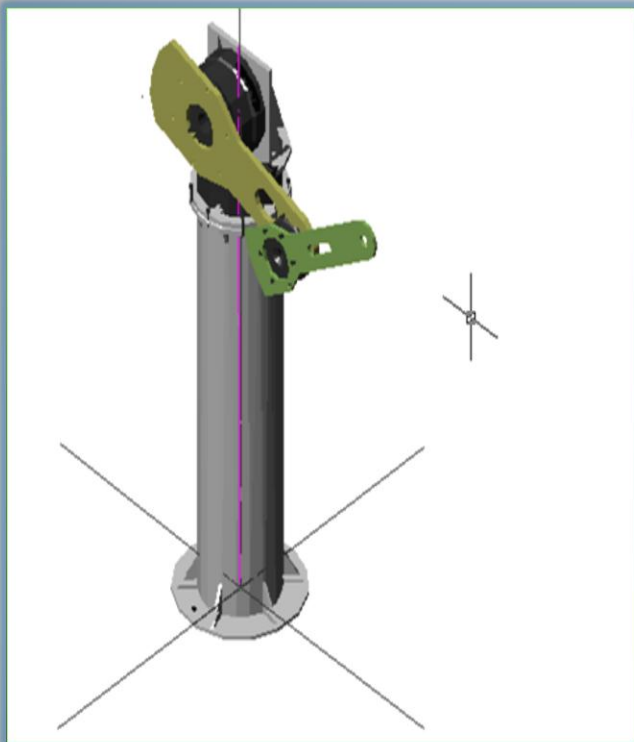


FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA
ESPECIALIDAD EN AUTOMATIZACIÓN



AVANCE DE TESIS No. 1
DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT MANIPULADOR
DE TRES GRADOS DE LIBERTAD
Alumna: Evelyn González Tlaxco
Asesor: Dr. Fernando Reyes Cortés
Co-asesoras: Dra. Olga G. Félix Beltrán
Dra. María Aurora D. Vargas Treviño

Contenido



Introducción

Objetivos

Marco Teórico

Marco Referencial

Resultados

Conclusiones

Referencias

Introducción

- Actividad de investigación y desarrollo de nueva tecnología.
- La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla es una de las instituciones reconocidas nacionalmente por su arduo trabajo en investigación realizada en cada una de las facultades que la integran.



Introducción

- El laboratorio de robótica de la maestría en Ciencias de la Electrónica instaló el primer robot articular en con fines experimentales en el año de 1998.
- Con estos antecedentes, este trabajo de tesis va encaminado al desarrollo y construcción de un robot manipulador de tres grados de libertad, el cual servirá de plataforma experimental para el desarrollo de nuevas investigaciones en el área de robótica.



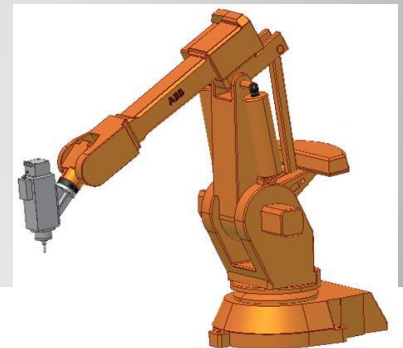
Introducción

- En este avance de tesis se presenta:
 - La metodología de diseño mecánico.
 - La metodología de Euler-Lagrange para obtener el modelo matemático de un robot de tres grados de libertad.
 - Las características de la Interfaz Electrónica
- Los resultados obtenidos en este periodo de trabajo.

Objetivos

- Objetivo General
 - Desarrollar infraestructura científica para la evaluación de algoritmos de control de Robots manipuladores.
- Objetivos Específicos
 1. Obtener el modelado dinámico
 2. Desarrollar el diseño mecánico de un robot de transmisión directa de tres grados de libertad.
 3. Interconectar la instrumentación electrónica.
 4. Realizar la identificación paramétrica.
 5. Puesta a punto; resultados experimentales.
 6. Diseñar algoritmos de control regulación y trayectoria.
 7. Aplicación industrial.

Marco Teórico



Marco Teórico

Diseño Mecánico

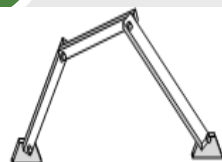
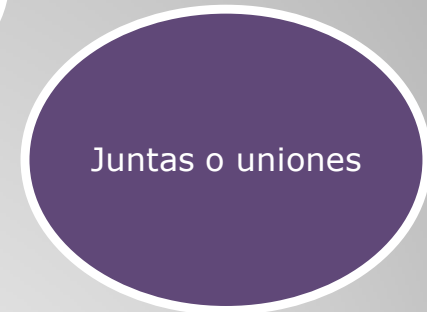
La palabra diseño viene del latín *desiganre*, que significa señal o marca, mientras que en la ingeniería de diseño se ha definido como... el proceso de aplicar diversas técnicas y principios científicos con el objetivo de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con detalle suficiente que permita su realización [1].

Metodología de Diseño

1. Planteamiento de la metas
2. Investigación preliminar
3. Especificaciones de funcionamiento
4. Análisis de diseño
5. Selección de materiales
6. Diseño detallado
7. Prototipos y pruebas
8. Puesta en funcionamiento

Marco Teórico

Diseño Mecánico



Marco Teórico

Diseño Mecánico;

**Polar o esférica
(RRR)**

Configuraciones de Robots

**Brazo
articulado
(RRR)**

**Cilíndrica
(RPP)**

**Coordenadas
cartesianas (PPP)**

Marco Teórico

Modelo dinámico

Cinemática

- Directa
- Inversa

Modelo Dinámico

- Metodología de Euler - Lagrange

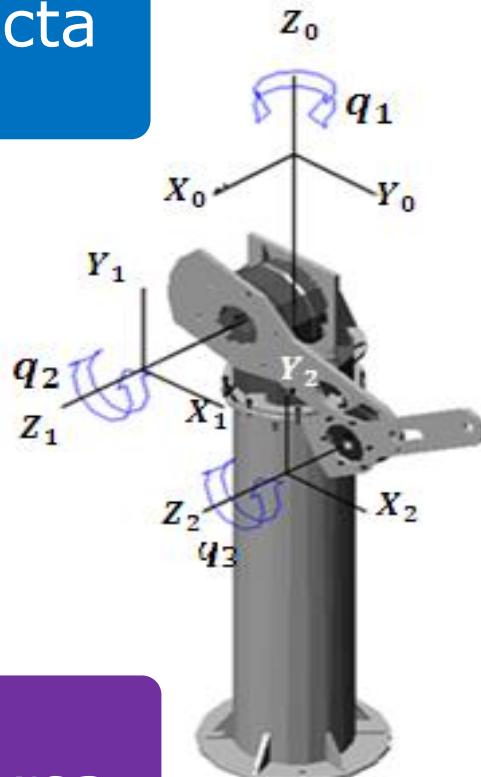
Marco Teórico

Modelo dinámico

Directa

Cinemática

Inversa

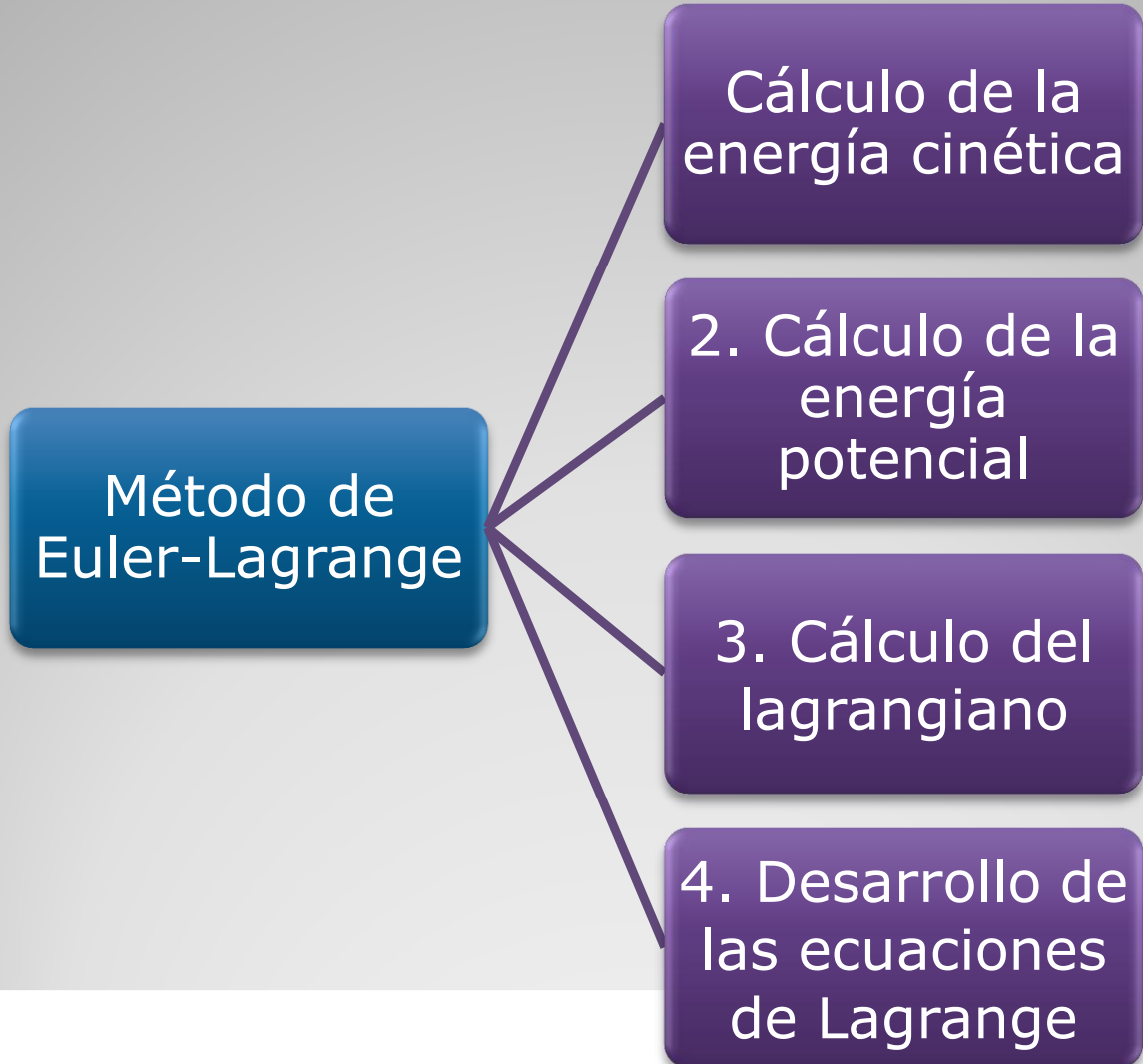


$$\begin{aligned}x &= f_x(q_1, q_2 \dots q_i), \\y &= f_y(q_1, q_2 \dots q_i), \\z &= f_z(q_1, q_2 \dots q_i).\end{aligned}$$

$$\mathbf{q} = f(x, y, z)$$

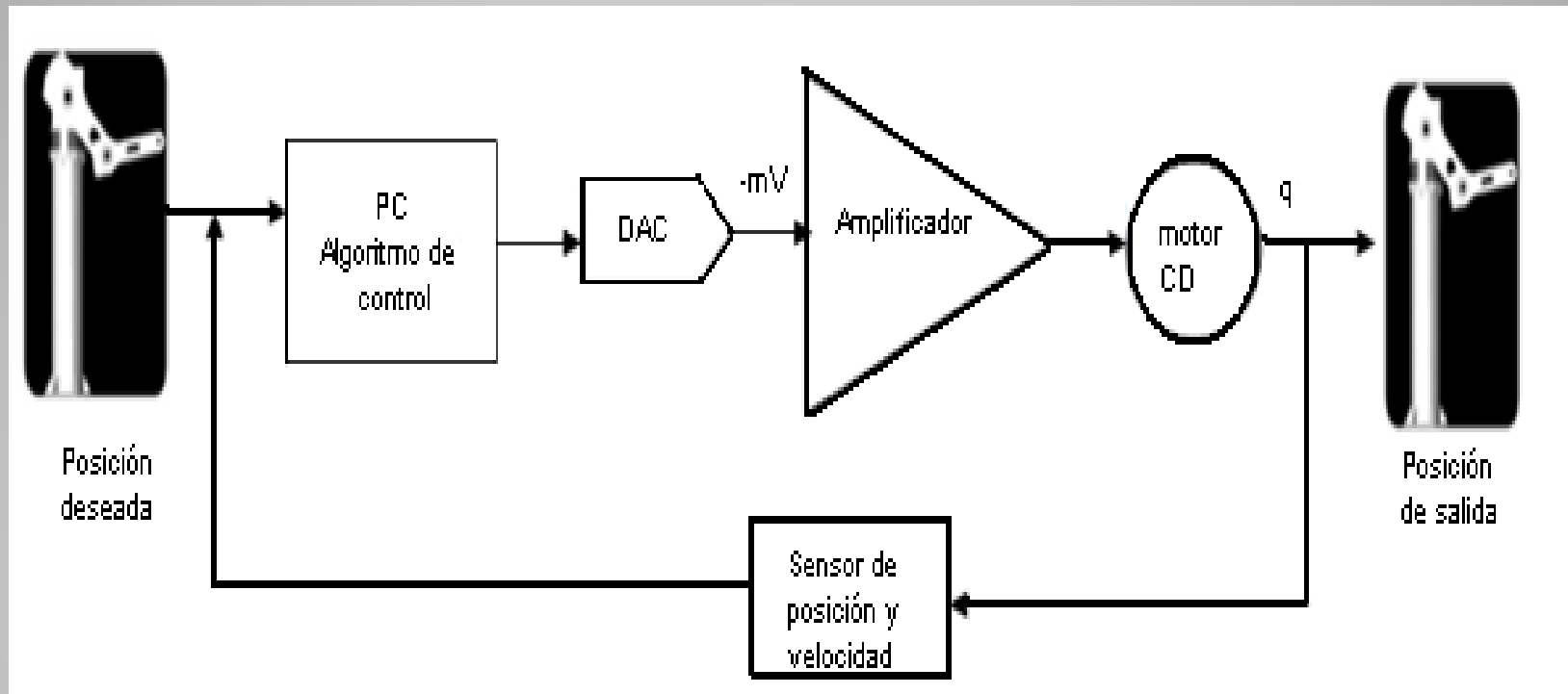
Marco Teórico

Modelo dinámico



Marco Teórico

Interfaz Electrónica



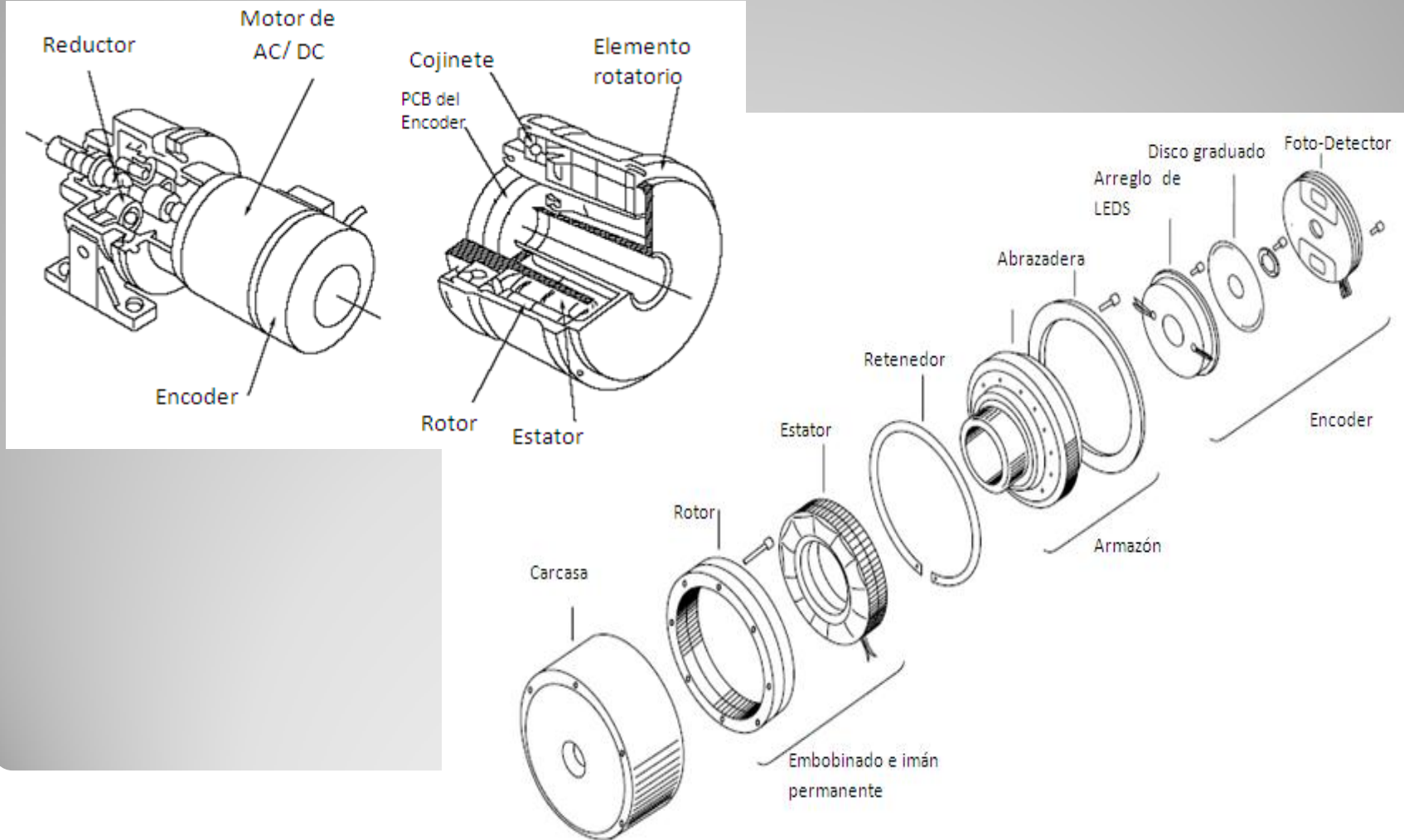
Marco Teórico

Interfaz Electrónica; Motor

Característica	Motor BLDC	Motor de DC con escobillas
Conmutación	Electrónica de conmutación basada en sensores de posición	Conmutación por escobillas
Mantenimiento	No requiere mantenimiento	Requiere mantenimiento periódico
Relación Velocidad/torque	Lineal operación en un amplio rango de velocidad	Moderadamente lineal, a velocidades altas se presenta fricción con las escobillas, reduciendo el torque
Eficiencia	Alta	Moderada
Inercia del rotor	Baja, gracias al rotor de imán permanente que mejora la respuesta dinámica	Alta, reduciendo la respuesta dinámica
Rango de velocidad	Alta, no hay limitaciones mecánicas	Baja, limitaciones mecánicas por las escobillas
Generación de ruido eléctrico	Baja	Alta debido a la generación de arcos eléctricos en las escobillas
Costo de fabricación	Alto	Bajo
Control	Complejo y caro	Sencillo y barato

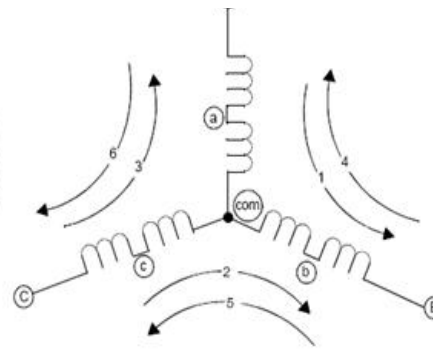
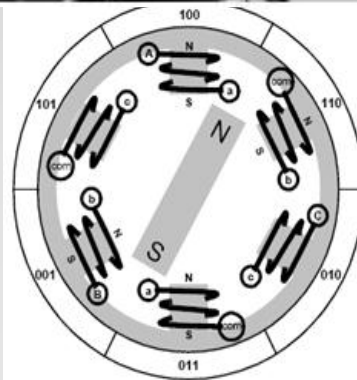
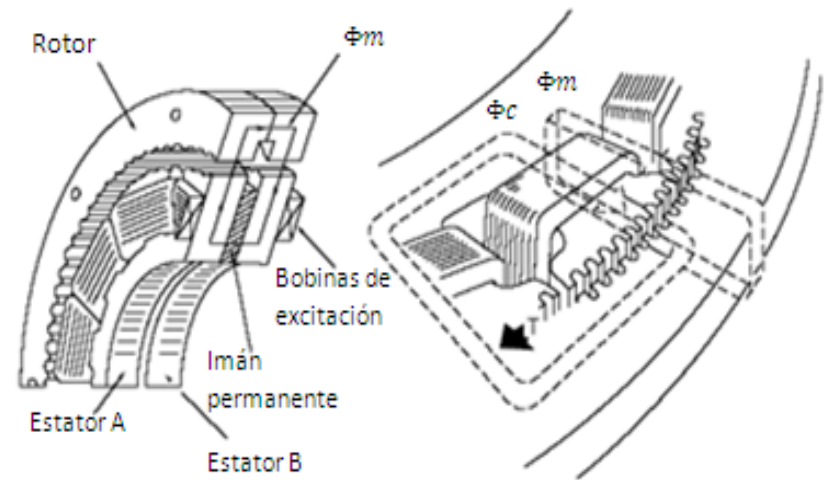
Marco Teórico

Interfaz Electrónica; Motor



Marco Teórico

Interfaz Electrónica; Motor BLDC



Marco Teórico

Interfaz Electrónica; Sensor

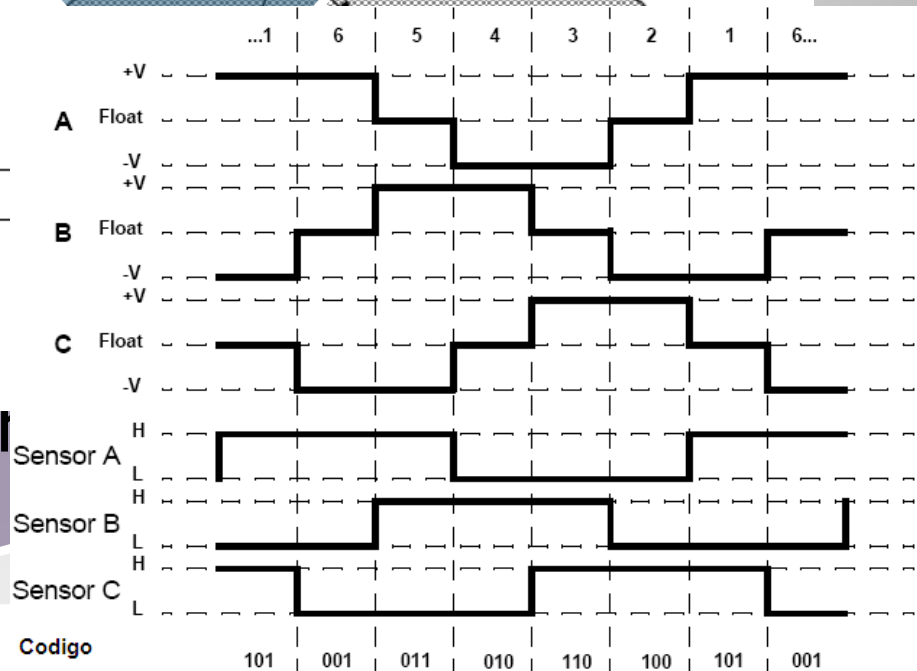
Efecto Hall

Sensores
Efecto Hall

Imán del sensor

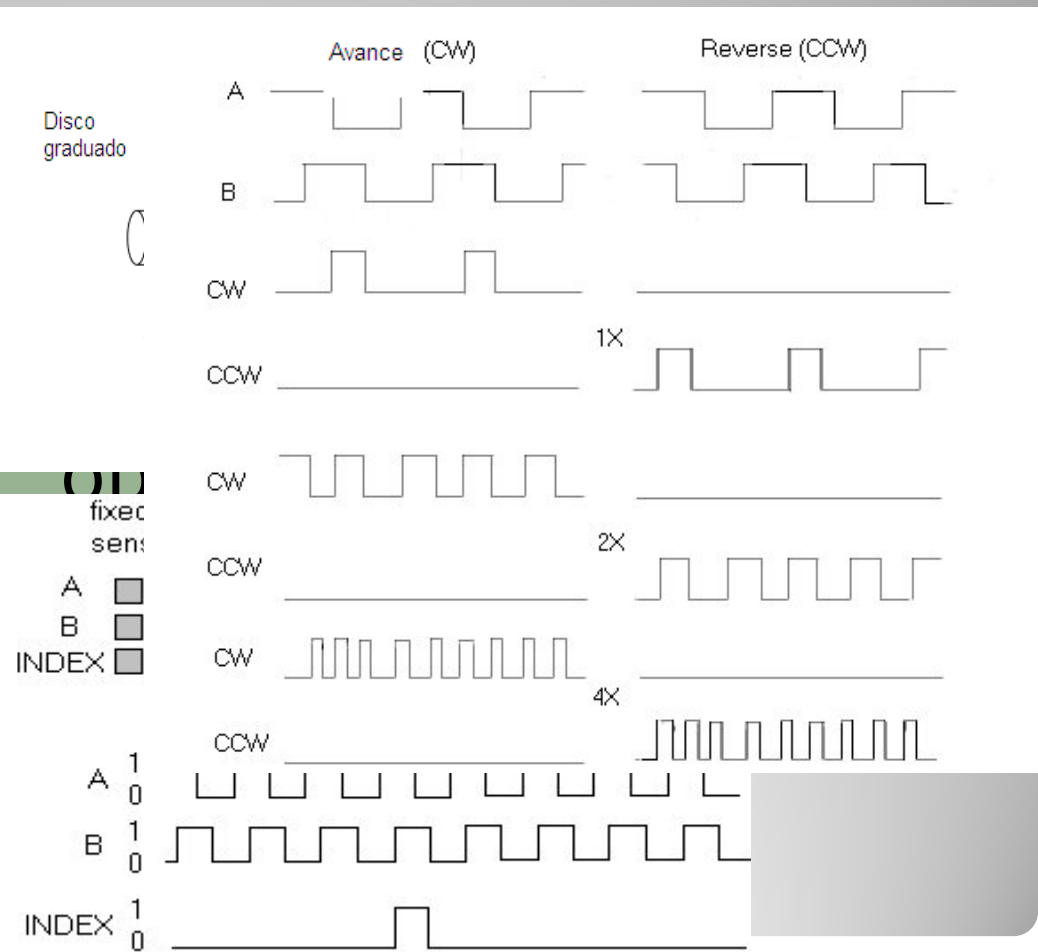
Resolver

Bobinas del estator



Marco Teórico

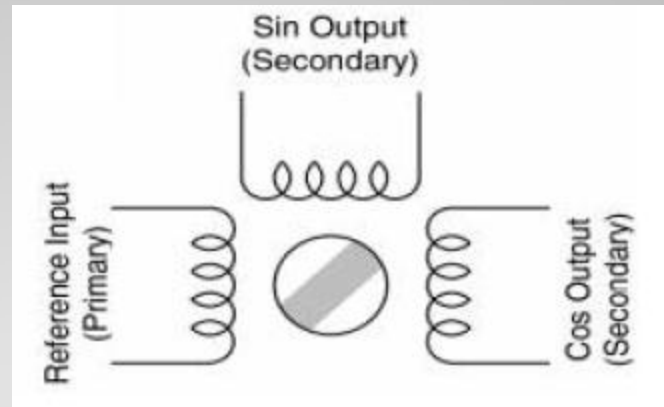
Interfaz Electrónica;



Marco Teórico

Interfaz Electrónica; Sensor

Resolver

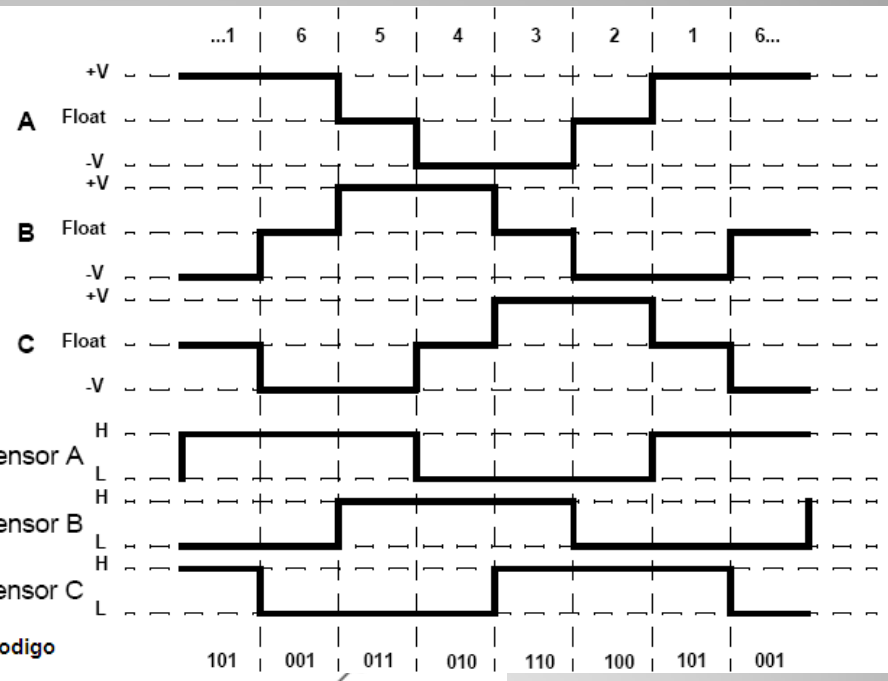
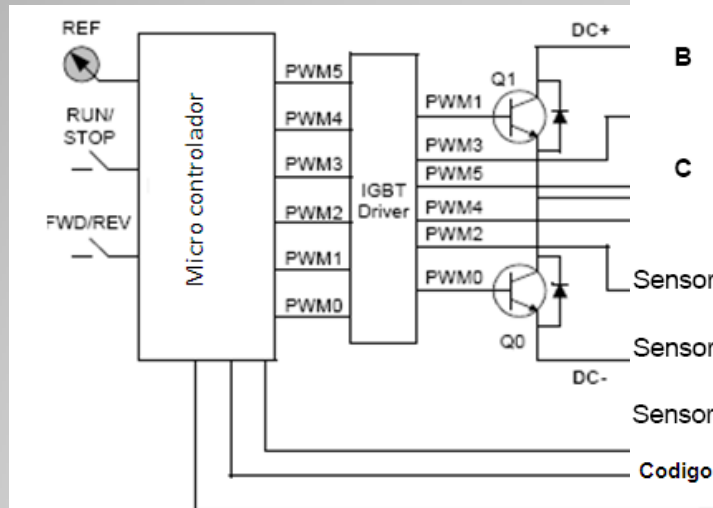


$$V_1 = V_{\text{sen}}(\omega t) \sin \theta$$

$$V_2 = V_{\text{sen}}(\omega t) \cos \theta$$

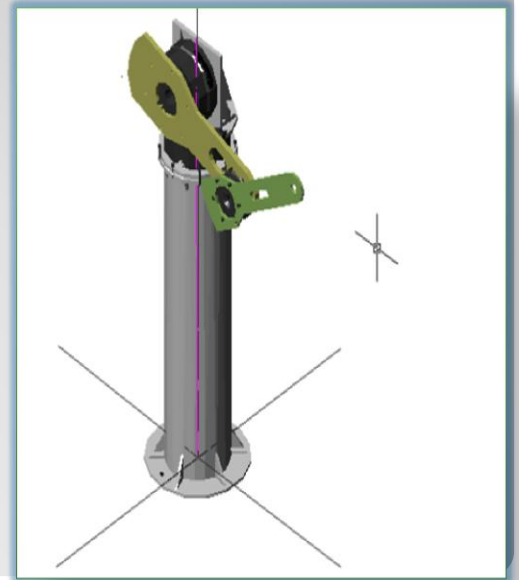
Marco Teórico

Interfaz Electrónica; Amplificador



Fase	Sensor C	Sensor B	Sensor A	Nivel alto C	Nivel Bajo C	Nivel alto B	Nivel Bajo B	Nivel alto A	Nivel Bajo A
1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
2	1	0	0	1	0	0	0	0	1
3	1	1	0	1	0	0	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	0	0	1
5	0	1	1	0	1	1	0	0	0
6	0	0	1	0	1	0	0	1	0

Marco de Referencia



Marco de Referencia

- ✓ Proceso de Diseño
- ✓ Cinemática Directa
- ✓ Cinemática Inversa
- ✓ Energía Cinética
- ✓ Diseño de la interfaz Electrónica

Marco de Referencia; Proceso de Diseño

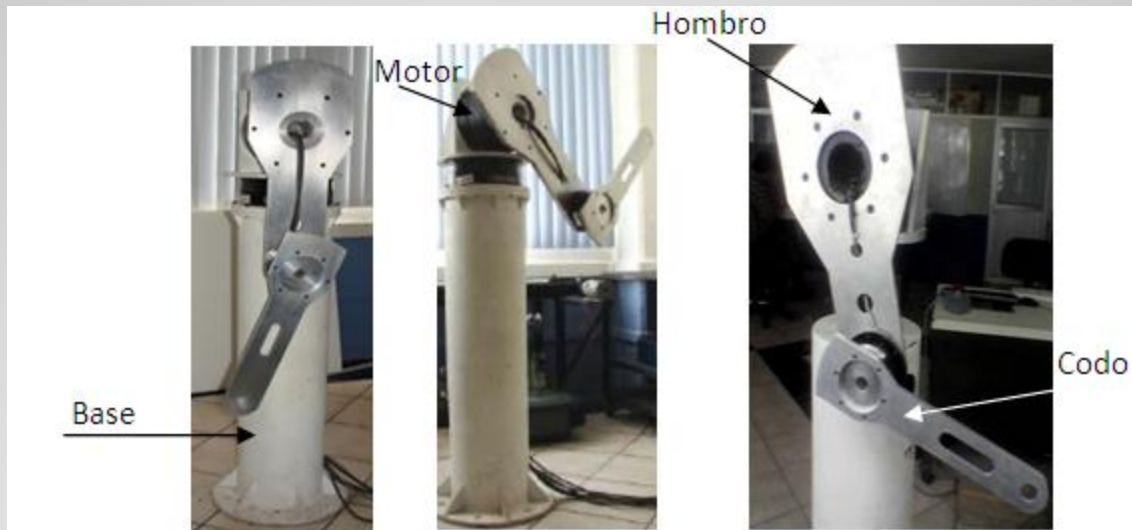
1. Identificación de necesidades

Se requiere diseñar y construir una cadena cinemática abierta (robot) de tres grados de libertad, que posea los movimientos similares a los de un brazo humano.

Marco de Referencia; Proceso de Diseño

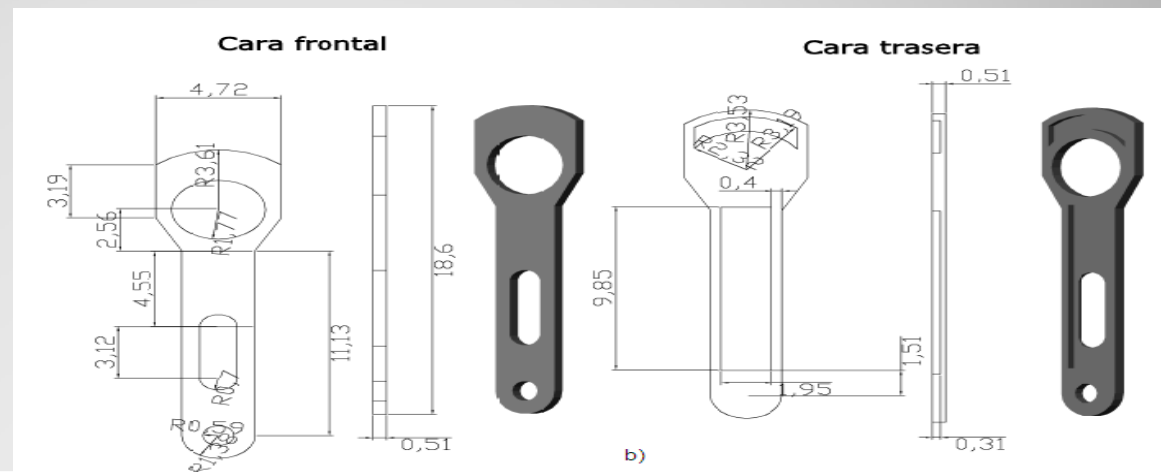
2. Investigación Preliminar

1. 1981 Universidad de Carnegie-Mellon[2].
2. 1998 Maestría en Automatización de la FCE de la BUAP.



2. Diseño de la investigación preliminar

- a) Hombro
- b) Codo



Marco de Referencia; Proceso de Diseño

3. Especificación del funcionamiento

Se desea diseñar una cadena cinemática abierta de tres grados de libertad, que en otras palabras se reconoce como un brazo manipulador, con movimientos rotacionales en sus tres juntas (RRR). Los eslabones que lo forme deberán estar diseñados de tal manera que sus centro de masa y su eje de giro se encuentre lo más cercano posible al centro de rotación de cada articulación.

Las juntas de cada articulación deberán ser de transmisión directa con los actuadores, es decir no deberán unirse mediante reductores de velocidad, sistemas de engrane, o cualquier tipo de transmisión mecánica.

Marco de Referencia; Proceso de Diseño

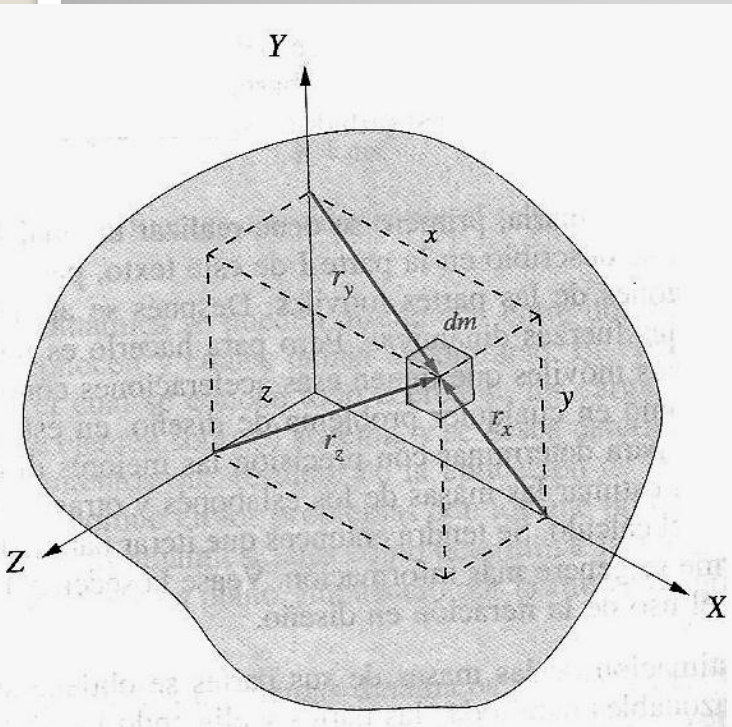
4. Análisis de diseño

La **masa** es una propiedad invariable del cuerpo rígido, una primera aproximación se obtiene al calcular el volumen de la pieza por la densidad del material elegido que en este caso es la una aleación de aluminio 1060 que tiene una densidad de 0.0975 lb/in³ [11]. Por lo que la masa del cuerpo es la que se presenta en la tabla de propiedades físicas.

Centro de masa; Una concepción práctica del centro de masa es aquel punto donde se concentra la masa total del cuerpo y se encuentra el equilibrio.

Marco de Referencia;

El momento de masa (primer momento de masa) del elemento diferencial es igual al producto de su masa por su distancia del eje de interés. Con respecto a los ejes X, Y y Z éstos son:



$$dM_x = r_x^1 dm = \sqrt{(y^2 + z^2)} dm$$

$$dM_y = r_y^1 dm = \sqrt{(x^2 + z^2)} dm$$

$$dM_z = r_z^1 dm = \sqrt{(x^2 + y^2)} dm$$

$$M_x = \int \sqrt{(y^2 + z^2)} dm$$

$$M_y = \int \sqrt{(x^2 + z^2)} dm$$

$$M_z = \int \sqrt{(x^2 + y^2)} dm$$

Marco de Referencia

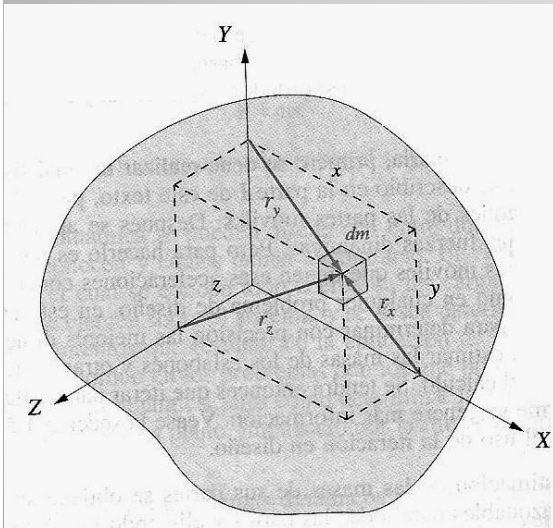
Segunda Ley de Newton para sistema en rotación

Donde: $\tau = I\alpha$

τ es el par de torsión resultante con respecto al centro de masa,

α es la aceleración angular, e

I es el momento de inercia de masa con respecto a un eje que pasa por el centro de masa,



El **momento de inercia de masa** del elemento diferencial es igual al **producto de su masa por el cuadrado de su distancia** desde el eje de interés.

$$dI_x = r_x^2 dm = (y^2 + z^2) dm$$

$$I_x = \int (y^2 + z^2) dm$$

$$dI_y = r_y^2 dm = (x^2 + z^2) dm \Rightarrow$$

$$I_y = \int (x^2 + z^2) dm$$

$$dI_z = r_z^2 dm = (y^2 + x^2) dm$$

$$I_z = \int (y^2 + x^2) dm$$

Marco de Referencia

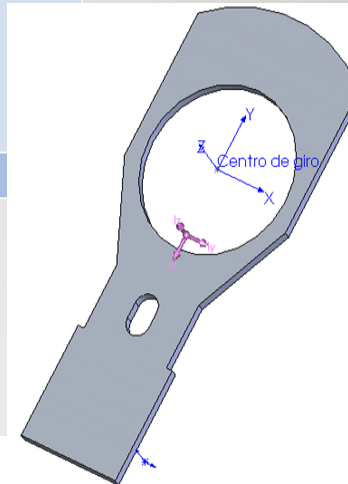
La importancia del momento de inercia radica en que, por una parte entre mayor se la distancia entre el eje de giro y el momento de inercia de la pieza, el torque o par de torsión para acelerar rotacionalmente el cuerpo debe ser mayor, es decir un I mayor requerirá un par de torsión mayor y, por consiguiente, un motor de mayor tamaño y potencia para obtener la aceleración angular necesaria; por otra un I mayor es una medida de la energía cinética que puede almacenar el cuerpo según la ecuación:

$$K = \frac{1}{2}I\omega^2$$

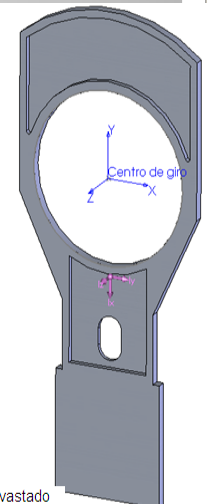
Marco de Referencia

Propiedades físicas Hombro

	Sin vaciado	Con vaciado
Material	Aleación de aluminio 1060	Aleación de aluminio 1060
Densidad	0.0975 libras por pulgada cúbico	0.0975 libras por pulgada cúbico
Masa	7.22 libras	5.44973 libras
Volumen	73.99 pulgadas ³	55.86969 pulgadas ³
Área de superficie	328.71 pulgadas ²	2343.55432 pulgadas ²
Centro de masa (pulgadas)	X = 0.000 Y = -3.63 Z = -0.27	X = 0.00052 Y = -5.14807 Z = -0.30730
Momentos de inercia: (libras * pulgadas²)	$I_{xx} = 568.57$ $I_{xy} = -0.03$ $I_{xz} = -0.00$ $I_{yx} = -0.03$ $I_{yy} = 55.98$ $I_{yz} = 7.06$ $I_{zx} = -0.00$ $I_{zy} = 7.06$ $I_{zz} = 623.15$	$I_{xx} = 183.61$ $I_{xy} = 0.07$ $I_{xz} = -0.00$ $I_{yx} = 0.07$ $I_{yy} = 16.80$ $I_{yz} = -8.79$ $I_{zx} = -0.00$ $I_{zy} = -8.79$ $I_{zz} = 199.16$
Diseño	2.5 a	2.5 b



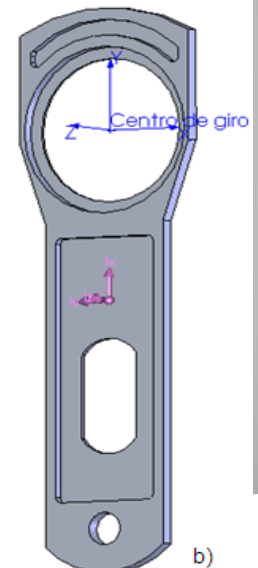
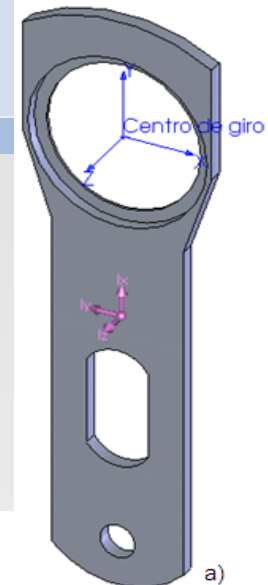
a) Si devastado



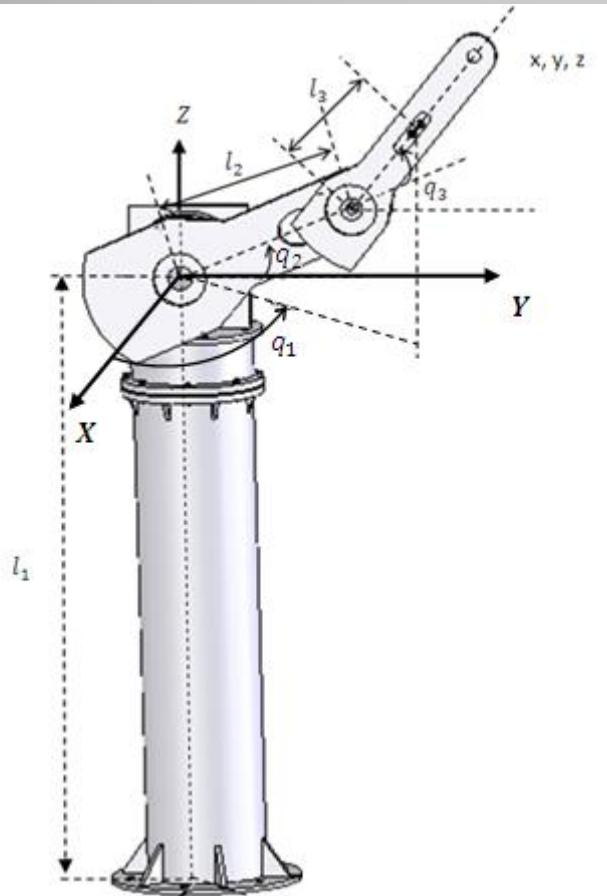
b) con devastado

Marco de Referencia

Propiedades físicas Codo		
Sin vaciado		Con vaciado
Material	Aleación de aluminio 1060	Aleación de aluminio 1060
Densidad	0.0975 libras por pulgada cúbico	0.0975 libras por pulgada cúbico
Masa	3.34 libras	2.36 libras
Volumen	34.24 pulgadas ³	24.20 pulgadas ³
Área de superficie	199.18 pulgadas ²	199.18 pulgadas ²
Centro de masa (pulgadas)	X = 0.00 Y = -6.61 Z = 0.15	X = 0.00 Y = -6.35 Z = 0.11
Momentos de inercia: (libras * pulgadas ²)	lxx = 273.01 lxy = 0.00 lxz = 0.00 lyx = 0.00 lyy = 8.95 lyz = -3.42 lzx = 0.00 lzy = -3.42 lzz = 281.66	lxx = 198.63 lxy = 0.00 lxz = 0.00 lyx = 0.00 lyy = 7.32 lyz = -1.61 lzx = 0.00 lzy = -1.61 lzz = 205.79
Diseño	Figura 2.7 (a)	Figura 2.7 (b)

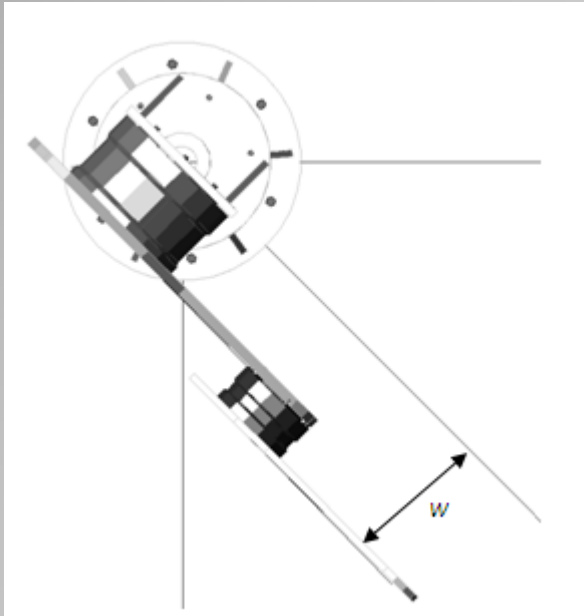


Marco de Referencia; Cinemática Directa



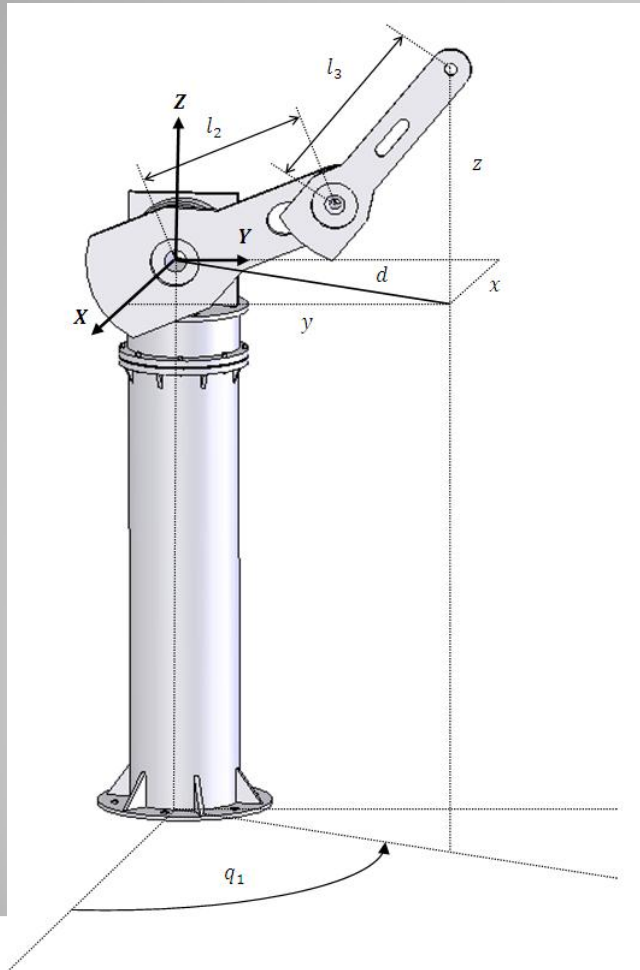
$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(q_1)[l_3 \cos(q_2 + q_3) + l_2 \cos(q_2)] \\ \sin(q_1)[l_3 \cos(q_2 + q_3) + l_2 \cos(q_2)] \\ l_2 \sin(q_2) + l_3 \sin(q_2 + q_3) \end{bmatrix}.$$

Marco de Referencia; Cinemática Directa



$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w + \cos(q_1)[l_3 \cos(q_2 + q_3) + l_2 \cos(q_2)] \\ w + \sin(q_1)[l_3 \cos(q_2 + q_3) + l_2 \cos(q_2)] \\ l_2 \sin(q_2) + l_3 \sin(q_2 + q_3) \end{bmatrix}.$$

Marco de Referencia; Cinemática Inversa



$$q_1 = \arctg\left(\frac{x}{y}\right).$$

$$d^2 = x^2 + y^2$$

$$d^2 + z^2 = l_2^2 + l_3^2 + 2l_2l_3\cos(q_3),$$

$$\cos(q_3) = \frac{x^2 + y^2 + z^2 - l_2^2 - l_3^2}{2l_2l_3}.$$

$$\sin(q_3) = \pm\sqrt{1 - \cos^2(q_3)}.$$

$$q_3 = \arctg\left(\frac{\pm\sqrt{1 - \cos^2(q_3)}}{\cos(q_3)}\right).$$

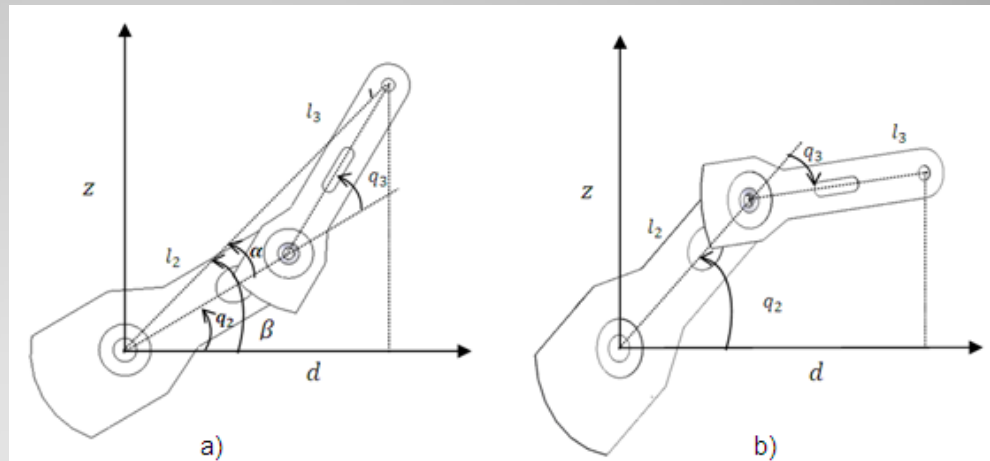
Marco de Referencia; Cinemática Inversa

$$q_2 = \beta - \alpha.$$

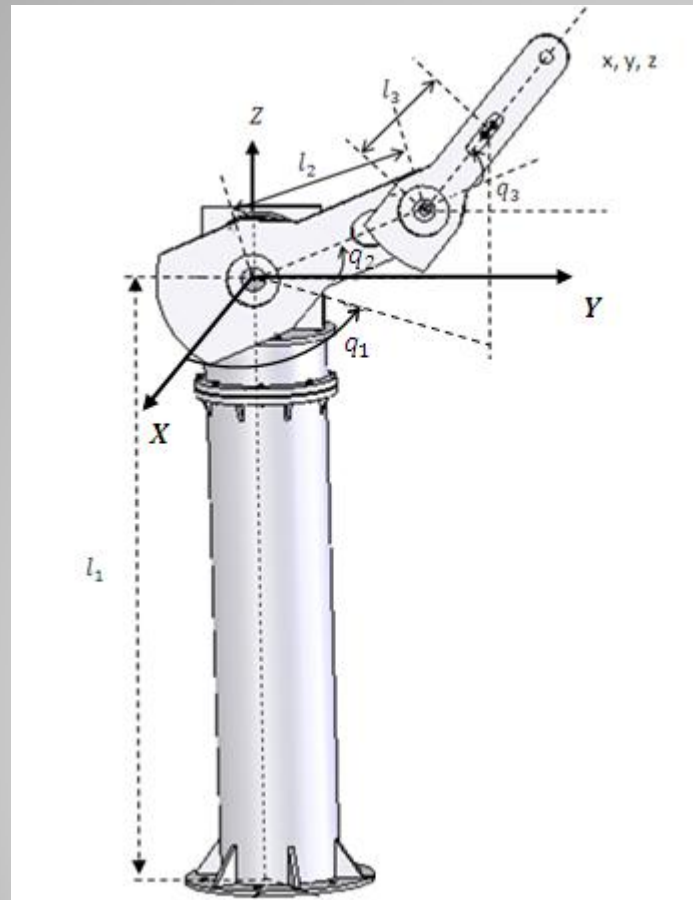
$$\beta = \operatorname{arctg}\left(\frac{z}{d}\right) = \left(\frac{z}{\pm\sqrt{x^2 + y^2}}\right),$$

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{l_3 \operatorname{sen}(q_3)}{l_2 + l_3 \cos(q_3)}\right).$$

$$q_2 = \left(\frac{z}{\pm\sqrt{x^2 + y^2}}\right) - \operatorname{arctg}\left(\frac{l_3 \operatorname{sen}(q_3)}{l_2 + l_3 \cos(q_3)}\right).$$



Marco de Referencia; Energía Cinética



Energía cinética de la base

$$K = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\dot{q}_i^2$$

1. Se encuentra que las coordenadas (x_1, y_1, z_1)

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2. Se encuentra el vector de velocidad

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{y}_1 \\ \dot{z}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

3. La rapidez que se tiene es:

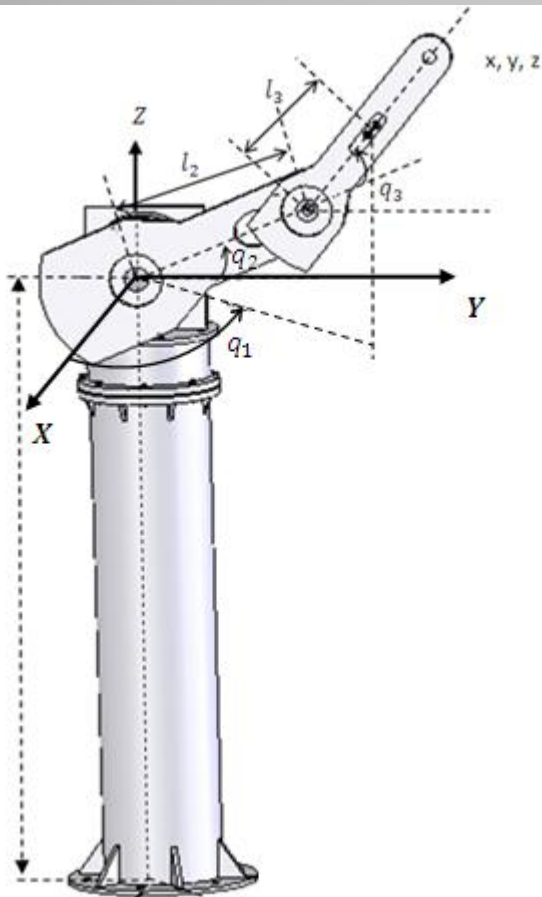
$$v_1^T v_1 = 0,$$

3. Por lo que la energía cinética es:

$$K_1(q, \dot{q}) = \frac{1}{2}m_1 v_1^T v_1 + \frac{1}{2}I_1 \dot{q}_1^2$$

$$K_1(q, \dot{q}) = \frac{1}{2}I_1 \dot{q}_1^2.$$

Marco de Referencia; Energía cinética



Energía cinética de la segundo eslabón

1. Se encuentra que las coordenadas (x_2, y_2, z_2)

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(q_1)[l_{c2}\cos(q_2)] \\ \sin(q_1)[l_{c2}\cos(q_2)] \\ l_{c2}\sin(q_2) \end{bmatrix}.$$

2. Se encuentra el vector de velocidad

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_2 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{z}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -l_{c2}\sin(q_2)\cos(q_1)\dot{q}_2 - l_{c2}\cos(q_2)\sin(q_1)\dot{q}_1 \\ -l_{c2}\sin(q_2)\sin(q_1)\dot{q}_2 + l_{c2}\cos(q_2)\cos(q_1)\dot{q}_1 \\ l_{c2}\cos(q_2)\dot{q}_2 \end{bmatrix}$$

3. La rapidez que se tiene es:

$$v_2^T v_2 = l_{c2}^2 [\dot{q}_2^2 + \cos^2(q_2)\dot{q}_1^2]$$

4. Por lo que la energía cinética es:

$$K_2(q, \dot{q}) = \frac{1}{2}m_2 v_2^T v_2 + \frac{1}{2}I_2(\dot{q}_1 + \dot{q}_2)^2$$

Marco de Referencia; Energía cinética

Energía cinética de la tercer eslabón

1. Se encuentra que las coordenadas (x_3, y_3, z_3)

$$\begin{bmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(q_1)[l_{c3}\cos(q_2 + q_3) + l_2\cos(q_2)] \\ \sin(q_1)[l_{c3}\cos(q_2 + q_3) + l_2\cos(q_2)] \\ l_2\sin(q_2) + l_3\sin(q_2 + q_3) \end{bmatrix}$$

2. Se encuentra el vector de velocidad

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_3 \\ \dot{y}_3 \\ \dot{z}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -S(q_1)\dot{q}_1[l_2C(q_2) + l_{c3}C(q_2 + q_3)] + C(q_1)[-l_2S(q_2)\dot{q}_2 - l_{c3}S(q_2 + q_3)(\dot{q}_2 + \dot{q}_3)] \\ C(q_1)\dot{q}_1[l_2C(q_2) + l_{c3}C(q_2 + q_3)] + S(q_1)[-l_2S(q_2)\dot{q}_2 - l_{c3}S(q_2 + q_3)(\dot{q}_2 + \dot{q}_3)] \\ l_2C(q_2)\dot{q}_2 + l_{c3}C(q_2 + q_3)(\dot{q}_2 + \dot{q}_3) \end{bmatrix}$$

3. La rapidez que se tiene es:

$$\begin{aligned} v_3^T v_3 &= -\dot{q}_1^2 l_{c3}^2 C^2(q_2) - \dot{q}_1^2 l_{c3}^2 C^2(q_3) + 2l_{c3}^2 \dot{q}_2 \dot{q}_3 + \dot{q}_1^2 l_2^2 C^2(q_2) + 2\dot{q}_1 l_{c3}^2 C^2(q_2) C^2(q_3) \\ &+ \dot{q}_1^2 l_{c3}^2 2\dot{q}_1^2 l_2 C^2(q_2) l_{c3} C(q_3) - 2\dot{q}_1^2 l_2 C(q_2) l_{c3} S(q_2) S(q_3) - 2\dot{q}_1^2 l_{c3}^2 C(q_2) C(q_3) S(q_2) S(q_3) \\ &+ l_2^2 \dot{q}_2^2 + l_{c3}^2 \dot{q}_2^2 + l_{c3}^2 \dot{q}_3^2 + 2l_2 \dot{q}_2^2 l_{c3} C(q_3) + 2l_2 \dot{q}_2 l_{c3} \dot{q}_3 C(q_3) \end{aligned}$$

4. Por lo que la energía cinética es:

$$K_3(q, \dot{q}) = \frac{1}{2} m_3 v_3^T v_3 + \frac{1}{2} I_3 (\dot{q}_i)^2$$

Marco de Referencia; Interfaz Electrónica

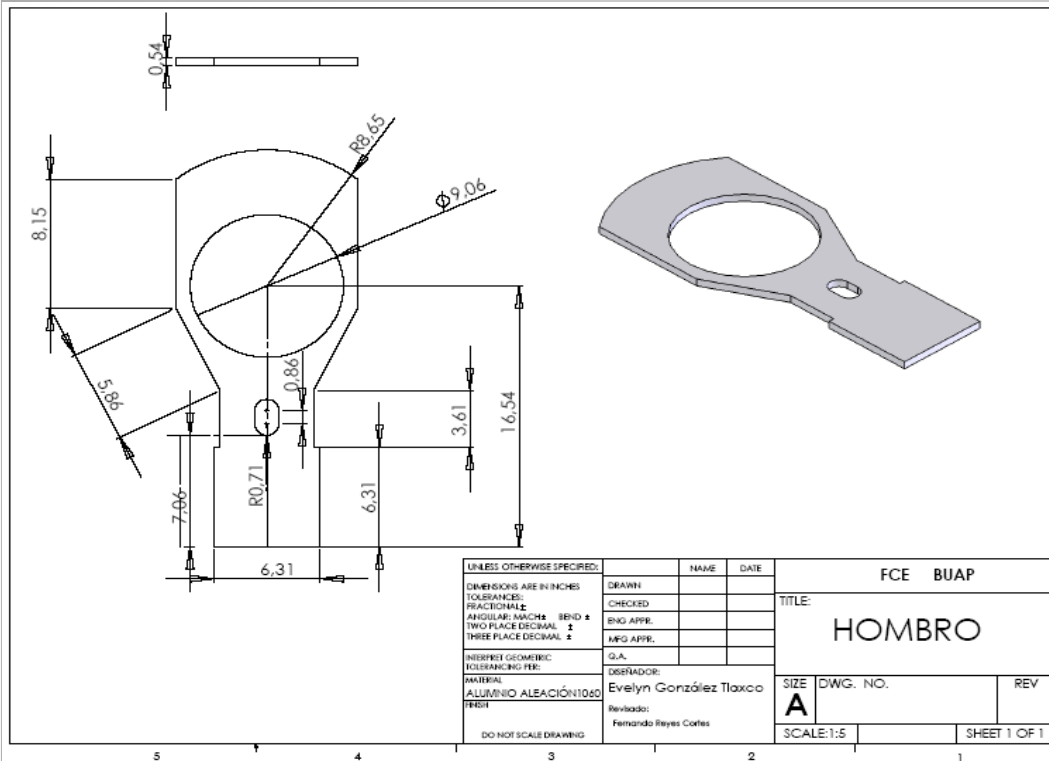
Tomando en consideración las características de los elementos de control electrónico se selecciona el sistema Dinaser de Parker - Compumotor, de la serie Dynaserv DM, el cual consiste de un servo motor sin escobillas un amplificador de potencia (drive) basado en un microprocesador, una fuente de voltaje, un sensor de posición (encoder).

Parametro	Valor	DM1050A	DM1004
Desempeño	Repetibilidad	± 2 arc-seg(0.00056°)	± 2 arc-seg(0.00139°)
	Presición	± 25 arc-seg(0.00069°)	± 60 arc-seg(0.0167°)
	Máximo rago de velocidad	1,024,000 pasos/rev	1,572,000 pasos/rev
	Torque	50 Nm	4 Nm
Alimentación	Volts	115 VAC, 50/60Hz	115 VAC, 50/60Hz
	Rango	+10% α - 15%	+10% α - 15%
	Corriente	20 A max	5 A max
Entradas	Dirección	Alto lógico rotación en sentido del reloj	Alto lógico rotación en sentido del reloj
		Bajo lógico rotación en sentido contrario	Bajo lógico rotación en sentido contrario
	Entradas analógicas	$\pm 10V$ señal de control	$\pm 10V$ señal de control
Salida	Encoder	A/B encoder de 393 Khz	A/B encoder de 393 Khz
Entorno	Peso	14.5 Kg.	3 Kg.
	Apariencia Física		

Resultados

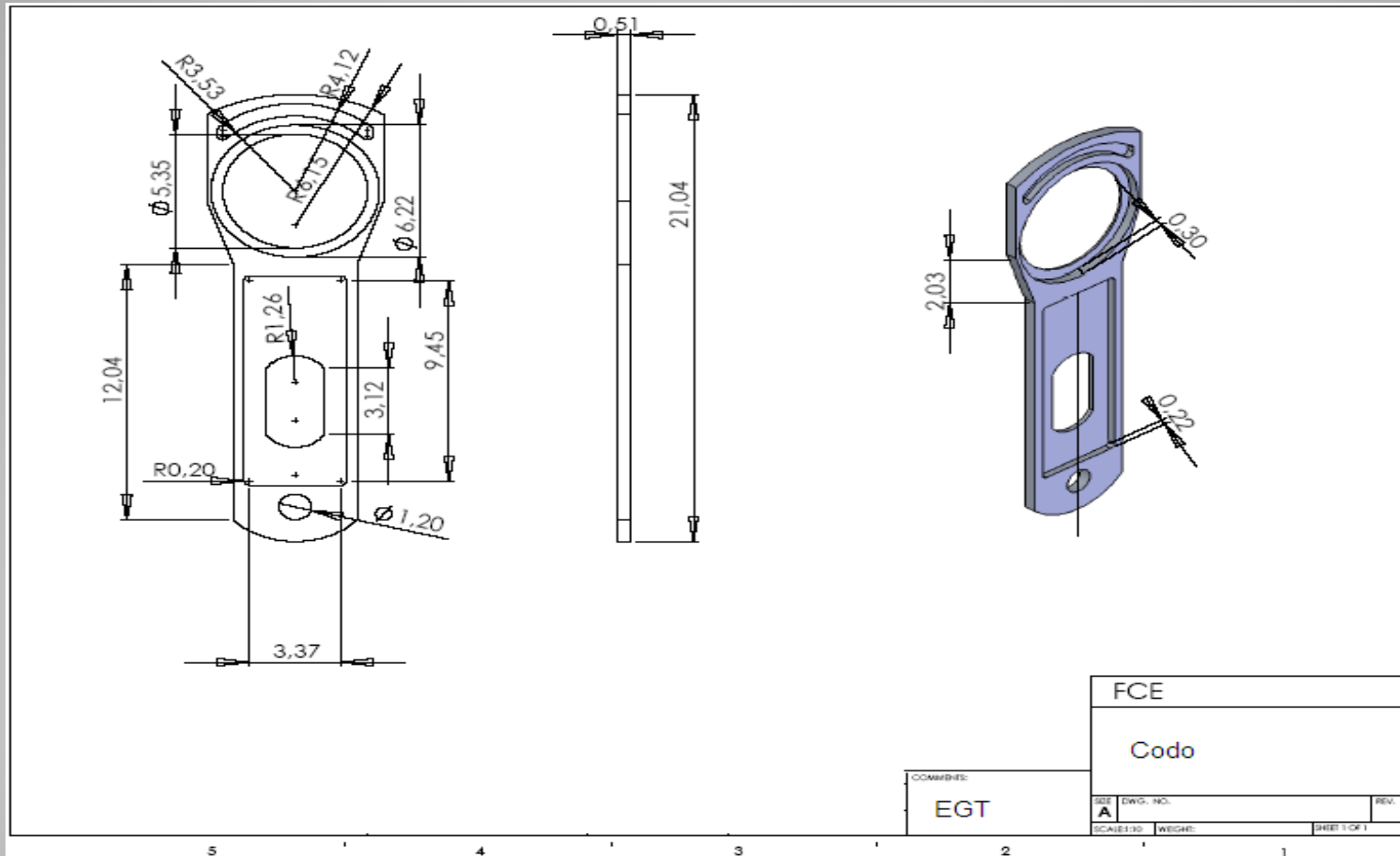
Resultados; Diseño mecánico detallado

Como resultados en esta sección se presentan los planos de todas las piezas para ensamblar el robot.



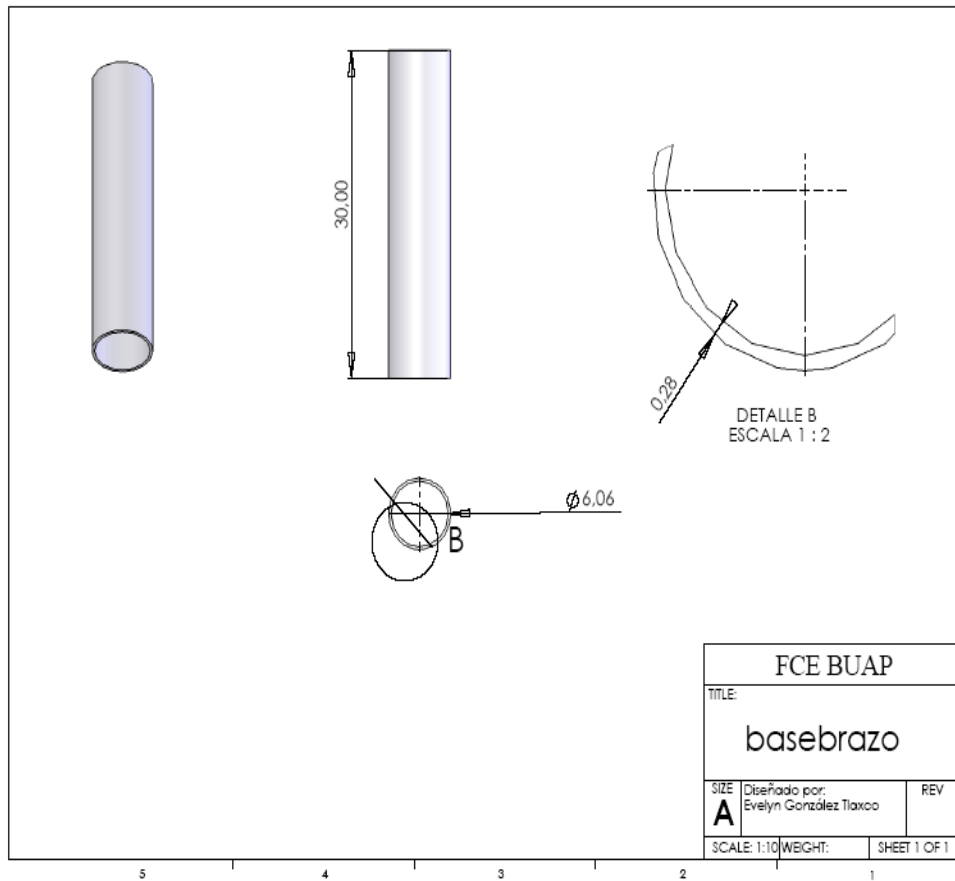
Resultados; Diseño mecánico detallado

Plano del tercer eslabón



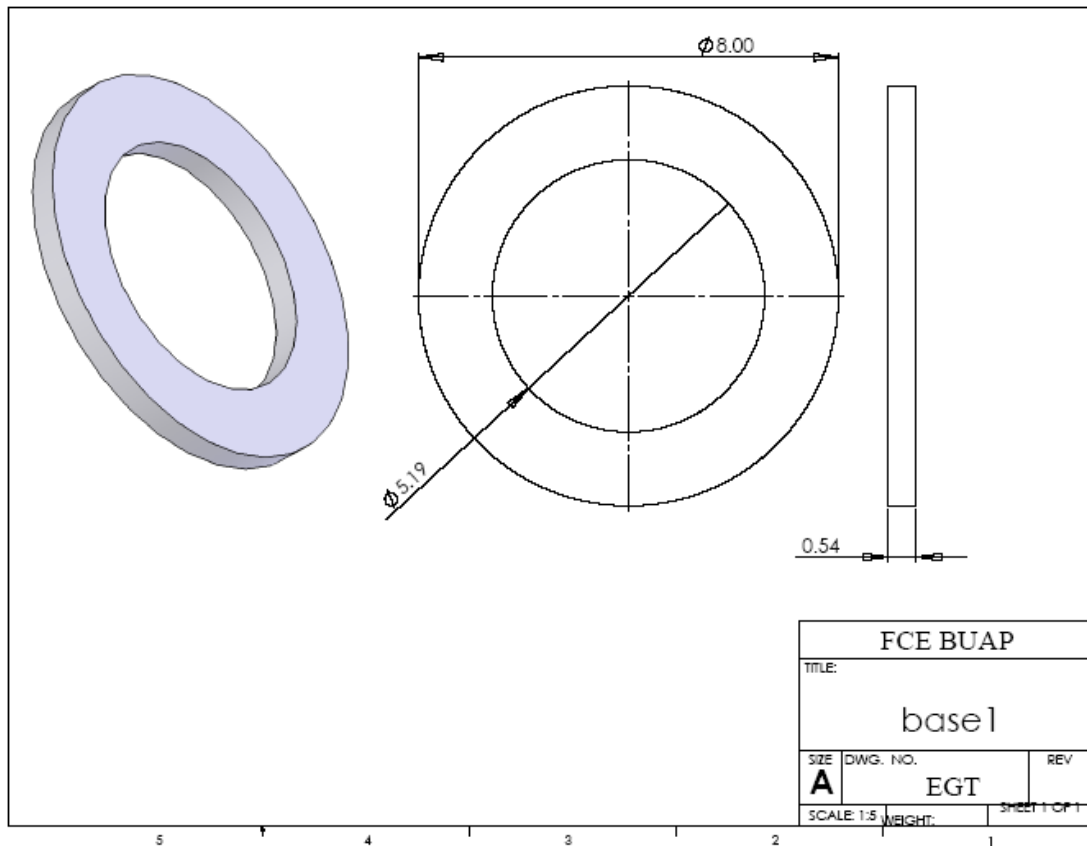
Resultados; Diseño mecánico detallado

Plano del pedestal



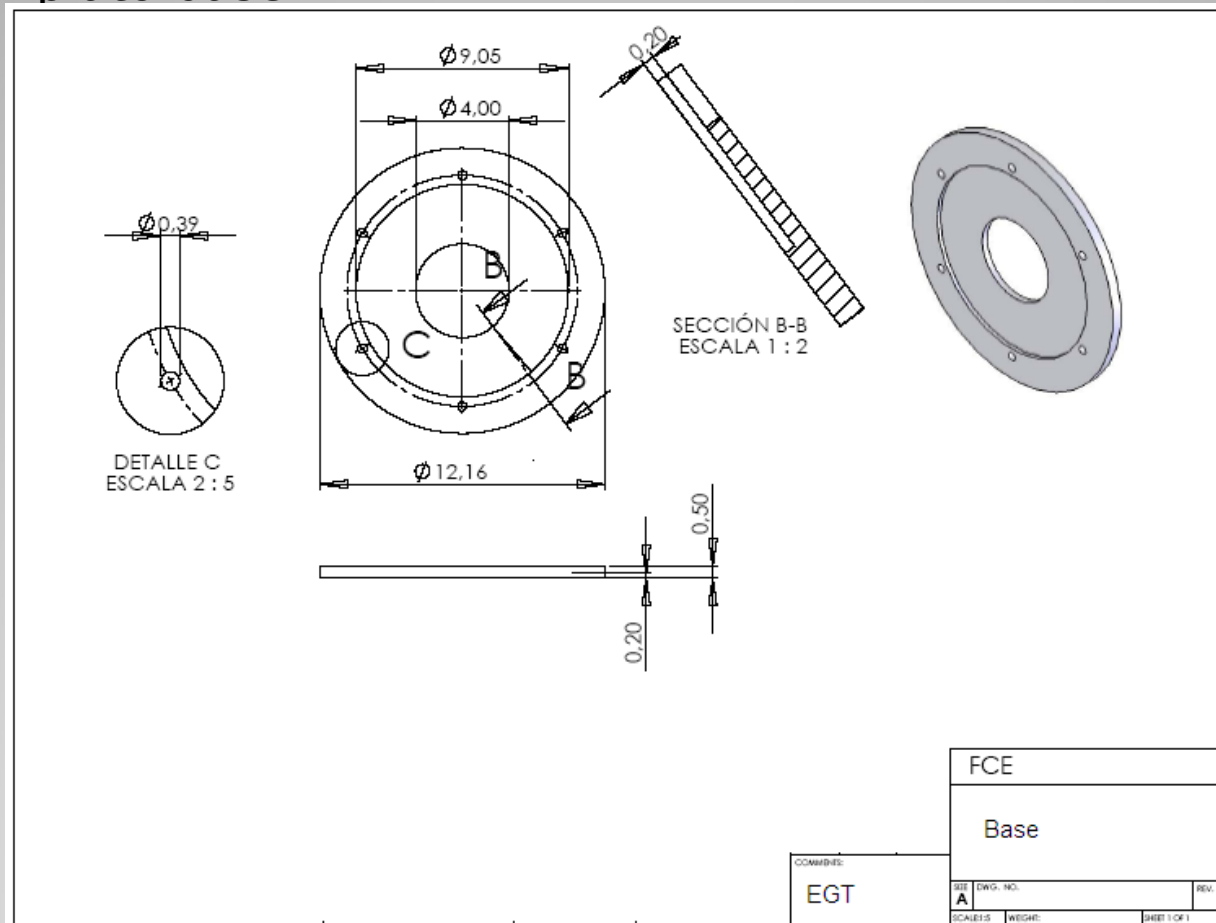
Resultados; Diseño mecánico detallado

Plano del plato base motor 1



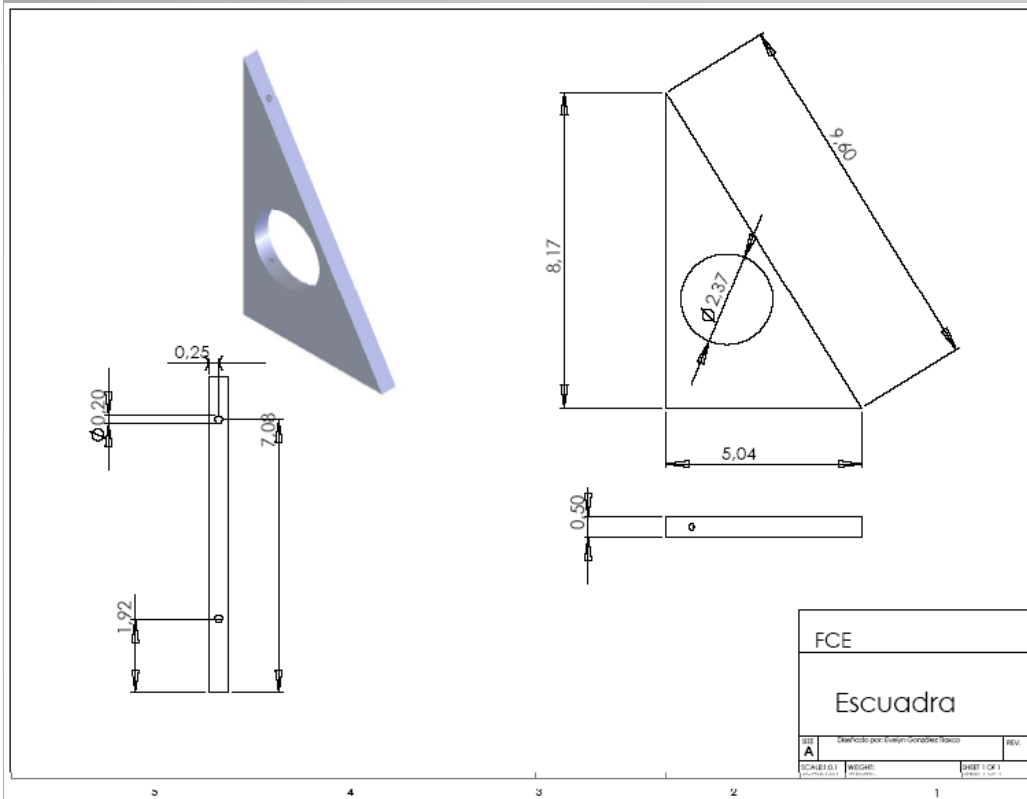
Resultados; Diseño mecánico detallado

Plano del plato base



Resultados; Diseño mecánico detallado

Plano de Escuadra



Resultados; Diseño mecánico detallado

Animación de la vista explosiva del robot y movimientos



Resultados; Modelo Dinámico

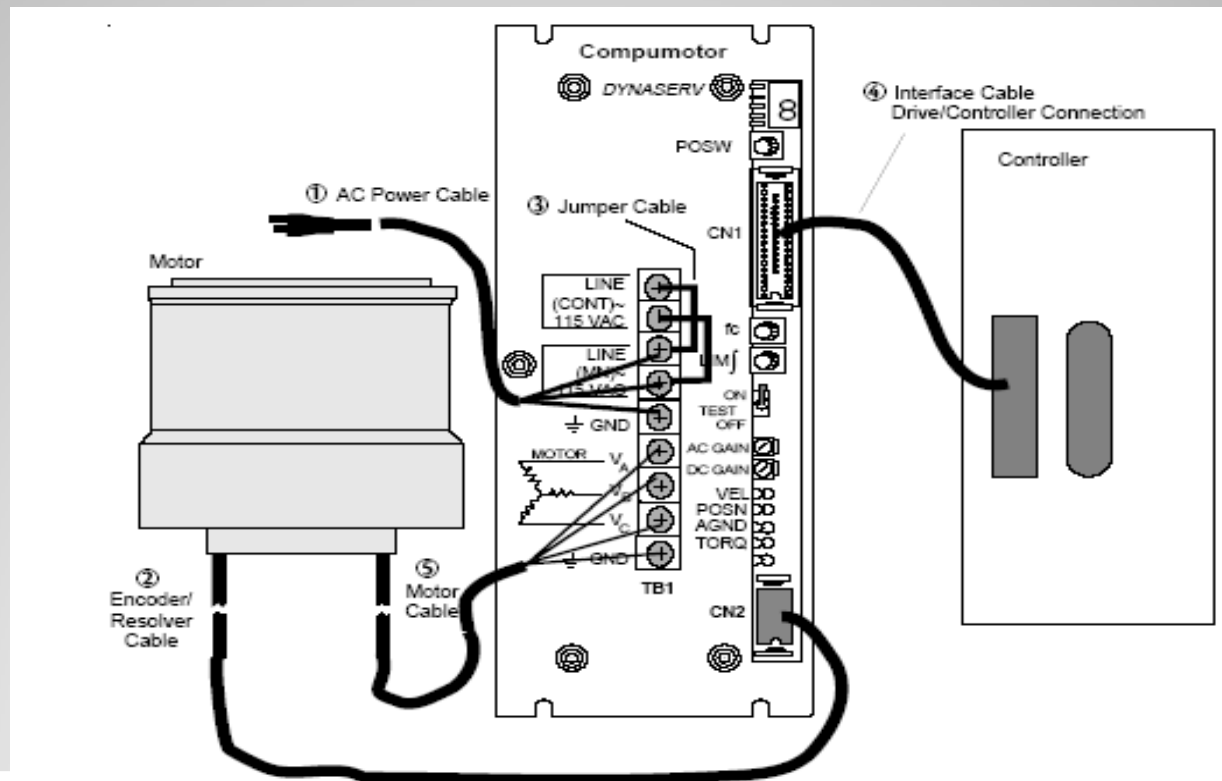
$$\begin{aligned} v_3^T v_3 = & -\dot{q}_1^2 l_{c3}^2 C^2(q_2) - \dot{q}_1^2 l_{c3}^2 C^2(q_3) + 2l_{c3}^2 \dot{q}_2 \dot{q}_3 + \dot{q}_1^2 l_2^2 C^2(q_2) + 2\dot{q}_1 l_{c3}^2 C^2(q_2) C^2(q_3) \\ & + \dot{q}_1^2 l_{c3}^2 2\dot{q}_1^2 l_2 C^2(q_2) l_{c3} C(q_3) - 2\dot{q}_1^2 l_2 C(q_2) l_{c3} S(q_2) S(q_3) - 2\dot{q}_1^2 l_{c3}^2 C(q_2) C(q_3) S(q_2) S(q_3) \\ & + l_2^2 \dot{q}_2^2 + l_{c3}^2 \dot{q}_2^2 + l_{c3}^2 \dot{q}_3^2 + 2l_2 \dot{q}_2^2 l_{c3} C(q_3) + 2l_2 \dot{q}_2 l_{c3} \dot{q}_3 C(q_3) \end{aligned}$$

En la ecuación de la energía cinética para el segundo y tercer eslabón, el termino debido al movimiento rotacional se encuentra definido por el momento de inercia multiplicado por las velocidades angulares correspondientes, si embargo debido a que cada eslabón es un cuerpo rígido el momento de inercia toma la forma matricial conocida como el tensor de inercia, el cual esta integrado por los momentos principales de inercia y por los productos de inercia. Debido al grado de complejidad que implica la integración del tensor de inercia y el análisis matemático, se deja para el segundo avance de tesis.

$$K_3(q, \dot{q}) = \frac{1}{2} m_3 v_3^T v_3 + \frac{1}{2} I_3 (\dot{q}_i)^2$$

Resultados; Diseño de la Intefaz Electrónica

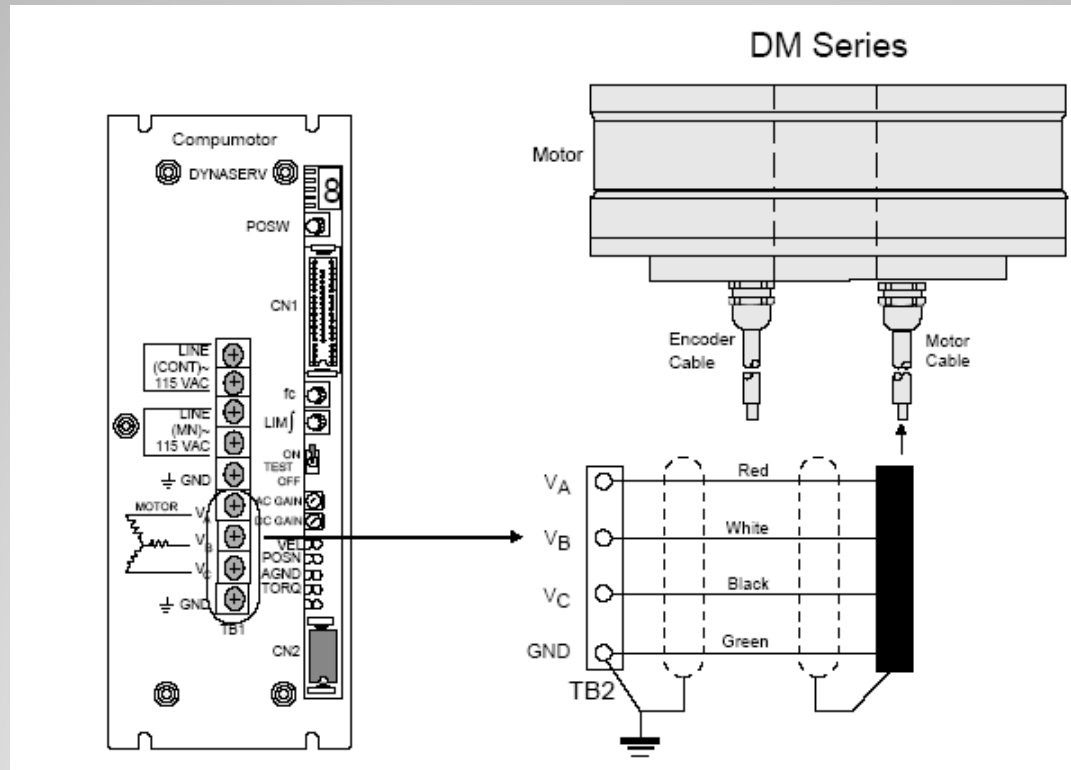
Como resultado en la interfaz electrónica se tienen el diagrama esquemático de conexión de los variadores de velocidad "Dinaserv" con el motor y el encoder como se muestra en la figura 3.6.



Esquema de conexión del Dynaser con el motor y el controlador.

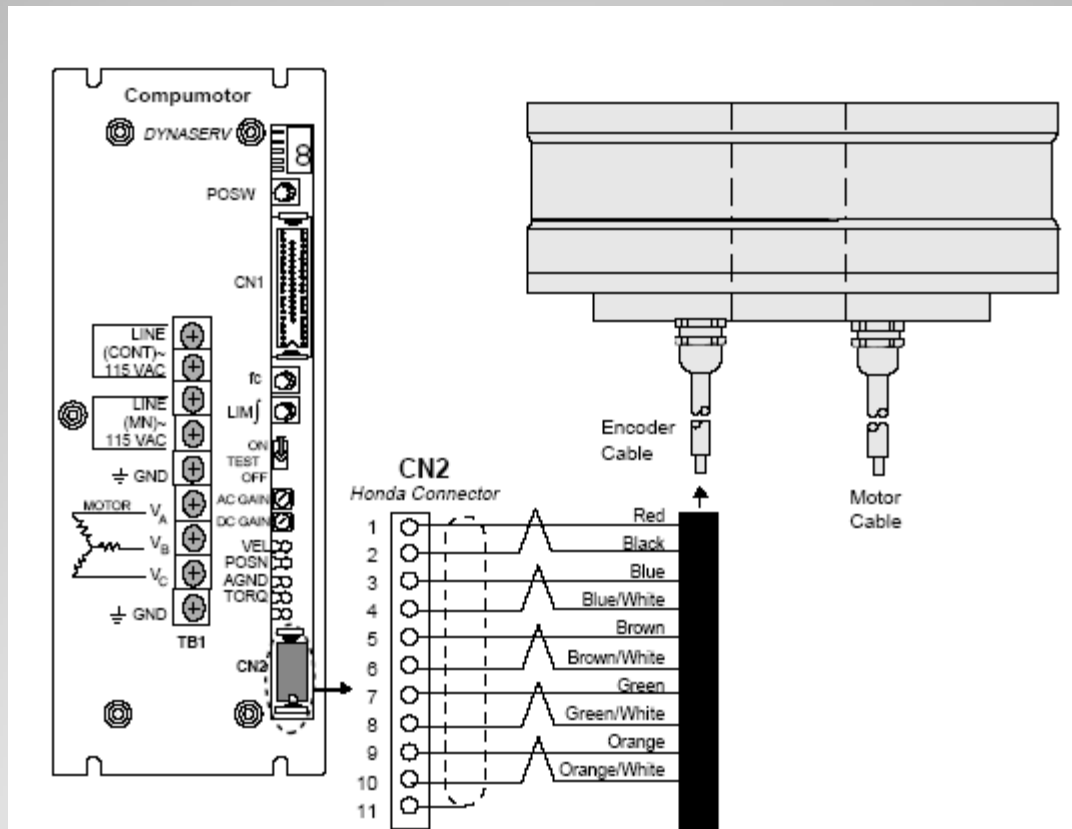
Resultados; Diseño de la Intefaz Electrónica

Conexión del Dynaser con el motor.



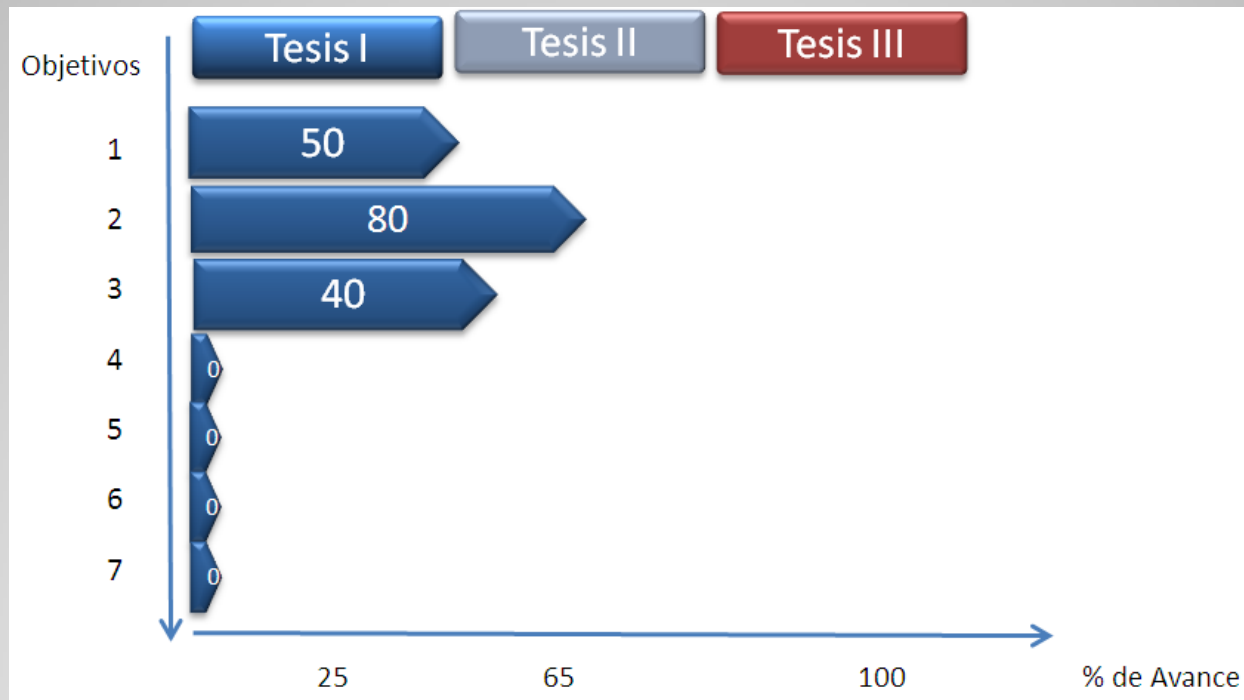
Resultados; Diseño de la Intefaz Electrónica

Conexión del Dynaser con el encoder del motor.



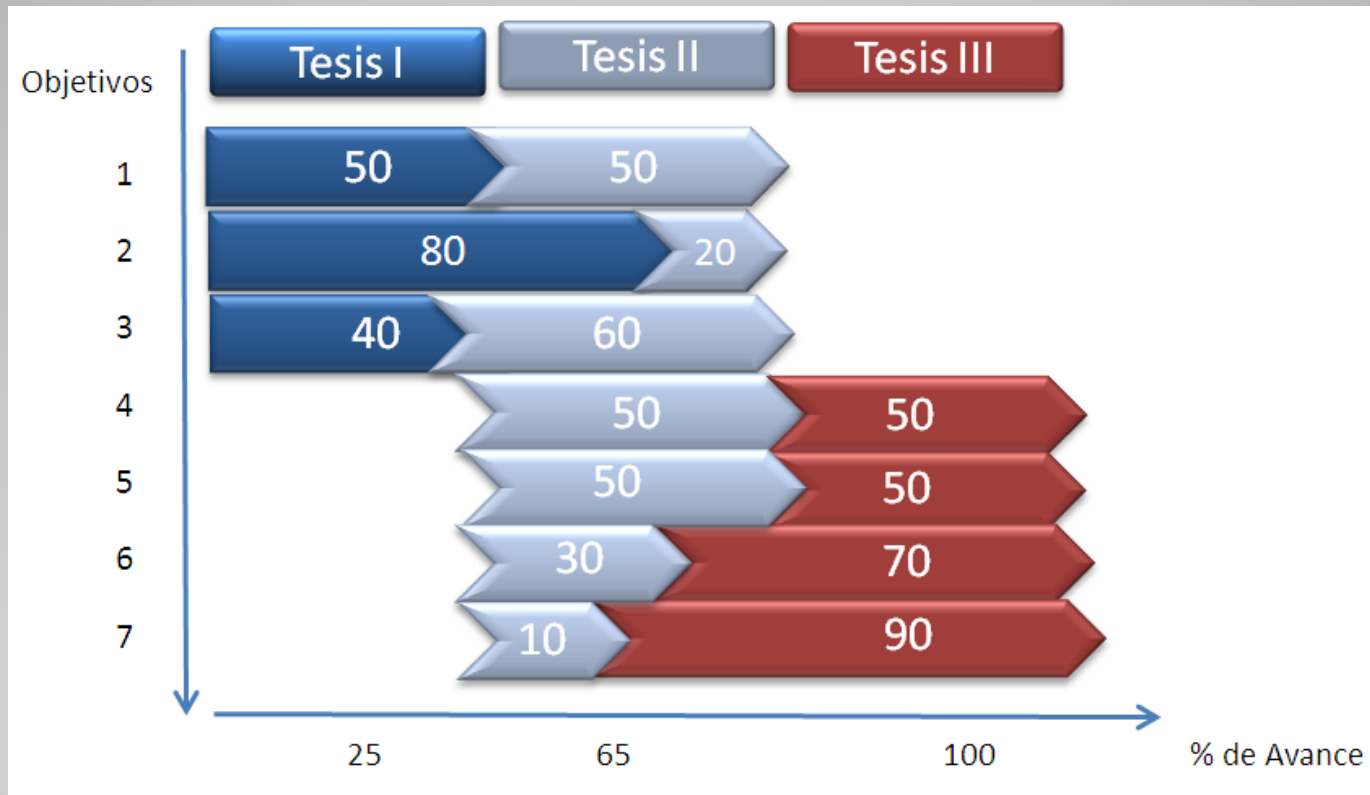
Resultados; Diseño de la Intefaz Electrónica

En resumen el porcentaje de avance logrado para este presentación se calcula de un 25% según lo muestra la figura:



Cronograma de avance de tesis

El plan de trabajo para este trabajo de tesis se muestra en el cronograma de la figura:



Conclusiones

- ✓ Con este avance de tesis se logro obtener los planos del diseño completo de la estructura mecánica del brazo robótico por medio de SolidWorks, se observar mediante las herramientas de análisis de propiedades físicas del mismo programa computacional, la ubicación del centro de masa, para varios diseños, Finalmente, se logro cortar las piezas en el taller de maquinas y herramientas de la Facultad De Ciencias de la Electrónica.
- ✓ El modelo dinámico no se pudo concluir puesto que para obtener la energía cinética es necesario integrar el tensor de inercia, lo que representa un alto grado de complejidad matemática, y por lo tanto requiere de más tiempo.
- ✓ Del Diseño de la Interfaz Electrónica, se logro seleccionar el mejor motor según los requerimientos del sistema, así como se logro entender el funcionamiento de los motores de transmisión directa sin escobillas, y finalmente se logro obtener los diagramas de conexión del sistema de control electrónico.

Referencia

- [1] Norton R., (1999), *"Diseño de Maquinaria"*
McGRAW-HILL, Ed., México.
- [2] Spong M., Vidyasagar M. (1989) *"Robot Dynamics and Control"*
John Wiley and sons, Inc. United Estate of America
- [3] Groover M. P., Weiss M., (1989) *"Robótica Industrial: Tecnología, Programación y Aplicaciones"*,
Mc. Graw-Hill, M' exico.
- [4] Ogata K. (1993), *"Dinámica de sistemas"*,
Prentice Hall., M' exico,
- [5] R. Kelly and V. Santibáñez. (2003), *"Control de Movimiento de Robots Manipuladores"*,
Pearson Educación, Madrid, España,.
- [6] Fu K., González R., Lee C., (1987) *"Robotics Control, Sensing, Vision, and Intelligence"*
Mc. Graw-Hill, United State.
- [7] Maloney T. (2000), *"Electrónica Industrial Moderna"*,
Prentice Hall., 3a Ed., México.
- [8] Compumotor Division, *Catalog 8000-3/USA* ,
Parker Hannifin Corporation, United State.
- [9] Padmaraja Y., *"Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals"*
Microchip Technology Inc.
- [10] Hstand, Alciatore, (1999), *"Introduction to Measurement system,"*
Mc. Graw-Hill, United State.
- [11] Beer F., Johnston R. (1990), *"Mecánica de materiales"*,
McGRAW-HILL, 2a Ed., M' exico.
- [12] Beer F., Johnston R. (1990), *"Mecánica Vectorial para Ingenieros"*,
McGRAW-HILL, 5a Ed. , México.
- [13] Resnick, Halliday (1990) *"Física parte I"*
CECSA 4a impresión. México

