

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO TIPO P.U.M.A
(PROGRAMABLE UNIVERSAL MANIPULATION ARM) CON 5 GRADOS DE
LIBERTAD (FASE 1 PARTE MECANICA).**

**ELMER OBANDO LÓPEZ
JUAN FERNANDO ARENAS LOZANO
LUBIN DANIEL ESCUDERO CORRALES**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERIA
TECNOLOGÍA MECATRÓNICA
MEDELLÍN
2012**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO TIPO P.U.M.A
(PROGRAMABLE UNIVERSAL MANIPULATION ARM) CON 5 GRADOS DE
LIBERTAD (FASE 1 PARTE MECÁNICA).**

**ELMER OBANDO LÓPEZ
JUAN FERNANDO ARENAS LOZANO
LUBIN DANIEL ESCUDERO CORRALES**

Trabajo de grado para optar por el título de tecnólogos en mecatronica

**Asesor: Guillermo Carvajal R.
Estudiante de maestría en gestion energetica industrial**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERIA
TECNOLOGÍA MECATRÓNICA
MEDELLÍN
2012**

CONTENIDO

	pag.
INTRODUCCIÓN	4
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	6
2. JUSTIFICACIÓN	7
3. OBJETIVOS	8
4. REFERENTES TEÓRICOS	9
5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO	17
6. METODOLOGÍA	20
7. RECURSOS	22
8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	24
9. DESARROLLO DEL PROYECTO	26
10. BIBLIOGRAFÍA	42

INTRODUCCIÓN

Un brazo manipulador o brazo robótico se puede definir como el conjunto de elementos electromecánicos que propician el movimiento de un elemento terminal (pinza o herramienta) La constitución física de la mayor parte de estos manipuladores guarda cierta similitud con la anatomía de las extremidades superiores del cuerpo humano, por lo que en ocasiones, para hacer referencia a los distintos elementos que componen al robot, se usan términos como: cintura, hombro, brazo, codo, muñeca, entre otros.

Una especificación general de un brazo robótico comprende: sus grados de libertad (rango de movimiento de una extremidad o articulación), su configuración y su cinemática directa e inversa. Estas especificaciones son dadas desde el diseño propio de cada robot y su aplicación. Hay una clasificación de robots manipuladores la cual presenta las diferencias de diseño, precisión y precio.

Los robots con arquitectura fija constituyen la gran mayoría de los que se utilizan en todo el mundo. Esto es en parte porque se espera que el robot desarrolle una tarea simple y repetitiva dentro de un ambiente estructurado que no rebase las especificaciones para las que fue diseñado. Bajo estas condiciones, los robots se desenvuelven muy bien; sin embargo, el desempeño de un robot es muy bajo o nulo cuando el ambiente no cae en este rango, o cuando la tarea no puede ser realizada debido a restricciones mecánicas o físicas en el robot. En estos casos, surge la necesidad de sistemas robóticos que puedan adaptarse al ambiente en el que se desenvuelven y a la tarea que realizan. De esta manera, se han propuesto un tipo especial de robots capaces de modificar su forma para mejorar su desempeño.

Los brazos robóticos son manipuladores multifuncionales reprogramables, capaz de mover materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas.

Sus mecanismos están formados generalmente por elementos en serie, articulados entre sí, destinado al agarre y desplazamiento de objetos. Puede ser gobernado directamente por un operador humano o mediante dispositivo lógico (microcontroladores).

Todo esto trae como resultado sistemas robóticos más versátiles y confiables, En los robots manipuladores, la selección del robot depende en gran medida al tipo de tarea que se pretenda realizar. Al usar un tipo de robot en lugar de otro, se puede mejorar el desempeño del sistema al realizar la tarea. Por ejemplo, al utilizar un robot tipo P.U.M.A (Programmable Universal Manipulation Arm) de 5 a 6 grados de libertad se tiene un alcance amplio en el espacio de operación, y es adecuado para tareas de pintado, soldado y manipulación de partes entre muchas otras. Por otro lado, un robot SCARA (de 2 a 3 grados de libertad), es adecuado para ensamblajes de precisión sobre una superficie plana. Pero sería insuficiente por sus grados de libertad para tareas de mayor complejidad. Esto quiere decir que mientras menor sean sus grados de libertad menor será su versatilidad y eficacia en una labor determinada. De esta manera, si sabemos de antemano la función que se va a realizar, podemos elegir el robot que más nos convenga y el que presenta una comodidad para el usuario.

Por sus rangos de movimiento el brazo robótico tipo P.U.M.A. Es el más conveniente a nivel industrial.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la robótica ha incrementado su importancia tanto a nivel industrial como a nivel educativo lo que hace necesario que los nuevos profesionales incluyan no solo la capacitación sino la interacción con el dispositivo, por lo cual es indispensable tener un robot manipulador de tipo industrial para la experimentación de su programación y manipulación. En el caso del Instituto Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria, no cuenta con un robot manipulador para la enseñanza y la investigación, dejando a sus estudiantes en desventaja con respecto a las de otras instituciones educativas que si poseen los medios suficientes para la capacitación de docentes y estudiantes.

A nivel industrial en Colombia se presentan brazos robóticos con costos elevados, rígidos y poco ergonómicos para trabajos pesados y repetitivos, con características de lenguaje de programación complejos difíciles de asimilar. Por lo que es necesario presentar una nueva alternativa para la industria que pueda suplir sus necesidades con precios bajos, mayor flexibilidad del dispositivo y lenguajes de programación más amigable para el usuario.

2. JUSTIFICACIÓN

La conjunción de numerosas tecnologías en los robots industriales, algunas de ellas muy nuevas, y con un alto grado de especialización, hace que su estudio resulte, sin duda, laborioso. Pese a esta dificultad, el problema básico que se pretende resolver se puede plantear con muestras pedagógica de un modo sencillo: interactuando con el dispositivo se podrá demostrar la capacidad de colocar una herramienta (por ejemplo en este caso una pinza de sujeción o mano de sujeción) en una determinada posición y orientación en el espacio; dado que esa herramienta se encuentra al final de una serie de elementos del robot, su posicionamiento se realizará moviendo dichos elementos. Se trata, de un problema **cinemático**, que puede resolverse, con gran eficacia, utilizando una formulación matricial que podrá explicarse tanto en teoría como en la práctica. Por otra parte, sería preciso aplicar unas fuerzas y momentos en los accionamientos, para mover el mecanismo hasta la posición buscada, manteniendo la estabilidad del sistema; este es el campo de interés de la **dinámica**. Además, se requerirá el **control** necesario para poder llevar a cabo los puntos anteriores.

Los motores para obtener las fuerzas y momentos que deben aplicarse deben ser motores DC o motores de paso a paso, donde se puede comprobar cómo la tecnología de los motores de la índole más diversa es, también un aspecto fundamental en la robótica.

En cuanto a los sistemas de control, están basados en el "microprocesador", por lo que será preciso conocer el "Hardware" y el "Software" que le acompaña. La programación con sus lenguajes, el estudio de los sensores, así como el campo de las aplicaciones idóneas de estos equipos suponen otros tantos temas complejos y diferentes que es necesario estudiar para poder conocer la Robótica Industrial.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Diseñar y construir la estructura mecánica de un brazo robótico tipo P.U.M.A (Programmable Universal Manipulation Arm) con 5 grados de libertad para fines académicos en el Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria.

3.2 Objetivos Específicos

Diseñar cada una de las articulaciones del brazo robótico tipo P.U.M.A para cada grado de libertad.

Realizar los cálculos necesarios, las medidas y esfuerzos para la construcción de la estructura y las articulaciones con el fin de generar un movimiento fino en el brazo robótico.

Construir los elementos mecánicos para la estructura del brazo robótico.

Ensamblar y poner a punto de cada uno de los motores y los elementos mecánicos para generar los movimientos de cada una de las articulaciones del brazo robótico.

4. REFERENTES TEÓRICOS

4.1 Estado del arte

La historia de los robots manipuladores está determinada por 5 eventos fundamentales¹. En 1949 con el desarrollo del primer manipulador teleoperado mecánico, denominado **M1 antecesor** de toda la familia de sistemas maestro-esclavo de telemanipulación existentes en la época, este permitía rangos de movimiento mas fielmente dirigidos. El mecanismo de este sistema permitía que la pinza situada en el extremo del manipulador esclavo reprodujera de forma fiel los movimientos imprimidos por la mano del operador manipulador maestro. Ambos manipuladores eran prácticamente iguales, y los movimientos entre ambos se reproducían eje a eje, de tal manera que el extremo de ambos describiese la misma trayectoria.

Figura 1. Manipulador mecánico M1 antecesor.

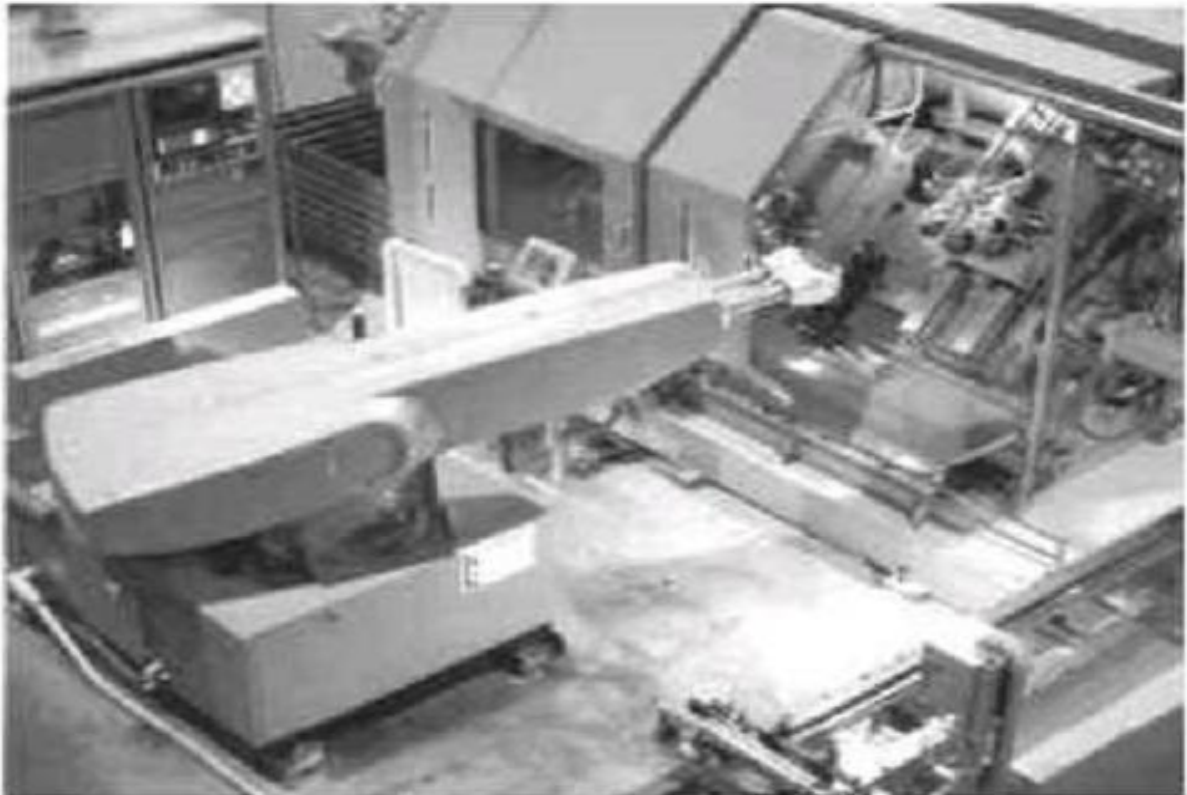


Vazquez y vazquez R.A

¹ VAZQUEZ Y VAZQUEZ R.A diseño mecánico de un brazo robótico manipulador industrial (MIRH1) de 5 grados de libertad, maestro, instituto politécnico nacional, postgrado e investigación, México DF

En 1956 Joseph F. Engelberger es director de ingeniería de la división aeroespacial de la empresa Manning Maxwell y Moore en Stanford, Connecticut. Juntos Devol y Engelberger comenzaron a trabajar en la utilización industrial de sus máquinas, fundando la Consolidated Controls Corporation, que más tarde se convierte en Unimation (Universal Automation), e instalando su primera máquina **robot Unimate** (1960), en la fábrica de General Motors de Trenton, Nueva Jersey, en una aplicación de fundición por inyección. Devol predijo que el robot industrial ayudaría al trabajador en las fábricas del mismo modo en que las máquinas de ofimática habían ayudado al oficinista. Se produjo un boom de la idea de la fábrica del futuro, aunque en un primer intento el resultado y la viabilidad económica fueron desastrosos.

Figura 2. Primer robot industrial UNIMATE 1956



Brazo mecánico de tres grados de libertad, Scientia et Technica Año XIV, No 39.

En 1973 la firma sueca ASEA construyó el primer robot con accionamiento totalmente eléctrico **Robot manipulador ASEA**. En 1980 se fundó la Federación Internacional de Robótica con sede en Estocolmo, Suecia.

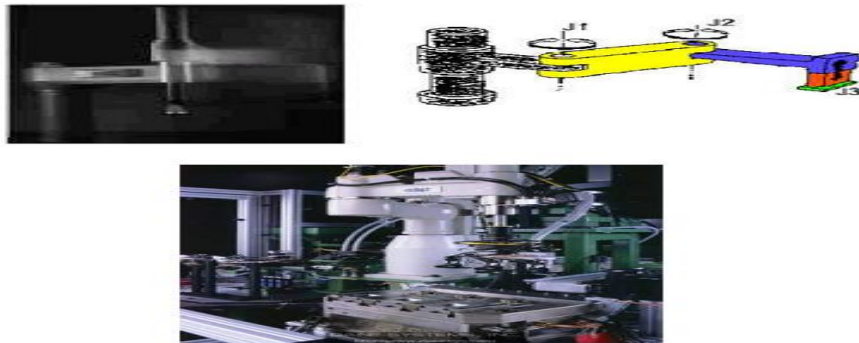
Figura 3. Robot SEA 1973



Tierno Alvite, A., 2008, Diseño de brazo mecánico.

En 1982, el profesor Makino de la Universidad Yamanashi de Japón, desarrolla el concepto de **robot SCARA** (Selective Compliance Assembly Robot Arm) que busca un robot con un número reducido en grados de libertad (3 ó 4), con un costo limitado y una configuración orientada al ensamblado de piezas.

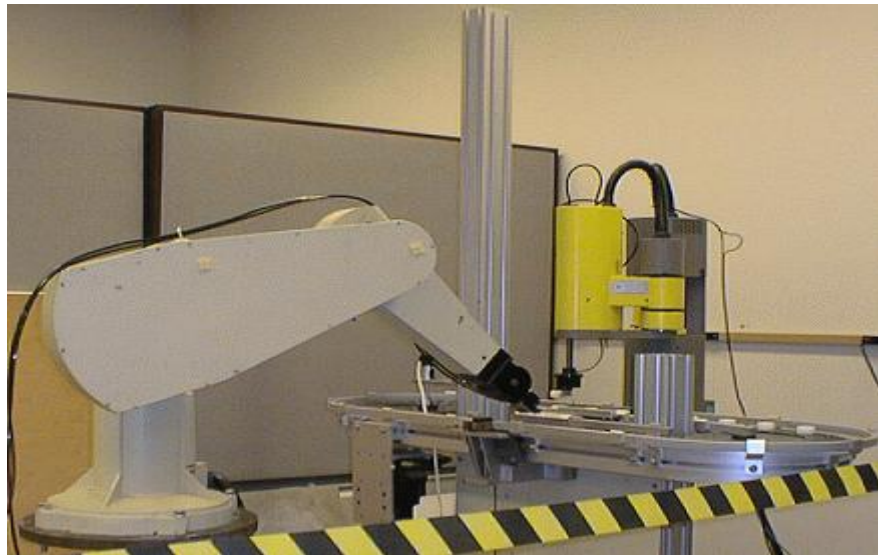
Figura 4. Robot SCARA



Flores Escobar J., A., 2008, Robot Tipo SCARA, Universidad EAFIT.

En 1975, el ingeniero mecánico estadounidense Victor Scheinman, cuando estudiaba la carrera en la Universidad de Stanford, en California, desarrolló un manipulador polivalente realmente flexible conocido como Brazo Manipulador Universal Programable (P.U.M.A, siglas en inglés). **Brazo robótico tipo P.U.M.A** era capaz de mover un objeto y colocarlo en cualquier orientación en un lugar deseado que estuviera a su alcance. El concepto básico multiarticulado del PUMA es la base de la mayoría de los robots actuales.

Figura 5.Manipulador PUMA



Tierno Alvite, A.2008

4.2 Descripción de términos

A continuación se exponen algunos términos y conceptos teóricos con el fin de hacer claridad en el tema y tener un panorama general del mismo².

4.2.1 Cadena cinemática: es la estructura de los eslabones del robot y se clasifica en dos tipos, **cadena abierta** cuando tienen un aspecto como el que se

² TIERNO ALVITE, A.2008 Diseño de brazo mecánico eficiente mediante optimización multiobjeto, ingeniería, universidad Carlos III de Madrid

observa en el robot SCARA y el robot PUMA y **cadena cerrada** cuando tienen el aspecto de cuadrilátero articulado.

4.2.2 Grados de libertad: Son los parámetros que se precisan para determinar la posición y la orientación del elemento terminal del manipulador. También se pueden definir los grados de libertad como los posibles movimientos básicos (giratorios y de desplazamiento) independientes. Un mayor número de grados de libertad conlleva un aumento de la flexibilidad en el posicionamiento del elemento terminal. Aunque la mayoría de las aplicaciones industriales requieren 6 grados de libertad como las de la soldadura, mecanizado y palatización, otras más complejas reciben un número mayor. Tal es el caso de las labores de montaje. Tareas más sencillas y con movimientos más limitados, como las de la pintura y palatización, suelen exigir 4 o 5 grados de libertad (Zambrano, D., y otros, 2007).

4.2.3 Zonas de trabajo y dimensiones del manipulador: Son las dimensiones de los elementos del manipulador, junto a los grados de libertad, definen la zona de trabajo del robot, característica fundamental en las fases de selección e implantación del modelo adecuado. También queda restringida la zona de trabajo por los límites de giro y desplazamiento que existen en las articulaciones.

4.2.4 Capacidad de carga: Es el peso en kilogramos que puede transportar la garra del manipulador recibe el nombre de capacidad de carga. A veces, este dato lo proporcionan los fabricantes, incluyendo el peso de la propia garra. Exactitud de punto, es cuando el robot consigue al punto deseado y se mide la distancia entre la posición especificada y la real del efector extremo de robot. La exactitud de punto es lo más importante al calcularla fuera de la línea programada, ya que se usa coordenadas absolutas.

4.2.5 Repetibilidad: Es el movimiento del robot a la misma posición, como el mismo movimiento es al hecho antes. La medida del error o variabilidad se obtiene

al alcanzar repetidamente una sola posición; la repetibilidad de punto es a menudo más pequeña que la exactitud. Esta magnitud establece el grado de exactitud en la repetición de los movimientos de un manipulador al realizar una tarea programada.

4.2.6 Coordenadas de los movimientos: La estructura del manipulador y la relación entre sus elementos proporcionan una configuración mecánica, dando origen al establecimiento de los parámetros que se deben conocer para definir la posición y orientación del elemento terminal. Fundamentalmente, existen cuatro estructuras clásicas en los manipuladores que se relacionan con los correspondientes modelos de coordenadas en el espacio, cartesianas, cilíndricas, polares y angulares.

4.2.7 Programación y facilidad: Es una característica necesaria en cualquier sistema robotizado, permitiendo la realización de diversas tareas asignadas por cualquier persona en el área de trabajo.

4.2.8 La velocidad y la precisión en los movimientos: En cada articulación definen la cinemática del robot. La precisión es un factor primordial en los movimientos del brazo ya que de esto dependerá la exactitud en las tareas programadas a realizar en forma repetitiva o en ciclos definidos por el usuario; la velocidad aumentará la eficiencia en dichas tareas incrementando la producción y disminuyendo el tiempo de trabajo.

4.2.9 Robot industrial: Se define como un dispositivo mecánico con capacidad de manipulación y que incorpora un control más o menos complejo enfocado a tareas industriales.

Tipos de articulación:

A. Rotación, articulaciones rotatorias a menudo manejadas por los motores

eléctricos y cadena / el cinturón / las transmisiones del motor, o por los cilindros hidráulicos y palancas.

B. Prismático, articulaciones del deslizador en que el eslabón se apoya en un deslizador lineal, y actúa por los tornillos de la pelota y motores o cilindros.

4.3 Antecedentes en Latinoamérica y Colombia

El sector productivo siempre ha buscado alternativas para flexibilizar y mejorar la eficiencia de sus sistemas de producción y desde hace algunos años una de las opciones que ha tomado gran fuerza es la de la inclusión de autómatas en los procesos productivos, más concretamente robots manipuladores los cuales realizan algunas tareas más rápidamente y de mejor calidad que es ser humano; entre las que se destacan la ejecución de procesos repetitivos a alta velocidad, la realización de soldaduras de precisión, la implementación de líneas de montaje en serie y pintura de piezas.

Los robots empleados en estas tareas son de diversas configuraciones entre los que se destacan los robots articulaciones rotacionales como el P.U.M.A que es de gran acogida tanto en el campo industrial y académico.

Teniendo en cuenta que la industria demanda en la actualidad profesionales calificados en este campo, las instituciones educativas buscan fortalecer los procesos de formación en la manipulación y programación de estas tecnologías con herramientas pedagógicas e investigativas que ayuden a la profundización en las asignaturas necesarias para este fin.

A nivel de Latinoamérica se han realizado muchos trabajo de investigación en el tema que abordan la problemática de diseñar e implementar un brazo robótico pero la gran mayoría se han realizado a baja escala y sin grandes resultados en el

punto de vista de implementación de tamaños reales sin mencionar problemas de diseño y utilización de materiales inadecuados .

Hablando de investigaciones desarrolladas para la implementación de estos robots tenemos en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid algunos trabajos de grado los cuales desembocaron en prototipos a baja escala, sin aplicaciones industrial, en la universidad EAFIT se han hecho trabajo de reconversión de brazos robóticos industriales³. Mas no se ha encontrado algún trabajo en el cual se diseñe e implemente alguno totalmente.

En el Instituto Tecnológico Pascual Bravo tenemos implementaciones a nivel de trabajos de grado, los cuales arrojaron prototipos poco funcionales sin aplicaciones industriales. Solo de implementación investigativa, a nivel de sur América⁴ se han realizado investigaciones en el diseño e implementación de robots manipuladores tipo P.U.M.A, ya sea de 2 a 6 grados de libertad⁵.

³ FLORES ESCOBAR J. A, 2008, Reconversión del sistema de control de un robot tipo scare, ingeniería, universidad Eafit, facultad de ingenierías, Medellín.

⁴ BATZ SAQUIMUX C.R, 2005, Diseño y construcción de un brazo robótico, Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería.

⁵ LLAMAS GONZALEZ,, A.,ROJANO AGUILAR ,A.,SALAZAR MORENO ,R.,2004, Dimensionamiento de un brazo robótico de 2 Grados para un registro de imágenes

5. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el diseño y la construcción de un brazo robótico tipo P.U.M.A con cinco grados de libertad (fase 1 parte mecánica), el cual constará de cinco articulaciones para cada rango de movimiento, (es decir una articulación por cada grado de libertad) este conjunto de elementos mecánicos proporcionan el movimiento del elemento Terminal (pinza de sujeción o mano de sujeción).

El diseño de este brazo robótico tipo P.U.M.A se inspira en el brazo humano, aunque con algunas diferencias. Por ejemplo, este brazo robótico se extenderá telescópicamente, es decir, deslizando unas secciones cilíndricas dentro de otras para alargar el brazo. La pinza estará diseñada para imitar la función y estructura de la mano humana esta se moverá de una posición a otra cambiando su orientación utilizando un proceso conocido como cinemática inversa. Las articulaciones del brazo robótico se moverán mediante motores DC o servo motores.

Para definir la posición de orientación de un objeto en general en un espacio tridimensional (3D) son necesarios y suficientes seis parámetros. La posición del objeto puede definirse en coordenadas cartesianas (x, y, z) en relación con un punto de referencia fijado. También son alternativas a esto definir la posición en coordenadas cilíndricas o esféricas. Utilizando las coordenadas cartesianas la orientación puede definirse por una secuencia de tres rotaciones alrededor de los ejes x, y, z. Si se usan los mismos términos que para un barco o un avión las rotaciones corresponden al balanceo e inclinación. La orientación puede también definirse por los ángulos de Euler (f, q, y). Si se fija a un objeto un sistema de coordenadas rectangulares su orientación puede expresarse como una sucesión de giros alrededor de cada eje. Si el objeto se gira primero alrededor del eje "z" en un ángulo "f", luego alrededor del eje y (girado) en un ángulo "q" y luego de nuevo

alrededor de eje “z” (girado) en un ángulo “y”, su orientación puede describirse por el juego de ángulos de Euler (f, q, y). Así obtendremos los cinco grados de libertad que se necesita para desplazar el elemento terminal a cualquier posición de orientación deseada.

Su movilidad será construida a partir de una serie de eslabones rígidos conectados por articulaciones. El tipo correcto de articulación define como puede moverse un eslabón en relación al otro. Sin embargo, hay alternativas al enfoque de las series eslabón - articulación – eslabón.

Las articulaciones serán de junta giratoria tomando la forma de una bisagra entre un eslabón y el próximo. Dos o más articulaciones de éstas puede combinarse estrechamente.

Los eslabones deben de mantenerse lo más ligeros posibles Con el objeto de lograr una respuesta más rápida para un movimiento determinado y un sistema de accionamiento. Estos también deben ser lo más rígidos posible para evitar fisuras y desgaste por rozamiento. En la práctica hay que considerar muchos otros factores tales como el costo, las necesidades para alojar los accionadores, árboles de transmisión, engranaje, el comportamiento vibracional, el comportamiento no elástico tal como el pandeo y la necesidad de alcanzar un espacio de trabajo determinado.

Dentro de la estructura interna del brazo robótico tipo P.U.M.A se alojarán los elementos motrices, engranajes y transmisiones que soportan el movimiento de las cinco partes que conformarán el brazo robótico como tal.

a) Base o pedestal de fijación.

b) Cuerpo.

c) Brazo.

d) Antebrazo.

e) Pinza de sujeción.

Los cinco elementos rígidos del brazo están relacionados entre sí mediante articulaciones las cuales serán giratorias, cuando el movimiento permitido es el de rotación, en las que existe un movimiento de traslación entre los elementos que relacionan.

6. METODOLOGÍA

Objetivo	Actividades	Producto a entregar	Riesgos
<p>1. Diseñar cada una de las articulaciones del brazo robótico tipo P.U.M.A para cada grado de libertad.</p>	<p>1. Diseñar Esquemas, planos con medidas y simulaciones en programa solid edge para cada una de las articulaciones y elementos del brazo robótico</p>	<p>1. Diseños y planos con medidas definitivos para cada una de las articulaciones y elementos del brazo robótico.</p>	<p>1. No terminar los diseños y planos dentro del cronograma de actividades establecido.</p>
<p>2. Realizar los cálculos necesarios, las medidas y esfuerzos para la construcción de la estructura y las articulaciones con el fin de generar un movimiento fino en el brazo robótico.</p>	<p>2. Realizar cálculos de esfuerzos y medidas para cada una de las articulaciones y la estructura necesarios para la implementación del brazo robótico.</p>	<p>2. Cálculos de esfuerzos y medidas definitivos para cada una de las articulaciones y la estructura para su implementación.</p>	<p>2. No terminar los cálculos de esfuerzos y medidas dentro del cronograma de actividades establecido.</p>

Objetivo	Actividades	Producto a entregar	Riesgos
<p>3. Construir los elementos mecánicos para la estructura del brazo robótico.</p>	<p>3. Caracterizar el sistema mecánico y cada uno de los elementos. Construcción del sistema mecánico</p>	<p>3. Elementos mecánicos definitivos del brazo robótico para su ensamble.</p>	<p>3. No terminar la construcción de los elementos mecánicos dentro del cronograma de actividades establecido</p>
<p>4. Ensamble y puesta a punto de cada uno de los motores y los elementos mecánicos para generar los movimientos de cada una de las articulaciones del brazo robótico.</p>	<p>4. Ensamble y puesta a punto de cada uno de los elementos mecánicos y motores para generar el movimiento de cada una de las articulaciones del brazo robótico.</p>	<p>4. Brazo robótico tipo P.U.M.A con cinco grados de libertad con fines académicos.</p>	<p>4. No terminar el ensamblaje de los elementos mecánicos dentro del cronograma de actividades establecido.</p>

7. RECURSOS

7.1 Recursos humanos

El diseño, cálculos, construcción, ensamble y puesta a punto de cada una de los elementos del brazo robótico tipo P.U.M.A (fase 1 parte mecánica) será implementada por los integrantes del proyecto, contamos con dos técnicos en mecánica industrial Juan Fernando Arenas y Elmer Obando egresados del sena y un fresador, tornero empírico Fabio Montaña; todos estudiantes de tecnología mecatronica, contamos con el aval del Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria para utilizar los talleres de mecánica industrial (tornos, fresadoras, taladro, cierra eléctrica entre otros) para fabricar cada uno de los componentes que requiere el proyecto.

7.2 Recursos técnicos

7.2.1 Materiales:

A. Motores DC.
B. Finales de carrera.
C. Lámina de aluminio.
D. Tortillería.
E. Arandelas.
F. Pin candado.
G. Herramientas de banco (sierra, lima, calibrador, goniómetro, entre otros).
H. Puente H

7.2.2 Equipos:

Talleres de mecánica industrial del Tecnológico Pascual Bravo Institución Universitaria.

A. Torno.
B. Fresadora.
C. Sierra eléctrica.
D. Taladro.
E. Entre otros

7.3 Presupuesto

MATERIALES	CANTIDAD	COSTOS (\$)	TOTAL (\$)
Motores DC	5	32.000	160.000
Finales de carrera	6	4.000	24.000
Lámina de aluminio	1	150.000	150.000
Tortillería	50	200	10.000
Arandelas	30	80	2.400
Pin candado	15	100	1.500
Herramienta	-----	60.000	60.000
Otros	-----	50.000	50.000
Total	-----	-----	457.900

Cada uno de los integrantes del proyecto aporta \$160.000, teniendo un presupuesto total de \$480.000 lo cual supe los costos del proyecto.

8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

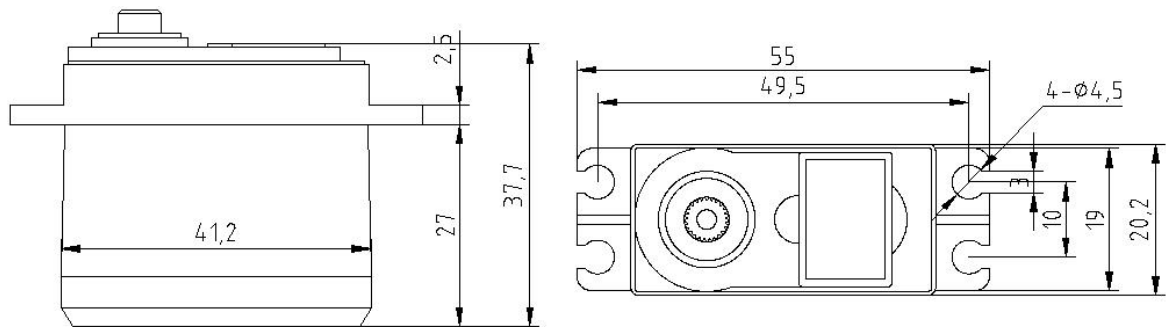
ACTIVIDAD		MESES SEMESTRE 1 DEL 2012																							
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
		SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Diseñar cada una de las articulaciones del brazo robótico tipo P.U.M.A para cada grado de libertad.	X	X	X	X	X	X	X	X																
2	Realizar los cálculos necesarios, las medidas y esfuerzos para la construcción de la estructura y las articulaciones con el fin de generar un movimiento fino en el brazo robótico.									X	X	X	X												

ACTIVIDAD		MESES SEMESTRE 1 DEL 2012																									
		ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO					
		SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS					
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
3	Construir los elementos mecánicos para la estructura del brazo robótico.															X	X	X	X								
4	Ensamblar y puesta a punto de cada uno de los motores y los elementos mecánicos para generar los movimientos de cada una de las articulaciones del brazo robótico.																			X	X	X	X	X	X	X	X

9. DESARROLLO DE PROYECTO

El brazo se va a mover a través de 5 servomotores (que van en cada una de las articulaciones del brazo) los servomotores que va a mover la base del brazo y la pinza de sujeción 360°, los de las de mas articulaciones son de 180°.

Dimensiones servomotores (180° y 360°):

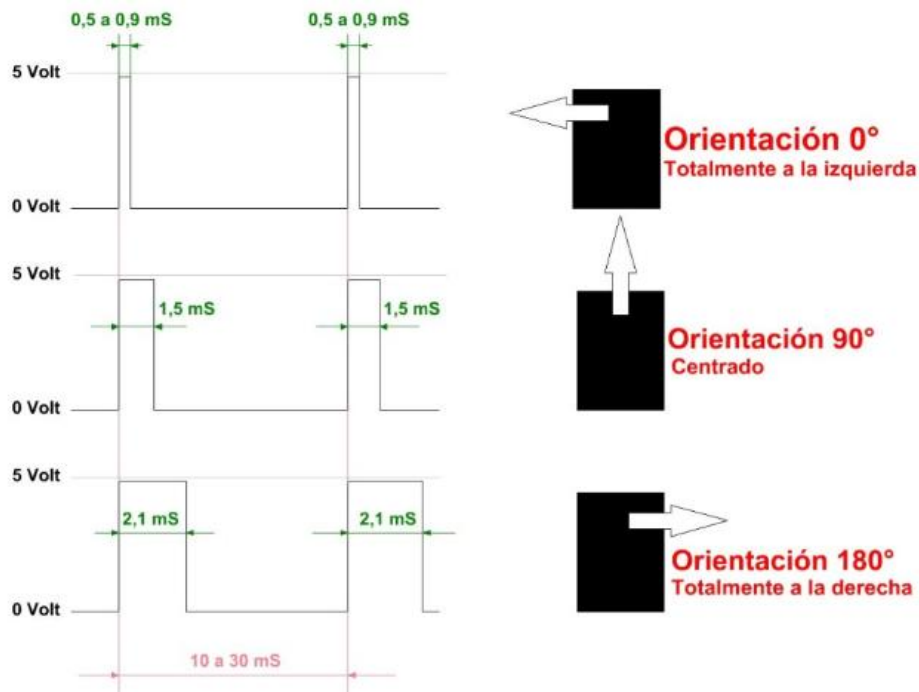


Servomotores de 360°

Servo#	Weight	Volt	Speed	Torque(kg/cm)	Dimensi on(mm)	Gear	Be aring
DYS0209	38g	4.8~6V	0.18/360°	>3.5	40.8*20.1*38.0	plastic	no

Servomotores de 180°

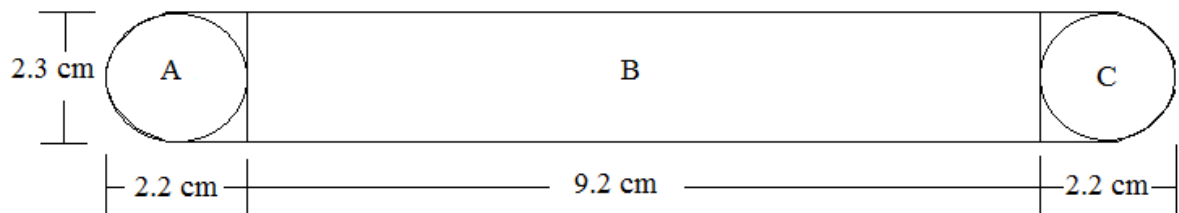
Servo#	Weigh t	Volt	Speed	Torque(kg/cm)	Dimensi on(mm)	Gear	Be aring
GS-3630BB	41g	4.8~6V	0.22/60°	>3.0	40.8*20.1*38.0	plastic	no



CÁLCULO DE CENTRO DE MASA DE LAS PIEZAS Y TORQUES

El material es lámina de aluminio de 4 mm de espesor y su peso por unidad de área es de $0.544 \frac{gr}{cm^2}$.

NOTA: los servomotores se consiguieron de acuerdo al torque deseado, Cada servomotor soporta 6 kilogramos de peso.



$$\text{Area A} = \pi * r^2$$

$$\text{Area A} = \pi * 1.1^2 = 3.8013 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area B} = b * h$$

$$\text{Area B} = 9.2 \text{ cm} * 2.3 \text{ cm} = 21.16 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area C} = \pi * r^2$$

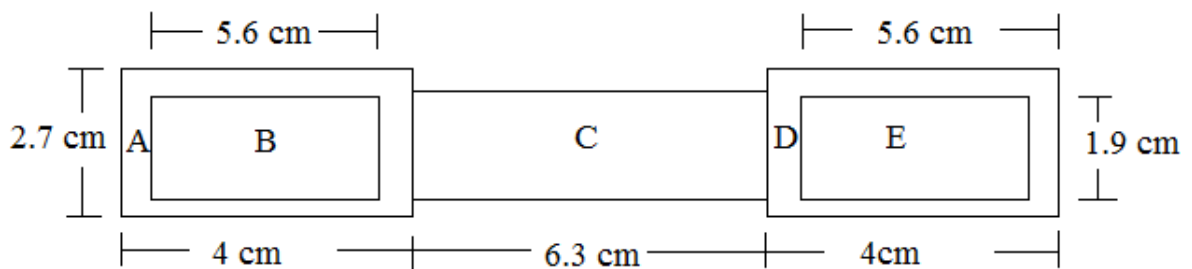
$$\text{Area C} = \pi * 1.1^2 = 3.8013 \text{ cm}^2$$

$$WA = 2.1059 \text{ gr}$$

$$WB = 11.7226 \text{ gr}$$

$$WC = 2.1059 \text{ gr}$$

$$X = \frac{\sum Wi * Xi}{\sum Wi} = \frac{2.1059 * 1.1 + 11.7226 * 6.8 + 2.1059 * 12.5}{15.9344} = 6.8 \text{ cm}$$



$$\text{Area 1} = \text{Area A} - \text{Area B} = (5.6 \text{ cm} * 2.7 \text{ cm}) - (4 \text{ cm} * 1.9 \text{ cm}) = 7.52 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area 2} = \text{Area D} - \text{Area E} = (5.6 \text{ cm} * 2.7 \text{ cm}) - (4 \text{ cm} * 1.9 \text{ cm}) = 7.52 \text{ cm}^2$$

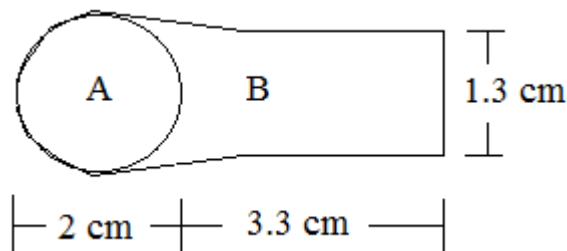
$$\text{Area 3} = \text{Area C} = b * h = 6.3 \text{ cm} * 1.9 \text{ cm} = 11.97 \text{ cm}^2$$

$$W1 = 4.1661 \text{ gr}$$

$$W2 = 4.1661 \text{ gr}$$

$$W3 = 6.6314 \text{ gr}$$

$$X = \frac{\sum Wi * Xi}{\sum Wi} = \frac{4.1661 * 2.8 + 6.6314 * 8.55 + 4.1661 * 11.35}{10.7975 + 4.1661} = 7.7287 \text{ cm}$$



$$\text{Area A} = \pi * r^2$$

$$\text{Area A} = \pi * 1^2 = 3.1415 \text{ cm}^2$$

$$\text{Area } B = b * h = 3.33 \text{ cm} * 1.3 \text{ cm} = 4.29 \text{ cm}^2$$

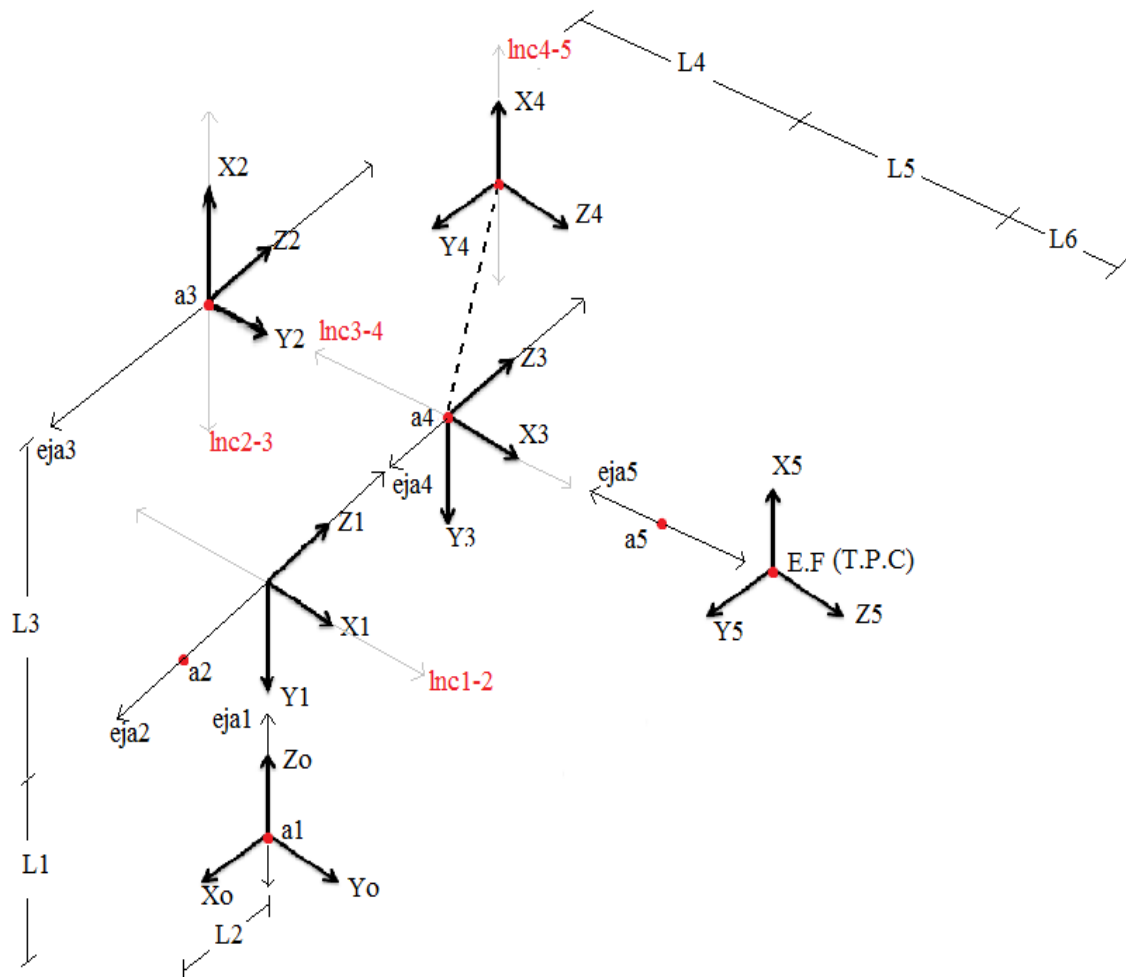
$$WA = 1.74 \text{ gr}$$

$$WB = 2.37 \text{ gr}$$

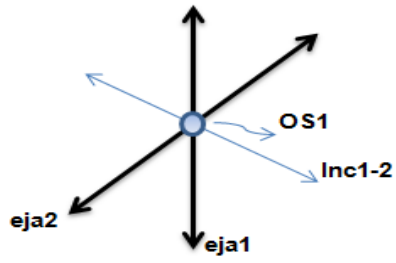
$$X = \frac{\sum Wi * Xi}{\sum Wi} = \frac{1.74 * 1 + 2.37 * 3.65}{1.74 + 2.37} = 2.53 \text{ cm}$$

NOTA: hay unas pequeñas áreas que no se tomaron en cuenta para los cálculos, debido a que son muy pequeñas y se desprecian.

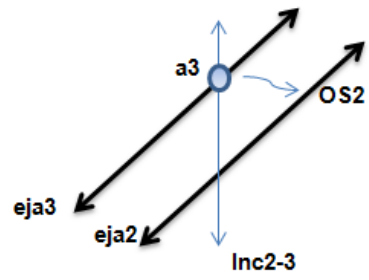
CINEMÁTICA DE TRANSFORMACIÓN DIRECTA DEL BRAZO DE 5 GRADOS DE LIBERTAD:



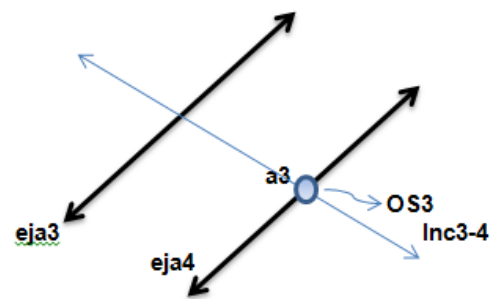
Origen del S1; Inc1-2:



Origen del S2; Inc2-3:



Origen del S3; Inc3-4:



Origen del S4; Inc4-5

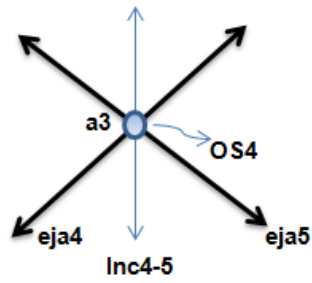


Tabla D-H:

- L1=25 mm
- L2=30 mm
- L3=119 mm
- L4=120 mm
- L5=55 mm
- L6=90 mm

Art i	θ_i	d_i	a_i	$\dot{\alpha}_i$	T_i^{i-1}
1	90°	L1	0	-90°	T_1^0
2	-90°	-L2	L3	0°	T_2^1
3	90°	0	L4	0°	T_3^2
4	-90°	0	0	-90°	T_4^3
5	0°	L5+L6	0	0°	T_5^4

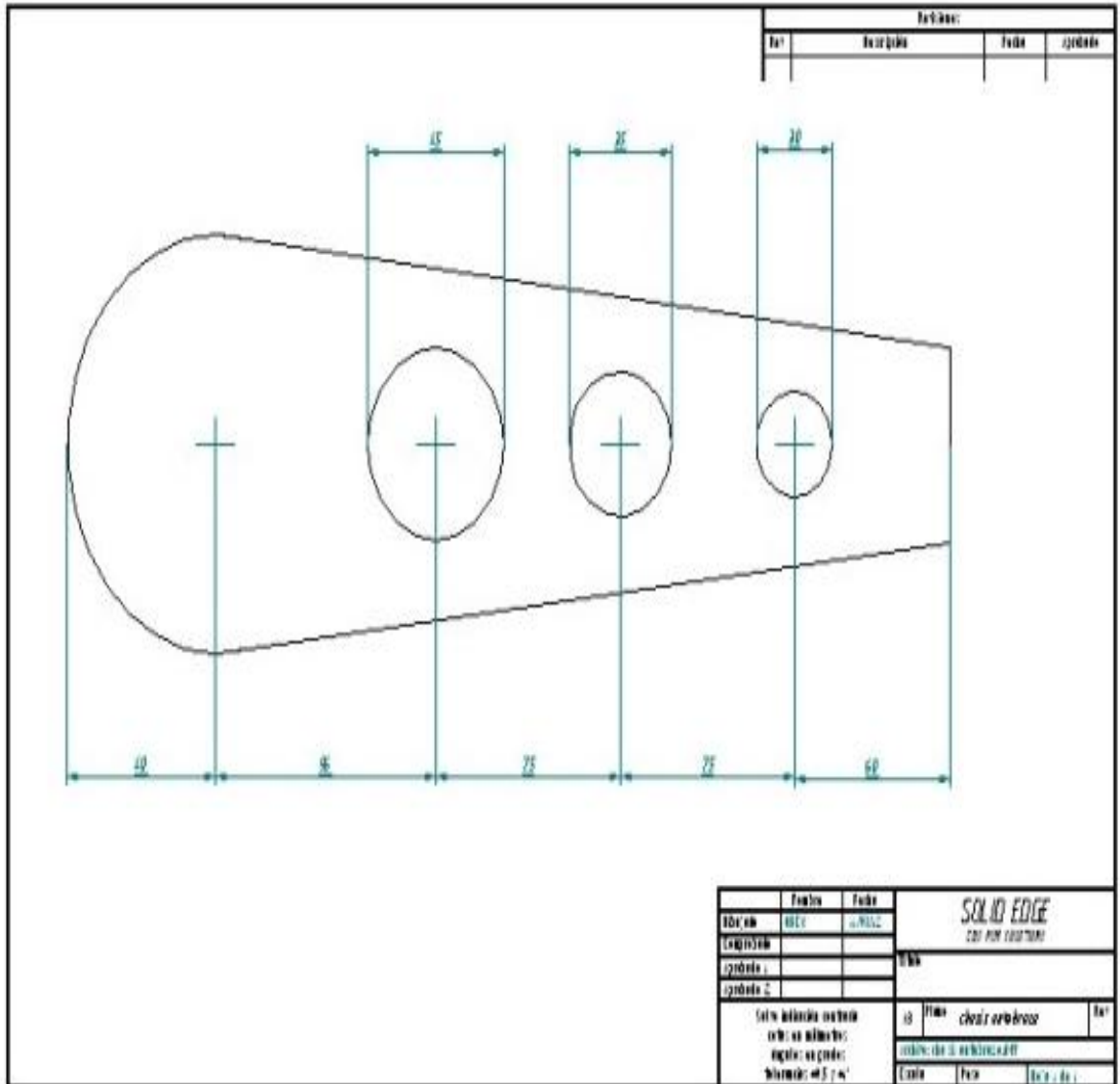
Matriz de transformación homogénea, que relaciona el extremo del brazo con su base

$$T_5^0 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & -L2 \\ 0 & 0 & 1 & L4 + L5 + L6 \\ 1 & 0 & 0 & L1 + L3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

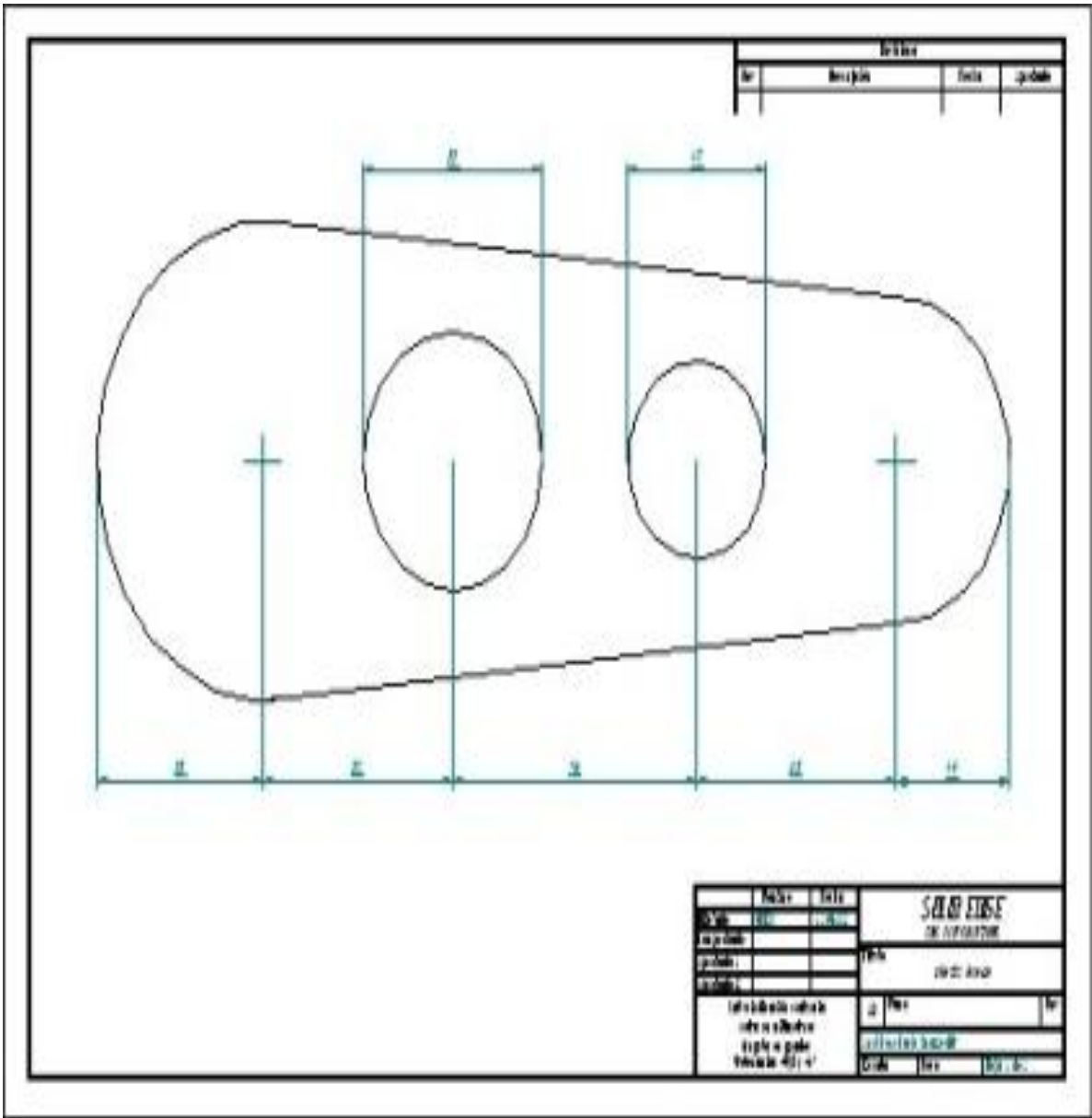
$$T_5^0 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & -30 \\ 0 & 0 & 1 & 265 \\ 1 & 0 & 0 & 144 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

PLANOS DE DISEÑO DEL BRAZO ROBOTICO TIPO P.U.M.A

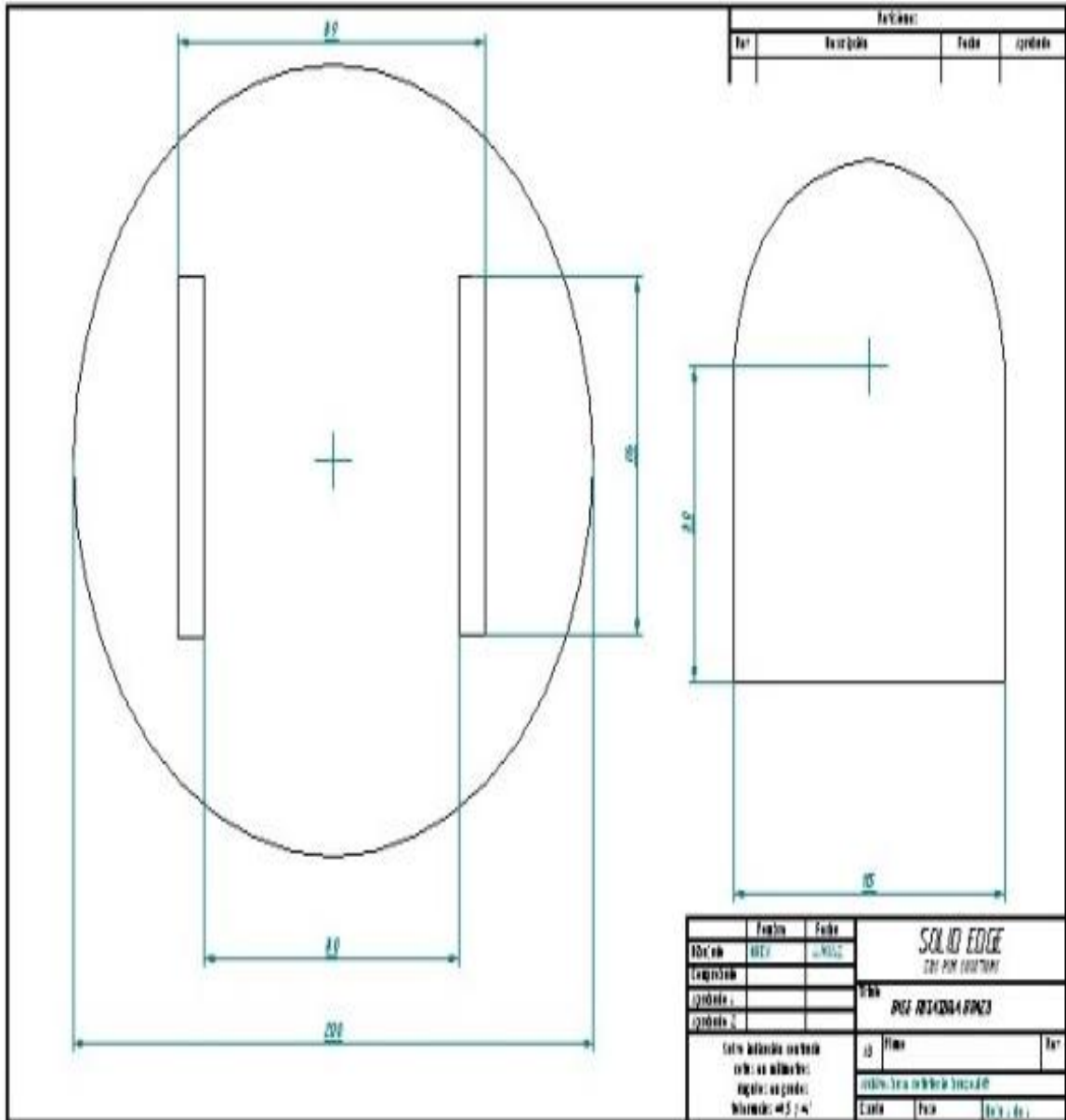
CHASIS BRAZO



CHASIS ANTEBRAZO.



BASE ROTATORIA



FOTOS DEL BRAZO EN CONSTRUCCIÓN.

FOTO 1. DESPIECE PINZA DE SUJECIÓN.

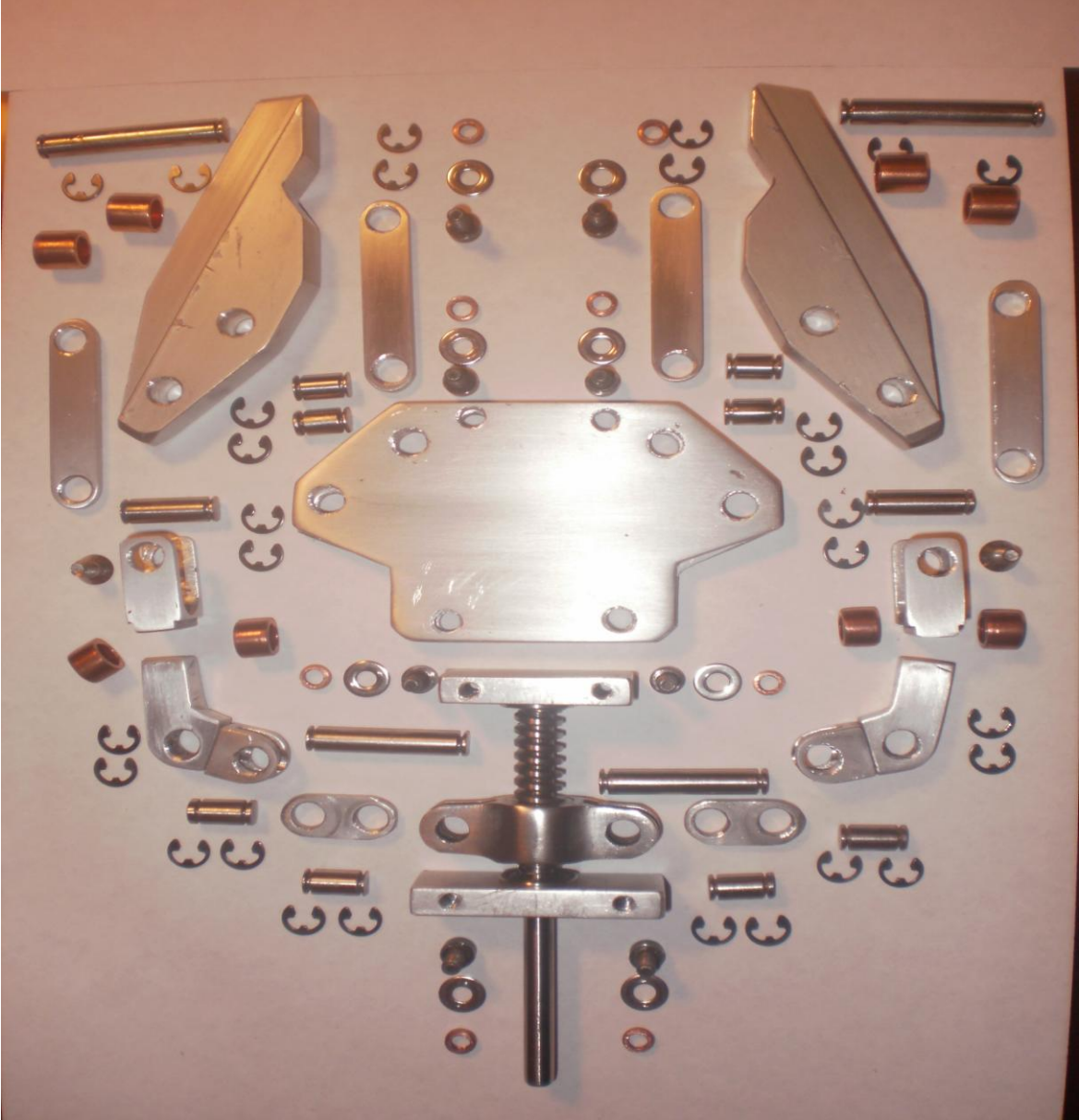


FOTO 2. PINZA DE SUJECIÓN ENSAMBLADA.

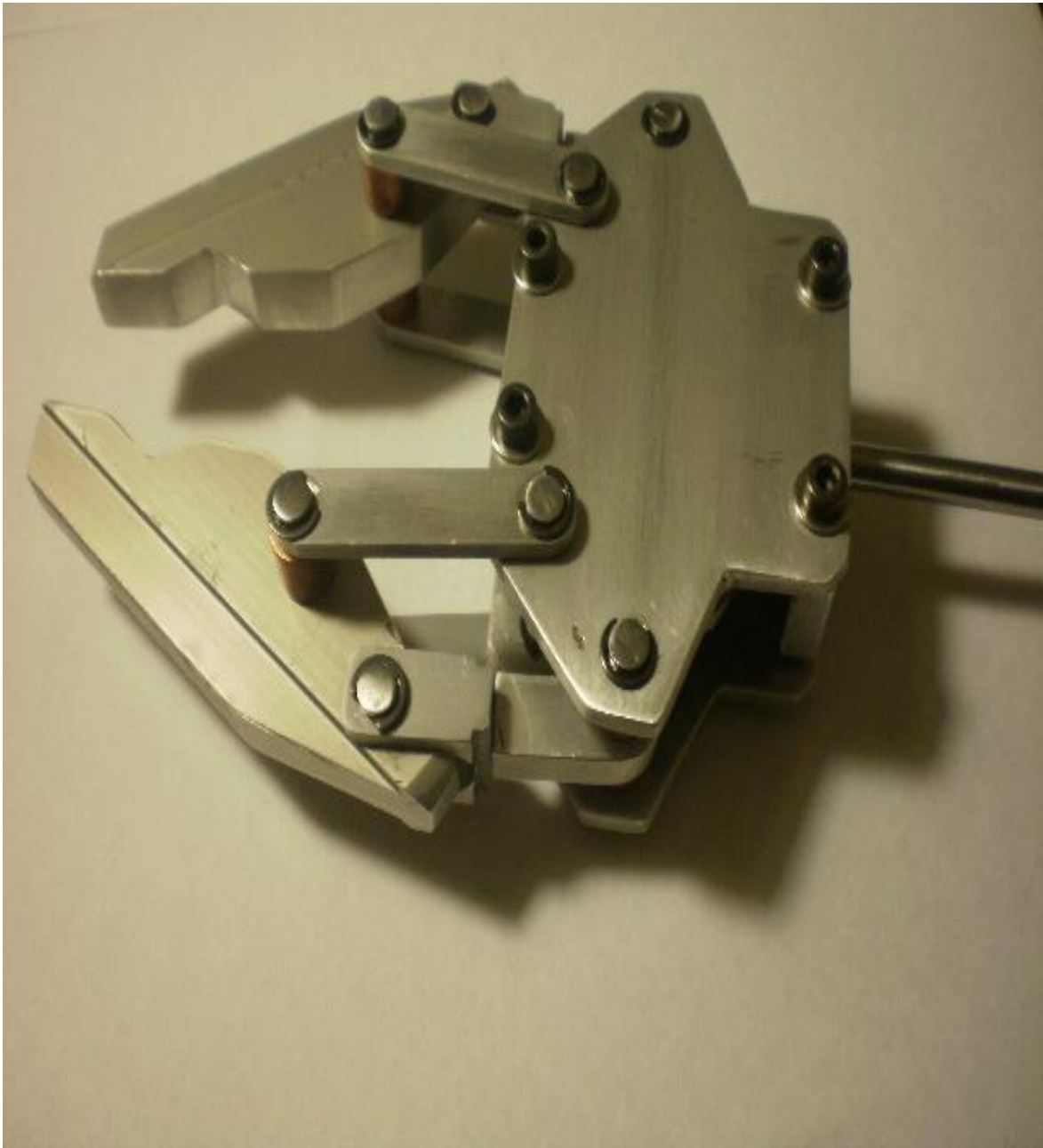


FOTO 3. ENSAMBLE DE PINZA DE SUJECIÓN CON SERVOMOTOR.



FOTO 4. ENSAMBLE DE ANTEBRAZO, BRAZO Y PINZA DE SUJECIÓN.



FOTO 5. ENSAMBLE PRELIMINAR DE MUÑECA.

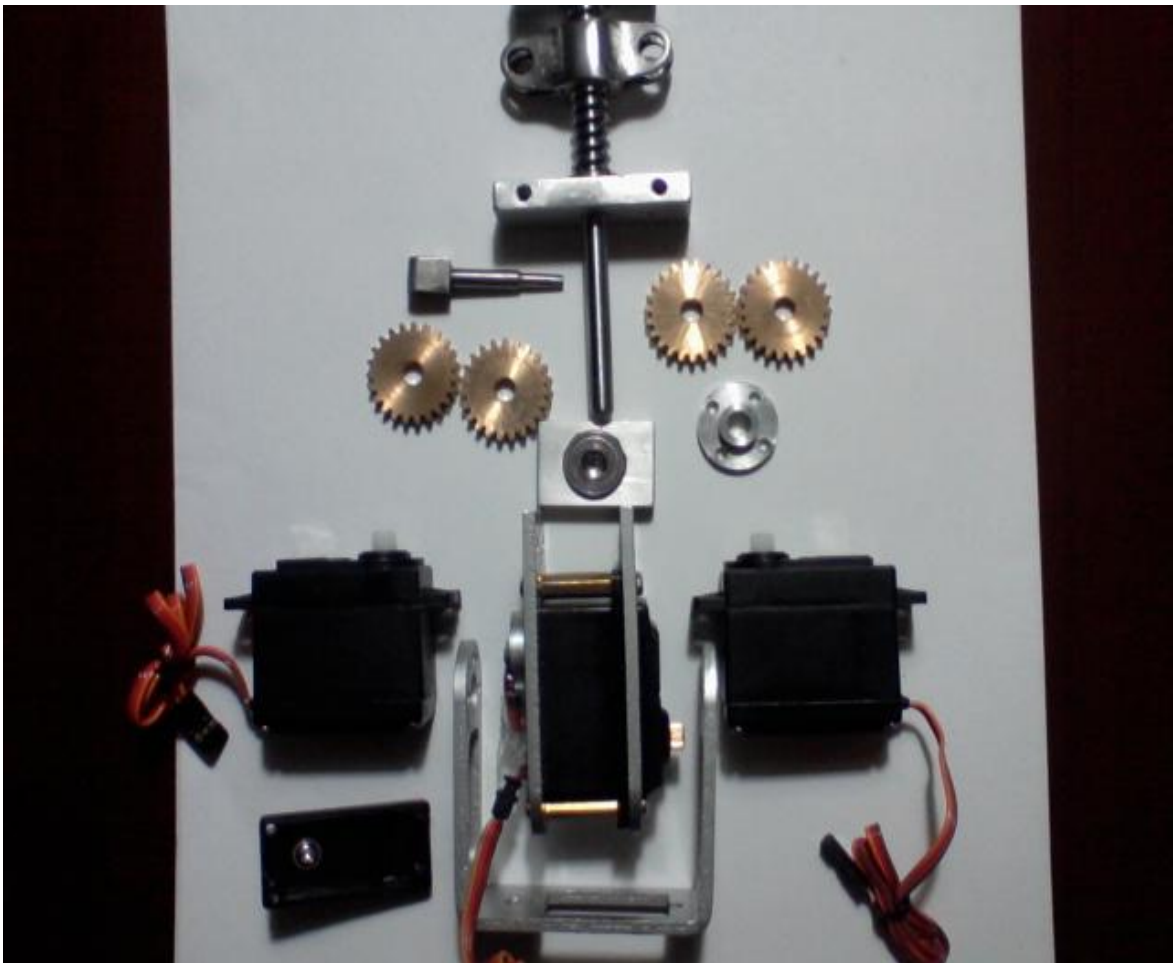


FOTO 6. VISTA SUPERIOR DE BRAZO ROBÓTICO.



FOTO 7. BRAZO ROBOTICO TIPO P.U.M.A TERMINADO.



10. BIBLIOGRAFÍA

Batz Saquimux, C.R, 2005, Diseño y construcción de un brazo robótico, Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería.

Llamas González, A.,Rojano Aguilar, A.,Salazar Moreno,R.,2004, Dimensionamiento de un brazo robótico de 2 Grados para un registro de imágenes en un invernadero, Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias,Vol 13, Numero 002.

ANGULO, J., ANGULO, I., ROMERO, S. Introducción a la robótica. Thompson Paraninfo, 2005. Madrid.

Otero Yugat,J., Rodriguez,S,E., Gutierrez J.,J.,2008 , Diseño y construcción de un brazo mecánico de tres grados de libertad, Scientia et Technica Año XIV,No 39.

Vásquez Vasquez,R.,A.,2005,Diseño mecánico de un brazo manipulador industrial robótico Hidraulico (MIRH1) de 5 grados de libertad, Maestro, Instituto Politecnico Nacional, Posgrados e Investigación, México D:F.

Tierno Alvite, A., 2008, Diseño de brazo mecánico eficiente mediante optimización multiobjetivo, Ingeniería, Universidad Carlos III de Madrid.

Zambrano, D., Svredlik, M., Cambria G., 2007, 8º Congreso Iberoamericano de ingeniería Mecánica, Cusco, Perú.

Flores Escobar J., A., 2008, Reconversión del Sistema de Control de un Robot Tipo SCARA, Ingeniería, Universidad EAFIT, Facultad de Ingenierías, Medellín.

Cataño Vanegas A., Correa Londoño J., D., 2008, implementación de una plataforma robótica móvil para detección y extinción de fuego, Ingeniería,

Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ingenierías, Medellín.
Jaramillo S.A., 2009, Control de movimiento bidimensional de un motor paso a paso, Ingeniería, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ingenierías, Medellín.

Gallego Duque C., J., 2007, Desarrollo de una plataforma móvil multisensorial para la detección de minas antipersonas metálicas, Ingeniería, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Ingenierías, Medellín.