--------------------------|--------------|
| HOSR   |       |                          |              |
| REVISO | FECHA | NOMBRE DE LA PIEZA       |              |
| APROBO | FECHA | ESCALANTE                |              |
|        |       | No. DE REFERENCIA        |              |
|        |       |                          |              |
|        |       |                          |              |

Cada una de ellas implica diferentes ventajas y desventajas que las hacen aptas para realizar diferentes tipos de trabajo de manera óptima. La siguiente es una tabla<sup>6</sup> comparativa de diversos factores que se toman como criterio en la selección de una forma de energía para un proceso productivo.

|                            | Eléctrica  | Hidráulica  | Neumática   |
|----------------------------|--|---|---|
| Movimiento lineal          | Muy limitado   | Disponibles, eficiente mediante cilindros               | Disponibles, eficiente mediante cilindros           |
| Movimiento circular        | Ampliamente disponible. Muy eficiente                    | Disponibles   | Disponibles   |
| Velocidad                  | Altas velocidades. Regulación fácil en corriente directa | Limitada a bajas velocidades. Buena regulación          | Altas velocidades. Regulación aceptable             |
| Fuerza                     | Limitada en uso directo. Requiere de elementos mecánicos | Muy abundante   | Menor que en hidráulica por ser fluido compresible. |
| Tamaño de los dispositivos | Diversos   | Grandes   | Pequeños  |
| Señales de control         | Muy fácil  | Difícil control en presiones elevadas                   | Muy fácil   |
| Mantenimiento              | Personal muy capacitado                                  | Poca capacitación                                       | Poca capacitación                                   |
| Riesgo                     | Alto   | Alto  | Bajo  |
| Limpeza y fugas            | Peligro en caso de corto circuito o choque eléctrico     | Muy sucia en caso de fugas                              | Muy limpia, no hay problemas en caso de fugas       |
| Conexión de los elementos  | Complicada   | Muy complicada, problemas de sellado en altas presiones | Fácil   |
| Costo                      | 1  | 4   | 10  |

Tabla 4.1

Como se observa en la tabla 4.1, se toma como unidad básica de costo la energía eléctrica.

<sup>6</sup> cfr. FESTO Inc. *Introducción a la neumática*, p. 12

*De esta manera se puede observar cómo los diferentes tipos de energía son aptos para diferentes tipos de procesos, y sus costos también varían. En este caso, se necesita que el tipo de energía proporcione actuadores de pequeño tamaño, que éstos sean aptos para los movimientos lineales y que su uso y control sean lo más sencillos posibles.*

*Bajo dichos criterios, se escoge la energía neumática debido a que cumple con los requerimientos arriba descritos. Con la ventaja adicional de que el mismo tipo de energía puede ser utilizada como medio de control, lo cual disminuirá aún más el espacio requerido y aumentará la sencillez en el diseño.*

### **4.3 Dimensiones básicas del carro auxiliar del torno**

*Lo primero que se considera son las dimensiones básicas del asiento del carro auxiliar del torno, donde se montará el aditamento. Estas se muestran en la siguiente página. La dimensión más importante es la distancia desde la base del carro al centro del torno, debido a que la herramienta abrasiva debe estar alineada a dicho centro, y esto determina el espacio disponible para montar el aditamento.*

### **4.4 Selección del actuador neumático**

*Los actuadores neumáticos se dividen en dos tipos: los motores neumáticos, y los cilindros. Los últimos, a su vez se dividen en rotatorios y lineales de acuerdo al tipo de movimiento que presentan.*

*Debido a que se requiere un movimiento lineal, el actuador seleccionado tendrá que ser un cilindro lineal.*

*Para este caso en particular, la selección del cilindro neumático se justifica considerando tres factores.*

- *Tamaño compacto, dada la limitación de espacio.*
- *Alineación entre el centro del cilindro neumático y los centros del torno.*
- *Carrera corta.*

*En el apéndice se muestran las características específicas y las dimensiones del cilindro neumático seleccionado. Los datos básicos de éste son.*

*Diámetro del cilindro.- 32 mm.*

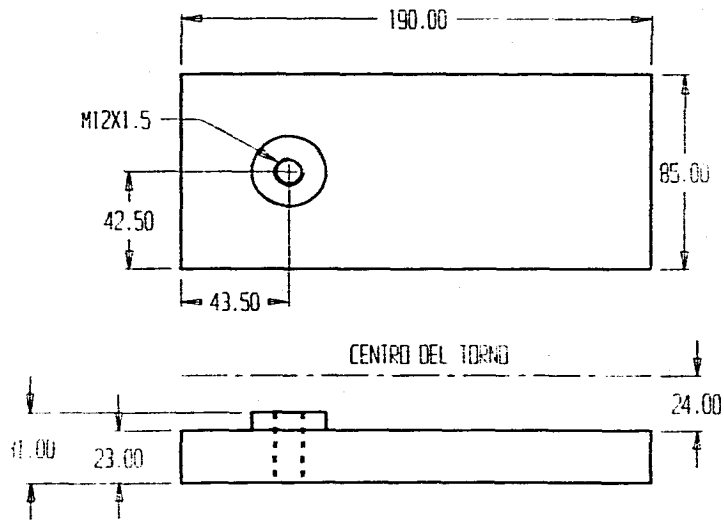
*Diámetro del vástago.- 12 mm.*

*Carrera.- 5 mm.*

*Tipo.- Doble efecto.*

*Presión de trabajo.- 6 bars.*

*Como se puede observar, este cilindro es el más grande disponible para la distancia de la base del carro auxiliar al centro del torno.*



|                 |        |                           |        |            |
|-----------------|--------|---------------------------|--------|------------|
| OTUBLO.<br>HOR. | FECHA. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA. |        | TESIS HOR. |
| REVISO.         | FECHA. | NOMBRE DE LA PIEZA.       |        | ESL. 1.2   |
| APPROB.         | FECHA. | BASE CAPPRI AUXILIAR      |        |            |
|                 |        | Nº. DE IDENTIFICACIÓN     |        |            |
|                 |        | MATERIA                   | ASIGN. |            |



La fuerza teórica que puede proporcionar un cilindro neumático está dada por la expresión.

$$F = pA \quad (4.1)$$

Donde:

$F$ .- Fuerza.

$p$ .- Presión del flujo de aire comprimido.

$A$ .- Área sobre la cual actúa la presión.

Las fuerzas de avance y retroceso no son iguales dado que el área efectiva en donde actúa la presión es diferente.

En el caso del avance, la presión actúa sobre el área completa del émbolo. Para el retroceso, el área se ve afectada por el área de sección transversal del vástago. Tenemos el siguiente cálculo para las áreas efectivas de avance y retroceso, en el caso particular del cilindro neumático seleccionado:

$$A_a = A_e = \frac{\pi}{4}(32 \times 10^{-3})^2 = 0.804 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$A_r = A_e - A_v = \frac{\pi}{4}(32 \times 10^{-3})^2 - \frac{\pi}{4}(12 \times 10^{-3})^2 = 0.691 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Donde:

$A_a$ .- Área de avance.

$A_r$ .- Área de retroceso.

$A_e$ .- Área del émbolo.

$A_v$ .- Área del vástago.

Multiplicando, de acuerdo a la ecuación (4.1), las áreas calculadas por la presión de trabajo, se obtienen las fuerzas teóricas de avance y retroceso.

$$F_a = (0.804 \times 10^{-3})(6 \times 10^5) = 482.55 \text{ N}$$

$$F_r = (0.691 \times 10^{-3})(6 \times 10^5) = 417.7 \text{ N}$$

Donde:

$F_a$ .- Fuerza teórica de avance.

$F_r$ .- Fuerza teórica de retroceso.

La fuerza real que proporciona un cilindro neumático es menor que la fuerza teórica debido al rozamiento en las caras internas del cilindro, la velocidad de operación, variaciones de presión en la red de distribución etc.

Por ello es necesario utilizar un factor de eficiencia para estimar la fuerza real de un cilindro neumático. La selección de dicho factor generalmente es recomendada por el fabricante o en documentaciones técnicas especiales. En este caso, se

recomienda<sup>7</sup> un factor de 0.8 para aplicaciones mecánicas generales, y un factor de 0.9 para cilindros de carrera pequeña utilizados bajo presiones arriba de 7 bars. Dado que el cilindro seleccionado es pequeño, y la presión de trabajo es de 6 bars, se toma un valor de 0.85.

Así, el valor estimado para las fuerzas reales de avance y retroceso queda como sigue:

$$F_{ra} = (482.55)(0.85) = 386N$$

$$F_{rr} = (414.7)(0.85) = 331.76N$$

Donde:

$F_{ra}$  - Fuerza real de avance.

$F_{rr}$  - Fuerza real de retroceso.

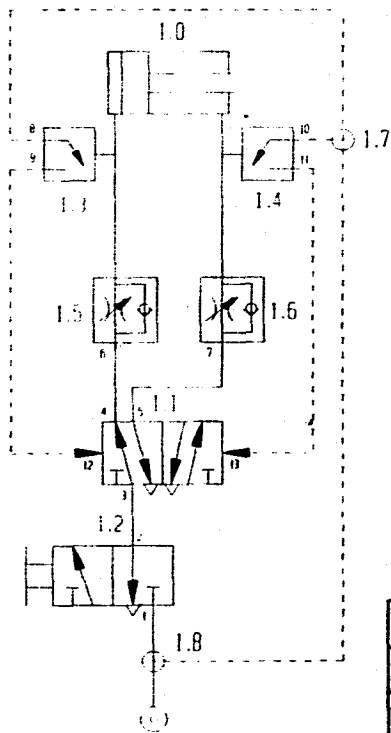
#### **4.5 Diseño del circuito neumático oscilante**

En las siguientes paginas, se muestra un diagrama del circuito neumático junto con una lista de sus componentes, y un esquema de conexiones. Este circuito permite que el vástago del cilindro neumático se mueva alternativamente, provocándose así un movimiento oscilatorio del mismo.

La descripción de su funcionamiento es la siguiente:

- Mediante el pulsador válvula de tres vías dos posiciones (3/2) marcado con el no. 1.2, se establece el flujo de aire comprimido dentro del circuito, esta válvula constituye la parte de paro y arranque del circuito.
- El flujo de aire pasa a través de la válvula 5/2 hasta la cámara posterior del cilindro neumático. Esto provoca que el vástago del cilindro se mueva hacia la derecha del diagrama.
- Una vez que el vástago alcanza su máxima posición. La diferencia de presión entre la cámara anterior y la presión de alimentación, provoca que se accione el captador de presión 1.4, el cual manda una señal neumática de control que conmuta a la válvula 5/2.
- Al conmutarse la válvula, cesa el flujo de aire comprimido hacia la cámara posterior y ahora éste se dirige hacia la cámara anterior del cilindro, provocando que el vástago se mueva ahora en dirección contraria.
- Cuando el vástago alcanza la posición inicial, nuevamente la diferencia de presión entre la alimentación y la cámara posterior acciona al captador no. 1.3, el cual manda una señal neumática que conmuta a su posición original la válvula 5/2. Cuando esto sucede, el vástago vuelve a moverse hacia la derecha completándose de esta manera un ciclo de trabajo. Este ciclo se repite mientras el pulsador 3/2 mantenga el flujo de aire comprimido en el circuito.

<sup>7</sup> cfr. CARNICER, E. Aire comprimido. Neumática convencional p. 54



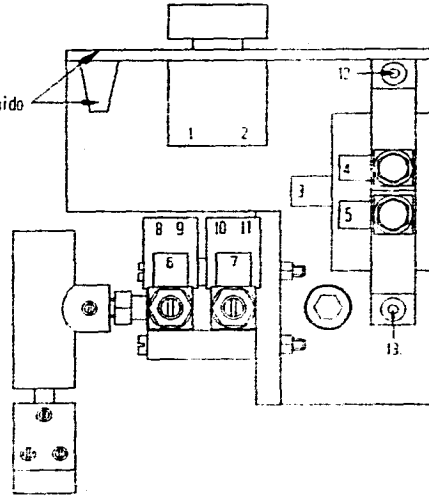
| No. | DESCRIPCION              | REF.            |
|-----|--------------------------|-----------------|
| 1.0 | CILINDRO NEUMATICO 32 mm | TM-PAB-23205    |
| 1.1 | VALVULA 5/2              | TM-PVL-B100018  |
| 1.2 | PULSADOR VALVULA 3/2     | TM-PXB-B1011814 |
| 1.3 | CAPTADOR DE PRESION      | TM-PWS-C4148    |
| 1.4 | CAPTADOR DE PRESION      | TM-PWS-C4148    |
| 1.5 | REGULADOR DE VELOCIDAD   | TM-PWR-B1148    |
| 1.6 | REGULADOR DE VELOCIDAD   | TM-PWR-B1148    |
| 1.7 | CONEXION TE              | TM-PZC-A344     |
| 1.8 | CONEXION TE              | TM-PZC-A344     |

**NOTA.**

Todas las conexiones se harán con manguera flexible  $\varnothing 4$ mm mediante conexiones rápidas

| DIBUJO<br>HOSR.                                     | FECHA. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA.       | TESIS HOSR. |
|---|--------|---------------------------------|-------------|
| REVISO.   | FECHA. | DIAGRAMA DEL CIRCUITO NEUMATICO |             |
| APROBO.   | FECHA. |                                 |             |
| LINEA DE PRESION. ———<br>LINEA DE PILOTAJE. - - - - |        |                                 |             |

lana de wire comprimido



| DIBUJO.<br>HORA | FECHA. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA.                                   | TESTES HORA |
|-----------------|--------|---|-------------|
| REVISO.         | FECHA. | UBICACION DE LAS CONEXIONES<br>SEGUN EL CIRCUITO PNEUMATICO |             |
| APROBADO.       | FECHA. |   |             |
|                 |        |   |             |

#### 4.6 Diseño del resorte

El siguiente paso es especificar material, diámetro del alambre, diámetro del núcleo, número de espiras y paso de un resorte helicoidal de compresión. El cual proporcionará la fuerza de presión necesaria para llevar a cabo la acción cortante de la piedra abrasiva.

En la sección 3.2.2 se mencionó que el ancho de las piedras abrasivas sería de 20 mm y de 30 mm. Esto quiere decir, que el aditamento podrá trabajar con una o con otra. La selección de estas medidas se justifica nuevamente por la limitante del espacio disponible dentro del torno.

El ancho de la piedra abrasiva es importante dado que de acuerdo a dicha dimensión, se determina el área de contacto entre la pieza y la piedra. Los fabricantes de abrasivos ofrecen servicios de fabricación de piedras bajo medidas especiales. Así, las dimensiones de la cara de contacto de las piedras abrasivas son las siguientes:

Piedra de 20 mm.- 20x25 mm.  
Piedra de 30 mm.- 30x25 mm.

Esto determina las áreas máxima y mínima de contacto, las cuales serán:

Área mínima.-  $0.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$   
Área máxima.-  $0.75 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

La presión necesaria para el proceso se especificó en la sección 3.2.1. Está marcaba un rango que oscilaba entre los  $0.2 \text{ kg/cm}^2$  para los materiales más blandos, y los  $5 \text{ kg/cm}^2$  para los materiales más duros. Conociendo el área de contacto entre la piedra y la pieza, y la presión requerida de trabajo, se puede calcular la fuerza que debe proporcionar el resorte de acuerdo a la ecuación (4.1), despejando para la fuerza. De esta manera, tenemos las fuerzas máximas y mínimas axiales para el resorte:

$$F_{\max} = (5 \times 10^4)(0.75 \times 10^{-3}) = 375 \text{ N} = 37.5 \text{ kgf}$$

$$F_{\min} = (0.2 \times 10^5)(0.5 \times 10^{-3}) = 10 \text{ N} = 1 \text{ kgf}$$

Por lo tanto, la fuerza máxima a la que estará sometido el resorte será de aprox. 40 kgf o bien 400 N.

Es necesario que el resorte posea tales dimensiones para que el esfuerzo en el área de sección transversal de éste no exceda el límite de cedencia del material y el resorte se conserve en buen estado bajo la carga. Dicho esfuerzo se conoce como esfuerzo de trabajo, y se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación<sup>8</sup>:

<sup>8</sup> cfr. FAIRES, V.M. *Diseño de elementos de máquinas*, p. 236

$$S_s = K \frac{8FD_m}{\pi D_w^3}$$

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C} \quad (4.2)$$

$$C = \frac{D_m}{D_w}$$

Donde:

C.- Se denomina índice del resorte. Se recomienda  $C \geq 5$ .

K.- Se denomina coeficiente de Wahl.

F.- Es la fuerza axial en el resorte.

$D_m$ - Es el diámetro medio del resorte.

$D_w$ - Es el diámetro del alambre.

La ec. (4.2) considera de antemano la concentración de esfuerzos debido a la curvatura del resorte, y es válida para resortes helicoidales de espiras muy juntas, (con un ángulo de paso menor a  $12^\circ$ ), y proporciona un resultado satisfactorio dentro del 2% de las ecuaciones más exactas. Para calcular el ángulo de paso del resorte, es necesario conocer el paso de éste. El paso se define como la distancia entre centros de dos espiras contiguas dentro del resorte. Así, el ángulo de paso de un resorte helicoidal será:

$$\lambda = \arctan \frac{P}{\pi D_m} \quad (4.3)$$

Donde:

P.- Paso del resorte.

$\lambda$ - Ángulo de paso del resorte.

El siguiente punto de consideración en el diseño de un resorte, es calcular la deflexión lineal que éste presentará bajo cierta fuerza, la cual está dada por la sig. ec.

$$\delta = \frac{8FC^3 N_c}{GD_w} \quad (4.4)$$

Donde:

$\delta$ - Deflexión lineal del resorte.

$N_c$ - Es el número de espiras activas en el resorte.

G.- Módulo de rigidez del material.

Una vez que se conoce la deflexión del resorte, la constante de elasticidad del resorte (k) se calcula como sigue.

$$k = \frac{F}{\delta} \quad (4.5)$$

Como se puede observar, para poder especificar un resorte se tiene que seguir un proceso iterativo para obtener una solución adecuada, aunque existirán ciertos criterios o restricciones de espacio o material, que proporciona una guía para poder comenzar con el proceso iterativo. En nuestro caso, la principal limitante es la falta de espacio. También se debe tomar en cuenta que mientras más pequeño sea el conjunto de resorte piedra, menor será la carga para el cilindro neumático, y éste podrá oscilar a una mayor frecuencia.

De este modo, para poder definir el resorte, comenzamos proponiendo un diámetro para el alambre y un índice del resorte (C), que implícitamente definirá el diámetro medio del resorte. Una vez que se conocen ambos diámetros, se calcula el esfuerzo en la sección transversal del resorte. Después se verifica que dicho valor no sea demasiado excesivo, y que las dimensiones obtenidas sean aceptables (dada la limitación del espacio). Si esto ocurre, se proponen diámetros diferentes, hasta conseguir un valor aceptable para el esfuerzo de trabajo. Posteriormente, se selecciona el material de acuerdo a dicho esfuerzo, o sea, que el punto de cedencia del material se encuentre por encima del valor calculado. Se toman en cuenta también otros factores como la disponibilidad del material, tratamiento térmico etc.

Una vez completado lo anterior, se propone un número de espiras, y un paso del resorte, para calcular su deflexión y la longitud del resorte sin aplicación de fuerza. Si los resultados son aceptables, el resorte queda completamente especificado.

Como ejemplo se expone la primera iteración de dicho proceso.

1.- Se propone un diámetro para el alambre ( $D_w$ ) del resorte. P.ej. 1 mm

2.- Se selecciona un valor para el índice del resorte (C) adecuado. Como lo recomienda la ec. (4.2), se toma un valor de 5

3.- Los valores antes seleccionados, nos dan un diámetro medio ( $D_m$ ) del resorte de 5 mm (ver ec. 4.2)

4.- Substituyendo los valores de la fuerza máxima, el diámetro del alambre, y el diámetro medio en la ec. (4.2), obtenemos un valor para el esfuerzo:

$$S_s = 6674.32 \text{ MPa}$$

El cual es excesivo. de esta manera se propone un diámetro mayor para el alambre, conservando el valor para el índice del resorte  $C = 5$ , y volvemos a calcular.

De esta manera, el resultado de varias iteraciones se muestra en la siguiente tabla.

| Diámetro (Dw)<br>mm | Diámetro (Dm)<br>mm | Ss (MPa)  |
|---------------------|---------------------|-----------|
| 1                   | 5                   | 6674.3217 |
| 1.5                 | 7.5                 | 2966.3652 |
| 2                   | 10                  | 1666.5004 |
| 2.5                 | 12.5                | 1067.8915 |
| 3                   | 15                  | 741.5913  |

Tabla 4.2

El resultado que se muestra en el último renglón, se considera adecuado para este caso.

Ahora es necesario proponer un número de espiras y un paso para el resorte, a fin de calcular su longitud sin comprimir, la deflexión lineal y la constante de elasticidad.

La longitud del resorte sin comprimir (libre) está dada por la siguiente expresión.

$$L = N_c P \quad (4.6)$$

Nuevamente, se propone un número de espiras  $N_c = 7$ , y un paso  $P = 6$  mm. Lo anterior se propone tomando en cuenta que, para que la ec. (4.2) sea válida, el ángulo de paso del resorte no debe ser mayor a  $12^\circ$ .

Aplicando la ec. (4.3) con los datos propuestos en el párrafo anterior, y los datos del último renglón de la tabla (4.2), tenemos el siguiente ángulo de paso.

$$\lambda = \arctan\left(\frac{6 \times 10^{-3}}{\pi(15 \times 10^{-3})}\right) = 7.26^\circ$$

Y la longitud libre, de acuerdo a la ec. (4.6), para el resorte es.

$$L = (7)(6 \times 10^{-3}) = 42 \text{ mm}$$

Ahora, es necesario seleccionar un material adecuado, que resista el esfuerzo al cual va a ser sometido.

Para la selección del material se toman en cuenta tres factores principales.

- Disponibilidad del material.
- Valor del punto de cedencia.
- Estado (tratamiento térmico).



La sig. tabla<sup>9</sup> muestra los valores de resistencia última y punto de cedencia para un acero C1045, el cual es común en usos de ingeniería, bajo diferentes estados.

| Estado               | Máxima resistencia $S_u$ (MPa) | Punto de fluencia $S_y$ (MPa) |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Recocido             | 632.7                          | 386.7                         |
| Normalizado          | 698                            | 428.8                         |
| Laminado en caliente | 611.6                          | 379.7                         |
| Estirado en frío     | 703                            | 597.8                         |
| TA 538°C             | 914                            | 773.4                         |
| TA 649°C             | 773.4                          | 590.5                         |

Tabla 4.3

Las siglas TA dentro de la tabla indican "templado en agua", la temperatura que se muestra en seguida es la temperatura de revenido. De ésta información se puede ver que nos conviene que el material sea templado en agua y revenido a 538 °C. Para dicho material se tienen los siguientes valores para el módulo de Young y el módulo de rigidez.

$$E = 20.38 \text{ GPa}$$

$$G = 80.85 \text{ GPa}$$

Finalmente, es necesario calcular, la máxima deflexión del resorte bajo la carga máxima y la constante de elasticidad del resorte de acuerdo a las ecuaciones (4.4) y (4.5)

$$\delta = \frac{8(400)(5)^3(7)}{(80.85 \times 10^9)(15 \times 10^{-3})} = 11.5 \text{ mm}$$

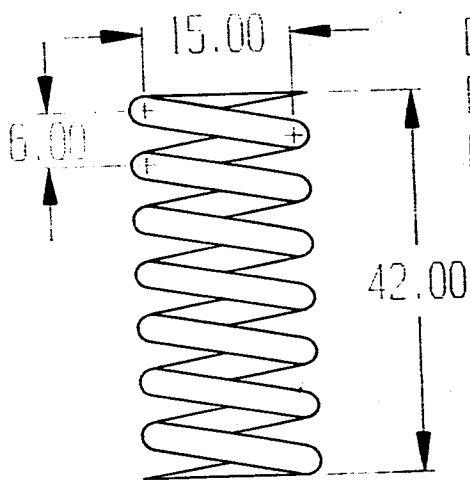
$$k = \frac{400}{11.5 \times 10^{-3}} = 3.465 \text{ N/m}$$

El resultado de este apartado, se muestra en la siguiente pagina mediante el plano de especificación del resorte. En él se muestran todas las dimensiones importantes de éste así como algunas características especiales de fabricación. Vrg. el rectificado en sus extremos para un mejor apoyo en las superficies de contacto.

#### 4.7 Estudio dinámico del aditamento

La siguiente sección se dedica al estudio de la fuerza de carga a la cual va estar sometido el cilindro neumático. A la fuerza de inercia debida al movimiento oscilatorio de éste. A la velocidad y aceleración del vástago del cilindro, y por ende, de la herramienta abrasiva.

<sup>9</sup> cfr. FAIRES, V.M. op. cit. p. 746



DIAMETRO DEL ALAMBRE 3 mm  
 EXTREMOS AMOLADOS  
 NUMERO DE ESPIRAS 7

|   |       |                               |             |   |
|---|-------|-------------------------------|-------------|---|
| DIR. DEL<br>HOR.                        | FECHA | UNIVERSIDAD PANAMERICANA.     |             | TESIS NOSP.   |
| REVISO.                                 | FECHA | NOMBRE DE LA PIEZA            |             | LIBRO   |
| APROBADO                                | FECHA | RESOLUCION                    |             |   |
| TOL. NO ESPECIFICADA:<br>SEGUN DIN 7168 |       | No. DE REFERENCIA<br>S.P.U.S. |             | VOL. NO. 350-0-0-0-0<br>Escala: 1:1<br>Masa: 100.00 g |
| ALABADO                                 |       | MATERIAL<br>ALEACION          | ACOT.<br>mm |   |

Lo anterior es importante debido a que es preciso conocer dichas cargas, para poder calcular otros elementos del diseño, así como para saber la frecuencia de oscilación real que puede proporcionar el aditamento y conocer el requerimiento de aire comprimido necesario.

#### 4.7.1 Estimación de la fuerza de carga

La fuerza de carga consiste en la fuerza necesaria para remover el material de la pieza de trabajo. Como una aproximación, dicha fuerza puede considerarse como una fuerza de fricción dinámica entre la superficie de trabajo, y la superficie abrasiva.

De acuerdo con algunos resultados experimentales, el coeficiente de fricción dinámica que define dicha fuerza oscila entre 0.15 y 0.25. En este caso se puede tomar un valor promedio de 0.2.

La fuerza de fricción dinámica está dada por la expresión.

$$F_f = \mu N \quad (4.7)$$

Donde:

$F_f$ .- Fuerza de fricción.

$N$ .- Fuerza normal.

$\mu$ .- Coeficiente de fricción dinámica.

En este caso (ver fig. 4.1), la fuerza normal está constituida por la fuerza que proviene de la deformación del resorte, que precisamente mantiene la presión necesaria entre la piedra abrasiva y la pieza de trabajo.

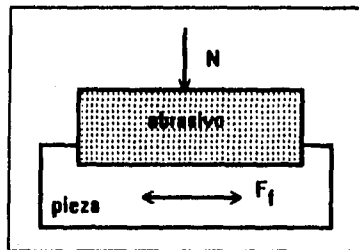


Fig. 4.1 Fuerza de carga

La fuerza normal máxima, de acuerdo a la sección 4.6, era de aprox. 400 N (40 kgf). Esto proporciona el valor de la fuerza de fricción correspondiente.

$$F_f = (0.2)(400) = 80N$$

De esa forma queda calculada la fuerza de carga.

#### **4.7.2 Estimación de la masa oscilante**

*Para poder conocer la masa oscilante, es necesario conocer las dimensiones de los elementos que forman dicha masa, (refiérase páginas siguientes), y los materiales de los cuales están hechos dichos elementos.*

*Sin embargo, como se puede proponer un material si no se conocen las cargas de trabajo. O más aún, como se puede especificar una dimensión. Precisamente, en eso consiste el diseño. Es necesario proponer ciertas dimensiones y materiales no solo en base a la carga que soportarán. Como en éste caso en donde dicha carga depende de la dimensión que tengan los elementos. Para el caso del conjunto oscilante, las dimensiones de los elementos que lo conforman fueron propuestas de acuerdo a tres dimensiones básicas que ya han quedado justificadas y establecidas. A saber, la longitud libre del resorte, la máxima deflexión bajo la máxima carga, y las dimensiones de las piedras abrasivas.*

*Respecto a los materiales, se tienen tres tipos.*

- *Los materiales de los elementos de fijación estándar.*
- *Los materiales abrasivos.*
- *Los materiales de los elementos especiales.*

*Los materiales del primer tipo están ya definidos por el fabricante, generalmente se trata de acero para tomillería industrial.*

*La selección de los materiales abrasivos ya fue discutida.*

*Para la selección del material para los elementos especiales, se toma en cuenta el factor peso. Mientras más pesado sea el material, aumentará la carga para el cilindro neumático, y la frecuencia de oscilación será menor. Como el cilindro neumático es relativamente pequeño debido a la limitante de espacio, se debe seleccionar un material cuyo peso sea el menor posible. Por ello, se selecciona aluminio, por ligero pero a la vez resistente. La aleación que se especifica en aquellas piezas fabricadas en aluminio, es una aleación comercial recomendada para usos generales.*

*Así pues, para el cálculo de la masa, tenemos la siguiente expresión.*

$$m = \rho V \quad (4.8)$$

*Donde:*

- m.- Masa del elemento.*
- V.- Volumen del elemento.*
- $\rho$ .- Densidad del elemento.*

*La masa total será la suma de las masas parciales, que constituyen el subensamble del oscilante. En las siguientes páginas se muestra el plano de*

ensamble del oscilante, así como los planos de las diferentes piezas que lo constituyen. En dichos planos se especifica el peso de cada elemento.

Entonces se tiene el siguiente resultado:

Masa del oscilante con piedra de 20 mm.- 0.230 kg.

Masa del oscilante con piedra de 30 mm.- 0.260 kg.

#### 4.7.3 Modelo matemático del aditamento

Al hablar de un modelo matemático, nos referimos a construir mediante la aplicación de ecuaciones simples de movimiento, una o varias expresiones matemáticas de las cuales se puedan inferir datos de velocidad y aceleración de la herramienta abrasiva. En sí lo que se necesita es una relación entre causa y efecto. Por un lado tenemos flujo de aire comprimido a cierta presión, y como resultado tendremos un movimiento oscilatorio lineal con cierta velocidad y aceleración.

Para comenzar con nuestro análisis, comenzaremos con un diagrama de cuerpo libre (fig. 4.2) del cilindro neumático con su carga.

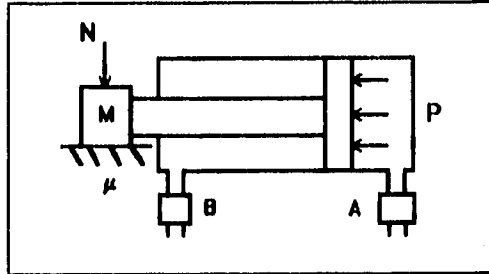


Fig. 4.2 Diagrama de cuerpo libre del cilindro

Como se puede observar en la fig. 4.2, Por un lado se tiene la fuerza de carga representada por el bloque "M", el cual representa la masa del conjunto oscilante, la fuerza normal "N", la cual ya se ha discutido y el coeficiente de fricción dinámica  $\mu$ .

Por otra parte, se tiene la fuerza de presión en la cara del émbolo y la fuerza de amortiguación del cilindro, proveniente del aire que se encuentra en la cámara opuesta al movimiento. Dicha fuerza se controle mediante los reguladores de velocidad "A" y "B", que se muestran esquemáticamente y cuyo principio de funcionamiento es el siguiente.

Al moverse el vástago en una dirección, el aire contenido en la cámara opuesta a la cámara por donde penetra el flujo a presión, tiene que ser desalojado, de lo contrario, el vástago no se moverá. Si se varía el diámetro del orificio por donde escapa el aire, la velocidad del vástago también cambiará. Mientras menor sea el

diámetro de escape, mayor será la dificultad con la que saldrá el aire; lo cual se traduce en una mayor fuerza de oposición al movimiento del vástago contra la cámara opuesta. Dicha fuerza tiene la característica de ser una fuerza de fricción viscosa. La fricción viscosa en elementos mecánicos (principalmente en amortiguadores), es aquella fuerza que es proporcional a la velocidad del movimiento. En nuestro caso, la fuerza es proporcional a la velocidad del vástago, y por eso se dice que es una fricción viscosa.

De esta manera es posible regular la velocidad del vástago mediante la variación del orificio de escape del aire en la cámara opuesta. Es posible regular la velocidad en un solo sentido o en ambos. Para este caso, es necesario que la regulación se haga en ambos sentidos para garantizar una buena oscilación y una marcha libre de vibraciones y golpeteos.

Una vez que se han discutido todas las fuerzas que actúan en el vástago del cilindro, podemos aplicar la segunda ley de Newton a éste, con lo cual tenemos la siguiente expresión. (La masa del vástago se desprecia)

$$\begin{aligned}\Sigma F &= ma \\ F_p - \mu N - bv &= ma \quad (4.9) \\ ma + bv &= F_p - \mu N\end{aligned}$$

Donde:

- m*.- Masa del conjunto oscilante.
- N*.- Fuerza normal.
- F<sub>p</sub>*.- Fuerza de presión.
- μ*.- Coeficiente de fricción dinámica.
- v*.- Velocidad del vástago.
- b*.- Coeficiente de fricción viscosa.
- bv*.- Magnitud de la fuerza viscosa, o de regulación de la velocidad.
- a*.- Aceleración de la masa oscilante.

El valor del coeficiente *b*, puede ser regulado de acuerdo a lo discutido en el penúltimo párrafo acerca de la estrangulación del flujo de aire comprimido de salida.

Si se define "*x*", como a la posición de la masa oscilante, como una función dependiente del tiempo *x(t)*, y sustituimos dicha expresión en la ec. (4.9), se obtiene la sig. expresión.

$$mx'' + bx' = F_p - \mu N = F_T \quad (4.10)$$

Donde:

- x''*.- Aceleración de la masa oscilante (segunda derivada de "*x(t)*").
- x'*.- Velocidad de la masa oscilante (primera derivada de "*x(t)*").
- x* <= 5mm (máxima carrera del cilindro).

La ec. (4.10) constituye el modelo matemático que describe el comportamiento dinámico del aditamento. Como se puede observar, proporciona una relación entre las diferentes fuerzas que actúan sobre de la masa oscilante, y su velocidad y aceleración.

La solución de la ec. (4.10) es la siguiente.

$$\begin{aligned}
 x(t) &= -\frac{F_T m}{b^2} + \frac{F_T t}{b} + \frac{F_T m}{b^2} e^{-bt/m} \\
 v(t) &= \frac{F_T}{b} - \frac{F_T}{b} e^{-bt/m} \\
 a(t) &= \frac{F_T}{m} e^{-bt/m}
 \end{aligned}
 \tag{4.11}$$

Las ecs. (4.11) representan expresiones concretas para la aceleración, velocidad y posición de la masa oscilante en función del tiempo.

La siguiente cuestión concierne a cómo utilizar las expresiones (4.11) para obtener resultados cuantitativos.

Primero se tienen que substituir los valores de los diferentes parámetros que influyen en las ecuaciones. Es importante determinar los valores máximos y mínimos de dichos parámetros, y determinar si la variación es substancial. Para determinar si la variación es substancial, ésta no debe ser mayor a un 15% en cada caso.

En la sección 4.7.2 se determinó que la masa del oscilante fluctuaba entre 0.260 kg, y 0.230 kg. En este caso, la variación no es mayor al 15%, por lo que tomaremos el valor máximo, para tomar como referencia el caso extremo de uso.

Para la fuerza de presión, la cual se trató en el apartado 4.4, se calcularon dos fuerzas para el avance y el retroceso. En este caso se desea que ambos movimientos, tanto el de avance como el de retroceso, sean idénticos, a fin de tener una oscilación simétrica. Para ello es necesario regular de manera diferente el parámetro "b" de estrangulación, en el avance y al retroceso, para conseguir lo anterior.

De esta manera, como se pretende un movimiento simétrico, se analizará el caso del avance, para lo cual tenemos una fuerza de presión de: (ver sección 4.4)

$$F_p = 386 \text{ N}$$

En el caso de la fuerza de carga, el valor de ésta ha sido discutido en la sección 4.7.1 la cual era de:

$$\mu N = 80 \text{ N}$$

Finalmente, un valor típico<sup>10</sup> para el coeficiente "b", el cual depende de la regulación de velocidad, así como del diámetro del cilindro, el diámetro del vástago y otros factores, es de aprox. 950 kg/s en unidades SI

Una vez determinados los valores de los diferentes parámetros, se pueden substituir estos en las ecs (4.11) y obtener diferentes valores de la posición, velocidad y aceleración respecto al tiempo.

En este caso, lo importante es ver el comportamiento de la velocidad y la aceleración respecto al tiempo, a lo largo de los 5 mm de carrera del cilindro neumático.

Dicho comportamiento se muestra en las figs. 4.3 y 4.4, para la velocidad y la aceleración respectivamente. Las gráficas se muestran respecto al tiempo que transcurre desde  $x = 0$  hasta  $x = 5$  mm.

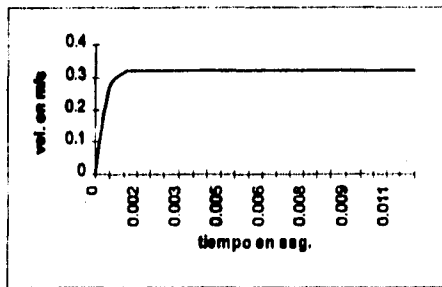


Fig. 4.3 Velocidad de la masa oscilante (avance)

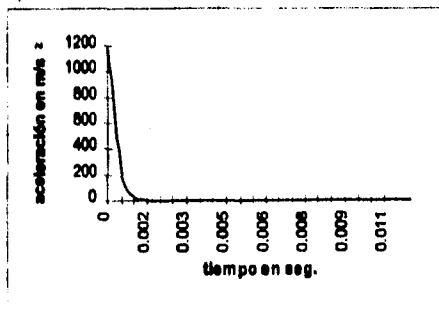


Fig. 4.4 Aceleración de la masa oscilante (avance)

Se puede observar en la fig. 4.3, el efecto de los reguladores de velocidad, los cuales mantienen una velocidad casi constante a lo largo de casi toda la carrera del cilindro.

<sup>10</sup> cfr. CARNICER, E. op. cit.



A su vez, el comportamiento de la aceleración se explica como sigue: Justo antes de comenzar el movimiento de la masa, ( $x = 0$ ,  $x' = 0$ ), se siente el efecto de aplicar la fuerza de presión. Este efecto se traduce en una aceleración inicial que provoca el desplazamiento de la masa. A medida que la masa adquiere velocidad, los reguladores de velocidad disminuyen el efecto inicial de la fuerza de presión, manteniendo constante la velocidad, y disminuyendo la aceleración a cero.

Se observa en las gráficas, que la velocidad máxima alcanzada por la masa es de aprox. 32.4 cm/s. El valor máximo de la aceleración, el cual se da en  $t = 0$ , es de aprox.  $1183 \text{ m/s}^2$ . Si aplicamos nuevamente la segunda ley de Newton, obtendremos el valor máximo de la fuerza de inercia.

$$ma = (0.260)(1183) = 307 \text{ N}$$

#### 4.7.4 Frecuencia de oscilación

Matemáticamente, la frecuencia de oscilación es el inverso del periodo. La gráfica en la fig. (4.3), muestra la velocidad de la masa oscilante durante el avance del vástago del cilindro oscilante. Como se mencionó en la sección 4.7.2, el movimiento del vástago debe ser simétrico para proporcionar una correcta oscilación. Aplicando las ecuaciones (4.11), y la ecuación (4.10) al movimiento de retroceso, se muestra a continuación una gráfica de la velocidad para un ciclo completo del vástago.

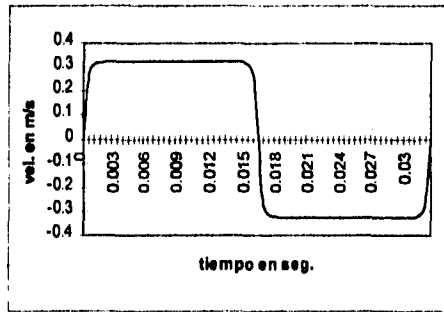


Fig. 4.3 Velocidad de la masa oscilante (ciclo completo)

En la fig. 4.3, se pueda observar, que el periodo de oscilación es de 0.032 s aprox.. De ello podemos calcular la frecuencia de oscilación de la sig. manera.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.032} = 31.25 \text{ Hz} = 1875 \text{ osc / min}$$

#### 4.7.5 Gasto requerido de aire comprimido

Para calcular el gasto de aire comprimido requerido por el cilindro, se aplica la ecuación de continuidad.

$$Q = vA \quad (4.12)$$

Donde:

- Q.- Es el gasto volumétrico de aire comprimido.
- v.- Es la velocidad del vástago del cilindro.
- A.- Área del émbolo.

Substituyendo los valores de "v" y "A" correspondientes tenemos.

$$Q = (0.804 \times 10^{-3})(32.4 \times 10^{-2}) = 0.26 \times 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$$

#### 4.8 Resistencia de los elementos

A fin de comprobar que los elementos que componen el aditamento resistan bajo las diferentes fuerzas que intervienen, es necesario hacer un análisis de resistencia de cada uno de ellos.

Los elementos considerados como críticos en este caso son tres: el espárrago de unión, el vástago de presión y el tornillo de montaje.

El espárrago de unión es precisamente el elemento encargado de transmitir el movimiento del cilindro neumático, al conjunto oscilante. El vástago de presión a su vez sirve para transmitir la fuerza del resorte hacia la piedra abrasiva. Y finalmente, el tornillo de montaje es el encargado de sujetar todo el conjunto al carro auxiliar del tomo.

##### 4.8.1 Espárrago de unión

La siguiente fig. muestra como trabaja el espárrago de unión.

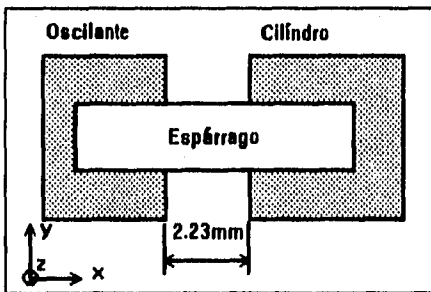
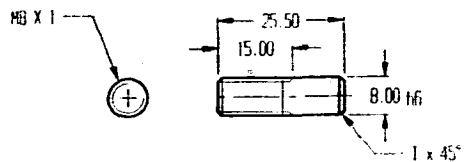


Fig. 4.4 Trabajo del espárrago

En la siguiente página se muestra el plano de especificaciones del espárrago.

El espárrago soporta cargas en dos direcciones. En la dirección "y" soporta flexión y carga cortante debido a la fuerza de presión del resorte. Esto se muestra en la siguiente fig.



5

|  |        |                                  |  |             |
|--|--------|----------------------------------|--|-------------|
| DISEÑO.<br>HRSR                          | FECHA. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA.        |  | TESIS HRSR. |
| REVISO                                   | FECHA. | NOMBRE DE LA PIEZA.<br>ESPARRAGO |  | ESC. : 1-1  |
| APROBÓ.                                  | FECHA. | No. DE REFERENCIA.               |  |             |
| TÍT. NO. ESPECIFICADA:<br>SEGUN DIN 7168 |        | MATERIAL.<br>ACERO A1045         |  |             |
| ALABRIGI ✓ 1                             |        | ACDT.<br>rn                      |  |             |

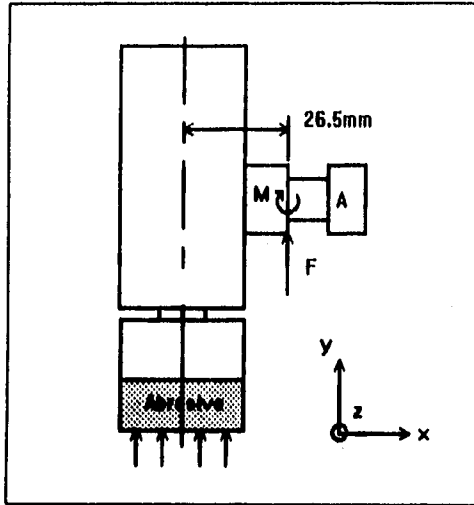


Fig.4.5 Carga transversal en el espárrago

El momento flector es debido al transporte de la fuerza de carga en la piedra abrasiva hasta el extremo donde se conecta el espárrago de unión. En este caso, el máximo valor de la fuerza de presión es de 400 N (como ya se habla mencionado), lo cual nos da los siguientes valores de "F" y "M" de acuerdo a la fig. (4.5).

$$M = (26.5 \times 10^{-3}) (400) = 10.6 \text{ Nm}$$

$$F = 400 \text{ N}$$

El máximo valor del momento flector se encuentra en el punto "A", de la fig. (4.5), el cual se calcula de la sig. forma.

$$M_{\text{max}} = (26.5 \times 10^{-3} + 2.23 \times 10^{-3}) (400) = 11.5 \text{ Nm}$$

Y la máxima fuerza cortante se mantendrá igual. ( $F_{\text{max}} = 400 \text{ N}$ )

En la dirección "x", el espárrago soporta otro esfuerzo de flexión debido a la fricción (o carga) en la superficie de la piedra, como se muestra en la sig. fig.

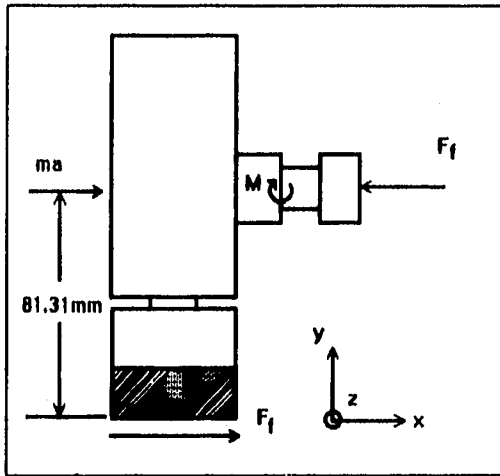


Fig. 4.6 Carga axial en el espárrago

El valor correspondiente a este momento flector, nuevamente se calcula transportando la fuerza de tal manera que su dirección coincida con el eje simétrico del espárrago. En este caso, tenemos.

$$M = (81.31 \times 10^{-3})(80) = 6.5 \text{ Nm}$$

La fuerza en dirección del eje "x" (la dirección del movimiento), está compensada por la fuerza de inercia "ma". Aplicando el principio de D'Alembert, podemos considerar estático el elemento mediante la aplicación de una fuerza equivalente a la fuerza de inercia pero de sentido contrario. En la sección 4.7.3 se determinó un valor de la fuerza de inercia máxima de 307 N, la cual disminuye de acuerdo al avance del vástago (ver fig. 4.4).

Debido a que el momento flector es muy pequeño, y la fuerza de inercia actúa sólo durante un instante, la carga en el eje axial se puede despreciar y sólo considerar la carga en el eje transversal (eje "y").

Conociendo la carga y las medidas de la sección transversal del espárrago), se puede calcular el esfuerzo normal, y el esfuerzo cortante en dicha sección transversal de acuerdo a las siguientes ecuaciones.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad (4.13)$$

$$\tau = \frac{VQ}{It} \quad (4.14)$$

Donde:

$\sigma$ .- Esfuerzo normal en la sección.

c.- Máxima distancia medida, desde el eje neutro (radio para secciones circulares).

I.- Segundo momento de inercia de la sección transversal.

$\tau$ .- Esfuerzo cortante.

V.- Máxima fuerza cortante.

Q.- Primer momento de inercia de la sección por encima del eje neutro.

t.- Espesor de material a lo largo del eje neutro.

El espárrago tiene una sección circular con un radio de 8 mm. Ahora, calculando los esfuerzos aplicando las ecs (4.13) y (4.14) tenemos.

$$A = \frac{\pi D^2}{8} = \frac{\pi (8 \times 10^{-3})^2}{8} = 2.51 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\bar{y} = \frac{4r}{3\pi} = \frac{4(4 \times 10^{-3})}{3\pi} = 0.00169 \text{ m}$$

$$Q = A\bar{y} = 4.24 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

$$I = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{\pi (4 \times 10^{-3})^4}{4} = 2.01 \times 10^{-10}$$

$$t = D = 8 \times 10^{-3}$$

$$\sigma = \frac{(18)(4 \times 10^{-3})}{2.01 \times 10^{-10}} = 358.2 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{(400)(4.24 \times 10^{-8})}{(2.01 \times 10^{-10})(8 \times 10^{-3})} = 10.55 \text{ MPa}$$

Lo que sigue en este momento es seleccionar un material adecuado que soporte el esfuerzo calculado. Para la selección del material, se utiliza un factor de seguridad de 2. Consultando la tabla 4.3, vemos que podemos utilizar el acero C1045 TA538 °C. Con lo que se tiene un esfuerzo admisible.

$$S_{adm} = \frac{773.4}{2} = 386.7 \text{ MPa}$$

Lo cual es suficiente dado el máximo esfuerzo calculado.

#### 4.8.2 Vástago de presión

La sig. fig. muestra la forma de trabajar del vástago de presión.

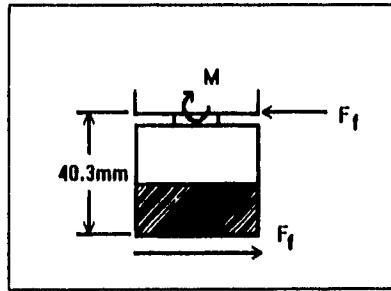


Fig. 4.7 Carga en el vástago

La fig. 4.7 muestra la piedra comprimiendo al máximo el resorte de presión, esto con el fin de analizar la situación donde se tiene la máxima fuerza de fricción entre la piedra y la pieza de trabajo. Bajo dicha posición, el valor del momento "M" es de:

$$M = (80)(40.3 \times 10^{-3}) = 3.22 \text{ Nm}$$

Considerando el valor del momento, efecto de la carga, se puede despreciar el cálculo de esfuerzos. La sig. página muestra el plano del vástago de presión.

#### 4.8.3 Tornillo de montaje

El tornillo de montaje trabaja básicamente a esfuerzo cortante simple como se muestra en la siguiente fig.

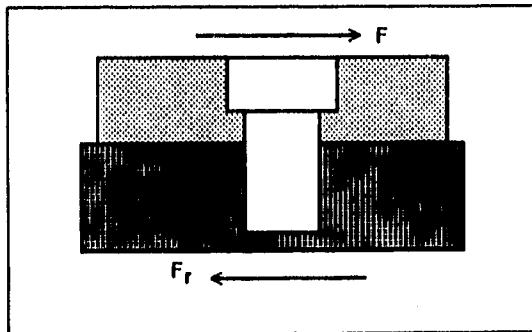
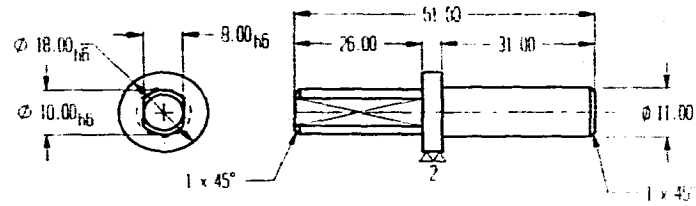


Fig. 4.8 Carga en el tornillo de montaje

La fuerza F y su correspondiente reacción son iguales a la fuerza en el vástago del cilindro neumático. El tornillo tiene un diámetro en su núcleo de 9.73 mm. Entonces, tenemos un esfuerzo cortante.



|   |        |                               |             |  |
|---|--------|-------------------------------|-------------|--|
| DISEÑO:<br>HESP.  | FECHA. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA      |             | TESIS HOSR   |
| REVISO.   | FECHA. | NOMBRE DE LA PIEZA<br>VASTAGO |             | LSI ... 1.1  |
| APROBO.   | FECHA. | No. DE REFERENCIA.<br>SI-1.2  |             |  |
| TOL. NO ESPECIFICADA:<br>SEGUN DIN 7168<br>ACABADO: ▽ 3 |        | MATERIAL.<br>ALUMINIO 2014-T6 | ACOT.<br>no | Vol = 5.86 cm <sup>3</sup><br>Dens. 2800 kg/cm <sup>3</sup><br>Masa 0.016 kg |



$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{386}{\frac{\pi(9.73 \times 10^{-3})^2}{4}} = 5.2 \text{ MPa}$$

Comparando dicho esfuerzo con los valores presentados en la tabla 4.3, se puede ver que es un esfuerzo muy pequeño y que el tornillo resistirá sin problema.

En la siguientes páginas se muestran los planos del tornillo de montaje (junto con otros elementos de sujeción utilizados) y los planos de fabricación de aquellos elementos no críticos, es decir, la base del aditamento, el cilindro que contiene al conjunto vástago - resorte y las mordazas (garras) porta piedras (refiérase al ensamble). De esta forma, se completa el conjunto de planos de fabricación de todos los elementos del aditamento.

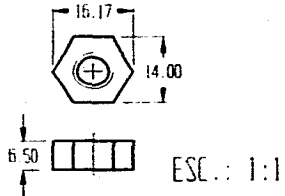
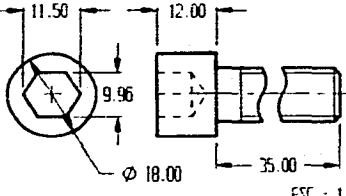
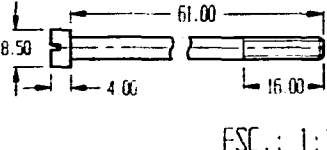
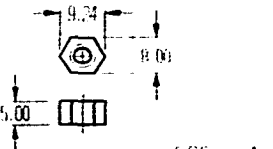
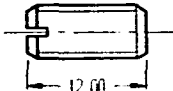


#### **4.9 Frecuencia natural de oscilación**

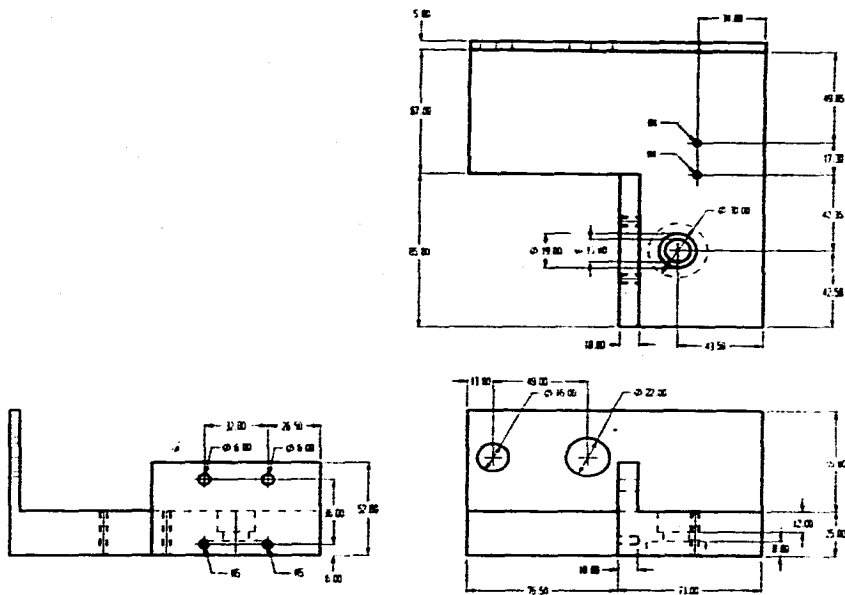
Considerando que el aditamento tiene un movimiento oscilatorio, es necesario comparar la frecuencia natural de oscilación contra la frecuencia de vibración forzada. Lo anterior es revisar si la frecuencia a la que oscile el aditamento no es la misma que la frecuencia natural, ya que de lo contrario puede presentarse el fenómeno de resonancia, el cual destruiría el aditamento por una deformación excesiva.

De acuerdo a las ecuaciones (4.11), la frecuencia natural de vibración está dada por:

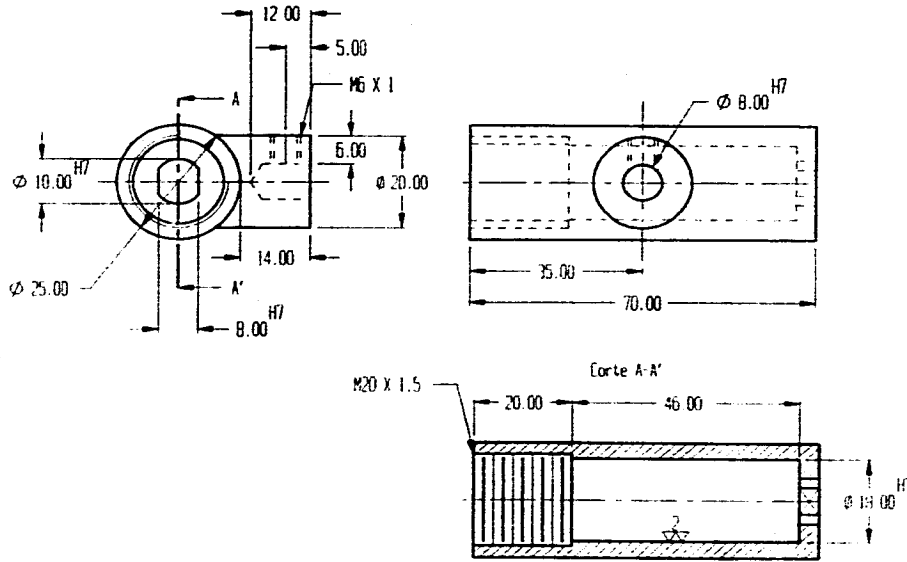
$$f = \frac{b}{m} = \frac{950}{0.26} = 3653.84 \text{ Hz}$$

Y se ha calculado, de acuerdo a las mismas ecuaciones, una frecuencia forzada de 31.25Hz, lo cual está muy lejos del valor de la frecuencia natural, por lo tanto, no se presenta resonancia en el aditamento.

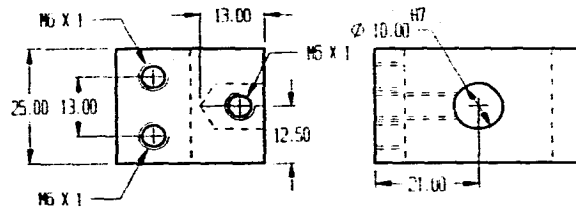
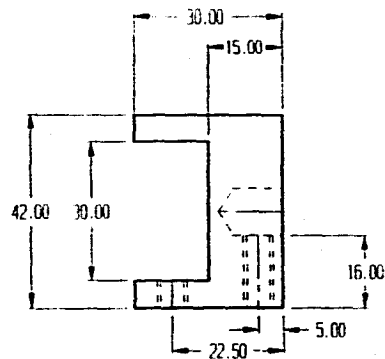
|  |   |  |  |        |                   |                 |        |                           |              |         |        |  |  |        |        |  |  |   |  |      |    |
|---|---|---|--|--------|-------------------|-----------------|--------|---------------------------|--------------|---------|--------|--|--|--------|--------|--|--|---|--|------|----|
| SF3   | TUERCA ISO M6   | SF6   | TORNILLO ISO M12   | SF4    | TORNILLO ISO M5   |                 |        |                           |              |         |        |  |  |        |        |  |  |   |  |      |    |
|  |    |  |  |        |                   |                 |        |                           |              |         |        |  |  |        |        |  |  |   |  |      |    |
| SF5   | TUERCA ISO M5   | SF1.9   | PRISIONERO ISO M6  | SF1.11 | PRISIONERO ISO M6 |                 |        |                           |              |         |        |  |  |        |        |  |  |   |  |      |    |
|  | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="718 809 864 855">DIBUJO<br/>HOSP.</th> <th data-bbox="864 809 964 855">FECHA.</th> <th data-bbox="964 809 1288 855">UNIVERSIDAD PANAMERICANA.</th> <th data-bbox="1288 809 1457 855">TESTES HOSP.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="718 855 864 901">REVISO.</td> <td data-bbox="864 855 964 901">FECHA.</td> <td data-bbox="964 855 1288 924" rowspan="2">DIMENSIONES PARA ELEMENTOS<br/>DE FIJACION ESTANDAR</td> <td data-bbox="1288 855 1457 924" rowspan="2"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="718 901 864 947">APROB.</td> <td data-bbox="864 901 964 947">FECHA.</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="718 947 964 1038"></td> <td data-bbox="964 924 1288 970">LA REFERENCIA SE DA JUNTO<br/>CON EL TITULO DEL DIBUJO</td> <td data-bbox="1288 924 1457 1038" rowspan="2"> <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1192 970 1288 1004">ACBI</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1192 1004 1288 1038">FM</td> </tr> </table> </td> </tr> </tbody> </table> |   |  |        |                   | DIBUJO<br>HOSP. | FECHA. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA. | TESTES HOSP. | REVISO. | FECHA. | DIMENSIONES PARA ELEMENTOS<br>DE FIJACION ESTANDAR |  | APROB. | FECHA. |  |  | LA REFERENCIA SE DA JUNTO<br>CON EL TITULO DEL DIBUJO | <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1192 970 1288 1004">ACBI</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1192 1004 1288 1038">FM</td> </tr> </table> | ACBI | FM |
| DIBUJO<br>HOSP.   | FECHA.  | UNIVERSIDAD PANAMERICANA.   | TESTES HOSP.   |        |                   |                 |        |                           |              |         |        |  |  |        |        |  |  |   |  |      |    |
| REVISO.   | FECHA.  | DIMENSIONES PARA ELEMENTOS<br>DE FIJACION ESTANDAR                                  |  |        |                   |                 |        |                           |              |         |        |  |  |        |        |  |  |   |  |      |    |
| APROB.  | FECHA.  |   |  |        |                   |                 |        |                           |              |         |        |  |  |        |        |  |  |   |  |      |    |
|   |   | LA REFERENCIA SE DA JUNTO<br>CON EL TITULO DEL DIBUJO                               | <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1192 970 1288 1004">ACBI</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1192 1004 1288 1038">FM</td> </tr> </table> | ACBI   | FM                |                 |        |                           |              |         |        |  |  |        |        |  |  |   |  |      |    |
| ACBI  |   |   |  |        |                   |                 |        |                           |              |         |        |  |  |        |        |  |  |   |  |      |    |
| FM  |   |   |  |        |                   |                 |        |                           |              |         |        |  |  |        |        |  |  |   |  |      |    |
| SF1.10  | PRISIONERO ISO M6   |   |  |        |                   |                 |        |                           |              |         |        |  |  |        |        |  |  |   |  |      |    |



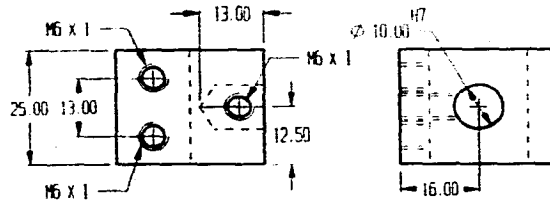
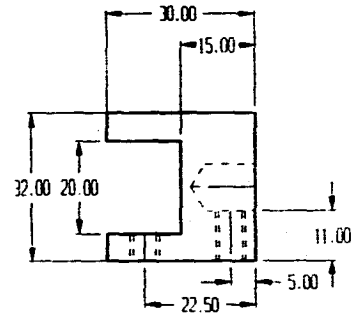
|   |        |                               |             |
|---|--------|-------------------------------|-------------|
| DETALLADO<br>HORAS                                      | FECHA. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA      | TESIS HORAS |
| REVISO  | FECHA. | NOMBRE DE LA PIEZA.           | ESC 1:2.5   |
| APROBADO  | FECHA. | BASE                          |             |
| TOL. NO ESPECIFICADA:<br>SEGUN DIN 7169<br>ACABADO. ▽ 3 |        | No. DE REFERENCIA.<br>SF7     |             |
|   |        | MATERIAL.<br>ALUMINIO 2014-T6 | ACOT.<br>mm |



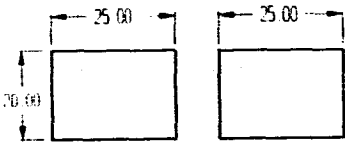
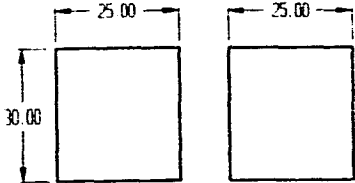
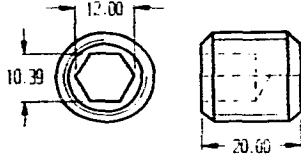
|                                       |        |                               |              |  |
|---------------------------------------|--------|-------------------------------|--------------|--|
| DISEÑO:<br>FOSR                       | FECHA: | UNIVERSIDAD PANAMERICANA.     |              | TESIS HOJR.  |
| REVISO:                               | FECHA: | NOMBRE DE LA PIEZA            |              | ESC. 1:1   |
| APROBADO:                             | FECHA: | CILINDRO                      |              |  |
| TOL. NO ESTIPULADA:<br>SEGUN DIN 7168 |        | No. DE REFERENCIA. SFI.1      |              | Vol. 2.21e-5 m <sup>3</sup><br>Dens. 2800 kg/m <sup>3</sup><br>Masa. 0.06 kg |
| ACABADO: $\nabla 4$                   |        | MATERIAL:<br>ALUMINIO 2014 T6 | ACERTE:<br>m |  |



|  |        |                               |             |   |
|--|--------|-------------------------------|-------------|---|
| DIBUJ.<br>HOSR   | FECHA. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA.     |             | TESIS HOSR.   |
| REVISO.  | FECHA  | NOMBRE DE LA PIEZA            |             | ESCALA 1:1  |
| APROB.   | FECHA. | CARRA 30mm                    |             |   |
| TOL. NO ESPECIFICADA:<br>SEGUN DIN 7168<br>ALABADO. $\nabla$ 3 |        | No. DE REFERENCIA. SF-1.6     |             | Vol : 1.9e-5 m <sup>3</sup><br>Dens: 2800 Kg/m <sup>3</sup><br>Masa: 0.053 kg |
|  |        | MATERIAL.<br>ALUMINIO 2014-T6 | ACOT.<br>nn |   |



|   |        |                              |            |   |
|---|--------|------------------------------|------------|---|
| DISEÑO.<br>HDSR                         | FECHA. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA.    |            | TÍTULO HDSR.  |
| REVISO.                                 | FECHA. | NOMBRE DE LA PIEZA.          |            | ESCALA 1/1  |
| APROBADO.                               | FECHA. | GARRA 20mm                   |            |   |
| TOL. NO ESPECIFICADA:<br>SEGUN DIN 7168 |        | No. DE REFERENCIA. SF1.3     |            | Vol.: 1.5e-5 m <sup>3</sup><br>Dens.: 2700 kg/m <sup>3</sup><br>Masa: 0.0412 kg |
| ACABADO: ▽ 3                            |        | MATERIAL<br>ALUMINIO 2014 T6 | ACDI<br>rn |   |

|    |   |    |                         |       |                        |                |        |                           |            |         |        |   |  |         |        |   |  |  |  |  |            |
|---|---|---|-------------------------|-------|------------------------|----------------|--------|---------------------------|------------|---------|--------|---|--|---------|--------|---|--|--|--|--|------------|
| <p>Vol.: <math>1.25e-5 \text{ m}^3</math><br/>           Dens.: <math>2750 \text{ kg/m}^3</math><br/>           Masa: <math>0.034 \text{ kg}</math></p>   | <p>Vol.: <math>1.89e-5 \text{ m}^3</math><br/>           Dens.: <math>2750 \text{ kg/m}^3</math><br/>           Masa: <math>0.052 \text{ kg}</math></p> | <p>Vol.: <math>6.28e-6 \text{ m}^3</math><br/>           Dens.: <math>7860 \text{ kg/m}^3</math><br/>           Masa: <math>0.05</math></p> |                         |       |                        |                |        |                           |            |         |        |   |  |         |        |   |  |  |  |  |            |
| SF1.7   | DIMENSIONES PIEDRA 20mm   | SF1.8   | DIMENSIONES PIEDRA 30mm | SF1.4 | PRISIONERO ISO M20x1.5 |                |        |                           |            |         |        |   |  |         |        |   |  |  |  |  |            |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="828 826 973 872">DIBUJ.<br/>HDSR</th> <th data-bbox="973 826 1073 872">FECHA.</th> <th data-bbox="1073 826 1397 872">UNIVERSIDAD PANAMERICANA.</th> <th data-bbox="1397 826 1563 872">TESTE HDSR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="828 872 973 918">REVISO.</td> <td data-bbox="973 872 1073 918">FECHA.</td> <td data-bbox="1073 872 1397 941">DIMENSIONES DE LAS PIEDRAS<br/>Y DE PRISIONERO M20</td> <td data-bbox="1397 872 1563 941"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="828 918 973 964">APROBO.</td> <td data-bbox="973 918 1073 964">FECHA.</td> <td data-bbox="1073 941 1397 987">LA REFERENCIA SE DA JUNTO CON<br/>EL TITULO DEL DIBUJO</td> <td data-bbox="1397 941 1563 987"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="828 964 1073 1061"></td> <td data-bbox="1073 987 1301 1061"></td> <td data-bbox="1301 987 1397 1061">ACET.<br/>G</td> </tr> </tbody> </table> |   |   |                         |       |                        | DIBUJ.<br>HDSR | FECHA. | UNIVERSIDAD PANAMERICANA. | TESTE HDSR | REVISO. | FECHA. | DIMENSIONES DE LAS PIEDRAS<br>Y DE PRISIONERO M20 |  | APROBO. | FECHA. | LA REFERENCIA SE DA JUNTO CON<br>EL TITULO DEL DIBUJO |  |  |  |  | ACET.<br>G |
| DIBUJ.<br>HDSR  | FECHA.  | UNIVERSIDAD PANAMERICANA.   | TESTE HDSR              |       |                        |                |        |                           |            |         |        |   |  |         |        |   |  |  |  |  |            |
| REVISO.   | FECHA.  | DIMENSIONES DE LAS PIEDRAS<br>Y DE PRISIONERO M20   |                         |       |                        |                |        |                           |            |         |        |   |  |         |        |   |  |  |  |  |            |
| APROBO.   | FECHA.  | LA REFERENCIA SE DA JUNTO CON<br>EL TITULO DEL DIBUJO   |                         |       |                        |                |        |                           |            |         |        |   |  |         |        |   |  |  |  |  |            |
|   |   |   | ACET.<br>G              |       |                        |                |        |                           |            |         |        |   |  |         |        |   |  |  |  |  |            |

## **CONCLUSIONES**

- *De acuerdo con los objetivos planteados en la introducción del presente estudio, el diseño presenta las características de poseer un tamaño compacto, de utilizar la mayor parte de elementos estándar, sencillez, confiabilidad, facilidad de fabricación y montaje, así como cumplir con la funcionalidad para la cual fue concebido.*
- *El compendio de datos técnico - teóricos que se recopilan constituye un elemento de consulta excelente para aquellas personas que, sin necesidad de profundizar extensivamente en el tema, deseen información acerca del proceso de superacabado, de la relación de éste con otros procesos, de las características y principios generales de las herramientas abrasivas y fluidos de corte, y de la aplicación de disciplinas como la neumática en el diseño de máquinas herramientas*
- *Sin ser un objetivo explícito en este trabajo, es necesario que todo diseño nuevo presente una ventaja de tipo económico. En este caso, debido a la sencillez del aditamento, a su bajo número de elementos, al uso de elementos estándar, al hecho de que todos los elementos pueden ser conseguidos dentro del país, así como al hecho de aprovechar las características de una máquina herramienta de propósito general. Se puede deducir que el costo de fabricación y operación resultará menor respecto a máquinas especializadas de superacabado.*
- *La mayor dificultad de diseño en este caso fue la reducción del espacio disponible en el tomo para el cual se hizo el diseño. Este problema se resolvió, en gran parte, por la facilidad que presenta la neumática como fuente de energía y como señal de control. Esto permitió disminuir el número de elementos y de disponer de actuadores de tamaño muy reducido pero con gran capacidad de trabajo. Este es el caso del cilindro neumático utilizado.*
- *Otra dificultad que se presentó fue en la manera de acoplar todos los elementos del aditamento para formar una unidad compacta, de tal manera que fuera fácilmente montable y desmontable en el tomo. Esto con el fin de que el tiempo de preparación de la máquina fuera el mínimo, y por lo tanto, reducir el costo de operación. Sin embargo, aunque este objetivo no se vislumbró al momento de comenzar el trabajo, también se cumplió satisfactoriamente.*
- *En el comienzo, el requisito de sencillez se planteó por el hecho de que fuera fácil dar mantenimiento al aditamento tanto preventivo como correctivo. Dicha característica se refiere al ensamble (disposición de los elementos). No obstante, no se cuestionó al principio la facilidad de operación como un requisito explícito. Sin embargo, una función lleva a la otra, lo cual también se puede comprobar en este diseño. La operación del aditamento resulta muy sencilla para los operadores (ver sec. 4.5)*



- *El alcance del estudio se limitó al diseño de especificación del aditamento, sin la elaboración de un prototipo, ya que, a pesar de que todos los elementos que lo constituyen pueden ser adquiridos en el país a un relativo bajo costo, la situación actual no permitió la disponibilidad de un presupuesto para la realización de éste. La obra presenta la información necesaria y suficiente para poder llevar a cabo la elaboración del prototipo.*

*El presente trabajo conforma un precedente para poder realizar el diseño de fabricación en serie del aditamento, esto es, con base en el diseño, seleccionar los métodos de fabricación más adecuados, evaluar costos de fabricación, diseño de productos parciales, y estudios de factibilidad. Todos esos aspectos constituyen otro estudio diferente al presente.*

- *Personalmente el trabajo me ha servido no sólo por el hecho de poder aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación profesional de manera sistemática y ordenada para la obtención de un producto concreto, sino también por que me he dado cuenta de que en la elaboración de un diseño, casi siempre se tiene que profundizar por cuenta propia en temas o disciplinas de poco conocimiento general o cuya bibliografía es escasa o inexistente.*
- *La enseñanza que se desprende de todo esto, se traduce en que es posible la obtención de nuevos diseños en máquinas herramientas para mejorar las condiciones de trabajo y utilización de los recursos existentes en la industria nacional, así como para su modernización*

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

## **BIBLIOGRAFÍA**

**BERR, F. P. Mecánica de materiales. Ed. MacGraw Hill. México 1988.**

**CARNICER, E. Aire comprimido. Neumática convencional. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 1980.**

**CHERNOV, N.N. Máquinas herramientas para metales. Ed. Mir. Moscú, 1974.**

**DEPPER, W. Aplicaciones de la neumática. Ed. Marcombo. Barcelona, 1986.**

**DOBROVOLSKI, V. Elementos de máquinas. Ed Mir. 3ª edición. Moscú, 1978.**

**DOYLE, L. E. Materiales y procesos de manufactura para ingenieros. Ed. Prentice Hall. 3ª edición. México, 1988**

**FAIRES, V. M. Diseño de elementos de máquinas. Ed Montaner y Simón. Barcelona, 1970.**

**JENSEN, C. H. Dibujo y diseño de ingeniería. Ed. MacGraw Hill. México, 1973.**

**KELLER, C. Dogladzanie oscylacyjne. Prace Intytutu Obróbki Skrawaniem. Seria Materiały Instrukcyjne. Polska, 1966.**

**MOBIL CO. Fluids for metal removal. E.E.U.U., 1989.**

**NORTON INC. Manual de productos y ruedas abrasivas. E.E.U.U., 1972.**

**SHARKUS, E. Prontuario de metales. Ed. Reverté. 4ª edición. México, 1992.**

**Telemecanique, G.S. Componentes de automatismos neumáticos. México, 1993.**

## **APÉNDICE**

**(Cortésia de Telemecanique - Groupe Schneider)**

## Cilindros compactos simple y doble efecto

Ø 12 - Ø 16 - Ø 20 - Ø 25 - Ø 32 mm  
con pistón magnético

Características  
pagina 1-52  
Dimensiones  
pagina 1-52



PAB-N110000



PAB-N120000

### Cilindros Ø 12 mm

#### Con vástago roscado M3

| Ø del pistón en mm | Ø del vástago en mm | Orificio de conexonado | Carrera en mm | Referencia simple efecto | Peso kg | Referencia doble efecto | Peso kg |
|--------------------|---------------------|------------------------|---------------|--------------------------|---------|-------------------------|---------|
| 12                 | 6                   | M5                     | 5             | PAB-N111205              | 0,040   | PAB-N121205             | 0,040   |
|                    |                     |                        | 10            | PAB-N111210              | 0,050   | PAB-N121210             | 0,050   |

### Cilindros Ø 16 mm

#### Con vástago roscado M4

| Ø del pistón en mm | Ø del vástago en mm | Orificio de conexonado | Carrera en mm | Referencia simple efecto | Peso kg | Referencia doble efecto | Peso kg |
|--------------------|---------------------|------------------------|---------------|--------------------------|---------|-------------------------|---------|
| 16                 | 8                   | M5                     | 5             | PAB-N111805              | 0,070   | PAB-N121805             | 0,070   |
|                    |                     |                        | 10            | PAB-N111810              | 0,080   | PAB-N121810             | 0,080   |

### Cilindros Ø 20 mm

#### Con vástago roscado M5

| Ø del pistón en mm | Ø del vástago en mm | Orificio de conexonado | Carrera en mm | Referencia simple efecto | Peso kg | Referencia doble efecto | Peso kg |
|--------------------|---------------------|------------------------|---------------|--------------------------|---------|-------------------------|---------|
| 20                 | 10                  | M5                     | 5             | PAB-N112005              | 0,100   | PAB-N122005             | 0,100   |
|                    |                     |                        | 10            | PAB-N112010              | 0,110   | PAB-N122010             | 0,110   |
|                    |                     |                        | 25            | PAB-N112025              | 0,150   | PAB-N122025             | 0,150   |

### Cilindros Ø 25 mm

#### Con vástago roscado M6

| Ø del pistón en mm | Ø del vástago en mm | Orificio de conexonado | Carrera en mm | Referencia simple efecto | Peso kg | Referencia doble efecto | Peso kg |
|--------------------|---------------------|------------------------|---------------|--------------------------|---------|-------------------------|---------|
| 25                 | 10                  | 1/8"                   | 5             | PAB-N112505              | 0,140   | PAB-N122505             | 0,140   |
|                    |                     |                        | 10            | PAB-N112510              | 0,160   | PAB-N122510             | 0,160   |
|                    |                     |                        | 25            | PAB-N112525              | 0,210   | PAB-N122525             | 0,210   |

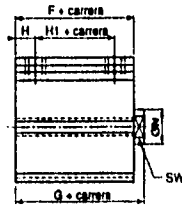
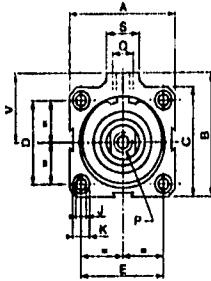
### Cilindros Ø 32 mm

#### Con vástago roscado M6

| Ø del pistón en mm | Ø del vástago en mm | Orificio de conexonado | Carrera en mm | Referencia simple efecto | Peso kg | Referencia doble efecto | Peso kg |
|--------------------|---------------------|------------------------|---------------|--------------------------|---------|-------------------------|---------|
| 32                 | 12                  | 1/8"                   | 5             | PAB-N113205              | 0,210   | PAB-N123205             | 0,210   |
|                    |                     |                        | 10            | PAB-N113210              | 0,230   | PAB-N123210             | 0,230   |

## Dimensiones

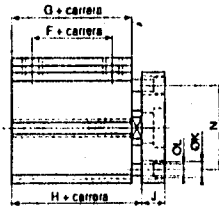
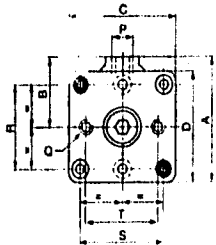
Cilindros compactos simple y doble efecto  
PAB-N1facee/N12eeee



| Ø   | A   | B     | C   | D    | E    | F        | G        | H    | Ht   | ØJ   | ØK   | ØN | P   | Q     | Ø  | V    | ØW | F (1)              | G (1) |
|-----|-----|-------|-----|------|------|----------|----------|------|------|------|------|----|-----|-------|----|------|----|--------------------|-------|
| 12  | 23  | 27    | 25  | 17,2 | 13   | 34       | 38,5     | 10   | 14   | 3,4  | 6    | 6  | M3  | M5    | 11 | 14,5 | 6  | Para carrera 25 mm |       |
| 18  | 28  | 30    | 28  | 20   | 20   | 34,5     | 40       | 10   | 14   | 3,4  | 6    | 6  | M4  | M5    | 11 | 18   | 8  | 44,8               | 50    |
| 20  | 32  | 34    | 32  | 22   | 22   | 36 (1)   | 42 (1)   | 11   | 14   | 4,5  | 7,5  | 10 | M5  | M6    | 11 | 18   | 8  | 48                 | 55    |
| 25  | 37  | 44    | 39  | 28   | 26   | 38,5 (1) | 45 (1)   | 11,8 | 18,8 | 4,8  | 6    | 12 | M6  | G1/8" | 19 | 24,6 | 10 | 49,8               | 55    |
| 30  | 45  | 52    | 48  | 36   | 32   | 39 (1)   | 49,5 (1) | 8    | 20,6 | 6,5  | 10   | 12 | M6  | G1/8" | 19 | 29   | 10 | 44                 | 50,5  |
| 40  | 55  | 59    | 55  | 41   | 41   | 42 (1)   | 49 (1)   | 8    | 24   | 6,7  | 11   | 16 | M8  | G1/8" | 19 | 31,5 | 13 | 47                 | 53    |
| 50  | 64  | 72    | 64  | 50   | 50   | 45       | 53       | 11   | 23   | 6,7  | 11   | 20 | M10 | G1/8" | 19 | 40   | 17 |                    |       |
| 63  | 80  | 88    | 80  | 62   | 62   | 52,5     | 60,5     | 12   | 28,5 | 8,5  | 13,5 | 20 | M10 | G1/8" | 23 | 48   | 17 |                    |       |
| 80  | 94  | 104   | 94  | 73   | 73   | 57       | 66       | 13   | 31   | 8,5  | 13,5 | 25 | M16 | G1/4" | 23 | 57   | 22 |                    |       |
| 100 | 117 | 125,5 | 117 | 90,5 | 90,5 | 58,5     | 68,5     | 14   | 31   | 10,5 | 16   | 32 | M20 | G1/4" | 23 | 67   | 22 |                    |       |

(1) Sólo para los de simple efecto.

Cilindros compactos antirrotación doble efecto  
PAB-N12eeeeG



| Ø  | A  | B    | C  | D  | F    | G    | H    | J  | ØK  | ØL  | P     | Q  | R  | S  | T  | Z    |
|----|----|------|----|----|------|------|------|----|-----|-----|-------|----|----|----|----|------|
| 20 | 34 | 18   | 32 | 32 | 14   | 36   | 42   | 8  | 7,5 | 4,5 | M5    | M4 | 22 | 22 | 22 | 22   |
| 25 | 44 | 24,5 | 37 | 39 | 15,3 | 38,5 | 45   | 8  | 7,5 | 4,5 | G1/8" | M4 | 28 | 28 | 28 | 29,2 |
| 30 | 52 | 28   | 45 | 32 | 20,5 | 39   | 45   | 10 | 10  | 6,7 | G1/8" | M5 | 36 | 32 | 36 | 32   |
| 40 | 59 | 31,5 | 55 | 35 | 21   | 41,7 | 48,2 | 10 | 10  | 6,7 | G1/8" | M5 | 41 | 41 | 40 | 40   |
| 50 | 72 | 40   | 64 | 64 | 23   | 45   | 53   | 12 | 11  | 8,5 | G1/8" | M6 | 50 | 50 | 50 | 50   |
| 63 | 88 | 48   | 80 | 80 | 26,4 | 52,6 | 60,6 | 12 | 15  | 9   | G1/8" | M6 | 62 | 62 | 62 | 62   |

Conexiones:  
página 2-34  
Modularidad de pilotaje:  
página 2-35  
Características:  
páginas 2-36 y 2-37  
Dimensiones:  
páginas 2-38 a 2-40

version apilable (1)  
de pilotaje neumático o eléctrico (2)



PVL-B122606



PVL-C122619



PVL-C121406

Talla 1/8"

Para montaje con minielectroválvulas 1 W / 1,2 VA o conector neumático

| Símbolo gráfico | Función                         | Conexionado  | Referencia                                | Peso kg                 |
|-----------------|---------------------------------|--|---|-------------------------|
|                 | Biestable presión / presión     | Por bloque de desconexión instantáneo Ø 6 mm<br>Roscado 1/8" | PVL-B122603<br>PVL-B122604<br>PVL-B122619 | 0,120<br>0,090<br>0,090 |
|                 | Monoestable retorno por resorte | Por bloque de desconexión instantáneo Ø 6 mm<br>Roscado 1/8" | PVL-B121803<br>PVL-B121804<br>PVL-B121819 | 0,130<br>0,100<br>0,100 |
|                 | Monoestable retorno diferencial | Por bloque de desconexión instantáneo Ø 6 mm<br>Roscado 1/8" | PVL-B122603<br>PVL-B122604<br>PVL-B122619 | 0,130<br>0,100<br>0,100 |

Talla 1/4"

Para montaje con minielectroválvulas 1 W / 1,2 VA o conector neumático

| Símbolo gráfico | Función                         | Conexionado  | Referencia   | Peso kg                          |
|-----------------|---------------------------------|--|--|----------------------------------|
|                 | Biestable presión / presión     | Por bloque de desconexión instantáneo Ø 8 mm<br>Roscado 1/4"<br>Roscado 3/8" | PVL-C122603<br>PVL-C122604<br>PVL-C122619<br>PVL-C122613 | 0,285<br>0,185<br>0,185<br>0,185 |
|                 | Monoestable retorno por resorte | Por bloque de desconexión instantáneo Ø 8 mm<br>Roscado 1/4"<br>Roscado 3/8" | PVL-C121803<br>PVL-C121804<br>PVL-C121819                | 0,300<br>0,200<br>0,200          |
|                 | Monoestable retorno diferencial | Por bloque de desconexión instantáneo Ø 8 mm<br>Roscado 1/4"<br>Roscado 3/8" | PVL-C122603<br>PVL-C122604<br>PVL-C122619<br>PVL-C122613 | 0,300<br>0,200<br>0,200<br>0,200 |

Talla 1/4"

Para montaje con electroválvula 6 W / 6 VA o conector neumático

| Símbolo gráfico | Función                         | Conexionado                        | Referencia                 | Peso kg        |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------|
|                 | Biestable presión / presión     | Instantáneo Ø 8 mm<br>Roscado 1/4" | PVL-C122406<br>PVL-C122419 | 0,190<br>0,190 |
|                 | Monoestable retorno por resorte | Instantáneo Ø 8 mm<br>Roscado 1/4" | PVL-C121406<br>PVL-C121419 | 0,205<br>0,205 |
|                 | Monoestable retorno diferencial | Instantáneo Ø 8 mm<br>Roscado 1/4" | PVL-C122406<br>PVL-C122419 | 0,205<br>0,205 |

(1) Cada distribuidor se suministra con dos barras que permiten la construcción de tirantes (montaje página 2-32).

(2) El mando de pilotaje de un mismo distribuidor puede ser:  
- neumático montando uno o dos conectores para pilotaje neumático con conexión instantánea Ø 4 mm;  
- eléctrico montando una o dos electroválvulas 1 W ó 5 W.  
La modularidad de este sistema de pilotaje se explica en la página 2-35 y los accesorios se presentan en la página 2-34.

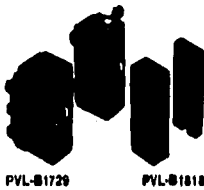
# Distribuidores 5/2 sin zócalo, tallas 1/8" y 1/4"

extremidades de alimentación

Dimensiones  
página 2-40

## Extremidades de alimentación

Para montaje de los distribuidores 5/2 aptables tallas 1/8" y 1/4"

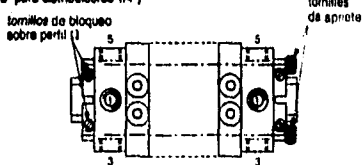


| Tipo de montaje               | Designación                                  | Para distribuidores de talle | Talla de los comunes | Referencia | Peso kg |
|-------------------------------|--|------------------------------|----------------------|------------|---------|
| Para montaje sobre perfil (1) | Juego de extremidades de simple alimentación | 1/8"                         | 1/4"                 | PVL-B1719  | 0,175   |
|                               |  | 1/4"                         | 3/8"                 | PVL-C1713  | 0,195   |
|                               | de doble alimentación                        | 1/8"                         | 1/4"                 | PVL-B1729  | 0,245   |
|                               |  | 1/4"                         | 3/8"                 | PVL-C1723  | 0,265   |
| Para montaje "bloque"         | de simple alimentación                       | 1/8"                         | 1/8"                 | PVL-B1818  | 0,200   |
|                               |  | 1/4"                         | 1/4"                 | PVL-C1819  | 0,225   |
|                               | de doble alimentación                        | 1/8"                         | 1/8"                 | PVL-B1828  | 0,260   |
|                               |  | 1/4"                         | 1/4"                 | PVL-C1828  | 0,280   |

## Montaje

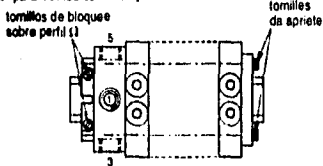
### Montaje sobre perfil (1)

Con alimentación doble (orificios roscados 1/4" para distribuidores 1/8" y 3/8" para distribuidores 1/4")



Este montaje permite alimentar un máximo de dieciséis distribuidores asociados. La alimentación de presión (1) y los orificios de escape (3 y 5) son dobles.

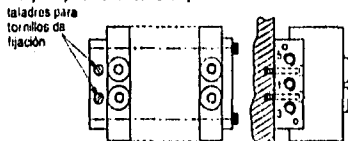
Con alimentación simple (orificios roscados 1/4" para distribuidores 1/8" y 3/8" para distribuidores 1/4").



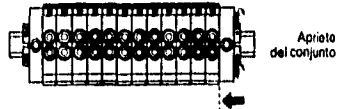
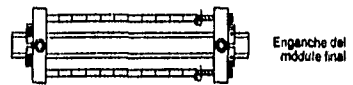
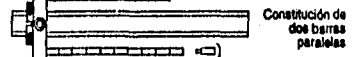
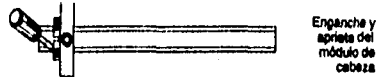
Este montaje está aconsejado para pequeñas asociaciones (máximo ocho distribuidores), permite reducir las dimensiones al utilizar un único módulo de alimentación.

### Montaje "bloque"

Con alimentación simple o doble (orificios roscados 1/8" para distribuidores 1/8" y 1/4" para distribuidores 1/4")



### Procedimiento de montaje de los distribuidores aptables colocados sobre perfil (1)



### Procedimiento de montaje de los distribuidores aptables colocados "en bloque"

El módulo de cabeza se fija directamente por dos tornillos, lo que constituye el punto fijo de la asociación. Las otras operaciones de montaje son idénticas a las especificadas para los distribuidores asociables sobre perfil (1).

## Elementos de pilotaje

para distribuidores 5/2 sin zócalo, tallas 1/8" y 1/4"  
de pilotaje neumático  
o de pilotaje eléctrico por minielectroválvulas 1 W / 1,2 VA

### Conectores de pilotaje neumático

| Montaje   | Tipo de conexionado | Referencia | Peso kg |
|---|---------------------|------------|---------|
| El montaje es idéntico a la electroválvula 1 W (ver más adelante) | Instantáneo Ø 4 mm  | PVA-P111   | 0,007   |
|   | Roscado M5          | PVA-P115   | 0,002   |



PVA-P111

### Minielectroválvulas 1 W / 1,2 VA

Con conector eléctrico enchufable 18 x 18 mm

| Tensión              | Consumo | A cablear (1)<br>Referencia (2) | Peso kg | Con cable<br>Referencia (2) | Peso kg                  |
|----------------------|---------|---------------------------------|---------|-----------------------------|--------------------------|
| 24 V ~               | 1 W     | PVA-H24e2B                      | 0,045   | PVA-H24e2Bc                 | Según longitud del cable |
| 48 V ~               | 1 W     | PVA-H24e2E                      | 0,045   | PVA-H24e2Ec                 |                          |
| 24 V - 50/60 Hz      | 1,2 VA  | PVA-H24e1B                      | 0,045   | PVA-H24e1Bc                 | Según longitud del cable |
| 48 V - 50/60 Hz      | 1,2 VA  | PVA-H24e1E                      | 0,045   | PVA-H24e1Ec                 |                          |
| 110/115 V - 50/60 Hz | 1,2 VA  | PVA-H24e1F                      | 0,045   | PVA-H24e1Fc                 | Según longitud del cable |
| 220/240 V - 50/60 Hz | 1,2 VA  | PVA-H24e1M                      | 0,045   | PVA-H24e1Mc                 |                          |



PVA-H24e

### Conectores de pilotaje intermedio

A colocar entre la minielectroválvula PVA-H24e y el distribuidor 5/2 sin zócalo PVL-8e o PVL-Ce colocado sobre perfil D

| Designación  | Tipo de conexionado | Referencia | Peso kg |
|--|---------------------|------------|---------|
| Para alimentación exterior de las minielectroválvulas 1 W / 1,2 VA | Instantáneo Ø 4 mm  | PVA-P161   | 0,040   |
| Para pilotaje neumático del distribuidor                           | Instantáneo Ø 4 mm  | PVA-P171   | 0,040   |



PVA-P171

(1) Conector con pransasstopa, a cablear con terminales para alomillar.

(2) Para obtener minielectroválvulas:

- con mando manual a impulsos: reemplazar el e por 0; ejemplo: PVA-H2402B
- con mando manual enganchable: reemplazar el e por 5; ejemplo: PVA-H2452B
- sin mando manual: reemplazar el e por 9; ejemplo: PVA-H2492B

Para obtener minielectroválvulas:

- con cable 2 m: reemplazar el e por 0; ejemplo: PVA-H2402B0
- con cable 5 m: reemplazar el e por 1; ejemplo: PVA-H2402B1
- con cable 10 m: reemplazar el e por 2; ejemplo: PVA-H2402B2

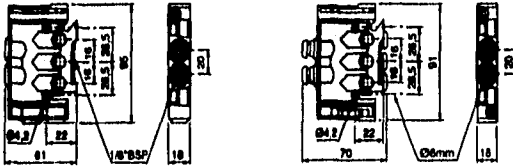


# Distribuidores 5/2 sin zócalo, Talla 1/8"

## Dimensiones

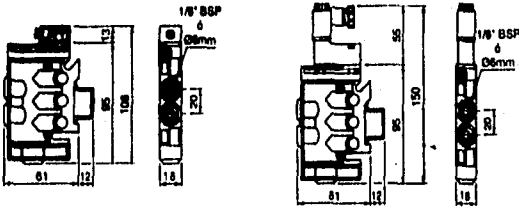
### Distribuidores 1/8" unitarios, sin accesorios de pilotaje

Monocables PVL-B1116ee, PVL-B1136ee y bistable PVL-B1126ee

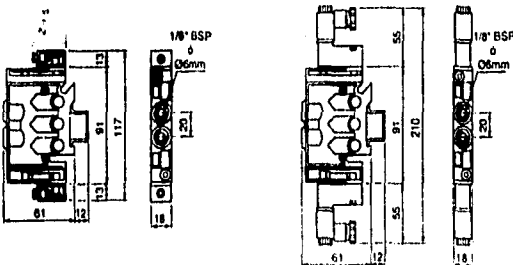


### Distribuidores 1/8" apilables, de pilotaje neumático o eléctrico

Monocables PVL-B1216ee, PVL-B1236ee



Bistable PVL-B1226ee



## Reguladores de velocidad "serie L" y "serie B"


para montar en línea o en cuadro ("serie L")

para montar sobre distribuidor o cilindro simple efecto ("serie B")

Características:  
página 3-20  
Dimensiones:  
página 3-23

### Reguladores de velocidad "serie L"


De conexión instantánea, regulación por rueda dentada, bloqueo por fuerza

| Símbolo gráfico   | Conexión por tubo | Referencia | Peso kg |
|---|-------------------|------------|---------|
|  | Ø 4 mm            | PWR-L1444  | 0,015   |
|   | Ø 6 mm            | PWR-L1446  | 0,040   |
|   | Ø 8 mm            | PWR-L1448  | 0,050   |
|   | Ø 10 mm           | PWR-L1488  | 0,130   |
|   | Ø 12 mm           | PWR-L1411  | 0,150   |

PWR-L1400

### Reguladores de velocidad "serie B"

De conexión instantánea, regulación por rueda dentada, bloqueo por fuerza

| Símbolo gráfico   | Roca para implantación | Conexión por tubo | Referencia | Peso kg |
|---|------------------------|-------------------|------------|---------|
|  | Ø 11 (1)               | Ø 4 mm            | PWR-B1145  | 0,015   |
|   |                        | Ø 6 mm            | PWR-B1148  | 0,060   |
|   | 1/8"                   | Ø 4 mm            | PWR-B1149  | 0,060   |
|   |                        | Ø 6 mm            | PWR-B1150  | 0,080   |
|   | 1/4"                   | Ø 6 mm            | PWR-B1159  | 0,080   |

PWR-B1100

(1) La regulación del caudal se efectúa con la ayuda de un destornillador; sin fuerza de bloqueo.

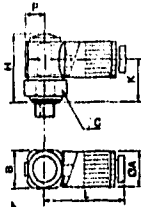
### Características del caudal

| Referencia | Número de vueltas | Caudal máximo de admisión a 6 bars (tomillo cerrado) |
|------------|-------------------|--|
| PWR-L1444  | 13                | 200 l/mn ANR   |
| PWR-L1446  | 12                | 400 l/mn ANR   |
| PWR-L1448  | 15                | 720 l/mn ANR   |
| PWR-L1488  | 18                | 1360 l/mn ANR  |
| PWR-L1411  | 20                | 1950 l/mn ANR  |
| PWR-B1145  | 12                | 50 l/mn ANR  |
| PWR-B1148  | 7                 | 350 l/mn ANR   |
| PWR-B1149  | 7                 | 620 l/mn ANR   |
| PWR-B1159  | 10                | 430 l/mn ANR   |
| PWR-B1189  | 10                | 510 l/mn ANR   |

dimensiones

Reguladores de velocidad "serie H"

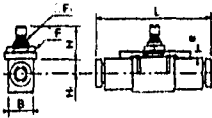
PWR-H1400



|           | C  | B  | K    | H    | L    | P    | OA   |
|-----------|----|----|------|------|------|------|------|
| PWR-H1440 | 19 | 21 | 20,7 | 35   | 47   | 12,7 | 22,5 |
| PWR-H1460 | 19 | 21 | 20,7 | 35   | 47   | 12,7 | 22,5 |
| PWR-H1480 | 19 | 21 | 20,7 | 35   | 47   | 12,7 | 22,5 |
| PWR-H1490 | 19 | 21 | 20,7 | 35   | 47,5 | 12,7 | 22,5 |
| PWR-H1483 | 27 | 28 | 25   | 42,5 | 60   | 15   | 29   |
| PWR-H1493 | 27 | 28 | 25   | 42,5 | 60   | 15   | 29   |

Reguladores de velocidad "serie L" y "serie B"

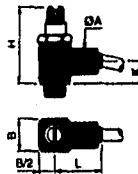
PWR-L1400



|           | B    | F  | F1 | H    | H1   | L    |
|-----------|------|----|----|------|------|------|
| PWR-L1444 | 12   | 14 | 6  | 20,5 | 21,5 | 39   |
| PWR-L1466 | 17   | 19 | 7  | 32,5 | 27,5 | 54   |
| PWR-L1488 | 18,5 | 24 | 11 | 34,5 | 28,5 | 60,5 |
| PWR-L1499 | 24   | 30 | 14 | 38,5 | 29,5 | 78   |
| PWR-L1411 | 28   | 32 | 14 | 42   | 32   | 86   |

\* Contra fuerza grafiada

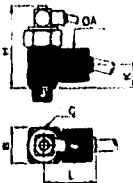
PWR-B1100



|           | OA | B  | H  | H1 | K  | L    |
|-----------|----|----|----|----|----|------|
| PWR-B1148 | 14 | 18 | 46 | 40 | 10 | 25   |
| PWR-B1190 | 16 | 21 | 49 | 42 | 11 | 28,5 |

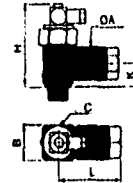
Válvulas de bloqueo

PWB-A1400



|           | OA | B  | C  | K    | H  | L  |
|-----------|----|----|----|------|----|----|
| PWB-A1460 | 22 | 21 | 24 | 19,5 | 59 | 39 |
| PWB-A1469 | 22 | 21 | 24 | 13,5 | 53 | 39 |
| PWB-A1499 |    |    |    |      |    |    |
| PWB-A1483 | 27 | 26 | 24 | 14   | 53 | 50 |
| PWB-A1493 |    |    |    |      |    |    |
| PWB-A1412 | 31 | 33 | 30 | 24   | 66 | 66 |

PWB-A1800



|           | OA | B  | C  | K    | H  | L    |
|-----------|----|----|----|------|----|------|
| PWB-A1860 | 22 | 21 | 24 | 19,5 | 59 | 43,8 |
| PWB-A1999 | 22 | 21 | 24 | 13,5 | 53 | 43,5 |
| PWB-A1833 | 27 | 26 | 24 | 14   | 53 | 55,5 |
| PWB-A1822 | 31 | 33 | 30 | 24   | 66 | 63   |

# Captadores de caída de presión

para instalar sobre cilindros

Características:  
página 4-26  
Dimensiones:  
página 4-27



PWS-P111 PWS-M1012 PWS-E101

## Captadores de caída de presión modulares "tri-tecnológicos"

Se utilizarán en asociación con los racores orientables de conexonado

| Función de detección           | Función de salida | Conexonado                                  | Características de salida                  | Referencia                       | Peso kg        |
|--------------------------------|-------------------|---|--|----------------------------------|----------------|
| Captadores de caída de presión | Neumático         | conexiones instantáneas Ø 4 mm              | Válvula EC caudal a 8 bar 90 l/min ANR     | PWS-P111                         | 0,085          |
|                                | Eléctrico         | 3 hilos de 0,5 mm <sup>2</sup> longitud 2 m | contacto "OF" 2,5 A / 250 V- 5 W / 48 V... | PWS-M1012                        | 0,080          |
|                                | Electrónico       | 3 hilos de 0,1 mm <sup>2</sup> longitud 2 m | tipo PNP 10 / 30 V ... (1) 75 mA           | * O * PWS-E101<br>* F * PWS-E111 | 0,070<br>0,070 |

## Racores orientables de conexonado

Con clip de enclavamiento de los módulos de detección

| Rosca de para orificio de cilindro | Roscado para conexonado | Apriete por                               | Referencia | Peso kg |
|------------------------------------|-------------------------|---|------------|---------|
| M5                                 | M5                      | llave plana de 8 mm                       | PWS-B100   | 0,035   |
| 1/8"                               | 1/8"                    | llave para tornillo cabeza Allen de 5 mm  | PWS-B100   | 0,040   |
| 1/4"                               | 1/4"                    | llave para tornillo cabeza Allen de 8 mm  | PWS-B100   | 0,045   |
| 3/8"                               | 3/8"                    | llave para tornillo cabeza Allen de 10 mm | PWS-B100   | 0,070   |
| 1/2"                               | 1/2"                    | llave para tornillo cabeza Allen de 12 mm | PWS-B100   | 0,105   |



PWS-B100

## Captadores monobloques de salida neumática

Con conexión instantáneas Ø 4 mm sobre orificios de presión y de salida

| Símbolo gráfico | Roscado para orificio de cilindro | Roscado para orificio de alimentación | Referencia | Peso kg |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------|---------|
|                 | M5                                | M5                                    | PWS-C1145  | 0,060   |
|                 | 1/8"                              | 1/8"                                  | PWS-C1146  | 0,110   |
|                 | 1/4"                              | 1/4"                                  | PWS-C1149  | 0,100   |
|                 | 3/8"                              | 3/8"                                  | PWS-C1143  | 0,165   |
|                 | 1/2"                              | 1/2"                                  | PWS-C1142  | 0,145   |

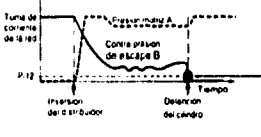


PWS-Cxxxx

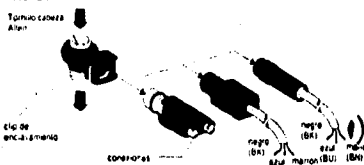
(1) Ondulación incluida

## Principio de detección y asociación de los captadores de caída de presión

Detección



Asociación





## Pulsadores Ø 22 mm con válvulas 3/2 de composición modular

Caudal 50 l/mn ANR  
de conexiones instantáneas Ø 4 mm

Características:  
p. 5-21  
Dimensiones:  
p. 5-22



PXB-B1011BA2



PXB-B1021BT4



PXB-B1121BD2

### Pulsadores de impulso

| Color | Tipo de conmutación (1) | Referencia   | Peso kg |
|-------|-------------------------|--------------|---------|
| Negro | EC                      | PXB-B1011BA2 | 0,090   |
|       | EC + CC                 | PXB-B1121BA2 | 0,125   |
| Verde | EC                      | PXB-B1011BA3 | 0,090   |
| Rojo  | EC                      | PXB-B1011BA4 | 0,090   |

### Pulsadores "de sêla"

Ø de la cabeza 40 mm

| Función y color  | Tipo de conmutación (1) | Referencia   | Peso kg |
|------------------|-------------------------|--------------|---------|
| De impulso Negro | EC                      | PXB-B1011BC2 | 0,105   |
| De enganche Rojo | EC                      | PXB-B1011BT4 | 0,135   |
|                  | CC                      | PXB-B1021BT4 | 0,135   |

### Pulsadores giratorios

| Función y color  | Tipo de conmutación (1) | Referencia   | Peso kg |
|--|-------------------------|--------------|---------|
| De 2 posiciones fijas por maneta Negro                     | EC                      | PXB-B1011BD2 | 0,135   |
|  | EC + EC                 | PXB-B1111BD2 | 0,135   |
|  | EC + CC                 | PXB-B1121BD2 | 0,135   |
| De 3 posiciones fijas por maneta Negro                     | EC + EC                 | PXB-B1111BD3 | 0,135   |
|  | EC + CC                 | PXB-B1121BD3 | 0,135   |
| De 3 posiciones de las cuales 2 con vuelta al centro Negro | EC + EC                 | PXB-B1111BJ5 | 0,140   |
|  | CC + CC                 | PXB-B1221BJ5 | 0,140   |

(1) EC: de establecimiento de circuito.

CC: de corte de circuito.

EC + EC: de dos establecimientos de circuito.

EC + CC: de un establecimiento de circuito y un corte de circuito.

CC + CC: de dos cortes de circuito.

## Auxiliares de conexionado

racores terminales con conexiones instantáneas  
con pulsadores de desconexión

### Racor recto macho

Venta por cantidad indivisible de 10

| Rosca            | Tubo<br>Ø en mm | Dimensiones en mm (1) |    |      |     | Referencia | Peso<br>kg |
|------------------|-----------------|-----------------------|----|------|-----|------------|------------|
|                  |                 | L                     | U  | A    | V   |            |            |
| M5<br>exterior   | 4               | 19                    | 9  | 8,5  | 2,5 | PZC-F145   | 0,009      |
|                  | 6               | 22                    | 11 | 12   | 2,5 | PZC-F146   | 0,011      |
| 1/8"<br>exterior | 4               | 19,5                  | 13 | 14   | 3   | PZC-F148   | 0,016      |
|                  | 6               | 19,5                  | 13 | 14   | 4   | PZC-F149   | 0,014      |
|                  | 8               | 22,8                  | 13 | 14   | 5   | PZC-F150   | 0,014      |
| 1/4"<br>exterior | 4               | 12                    | 17 | 18,5 | 3   | PZC-F149   | 0,021      |
|                  | 6               | 16,5                  | 17 | 18,5 | 4   | PZC-F150   | 0,027      |
|                  | 8               | 19,5                  | 17 | 18,5 | 5   | PZC-F151   | 0,035      |
|                  | 10              | 26,5                  | 17 | 18,5 | 7   | PZC-F152   | 0,059      |



PZC-F145C

| Rosca            | Tubo<br>Ø en mm | Dimensiones en mm (1) |    |    |    | Referencia | Peso<br>kg |
|------------------|-----------------|-----------------------|----|----|----|------------|------------|
|                  |                 | L                     | U  | A  | V  |            |            |
| 3/8"<br>exterior | 8               | 18                    | 19 | 21 | 6  | PZC-F103   | 0,038      |
|                  | 10              | 24,5                  | 19 | 21 | 8  | PZC-F104   | 0,039      |
|                  | 12              | 27                    | 19 | 21 | 9  | PZC-F113   | 0,036      |
|                  | 14              | 30                    | 21 | 23 | 9  | PZC-F123   | 0,056      |
| 1/2"<br>exterior | 10              | 20                    | 24 | 26 | 8  | PZC-F192   | 0,079      |
|                  | 12              | 24,5                  | 24 | 26 | 10 | PZC-F112   | 0,072      |
|                  | 14              | 28                    | 24 | 26 | 11 | PZC-F122   | 0,089      |



PZC-F103

### Racor recto hembra

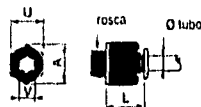
Venta por cantidad indivisible de 10

| Rosca            | Tubo<br>Ø en mm | Dimensiones en mm (1) |    |    | Referencia | Peso<br>kg |
|------------------|-----------------|-----------------------|----|----|------------|------------|
|                  |                 | L                     | U  | A  |            |            |
| 1/8"<br>interior | 4               | 26                    | 14 | 15 | PZC-F104   | 0,021      |
|                  | 6               | 28                    | 14 | 15 | PZC-F105   | 0,023      |
| 1/4"<br>interior | 6               | 32                    | 17 | 18 | PZC-F196   | 0,035      |
|                  | 8               | 32,5                  | 17 | 18 | PZC-F196   | 0,039      |



PZC-F105

(1) Referencia de dimensiones:  
Racor recto



**racores terminales de conexiones industriales  
tapones, reducciones y ampliaciones de roscas**

**Racor orientable**

Venta por cantidad indivisible de 10

| Rosca | Tubo<br>O en mm | Dimensiones en mm (1) |    |      |      |    |    | Referencia | Peso<br>kg |
|-------|-----------------|-----------------------|----|------|------|----|----|------------|------------|
|       |                 | H                     | K  | L    | A    | B  | U  |            |            |
| M5    | 4               | 15,5                  | 6  | 18   | 10   | 10 | 6  | PZC-F245   | 0,018      |
| 1/8"  | 4               | 22,5                  | 9  | 22   | 11   | 18 | 14 | PZC-F248   | 0,020      |
|       | 6               | 22,5                  | 9  | 23,5 | 14   | 18 | 14 | PZC-F249   | 0,020      |
|       | 8               | 22,5                  | 9  | 24   | 16   | 18 | 14 | PZC-F250   | 0,025      |
| 1/4"  | 6               | 22                    | 9  | 25   | 14   | 20 | 17 | PZC-F251   | 0,030      |
|       | 9               | 22                    | 9  | 31,5 | 14   | 20 | 17 | PZC-F252   | 0,030      |
|       | 10              | 24                    | 12 | 39   | 20   | 25 | 22 | PZC-F253   | 0,060      |
| 3/8"  | 8               | 24                    | 9  | 27   | 15   | 25 | 22 | PZC-F254   | 0,060      |
|       | 10              | 24                    | 12 | 30   | 20   | 25 | 22 | PZC-F255   | 0,060      |
|       | 12              | 24                    | 14 | 43,5 | 23,5 | 25 | 22 | PZC-F212   | 0,070      |



**Tapones roscados**

Venta por cantidad indivisible de 10

| Rosca    | Referencia | Peso<br>kg |
|----------|------------|------------|
| M5       | PZC-F806   | 0,005      |
| 1/8" BSP | PZC-F808   | 9,010      |
| 1/4" BSP | PZC-F809   | 0,015      |
| 3/8" BSP | PZC-F803   | 0,020      |
| 1/2" BSP | PZC-F802   | 0,025      |



**Reducciones y ampliaciones de roscas macho-hembra**

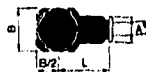
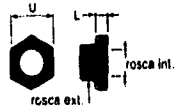
Venta por cantidad indivisible de 10

|            | Rosca exterior | Rosca interior | Dimensiones en mm (1) |    | Referencia | Peso<br>kg |
|------------|----------------|----------------|-----------------------|----|------------|------------|
|            |                |                | L                     | U  |            |            |
| Reducción  | 1/8"           | M8             | 5                     | 14 | PZC-F804   | 0,008      |
|            | 1/4"           | 1/8"           | 6                     | 17 | PZC-F805   | 0,010      |
|            | 3/8"           | 1/8"           | 5                     | 19 | PZC-F807   | 0,020      |
|            |                | 1/4"           | 6                     | 19 | PZC-F808   | 0,015      |
|            |                | 1/4"           | 7                     | 19 | PZC-F809   | 0,040      |
|            |                | 3/8"           | 6                     | 24 | PZC-F823   | 0,025      |
| Ampliación | 3/4"           | 1/2"           | 9                     | 32 | PZC-F813   | 0,080      |
|            | 1/8"           | 1/4"           | 16                    | 17 | PZC-F800   | 0,020      |
|            | 1/4"           | 3/8"           | 19,5                  | 22 | PZC-F803   | 0,020      |
|            | 3/8"           | 1/2"           | 20,5                  | 27 | PZC-F822   | 0,065      |



(1) Referencia de las dimensiones:  
Racor

Reducción y ampliación





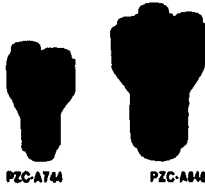
# Auxiliares de conexionado

racores en línea con conexiones instantáneas

## Y e Y doble de derivación

Venta por cantidad indivisible de 10

| Designación | Orificios de conexionado<br>Nb | Ø del tubo en mm | Dimensiones en mm (1) |    |   |    | Referencia | Peso<br>kg |
|-------------|--------------------------------|------------------|-----------------------|----|---|----|------------|------------|
|             |                                |                  | L                     | N  | A | Q  |            |            |
| Y           | 3                              | 4                | 33                    | 22 | - | 11 | PZC-A744   | 0,012      |
|             | 3                              | 6                | 40,5                  | 28 | - | 14 | PZC-A766   | 0,019      |
|             | 3                              | 8                | 44,5                  | 32 | - | 16 | PZC-A788   | 0,023      |
| Y doble     | 4                              | 4                | 35,5                  | 22 | - | 11 | PZC-A846   | 0,027      |
|             | 1                              | 6                |                       |    |   |    |            |            |



PZC-A744

PZC-A846

## Te y Multite de derivación o de alimentación

Venta por cantidad indivisible de 10

| Designación | Orificios de conexionado<br>Nb | Ø del tubo en mm | Dimensiones en mm (1) |    |    |          | Referencia | Peso<br>kg |
|-------------|--------------------------------|------------------|-----------------------|----|----|----------|------------|------------|
|             |                                |                  | L                     | N  | A  | Q        |            |            |
| Te          | 3                              | 4                | 16                    | 22 | 11 | -        | PZC-A344   | 0,010      |
|             | 3                              | 6                | 19                    | 26 | 13 | -        | PZC-A366   | 0,014      |
|             | 3                              | 8                | 21                    | 29 | 15 | -        | PZC-A388   | 0,017      |
|             | 3                              | 10               | 27                    | 38 | 20 | -        | PZC-A410   | 0,022      |
|             | 3                              | 12               | 29                    | 42 | 22 | -        | PZC-A432   | 0,029      |
|             | 3                              | 14               | 32                    | 45 | 24 | -        | PZC-A454   | 0,037      |
| Multite     | 2                              | 6                |                       |    |    |          |            |            |
|             | 3                              | 4                | 34                    | 25 | 13 | 11       | PZC-A846   | 0,023      |
|             | 2                              | 6                |                       |    |    |          |            |            |
|             | 3                              | 4                | 38                    | 29 | 15 | 14       | PZC-A848   | 0,031      |
|             | 2                              | 6                |                       |    |    |          |            |            |
| 3           | 8                              | 38               | 29                    | 15 | 14 | PZC-A868 | 0,033      |            |



PZC-A868

## Codo - Unión recta

Venta por cantidad indivisible de 10

| Designación | Orificios de conexionado<br>Nb | Ø del tubo en mm | Dimensiones en mm (1) |      | Referencia | Peso<br>kg |
|-------------|--------------------------------|------------------|-----------------------|------|------------|------------|
|             |                                |                  | L                     | A    |            |            |
| Codo        | 2                              | 4                | 23,5                  | 11   | PZC-A244   | 0,008      |
|             | 2                              | 6                | 27,5                  | 13,5 | PZC-A266   | 0,011      |
|             | 2                              | 8                | 30                    | 16   | PZC-A288   | 0,030      |
|             | 2                              | 10               | 36                    | 21   | PZC-A310   | 0,035      |
|             | 2                              | 12               | 42                    | 23,8 | PZC-A332   | 0,045      |
|             | 2                              | 14               | 46                    | 25   | PZC-A354   | 0,010      |
| Unión       | 2                              | 4                | 36                    | 11   | PZC-A144   | 0,005      |
|             | 2                              | 6                | 41                    | 13   | PZC-A166   | 0,010      |
|             | 2                              | 8                | 45                    | 16   | PZC-A188   | 0,015      |
|             | 2                              | 10               | 47                    | 21   | PZC-A198   | 0,030      |
|             | 2                              | 12               | 48                    | 23,5 | PZC-A111   | 0,035      |
|             | 2                              | 14               | 53                    | 25,5 | PZC-A122   | 0,045      |

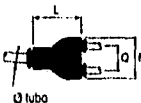


PZC-A266

PZC-A166

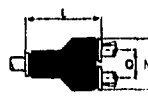
(1) Referencia de dimensiones:

Y de derivación

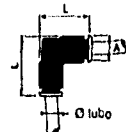


Ø tubo

Y doble



Codo



Unión



Te de derivación



Multite



pasamuros enganchables  
 racores roscados enganchables

Uniones rectas pasamuros enganchables

Venta por cantidad indivisible de 10

| Utilización                    | Tubo<br>Ø en mm | Ø de<br>taladro | Dimensiones en mm (1) |               | Referencia | Peso<br>kg |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------|------------|------------|
|                                |                 |                 | L                     | L1 A N (2)    |            |            |
| Para tubo<br>plástico/plástico | 4               | 15,87           | 27,5                  | 6,5 21 22,5   | PZC-A944   | 0,007      |
|                                | 6               | 19,05           | 31,5                  | 6,5 23,5 25,5 | PZC-A999   | 0,011      |
|                                | 8               | 22,22           | 32,5                  | 7,5 26 27,5   | PZC-A999   | 0,015      |
|                                | 10              | 26,67           | 41,5                  | 7,5 34 35,5   | PZC-A999   | 0,031      |
|                                | 12              | 31,75           | 43,5                  | 7,5 36,5 38   | PZC-A911   | 0,038      |



PZC-A999

Racores roscados enganchables

Venta por cantidad indivisible de 10

| Utilización | Terminal<br>Ø en mm | Dimensiones en mm (1) |      | Referencia | Peso<br>kg |
|-------------|---------------------|-----------------------|------|------------|------------|
|             |                     | F                     | H    |            |            |
| M6          | 4                   | 8                     | 26   | PZC-G145   | 0,006      |
| 1/8"        | 4                   | 14                    | 30,5 | PZC-G199   | 0,011      |
|             | 6                   | 14                    | 32,5 | PZC-G199   | 0,011      |
|             | 8                   | 14                    | 33,5 | PZC-G199   | 0,012      |
| 1/4"        | 6                   | 19                    | 31   | PZC-G199   | 0,022      |
|             | 8                   | 19                    | 36   | PZC-G199   | 0,022      |
|             | 10                  | 19                    | 41   | PZC-G199   | 0,025      |

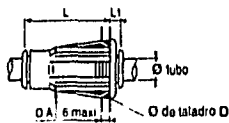


PZC-G199

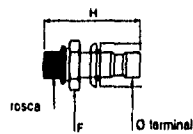
| Utilización | Terminal<br>Ø en mm | Dimensiones en mm (1) |      | Referencia | Peso<br>kg |
|-------------|---------------------|-----------------------|------|------------|------------|
|             |                     | F                     | H    |            |            |
| 3/8"        | 6                   | 22                    | 37,5 | PZC-G199   | 0,027      |
|             | 10                  | 22                    | 42,5 | PZC-G199   | 0,027      |
|             | 12                  | 22                    | 43,5 | PZC-G119   | 0,029      |
| 1/2"        | 10                  | 27                    | 46   | PZC-G199   | 0,047      |
|             | 12                  | 27                    | 47   | PZC-G119   | 0,049      |
|             | 14                  | 27                    | 49   | PZC-G199   | 0,049      |

(1) Referencia de las dimensiones:

Unión recta pasamuros  
plástico/plástico



Racor roscado enganchable



(2) N: entrejeo mínimo entre 2 uniones