



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE TALANQUERA NEUMÁTICA PARA CONTROL DE TRÁFICO  
PESADO, EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE**

**Héctor Estuardo Foronda Pineda**

Asesorado por el Ing. Armando Yaeggy Bracamonte

Guatemala, mayo de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE TALANQUERA NEUMÁTICA PARA CONTROL DE TRÁFICO PESADO, EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**HECTOR ESTUARDO FORONDA PINEDA**

ASESORADO POR EL ING. ARMANDO YAEGGY BRACAMONTE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MAYO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

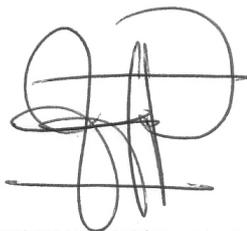
DECANO:	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR:	Inga. Guisela Gaitán Garavito
EXAMINADOR:	Ing. José Arturo Estrada Martínez
EXAMINADOR:	Ing. Francisco Gómez Rivera
SECRETARIA:	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DE TALANQUERA NEUMÁTICA PARA CONTROL DE TRÁFICO PESADO, EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 22 de noviembre de 2004.



---

**Héctor Estuardo Foronda Pineda**

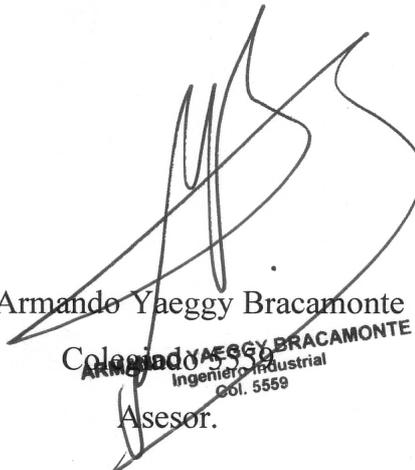
Guatemala 2 de febrero del 2008.

En calidad de Asesor del estudiante Héctor Estuardo Foronda Pineda, en su trabajo de graduación titulado “DISEÑO DE TALANQUERA NEUMÁTICA PARA CONTROL DE TRÁFICO PESADO EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE”, manifiesto estar de acuerdo con los cambios que se efectuaron durante el proceso de revisión en la Escuela de Mecánica Industrial.

Hago constar por esta vía aprobar dicho trabajo de graduación para que este sea presentado a revisión por el especialista de lingüística.

Atentamente.

Ing. Armando Yaeggy Bracamonte

  
ARMANDO YAEGGY BRACAMONTE

Ingeniero Industrial

Cel. 5559

Asesor.

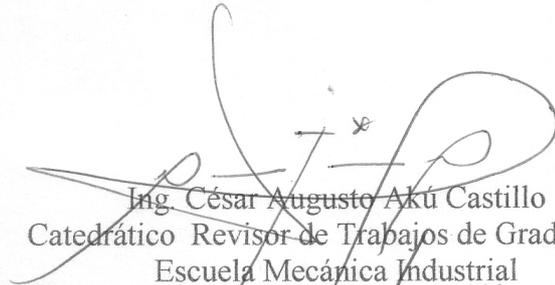
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE TALANQUERA NEUMÁTICA PARA CONTROL DE TRÁFICO PESADO EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Estuardo Foronda Pineda**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. César Augusto Akú Castillo  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela Mecánica Industrial  
**César Akú Castillo**  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO 4,073

Guatemala, enero de 2008

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE TALANQUERA NEUMÁTICA PARA CONTROL DE TRÁFICO PESADO, EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Estuardo Foronda Pineda**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

**Ing. José Francisco Gómez Rivera**  
**DIRECTOR**  
**Escuela Mecánica Industrial**



Guatemala, mayo de 2008.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE TALANQUERA NEUMÁTICA PARA CONTROL DE TRÁFICO PESADO, EN UNA EMPRESA DE TRANSPORTE**, presentado por el estudiante universitario, **Héctor Estuardo Foronda Pineda**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, mayo 2008

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por todas las bendiciones que he recibido, este momento es una más.

### **Mi madre**

Marta Magali de Foronda, por que su memoria y buenos ejemplos siempre los tendré presentes.

### **Mi padre**

Félix Foronda, por su invaluable y permanente apoyo a lo largo de mi vida.

### **Mis abuelitos**

Faustino y Clarita, que en paz descansen, elevo mis oraciones por ellos y envío un agradecimiento por todo lo que hicieron por mí.

### **Mis hermanos**

Lisandro y Clara Lidia, con cariño y afecto.

### **Mi esposa e hijos**

Geovanna, Napoleón, Daniel y Marcelo, por darle un nuevo significado a mi vida.

### **Mis suegros**

Su apoyo ha sido incondicional.

### **Toda mi familia**

Primos, tíos y cuñados, un agradecimiento especial a la tía Isabel.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>V</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XI</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XV</b>
<b>1 CONCEPTOS Y GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Neumática.....	1
1.1.1 El aire comprimido.....	1
1.1.2 Compresor .....	2
1.1.3 Depósito .....	4
1.1.4 Unidad de mantenimiento: filtro, manómetro, regulador y lubricador.....	5
1.1.5 Cilindros.....	5
1.1.6 Válvulas.....	9
1.2 Equilibrio.....	10
1.2.1 Condiciones de equilibrio de un cuerpo rígido.....	10
1.2.2 Equilibrio estático.....	11
1.2.3 Equilibrio cinético.....	11
1.2.4 Equilibrio dinámico.....	11
<b>2 SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>13</b>
2.1 Operación actual.....	13
2.1.1 Mecanismo para control de tráfico.....	13
2.1.2 Condiciones de riesgo .....	13
2.1.3 Deficiencias en operación.....	13
2.2 Descripción y beneficios del mecanismo a diseñar .....	14
<b>3 SITUACIÓN PROPUESTA.....</b>	<b>15</b>
3.1 Diseño mecánico de la pluma y contrapeso.....	15
3.1.1 Selección de materiales .....	15

3.1.2	Diseño de la pluma.....	18
3.1.3	Diseño del contrapeso .....	30
3.1.4	Análisis de equilibrio de la estructura .....	34
3.1.5	Resistencia teórica de la estructura .....	35
3.2	Diseño de red neumática .....	37
3.2.1	Cálculo del cilindro principal.....	37
3.2.2	Selección del tipo de red .....	41
3.2.3	Dimensionado de la tubería.....	41
3.2.4	Material de la tubería.....	47
3.2.5	Diagrama del circuito neumático .....	47
3.3	Proceso de producción .....	49
3.3.1	Definición del producto.....	49
3.3.2	Listado de materiales, herramientas y equipo .....	49
3.3.3	Diagrama explosivo del mecanismo.....	50
3.3.4	Proceso de fabricación .....	51
3.3.5	Control de calidad .....	56
<b>4</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>59</b>
4.1	Montaje .....	59
4.1.1	Elementos de unión.....	60
4.1.2	Cimentación .....	61
4.1.3	Base.....	61
4.1.4	Anclaje .....	62
4.1.5	Cronograma.....	63
4.2	Mantenimiento .....	64
4.2.1	Mantenimiento a la red neumática .....	64
4.2.2	Mantenimiento a la estructura de la talanquera .....	68
4.3	Seguridad Industrial .....	71
4.3.1	Objetivos de la señalización de seguridad.....	71
4.3.2	Señalización .....	71
4.3.3	Condiciones seguras de operación .....	74
4.4	Evaluación de costos .....	74
4.4.1	Economía de los equipos neumáticos.....	74
4.4.2	Determinación de costos .....	75
4.4.3	Estimación de la vida útil de la estructura.....	79
<b>5</b>	<b>MEJORA CONTINUA .....</b>	<b>81</b>

5.1	Oportunidades de mejora en la operación de la talanquera .....	81
5.2	Control.....	81
5.2.1	Puntos de control.....	81
5.2.2	Formatos de control.....	82
5.2.3	Base de datos para registro de información.....	83
5.2.4	Procedimientos de análisis .....	84
5.2.5	Reportes.....	84
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>85</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>89</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Compresor alternativo .....	3
2.	Compresor rotatorio .....	3
3.	Cilindros neumáticos.....	6
4.	Simbología de cilindros de simple efecto .....	7
5.	Simbología de cilindros de doble efecto .....	9
6.	Tipo de estructuras geoméricamente indeformables.....	18
7.	Estructura de la pluma.....	19
8.	Elementos de la estructura de la pluma.....	20
9.	Variables dimensionales de la estructura .....	21
10.	Diagrama de cuerpo libre .....	25
11.	Localización del pivote .....	26
12.	Giro de la talanquera .....	28
13.	Dimensiones de la estructura de la pluma.....	29
14.	Diagrama fuerzas verticales .....	31
15.	Secciones de contrapeso y pluma.....	32
16.	Isométrico de la talanquera .....	33
17.	Centroide de la sección de la talanquera .....	33
18.	Equilibrio de la talanquera a cualquier ángulo.....	35
19.	Diagrama de cuerpo libre para un nodo .....	36
20.	Carrera del cilindro .....	38
21.	Determinación geométrica de la carrera del cilindro .....	39
22.	Diagrama para cálculo de tubería.....	46
23.	Circuito neumático .....	48
24.	Diagrama explosivo de la talanquera .....	50
25.	Diagrama de operaciones .....	52
26.	Ilustración de elementos de soporte .....	59

27.	Opciones de cojinetes.....	60
28.	Dimensiones del cojinete .....	61
29.	Especificaciones del tornillo de anclaje. ....	62
30.	Señal “Prohibido el paso a los peatones” .....	72
31.	Señal “Protección obligatoria de la cabeza. ....	72
32.	Señal “Riesgo de cargas suspendidas” .....	73
33.	Formato de inspecciones. ....	82
34.	Base de datos para registro de información. ....	83

## TABLAS

I.	Pesos unitarios de hierro corrugado.....	23
II.	Simulación del peso de la estructura .....	24
III.	Pérdidas por fricción en accesorios neumáticos.....	43
IV.	Tiempos estándar por operación .....	53
V.	Balance de línea.....	55
VI.	Tolerancias y especificaciones .....	56
VII.	Cronograma para montaje .....	63
VIII.	Actividades de mantenimiento en red neumática.....	66
IX.	Frecuencia en actividades de mantenimiento a red neumática.....	67
X.	Costos de materiales.....	75
XI.	Costo de instalación .....	77
XII.	Tipo de datos por campo y tabla.....	83

## LISTA DE SÍMBOLOS

- L** Representa la longitud total de la estructura.
- m** Representa la longitud de cada montante.
- d** Representa la longitud de cada diagonal (en estructura).
- $\Sigma F_x$  Sumatoria de fuerzas en el eje X.
- $\Sigma F_y$  Sumatoria de fuerzas en el eje Y.
- $\Sigma F_z$  Sumatoria de fuerzas en el eje Z.
- $\Sigma M_x$  Sumatoria de momentos alrededor de eje X.
- $\Sigma M_y$  Sumatoria de momentos alrededor de eje Y.
- $\Sigma M_z$  Sumatoria de momentos alrededor de eje Z.
- W<sub>cp</sub>** Peso del contrapeso.
- W<sub>p</sub>** Peso de la pluma.
- b** Número de barras del sistema.
- v** Número de articulaciones del sistema.
- C** La carrera en m.
- D** El diámetro del cilindro en m.
- d** El diámetro del vástago en m (en cálculo del cilindro neumático).
- n** El número de ciclos de trabajo por segundo.
- R<sub>c</sub>** La relación de compresión.



## GLOSARIO

<b>Aire comprimido</b>	Aire a presión superior a una atmósfera. Puede emplearse para empujar un pistón, como en una perforadora neumática; hacerse pasar por una pequeña turbina de aire para mover un eje, como en los instrumentos odontológicos o expandirse a través de una tobera para producir un chorro de alta velocidad, como en una pistola para pintar. El aire comprimido suministra fuerza a las herramientas llamadas neumáticas, como perforadoras, martillos, remachadoras o taladros de roca.
<b>Balance de línea</b>	Diagrama a través del cual se busca balancear un proceso, de manera que todas sus actividades tengan aproximadamente la misma capacidad.
<b>Carrera de un cilindro</b>	Diferencia longitudinal entre la posición máxima y mínima del pistón de un cilindro.
<b>Centro de masas</b>	Es el punto donde puede considerarse que está concentrada toda la masa de un cuerpo para estudiar determinados aspectos de su movimiento.
<b>Centroide</b>	Punto geométrico que representa el centro de un sistema.
<b>Cinemática</b>	Parte de la física que estudia el movimiento prescindiendo de las fuerzas que lo producen.
<b>Contrapeso</b>	Peso que se pone a la parte contraria de otro para que queden en equilibrio.

<b>Émbolo</b>	Pieza que se mueve alternativamente en el interior de un cuerpo de bomba o del cilindro de una máquina para enrarecer o comprimir un fluido o recibir de él movimiento.
<b>Equilibrio dinámico</b>	Movimiento de un sistema sin ninguna fuerza resultante actuando sobre el mismo.
<b>Pivote</b>	Punto de apoyo con carácter fijo, respecto al cual un sistema puede girar u oscilar.
<b>Pluma</b>	También denominada viga. Elemento constructivo diseñado para el soporte de cargas, las cuales transmite hacia el o los elementos de sustentación.
<b>Red neumática</b>	Configuración de dispositivos destinados para el manejo de aire comprimido.
<b>Talanquera</b>	Elemento mecánico diseñado para restringir o permitir el acceso a determinado lugar. Pueden ser accionadas por varias vías: manualmente, eléctricamente, neumáticamente, etc.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación será de mucha utilidad al estudiante universitario o profesional que esté interesado en aplicaciones prácticas sobre temas de mecánica analítica, cinemática, neumática, resistencia de materiales y mantenimiento.

Inicia con la base teórica utilizada en el análisis y desarrollo del mecanismo propuesto.

Se describe el mecanismo de control de tráfico que será reemplazado con la nueva propuesta, se enfatizan los riesgos a los que está expuesto el operador en las condiciones de operación actuales.

Cómo solución se diseña el brazo y contrapeso de la talanquera, seleccionando materiales, definiendo la estructura y dimensiones mediante análisis de cinemática, estados de equilibrio y propiedades mecánicas de los materiales y estructura. A continuación se define la red neumática, se establece todo el proceso de fabricación para la talanquera; materiales, herramientas, equipos, operaciones, personal necesario, capacidad de producción y tolerancias en la fabricación.

Se describe el procedimiento de montaje, se plantea un cronograma de actividades a considerar, se definen programas de mantenimiento preventivo para la parte mecánica y neumática. Se analiza el ambiente de trabajo, se definen procedimientos de operación segura, se analizan los costos de fabricación, montaje y operación para determinar la vida útil del mecanismo.

Para finalizar, se definen procedimientos para aplicar una mejora continua al mecanismo diseñado. Se parte con la identificación de las oportunidades de mejora en la operación de la talanquera, se establecen los puntos y mecanismos de control, así como las bases de datos y reportes que se deberán considerar para el registro y análisis de la información. Al final, se establece un manual de operación para el mecanismo.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Elevar el nivel de seguridad sobre el control de tráfico pesado, mediante el diseño y montaje de una talanquera neumática de estructura sólida y accionada por aire comprimido.

### **Específicos**

1. Servir de referencia a diseños de mecanismos neumáticos, aplicaciones prácticas de mecánica analítica, diseños fabriles, consideraciones en programas de mantenimiento y evaluaciones de costos.
2. Demostrar la gran diferencia entre equilibrio estático y equilibrio dinámico.
3. Mostrar distintos tipos de resistencia de una estructura según su forma.
4. Mostrar los beneficios del aire comprimido en el accionamiento de mecanismos.
5. Aplicar conceptos de ingeniería mecánica industrial, en el diseño y producción de un mecanismo real.



## INTRODUCCIÓN

La talanquera es un mecanismo popular en muchos lugares para permitir entradas y salidas a vehículos, sin embargo, el control de ingreso y egreso de tráfico pesado dentro de una empresa importante de transporte, por seguridad debe ir más allá de una sencilla talanquera accionada manualmente por algún agente de seguridad.

Se efectuará el diseño de una talanquera accionada por aire comprimido, de alto desempeño, una estructura geoméricamente indeformable y con un alto grado de resistencia, este mecanismo se implementará en una de más de 10 plantas permanentes de operación de una empresa nacional de transporte. Se detallará todo el proceso fabril para que sirva de referencia en una futura implementación en el resto de plantas y de una posible producción en línea.

El área de trabajo es un espacio de riesgo, donde circulan vehículos pesados y se mantiene en operación una talanquera de peso considerable, por tal razón se establecerá un sistema de señalización y alerta auditiva para minimizar los riesgos de algún accidente.

Este diseño será de mucha utilidad al estudiante universitario o profesional que esté interesado en aplicaciones prácticas sobre temas de mecánica analítica, cinemática, neumática, resistencia de materiales y mantenimiento.



# 1 CONCEPTOS Y GENERALIDADES

## 1.1 Neumática

### 1.1.1 El aire comprimido

Se trata de aire a presión superior a una atmósfera.

El aire comprimido posee una gran energía potencial, ya que si eliminamos la presión exterior, se expandiría rápidamente. El control de esta fuerza expansiva proporciona la fuerza motriz de muchas máquinas y herramientas, como martillos neumáticos, taladradoras, limpiadoras de chorro de arena, pistolas de pintura, etc.

La utilización del aire comprimido ha tenido una rápida expansión, por el amplio número de ventajas que posee el aire, entre las que se pueden citar:

- Disponible (de manera abundante).
- Transportable (fácilmente transportable, además los conductos de retorno son innecesarios).
- Almacenable (permite el almacenamiento en depósitos).
- Resistente a las variaciones de temperatura.
- Antideflagrante (no existe peligro de explosión ni incendio).
- Limpio (lo que es importante para industrias como las químicas, alimentarias, textiles, etc.).
- Los elementos que constituyen un sistema neumático son simples y de fácil comprensión.
- La velocidad de trabajo es alta.

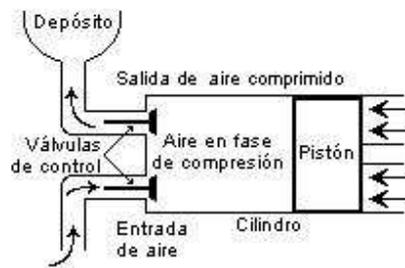
- Tanto la velocidad como las fuerzas son regulables de una manera continua.
- Aguanta bien las sobrecargas (no existen riesgos de sobrecarga, ya que cuando ésta existe, el elemento de trabajo simplemente para sin daño alguno).
- Las mayores desventajas que posee frente a otros tipos de fuente de energía, son:
- Necesita de preparación antes de su utilización (eliminación de impurezas y humedad).
- Debido a la compresibilidad del aire, no permite velocidades de los elementos de trabajo regulares y constantes.
- Esfuerzos de trabajo limitados (de 20 a 30000 N).
- Ruidos, debido a los escapes de aire después de su utilización.

### 1.1.2 Compresor

También llamado bomba de aire, es una máquina que disminuye el volumen de una determinada cantidad de aire y aumenta su presión por procedimientos mecánicos.

En general, hay dos tipos de compresores: alternativos y rotatorios. Los compresores alternativos o de desplazamiento, se utilizan para generar presiones altas mediante un cilindro y un pistón. En la figura 1, cuando el pistón se mueve hacia la derecha, el aire entra al cilindro por la válvula de admisión; cuando se mueve hacia la izquierda, el aire se comprime y pasa a un depósito por un conducto muy fino.

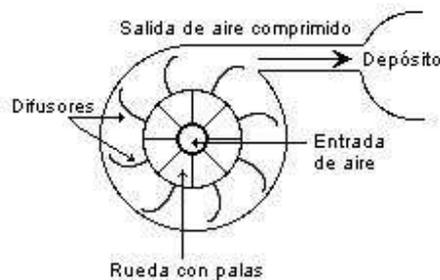
**Figura 1. Compresor alternativo**



Fuente: Iván Escalona. Producción del aire comprimido. ([www.monografias.com](http://www.monografias.com))

Los rotativos, producen presiones medias y bajas. Están compuestos por una rueda con palas que gira en el interior de un recinto circular cerrado. El aire se introduce por el centro de la rueda y es acelerado por la fuerza centrífuga que produce el giro de las palas. La energía del aire en movimiento se transforma en un aumento de presión en el difusor y el aire comprimido pasa al depósito por un conducto fino. Véase la figura 2.

**Figura 2. Compresor rotatorio**



Fuente: Fuente: Iván Escalona. Producción del aire comprimido. (www.monografias.com)

El aire, al comprimirlo, también se calienta. Las moléculas de aire chocan con más frecuencia unas con otras si están más apretadas, y la energía producida por estas colisiones se manifiesta en forma de calor. Para evitar este calentamiento hay que enfriar el aire con agua o aire frío antes de llevarlo al depósito. La producción de aire comprimido a alta presión sigue varias etapas de compresión; en cada cilindro se va comprimiendo más el aire y se enfría entre etapa y etapa.

### 1.1.3 Depósito

Toda instalación de aire comprimido, dispone de un depósito de aire a presión entre el compresor y la red de distribución.

La función de tales depósitos es:

- Amortiguar las pulsaciones del caudal de salida del aire descargado por los compresores alternativos.
- Actuar de distanciador de los periodos de regulación.
- Hacer frente a las demandas puntas de caudal sin que se provoquen caídas de presión.
- Adaptar el caudal de salida del compresor al consumo de aire en la red.

Llevar una serie de accesorios obligatorios:

- Válvula de seguridad, capaz de evacuar el 110 % del caudal del compresor.
- Manómetro.
- Purgas.

- Abertura para limpieza.
- Racor de toma del sistema de regulación del compresor.

La capacidad del depósito está determinada por el caudal del compresor y a la caída de presión máxima permisible, en la instalación particular, que determinará el número de minutos de funcionamiento por hora del compresor.

#### 1.1.4 Unidad de mantenimiento: filtro, manómetro, regulador y lubricador

En la línea de servicio de aire comprimido, quedan trazas de aceite, agua e impurezas, que conviene eliminar, mediante la colocación de filtros, en un lugar lo más contiguo al punto de consumo o utilización.

Por otro lado, los elementos neumáticos necesitan para trabajar a su máximo rendimiento, una presión de trabajo estable, sin fluctuaciones (generalmente 6 bar), esto se consigue colocando un regulador de presión, en un lugar lo más contiguo al punto de consumo o utilización.

Igualmente, estos elementos neumáticos deben lubricarse para que mantengan su duración, ya que son de hecho elementos mecánicos, que friccionan entre sí, esto se consigue colocando un lubricador, en un lugar lo más contiguo al punto de consumo o utilización.

Por lo general, se utilizan kits que combinan estos tres elementos: filtro, regulador de presión y lubricador y se les denomina “unidad de mantenimiento”.

#### 1.1.5 Cilindros

Los cilindros transforman la energía del aire comprimido en trabajo mecánico, mediante movimiento lineal.

Un cilindro es un tubo que está cerrado por los extremos, en cuyo interior se desliza un émbolo unido a un vástago que atraviesa uno de los fondos. Dispone de aperturas por donde entra y sale el aire comprimido.

**Figura 3. Cilindros neumáticos**



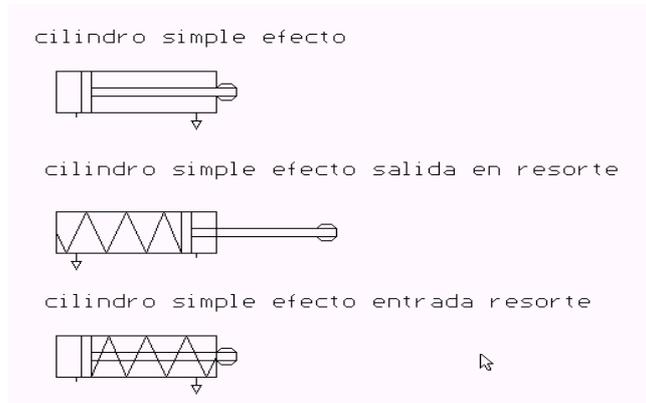
Fuente: Web de Festo: <http://www.festo.com/StartPage/Default.aspx>

Los cilindros neumáticos se pueden dividir en dos grandes grupos: de simple y de doble efecto. Los primeros realizan el esfuerzo activo en un solo sentido y el retorno depende de un muelle o membrana que devuelve el émbolo a su posición inicial. Los cilindros de doble efecto actúan de modo activo en los dos sentidos

### **Cilindros de simple efecto**

Los más comunes tienen un retorno por muelle. El aire comprimido alimenta la cámara posterior, lo que hace avanzar el pistón, venciendo la resistencia del muelle. El retroceso se verifica al evacuar el aire a presión de la parte posterior, lo que permite al muelle comprimido devolver libremente el vástago a su posición de partida.

**Figura 4. Simbología de cilindros de simple efecto**



Fuente: Iván Escalona. Producción del aire comprimido. (www.monografias.com)

#### Cilindro de émbolo.

La estanqueidad se logra con un material flexible (perbunano), que recubre el pistón metálico o de material plástico. Durante el movimiento del émbolo, los labios de junta se deslizan sobre la pared interna del cilindro.

En la segunda ejecución, el muelle realiza la carrera de trabajo; el aire comprimido hace retornar el vástago a su posición inicial .

Aplicación: frenos de camiones y trenes.

Ventaja: frenado instantáneo en cuanto falla la energía.

#### Cilindros de membrana.

Una membrana de goma, plástico o metal reemplaza aquí al émbolo. El vástago está fijado en el centro de la membrana. No hay piezas que se deslicen, se produce un rozamiento únicamente por la dilatación del material.

Aplicación: Se emplean en la construcción de dispositivos y herramientas, así como para estampar, remachar y fijar en prensas.

Cilindros de membrana arrollable.

La construcción de estos cilindros es similar a la de los anteriores. También se emplea una membrana que, cuando está sometida a la presión del aire, se desarrolla a lo largo de la pared interior del cilindro y hace salir el vástago. Las carreras son mucho más importantes que en los cilindros de membrana (aprox. 50-80 mm). El rozamiento es mucho menor.

### **Cilindros de doble efecto**

Tal y como se ha dicho, en estos cilindros desaparece el muelle o la membrana de retorno y ambas carreras (avance y retroceso) son activas.

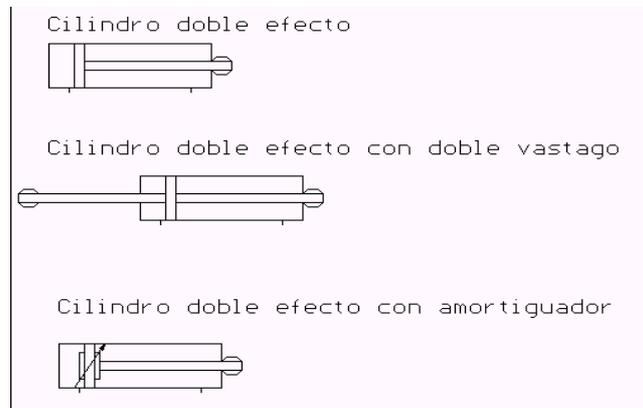
Al dar aire a la cámara posterior del cilindro y evacuar simultáneamente el aire de la cámara anterior, el vástago del cilindro avanza y, cuando se realiza la función inversa, el vástago retrocede.

Estos cilindros son los más utilizados, ya que el retorno no depende de un elemento mecánico sometido a desgaste y fatiga.

Los cilindros de doble efecto con doble vástago es una variante del cilindro de doble efecto. El émbolo, en este caso, tiene dos vástagos, uno a cada lado, de modo que, cuando uno avanza, el otro retrocede. Es ideal para montarlo en instalaciones donde, por razones de espacio, la detección del final de carrera deberá hacerse sobre el vástago auxiliar y no sobre el de trabajo.

Los cilindros de doble efecto con amortiguador son una variante del cilindro de doble efecto. Esta ejecución se utiliza para amortiguar masas con gran inercia, asegurando una disminución de la velocidad al final de su recorrido y evitando golpes bruscos que podrían afectar al cilindro y a los útiles que éste transporta.

**Figura 5. Simbología de cilindros de doble efecto**



Fuente: Iván Escalona. Producción del aire comprimido. (www.monografias.com)

#### 1.1.6 Válvulas

Para el control de los órganos de trabajo es preciso disponer de otros elementos que realicen funciones de mando de acuerdo con el trabajo que aquellos deban efectuar. Estos elementos de control son las válvulas.

Son ellas las que controlan los impulsos que hacen moverse a los cilindros. Con sus diferentes sistemas de mando, conducen el aire comprimido hasta los cilindros, actuadores de giro, bombas de vacío, para que estos efectúen, dentro del automatismo la función encomendada.

Las válvulas encargadas de distribuir adecuadamente el aire comprimido para que tenga lugar el avance y el retroceso de los cilindros son las válvulas distribuidoras.

Los distribuidores no se usan tan sólo para el control directo de los cilindros. De acuerdo con su uso, pueden dividirse entre los siguientes grupos principales:

a) **Distribuidores de potencia o principales:** su función es la de suministrar el aire directamente al cilindro y permitir igualmente el escape. Pueden ser accionadas manual, neumática, mecánica o eléctricamente.

b) **Distribuidores fin de carrera:** son accionadas manual, mecánica o eléctricamente. Estos distribuidores abren o cierran pasos de aire cuya función no será la de ir directamente al cilindro, sino que se usa solamente para el pilotaje o accionamiento de otros mecanismos de control, tales como distribuidores de potencia o principales.

c) **Distribuidores auxiliares:** son distribuidores utilizados en los circuitos y que en conjunción con válvulas fin de carrera y de potencia, se usan para dirigir convenientemente las señales de presión de aire.

A las válvulas se les asigna un código de dos cifras separadas por una línea oblicua. La primera indica el número de vías, es decir, el número de orificios exteriores por los cuales puede circular caudal. La segunda cifra indica el número de posiciones que pueden conseguirse con los mecanismos de accionamiento.

## 1.2 Equilibrio

### 1.2.1 Condiciones de equilibrio de un cuerpo rígido

Se define equilibrio como las condiciones que deben satisfacer los cuerpos y las fuerzas que actúan sobre ellos para que se mantengan en reposo o en movimiento rectilíneo y uniforme respecto a un sistema de referencia determinado.

Según la cinemática, un punto material estará en equilibrio cuando su velocidad respecto a un sistema de referencia dado es nula o se mantiene constante en módulo, dirección y sentido. De igual forma, un sistema de puntos materiales o un sólido rígido se encontrarán en una configuración de equilibrio sólo si lo están cada uno de sus puntos.

Hay seis condiciones algebraicas independientes de equilibrio:

$$\sum F_x = \sum F_y = \sum F_z = \sum M_x = \sum M_y = \sum M_z = 0$$

Es decir, la suma algebraica de las componentes de todas las fuerzas según tres líneas, y la de los momentos con respecto a tres ejes no coplanares es cero. Por lo general, es conveniente tomar las tres líneas y los ejes perpendiculares entre sí.

Se distinguen tres tipos de equilibrio:

### 1.2.2 Equilibrio estático

Si el objeto permanece en reposo (velocidad nula).

Dentro del equilibrio estático, y según como sea la respuesta del sistema ante una pequeña perturbación externa, distinguimos entre:

- Equilibrio estable. El sistema vuelve, por sí mismo, a la posición de equilibrio.
- Equilibrio inestable. El sistema pierde la condición de equilibrio.
- Equilibrio indiferente. El sistema alcanza una condición de equilibrio similar a la que tenía.

### 1.2.3 Equilibrio cinético

Si el objeto se mueve a velocidad constante.

### 1.2.4 Equilibrio dinámico

Si para que exista equilibrio se hace necesaria la presencia de fuerzas de inercia.



## **2 SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1 Operación actual**

Una talanquera operada manualmente para permitir entrada y salida de tráfico pesado.

#### **2.1.1 Mecanismo para control de tráfico**

Se trata de una estructura constituida por una pluma y un contrapeso pivoteada en un punto donde el contrapeso produce un momento resultante, de manera que para mantener la talanquera cerrada se utiliza una cadena en el extremo de la pluma y para abrir la talanquera, simplemente se libera esta cadena; esta operación es manualmente.

#### **2.1.2 Condiciones de riesgo**

Una talanquera tiene por objetivo resguardar propiedad privada, mediante el control de vehículos que entran y salen.

En el caso particular de una empresa de transporte, donde existe un flujo significativo de tráfico pesado resulta peligroso mantener una persona manipulando manualmente la talanquera, debido a su proximidad con el tráfico; en tal situación, el riesgo de un accidente es mayor que si la talanquera fuera operada a distancia.

#### **2.1.3 Deficiencias en operación**

La principal deficiencia de la operación es la falta de seguridad al exponer personas a un accidente.

La segunda deficiencia es la falta de garantía que ofrece el mecanismo actual, al ser de una estructura frágil pierde el concepto de su función.

## **2.2 Descripción y beneficios del mecanismo a diseñar**

Se efectuará el diseño de una talanquera que será accionada remotamente mediante un sistema neumático.

La talanquera tendrá una estructura sólida de alta resistencia, de manera que si es embestida, aún sufriendo daño no permitirá el ingreso de una unidad.

La estructura principal conformada por el contrapeso, pivote y pluma será un cuerpo rígido de peso considerable (mayor a una tonelada), pero, en total equilibrio cualquiera que sea la configuración geométrica. Un cilindro neumático será el encargado de abrir y cerrar la talanquera; el accionamiento neumático se hará remotamente desde garita. El cilindro estará sometido a un esfuerzo de trabajo mínimo dadas la condiciones de equilibrio.

Entre los beneficios del mecanismo, se pueden mencionar.

- Seguridad para el operador del mecanismo. La talanquera sería operada remotamente evitando la proximidad del operador con el tráfico.
- Resguardo de las instalaciones permitiendo control de ingreso y salida a unidades autorizadas.
- Bajos costos de operación.

## **3 SITUACIÓN PROPUESTA**

### **3.1 Diseño mecánico de la pluma y contrapeso**

#### **3.1.1 Selección de materiales**

Se trata de una talanquera para control de tráfico pesado, que deberá cubrir una luz superior a los 6 mts. y que además deberá contar con una resistencia apropiada a las condiciones.

Definitivamente el brazo de la talanquera tendrá que ser de metal, pues resulta ser el material más apropiado en función de resistencia, más adelante se tendrá que definir el diseño de maximice resistencia y minimice peso.

El contrapeso debe ser de un material denso. Por facilidad de obtención se utilizará concreto.

El concreto a utilizar es de una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> (3,000 psi).

#### **3.1.1.1 Propiedades físicas y mecánicas**

Resulta práctica la utilización del concreto como contrapeso, pues posee una alta densidad, aproximadamente de 2,300.00 kg/m<sup>3</sup>, sólo resta entonces encontrar o fabricar el molde adecuado para definirle forma y dimensiones.

Existen diversos tipos de concreto con diferentes resistencias a la compresión, flexión y abrasión; sin embargo para el caso del contrapeso, este no estará sometido a ninguna de estas situaciones y por tal motivo no es de interés la resistencia.

#### **3.1.1.2 Ventajas y desventajas**

##### **Ventajas del concreto.**

Se le puede dar, de una manera relativamente sencilla, cualquier forma mediante un molde.

### Rápida preparación

En el caso del contrapeso no estará sometido a ningún tipo de esfuerzo, por lo que su vida útil es prácticamente ilimitada.

### **Ventajas de utilizar acero.**

- Alta resistencia: la alta resistencia del acero por unidad de peso, permite estructuras relativamente livianas.
- Homogeneidad: las propiedades del acero no se alteran con el tiempo.
- Elasticidad: el acero es el material que más se acerca a un comportamiento linealmente elástico (Ley de Hooke) hasta alcanzar esfuerzos considerables.
- Precisión dimensional: Se pueden establecer de manera muy precisa las propiedades geométricas de la sección.
- Ductilidad: el acero permite soportar grandes deformaciones sin falla, alcanzando altos esfuerzos en tensión, ayudando a que las fallas sean evidentes.
- Tenacidad: el acero tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de energía en deformación (elástica e inelástica).
- Facilidad de unión con otros miembros: el acero en perfiles se puede conectar fácilmente a través de remaches, tornillos o soldadura con otros perfiles.
- Rapidez de montaje: la velocidad de construcción en acero es muy superior al resto de los materiales.
- Disponibilidad de secciones y tamaños: el acero se encuentra disponible en perfiles para optimizar su uso en gran cantidad de tamaños y formas.

- Costo de recuperación: las estructuras de acero de desecho, tienen un costo de recuperación en el peor de los casos como chatarra de acero.
- Reciclable: el acero es un material 100 % reciclable además de ser degradable por lo que no contamina.
- Permite ampliaciones fácilmente: el acero permite modificaciones y/o ampliaciones en proyectos de manera relativamente sencilla.
- Se pueden prefabricar estructuras: el acero permite realizar la mayor parte posible de una estructura en taller y la mínima en obra consiguiendo mayor exactitud.

#### **Desventajas del concreto.**

Para efectos de contrapeso requiere más volumen del que requeriría el acero.

#### **Desventajas del acero.**

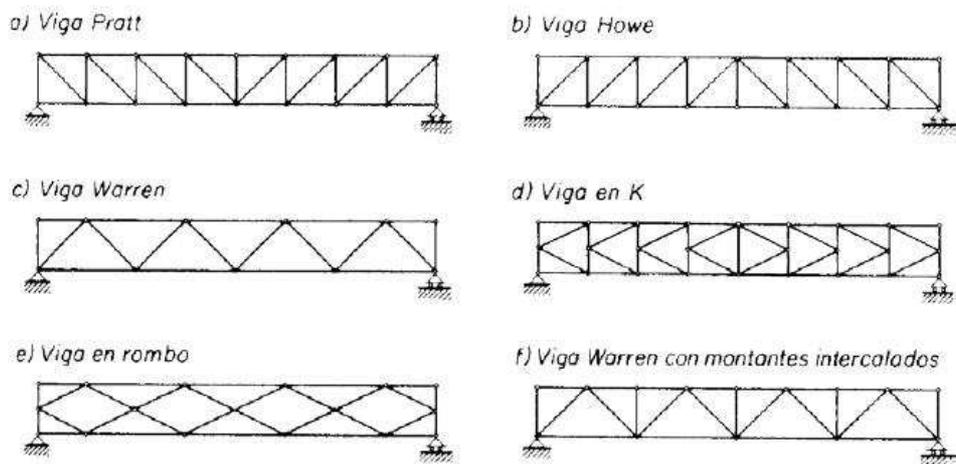
- Corrosión: el acero expuesto a intemperie sufre corrosión por lo que deben recubrirse siempre con esmaltes alquidáticos (primarios anticorrosivos) exceptuando a los aceros especiales como el inoxidable.
- Pandeo elástico: debido a su alta resistencia/peso el empleo de perfiles esbeltos sujetos a compresión, los hace susceptibles al pandeo elástico, por lo que en ocasiones no son económicos las columnas de acero.
- Fatiga: la resistencia del acero (así como del resto de los materiales), puede disminuir cuando se somete a un gran número de inversiones de carga o a cambios frecuentes de magnitud de esfuerzos a tensión (cargas pulsantes y alternativas).

### 3.1.2 Diseño de la pluma

#### 3.1.2.1 Perfil y tipo de estructura

Las configuraciones de estructuras geoméricamente indeformables más conocidas son las presentadas en la figura 6.

**Figura 6. Tipo de estructuras geoméricamente indeformables.**

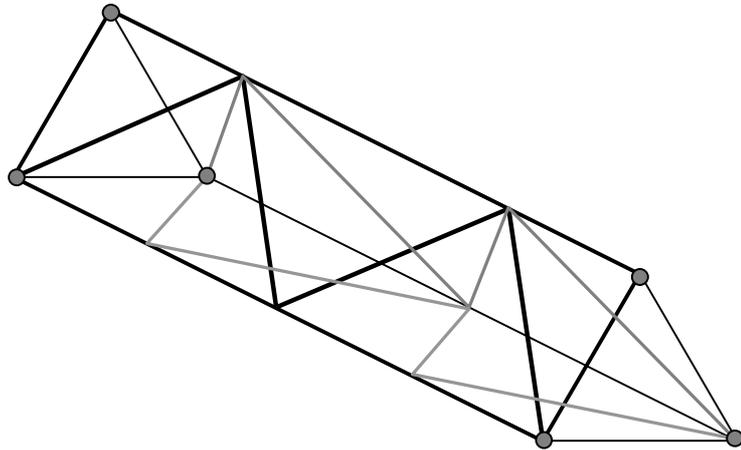


Fuente: A.Paz, Departamento de física aplicada. Celosías ideales. (España: Editorial Universidad politécnica de Cataluña, 2002) p. 08

Las condiciones a tomar en cuenta para la pluma o brazo de la talanquera es que debe ser liviana y geoméricamente indeformable.

La viga Warren cumple con estas condiciones, por lo que se utilizará esta en la estructura de la pluma mediante una configuración de 3 vigas Warren conformadas en forma triangular, tal como se muestra en la figura 7.

**Figura 7. Estructura de la pluma**



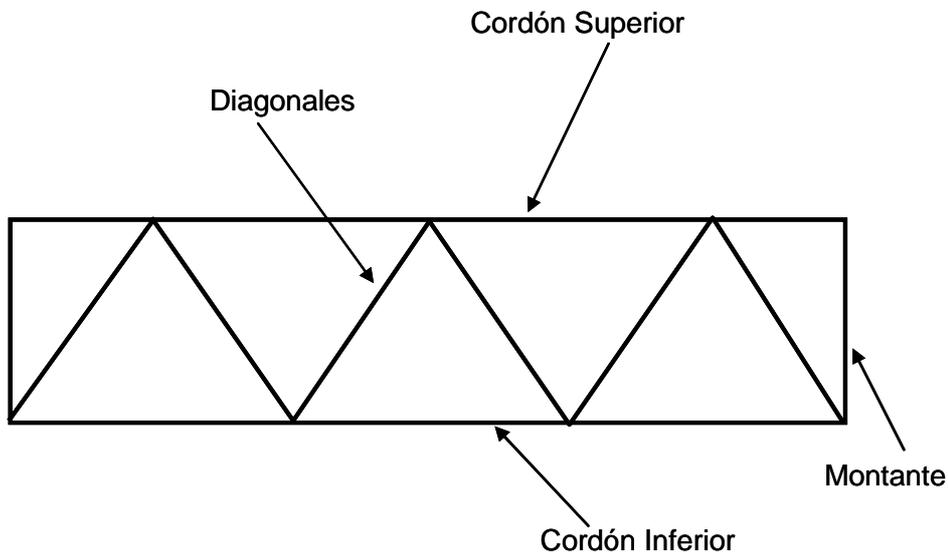
#### 3.1.2.1.1 Propiedades geométricas del perfil

Por restricciones de espacio, el brazo efectivo de la talanquera deberá ser no menor a 5.50 mts y no deberá exceder los 7.50 mts. La longitud total no deberá ser mayor a 9.00 mts.

Se partirá de una estructura de longitud total de 7.80mts, en tal sentido, antes de dimensionarla es necesario definir el material que se utilizará, a efecto de estimar peso de la estructura.

Antes de continuar se muestra en la figura 8 las partes que constituyen la estructura.

**Figura 8. Elementos de la estructura de la pluma**



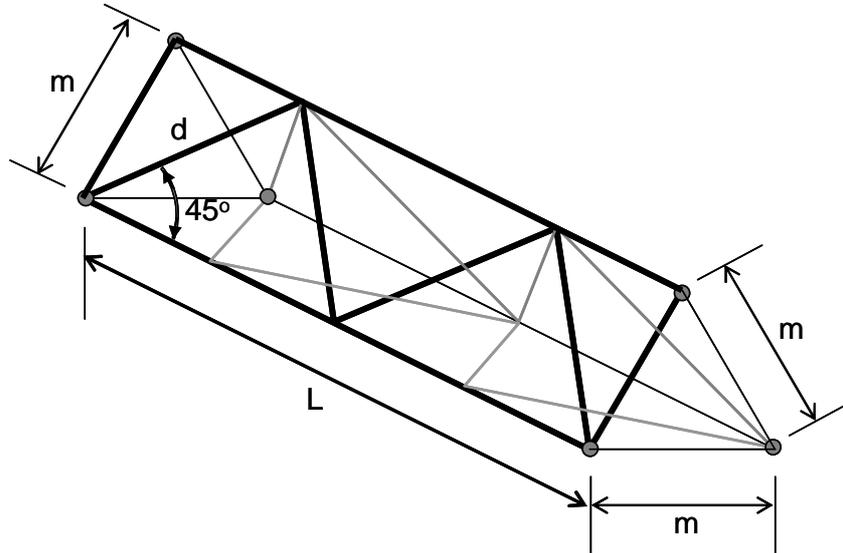
Tanto para cordones, montantes y diagonales, el material a utilizar será hierro corrugado, la cantidad total de hierro determinará el peso de la estructura.

La cantidad de hierro queda determinada por la suma de todas las longitudes entre cordones, montantes y diagonales.

Las diagonales se configurarán a  $45^\circ$  de los cordones, a manera de distribuir uniformemente las tensiones.

Las variables a determinar en relación a dimensiones, son entonces las mostradas en la figura 9.

**Figura 9. Variables dimensionales de la estructura**



Donde

$L$  Representa la longitud total de la estructura = 7.80 mts.

$m$  Representa la longitud de cada montante.

$d$  Representa la longitud de cada diagonal.

Debido a que el ángulo que forma  $d$  entre montante y cordón es  $45^\circ$ , entonces  $d$  queda definida por:

$$d = \sqrt{m^2 + m^2}$$

La base del triángulo formado por dos diagonales es entonces  $2m$ , en tal sentido número de triángulos  $N$  contenidos en  $L$  es:

$$N = \frac{L}{2m}$$

Y por cada triángulo se tienen dos diagonales, entonces el número total de diagonales por lado es:

$$nd = \frac{L}{2m} * 2 = \frac{L}{m}$$

La longitud total LH de hierro contenido en la estructura es:

$$LH = 3L + 6m + 3 \frac{L}{m} \times \sqrt{m^2 + m^2}$$

Siendo L un valor conocido (7.80mts), entonces la longitud de hierro queda únicamente en función de m.

El peso de la estructura será función del diámetro de hierro y la longitud total de este.

En la tabla I se presentan los distintos pesos lineales de los hierros comerciales, según su diámetro.

**Tabla I. Pesos unitarios de hierro corrugado**

Diámetro nom. en mm	6	8	10	12	16	20	25	32	40
Sección en cm <sup>2</sup>	0.28	0.50	0.79	1.13	2.01	3.14	4.91	8.04	12.60
Peso en Kg/m	0.22	0.50	0.62	0.89	1.58	2.47	3.85	6.31	9.86
Presentación	Rollos y barras rectas				Barras rectas				

Fuente: <http://www.arrakis.es/~ferros/textcorruga.htm>

Con la ayuda de una hoja electrónica en MS Excel se efectuaron simulaciones para determinar el peso de la estructura, variando la longitud del montante y los diámetros de cada uno de los elementos, esto se muestra en la tabla II.

El valor de peso más conveniente para el peso de la estructura resultó de un montante de 30 cms y dimensiones de hierro, según se muestran en la tabla II.

**Tabla II. Simulación del peso de la estructura**

Longitud de Talanquera mts	7.80
Longitud de montantes mts	<b>0.30</b>
Longitud de Diagonal mts	0.42

	Longitud mts	Diametro mm	Peso Kgs/mt	Peso kgf
Cordones	23.40	<b>20.00</b>	<b>2.47</b>	57.80
Montantes	1.80	<b>20.00</b>	<b>2.47</b>	4.45
Diagonales	33.09	<b>16.00</b>	<b>1.58</b>	52.29
				<b>114.53</b>

### 3.1.2.2 Dimensiones

Las dimensiones para el brazo de la talanquera, prácticamente quedaron definidas en la sección anterior.

Haciendo referencia a la figura 9, estas son:

$$m = 0.30 \text{ mts.}$$

$$L = 7.80 \text{ mts.}$$

$$d = 0.42 \text{ mts.}$$

Para el contrapeso se utilizará un tonel metálico de 55 galones, a manera de molde.

Las dimensiones son 0.60 mts. de diámetro y 0.94 mts. de altura, lo que da un volumen de 0.266 mts<sup>3</sup>.

En la sección 3.1.1.1 se menciona la densidad del concreto 2,300.00 kg/m<sup>3</sup>, de manera que el peso del contrapeso ya es un dato conocido.

$$W_{cp} = 0.266 * 2300 = 611.29 \text{ kgf (peso del contrapeso)}$$

### 3.1.2.3 Pivote

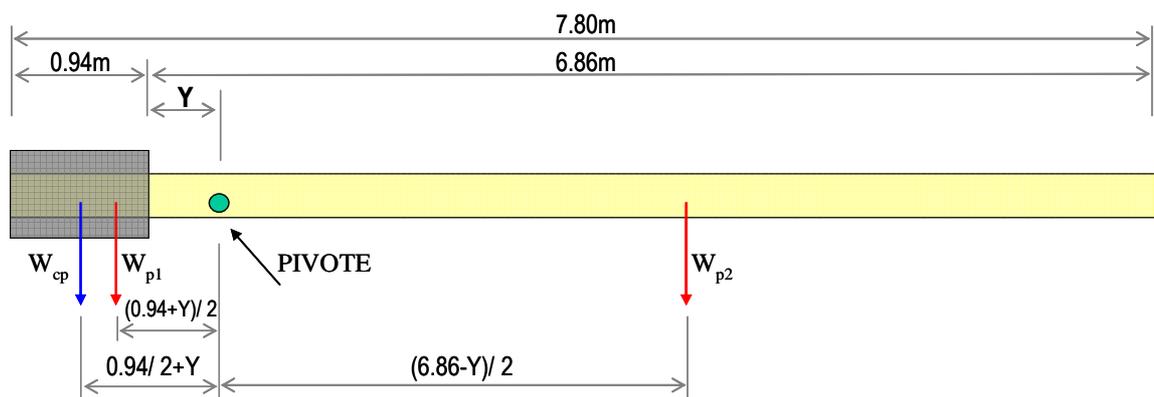
Ya definida la estructura de la talanquera hay que determinar en que punto horizontal deberá estar pivoteado el mecanismo para que la sumatoria de torques tenga una resultante igual a cero.

Como punto de partida, conocemos las dimensiones y pesos del contrapeso y pluma respectivamente.

$W_{cp} = 611.29 \text{ kgf}$  (peso del contrapeso)

$W_p = 126.26 \text{ kgf}$  (peso de la pluma)

**Figura 10. Diagrama de cuerpo libre**



Véase la figura 10, donde.

$Y$ : es el punto donde deberá colocarse el pivote para que la resultante de torques sea igual a cero.

$W_{cp}$ : el peso del contrapeso.

$W_{p1}$ : el peso correspondiente a la parte de la pluma que queda al lado izquierdo del pivote.

$W_{p2}$ : el peso correspondiente a la parte de la pluma que queda al lado derecho del pivote.

La ecuación resultante de la sumatoria de torques es:

$$\sum \tau \equiv 0$$

$$\left(\frac{0.94}{2} + Y\right)W_{cp} + \left(\frac{0.94 + Y}{2}\right)W_{p1} - \left(\frac{6.86 - Y}{2}\right)W_{p2} = 0$$

$W_{p1}$  y  $W_{p2}$  son los pesos que quedan en uno y otro lado del pivote correspondientes a una proporción del peso total de la pluma y el cual es un dato conocido, de manera que el peso lineal de la pluma de la talanquera es:

$$W_{\text{lineal}} = 114.53 / 7.8 = 14.68 \text{ kg/mt.}$$

Continuando con el desarrollo de la ecuación:

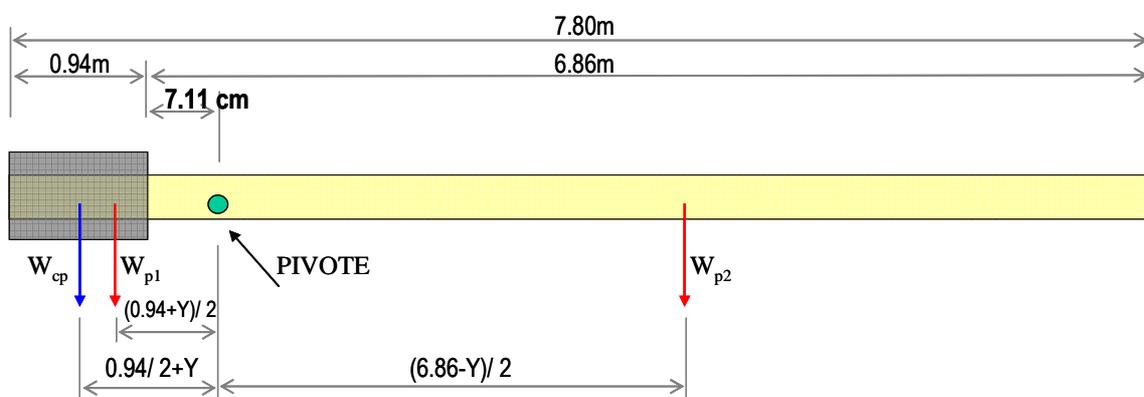
$$(0.47 + Y) \times 611.29 + (0.47 + 0.5Y)(14.68 \times (0.94 + Y)) - (3.43 - 0.5Y)(14.68 \times (6.86 - Y)) = 0$$

Resolviendo esta ecuación, resulta que

$$Y = 0.0711 \text{ mts.} = 7.11 \text{ cms.}$$

Tal como se muestra en la figura 10, la ubicación del pivote para que la sumatoria de fuerzas sea nula y la estructura esté en equilibrio estático.

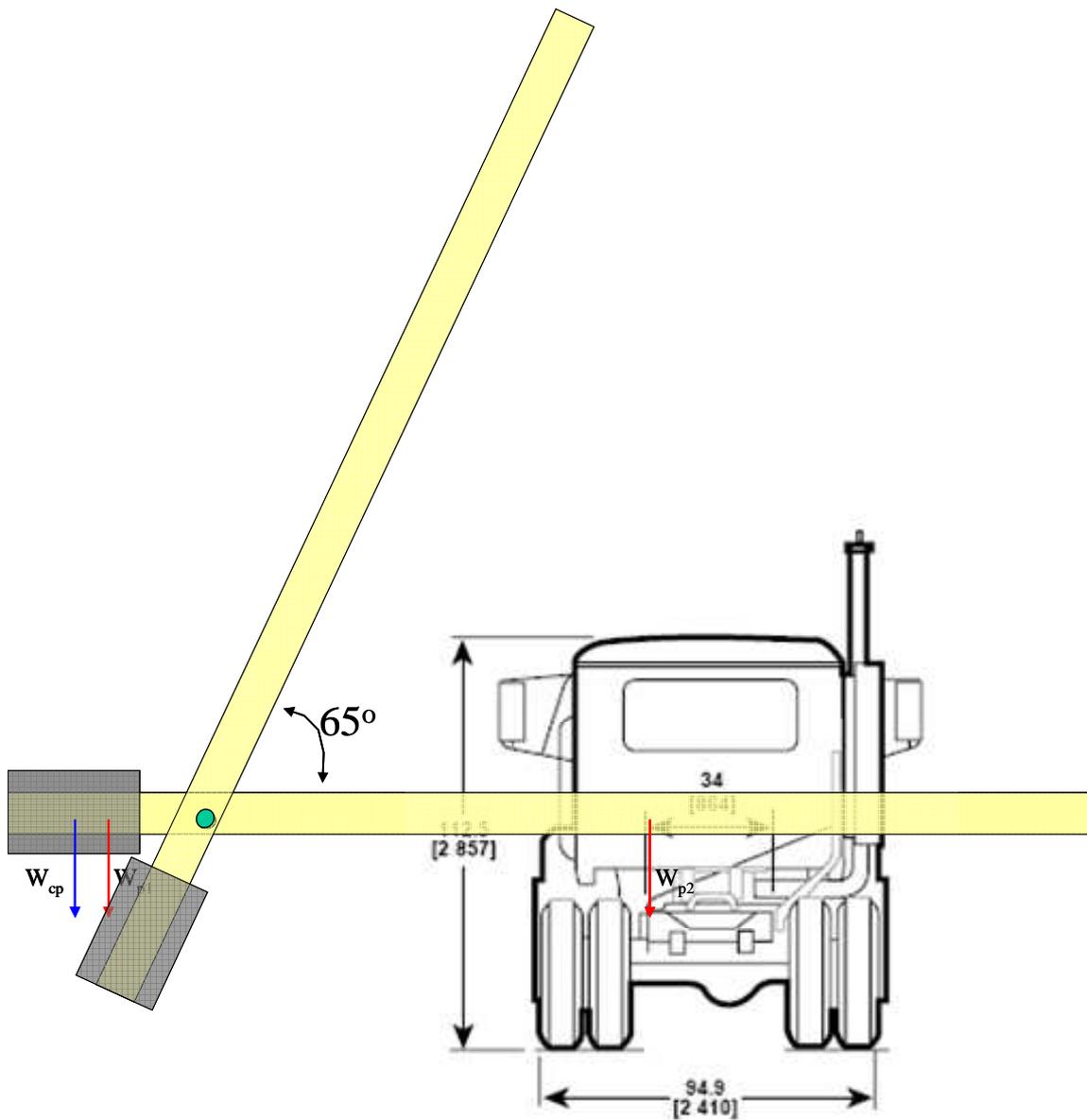
**Figura 11. Localización del pivote**



#### 3.1.2.4 Cinemática

La talanquera tendrá un ángulo de giro de 65 grados, desde la horizontal, esto permitirá sin ningún problema el acceso de cualquier vehículo pesado de gran dimensión. En la figura 12 se muestra el giro máximo de la talanquera y la referencia de un vehículo pesado de 2.86mts de alto por 2.41mts de ancho. La proporción se mantiene en la figura.

**Figura 12. Giro de la talanquera**



### 3.1.2.5 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de la estructura estarán definidas por las correspondientes al contrapeso y a la pluma básicamente.

Entendemos por Resistencia, la mayor o menor capacidad de una estructura para oponerse a la rotura. La Rigidez representa la mayor o menor capacidad de dicha estructura para oponerse a la deformación; en tanto que la Estabilidad define la capacidad de esta, para mantener su condición original de equilibrio.

### 3.1.2.6 Resistencia

El contrapeso estará conformado por concreto de resistencia a la compresión de 3000 psi ó 210 kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia de rotura del acero a utilizar es 400Mpa ó 4,078 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.1.2.7 Rigidez

Define la capacidad de oposición a las deformaciones.

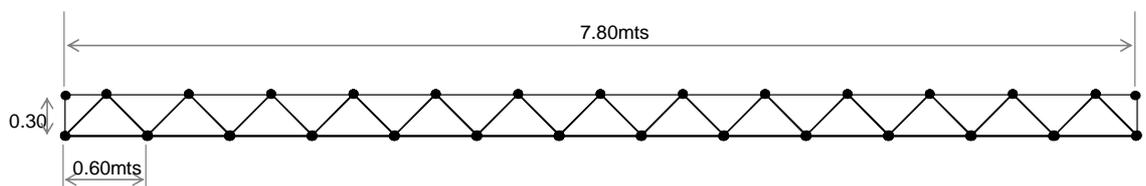
Una estructura es geoméricamente indeformable si se cumple

$$b = 2v - 3$$

Donde “b” en número de barras y “v” el número de articulaciones del sistema.

La figura 13 muestra la configuración real de la estructura de la pluma y en donde  $b = 55$  y  $v = 29$ , cumpliendo estos valores con la condición de una estructura geoméricamente indeformable.

**Figura 13. Dimensiones de la estructura de la pluma**



### 3.1.2.8 Estabilidad

Define la capacidad de un elemento de oponerse a perturbaciones, manteniendo el equilibrio.

Las barras pueden ser comprimidas o extendidas, pero su ensamblaje triangular, forma una composición estable y completa en sí misma que, si se sustenta convenientemente, es capaz de recibir cargas asimétricas y variables, transmitiéndolas a los extremos.

### 3.1.3 Diseño del contrapeso

#### 3.1.3.1 Determinación del equilibrio estático

La figura 10 muestra el diagrama de cuerpo libre de la talanquera.

Buena parte del análisis del equilibrio estático se desarrolló en la sección 3.1.2.3.

Las fuerzas a considerar son:

$W_{cp}$ : 611.29 kgf (peso del contrapeso)

$W_{p1}$ : el peso correspondiente a la parte de la pluma que queda al lado izquierdo del pivote.

$W_{p2}$ : el peso correspondiente a la parte de la pluma que queda al lado derecho del pivote.

Para calcular  $W_{p1}$  y  $W_{p2}$  respectivamente se tendrá que tomar en cuenta el peso lineal.

$W_{lineal} = 114.53 / 7.8 = 14.68$  kg/mt, en consecuencia:

$$W_{p1} = 14.68 \times (0.94 + 0.0711) = 14.84 \text{ kgf}$$

$$W_{p2} = 14.68 \times (6.86 - 0.0711) = 99.66 \text{ kgf}$$

La fuerza resultante soportada por el pivote sería entonces:

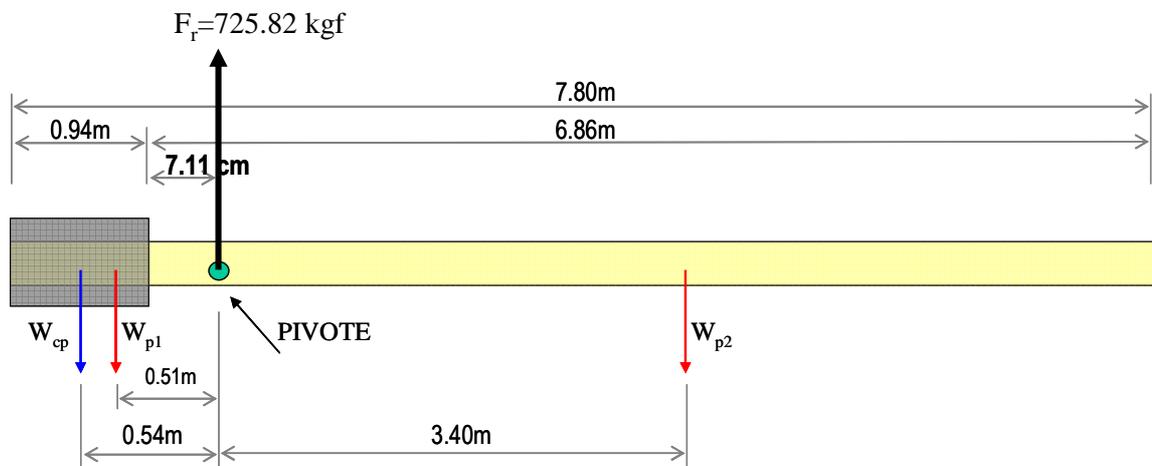
$$\sum F_y = 0$$

$$W_{cp} + W_{p1} + W_{p2} = F_r$$

$$F_r = 611.29 + 14.84 + 99.66 = 725.82$$

El diagrama se muestra en la figura 14.

**Figura 14. Diagrama fuerzas verticales**



### 3.1.3.2 Dimensiones del contrapeso

Las dimensiones del contrapeso hubo que definirlas en la sección 3.1.2.2, pues fue necesario para dimensionar la estructura, inclusive pesos.

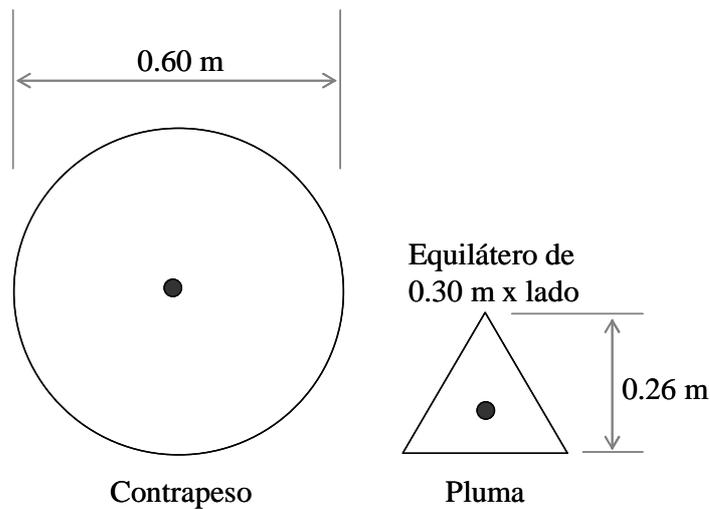
El molde que se utilizará será un tonel estándar, en tal sentido, las dimensiones del contrapeso será un cilindro con un diámetro de 0.60mts y un largo de 0.94 mts, dentro del cual se verterá concreto para formar el respectivo contrapeso.

### 3.1.3.3 Determinación del centro de masas

Ya en la sección 3.1.2.3 se determinó uno de los puntos de corresponden al centro de masas del la talanquera.

Queda por determinar el centro de masas de la sección de la talanquera, se debe tomar en cuenta que la talanquera está formada por dos elementos; el contrapeso y la pluma y estos forman una sección compuesta por dos figuras geométricas conocidas: un círculo y un triángulo, tal como se muestra en la figura 15.

**Figura 15. Secciones de contrapeso y pluma**

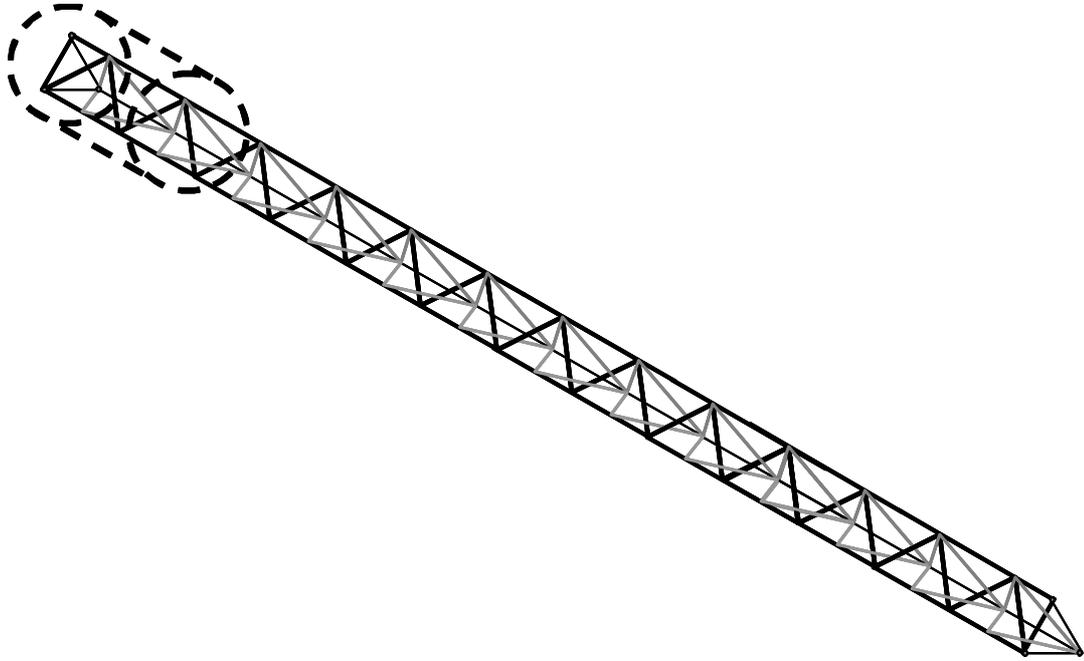


La ubicación del centro de masas para cada una de estas secciones corresponde a la ubicación del centroide correspondiente. En el caso del contrapeso este es obviamente el centro de la sección, mientras para el triángulo este está ubicado a partir de la base a  $1/3$  de la altura.

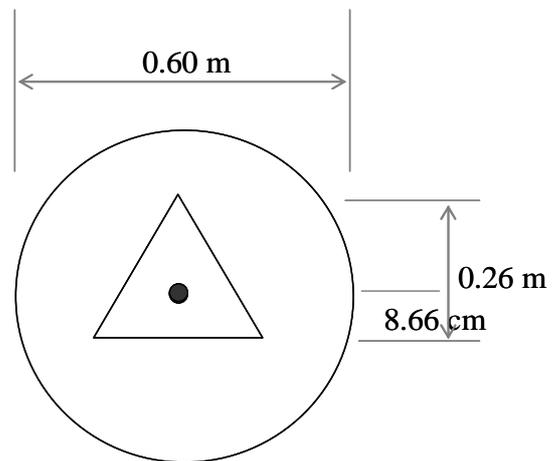
Para que la talanquera quede completamente en equilibrio, ambos centroides deben estar contenidos en el mismo eje.

La figura 16 muestra el isométrico de la talanquera y la figura 17 muestra la ubicación del centroide de la sección.

**Figura 16. Isométrico de la talanquera**



**Figura 17. Centroide de la sección de la talanquera**



**Sección de la talanquera**

### 3.1.3.4 Determinación del equilibrio dinámico

La talanquera deberá ser movilizada mediante algún mecanismo y para tal efecto es necesario que aún su movimiento siempre esté en equilibrio.

La situación de equilibrio a cualquier ángulo se cumple bajo el cumplimiento de tres condiciones:

Los centroides de contrapeso y pluma deben estar contenidos en el mismo eje.

$$\sum F = 0 \text{ (Sumatoria de fuerzas igual a cero)}$$

$$\sum M = 0 \text{ (Sumatoria de momentos igual a cero)}$$

### 3.1.4 Análisis de equilibrio de la estructura

Véase la figura 18, donde se muestra la talanquera posicionada a un ángulo  $\alpha$  respecto a la horizontal, el eje A contiene los centroides del contrapeso y la pluma respectivamente, en tal sentido las fuerzas  $W_{p1}$ ,  $W_{p2}$  y  $W_{cp}$  están aplicadas en este eje.

La ecuación de equilibrio es entonces.

$$\sum M = 0$$

$$54.11 \times W_{cp} \text{sen}\beta + 50.56 \times W_{p1} \text{sen}\beta - 339.45 \times W_{p2} \text{sen}\beta = 0$$

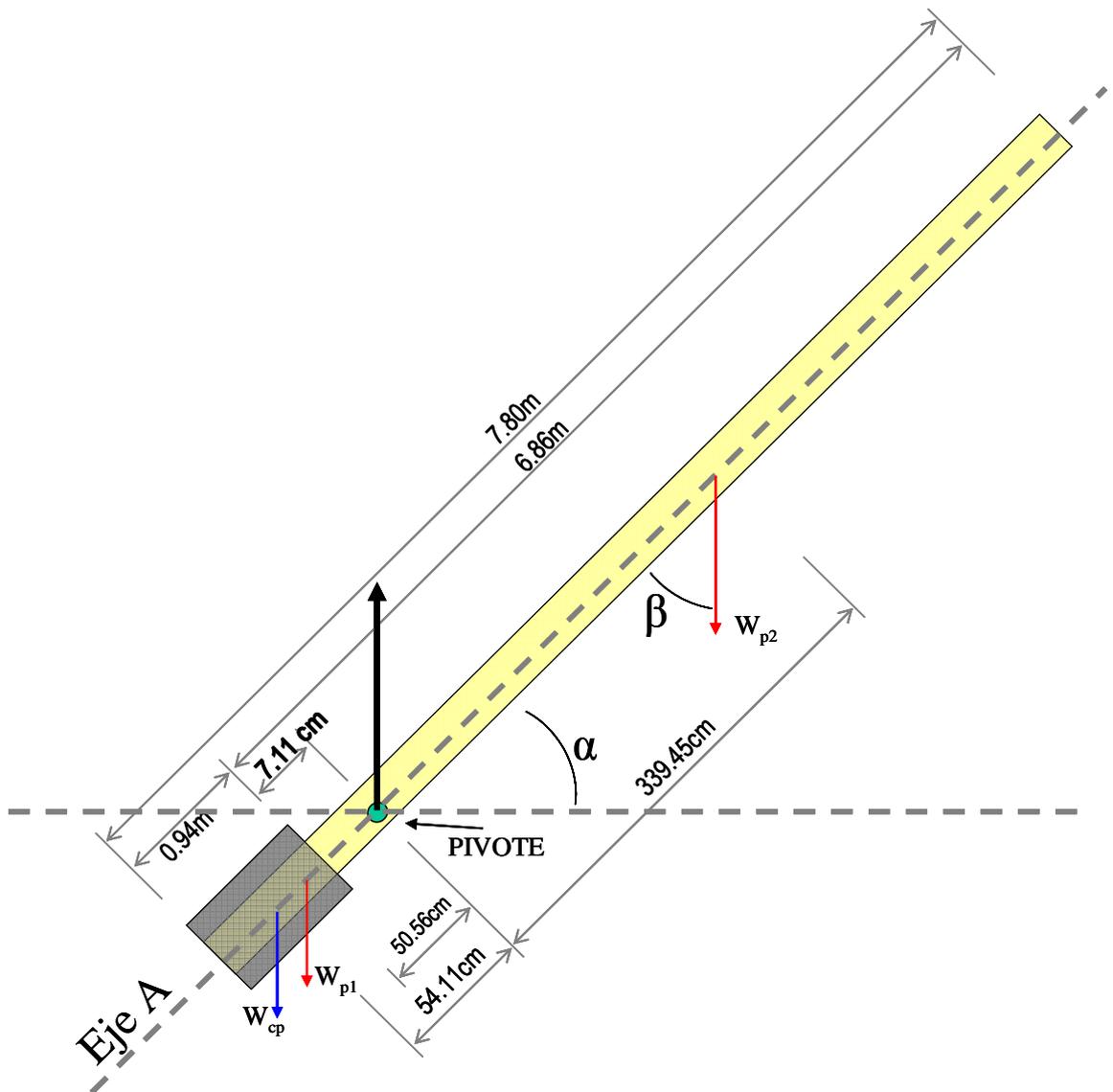
Donde  $\text{sen}\beta$  resulta ser un factor común.

$$54.11 \times W_{cp} + 50.56 \times W_{p1} - 339.45 \times W_{p2} = 0$$

$$54.11 \times 611.29 + 50.56 \times 14.84 - 339.45 \times 99.66 = 0$$

Queda demostrado que a cualquier ángulo, la estructura estará en equilibrio.

**Figura 18. Equilibrio de la talanquera a cualquier ángulo**



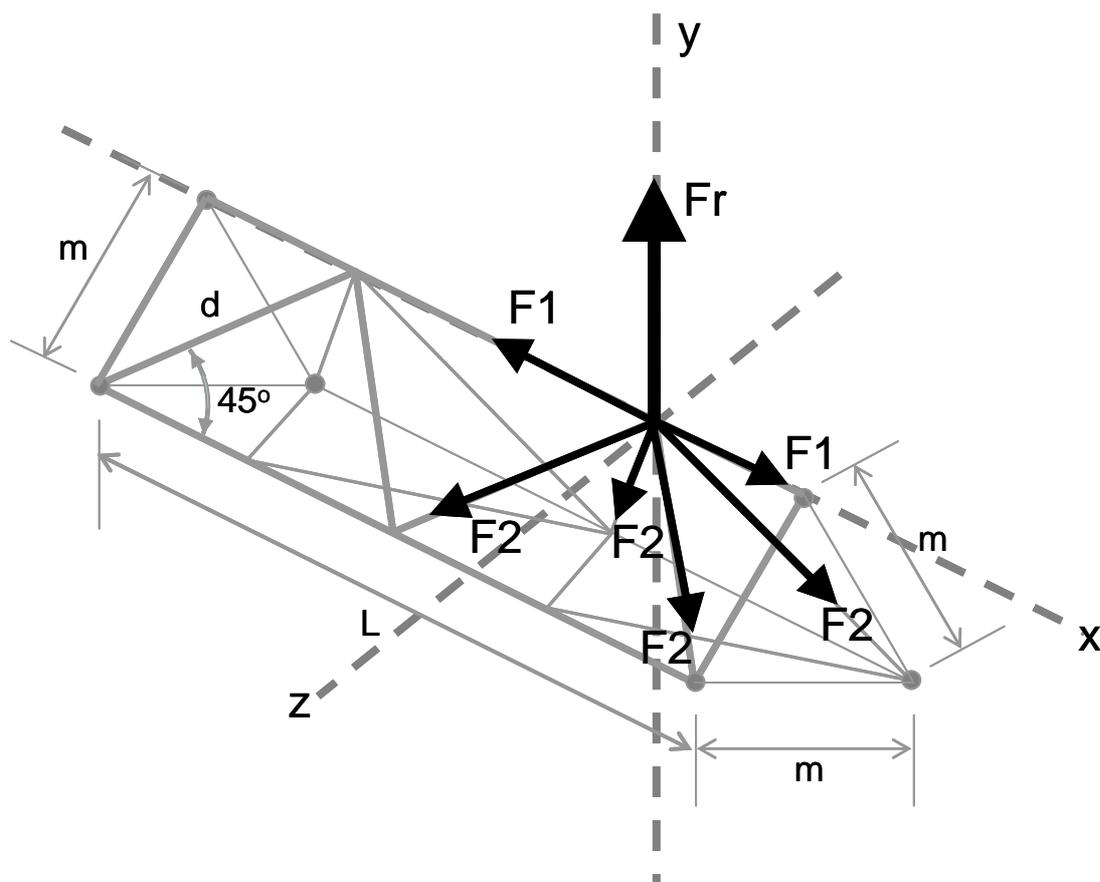
### 3.1.5 Resistencia teórica de la estructura

La parte de la talanquera que podría estar sometida eventualmente a alguna aplicación de fuerza es la pluma, por lo que la resistencia de esta determinará la resistencia de la talanquera.

La figura 19 muestra el diagrama de cuerpo libre de un nodo, a través de cual se determinará la fuerza máxima “Fr” que el nodo podría soportar en un momento determinado.

De acuerdo al diagrama, puede notarse que la aplicación de “Fr” no tiene ninguna incidencia en el eje x, ni en el eje z, por lo que único efecto es en el eje y, de forma que será este eje el que se analizará en equilibrio para la determinación de “Fr”.

**Figura 19. Diagrama de cuerpo libre para un nodo**



$$\sum F_y = 0$$

$$F_R - 4F_2 \text{sen}45 = 0$$

La resistencia a la rotura del acero es  $400\text{MPa} = 400 \times 10^6 \text{N/m}^2$

Las varillas de la figura 19 corresponden a un diámetro de  $20\text{mm} = 20 \times 10^{-3} \text{m}$ , cuya sección es entonces  $1.257 \times 10^{-3} \text{m}^2$ .

La fuerza máxima  $F_2$  que pueden soportar las varillas es entonces:

$$F_2 = 400 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 1.257 \times 10^{-3} \text{m}^2 = 502654.82 \text{ N}$$

Concluyendo la ecuación inicial:

$$F_R = 4 \times 502654.82 \times \text{sen}45 = 1.422 \text{ KN}$$

## 3.2 Diseño de red neumática

### 3.2.1 Cálculo del cilindro principal

#### 3.2.1.1 Presión de trabajo

La presión en circuitos neumáticos suele ser entre 6 y 7 bares.

Para efectos de aplicación de este proyecto se considerará una presión de 6 bares.

#### 3.2.1.2 Diámetro

El diámetro del cilindro será función de la fuerza de salida del mismo; sin embargo esta fuerza será mínima, pues accionará una talanquera que se encuentra en total equilibrio.

Para efectos de cálculo, se tomará una fuerza de salida de 20kgf o lo mismo que 196.2 N.

La siguiente ecuación determina el diámetro, siendo  $p$  la presión de trabajo, 6 bar.

$$f_{\text{teórica aire}} = A * p = \frac{\pi * D^2}{4} * p \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * f_{\text{teórica aire}}}{\pi * p}} = \sqrt{\frac{4 * 196.20}{\pi * 6 * 10^5}} = 0.0204 \text{ m}$$

Por tanto escogeremos un cilindro de doble efecto con un diámetro nominal de 20 mm.

### 3.2.1.3 Fuerza de rozamiento

La fuerza debido a los rozamientos internos, varía entre los siguientes límites:

$$0.03 * f_{\text{teórica}} < f_{\text{rozamiento interno}} < 0.2 * f_{\text{teórica}}$$

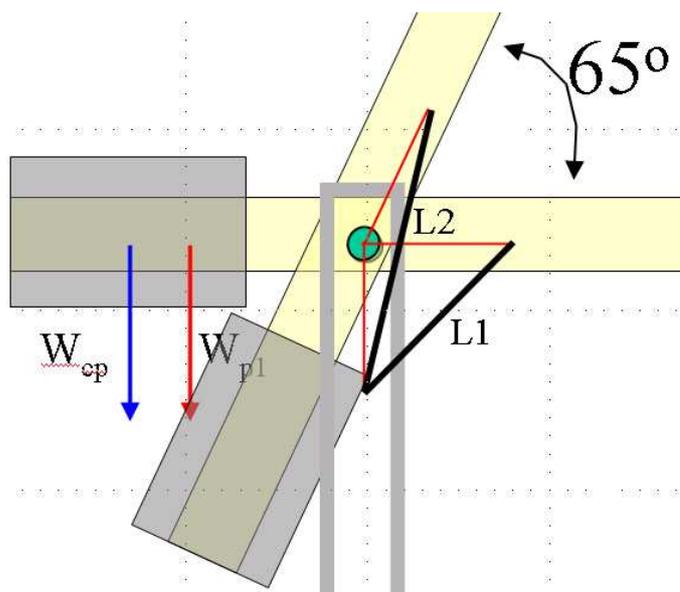
En general se escoge un valor medio, como  $0.11 * f_{\text{teórica}}$

### 3.2.1.4 Longitud de carrera

La longitud de la carrera estará determinada por la longitud del cilindro cuando la talanquera se encuentre cerrada y cuando esta se encuentre en su máxima apertura.

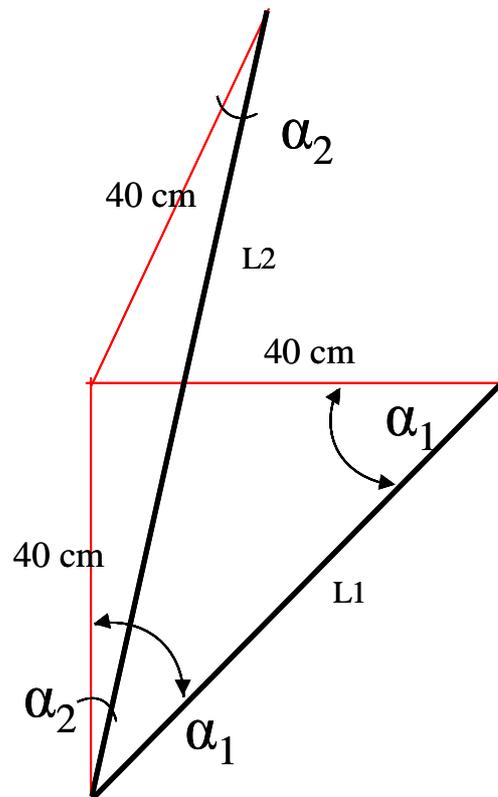
Esta situación se ilustra en la figura 20, donde se aprecian las longitudes L1 y L2 del cilindro cerrado y extendido.

**Figura 20. Carrera del cilindro**



El cilindro neumático se fijará a la base de la talanquera, a 40 cm medidos a partir del pivote y se unirá a la talanquera, también a 40 cms medidos desde el pivote, en tal situación, de la figura 20 se obtienen los triángulos mostrados en la figura 21.

**Figura 21. Determinación geométrica de la carrera del cilindro**



Resulta claro que  $\alpha_1 = 45^\circ$ , mientras que  $\alpha_2 = (180 - (90 + 65)) / 2 = 12.5$ .

Aplicando ley de senos en ambos casos.

$$\frac{L1}{\text{sen}90} = \frac{40}{\text{sen}45}$$

$$L1 = 56.57 \text{ cm}$$

$$\frac{L2}{\text{sen}155} = \frac{40}{\text{sen}12.5}$$

$$L2 = 78.10$$

La carrera del pistón deberá ser entonces  $78.10 - 56.57 = \mathbf{21.53cm}$ .

### 3.2.1.5 Velocidad del émbolo

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la fuerza de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento demandado. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.

Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antirretorno y de estrangulación y produce una reducción de la velocidad.

La velocidad media del émbolo, en cilindros estándar, está comprendida entre 0.1 y 1.5 m/s.

Dos segundos es un tiempo prudente para abrir la talanquera, considerando la masa de esta, es tal situación se tendría una velocidad media del émbolo de  $0.22/2 = 0.11$  m/s, este valor se encuentra dentro de los comprendidos para un cilindro estándar.

### 3.2.1.6 Consumo de aire

Se utilizará la siguiente expresión.

$$\dot{m} = \left( C * \frac{\pi * D^2}{4} + C * \frac{(D^2 - d^2) * \pi}{4} \right) * n * r_c$$

Siendo:

$\dot{m}$ , el caudal volumétrico, en m<sup>3</sup>/s.

C, la carrera en m.

D, el diámetro del cilindro en m.

d, es el diámetro del vástago en m.

n, el número de ciclos de trabajo por segundo.

$$r_c, \text{ es la relación de compresión. } r_c = \frac{P_{trabajo} + P_{atmosferica}}{P_{atmosferica}} = \frac{6+1}{1} = 7$$

El diámetro del vástago es un valor desconocido a este momento. Por el catálogo de Festo, de acuerdo a los valores ya conocidos, se elige como cilindro más apropiado un modelo sencillo, sin micro interruptores eléctricos: Tipo DSN-25-250-P, cuyo vástago, es de 10 mm, diámetro de 25 mm y carrera de 250mm.

Aplicando valores a la expresión anterior:

$$\dot{m} = \left( 0.25 * \frac{\pi * 0.025^2}{4} + 0.25 * \frac{(0.025^2 - .001^2) * \pi}{4} \right) * .25 * 7$$

$$\dot{m} = 3.95 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

$$\dot{m} = 1.44 \frac{m^3}{hr}$$

$$\dot{m} = 0.40 \frac{lt}{s} = 24 \frac{lt}{min}$$

### 3.2.2 Selección del tipo de red

Se pueden tender circuitos cerrados u abiertos, aunque este último predomina más que en el primero. Ya que tiene la ventaja de poder colocar, la tubería con cierta pendiente, con lo que permite que las posibles condensaciones decanten por gravedad hasta el final de la tubería en donde se puede colocar un purgador manual o automático.

### 3.2.3 Dimensionado de la tubería

#### 3.2.3.1 Caudal de consumo

Este cálculo ya fue efectuado en la sección 3.2.1.6

$$\dot{m} = 3.95 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

### 3.2.3.2 Longitud desde la fuente

El compresor deberá ubicarse a una distancia cercana del mecanismo, para efectos de cálculo se considerará este valor como 10 mts.

### 3.2.3.3 Pérdidas de presión

La pérdida de carga es una pérdida de energía que se va originando en el aire comprimido ante los diferentes obstáculos que se presentan en su recorrido hacia los puntos de utilización. La pérdida de carga admisible en las bocas de utilización no debe ser mayor que el 3% de la presión máxima del depósito.

La pérdida de carga se origina de dos maneras:

Pérdida de carga en lados rectos, producido por el rozamiento del aire comprimido contra las paredes del tubo.

Pérdida de carga en accesorios, originada en curvas, T, válvulas, etc. de la tubería.

La caída de presión para tubos rectos se calcula mediante la fórmula:

$$\Delta p = \frac{\beta}{R * T} * \frac{v^2}{D} * L * p$$

Siendo:

$\Delta p$ , la caída de presión en bar.

p, presión en bar.

R, constante del gas, para aire 29.27.

T, temperatura absoluta (t + 273), siendo t la temperatura del aire en el interior de la tubería, aproximadamente, la temperatura ambiente.

D, diámetro de la tubería en mm.

L, longitud de la tubería en m.

v, velocidad del aire en m/s.

$\beta$ , Grado de resistencia, que es función del caudal másico.

$m$ , caudal másico, en kg/h = 1,3 m<sup>3</sup>/min. \* 60.

La caída de presión ocasionada por distintos accesorios se define en la tabla III.

**Tabla III. Pérdidas por fricción en accesorios neumáticos.**

Elemento	¼"	3/8"	½"	¾"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"
Válvula esclusa (totalmente abierta)	0.09	0.09	0.10	0.13	0.17	0.22	0.26	0.33
T (paso recto)	0.15	0.15	0.21	0.33	0.45	0.54	0.67	0.91
T (paso a derivación)	0.76	0.76	1.00	1.28	1.61	2.13	2.46	3.16
Curva 90 <sup>0</sup>	0.42	0.42	0.52	0.64	0.79	1.06	1.24	1.58
Curva 45 <sup>0</sup>	0.15	0.15	0.23	0.29	0.37	0.48	0.57	0.73
Válvula globo (totalmente abierta)	4.26	4.26	5.66	7.04	8.96	11.76	13.77	17.67
Válvula angular (totalmente abierta)	2.43	2.43	2.83	3.50	4.48	5.88	6.88	8.83

Valores equivalentes en metros de tubería recta.

A continuación se hará el cálculo de la tubería.

La determinación del diámetro de la tubería se hará mediante el nomograma mostrado en la figura 22, tomado del manual de neumática de FMA Pokorny, Francfort.

Los valores requeridos en este nomograma son: el caudal en lts/min, la presión de servicio y la pérdida de presión, ambas en kgf/cm<sup>2</sup>.

Siendo la presión de trabajo de 6 bar y considerando una pérdida de presión del 3%.

$$\Delta P = 0.03 \times 6 = 0.18 \text{ bar}$$

La pérdida lineal para una longitud de 10mts sería:

$$\frac{\Delta P}{L} = 0.018 \frac{\text{bar}}{\text{mt}} = 0.01835 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2 \text{ mt}}$$

Pérdidas de presión totales por longitud están determinadas por la longitud de tubería más las longitudes equivalentes aportadas por los accesorios, que para efectos de cálculo se considerarán:

$$1 \text{ T de paso recto} = 0.15 \text{ mts}$$

$$4 \text{ Curvos a } 90^\circ = 4 \times 0.42 = 1.68 \text{ mts}$$

$$1 \text{ Válvula de globo totalmente abierta} = 4.26 \text{ mts}$$

$$\text{Longitud de tubería recta} = 10 \text{ mts}$$

La suma de estas longitudes da como resultado 16.09mts.

El total de pérdida por longitud de tubería es entonces:

$$\Delta p = 0.01835 * 16.09 = 0.295 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

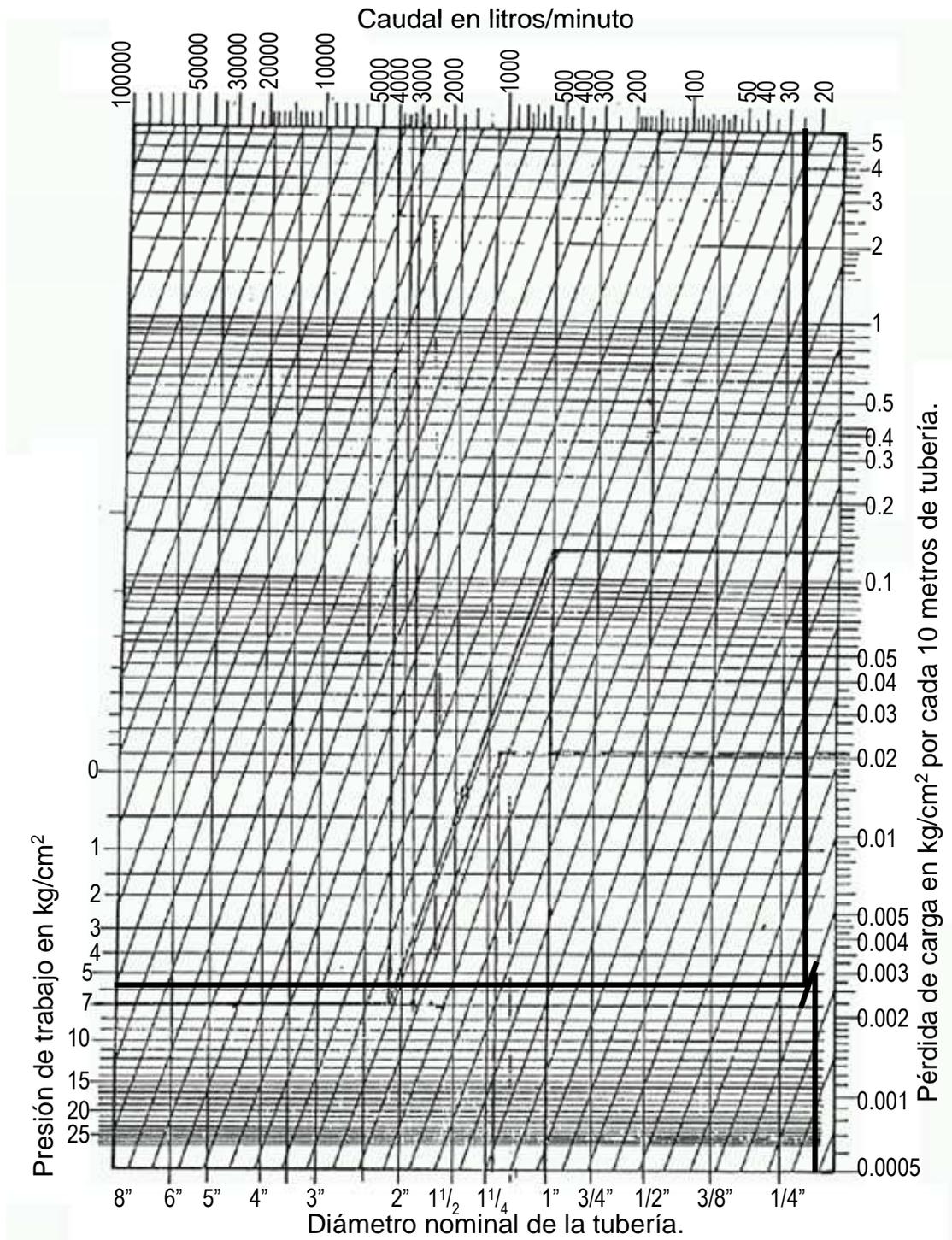
La presión de trabajo es 6 bar = 6.12 kgf/cm<sup>2</sup>.

El caudal es 24 lts/min.

Con estos últimos 3 datos, se utiliza el diagrama mostrado en la figura 22. Se parte ubicando la intersección entre la vertical del caudal y la horizontal de la presión, se recorre entonces sobre la oblicua correspondiente a la intersección hasta localizar la horizontal correspondiente a la pérdida de carga, en este punto, la vertical correspondiente indica el diámetro requerido para la tubería. Para los valores anteriores el diámetro requerido de tubería es el mínimo.

Diámetro de tubería =  $\frac{1}{4}$  “.

**Figura 22. Diagrama para cálculo de tubería**



### 3.2.4 Material de la tubería

Para tuberías con diámetro máximo de 2 pulgadas existen 2 opciones en el material de la tubería a utilizar: de acero carbono y de aluminio.

La tubería de acero carbono tiene las siguientes características:

Costo inicial de montaje menor.

Arrastre de partículas de óxido que pueden afectar las unidades de mantenimiento y actuadores neumáticos.

Poca flexibilidad para hacer modificaciones posteriores.

La tubería de aluminio tiene las siguientes características:

Costo mayor en la instalación inicial (entre 30% y 40% adicional)

Buena calidad de aire, dado que no existe arrastre de partículas de óxido.

La instalación se puede hacer en forma modular y en tiempo menor.

Es flexible y fácil de modificar.

Se elegirá tubería de aluminio, requiere una inversión inicial mayor, pero a su vez, en el tiempo es más duradera, presenta más ventajas y tiene un costo menor de operación.

### 3.2.5 Diagrama del circuito neumático

La velocidad en ambos sentidos del desplazamiento del cilindro de doble efecto debe estar regulada, pues, el movimiento de la talanquera debe ser lento, debido a su peso.

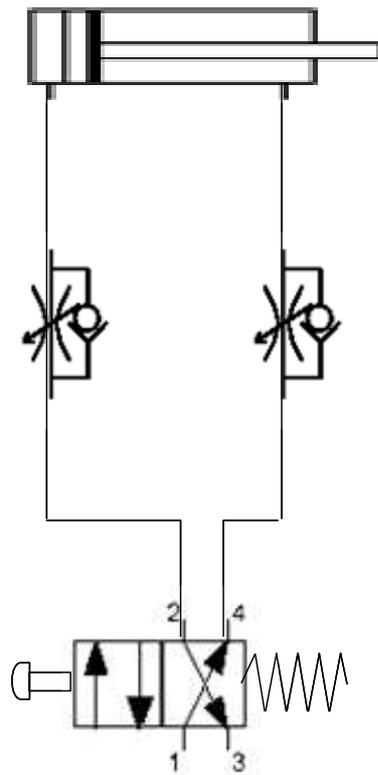
El circuito neumático debe cumplir la condición de las velocidades de salida y entrada del vástago de un cilindro de doble efecto.

En la figura 23 se muestra el circuito que estrangula el aire de escape, regula separadamente para la salida y el retorno. Se produce una sacudida en el arranque hasta que se equilibran las fuerzas; luego se dispone empero de una mejor posibilidad de regulación (independientemente de la carga).

Los elementos que constituyen el circuito son:

- 1 Cilindro de doble efecto.
- 2 válvulas reguladoras de caudal.
- 1 válvula 4/2 con muelle y pulsador.

**Figura 23. Circuito neumático**



### **3.3 Proceso de producción**

#### **3.3.1 Definición del producto**

Talanquera para control de tráfico pesado, accionada remotamente mediante aire comprimido.

El brazo de la talanquera tiene un diseño en celosía tridimensional tipo Warren, fabricado de hierro corrugado de 20mm de diámetro, este diseño maximiza la resistencia de la estructura minimizando a la vez el peso de la estructura.

La talanquera está balanceada mediante un contrapeso de concreto, geoméricamente dispuesto para obtener el equilibrio total de la estructura.

La estructura, montada sobre su base tendrá un ángulo de apertura de  $65^{\circ}$  para permitir el acceso de vehículos. La acción de cierre y apertura se hará remotamente mediante un control neumático que activará un cilindro de doble efecto.

#### **3.3.2 Listado de materiales, herramientas y equipo**

Materiales a utilizar:

Un tonel de 55 galones, vacío (será el molde para el contrapeso).

25.20 mts de varilla corrugada de 20 mm de diámetro.

33.10 mts de varilla corrugada de 16 mm de diámetro.

0.30 mts<sup>3</sup> de concreto.

2 gls de pintura anticorrosiva.

4 libras de electrodos Hobart tipo E6010

Herramienta y equipo a utilizar:

Equipo de soldadura eléctrica.

Careta para soldar.

Guantes.

Picador.

Cepillo de acero.

Sierra para cortar metal

Banco de trabajo

### 3.3.3 Diagrama explosivo del mecanismo

La figura 24 muestra el diagrama explosivo de la talanquera, donde:

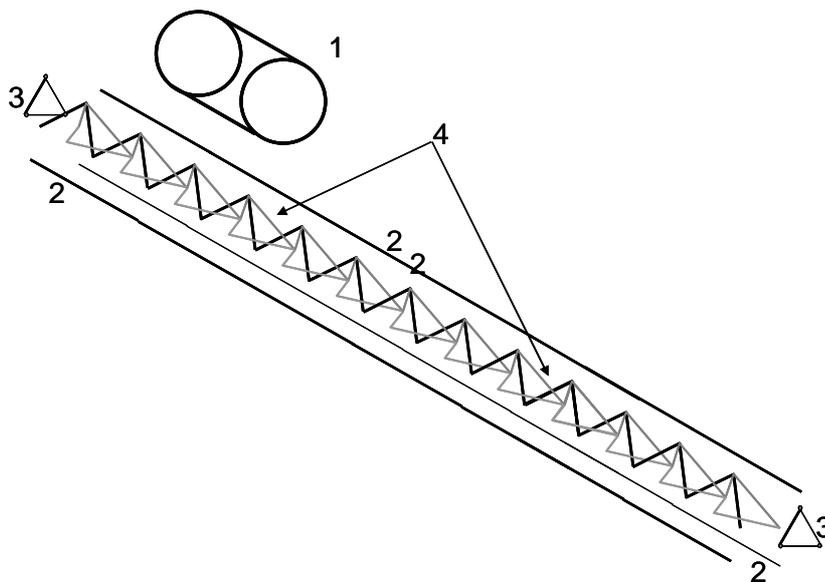
Talanquera

Cordones

Montantes

Diagonales.

**Figura 24. Diagrama explosivo de la talanquera**



### 3.3.4 Proceso de fabricación

#### 3.3.4.1 Definición y descripción de los procesos

Se identifican dos procesos principales, según su orden: fabricación del brazo de la pluma y fundición del contrapeso.

Fabricación del brazo de la pluma.

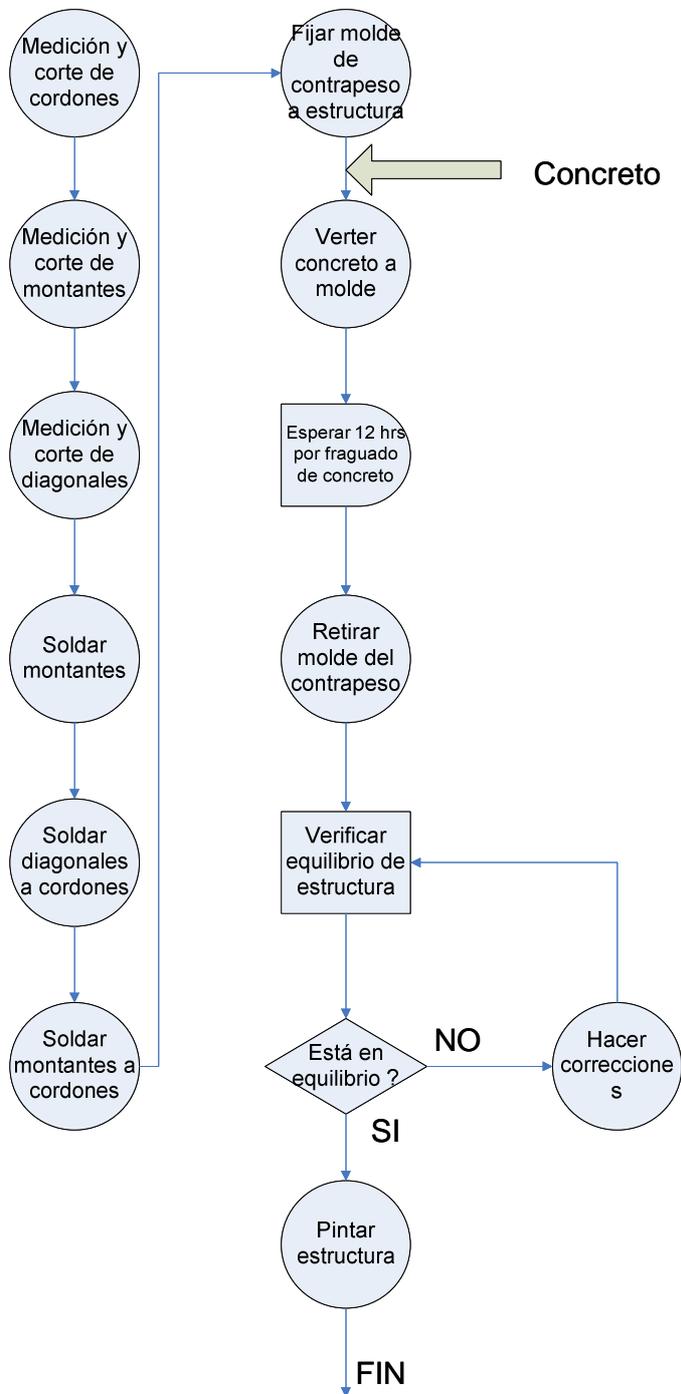
En este proceso se fabricará una estructura tridimensional de hierro corrugado basada en celosía Warren. En la figura 24 se muestran las principales partes que constituyen esta estructura: cordones, montantes y diagonales. El proceso implica el corte de cada uno de estos elementos y su unión mediante soldadura eléctrica.

Fundición del contrapeso.

Este proceso requiere bastante cuidado. Una vez definida la posición geométrica del contrapeso hay que colocar el molde fijándolo a la estructura, de manera que este no se pueda mover, pues se verterá concreto dentro del molde y habrá que esperar por lo menos 12 horas para poder retirar el molde, este es el tiempo que le tomará al concreto fraguar y alcanzar un estado mínimo de dureza.

#### 3.3.4.2 Diagrama de operaciones del proceso de fabricación de la talanquera. (véase figura 25)

**Figura 25. Diagrama de operaciones**



### 3.3.4.3 Determinación de cantidad de trabajadores y capacidad de producción

La cantidad de trabajadores estará determinada por el nivel de producción que se desee.

Para efecto de cálculo se estimará una producción de 100 talanqueras al mes y se partirá con los tiempos estándar por operación, según se muestran en la tabla IV.

**Tabla IV. Tiempos estándar por operación**

Núm. de Operación	Descripción	Tiempo estándar (minutos)
1	Medición y corte de cordones	30
2	Medición y corte de montantes	20
3	Medición y corte de diagonales	80
4	Soldar montantes	25
5	Soldar diagonales a cordones	120
6	Soldar montantes a cordones	15
7	Fijar molde de contrapeso a estructura	60
8	Verter concreto a molde	30
9	Retirar molde del contrapeso	30
10	Verificar equilibrio de estructura	30
11	Correcciones a equilibrio	30
12	Pintar estructura	75

Se debe determinar el ritmo de trabajo al que es necesario producir. Es decir, se requieren 6 unidades a la semana, dado el tiempo trabajado:

$$1 \text{ Mes} = 176 \text{ hrs} = 10,560 \text{ minutos.}$$

Entonces, el ritmo de trabajo es:

$$\text{ritmo} = \frac{6 \text{ unidades}}{10560 \text{ min}} = 0.0095 \frac{\text{unidades}}{\text{min}} = 106 \frac{\text{min}}{\text{unidad}}$$

Se calculan entonces los recursos necesarios de acuerdo al tiempo de cada actividad y el ritmo, así para la operación 1:

$$t_{\text{standard}} = 30 \text{ min}$$

$$\text{recursos} = \frac{30}{106} = 0.283$$

Los recursos reales se obtienen redondeando los recursos obtenidos al entero inmediato superior. Puede notarse en la tabla V que más de una operación puede ejecutarse por una misma persona, así por ejemplo las operaciones 1 y 2 pueden ser fácilmente desarrolladas por una persona, en la misma situación las operaciones 6 y 7.

Resumiendo, el balance determina que para cumplir con una producción mensual de 100 talanqueras se requerirán 7 personas trabajando en una jornada diurna de 44 horas a la semana.

**Tabla V. Balance de línea**

<b>Núm. de Operación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tiempo estándar (minutos)</b>	<b>Recursos reales / personas</b>	<b>Cantidad teórica de personas</b>	<b>Cantidad real de personas</b>
1	Medición y corte de cordones	30	0.283		
2	Medición y corte de montantes	20	0.189	0.472	1
3	Medición y corte de diagonales	80	0.755		
4	Soldar montantes	25	0.236	0.991	1
5	Soldar diagonales a cordones	120	1.132		
6	Soldar montantes a cordones	15	0.142	1.274	2
7	Fijar molde de contrapeso a estructura	60	0.566		
8	Verter concreto a molde	30	0.283	0.849	1
9	Retirar molde del contrapeso	30	0.283		
10	Verificar equilibrio de estructura	30	0.283		
11	Correcciones a equilibrio	30	0.283	0.849	1
12	Pintar estructura	75	0.708	0.991	1

### 3.3.5 Control de calidad

#### 3.3.5.1 Tolerancias y especificaciones

En la tabla VI se muestran las tolerancias y especificaciones por operación.

**Tabla VI. Tolerancias y especificaciones**

Núm. de Operación	Descripción	Cantidad de piezas	Descripción de tolerancia y/o especificación
1	Medición y corte de cordones	3	Se utilizará acero corrugado de 20 mm de diámetro. Cada pieza deberá ser cortada con una longitud de 7.80 mts y una tolerancia admisible de 1cm
2	Medición y corte de montantes	6	Se utilizará acero corrugado de 20 mm de diámetro. Cada pieza deberá ser cortada con una longitud de 30 cms y una tolerancia admisible de 2 mm
3	Medición y corte de diagonales	78	Se utilizará acero corrugado de 16 mm de diámetro. Cada pieza deberá ser cortada con una longitud de 42 cms y una tolerancia admisible de 2 mm
4	Soldar montantes	6	<ul style="list-style-type: none"><li>• Soldadura eléctrica.</li><li>• Electrodo Hobart tipo E6010.</li><li>• Limpieza de escoria entre pasadas.</li></ul>
5	Soldar diagonales a cordones	78	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eliminación de porosidad superficial en cada pasada.</li><li>• Evitar socavaduras.</li><li>• Cero salpicaduras y arranques de arco</li></ul>
6	Soldar montantes a cordones	2	(chisporroteos) fuera de biseles, sobre el metal base. <ul style="list-style-type: none"><li>• Dimensión adecuada de la soldadura</li></ul>

Continúa

7	Fijar molde de contrapeso a estructura		La ubicación del molde debe coincidir con las medidas mostradas en la figura 17, manejando una tolerancia admisible de 2mm.
8	Verter concreto a molde		El concreto a utilizar tendrá que ser de resistencia 210 kgf/cm <sup>2</sup> y con un tamaño máximo de agregado de 3/4 de plg.
9	Retirar molde del contrapeso		Esto se deberá realizar no antes de 12 de vertido el concreto dentro del molde.
10	Verificar equilibrio de estructura		Según se muestra en la figura 18.
11	Correcciones a equilibrio		Este es un procedo de balanceo que debe hacerse agregando peso en cualquiera de los extremos que se requiera. Si el desbalance requiere añadir más de 0.5 kg en peso, el producto deberá rechazarse.
12	Pintar estructura		Deberá ser con pintura anticorrosiva.



## 4 IMPLEMENTACIÓN

### 4.1 Montaje

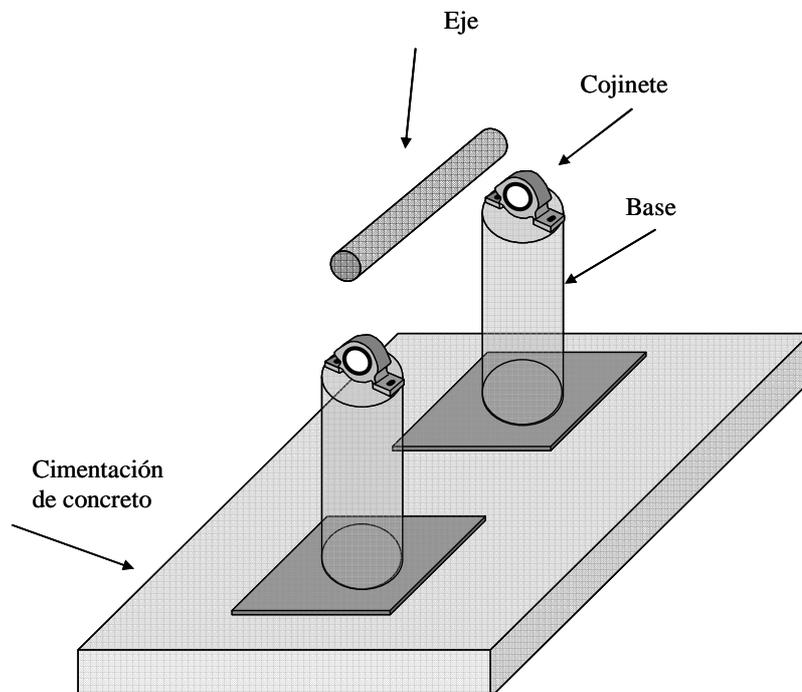
Un eje debe colocarse transversalmente en el punto pivote mostrado en la figura 14, este eje estará sostenido mediante 2 cojinetes en cada extremo y cada cojinete montado sobre bases individuales, cada base soldada a una plancha metálica que servirá para anclarse a una cimentación de concreto.

El diagrama de los elementos de soporte se muestra en la figura 20.

El eje a utilizar será de 3.81 cms o igual a 1.5 plg.

Los cojinetes a utilizar serán “cojinetes de pie” para el diámetro indicado del eje, es decir 38 mm.

**Figura 26. Ilustración de elementos de soporte**



#### 4.1.1 Elementos de unión

##### 4.1.1.1 Tornillos de anclaje, cojinetes

La elección del cojinete se hace en la página web de SKF:

[http://www.skf.com/portal/skf/home/products?paf\\_dm=shared&maincatalogue=1&lang=es&newlink=2\\_0\\_1](http://www.skf.com/portal/skf/home/products?paf_dm=shared&maincatalogue=1&lang=es&newlink=2_0_1)

En esta página se elige un cojinete de soporte, con diámetro interno de 40 mm y el resultado son 3 opciones, según se muestra en la figura 27.

**Figura 27. Opciones de cojinetes**

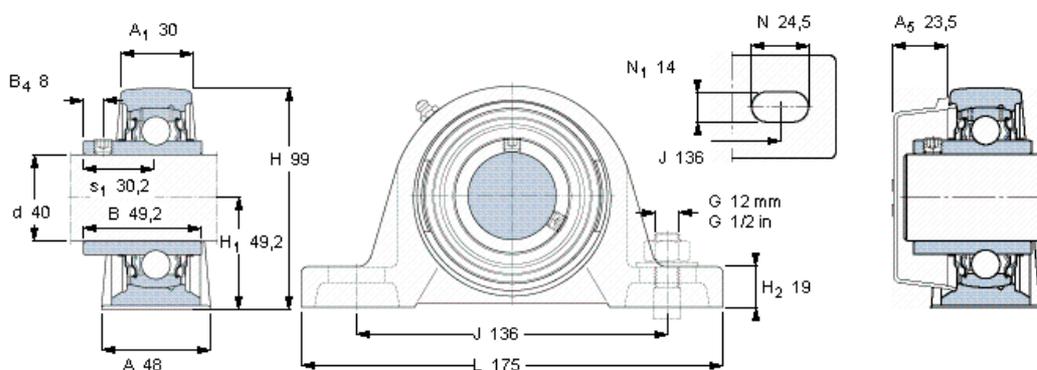
Soportes de pie con rodamientos Y, soporte de fundición, prisionero											
Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad límite con eje de tolerancia h6	Masa	Designaciones		
d	A	H	H <sub>1</sub>	L	C	C <sub>0</sub>			Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
mm					kN		rpm	kg	-		
40	48	99	49,2	175	30,7	19	4800	1,80	<b>SY 40 TF</b>	SY 508 M	YAR 208-2F
40	48	99	49,2	175	30,7	19	2800	1,80	<b>SY 40 TR</b>	SY 508 M	YAR 208-2RF
40	49	99	49,2	184	30,7	19	4800	1,85	<b>SYJ 40 TF</b>	SYJ 508	YAR 208-2F

Fuente: [http://www.skf.com/portal/skf/home/products?paf\\_dm=shared&maincatalogue=1&lang=es&newlink=2\\_0\\_1](http://www.skf.com/portal/skf/home/products?paf_dm=shared&maincatalogue=1&lang=es&newlink=2_0_1)

Considerando que las revoluciones de trabajo son prácticamente mínimas se elige el segundo del listado, siendo este el SY-40-TR, y para este las dimensiones son según se muestran en la figura 28.

**Figura 28. Dimensiones del cojinete**

Soportes de pie con rodamientos Y, soporte de fundición, prisionero										
Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad límite con eje de tolerancia h6	Masa	Designaciones	
d	A	H	H <sub>1</sub>	L	C	C <sub>0</sub>			Unidad de rodamiento	Soporte
mm					kN		rpm	kg	-	
40	48	99	49,2	175	30,7	19	2800	1,80	SY 40 TR	SY 508 M



**Prisionero**  
Par de apriete recomendado, Nm  
Tamaño de la llave hexagonal, mm

Fuente: [http://www.skf.com/portal/skf/home/products?paf\\_dm=shared&maincatalogue=1&lang=es&newlink=2\\_0\\_1](http://www.skf.com/portal/skf/home/products?paf_dm=shared&maincatalogue=1&lang=es&newlink=2_0_1)

#### 4.1.2 Cimentación

Este trabajo no desarrollará ningún cálculo estructural sobre la cimentación, sin embargo esta es necesaria para soportar y dar estabilidad a la estructura.

Un tanto sobreestimada se considerará una cimentación de 1 x 1 mts, con un espesor de 15 cm, utilizando concreto de resistencia 210 kgf/cm<sup>2</sup>, el refuerzo metálico es un requisito, pero no se definirá en este trabajo.

#### 4.1.3 Base

Son dos bases, sobre las cuales se montará la talanquera.

Cada base estará formada por un tubo de acero cédula 50 de 6" de diámetro x 1.40mts de longitud, dispuesto verticalmente; en la parte superior se apoyará un cojinete y en el extremo inferior estará soldado a una plancha metálica de 30 x 30 cms x 13mm de espesor (1/2"), siendo esta plancha la que irá anclada al cimiento, tal es mostrado en la figura 26.

#### 4.1.4 Anclaje

Cada base se anclará a la cimentación de concreto mediante tornillos de anclaje. Del catálogo de Hilti se ha escogido efectuar el anclaje tornillos de la serie HLC-HX de dimensiones de 1/2" x 3", cuyas especificaciones se muestran en la figura 29.

**Figura 29. Especificaciones del tornillo de anclaje.**

Anclaje de camisa

opciones.

Para fijaciones universales carga mediana.



Áreas de Aplicación

- Material base: concreto sólido y hueco, ladrillos sólidos y huecos.
- Fijaciones a través del material a fijar como Fachadas ligeras a medianas, cámaras de TV, paneles de control, etc.

#### Anclaje de Camisa HLC-HX Fraccional

Descripción	Diám. Broca	Empo. & Long. Del anclaje	Long. de rosca usable	Cargas Permisibles en concreto 2000 PSI (140 kg/cm <sup>2</sup> )				Cant. Caja	No. Item
				Tracción		Corte			
				(kg)	(lb)	(kg)	(lb)		
HLC HX 5/16x1-5/8	5/16"	1-1/8"	1/2"	124	275	185	410	100	00336242
HLC HX 3/8x1-7/8	3/8"	1-1/4"	5/8"	192	425	308	680	50	00336246
HLC HX 3/8x3	3/8"	1-1/4"	1-3/4"	192	425	308	680	50	00336247
HLC HX 1/2x2-1/4"	1/2"	1-1/2"	3/4"	340	750	435	960	50	00336255
HLC HX 1/2x3"	1/2"	1-1/2"	1-1/2"	340	750	435	960	25	00336256

Fuente: <http://www.festo.com/StartPage/Default.aspx>

#### 4.1.5 Cronograma

En su orden, cada una de las operaciones a realizar para el montaje de la talanquera son:

Soldar el eje a la talanquera.

Fabricar las dos bases.

Fundir la cimentación de concreto.

Anclar las bases a la cimentación.

Montar los cojinetes sobre las bases.

Montar el eje en los cojinetes.

Montar el cilindro neumático de doble efecto en la talanquera y bases, según se muestra en la figura 20.

Elaborar el circuito neumático, según se muestra en la figura 23 y alimentarle aire a presión.

El desarrollo de estas operaciones lleva una secuencia cronológica que se detalla en la tabla VII.

**Tabla VII. Cronograma para montaje**

<b>Operación</b>	<b>DIA 1</b>	<b>DIA 2</b>
Soldar el eje a la talanquera.	0.5 hrs	
Fabricar las dos bases.	1.0 hrs	
Fundir la cimentación de concreto.	1.0 hrs	

Continúa

Anclar las bases a la cimentación.		1.0 hrs
Montar los cojinetes sobre las bases.		0.5 hrs
Montar el eje en los cojinetes.		0.5 hrs
Montar el cilindro neumático de doble efecto en la talanquera y bases		1.0 hrs
Elaborar el circuito neumático		1.5 hrs

Básicamente deben ser 2 días de montaje por el tiempo que se requiere para el endurecimiento de la cimentación de concreto.

## 4.2 Mantenimiento

### 4.2.1 Mantenimiento a la red neumática

#### 4.2.1.1 Preventivo

El objetivo del mantenimiento preventivo es minimizar la probabilidad de fallo en el circuito neumático y cuyas causas podrían ser las siguientes:

Desgaste de componentes y de conductos. El desgaste se debe, principalmente, a los siguientes factores:

El medio ambiente.

La calidad del aire comprimido.

Movimiento relativo de los componentes.

Componentes sometidos a esfuerzos indebidos.

Estas causas pueden provocar los siguientes problemas:

Obtención de las tuberías.

Agarrotamiento de elementos.

Rotura.

Fugas.

Caída de presión.

#### 4.2.1.1.1 Beneficios

Entre los beneficios de aplicar un adecuado plan de mantenimiento a la instalación neumática, se pueden mencionar:

Reducción de costes de operación.

Maximizar la vida útil de todos los elementos que conforman el circuito neumático.

Fiabilidad en la operación del equipo.

#### 4.2.1.1.2 Puntos de inspección y control

Los puntos a inspeccionar en busca de alguna situación irregular son:

Unidad de mantenimiento.

Elementos: mandos, reguladores, cilindro.

Tubería y mangueras.

Sujeciones del cilindro.

#### 4.2.1.1.3 Conservación de las unidades de mantenimiento

Filtro del aire comprimido. Debe revisarse periódicamente el nivel de agua condensada, que no debe sobrepasar nunca la altura marcada. De lo contrario, el agua podría ser arrastrada hasta la tubería por el aire comprimido. Para purgar el agua condensada hay que abrir el tornillo existente en la mirilla. Algunas disponen de dispositivos de purga automática, por lo que debe comprobarse su correcto funcionamiento.

Regulador o Válvula reguladora. Siempre que esté precedida por un correcto sistema de filtrado, no necesita más mantenimiento que comprobar la ausencia de fugas.

Lubricador. Verificar el nivel de aceite y, si es necesario, añadir hasta el nivel marcado. Los filtros de plástico y los recipientes de los lubricadores no deben limpiarse con disolventes, dado que pueden dañarlos. Para los lubricadores, utilizar únicamente aceites minerales de la viscosidad y componentes adecuados.

#### 4.2.1.1.4 Rutinas y actividades

La tabla VIII detalla las actividades de mantenimiento a ejecutar.

**Tabla VIII. Actividades de mantenimiento en red neumática.**

Actividad
En la unidad de mantenimiento, revisar el nivel del agua condensada
En la unidad de mantenimiento, revisar que la válvula reguladora esté libre de fugas
En la unidad de mantenimiento, verificar el nivel de aceite.
Revisar a lo largo del circuito la ausencia de fugas, esto incluyendo tubería, mangueras, mandos, reguladores y cilindro

Continúa

Revisar que las sujeciones del cilindro estén perfectamente alineadas para que no estén provocando esfuerzos fuera del eje de acción del cilindro.

#### 4.2.1.1.5 Frecuencia y duración

En la tabla IX se define la frecuencia de las actividades de la tabla VIII.

**Tabla IX. Frecuencia en actividades de mantenimiento a red neumática.**

<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>
En la unidad de mantenimiento, revisar el nivel del agua condensada	Diario
En la unidad de mantenimiento, revisar que la válvula reguladora esté libre de fugas	Semanal
En la unidad de mantenimiento, verificar el nivel de aceite.	Semanal
Revisar a lo largo del circuito la ausencia de fugas, esto incluyendo tubería, mangueras, mandos, reguladores y cilindro	Semanal
Revisar que las sujeciones del cilindro estén perfectamente alineadas para que no estén provocando esfuerzos fuera del eje de acción del cilindro.	Semanal

#### 4.2.1.1.6 Registros

En la sección 5.2.2 se establece el formato para la toma de registros de las actividades de inspección.

#### 4.2.1.2 Correctivo

##### 4.2.1.2.1 Tratamiento de impurezas

Las impurezas en forma de partículas de suciedad u óxido, residuos de aceite lubricante y humedad dan origen muchas veces a averías en las instalaciones neumáticas y a la destrucción de los elementos neumáticos.

El aire con impurezas significa que el sistema de filtrado ya no está funcionando por lo tanto hay que limpiar los filtros reutilizables y sustituir los desechables.

##### 4.2.1.2.2 Tratamiento de fugas

Las fugas del aire comprimido elevan los costos de operación, provocan caídas de presión y se reduce la fiabilidad en la operación de los equipos.

Las medidas correctivas a aplicar son:

Reemplazar válvulas y accesorios defectuosos.

Si es causado por daños, revisar las condiciones ambientales y proteger zonas vulnerables.

Proteger mangueras sujetas a difíciles condiciones ambientales.

#### 4.2.2 Mantenimiento a la estructura de la talanquera

La estructura de la talanquera está constituida por 3 partes: contrapeso, pluma y soporte.

El objetivo del mantenimiento es garantizar que cada una de estas partes funcione sin problemas.

#### 4.2.2.1 Preventivo

##### 4.2.2.1.1 Beneficios

Reducción de costes de operación.

Maximizar la vida útil de todos los elementos que conforman el circuito neumático.

Fiabilidad en la operación del equipo.

##### 4.2.2.1.2 Puntos de inspección y Control

Los únicos puntos a inspeccionar son cada una de las partes de la talanquera, es decir pluma y contrapeso.

##### 4.2.2.1.3 Lubricación de partes móviles

Se identifican únicamente 4 partes móviles:

Los dos cojinetes.

Las dos sujeciones del cilindro (en la talanquera y en la base)

##### 4.2.2.1.4 Protección de corrosión

La única medida contra la corrosión, será la aplicación de pintura anticorrosiva.

##### 4.2.2.1.5 Rutinas y actividades

Las rutinas de inspección, en busca de irregularidades serán:

Revisión visual minuciosa en la pluma, en busca de puntos de oxidación.

Revisión visual minuciosa en la pluma, en busca de fisuras.

Revisión visual al contrapeso en busca de agrietamientos.

#### 4.2.2.1.6 Frecuencia y duración

Ninguna de las irregularidades que pueda presentar la estructura representará un grado de emergencia, por tal razón, las rutinas definidas se ejecutarán una vez al mes.

#### 4.2.2.1.7 Registros

En la sección 5.2.2 se establece el formato para la toma de registros de las actividades de inspección.

### 4.2.2.2 Correctivo

#### 4.2.2.2.1 Tratamiento de corrosión

Los puntos de corrosión se trataran inmediatamente, el procedimiento, simple: se pulirá el área afectada y se le aplicará una protección de pintura anticorrosivo.

#### 4.2.2.2.2 Tratamiento de deformaciones

Considerando la talanquera formada por el contrapeso y la pluma, de estos sólo la pluma puede sufrir alguna deformación y solamente puede ser producida por un factor externo, principalmente una colisión que como consecuencia genere un pandeo.

Para corregir un pandeo, habrá que desmontar la talanquera y efectuar una reparación en frío, fijando ambos extremos de la pluma y aplicando una fuerza en el punto donde parte el pandeo, de manera que se retorne la pluma a su eje original.

#### 4.2.2.2.3 Tratamiento de fisuras

Tanto en el contrapeso como en la pluma pueden presentarse fisuras, el tratamiento será distinto en uno y otro elemento.

Las fisuras o grietas en el contrapeso se trataran mediante una inyección epóxica.

Las fisuras en la pluma se corregirán mediante soldeo con arco eléctrico, con electrodo revestido.

## **4.3 Seguridad Industrial**

### **4.3.1 Objetivos de la señalización de seguridad**

Las señales de Seguridad resultan de la combinación de formas geométricas y colores, a las que se les añade un símbolo o pictograma atribuyéndoseles un significado determinado en relación con la seguridad, el cual se quiere comunicar de una forma simple, rápida y de comprensión universal.

A la hora de señalar se deberán tener en cuenta los siguientes principios:

La correcta señalización resulta eficaz como técnica de seguridad, pero no debe olvidarse que por sí misma, nunca elimina el riesgo.

La puesta en práctica del sistema de señalización de seguridad no dispensará, en ningún caso, de la adopción por los empresarios de las medidas de prevención que correspondan.

A los trabajadores se les ha de dar la formación necesaria para que tengan un adecuado conocimiento del sistema de señalización.

### **4.3.2 Señalización**

#### **4.3.2.1 Óptica**

##### **4.3.2.1.1 Señales de prohibición**

Señal de prohibición a utilizar: Prohibido el paso de peatones, ésta se muestra en la figura 30.

La razón de esta señal es por que la talanquera estará en un paso de vehículos pesados, no es un paso peatonal.

**Figura 30. Señal “Prohibido el paso a los peatones”**

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROHIBIDO PASAR A LOS PEATONES		NEGRO	ROJO	BLANCO	

Fuente: <http://www.mtas.es/insht/index.htm>

#### 4.3.2.1.2 Señales de obligación

Señal de obligación a utilizar: “Protección obligatoria de la cabeza”, esta se muestra en la figura 31.

**Figura 31. Señal “Protección obligatoria de la cabeza.”**

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
PROTECCION OBLIGATORIA DE LA CABEZA		BLANCO	AZUL	BLANCO	

Fuente: <http://www.mtas.es/insht/index.htm>

#### 4.3.2.1.3 Señales de advertencia

Con la talanquera abierta, alguien puede pensar que puede pasar por debajo sin problema, hay riesgo que coincida en el momento que está bajando la talanquera y esto tendría un efecto de golpe desde arriba, que puede considerarse como riesgo de cargas suspendidas, por lo tanto, esta señal también deberá considerarse, tal como se muestra en la figura 32.

**Figura 32. Señal “Riesgo de cargas suspendidas”**

SIGNIFICADO DE LA SEÑAL	SIMBOLO	COLORES			SEÑAL DE SEGURIDAD
		DEL SIMBOLO	DE SEGURIDAD	DE CONTRASTE	
RIESGO DE CARGAS SUSPENDIDAS		NEGRO	AMARILLO	NEGRO	

Fuente: <http://www.mtas.es/insht/index.htm>

#### 4.3.2.1.4 Señales de información

Junto a la talanquera se colocará una señal de información que indicará el peso de la misma (726kgf = 1,600 lbs), con el objeto de advertir lo doloroso que podría ser el ser golpeado por tal mecanismo.

#### 4.3.2.1.5 Avisos de seguridad

Un aviso de seguridad con el mensaje “**Guarde su distancia**”, podría complementar las señales en cuanto al tema de seguridad dirigida al peatón.

También habrá que colocar un aviso de seguridad con el mensaje “**Espere que pare la talanquera**”, dirigido a los pilotos para evitar algún accidente con la talanquera y el vehículo.

#### 4.3.2.1.6 Colores de señalización

Los colores de la señalización, según corresponda a prohibición, obligación y riesgo; están indicados claramente en las figuras 30, 31 y 32.

#### 4.3.2.2 Acústica

Una alarma acústica puede colocarse también; esta se debería activar en cualquier momento que la talanquera se ponga en movimiento, a manera de advertir que la talanquera está en movimiento y sugerir mantener la distancia respectiva.

#### 4.3.3 Condiciones seguras de operación

En la medida que se respeten y acaten las señales de seguridad, se dispondrá de condiciones más seguras de operación, reduciendo significativamente la probabilidad de algún accidente.

### 4.4 Evaluación de costos

#### 4.4.1 Economía de los equipos neumáticos

El aire comprimido es una fuente cara de energía, pero, sin duda, ofrece indudables ventajas. La producción y acumulación del aire comprimido, así como su distribución a las máquinas y dispositivos suponen gastos elevados. Pudiera pensarse que el uso de aparatos neumáticos está relacionado con costos especialmente elevados. Esto no es exacto, pues en el cálculo de la rentabilidad es necesario tener en cuenta, no sólo el costo de energía, sino también los costos que se producen en total. En un análisis detallado, resulta que el costo energético es despreciable junto a los salarios, costos de adquisición y costos de mantenimiento.

#### 4.4.2 Determinación de costos

##### 4.4.2.1 Costo de fabricación

##### 4.4.2.1.1 Costo de materiales

Se obtuvo un sondeo de costos de materiales distribuidos por proveedores locales, estos se detallan en la tabla X.

**Tabla X. Costos de materiales.**

Material	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	unidad de costo	COSTO
Varilla de hierro corrugado de 3/4	25.20	mts	5.43	Q/mt	136.94
Varilla de hierro corrugado de 5/8	33.09	mts	4.53	Q/mt	149.84
Concreto 3003	0.30	mts <sup>3</sup>	700.00	Q/mt3	210.00
Pintura anticorrosiva	2.00	gls	225.00	Q/gl	450.00
Electrodos Hobart tipo E6010	4.00	lbs	9.00	Q/lb	36.00
Cojinetes SY-40-TR marca SKF	2.00	u	375.00	Q/u	750.00
Cilindro de doble efecto marca Festo DSN-25-250-P	1.00	u	4200.00	Q/u	4,200.00
Tubería de aluminio de 1/4" de diámetro	10.00	mts	175.00	Q/mt	1,750.00
Codos p tubería de aluminio de 1/4"	5.00	u	115.00	Q/u	575.00
Unidad de mantenimiento neumático	1.00	u	240.00	Q/u	240.00

Continúa

Válvula reguladora de caudal	2.00	u	116.00	Q/u	232.00
Válvula 4/2 con muelle pulsador	1.00	u	1400.00	Q/u	1,400.00
					10,129.78

#### 4.4.2.1.2 Costo de mano de obra

En la tabla V se determinó que para una producción mensual de 100 talanqueras se requiere del trabajo de 7 personas.

Con esta información se tiene:

$$\frac{100 \text{ talanqueras}}{7 \text{ persona}} = 14.29 \frac{\text{talanq}}{\text{pers}}$$

Partiendo de un salario mensual de Q1,400.00 por persona:

$$1400 \frac{Q}{\text{pers}} \times \frac{\text{persona}}{14.29 \text{ talanqueras}} = 97.97 \frac{Q}{\text{talanquera}}$$

#### 4.4.2.1.3 Costo de instalación

Los costos por materiales en la instalación se detallan en la tabla XI.

**Tabla XI. Costo de instalación**

<b>Material</b>	<b>Cantida d</b>	<b>Unid ad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>unida d de costo</b>	<b>COSTO</b>
Tubo metálico cédula 50 de 6"	2.80	mts	350.00	Q/mt	980.00
Plancha metálica de 1/2" espesor	0.20	mts2	900.00	Q/m2	180.00
Concreto 3003 p cemento	0.15	mts3	700.00	Q/mt3	105.00
Tornillos HLC-HX 1/2" X 3	8.00	u	20.00	Q/u	160.00
1 eje de 1 1/2" x 1mt	1.00	u	240.00	Q/u	240.00
					1,665.00

#### 4.4.2.2 Costo de operación

##### 4.4.2.2.1 Consumo diario de aire comprimido

El consumo de aire únicamente será cada vez que se deba permitir el paso de un vehículo, entonces se abrirá y cerrará la talanquera.

Ya en la sección 3.2.1.6 se estimó un consumo de aire de 1.44mts<sup>3</sup>/hr y considerando una jornada de operación de 10hrs, se tiene:

$$\text{Consumo total de aire} = 1.44 \frac{\text{mts}^3}{\text{hr}} \times 10 \text{ hrs} = 14.4 \text{mts}^3$$

#### 4.4.2.2.2 Costo del aire comprimido

Según información de Kaeser<sup>1</sup>, el precio promedio por metro cúbico de aire comprimido es €0.015 que traducido a nuestra moneda es 0.15Q/mt<sup>3</sup>.

El costo del aire comprimido utilizado diariamente es:

$$\text{Costo diario aire comprimido} = 0.15 \times 14.4 = Q 2.16$$

La talanquera no es un mecanismo de operación continua y por ello un muy bajo costo por consumo de aire comprimido.

#### 4.4.2.2.3 Costo de mantenimiento

Anualmente se renovará la pintura y según su estado se reemplazará la unidad de mantenimiento, en tal caso los costos principales anuales serían:

$$\text{Costo Anual} = 450.00 + 240.00 = 690.00$$

---

<sup>1</sup> <http://cl.kaeser.com/Images/KAESER-Report-CL-tcm54-7486.pdf>

#### 4.4.3 Estimación de la vida útil de la estructura

No hay fórmula para esta estimación, sin embargo las consideraciones a tomar en cuenta son:

El contrapeso es de concreto de resistencia  $210 \text{ kgf/cm}^2$  y no está sometido a fuerza alguna.

El brazo de talanquera es una configuración tridimensional, a base de celosía Warren, geoméricamente indeformable y con una capacidad de soportar la aplicación de una fuerza de  $1.422 \text{ KN}$ . y al igual que el contrapeso, no está sometida a fuerza alguna.

Los elementos que más desgaste sufrirán son los cojinetes, aún así, estos están diseñados para trabajar a altas revoluciones. Puede observarse en la figura 28 que la revolución de trabajo es  $2800\text{rpm}$  y la operación de la talanquera no superará los  $5\text{rpm}$ .

Bajo las condiciones mencionadas, es obvio que cada una de las partes está diseñada para condiciones de trabajo significativamente muy superiores a las que en realidad estarán sometidas; se puede considerar por lo tanto, la estructura con una vida útil ilimitada.



## **5 MEJORA CONTINUA**

### **5.1 Oportunidades de mejora en la operación de la talanquera**

Toda operación es factible de mejora; en la operación de la talanquera se podrían tener algunas consideraciones a futuro, tales como:

Instalar un semáforo accionado por un microswitch, el semáforo mostrará una luz roja mientras la talanquera esté en movimiento de apertura y mostrará una luz verde cuando en apertura alcance su posición final. Esta señal visual daría mayor seguridad a los pilotos.

Una barrera de protección al contrapeso para asegurar que nadie pueda ser golpeado o prensado por el movimiento de éste.

Instalar un sensor de proximidad que anuncie el acercamiento de un vehículo.

### **5.2 Control**

#### **5.2.1 Puntos de control**

Unidad de mantenimiento.

Elementos: mandos, reguladores, cilindro.

Tubería y mangueras.

Sujeciones del cilindro.

Pluma y

Contrapeso

## 5.2.2 Formatos de control

El control de inspecciones se llevará en un formato sencillo, pues las rutinas no requieren mayor complejidad, este se muestra en la figura 33.

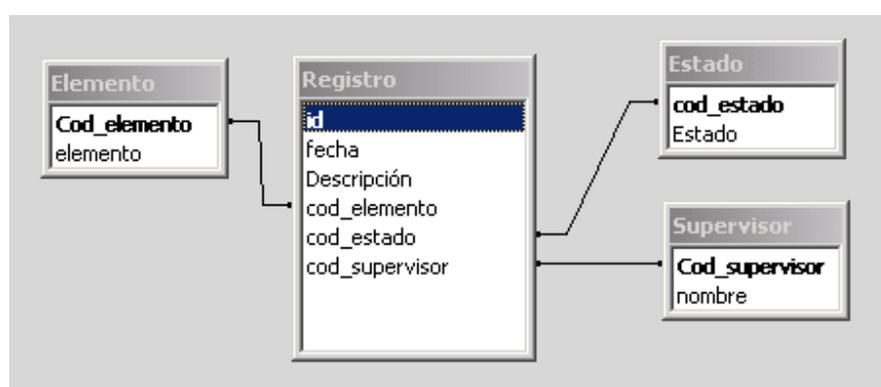
**Figura 33. Formato de inspecciones.**

HOJA DE CONTROL DE INSPECCIONES					
TALANQUERA NEUMATICA					
id	Fecha	Elemento a inspeccionar	Estado	Descripción	Supervisor
1	15/01/2007	Circuito neumático	OK		JUAN PEREZ
2	22/01/2007	Circuito neumático	FUGA DE AIRE	En una de las entradas al cilindro	JUAN PEREZ
3	29/01/2007	Circuito neumático	OK		JUAN PEREZ
4	29/01/2007	Pluma de talanquera	OK		JUAN PEREZ
5	29/01/2007	Contrapeso	OK		JUAN PEREZ
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

### 5.2.3 Base de datos para registro de información

La base de datos para el registro de la información obtenida en el formato de la figura 33, debe considerar cuatro tablas y relacionadas entre si, tal como se muestra en la figura 34.

**Figura 34. Base de datos para registro de información.**



El tipo de dato sugerido a utilizar por campo y por tabla se muestra en la tabla XII.

**Tabla XII. Tipo de datos por campo y tabla.**

Tabla	Campo	Tipo de Dato	Descripción
Elemento	Cod_elemento	Numérico	Código de elemento
Elemento	elemento	Texto	Cualquiera de los elemento a inspeccionar
Estado	cod_estado	Numérico	Código de estado
Estado	Estado	Texto	Estado de un elemento al inspeccionarlo
Registro	id	Numérico	correlativo de registro

---

Continúa

Registro	fecha	Fecha/Hora	Fecha del registro
Registro	Descripción	Texto	Descripción del resultado
Registro	cod_elemento	Texto	elemento
Registro	cod_estado	Texto	estado
Registro	cod_supervisor	Texto	supervisor
Supervisor	Cod_supervisor	Numérico	código de supervisor
Supervisor	nombre	Texto	persona que hace la inspección

#### 5.2.4 Procedimientos de análisis

Ya se ha establecido la larga vida útil que se espera del mecanismo, bajo tal circunstancia los problemas que se puedan presentar serán mínimos.

Para obtener un análisis de valor de la información de las inspecciones, habrá que esperar un tiempo significativo de recolección de información, podría ser este período de 12 meses.

#### 5.2.5 Reportes

A continuación los reportes sugeridos.

Reporte de fallas por rango de tiempo.

Reporte de rutinas por elemento por rango de tiempo.

Reporte de tiempo sin problemas.

## CONCLUSIONES

1. Se ha elevado significativamente la seguridad en la operación de la talanquera, al ser operada remotamente y con el área debidamente señalizada sobre advertencias de la operación del mecanismo.
2. En el diseño del mecanismo se ha efectuado una integración de conceptos correspondientes a áreas importantes de la Ingeniería Mecánica Industrial, tales como: neumática, mecánica analítica, resistencia de materiales, procesos productivos y mantenimiento.
3. El mecanismo final de la talanquera resultó con un peso considerable, ya que es movilizada con un esfuerzo mínimo gracias a que se encuentra en total equilibrio y pivoteada en su centro de masas.
4. El punto de ubicación del pivote de la estructura se determinó mediante un análisis de centro de masas.
5. El diseño del brazo de la pluma fue a manera de maximizar su resistencia y minimizar su peso lineal, concebido de una forma estructural que cumple estos requisitos, tal como lo es la celosía Warren.
6. El aire comprimido resultó ser la mejor fuente de energía para la operación del mecanismo, pues al utilizarse con el cilindro adecuado produce un movimiento a velocidad constante, necesario para mantener un equilibrio dinámico en la estructura.
7. El costo de operación es significativamente bajo, ya que el consumo de aire comprimido es mínimo debido a que la operación de la talanquera no es un proceso continuo.
8. El circuito neumático necesario para la operación es un esquema simple compuesto por un cilindro y 3 accesorios de operación únicamente.

9. La talanquera dispone de una vida útil ilimitada, pues es una estructura diseñada geométrica y físicamente para soportar altas cargas, sin embargo no está sometida a absolutamente ninguna fuerza, por lo tanto el sistema en si, durante su operación sufrirá el menor desgaste posible.
10. La talanquera puede producirse en línea, con procesos definidos y factibles de optimizar mediante las técnicas de producción respectivas.
11. El mecanismo es factible de someterse a un proceso de mejora continua, mediante una base de datos que lleve registro y retroalimente información de su operación.

## RECOMENDACIONES

1. El personal que opere el mecanismo debe conocer su funcionamiento y cumplir con las instrucciones de operación segura, a manera de maximizar las condiciones de seguridad.
2. Cualquier modificación que en el futuro se quiera aplicar al mecanismo, deberá tomar muy en cuenta que el peso significativo de la estructura requiere que siempre se mantenga en total equilibrio (estático y dinámico). Cualquier alteración del equilibrio puede causar efectos adversos en el funcionamiento del mecanismo.
3. La celosía Warren es aplicable a cualquier estructura donde se demande alta resistencia, resulta ser geoméricamente indeformable y relativamente liviana en comparación con otro tipo de estructuras.
4. Debe garantizarse la pureza del aire con el debido mantenimiento de los filtros, de esta forma el fluido de trabajo garantizará una operación sin problemas.
5. El mecanismo tiene prácticamente una vida útil ilimitada, sin embargo, para ello deben aplicarse las prácticas de mantenimiento establecidas.
6. Al momento de considerar personal para la fabricación en línea del mecanismo, deberá tomarse en cuenta que la operación que mayor tecnicismo requiere es la correspondiente a la soldadura de piezas. Las personas asignadas deberá tener el expertiz requerido sobre la operación.
7. Las inspecciones en la operación establecidas deben cumplirse en los tiempos establecidos y a los elementos definidos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. INTECAP. **Soldadura SEA-SOA**. (Guatemala: Reproducciones del INTECAP, 1992) pp. 68-90.
2. McGraw-Hill. **Equipos industriales, Guía práctica para reparación y mantenimiento**. (México: Tipográfica Barsa, S.A., 1987) p. 229.
3. Del Razo, Hernández Adolfo. **Sistemas Neumáticos e Hidráulicos: Apuntes de Teoría**. (México: Editorial U.P.I.I.C.S.A., 2001) pp. 10-50
4. Deppert W. / K. Stoll. **Aplicaciones de neumática**. (España: Editorial Marcombo, Barcelona 2001)
5. A.Paz, Departamento de física aplicada. **Celosías ideales**. (España: Editorial Universidad politécnica de Cataluña, 2002)
6. Marks. **Manual del Ingeniero Mecánico**. (México: Editorial McGraw Hill, 1998.)
7. Web de Festo: <http://www.festo.com/StartPage/Default.aspx>
8. Web del Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, España. <http://www.mtas.es/insht/index.htm>