

DISEÑO Y CÁLCULO
DE UNA
ATRACCIÓN MECÁNICA

ANEJO IV: ANTEPROYECTO (PFC1)

Tutor: David Sánchez Molina

Autor: Óscar Álvarez Cherta

Especialidad: Mecánica

Primavera 2010

Índice

1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO	3
2. REDACCIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES BÁSICAS	5
3. ESTUDIO DE LAS POSIBLES SOLUCIONES ALTERNATIVAS	12
4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO	14
5. PLANIFICACIÓN DE LAS TAREAS A REALIZAR	15
6. PLANOS Y ESQUEMAS	16

1. Definición del proyecto

Objetivo

El objetivo del proyecto es diseñar una atracción mecánica para el entretenimiento. Ésta pretende hacer una simulación aproximada del vuelo de un aparato aéreo, como son el helicóptero, los aviones y las naves.

La atracción se basa en el giro sobre un eje fijo a una velocidad elevada, además cada punto de giro que esté provisto de cabinas para los pasajeros tendrá ciertos movimientos de inclinación respecto a la vertical, con lo cual visto desde un plano superior se describirán trayectorias en espiral. También está dotada de un giro perpendicular a la trayectoria de 360 grados, emulando con éste un movimiento en tirabuzón.

Justificación

He escogido este proyecto porque engloba varios conocimientos de los impartidos en esta carrera universitaria, en concreto el cálculo de estructuras, el de instalaciones eléctricas y el de componentes hidráulicos.

Resulta también atractiva la idea de realizar la atracción a partir de un concepto básico, pudiendo escoger las demás características, llegando siempre a soluciones razonables.

Alcance

El proyecto parte de la definición de las ecuaciones del movimiento que deseamos ejecutar en nuestra atracción y de las características principales de ésta.

A partir de éstas realizamos un estudio de las fuerzas que intervienen en el sistema durante todo su funcionamiento. Así podemos analizar los esfuerzos que sufre la estructura durante el transcurso de un ciclo y hacer un pre-dimensionado de las barras.

Una vez tenemos la estructura escogemos los sistemas mecánicos más adecuados para resolver las sollicitaciones cinemáticas y pasamos a hacer el cálculo de éstos.

Con estos elementos definidos podemos volver sobre el dimensionado estructural y obtener los perfiles requeridos en nuestra estructura. Además calcularemos los elementos auxiliares necesarios para el uso de la atracción.

2. Redacción de las especificaciones básicas

Empezamos ajustando los parámetros básicos de nuestra atracción:

Velocidad de rotación principal (ω_1) $\rightarrow \frac{2\pi}{8} \text{ Rad} / \text{s} \rightarrow 45^\circ / \text{s}$

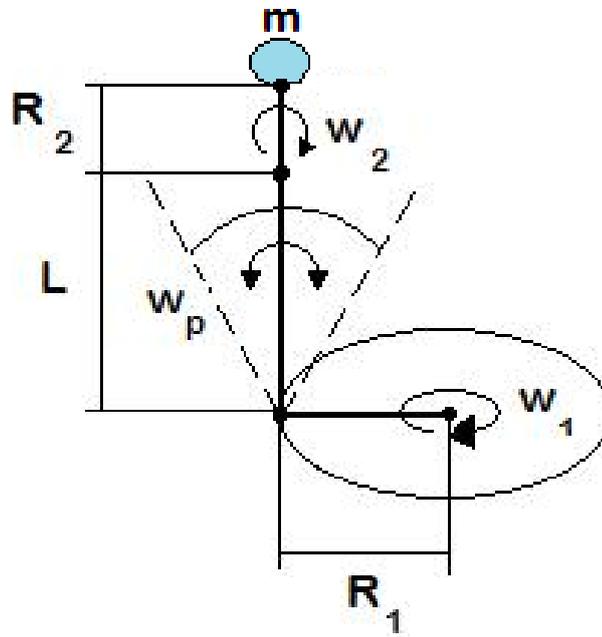
Radio de rotación principal (R_1) $\rightarrow 4 \text{ m}$

Velocidad de giro del brazo principal (ω_p) $\rightarrow \frac{15^\circ}{\text{s}}$

Longitud del brazo principal (L) $\rightarrow 5 \text{ m}$

Velocidad de rotación del brazo (ω_2) $\rightarrow \frac{2\pi}{4} \text{ Rad} / \text{s} \rightarrow 45^\circ / \text{s}$

Radio de rotación del brazo (R_2) $\rightarrow 2 \text{ m}$



También definimos las ecuaciones del movimiento

- $$\begin{aligned}
 \mathbf{x} &= R_1 * \text{COS}(w_1 * t) \\
 &+ L * (\text{SENO}(w_p * t_p) * \text{COS}(w_1 * t + \pi/2) + \text{SENO}(w_p * t_p) * \text{COS}(w_1 * t)) \\
 &+ R_2 * \text{SENO}(\text{SI}(Y(A7 \geq 32; A7 < 36); w_2; 0) * t) * \text{COS}(w_1 * t)
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 \mathbf{y} &= R_1 * \text{SENO}(w_1 * t) \\
 &+ L * (\text{SENO}(w_p * t_p) * \text{SENO}(w_1 * t + \pi/2) \\
 &+ \text{SENO}(w_p * t_p) * \text{SENO}(w_1 * t) \\
 &+ R_2 * \text{SENO}(\text{SI}(Y(A7 \geq 32; A7 < 36); w_2; 0) * t) * \text{SENO}(w_1 * t)
 \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned}
 \mathbf{z} &= R_2 * \text{COS}(w_p * t_p) * \text{COS}(w_p * t_p) \\
 &+ R_2 * \text{COS}(\text{SI}(Y(A7 \geq 32; A7 \leq 36); w_2; 0) * t)
 \end{aligned}$$

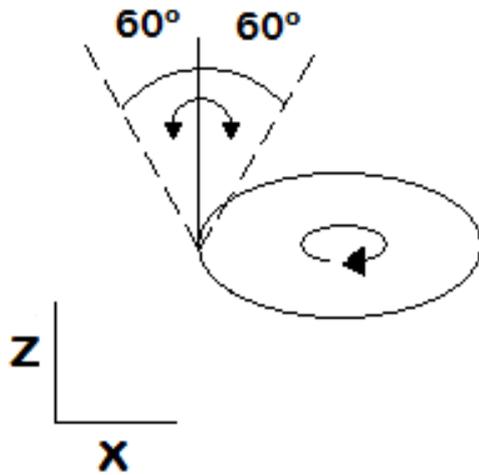
Derivando estas respecto del tiempo obtendremos la velocidad en cada dirección, y derivando ésta tendremos la aceleración.

Mediante una hoja de cálculo podremos evaluar las ecuaciones para cada instante de tiempo que queramos considerar.

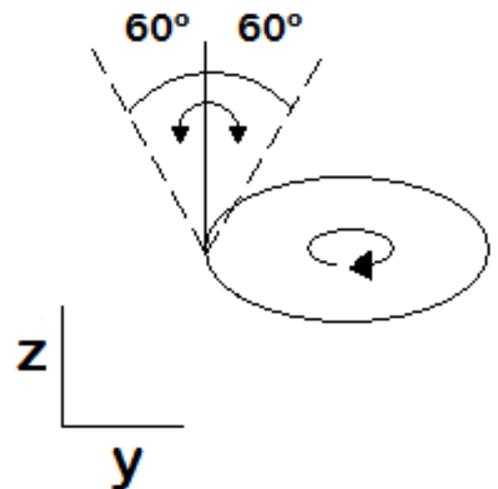
El estudio comprende una duración del viaje de noventa y dos segundos. En el cual los pistones actuarán hasta llegar a una inclinación del brazo de $\pm 60^\circ$ respecto a la vertical, a razón de 15 grados por segundo durante 4 segundos, ejecutándose cada pistón en diferentes secuencias para no alterar el eje de giro. Es decir primero se inclinará hacia el sentido negativo de del eje x y volverá a la vertical, después lo hará sobre el eje y; luego se repetirá el mismo procedimiento, inclinación en x, inclinación en y, pero en el sentido positivo de los ejes.

Descripción del movimiento del pistón

MOVIMIENTO EN X



MOVIMIENTO EN Y



Elegiremos el tipo de pistón en función de la carrera, para que sea compatible en nuestro mecanismo, además tendremos en cuenta que la presión sea suficiente. Determinados los pistones elegiremos una bomba que nos pueda aportar dicha presión.

Concretamos el número de personas que ocuparán el habitáculo y estimaremos la masa total del conjunto.

$$m = 2 * 100 * 1,6 = 320 \text{ Kg}$$

Esta masa se utilizará para hacer los cálculos estructurales con lo cual no podrá ser sobrepasada en ningún caso.

A partir de la masa y la aceleración obtendremos las fuerzas totales. Una vez conocidas las fuerzas podremos hacer el pre-dimensionado de las barras que componen la estructura y determinar el par máximo que necesitará nuestro motor. Al tratarse de una masa considerable a unas velocidades elevadas, girando a una cierta distancia, el resultado es un par muy alto, con lo cual necesitamos utilizar un reductor.

Escogeremos el motor S1 refrigerado por agua y bobinado G4 de la siguiente tabla para los dos movimientos de rotación ajustándolos con las reducciones adecuadas para conseguir el par solicitado.

Características del motor

 - MDD SN/SW 250 X

Caudal refrigerante <i>Liquid coolant flow</i>	29.8 l/min	Rodamientos <i>Bearings</i>	Delantero <i>Drive End</i>	6220 + 29420E				Trasero <i>Non Drive End</i>	6312 ZZ C3				
Temp. Máx. refrigerante <i>Max Liquid Coolant Temp</i>	35 °C	Momento de inercia <i>Rotor Inertia</i>	J =	2.089 Kg m ²				Motor completo <i>Complete Motor</i>	Peso Motor Completo <i>Complete Motor Weight</i>				865.0 Kg
Presión refrigerante <i>Coolant pressure</i>	1.5 bar	Protección <i>Protection Degree</i>	completo <i>complete</i>	IP 54				Rotor+Estator <i>Frameless</i>	IP 21 *		Refrigeración <i>Cooling</i>	IC410 aire <i>air</i>	IC97W agua <i>water</i>
Equilibrado grado <i>Balancing degree</i>	N	Aislamiento Clase <i>Insulation Class</i>	F	Protección Térmica <i>Thermal Protection</i>				PTC 140 °C				Ambiente <i>Ambient</i>	< 40 °C < 1000 m
Nº de Polos <i>Nr. of Poles</i>	16	* al tratarse de un kit rotor-estator (frameless) el grado de protección del conjunto dependerá de la envolvente en la que se integre * as a rotor-stator kit, (frameless), the protection degree of the assembly will depend on the surrounding where it is embedded											
Tensión de red RMS <i>Network Voltage RMS</i>	Vrms	400 V				Tensión de bus DC del convertidor <i>Inverter DC Bus Voltage</i>	Vdc	560 V					

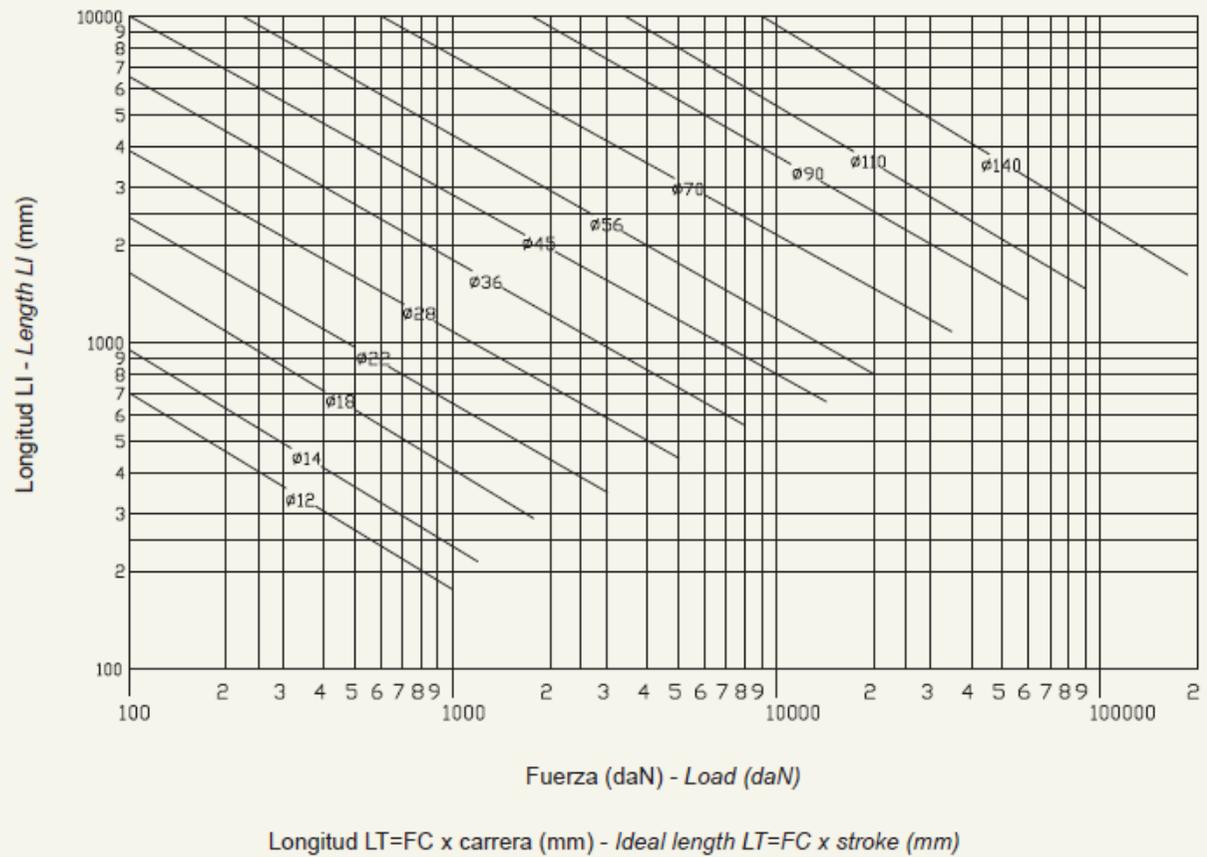
Bobinado <i>Winding</i>	Motor en vacío <i>No loaded motor</i>				S1 Refrigeración por aire SN <i>Air cooled SN</i>				S6 40% Refrigeración por aire SN <i>Air cooled SN</i>				S1 Refrigeración por agua SW <i>Water cooled SW</i>				Pico máximo <i>Max. Peak</i>			
	Nm	rpm	Hz	A	Nm	rpm	Hz	A	Nm	rpm	Hz	A	Nm	rpm	Hz	A	Nm	rpm	Hz	A
A2	45	88	12	0.9	1500	66	9	20.6	2372	53	7	32.3	2900	45	6	39.5	5059	24	3	68.4
B2	45	105	14	1.1	1500	81	11	24.5	2372	67	9	38.5	2900	59	8	47.1	5070	34	5	82.3
C2	45	140	19	1.4	1500	113	15	32.6	2372	95	13	51.3	2900	84	11	62.7	5076	53	7	109.7
D2	45	210	28	2.1	1500	176	24	48.9	2372	151	20	76.9	2900	135	18	94.0	5083	90	12	164.5
E2	45	251	34	2.5	1500	214	29	58.7	2372	183	24	92.3	2900	165	22	112.8	5084	109	15	197.4
F2	45	315	42	3.2	1500	270	36	73.4	2372	233	31	115.3	2900	210	28	141.0	5085	143	19	246.7
G2	45	379	51	3.9	1500	326	44	88.1	2372	282	38	138.4	2900	255	34	169.2	5084	173	23	296.1
D4	45	424	57	4.3	1500	360	48	97.9	2372	313	42	153.8	2900	285	38	188.1	5084	195	26	329.0
E4	45	506	68	5.3	1500	435	58	117.6	2372	377	50	184.6	2900	341	46	225.8	5082	236	32	394.7
F4	45	634	85	6.9	1500	548	73	147.2	2372	477	64	231.0	2900	435	58	282.4	5080	296	40	493.3
G4	45	758	101	8.5	1500	660	88	176.9	2372	576	77	277.3	2900	525	70	339.1	5078	360	48	592.0

Características del pistón

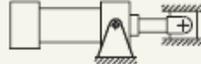


CD STANDARD / STANDARD			
Cilindro según norma <i>Standard cylinders</i>	ISO 6020/2 - 1991 a tiranti / <i>tie rods</i>	DIN 24554	
Presion <i>Pressure</i>	trabajo <i>operating</i>	máxima <i>peak</i>	prueba <i>test</i>
bar	160	210	240
Velocidad máxima <i>Max speed</i>	standard	baja fricción / <i>low-friction</i> (Y) (W)	
m/s	0.5	1	
Temperatura fluido <i>Fluid temperature</i>	standard	Viton® W	
°C	-20 +80	-20 +150	
Carrera máxima <i>Max stroke</i>	4000		
Tolerancia para carrera <i>Stroke tolerance</i>	0 + 2 mm Norma ISO 8131		
Fluido <i>Fluid</i>	Aceite hidráulico mineral / <i>Hydraulic mineral oil</i> Ester fosforico / <i>Phosphoric esters</i> (W) Agua-glicol / <i>HFC-fluid</i> (N)		
Viscosidad / <i>Viscosity</i>	12... 90 mm ² /S		

TABLA PARA DETERMINACIÓN CILINDRO / ROD SELECTION CHART



**FACTOR DE LA CARRERA "FC"
STROKE "FC" FACTOR**

-  $F_c=0.7$
-  $F_c=1.5$
-  $F_c=0.7$
-  $F_c=1$
-  $F_c=1.5$
-  $F_c=2$
-  $F_c=2$
-  $F_c=4$
-  $F_c=2$

1. Estudio de las posibles soluciones alternativas

Nos hemos planteado que tipo de motor utilizar, dos de las posibles soluciones más convenientes son el uso de motores hidráulicos o el uso de motores eléctricos.

A continuación veremos sus características y decidiremos cual es más adecuado para nuestra atracción.

Motores hidráulicos

Fácil variación de velocidades, regulando el volumen de fluido.

La relación entre el torque y la velocidad es aproximadamente lineal. El límite de torque se determina por la presión limitante y el torque de arranque es aproximadamente igual al de funcionamiento.

Permite arranques y paradas rápidos debido al pequeño momento de inercia.

Permite relaciones bajas de peso potencia, lo que posibilita alcanzar altas velocidades de inyección del material.

Son de tamaño reducido y pueden girar en los dos sentidos, pero el par es pequeño, son ruidosos, pueden trabajar a altas velocidades pero de forma análoga a los motores de paletas, su rendimiento cae a bajas velocidades.

Motores eléctricos

Tiene un par de giro elevado y, según el tipo de motor, prácticamente constante. Su rendimiento es muy elevado (típicamente en torno al 80%, aumentando el mismo a medida que se incrementa la potencia de la máquina).

Conclusión

Escogemos el tipo de motor en función de nuestras solicitudes, que son de un par y una velocidad elevados

Así desestimamos el motor hidráulico puesto que podría proporcionarnos un par elevado pero lo haría a bajas velocidades.

Podría resultar también interesante usar el motor hidráulico para variar el régimen de giro, pero no ha sido ese el objeto del proyecto, sino que hemos pensado en un régimen constante de velocidades elevadas.

Por tanto usaremos el motor eléctrico que cumple con las solicitudes especificadas y además tiene un gran rendimiento y no precisa de mantenimiento exhaustivo, más si lo comparamos con el de las instalaciones hidráulicas.

4. Evaluación económica del proyecto

Estructura	22.000 €
Instalaciones	47.000 €
TOTAL	69.000 €

Detalle estructura

<u>Perfil</u>	<u>Longitud (m)</u>	<u>Peso (kg/m)</u>	<u>Precio (€/kg)</u>	<u>Precio total (€)</u>
UPN 80	32	8,6	1,8	495,36
UPN 100	32	10,6	1,8	610,56
UPN 160	80	18,8	1,8	2707,2
UPN 260	120	37,9	1,8	8186,4
UPN 280	40	41,8	1,8	3009,6
IPE 80	60	6	1,8	648
Auxiliares				6000
			TOTAL	21657,12 €
			L	

Detalle instalaciones

<u>Componente</u>	<u>Unidades</u>	<u>Precio (€)</u>	<u>Precio total (€)</u>
Motor	2	6000	12000
Pistón	16	2000	32000
Bomba	4	500	2000
Varios	1	1000	1000
		TOTAL	47000 €

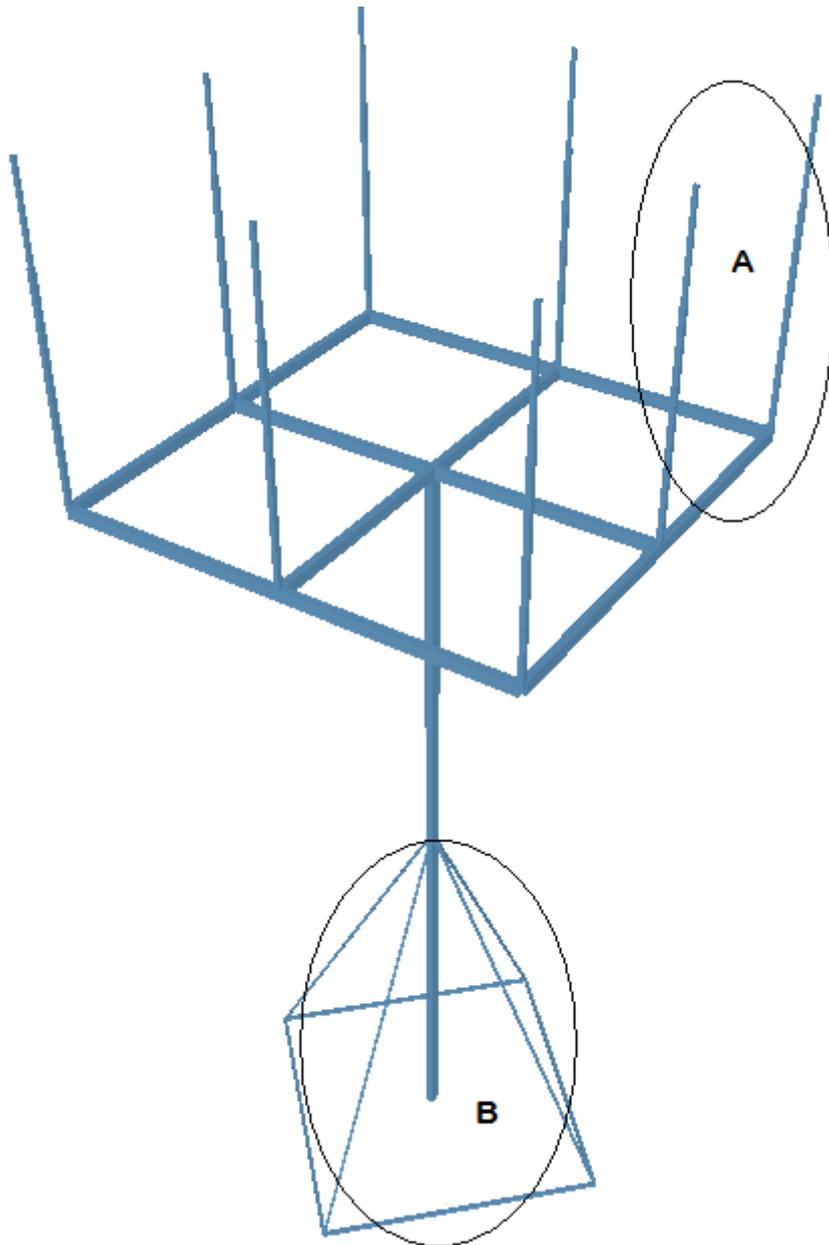
5. Planificación de las tareas a realizar

El planteamiento de carga de trabajo total del PFC2 es de 320 horas, repartidas en 16 semanas a 20 horas cada una. Siguiendo esta pauta de trabajo elaboramos la planificación de las tareas a realizar.

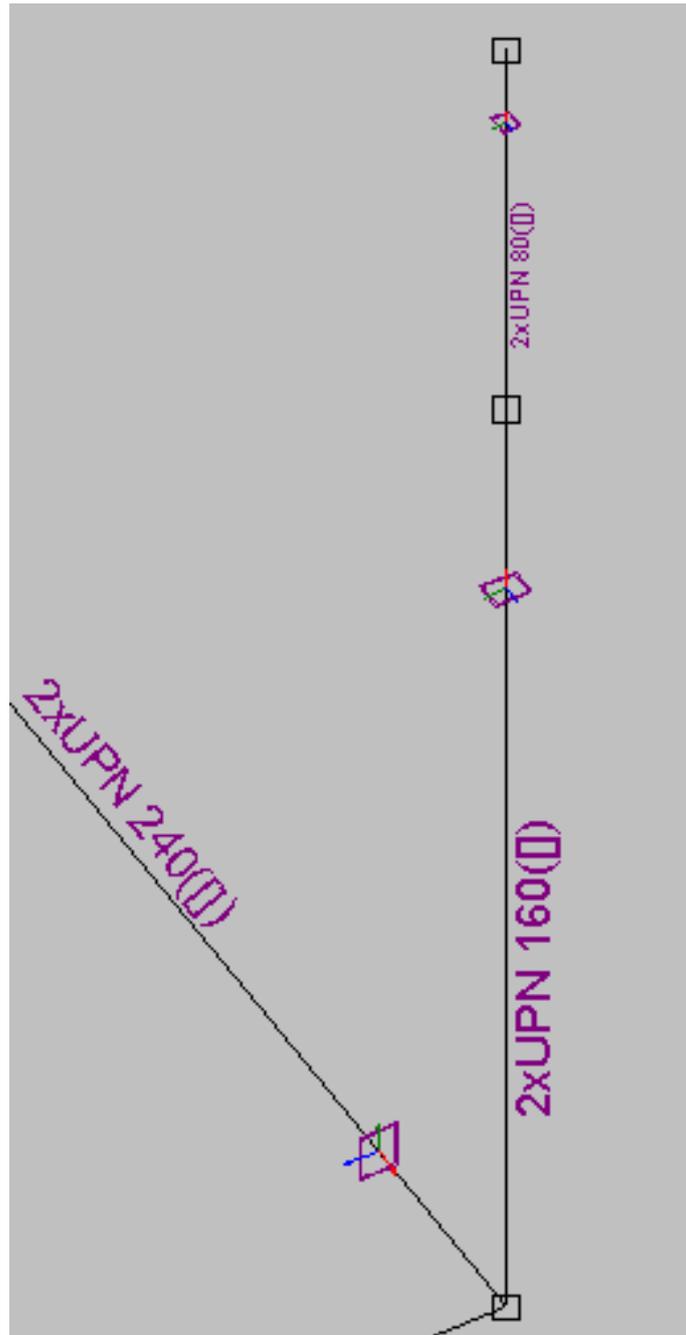
Semana 1	Diseño de los elementos estructurales
Semana 2	Estudio exhaustivo de las cargas
Semana 3	Confección de diagramas de esfuerzos
Semana 4	Cálculo de componentes auxiliares
Semana 5	Confección de planos de la estructura y sus componentes
Semana 6	Cálculo de la instalación eléctrica
Semana 7	Confección de planos y esquemas eléctricos
Semana 8	Cálculo de la instalación hidráulica
Semana 9	Confección de planos de la instalación hidráulica
Semana 10	Redacción de la memoria
Semana 11	Elaboración de planos
Semana 12	Redacción del pliego de condiciones
Semana 13	Redacción del presupuesto
Semana 14	Redacción del anejo
Semana 15	Resolución final del trabajo
Semana 16	Preparación de la presentación

6. Planos y esquemas

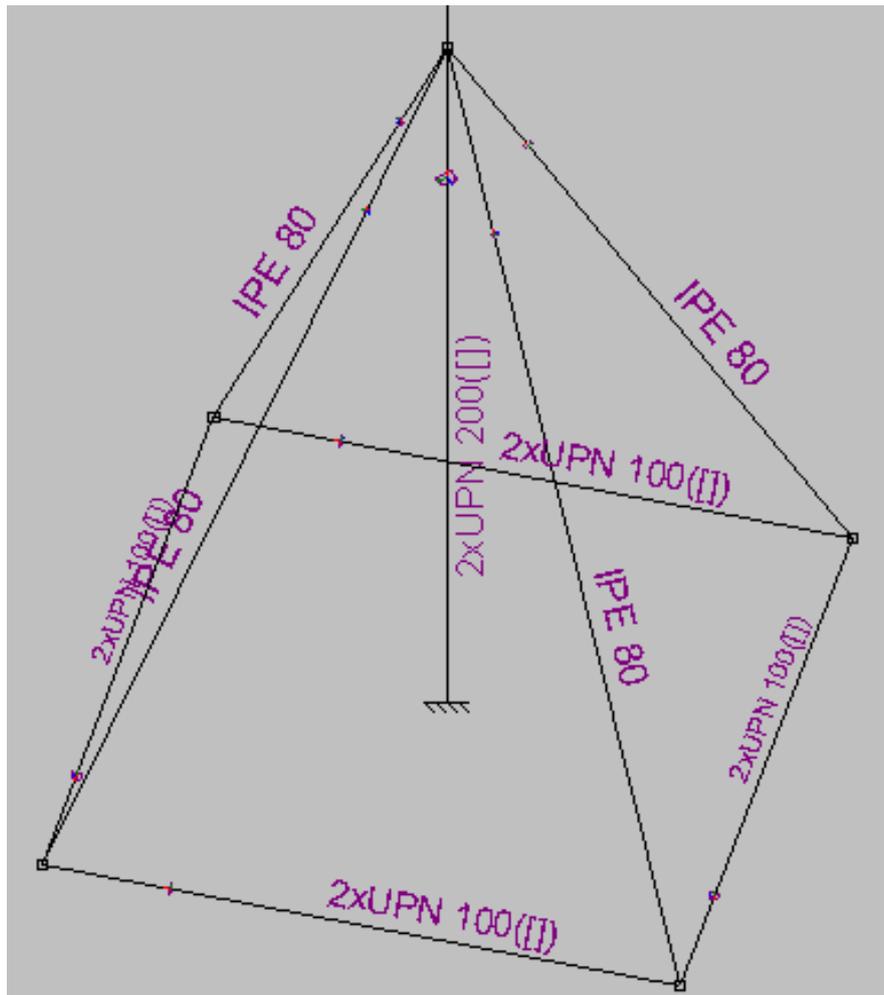
Estructura



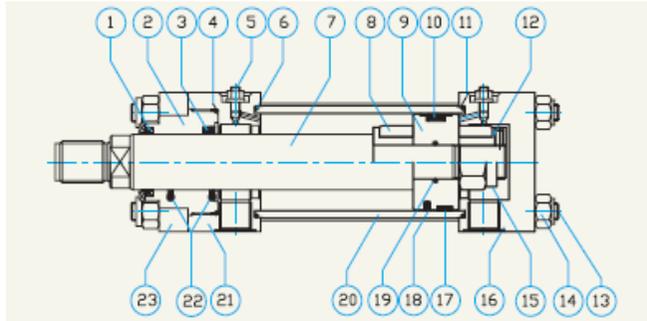
Detalle A



Detalle B

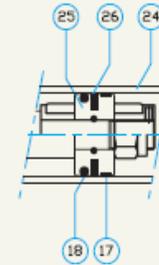


Plano del Pistón



Ref. Ref.	Componentes Components	Material Material	Especificaciones Specifications
1	Rascador Wiper	Poliuretano Polyurethane	
2	Guía vástago Guide bushing	Bronce Bronze	
3	Junta vástago (standard) Rod seal (standard)	Poliuretano Polyurethane	
4	Junta OR con aro antiextrusion O-Ring seal with anti-extrusion	Goma nitrilo + ptfé Nitrile rubber + ptfé	
5	Tornillo de regul. amortig. (tapon) Cushioning adjusting (air bleeder)	Acero Steel	
6	Junta OR O-Ring seal	Goma nitrilo Nitrile rubber	
7	Vástago Piston rod	Acero cromado Chromeplated steel	spess. 0.025 mm ISO 17 - Ra 0.20 µm
8	Amortiguación anterior Front cushioning	Acero templado Tempered steel	
9	Pistón Piston	Acero Steel	
10	Junta pistón (standard) Piston seal (standard)	NBR/Acetal/POM NBR/Acetal/POM	
11	Junta OR O-Ring seal	Goma nitrilo Nitrile rubber	
12	Amortiguación posterior Rear cushioning	Acero templado Tempered steel	
13	Tirante Tie rod	Acero endurecido Hardened steel	Laminado Rolled

MD Versión magnética / Magnetic version



Ref. Ref.	Componentes Components	Material Material	Especificaciones Specifications
14	Tuerca autoblocante para tirante Tie-rod self-locking nut	Acero Steel	
15	Tuerca autoblocante para vástago Rod self-locking nut	Acero Steel	
16	Cabezal posterior Rear end cap	Acero Steel	Pulido Burnished
17	Pattini antifrizzione (Y) (W) Low-friction bearings (Y) (W)	Resina de fenol Phenolic	
18	Juntas pistón (Y) (W) Piston seal (Y) (W)	Goma nitrilo + ptfé Nitrile rubber + ptfé	Cava Grove ISO 7425/2
19	Juntas OR O-Ring seal	Goma nitrilo Nitrile rubber	
20	Camisa Cylinder body	Acero Steel	Labeado / Honed H8 - Ra 0.40 µm
21	Cabezal anterior Front end cap	Acero Steel	Pulido Burnished
22	Juntas vástago (Y) (W) Rod seals (Y) (W)	Goma nitrilo + ptfé Nitrile rubber + ptfé	Cava Grove ISO 7425/1
23	Cierre brida Closing flange	Acero Steel	Brunito Burnished
MD CILINDRO MAGNÉTICO / MAGNETIC CYLINDER			
24	Camisa Cylinder body	Tubo no magnético Non-magnetic tube	
25	Pistón magnético Magnetic piston	AISI	
26	Magnético Magnet		