

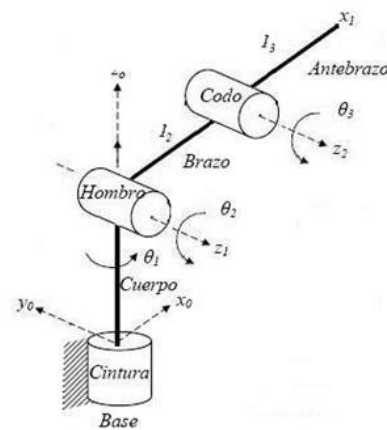
ANEXO 1: MODELO CINEMÁTICO Y DINÁMICO

1. MODELO CINEMÁTICO:

1.1 Modelo Cinemático Directo:

Para desarrollar el modelo cinemático directo, se sigue el algoritmo de Denavit-Hartenberg (DH). Este es un método para representar la geometría espacial de los elementos de una cadena cinemática con respecto a un sistema de referencia fijo.

Se tiene una configuración de la cadena cinemática que considera 3 grados de libertad principales (la cintura, hombro y codo). El siguiente diagrama de bloques cinemáticos representa los grados de libertad a analizar:



*Figura 1: Diagrama de bloques cinemático de robot
Fuente: Tesis CINEDET*

Luego de la fijación de los diferentes sistemas de coordenadas, se procede a hallar los parámetros DH, estos parámetros vienen representados por θ_i , d_i , a_i , α_i . Los cuales significan lo siguiente:

- θ_i : Es el ángulo que forman los ejes x_{i-1} y x_i medido en un plano perpendicular al eje z_{i-1} , utilizando la regla de la mano derecha.
- d_i : Es la distancia a lo largo del eje z_{i-1} desde el origen del sistema de coordenadas $(i-1)$ -ésimo hasta la intersección del eje z_{i-1} con el eje x_i .
- a_i : Es la distancia a lo largo del eje x_i que va desde la intersección del eje z_{i-1} con el eje x_i hasta el origen del sistema i -ésimo.
- α_i : Es el ángulo de separación del eje z_{i-1} y el eje z_i , medido en un plano perpendicular al eje x_i , utilizando la regla de la mano derecha.

Tabla 1: Parámetros Denavit-Hartenberg

Eslabón	θ_i	d_i	a_i	α_i
1	Θ_1	L1	0	90°
2	Θ_1	0	L2	0
3	Θ_1	0	L3	0

De esta manera se obtiene la matriz de transformación de cada uno de los elementos de la cadena cinemática.

Consideramos $C_i = \text{Cos}\theta_i$ y $S_i = \text{Sen}\theta_i$.

$${}^0A_1 = \begin{bmatrix} C_1 & 0 & S_1 & 0 \\ S_1 & 0 & -C_1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad {}^1A_2 = \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & l_2C_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & l_2S_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad {}^2A_3 = \begin{bmatrix} C_3 & -S_3 & 0 & l_3C_3 \\ S_3 & C_3 & 0 & l_3S_3 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Es así como se obtiene la matriz de transformación homogénea T:

$$T = A_1 * A_2 * A_3$$

$$T = \begin{bmatrix} C_1C_{2+3} & -C_1S_{2+3} & S_1 & l_3C_1C_{2+3} + l_2C_1C_2 \\ S_1C_{2+3} & -S_1S_{2+3} & -C_1 & l_3S_1C_{2+3} + l_2S_1C_2 \\ S_{2+3} & C_{2+3} & 0 & l_3S_{2+3} + l_2S_2 + l_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

De esta matriz de transformación, obtenemos la posición del gripper, que viene dado por la última columna de la matriz T y la cual representa el modelo cinemático directo del robot:

Posición	Ecuación
Eje x	$p_x = l_3C_1C_2C_3 - l_3C_1S_2S_3 + l_2C_1C_2$
Eje y	$p_y = l_3S_1C_2C_3 - l_3S_1S_2S_3 + l_2S_1C_2$
Eje z	$p_z = l_3S_2C_3 + l_3C_2S_3 + l_2S_2 + l_1$

1.2 Modelo cinemático Inverso:

El modelo cinemático inverso puede ser realizado por diversos métodos, en este caso se realizará con el método geométrico. Por lo tanto, se consideran las siguientes relaciones geométricas para la obtención del modelo cinemático inverso:

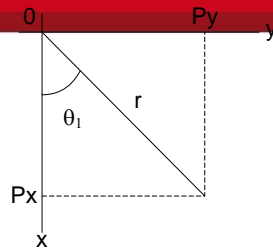


Figura 2: Vista Superior

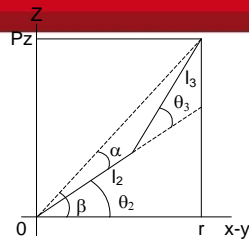


Figura 3: Vista Lateral

El modelo cinemático inverso está formado por las siguientes ecuaciones:

Número de articulación	Ecuación
1	$\theta_1 = \arctg \left(\frac{P_y}{P_x} \right)$
2	$\theta_2 = \arctg \left(\frac{P_z}{\sqrt{P_x^2 + P_y^2}} \right) - \arccos \left(\frac{\sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} + l_3^2 - l_2^2}{2l_3 \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}} \right)$
3	$\theta_3 = \arctg \left(\frac{\pm \sqrt{1 - \cos^2 \theta_3}}{\cos \theta_3} \right)$, siendo $\cos \theta_3 = \frac{r^2 + P_z^2 - l_2^2 - l_3^2}{2l_2 l_3}$

2. MODELO DINÁMICO INVERSO DEL ROBOT

El modelo dinámico inverso del brazo robótico se obtiene mediante las ecuaciones de Euler-Lagrange, para la resolución de dichas ecuaciones, es necesario definir los siguientes parámetros.

Parámetro	Ecuación	Definición
Energía cinética	$K_i(q, \dot{q}) = \frac{1}{2} m_i v^2 + \frac{1}{2} I_i \dot{\theta}^2$	La energía cinética total de un robot manipulador está determinada por la suma de las energías cinéticas (de translación y rotación) de cada uno de sus eslabones.
Energía potencial	$U_i(q) = m_i g h$	La energía potencial total de un robot manipulador está determinada por la suma de las energías potenciales de cada uno de sus eslabones.
Lagrangiano	$L(q, \dot{q}) = K(q, \dot{q}) - U(q)$	Se encuentra determinado por la diferencia entre la energía cinética total y la energía potencial total.
Euler - Lagrange	$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}_i} \right) - \frac{\partial L}{\partial \theta_i} = \tau$	Relación de los torques en cada articulación con las posiciones, velocidades y aceleraciones angulares.

Inicialmente, se halla las energías cinéticas de cada eslabón:

Número de eslabón	Ecuación
1	$K_1(\dot{\theta}, \theta) = \frac{1}{2} I_1 \dot{\theta}_1^2$
2	$K_2(\dot{\theta}, \theta) = \frac{1}{2} m_2 [l_{c2}^2 \dot{\theta}_2^2 + l_{c2}^2 \cos^2 \theta_2 \dot{\theta}_1^2] + \frac{1}{2} I_2 (\dot{\theta}_1^2 + \dot{\theta}_2^2)$
3	$K_3(\dot{\theta}, \theta) = \frac{1}{2} m_3 l_{c3}^2 \dot{\theta}_2^2 + \frac{1}{2} m_3 l_{c3}^2 \dot{\theta}_3^2 + m_3 l_{c3}^2 \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_3 + \frac{1}{2} m_3 l_2^2 \dot{\theta}_2^2 + m_3 l_2 l_{c3} \cos(\theta_2) \cos(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2} m_3 l_{c3}^2 \cos^2(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2} m_3 l_2^2 \cos^2(\theta_2) \dot{\theta}_1^2 + m_3 l_2 l_{c3} \cos(\theta_3) \dot{\theta}_2 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3) + \frac{1}{2} I_3 [\dot{\theta}_1^2 + (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)^2]$
4	$K_4(\dot{\theta}, \theta) = \frac{1}{2} m_f l_3^2 \dot{\theta}_2^2 + \frac{1}{2} m_f l_3^2 \dot{\theta}_3^2 + m_f l_3^2 \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_3 + \frac{1}{2} m_f l_2^2 \dot{\theta}_2^2 + m_f l_2 l_3 \cos(\theta_2) \cos(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2} m_f l_3^2 \cos^2(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2} m_f l_2^2 \cos^2(\theta_2) \dot{\theta}_1^2 + m_f l_2 l_3 \cos(\theta_3) \dot{\theta}_2 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)$

En segundo lugar, se procede hallar las energías potenciales de cada eslabón

Número de eslabón	Ecuación
1	$U_1(\theta) = m_1 g h$
2	$U_2(\theta) = m_2 g (h + l_{c2} \text{sen} \theta_2)$
3	$U_3(\theta) = m_3 g (h + l_2 \text{sen} \theta_2 + l_{c3} \text{sen}(\theta_2 + \theta_3))$
4	$U_4(\theta) = m_f g (h + l_2 \text{sen} \theta_2 + l_3 \text{sen}(\theta_2 + \theta_3))$

En tercer lugar, se procede hallar el lagrangiano del sistema:

Parámetro	Ecuación
Lagrangiano	$L(\dot{\theta}, \theta) = \frac{1}{2} I_1 \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 [l_{c2}^2 \dot{\theta}_2^2 + l_{c2}^2 \cos^2 \theta_2 \dot{\theta}_1^2] + \frac{1}{2} I_2 (\dot{\theta}_1^2 + \dot{\theta}_2^2) + \frac{1}{2} m_3 l_{c3}^2 \dot{\theta}_2^2 + \frac{1}{2} m_3 l_{c3}^2 \dot{\theta}_3^2 + m_3 l_{c3}^2 \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_3 + \frac{1}{2} m_3 l_2^2 \dot{\theta}_2^2 + m_3 l_2 l_{c3} \cos(\theta_2) \cos(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2} m_3 l_{c3}^2 \cos^2(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2} m_3 l_2^2 \cos^2(\theta_2) \dot{\theta}_1^2 + m_3 l_2 l_{c3} \cos(\theta_3) \dot{\theta}_2 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3) + \frac{1}{2} I_3 [\dot{\theta}_1^2 + (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3)^2] + \frac{1}{2} m_f l_3^2 \dot{\theta}_2^2 + \frac{1}{2} m_f l_3^2 \dot{\theta}_3^2 + m_f l_3^2 \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_3 + m_f l_2 l_3 \cos(\theta_2) \cos(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2} m_f l_2^2 \dot{\theta}_2^2 + \frac{1}{2} m_f l_3^2 \cos^2(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + \frac{1}{2} m_f l_2^2 \cos^2(\theta_2) \dot{\theta}_1^2 + m_f l_2 l_3 \cos(\theta_3) \dot{\theta}_2 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3) - m_1 g h - m_2 g (h + l_{c2} \text{sen} \theta_2) - m_3 g (h + l_2 \text{sen} \theta_2 + l_{c3} \text{sen}(\theta_2 + \theta_3)) - m_f g (h + l_2 \text{sen} \theta_2 + l_3 \text{sen}(\theta_2 + \theta_3))$

Desarrollando las ecuaciones de Euler-Lagrange se obtienen las siguientes ecuaciones que representan el modelo dinámico inverso del robot:

Parámetro	Ecuación
Torque 1	$I_1\ddot{\theta}_1 + I_2\ddot{\theta}_1 + I_3\ddot{\theta}_1 + m_2l_{c2}^2 \cos^2 \theta_2 \ddot{\theta}_1 - 2m_2l_{c2}^2 \cos \theta_2 \sin \theta_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 - 2(m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \sin \theta_2 \cos(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2$ $- 2(m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \cos \theta_2 \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3) + 2(m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \cos \theta_2 \cos(\theta_2 + \theta_3) \ddot{\theta}_1$ $- 2(m_3l_{c3}^2 + m_f l_3^2) \sin(\theta_2 + \theta_3) \cos(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3) + (m_3l_{c3}^2 + m_f l_3^2) \cos^2(\theta_2 + \theta_3) \ddot{\theta}_1$ $- 2(m_3 + m_f) l_2^2 \sin \theta_2 \cos \theta_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 + (m_3 + m_f) l_2^2 \cos^2(\theta_2) \ddot{\theta}_1 = \tau_1$
Torque 2	$(m_2l_{c2}^2 + m_3l_{c3}^2 + m_3l_2^2 + m_f l_3^2 + m_f l_2^2) \ddot{\theta}_2 + (m_3l_{c3}^2 + m_f l_3^2) \ddot{\theta}_3 - 2(m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \sin(\theta_3) \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_3$ $- (m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \sin(\theta_3) \dot{\theta}_3^2 + (m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \sin(\theta_2) \cos(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + (m_3 + m_f) l_2^2 \cos(\theta_2) \sin(\theta_2) \dot{\theta}_1^2$ $+ (m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \cos(\theta_3) \ddot{\theta}_3 + (m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \cos(\theta_2) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + (m_3 + m_f) g l_2 \cos \theta_2$ $+ m_2l_{c2}^2 \cos \theta_2 \sin \theta_2 \dot{\theta}_1^2 + (m_3l_{c3}^2 + m_f l_3^2) \cos(\theta_2 + \theta_3) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + 2(m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \cos(\theta_3) \ddot{\theta}_2$ $+ I_3 (\ddot{\theta}_2 + \ddot{\theta}_3) + (m_3l_{c3} + m_f l_3) g \cos(\theta_2 + \theta_3) + m_2 g l_{c2} \cos \theta_2 + I_2 \ddot{\theta}_2 = \tau_2$
Torque 3	$m_3l_{c3}^2 \ddot{\theta}_3 + m_3l_{c3}^2 \ddot{\theta}_2 - m_3l_2l_{c3} \sin(\theta_3) \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_3 + m_f l_3^2 \ddot{\theta}_3 + m_f l_3^2 \ddot{\theta}_2 - m_f l_2 l_3 \sin(\theta_3) \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_3 + m_f l_2 l_3 \cos(\theta_3) \ddot{\theta}_2$ $+ m_3l_2l_{c3} \cos(\theta_2) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + m_3l_2l_{c3} \cos(\theta_3) \ddot{\theta}_2 + m_3l_{c3}^2 \cos(\theta_2 + \theta_3) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + m_f g l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3)$ $+ m_3l_2l_{c3} \sin(\theta_3) \dot{\theta}_2 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3) + m_f l_2 l_3 \cos(\theta_2) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + m_f l_3^2 \cos(\theta_2 + \theta_3) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2$ $+ m_f l_2 l_3 \sin(\theta_3) \dot{\theta}_2 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3) + m_3 g l_{c3} \cos(\theta_2 + \theta_3) + I_3 (\ddot{\theta}_2 + \ddot{\theta}_3) = \tau_3$

ANEXO 2: DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE LOS MOTORES

1. Objetivos:

Realizar la selección de motores para las articulaciones del brazo robótico. Se procederá por hallar el torque necesario para su movimiento, para ello se hace uso del modelo dinámico del robot.

2. Modelo Dinámico:

En el anexo 1 se realizaron los modelos cinemáticos y dinámicos del brazo robótico. En el modelo dinámico se obtuvieron las siguientes ecuaciones en donde se relacionan las longitudes, masas e inercias con las posiciones, velocidades y aceleraciones angulares para obtener el torque necesario:

Tabla 2: Modelo dinámico inverso

Elemento	Ecuación
Torque en base	$I_1\ddot{\theta}_1 + I_2\ddot{\theta}_1 + I_3\ddot{\theta}_1 + m_2l_{c2}^2 \cos^2 \theta_2 \ddot{\theta}_1 - 2m_2l_{c2}^2 \cos \theta_2 \sin \theta_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 - 2(m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \sin \theta_2 \cos(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2$ $- 2(m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \cos \theta_2 \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3) + 2(m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \cos \theta_2 \cos(\theta_2 + \theta_3) \ddot{\theta}_1$ $- 2(m_3l_{c3}^2 + m_f l_3^2) \sin(\theta_2 + \theta_3) \cos(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3) + (m_3l_{c3}^2 + m_f l_3^2) \cos^2(\theta_2 + \theta_3) \ddot{\theta}_1$ $- 2(m_3 + m_f) l_2^2 \sin \theta_2 \cos \theta_2 \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2 + (m_3 + m_f) l_2^2 \cos^2(\theta_2) \ddot{\theta}_1 = \tau_1$
Torque en el hombro	$(m_2l_{c2}^2 + m_3l_{c3}^2 + m_3l_2^2 + m_f l_3^2 + m_f l_2^2) \ddot{\theta}_2 + (m_3l_{c3}^2 + m_f l_3^2) \ddot{\theta}_3 - 2(m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \sin(\theta_3) \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_3$ $- (m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \sin(\theta_3) \dot{\theta}_3^2 + (m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \sin(\theta_2) \cos(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + (m_3 + m_f) l_2^2 \cos(\theta_2) \sin(\theta_2) \dot{\theta}_1^2$ $+ (m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \cos(\theta_3) \ddot{\theta}_3 + (m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \cos(\theta_2) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + (m_3 + m_f) g l_2 \cos \theta_2$ $+ m_2l_{c2}^2 \cos \theta_2 \sin \theta_2 \dot{\theta}_1^2 + (m_3l_{c3}^2 + m_f l_3^2) \cos(\theta_2 + \theta_3) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + 2(m_3l_2l_{c3} + m_f l_2 l_3) \cos(\theta_3) \ddot{\theta}_2$ $+ I_3 (\ddot{\theta}_2 + \ddot{\theta}_3) + (m_3l_{c3} + m_f l_3) g \cos(\theta_2 + \theta_3) + m_2 g l_{c2} \cos \theta_2 + I_2 \ddot{\theta}_2 = \tau_2$
Torque en el codo	$m_3l_{c3}^2 \ddot{\theta}_3 + m_3l_{c3}^2 \ddot{\theta}_2 - m_3l_2l_{c3} \sin(\theta_3) \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_3 + m_f l_3^2 \ddot{\theta}_3 + m_f l_3^2 \ddot{\theta}_2 - m_f l_2 l_3 \sin(\theta_3) \dot{\theta}_2 \dot{\theta}_3 + m_f l_2 l_3 \cos(\theta_3) \ddot{\theta}_2$ $+ m_3l_2l_{c3} \cos(\theta_2) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + m_3l_2l_{c3} \cos(\theta_3) \ddot{\theta}_2 + m_3l_{c3}^2 \cos(\theta_2 + \theta_3) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + m_f g l_3 \cos(\theta_2 + \theta_3)$ $+ m_3l_2l_{c3} \sin(\theta_3) \dot{\theta}_2 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3) + m_f l_2 l_3 \cos(\theta_2) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2 + m_f l_3^2 \cos(\theta_2 + \theta_3) \sin(\theta_2 + \theta_3) \dot{\theta}_1^2$ $+ m_f l_2 l_3 \sin(\theta_3) \dot{\theta}_2 (\dot{\theta}_2 + \dot{\theta}_3) + m_3 g l_{c3} \cos(\theta_2 + \theta_3) + I_3 (\ddot{\theta}_2 + \ddot{\theta}_3) = \tau_3$

3. Datos:

Se tienen como datos del diseño mecánico las longitudes, masas e inercias de cada uno de los elementos utilizados en el modelo dinámico inverso del robot:

Tabla 3: Datos del robot

Elemento	Longitud (mm)	Masa (Kg)	Inercia del Centro de masa respecto al eje X (Kg * mm ²)	Inercia del Centro de masa respecto al eje Y (Kg * mm ²)	Inercia del Centro de masa respecto al eje Z (Kg * mm ²)
Base	-	1.486	4112.282	2444.568	4864.563
Eslabón 2	217	0.573	2331.031	1592.792	2827.574
Eslabón 3	192	0.248	843.855	905.262	339.483
Carga f	0	0.5	0	0	0

4. Cálculo de Torque:

Para la selección de los motores se debe hallar los valores de torque y velocidad.

Para ellos se toma las siguientes consideraciones:

- Se va a considerar una aceleración para que el brazo llegue a 10 RPM en 0.5 segundos en el arranque, por lo tanto $\ddot{\theta} = 2.09 \text{ rad/s}^2$.
- Se considera el caso más crítico que sucede cuando el robot está totalmente estirado de forma horizontal, es decir en la posición de $\theta_2 = 0$ y $\theta_3 = 0$. Este es el caso más crítico al existir un mayor torque en las articulaciones ya que en esa posición el centro de masa se encuentra lo más alejado posible de la articulación.
- Por último, en el caso del giro de la base, θ_1 será indiferente a los cálculos, por lo que se considera cero.

Luego, se procede analizar cada uno de los eslabones por separados considerando solo el movimiento de un eslabón y no de toda la estructura.

4.1 Torque de la base:

Se reemplaza en la ecuación 1 los valores dados en las consideraciones:

Tabla 4: Consideraciones cinemáticas para el cálculo de Torque de la base

Aceleración angular	Velocidad angular	Posición angular
$\ddot{\theta}_1 = 2.09 \text{ rad/s}^2$	$\dot{\theta}_1 = 0 \text{ rad/s}$	$\theta_1 = 0 \text{ rad}$
$\ddot{\theta}_2 = 0 \text{ rad/s}^2$	$\dot{\theta}_2 = 0 \text{ rad/s}$	$\theta_2 = 0 \text{ rad}$
$\ddot{\theta}_3 = 0 \text{ rad/s}^2$	$\dot{\theta}_3 = 0 \text{ rad/s}$	$\theta_3 = 0 \text{ rad}$

Reemplazando en las ecuaciones mostradas de la tabla 1 se obtiene el torque necesario para vencer la inercia en el eje de la base el cual es:

$$T_{1i} = 0.255 \text{ Nm}$$

Sin embargo, también deberá vencerse una fuerza de fricción estática (consideraremos un coeficiente de rozamiento igual a 1).

$$T_{1f} = u * M_{total} * g * (0.0075) = 0.169 \text{ Nm}$$

Por lo tanto, el torque necesario será igual a:

$$T_{1m} = 0.255 + 0.169 = 0.4244 \text{ Nm}$$

4.2 Torque del hombro:

Ahora se analizará el torque del hombro, se reemplaza en la ecuación 2 los valores dados en las consideraciones:

Tabla 5: Consideraciones cinemáticas para el cálculo del torque en el hombro

Aceleración angular	Velocidad angular	Posición angular
$\ddot{\theta}_1 = 0 \text{ rad/s}^2$	$\dot{\theta}_1 = 0 \text{ rad/s}$	$\theta_1 = 0 \text{ rad}$
$\ddot{\theta}_2 = 2.09 \text{ rad/s}^2$	$\dot{\theta}_2 = 0 \text{ rad/s}$	$\theta_2 = 0 \text{ rad}$
$\ddot{\theta}_3 = 0 \text{ rad/s}^2$	$\dot{\theta}_3 = 0 \text{ rad/s}$	$\theta_3 = 0 \text{ rad}$

Reemplazando en las ecuaciones mostradas se obtiene el torque necesario para empezar el movimiento en el hombro:

$$T_2 = 3.32 \text{ Nm}$$

Como existe una reducción por engranajes de 4:1, entonces el torque que el motor requiere viene dado por:

$$T_{m2} = \frac{T_2}{n2} = 0.83 \text{ Nm}$$

4.3 Torque del codo:

Ahora se analizará el torque del codo, se reemplaza en la ecuación 3 los valores dados en las consideraciones:

Tabla 5: Consideraciones cinemáticas para el cálculo del torque en el codo

Aceleración angular	Velocidad angular	Posición angular
$\ddot{\theta}_1 = 0 \text{ rad/s}^2$	$\dot{\theta}_1 = 0 \text{ rad/s}$	$\theta_1 = 0 \text{ rad}$
$\ddot{\theta}_2 = 0 \text{ rad/s}^2$	$\dot{\theta}_2 = 0 \text{ rad/s}$	$\theta_2 = 0 \text{ rad}$
$\ddot{\theta}_3 = 2.09 \text{ rad/s}^2$	$\dot{\theta}_3 = 0 \text{ rad/s}$	$\theta_3 = 0 \text{ rad}$

Reemplazando en las ecuaciones mostradas se obtiene el torque necesario para empezar el movimiento en el hombro:

$$T_3 = 1.61 \text{ Nm}$$

Como existe una transmisión por correas dentadas, se considera una eficiencia del 95%, además hay una reducción por engranajes de 1.33:1, entonces el torque que el motor requiere viene dado por:

$$T_{m3} = \frac{T_3}{n3 * 0.95} = 1.21 \text{ Nm}$$

4.4 Torque de la muñeca:

Los torques necesario para la inclinación y rotación de la muñeca puede considerarse menor a los calculados ya que tan solo sostiene a una carga la cual no es elevada (0.5 kg) porque el robot es para uso educacional e investigación.

Para ello se realiza un cálculo similar a lo realizado anteriormente. Considerando las perdidas por correas dentadas se obtiene un torque necesario para cada motor de 0.22 Nm.

5. Cálculo de velocidades angulares:

Para el cálculo de las velocidades angulares de los motores se considera que la articulación del brazo podrá moverse como máximo a 10 RPM, por la reducción de engranajes se realiza un cálculo similar:

$$w_{m1} = w_1 = 10 \text{ rpm}$$

$$w_{m2} = w_2 * n2 = 40 \text{ rpm}$$

$$w_{m3} = w_3 * n3 = 13.33 \text{ rpm}$$

6. Gráfica Torque vs Velocidad:

De esta manera se selecciona un motor que cumpla tales especificaciones, a continuación se muestra la gráfica Torque – Velocidad del Motor Pololu 12V.

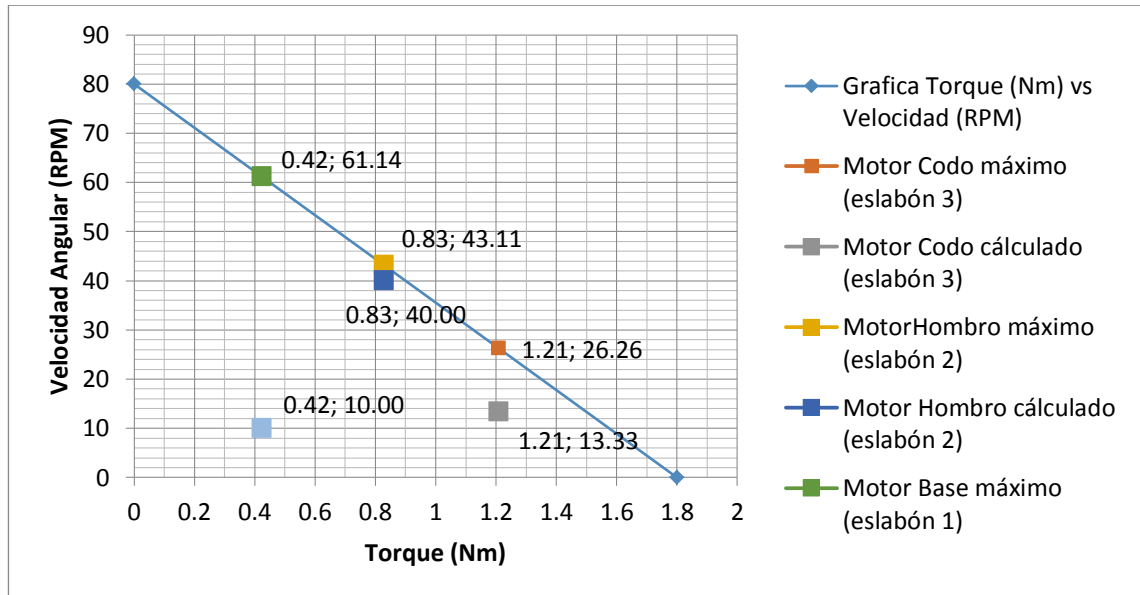


Figura 4: Gráfica de Torque (Nm) vs Velocidad Angular (RPM)
Fuente: Elaboración Propia

La ecuación de la recta es:

$$w = 80 - \frac{80}{1.8} * T$$

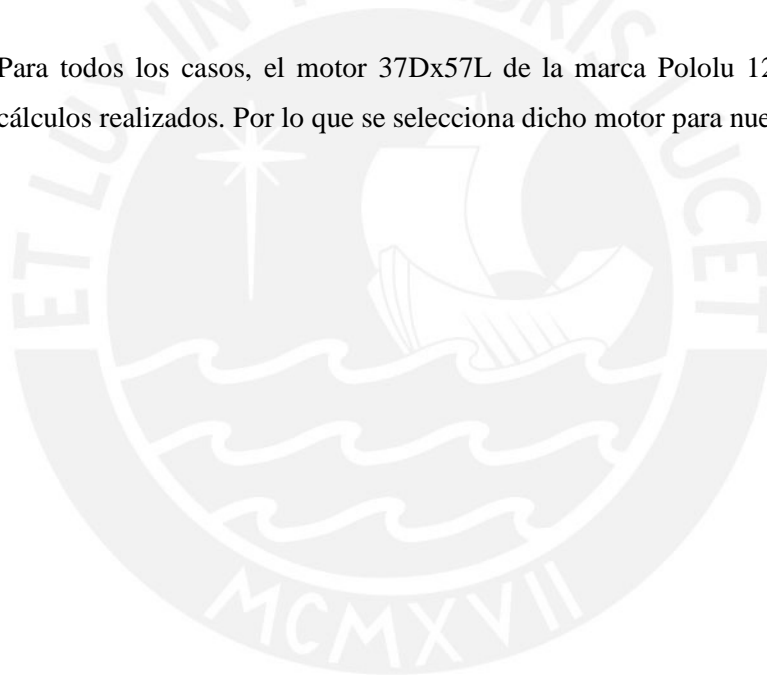
Para el torque de la base que es igual a 0.42 Nm, la velocidad angular puede llegar hasta aproximadamente 61 rpm, mayor a los 10 rpm requerido.

Para el torque de la articulación del hombro que es igual a 0.83 Nm, la velocidad angular puede llegar a tener aproximadamente 43.11 rpm, mayor a los 40 rpm requerido.

Para el torque de la articulación del codo que es igual a 1.21 Nm, la velocidad angular puede llegar a tener aproximadamente 26.26 rpm, mayor a los 13.33 rpm requerido.

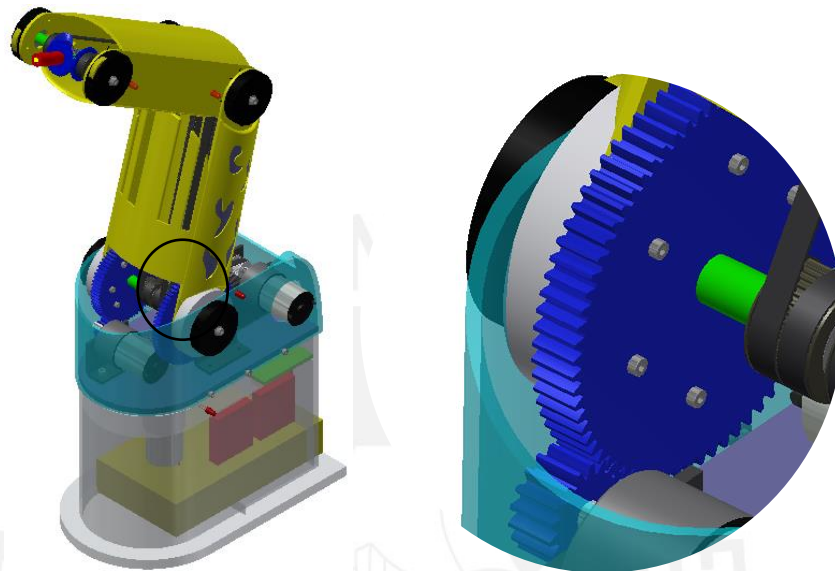
7. Conclusiones:

- La posición crítica para el cálculo de los motores se da cuando los brazos están totalmente estirados de forma horizontal.
- Se considera una aceleración angular de 2.09 rad/s^2 para obtener una velocidad de 10 RPM en 0.5 segundos. Cabe resaltar que también se considera la reducción por engranajes y pérdidas de las fajas. Con los datos especificados se calculó un torque igual a 0.42 Nm para el motor de la base, 1.21 Nm para el motor del codo, 0.83 Nm para el motor del hombro y 0.22 Nm para cada motor que realizará el giro e inclinación de la muñeca.
- Para todos los casos, el motor 37Dx57L de la marca Pololu 12V cumple con los cálculos realizados. Por lo que se selecciona dicho motor para nuestro sistema.



ANEXO 3: CÁLCULO DE ENGRANAJES

1. Cálculo de engranajes de la articulación del hombro:



*Figura A3. 1: Ubicación de engranajes de hombro
Fuente: Elaboración Propia*

El cálculo se realiza mediante el software Autodesk Inventor 2015. A continuación se muestra un reporte detallado que brinda este software:

1.1 Guía

Guía de diseño - Distancia al centro

Guía de correcciones unitarias - Coeficiente en marcha

Tipo de cálculo de carga - Cálculo de la potencia para el par de torsión y la velocidad especificados

Tipo de cálculo de resistencia - Comprobar cálculo

Método de cálculo de resistencia - ISO 6336:1996

1.2 Parámetros comunes

Se consideran parámetros que son comunes en la fabricación de engranajes al tener una geometría estándar que mejora el rendimiento de este tipo de transmisión.

Tabla A3. 1: Parámetros comunes

Coefficiente de engranaje	i	4.0000 su
Coefficiente de engranaje deseado	i_{in}	4.0000 su
Módulo	m	1.100 mm
Ángulo de hélice	β	0.0000 gr
Ángulo de presión	α	20.0000 gr
Distancia al centro	a_w	49.500 mm
Distancia al centro del producto	a	49.500 mm
Corrección unitaria total	Σx	0.0000 su
Separación circular	p	3.456 mm
Separación circular base	p_{tb}	3.247 mm
Ángulo de presión de funcionamiento	α_w	20.0000 gr
Coefficiente de contacto	ε	1.6707 su
Desviación límite del paralelismo entre ejes	f_x	0.0085 mm
Desviación límite del paralelismo entre ejes	f_y	0.0042 mm

1.3 Engranajes

Los parámetros mostrados en la tabla A3.2 son puramente geométricos y tiene relación con el diseño del engranaje el cual se va a utilizar en el hombro del brazo robótico. El número de dientes es de 18 para el engranaje 1 y 72 para el engranaje 2; por lo que la relación de engranajes viene a ser igual a 4.

Además se considera una anchura de cara de 10 mm el cual es relativamente pequeño y nos permite reducir el ancho total de nuestro robot.

Los demás parámetros mostrados son obtenidos de la geometría inicial requerida y de las condiciones de carga a la cual será sometido nuestro juego de engranajes.

Tabla A3. 2: Engranajes

		Engranaje 1	Engranaje 2
Tipo de modelo		Componente	Componente
Número de dientes	z	18 su	72 su
Corrección unitaria	x	0.0000 su	0.0000 su
Diámetro de separación	d	19.800 mm	79.200 mm
Diámetro exterior	d_a	22.000 mm	81.400 mm
Diámetro raíz	d_f	17.050 mm	76.450 mm
Diámetro de círculo base	d_b	18.606 mm	74.424 mm
Diámetro de separación de trabajo	d_w	19.800 mm	79.200 mm
Anchura de cara	b	10.000 mm	10.000 mm
Coeficiente de anchura de cara	b_r	0.5051 su	0.1263 su
Altura de cabeza del diente	a^*	1.0000 su	1.0000 su
Juego	c^*	0.2500 su	0.2500 su
Empalme raíz	r_f^*	0.3500 su	0.3500 su
Grosor de diente	s	1.728 mm	1.728 mm
Grosor de diente tangencial	s_t	1.728 mm	1.728 mm
Grosor de diente sobre cuerda	t_c	1.526 mm	1.526 mm
Altura de cabeza de diente sobre cuerda	a_c	0.822 mm	0.822 mm
Cota sobre cuerda	W	8.396 mm	28.712 mm
Dientes de cota sobre cuerda	z_w	3.000 su	9.000 su
Cota sobre (entre) conductores	M	22.751 mm	82.250 mm
Diámetro de conductor	d_M	2.000 mm	2.000 mm
Desviación límite del ángulo de hélice	F_β	0.0085 mm	0.0095 mm
Oscilación circunferencial radial límite	F_r	0.0130 mm	0.0210 mm
Desviación límite de la separación axial	f_{pt}	0.0065 mm	0.0075 mm
Desviación límite de la separación básica	f_{pb}	0.0061 mm	0.0070 mm
Número virtual de dientes	z_v	18.000 su	72.000 su
Diámetro de separación virtual	d_n	19.800 mm	79.200 mm

Diámetro exterior virtual	d_{an}	22.000 mm	81.400 mm
Diámetro de círculo base virtual	d_{bn}	18.606 mm	74.424 mm
Corrección unitaria sin conicidad	x_z	0.5213 su	-1.1285 su
Corrección unitaria sin entalladura	x_p	-0.0331 su	-3.1915 su
Corrección unitaria con entalladura admitida	x_d	-0.2030 su	-3.3614 su
Truncamiento cabeza diente	k	0.0000 su	0.0000 su
Unidad de grosor del diente exterior	s_a	0.6817 su	0.7945 su
Ángulo de presión en la punta	α_a	32.2505 gr	23.8941 gr

1.4 Cargas

Se considera una velocidad angular de 40 rpm debido a que con la reducción por engranajes $n_2=4$ se obtendrá a la salida una velocidad menor que será igual a 10 RPM. Además el torque de salida aumenta esa misma relación por lo que la potencia de nuestros engranajes es igual a 3.47 Watts, este valor es calculado a partir de la expresión $P=T*w$ donde T representa al torque (calculado en el anexo 2) y “w” representa a la velocidad angular en radianes por segundo. De esta manera son hallados la fuerza axial y normal que soportará los engranes.

Tabla A3. 3: Cargas

		Engranaje 1	Engranaje 2
Potencia	P	0.003 kW	0.003 kW
Velocidad	n	40.00 rpm	10.00 rpm
Par de torsión	T	0.83 N m	3.32 N m
Eficiencia	η	0.980 su	
Fuerza radial	F_r	36.765 N	
Fuerza tangencial	F_t	101.010 N	
Fuerza axial	F_a	0.000 N	
Fuerza normal	F_n	107.493 N	
Velocidad circunferencial	v	0.021 mps	
Velocidad de resonancia	n_{E1}	67723.820 rpm	

1.5 Material

Se escoge Material ULTEM 9085 debido a que tiene una elevada relación resistencia/peso. En esta tabla se colocan las principales características de este material y sus límites de esfuerzo para el caso de tracción y fatiga, que son datos que nos interesa para el diseño de los engranajes.

Tabla A3. 4: Material

		Engranaje 1	Engranaje 2
		ULTEM 9085	ULTEM 9085
Resistencia máxima a tracción	S_u	70 MPa	70 MPa
Límite de elasticidad	S_y	34 MPa	34 MPa
Módulo de elasticidad	E	2200 MPa	2200 MPa
Coefficiente de Poisson	μ	0.300 su	0.300 su
Límite de fatiga por plegado	σ_{Flim}	35.7 MPa	31.0 MPa
Límite de fatiga por contacto	σ_{Hlim}	50.9 MPa	40.1 MPa
Dureza de postizo de diente	JHV	210 su	210 su
Dureza de lado del diente	Muy alto voltaje	600 su	600 su
Número base de ciclos de carga en plegado	N_{Flim}	3000000 su	3000000 su
Número base de ciclos de carga en contacto	N_{Hlim}	100000000 su	100000000 su
Exponente de curva de Wöhler para plegado	q_F	6.0 su	6.0 su
Exponente de curva de Wöhler para contacto	q_H	10.0 su	10.0 su
Tipo de tratamiento	tipo	2 su	2 su

1.6 Cálculo de resistencia

Se consideran factores de carga adicional, de contacto y de plegado que influenciarán directamente a nuestro diseño.

1.6.1 Factores de carga adicional

Tabla A3. 5: Factores de carga adicional

Factor de aplicación	K_A	1.200 su	
Factor dinámico	K_{Hv}	1.001 su	1.001 su
Factor de carga de cara	$K_{H\beta}$	1.019 su	1.013 su
Factor de carga transversal	$K_{H\alpha}$	1.000 su	1.000 su
Factor de sobrecarga única	K_{AS}	1.000 su	

1.6.2 Factores de contacto

Tabla A3. 6: Factores de contacto

Factor de elasticidad	Z_E	19.616 su	
Factor de zona	Z_H	2.495 su	
Factor de coeficiente de contacto	Z_ϵ	0.881 su	
Factor de contacto de par único de dientes	Z_B	1.106 su	1.000 su
Factor de vida útil	Z_N	1.236 su	1.420 su
Factor de lubricante	Z_L	0.937 su	
Factor de rugosidad	Z_R	1.000 su	
Factor de velocidad	Z_v	0.858 su	
Factor de ángulo de hélice	Z_β	1.000 su	
Factor de tamaño	Z_X	1.000 su	1.000 su
Fact. endurecimiento por deformación en frío	Z_W	1.000 su	

1.6.3 Factores de plegado

Tabla A3. 7: Factores de plegado

Factor de forma	Y_{Fa}	2.925 su	2.254 su
Factor de corrección de tensión	Y_{Sa}	1.543 su	1.779 su
Factor de dientes con muescas rectific.	Y_{Sag}	1.000 su	1.000 su
Factor de ángulo de hélice	Y_{β}	1.000 su	
Factor de coeficiente de contacto	Y_{ε}	0.699 su	
Factor de carga alterna	Y_A	1.000 su	1.000 su
Factor de tecnología de producción	Y_T	1.000 su	1.000 su
Factor de vida útil	Y_N	1.000 su	1.000 su
Factor de sensibilidad de muesca	Y_{δ}	1.286 su	1.317 su
Factor de tamaño	Y_X	1.000 su	1.000 su
Factor de superficie de raíz de diente	Y_R	1.000 su	

1.7 Resultados

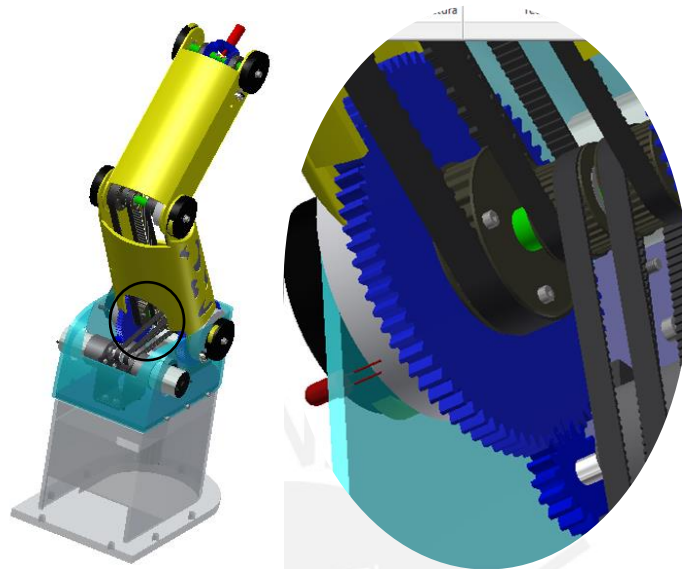
Como resultado se obtiene seguridad estática al plegado de 2.5 aproximadamente en ambos engranajes. Y la seguridad estática en contacto es de 2.26 y 2.5 para el engranaje 1 y 2 respectivamente. Estos resultados de seguridad son aceptables y confiables para el diseño a utilizar.

Por último, obtenemos un resultado positivo en la comprobación del cálculo. Por lo que nuestro diseño es válido.

Tabla A3. 8: Resultados

Coeficiente de seguridad contra corrosión	S_H	1.201 su	1.202 su
Coef. seguridad contra rotura de diente	S_F	1.302 su	1.303 su
Seguridad estática en contacto	S_{Hst}	2.26 su	2.499 su
Seguridad estática en plegado	S_{Fst}	2.532 su	2.475 su
Comprobar cálculo		Positivo	

2. Cálculo de engranajes de la articulación del codo:



*Figura A3. 2: Ubicación de Engranaje del codo
Fuente: Elaboración Propia*

El cálculo se realiza mediante el software Autodesk Inventor 2015. A continuación se muestra un reporte detallado que brinda este software:

2.1 Guía

Guía de diseño - Distancia al centro

Guía de correcciones unitarias - Coeficiente en marcha

Tipo de cálculo de carga - Cálculo de la potencia para el par de torsión y la velocidad especificados

Tipo de cálculo de resistencia - Comprobar cálculo

Método de cálculo de resistencia - ISO 6336:1996

2.2 Parámetros comunes

Se consideran parámetros que son comunes en la fabricación de engranajes al tener una geometría estándar que mejora el rendimiento de este tipo de transmisión.

Tabla A3. 9: Parámetros Comunes

Coeficiente de engranaje	i	4.0000 su
Coeficiente de engranaje deseado	i_{in}	4.0000 su
Módulo	m	1.250 mm
Ángulo de hélice	β	0.0000 gr
Ángulo de presión	α	20.0000 gr
Distancia al centro	a_w	56.250 mm
Distancia al centro del producto	a	56.250 mm
Corrección unitaria total	Σx	0.0000 su
Separación circular	p	3.927 mm
Separación circular base	p_{tb}	3.690 mm
Ángulo de presión de funcionamiento	α_w	20.0000 gr
Coeficiente de contacto	ϵ	1.6707 su
Desviación límite del paralelismo entre ejes	f_x	0.0090 mm
Desviación límite del paralelismo entre ejes	f_y	0.0045 mm

2.3 Engranajes

Los parámetros mostrados en la tabla A3.10 son puramente geométricos y tiene relación con el diseño del engranaje el cual se va a utilizar en el codo del brazo robótico. El número de dientes es de 18 para el engranaje 1 y 72 para el engranaje 2; por lo que la relación de engranajes viene a ser igual a 4.

Además se considera una anchura de cara de 6.4 mm el cual es relativamente pequeño y nos permite reducir el ancho total de nuestro robot. Esta anchura es relativamente menor a los engranajes usados para el hombro debido a que esta articulación no soportará alta fuerza

Los demás parámetros mostrados son obtenidos de la geometría inicial requerida y de las condiciones de carga a la cual será sometido nuestro juego de engranajes.

Tabla A3. 10: Engranajes

		Engranaje 1	Engranaje 2
Tipo de modelo		Sin modelo	Componente
Número de dientes	z	18 su	72 su
Corrección unitaria	x	0.0000 su	0.0000 su
Diámetro de separación	d	22.500 mm	90.000 mm
Diámetro exterior	d_a	25.000 mm	92.500 mm
Diámetro raíz	d_f	19.375 mm	86.875 mm
Diámetro de círculo base	d_b	21.143 mm	84.572 mm
Diámetro de separación de trabajo	d_w	22.500 mm	90.000 mm
Anchura de cara	b	6.400 mm	6.400 mm
Coeficiente de anchura de cara	b_r	0.2844 su	0.0711 su
Altura de cabeza del diente	a^*	1.0000 su	1.0000 su
Juego	c^*	0.2500 su	0.2500 su
Empalme raíz	r_f^*	0.3500 su	0.3500 su
Grosor de diente	s	1.963 mm	1.963 mm
Grosor de diente tangencial	s_t	1.963 mm	1.963 mm
Grosor de diente sobre cuerda	t_c	1.734 mm	1.734 mm
Altura de cabeza de diente sobre cuerda	a_c	0.934 mm	0.934 mm
Cota sobre cuerda	W	9.541 mm	32.627 mm
Dientes de cota sobre cuerda	z_w	3.000 su	9.000 su
Cota sobre (entre) conductores	M	26.574 mm	94.289 mm
Diámetro de conductor	d_M	2.500 mm	2.500 mm
Desviación límite del ángulo de hélice	F_β	0.0090 mm	0.0095 mm
Oscilación circunferencial radial límite	F_r	0.0160 mm	0.0210 mm
Desviación límite de la separación axial	f_{pt}	0.0070 mm	0.0075 mm
Desviación límite de la separación básica	f_{pb}	0.0066 mm	0.0070 mm
Número virtual de dientes	z_v	18.000 su	72.000 su
Diámetro de separación virtual	d_n	22.500 mm	90.000 mm

Diámetro exterior virtual	d_{an}	25.000 mm	92.500 mm
Diámetro de círculo base virtual	d_{bn}	21.143 mm	84.572 mm
Corrección unitaria sin conicidad	x_z	0.5213 su	-1.1285 su
Corrección unitaria sin entalladura	x_p	-0.0331 su	-3.1915 su
Corrección unitaria con entalladura admitida	x_d	-0.2030 su	-3.3614 su
Truncamiento cabeza diente	k	0.0000 su	0.0000 su
Unidad de grosor del diente exterior	s_a	0.6817 su	0.7945 su
Ángulo de presión en la punta	α_a	32.2505 gr	23.8941 gr

2.4 Cargas

Se considera una velocidad angular de 40 rpm debido a que con la reducción por engranajes $n_3=4$ se obtendrá a la salida una velocidad menor que será igual a 10 RPM. Además el torque de salida aumenta esa misma relación por lo que la potencia de nuestros engranajes es igual a 1.68 Watts. Este valor es calculado a partir de la expresión $P=T*w$ donde T representa al torque (calculado en el anexo 2) y “w” representa a la velocidad angular en radianes por segundo De esta manera son hallados la fuerza axial y normal que soportará los engranes.

Tabla A3. 11: Cargas

		Engranaje 1	Engranaje 2
Potencia	P	0.0017 kW	0.0017 kW
Velocidad	n	40.00 rpm	10.00 rpm
Par de torsión	T	1.21 N m	4.82 N m
Eficiencia	η	0.980 su	
Fuerza radial	F_r	32.353 N	
Fuerza tangencial	F_t	88.889 N	
Fuerza axial	F_a	0.000 N	
Fuerza normal	F_n	94.594 N	
Velocidad circunferencial	v	0.024 mps	
Velocidad de resonancia	n_{E1}	59596.961 rpm	

2.5 Material

Se escoge Material ULTEM 9085 debido a que tiene una elevada relación resistencia/peso. En esta tabla se colocan las principales características de este material y sus límites de esfuerzo para el caso de tracción y fatiga, que son datos que interesan para el diseño de los engranajes.

Tabla A3. 12: Material

		Engranaje 1	Engranaje 2
		ULTEM 9085	ULTEM 9085
Resistencia máxima a tracción	S_u	70 MPa	70 MPa
Límite de elasticidad	S_y	34 MPa	34 MPa
Módulo de elasticidad	E	2200 MPa	2200 MPa
Coefficiente de Poisson	μ	0.300 su	0.300 su
Límite de fatiga por plegado	σ_{Flim}	43.7 MPa	38.0 MPa
Límite de fatiga por contacto	σ_{Hlim}	55.8 MPa	44.0 MPa
Dureza de postizo de diente	JHV	210 su	210 su
Dureza de lado del diente	Muy alto voltaje	600 su	600 su
Número base de ciclos de carga en plegado	N_{Flim}	3000000 su	3000000 su
Número base de ciclos de carga en contacto	N_{Hlim}	100000000 su	100000000 su
Exponente de curva de Wöhler para plegado	q_F	6.0 su	6.0 su
Exponente de curva de Wöhler para contacto	q_H	10.0 su	10.0 su
Tipo de tratamiento	tipo	2 su	2 su

2.6 Cálculo de resistencia

Se consideran factores de carga adicional, de contacto y de plegado que influenciarán directamente al diseño de engranajes.

2.6.1 Factores de carga adicional

Tabla A3. 13: Factores de carga adicional

Factor de aplicación	K_A	1.200 su	
Factor dinámico	K_{Hv}	1.001 su	1.001 su
Factor de carga de cara	$K_{H\beta}$	1.014 su	1.010 su
Factor de carga transversal	$K_{H\alpha}$	1.000 su	1.000 su
Factor de sobrecarga única	K_{AS}	1.000 su	

2.6.2 Factores de contacto

Tabla A3. 14: Factores de contacto

Factor de elasticidad	Z_E	19.616 su	
Factor de zona	Z_H	2.495 su	
Factor de coeficiente de contacto	Z_ϵ	0.881 su	
Factor de contacto de par único de dientes	Z_B	1.106 su	1.000 su
Factor de vida útil	Z_N	1.236 su	1.420 su
Factor de lubricante	Z_L	0.937 su	
Factor de rugosidad	Z_R	1.000 su	
Factor de velocidad	Z_v	0.858 su	
Factor de ángulo de hélice	Z_β	1.000 su	
Factor de tamaño	Z_X	1.000 su	1.000 su
Fact. endurecimiento por deformación en frío	Z_W	1.000 su	

2.6.3 Factores de plegado

Tabla A3. 15: Factores de plegado

Factor de forma	Y_{Fa}	2.925 su	2.254 su
Factor de corrección de tensión	Y_{Sa}	1.543 su	1.779 su
Factor de dientes con muescas rectific.	Y_{Sag}	1.000 su	1.000 su
Factor de ángulo de hélice	Y_{β}	1.000 su	
Factor de coeficiente de contacto	Y_{ϵ}	0.699 su	
Factor de carga alterna	Y_A	1.000 su	1.000 su
Factor de tecnología de producción	Y_T	1.000 su	1.000 su
Factor de vida útil	Y_N	1.000 su	1.000 su
Factor de sensibilidad de muesca	Y_{δ}	1.266 su	1.295 su
Factor de tamaño	Y_X	1.000 su	1.000 su
Factor de superficie de raíz de diente	Y_R	1.000 su	

2.7 Resultados

Tabla A3. 16: Resultados

Coficiente de seguridad contra corrosión	S_H	1.201 su	1.203 su
Coef. seguridad contra rotura de diente	S_F	1.302 su	1.303 su
Seguridad estática en contacto	S_{Hst}	2.603 su	2.277 su
Seguridad estática en plegado	S_{Fst}	2.570 su	2.516 su
Comprobar cálculo		Positivo	

Como resultado final se obtiene un factor de seguridad estática en contacto de 2.6 y 2.3 para el engranaje 1 y 2 respectivamente. Además se obtiene un factor de seguridad estática en plegado de 2.5 aproximadamente para ambos engranajes. Estos valores son aceptables y confiables para el diseño a utilizar. El resultado del cálculo es Positivo por lo que el diseño es válido.

Por último cabe mencionar que la relación de engranajes es $n_{32} = 4$, sin embargo el engranaje conducido a su vez conduce una polea la cual tiene 24 dientes. La relación

entre el engranaje conducido (72 dientes) y la polea es $n_{33} = 0.33$. Por lo tanto, la relación de engranajes y poleas sería:

$$n_3 = n_{32} * n_{33} = 1.33$$

3. Conclusiones:

En conclusión, se puede comprobar que las dimensiones y resistencia del material ULTEM 9085 seleccionado soportará las cargas de los torques transmitidos. Además la relación de engranajes usada, servirá como dato para la relación de transmisión en el cálculo de los torques y velocidades para la selección de motores.

Se realiza el cálculo de los engranajes considerando todos los factores posibles para su composición, esto se realiza con la ayuda del software Autodesk Inventor. Ambos cálculos para los engranajes de la articulación del hombro y el codo dan resultado positivo; por lo que se puede verificar congruencia en cada uno de los datos ingresados como también los que se vienen hallando en el procedimiento de cálculo.

ANEXO 4: MASAS DE LAS PIEZAS E INERCIA DE LOS ESLABONES

A continuación se muestra los diferentes valores de masas, volumen y material de cada una de las piezas a utilizar. Además se muestra las inercias de cada uno de los eslabones. Estos valores son obtenidos luego de un modelamiento de la pieza en Autodesk Inventor. Será necesario para realizar los torques necesarios para el movimiento del brazo robótico así como también para realizar el modelamiento dinámico.

1. Masas:

1.1. Antebrazo:

ESLABÓN 3				
Pieza	Volumen (mm ³)	Material	Densidad (gramos/mm ³)	Masa (gramos)
Brazo izquierdo codo	32517.975	ULTEM 9085	0.00134	43.5740865
Brazo derecho codo	33033.726	ULTEM 9085	0.00134	44.26519284
Carcasa delantera codo	18328.415	ULTEM 9085	0.00134	24.5600761
Carcasa trasera codo	46413.284	ULTEM 9085	0.00134	62.19380056
Engranaje gripper 1	2770.031	ULTEM 9085	0.00134	3.71184154
Engranaje gripper 2	2770.031	ULTEM 9085	0.00134	3.71184154
Engranaje central gripper	3069.618	ULTEM 9085	0.00134	4.11328812
Polea 1	2968.937	ULTEM 9085	0.00134	3.97837558
Polea 2	2968.937	ULTEM 9085	0.00134	3.97837558
Barra gripper	6140.212	ACERO	0.00785	48.22788408
Pieza de limit Switch 1	4654.354	ULTEM 9085	0.00134	6.23683436
Pieza de limit Switch 1	4654.354	ULTEM	0.00134	6.23683436

		9085		
Arandela 1	65.973	ACERO	0.00785	0.51788805
Arandela 2	65.973	ACERO	0.00785	0.51788805
Sujetador de rodamiento 1	2831.078	ULTEM 9085	0.00134	3.79364452
Sujetador de rodamiento 2	2831.078	ULTEM 9085	0.00134	3.79364452
Tornillo	334.572	ACERO	0.00785	2.6263902
Tornillo	334.572	ACERO	0.00785	2.6263902
Limit Switch (LS)1	460.512	ULTEM 9085	0.00134	0.61708608
Limit Switch (LS) 2	460.512	ULTEM 9085	0.00134	0.61708608
Tornillo 1 LS	89.06	ACERO	0.00785	0.699121
Tornillo 1 LS	89.06	ACERO	0.00785	0.699121
Gripper	3981.969	ULTEM 9085	0.00134	5.33583846
Rodamiento1	758.733	ACERO	0.00785	5.95605405
Rodamiento2	758.733	ACERO	0.00785	5.95605405
Total				288.5446374

1.2 Brazo:

ESLABÓN 2				
Pieza	Volumen (mm3)		Densidad (gramos/mm3)	Masa (gramos)
Brazo izquierdo hombro	120393.608	ULTEM 9085	0.00134	161.3274347
Brazo derecho hombro	80527.975	ULTEM 9085	0.00134	107.9074865
Carcasa delantera hombro	36896.578	ULTEM 9085	0.00134	49.44141452
Carcasa trasera hombro	52369.906	ULTEM 9085	0.00134	70.17567404
Sujeta rodamiento grande 1	34522.962	ULTEM	0.00134	46.26076908

		9085		
Sujeta rodamiento grande 2	34522.962	ULTEM 9085	0.00134	46.26076908
Barra codo	8025.76	ACERO	0.00785	63.7545184
Polea 1	5937.874	ULTEM 9085	0.00134	7.95675116
Polea 2	5937.874	ULTEM 9085	0.00134	7.95675116
Polea 3	13008.292	ULTEM 9085	0.00134	17.43111128
Sujeta rodamiento mediano	14137.167	ULTEM 9085	0.00134	18.94380378
Pieza de limit Switch 1	4654.354	ULTEM 9085	0.00134	6.23683436
Pieza de limit Switch 1	4654.354	ULTEM 9085	0.00134	6.23683436
Arandela 1	65.973	ACERO	0.00785	0.51788805
Arandela 2	65.973	ACERO	0.00785	0.51788805
Sujetador de rodamiento 1	2831.078	ULTEM 9085	0.00134	3.79364452
Sujetador de rodamiento 2	2831.078	ULTEM 9085	0.00134	3.79364452
Tornillo	334.572	ACERO	0.00785	2.6263902
Tornillo	334.572	ACERO	0.00785	2.6263902
Limit Switch (LS) 1	460.512	ULTEM 9085	0.00134	0.61708608
Limit Switch (LS) 2	460.512	ULTEM 9085	0.00134	0.61708608
Tornillo 1 LS	89.06	ACERO	0.00785	0.699121
Tornillo 1 LS	89.06	ACERO	0.00785	0.699121
Total				625.3984121

1.3 Base Giratoria:

BASE GIRATORIA				
(Eslabón 1)				
Pieza	Volumen (mm³)		Densidad (gramos/mm³)	Masa (gramos)
Base de robot	160857.585	ALUMINIO	0.0027	434.3191639
Cubertor	140215.15	ULTEM 9085	0.00134	187.888301
Soporte motor 1	6919.472	ULTEM 9085	0.00134	9.27209248
Soporte motor 2	6919.472	ULTEM 9085	0.00134	9.27209248
Soporte motor 3	6919.472	ULTEM 9085	0.00134	9.27209248
Soporte motor 4	6919.472	ULTEM 9085	0.00134	9.27209248
Soporte eje de base	7440.444	ULTEM 9085	0.00134	10.3445444
Tornillo	334.572	ACERO	0.00785	2.6263902
Tornillo	334.572	ACERO	0.00785	2.6263902
Tornillo	334.572	ACERO	0.00785	2.6263902
Motor hombro	-		-	230
Motor codo	-		-	230
Motor gripper 1	-		-	230
Motor gripper 2	-		-	230
Total				1705.552054

1.4 Base Fija:

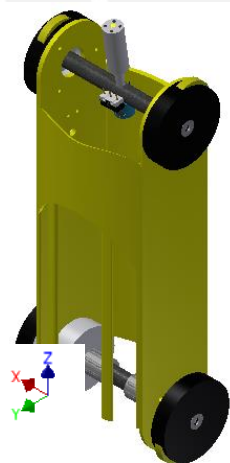
BASE FIJA				
Pieza	Volumen (mm ³)		Densidad (gramos/mm ³)	Masa (gramos)
Base fija robot	255340.308	ULTEM 9085	0.00134	342.1560127
Motor base	-		-	230
Eje	7363.108	ACERO	0.00785	57.86656472
Total				629.952370065

1.5 Masa Total:

Masa Total del Robot (gramos)				3249.67211
-------------------------------	--	--	--	-------------------

2. Inercias:

2.1 Antebrazo:



Propiedades de inercia

Momentos máxicos

Ixx: 843.855 kg mm
 Ixy: -0.087 kg mm²
 Ixz: 0.442 kg mm²

Cálculo realizado mediante integral negativa.
 Iyy: 905.262 kg mm
 Iyz: -165.836 kg mm
 Izz: 339.483 kg mm

Figura A4. 1: Propiedades de Inercia de Antebrazo

2.2 Brazo:

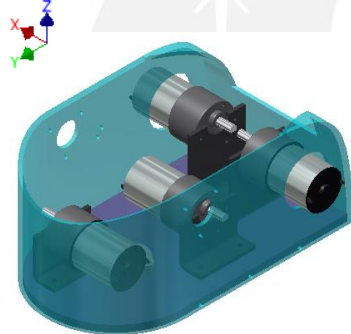


Propiedades de inercia		
<input type="button" value="Principal"/>	<input type="button" value="Global"/>	<input checked="" type="button" value="Centro de gravedad"/>
Momentos máscicos		
Ixx	Cálculo realizado mediante integral negativa.	
Ixy	Iyy	
Ixz	Iyz	Izz



Figura A4. 2: Propiedades de Inercia de Brazo

2.3 Base Giratoria:



Propiedades de inercia*		
<input type="button" value="Principal"/>	<input type="button" value="Global"/>	<input checked="" type="button" value="Centro de gravedad"/>
Momentos máscicos		
Ixx	Cálculo realizado mediante integral negativa.	
Ixy	Iyy	
Ixz	Iyz	Izz

Figura A4. 3: Propiedades de Inercia Base giratoria

ANEXO 5: CÁLCULO DE RESISTENCIAS PARA EL CIRCUITO COMPARADOR

1. Objetivos:

El objetivo de estos cálculos de resistencia es obtener el valor de referencia que entrará al comparador para poder obtener una salida la cual advierta una posible colisión del robot por causa de un exceso de corriente.

2. Procedimiento:

El procedimiento que se realizará para el cálculo de las resistencias en el comparador se realizará considerando el circuito esquemático mostrado en el datasheet:

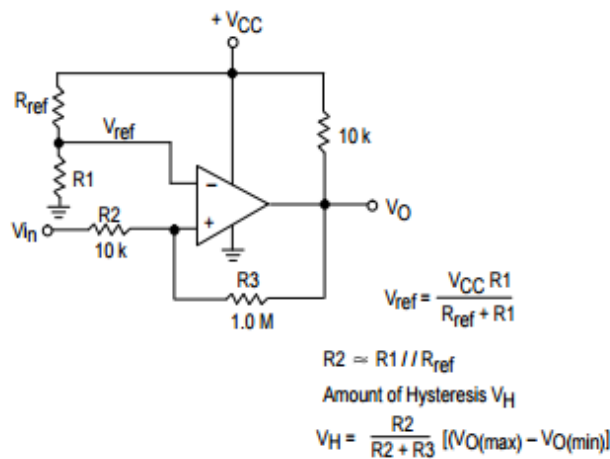


Figura A5. 1 Circuito esquemático LM339

En primer lugar, se procede con el análisis del motor de la base. Para ello se tiene los siguientes datos:

- El torque máximo del motor es igual a 1.8 Nm
- El torque máximo calculado para el motor de la base es igual a 0.4244 Nm.
- La corriente máxima del motor es igual a 5A.
- Voltaje de alimentación VCC es igual a 5V.

2.1 Motor de la base:

Con estos datos se obtiene la corriente máxima calculada para el motor de la base, el cual es:

$$I_1 = 5 * \frac{0.4244}{1.8} = 1.18 A$$

El sensor de corriente tiene una división por Amperio igual a 185 mV/A. por lo que el voltaje de referencia para nuestro comparador es:

$$V_{ref1} = 185 * 1.18 = 218 mV$$

De esta manera según el datasheet del comparador se considera una corriente de 0.8 mA.

$$0.8 * (R_{ref1} + R_{11}) = 5$$

$$(R_{ref1} + R_{11}) = 6.25K\Omega$$

Las resistencias R1 y Rref se hallan de la siguiente manera:

$$V_{ref1} = \frac{5 * R_1}{R_{ref} + R_1}$$

$$0.218 = \frac{5 * R_1}{6.25K}$$

De esta manera se obtiene el valor de las resistencias mostradas:

$$R_{11} = 0.273K$$

$$R_{ref1} = 5.98K$$

2.2. Motor del hombro:

En segundo lugar, se procede con el análisis del motor del hombro. Para ello se tiene los siguientes datos:

- El torque máximo del motor es igual a 1.8 Nm
- El torque máximo calculado para el motor del hombro es igual a 0.83Nm.
- La corriente máxima del motor es igual a 5A.
- Voltaje de alimentación VCC es igual a 5V.

Con estos datos se obtiene la corriente máxima calculada para el motor de la base, el cual es:

$$I_2 = 5 * \frac{0.83}{1.8} = 2.31 A$$

El sensor de corriente tiene una división por Amperio igual a 185 mV/A. por lo que el voltaje de referencia para nuestro comparador es:

$$V_{ref2} = 185 * 2.31 = 426.53 mV$$

De esta manera según el datasheet del comparador se considera una corriente de 0.8 mA.

$$0.8 * (R_{ref2} + R_{12}) = 5$$

$$(R_{ref2} + R_{12}) = 6.25K\Omega$$

Las resistencias R1 y Rref se hallan de la siguiente manera:

$$V_{ref2} = \frac{5 * R_{12}}{R_{ref2} + R_{12}}$$

$$0.426 = \frac{5 * R_{12}}{6.25K}$$

De esta manera se obtiene el valor de las resistencias mostradas:

$$R_{12} = 0.533K$$

$$R_{ref2} = 5.72K$$

2.3. Motor del codo:

En tercer lugar, se procede con el análisis del motor del hombro. Para ello se tiene los siguientes datos:

- El torque máximo del motor es igual a 1.8 Nm
- El torque máximo calculado para el motor del hombro es igual a 1.21 Nm.
- La corriente máxima del motor es igual a 5A.
- Voltaje de alimentación VCC es igual a 5V.

Con estos datos se obtiene la corriente máxima calculada para el motor de la base, el cual es:

$$I_3 = 5 * \frac{1.21}{1.8} = 3.08 A$$

El sensor de corriente tiene una división por Amperio igual a 185 mV/A. por lo que el voltaje de referencia para nuestro comparador es:

$$V_{ref2} = 185 * 3.08 = 570 mV$$

De esta manera según el datasheet del comparador se considera una corriente de 0.8 mA.

$$0.8 * (R_{ref3} + R_{13}) = 5$$

$$(R_{ref3} + R_{13}) = 6.25K\Omega$$

Las resistencias R1 y Rref se hallan de la siguiente manera:

$$V_{ref3} = \frac{5 * R_{13}}{R_{ref3} + R_{13}}$$

$$0.57 = \frac{5 * R_{13}}{6.25K}$$

De esta manera se obtiene el valor de las resistencias mostradas:

$$R_{13} = 0.713K$$

$$R_{ref3} = 5.537K$$

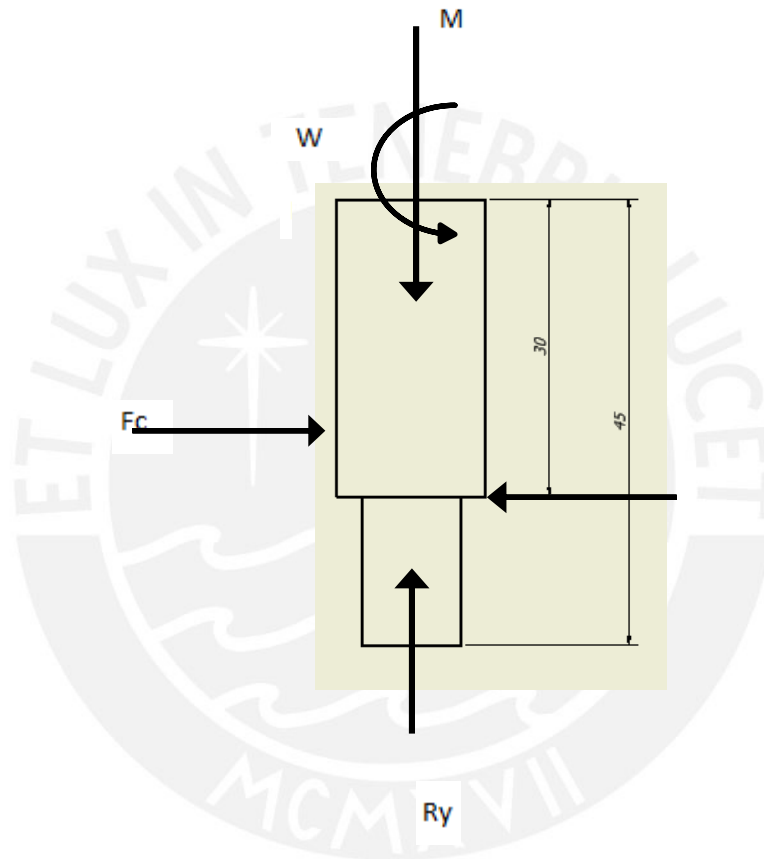
ANEXO 6: CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL EJE DE LA BASE

1. Objetivo:

Analizar la resistencia del eje de la base y hallar su diámetro mínimo para que pueda soportar las fuerzas provenientes de la estructura del brazo robótico.

2. Procedimiento:

A continuación se muestra el DCL donde F_c son la fuerzas dadas por el rodamiento, R_y es apoyo y W es el peso de la barra.



$$\Sigma F_Y = 0$$

$$W + R_Y = F_N$$

$$0,48 + R_Y = F_N \dots \dots \dots (1)$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$M - F_C(0,040) + F_C(0,0325) = 0$$

$$M = 0.0075 * F_C \dots \dots \dots (2)$$

A continuación se halla el momento flector M considerando cuando el brazo esta estirado. El centro de masa se encuentra ubicado a 176,89 mm del eje de la base.

$$\Sigma F_Y = 0$$

$$R_Y = 8.21 \text{ N}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$M = 8.21(176,89)$$

$$M = 1444 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$F_N = 8.69 \text{ N}$$

Reemplazando en la ecuación (2):

$$F_C = 192.53 \text{ N}$$

Cálculo de diámetro del eje:

$$A = \pi \frac{d_1^2}{4} \dots\dots\dots (3)$$

$$\sigma_n = \frac{F_N}{A} = \frac{11.06}{d_1^2} \text{ N/mm}^2 \dots\dots\dots (4)$$

$$\sigma_f = \frac{32 * M}{\pi(d_1^3)} = \frac{14708.5}{d_1^3} \text{ N/mm}^2 \dots\dots\dots (5)$$

El torque del motor de la base es $\tau = 0.6 \text{ Nm}$

$$\tau_t = \frac{16\tau}{\pi(d_1^3)} = \frac{3056}{d_1^3} \text{ N/mm}^2 \dots\dots\dots (6)$$

Cálculo previo (Von Mises):

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma^2 + 3(\alpha * \tau_t)^2} \dots\dots\dots (7)$$

σ_f es pulsante y τ_t es alternante

$$\alpha = \frac{\sigma_f^*}{\sqrt{3}\tau_t^*} = \frac{410}{\sqrt{3} * 170} = 1.392$$

Reemplazando en la ecuación (7):

$$\sigma_E = \sqrt{(\sigma_f + \sigma_n)^2 + 3(1,392 * \tau_t)^2}$$

El límite elástico del acero es 300 MPa, por lo tanto, se considera un factor de seguridad S.

$$\sigma_E = \sigma_{F(adm)} = \frac{300}{S} \dots\dots\dots (8)$$

Se realiza el cálculo por fatiga:

$$\sigma_E = \sqrt{(\sigma')^2 + 3(\alpha * \tau'_t)^2} \dots\dots\dots (9)$$

$$\sigma'_f = \frac{\beta_k}{C_{st} * C_t} * \sigma_f \dots\dots\dots (10)$$

$$\tau'_t = \frac{\beta_k}{C_{st} * C_t} * \tau_t \dots\dots\dots (11)$$

De la geometría del eje de la base se consideran los siguientes parámetros:

Dónde: $C_s = 0.9$, $C_t = 1$ y $\beta_k = 3.5$

$$\sigma'_f = \left(\frac{3,5}{0,9}\right) * \left(\frac{11.09}{d_1^2} + \frac{14708.5}{d_1^3}\right)$$

$$\tau'_t = \frac{7639,437}{d_1^3} * \left(\frac{3,5}{0,9}\right)$$

$$\tau'_t = 29,709 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_E = \sqrt{\left(\left(\frac{3,5}{0,9}\right) * \left(\frac{11.09}{d_1^2} + \frac{14708.5}{d_1^3}\right) + \frac{11.06}{d_1^2}\right)^2 + 3\left(1,392 * \frac{7639,437}{d_1^3} * \left(\frac{3,5}{0,9}\right)\right)^2}$$

Considerando un FS=4

Se escoge un diámetro $d_1 = 15 \text{ mm}$

$$\sigma_E = 27.31 \text{ MPa} < 75 \text{ MPa}$$

ANEXO 7: CONSUMO DE ENERGÍA

1. Motores:

Se presenta la curva que relaciona los diferentes parámetros del motor pololu 12V.

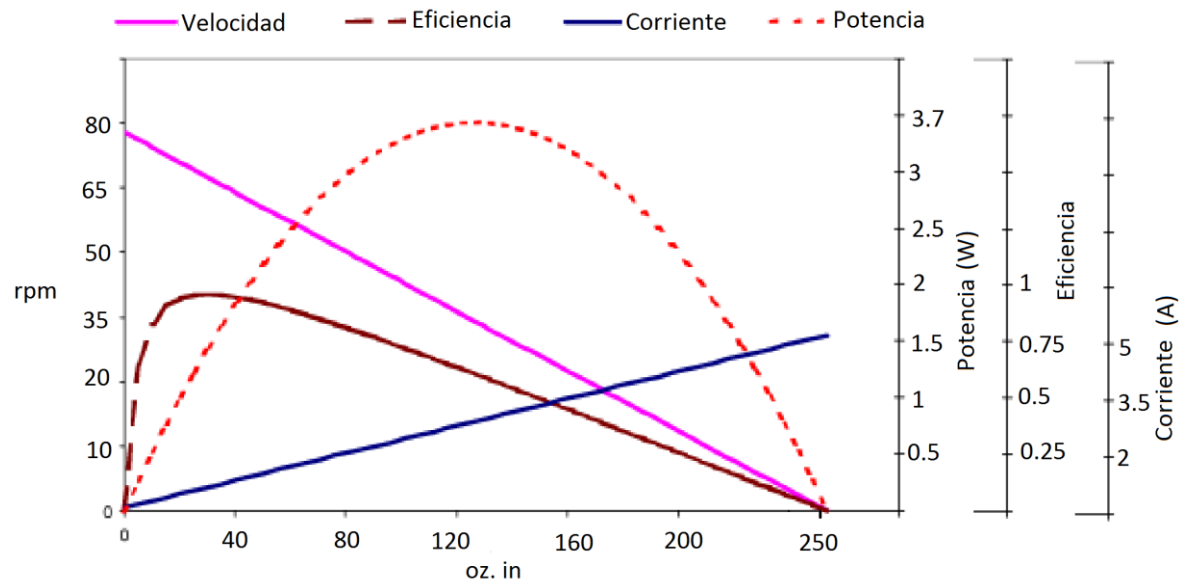


Figura A7. 1: Curva de potencia de motor Pololu 12v

Según el anexo 2 de cálculo de los motores, los torques necesarios son:

- Torque de la base = 62 oz.in que tendrá una potencia de salida de aproximadamente 1.8W y una eficiencia de 0.8.
Por lo tanto la potencia de entrada es: 2.25W.
- Torque en el hombro = 91 oz.in que tendrá una potencia de salida de aproximadamente 3W y una eficiencia de 0.75.
Por lo tanto la potencia de entrada es: 4W.
- Torque en el codo = 156.25 oz.in que tendrá una potencia de salida de aproximadamente de 3.3 W y una eficiencia de 0.5.
Por lo tanto la potencia de entrada es: 6.6W.
- Torque en los motores para el acoplamiento del gripper = 30 oz.in que tendrá como una potencia de salida de aproximadamente a 1.2 W y una eficiencia igual a 0.85.
Por lo tanto la potencia de entrada es 1.4W para cada motor.

2. Componentes electrónicos:

- Arduino:

Corriente máxima de salida de pin de 5V: 300 mA

Consumo de 4 leds: 80 mA

Consumo de 5 sensores de corriente: 50 mA

Consumo de 3 Roboclaws: 90 mA

Consumo de 3 compuerta OR 74ls32: 30 mA

Consumo de 2 comparadores LM339: 10 mA

El total de consumo de corriente es 260 mA, por lo que el Arduino UNO podrá brindar la corriente necesaria para energizar los diferentes dispositivos.

3. Consumo Total:

Tabla A7. 17: Tabla de Consumo energético

Componente	Corriente	Potencia
Motor de la base	1.18 A	2.25 W
Motor del hombro	1.78 A	4 W
Motor del codo	3.08 A	6.6 W
Motores gripper	1.2 A	2.8 W
Consumo de componentes	0.26 A	1.3 W
TOTAL	7.5 A	16.95 W

4. Conclusiones:

En conclusión, se selecciona una fuente de 12V que pueda soportar más de 7.5 A. La fuente seleccionada es de la marca Fesete y Modelo S-350-12 y proporciona un voltaje de 12V y una corriente máxima de 30A. Se selecciona de esta manera como un factor de seguridad debido a que en los motores existen picos de corriente que podrían superar la corriente hallada.

ANEXO 8: DISEÑO CONCEPTUAL

1. Estructura de funciones:

- Lectura de Posición en el tiempo: Esta función es necesaria para obtener la posición y velocidad de las articulaciones, de esta manera se podrá generar el lazo cerrado en el diseño de control del robot.
- Actuadores: La función de los actuadores es darle movimiento a la estructura, puede ser lineal o rotacional.
- Transmitir movimiento a las articulaciones: Es necesario transmitir de alguna manera el movimiento de los actuadores a las articulaciones de los brazos para generar su movimiento.
- Controlar los actuadores: Se controlará los actuadores teniendo en cuenta que es necesario la lectura de posición en el tiempo de los actuadores para formar un lazo cerrado y de esta manera variar la velocidad del actuador para un correcto control.
- Procesar datos del sistema: Se encargará de procesar los datos de cinemática, dinámica y trayectorias para enviar los datos correspondientes por el sistema de comunicación a utilizar.
- Comunicación: Debe comunicarse serialmente el control del sistema con el control de los actuadores.
- Dar seguridad al sistema: Esta función es necesaria para evitar cualquier tipo de perjuicio a la máquina o al usuario.
- Fácil visualización de los mecanismos del robot: La forma de desmontar la carcasa fácilmente con la finalidad de poder apreciar tanto la mecánica como la electrónica del robot.

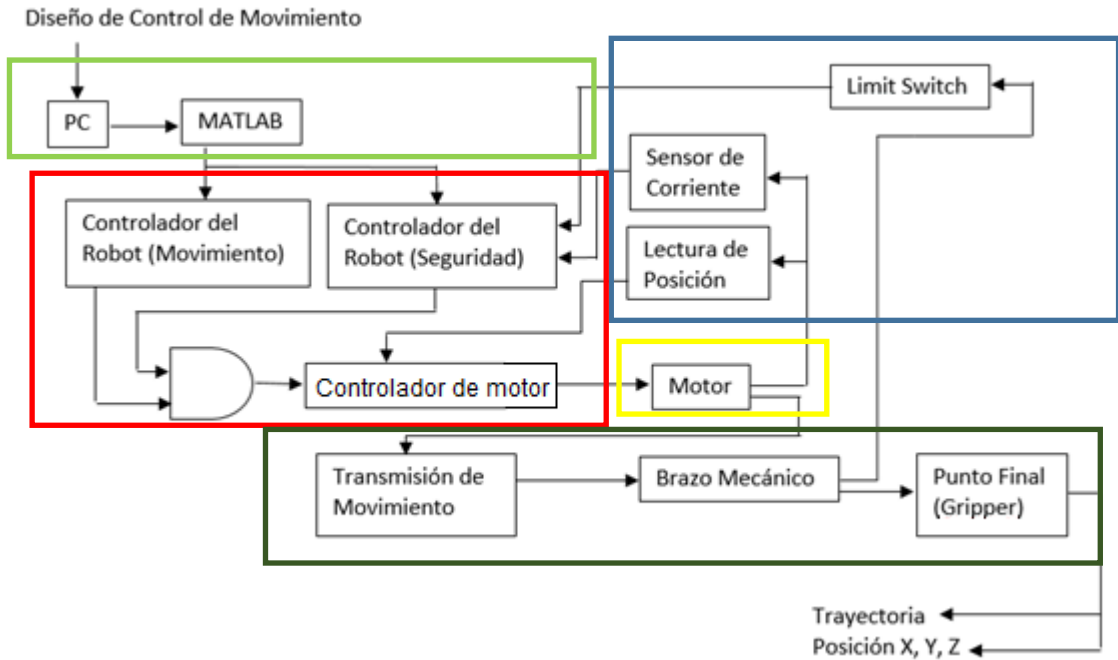


Figura A8.5: Diagrama de funciones
Fuente: Elaboración Propia

2. Matriz Morfológica:

Tabla A8.6: Matriz Morfológica

Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Lectura de posición en el tiempo	 Potenciómetro de precisión	 Encoder tipo disco	 Back EMF	 Encoder de tipo efecto Hall [36]
Transmisión	Directo	Engranajes	Fajas	Tornillo sin fin
Actuador	Motor DC	Dynamixel [34]	Servomotor [30]	Motor paso a paso [37]
Controlador del actuador	Roboclaw [37] (LC)	Pololu Driver (LA)	PC (Software Roboplus)	Raspberry [35]
Procesamiento de datos	MAVLAB	LabVIEW		
Controlador del Robot	Arduino [28]	Real Time Target machine [39]		
Tipo de Controlador	PID	ON OFF		
Seguridad del sistema	Limit Switch [36]	Sensor de corriente	Programación dedicada a la seguridad	
Visualización de los mecanismos	Carcasa transparente	Por tornillos	Desplegable	

3. Evaluaciones de soluciones:

Tabla A8.7: Evaluación de soluciones

Criterios técnicos y económicos	Proyectos		
	Solución A (Azul)	Solución B (Verde)	Solución C (Naranja)
Precisión	4	3	3
Cantidad de mecanismos para observar	1	2	4
Costo de la tecnología	2	2	2
Seguridad	2	2	3
Carga soportada	2	4	3
Fácil ensamblado	3	2	2
Transportable	4	3	3
Estabilidad mecánica	2	2	3
Ruido eléctrico	2	3	3
Eficiencia	3	3	2
Costo de mantenimiento	4	2	2
Velocidad	3	2	3
Suministro de energía	4	4	4
TOTAL	36	34	37

4. Conceptos de solución:

- Solución A: La lectura de posición se da con el potenciómetro incorporado al dynamixel [34]. Este motor se coloca directamente en la articulación y se puede programar desde el Raspberry o el software RoboPlus [35] desde la PC. Los datos cinemáticos y dinámicos de las ecuaciones pueden ser adquiridos por Matlab. Se podrá usar un sistema de seguridad colocando limit switches para evitar una colisión, además vía programación el dynamixel puede evitar también este problema. La carcasa puede ser armada como cilindros transparentes con el dynamixel en su interior. Los dynamixel al tener ya un reductor de velocidad interno, puede cargar más masa que un servomotor.

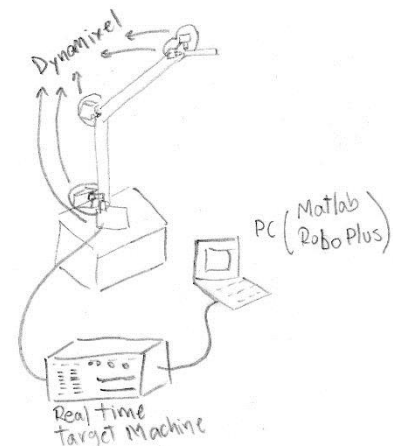


Figura A8.6: Diseño de solución A
 Fuente: Elaboración Propia

- Ventajas:
 - El dynamixel es programable mediante un software llamado Roboplus mediante la PC.
 - El dynamixel tiene un controlador incorporado por lo que no es necesario un controlador de motor adicional.
 - La corriente de operación del dynamixel no es elevada.
 - Desventajas:
 - El peso de los motores se concentra en las articulaciones, se deberá tener un mayor torque en la base y hombro.
 - Los dynamixel son relativamente caros respecto a otros motores.
- Solución B: La lectura de posición se da mediante los encoders acoplados a las articulaciones. Se usan motores dc con un tornillo sin fin y son controlados por el roboclaw para variar la velocidad que se requiere en un control de lazo cerrado. El procesamiento de datos se realiza desde una PC con Matlab y se puede enviar al Arduino quien realizará el control total de robot enviando las señales obtenidas de Matlab a los roboclaws. Se podrá usar un sistema de seguridad colocando limit switches para evitar colisiones entre los brazos. La carcasa puede ser desplegable para poder apreciar el sistema de tornillo sin fin para el movimiento de los eslabones. Al tener esta reducción de velocidad podrá cargar más masa.

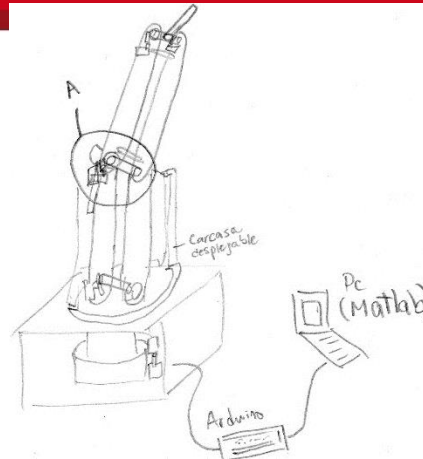


Figura A8.7: Diseño de Solución B
Fuente: Elaboración Propia

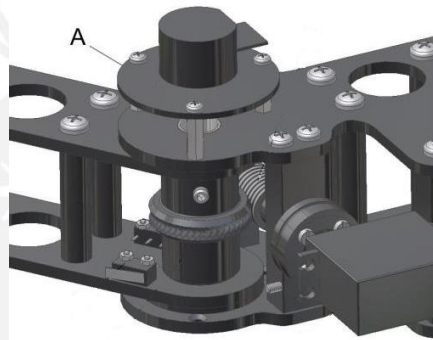


Figura A8.8: Transmisión por tornillo sin fin
Fuente: Publicación Basic Laboratory Experiments with an Educational Robotic Arm [16]

- Ventajas:
 - Al tener una reducción de tornillo sin fin, se podrá soportar una mayor carga.
 - Desventajas:
 - Se necesita de un controlador de motor de alta corriente.
 - Los motores se encuentran en las articulaciones, se necesitará un torque mucho mayor en la base y brazos.
- Solución C (Óptima):
La lectura de posición se da mediante los encoders acoplados a los motores. Se usan motores dc con un

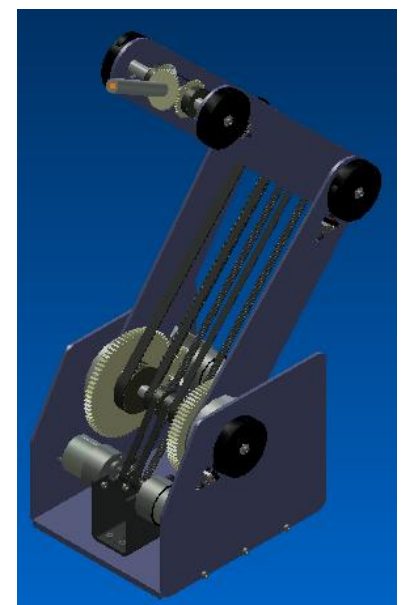


Figura A8.9: Diseño de solución óptima
Fuente: Elaboración Propia

sistema de engranajes para el hombro y un acoplamiento directo para la base del brazo robótico. Además se tendrá un sistema de fajas para el movimiento del codo. Para obtener el cuarto y quinto grado de libertad se tendrá un movimiento de transmisión por fajas que harán girar mediante poleas a los engranajes ubicados como un diferencial. Esto generará poder levantar la muñeca y el giro sobre su propio eje. Los motores serán controlados por un Roboclaw para el control en lazo cerrado de la velocidad y la posición. El procesamiento de datos se realiza desde una PC mediante Matlab o Labview y se enviará los datos al Arduino para que envíe los comandos necesarios al Roboclaw. Se podrá usar un sistema de seguridad colocando sensores de corriente para evitar colisiones. Las diferentes piezas serán acopladas por tornillos, sin embargo la carcasa será desplegable para que se tenga el sistema de fajas y engranajes libre para apreciar su funcionamiento. Al tener esta reducción de engranajes en el codo y el hombro, el sistema podrá cargar más masa; sin embargo será relativamente más lento.

○ Ventajas:

- Se tiene dos tipos de mecanismos para las transmisiones de movimiento por lo que resulta mejor para el aprendizaje del alumno.
- Los principales motores de la base, hombro y codo se encuentran en la base. Por lo que el centro de gravedad se situará en la parte inferior del brazo y no será necesario motores tan robustos.


○ Desventajas:

- El Arduino es relativamente lento por lo que el tiempo en respuesta será relativamente alto.

1.2 Proveedor Allison World:

- 1.2.1 Header Hembra 1x40 pines
- 1.2.2 Header Macho 1x40 pines
- 1.2.3 Borneras
- 1.2.4 Cable N14
- 1.2.5 Cable unipolar
- 1.2.6 Manga fermocontractil
- 1.2.7 Microswitches 2A/125V

Dirección: Jr. Paruro N 1351 Tda 101



ALLISON WORLD ELECTRONIC'S S.A.C.

VENTA DE REPUESTOS ELECTRÓNICOS
 C.I.- RESIST. CONDENSADORES - BORNERAS
 INTERC. BELCON- MICROFONOS
 MANGAS TERMOCONTRACTIBLES
 LIMPIA CONTACTOS - CABLES
 RG 6, 58 VULCANISADOS -
 BATERÍAS: YUASA, OPALUX
 PILAS DURACELL Y
 RECARGABLE EN GENERAL

R.U.C. 20502118278
PROFORMA
 0001- Nº **000703**

Jr. Paruro N° 1351 Tda. 101
 Lima 1 - Telefax: 427-0380 Cel.: 99320-3294
 E-mail: allisonworldelectronic's1@hotmail.com

DÍA	MES	AÑO
30	06	15

Señor: _____ Dirección: _____ D. Ident.: _____

CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT.	IMPORTE
50	HF-1x40 Header Hembra 1x40 pin 2.54mm pitch	—	32.50
50	HM-1x40 Header Macho 1x40 pines	—	32.50
15	KF-128-2P Borne de conexión verde 2pin 10A	—	6.00
5	Mt. cable Automotriz n°14	—	5.00
10	Mt. cable unipolar	—	2.00
1	Mt. Manga termocont. 1mt g/negro	—	1.00
5	DM-03 MICROSWITCH 2A/125V	—	2.50
TOTAL S/			81.50

DOCUMENTO INTERNO
CANJEAR POR
FACTURA O BOLETA

NOTA: UNA VEZ SALIDA
LA MERCADERÍA NO HAY
LUGAR A RECLAMOS NI
DEVOLUCIÓN DE DINERO

Figura A9.2: Componentes electrónicos
Fuente: Allison World Electronics S.A.C.

1.3 Proveedor Electronica Industrial del Sur:

- 1.3.1 Comparador LM339N
- 1.3.2 Led rojo
- 1.3.3 Compuerta OR 74LS32P
- 1.3.4 Borneras de 2 pines

Dirección: Jr. Paruro 1349 Tda 4 – Lima

ELECTRONICA INDUSTRIAL DEL SUR S.A.C.
 COMERCIALIZACION DE COMPONENTES ELECTRONICOS INDUSTRIALES
 Jr. Paruro N° 1349 - Tda. 4 - LIMA - LIMA - LIMA
 Telefax: 01 - 428-9337 Nextel: 99 408*5029
 E-mail: ventas@elecsur.com / www.elecsur.com

PIC, Memoria, TTLs, CMOS, Lineales, Convertidores ADC, DAC, Triac, Transistores, Diodos, Potenciómetros, Multivibras, Perillas.

COTIZACION N° 005575

Señor(es): _____
 Dirección: _____

CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT.	IMPORTE
03	LM339N	1.40	4.20
04	LED5MM ROJO	0.20	0.80
05	74LS32P 7 DIP	2.00	10.00
13	Bornera K10-300-500P2	4.00	52.00
TOTAL S/.			\$ 338.40

Válido por 15 días

p. Electrónica Industrial del Sur S.A.C. Cliente Aceptado
 JAMECO - JENSEN TOOLS - NEWARK - BUSSMAN - MOTOROLA - SPECTROL - YUASA - NTE - ECG - DIGI KEY

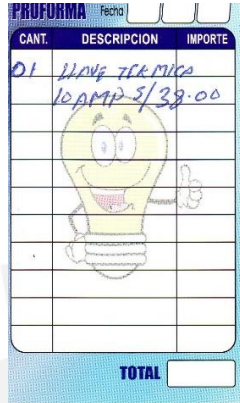
www.elecsur.com

Figura A9.3: Componentes Electronicos
 Fuente: Electrónica Industrial del Sur

1.4 Proveedor Electro Marilu:

1.4.1 Llave Térmica 10Amp:

Dirección: Jr. Paruro 1353 Stand 108 – Lima



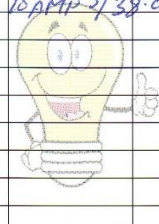
CANT.	DESCRIPCION	IMPORTE
01	LLAVE TERMICA 10AMP 5/39.00	
		
TOTAL		

Figura A9.4: Llave Termica
Fuente: Electro Marilu

1.5 Proveedor EBAY:

1.5.1 LIMIT SWITCH:

Disponible: <http://www.ebay.com/itm/10-pc-TEMCo-Micro-Limit-Switch-Roller-Arm-Subminiature-SPDT-Snap-Action-LOT-/301029432479>



Vendedor wfyb (63857) Pagar solo a este vendedor Solicitar total al vendedor

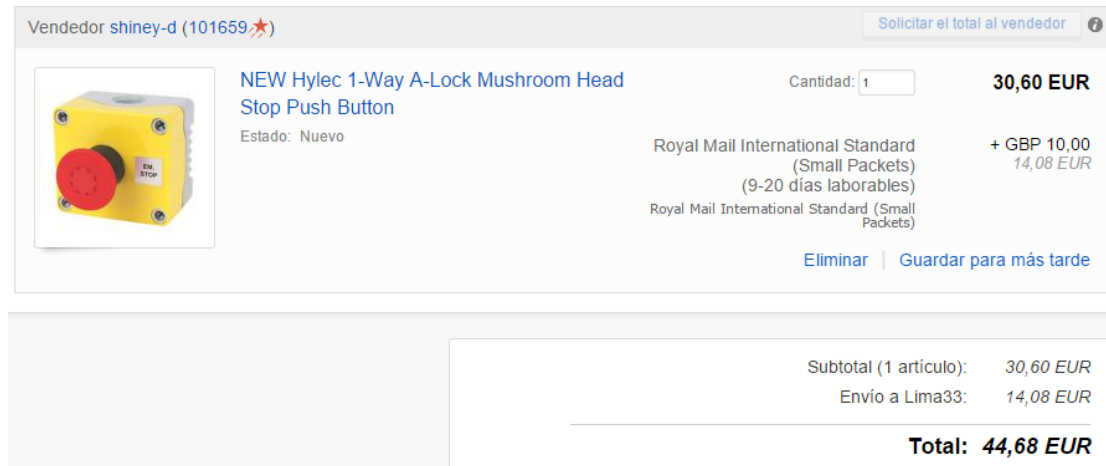
	10 PC Temco Micro interruptor de límite Roller Brazo Subminiatura SPDT Snap acción Lote Estado: New	Cantidad: <input type="text" value="1"/> US \$6.88
		USPS First Class Mail Intl / First Class Package Intl Service (11-20 días hábiles) + US \$9.00
		USPS First Class Mail Intl / First Class Package Intl Service



Eliminar | Guardar para después


Figura A9.5: Costo fuente 12VDC y Limit Switch
Fuente: Ebay

1.5.2 MÓDULO DE PARADA DE EMERGENCIA:

Disponible: <http://www.ebay.es/itm/131504776485>



Vendedor **shiney-d** (101659)  Solicitar el total al vendedor 



NEW Hylec 1-Way A-Lock Mushroom Head Stop Push Button

Estado: Nuevo

Cantidad: **30,60 EUR**

Royal Mail International Standard (Small Packets) (9-20 días laborables) + GBP 10,00
14,08 EUR

Royal Mail International Standard (Small Packets)

[Eliminar](#) | [Guardar para más tarde](#)

Subtotal (1 artículo): 30,60 EUR

Envío a Lima33: 14,08 EUR

Total: 44,68 EUR

Figura A9.6: Costo de Módulo Parada de emergencia
Fuente: Ebay

1.6 Proveedor ALIEXPRESS – Global Electronics Market:

1.6.1 SENSOR DE CORRIENTE 5A:

Disponible: <http://es.aliexpress.com/item/Free-Shipping-ACS712E-05-Current-Sensor-Module-5A-linearity-180mV-1A/1893262067.html>



Vendedor: Global Electronic Market

Nombre del producto y detalles



Envío gratis! ACS712E-05 Sensor de corriente +- 5A linealidad 180mV / 1A

Deja un mensaje al vendedor:

Puedes enviar un mensaje al vendedor.

Máx. 1.000 caracteres o números. No se permiten códigos HTML, acentos, «ñ» ni otros caracteres especiales.

5 unidades × US \$7.04

China Post Registered Air Mail 

Envío gratis

Tiempo de entrega: 15-39 días

Tiempo de procesamiento: 5 días

Subtotal: US \$35.20

Envío: US \$0.00

Total: **US \$35.20**

Figura A9.7: Costo sensor de Corriente 5A
Fuente: Aliexpress

1.7 Proveedor POLOLU:

1.7.1 CONTROLADOR DE MOTOR ROBOCLAW 5A
 Disponible: <https://www.pololu.com/product/2394>

1.7.2 MOTOR POLOLU 12V CON ENCODER
 Disponible: <https://www.pololu.com/product/1447>

Product	Quantity	Price	Total Price
#2394 RoboClaw 2x5A Motor Controller (V5)	3	\$69.95	\$209.85
#1447 131:1 Metal Gearmotor 37Dx57L mm with 64 CPR Encoder	5	\$39.95	\$199.75
Subtotal			\$409.60

Figura A9.8: Costo de Roboclaw y Motor Pololu 12V
 Fuente: Pololu

1.7.3 Costo de envío:

Shipping Estimate

For shipping the 8 items in your cart to a Peru address, postal code lima33:

Shipping service	Price (USD)
FedEx International Economy	54.45
FedEx International Priority	58.45
USPS Priority Mail International	63.45
USPS Priority Mail Express International	77.45

Figura A9.9: Costo de envío
 Fuente: Pololu

1.8 Proveedor CREATIVIDAD AHORA:

1.8.1 ARDUINO UNO

Disponible:

http://www.creatividadahora.com/index.php?page=detalle_producto&id=PRD0015&categoria=CAT0011

Producto	Precio	Cantidad	Total	Operaciones
Arduino UNO R3	S/. 79.00	1	S/. 79.00	
TOTAL		1	S/. 79.00	

Seguir comprando Realizar Compra


Figura A9.10: Costo Arduino UNO
 Fuente: Creatividad Ahora

1.9 Proveedor Kitprinter3d:

1.9.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN 12V

Disponible:

<http://www.kitprinter3d.com/es/electronica/99-fuente-de-alimentacion-conmutada-12v-30a.html>

Producto	Descripción	Ref	Precio unitario	Cantidad	Total
	Fuente de Alimentación Conmutada 12V 30A	KP3151	32,00 €	1	32,00 € <input type="button" value="BORRAR"/>
Total productos (con impuestos)					32,00 €
Total envío (con impuestos)					8,93 €
Total (sin impuestos)					33,83 €
Total impuestos					7,10 €
Cupones <input type="text"/> <input type="button" value="OK"/>					40,93 €

*Figura A9.11: Costo Fuente de Alimentación
Fuente: Kitprinter3d*

2. PARTE MECÁNICA:

2.1 Proveedor IRESA:

2.1.1 Rodamientos

Dirección: Av. Ramón Cárcamo 514 – Lima.

Sírvase girar cheque a nombre de:
CIA. IMPORTADORA DE REPUESTO SAC
BCP CTA. CTE. SI. 194-0739006-0-06 \$ 194-0859688-1-25

DÍA MES AÑO
18 06 2015

CANT.	DESCRIPCION	IMPORTE
04	HK 1015 TOR	\$ 10.00
03	HK 1010 TOR	\$ 10.00
01	NJ 202 FAB	\$ 65.00
SAUL GUERRERO		

Gracias por su Preferencia. TOTAL:

Figura A9.12: Rodamientos HK 1015, Hk 1010 y NJ 202
Fuente: IRESA

2.2 Proveedor RODA Import:

2.2.1 Rodamientos

Dirección: Av. Argentina cdra 6. Udampe. Tda B-100 – Lima.

RODA IMPORT
De: Angelo Arevalo & Katherine Yauri

- RODAJES
- CHUMACERAS
- RETENES
- LOCTITE
- GRASAS
- ACCESORIOS EN GENERAL

PROFORMA
NOTA DE PEDIDO

FAG NTN TIMKEN Koyo LOGTITE

AV. ARGENTINA Cdra. 6 C.C. UDAMPE TDA. B-100 / B-101- LIMA
Telf.: 733-5873 Cel.: (94) 600*1967 / (94) 630*2918 N° 001322

Señor (es): Concha Soto Fecha: 18, 06, 2015
Dirección: Vendedor: Yauri

CANT.	DESCRIPCION	P. UNIT.	IMPORTE
04	rodamientos 6800 SKF	18.00	72.00

Koyo NACHI
NTN TIMKEN FAG
INA LOGTITE

TOTAL S/

p. RODA IMPORT p. CLIENTE

Figura A9.13: Rodamientos 6800 SKF
Fuente: Roda Import

2.4.3 Pernos M4

Disponible:

http://www.victronics.cl/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=12011&category_id=2530&keyword=PERNO+M4&option=com_virtuemart&Itemid=1

Cotización

Precios y plazos de entrega serán confirmados por un representante de ventas.

Nombre	Cód.Victro	Precio sin IVA	Cantidad /	Subtotal Cotización
PERNO M2*12 CINCADO DIN7985 (10u)	52-021012_GEN	\$62	<input type="text" value="30"/>  	\$1.860
PERNO M3*20 CINCADO DIN7985 (10u)	52-031020_GEN	\$188	<input type="text" value="70"/>  	\$13.160
PERNO M4*16 CINCADO DIN84 (10u)	52-040016_ARI	\$178	<input type="text" value="10"/>  	\$1.780
Subtotal Cotización:				\$16.800
				IVA: \$3.192
				TOTAL IVA Incluido: \$19.992

Figura A9.16: PERNOS M2, M3 y M4
Fuente: Victronics

2.5 Proveedor Vidri:

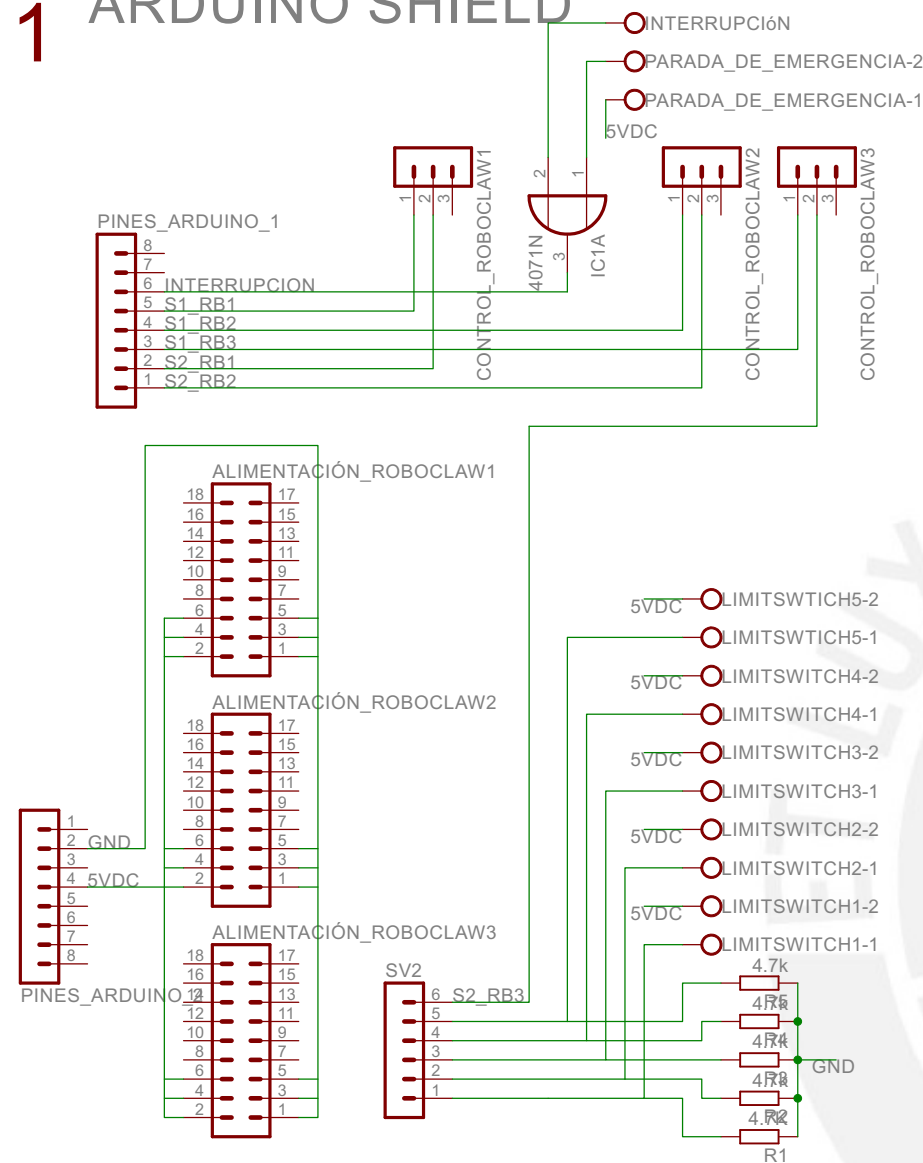
2.5.1 Prensas de mano:

Disponible: <http://www.vidri.com.sv/producto/34928>

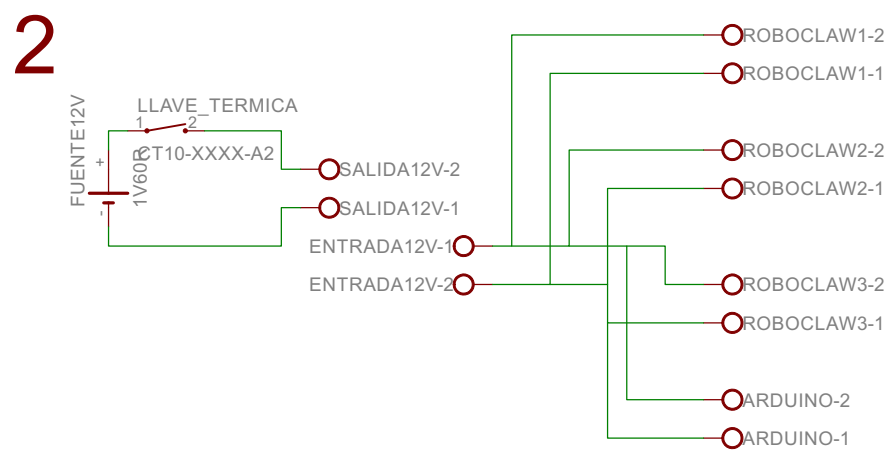
Producto	Descripción	Cantidad	Precio U.	* Descuento	Precio total	
	PRENSA DE BARRA QUICK-GRIP 12" 512 SKU # 34928	<input type="text" value="2"/>  APLICAR	\$ 24.00	\$ 4.80	\$ 43.20	
					Subtotal	\$ 43.20

Figura A9.17: Prensas de mano
Fuente: vidri

1 ARDUINO SHIELD

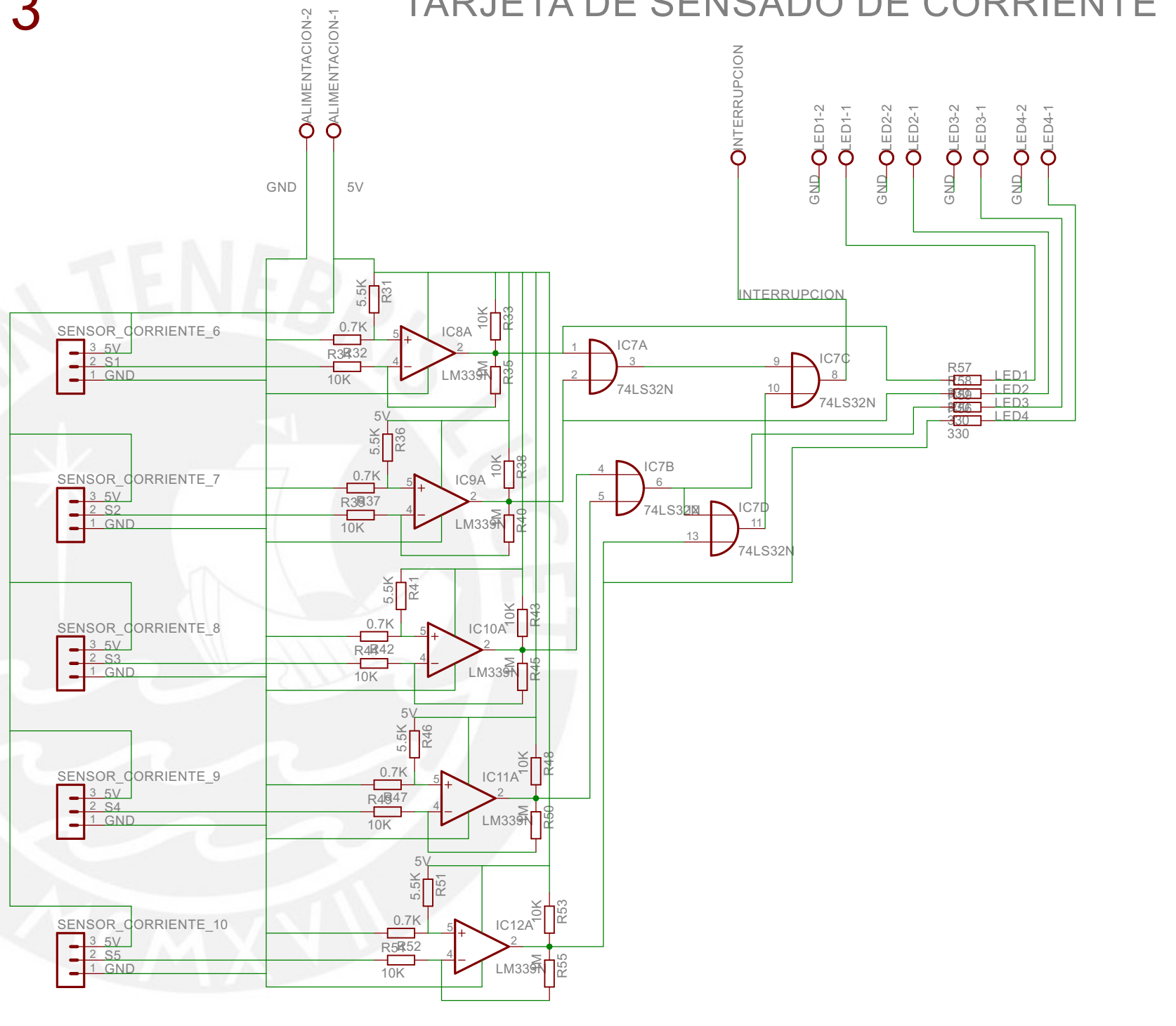


2 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA

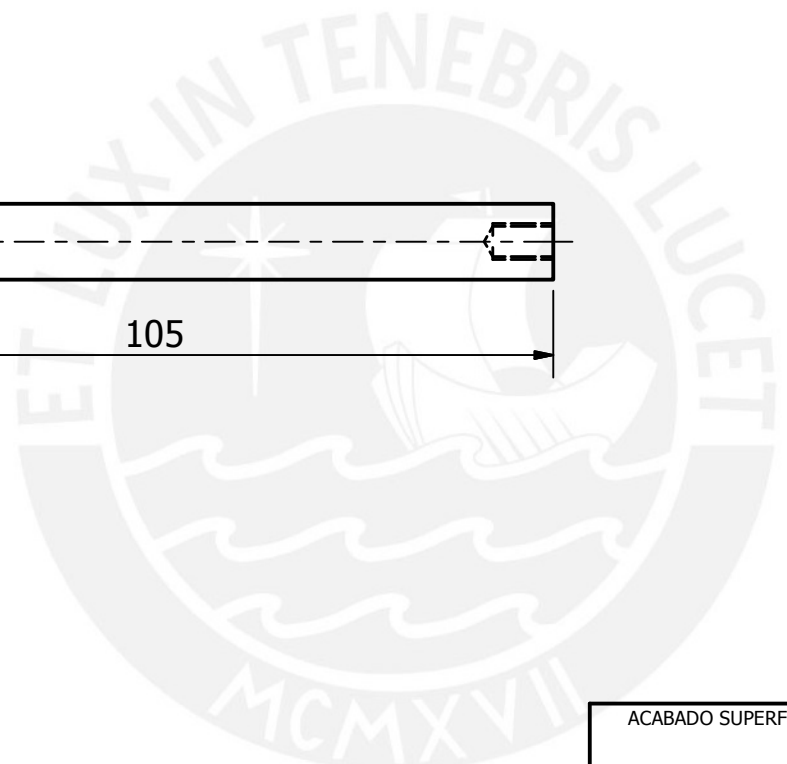
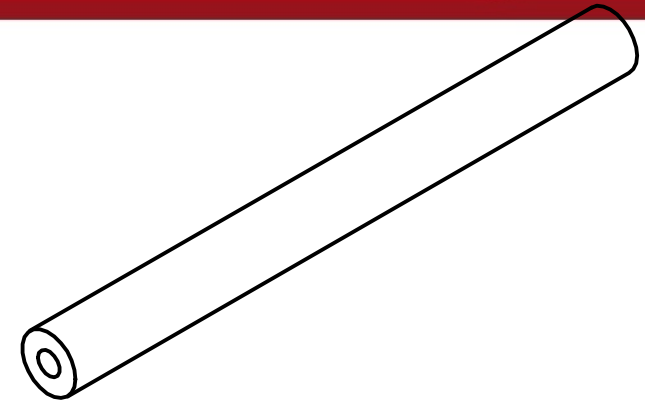
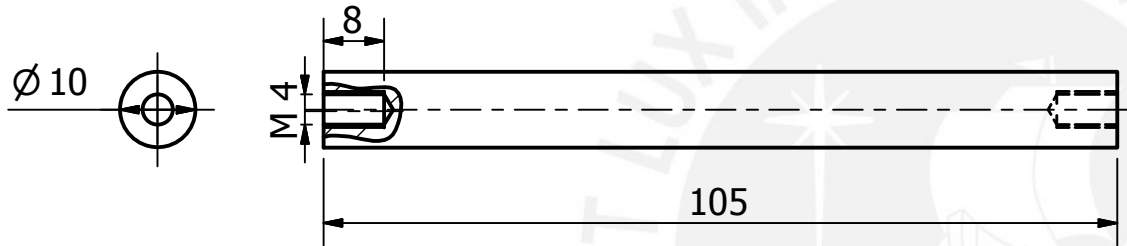


3

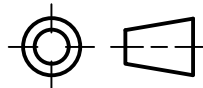
TARJETA DE SENSADO DE CORRIENTE

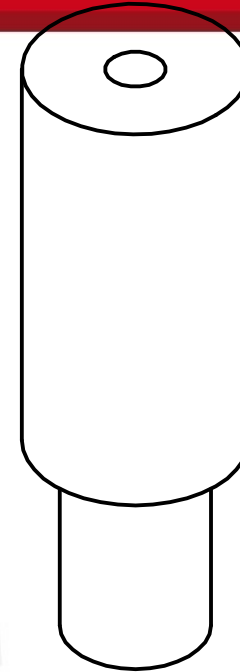
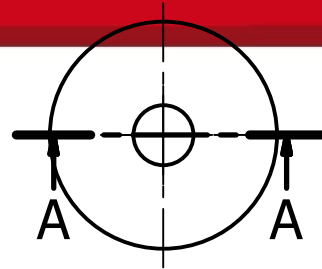


PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		ESQUEMATICO	
ANEXO 10		05/07/2015 08:23:26 p.m.	
NOMBRE: CARLOS SOTO BRAVO CÓDIGO: 20101642		Sheet: 1/1	

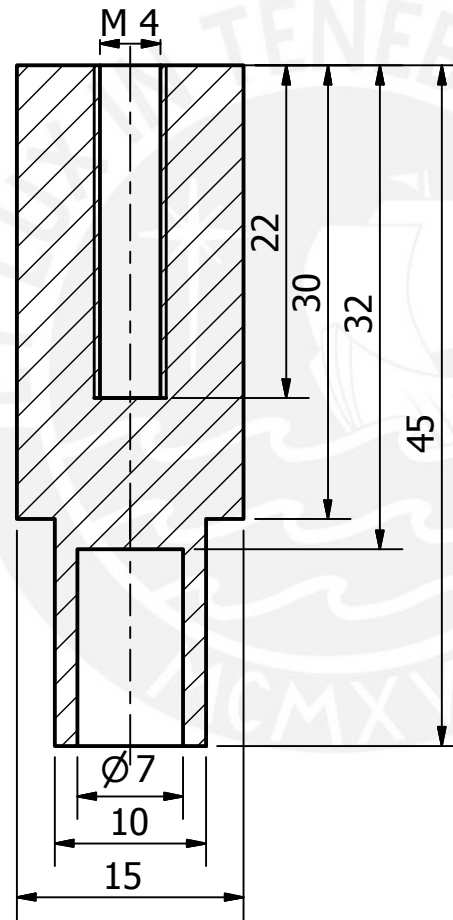


TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
MEDIO	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$

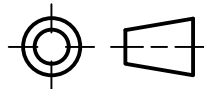
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 MEDIO	MATERIAL ACERO AISI 201
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA BARRA CODO	ESCALA 1:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 29/09/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P1 - A4

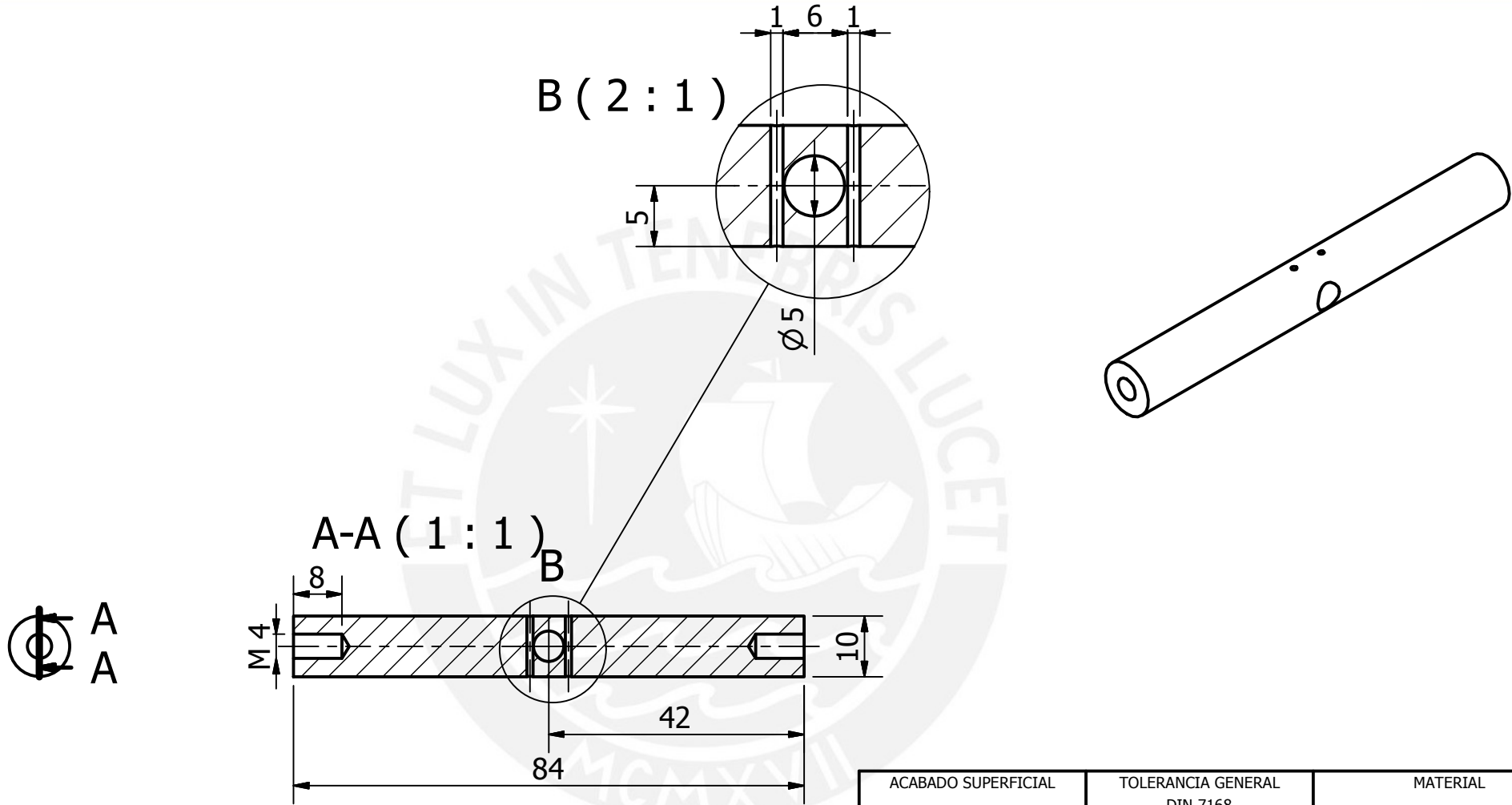


A-A (2 : 1)



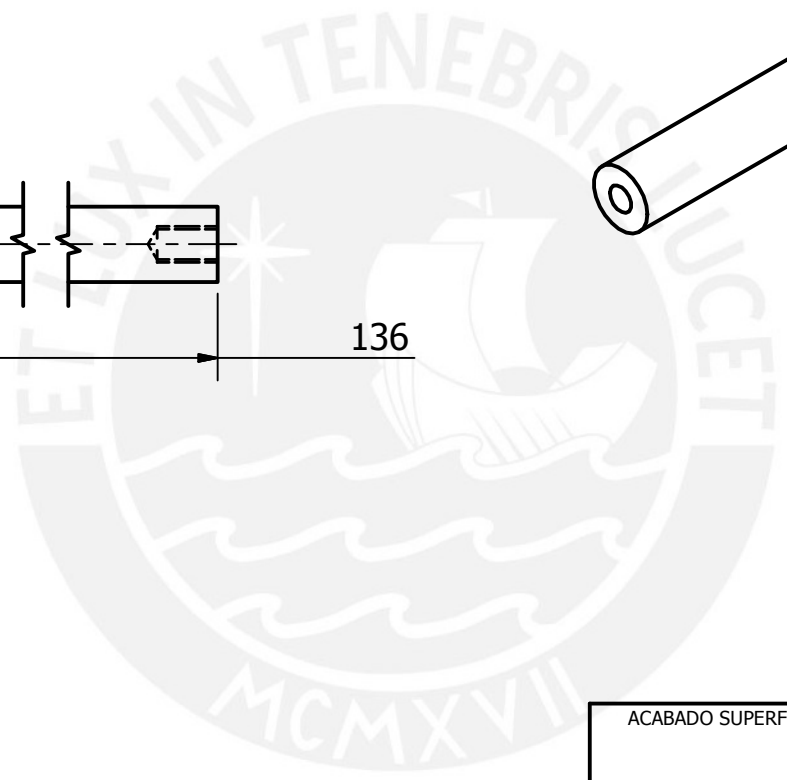
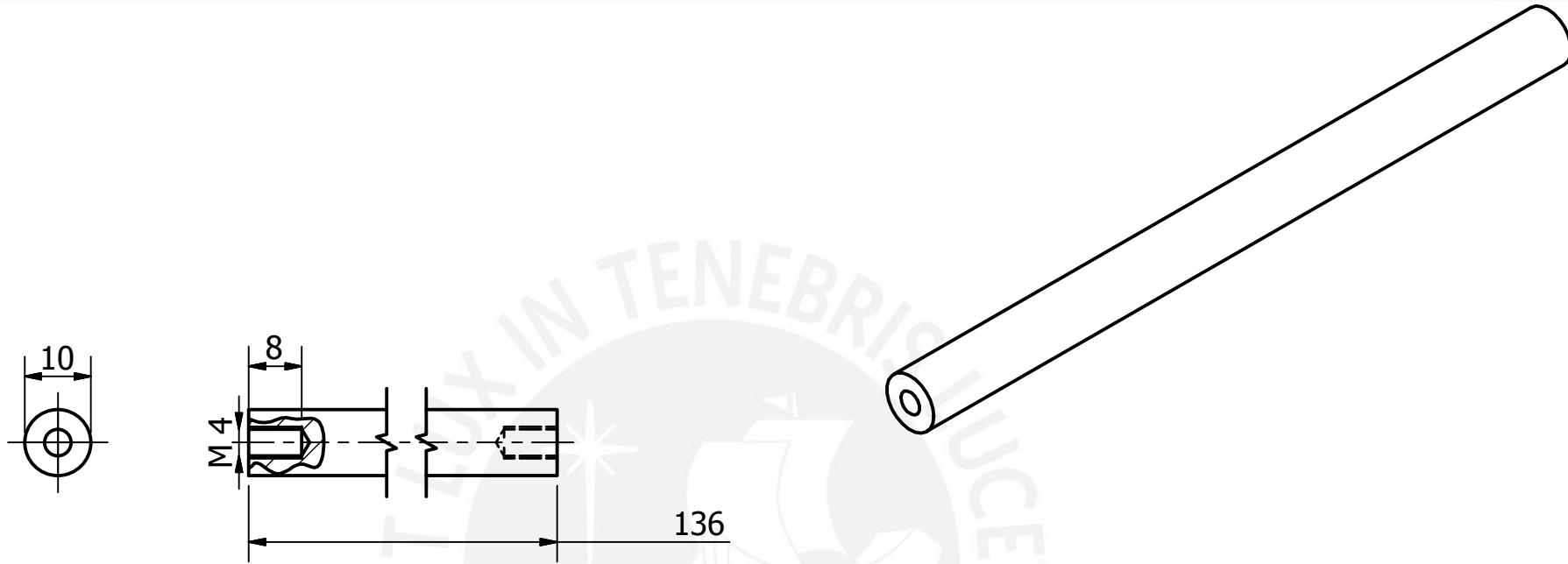
TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL DIN 7169 MEDIO	MATERIAL ACERO ASISI 201
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA BARRA DE LA BASE	ESCALA 2:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P2 - A4

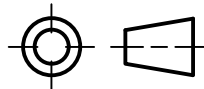


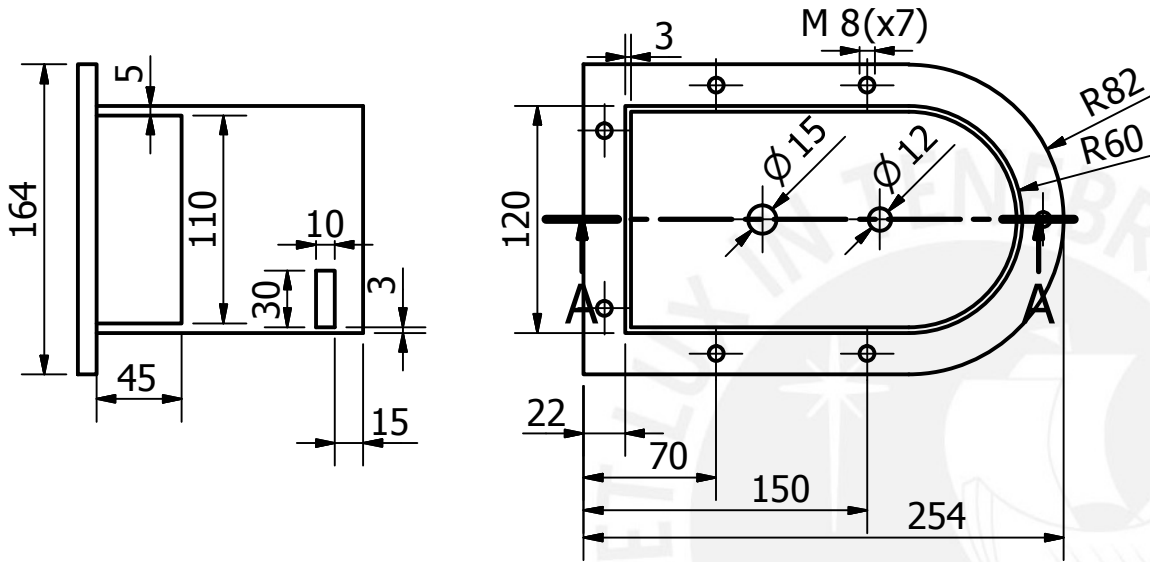
TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 MEDIO	MATERIAL ACERO AISI 201
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA BARRA DE LA MUÑECA	ESCALA 1:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P4 -A4

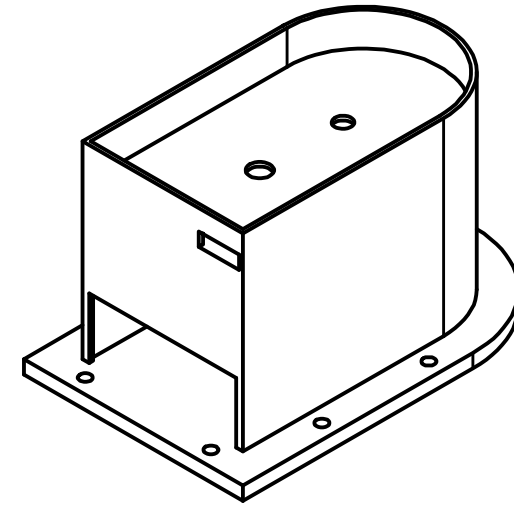


TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGUN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5

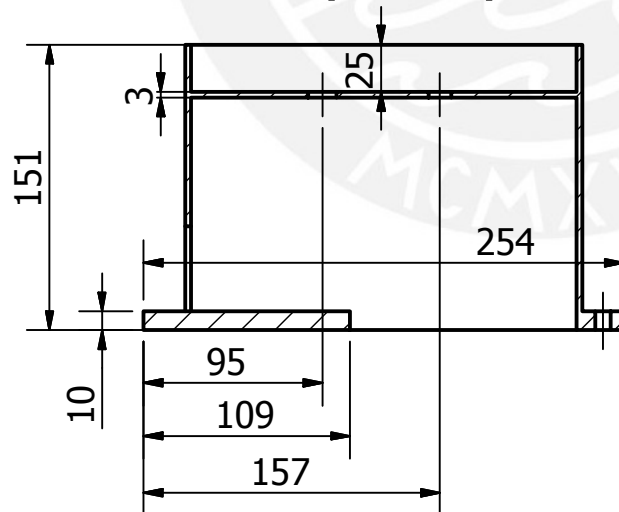
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 MEDIO	MATERIAL ACERO AISI 201
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA BARRA HOMBRO	ESCALA 1:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P3 -A4

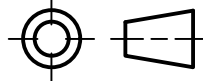


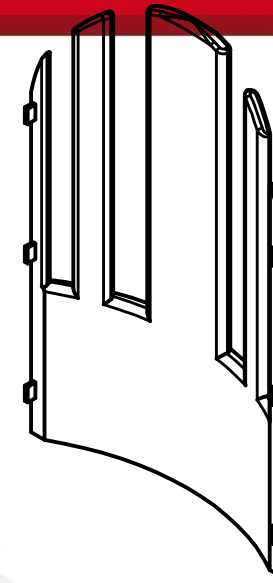
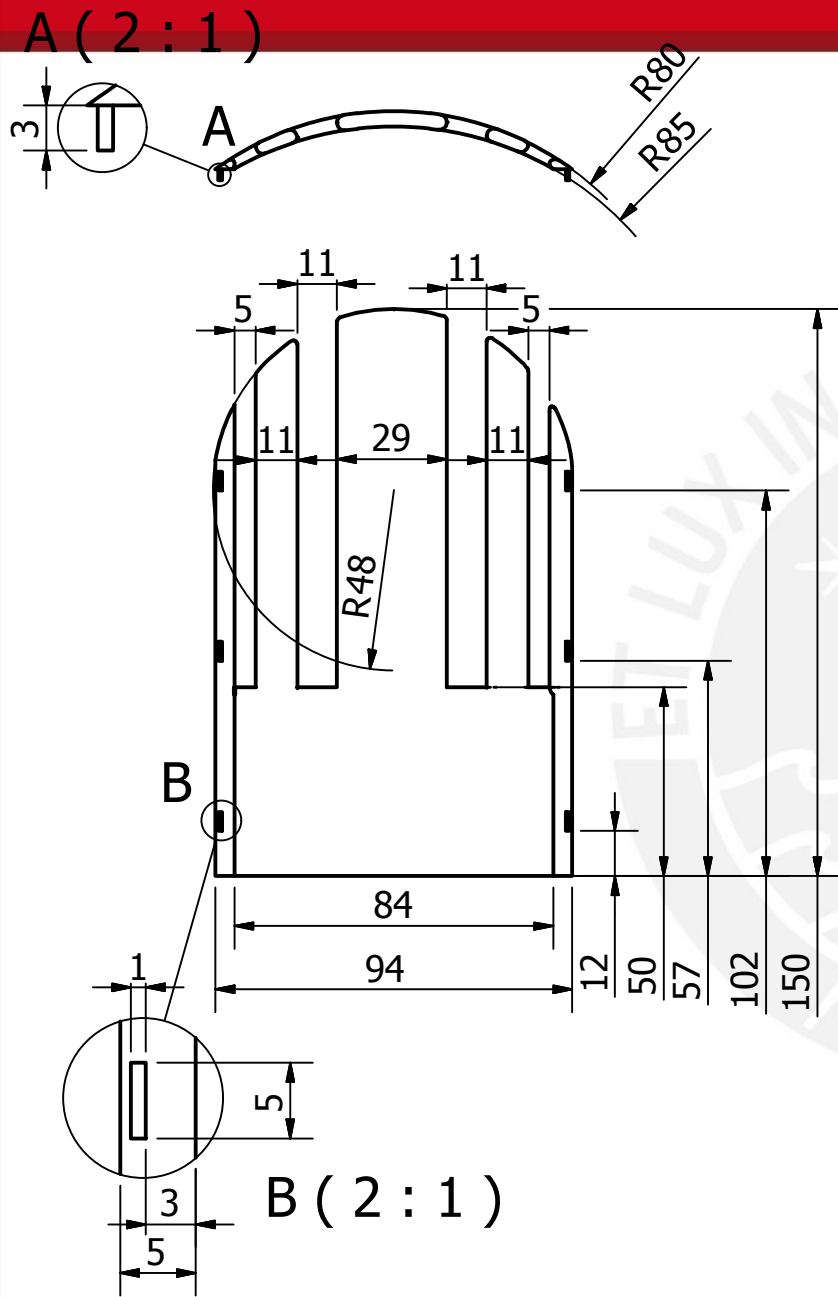
A-A (1 : 4)



Plano referencial de pieza impresa 3D

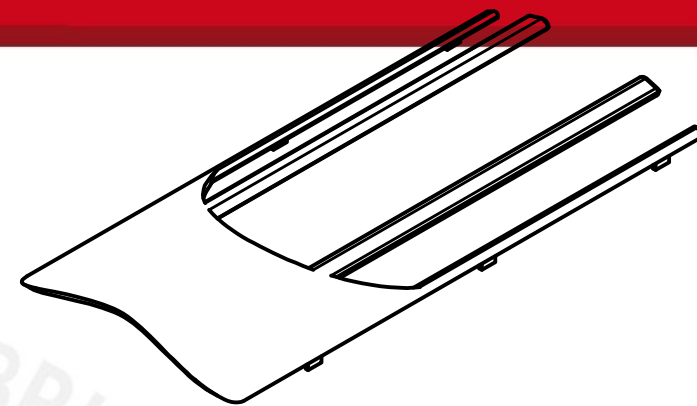
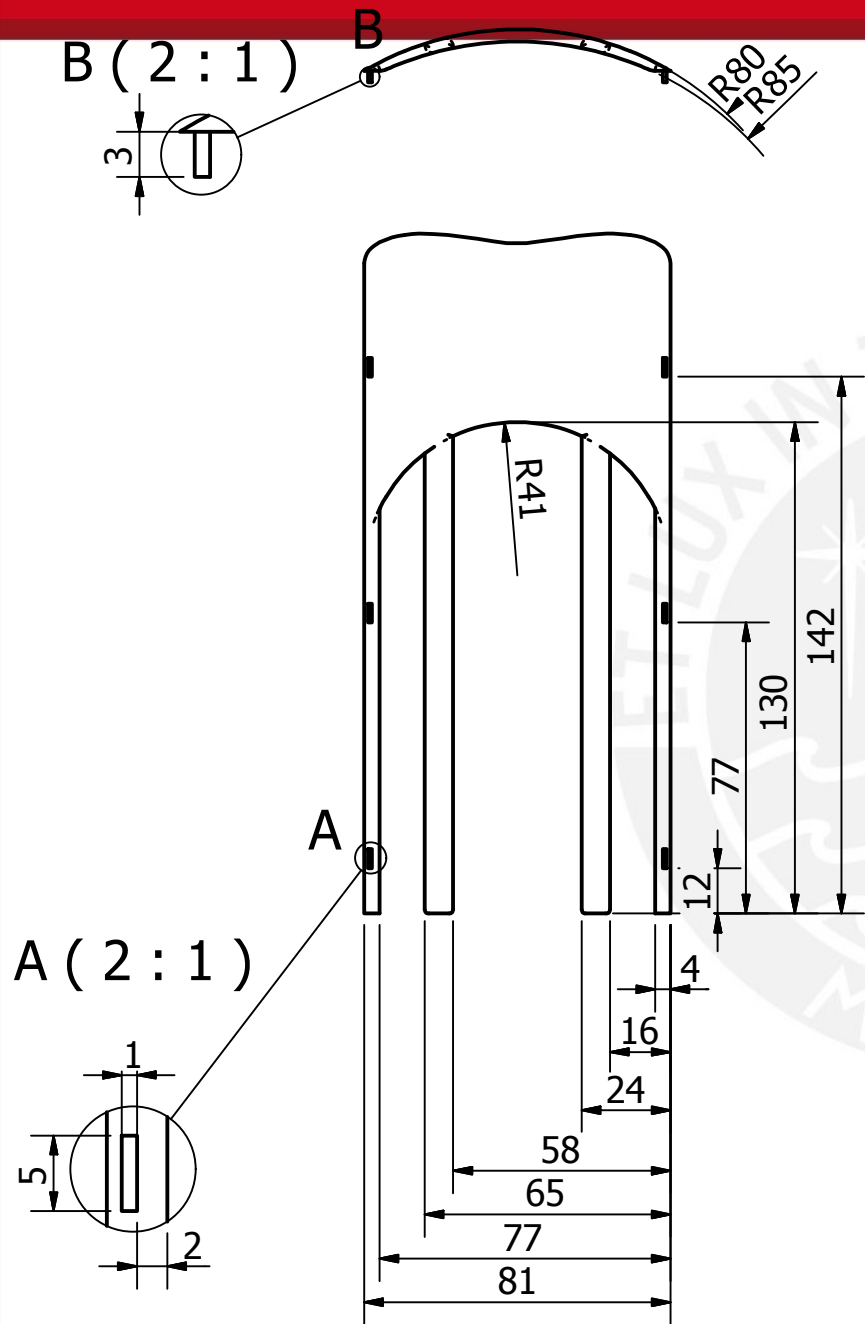


ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA BASE FIJA	ESCALA 1:4
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P5 - A4

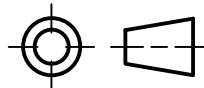


Plano referencial de pieza impresa 3D

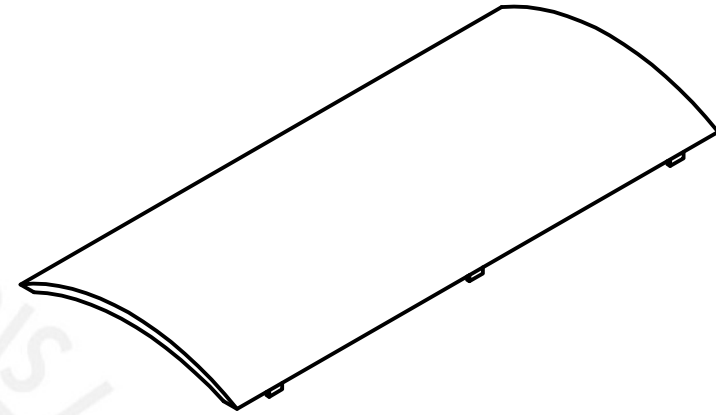
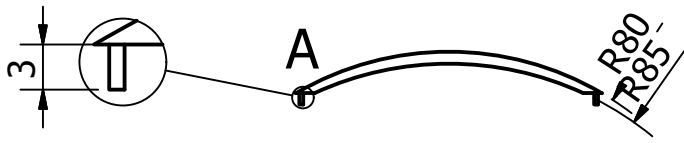
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA CARCASA DELANTERA 1	ESCALA 1:2
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P7 - A4



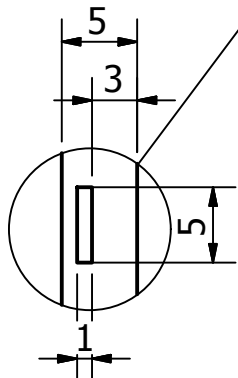
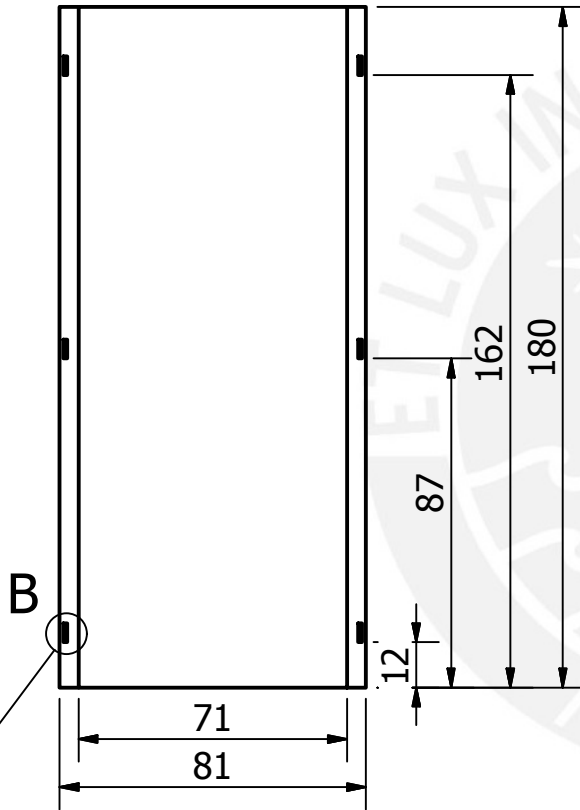
Plano referencial de pieza impresa 3D

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA CARCASA DELANTERA 2	ESCALA 1:2
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P8 - A4

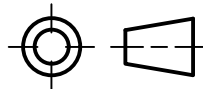
A (2 : 1)



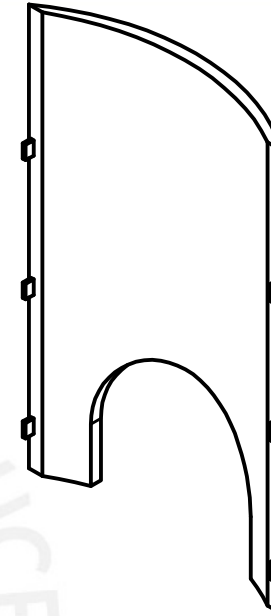
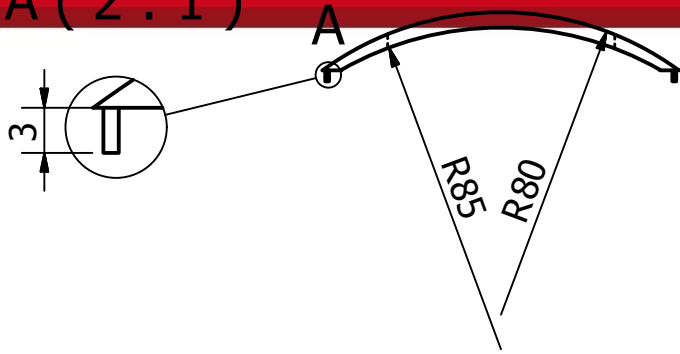
Plano referencial de pieza impresa 3D



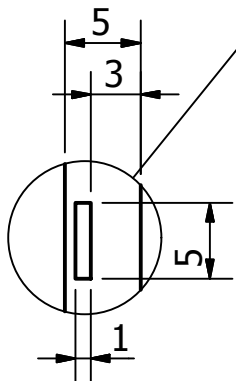
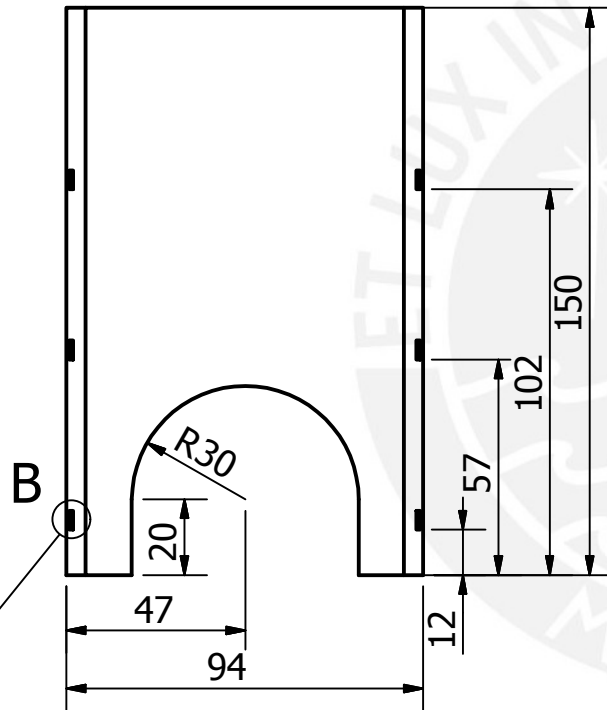
B (2 : 1)

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA CARCASA POSTERIOR 1	ESCALA 1:2
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P9 - A4

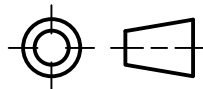
A (2:1)

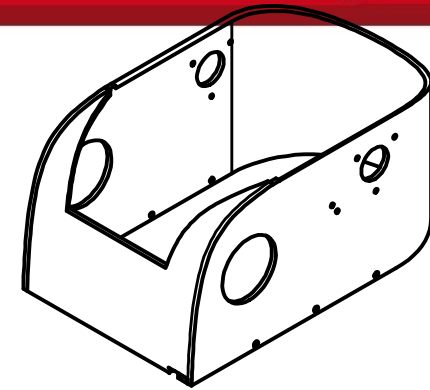
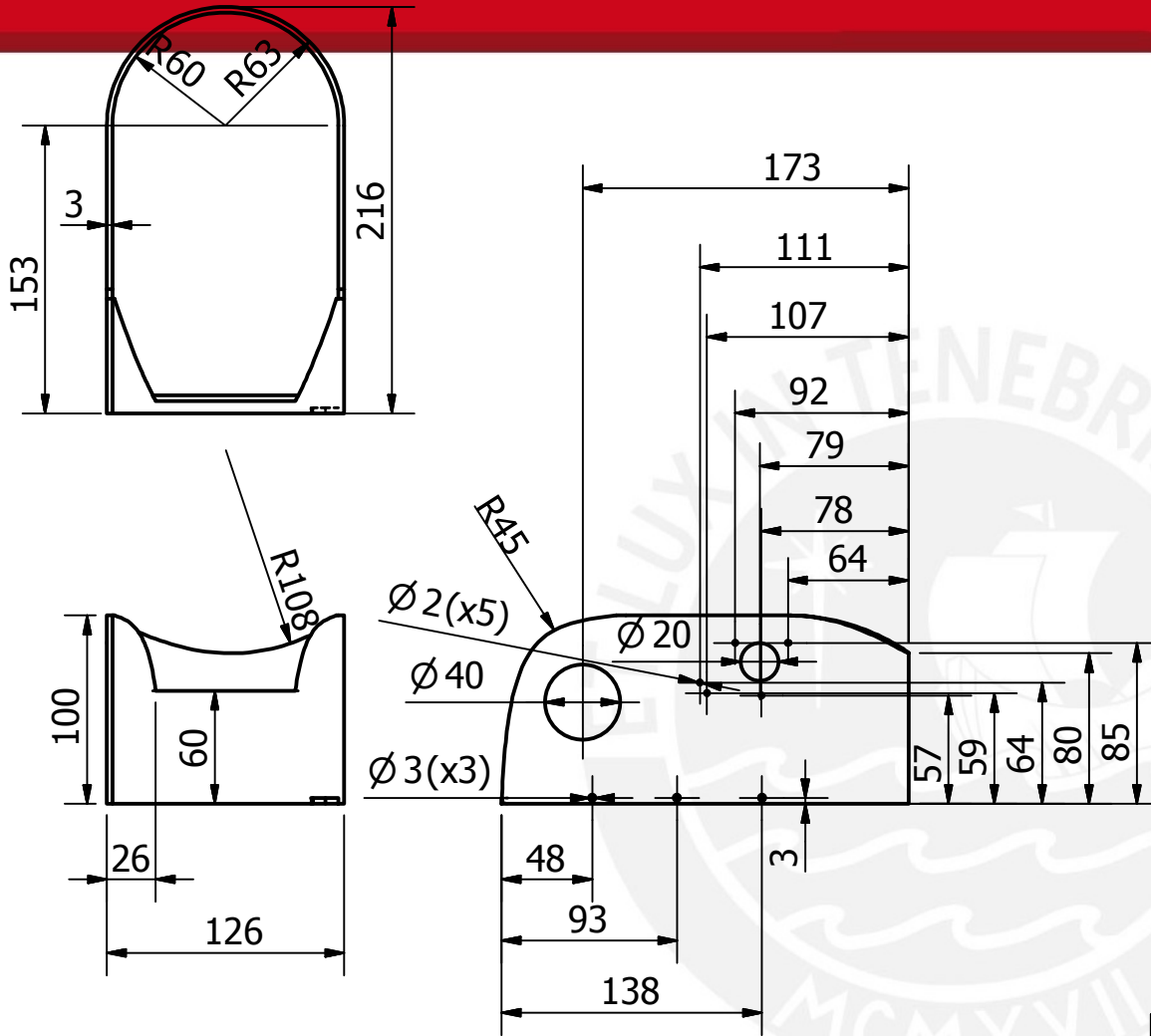


Plano referencial de pieza impresa 3D

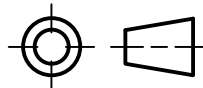


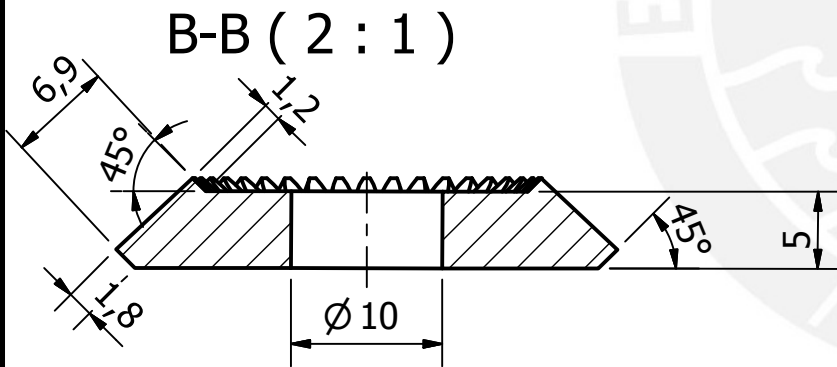
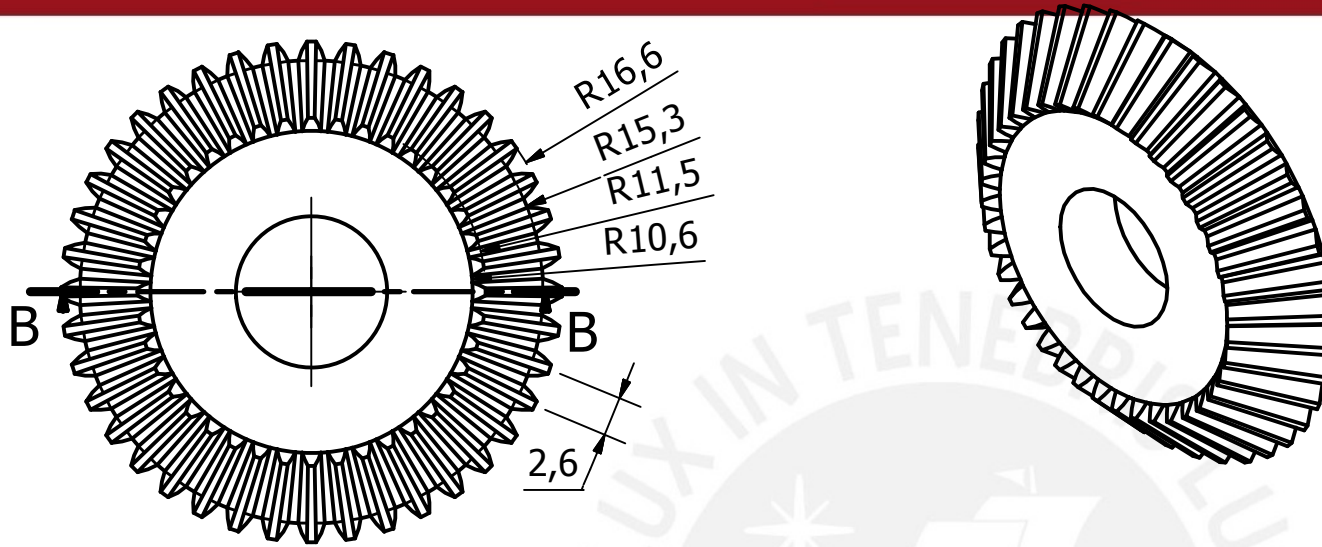
B (2:1)

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA CARCASA POSTERIOR 2	ESCALA 1:2
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P6 - A4



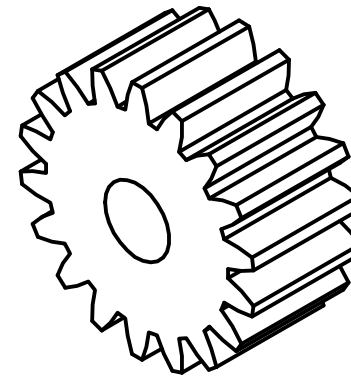
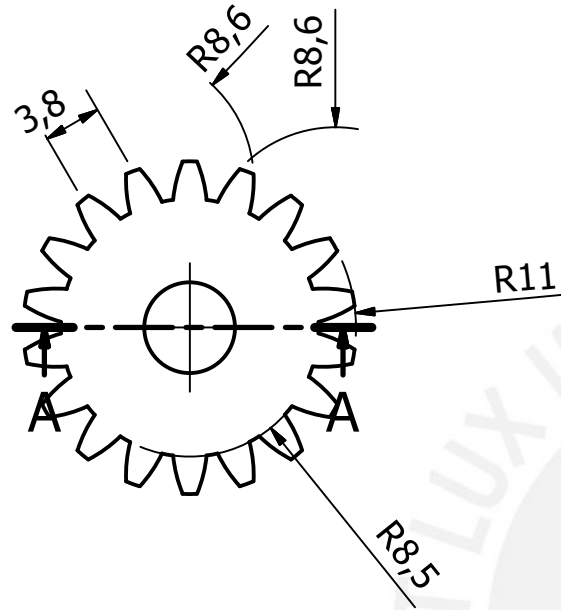
Plano referencial de pieza impresa 3D

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA CUBERTOR	ESCALA 1:4
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P12 - A4

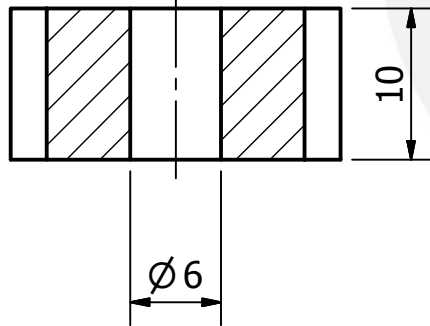


Plano referencial de pieza impresa 3D

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA ENGRANAJE BISELADO	ESCALA 2:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P28-A4

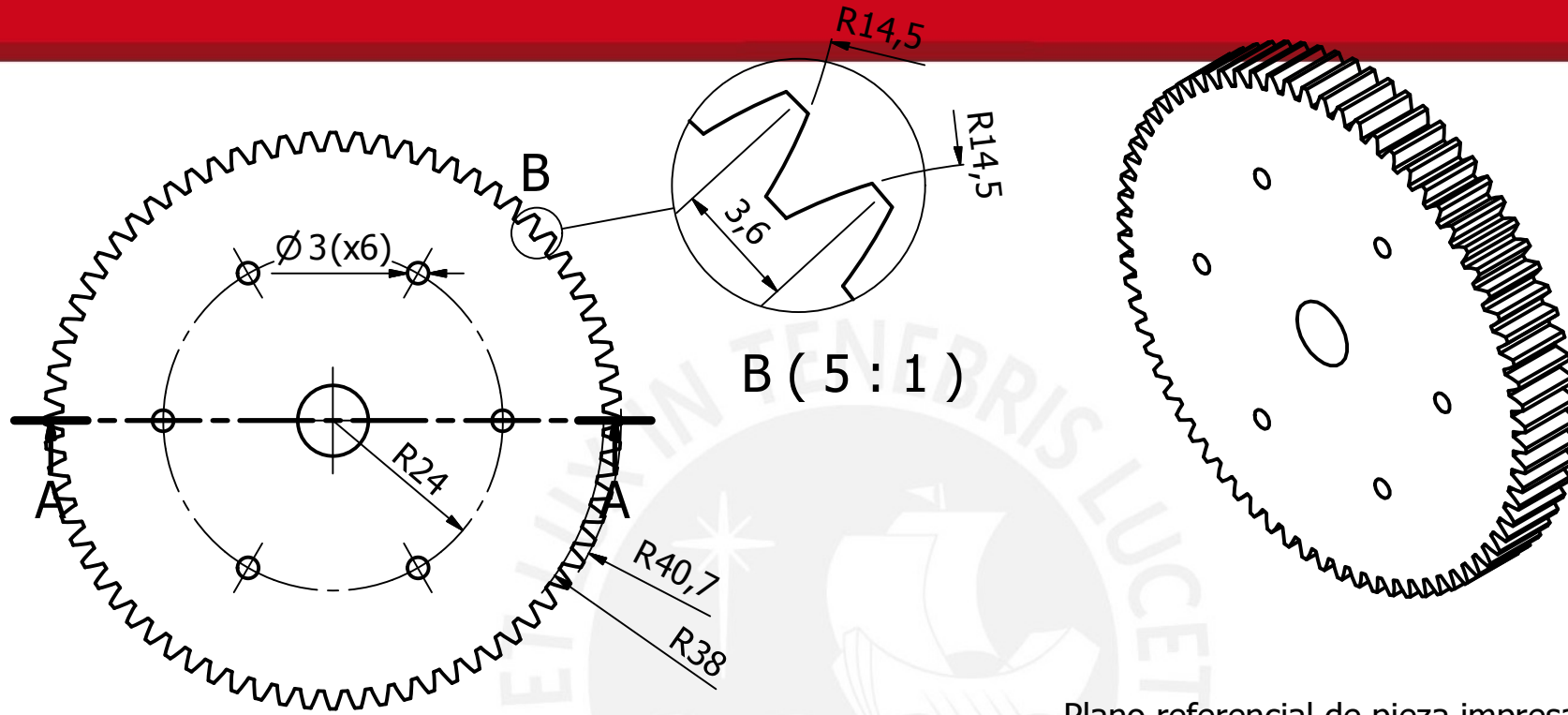


A-A (2 : 1)

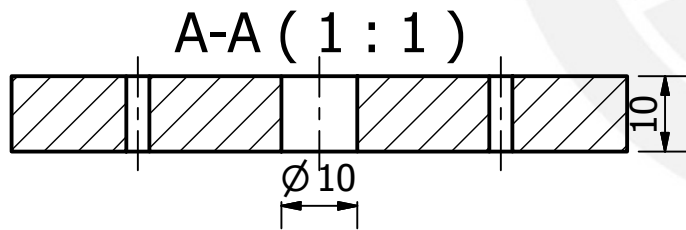


Plano referencial de pieza impresa 3D

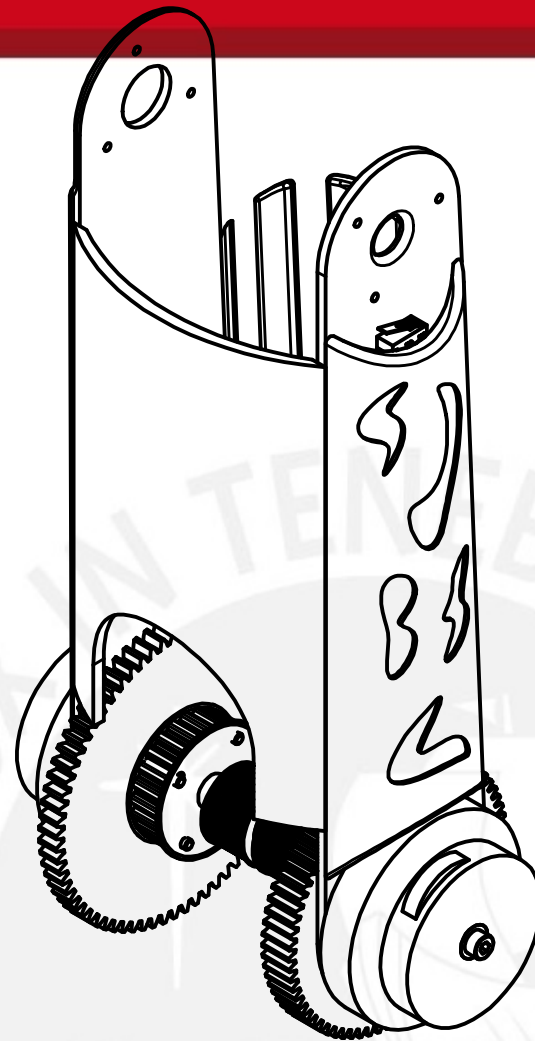
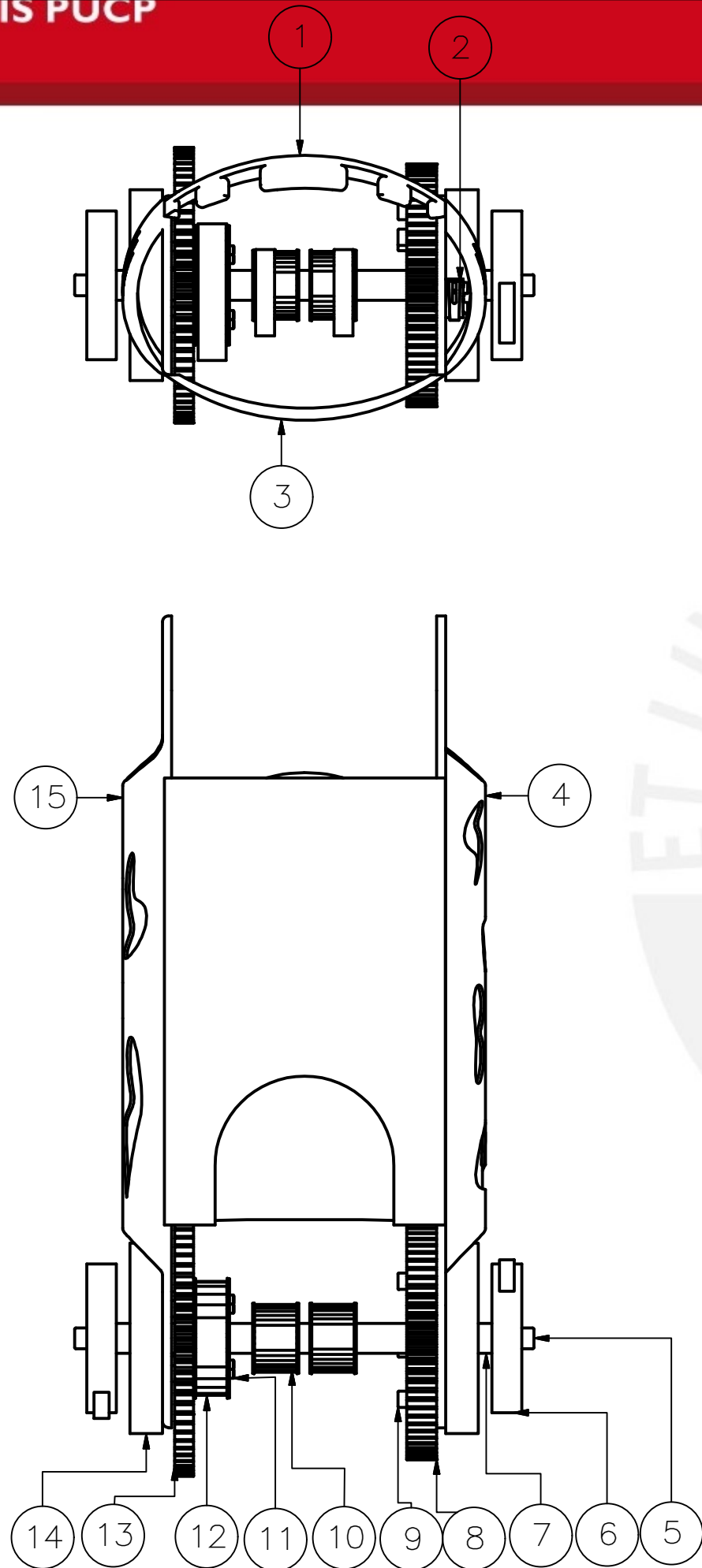
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA ENGRANAJE RECTO 1	ESCALA 2:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P13 - A4



Plano referencial de pieza impresa 3D



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA ENGRANAJE RECTO 2	ESCALA 1:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P14 - A4

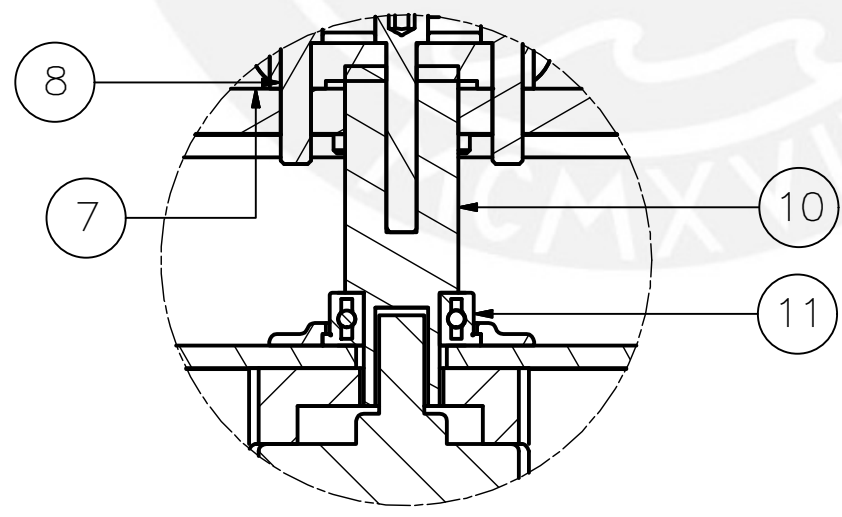
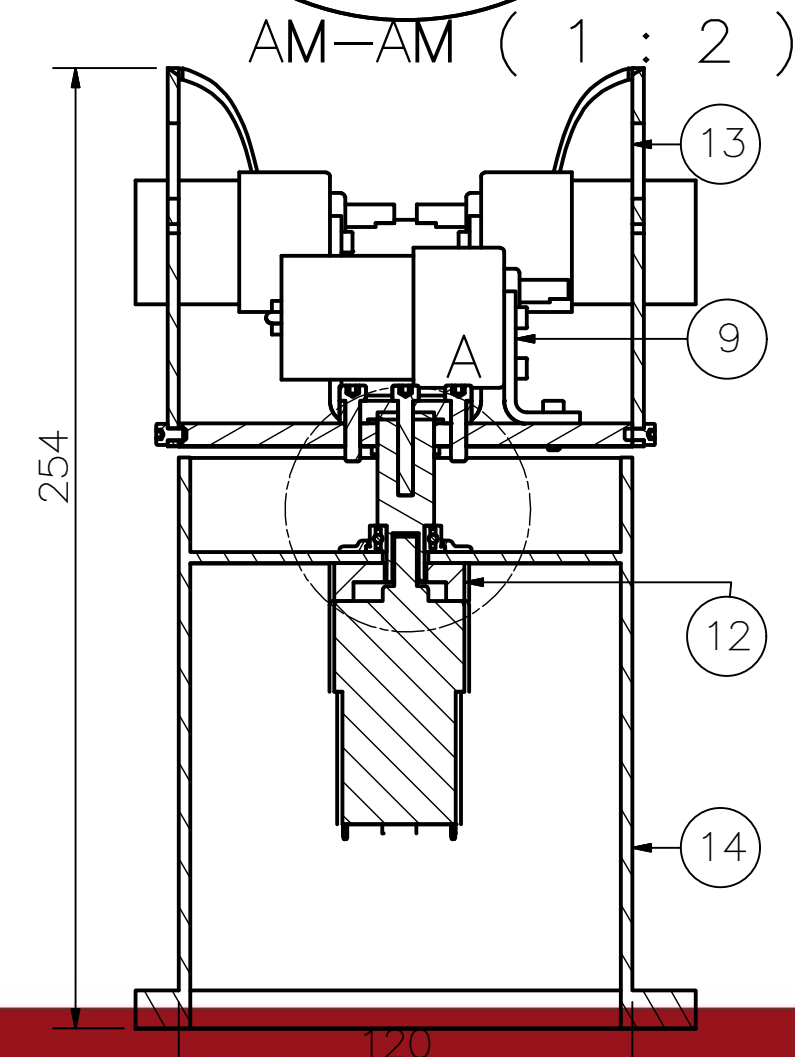
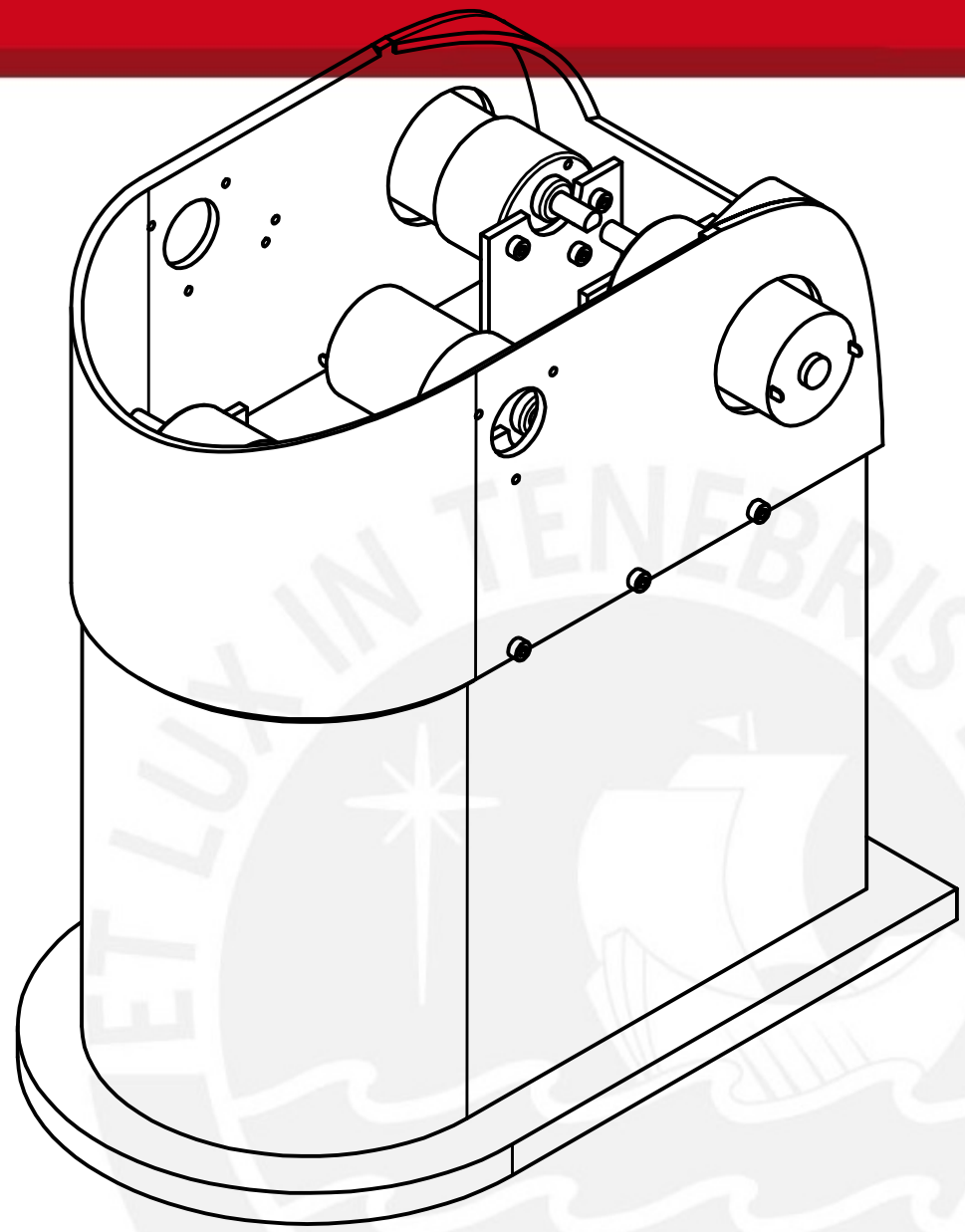
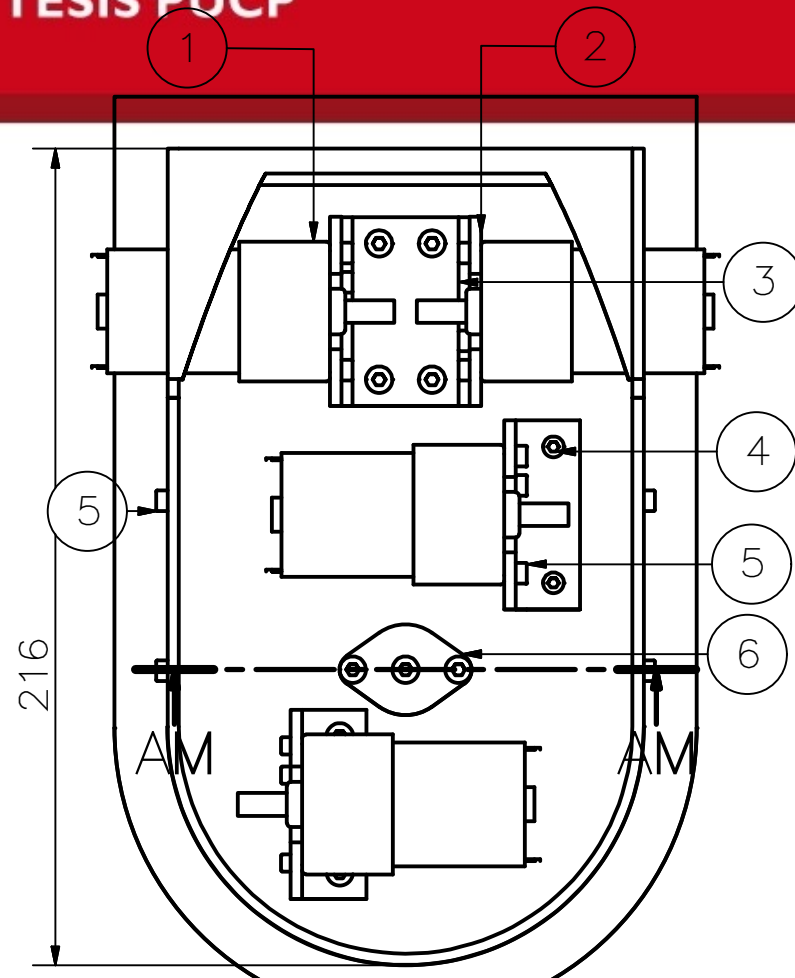


1	1	Carcasa delantera brazo		ULTEM9085	
2	1	Micro Limit Switch			
3	1	Carcasa posterior brazo		ULTEM9085	
4	2	Brazo derecho		ULTEM9085	
5	2	ISO 4762 - M4 x 16	ISO 4762	Acero inoxidable, 440C	
6	2	Elemento actuador Limit Switch		ULTEM9085	
7	1	Barra Hombro		Acero	
8	1	Engranaje recto1		ULTEM 9085	
9	3	ISO 4762 - M3 x 16	ISO 4762	Acero inoxidable, 440C	
10	2	Polea síncrona1		ULTEM 9085	
11	4	ISO 4762 - M3 x 20	ISO 4762	Acero inoxidable, 440C	
12	1	Polea síncrona 2		ULTEM9085	
13	1	Engranaje recto2		ULTEM9085	
14	2	Sujeta rodamiento grande		ULTEM9085	
15	1	Brazo Izquierdo		ULTEM9085	

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
------	-------	-------------	-------	----------	---------------

BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA.

MÉTODO DE PROYECCIÓN	PUCP	ESCALA
	ENSAMBLAJE BRAZO	1:2
20101642	SOTO BRAVO CARLOS ANDRÉS	FECHA: 21/06/2015
APROBADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P29-A3



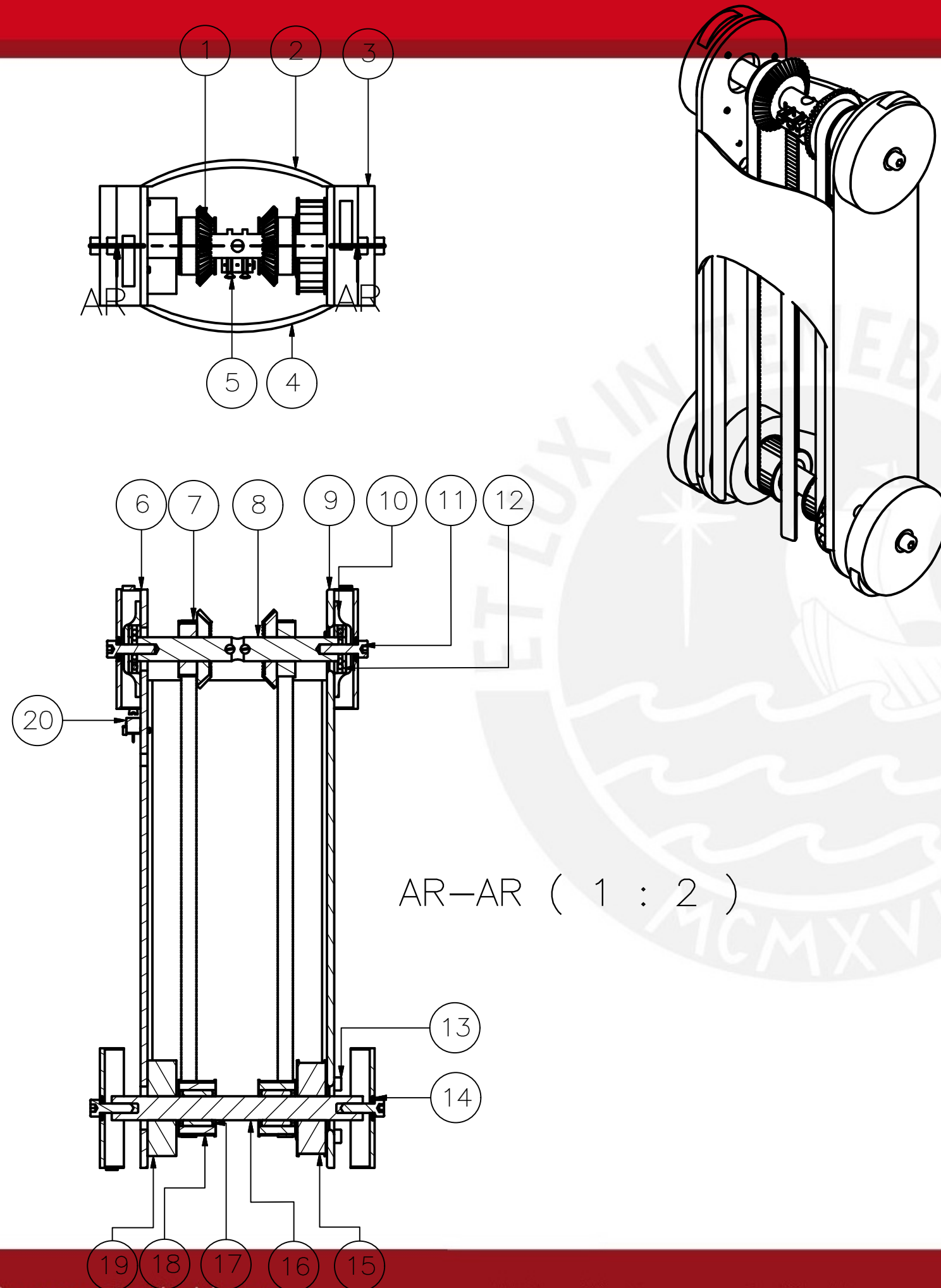
DETALLE A — UNION BASE FIJA
Y BASE MÓVIL (1 : 1)

49	1	ISO 4762 - M4 x 25	ISO 4762	Acero inoxidable, 440C	
14	1	Base Fija		ULTEM 9085	
13	1	Cubretor		ULTEM 9085	
12	1	Soporte de motor base		ULTEM 9085	
11	1	RODAMIENTO F 63800-2Z GB/T 7218-1995	GB/T 7218-1995	Acero, suave	
10	1	Barra de la base		Acero	
9	2	Soporte de motor brazos		ULTEM 9085	
8	2	TORNILLO ISO 4762 - M4 x 16	ISO 4762	Acero inoxidable, 440C	
7	1	Placa Base		Aluminio	
6	1	Sujetador de rodamiento		ULTEM 9085	
5	18	TORNILLO ISO 4762 - M3 x 5	ISO 4762	Acero inoxidable, 440C	
4	2	TORNILLO ISO 4762 - M3 x 10	ISO 4762	Acero inoxidable, 440C	
3	1	Sujetador base motores		ULTEM 9085	
2	2	Soporte de motor gripper		ULTEM 9085	
1	5	Motor Pololu 12VDC con encoder		Acero	12VDC Stall Torque: 1.8 Nm Stall Current: 5A

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
------	-------	-------------	-------	----------	---------------

BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA.

MÉTODO DE PROYECCIÓN	PUCP	ESCALA
	ENSAMBLAJE DE LA BASE	1:2
20101642	SOTO BRAVO CARLOS ANDRES	FECHA: 21/06/2015
APROBADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P15 - A3



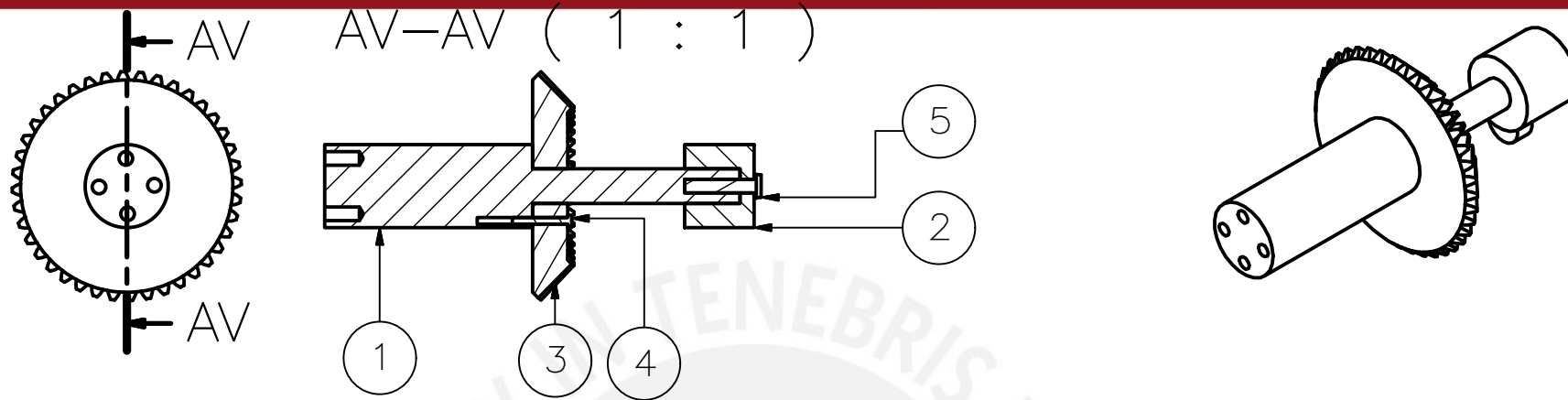
AR-AR (1 : 2)

20	4	Micro Limit Switch		ULTEM 9085	
19	1	Sujetador de rodamiento mediano		ULTEM 9085	
18	9	Polea síncrona		ULTEM 9085	
17	4	Rodamiento ISO 3030 - 33 C - 10 x 15 x 15	ISO 3030	Acero, suave	
16	1	Barra codo		Acero	
15	1	Polea síncrona		ULTEM 9085	
14	4	Arandela		Acero	
13	8	Tornillo ISO 4762 - M3 x 16	ISO 4762	Acero inoxidable, 440C	
12	4	Rodamiento ISO 104 - 0 70 - 10 x 20 x 5	ISO 104	Acero, suave	
11	6	Tornillo ISO 4762 - M4 x 16	ISO 4762	Acero inoxidable, 440C	
10	6	Sujetador de rodamiento		ULTEM 9085	
9	1	Eslabon		ULTEM 9085	
8	1	Barra muñeca		Acero	
7	15	Correa síncrona		Caucho, Silicona	
6	1	Codo Derecho		ULTEM 9085	
5	2	Tornillo ISO 2010 - M2x20	ISO 2010	Acero inoxidable, 440C	
4	1	Carcasa delantera		ULTEM 9085	
3	4	Pieza de limit switch		ULTEM 9085	
2	1	Carcasa posterior		ULTEM 9085	
1	2	Engranaje biselado		ULTEM 9085	

POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
------	-------	-------------	-------	----------	---------------

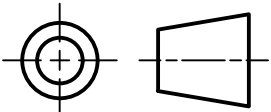
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA.

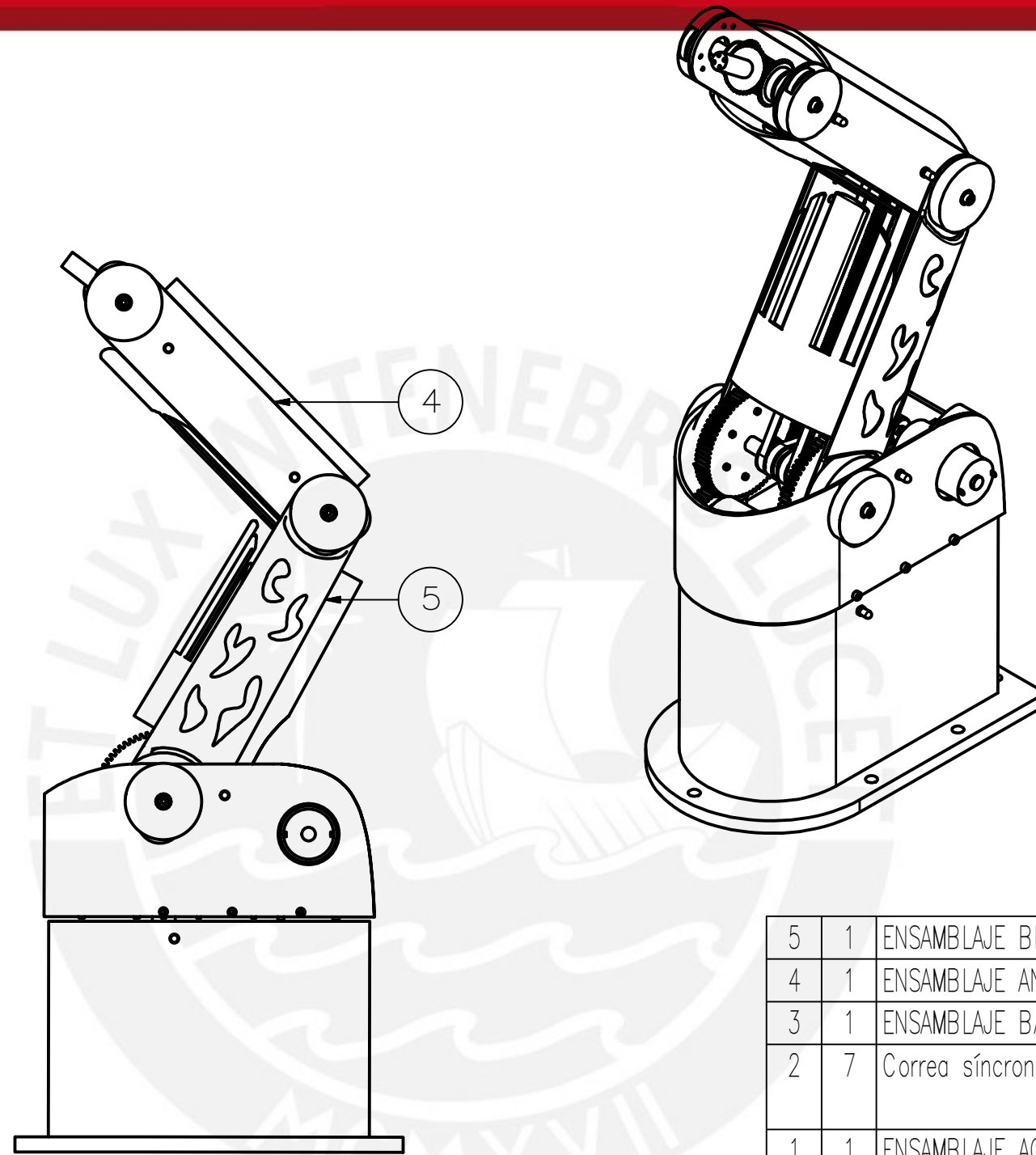
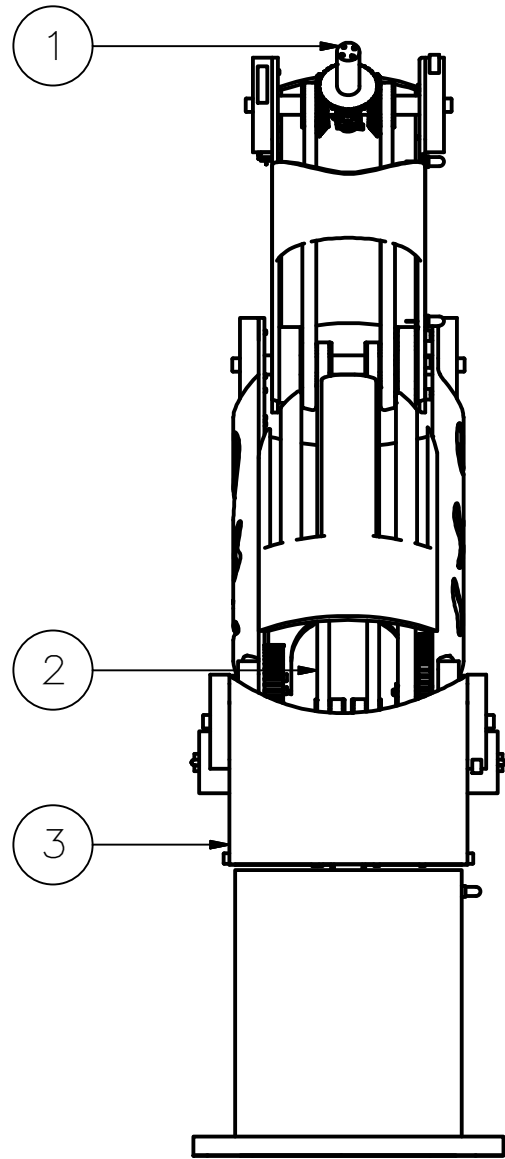
MÉTODO DE PROYECCIÓN	PUCP ENSAMBLAJE DE ANTEBRAZO	ESCALA 1:2
20101642	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 21/06/2015
APROBADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P17 - A3



5	1	Screw A M2-6gx10 GOST R 50405-92	GOST R 50405-92	Acero, suave	
4	3	Screw A M1-6gx8 GOST R 50405-92	GOST R 50405-92	Acero, suave	
3	1	Engranaje biselado		ULTEM 9085	
2	1	Sujetador de Gripper		ULTEM 9085	
1	1	Gripper		ULTEM 9085	
POS. CANT.	DESCRIPCIÓN		NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES

BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA.

MÉTODO DE PROYECCIÓN	PUCP	ESCALA
	ENSAMBLAJE DEL ACOPLAMIENTO DE GRIPPER	1:1
20101642	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 21/06/2015
APROBADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P30 - A4

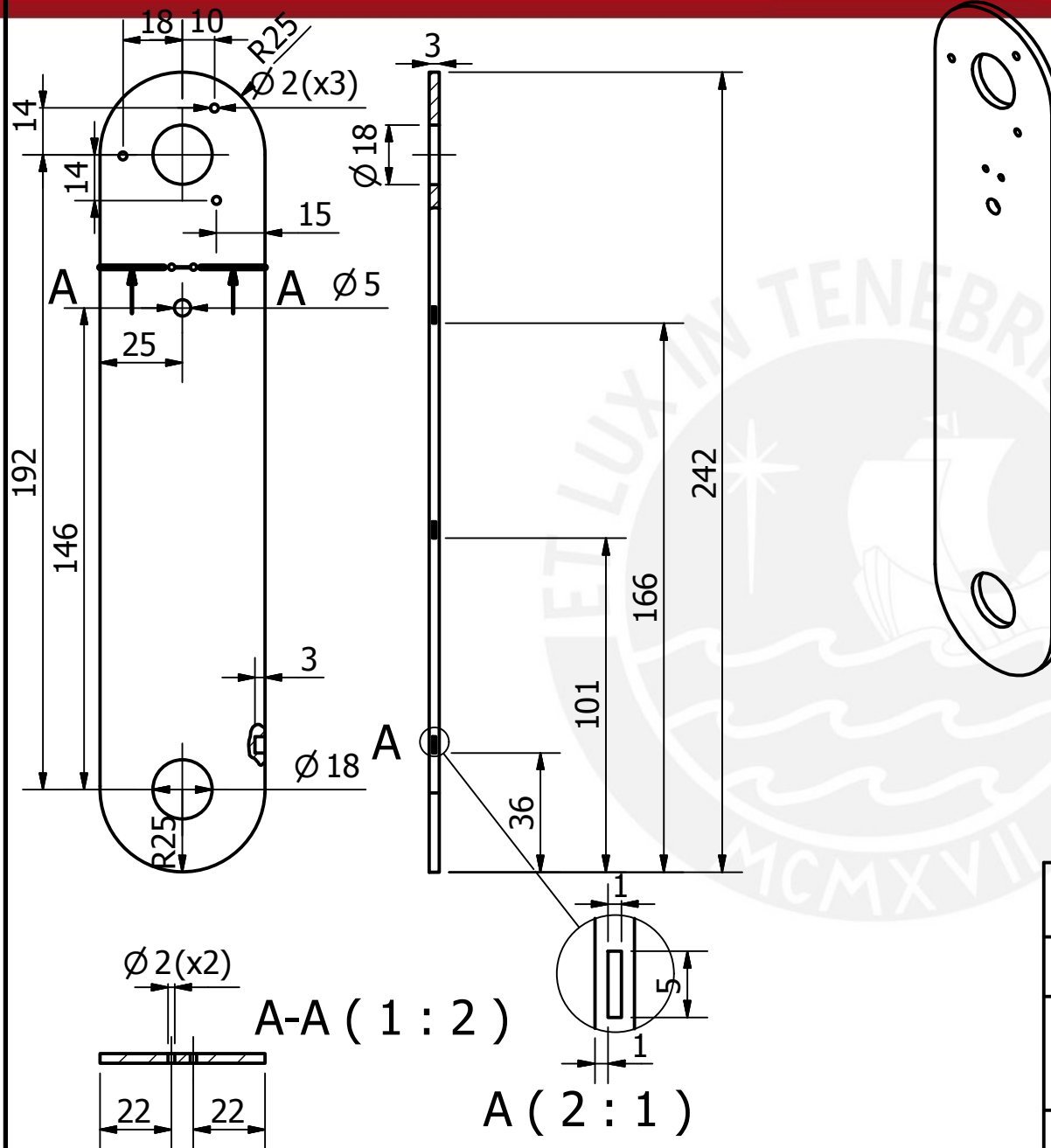


5	1	ENSAMBLAJE BRAZO			
4	1	ENSAMBLAJE ANTEBRAZO			
3	1	ENSAMBLAJE BASE			
2	7	Correa síncrona		Caucho, Silicona	
1	1	ENSAMBLAJE ACOPLAMIENTO GRIPPER			

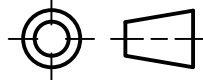
POS.	CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
------	-------	-------------	-------	----------	---------------

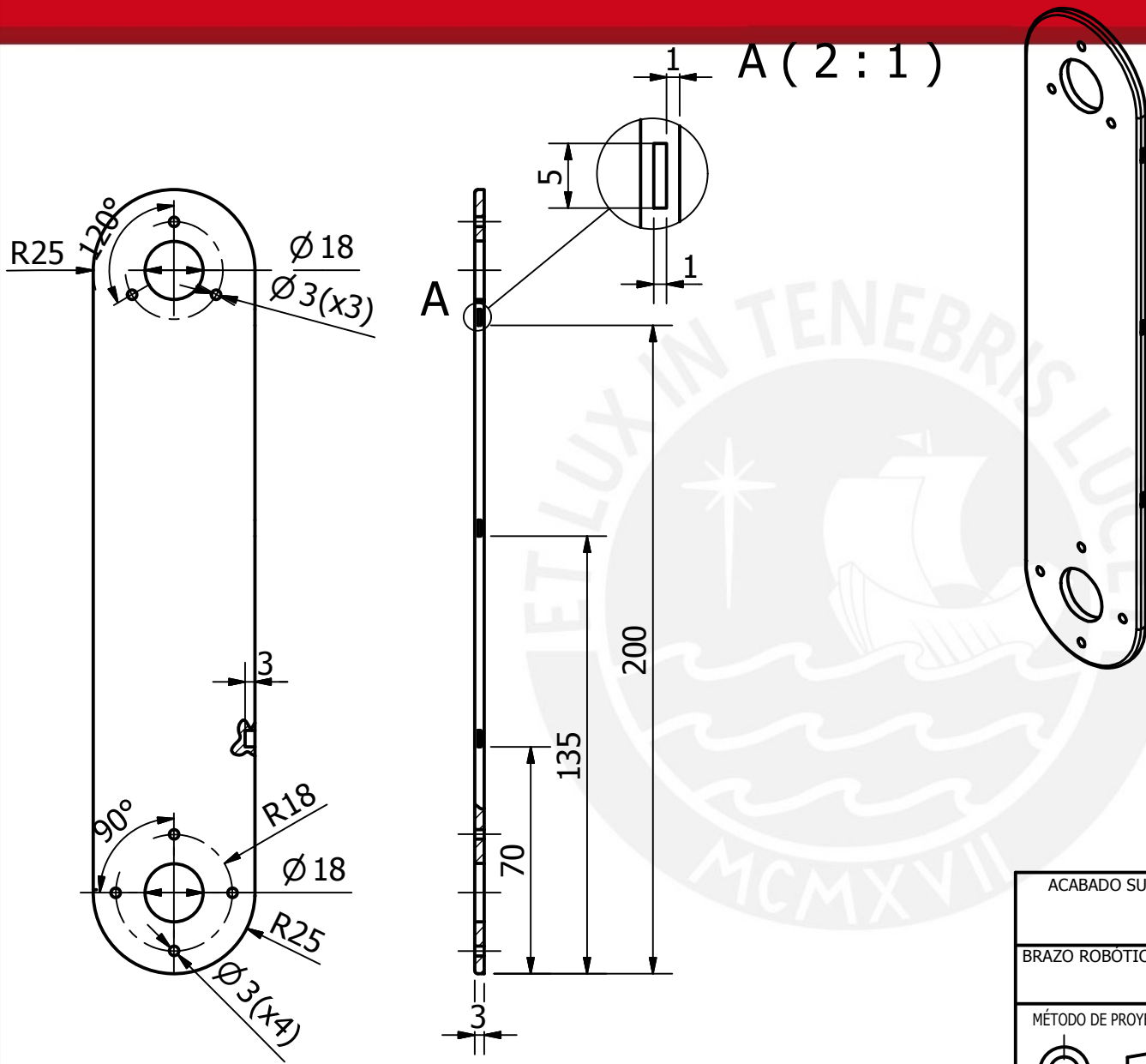
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA.

MÉTODO DE PROYECCIÓN	PUCP		ESCALA
	ENSAMBLAJE BRAZO ROBÓTICO		1:4
20101642	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRPES		FECHA: 21/06/2015
APROBADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN		LÁMINA: P16 - A3



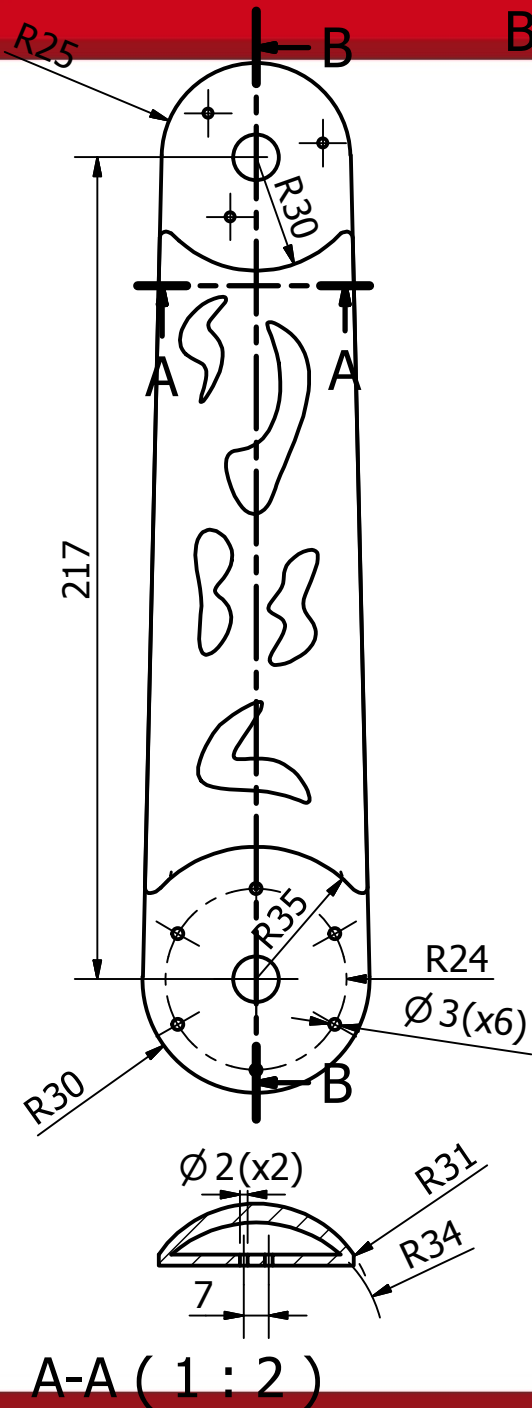
Plano referencial de pieza impresa 3D

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA ESLABON ANTEBRAZO 1	ESCALA 1:2
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P10 - A4

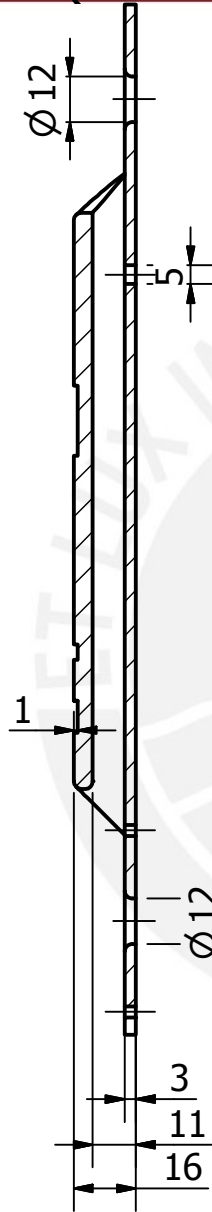


Plano referencial de pieza impresa 3D

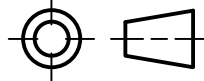
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA ESLABON ANTEBRAZO 2	ESCALA 1:2
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P11 - A4

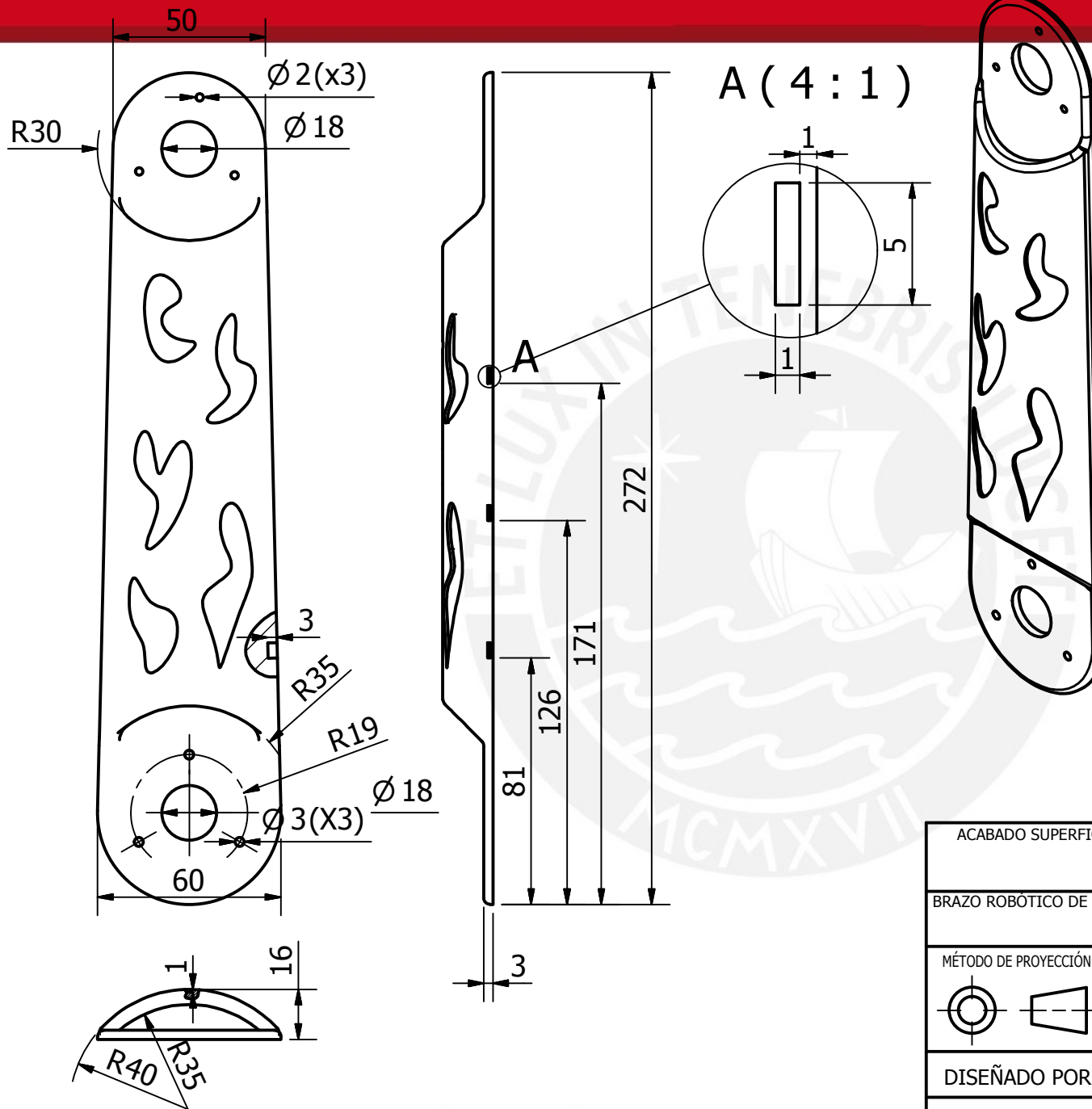


B-B (1 : 2)



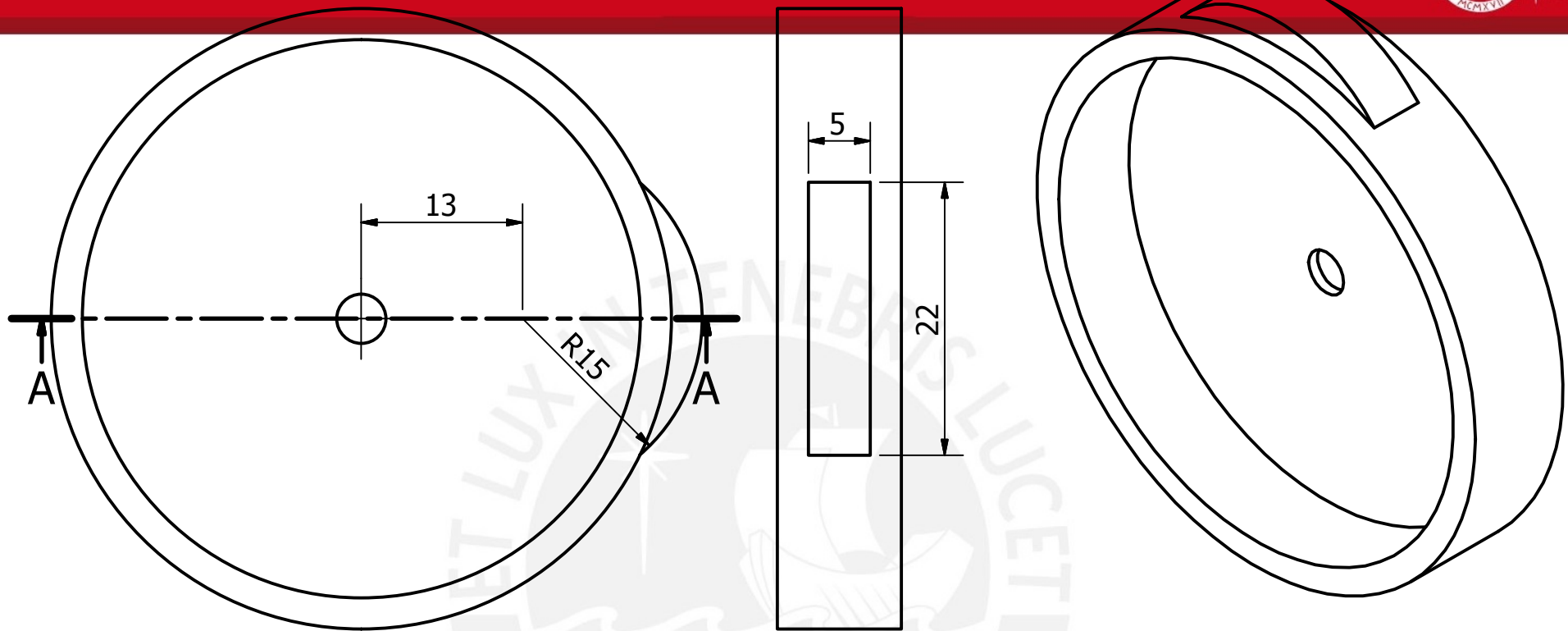
Plano referencial de pieza impresa 3D

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
	+/- 0.2	ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA	ESCALA
	ESLABON BRAZO 1	1:2
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P18 - A4

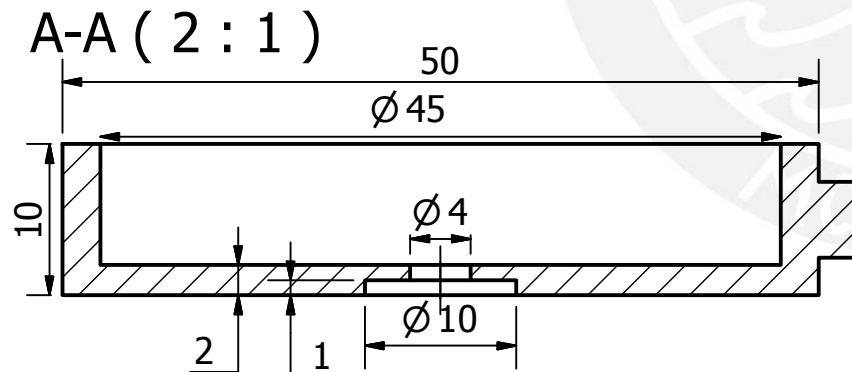


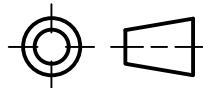
Plano referencial de pieza impresa 3D

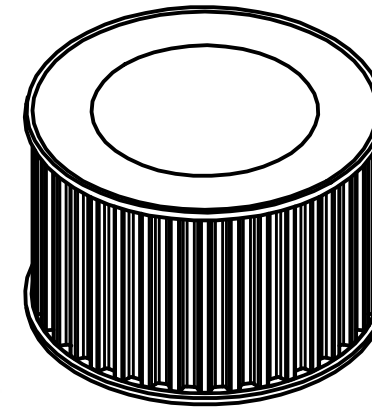
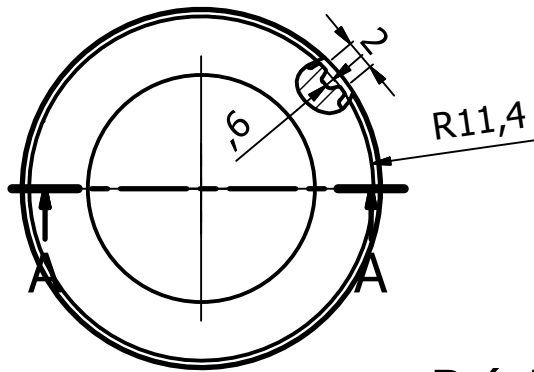
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
	+/- 0.2	ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRABAJO DE FIN DE CARRERA	ESCALA
	ESLABON BRAZO 2	1:2
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P19 - A4



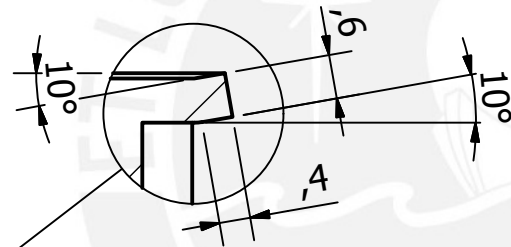
Plano referencial de pieza impresa 3D



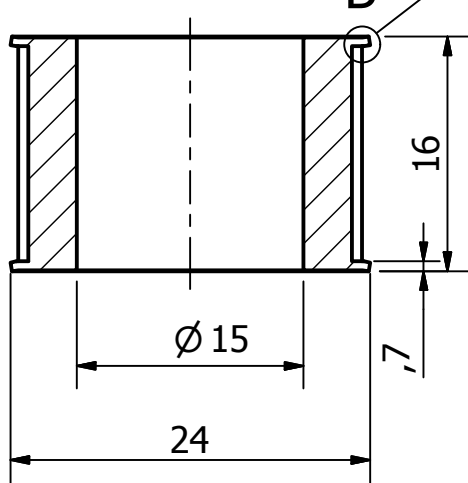
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA PIEZA DE LIMIT SWITCH	ESCALA 2:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P20 - A4



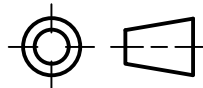
B (10 : 1)

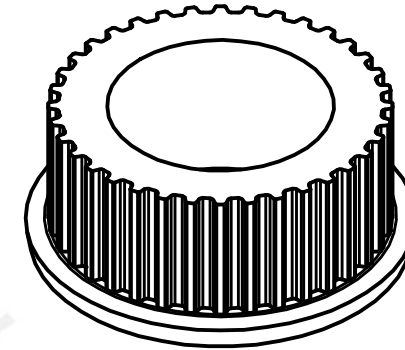
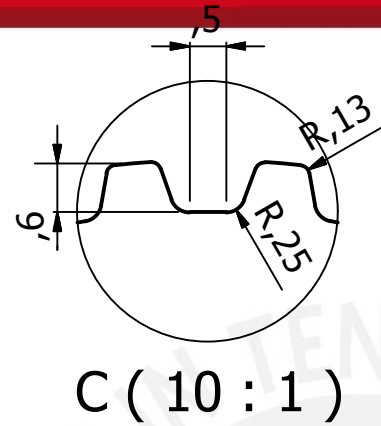
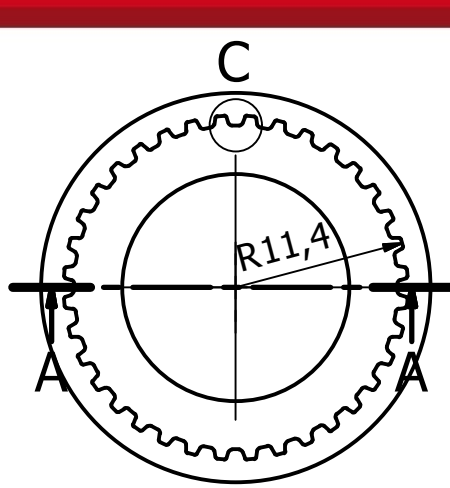


A-A (2 : 1)

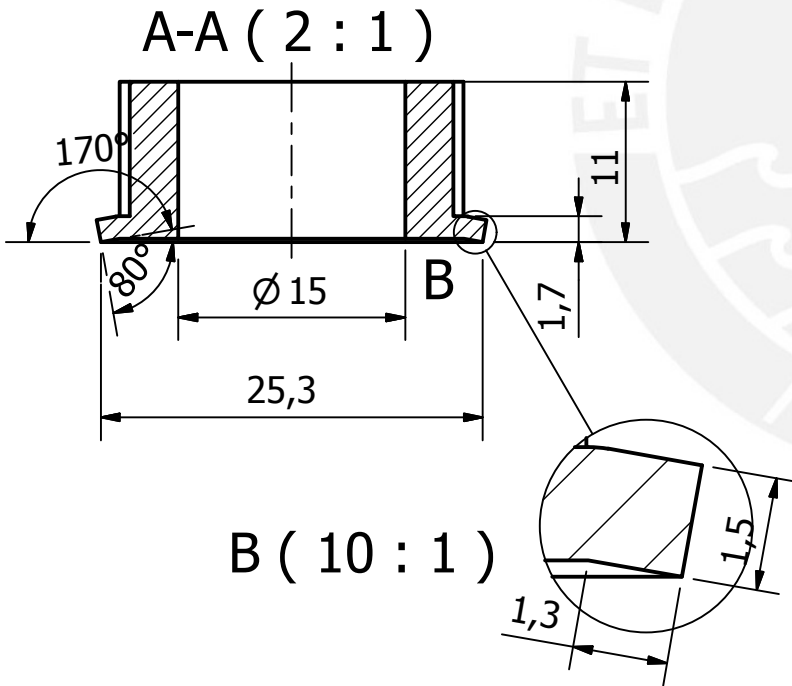


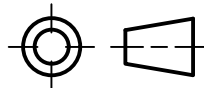
Plano referencial de pieza impresa 3D

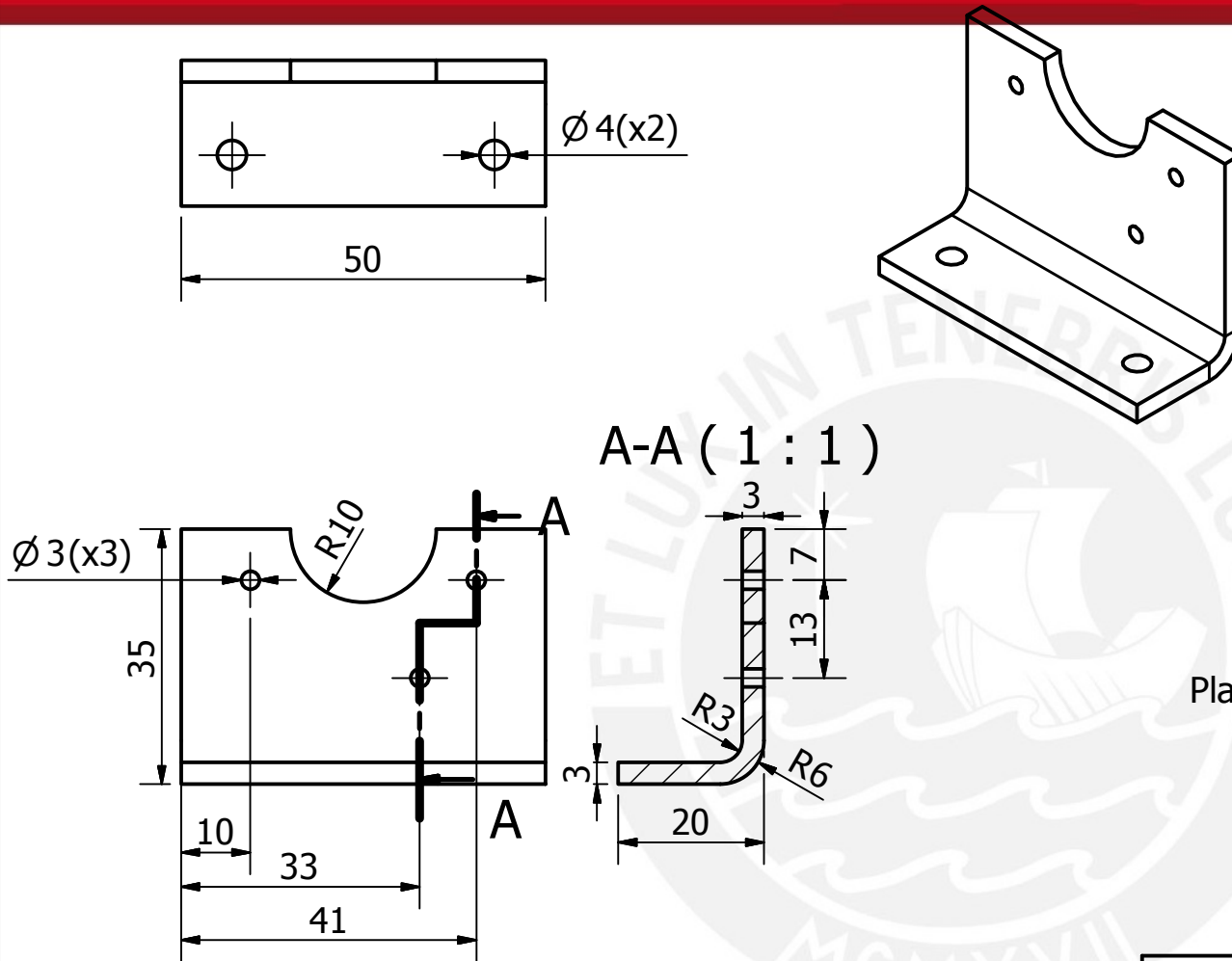
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA POLEA SINCRONA 2	ESCALA 2:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P22 - A4



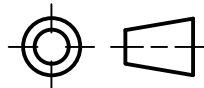
Plano referencial de pieza impresa 3D

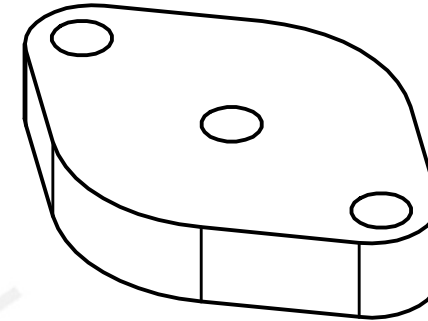
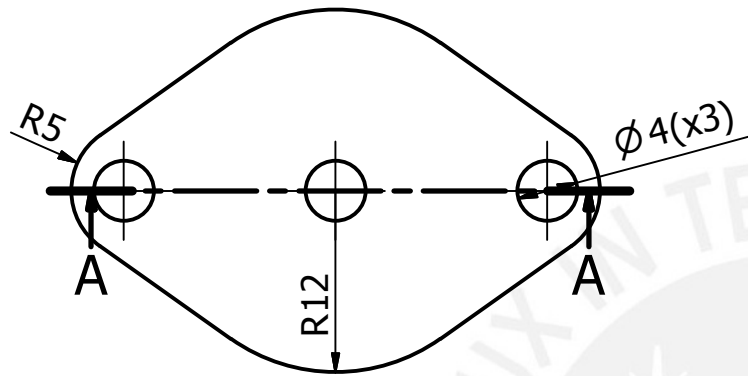


ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA POLEA SINCRONA	ESCALA 2:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P21 - A4



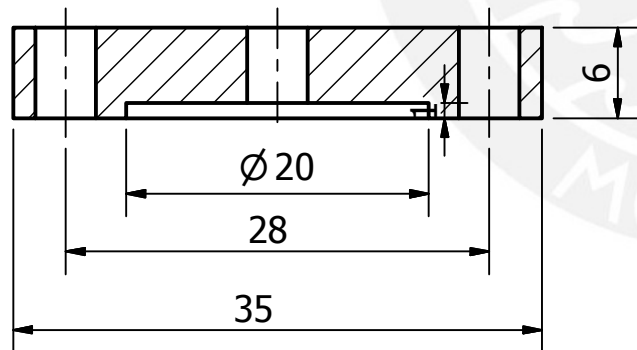
Plano referencial de pieza impresa 3D

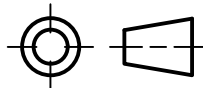
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA SOPORTE DE MOTOR DE BRAZOS	ESCALA 1:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P23 - A4

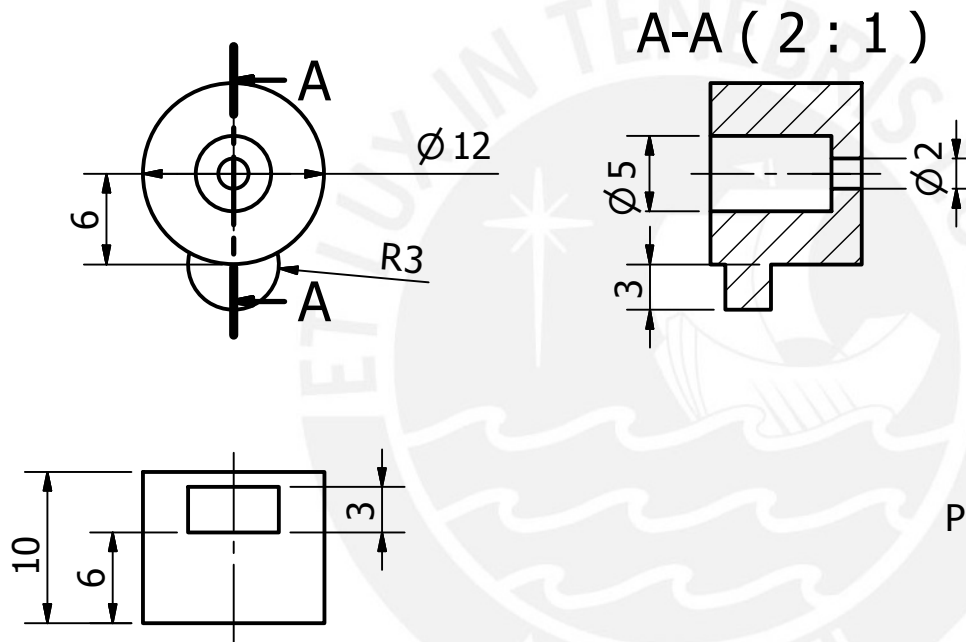
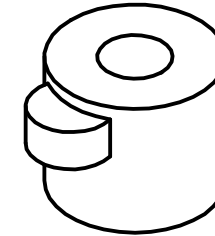


A-A (2 : 1)

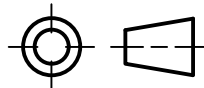
Plano referencial de pieza impresa 3D

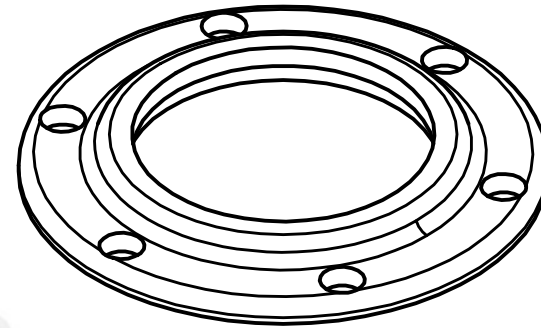
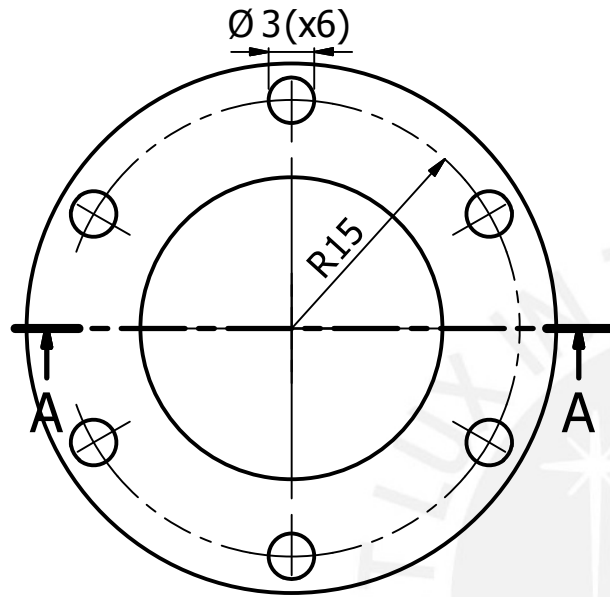


ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA SUJETADOR DE BARRA DE LA BASE	ESCALA 2:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P25 - A4

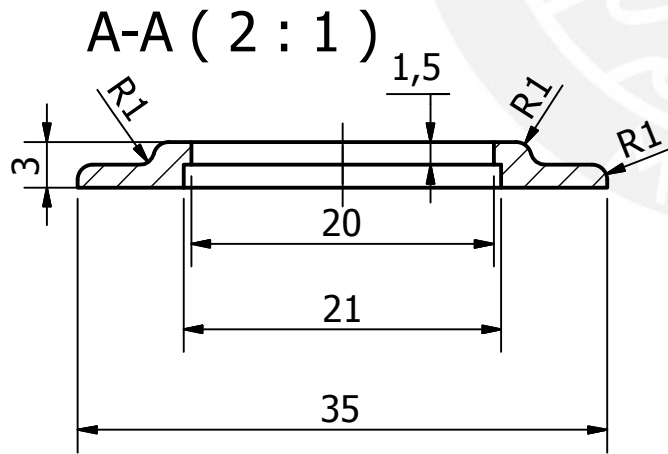


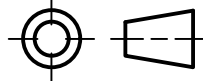
Plano referencial de pieza impresa 3D

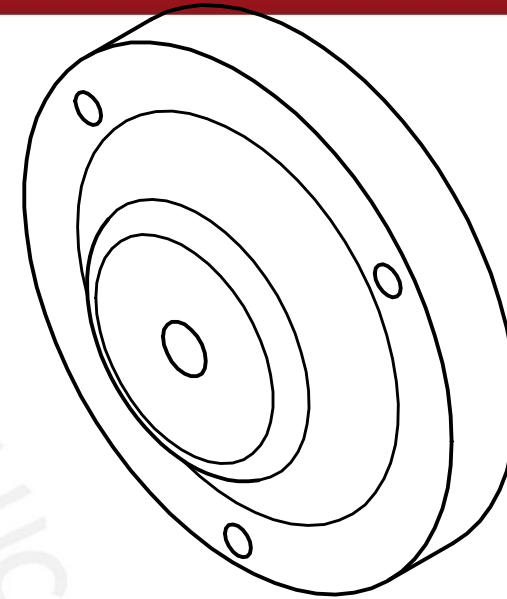
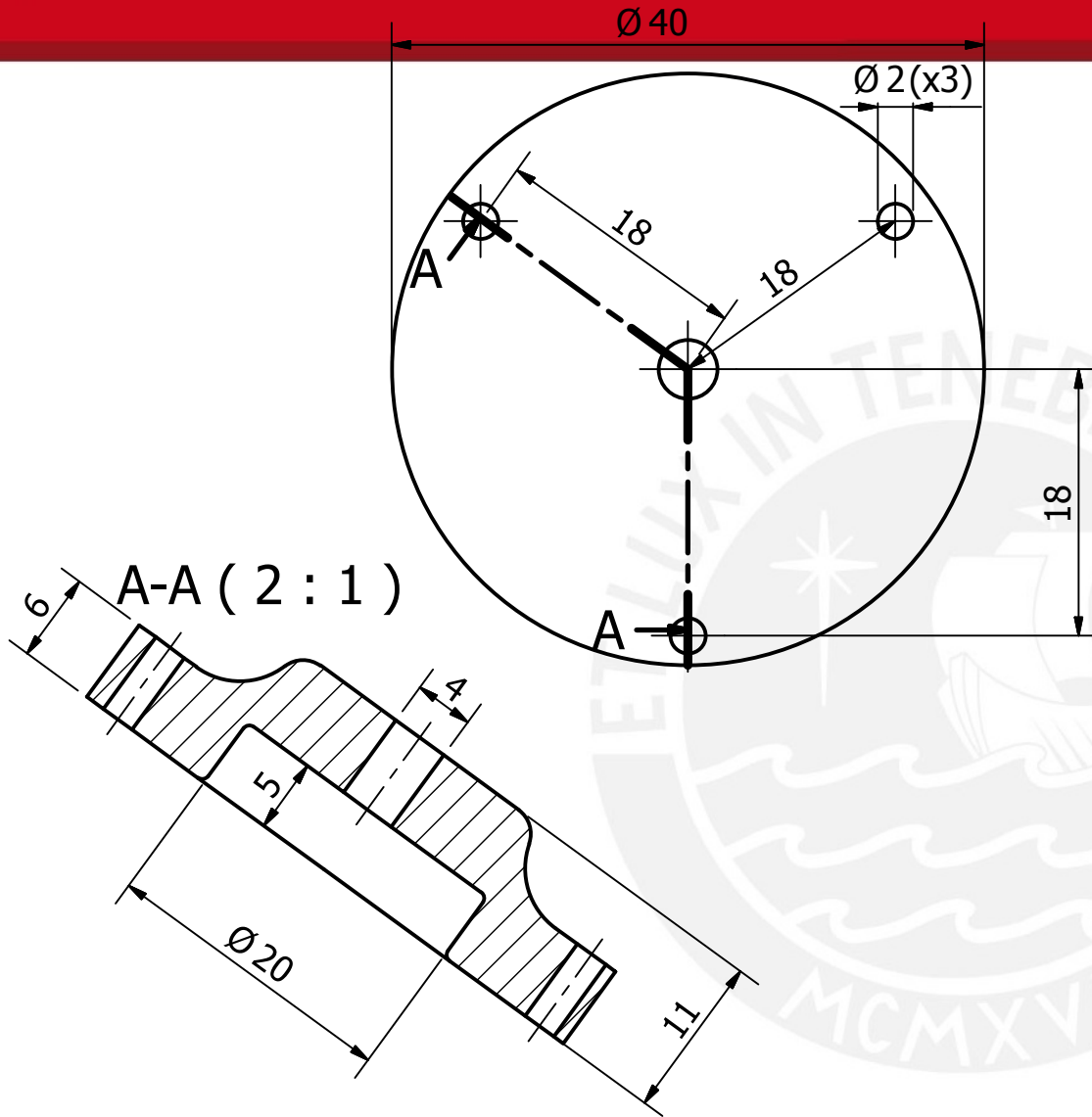
ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA SUJETADOR DE GRIPPER	ESCALA 2:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P24 - A4



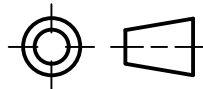
Plano referencial de pieza impresa 3D



ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA SUJETADOR DE RODAMIENTO 1	ESCALA 2:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P26 - A4



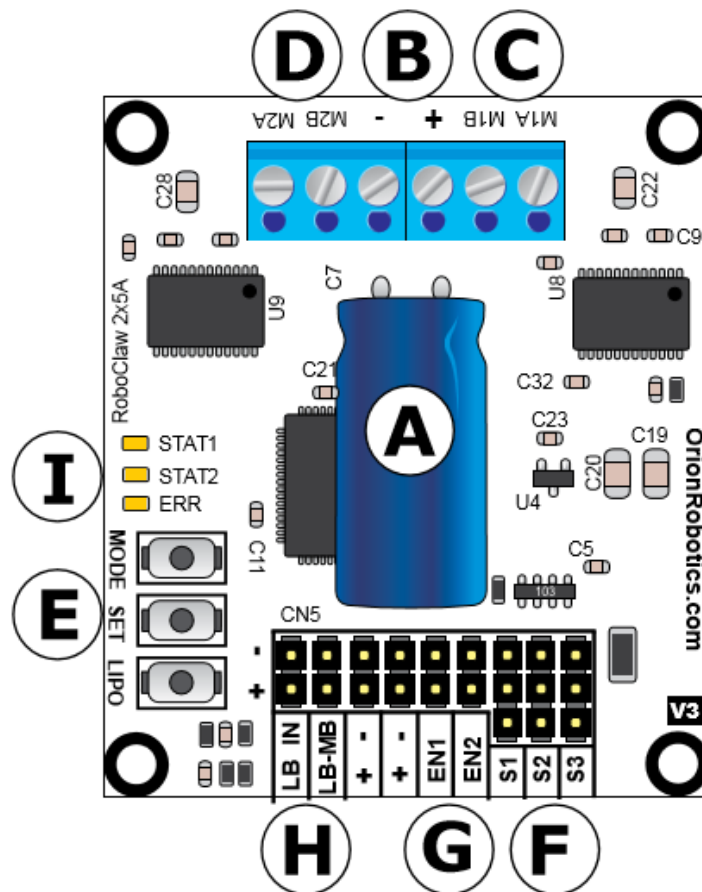
Plano referencial de pieza impresa 3D

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL +/- 0.2	MATERIAL ULTEM 9085
BRAZO ROBÓTICO DE 5GDL CON SISTEMA DE CONTROL MODIFICABLE POR EL USUARIO PARA FINES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA ROBÓTICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	TRABAJO DE FIN DE CARRERA SUJETADOR DE RODAMIENTO 2	ESCALA 2:1
DISEÑADO POR	SOTO BRAVO, CARLOS ANDRÉS	FECHA: 1/10/2015
REVISADO POR	PEÑA PACHAMANGO, DENIS BRYAN	LÁMINA: P27 - A4

ANEXO 12: ROBOCLAW: DESCRIPCIÓN, CONFIGURACIÓN Y USO

1. Descripción básica:

El Roboclaw es un controlador de motor que dirige hasta dos motores y lee las señales de sus respectivos encoders. Realiza un control PID, es versátil y eficiente. Puede ser usado en 4 modos diferentes: RC Input, Analógico, Simple Serial y Packet Serial.



- A:** Power Stabilizer
- B:** Main Battery Input
- C:** Motor Channel 1
- D:** Motor Channel 2
- E:** Setup Buttons
- F:** Control Inputs
- G:** Encoder Inputs
- H:** Logic Voltage Source/Selection Header
- I:** Status and Error LED Indicators

*Figura 1. Hardware de Roboclaw
Fuente: Datasheet del Roboclaw*

2. PINES DE ENTRADA Y SALIDA:

La siguiente tabla muestra la descripción y ubicación de los diferentes pines de entrada y salida del roboclaw.

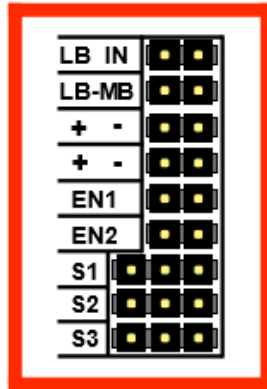


Figura 2: Pines de Roboclaw

Tabla 1: Pines de Roboclaw

PINES	DESCRIPCION
EN1 y EN2 PIN "+" y PIN "-"	A y B reciben la información de los encoders 1 y 2. Mientras tanto en los pines "+" y "-" se puede obtener 5v para energizar los encoders.
S1 y S2	Son los pines de comunicación del roboclaw con el microcontrolador a usar. S1 es el pin transmisión y S2 el de recepción.
S3	Parada de emergencia
LB y MB	Mediante un "jumper" es posible seleccionar el tipo de batería a usar: LB : Batería lógica MB: Batería principal
BEC Jumper	El Vcc de S1,S2 y S3 puede ser prendido, apagado o colocado a 2v por el "jumper" al lado de la columna de S3.
LB IN	Bateria Lógica, máximo 30v Son terminales para una batería externa que servirá para energizar los circuitos lógicos del Roboclaw.
M1A, M1B, M2A y M2B	Pines de alimentación para los motores 1 y 2

3. MODOS DE OPERACIÓN

Existen 4 modos de operación del Roboclaw que se seleccionan mediante los switches (Ver figura 10) que se encuentran en la parte central de la tarjeta.

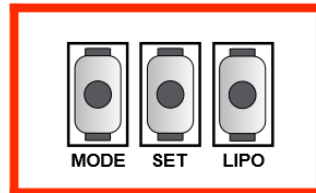


Figura 3: Modos de configuración de operación del Roboclaw
Fuente: Datasheet del Roboclaw

Tabla 2: Modos de Operación

MODOS DE OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	CONFIGURACIÓN
Modo 1: Rc Input	Puede ser controlado con cualquier sistema de radio RC. El roboclaw espera el pulso del servo para controlar la velocidad y giro. El modo RC no puede usar encoders.	Mode: 1 y 2
Modo 2: Analogic	Usa de 0v a 5v para el control de la velocidad y dirección de cada motor. El roboclaw puede ser controlado usando el potenciómetro o filtrado de PWM de un microcontrolador. El modo analógico no puede usar encoders.	Mode 3 y 4
Modo 3: Simple Serial	En el modo simple serial, el roboclaw espera los datos del RS-232 para el control de la velocidad y dirección de cada de motor. El Roboclaw solo puede recibir datos.	Mode 5 y 6
Modo 4: Packet Serial	En el modo simple serial, el roboclaw espera los datos del RS-232 para el control de la velocidad y dirección de cada de motor. En este caso existen 8 direcciones diferentes donde a cada roboclaw se le asigna una.	Mode 7 al 14

4. PROGRAMACIÓN DEL MÓDULO

El Roboclaw cuenta con una librería para el arduino, la que cual tiene diferentes funciones para operar el Roboclaw, entre las principales se tiene:

Tabla 3: Funciones Principales de programación

FUNCIONES PRINCIPALES (MODO PACKET SERIAL)	DESCRIPCION
Drive M1 Arduino: <i>roboclaw.ForwardBackwardM1(address,Speed)</i>	Esta función puede generar un giro directo e inverso. Cuando el valor de Speed es 0 la velocidad será máxima en el sentido inverso. Cuando es 127 la velocidad será máxima en el sentido directo.
Read Quadrature Encoder Register M1 Arduino: <i>roboclaw.ReadEncM1(address, &status, &valid)</i>	Esta función lee la posición del encoder (lee el número de cuentas del encoder). Puede ser leído y transmitido en bits por el puerto serial a donde es comunicado.
Read Speed M1 Arduino: <i>roboclaw.ReadSpeedM1(address, &status, &valid)</i>	Esta función lee la velocidad del encoder (lee pulsos por segundo). Puede ser transmitido y leído en bits por el puerto serial a donde es comunicado.

SWITCHING POWER SUPPLY

S-350 Series

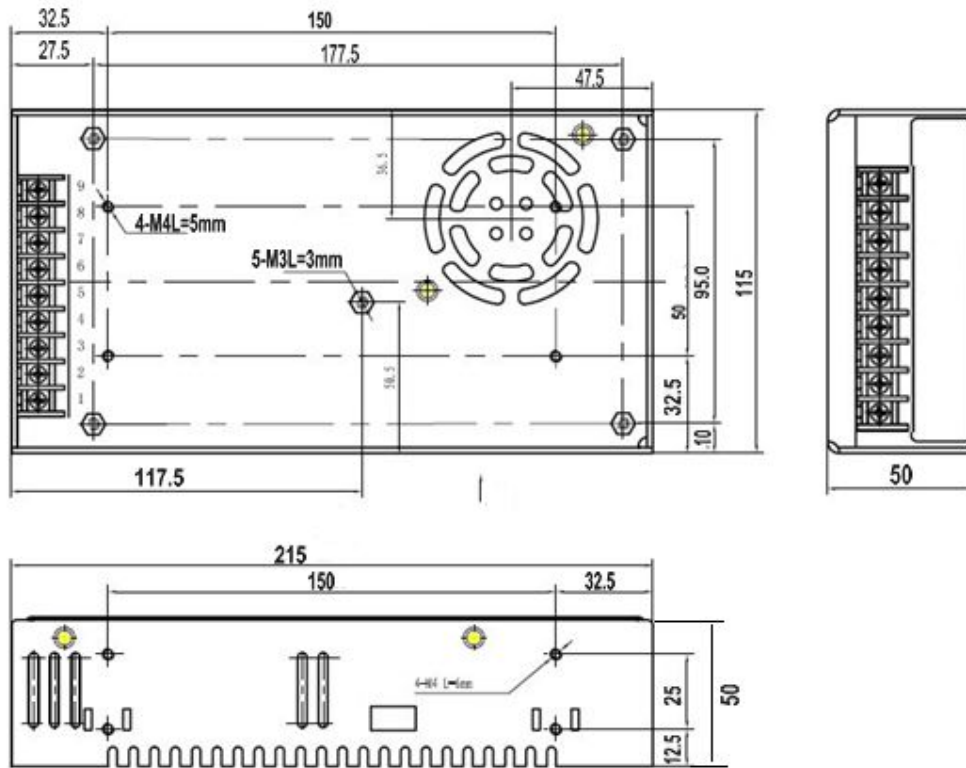


- Low price and high reliability
- 105°C output capacitor
- Universal AC input
- High efficiency and low operation temperature
- Soft-start current can reduce the AC input impact effectively
- With short-circuit and overload protection
- Compact size, light weight
- 100% full-load burn-in test
- Install with EMI filter, minimum wave

Model	S-350-5	S-350-7.5	S-350-12	S-350-13.5	S-350-15	S-350-24	S-350-27	S-350-48
DC Output voltage	5V	7.5V	12V	13.5V	15V	24V	27V	48V
Output voltage range (Note:2)	±2%	±2%	±1%	±1%	±1%	±1%	±1%	±1%
Rated output current	50A	48A	30A	26.6A	23.3A	15A	13.3A	7.5A
Output current range	0~50A	0~48A	0~30A	0~26.6A	0~23.3A	0~15A	0~13.3A	0~7.5A
Wave and noise (Note:3)	75mVp-p	75mVp-p	75mVp-p	75mVp-p	75mVp-p	75mVp-p	75mVp-p	75mVp-p
Inlet stability (Note:4)	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
Load stability (Note:5)	±1%	±1%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
DC output power	250W	360W	360W	360W	360W	360W	360W	360W
Efficiency	78%	78%	83%	83%	83%	84%	85%	86%
Adjustable range for DC voltage	4.5~5.6V	6~9V	10~13.2V	12~15V	13.5~18V	20~26.4V	26~32V	41~56V
AC input voltage range	85~132VAC/176~264VAC selected by switch 47~63Hz, 248~370VDC							
Input current	6.5A/115V 4A/230V							

AC Inrush current	25A/115V 50A/230V							
Leakage current	<3.5mA/240VAC							
Overload protection	105%-150% Type: cut down output Reset: auto recovery							
Over-voltage protection	5.75~6.75V	9.4~10.9V	13.8~16.2V	15.5~18.2V	18~21V	27.6~32.4V	33.7~39.2V	57.6~67.2V
High-temperature protection	ERH3≥ 65°C~70°C Fan on, ≤55°C~60°C Fan off, ≥80°C~85°C, cut off output (5~15V) ~ (24~48V)							
Temperature coefficient	±0.03%/°C(0~50°C)							
Setup, rise, hold up time	200ms, 100ms, 20ms							
Vibration	10~500Hz, 2G 10min,/1 cycle. Period for 60min,Each axes							
Withstand voltage	I/P-O/P:1.5KVAC I/P-FG:1.5KVAC O/P-FG:0.5KVAC							
Isolation resistance	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG: 100M Ohms/500VDC							
Working temperature and humidity	-10°C~+60°C (Refer to output derating curve), 20%~90%RH							
Store temperature and humidity	-20°C~+85°C, 10%~95%RH							
Overall dimension	215×115×50mm (L*W*H)							
Weight	0.87 kg							
Safety standards	Design refer to UL1950							
EMC standards	Design refer to FCC part 15J class A							
<p>Note:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. The parameter under the testing condition: 230VAC input, rated load, 25°C 70% RH. Temperature. 2. Tolerance: Including setting tolerance, circuit stability and load stability. (Note: 5). 3. Wave test: Adopting "A12" double wire for 20MHz and 0.1 UF&47UF capacitor short-circuit for interrupting. 4. Inlet voltage stability test: the lowest voltage will be up to the highest voltage when the circuit overload. 5. Load stability test: The load is from 0% to 100%. 6. C3, 4 must be knocked down. 								

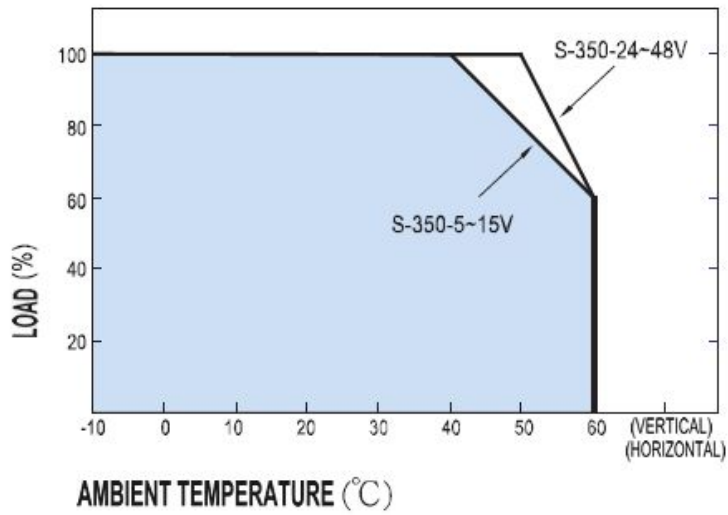
Overall dimension (Unit:mm):



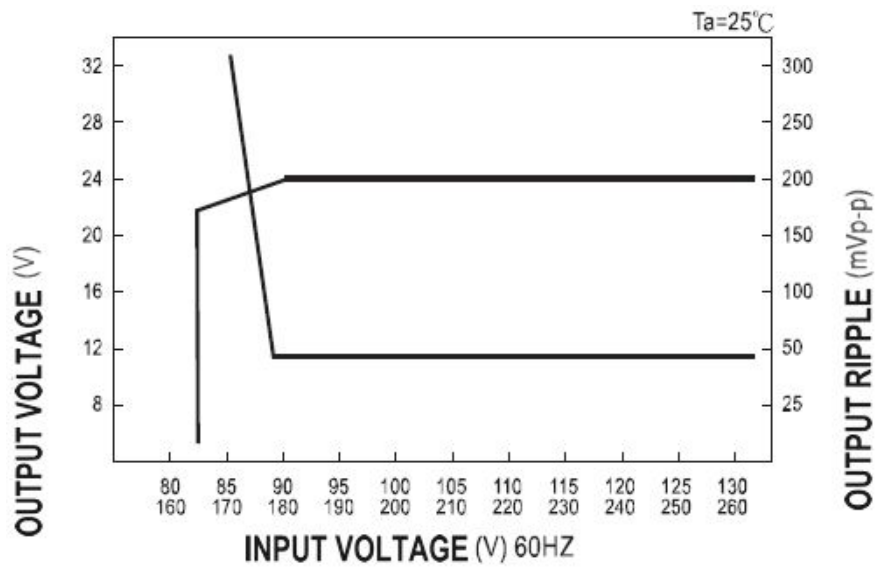
Terminal Pin No. Assignment:

Pin No.	Assignment	Pin No.	Assignment
1	AC/L	4,5,6	DC OUTPUT-V
2	AC/N	7,8,9	DC OUTPUT+V
3	FG ⊕		

Output Derating:



Static Characteristics(24V):





LM339, LM339A, LM239, LM239A, LM2901, M2901V, MC3302

Quad Single Supply Comparators

These comparators are designed for use in level detection, low-level sensing and memory applications in consumer automotive and industrial electronic applications.

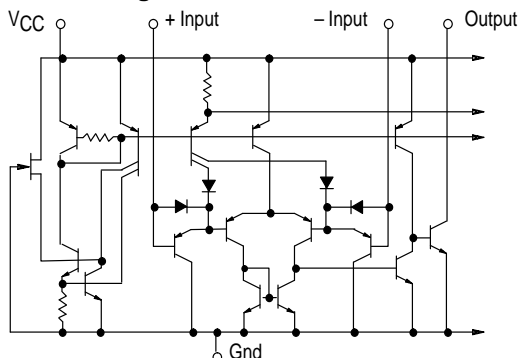
- Single or Split Supply Operation
- Low Input Bias Current: 25 nA (Typ)
- Low Input Offset Current: ± 5.0 nA (Typ)
- Low Input Offset Voltage: ± 1.0 mV (Typ) LM139A Series
- Input Common Mode Voltage Range to Gnd
- Low Output Saturation Voltage: 130 mV (Typ) @ 4.0 mA
- TTL and CMOS Compatible
- ESD Clamps on the Inputs Increase Reliability without Affecting Device Operation

MAXIMUM RATINGS

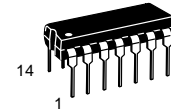
Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage LM239, A/LM339A/LM2901, V MC3302	V_{CC}	+36 or ± 18 +30 or ± 15	Vdc
Input Differential Voltage Range LM239, A/LM339A/LM2901, V MC3302	V_{IDR}	36 30	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICMR}	-0.3 to V_{CC}	Vdc
Output Short Circuit to Ground (Note 1)	I_{SC}	Continuous	
Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Plastic Package Derate above 25°C	P_D	1.0 8.0	W mW/ $^\circ\text{C}$
Junction Temperature	T_J	150	$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range LM239, A MC3302 LM2901 LM2901V LM339, A	T_A	-25 to +85 -40 to +85 -40 to +105 -40 to +125 0 to +70	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

NOTE: 1. The maximum output current may be as high as 20 mA, independent of the magnitude of V_{CC} . Output short circuits to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction.

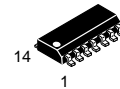
Figure 1. Circuit Schematic



NOTE: Diagram shown is for 1 comparator.

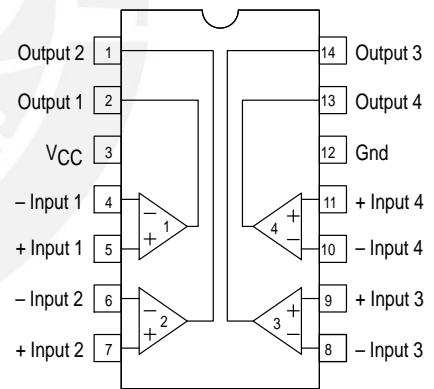


N, P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A
(SO-14)

PIN CONNECTIONS



(Top View)

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM239D,AD LM239N,AN	$T_A = 25^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	SO-14 Plastic DIP
LM339D, AD LM339N, AN	$T_A = 0^\circ$ to $+70^\circ\text{C}$	SO-14 Plastic DIP
LM2901D LM2901N	$T_A = -40^\circ$ to $+105^\circ\text{C}$	SO-14 Plastic DIP
LM2901VD LM2901VN	$T_A = -40^\circ$ to $+125^\circ\text{C}$	SO-14 Plastic DIP
MC3302P	$T_A = -40^\circ$ to $+85^\circ\text{C}$	Plastic DIP



ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = +5.0$ Vdc, $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	LM239A/339A			LM239/339			LM2901/2901V			MC3302			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 4)	V_{IO}	-	± 1.0	± 2.0	-	± 2.0	± 5.0	-	± 2.0	± 7.0	-	± 3.0	± 20	mVdc
Input Bias Current (Notes 4, 5) (Output in Analog Range)	I_{IB}	-	25	250	-	25	250	-	25	250	-	25	500	nA
Input Offset Current (Note 4)	I_{IO}	-	± 5.0	± 50	-	± 5.0	± 50	-	± 5.0	± 50	-	± 3.0	± 100	nA
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICMR}	0	-	$V_{CC} - 1.5$	0	-	$V_{CC} - 1.5$	0	-	$V_{CC} - 1.5$	0	-	$V_{CC} - 1.5$	V
Supply Current $R_L = \infty$ (For All Comparators) $R_L = \infty, V_{CC} = 30$ Vdc	I_{CC}	-	0.8 1.0	2.0 2.5	-	0.8 1.0	2.0 2.5	-	0.8 1.0	2.0 2.5	-	0.8 1.0	2.0 2.5	mA
Voltage Gain $R_L \geq 15$ k Ω , $V_{CC} = 15$ Vdc	A_{VOL}	50	200	-	50	200	-	25	100	-	25	100	-	V/mV
Large Signal Response Time $V_I =$ TTL Logic Swing, $V_{ref} = 1.4$ Vdc, $V_{RL} = 5.0$ Vdc, $R_L = 5.1$ k Ω	-	-	300	-	-	300	-	-	300	-	-	300	-	ns
Response Time (Note 6) $V_{RL} = 5.0$ Vdc, $R_L = 5.1$ k Ω	-	-	1.3	-	-	1.3	-	-	1.3	-	-	1.3	-	μ s
Output Sink Current $V_I(-) \geq +1.0$ Vdc, $V_I(+)=0$, $V_O \leq 1.5$ Vdc	I_{Sink}	6.0	16	-	6.0	16	-	6.0	16	-	6.0	16	-	mA
Saturation Voltage $V_I(-) \geq +1.0$ Vdc, $V_I(+)=0$, $I_{sink} \leq 4.0$ mA	V_{sat}	-	130	400	-	130	400	-	130	400	-	130	500	mV
Output Leakage Current $V_I(+)\geq +1.0$ Vdc, $V_I(-)=0$, $V_O = +5.0$ Vdc	I_{OL}	-	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	-	-	0.1	-	nA

PERFORMANCE CHARACTERISTICS ($V_{CC} = +5.0$ Vdc, $T_A = T_{low}$ to T_{high} [Note 3])

Characteristic	Symbol	LM239A/339A			LM239/339			LM2901/2901V			MC3302			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage (Note 4)	V_{IO}	-	-	± 4.0	-	-	± 9.0	-	-	± 15	-	-	± 40	mVdc
Input Bias Current (Notes 4, 5) (Output in Analog Range)	I_{IB}	-	-	400	-	-	400	-	-	500	-	-	1000	nA
Input Offset Current (Note 4)	I_{IO}	-	-	± 150	-	-	± 150	-	-	± 200	-	-	± 300	nA
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICMR}	0	-	$V_{CC} - 2.0$	0	-	$V_{CC} - 2.0$	0	-	$V_{CC} - 2.0$	0	-	$V_{CC} - 2.0$	V
Saturation Voltage $V_I(-) \geq +1.0$ Vdc, $V_I(+)=0$, $I_{sink} \leq 4.0$ mA	V_{sat}	-	-	700	-	-	700	-	-	700	-	-	700	mV
Output Leakage Current $V_I(+)\geq +1.0$ Vdc, $V_I(-)=0$, $V_O = 30$ Vdc	I_{OL}	-	-	1.0	-	-	1.0	-	-	1.0	-	-	1.0	μ A
Differential Input Voltage All $V_I \geq 0$ Vdc	V_{ID}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	Vdc

NOTES: 3. (LM239/239A) $T_{low} = -25^\circ\text{C}$, $T_{high} = +85^\circ\text{C}$
 (LM339/339A) $T_{low} = 0^\circ\text{C}$, $T_{high} = +70^\circ\text{C}$
 (MC3302) $T_{low} = -40^\circ\text{C}$, $T_{high} = +85^\circ\text{C}$
 (LM2901) $T_{low} = -40^\circ\text{C}$, $T_{high} = +105^\circ\text{C}$
 (LM2901V) $T_{low} = -40^\circ\text{C}$, $T_{high} = +125^\circ\text{C}$

4. At the output switch point, $V_O = 1.4$ Vdc, $R_S \leq 100 \Omega$ 5.0 Vdc $\leq V_{CC} \leq 30$ Vdc, with the inputs over the full common mode range (0 Vdc to $V_{CC} - 1.5$ Vdc).

5. The bias current flows out of the inputs due to the PNP input stage. This current is virtually constant, independent of the output state.

6. The response time specified is for a 100 mV input step with 5.0 mV overdrive. For larger signals, 300 ns is typical.

Figure 2. Inverting Comparator with Hysteresis

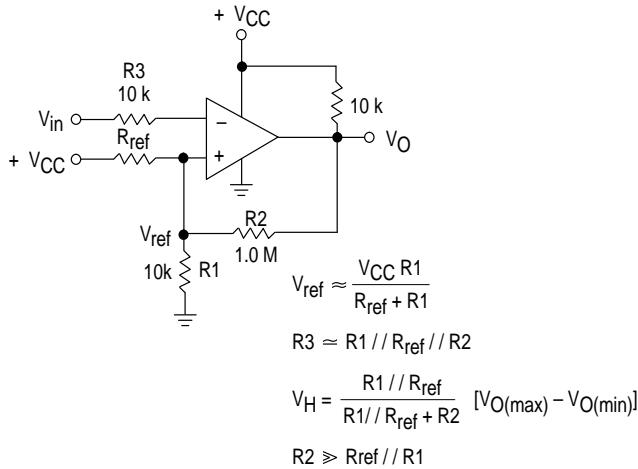
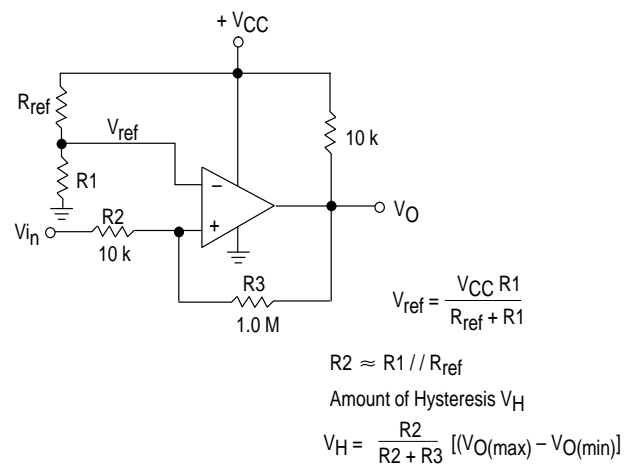


Figure 3. Noninverting Comparator with Hysteresis



Typical Characteristics

($V_{CC} = 15 \text{ Vdc}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$ (each comparator) unless otherwise noted.)

Figure 4. Normalized Input Offset Voltage

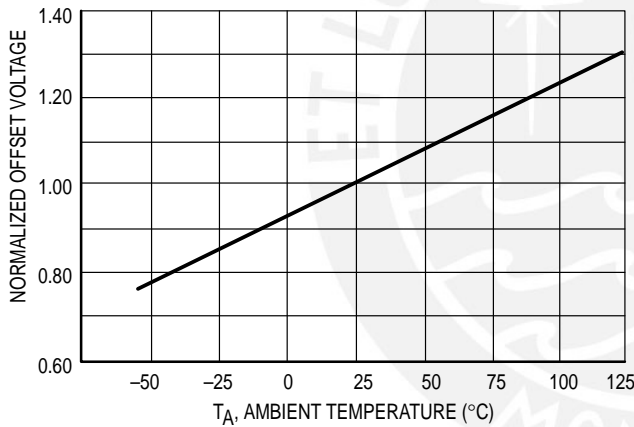


Figure 5. Input Bias Current

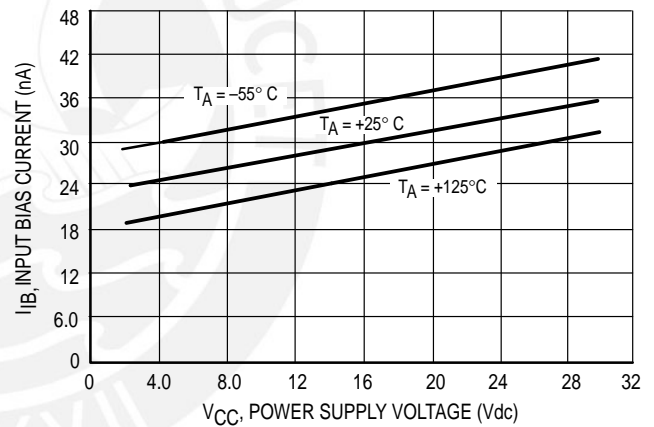


Figure 6. Output Sink Current versus Output Saturation Voltage

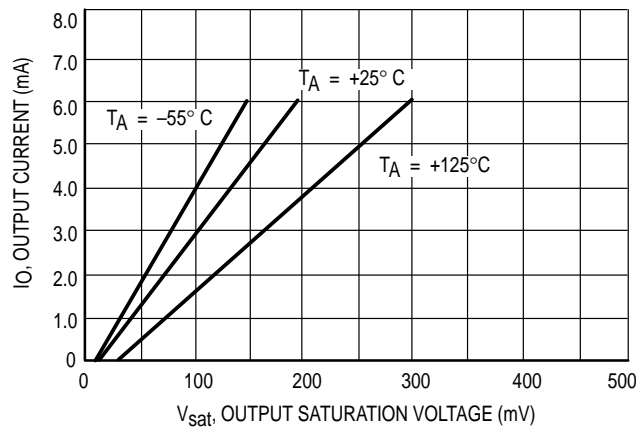
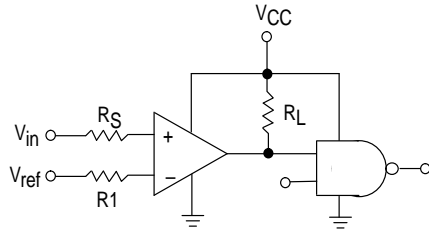


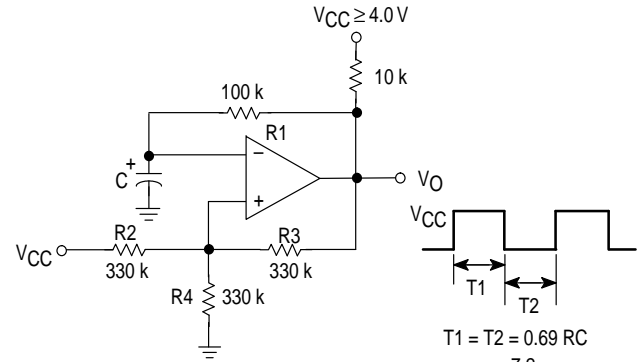
Figure 7. Driving Logic



$R_S = \text{Source Resistance}$
 $R_1 \approx R_S$

Logic	Device	VCC (V)	RL kΩ
CMOS	1/4 MC14001	+15	100
TTL	1/4 MC7400	+5.0	10

Figure 8. Squarewave Oscillator



$T_1 = T_2 = 0.69 RC$

$f \approx \frac{7.2}{C(\mu F)}$

$R_2 = R_3 = R_4$

$R_1 \approx R_2 // R_3 // R_4$

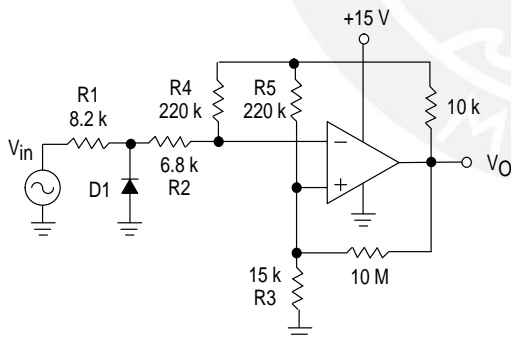
APPLICATIONS INFORMATION

These quad comparators feature high gain, wide bandwidth characteristics. This gives the device oscillation tendencies if the outputs are capacitively coupled to the inputs via stray capacitance. This oscillation manifests itself during output transitions (VOL to VOH). To alleviate this situation input resistors < 10 kΩ should be used. The addition

of positive feedback (< 10 mV) is also recommended. It is good design practice to ground all unused input pins.

Differential input voltages may be larger than supply voltages without damaging the comparator's inputs. Voltages more negative than -300 mV should not be used.

Figure 9. Zero Crossing Detector (Single Supply)



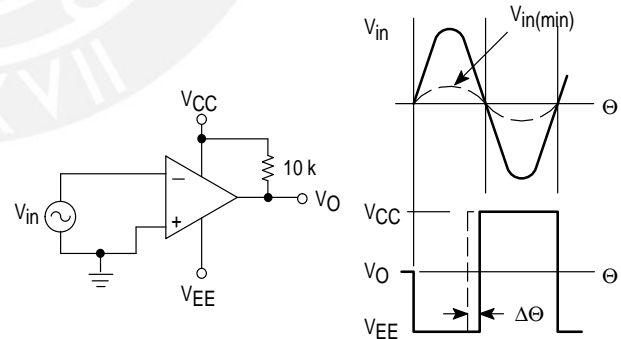
D1 prevents input from going negative by more than 0.6 V.

$R_1 + R_2 = R_3$

$R_3 \leq \frac{R_5}{10}$ for small error in zero crossing

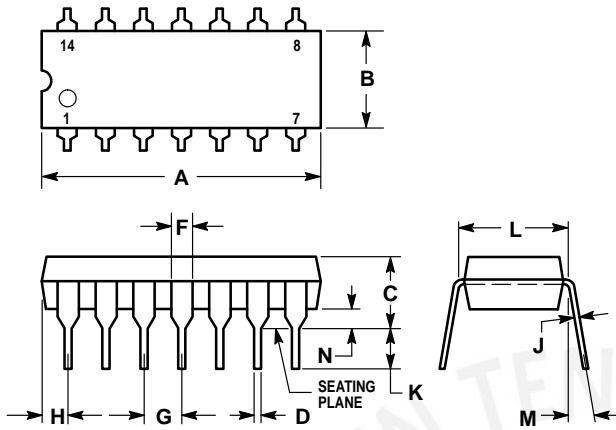
Figure 10. Zero Crossing Detector (Split Supplies)

$V_{in(min)} \approx 0.4 \text{ V peak for } 1\% \text{ phase distortion } (\Delta\theta)$



OUTLINE DIMENSIONS

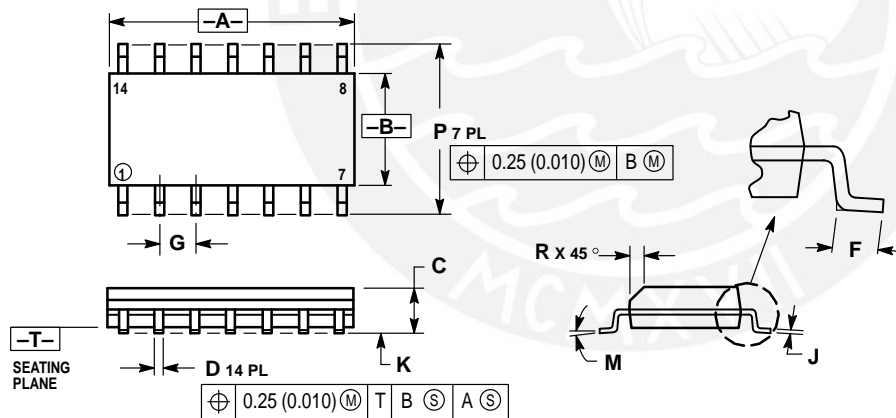
N, P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646-06
ISSUE L



- NOTES:
- LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
 - DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 - DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 - ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01


D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A-03
(SO-14)
ISSUE F



- NOTES:
- DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 - CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 - DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 - MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
 - DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019



Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and  are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
 P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE 602-244-6609
INTERNET: <http://Design-NET.com>

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,
 3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

**MOTOROLA**

LM339/D



Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

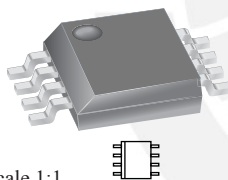
- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage



TÜV America
Certificate Number:
U8V 06 05 54214 010



Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1



Description

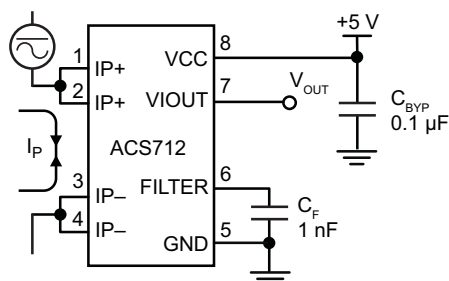
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($>V_{IOUT(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of

Continued on the next page...

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current, I_P , within the range specified. C_F is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _A (°C)	Optimized Range, I _P (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{IOUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{RIOUT}		-0.1	V
Output Current Source	I _{IOUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{IOUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _P	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C

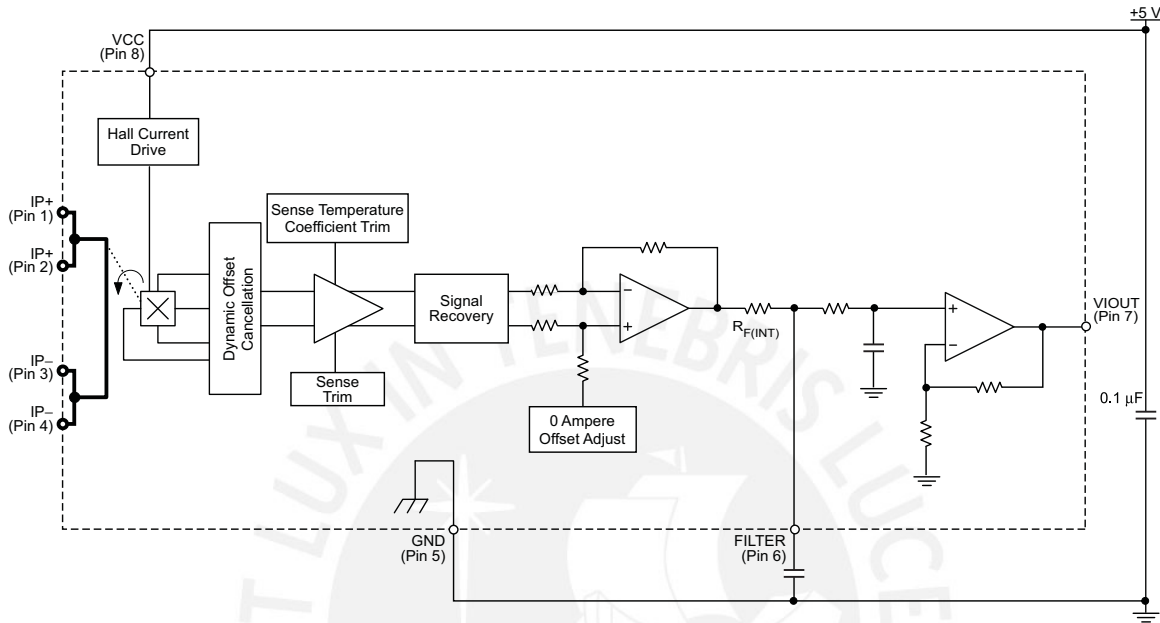
Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V _{ISO}	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V _{WFSI}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V _{pk}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V _{WFRI}	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V _{pk}

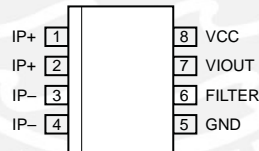
* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sampled; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sampled; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VIOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ over full range of T_A , $C_F = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	–	10	13	mA
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	V _{IOUT} to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	V _{IOUT} to GND	4.7	–	–	kΩ
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	mΩ
Rise Time	t_r	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	3.5	–	μs
Frequency Bandwidth	f	–3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$; I_P is 10 A peak-to-peak	–	80	–	kHz
Nonlinearity	E_{LIN}	Over full range of I_P	–	1.5	–	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_P	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{IOUT(Q)}$	Bidirectional; $I_P = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$V_{CC} \times 0.5$	–	V
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	–	35	–	μs
Magnetic Coupling ²			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance ³	$R_{F(INT)}$			1.7		kΩ

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient, T_A , and internal leadframe temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_J(\text{max})$, is not exceeded.

²1G = 0.1 mT.

³ $R_{F(INT)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

			Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Internal Leadframe Temperature	T_A	E range	–40	–	85	°C
					Value	Units
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro ASEK 712 evaluation board			5	°C/W
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board			23	°C/W

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

²The Allegro evaluation board has 1500 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.

x05B PERFORMANCE CHARACTERISTICS¹ $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-5	-	5	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	180	185	190	mV/A
Noise	$V_{\text{NOISE(PP)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{\text{OUT}} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	21	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{\text{OUT(Q)}}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	-0.26	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.08	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.054	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.008	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_P = \pm 5\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$, is not exceeded.

²Percentage of I_P , with $I_P = 5\text{ A}$. Output filtered.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS¹ $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-20	-	20	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	96	100	104	mV/A
Noise	$V_{\text{NOISE(PP)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{\text{OUT}} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	11	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{\text{OUT(Q)}}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	-0.34	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.07	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.017	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.004	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_P = \pm 20\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$, is not exceeded.

²Percentage of I_P , with $I_P = 20\text{ A}$. Output filtered.

x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS¹ $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-30	-	30	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	63	66	69	mV/A
Noise	$V_{\text{NOISE(PP)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{\text{OUT}} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	7	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{\text{OUT(Q)}}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	-0.35	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.08	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.007	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.002	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_P = \pm 30\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

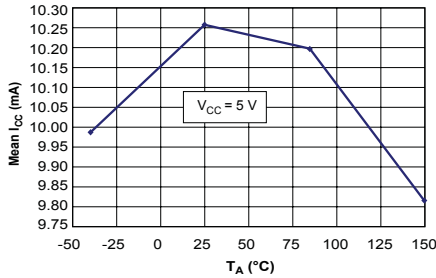
¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$, is not exceeded.

²Percentage of I_P , with $I_P = 30\text{ A}$. Output filtered.

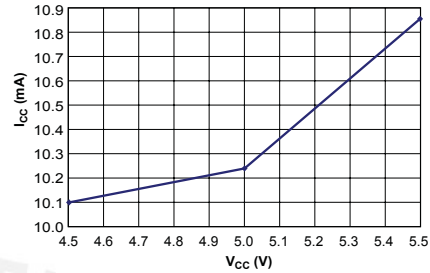
Characteristic Performance

$I_P = 5\text{ A}$, unless otherwise specified

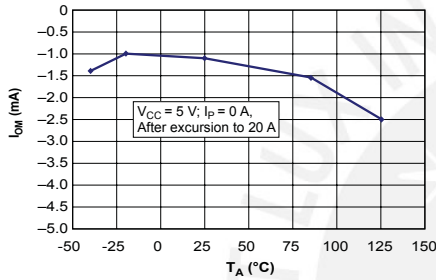
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



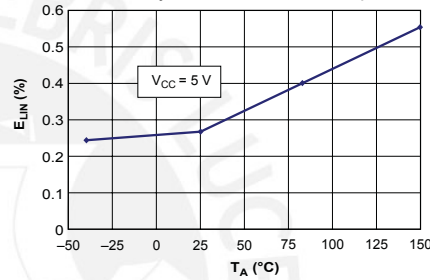
Supply Current versus Supply Voltage



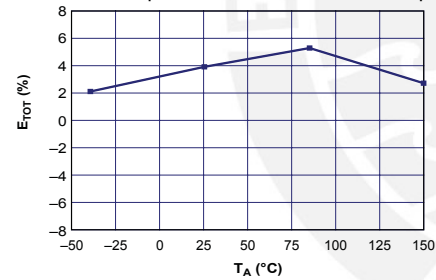
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



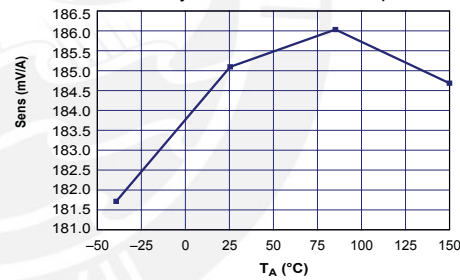
Nonlinearity versus Ambient Temperature



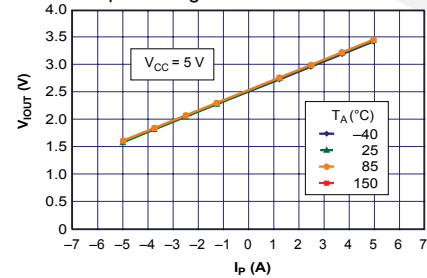
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



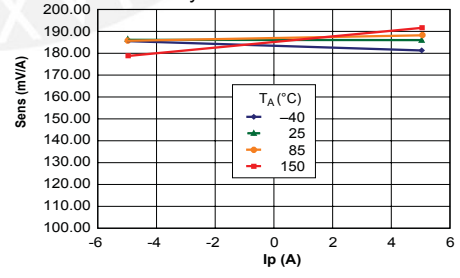
Sensitivity versus Ambient Temperature



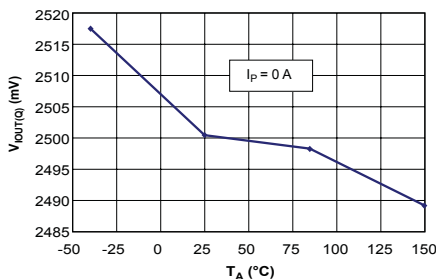
Output Voltage versus Sensed Current



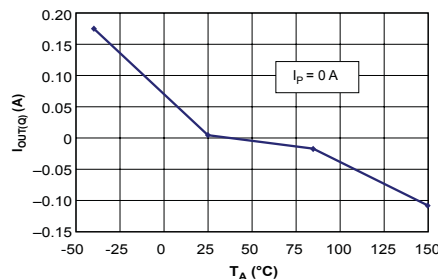
Sensitivity versus Sensed Current



0 A Output Voltage versus Ambient Temperature

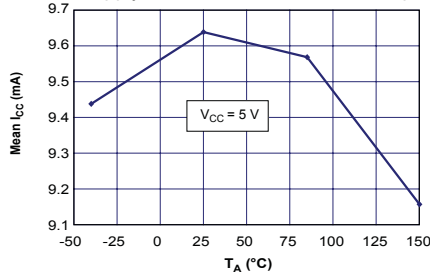


0 A Output Voltage Current versus Ambient Temperature

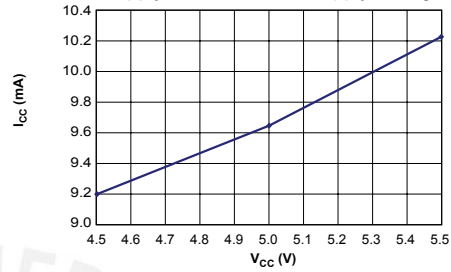


Characteristic Performance
 $I_p = 20\text{ A}$, unless otherwise specified

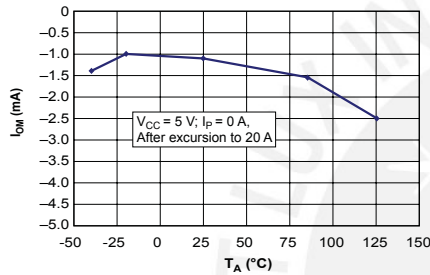
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



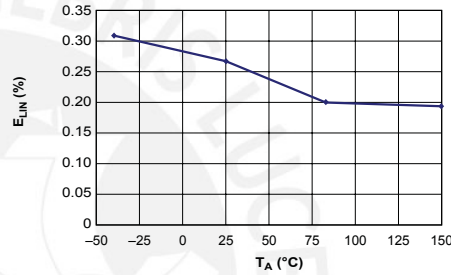
Supply Current versus Supply Voltage



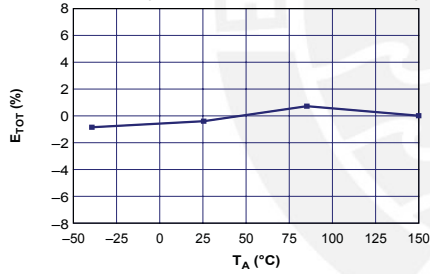
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



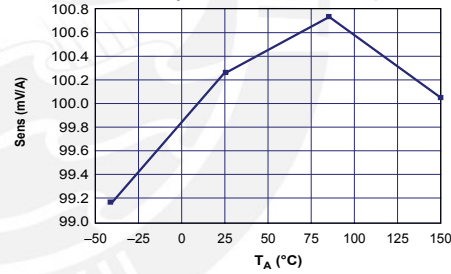
Nonlinearity versus Ambient Temperature



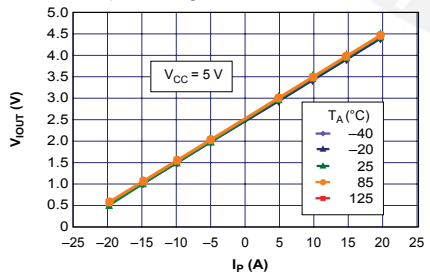
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



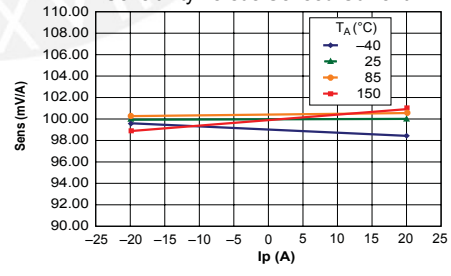
Sensitivity versus Ambient Temperature



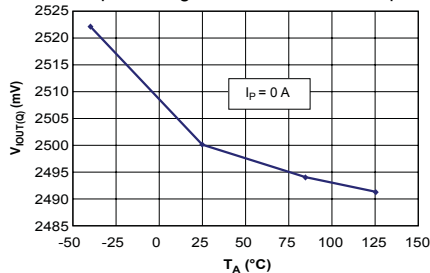
Output Voltage versus Sensed Current



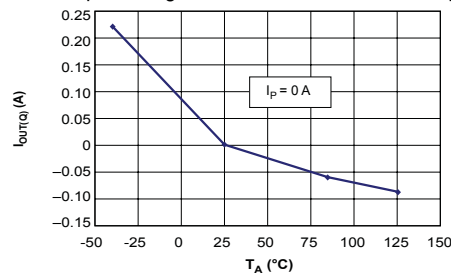
Sensitivity versus Sensed Current



0 A Output Voltage versus Ambient Temperature

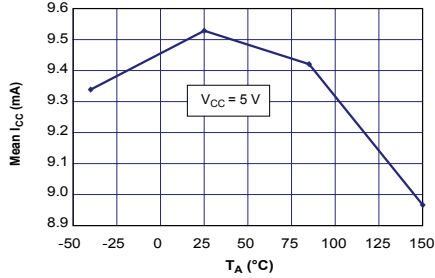


0 A Output Voltage Current versus Ambient Temperature

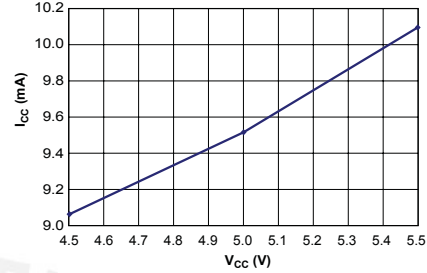


Characteristic Performance
 $I_p = 30\text{ A}$, unless otherwise specified

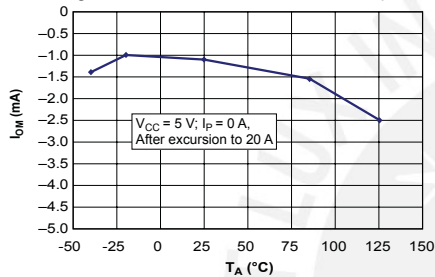
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



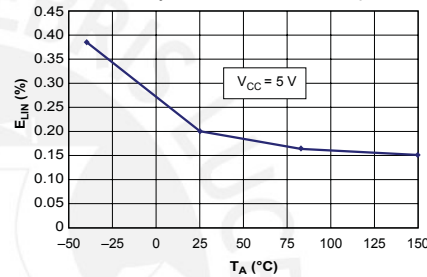
Supply Current versus Supply Voltage



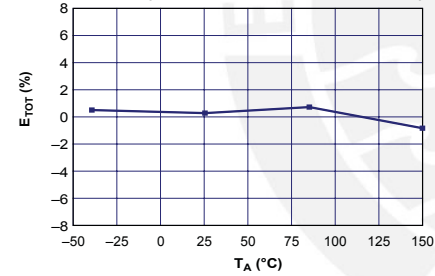
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



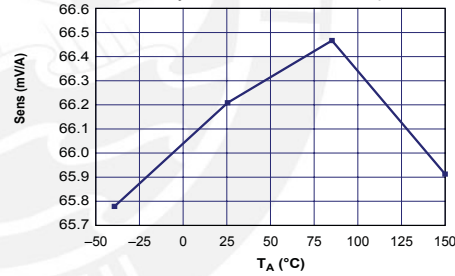
Nonlinearity versus Ambient Temperature



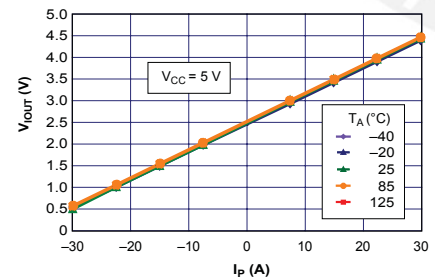
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



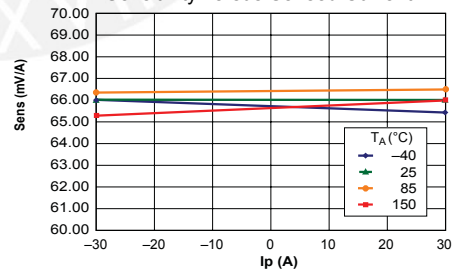
Sensitivity versus Ambient Temperature



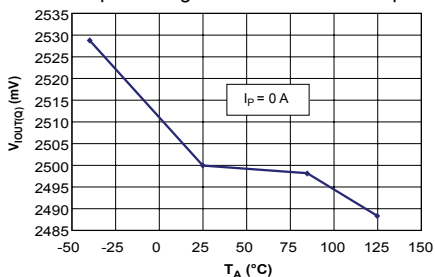
Output Voltage versus Sensed Current



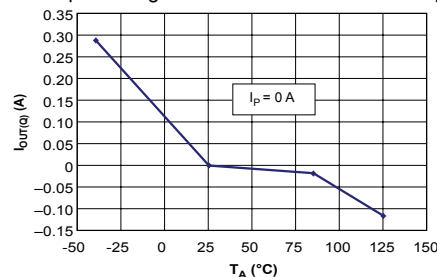
Sensitivity versus Sensed Current



0 A Output Voltage versus Ambient Temperature



0 A Output Voltage Current versus Ambient Temperature



Definitions of Accuracy Characteristics

Sensitivity (Sens). The change in device output in response to a 1 A change through the primary conductor. The sensitivity is the product of the magnetic circuit sensitivity (G/A) and the linear IC amplifier gain (mV/G). The linear IC amplifier gain is programmed at the factory to optimize the sensitivity (mV/A) for the full-scale current of the device.

Noise (V_{NOISE}). The product of the linear IC amplifier gain (mV/G) and the noise floor for the Allegro Hall effect linear IC (≈1 G). The noise floor is derived from the thermal and shot noise observed in Hall elements. Dividing the noise (mV) by the sensitivity (mV/A) provides the smallest current that the device is able to resolve.

Linearity (E_{LIN}). The degree to which the voltage output from the IC varies in direct proportion to the primary current through its full-scale amplitude. Nonlinearity in the output can be attributed to the saturation of the flux concentrator approaching the full-scale current. The following equation is used to derive the linearity:

$$100 \left\{ 1 - \left[\frac{\Delta \text{gain} \times \% \text{ sat} (V_{\text{IOUT_full-scale amperes}} - V_{\text{IOUT(Q)}})}{2 (V_{\text{IOUT_half-scale amperes}} - V_{\text{IOUT(Q)}})} \right] \right\}$$

where $V_{\text{IOUT_full-scale amperes}}$ = the output voltage (V) when the sampled current approximates full-scale ±I_p.

Symmetry (E_{SYM}). The degree to which the absolute voltage output from the IC varies in proportion to either a positive or negative full-scale primary current. The following formula is used to derive symmetry:

$$100 \left(\frac{V_{\text{IOUT_+ full-scale amperes}} - V_{\text{IOUT(Q)}}}{V_{\text{IOUT(Q)}} - V_{\text{IOUT_full-scale amperes}}} \right)$$

Quiescent output voltage (V_{IOUT(Q)}). The output of the device when the primary current is zero. For a unipolar supply voltage, it nominally remains at V_{CC}/2. Thus, V_{CC} = 5 V translates into V_{IOUT(Q)} = 2.5 V. Variation in V_{IOUT(Q)} can be attributed to the resolution of the Allegro linear IC quiescent voltage trim and thermal drift.

Electrical offset voltage (V_{OE}). The deviation of the device output from its ideal quiescent value of V_{CC}/2 due to nonmagnetic causes. To convert this voltage to amperes, divide by the device sensitivity, Sens.

Accuracy (E_{TOT}). The accuracy represents the maximum deviation of the actual output from its ideal value. This is also known as the total output error. The accuracy is illustrated graphically in the output voltage versus current chart at right.

Accuracy is divided into four areas:

- **0 A at 25°C.** Accuracy at the zero current flow at 25°C, without the effects of temperature.
- **0 A over Δ temperature.** Accuracy at the zero current flow including temperature effects.
- **Full-scale current at 25°C.** Accuracy at the the full-scale current at 25°C, without the effects of temperature.
- **Full-scale current over Δ temperature.** Accuracy at the full-scale current flow including temperature effects.

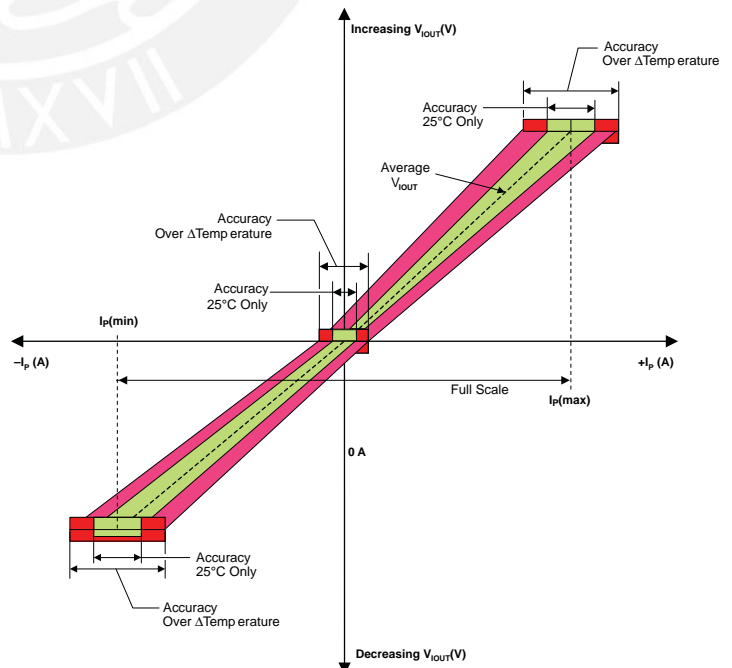
Ratiometry. The ratiometric feature means that its 0 A output, V_{IOUT(Q)}, (nominally equal to V_{CC}/2) and sensitivity, Sens, are proportional to its supply voltage, V_{CC}. The following formula is used to derive the ratiometric change in 0 A output voltage, ΔV_{IOUT(Q)RAT} (%).

$$100 \left(\frac{V_{\text{IOUT(Q)}/V_{\text{CC}}} / V_{\text{IOUT(Q)}/5\text{V}}}{V_{\text{CC}} / 5\text{V}} \right)$$

The ratiometric change in sensitivity, ΔSens_{RAT} (%), is defined as:

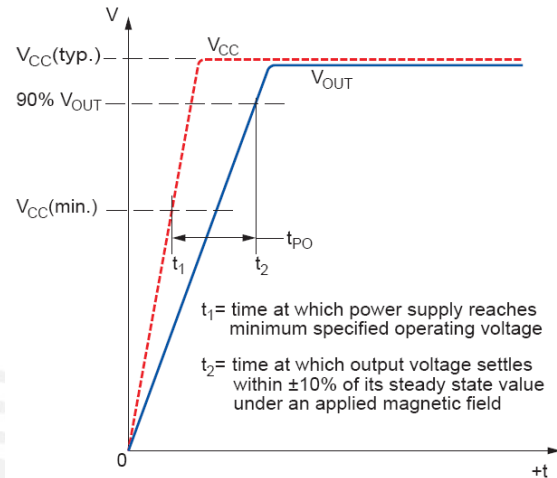
$$100 \left(\frac{\text{Sens}_{V_{\text{CC}}} / \text{Sens}_{5\text{V}}}{V_{\text{CC}} / 5\text{V}} \right)$$

Output Voltage versus Sampled Current
Accuracy at 0 A and at Full-Scale Current

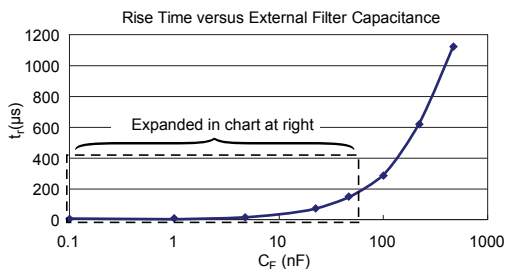
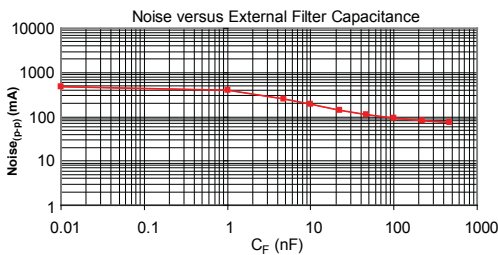
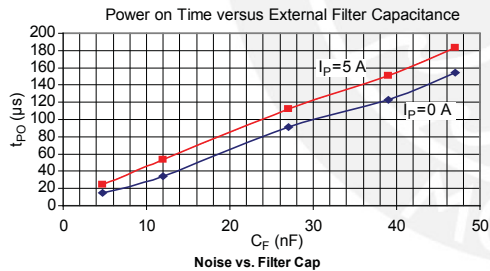
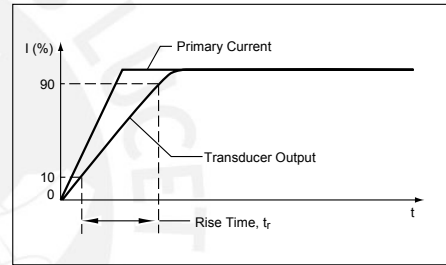


Definitions of Dynamic Response Characteristics

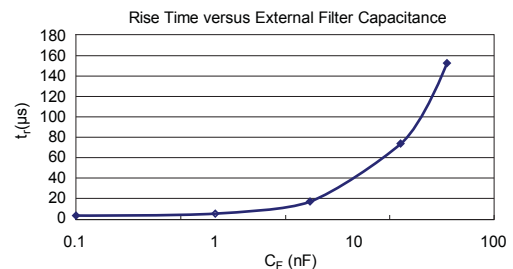
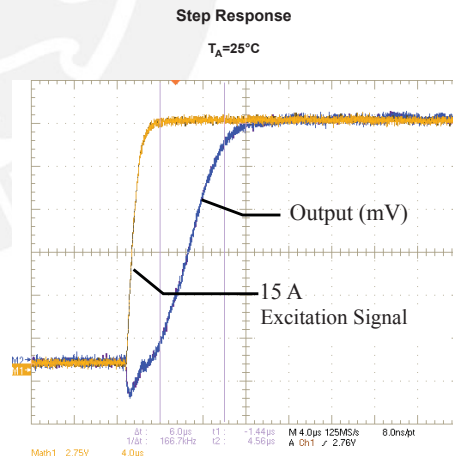
Power-On Time (t_{PO}). When the supply is ramped to its operating voltage, the device requires a finite time to power its internal components before responding to an input magnetic field. Power-On Time, t_{PO} , is defined as the time it takes for the output voltage to settle within $\pm 10\%$ of its steady state value under an applied magnetic field, after the power supply has reached its minimum specified operating voltage, $V_{CC(min)}$, as shown in the chart at right.



Rise time (t_r). The time interval between a) when the device reaches 10% of its full scale value, and b) when it reaches 90% of its full scale value. The rise time to a step response is used to derive the bandwidth of the device, in which $f(-3\text{ dB}) = 0.35/t_r$. Both t_r and $t_{RESPONSE}$ are detrimentally affected by eddy current losses observed in the conductive IC ground plane.



C_F (nF)	t_r (µs)
Open	3.5
1	5.8
4.7	17.5
22	73.5
47	88.2
100	291.3
220	623
470	1120

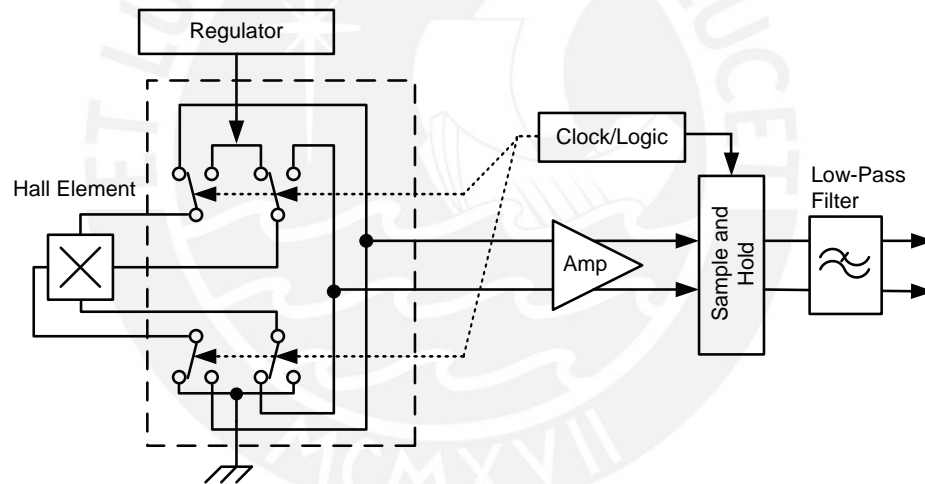


Chopper Stabilization Technique

Chopper Stabilization is an innovative circuit technique that is used to minimize the offset voltage of a Hall element and an associated on-chip amplifier. Allegro patented a Chopper Stabilization technique that nearly eliminates Hall IC output drift induced by temperature or package stress effects. This offset reduction technique is based on a signal modulation-demodulation process. Modulation is used to separate the undesired DC offset signal from the magnetically induced signal in the frequency domain. Then, using a low-pass filter, the modulated DC offset is suppressed while the magnetically induced signal passes through

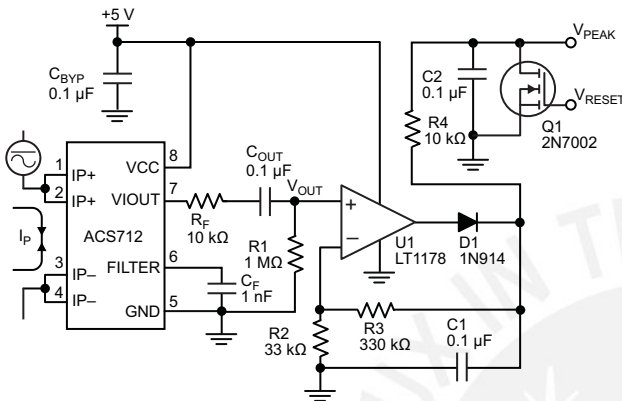
the filter. As a result of this chopper stabilization approach, the output voltage from the Hall IC is desensitized to the effects of temperature and mechanical stress. This technique produces devices that have an extremely stable Electrical Offset Voltage, are immune to thermal stress, and have precise recoverability after temperature cycling.

This technique is made possible through the use of a BiCMOS process that allows the use of low-offset and low-noise amplifiers in combination with high-density logic integration and sample and hold circuits.

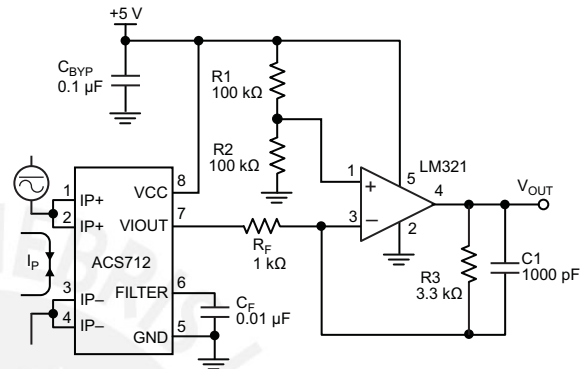


Concept of Chopper Stabilization Technique

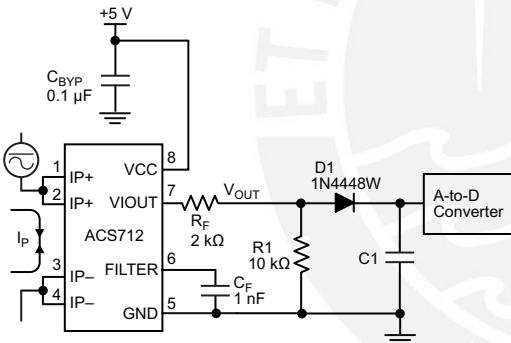
Typical Applications



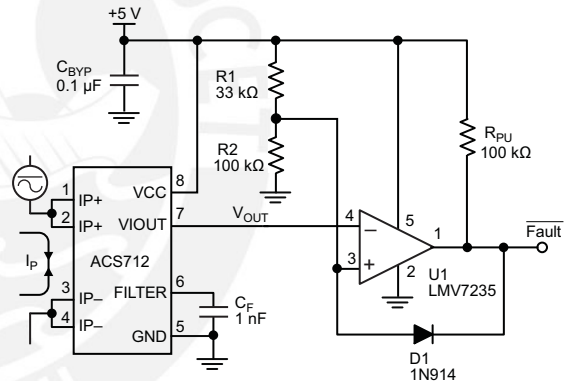
Application 2. Peak Detecting Circuit



Application 3. This configuration increases gain to 610 mV/A (tested using the ACS712ELC-05A).



Application 4. Rectified Output. 3.3 V scaling and rectification application for A-to-D converters. Replaces current transformer solutions with simpler ACS circuit. C1 is a function of the load resistance and filtering desired. R1 can be omitted if the full range is desired.



Application 5. 10 A Overcurrent Fault Latch. Fault threshold set by R1 and R2. This circuit latches an overcurrent fault and holds it until the 5 V rail is powered down.

Improving Sensing System Accuracy Using the FILTER Pin

In low-frequency sensing applications, it is often advantageous to add a simple RC filter to the output of the device. Such a low-pass filter improves the signal-to-noise ratio, and therefore the resolution, of the device output signal. However, the addition of an RC filter to the output of a sensor IC can result in undesirable device output attenuation — even for DC signals.

Signal attenuation, ΔV_{ATT} , is a result of the resistive divider effect between the resistance of the external filter, R_F (see Application 6), and the input impedance and resistance of the customer interface circuit, R_{INTFC} . The transfer function of this resistive divider is given by:

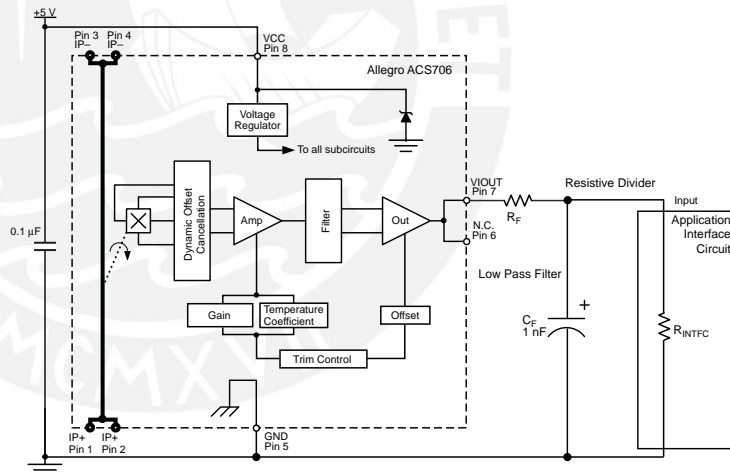
$$\Delta V_{ATT} = V_{IOUT} \left(\frac{R_{INTFC}}{R_F + R_{INTFC}} \right)$$

Even if R_F and R_{INTFC} are designed to match, the two individual resistance values will most likely drift by different amounts over

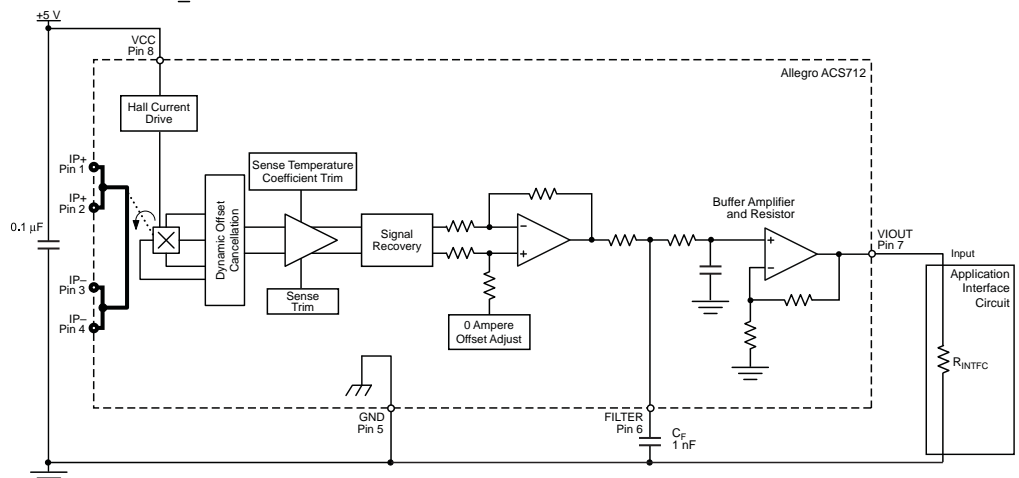
temperature. Therefore, signal attenuation will vary as a function of temperature. Note that, in many cases, the input impedance, R_{INTFC} , of a typical analog-to-digital converter (ADC) can be as low as 10 k Ω .

The ACS712 contains an internal resistor, a FILTER pin connection to the printed circuit board, and an internal buffer amplifier. With this circuit architecture, users can implement a simple RC filter via the addition of a capacitor, C_F (see Application 7) from the FILTER pin to ground. The buffer amplifier inside of the ACS712 (located after the internal resistor and FILTER pin connection) eliminates the attenuation caused by the resistive divider effect described in the equation for ΔV_{ATT} . Therefore, the ACS712 device is ideal for use in high-accuracy applications that cannot afford the signal attenuation associated with the use of an external RC low-pass filter.

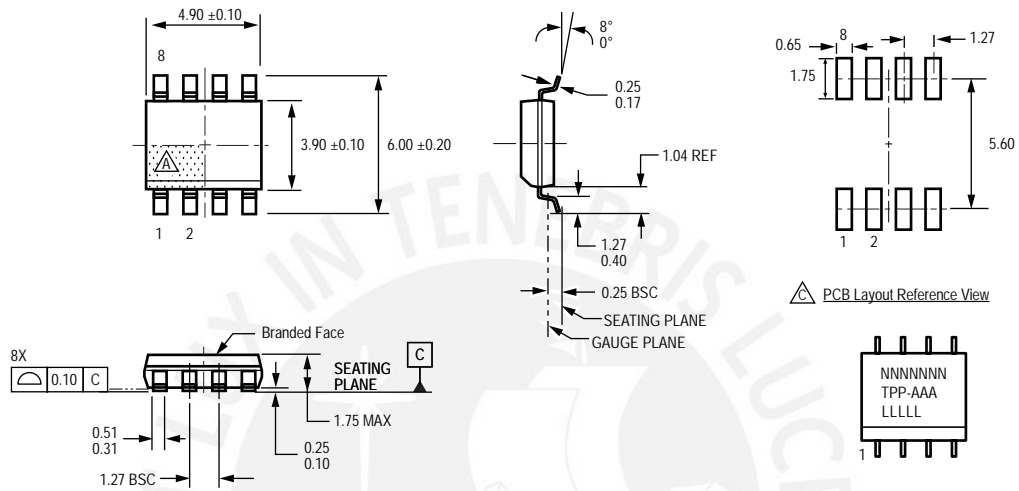
Application 6. When a low pass filter is constructed externally to a standard Hall effect device, a resistive divider may exist between the filter resistor, R_F , and the resistance of the customer interface circuit, R_{INTFC} . This resistive divider will cause excessive attenuation, as given by the transfer function for ΔV_{ATT} .



Application 7. Using the FILTER pin provided on the ACS712 eliminates the attenuation effects of the resistor divider between R_F and R_{INTFC} , shown in Application 6.



Package LC, 8-pin SOIC



For Reference Only; not for tooling use (reference MS-012AA)
Dimensions in millimeters
Dimensions exclusive of mold flash, gate burrs, and dambar protrusions
Exact case and lead configuration at supplier discretion within limits shown

- ⚠ Terminal #1 mark area
- ⚠ Branding scale and appearance at supplier discretion
- ⚠ Reference land pattern layout (reference IPC7351 SOIC127P600X175-8M); all pads a minimum of 0.20 mm from all adjacent pads; adjust as necessary to meet application process requirements and PCB layout tolerances

⚠ PCB Layout Reference View

⚠ Standard Branding Reference View

N = Device part number
T = Device temperature range
P = Package Designator
A = Amperage
L = Lot number
Belly Brand = Country of Origin

Revision History

Revision	Revision Date	Description of Revision
Rev. 15	November 16, 2012	Update rise time and isolation, I _{OUT} reference data, patents



Copyright ©2006-2013, Allegro MicroSystems, LLC

The products described herein are protected by U.S. patents: 5,621,319; 7,598,601; and 7,709,754.

Allegro MicroSystems, LLC reserves the right to make, from time to time, such departures from the detail specifications as may be required to permit improvements in the performance, reliability, or manufacturability of its products. Before placing an order, the user is cautioned to verify that the information being relied upon is current.

Allegro's products are not to be used in life support devices or systems, if a failure of an Allegro product can reasonably be expected to cause the failure of that life support device or system, or to affect the safety or effectiveness of that device or system.

The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, LLC assumes no responsibility for its use; nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.

For the latest version of this document, visit our website:

www.allegromicro.com



June 1986
Revised March 2000

DM74LS32

Quad 2-Input OR Gate

General Description

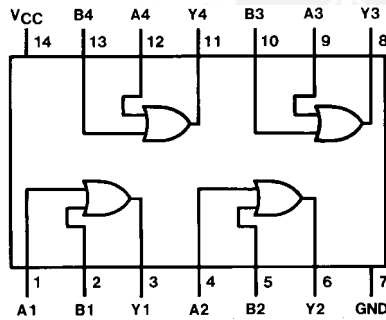
This device contains four independent gates each of which performs the logic OR function.

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS32M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
DM74LS32SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS32N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

$$Y = A + B$$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	H

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level

DM74LS32 Quad 2-Input OR Gate

DM74LS32

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	HIGH Level Input Voltage	2			V
V _{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I _{OH}	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
I _{OL}	LOW Level Output Current			8	mA
T _A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = -18 mA			-1.5	V
V _{OH}	HIGH Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OH} = Max V _{IH} = Min	2.7	3.4		V
V _{OL}	LOW Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OL} = Max V _{IL} = Max I _{OL} = 4 mA, V _{CC} = Min		0.35 0.25	0.5 0.4	V
I _I	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _I = 7V			0.1	mA
I _{IH}	HIGH Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 2.7V			20	µA
I _{IL}	LOW Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 0.4V			-0.36	mA
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 3)	-20		-100	mA
I _{CCH}	Supply Current with Outputs HIGH	V _{CC} = Max		3.1	6.2	mA
I _{CCL}	Supply Current with Outputs LOW	V _{CC} = Max		4.9	9.8	mA

Note 2: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

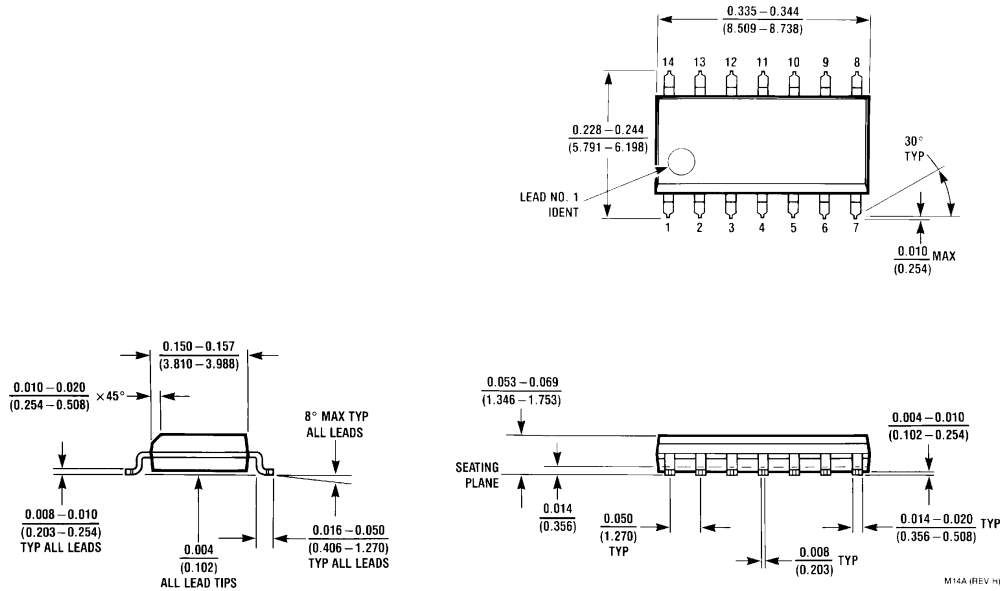
Switching Characteristics

at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C

Symbol	Parameter	R _L = 2 kΩ				Units
		C _L = 15 pF		C _L = 50 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t _{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	3	11	4	15	ns
t _{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	3	11	4	15	ns

DM74LS32

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

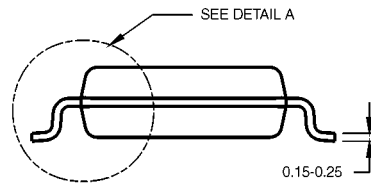
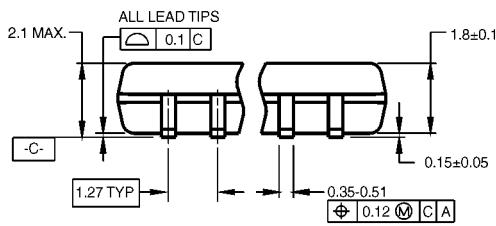
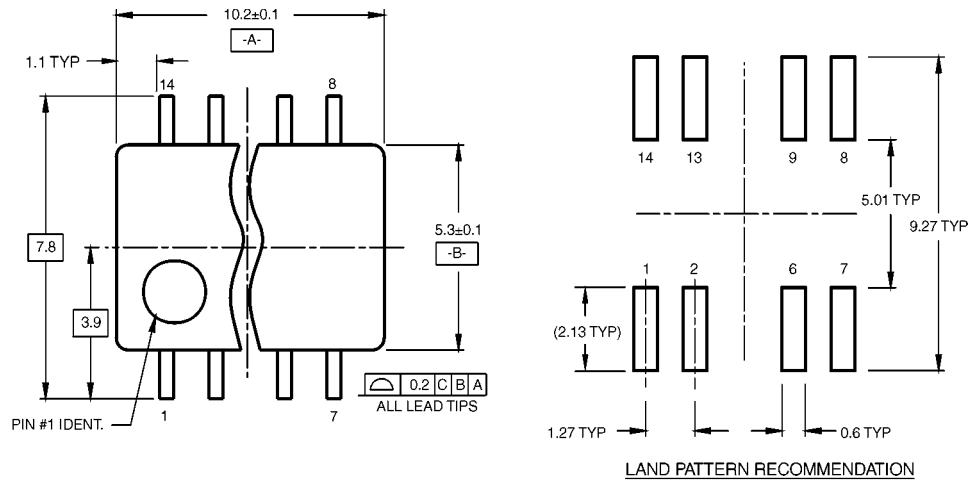


**14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150 Narrow
Package Number M14A**

M14A (REV H)

DM74LS32

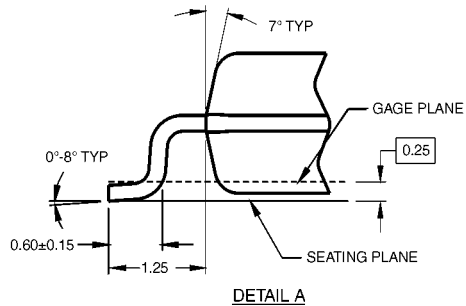
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

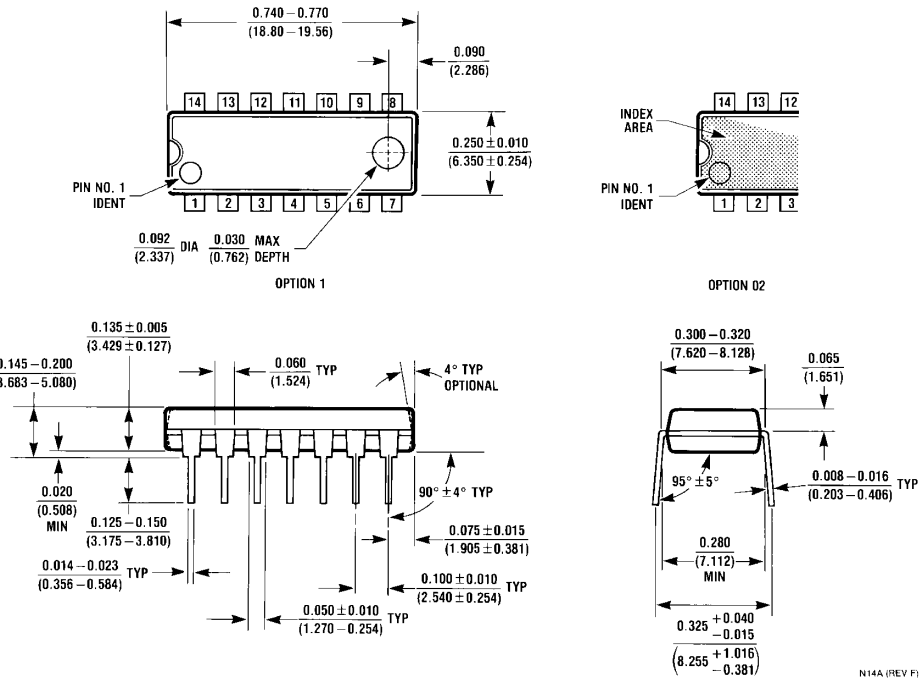
- NOTES:
 A. CONFORMS TO EIAJ EDR-7320 REGISTRATION, ESTABLISHED IN DECEMBER, 1998.
 B. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
 C. DIMENSIONS ARE EXCLUSIVE OF BURRS, MOLD FLASH, AND TIE BAR EXTRUSIONS.

M14DRevB1



**14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
Package Number M14D**

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide Package Number N14A

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

This datasheet has been downloaded from:

www.DatasheetCatalog.com

Datasheets for electronic components.

