



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
COMUNICACIONES**

Tema:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO INDUSTRIAL
COMANDADO MEDIANTE UN SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO”**

Trabajo de Graduación Modalidad: TEMI. Trabajo Estructurado de Manera Independiente, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

AUTOR: Verónica Alexandra Guilcaso Molina

TUTOR: Ing. Patricio Córdova

Ambato – Ecuador

Enero-2011

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO INDUSTRIAL COMANDADO MEDIANTE UN SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO”**, de la señorita Guilcaso Molina Verónica Alexandra, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad el Art. 16 del Capítulo II, del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad técnica de Ambato.

Ambato, enero 20 del 2011

EL TUTOR

.....
Ing. Patricio Córdova

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación titulado: “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO INDUSTRIAL COMANDADO MEDIANTE UN SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO**”. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, enero 20 del 2011

Guilcaso Molina Verónica Alexandra
CC: 050315455-1

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes: Ing. Oswaldo Paredes, M.Sc., Ing. Marco Jurado e Ing. Luis Pomaquero, revisó y aprobó el Informe Final del trabajo de graduación titulado **“Diseño y construcción de un brazo robótico industrial comandado mediante un sistema de control inalámbrico”**, presentado por la señorita Guilcaso Molina Verónica Alexandra, de acuerdo al Art. 18 del Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad técnica de Ambato.

Ing. Oswaldo Paredes M.Sc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Marco Jurado.
DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Luis Pomaquero.
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a: Mi Dios por darme la valentía necesaria para seguir luchando y alcanzar éste mi Sueño, a mi mami Rosita que siempre a pesar de todo me guío con sabiduría, responsabilidad y amor; a mi hermano Cristian quien nunca me dejo sola y fue mi cimiento de apoyo diario, a mis primos quienes me dieron la fuerza y la ilusión para cumplir con mi meta y a mis queridos profesores y compañeros de quienes aprendí y recibí lo mejor.

Verónica Guilcaso

AGRADECIMIENTO

A mí querida Universidad Técnica de Ambato, pero sobre todo, a mi Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, por haberme acogido en sus aulas para plasmar en mí nuevos conocimientos, útiles para mi vida profesional.

Al Ing. Patricio Córdova por ser mi maestro tutor en el desarrollo de esta investigación, quien me supo guiar con profesionalismo y dedicación para transmitirme todos sus conocimientos sabios y culminar el proyecto con éxito.

Verónica Guilcaso

ÍNDICE
PRELIMINARES

CARÁTULA.....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA.....	III
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICES.....	VII

CAPÍTULO I
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN.....	01
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	01
1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	01
1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO.....	02
1.2.3. PRÓGNOSIS.....	03
1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	03
1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES.....	03
1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	04
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	04
1.4. OBJETIVOS.....	05
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	05
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	05

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	06
2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	07
2.3. CATEGORIAS FUNDAMENTALES.....	07
2.3.1. PROCESO.....	07
2.3.2. EL PROCESO DE PRODUCCION INDUSTRIAL.....	08
2.3.3. ROBÓTICA.....	08
2.3.4. INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA.....	08
2.3.5. ROBÓTICA INDUSTRIAL.....	09
2.3.5.1. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	09
2.3.6. ROBOT INDUSTRIAL.....	10
2.3.7. CLASIFICACIÓN DEL ROBOT INDUSTRIAL.....	11
2.3.7.1. MANIPULADORES.....	11
2.3.7.2. ROBOTS DE REPETICIÓN O APRENDIZAJE.....	12
2.3.7.3. ROBOTS CON CONTROL DEL COMPUTADOR.....	13
2.3.7.4. ROBOTS INTELIGENTES.....	13
2.3.7.5. MICRO – ROBOTS.....	13
2.3.8. ESTRUCTURA MECÁNICA DE UN ROBOT.....	13
2.3.8.1. SISTEMAS DE ROBOTS BÁSICOS.....	14
2.3.8.2. GRADOS DE LIBERTAD DEL ROBOT.....	19
2.3.9. BRAZO ROBÓTICO.....	20
2.3.10. CONFIGURACIONES TÍPICAS DE LAS ARTICULACIONES DEL BRAZO ROBÓTICO.....	20
2.3.11. TIPOS DE CONFIGURACIONES PARA BRAZOS ROBÓTICOS.....	21
2.3.11.1. CONFIGURACIÓN CARTESIANA.....	21
2.3.11.2. CONFIGURACIÓN CILÍNDRICA.....	22

2.3.11.3.	CONFIGURACIÓN POLAR.....	23
2.3.11.4.	CONFIGURACIÓN ANGULAR.....	24
2.3.12.	ACTUADORES Y TRANSMISIONES.....	25
2.3.13.	VOLUMEN DE TRABAJO DE LOS BRAZOS ROBÓTICOS.....	27
2.3.14.	CONFIGURACIONES DE LA MUÑECA.....	28
2.3.15.	ELEMENTOS TERMINALES.....	29
2.3.15.1.	GARRAS.....	29
2.3.15.1.1.	GARRAS MECÁNICAS O PINZAS.....	30
2.3.15.1.2.	GARRAS SUCCIONADORAS O VENTOSAS.....	32
2.3.16.	SELECCIÓN DE UNA GARRA.....	34
2.3.17.	TIPOS DE MOTORES QUE SE PUEDEN UTILIZAR PARA EL MOVIMIENTO DEL BRAZO ROBÓTICO.....	35
2.3.17.1.	EL SERVOMOTOR.....	35
2.3.17.1.1.	VENTAJAS.....	36
2.3.17.1.2.	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	37
2.3.17.1.3.	CABLES DEL SERVOMOTOR.....	37
2.3.17.1.4.	TRUCADO DE LOS SERVOS.....	37
2.3.17.2.	MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA.....	43
2.3.17.2.1.	PARTES DE UN MOTOR CC.....	44
2.3.17.2.2.	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	45
2.3.17.2.3.	FUERZA CONTRA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA EN UN MOTOR.....	45
2.3.17.2.4.	SENTIDO DE GIRO.....	45
2.3.18.	SISTEMAS DE CONTROL.....	46
2.3.19.	REDES.....	46
2.3.20.	REDES INALÁMBRICAS.....	46
2.3.21.	WIRELESS.....	48

2.3.21.1.	VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA WIRELES.....	49
2.3.21.2.	DESVENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA WIRELES.....	49
2.3.22.	SENSOR INFRARROJO.....	49
2.3.22.1.	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.....	50
2.3.22.2.	TIPOS DE SENSORES INFRARROJOS.....	50
2.3.23.	MICROCONTROLADORES.....	52
2.3.23.1.	¿QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR PIC?.....	52
2.3.23.2.	MICROCONTROLADOR 16F877A.....	52
2.3.23.2.1.	CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F877.....	53
2.4.	HIPÓTESIS.....	55
2.4.1.	DETERMINACIÓN DE VARIABLES	55

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1.	ENFOQUE.....	56
3.2.	MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	56
3.2.1.	INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL O BIBLIOGRÁFICA.....	56
3.2.2.	INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL.....	57
3.2.3.	PROYECTO FACTIBLE.....	57
3.3.	NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	57
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	57
3.5.	TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	58
3.6.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	58
3.6.1.	PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	58
3.6.2.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	59

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

4.1. DATOS INFORMATIVOS.....	60
4.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	61
4.3. JUSTIFICACIÓN.....	61
4.4. OBJETIVOS.....	62
4.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	62
4.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	62
4.5. ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD.....	63
4.6. FUNDAMENTACIÓN.....	63
4.6.1. FACTORES DE DISEÑO.....	63
4.6.1.1. LOS GRADOS DE LIBERTAD QUE EL BRAZO ROBÓTICO VA A POSEER.....	63
4.6.1.2. LOS ÁNGULOS DE GIRO MÁXIMOS DEL BRAZO ROBÓTICO.....	64
4.6.1.3. LA ALTURA MÁXIMA DE ELEVACIÓN DEL BRAZO.....	65
4.6.1.4. EL PESO MÁXIMO QUE VA A PODER MOVER.....	65
4.6.1.5. EL CONTROL INALÁMBRICO.....	66
4.7. METODOLOGÍA	66
4.7.1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL BRAZO ROBÓTICO.....	66
4.7.2. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FABRICACIÓN DE CADA UNA DE LAS PIEZAS.....	78
4.7.3. PROGRAMACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES QUE PROVEEN EL MOVIMIENTO DEL ROBOT.....	102

4.7.4. CIRCUITOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO.....	106
4.8. ADMINISTRACIÓN.....	114

CAPÍTULO V

ANÁLISIS O INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	117
5.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	134
5.3.- VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	137

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.....	138
6.2. RECOMENDACIONES.....	139

BIBLIOGRAFÍA.....	140
-------------------	-----

ANEXOS.....	142
-------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Robot Manipulador.....	11
Figura 2.- Proceso de repetición que realiza un robot.....	12
Figura 3.- Posiciones que puede tomar el brazo robótico en el espacio.....	14
Figura 4.- Diagrama básico del proceso de control del brazo robótico.....	15
Figura 5.- Punto de centro de herramienta en el brazo robótico.....	16
Figura 6.- Espacio de trabajo del brazo robótico.....	16
Figura 7.- Posición de la herramienta con respecto a la base.....	18
Figura 8.- Coordenadas de la herramienta.....	18
Figura 9.- Coordenadas de la junta.....	18
Figura 10.- Tipos de articulaciones.	20
Figura 11.- Esquema típico cartesiano.....	22
Figura 12.- Campo de trabajo de un robot cilíndrico.....	23
Figura 13.- Robot con configuración esférica o polar (Campo de trabajo).....	23
Figura 14.- Esquema típico angular.....	24
Figura 15.- Robot SCARA y campo de trabajo.	25
Figura 16.- Esquema con los elementos del sistema de accionamiento de un eje.....	26
Figura 17.- Figura cúbica que genera el Robot cartesiano.	27
Figura 18.- Figura cilíndrica que genera el Robot de configuración cilíndrica.....	27
Figura 19.- Muñeca << en línea>> (<i>Cortesía de Robotiker</i>).....	28
Figura 20.- Muñeca cónica (<i>Cortesía de KUKA</i>).....	28
Figura 21.- Fuerzas y pares en la sujeción de una pieza.	30
Figura 22.- Distintos tipos de dedos (<i>Cortesía de Robotiker</i>).....	31
Figura 23.- Distintos tipos de pinzas.....	32
Figura 24.- Manipulación de láminas de acero. (<i>Cortesía de ÍNSER.</i>)	33
Figura 25.- Servomotor.....	35
Figura 26.- Un servo desmontado.....	36

Figura 27.- Servomotor a ser trucado.....	38
Figura 28.- Retiro de la tapa inferior del servomotor.....	38
Figura 29.- Retiro de la tapa superior y vista de la piñonería del servomotor.....	39
Figura 30.- Motor y potenciómetro del Servo.....	39
Figura 31.- Desoldada del motor y potenciómetro del Servo.....	40
Figura 32.- Placa, motor y potenciómetro desoldados del Servo.....	40
Figura 33.- Suelda de cables al motor del Servo.....	41
Figura 34.- Corte de la limitación mecánica del piñón.....	41
Figura 35.- Piñón sin limitación mecánica para el giro.....	41
Figura 36.- Ubicación del motor dentro de la carcasa del servo.....	42
Figura 37.- Ubicación de la piñonería del servo.....	42
Figura 38.- Cierre de la carcasa del servo.....	43
Figura 39.- Servomotor trucado.....	43
Figura 40.- Motores de Corriente Continua.....	43
Figura 41.- Esquema del funcionamiento de un motor de c.c. elemental de dos polos con una sola bobina y dos delgas en el rotor.	45
Figura 42.- Red Inalámbrica de larga distancia.....	47
Figura 43.- Red Inalámbrica de corta distancia.....	48
Figura 44.- Sensor infrarrojo.....	50
Figura 45.- Sistema para medir la radiación proveniente del reflejo de la luz emitida por el LED.....	51
Figura 46.- Microcontrolador 16F877A.....	52
Figura 47.- Grados de libertad del brazo robótico.....	64
Figura 48.- Altura máxima de elevación del brazo robótico.....	65
Figura 49.- Medidas de la Base del Brazo Robótico.....	67
Figura 50.- Extrucción de la Base del Brazo Robótico.....	68
Figura 51.- Base del Brazo Robótico.....	68
Figura 52.- Medidas del hombro del Brazo Robótico.....	69
Figura 53.- Hombro del Brazo Robótico.....	69

Figura 54.- Medidas del Lateral-1del Brazo Robótico.....	70
Figura 55.- Lateral-1del Brazo Robótico.....	70
Figura 56.- Medidas del Lateral-2del Brazo Robótico.....	71
Figura 57.- Lateral-2 del Brazo Robótico.....	71
Figura 58.- Base de la pinza del Brazo Robótico.....	72
Figura 59.- Base de la pinza más sus articulaciones.....	72
Figura 60.- Altura máxima de elevación del brazo robótico.....	74
Figura 61.- Altura máxima de elevación del brazo robótico.....	74
Figura 62.- Ensamble de los laterales-2 y cubiertas del brazo robótico.....	75
Figura 63.- Altura máxima de elevación del brazo robótico.....	75
Figura 64.- Ensamblado del brazo robótico.....	76
Figura 65.- Plancha de aluminio.....	78
Figura 66.- Trazado de la figura.....	79
Figura 67.- Corte de la plancha de aluminio.....	79
Figura 68.- Hombro recortado.....	79
Figura 69.- Punto para realizar perforación.....	80
Figura 70.- Hombro del brazo robótico.....	80
Figura 71.- Hombro terminado del brazo robótico.....	81
Figura 72.- Corte del Lateral 1.....	81
Figura 73.- Laterales-1 Cortados.....	82
Figura 74.- Laterales-2 con bocines y rulimanes.....	82
Figura 75.- Tornillo de sujeción.....	83
Figura 76.- Eje sujetador de hombro y laterales-1.....	83
Figura 77.- Ensamblado del hombro con los dos laterales 1 más el eje.....	84
Figura 78.- Bocines.....	84
Figura 79.- Espaciador para el lateral 1.....	84
Figura 80.- Eje de unión entre hombro y laterales-1.....	85
Figura 81.- Hombro más laterales-1 ensamblados.....	85
Figura 82.- Laterales-2 con sus respectivos bocines.....	86

Figura 83.- Base en U.....	86
Figura 84.- Abrazadera y base en U.....	86
Figura 85.- Eje sujetador de hombro con laterales-1.....	87
Figura 86.- Laterales 1 y 2 unidos por su eje.....	87
Figura 87.- Piñón en el Eje de unión de laterales-1 y 2.....	88
Figura 88.- Estructura del brazo robótico.....	88
Figura 89.- Plancha de acero doblada con la forma de la base.....	89
Figura 90.- Base del brazo robótico.....	89
Figura 91.- Base de la muñeca con sus cortes longitudinales y perforaciones.....	90
Figura 92.- Articulaciones para los dedos de la pinza.....	90
Figura 93.- Ubicación de la tornillería para formar los dedos.....	91
Figura 94.- Espaciadores entre articulaciones.....	91
Figura 95.- Piñones conducidos de la pinza.....	91
Figura 96.- Ubicación de los piñones de la pinza.....	92
Figura 97.- Dedos de la pinza.....	92
Figura 98.- Pinza del brazo robótico.	93
Figura 99.- Perforación del hombro y colocación del motor.....	94
Figura 100.- Sujeción del motor de corriente continua.....	94
Figura 101.- Motor de corriente continua en el hombro.....	95
Figura 102.- Servomotor sostenido por la base en U.....	95
Figura 103.- Servomotor ubicado en la base.....	96
Figura 104.- Ruliman transmisor del movimiento.	96
Figura 105.- Servomotor en la abrazadera de los laterales-2.....	96
Figura 106.- Servomotor en la base de la muñeca.....	97
Figura 107.- Distribución del cableado de los servomotores.....	98
Figura 108.- Seguro de protección del cableado.	98
Figura 109.- Distribución del cableado de alimentación.....	99
Figura 110.- Cadena-1.....	99
Figura 111.- Cadena-2.....	100

Figura 112.- Cadena-3.....	100
Figura 113.- Estructura del brazo robótico completa.....	101
Figura 114.- Brazo robótico terminado.....	101
Figura 115.- Señal del Botón 1.....	102
Figura 116.- Especificación de los botones para el movimiento del lateral-1.....	104
Figura 117.- Especificación de los botones para el movimiento del lateral-2.....	104
Figura 118.- Especificación de los botones para el giro de la muñeca.....	105
Figura 119.- Especificación de los botones para el giro de la base.....	105
Figura 120.- Especificación de los botones para la apertura y cierre de la pinza.....	106
Figura 121.- Visualización del LCD.....	109
Figura 122.- Circuito de control del Brazo robótico para 3 motores.....	110
Figura 123.- Circuito de control del Brazo robótico para 3 motores.....	111
Figura 124.- Circuito de control del Brazo robótico para 3 motores.....	111
Figura 125.- Pistas del Circuito de control del Brazo robótico.....	112
Figura 126.- Limpieza de las pistas en la baquelita con los elementos ya soldados para evitar cortos.	113
Figura 127.- Circuito de control del Brazo robótico completamente soldado.....	113
Figura 128.- Posicionamiento inicial del brazo robótico.....	118
Figura 129.- Ángulos de desplazamiento del lateral-1.....	119
Figura 130.- Posición máxima de bajada del lateral-1.....	120
Figura 131.- Posición máxima de subida del lateral-1.....	121
Figura 132.- Ángulos de posicionamiento del lateral-2.....	122
Figura 133.- Posición máxima de bajada del lateral-2.....	123
Figura 134.- Posición máxima de subida del lateral-2.....	123
Figura 135.- Posicionamiento neutro del brazo robótico.....	124
Figura 136.- Giro a la derecha de la base (Max= media vuelta).....	124
Figura 137.- Giro a la izquierda de la base (Max= una vuelta y media).....	125
Figura 138.- Giro a la derecha de la muñeca (Max= una vuelta).....	126
Figura 139.- Giro a la izquierda de la muñeca (Max= dos vueltas).....	127

Figura 140.- Apertura de la pinza.....	128
Figura 141.- Apertura y cierre de la pinza.....	129
Figura 142.- Piezas a ser transportadas.....	129
Figura 143.- Transporte de la pieza rectangular de cartón.....	130
Figura 144.- Transporte de la pieza rectangular de plástico.....	130
Figura 145.- Transporte de la pieza cuadrada de cartón.....	130
Figura 146.- Posición inicial del brazo para la recolección de la pieza.....	131
Figura 147.- Acercamiento a la pieza a recoger.	132
Figura 148.- Levantamiento de la pieza.....	132
Figura 149.- Giro de la base a la nueva posición.....	132
Figura 150.- Giro de la pinza con la pieza sostenida.....	133
Figura 151.- Pieza soltada en la nueva posición.	133
Figura 152.- Regreso del brazo robótico a la posición inicial.	133
Figura 153.- Brazos laterales-1 y laterales-2 trabajando con servomotores.....	135
Figura 154.- Variación De Los Tiempos De Transporte.....	136

ÍNDICE DE TABLAS

<i>TABLA 1.- Figuras de las piezas diseñadas del brazo robótico.....</i>	<i>73</i>
<i>TABLA 2.- Representación hexadecimal de los botones del control remoto.....</i>	<i>103</i>
<i>TABLA 3.- Costos de materiales para la construcción de la estructura de soporte.....</i>	<i>114</i>
<i>TABLA 4.- Costos de materiales para la construcción del circuito de control.....</i>	<i>115</i>
<i>TABLA 5.- Costo de alquiler de herramientas, taller y mecanizado de piezas.....</i>	<i>116</i>
<i>TABLA 6.- Costo de la dirección técnica para el diseño de la propuesta del proyecto....</i>	<i>116</i>
<i>TABLA 7.- Costo final del brazo robótico.....</i>	<i>116</i>
<i>TABLA 8.- Tiempos De De Subida Del Lateral-1.....</i>	<i>120</i>
<i>TABLA 9.- Tiempos De De Bajada Del Lateral-1.....</i>	<i>120</i>
<i>TABLA 10.- Tiempos De De Bajada Del Lateral-2.....</i>	<i>122</i>
<i>TABLA 11.- Tiempos De De Subida Del Lateral-2.....</i>	<i>123</i>
<i>TABLA 12.- Tiempos De Giro A La Derecha De La Base.....</i>	<i>125</i>
<i>TABLA 13.- Tiempos De Giro A La Izquierda De La Base.....</i>	<i>126</i>
<i>TABLA 14.- Tiempos De Giro A La Derecha De La Muñeca.....</i>	<i>127</i>
<i>TABLA 15.- Tiempos De Subida Del Lateral-1.....</i>	<i>127</i>
<i>TABLA 16.- Tiempos traslado de la pieza a una nueva ubicación.....</i>	<i>134</i>

RESUMEN EJECUTIVO

El brazo robótico implementado permitirá que sus movimientos realizados sean en forma inalámbrica, dando como resultado una mayor flexibilidad en el momento de su manipulación por la ausencia de cables, logrando que el operario maniobre sus movimientos sin necesidad de una completa cercanía al robot.

La estructura mecánica del brazo robótico consta de una cadena de eslabones o ejes consecutivos, unidos entre sí por medio de articulaciones que permiten el movimiento entre ellos, por lo tanto para su construcción fue necesario conocer de "mecánica fina", para poder darle mayor flexibilidad y cero rozamiento en el momento que realice las operaciones indicadas.

En cuanto a los motores que se usaron para generar el movimiento de la muñeca y apertura y cierre de la pinza fueron servos, que al ser trucados funcionan como un motor de corriente continua, de tal manera que proporcionan más facilidad al momento de programarlos, manteniendo su elevado torque y generando el movimiento deseado. Además para el movimiento del brazo y antebrazo se utilizaron motores de corriente continua a 24 V de un alto torque. En el diseño la ubicación recomendable de los motores es en la parte más baja ya que el peso excesivo no permite el movimiento adecuado de las articulaciones las mismas que definen los grados de libertad.

Se pretendió también que el tiempo de respuesta a cada movimiento se reduzca, debido a que la señal enviada a través del espacio por un medio no guiado, fue transmitida a través de infrarrojo por medio de un transmisor para abarcar distancias de aproximadamente 10 metros en espacios con línea de vista y un poco menos en espacios internos donde se encuentren obstáculos como paredes, separadores en oficinas, etc., y un receptor que es el encargado de recibir la señal y enviarla al pic, el mismo que se encarga de controlar la maniobrabilidad del robot, llegando a convertirse en el cerebro del mismo.

En lo que se refiere a la programación del PIC nos ayudamos del Software MicroCode Studio, que es un programa editor de texto como un Bloc de notas de Windows, que está hecho para facilitar la programación de los microcontroladores PIC. Con él se programa el brazo robótico de una manera totalmente natural, cada línea de código programada permite mover el brazo a una posición determinada.

Todo lo anteriormente mencionado permitió la construcción de un brazo robótico controlado inalámbricamente de tal manera que cada movimiento que este realice, pueda ser manipulado inalámbricamente.

INTRODUCCIÓN

Para la actualidad el brazo robótico, que es el dedicado en esta investigación, es una más de las máquinas irremplazables dentro del sector industrial, los mismos que basadas en el manejo de microcontroladores llegan a responder correctamente a su entorno, por esta razón, surge la necesidad de construir un brazo robótico que permita procesar datos con un lenguaje propio para tomar decisiones y actuar de manera automática cumpliendo con las necesidades de quienes requieren su utilización.

El desarrollo del proyecto se realizará mediante el seguimiento capítulo a capítulo del desarrollo el cual se determina a continuación:

En el capítulo I se detalla el problema de investigación, explicando a fondo las causas y consecuencias que lo originan, para encontrar la solución más fiable para la determinación de la propuesta.

En el capítulo II se resume cada uno de los temas requeridos para una correcta adquisición de conocimientos previos en lo que se refiere a la rama de la Robótica, que garanticen el incremento del tema a solucionar y que respalden al proyecto.

En el capítulo III se determina los tipos de investigaciones que se realizarán para la recopilación de la información, sirviendo de guía para el desarrollo de la propuesta planteada.

En el capítulo IV se desarrolla la propuesta, detallando paso a paso el avance de la elaboración del proyecto, hasta su completa terminación.

En el capítulo V se estable las conclusiones y recomendaciones del proyecto es decir, de los problemas que surgieron en el proceso se debe explicar a fondo lo obtenido y lo que se debe evitar.

En el capítulo VI se realiza el análisis e interpretación de los resultados, los mismos que se los obtienen después de una serie de pruebas de funcionamiento, que son las que nos proveen tiempos, ángulos y limitaciones de la estructura del Brazo Robótico.

Cada capítulo nos proporciona la información necesaria para llegar a comprender el proyecto, pero sobre todo, para saber fue realizado para incrementar los conocimientos de quienes requieren aprender de él.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. TEMA DE INVESTIGACIÓN:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO INDUSTRIAL COMANDADO MEDIANTE UN SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO”

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

1.2.1.- CONTEXTUALIZACIÓN

Hoy en día con el crecimiento de la población y la necesidad del incremento de la producción, transformación de la materia prima, elaboración de productos de consumo humano, etc., las diferentes entidades como las industrias e instituciones educativas, han introducido máquinas con un gran avance tecnológico, denominadas robots, obteniendo notables ventajas al servir al hombre en una multitud de trabajos demasiado sucios, peligrosos o tediosos, etc. Por lo tanto, los robots han llegado a convertirse en los más usados en plantas de manufactura, montaje, embalaje e incluso dentro de las instituciones educativas, como entes de aprendizaje tecnológico.

A nivel mundial se puede ver un gran incremento en la construcción y ventas de robots para las grandes industrias, establecidas en las estadísticas registradas por la Organización IFR (International Federation of Robotics), prevaleciendo la adquisición de robots para el sector de vehículos, componentes de automoción, soldadura, carga, descarga y como máquinas de aprendizaje estudiantil para realizar un sinnúmero de actividades que le han dado mucha

importancia a la utilización de robots, por su prestación de tareas que para los seres humanos serían muy arriesgadas; pero, su adquisición para gran parte de las pequeñas industrias e instituciones educativas es un reto, debido a su poco ingreso económico, convirtiéndose en un problema y evitando el crecimiento tecnológico.

En el Ecuador uno de los problemas que afectan a la mayoría de las empresas y a las instituciones educativas es el tradicionalismo, lo que hace que su automatización tienda a ser mínima, dando como resultado que nuestro país se convierta en uno de los menos tecnológicos, al no utilizarlos como ente importante dentro de sus instalaciones.

A nivel de la ciudad de Ambato también existen muchas empresas del sector industrial que durante varios años han mantenido y mantienen el proceso de producción tan solo con el uso de la mano del hombre, negándose por completo a la automatización de sus plantas, tal vez por la ignorancia o el miedo a invertir y no recuperar su capital. Además la universidad como ente de progreso social de la ciudad requiere de máquinas como éstas para mejoramiento de su infraestructura, pero sobre todo, para que los estudiantes incrementen conocimientos acerca de esta área del conocimiento tecnológico.

1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO.

En lo que se refiere a las industrias a nivel nacional evitan rotundamente la automatización de sus plantas, tal vez por la ignorancia de los beneficios que brinda la utilización de robots dentro de un proceso industrial, pero sobre todo por el elevado costo de su adquisición, por la falta de personal capacitado para su manejo y mantenimiento o por la tecnología avanzada que se requiere para su diseño y construcción, dando como consecuencias una baja producción, disminución de clientes debido a la baja calidad y pérdida de tiempo en la elaboración de sus productos, conllevando a grandes pérdidas económicas y convirtiéndolas en plantas industriales subutilizadas.

Mientras que para la Universidad y para la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial al no permitir la incorporación de estos tipos de máquinas tecnológicas, se limitará la elaboración de proyectos similares, los estudiantes no se incentivarán y se

restringirá la construcción de robots dotados de tecnologías actuales que puedan ser usados en sus propias instalaciones.

1.2.3. PRÓGNOSIS

En caso de no solucionar el problema, las industrias se convertirían en empresas no competitivas dentro del mercado provincial y nacional, pero sobre todo serían empresas tradicionales cuya producción con el pasar del tiempo disminuiría, llegando así, a no satisfacer a las necesidades de la mayoría de sus clientes e impulsándolos a que opten por mejores opciones y encaminándolas a una quiebra económica de la cual no podrán salir.

Además se evadirá el incremento en el conocimiento estudiantil en la Facultad porque se negaría la oportunidad de conocer más sobre la ciencia de la Robótica y los grandes beneficios que ésta brinda.

1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué incidencia tiene la construcción de un brazo robótico industrial comandado mediante un sistema de control inalámbrico para el mejoramiento de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial?

1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES

- ¿Qué es la Robótica, características y tipos de Brazos Robóticos?
- ¿Qué tecnología permitirá controlar el brazo robótico inalámbricamente?
- ¿Qué tipo de micro-controladores facilitarán la programación del brazo robótico para su control inalámbrico?
- ¿Qué diseño será el adecuado para la construcción del brazo robótico?

1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El diseño y construcción del brazo robótico inalámbrico se llevará a cabo: la parte práctica se lo realizo en los laboratorios de Electrónica y la parte de investigación bibliográfica se lo realizo en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, en el período de seis meses, después de la aprobación del tema por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad.

1.3.- JUSTIFICACIÓN

El desarrollo del proyecto se encaminará al interés en el auge de la Robótica y a la imperante necesidad de la utilización de robots para su implantación en numerosas instalaciones industriales y educativas, los cuales les permitirán resolver un sinnúmero de problemas, haciendo que su adquisición optimice recursos económicos y contribuya a que estos se conviertan en maquinaria primordial para la producción, evitándole al hombre la realización de trabajos de gran riesgo.

El proyecto se enfoca a la construcción de brazos robóticos que simulan a partes de los humanos, con las cuales se puedan desarrollar de manera casi exacta tareas que sólo nosotros podríamos realizarlas con precisión, razón por la cual, el tema del proyecto a elaborar se encuentra orientado en esta área de investigación, la misma que nos permitirá ampliar conocimientos sobre cuáles pueden ser las tareas que podrían realizar los brazos robóticos y los beneficios de su utilización en las industrias, pero sobretodo, su uso en el ámbito universitario como guía práctica educativa.

Además el motivo de la investigación es desarrollar un brazo robótico con la finalidad de impulsar a la elaboración de proyectos enfocados a la robótica y a sus innumerables avances tecnológicos, los que permiten la mejora tecnológica de industrias, pero sobre todo, el desarrollo del mismo, servirá de plataforma para la elaboración de proyectos futuros de la misma clase, que constituyen la base fundamental para el adelanto educativo, ya que los resultados obtenidos tendrán gran utilidad práctica para los estudiantes de la

Universidad Técnica de Ambato, pero sobre todo, para quienes forman parte de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

El brazo robótico controlado inalámbricamente es un proyecto de gran interés que dispone de una completa originalidad, debido a que es un tema no desarrollado antes en la Facultad, lo cual nos da la oportunidad de ser los primeros en inmiscuirnos en el campo de la robótica haciendo que su diseño y construcción sea novedoso y factible la investigación del mismo, con el objetivo de mejorar los laboratorios de electrónica de la facultad al conservarlo como ente de aprendizaje estudiantil.

También se estará desarrollando en el estudiante condiciones académicas óptimas para su futuro laboral, ya que con la investigación acerca de cómo desarrollar el proyecto planteado se incrementará en él la capacidad de investigación y resolución de problemas en la vida profesional; además que podrá aportar nuevos conocimientos, criterios e interpretaciones que le permitirán la toma de decisiones en un ambiente de trabajo bajo presión y que le ayudarán a desenvolverse en todo tipo de contrariedad que se le presente.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar y construir un brazo robótico cuyos movimientos sean controlados inalámbricamente mediante la utilización de la tecnología Wireless.

1.4.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analizar lo que es la Robótica, sus características y los tipos de Brazos Robóticos existentes.
- Diseñar la estructura mecánica del brazo robótico considerando la velocidad y capacidad de carga del mismo dentro de los sistemas de accionamiento y reducción.
- Utilizar la tecnología Wireless y la programación de PIC's para controlar el brazo robótico.
- Construir un brazo robótico en base al diseño y control inalámbrico estudiado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la biblioteca de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial sí existe una investigación similar a la que vamos a desarrollar con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI ROBOT CONTROLADO DE FORMA INALÁMBRICA DESDE UNA COMPUTADORA PERSONAL”** cuyo autor es el SR. FERNANDO CAJAS, la misma se convertirá en guía de investigación para la elaboración del proyecto, tomando como guía las conclusiones obtenidas en su desarrollo como:

- ❖ “Es factible realizar el control inalámbrico de un mini robot de forma inalámbrica desde una computadora personal.
- ❖ Se impulsó a la juventud estudiosa a la realización de proyectos investigativos mediante la utilización de varias ramas científicas que permiten que su funcionamiento sea posible en la vida real.
- ❖ La dedicación al desarrollar el proyecto para construirlo, el mismo que se podrá presentarlo a aquellas entidades que deseen darle un uso práctico dentro de sus instalaciones”.¹

¹ Tomado de la tesis del Sr: Fernando caja titulada *Diseño y construcción de un mini robot controlado de forma inalámbrica desde una computadora personal.*

2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Las normativas que respaldan la investigación del proyecto a realizarse son las definidas por el escritor Isaac Asimov, denominadas **Leyes de la Robótica**, las cuáles en un principio fueron sólo tres, pero luego añadió una cuarta, llamada Ley Cero. Estas son:

1. **Ley Cero:** Un robot no puede dañar a la humanidad, o a través de su inacción, permitir que se dañe a la humanidad.
2. **Primera Ley:** Un robot no puede dañar a un ser humano, o a través de su inacción, permitir que se dañe a un ser humano.
3. **Segunda Ley:** Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, excepto cuando tales órdenes estén en contra de la Primera Ley.
4. **Tercera Ley:** Un robot debe proteger su propia existencia, siempre y cuando esta protección no entre en conflicto con la Primera y la Segunda Ley.

Los robots actuales aún carecen de cualquier tipo de autonomía real para tomar sus propias decisiones o adaptarse inteligentemente a nuevos entornos. Pero, no hay que olvidar que en los humanos recae toda la responsabilidad ética y legal para su conservación y seguridad.

2.3. CATEGORIAS FUNDAMENTALES

2.3.1. PROCESO

Etimológicamente, PROCESAR significa: **continuar realizando cierta acción que requiere un orden, procedimiento y sucesión; una serie de cosas que siguen una a otra** y PROCESO significa: **marcha hacia delante (progreso); desarrollo o marcha de alguna cosa**. Así pues, al hablar de análisis del proceso, nos estamos refiriendo a las diferentes etapas que componen de una manera ordenada -escalonada- la realización de algún proceso.

2.3.2. EL PROCESO DE PRODUCCION INDUSTRIAL

El proceso de producción industrial precisa de ciertos elementos como la materia prima, la mano de obra calificada y una cierta tecnología más o menos compleja. El resultado del proceso de producción será el producto, eje en torno al cual gira todo el proceso de producción. La mayoría de los procesos de producción industrial precisarán de dispositivos de maniobra, para realizar la actividad necesaria para la producción y se dará en un entorno en donde con la ciencia de la robótica se podrá modificar la propia actividad industrial.

2.3.3. ROBÓTICA

La robótica es una de las ciencias encaminadas al estudio de robots. Se ocupa del diseño, manufactura y aplicaciones de los robots. Mediante la combinación de diversas disciplinas como son: la mecánica, la electrónica, la informática, la inteligencia artificial y la ingeniería de control permiten la creación de máquinas únicas que hoy en día forman parte importante dentro del sector industrial.

2.3.4. INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA

Para la mayoría de las personas la robótica abarca solamente lo que se refiere a los robots humanoides; sin embargo, no conocen el origen de la palabra robot, ni tienen idea del origen de las aplicaciones útiles de la robótica como ciencia. Los hombres creaban autómatas (Robots) como un pasatiempo o para entretener a su dueño.

Los materiales que se utilizaban se encontraban al alcance de todo el mundo, esto es, utilizaban maderas resistentes, metales como el cobre y cualquier otro material moldeable, que no necesitara o requiriera de algún tipo de transformación para poder ser utilizado en la creación de los autómatas. Estos primeros autómatas utilizaban, principalmente, la fuerza bruta para poder realizar sus movimientos.

A las primeras máquinas o herramientas que ayudaron al hombre a facilitarle su trabajo no se les daba el nombre de autómatas, sino más bien se les reconocía como artefactos o simples máquinas.

2.3.5. ROBÓTICA INDUSTRIAL

“La robótica industrial se puede definir como el estudio, diseño y uso de robots para la ejecución de procesos industriales. También conocido como un manipulador programable multifuncional, diseñado para mover piezas, herramientas, dispositivos especiales mediante movimientos variados, programados para la ejecución de diversas tareas”.²

2.3.5.1. AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

La historia de la automatización industrial está caracterizada por períodos de constantes innovaciones tecnológicas. El uso de robots industriales es la última tendencia en automatización de los procesos de fabricación y luego se cargaban en el robot. Estas tecnologías conducen a la automatización industrial a otra transición, de alcances aún desconocidos. Con el crecimiento lento del mercado en la industria Robótica se predice que la industria de la robótica está en su infancia.

En la actualidad el uso de los robots industriales está concentrado en operaciones muy simples, como tareas repetitivas que no requieren tanta precisión, en tareas de inspección, transferencia de materiales, pintado automotriz, y soldadura, son económicamente viables para ser robotizadas. En un contexto industrial se puede definir la automatización como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos-eléctricos basados en computadoras para la operación y control de la producción con la ayuda de la automatización industrial.

Hay tres clases muy amplias de automatización industrial: automatización fija, automatización programable, y automatización flexible.

² *Robótica Industrial tomado de la página de internet:*
<http://www.telecable.es/personales/jblt1/Robotica/robotica.htm>

1.- La automatización fija.- La automatización fija se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas. Además de esto, otro inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.

2.- La automatización programable.- La automatización programable se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a la variaciones de configuración del producto; ésta adaptación se realiza por medio de un programa.

3.- La automatización flexible.- La automatización flexible es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

De los tres tipos de automatización, la robótica coincide más estrechamente con la automatización programable.

2.3.6. ROBOT INDUSTRIAL

Un Robot Industrial es un dispositivo de maniobra, dotado de uno o varios brazos, programado para cumplir operaciones y destinado a sustituir la actividad física del hombre en las tareas repetitivas, monótonas y peligrosas. Las características humanoides más típicas de los robots actuales es la de sus brazos móviles, los que se desplazarán por medio de secuencias de movimientos que son programados para la ejecución de tareas de utilidad.

La definición oficial de un robot industrial es: "Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable capaz de mover materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programados para realizar tareas diversas".³

2.3.7. CLASIFICACIÓN DEL ROBOT INDUSTRIAL

El desarrollo de maquinarias para la automatización dio paso al robot y con el desarrollo de controladores rápidos, basados en el microprocesador, así como un empleo de servos en bucle cerrado, que permiten establecer con exactitud la posición real de los elementos del robot y establecer el error con la posición deseada.

Esta evolución ha dado origen a una serie de tipos de robots, que se citan a continuación:

- Manipuladores (Véase la Figura 1).
- Robots de repetición y aprendizaje
- Robots con control por computador
- Robots inteligentes
- Micro-robots

2.3.7.1. MANIPULADORES

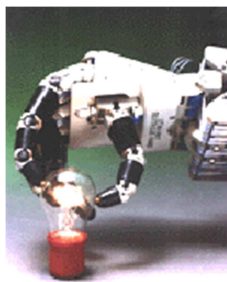


Figura 1.- Robot Manipulador

Fuente: http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/industrial.htm

³ Tomado del libro: BARRIENTOS Antonio-PEÑÍN Luis Felipe-BALAGUER Carlos-ARACIL Rafea(),
Fundamentos de Robótica

Son sistemas mecánicos multifuncionales, con un sencillo sistema de control, que permite gobernar el movimiento de sus elementos, de los siguientes modos:

- **Manual:** Cuando el operario controla directamente la tarea del manipulador.
- **De secuencia fija:** cuando se repite, de forma invariable, el proceso de trabajo preparado previamente.
- **De secuencia variable:** Se pueden alterar algunas características de los ciclos de trabajo.

Existen muchas operaciones básicas que pueden ser realizadas óptimamente mediante manipuladores, por lo que se debe considerar seriamente el empleo de estos dispositivos, cuando las funciones de trabajo sean sencillas y repetitivas.

2.3.7.2. ROBOTS DE REPETICIÓN O APRENDIZAJE

Son manipuladores que se limitan a repetir una secuencia de movimientos (Véase la Figura 2), antes ejecutada por un operador humano, haciendo uso de un controlador manual o un dispositivo auxiliar. En este tipo de robots, el operario en la fase de enseñanza, se vale de una pistola de programación con diversos pulsadores o teclas, o bien, de joysticks, o desplaza directamente la mano del robot.

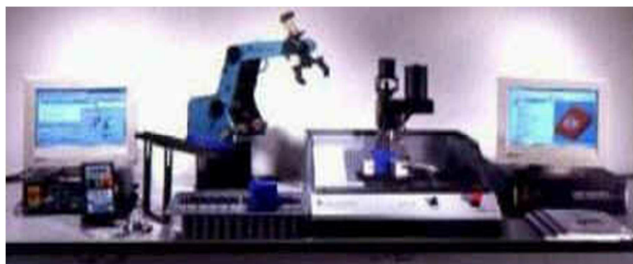


Figura 2.- Proceso de repetición que realiza un robot.

Fuente: http://cfievalladolid2.net/tecnocyr_01/robotica/industrial.htm

2.3.7.3. ROBOTS CON CONTROL DEL COMPUTADOR

Este tipo de robots son manipuladores o sistemas mecánicos multifuncionales, controlados por un computador. El programador no necesita mover realmente el elemento de la maquina, cuando la prepara para realizar un trabajo. El control por computador dispone de un lenguaje específico, compuesto por varias instrucciones adaptadas al robot, con las que se puede confeccionar un programa de aplicación utilizando solo el terminal del computador, no el brazo.

2.3.7.4. ROBOTS INTELIGENTES

Los robots inteligentes son capaces de relacionarse con el mundo que les rodea a través de sensores y tomar decisiones en tiempo real (auto programable). Son muy poco conocidos en el mercado y se encuentran en fase experimental, en la que se esfuerzan los grupos investigadores por potenciarles y hacerles más efectivos y al mismo tiempo más asequibles.

La visión artificial, el sonido de máquina y la inteligencia artificial, son las ciencias que más están estudiando para su aplicación en los robots inteligentes.

2.3.7.5. MICRO - ROBOTS

Los micro-robots son utilizados con fines educacionales, de entretenimiento o investigación, existen numerosos robots de formación o micro-robots a un precio muy asequible, cuya estructura y funcionamiento son similares a los de aplicación industrial.

2.3.8. ESTRUCTURA MECÁNICA DE UN ROBOT.

Un robot está formado por los siguientes elementos: estructura mecánica, transmisiones, sistema de accionamiento, sistema sensorial, sistema de control y elementos terminales.

Aunque los elementos empleados en los robots no son exclusivos de estos, las altas prestaciones que se exigen a los robots han motivado que en ellos se empleen elementos con características específicas.

Mecánicamente, un robot está formado por una serie de elementos o eslabones unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre cada dos eslabones consecutivos. La constitución física de la mayor parte de los robots industriales guarda cierta similitud con la anatomía del brazo humano, por lo que en ocasiones, para hacer referencia a los distintos elementos que componen el robot, se usan términos como cuerpo, brazo, codo y muñeca.

2.3.8.1. SISTEMAS DE ROBOTS BÁSICOS.

Los componentes básicos de un robot y sus principales características se mencionan a continuación:

1. **La estructura mecánica.**- La estructura mecánica de un robot básicamente consta de los eslabones y la base del mismo. De la capacidad de carga a transportar, es decir de sus posiciones (Véase la Figura 3), dependerá la rigidez estructural para asegurar la exactitud mínima bajo las cargas útiles variadas.

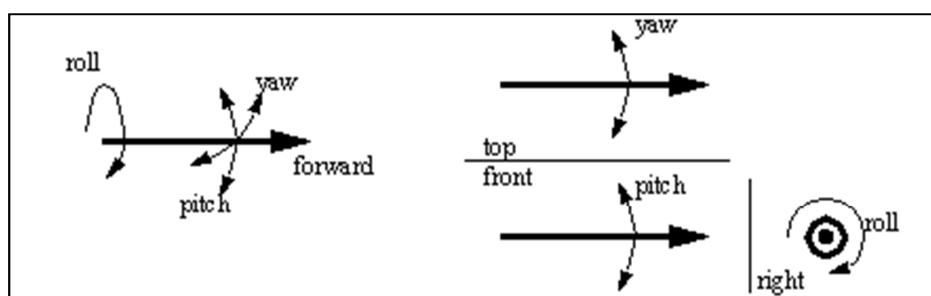


Figura 3.- Posiciones que puede tomar el brazo robótico en el espacio

Fuente: <http://proton.ucting.udg.mx/robotica/r166/r66/r66.htm>

2. **Actuadores.-** Dentro de los actuadores más importantes en la construcción de un brazo robótico se distinguen los motores, los cilindros, las juntas del robot, etc. Esto también podría incluir los mecanismos para una correcta transmisión.
3. **Control a la Computadora.-** Dependiendo de la tarea a realizar el control de la computadora une con el usuario las diversas tareas que desempeña el mismo (Véase la Figura 4) y a su vez son los sistemas de mando del robot.

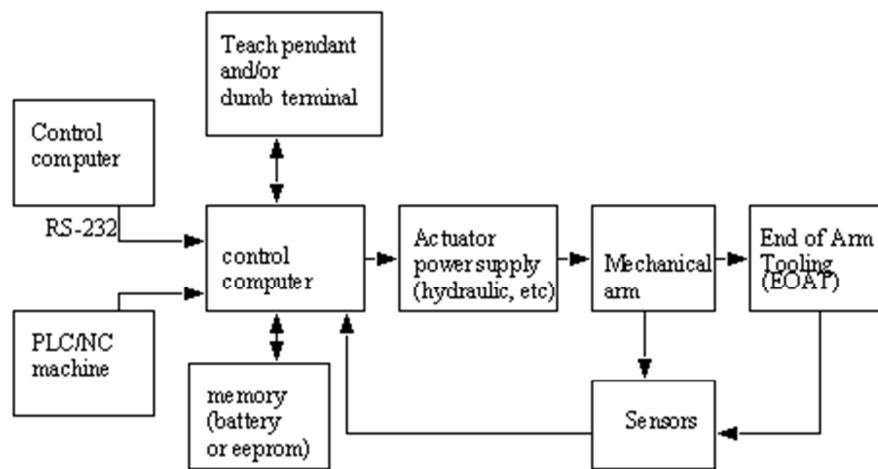


Figura 4.- Diagrama básico del proceso de control del brazo robótico

Fuente: <http://proton.ucting.udg.mx/robotica/r166/r66/r66.htm>

4. **Los elementos de la posición.-** La herramienta principal de los elementos de posición, sin tener en cuenta la orientación, puede moverse a varias posiciones en el espacio.
5. **El Punto de Centro de herramienta (TCP).-** El punto de centro de herramienta (Véase la Figura 5) se localiza en el centro de la herramienta de sujeción del robot. Típicamente el TCP se usa al referirse a la posición de los robots y puede especificarse en los ejes: cartesiano, cilíndrico, esférico, etc., coordenadas que dependen del robot.
Se pueden cambiar las herramientas que nosotros reprogramaremos a menudo el robot para el TCP.

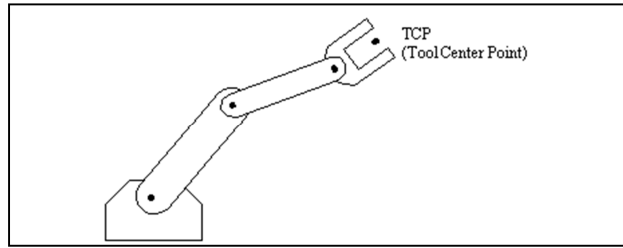


Figura 5.- Punto de centro de herramienta en el brazo robótico

Fuente: <http://proton.ucting.udg.mx/robotica/r166/r66/r66.htm>

6. **El espacio de trabajo.-** El robot tiende a tener una geometría fija y limitada. El espacio de trabajo (Véase la Figura 6) es el límite de posiciones en espacio que el robot puede alcanzar. Para un robot cartesiano los espacios de trabajo podrían ser un cuadrado, para los robots más sofisticados los espacios podrían ser de una forma esférica.

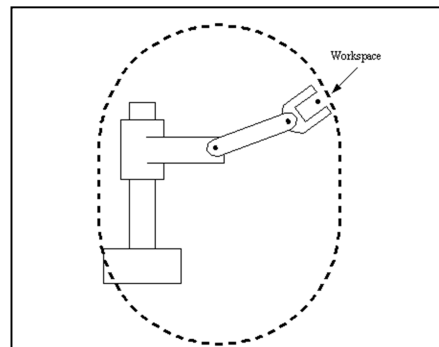


Figura 6.- Espacio de trabajo del brazo robótico

Fuente: <http://proton.ucting.udg.mx/robotica/r166/r66/r66.htm>

7. **La velocidad.-** Se refiere a la velocidad máxima que es logable por el TCP, o por las juntas individuales. Este número no es exacto en la mayoría de los robots y variará de acuerdo a la geometría del robot. El número reflejará a menudo la velocidad más segura máxima posible. Algunos robots permiten la máxima tasa de la velocidad (100%) para ser aprobado, pero debe tenerse con él, gran cuidado.

8. **La carga útil.-** La carga útil indica la masa máxima que el robot puede alcanzar antes de cualquier fracaso o pérdida dramática de exactitud. Es posible exceder la carga útil máxima, pero esto no se aconseja. Cuando el robot está acelerando rápidamente, la carga útil debe estar menos de la masa máxima. Esto es afectado por la habilidad de agarrar la parte firmemente, así como la estructura del robot y el actuador. El extremo de brazo al laborar con herramienta debe ser considerado parte de la carga útil

9. **Repetibilidad.-** La repetibilidad es el mecanismo de alguna variación natural en el robot. Esto significa que cuando el robot se devuelve al mismo punto repetidamente, no siempre se detendrá en la misma posición. Se considera que Repetibilidad es +/- 3 veces la desviación normal de la posición, o donde 99.5% de toda la caída de dimensiones de repetibilidad.

10. **La exactitud.-** La exactitud está determinada por la resolución del espacio de trabajo. Si el robot se ordena para viajar a un punto en el espacio, estará apagado a menudo por alguna cantidad, la distancia máxima debe ser considerada la exactitud. Éste es un efecto de un sistema del mando que no es necesariamente continuo.

11. **Tiempo de establecimiento.-** Durante un movimiento, el robot se mueve rápidamente, pero como en los acercamientos del robot a la posición final se reducen la velocidad, el tiempo de establecimiento es el tiempo requerido por el robot para estar dentro de una distancia dada de la última posición.

12. **Las coordenadas.-** El robot se puede mover, por consiguiente es necesario definir las posiciones (Véase las Figuras 7, 8 y 9). Cabe resaltar que las coordenadas son una combinación de la posición de origen y de la orientación de los eslabones.

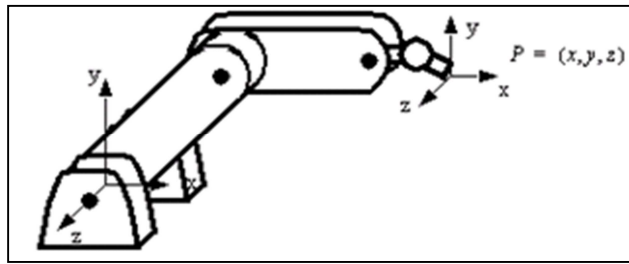


Figura 7.- Posición de la herramienta con respecto a la base

Fuente: <http://proton.ucting.udg.mx/robotica/r166/r66/r66.htm>

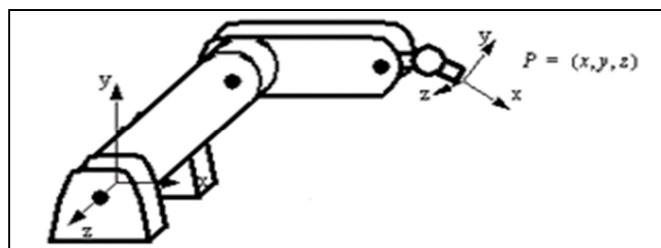


Figura 8.- Coordenadas de la herramienta

Fuente: <http://proton.ucting.udg.mx/robotica/r166/r66/r66.htm>

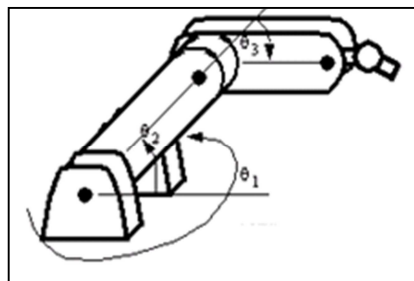


Figura 9.- Coordenadas de la junta

Fuente: <http://proton.ucting.udg.mx/robotica/r166/r66/r66.htm>

El movimiento de cada articulación puede ser de desplazamiento, de giro, o de una combinación de ambos. De este modo son posibles los seis tipos diferentes de articulaciones.

2.3.8.2. GRADOS DE LIBERTAD DEL ROBOT

Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación del robot con respecto a la anterior, se denomina **grado de libertad**. El número de grados de libertad del robot viene dado por la suma de los grados de libertad de las articulaciones que lo componen. Hay que tener en cuenta que el número de grados de libertad del robot suele coincidir con el número de articulaciones que se compone.

El empleo de diferentes combinaciones de articulaciones en un robot, da lugar a diferentes configuraciones, con características a tener en cuenta tanto en el diseño y construcción del robot como en su aplicación. Las combinaciones más frecuentes son con tres articulaciones y que son las más importantes a la hora de posicionar su extremo en un punto en el espacio. Puesto que para posicionar y orientar un cuerpo de cualquier manera en el espacio son necesarios seis parámetros, tres para definir la posición y tres para la orientación, si se pretende que un robot posicione y oriente su extremo de cualquier modo en el espacio, se precisara al menos seis grados de libertad.

En la práctica, a pesar de ser necesarios los seis grados de libertad comentados para tener total libertad en el posicionado y orientación del extremo del robot, muchos robots industriales cuentan con solo cuatro o cinco grados de libertad, por ser estos suficientes para llevar a cabo las tareas que se encomiendan.

Existen también casos opuestos, en los que se precisan más de seis grados de libertad para que el robot pueda tener acceso a todos los puntos de su entorno. Así, si se trabaja en un entorno con obstáculos, el dotar al robot de grados de libertad adicionales le permitirá acceder a posiciones y orientaciones de su extremo a las que, como consecuencia de los obstáculos, no hubieran llegado con seis grados de libertad. Otra situación frecuente es dotar al robot de un grado de libertad adicional que le permita desplazarse a lo largo de un carril aumentando así el volumen de su espacio al que puede acceder. Cuando el número de grados de libertad del robot es mayor que los necesarios para realizar una determinada tarea se dicen que el robot es redundante.

2.3.9. BRAZO ROBÓTICO

Imaginemos un Brazo Robótico elemental, sin pinza ni codo, solamente una articulación, en este caso el hombro, el mismo que tiene la capacidad de girar para proporcionarle un movimiento de abajo hacia arriba en el plano vertical. Se puede observar que solo en un pequeño brazo robótico que contenga tan solo un grado de libertad se requiere el conocimiento teórico para que su construcción llegue a ser la requerida.

2.3.10. CONFIGURACIONES TÍPICAS DE LAS ARTICULACIONES DEL BRAZO ROBÓTICO

Las articulaciones son los elementos de unión entre los ejes del robot y es en ellas donde se origina el movimiento del mismo. El movimiento de cada articulación puede ser de desplazamiento, de giro o de una combinación de los dos tipos de movimiento. Se distinguen seis tipos de articulaciones: prismática, de rotación, cilíndrica, esférica o rótula, planar y de tornillo.

Los tipos de rotación y prismática (o lineal) son los que se utilizan mayoritariamente en los robots industriales. En la Figura 10 se indica cuál es el número de grados de libertad de cada articulación. Puesto que en el caso de las articulaciones de rotación y prismáticas el GDL es uno, en los robots industriales el número de GDL del robot suele coincidir con el de la suma de sus articulaciones. Considerando en un espacio 3D, el máximo GDL es seis, tres desplazamientos y tres giros.



Figura 10.- Tipos de articulaciones.

Fuente: RENTERÍA Arantxa-RIVAS María, *Robótica Industrial: Fundamentos y Aplicaciones* (Pág. 17)

A pesar de que en la práctica es necesario tener estos seis GDL para tener total libertad en el posicionado y orientación del extremo del robot, existen robots con menos de seis articulaciones, puesto que puede ser suficiente para llevar a cabo las tareas que han de realizar. Por el contrario, también se da la situación en la que se encuentran robots con más articulaciones, con la intención de facilitar el sortear obstáculos o ampliar el campo de trabajo del robot.

Los ejes se dividen comúnmente en dos grupos:

- Ejes principales (1, 2 y 3), mayoritariamente responsables de la posición del objeto.
- Ejes de la muñeca (del 4 en adelante), como los responsables de la orientación.

El empleo de combinaciones de los diferentes tipos de articulaciones en los primeros tres ejes del robot da lugar a lo que se denomina configuración del robot. El tipo de configuración determina, entre otras características, el campo de trabajo del robot, es decir, el volumen de espacio en el que el robot puede posicionar su muñeca.

2.3.11. TIPOS DE CONFIGURACIONES PARA BRAZOS ROBÓTICOS

En ocasiones se habla de la configuración de un robot, cuando se habla de la forma física que se le ha dado al brazo del robot. El brazo del manipulador presenta cuatro configuraciones clásicas: la cartesiana, la cilíndrica, la polar y la angular.

2.3.11.1. CONFIGURACIÓN CARTESIANA

Este tipo de configuración tiene tres movimientos lineales, es decir, tiene tres grados de libertad, los que corresponden a los movimientos localizados en los ejes X, Y y Z (Véase la Figura 11). Cuando este robot realiza movimientos entre un punto y otro lo hace con base en interpolaciones lineales. Interpolación que es el tipo de trayectoria que realiza el manipulador cuando se desplaza entre un punto y otro. A la trayectoria realizada en línea recta se le conoce como interpolación lineal y a la trayectoria hecha de acuerdo con el tipo de movimientos que tienen sus articulaciones se le llama interpolación por articulación.

Esta configuración da lugar a robots de alta precisión, velocidad y capacidad de carga constante en todo su alcance, amplia zona de trabajo y simplificación del sistema de control.

Se usan en aplicaciones que requieren movimientos lineales de alta precisión y en los casos en que la zona de trabajo sea básicamente un plano.

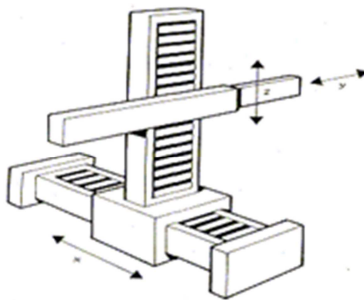


Figura 11.- Esquema típico cartesiano

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos10/robap/robap.shtml>

2.3.11.2. CONFIGURACIÓN CILÍNDRICA

Con este tipo de configuración se puede realizar dos movimientos lineales y uno rotacional, o sea, que presenta tres grados de libertad (Véase la Figura 12). El robot de configuración cilíndrica está diseñado para ejecutar los movimientos conocidos como interpolación lineal e interpolación por articulación.

La interpolación por articulación se lleva a cabo por medio de la primera articulación, ya que ésta puede realizar un movimiento rotacional.

Su eje rotacional hace que este robot presente unas mejores maniobrabilidad y velocidad que el robot cartesiano. Su aplicación principal se encuentra en instalaciones sin obstáculos, en las que las máquinas se distribuyan radialmente y el acceso al punto deseado se realice horizontalmente.

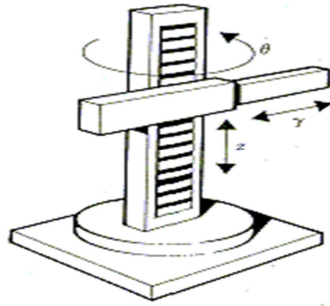


Figura 12.- Campo de trabajo de un robot cilíndrico

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos10/robap/robap.shtml>

2.3.11.3. CONFIGURACIÓN POLAR

La configuración polar tiene varias articulaciones. Cada una de ellas puede realizar un movimiento distinto: rotacional, angular y lineal (Véase la Figura 13). Este robot utiliza la interpolación por articulación para moverse en sus dos primeras articulaciones y la interpolación lineal para la extensión y retracción.

Su accesibilidad es mejor que la de los robots cartesiano y cilíndrico, así como también su capacidad de carga. Este tipo de robots presenta ciertos inconvenientes, como la dificultad de controlar un simple movimiento de traslación o la pérdida de precisión producida al trabajar con cargas pesadas y con el brazo muy extendido.

Es aplicable en operaciones de manejo de cargas importantes que no precisen movimientos complejos.

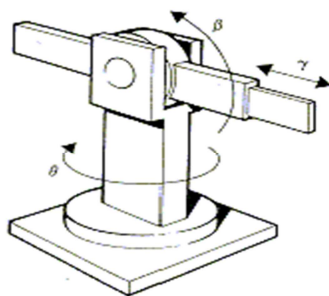


Figura 13.- Robot con configuración esférica o polar (Campo de trabajo)

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos10/robap/robap.shtml>

2.3.11.4. CONFIGURACIÓN ANGULAR (O DE BRAZO ARTICULADO)

La configuración angular presenta una articulación con movimiento rotacional y dos angulares (Véase la Figura 14). Aunque el brazo articulado puede realizar el movimiento llamado interpolación lineal (para lo cual requiere mover simultáneamente dos o tres de sus articulaciones), el movimiento natural es el de interpolación por articulación, tanto rotacional como angular.

Los robots con configuración angular presentan una gran maniobrabilidad y accesibilidad a zonas con obstáculos, ocupan poco espacio en relación a su alcance, son robots muy rápidos, que permiten trayectorias muy complejas. Estas características son las que hacen que la mayor parte de los robots industriales presenten esta configuración de sus tres ejes principales.

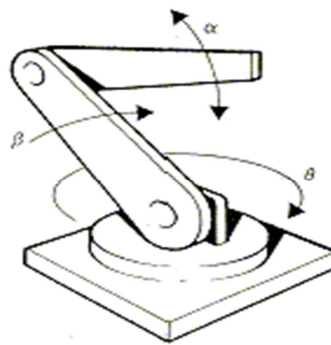


Figura 14.- Esquema típico angular

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos10/robap/robap.shtml>

Además de las cuatro configuraciones clásicas mencionadas, existen otras configuraciones llamadas no clásicas. El ejemplo más común de una configuración no clásica lo representa el robot tipo SCARA (Véase la Figura 15), cuyas siglas significan: Selective appliance arm robot for assembly. Este brazo puede realizar movimientos horizontales de mayor alcance debido a sus dos articulaciones rotacionales. El robot de configuración SCARA también puede hacer un movimiento lineal (mediante su tercera articulación).

Este tipo de configuración produce robots muy rápidos y de alta precisión. Generalmente encuentra aplicación en operaciones de ensamblado o empaquetado, que requieran movimientos simples para inserción o toma de piezas.

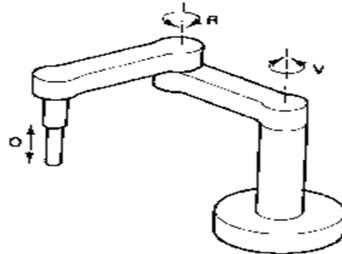


Figura 15.- Robot SCARA y campo de trabajo.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos10/robap/robap.shtml>

2.3.12. ACTUADORES Y TRANSMISIONES

Los sistemas de accionamiento (Véase la Figura 16) son el conjunto de elementos que hacen posible el movimiento de cada eje del robot. Cada articulación/eje lleva asociado:

- **Actuadores o accionamientos.-** Son dispositivos motores que generan movimiento de acuerdo con las órdenes del sistema de control. Suele colocarse lo más cerca posible de la base del robot, puesto que los pares estáticos que deben vencer los actuadores dependen directamente de la distancia de las masas al actuador.
- **Sistema de transmisión y reducción.-** Elementos capaces de trasladar y modificar el movimiento generado por el accionamiento hasta la articulación. Tanto los sistemas de transmisión como los de reducción deben cumplir una serie de características muy restrictivas, debido a las altas exigencias de funcionamiento que se le piden al robot.
- **Sensores de posición y velocidad.-** Son dispositivos de captación de la formación sobre la posición y velocidad de cada eje, cuya salida recogida por el sistema de control para poder controlar el movimiento.

Los accionamientos utilizados en robótica son clasificados en función a la energía que utilizan; neumáticos, hidráulicos y eléctricos. En el diseño de un robot, a la hora de seleccionar el tipo de actuador más conveniente, se consideran características tales como la potencia, la controlabilidad, la velocidad, la precisión, el coste y el peso, entre otras.

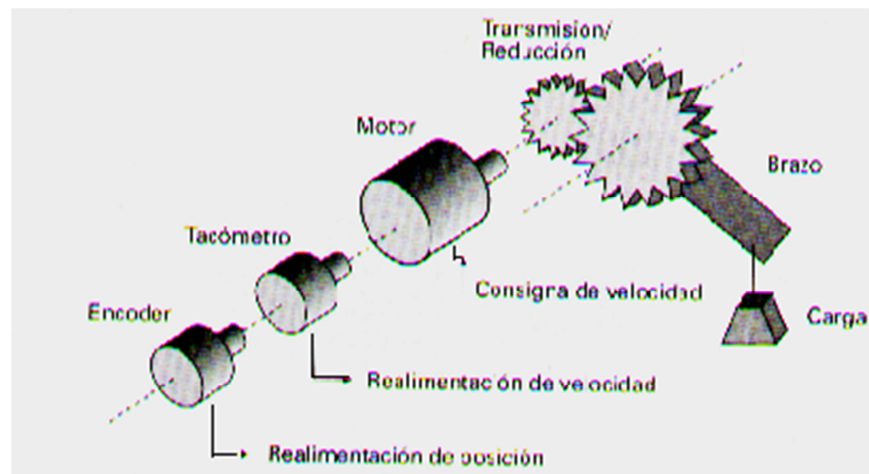


Figura 16.- Esquema con los elementos del sistema de accionamiento de un eje.

Fuente: RENTERÍA Arantxa-RIVAS María, *Robótica Industrial: Fundamentos y Aplicaciones* (Pág. 24)

“La energía que utiliza cada uno de los actuadores no sólo determina el tipo de control, sino también la instalación para suministro de la misma en la célula robotizada. Los accionamientos neumáticos e hidráulicos se basan en el uso de la energía liberada por fluidos en movimiento. En el primer caso se trata de aire comprimido, mientras que en el segundo se comprime un fluido que suele ser aceite. En ambos casos, por tanto, será necesaria la instalación de una bomba o compresor, equipos de filtrado, acumuladores, equipos de refrigeración, servo válvulas, etc. Especialmente en el caso de los accionamientos hidráulicos se trata de instalaciones complejas que requieren mucho

mantenimiento, lo que representa una gran desventaja sobre el accionamiento eléctrico, dada la facilidad de transporte de la energía eléctrica”.⁴

2.3.13. VOLUMEN DE TRABAJO DE LOS BRAZOS ROBÓTICOS

El volumen de trabajo de un robot se refiere únicamente al espacio dentro del cual puede desplazarse el extremo de su muñeca. Para determinar el volumen de trabajo no se toma en cuenta el efecto final. La razón de ello es que a la muñeca del robot se le pueden adaptar grippers de distintos tamaños.

El robot cartesiano y el robot cilíndrico presentan volúmenes de trabajo regulares (Véase las Figuras 17 y 18).

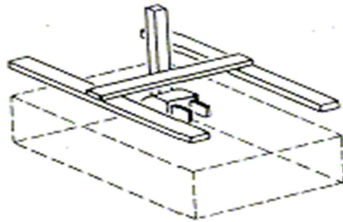


Figura 17.- Figura cúbica que genera el Robot cartesiano.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos10/robap/robap.shtml>

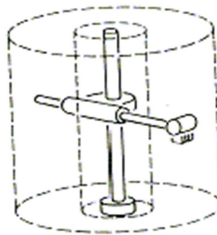


Figura 18.- Figura cilíndrica que genera el Robot de configuración cilíndrica.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos10/robap/robap.shtml>

El robot de configuración cilíndrica presenta un volumen de trabajo parecido a un cilindro (normalmente este robot no tiene una rotación de 360°).

⁴ Tomado del libro: RENTERÍA Arantxa-RIVAS María, *Robótica Industrial: Fundamentos y Aplicaciones* (2000, Pág. 24)

2.3.14. CONFIGURACIONES DE LA MUÑECA

La muñeca está formada por las articulaciones del robot, que tienen como misión orientar el objeto en el espacio. Uno de los extremos de la muñeca va unido al brazo, y en el extremo opuesto se fija la herramienta de trabajo del robot. La muñeca consta de hasta tres ejes, dotados con articulaciones de rotación. Una configuración básica es la formada por articulaciones de rotación que producen giros sobre tres ejes perpendiculares que se cortan en un punto (Véase la Figura 19).

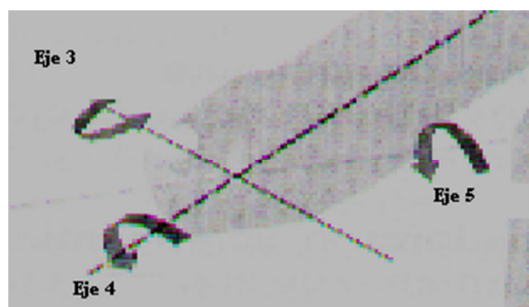


Figura 19.- Muñeca << en línea >>. (Cortesía de Robotiker)

Fuente: RENTERÍA Arantxa-RIVAS María, *Robótica Industrial: Fundamentos y Aplicaciones* (Pág. 23)

Otra configuración de muñeca bastante frecuente presenta un eje oblicuo entre los ejes 4 y 6, facilitando el recorrido continuo de trayectorias sinuosas (Véase la Figura 20).

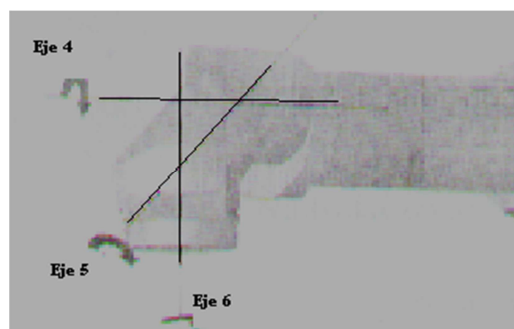


Figura 20.- Muñeca cónica. (Cortesía de KUKA)

Fuente: RENTERÍA Arantxa-RIVAS María, *Robótica Industrial: Fundamentos y Aplicaciones* (Pág. 23)

En algunos modelos de robot, los fabricantes ofrecen el mismo brazo con distintas opciones de muñeca, que se seleccionará de acuerdo con la aplicación a la que se quiere destinar el robot.

2.3.15. ELEMENTOS TERMINALES

Por elemento terminal o efector final, se entiende cualquier dispositivo que, colocado en el extremo del robot, permite a éste realizar una tarea concreta.

Los elementos terminales se clasifican en dos grandes grupos:

- Garras, para la sujeción y manipulación de las piezas
- Herramientas, para la realización de operaciones sobre las piezas.

Aunque también es habitual encontrar robots que llevan como elemento terminal algún dispositivo sensor, como puede ser un palpador o una cámara de visión artificial.

2.3.15.1. GARRAS

Gran parte de las tareas de los robots industriales está relacionada con la manipulación de piezas, es decir, el trabajo del robot consiste en recoger una pieza, trasladarla y depositarla en otro lugar.

Por tanto dada la gran diversidad de piezas, máquinas y ambientes en los que se necesita dotar al robot de una garra, existe una gran variedad de garras.

Las garras pueden clasificarse atendiendo a la naturaleza de su fuerza de sujeción, del modo siguiente:

- Garras mecánicas o pinzas
- Garras succionadoras o ventosas
- Garras magnéticas o electroimanes
- Garras especiales

2.3.15.1.1. GARRAS MECÁNICAS O PINZAS

Las pinzas o garras mecánicas son los elementos terminales más usuales para la sujeción de piezas. En las garras mecánicas se distinguen básicamente dos componentes: el mecanismo de actuación y los elementos que entran en contacto con la pieza, que se denominan dedos. Puesto que se trata de dedos no articulados, las garras mecánicas son elementos de construcción simple, en los que el mecanismo de actuación facilita únicamente movimiento de apertura y cierre.

Dentro de las garras mecánicas se pueden distinguir entre las que sujetan por rozamiento y las que sujetan por enganche. En las primeras, la fuerza que ejerce sobre la pieza debe ser tal que sea suficiente para sujetar la pieza por rozamiento, pero sin llegar a deformarla o dañarla. En el segundo grupo se dota a los dedos con formas y resaltes que sirven para sujetar la pieza. Generalmente la sujeción por enganche se utiliza para sujetar piezas delicadas, tales como el cristal, cartones, etc.

En la Figura 21, una garra de dos dedos sujeta una pieza de dos kilos por rozamiento. Estos dedos presentan una zona de contacto recubierta por un material gomoso, de coeficiente de rozamiento elevado.

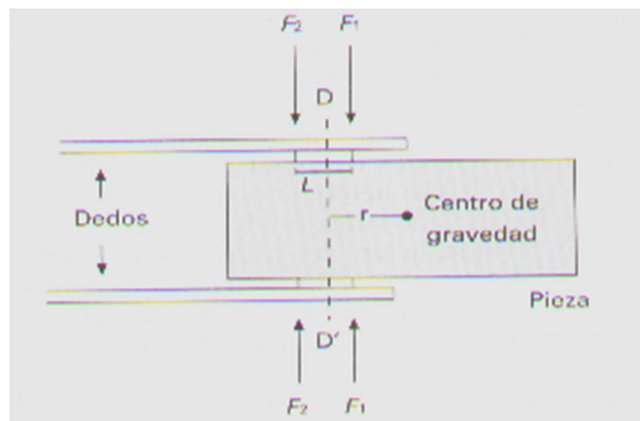


Figura 21.- Fuerzas y pares en la sujeción de una pieza.

Fuente: RENTERÍA Arantxa-RIVAS María, *Robótica Industrial: Fundamentos y Aplicaciones* (Pág. 102)

En función al mecanismo de actuación se distinguen garras neumáticas, eléctricas e hidráulicas.

Las garras de accionamiento neumático utilizan como elemento de actuación un cilindro y la dimensión del mismo. El control de la apertura/cierre de la garra se realiza mediante una electroválvula conectada a canales digitales de salida del robot. Este tipo de garras son de dos posiciones abierta o cerrada, no siendo posible regular el cierre de los dedos.

Las garras neumáticas son las más extendidas debido a su gran velocidad, bajo costo y reducido peso. Las garras de accionamiento eléctrico utilizan como elementos de actuación electroimanes o motores eléctricos.

En el caso de **electroimanes**, el mecanismo es análogo al cilindro neumático, utilizando como energía la eléctrica, en sustitución al aire a presión. Las garras accionadas mediante motores eléctricos permiten la regulación del recorrido de los dedos controlando el movimiento de los motores. Sin embargo las garras eléctricas presentan una mala relación potencia/peso y tampoco resultan adecuadas para realizar trabajos en ambientes explosivos.

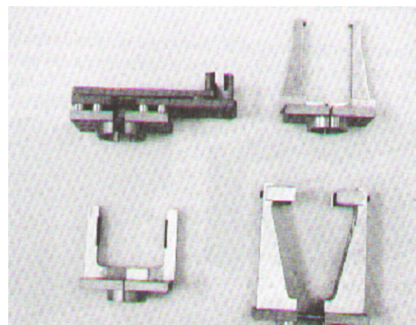


Figura 22.-Distintos tipos de dedos (Cortesía de Robotiker)

Fuente: RENTERÍA Arantxa-RIVAS María, Robótica Industrial: Fundamentos y Aplicaciones (Pág. 106)

Las garras disponibles comercialmente permiten seleccionar de manera independiente la garra y el tipo de dedos (Véase la Figura 22), aunque en muchos casos será necesario diseñarlos específicamente para cada aplicación. El tipo de pinza (de dedos pivotantes o

paralelos (Véase la Figura 23)) y un estudio de la geometría de las piezas a manipular determinará la forma constructiva de estos elementos. De hecho en aplicaciones en las que el robot tenga que manipular gran variedad de piezas, un adecuado diseño de la garra puede permitir utilizar una única gama para todas ellas.

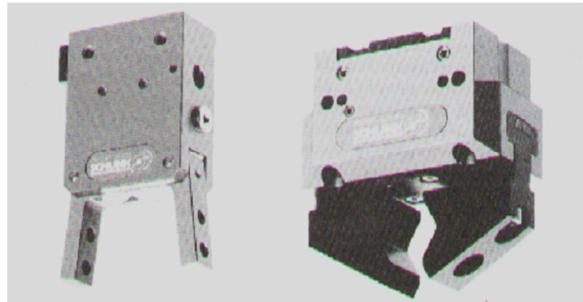


Figura 23.-Distintos tipos de pinzas

Fuente: RENTERÍA Arantxa-RIVAS María, *Robótica Industrial: Fundamentos y Aplicaciones* (Pág. 106)

2.3.15.1.2. GARRAS SUCCIONADORAS O VENTOSAS

Las garras de vacío son garras formadas por ventosas. Se encuentran muy diversas configuraciones, algunas con una sola ventosa grande y otras con gran número de ventosas de pequeño tamaño (Véase la Figura 24). A diferencia de las mecánicas, estas garras no se encuentran disponibles comercialmente como tales, sino que se seleccionan las ventosas adecuadas y se construye la garra en cada caso.

Las garras de vacío actúan reduciendo la presión de aire entre la pieza y la garra por debajo de la atmosférica, sujetando la pieza por succión. La fuerza que ejerce cada ventosa sobre la pieza es directamente proporcional a la presión de vacío y del área de la ventosa.

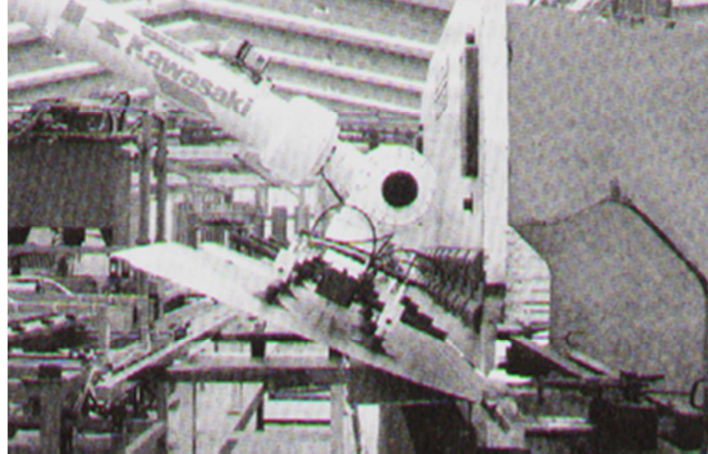


Figura 24.- Manipulación de láminas de acero. (Cortesía de ÍNSER.)

Fuente: RENTERÍA Arantxa-RIVAS María, *Robótica Industrial: Fundamentos y Aplicaciones* (Pág. 107)

Para adaptarse a la forma de las piezas, la unión de las ventosas a la muñeca del robot suele ser flexible (unión telescópica/muelle), o bien la misma ventosa puede ser elástica, con pliegues flexibles. Esto es indeseable en caso de manipulación de piezas deformables o de materiales blandos, que pueden ser el caso de algún tipo de envasado, materiales embolsados o luchados, usándose entonces ventosas rígidas.

Las ventajas que supone el uso de garras de vacío se enumeran a continuación:

- Simplicidad mecánica, facilidad de mantenimiento y coste más reducido que las garras mecánicas.
- No exigen exactitud en las medidas y forma de las piezas que manipulan, lo que implica que no se necesita un posicionamiento muy exacto de la garra.
- Eliminan el peligro de aplicación de grandes presiones sobre la pieza, lo que las hace especialmente aptas para manipulación de objetos frágiles.
- Proporcionan seguridad en ambientes explosivos.
- Sólo entran en contacto con una de las superficies de la pieza y la presión que se realiza sobre la pieza es uniforme.

2.3.16. SELECCIÓN DE UNA GARRA

La selección o diseño de la garra se realiza en varias fases. Primero hay que tener en cuenta las características de las piezas y de las operaciones que se llevan a cabo durante el ciclo de manipulación de las mismas.

- De acuerdo con las características de las garras se debe considerar los siguientes aspectos en las piezas a manipular:
 - Material y naturaleza de superficie.
 - Geometría.
 - Dimensiones.
 - Peso

- Asimismo, el proceso sobre las piezas es un factor clave, dado que determina;
 - Precisión en el posicionamiento.
 - Fuerzas a desarrollar. Dado el peso de la pieza, y el punto de sujeción, las fuerzas a desarrollar dependerán de las características del movimiento en la manipulación de la pieza.
 - Cambios en la geometría/peso de las piezas debido al proceso.
 - Suciedad sobre las piezas (grasa, limaduras...).
 - Riesgo de explosión ante chispa eléctrica.
 - Tiempo de actuación.
 - Por último, se seleccionará la garra más ligera que cumpla los requisitos, de modo que la capacidad de carga necesaria en el robot sea la mínima posible. Este factor hace que la selección más frecuente sean las pinzas mecánicas de accionamiento neumático.

- También resulta necesario poder dotar al robot de más de una garra, para cubrir los objetivos siguientes:
 - Manipular distintos tipos de piezas mediante el mismo robot.

- Reducir el tiempo de ciclo manipulando varias piezas simultáneamente.
- Permitir la variación de las dimensiones de la pieza.
- Realizar distintas operaciones en la misma pieza.

Uno de los casos más frecuentes de garra múltiple es el uso de una garra doble en aplicaciones de carga y descarga de máquina-herramienta. Esto permite la manipulación simultánea de pieza en bruto (carga) y pieza acaba (descarga), con la consiguiente reducción del tiempo de máquina para Garras múltiples más complejas se pueden encontrar en aplicaciones montaje de componentes en circuitos impresos.

2.3.17. TIPOS DE MOTORES QUE SE PUEDEN UTILIZAR PARA EL MOVIMIENTO DEL BRAZO ROBÓTICO

Para mayor facilidad en lo que se refiere a la utilización de motores para un brazo robótico, se consideran fáciles de programar y controlar su funcionamiento a los servomotores, además nos proveen de un torque alto, lo cual es de gran importancia ya que se requiere de ello para un correcto movimiento del brazo. Por otro lado, los motores de corriente continua forman parte importante de la investigación ya que el giro en ambos lados permite mayor movilidad al brazo.

2.3.17.1. EL SERVOMOTOR

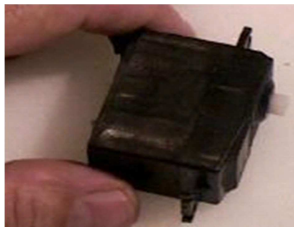


Figura 25.- Servomotor

Fuente: http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/sistema/motores_servo.htm

Un Servo es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado (Véase la Figura 25). Este puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Con tal de que una señal codificada exista en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia.

Los Servos son sumamente útiles en robótica. Los motores son pequeños, tiene internamente una circuitería de control interna y es sumamente poderoso para su tamaño. Un servo no consume mucha energía. Podrá observar en la Figura 26 la circuitería de control, el motor, un juego de piñones, y la caja; también se puede ver los 3 alambres de conexión externa: uno es para alimentación Vcc (+5volts), conexión a tierra GND y el alambre blanco es el alambre de control.

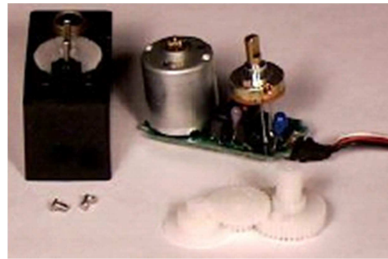


Figura 26.- Un servo desmontado.

Fuente: http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/sistema/motores_servo.htm

2.3.17.1.1. VENTAJAS

Entre las ventajas que aporta el empleo de un servo están las siguientes: poco peso, alta potencia (par de fuerza), fiabilidad, fortaleza (los servos y su electrónica normalmente sobreviven a choques y funcionan en ambientes de alta temperatura, suciedad, humedad y vibraciones), simplicidad, versatilidad y bajo coste.

En las tiendas pueden encontrarse muchos tipos de servomotores con par de fuerza que va desde unos 3 Kg/cm y una velocidad de giro de unos 0,22 segundos, hasta con un par de 8 Kg, una velocidad de giro de 0,1 segundos y engranajes metálicos.

2.3.17.1.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Los servos tienen un amplificador, servo motor, piñonería de reducción y un potenciómetro de realimentación; todo incorporado en el mismo conjunto.

Esto es un servo de posición (lo cual significa que uno le indica a qué posición debe ir), con un rango de aproximadamente 180 grados. Ellos tienen tres cables de conexión eléctrica; Vcc, GND, y entrada de control.

2.3.17.1.3. CABLES DEL SERVOMOTOR

Los cables del servo son normalmente codificados en colores como en el esquemático. Hitec, Futaba y Hobbico usan la misma convención. JR y Graupner tienen el control de color Naranja (Pero el orden de la instalación eléctrica es igual que Futaba). Otros como Sanwa (Airtronics) tienen la línea de GND azul. Otros Sanwa tienen todos los cables negros, con la raya roja a un lado. El alambre rayado es Vcc, el siguiente es GND y el último es la señal de control (clasificación diferente que Futaba). Los Hitec, Futaba o Hobbico y tienen esta distribución:

Señal de control (Amarillo o Blanco)

Vcc (Rojo)

GND (Negro).

Los números y las posiciones de los cables en el esquemático son arbitrarios, verifique su propio servo antes de conectarlo. Una señal de voltaje mal polarizada puede dañar el servo.

2.3.17.1.4. TRUCADO DE LOS SERVOS

Paso 1. Hay aplicaciones con servomotores (Véase la Figura 24) que necesitan un giro completo de los motores. Ya se ha visto que los servomecanismos tienen un giro de 180 grados. Esta limitación viene impuesta por unos topes mecánicos y un circuito electrónico. Todo esto se puede anular para conseguir el giro completo buscado, pero es un proceso destructivo, es decir, no se podrá recuperar la funcionalidad original.



Figura 27.- Servomotor a ser trucado

Fuente: <http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 2. Al quitar los cuatro tornillos posteriores como se aprecia en la Figura 28 hay un circuito electrónico. Para poder extraerlo es necesario quitar el tornillo que une la rueda con el eje del motor. Una vez hecho esto se puede quitar la tapa superior del servomecanismo, dejando al descubierto unos engranajes blancos:

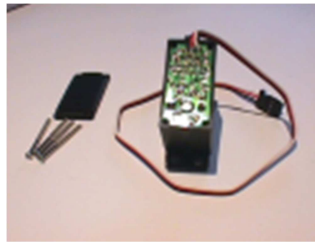


Figura 28.- Retiro de la tapa inferior del servomotor

Fuente: <http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 3. Los engranajes blancos que se pueden apreciar en esta figura forman **la caja reductora** (Véase la Figura 29) del servomecanismo. La misión de esta es proporcionar más par (fuerza) de salida en el eje del motor y reducir la velocidad del mismo. Para quitar el circuito electrónico se tiene que desmontar primero la caja reductora. Con mucho cuidado para no perder las piezas se irán quitando las pequeñas ruedas dentadas blancas. Atención con el pequeño eje situado en las dos ruedas intermedias.

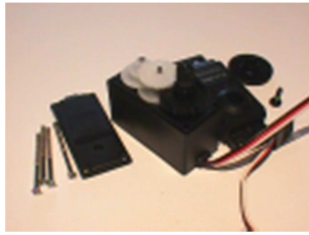


Figura 29.- Retiro de la tapa superior y vista de la Piñonería del servomotor

Fuente: <http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 4. Una vez hecho lo anterior se puede presionar con un destornillador el saliente mecánico que se esconde debajo del engranaje más grande (eje de salida). Se observará cómo el circuito electrónico sobresale por debajo. Ahora se puede hacer palanca para extraerlo entero. En la figura 30 se muestra la apariencia de ese circuito electrónico una vez extraído. Hay dos cilindros y un circuito integrado. Uno es el **potenciómetro** de control (en la figura a la izquierda), el otro es el **motor** (En la figura a la derecha).



Figura 30.- Motor y potenciómetro del Servo

Fuente: <http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 5. Ha llegado el momento de empezar a transformar el servomecanismo. Hasta ahora el proceso no ha sido destructivo, pero a partir de aquí sí lo será. Lo primero que hay que hacer es desoldar el motor (Véase la Figura 31), será la única parte que se reutilice, el resto no se va a necesitar. El potenciómetro establece junto con el chip la limitación de giro electrónica. Al quitar ambos componentes se elimina dicha limitación.



Figura 31.- Desoldada del motor y potenciómetro del Servo.

Fuente: <http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 6. El cable triple que sale del circuito electrónico se puede cortar para utilizarlo en otras aplicaciones. Es muy útil debido al conector triple que tiene en su extremo. En la Figura 32 se observa el circuito totalmente desmontado. El potenciómetro se puede reutilizar en otras aplicaciones.



Figura 32.- Placa, motor y potenciómetro desoldados del Servo.

Fuente: <http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 7. Antes de volver a colocar el motor en su sitio se deben soldar dos cablecillos en sus bornas de alimentación (Véase la Figura 33). Se recomienda usar un cable rojo y otro negro, el primero se soldará a la borna positiva (la que tiene el punto rojo) y el segundo a la negativa. La diferenciación no importa en el caso de microbots móviles, pero en aplicaciones que impliquen un solo sentido de giro del motor sí. Conviene hacer coincidir la polaridad de la fuente de alimentación con la del motor, de esa forma la vida útil del mismo será mayor.



Figura 33.- *Suelda de cables al motor del Servo.*

Fuente: <http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 8. Ahora se elimina la limitación mecánica. Esta consiste en un pequeño saliente situado en el engranaje que forma el eje de salida del servomecanismo. En la Figura 34 se puede apreciar dicho engranaje y la situación del saliente. Para cortarlo se pueden emplear unas pinzas, lima, etc... Lo importante es no dañar las muescas de la rueda dentada, o peor aún partir el eje. En caso de que esto ocurra se puede intentar pegar con 'Super Glue 3'.



Figura 34.- *Corte de la limitación mecánica del piñón.*

Fuente: <http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 9. Una vez eliminado el saliente se recomienda limar la zona para que no queden rugosidades (Véase la Figura 35), es decir que parezca que nunca hubo un saliente. La razón es evitar rozamientos innecesarios una vez montada la reductora. Cuantos más rozamientos más ruido y más pérdida de energía mecánica.



Figura 35.- *Piñón sin limitación mecánica para el giro completo.*

Fuente: <http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 10. Una vez realizado lo anterior se procede a montar el servomecanismo (Véase la Figura 36). Lo primero es introducir el motor en el hueco cilíndrico que hay en el interior de la carcasa negra, es decir del lugar de dónde salió.



Figura 36.- Ubicación del motor dentro de la carcasa del servo.

Fuente: <http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 11. Una vez introducido se monta la caja reductora, para ello fijarse en la Figura 37, sobretodo tener cuidado con la posición que deben tener los engranajes y nunca forzar su colocación. La tapa superior debe entrar sin ningún problema, en caso contrario revisar los engranajes.

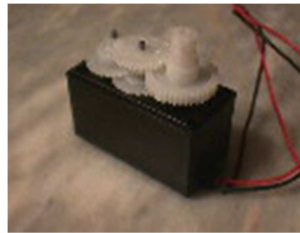


Figura 37.- Ubicación de la Piñonería del servo.

Fuente: <http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 12. Por último se atornilla la tapa inferior, pero antes conviene hacer un pequeño nudo en los cablecillos del motor como se muestra en la Figura 38, y dejar dicho nudo en el interior. Este protegerá las soldaduras hechas al motor cuando se produzcan tirones en los cablecillos.

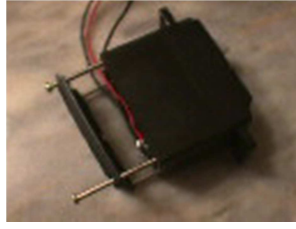


Figura 38.- Cierre de la carcasa del servo.

Fuente: <http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

Paso 13. En la Figura 39 se aprecia el aspecto del servomecanismo trucado. La primera diferencia respecto al principio está en el cable de conexión, ahora no es triple sino doble. Pero la más importante es que ahora puede girar continuamente, es decir giros completos de 360 grados.



Figura 39.- Servomotor trucado.

Fuente: <http://www.learobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html>

2.3.17.2. MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA



Figura 40.- Motores de Corriente Continua

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua

El motor de corriente continua (Véase la Figura 40) es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, principalmente mediante el movimiento rotatorio. En la actualidad existen nuevas aplicaciones con motores eléctricos que no producen movimiento rotatorio, sino que con algunas modificaciones, ejercen tracción sobre un riel. Estos motores se conocen como motores lineales.

Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos. La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. En el estator además se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.

También se construyen motores de CC con el rotor de imanes permanentes para aplicaciones especiales.

2.3.17.2.1. PARTES DE UN MOTOR CC

Un motor CC está compuesto de un estator y un rotor. En muchos motores c.c., generalmente los más pequeños, el estator está compuesto de imanes para crear un campo magnético. En motores corriente continua más grandes este campo magnético se logra con devanados de excitación de campo.

El rotor es el dispositivo que gira en el centro del motor cc y está compuesto de arrollados de cable conductores de corriente continua. Esta corriente continua es suministrada al rotor por medio de las **escobillas** generalmente fabricadas de carbón.

2.3.17.2.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

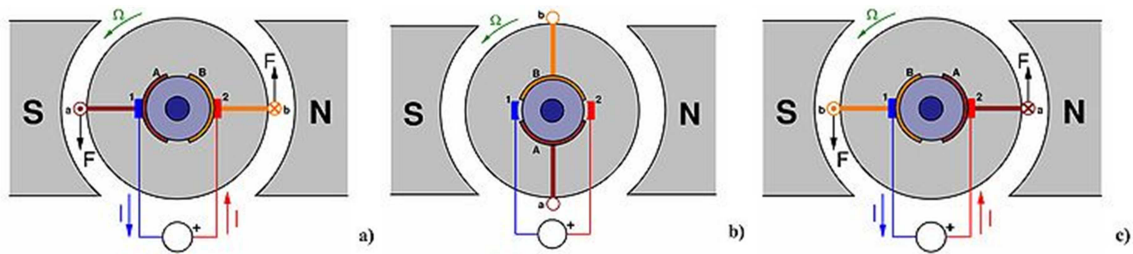


Figura 41.- Esquema del funcionamiento de un motor de c.c. elemental de dos polos con una sola bobina y dos delgas en el rotor.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua

En la Figura 41 se muestra el motor en tres posiciones del rotor desfasadas 90° entre sí. 1, 2: Escobillas; A, B: Delgas; a, b: Lados de la bobina conectados respectivamente a las delgas A y B.

2.3.17.2.3. FUERZA CONTRA ELECTROMOTRIZ INDUCIDA EN UN MOTOR

Es la tensión que se crea en los conductores de un motor como consecuencia del corte de las líneas de fuerza, es el efecto generador de pines. La polaridad de la tensión en los generadores es inversa a la aplicada en bornes del motor. Las fuertes puntas de corriente de un motor en el arranque son debidas a que con la máquina parada no hay fuerza contra electromotriz y el bobinado se comporta como una resistencia pura del circuito.

2.3.17.2.4. SENTIDO DE GIRO

El sentido de giro de un motor de corriente continua depende del sentido relativo de las corrientes circulantes por los devanados inductor e inducido. La inversión del sentido de giro del motor de corriente continua se consigue invirtiendo el sentido del campo magnético o de la corriente del inducido. Si se permuta la polaridad en ambos bobinados, el

eje del motor gira en el mismo sentido. Los cambios de polaridad de los bobinados, tanto en el inductor como en el inducido se realizarán en la caja de bornes de la máquina, y además el ciclo combinado producido por el rotor produce la fmm (fuerza magneto motriz).

El sentido de giro lo podemos determinar con la regla de la mano derecha, la cual nos va a mostrar el sentido de la fuerza. La regla de la mano derecha es de la siguiente manera: el dedo índice apunta en la dirección en la cual se dirige la corriente, el dedo medio apunta hacia el flujo del campo magnético y el pulgar nos muestra hacia dónde va dirigida la fuerza resultante y por lo tanto el sentido de giro.

2.3.18. SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control son aquellos dedicados a obtener la salida deseada de un proceso. En un sistema general se tienen una serie de entradas que provienen del sistema a controlar, y se diseña un sistema para que, a partir de estas entradas, modifique ciertos parámetros en el sistema, con lo que las señales anteriores volverán a su estado normal ante cualquier variación. Los sistemas de control se encargan de la regulación automática de operaciones y del equipo asociado, así como de la integración y coordinación de estas operaciones en un sistema de producción global.

2.3.19. REDES

Una red de comunicaciones es un conjunto de medios técnicos que permiten la comunicación a distancia entre equipos autónomos (no jerárquica -master/slave-). Normalmente se trata de transmitir datos, audio y vídeo por ondas electromagnéticas a través de diversos medios (aire, vacío, cable de cobre, fibra óptica, etc.).

2.3.20. REDES INALÁMBRICAS

La conexión de computadoras mediante Ondas de Radio o Luz Infrarroja, actualmente está siendo ampliamente investigada. Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes o en

oficinas que se encuentren en varios pisos. Pero la realidad es que esta tecnología está todavía en pañales y se deben de resolver varios obstáculos técnicos y de regulación antes de que las redes inalámbricas sean utilizadas de una manera general en los sistemas de cómputo de la actualidad

Mientras que las redes inalámbricas actuales ofrecen velocidades de 2 Mbps, las redes cableadas ofrecen velocidades de 10 Mbps y se espera que alcancen velocidades de hasta 100 Mbps. Los sistemas de Cable de Fibra Optica logran velocidades aún mayores y pensando futuristamente se espera que las redes inalámbricas alcancen velocidades de solo 10 Mbps.

Existen dos amplias categorías de Redes Inalámbricas:

1. **De Larga Distancia.-** (Véase la Figura 42) Estas son utilizadas para transmitir la información en espacios que pueden variar desde una misma ciudad o hasta varios países circunvecinos (mejor conocido como Redes de Area Metropolitana MAN); sus velocidades de transmisión son relativamente bajas, de 4.8 a 19.2 Kbps.

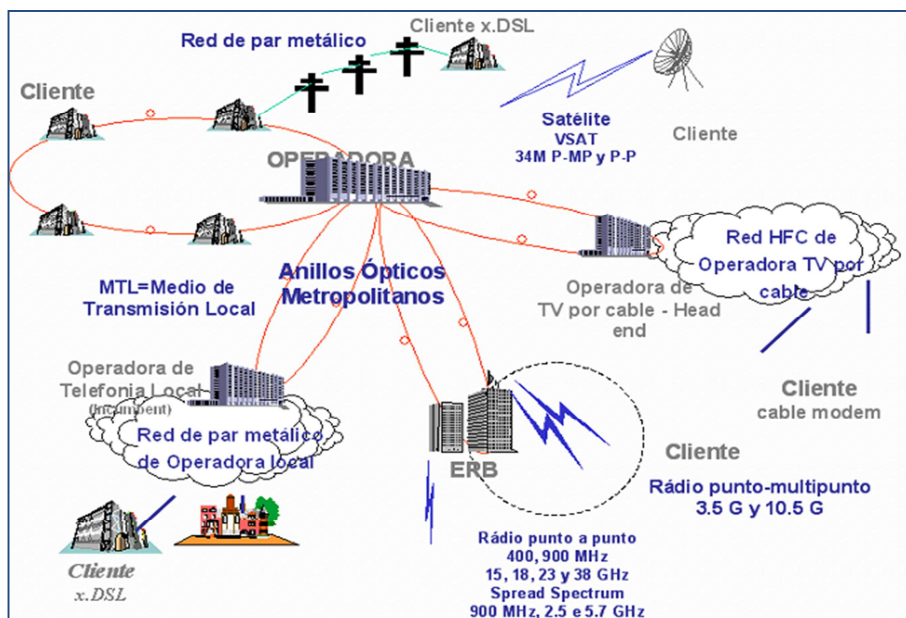


Figura 42.- Red Inalámbrica de larga distancia

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_computadoras

2. **De Corta Distancia.-** (Véase la Figura 43) Estas son utilizadas principalmente en redes corporativas cuyas oficinas se encuentran en uno o varios edificios que no se encuentran muy retirados entre sí, con velocidades del orden de 280 Kbps hasta los 2 Mbps.

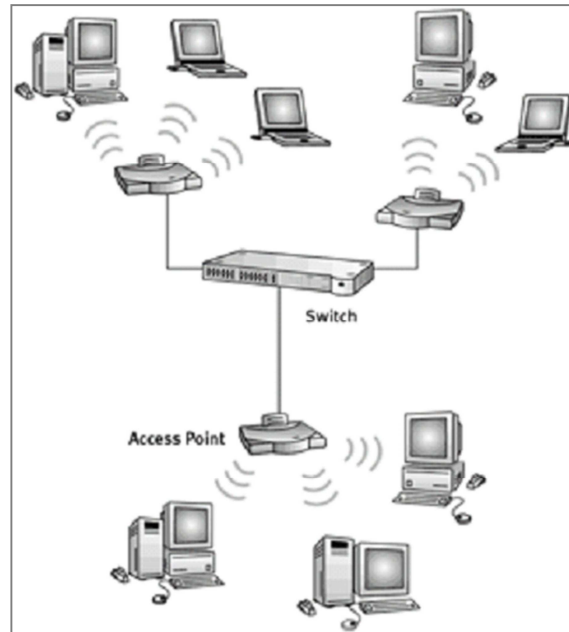


Figura 43.- Red Inalámbrica de corta distancia

Fuente:

http://4.bp.blogspot.com/_BjF2uoQso4g/STR0RH9h2oI/AAAAAAAAAAc/q9wTsmWgvYI/s320/red.gif

2.3.21. WIRELESS

Se denomina Wireless a las comunicaciones inalámbricas, en las que se utilizan modulación de ondas electromagnéticas, radiaciones o medios ópticos. Estas se propagan por el espacio vacío sin medio físico que comunique cada uno de los extremos de la transmisión.

2.3.21.1. VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA WIRELES

La principal ventaja es que permite conectarnos libremente sin estar atados a un cable, lo que permite más movilidad y la posibilidad de conectarse muchas personas sin el problema que puede presentar el cable al tener que cablearse físicamente para conectar puntos.

2.3.21.2. DESVENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA WIRELES

El principal inconveniente que puede presentar un sistema Wireless es en lo referente a las interferencias y a la pérdida de señal. Al ser una red no cableada se recomienda que el emplazamiento sea amplio y no tenga muchos elementos que impidan la propagación de la señal. Los aparatos que utilizan radiofrecuencias, radios, microondas, teléfonos inalámbricos, pueden interferir en la calidad de la señal. Otro de los problemas que puede presentar este tipo de conexiones es en lo referente a la autonomía del usuario, que no debe distanciarse en más de 300 o 400 metros. También es importante que reforcemos la seguridad para evitar que otros usuarios no deseados se conecten a nuestra red.

2.3.22. SENSOR INFRARROJO

El sensor es un dispositivo electrónico/mecánico/químico que mapea un atributo ambiental resultando una medida cuantizada, normalmente un nivel de tensión eléctrica.

Particularmente, “el **sensor infrarrojo** es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible”.⁵

⁵ Tomado de la página de internet: <http://wikipedia.org/Sensores/Infrarrojo>

2.3.22.1. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los rayos infrarrojos (IR) entran dentro del fototransistor donde encontramos un material piro eléctrico, natural o artificial, normalmente formando una lámina delgada dentro del nitrato de galio (GaN), nitrato de Cesio (CsNO₃), derivados de la fenilpirazina y ftalocianina de cobalto. Normalmente están integrados en diversas configuraciones (1,2,4 pixeles de material piro eléctrico). En el caso de parejas se acostumbra a dar polaridades opuestas para trabajar con un amplificador diferencial, provocando la auto-cancelación de los incrementos de energía de IR y el desacoplamiento del equipo.

2.3.22.2. TIPOS DE SENSORES INFRARROJOS

SENSORES PASIVOS

Están formados únicamente por el fototransistor con el cometido de medir las radiaciones provenientes de los objetos.

SENSORES ACTIVOS

Se basan en la combinación de un emisor y un receptor próximos entre ellos (Véase la Figura 44), normalmente forman parte de un mismo circuito integrado. El emisor es un diodo LED infrarrojo (IRED) y el componente receptor el fototransistor.

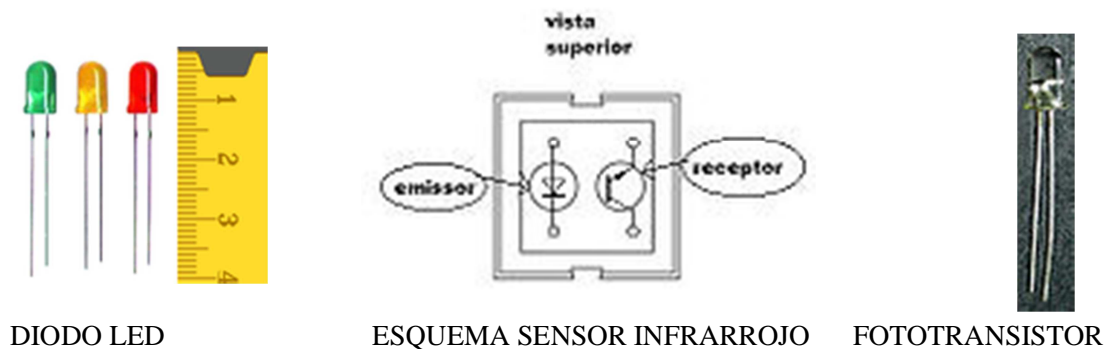


Figura 44.- Sensor infrarrojo activo

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_infrarrojo

SENSORES REFLEXIVOS

Este tipo de sensor presenta una cara frontal en la que encontramos tanto al LED como al fototransistor (Véase la Figura 45). Debido a esta configuración el sistema tiene que medir la radiación proveniente del reflejo de la luz emitida por el LED.

Se tiene que tener presente que esta configuración es sensible a la luz del ambiente perjudicando las medidas, pueden dar lugar a errores, es necesario la incorporación de circuitos de filtrado en términos de longitud de onda, así pues será importante que trabajen en ambientes de luz controlada. Otro aspecto a tener en cuenta es el coeficiente de reflectividad del objeto, el funcionamiento del sensor será diferente según el tipo de superficie.

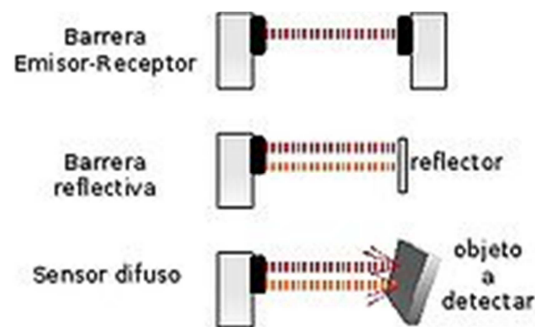


Figura 45.- Sistema para medir la radiación proveniente del reflejo de la luz emitida por el LED

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_infrarrojo

SENSORES MODULADOS

Este tipo de sensor infrarrojo sigue el mismo principio que el de reflexión pero utilizando la emisión de una señal modulada, reduciendo mucho la influencia de la iluminación ambiental. Son sensores orientados a la detección de presencia, medición de distancias, detección de obstáculos teniendo una cierta independencia de la iluminación.

SENSORES DE BARRIDO

La diferencia con los anteriores reside en que el sensor realiza el barrido horizontal de la superficie reflectante utilizando señales moduladas para mejorar la independencia de la luz,

el color o reflectividad de los objetos. Normalmente estos sistemas forman parte de un dispositivo de desplazamiento perpendicular al eje de exploración del sensor, para poder conseguir las medidas de toda la superficie.

2.3.23. MICROCONTROLADORES

2.3.23.1. ¿QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR PIC?

Un Microcontrolador es un circuito integrado, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador esto es: CPU, memoria RAM, EPROM y circuitos de entrada y de salida. Un Microcontrolador de fábrica, no realiza tarea alguna, este debe ser programado para que realice desde un simple parpadeo de un led hasta un sofisticado control de un robot. Un Microcontrolador es capaz de realizar la tarea de muchos circuitos lógicos como compuertas AND, OR, NOT, NAND, conversores D/C y A/C, temporizadores, decodificadores, etc., simplificando todo el diseño a una placa de reducido tamaño y pocos elementos.

2.3.23.2. MICROCONTROLADOR 16F877A

El Microcontrolador PIC 16F877A de Microchip (Véase la Figura 46), es muy versátil por contar con diversas características en un solo chip que lo hacen ser uno de los más utilizados en el mundo.



Figura 46.- Microcontrolador 16f877a

Fuente: <http://picmicrocontroller877.blogspot.com/>

2.3.23.2.1. CARACTERISTICAS DEL PIC 16F877A

Cada una de las características mencionadas aquí se verá a detalle más adelante donde con código veremos su uso y en forma de comentario sabremos porque son importantes o cuando son necesarias. En unas de las siguientes entradas del blog mencionare algunos detalles de cada característica.

a.- CARACTERISTICAS DEL NUCLEO DEL PIC 16F877A

Dentro de las características del núcleo del Microcontrolador del Pic 16F877A, se mencionan las siguientes:

- CPU RISC de Alto desempeño
- 35 Instrucciones a aprender
- Todas las instrucciones se ejecutan en un ciclo de reloj excepto las de brinco que toman dos.
- Hasta 20 MHz de velocidad (200 nS por instrucción)
- Flash 8Kb x 14 bit
- RAM 368 x 8
- EEPROM 256 x 8
- Hasta 14 fuentes de interrupción
- Stack de 8 niveles
- Direcccionamiento Directo, Indirecto y Relativo
- Power on Reset (POR)
- Power on timer (PWRT)
- Oscillator Start Up (OST)
- Watchdog Timer (WDT)
- Proteccion de código
- Sleep Mode
- Opciones de oscilador seleccionables
- CMOS/FLASH EEPROM de bajo consumo, alta velocidad

- Diseño totalmente estatico
- ICSP (via dos pines)
- El CPU tiene acceso a la memoria de programa
- Amplio Voltage de Operacion 2.0 a 5.5 V
- Corriente de pines de hasta 25 mA
- Grados de temperatura Comerciales e industriales
- Bajo consumo de potencia

b.- CARACTERISTICAS DE LOS PERIFERICOS DEL PIC 16F877A

Dentro de las características de los periféricos del Microcontrolador del Pic 16F877A, se mencionan las siguientes:

- Timer 0; Timer Counter de 8-bit, prescaler de 8 bit
- Timer 1; Timer Counter de 16-bit, puede ser incrementado externamente durante el sleep
- Timer 2; Timer Counter de 8-bit, registro de periodo de 8 bit, prescaler postscaler
- Modulos PWM Capture y Comparador 10 y 16 bit
- Convertidor A-D 8 entradas, 10 bit
- SSP
- SPI
- I2C
- USART/SCI
- PSP
- BOR (Brown-out Reset)

2.4. HIPÓTESIS

El diseño y construcción de un brazo robótico industrial comandado mediante un sistema de control inalámbrico podrá ser utilizado para el mejoramiento de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

2.4.1. DETERMINACIÓN DE VARIABLES

- VARIABLE INDEPENDIENTE: Diseño y construcción de un brazo robótico industrial.
- VARIABLE DEPENDIENTE: Sistema de control inalámbrico.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE

La realización de este proyecto se enfocó en el paradigma eminentemente cuali-cuantitativo porque se culminó la investigación en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, llegando así al mejoramiento de la misma y a una visualización en las industrias que requieran su utilización. Toda la información recopilada sirvió de guía para orientar la construcción del Brazo Robótico, de tal manera que su desarrollo se encaminó a concluirlo exitosamente, basándose principalmente en un punto de vista técnico para lograr resultados obtenidos, utilizando un sustento científico y profesional tanto para realizar el análisis del problema como para haber encontrado la solución.

3.2. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1. Investigación documental o bibliográfica

Se utilizó este tipo de investigación con el propósito de ampliar, comparar, profundizar y deducir diferentes teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores, basándome en documentos, libros, revistas, periódicos, otras publicaciones y páginas de Internet para obtener un concepto definitivo de lo que es la Robótica, de lo que es un Brazo Robótico, los mismos que fueron aplicados en su diseño y construcción.

3.2.2. Investigación experimental

Además se realizó varias pruebas de funcionamiento de Brazo Robótico diseñado, para adaptarlo a la utilización en los laboratorios de la Facultad y a las realidades actuales de las empresas que lo requieran, por tanto, se procedió a manipular las variables dependiente e independiente y se estableció una relación causa-efecto.

3.2.3. Proyecto factible

Este proyecto se ubicó dentro de un proyecto fiable, en base a su planteamiento, su fundamentación teórica y metodológica, las que permitieron dar una solución práctica, fiable y en plazos fijos para concluir con la construcción del Brazo Robótico.

3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación a realizar tuvo un nivel exploratorio permitiéndonos sondear el problema en su contexto; un nivel descriptivo para determinar y comparar las variables de estudio; además, tuvo un nivel correlacional al establecer comparaciones, predicciones entre varios tipos de soluciones y un nivel explicativo al identificar las variables en las cuales nos centramos para el desarrollo de nuestra investigación, permitiendo contribuir con el desarrollo del conocimiento intelectual

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

En base a que la totalidad del universo de la investigación fue muy pequeña, la población y muestra constituyeron el investigador, el tutor y las pruebas realizadas al brazo robótico para la comprobación de su correcto funcionamiento.

3.5. TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

En el desarrollo de la presente investigación se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de la información:

- Observación de campo: fichas de campo, registros específicos, cuaderno de notas
- Observación de laboratorio: Registros específicos
- Observación directa: Cuaderno de notas, diarios
- Observación estructurada: Cuaderno de notas

La razón principal para la utilización de estas técnicas e instrumentos fue que nos permitieron la recolección de importante información es que nos permitió analizar y tabular los resultados que se encuentran en función de las variables de la hipótesis y su respectiva comprobación, estableciendo conclusiones y recomendaciones para obtener una investigación que cumpla con el objetivo planteado, sea del agrado del investigador y de los demás lectores.

3.6. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.6.1. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para reunir la información necesaria para la investigación, se buscó información de todas las fuentes que se requerían, que sea precisa, concisa y además hizo referencia a las molestias e insatisfacciones que tienen las industrias en cuanto a la producción y los estudiantes de la Facultad de ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, para atacarlos de una manera rápida y eficiente.

Asimismo, la información conseguida se la relacionó con el funcionamiento del brazo robótico; por tal motivo dichos datos fueron tomados de manera aleatoria, para establecer resultados más cercanos a la realidad de lo que se pretende implantar con el proyecto de investigación.

3.6.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El análisis de resultados se los realizó luego de concluida la construcción del Brazo Robótico, ya que las pruebas de funcionamiento permitieron realizar la interpretación adecuada de los resultados obtenidos, basándonos en el marco teórico descrito en el capítulo anterior. Este proceso comprobó la hipótesis planteada, además de que el estudio analítico – crítico permitió establecer las conclusiones y recomendaciones apropiadas, en base a los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA

4.1. DATOS INFORMATIVOS

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBÓTICO INDUSTRIAL COMANDADO MEDIANTE UN SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO”

INSTITUCIÓN EJECUTORA:

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial

BENEFICIARIOS:

Estudiantes de la Carrera de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial e Industrias que requieran de su uso.

UBICACIÓN:

Ambato – Ecuador

EQUIPO TÉCNICO RESPONSABLE:

TUTOR:

Ing. Patricio Córdova

AUTOR:

Srta. Verónica Alexandra Guilcaso Molina

4.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Para el escogimiento del tema **“Diseño y construcción de un brazo robótico industrial comandado mediante un sistema de control inalámbrico”** se tomó como base los siguientes puntos:

- La tecnología actual en el campo del sector industrial está en continuo avance incorporando en sus instalaciones a robots destinados a servir al hombre en multitud de tareas ingratas.
- El desarrollo de la robótica ha pasado a ser una realidad imprescindible en entidades educativas que los incorporan en sus laboratorios como ente principal de aprendizaje.

Razones por las cuales el tema propuesto ha partido de la existencia de un brazo robótico en la Universidad Técnica de Ambato, en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial para uso de los estudiantes, convirtiéndose en el inspiración principal para la construcción de otro brazo robótico que cumpla con funciones similares a la del brazo existente, con la diferencia que éste controlará sus movimientos inalámbricamente convirtiéndolo en un tema de gran interés, puesto que, con la existencia de dos brazos se incrementarían los conocimientos en el área de la robótica en la Facultad, de tal manera que los estudiantes puedan ampliar el horario de prácticas para aprender más acerca de este tipo de robots con un gran avance tecnológico.

4.3. JUSTIFICACIÓN

Ante el notable avance tecnológico de la robótica a nivel mundial y con el crecimiento imparable de la utilización de brazos robóticos en el país, surge la necesidad de crear un sistema automático que sea capaz de obedecer un sinnúmero de órdenes provenientes del medio que lo rodea, para actuar en base a las instrucciones dadas. Por lo tanto el desarrollo del presente trabajo de investigación está enfocado a ampliar los conocimientos sobre brazos robóticos y su control inalámbrico, dando la oportunidad de que sirva como base

para que estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial desarrollen proyectos de este tipo y así incrementen conocimientos nuevos y aporten con el aprendizaje teórico – práctico de los estudiantes de niveles inferiores.

Además se crea la oportunidad de que muchas empresas que requieren de su utilización puedan adquirirlo a un costo accesible y de esta manera ayuden a que las máquinas creadas por nosotros los estudiantes universitarios se conviertan en proyectos innovadores que contribuirán con el avance tecnológico del país y de todas aquellas entidades que los acojan en sus instalaciones dándoles la oportunidad de mejorar e incrementar la producción y sobre todo favorezcan a que disminuya el tiempo de fabricación del producto que se desea obtener.

4.4. OBJETIVOS

4.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un brazo robótico industrial cuyos movimientos sean controlados inalámbricamente por medio de Radio Frecuencia.

4.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar la estructura del brazo robótico a construir.
- Construir el brazo robótico utilizando la menor cantidad de recursos económicos.
- Diseñar el circuito con el que se controlará inalámbricamente al brazo.
- Comprobar el correcto funcionamiento de brazo robótico mediante la realización de un sinnúmero de pruebas que verifiquen el adecuado desempeño del mismo.

4.5. ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD

Tras la investigación y el análisis de la factibilidad de construcción de un brazo robótico controlado en forma inalámbrica, se ha concluido que es posible realizarlo ya que la gran cantidad de información existente servirá para hacer factible su construcción; además que se determinó que los materiales que fueron utilizados son fáciles de conseguir en el mercado local y que se encuentran dentro del presupuesto indicado en la denuncia del proyecto, lo que hacen que esta implementación se logre ejecutarla contribuyendo así al avance tecnológico de la Universidad y al mejoramiento intelectual de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial quienes se beneficiarán del desarrollo de este proyecto.

4.6. FUNDAMENTACIÓN

4.6.1. FACTORES DE DISEÑO

Para la construcción de un brazo robótico que cumpla con las características necesarias para poder controlarlo de forma inalámbrica, es necesario plantear como datos a tomar en cuenta para la construcción, los siguientes:

- ❖ Los grados de libertad que el brazo robótico va a poseer.
- ❖ Los ángulos de giro máximos del brazo robótico.
- ❖ La altura máxima de elevación del brazo.
- ❖ El peso máximo que va a poder mover.
- ❖ El control inalámbrico mediante Radio Frecuencia.

4.6.1.1. LOS GRADOS DE LIBERTAD DEL BRAZO ROBÓTICO.

Los grados de libertad del brazo robótico indicados en la Figura 47 le permitirán generar movimientos independientes, los cuales son posibles realizar por medio de las articulaciones. El brazo estará diseñado para moverse en un espacio 3D, para un correcto

funcionamiento se requiere cinco GDL como máximo, tres para movimiento de desplazamiento y dos para los giros. Estos grados de libertad se dividen principalmente en 3 ejes principales responsables de la posición del objeto, mientras que los responsables de la orientación son los 2 siguientes ejes pertenecientes a la muñeca.

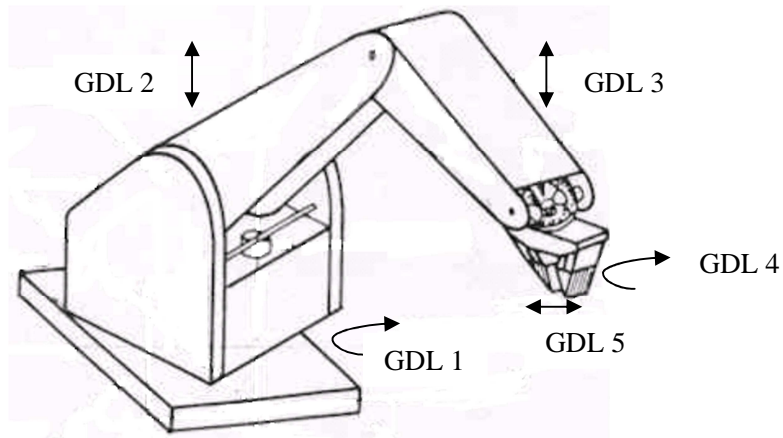


Figura 47.- Grados de libertad del brazo robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Donde se definen los grados de libertad de la gráfica de la siguiente manera:

- GDL 1 -> Giro de la base
- GDL 2 -> Subida y bajada del lateral-1
- GDL 3 -> Subida y bajada del lateral-2
- GDL 4 -> Giro de la muñeca
- GDL 5 -> Apertura y cierre de la pinza

4.6.1.2. LOS ÁNGULOS DE GIRO MÁXIMOS DEL BRAZO ROBÓTICO.

Los ángulos de giro dependerán de las características de los motores utilizados, la más importante el torque, ya que la fuerza que éste posea nos permitirá el movimiento de cada articulación y mantendrá su posición al desconectar la energía; además dependerán de las restricciones que pudieran presentarse en la construcción de la estructura.

4.6.1.3. LA ALTURA MÁXIMA DE ELEVACIÓN DEL BRAZO.

El brazo robótico poseerá una altura máxima desde el asiento de la base hasta la terminación de la pinza de 80cm de elevación, mostrado en la Figura 48, que dependerá de las medidas establecidas para cada brazo, de la altura de la base, y del tamaño de la muñeca, sin embargo cabe recalcar que se requiere de un tamaño adecuado tal que permita un correcto funcionamiento de sus elementos móviles. En la figura podemos observar figuradamente la altura máxima que esperamos alcanzar.

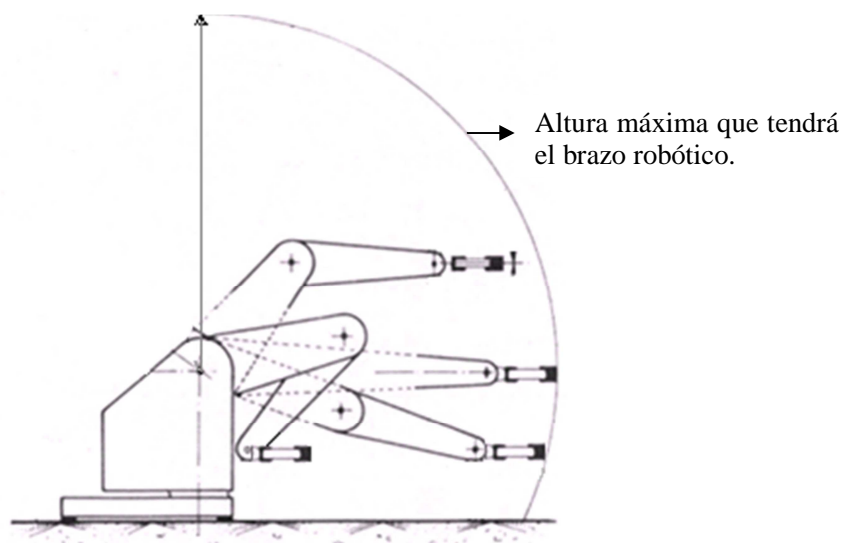


Figura 48.- Altura máxima de elevación del brazo robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

4.6.1.4. EL PESO MÁXIMO QUE VA A PODER MOVER.

El peso máximo que va a cargar está definido en 10 gramos en base a las características de construcción como son: tamaño del brazo que es de 80cm, el material de construcción que es Aluminio, torque de los motores que son de 13Kg/cm, diseño de la pinza con poca sujeción, fuerza de la apertura y cierre de la pinza, etc.

4.6.1.5. EL CONTROL INALÁMBRICO.

La tecnología wireles nos permite controlar inalámbricamente el brazo robótico mediante el uso de un transmisor y un receptor, los cuales transportan ondas electromagnéticas a través de un medio de propagación. Estas se irradian por el espacio vacío sin la necesidad de utilizar cable que comunique cada uno de los extremos de la transmisión, lo que permite más movilidad y la posibilidad de conectarse en un sinnúmero de puntos.

La distancia de rastreo varía mucho, dependiendo del tamaño, tipo y antena del chip, pero podría ser desde 2cm. a 15metros para espacios cerrados y de 15 metros hasta incluso varios kilómetros en espacios con línea de vista.

4.7. METODOLOGÍA

Para empezar con la implementación se ha tomado como referencia el Capítulo II dentro del cual se ha investigado sobre las posibles soluciones y referencias para proceder con el diseño y construcción del brazo robótico, para ello hemos dividido al proyecto en etapas de trabajo definidas así:

- Diseño de la estructura de soporte del brazo robótico.
- Construcción de la estructura, fabricación de cada una de las piezas.
- Programación de los microcontroladores que proveen el movimiento del robot.
- Circuitos para el sistema de control inalámbrico.
- Control de la estructura matriz del robot.

4.7.1. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL BRAZO ROBÓTICO

El diseño de la estructura del brazo robótico se realizó mediante la utilización de un programa que nos permitió dibujar cada una de las piezas de una manera fácil; hay que especificar que la forma de la estructura es un conjunto recopilado de diversos

diseños encontrados de brazos robótico ya existentes, de los cuales se obtuvo ideas que dieron la forma definitiva en la que se lo construiría y es la siguiente:

Diseño de la Base:

Para la base del Brazo Robótico, previamente se ideó la forma deseada para su diseño, en el programa se dibujo la base en 2 dimensiones, estableciendo las medidas definidas en la Figura 49:

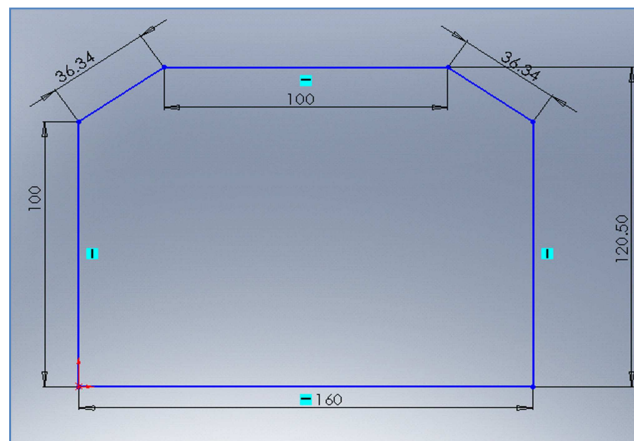


Figura 49.- Medidas de la Base del Brazo Robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

A continuación se procedió a la extracción de la Figura 49, es decir, se forma un sólido de la representación de la base en 2 dimensiones para transformarla en una de 3 dimensiones como lo muestra la Figura 50:

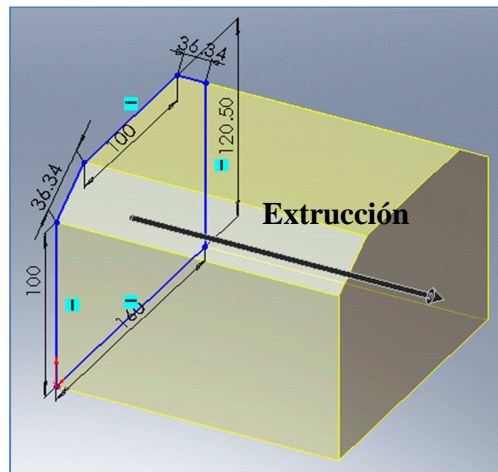


Figura 50.- Extrucción de la Base del Brazo Robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

En la Figura 51 se puede observar finalmente el sólido de la base del robot, concluyendo con su diseño:

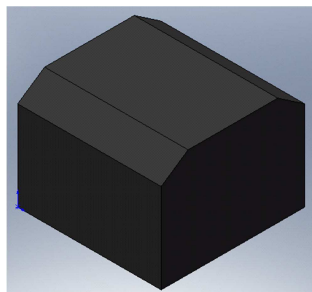


Figura 51.- Base del Brazo Robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Diseño del Hombro:

Para el Hombro del Brazo Robótico, en 2 dimensiones se dibujo su forma, tomando como medidas principales el radio de 25mm y el asiento de 120mm; en la Figura 52 se puede verificar las medidas finales del hombro las cuales dependen de las anteriormente detalladas:

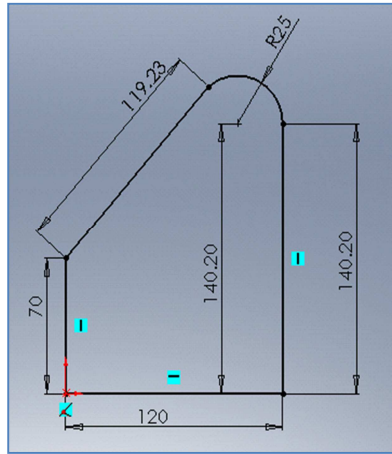


Figura 52.- Medidas del hombro del Brazo Robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

En la Figura 53 se puede observar el sólido de la base del robot, luego de haber sido extruído con un espesor de 5mm de tal manera que disminuye el peso de la estructura del Brazo:

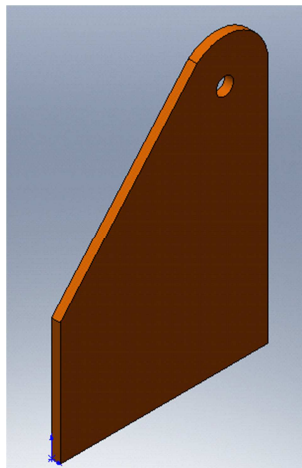


Figura 53.- Hombro del Brazo Robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Diseño del Lateral-1:

Para el Lateral-1 del Brazo Robótico, previamente se dibujo en 2 dimensiones, estableciendo como medidas principales las siguientes: el largo de la pieza de 100mm, el radio superior de 25mm y el radio inferior de 20mm (Véase la Figura 54).

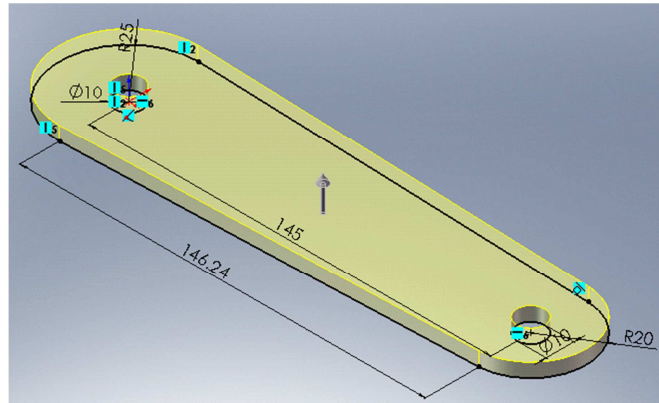


Figura 54.- Medidas del Lateral-1 del Brazo Robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

En la Figura 55 se puede observar el sólido del lateral-1 del robot luego del proceso de extrucción con un espesor de 5mm; en el centro de los radios se realizará unas perforaciones de 5mm con el propósito de ubicar un eje de transmisión de movimiento:

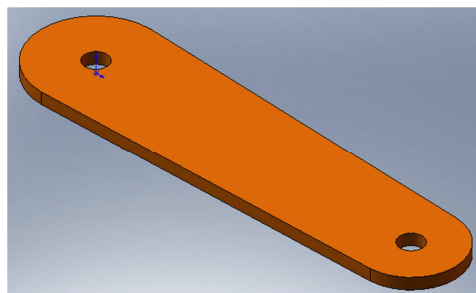


Figura 55.- Lateral-1 del Brazo Robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Diseño del Lateral-2:

Para el Lateral-2 del Brazo Robótico, previamente se ideó la forma deseada para su diseño, en el programa se lo dibujo en 2 dimensiones, estableciendo las medidas siguientes: el largo de este lateral es de 100mm, con un radio superior de 20mm y un radio inferior de 15mm, definidas en la Figura 56:

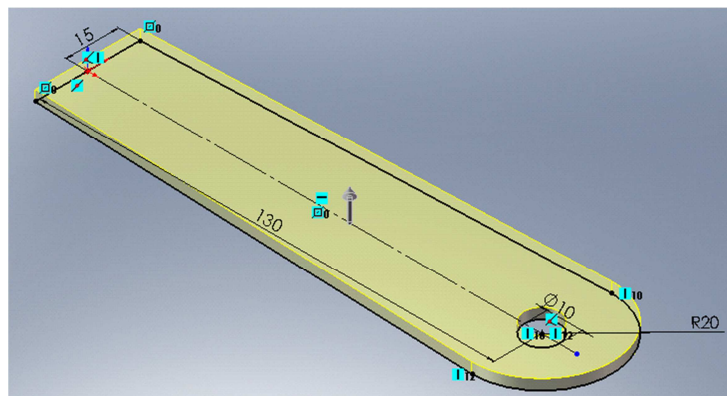


Figura 56.- Medidas del Lateral-2 del Brazo Robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

En la Figura 57 se puede observar el sólido del lateral-2 del robot, luego de haber sido extruído con un espesor de 5mm con la finalidad de disminuir el peso de la estructura del Brazo; en el centro de los radios se realizará unas perforaciones de 5mm con el propósito de ubicar un eje de transmisión de movimiento:

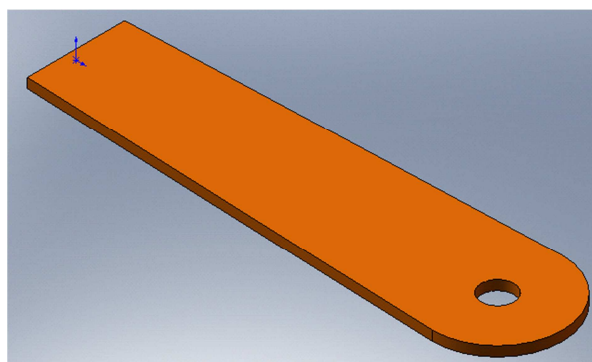


Figura 57.- Lateral-2 del Brazo Robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Diseño de la pinza:

Para la pinza del Brazo Robótico, primeramente se requirió el diseño de una base que sostenga el resto de partes que conformarán la pinza resultante; en la Figura 58 se puede observar esta base, la misma posee una serie de perforaciones que permiten la incorporación de tornillos sujetadores de las pequeñas articulaciones para la pinza.

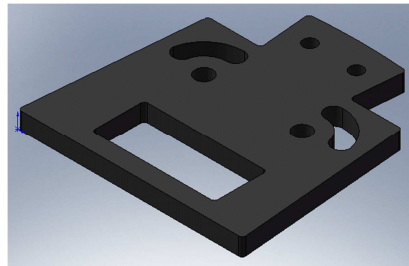


Figura 58.- Base de la pinza del Brazo Robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Sobre la base se ubican las pequeñas articulaciones que generan el movimiento de apertura y cierre de la pinza. Además se ubican los piñones que generan el movimiento para la apertura y el cierre de la pinza. (Véase la Figura 59).

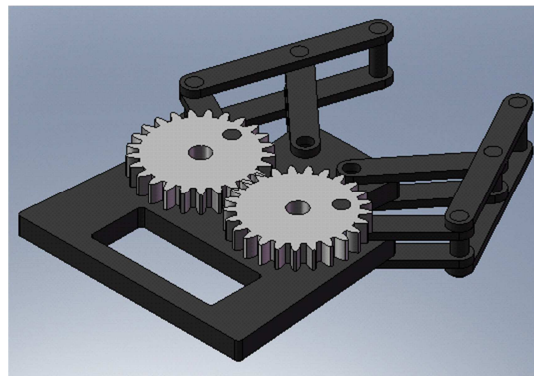


Figura 59.- Base de la pinza más sus articulaciones

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Posteriormente se procede a dar una denominación literal de cada pieza para un reconocimiento fácil.

DENOMINACIÓN DE LAS PIEZAS:

Para una mayor facilidad en la distinción, a cada una de las piezas se las nombró dándoles una numeración específica para su reconocimiento, mostrada en la Tabla1:

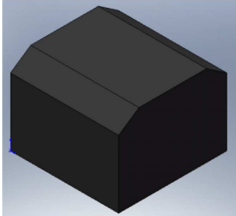
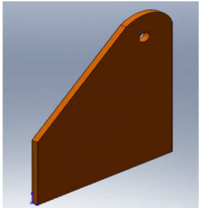
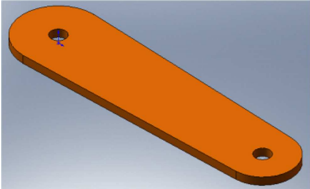
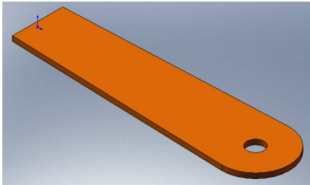
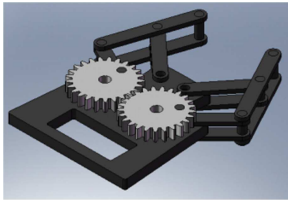
Modelo de la pieza	Número de piezas	Numeración de la pieza
	1 B (Base)	B-01
	2 H (Hombro)	H1-01 H2-02
	2 L1 (Lateral 1)	L1-01 L1-02
	2 L2 (Lateral 2)	L2-01 L2-02
	Muñeca (pinza)	M

TABLA 1.- Figuras de las piezas diseñadas del brazo robótico

ENSAMBLADO DEL BRAZO ROBÓTICO

Después de diseñar cada una de las piezas se procedió a ensamblarlas dando como resultado la estructura total del brazo:

1.- Ensamble de la Base con los Hombros.- Este procedimiento se realizó en la superficie plana de la base, teniendo en cuenta que las perforaciones van ubicadas en la parte superior de modo que puedan ensamblarse los laterales-1 (Véase la Figura 60).

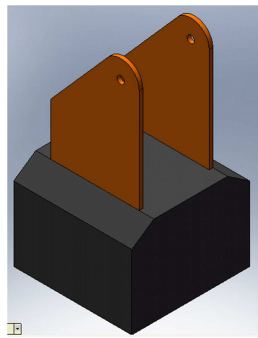


Figura 60.- Altura máxima de elevación del brazo robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

2.- Una vez ensamblado los hombros se colocan los laterales-1 (Véase la Figura 61), éstos deben estar alineados verticalmente de modo que las perforaciones de ambos extremos tengan un punto concéntrico y permitan el movimiento a la par de ambas piezas.

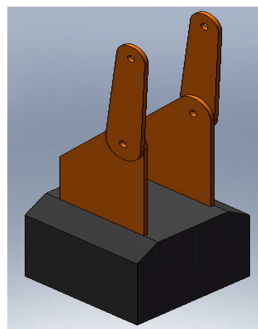


Figura 61.- Altura máxima de elevación del brazo robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

3.- Posteriormente se ensambla los laterales-2 y se procede a diseñar los ejes que generaran la transmisión del movimiento a cada lateral. Al final de los laterales-2 se coloca una abrazadera la cual sostendrá a la muñeca y unas tapas que recubrirán los mecanismos internos de transmisión de movimiento de cada uno de los brazos del robot (Véase la Figura 62).

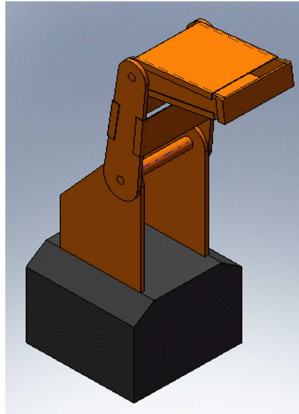


Figura 62.- Ensamble de los laterales-2 y cubiertas del brazo robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

4.- Por último se ensambló la pinza del Brazo robótico a la abrazadera quedando completado el diseño del robot (Véase la Figura 63).

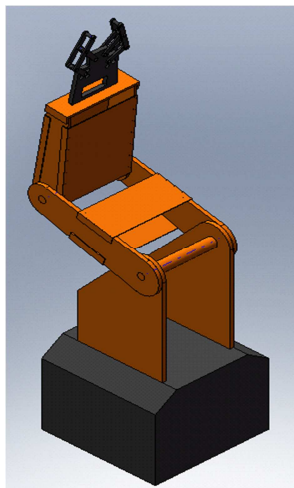


Figura 63.- Altura máxima de elevación del brazo robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

5.- En la Figura 64 se puede observar el diseño concluido del Brazo Robótico, con sus respectivas cubiertas o tapas de tal manera que recubran completamente su estructura.

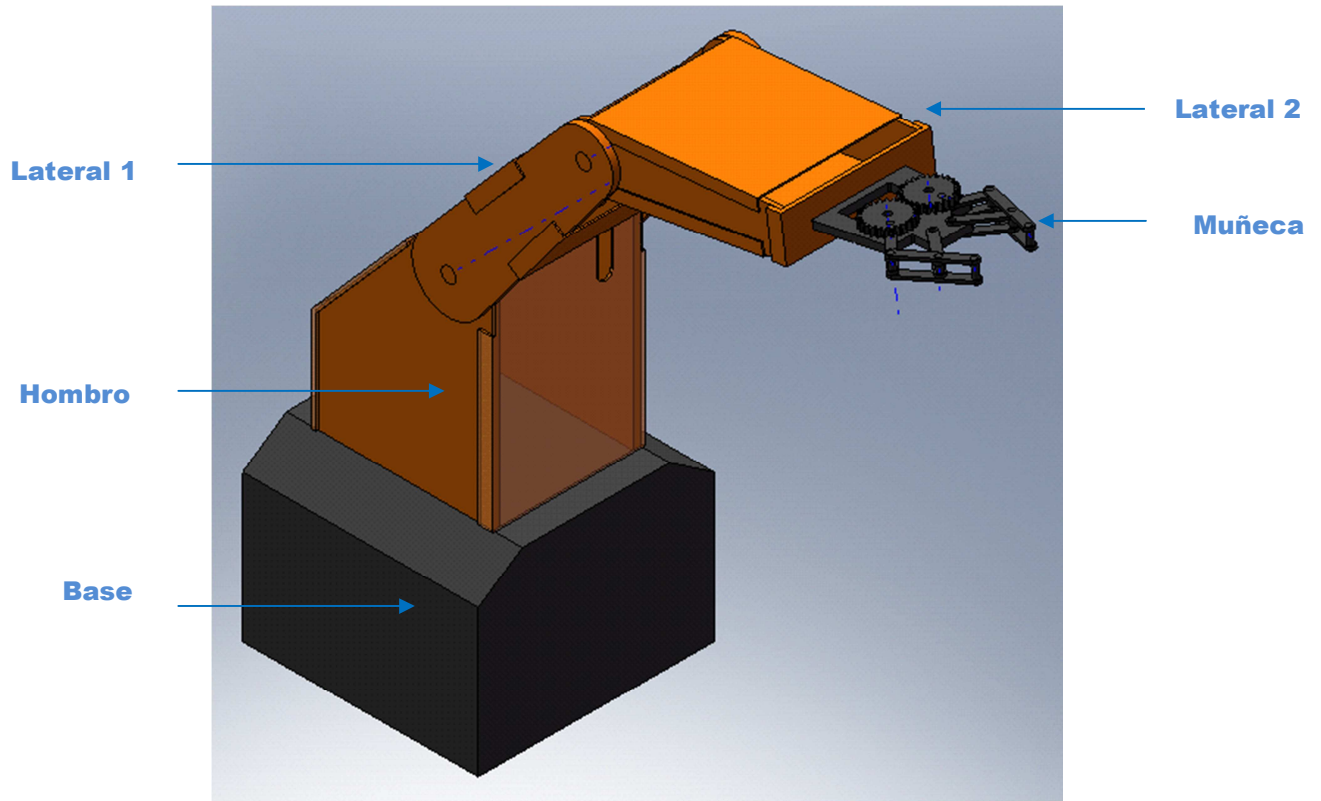


Figura 64.- Ensamblado del brazo robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

SELECCIÓN DE MOTORES

Para la ubicación de los motores que darán accionamiento a cada uno de los articulaciones del brazo, se debe determinar el lugar adecuado, de manera que se mejorará el funcionamiento del sistema y no se llegará a sobre cargar la estructura, evitando el sobrecalentamiento del motor, disminuyendo su vida de operatividad.

1.- Motor de accionamiento del giro de la base:

El motor se seleccionó teniendo en cuenta el peso que va a soportar el sistema (Estructura del Brazo: Hombros, Laterales-1, Laterales-2 y muñeca), dando como

resultado un total de 10.96 Kg, y que su velocidad produzca un giro sea ideal de modo que no genere vibración al terminar su recorrido.

Por lo que se ha utilizado el Servomotor DYS0210HB que tiene las siguientes características:

- Velocidad de giro de 0.16seg. por cada 60°
- Torque de 13Kg/Cm
- Voltaje: 5V.

2.- Motor de accionamiento de los laterales-1:

La transmisión de movimiento para los laterales-1 y 2, se la realiza por medio de catalinas y cadenas; los motores están ubicados en la parte externa de cada hombro, con el fin de tener mayor torque para elevación de los brazos y evitar que estos retornen a la posición inicial cuando se des-energicen. Así mismo, fueron seleccionados en base al peso que va a soportar que es de 7.5 Kg y en base a su velocidad de giro.

Los motores seleccionados son:

- Motores de Corriente Continua CD65A3
- Velocidad de giro: 2rpm
- Voltaje: 24V.
- Torque: 13Kg/cm

3.- Motores de accionamiento de la muñeca:

El diseño del brazo robótico tiene como finalidad la realización de prácticas estudiantiles, por lo que el peso de transporte de la muñeca es mínimo (10 gramos), se seleccionó los motores:

Servomotor DYS0210HB que tiene las siguientes características:

- Velocidad de giro de 0.16seg. por cada 60°
- Torque de 13Kg/Cm
- Voltaje: 5V.

Cabe recalcar que el torque permite una buena sujeción de las piezas a transportar de acuerdo al peso establecido como dato informativo.

4.7.2. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FABRICACIÓN DE CADA UNA DE LAS PIEZAS.

Para la elaboración de cada una de estas piezas para darle el soporte mecánico se adquirió una plancha de aluminio de 6mm, la selección fue realizada debido a que se requerirá de un material liviano para un correcto movimiento de la estructura total del brazo robótico.

HOMBRO: Corte de la Plancha de Aluminio



Figura 65.- Plancha de aluminio

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Para la construcción de la pieza denominada Hombro y numerada como H-01 y H-02 se utilizó una plancha de Aluminio de 6mm (Véase la Figura 65), se procedió a dibujar la forma de la pieza (Véase la Figura 66), con la ayuda de una escuadra, rayadores y un compás de trazado externo, en la esquina superior de la plancha se trazó un radio de 25mm y se procedió a recortarla.

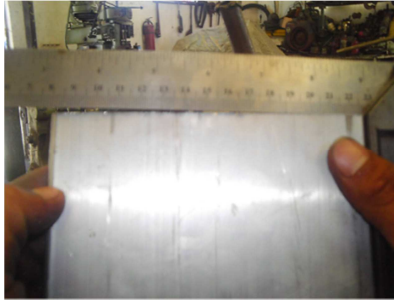


Figura 66.- Trazado de la figura

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Después del proceso de trabajo de corte de cada lado se procedió a esmerilar ambas piezas (H-01 y H-02) como lo muestra la Figura 67, las mismas que fueron sujetas con un playo de presión (Ayuda a que las piezas tengan igual simetría) para igualar los cortes.



Figura 67.- Corte de la plancha de aluminio

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

En la Figura 68 se puede observar la pieza del hombro:



Figura 68.- Hombro recortado

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Se trazó los radios (Véase la Figura 69), para realizar unas perforaciones (Véase la Figura 70), las mismas que servirán para colocar rulimanes y un eje de acero de transmisión 1018 con un largo de 118 mm y con características de canales o ranuras.

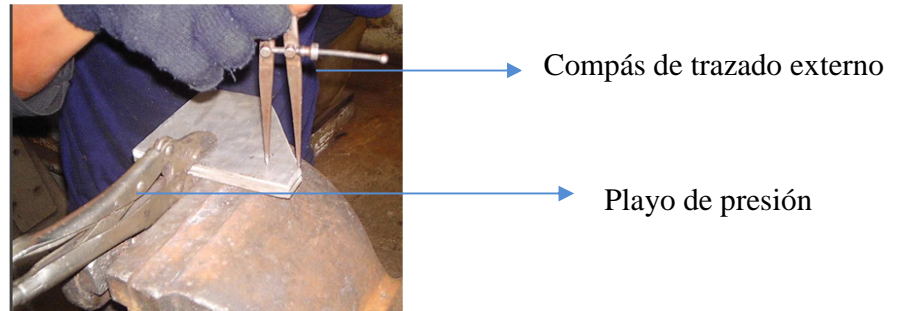


Figura 69.- Punto para realizar perforación

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso



Figura 70.- Hombro del brazo robótico

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Luego de elaboradas estas piezas se procedió al ensamblado (Véase la Figura 71), de la primera parte del brazo soldándolas sobre una plancha recortada:



Figura 71.- Hombro terminado del brazo robótico

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

LATERAL 1

Para cortar la pieza L1-01 y L1-02 (Véase la Figura 72) de 190mm de largo con diferentes radios en sus esquinas, el radio superior de 50mm y el radio inferior de 40mm, se dibujó la forma de la pieza tomando como base las distancias de los ejes centrales los que servirán para posicionar el mecanismo de accionamiento del brazo del robot, se debe aclarar que tienen los centros en cada una de sus esquinas.



Figura 72.- Corte del Lateral 1

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso



Figura 73.- Laterales-1 Cortados

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Cada uno de los laterales tendrán una perforación (Véase la Figura 73), en los radios indicados para la colocación de los ejes de movimiento de cada una de las articulaciones.

Para evitar el rozamiento se construyó unos bocines de, sujetos por tornillos y ubicados dentro de las perforaciones realizadas en el radio superior; mientras que para las perforaciones correspondientes al radio inferior se colocaron rulimanes (Véase la Figura 74), que servirán para transferir el movimiento al resto del brazo.



Figura 74.- Laterales-2 con bocines y rulimanes

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Las perforaciones en la mitad de cada lateral 1 servirán para colocar un tornillo que mantenga sujetos a ambos laterales. Este tornillo (Véase la Figura 75), tiene su espaciador elaborado para evitar rozamientos y evitar que los laterales se salgan de sus ejes.



Figura 75.- Tornillo de sujeción

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

CONSTRUCCIÓN DEL EJE PARA EL HOMBRO Y LATERAL 1

Este eje (Véase la Figura 76), construido de acero de transmisión 1018 tiene un largo de 130mm y un diámetro de 10mm en su parte interior y 8mm en su parte exterior. En este eje se realiza la transmisión de la potencia a todo el brazo.



Figura 76.- Eje sujetador de hombro y laterales-1

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

En este eje se colocan tres piñones de cadena, a una distancia de 48mm se sujeta el primer piñón, el mismo que da la tracción al lateral 1, el piñón está sujeto con un tornillo de 2mm de diámetro y 25mm de largo como se ve en la Figura 77. En este eje se produce la transmisión de la potencia a todo el brazo.



Figura 77.- Ensamblado del hombro con los dos laterales 1 más el eje

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Se construyeron también otros bocines (Véase la Figura 78), que se colocan entre los piñones y la parte interna del hombro para evitar cualquier tipo de rozamiento:



Figura 78.- Bocines

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Además fue necesario construir un espaciador para colocarlo entre los piñones simple y doble (Véase la Figura 79) y así evitar que pierdan la ubicación establecida para un correcto movimiento.

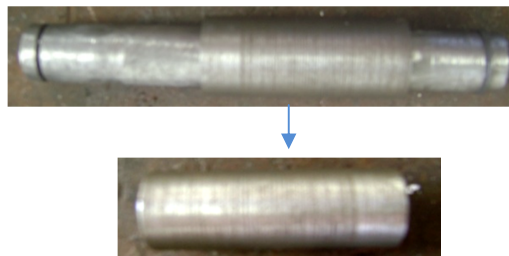


Figura 79.- Espaciador para el lateral 1

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Se observa en la Figura 80 que en los extremos del eje se realizaron unos canales para ubicar seguros que sostengan a los rulimanes de tal manera que impidan que los mismos salgan de sus centros de funcionamiento.



Figura 80.- Eje de unión entre hombro y laterales-1

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Ensamblado (Véase la Figura 81) de las partes ya construidas del brazo Robótico:



Figura 81.- Hombro más laterales-1 ensamblados

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

LATERAL-2

El mismo procedimiento seguido para la construcción de los laterales 1 se aplica para los laterales 2 (Véase la Figura 82), cuya numeración como pieza es L2-01 y L2-02. La diferencia entre estas piezas radica en sus radios ya que solo posee un radio inferior mientras que en la parte superior se toma la forma de una recta que tiene una medida de 30mm, en este caso el largo del brazo será de 142mm y por 25mm de ancho.



Figura 82.- Laterales-2 con sus respectivos bocines

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

En las partes superiores de este brazo se construyó una abrazadera (Véase la Figura 83), de 1.5mm por un largo de 90 mm, sujeto a los laterales 2 con 4 tornillos. Se debe recalcar que en esta base se colocó el motor que hace girar a la muñeca del brazo robótico. Para sujetar a este motor se construyó una base en forma de U (Véase la Figura 84), en platina de $3\frac{1}{4}$ de 19mm de largo por 3mm de diámetro sujeta con tornillos de 2mm, la cual nos permitirá sujetar al motor.



Figura 83.- Base en U

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso



Figura 84.-Abrazadera y base en U

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

CONSTRUCCIÓN DEL EJE PARA LOS LATERALES 1 Y LOS LATERALES 2

Para que el sistema se sostenga fue necesario poner un eje de acero de transmisión 1018 (Véase la Figura 85), cabe especificar que se usa este tipo ya que en caso de que sufra exceso de carga se lo podrá templar, con un largo de 125mm y un diámetro de 11mm.



Figura 85.- Eje sujetador de hombro con laterales-1

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

En la Figura 86 se puede observar el ensamblado de los laterales 1 con los dos laterales 2 más el eje:



Figura 86.- Laterales 1 y 2 unidos por su eje

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Hay que especificar que en este eje se colocó un piñón (Véase la Figura 87), el mismo que dará el movimiento al brazo denominado Lateral-2.



Figura 87.- Piñón en el Eje de unión de laterales-1 y 2

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Sobre este eje trabajará un templador de caucho que está sujeto a la estructura con un perno de $4\frac{1}{2}$ o 516 NC (Hilo grueso) cuya función es evitar una caída brusca del este brazo.

Ensamble del hombro más los laterales 1 y los laterales 2 con sus respectivos ejes y espaciadores (Véase la Figura 88), que conforman todo el brazo robótico:



Figura 88.- Estructura del brazo robótico

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

CONSTRUCCIÓN DE LA BASE

Para la construcción de la base se utilizó una plancha de acero de 3mm cuyas medidas se definen en la Figura 49 donde se establece el diseño de la pieza denominada base.

Se procedió a recortar la plancha mediante la utilización de un procedimiento de combinación de oxígeno más gas.

Después se procedió a doblarla como lo indica la Figura 89, para que tome la forma establecida en el diseño.



Figura 89.- Plancha de acero doblada con la forma de la base

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Para la parte delantera y trasera se construyó unas tapas (Véase la Figura 90), del mismo material para poder cerrar la caja, dentro de la cual se ubicó los circuitos de control del brazo. La tapa delantera fue soldada a la estructura de la base mientras que la tapa posterior se le colocó unas bisagras que permiten que esta se abra y se cierre para una fácil manipulación de los circuitos que estará en su interior.



Figura 90.- Base del brazo robótico

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

CONSTRUCCIÓN DE LA MUÑECA

Su construcción comienza con una base (Véase la Figura 91), construida de aluminio de 9.5mm de espesor, tiene la forma de pirámide, presenta como características que en sus base inferior se realizó un rectángulo el mismo que dará cabida al servomotor, el cual permite que se dé movimiento a los piñones transmitiendo así el movimiento a los dedos de la pinza.

En la parte superior de la pirámide también se realizó perforaciones las cuales sujetan y dan la abertura deseada a la pinza.

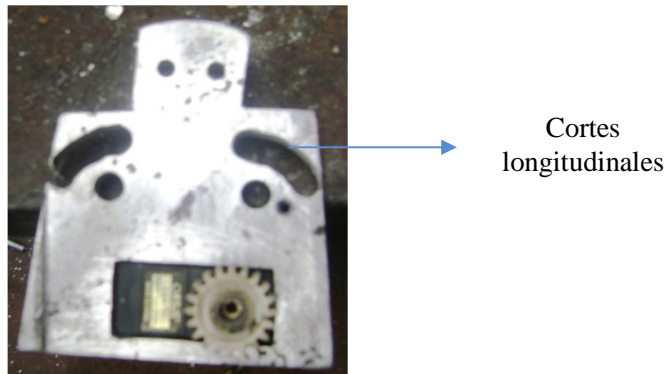


Figura 91.- Base de la muñeca con sus cortes longitudinales y perforaciones

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Las articulaciones están construidas en Aluminio de diferentes largos, mostradas en la Figura 92, están realizadas perforaciones de 5mm las cuales sirven para sujetar toda la tornillería de movimiento, cabe recordar que se utiliza un par de cada articulación para ubicarlas una por delante y otra por detrás.

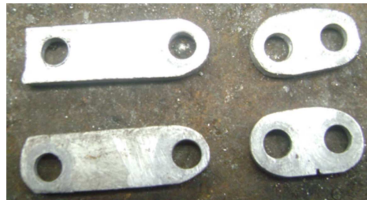


Figura 92.- Articulaciones para los dedos de la pinza

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Para dar la forma de los dedos de la pinza se los sujetaron con tornillería (Véase la Figura 93), ubicándolos de acuerdo a su medida y a la ubicación que tendrán en la base de la muñeca en forma de pirámide.



Figura 93.- Ubicación de la tornillería para formar los dedos

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Para separar cada par de articulaciones se colocó en la mitad de ambas un espaciador (Véase la Figura 94), que cumple con la función de sujetar los dedos en una posición fija evitando que se salgan de sus ejes de movimiento.

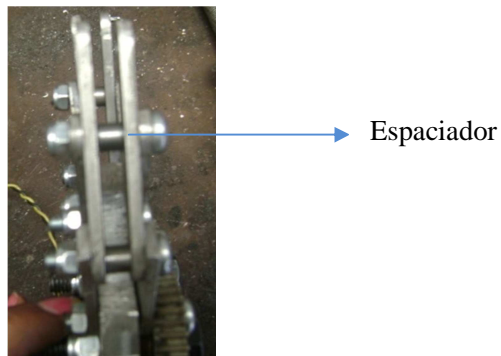


Figura 94.- Espaciadores entre articulaciones

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Selección de la piñonería para la pinza:

Los piñones conducidos que se observan en la Figura 95 poseen unos diámetros externos de 39mm y su número de dientes es de 37.



Figura 95.- Piñones conducidos de la pinza

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

El diámetro para el piñón conductor es de 22mm con un número de dientes de 20. Este se encuentra ubicado en el servomotor que genera el movimiento de apertura y cierre de la pinza. La relación de los mismos es de 1.8, lo cual significa que la transmisión de potencia es directa. Se puede ver en la Figura 96 que las distancias entre ejes de piñones es de 40mm, en una de las esquinas de los piñones conducidos se tuvo que realizar perforaciones que sirven para que transmita movimiento a las demás articulaciones de la pinza. Si no se realizaban dichas perforaciones no se hubiera podido obtener el movimiento deseado.



Figura 96.- Ubicación de los piñones de la pinza

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

La pinza está formada por 12 articulaciones (Véase la Figura 97), las cuales están divididas de la siguiente manera:

- Los pares de articulaciones de salida son de 60mm
- Los pares de articulaciones de la parte superior de la pirámide de 45mm.
- Los pares de articulaciones que sujeta de 30mm.

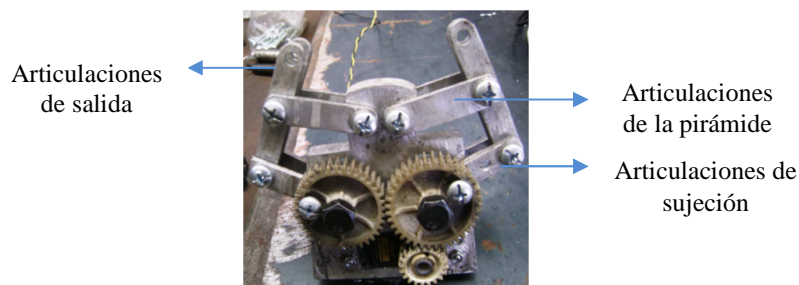


Figura 97.- Dedos de la pinza

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Finalmente se colocó unas tenazas de grilón como se observa en la Figura 98, las cuales fueron recortadas en forma triangular dándole así la apariencia de una pinza de sujeción.



Figura 98.- Pinza del brazo robótico.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

UBICACIÓN DE LOS MOTORES

Los motores fueron ubicados según el lugar donde se requería el movimiento, según el tipo de esfuerzo que se requerirá y según el torque brindado por los motores.

Las características de los motores utilizados se describen a continuación:

- El Servomotor DYS0210HB con una velocidad de giro de 0.16seg. por cada 60° y con un torque de 13Kg/Cm
- Los Servomotores CIRRUS CDS751/MG con una velocidad de 0.22 seg. Por cada 60° y con un torque de 13Kg/Cm
- Los Motores de Corriente Continua CD65A3 con 2rpm a 24V.

Siendo utilizados los motores de corriente continua para el movimiento de los laterales-1 y 2, uno por cada lateral.

Ubicación de los motores de corriente continua:

Los motores de corriente continua fueron ubicados en los hombros de la estructura (Véase la Figura 99). Para su colocación se tuvo que realizar

perforaciones a los hombros de tal manera que se pueda situar allí el piñón colocado al motor que genera el movimiento al brazo lateral-1.

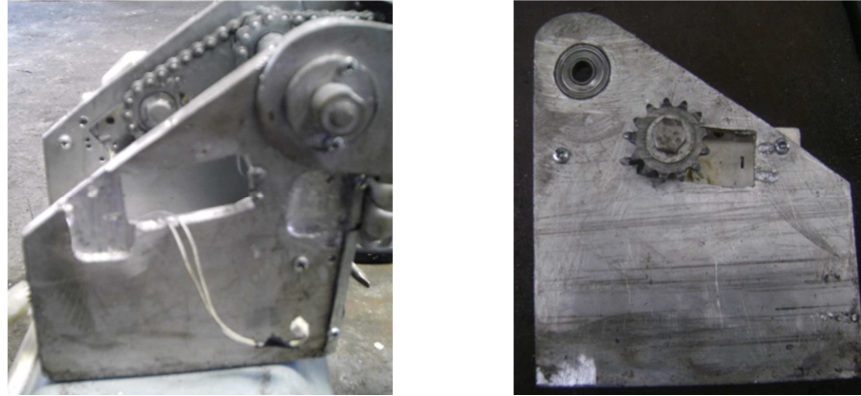


Figura 99.- Perforación del hombro y colocación del motor

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Finalmente se sujeto al motor con tornillería vista en la Figura 100, la cual mantiene sujeto al motor de tal manera que genere el movimiento adecuado para un correcto funcionamiento. El mismo procedimiento se realizó para la colocación del motor para el generar el movimiento del lateral-2 (Figura 101).

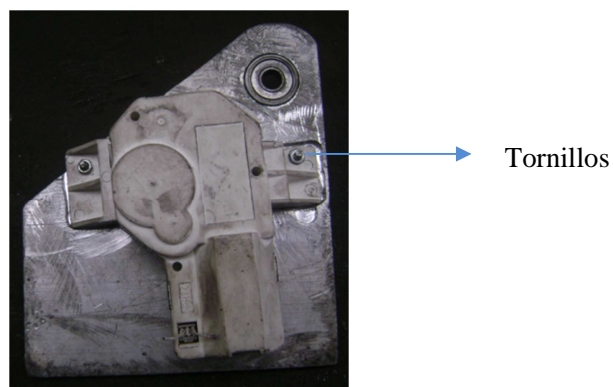


Figura 100.- Sujeción del motor de corriente continua.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

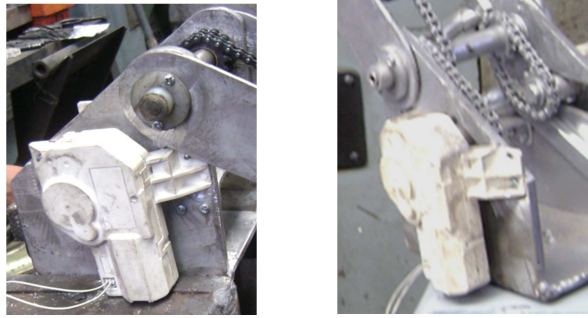


Figura 101.- Motor de corriente continua en el hombro

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Ubicación de los servomotores:

El primer servomotor que dará el movimiento a la base fue ubicado en la estructura de la misma (Véase la Figura 102), se realizó una perforación de la base a la que se le dio la forma del motor permitiendo colocar el motor. Fue necesario construir una base en forma de U la cual nos permite sostener al motor.

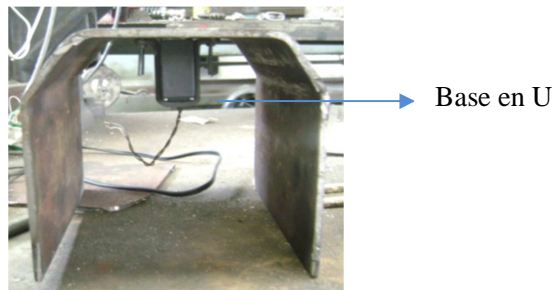


Figura 102.- Servomotor sostenido por la base en U

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Para generar el giro total del brazo se utilizó un ruliman axial. Su colocación se realizó primeramente frezando la base hasta conseguir la forma del ruliman como se ve en la Figura 103, de tal manera que este pueda ser colocado dentro del espacio frezado.



Figura 103.- Servomotor ubicado en la base

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Como se puede observar en la Figura 104, se colocó el ruliman que permite transmitir la potencia, logrando así obtener el giro de la base con mayor facilidad y evitando movimientos bruscos de la estructura del brazo.



Figura 104.- Ruliman transmisor del movimiento.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

En la Figura 105 se observa que el segundo servomotor se colocó en la abrazadera ubicada en la terminación de los laterales-2. De la misma manera se requirió de la base en U para sujetarlo y de la perforación para su ubicación sobre la abrazadera.



Figura 105.- Servomotor en la abrazadera de los laterales-2

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Y el tercer servomotor se colocó en la base de la muñeca (Véase la Figura 106). De la misma manera se requirió de la perforación y sujeción necesarias para que este funcione adecuadamente.



Figura 106.- Servomotor en la base de la muñeca

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

UBICACIÓN DEL CABLEADO DE ALIMENTACIÓN A CADA MOTOR:

Cada motor requirió de la alimentación del voltaje necesario para su correcto funcionamiento, tomando en cuenta las especificaciones de cada uno de ellos, las cuales se describen a continuación:

- ✓ Los motores de corriente continua necesitan un máximo de 24V para generar su mayor torque.
- ✓ Los servomotores necesitan un máximo de 6V para generar su mayor torque pero para la utilización en el brazo robótico tan solo se los hizo trabajar con un voltaje de 5V.

Como se puede observar en la Figura 107, la alimentación se realizó distribuyendo el cableado desde la ubicación del motor o servomotor hacia la base, ya que la base guarda en su interior el circuito de control, de donde sale la alimentación a cada uno de los motores.

El cableado de los motores ubicados en la parte superior del brazo se los distribuyó mediante la ubicación de canaletas pequeñas que van dentro de la estructura de tal manera que su visualización sea mínima.

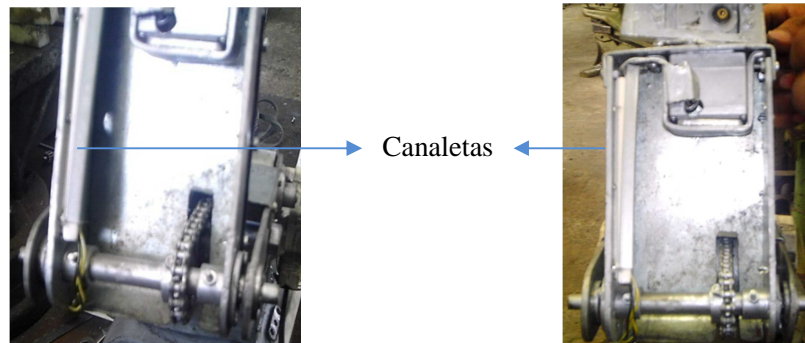


Figura 107.- Distribución del cableado de los servomotores

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

En la parte baja del hombro se sujeto el cableado con un seguro (Véase la Figura 108), para evitar que sufra daños o que se rompa por la manipulación excesiva de los mismos. En la Figura 109 se puede ver que para el cableado del motor, que permite el giro de la base del brazo, fue necesario dejarlo libre de tal manera que permita generar este movimiento.

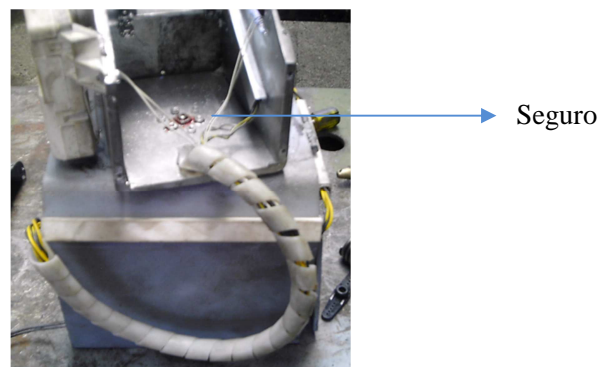


Figura 108.- Seguro de protección del cableado.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso



Figura 109.- Distribución del cableado de alimentación.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

UBICACIÓN DE CADENAS EN LA PIÑONERÍA

Se utilizó cadenas dentadas y su ubicación se realizó tomando las distancias existentes entre los piñones, de tal manera que recortamos las cadenas en base a la medida que se necesita.

Se colocaron 3 cadenas distribuidas de la siguiente manera:

- ✓ La Figura 110 indica que la primera cadena fue utilizada para transmitir el movimiento desde el piñón ubicado en el motor hacia el piñón simple ubicado en el eje perteneciente al Lateral-1.



Figura 110.- Cadena-1

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

- ✓ La Figura 111 muestra la segunda cadena ubicada para transmitir el movimiento desde el piñón del otro motor a uno de los piñones del piñón doble ubicado en el eje del lateral-1,



Figura 111.- Cadena-2

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

- ✓ La tercera cadena, como lo indica la Figura 112, fue ubicada desde el piñón doble ubicado en el eje perteneciente a la unión entre hombro y laterales-1 hasta el piñón ubicado el eje de unión de laterales-1 y laterales-2

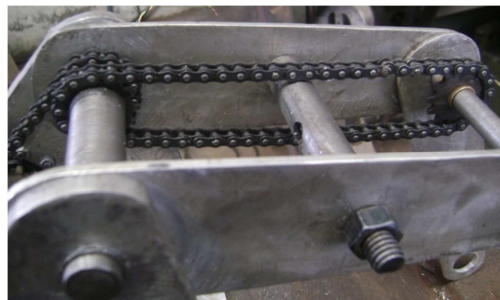


Figura 112.- Cadena-3

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Todos estos procedimientos conllevaron a la terminación de la parte física o estructural del brazo robótico (Véase la Figura 113), llegando a obtener un robot

con 5 grados de libertad suficientes para que pueda realizar cualquier tipo de trabajo a él encomendado.



Figura 113.- Estructura del brazo robótico completa

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Después de haber concluido con esta parte de la construcción se procedió a realizar las pruebas correspondientes para reconocer fallas y corregirlas de tal manera que después se lo pueda pintar.

Pudiendo obtener un brazo robótico pintado y terminado como el de la Figura 114:



Figura 114.- Brazo robótico terminado

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

4.7.3. PROGRAMACIÓN DE LOS MICROCONTROLADOR QUE PROVEEN EL MOVIMIENTO DEL ROBOT.

Para controlar cada uno de los movimientos del brazo robótico fue necesaria la utilización de microcontrolador, los cuales nos permitieron programar cada uno de los movimientos que va a realizar el brazo dependiendo de la orden que se le envía a través del trasmisor de información.

TRANSMISIÓN:

Para la transmisión se utilizó el infrarrojo existente en los controles remotos comunes para televisión. En este caso utilizamos un control remoto Sony, del cual obtuvimos las tramas transmitidas al momento de presionar cada botón con la ayuda de un osciloscopio, de tal manera que se pudo definir los bits transmitidos por cada uno de los botones que deseábamos utilizar para controlar al brazo robótico.

Todo esto se lo realizó de la siguiente manera:

1. Se obtuvo la señal transmitida por el infrarrojo mediante la visualización en un osciloscopio (Véase la Figura 115):

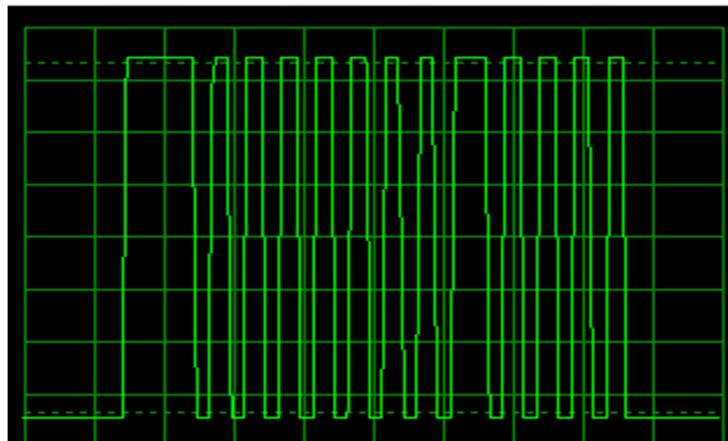


Figura 115.-Señal del Botón 1

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

2. Luego de obtenida la señal proveniente del transmisor del control remoto, procedimos a codificarla, sin olvidar que este procedimiento se lo realiza mediante la visualización de la señal de izquierda a derecha eliminando el primer ancho de la señal: Si el ancho de la señal sobrepasa el ancho de pulso definido en el osciloscopio se lo define como un 1 lógico mientras si el ancho es menor se lo define como un 0 lógico.

Teniendo como resultado en un código binario: **000000010000**, luego fue necesario realizar la transformación al sistemas hexadecimal ya que en la programación las comparaciones se las realizará en base a este sistema, teniendo un valor hexadecimal de **16**.

3. El procedimiento se repitió para cada uno de los botones que se utilizarán para el control de las articulaciones de los botones, obteniendo de cada botón su código hexadecimal.

Botón del control remoto	Código Hexadecimal
Botón No=1	16
Botón No= 2	2064
Vol. (+)	1168
Vol. (-)	3216
Channel (+)	144
Channel(-)	2192
Flecha ↑	752
Flecha ↓	2800
Flecha ←	720
Flecha →	3280

TABLA 2.- Representación hexadecimal de los botones del control remoto.

Con la obtención de estos datos se procedió a realizar la etapa de la recepción de los datos.

4. Para el reconocimiento de los botones del control remoto se definió un color en específico que distinguen el movimiento de cada parte del Brazo Robótico, se lo realizó de la siguiente manera:

- El color rosado es para la subida y bajada del brazo lateral-1: Los botones que para el control remoto pertenecen a las flechas hacia la derecha e izquierda (Véase la Figura 116) permiten realizar este movimiento: el botón con la flecha ← se lo utiliza para la subida del brazo lateral-1, mientras que el botón con la flecha → se lo utiliza para la bajada del brazo lateral-1.



Figura 116.- Especificación de los botones para el movimiento del lateral-1

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

- El color amarillo es para la subida y bajada del brazo lateral-2: Los botones vistos en la Figura 117, que para el control remoto pertenecen a las flechas hacia arriba y hacia abajo permiten realizar este movimiento: el botón para subir (Flecha ↑) se lo utiliza para la subida del brazo lateral-2, mientras que el botón para bajar (Flecha ↓) se lo utiliza para la bajada del brazo lateral-2.



Figura 117.- Especificación de los botones para el movimiento del lateral-2

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

- El color rojo es para el giro de la muñeca: El botón que para el control remoto es el 1 se lo utiliza para el giro en dirección de las manecillas del reloj (sentido horario), mientras que el botón que para el control remoto es el 2 nos da el giro de la muñeca en sentido contrario a las manecillas del reloj (sentido anti horario) (Véase la Figura 118).



Figura 118.- Especificación de los botones para el giro de la muñeca

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

- El color verde es para el giro de la base: Los botones que para el control remoto pertenecen al volumen se los utiliza para realizar este movimiento (Véase la Figura 119): el botón para subir el volumen (VOL (+)) se lo utiliza para el giro en dirección en sentido contrario a las manecillas del reloj (sentido anti horario), mientras que el botón que para el control remoto es para bajar el volumen (VOL (-)) nos da el giro de la base de las manecillas del reloj (sentido horario).



Figura 119.- Especificación de los botones para el giro de la base

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

- El color azul es para la apertura y cierre de la pinza: Los botones que para el control (Véase la Figura 120), remoto pertenecen al channel se los utiliza para realizar este movimiento: el botón para cambiar de canal hacia uno superior (CH (+)) se lo utiliza para el cierre de la pinza, mientras que el botón para cambiar de canal hacia uno inferior (CH (-)) nos permite la apertura de la pinza.



Figura 120.- Especificación de los botones para la apertura y cierre de la pinza

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

RECEPCIÓN:

Para la recepción nos ayudamos del PIC 16F877A, el cual fue programado de tal manera que nos permitió hacer comparaciones de cada una de las tramas de bits pertenecientes a los botones del control remoto.

La programación fue realizada en Micro Code Studio, el cual nos permitió programar el PIC, para que cumpla con las órdenes indicadas; la programación mencionada se encuentra en el Anexo 3.

4.7.4. CIRCUITOS PARA EL SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO.

El circuito esta desarrollado a partir del número de motores que va a controlar y la función que va a desempeñar, refiriéndonos en este caso a la inversión de giro.

Existen varios dispositivos electrónicos que nos pueden ayudar a cumplir con esta función, pero la más fiable, tanto en funcionalidad y económicamente, es por medio

de micro relés, que permiten la activación de los motores cuando estos han sido activados.

Para la realización de los circuitos fue necesario conocer el funcionamiento de los servomotores trucados y de los motores de corriente continua, determinando que para ambos basta cambiar la polaridad de la alimentación para invertir el sentido de giro.

Materiales:

Material	Unidades
Relés de 5 V	6
Relés de 24 V	4
Resistencias	12
Transistores 2N3904	10
Transformador de TAP central 12V a 24V	1
PIC 16F877A	1
LCD	1
Plancha de bakelita de 20*30	1
Borneras	5
Control remoto	1
Receptor Infrarrojo	1
Potenciómetro	1
Capacitor 2200pF a 50V	3
Capacitor 2200pF a 35 V	1
Cautín	1
Estaño	1(rollo)
Cloruro Férrico	3 (Fundas)
Motores de corriente continua	2
Servomotores	3

Funcionamiento:

El PIC 16F877A programado, será el encargado de recibir la trama de bits enviados por el transmisor infrarrojo del control remoto, hará la comparación respectiva de tal manera que si cumple la condición el relé será activado dando paso a la alimentación del motor y llegando así a que el motor de corriente continua o los servomotores trucados se muevan ya sea para un sentido o para el otro, en base a la orden indicada.

Fue necesario colocar a la salida del PIC 16F877A transistores 3904, los mismos que nos permitieron recibir el voltaje necesario para que los relés pudieran ser activados. Además se tuvo que realizar una fuente de alimentación con un transformador, a la misma que se la subdividió en varias fuentes independientes, una de 24V y otra de 5V, ya que el PIC 16F877A y el receptor infrarrojo trabajan a 5V, los servomotores trucados hasta un máximo de 6V para obtener el torque deseado y los motores de corriente continua hasta un voltaje 24V; los voltajes nombrados son los máximos que cada tipo de motor puede soportar.

Para poder conocer el movimiento que el brazo robótico va a desempeñar, se colocó para una correcta visualización, un LCD de 2*16 bits, en el cual aparecerá la orden que el brazo robótico está ejecutando, para que el operario pueda ver el movimiento del brazo; cabe recalcar que el puerto del PIC utilizado para la visualización es el B (Véase la Figura 121).

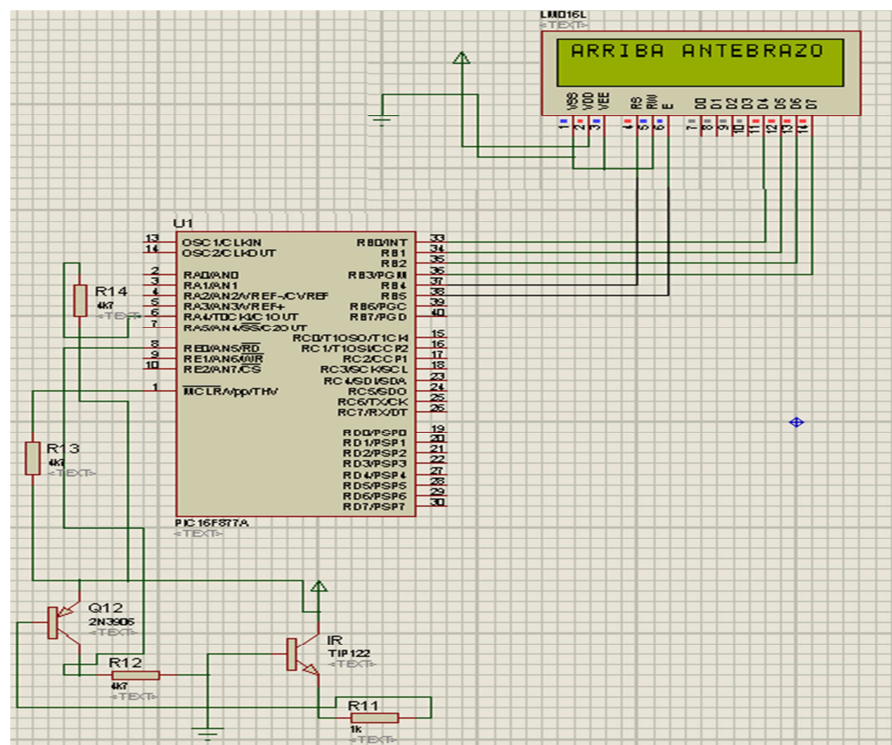


Figura 121.- Visualización del LCD

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Luego de la visualización se procedió a construir el circuito mediante la utilización de 10 relés: 6 relés de 5V para los servomotores trucados y 4 relés de 24 V para los motores de corriente continua. Se utilizó dos relés para cada motor, es decir, si se activa el primer relé le permitirá girar en un sentido, mientras que si se activa el otro relé el giro será hacia el otro lado.

Por lo tanto el número de transistores 3904 será de 10, uno para cada salida del PIC 16F877A, cuya función es mantener el voltaje de salida del mismo, para la activación de los relés. Los puertos utilizados corresponden al C (RC0, RC1, RC2, RC3 y RC4) y al D (RD0, RD1, RD2, RD3 y RD4) para las salidas hacia los motores.

Para demostración del circuito, en la Figura 122 se presenta las conexiones realizadas para el funcionamiento del primer motor.

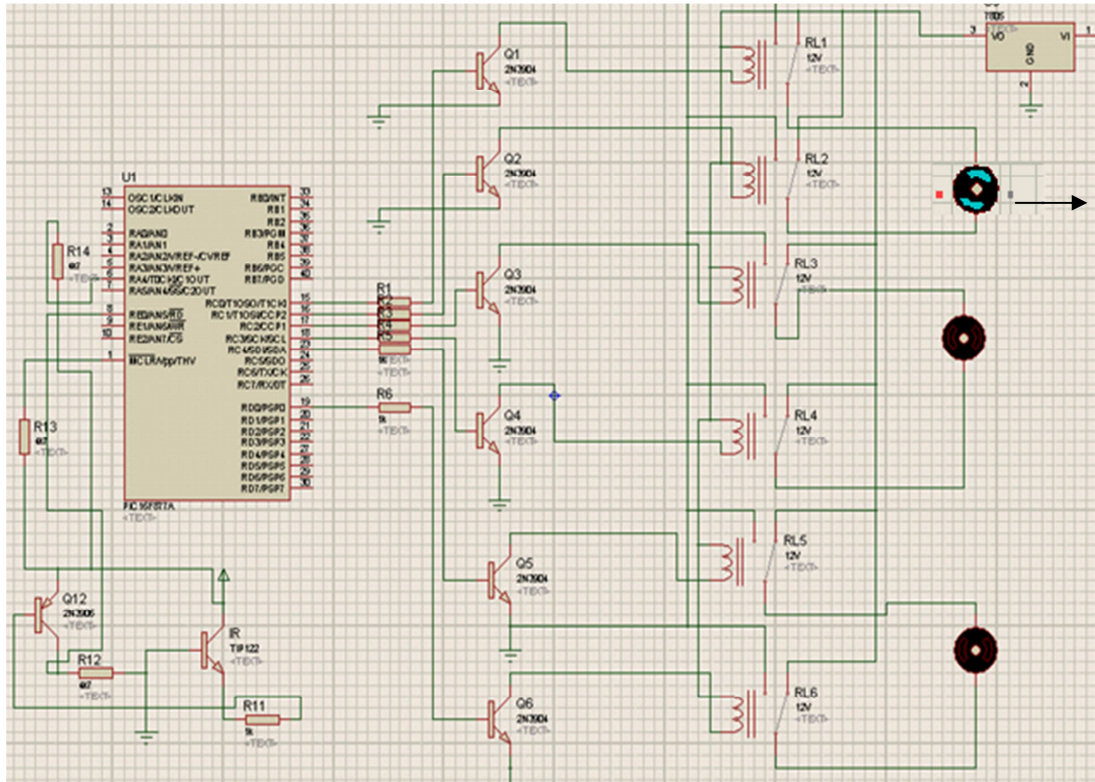


Figura 122.- Circuito de control del Brazo robótico para 3 motores

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Para los demás motores se sigue la misma circuitería con la diferencia que se utilizan las demás salidas del PIC.

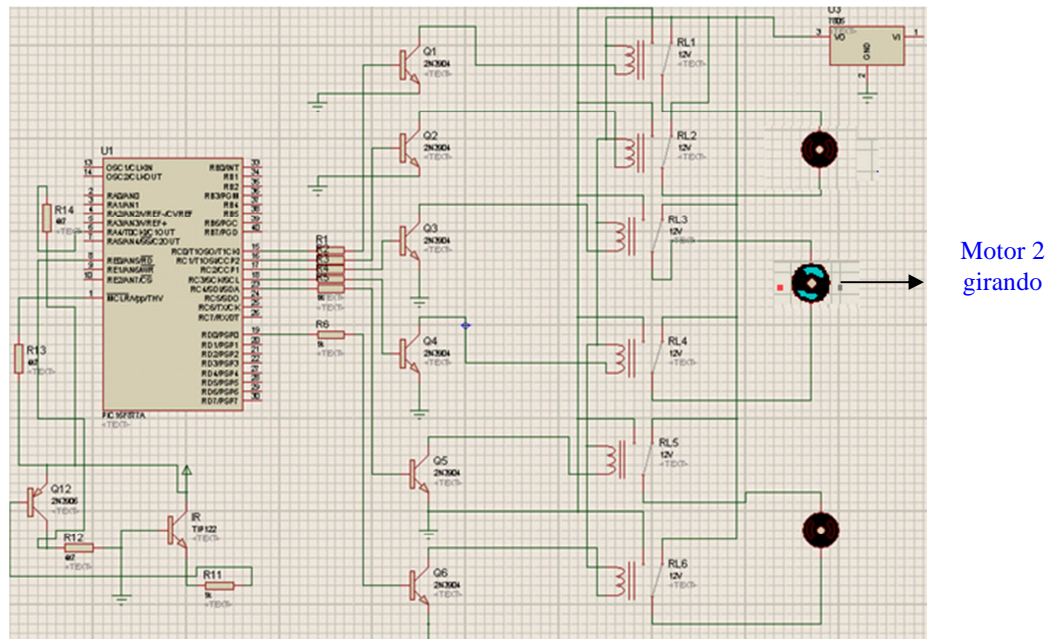


Figura 123.- Circuito de control del Brazo robótico para 3 motores

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

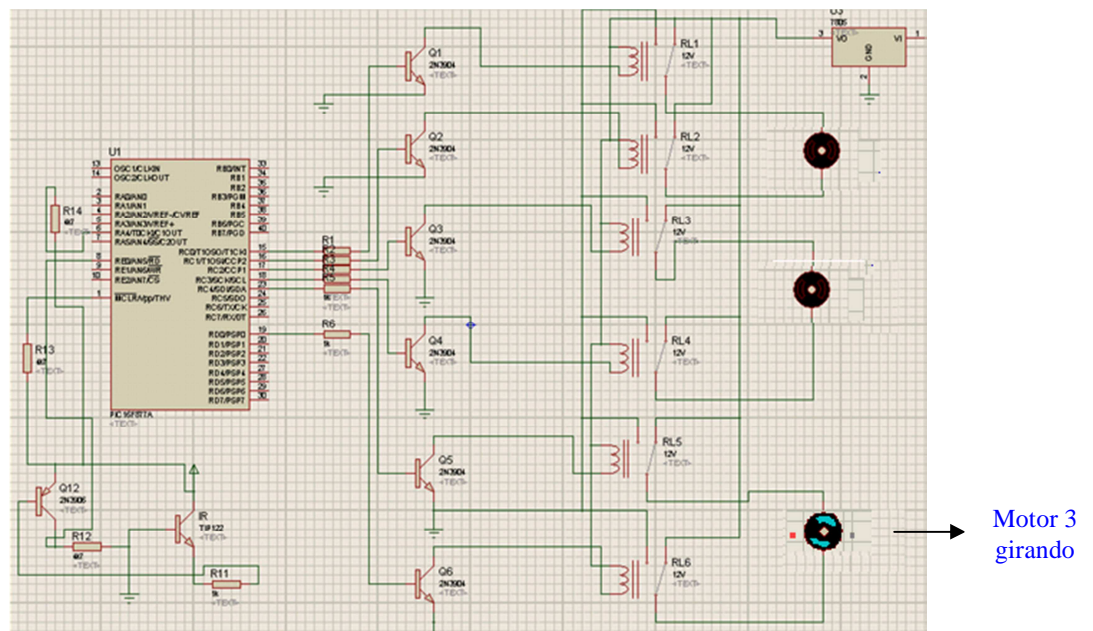


Figura 124.- Circuito de control del Brazo robótico para 3 motores

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Después concluir con el circuito en Proteus Isis 7 Profesional y conocer con exactitud que el circuito realizado permitirá controlar al brazo robótico se procedió a efectuar las pistas en Proteus Ares Profesional para realizar las pistas en la baquelita.

Las pistas del circuito de control se observan en la Figura 125:

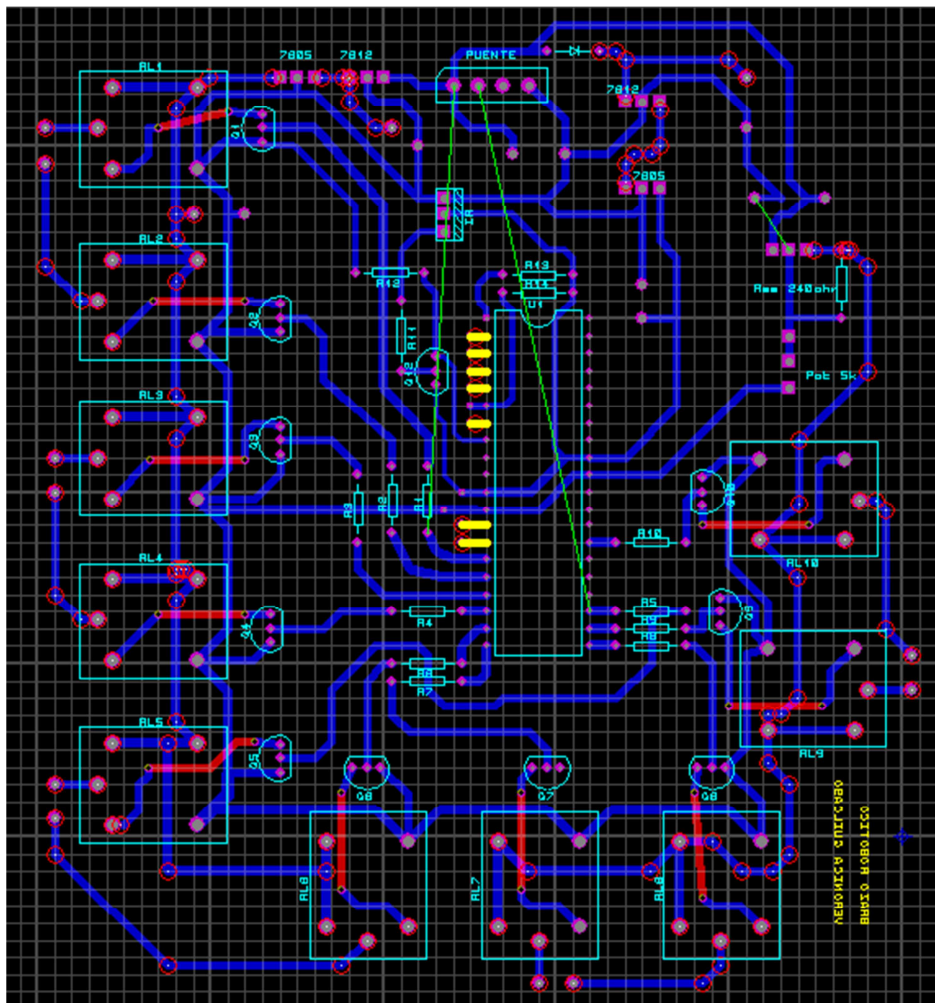


Figura 125.- Pistas del Circuito de control del Brazo robótico

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Luego se las imprimió en papel contac, se las transcribió en la baquelita y se procedió a soldar cada componente en el lugar correspondiente, evitando soldaduras frías que puedan evitar un correcto funcionamiento.

Después de soldar se limpió las pistas (Véase la Figura 126), para prevenir uniones de pistas o sueldas y se probó su funcionamiento (Véase la Figura 127).

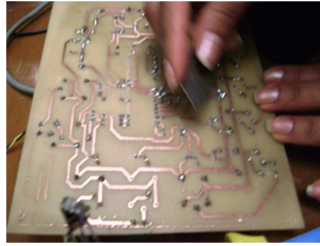


Figura 126.- Limpieza de las pistas en la baquelita con los elementos ya soldados para evitar cortos.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

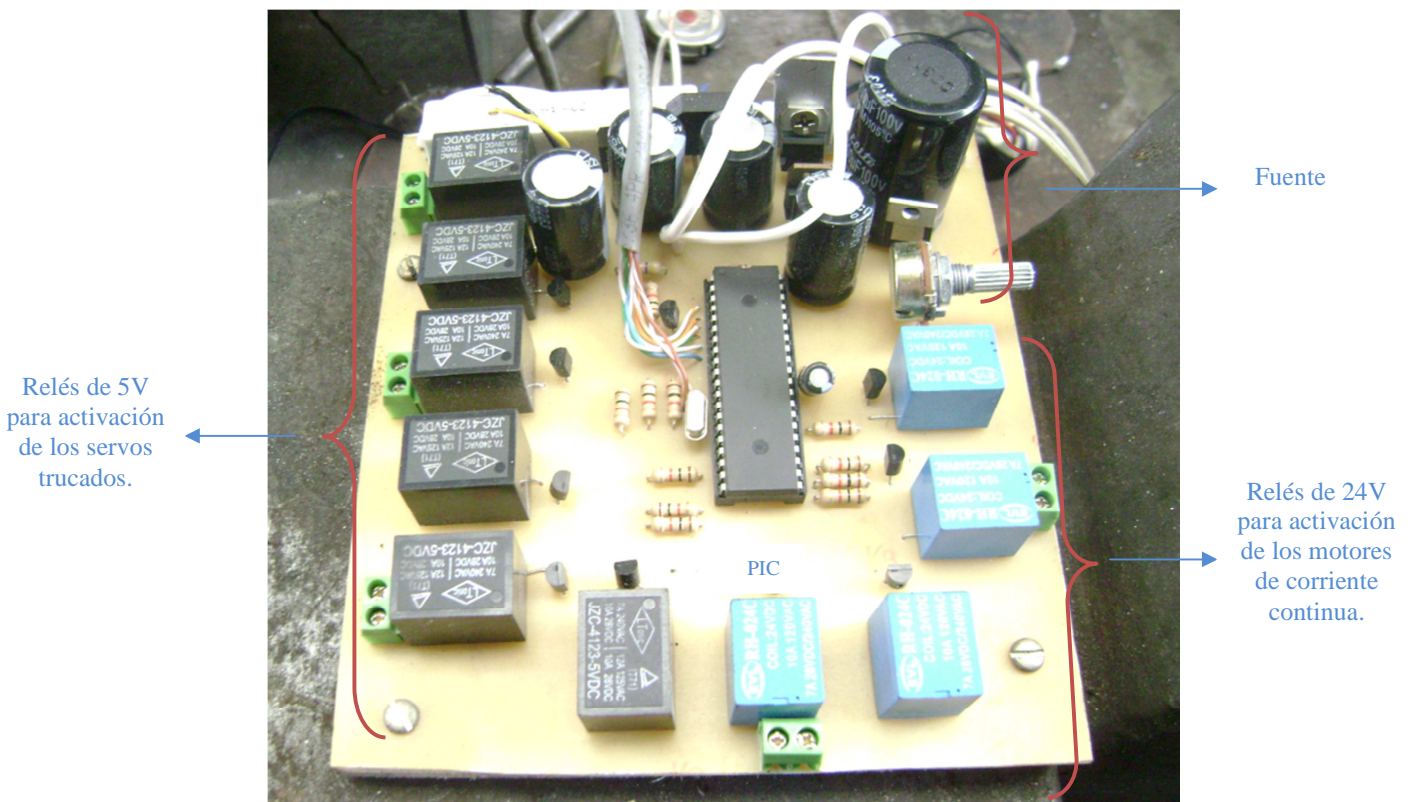


Figura 127.- Circuito de control del Brazo robótico completamente soldado.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

4.8. ADMINISTRACIÓN

A continuación se presentan los costos de los materiales que se utilizaron para la construcción del elevador vertical automatizado.

ESTRUCTURA DEL BRAZO ROBÓTICO

ESTRUCTURA DE SOPORTE				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
1	Plancha de aluminio	1/2	38.00	38.00
2	Cadena Paso 1	3	5.00	15.00
3	Ejes 1018	2	7.00	14.00
4	Espaciadores de Tubería ST37	2	5.00	10.00
5	Grilón (Plástico)	2(Tiras de 1m)	7.25	14.50
6	Tornillos	100	0.08	8.00
7	Rulimanes	4	1.25(par)	2.50
8	Engranés de grilón	2	2.10	4.20
9	Plancha de 3mm ST37	1	15.00	15.00
10	Ruliman Axial con base superior de acero	1	14.00	14.00
11	Piñones	6	2.50	15.00
12	Templador de caucho	1	3.00	3.00
13	Pintura	1ltr	4.25	4.25
14	Masilla	½ lb	3.80	3.80
15	Lija	2	0.80	1.60
TOTAL				162.85
10% IMPREVISTOS				16.29
COSTO TOTAL				179.14

TABLA 3.- Costos de materiales para la construcción de la estructura de soporte

CIRCUITO DE CONTROL INALÁMBRICO

CIRCUITO DE CONTROL				
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
1	Relés de 5 V	6	0.80	4.80
2	Relés de 24 V	4	0.90	3.60
3	Resistencias	12	0.05	0.60
4	Transistores 2N3904	10	0.30	3.00
5	1 Transformador de TAP central 12V a 24V	1	9.80	9.80
6	PIC 16F877A	1	7.00	7.00
7	LCD	1	11.00	11.00
8	Plancha de bakelita de 20*30	1	3.50	3.50
9	Borneras	5	0.30	1.50
10	Control remoto	1	5.00	5.00
11	Receptor Infrarrojo	1	3.50	3.50
12	Potenciómetro	1	0.50	0.50
13	Capacitor 2200pF a 50V	3	3.80	11.40
14	Capacitor 2200pF a 35 V	1	2.60	2.60
15	Cautín	1	3.50	3.50
16	Estaño	1(rollo)	3.90	3.90
17	Cloruro Férrico	3	0.30	0.90
18	Motores de corriente continua	2	180.00	360.00
19	Servomotores	3	60.00	180.00
TOTAL				616.10
10% IMPREVISTOS				61.61
COSTO TOTAL				677.71

TABLA 4.- Costos de materiales para la construcción del circuito de control

MANO DE OBRA

MANO DE OBRA		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Mecánica Martínez	200
TOTAL		200

TABLA 5.- Costo de alquiler de herramientas, taller y mecanizado de piezas

DIRECCIÓN TÉCNICA

DIRECCIÓN TÉCNICA		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Srta. Verónica Guilcaso	300.00
TOTAL		300.00

TABLA 6.- Costo de la dirección técnica para el diseño de la propuesta del proyecto.

BRAZO ROBÓTICO

COSTO TOTAL		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Estructura del Brazo Robótico	179.14
2	Circuito de control	671.71
3	Mano de Obra	200.00
4	Dirección técnica	300.00
TOTAL		1356.53

TABLA 7.- Costo final del brazo robótico

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA PROPUESTA

Para la elaboración del análisis de resultados se realizaron pruebas de funcionamiento del brazo robótico estableciendo datos del tipo técnico y estadístico los cuales permitieron realizar la interpretación adecuada de los resultados obtenidos, definiendo las ventajas que se pueden obtener con el desarrollo de la investigación.

El brazo robótico se construyó con el objetivo de verificar si era posible controlar cada movimiento del robot mediante el uso de un control inalámbrico de tal manera que el operario del mismo pueda lograr una disminución del tiempo de transporte en la función establecida para su uso.

A continuación se presenta los resultados que se han obtenido una vez realizadas las pruebas de funcionamiento, para verificar el cumplimiento del objetivo principal de la investigación.

5.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Las pruebas de funcionamiento realizadas se las hicieron una vez concluida la construcción de la estructura, de los circuitos de control inalámbrico del brazo robótico y su verificación de funcionalidad de las partes que lo conforman, de manera que permitieron corregir las fallas de los sistemas de accionamiento de cada articulación que se presentaban, pudiendo así comenzar con las pruebas necesarias para comprobar su correcto trabajo.

Día de realización de prueba:

Martes 7 de septiembre del 2010.

Hora de inicio de la prueba:

Hora de término de la prueba:

9:00 am

12:30 pm

Estas pruebas están basadas específicamente en:

1. Determinación de los ángulos y tiempos de giro de cada parte movable del brazo robótico.
2. El peso, la forma y el material de la pieza a transportar.
3. El tiempo de traslado de una pieza de una posición otra distinta.

PRUEBA N: 01 " Determinación de los ángulos y tiempos de giro de cada parte movable del brazo robótico"

DESCRIPCIÓN: BRAZO LATERAL-1

Para la toma de los datos de ángulos y tiempos de giro de cada parte movable del brazo robótico, se fijó una posición inicial (Véase la Figura 128) de donde parte el robot, este es el punto guía que nos permitió obtener los resultados de esta prueba, tomando en cuenta las restricciones que por el diseño de la estructura debemos considerar.



Figura 128.- Posicionamiento inicial del brazo robótico

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Para el manejo del brazo robótico se utilizó un control remoto de la marca SONY, el mismo que fue escogido debido a su popularidad dentro del mercado, de tal manera que si se produce un daño o rotura del mismo debido a una caída o mal uso, se tiene la facilidad de poder comprarlo en cualquier lugar dándonos la posibilidad de poder ocupar ese nuevo control, ya que la trama de datos coincidirá con la existente en el anterior, evitándonos el cambio de las tramas de bits para la comparación que se realiza en el programa.

Para cada parte movable del brazo se requiere de la utilización de dos botones, los cuales se los he definido de diferentes colores dándonos la facilidad de recordar que color se utilizará para cada movimiento.

El movimiento de este brazo se inicio pulsando el botón del control remoto de mando que es el especificado con el color rosado; de la posición inicial en sentido horario pueden cubrir un ángulo de 90° , mientras que en sentido anti horario desde la posición inicial cubre un ángulo de 55° como se puede observar en la Figura 129.

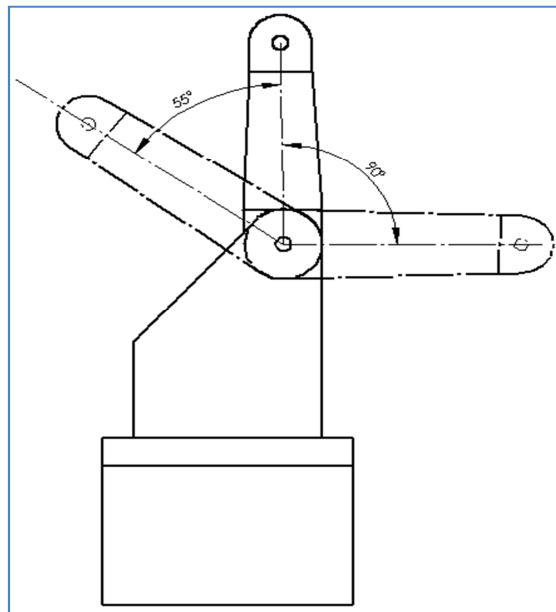


Figura 129.- Ángulos de desplazamiento del lateral-1

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

El proceso de recolección de tiempos se lo realizó dos veces consecutivas para de ahí obtener el promedio de subida y bajada máximos de los laterales-1.

Los tiempos de subida que se determinaron fueron:

DATOS	TIEMPO(seg)
1	2.82
2	3.18
SUMATORIA	6.00
TIEMPO DE SUBIDA DEL LATERAL-1	3 segundos

TABLA 8.- Tiempos De De Subida Del Lateral-1

En la Figura 130 se puede observar la posición máxima de bajada que puede alcanzar el brazo robótico al ser movido el brazo lateral-1.



Figura 130.- Posición máxima de bajada del lateral-1

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Los tiempos de bajada que se determinaron fueron:

DATOS	TIEMPO(seg)
1	5.19
2	5.23
SUMATORIA	10.42
TIEMPO DE BAJADA DEL LATERAL-1	5.21 segundos

TABLA 9.- Tiempos De De Bajada Del Lateral-1

En la Figura 131 se puede observar la posición máxima de subida que puede alcanzar el brazo robótico al ser movido el brazo lateral-1.



Figura 131.- Posición máxima de subida del lateral-1

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

DESCRIPCIÓN: BRAZO LATERAL-2

Partiendo de la posición inicial del brazo se hizo la toma de los tiempos de movimiento para los laterales-2, tomando en cuenta los límites que la estructura nos pone.

El movimiento del brazo lateral-2 del robot se inicio pulsando el botón del control remoto de mando que es el especificado con el color amarillo, de la posición inicial en sentido horario pueden cubrir un ángulo de 65° , mientras que en sentido horario desde la posición inicial cubre un ángulo de 90° como se puede observar en la Figura 132.

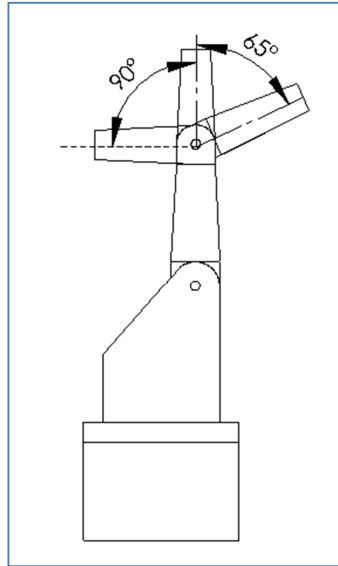


Figura 132.- Ángulos de posicionamiento del lateral-2

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

El proceso de recolección de tiempos se lo realizó dos veces consecutivas para de ahí obtener el promedio de subida y bajada máximos de los laterales-2.

Los tiempos de bajada que se determinaron fueron:

DATOS	TIEMPO(seg)
1	8.84
2	8.48
SUMATORIA	17.32
TIEMPO DE BAJADA DEL LATERAL-1	8.66 segundos

TABLA 10.- Tiempos De De Bajada Del Lateral-2

En la Figura 133 se puede observar la posición máxima de bajada que puede alcanzar el brazo robótico al ser movido el brazo lateral-2.



Figura 133.- Posición máxima de bajada del lateral-2

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Los tiempos de subida desde la posición inicial fueron:

DATOS	TIEMPO(seg)
1	5.13
2	5.13
SUMATORIA	10.26
TIEMPO DE SUBIDA DEL LATERAL-1	5.13 segundos

TABLA 11.- Tiempos De De Subida Del Lateral-2

En la Figura 134 se puede observar la posición máxima de subida que puede alcanzar el brazo robótico al ser movido el brazo lateral-2.



Figura 134.- Posición máxima de subida del lateral 2

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

DESCRIPCIÓN: MOVIMIENTO DE LA BASE

Para el movimiento de la base se los realizó en la posición inicial del brazo visto en la Figura 135, se hizo la toma de los tiempos de movimiento de giro hacia la derecha e izquierda, tomando en cuenta los límites que la estructura nos pone.



Figura 135.- Posicionamiento neutro del brazo robótico

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Giro hacia la derecha:

El giro hacia la derecha (Véase la Figura 136), posicionándonos al frente del robot, es tan solo de media vuelta debido a la transmisión de la alimentación a los motores, la misma que se la realizó por medio de cableado, el cual en ciertos movimientos, como este, define el giro máximo que puede tener.



Máximo
giro a la
derecha.

Figura 136.- Giro a la derecha (Max= media vuelta)

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Los tiempos de giro a la derecha que se determinaron fueron:

DATOS	TIEMPO(seg)
1	1.60
2	1.84
SUMATORIA	3.44
TIEMPO DE BAJADA DEL LATERAL-1	1.72 segundos

TABLA 12.- *Tiempos De Giro A La Derecha De La Base*

Giro hacia la izquierda:

El giro hacia la izquierda (Véase la Figura 137), posicionandonos al frente del robot, es de una vuelta y media debido a la transmisión de la alimentación a los motores, la misma que se la realizó por medio de cableado, el cual en ciertos movimientos, como este, define el giro máximo que puede tener.



Figura 137.- *Giro a la izquierda (Max= una vuelta y media)*

Fuente: *Foto Srta. Verónica Guilcaso*

Los tiempos de subida desde la posición inicial que se determinaron fueron:

DATOS	TIEMPO(seg)
1	2.38
2	2.80
SUMATORIA	5.18
TIEMPO DE SUBIDA DEL LATERAL-1	2.59 segundos

TABLA 13.- Tiempos De Giro A La Izquierda De La Base

Este proceso se lo realizó dos veces consecutivas para de ahí obtener el promedio de giros máximos de la base.

DESCRIPCIÓN: MOVIMIENTO DE LA MUÑECA

Para el movimiento de la muñeca se hizo la toma de los tiempos de movimiento de giro hacia la derecha e izquierda, tomando en cuenta los límites de la estructura y los botones del control remoto.

Giro hacia la derecha:

El giro hacia la derecha (Véase la Figura 138), posicionandonos al frente del robot, es tan solo de una vuelta debido a la transmisión de la alimentación a los motores la misma que se la realizó por medio de cableado, el cual en ciertos movimientos, como este, define el giro máximo que puede tener.



Máximo
giro a la
derecha.

Figura 138.- Giro a la derecha de la muñeca (Max= una vuelta)

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Los tiempos de giro a la derecha que se determinaron fueron:

DATOS	TIEMPO(seg)
1	1.60
2	1.57
SUMATORIA	3.17
TIEMPO DE BAJADA DEL LATERAL-1	1.59 segundos

TABLA 14.- *Tiempos De Giro A La Derecha De La Muñeca*

Giro hacia la izquierda:

El giro hacia la izquierda (Véase la Figura 139), posicionandonos al frente del robot, es de dos vueltas, debido a la transmisión de la alimentación a los motores, la misma que se la realizó por medio de cableado, el cual en ciertos movimientos, como este, define el giro máximo que puede tener.

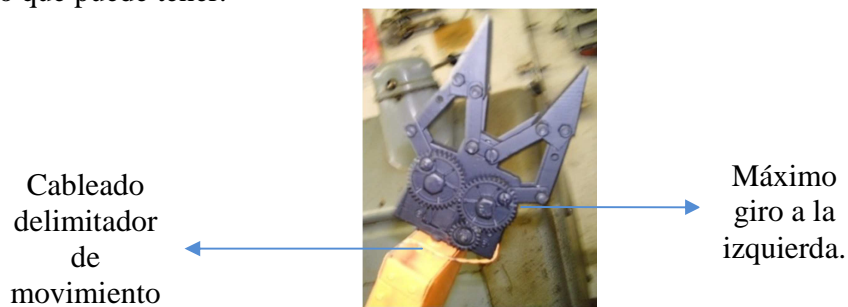


Figura 139.- *Giro a la izquierda de la muñeca (Max= dos vueltas)*

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Los tiempos de giro hacia la izquierda de la posición inicial que se determinaron fueron:

DATOS	TIEMPO(seg)
1	2.38
2	2.80
SUMATORIA	5.18
TIEMPO DE SUBIDA DEL LATERAL-1	2.59 segundos

TABLA 15.- *Tiempos De Subida Del Lateral-1*

Este proceso se lo realizó dos veces consecutivas para de ahí obtener el promedio de giros máximos de la muñeca.

DESCRIPCIÓN: APERTURA Y CIERRE DE LA MUÑECA

Para la apertura de la mano se utilizaron los siguientes botones del control:

La apertura de la pinza máxima es de 8cm (Véase la Figura 140), dando la facilidad de ubicarse mejor para la toma del objeto o pieza a transportar, con un tiempo de duración de 1.15 seg. Al momento del cierre de la pinza se definirá su distancia en base al objeto sostenido, se ha definido un tiempo de cierre sin ningún objeto sostenido de 1.18 seg para el cierre completo de la pinza (Véase la Figura 141)

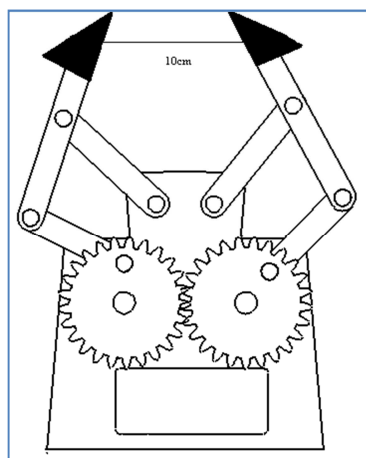


Figura 140.- Apertura de la pinza

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

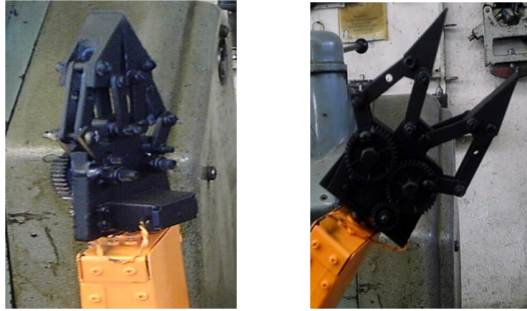


Figura 141.- Apertura y cierre de la pinza

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

PRUEBA N: 02.- “El peso, la forma y el material de la pieza a transportar”.

DESCRIPCIÓN

Las piezas (Véase la Figura 142), utilizadas para las pruebas necesarias de funcionamiento son aquellas que se toman referencia para realizar la prueba numero dos estableciendo los siguientes parámetros:

- Con referencia al tipo de pieza es necesario especificar que las mismas tengan cierta rectangularidad debido a que para la forma de la pinza es más fácil la sujeción de este tipo de piezas.



Figura 142.- Piezas a ser transportadas.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

- Con respecto al peso y material de la pieza utilizada para el transporte (Véase las Figuras 143, 144 y 145), se recomienda utilizar aquellas que estén elaboradas de

materiales livianos de tal manera que el brazo robótico no tienda a soltar la pieza en la mitad del recorrido; se sugiere que las piezas sean de plástico o cartón ya que estos materiales permiten su fácil transportación.



Figura 143.- Transporte de la pieza rectangular de cartón

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

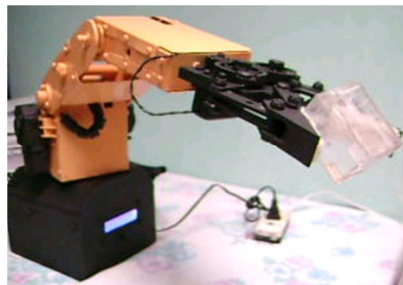


Figura 144.- Transporte de la pieza rectangular de plástico

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

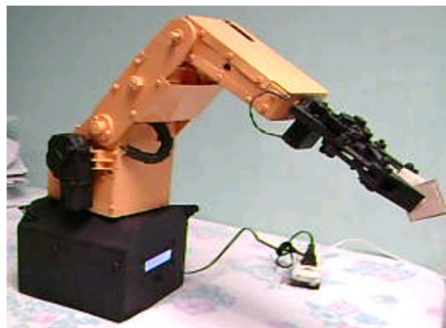


Figura 145.- Transporte de la pieza cuadrada de cartón

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Se pudo observar que con cada pieza de material liviano, el traslado de la misma se realizó sin ningún tipo de inconveniente, es decir, no existió una caída del objeto durante los movimientos realizados para su colocación en la nueva posición requerida.

PRUEBA N: 03.- “El tiempo de traslado de una pieza de una posición a otra mediante la utilización del control inalámbrico para su mando”.

DESCRIPCIÓN

Para esta prueba se utilizó una pieza de forma rectangular, la cual se reubicará estableciendo un tiempo de movimiento y un correcto funcionamiento del control inalámbrico del brazo robótico, cabe recalcar que dicho tiempo depende de la ubicación inicial de la pieza, del lugar a donde se desea moverla y de la posición en la que se encuentra el brazo para iniciar el proceso de transporte. Por lo que para otro traslado los tiempos de movimientos serán diferentes de acuerdo a los factores antes mencionados. Los movimientos que realizará el brazo serán operados por medio del control remoto, el cual nos permitirá su manipulación de forma inalámbrica mediante la utilización de infrarrojo.

La secuencia del proceso de colocación de la pieza en la posición requerida se la describe a continuación:

1.- El brazo robótico empieza a moverse desde una posición inicial (Véase la Figura 146), hacia la ubicación de la pieza:



Figura 146.-Posición inicial del brazo para la recolección de la pieza

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

2.- Toma de la pieza (Véase la Figura 147), mediante la sujeción con la pinza del brazo robótico:

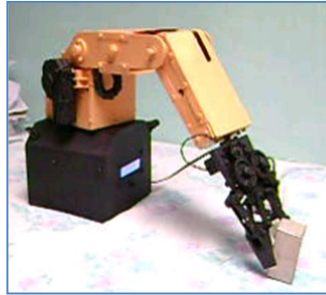


Figura 147.- Acercamiento a la pieza a recoger.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

3.- Levantamiento de la pieza y giro de la pinza (Véase la Figura 148), para comprobar la presión de agarre del objeto al nuevo lugar de colocación de la pieza:

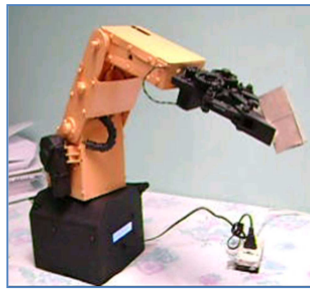


Figura 148.- Levantamiento de la pieza.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

4.- Giro de la base y colocación de la pieza en la posición a la que se desea trasladarla (Véase las Figuras 149 y 150):



Figura 149.- Giro de la base a la nueva posición.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso



Figura 150.- Giro de la pinza con la pieza sostenida.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

5.- Abrir pinza (Véase la Figura 151), para ubicar la pieza en la posición deseada y regreso del brazo hacia su posición inicial (Véase la Figura 152):

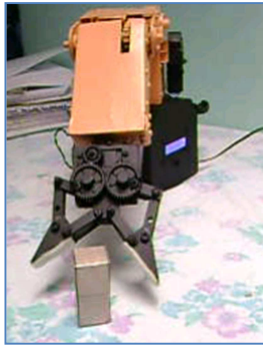


Figura 151.- Pieza soltada en la nueva posición.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso



Figura 152.- Regreso del brazo robótico a la posición inicial.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Durante el proceso de trasladar la pieza de una posición a otra se realizó la toma del tiempo que se tarda el brazo robótico en completar esta operación, la misma fue realizada tres veces consecutivas. Cabe recalcar que se trató de hacer coincidir la ubicación de la pieza para su recolección y nueva ubicación y sobre todo se trató de hacer coincidir la posición inicial de trabajo del brazo robótico.

Los tiempos de subida desde la posición inicial que se determinaron fueron:

DATOS	TIEMPO(min)
Traslado 1	2.00
Traslado 2	2.03
Traslado 3	2.17
SUMATORIA	6.20
TIEMPO DE TOTAL DE TRASLADO	2 minutos con 06 segundos

TABLA 16.- Tiempos traslado de la pieza a una nueva ubicación.

El tiempo promedio del traslado de una pieza es de 2 minutos con 06 segundos demostrando que es un tiempo mínimo de operación del brazo robótico, dándonos la posibilidad de verificar su correcto funcionamiento.

5.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS

PRUEBA 1

Durante la prueba denominada 1 se pudo concluir que los brazos laterales-1 y laterales-2 requirieron de un torque mayor que el proporcionado por los servomotores colocados inicialmente (Véase la Figura 153), los cuales fueron utilizados inicialmente.

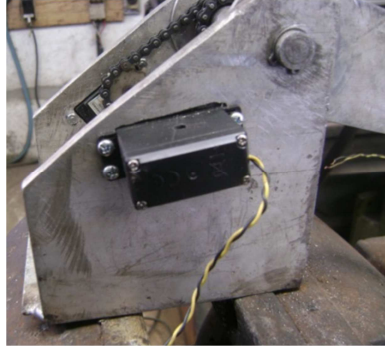


Figura 153.- Brazos laterales-1 y laterales-2 trabajando con servomotores.

Fuente: Foto Srta. Verónica Guilcaso

Por lo tanto fue necesario buscar otro tipo de motores que soporten el peso de la estructura, de tal manera que sostenga a cada brazo sin importar la ubicación en la que éste se encuentre.

Luego de corregir este problema se pudo comprobar que el uso de motores de corriente continua hicieron posible el movimiento esperado de cada lateral, por lo que se sustituyó los servomotores por éstos nuevos, dándole un mayor soporte de la estructura en la realización de los giros y ángulos en los que cada brazo del robot puede desplazarse.

Después de dicho procedimiento fue posible la comprobación de los ángulos de giro y de los tiempos de movimiento de sus articulaciones, haciendo que la prueba 1 cumpla con resultados óptimos para el funcionamiento adecuado del brazo robótico.

PRUEBA 2

Durante el procedimiento de la prueba número 2 se pudo determinar que el material aconsejable para que las piezas sean sostenidas por la pinza del brazo robótico debe ser ya sea de plástico o cartón, permitiendo una fácil manipulación de la misma en el proceso de traslado de una posición a otra; en cuanto al peso, debido al material, éstas serán livianas dándonos la facilidad de agarre y una fuerte sujeción; para la forma de la pieza se requiere un cierto grado de rectangularidad que nos ayude a sujetar la pieza, ya que la forma de la pinza está restringida para la sujeción de otro tipo de formas.

La comprobación de esta prueba permitió conocer con claridad la pieza que se utilizará para el transporte, estableciendo un fuerte agarre de la pieza a ser transportada y logrando así una correcta comprobación de la prueba número 2.

PRUEBA 3

La prueba número tres cumplió con el objetivo planteado, proveyéndonos un adecuado control inalámbrico para operar el brazo robótico con la mayor facilidad y permitiéndonos realizar la toma de diferentes tiempos de recolección de una pieza y su reubicación en una nueva posición.

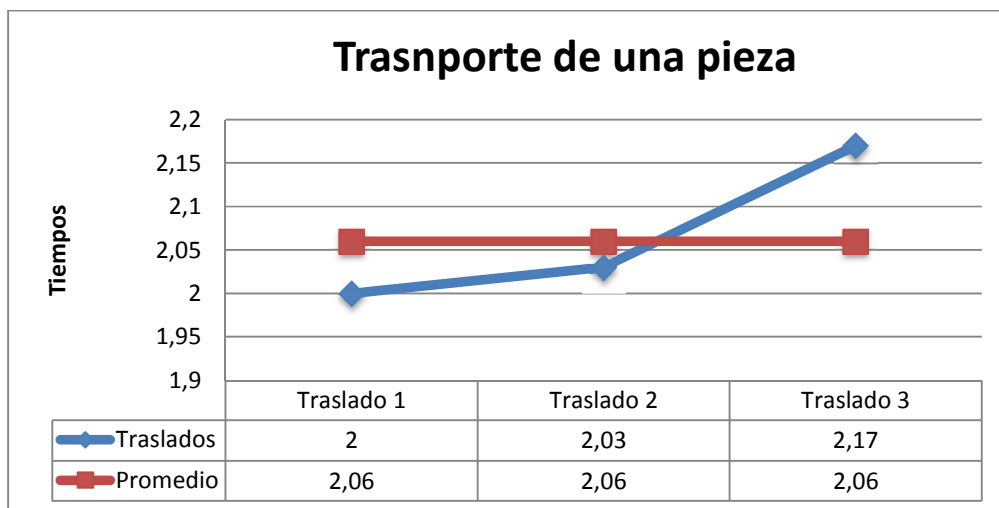


Figura 154.- Variación De Los Tiempos De Transporte

Fuente: Diseño Srta. Verónica Guilcaso

Como se puede observar en la gráfica de la Figura 154, la variación de los tiempos que se presenta, radica en que primero no se puede determinar la posición inicial exacta del brazo robótico para el nuevo procedimiento de traslado de una pieza y segundo de la manera en que se pueda operar el control remoto para generar cada movimiento del brazo robótico. Estos procedimientos nos permitieron establecer un tiempo promedio de 2.06 segundo durante el traslado de una pieza y su reubicación, concluyendo así que el robot está listo para desempeñar la tarea que se le asigne.

5.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El diseño y la construcción del brazo robótico industrial, pudo ser comandado mediante un sistema de control inalámbrico, denominado infrarrojo, el cual permitió que a una distancia de hasta 10 metros con línea de vista se pueda operar cada uno los movimientos dentro de los ángulos establecidos para cada articulación, sin interferencia de ninguna clase.

Por lo tanto se comprueba la hipótesis planteada al inicio del proyecto dando a los estudiantes una guía de inicio para las posteriores investigaciones de este tipo y proveyéndoles este material como base para el incremento de sus conocimientos en el área de la robótica.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Mediante la realización del diseño del brazo robótico se puede observar que el torque requerido por los motores es de 13Kg/cm para mover cada de las articulaciones siendo directamente proporcional al peso de las mismas; a más de ello con el fin de disminuir el peso de la estructura se utilizó como material de construcción el Aluminio que es más liviano que el acero.
- El movimiento de cada articulación del brazo robótico depende de la pulsación del botón especificado en el control, los cuales están diferenciados por colores; además cabe recalcar que cada el movimiento es mediante la activación de los micro relés, para hacerlo girar en un sentido u otro.
- Los laterales-1 tienen ángulos de movimiento a cubrir de 90° en sentido horario, mientras que en sentido antihorario un ángulo de 55°, para los laterales-2 en cambio en sentido anti horario cubre un ángulo de 65°, mientras que en sentido horario un ángulo de 90°; la base gira 90° en sentido horario y en antihorario 450° en la construcción del circuito.
- Se realizó la comunicación inalámbrica mediante la utilización de infrarrojo, el mismo que nos permitió manipular a cada servomotor trucado o a cada motor de corriente continua, de tal manera que realice el movimiento ordenado por la persona que controla su operación, sin que la señal sea interrumpida por el ruido existente en el ambiente.

6.2. RECOMENDACIONES

- Establecer correctamente parámetros iniciales, de los cuales se partirá con el diseño, de manera que se pueda obtener como resultado un brazo de eficiente operatividad.
- Para su correcto funcionamiento es necesario revisar la construcción del circuito de y obtener la información necesaria para lograr un trabajo eficiente durante el transporte y elevación de las piezas.
- Los movimientos de cada articulación tienen límites de giro establecidos por la estructura mecánica del mismo, por lo tanto es necesario fijarse en dichas limitaciones. Para el caso de los giros tanto de la base como de la muñeca, se requiere conocer con exactitud las vueltas que estos pueden realizar, ya que la transmisión de la alimentación hacia los motores ubicados en la parte superior del brazo robótico por medio de cables, constituyen un límite de giro.
- Aplicar los niveles de voltaje apropiados a cada una de las etapas del proyecto tomando en cuenta que el funcionamiento del brazo robótico requiere de una alimentación distribuida de la siguiente manera: 110V para la fuente de alimentación del circuito de control, 5V para los servomotores y 24 V para los motores de corriente de continua.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA DE LIBROS

- ❖ *RENTERÍA Arantxa-RIVAS María (2000), Robótica Industrial: Fundamentos y Aplicaciones, Primera Edición, Avaraca-Madrid, Editorial*
- ❖ *BARRIENTOS Antonio-PEÑÍN Luis Felipe-BALAGUER Carlos-ARACIL Rafael(2007), Fundamentos de Robótica, Segunda Edición, Avaraca Madrid, Mc Graw Hill*
- ❖ *KELLY Rafael-SANTIBAÑEZ Víctor, Control de movimientos de robots manipuladores(2003), Primera Edición, Madrid, Printed in Spain*
- ❖ *MANDADO Enrique-MENENDEZ Luis M.- FERREIRA Luis F.-MATOS Emilio L.(2007), Microcontroladores PIC –Sistema integrado para el autoaprendizaje, Primera Edición, Barcelona-España*

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

- ❖ *<http://neurologia.rediris.es/neurologia/diapmigraine/sld004.htm>(May/2010)*
- ❖ *<http://www.telecable.es/personales/jblt1/Robotica/robotica.htm>(Abr./2010)*
- ❖ *http://es.wikipedia.org/wiki/Robot_industrial(Mar/2010)*
- ❖ *[http://es.wikipedia.org/wiki/Grados_de_libertad_\(ingenier%C3%ADa\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Grados_de_libertad_(ingenier%C3%ADa))
(Ene/2010)*
- ❖ *http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/industrial.htm(May/2010)*
- ❖ *http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3nica_de_control(Feb/2010)*
- ❖ *<http://www.monografias.com/trabajos6/sicox/sicox.shtml>(Oct/2010)*
- ❖ *http://es.wikipedia.org/wiki/Red_de_computadoras(Mar/2010)*
- ❖ *<http://www.monografias.com/trabajos/redesinalam/redesinalam.shtml>(Jun/2010)*
- ❖ *<http://www.captalis.com/contenidos/tutoriales-guias/adsl/que-es-wireless/>(May/2010)*
- ❖ *<http://wikipedia.org/Caracteristicas-PIC16f877A>(May/2010)*

- ❖ http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/sistema/motores_servo.htm (Abril/2010)
- ❖ <http://www.iearobotics.com/proyectos/cuadernos/ct2/ct2.html> (Jul/2010)
- ❖ http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua (Feb./2010)
- ❖ http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_infrarrojo (May/2010)
- ❖ <http://picmicrocontroller877.blogspot.com/> (Octubre/2010)

ANEXOS

ANEXO 1

Brazo robótico terminado, el cual al final de la construcción se lo puede manipular mediante un control remoto y de esta manera maniobrar cada uno de los movimientos que se le ordene efectuar.



ANEXO 2

Datasheet del PIC 16F877A



PIC16F87XA **Data Sheet**

28/40/44-Pin Enhanced Flash
Microcontrollers



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F876A
- PIC16F874A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM),
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin
PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler.
(Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital
Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference
(VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device
inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash
program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM
memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control

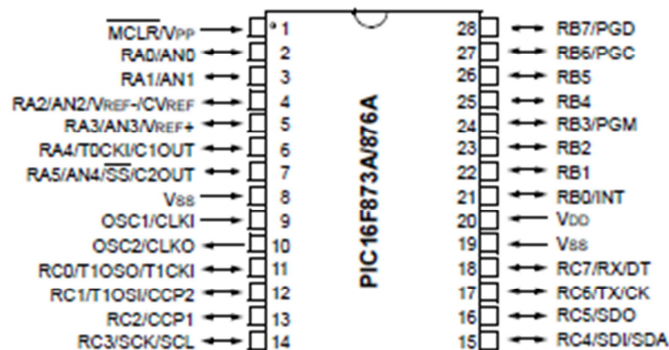
CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM
technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

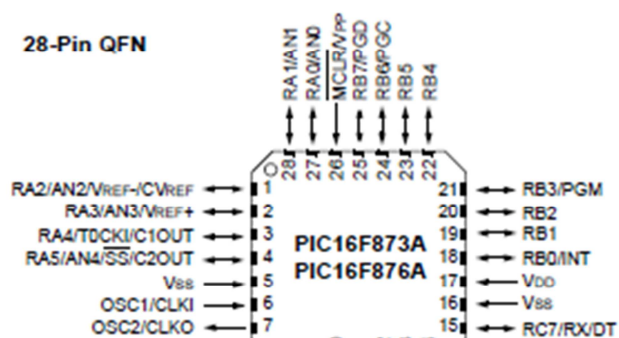
Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I ² C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

Pin Diagrams

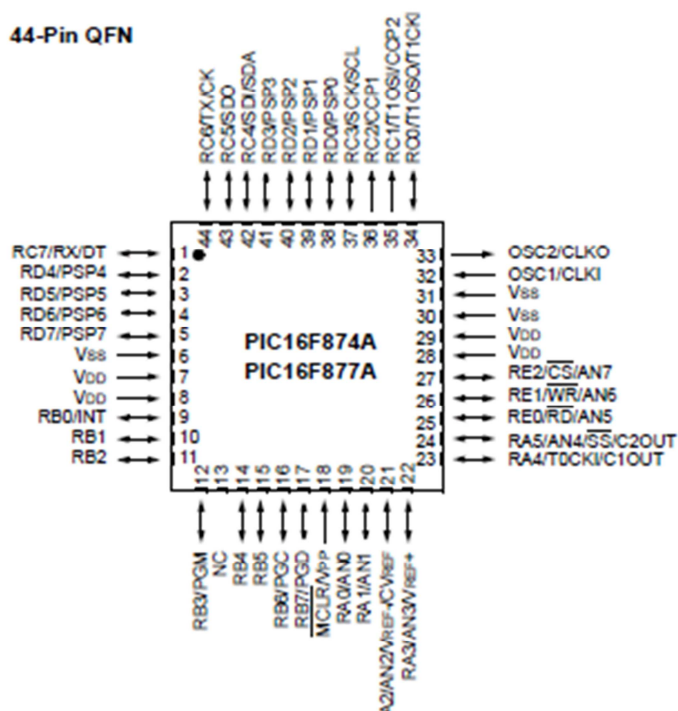
28-Pin PDIP, SOIC, SSOP

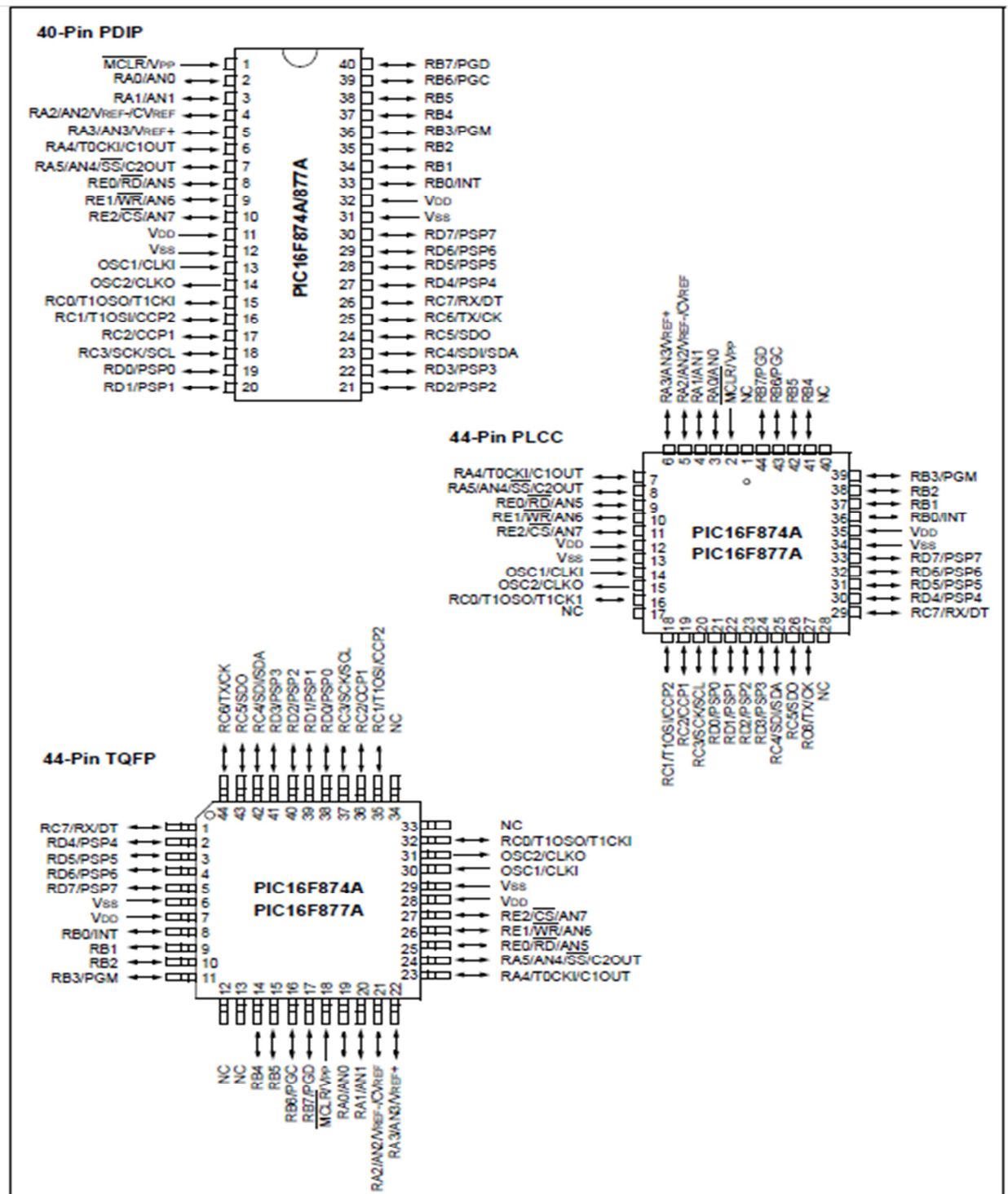


28-Pin QFN



44-Pin QFN





PIC16F87XA

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information about the following devices:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

PIC16F873A/876A devices are available only in 28-pin packages, while PIC16F874A/877A devices are available in 40-pin and 44-pin packages. All devices in the PIC16F87XA family share common architecture with the following differences:

- The PIC16F873A and PIC16F874A have one-half of the total on-chip memory of the PIC16F876A and PIC16F877A
- The 28-pin devices have three I/O ports, while the 40/44-pin devices have five
- The 28-pin devices have fourteen interrupts, while the 40/44-pin devices have fifteen
- The 28-pin devices have five A/D input channels, while the 40/44-pin devices have eight
- The Parallel Slave Port is implemented only on the 40/44-pin devices

The available features are summarized in Table 1-1. Block diagrams of the PIC16F873A/876A and PIC16F874A/877A devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2 and Table 1-3.

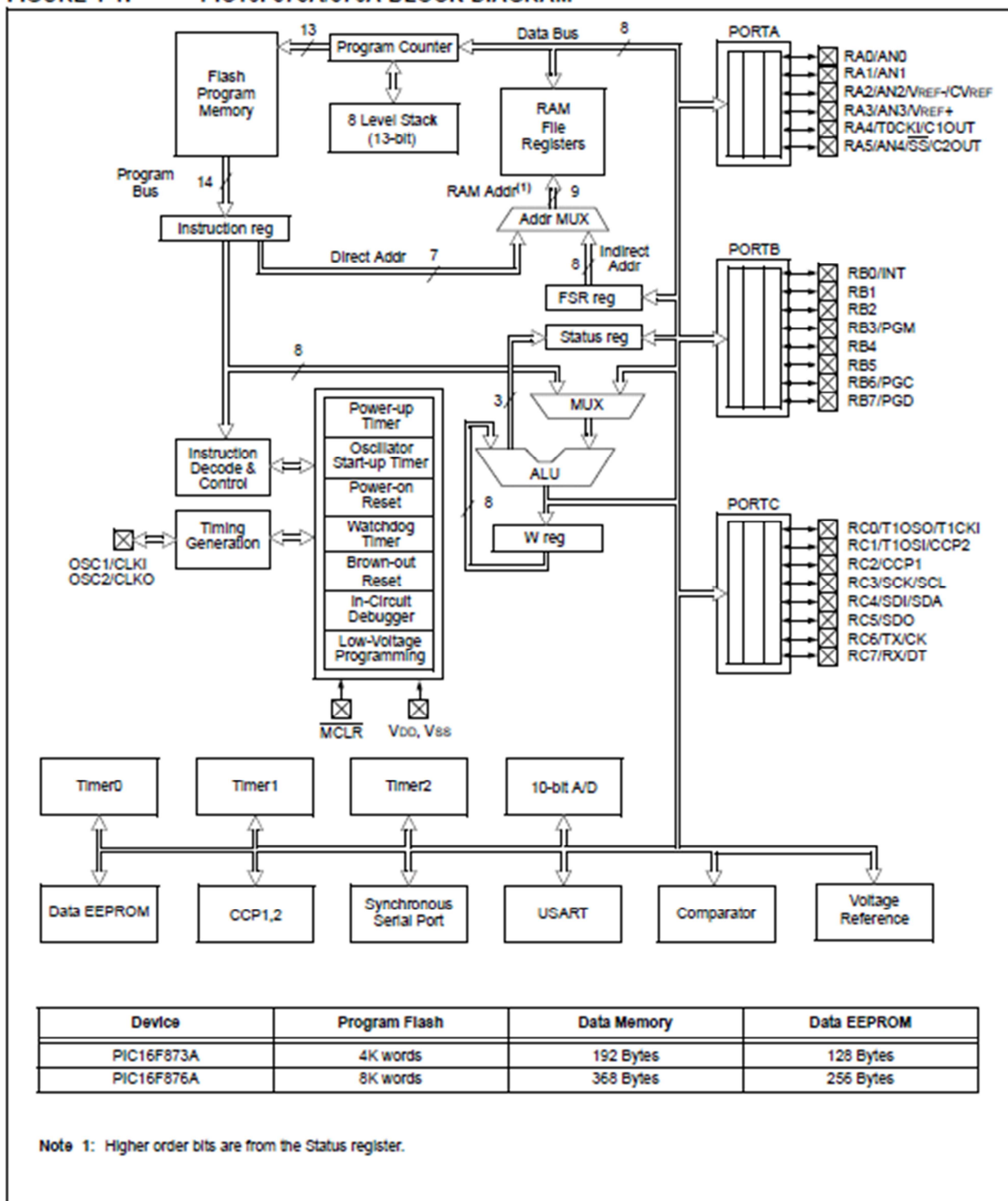
Additional information may be found in the PICmicro® Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip web site. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

TABLE 1-1: PIC16F87XA DEVICE FEATURES

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

PIC16F87XA

FIGURE 1-1: PIC16F873A/876A BLOCK DIAGRAM



PIC16F87XA

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	9	6	I I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2 CLKO	10	7	O O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP MCLR VPP	1	26	I P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0 RA1/AN1 RA1 AN1 RA2/AN2/VREF-/CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+ RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT RA5/AN4/SS/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	2 3 4 5 6 7	27 28 1 2 3 4	I/O I I/O I I/O I I O I/O I I O I/O I I O	TTL TTL TTL TTL ST TTL	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 0. Digital I/O. Analog input 1. Digital I/O. Analog input 2. A/D reference voltage (Low) input. Comparator VREF output. Digital I/O. Analog input 3. A/D reference voltage (High) input. Digital I/O – Open-drain when configured as output. Timer0 external clock input. Comparator 1 output. Digital I/O. Analog input 4. SPI slave select input. Comparator 2 output.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	21	18	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	22	19	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	23	20	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	24	21	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage (single-supply) ICSP programming enable pin.
RB4	25	22	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	26	23	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	27	24	I/O I	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	28	25	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	11	8	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	12	9	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	13	10	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	14	11	I/O I/O I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	15	12	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	16	13	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	17	14	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	18	15	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.
V _{SS}	8, 19	5, 6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V _{DD}	20	17	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

Legend: I - Input O - output I/O - Input/output P - power
 — - Not used TTL - TTL Input ST - Schmitt Trigger Input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	13	14	30	32	I I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2 CLKO	14	15	31	33	O O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP MCLR VPP	1	2	18	18	I P	ST	Master Clear (Input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) Input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0	2	3	19	19	I/O I	TTL	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 0.
RA1/AN1 RA1 AN1	3	4	20	20	I/O I	TTL	Digital I/O. Analog input 1.
RA2/AN2/VREF-/CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF	4	5	21	21	I/O I I O	TTL	Digital I/O. Analog input 2. A/D reference voltage (Low) input. Comparator VREF output.
RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+	5	6	22	22	I/O I I	TTL	Digital I/O. Analog input 3. A/D reference voltage (High) input.
RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT	6	7	23	23	I/O I O	ST	Digital I/O – Open-drain when configured as output. Timer0 external clock input. Comparator 1 output.
RA5/AN4/SS/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	7	8	24	24	I/O I I O	TTL	Digital I/O. Analog input 4. SPI slave select input. Comparator 2 output.

Legend: I = Input O = output I/O = Input/output P = power
— = Not used TTL = TTL Input ST = Schmitt Trigger Input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	33	36	8	9	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. Digital I/O. External Interrupt.
RB1	34	37	9	10	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	35	38	10	11	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	36	39	11	12	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage ICSP programming enable pin.
RB4	37	41	14	14	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	38	42	15	15	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	39	43	16	16	I/O I	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	40	44	17	17	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.

Legend: I = Input O = output I/O = Input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger Input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger Input when configured as the external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger Input when used in Serial Programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger Input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	33	36	8	9	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. Digital I/O. External Interrupt.
RB1	34	37	9	10	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	35	38	10	11	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	36	39	11	12	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage ICSP programming enable pin.
RB4	37	41	14	14	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	38	42	15	15	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	39	43	16	16	I/O I	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	40	44	17	17	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.

Legend: I = Input O = output I/O = Input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger Input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger Input when configured as the external interrupt.
 Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger Input when used in Serial Programming mode.
 Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger Input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

PIC16F87XA

TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RD0/PSP0 RD0 PSP0	19	21	38	38	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bidirectional I/O port or Parallel Slave Port when interfacing to a microprocessor bus. Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD1/PSP1 RD1 PSP1	20	22	39	39	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD2/PSP2 RD2 PSP2	21	23	40	40	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD3/PSP3 RD3 PSP3	22	24	41	41	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD4/PSP4 RD4 PSP4	27	30	2	2	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD5/PSP5 RD5 PSP5	28	31	3	3	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD6/PSP6 RD6 PSP6	29	32	4	4	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD7/PSP7 RD7 PSP7	30	33	5	5	I/O I/O	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RE0/ $\overline{\text{RD}}$ /AN5 RE0 RD AN5	8	9	25	25	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	PORTE is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Read control for Parallel Slave Port. Analog input 5.
RE1/ $\overline{\text{WR}}$ /AN6 RE1 WR AN6	9	10	26	26	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Write control for Parallel Slave Port. Analog input 6.
RE2/ $\overline{\text{CS}}$ /AN7 RE2 CS AN7	10	11	27	27	I/O I I	ST/TTL ⁽³⁾	Digital I/O. Chip select control for Parallel Slave Port. Analog input 7.
V _{ss}	12, 31	13, 34	6, 29	6, 30, 31	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
V _{DD}	11, 32	12, 35	7, 28	7, 8, 28, 29	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1, 17, 28, 40	12, 13, 33, 34	13	—	—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
— = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

ANEXO 3

PROGRAMA QUE PERMITE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS DEL
BRAZO ROBÓTICO:

```
'*****  
'* Name      : UNTITLED.BAS *  
'* Author    : [select VIEW...EDITOR OPTIONS] *  
'* Notice    : Copyright (c) 2010 [select VIEW...EDITOR OPTIONS] *  
'*           : All Rights Reserved *  
'* Date      : 2010-10-12 *  
'* Version   : 1.0 *  
'* Notes     : Brazo Robótico *  
'*           : *  
'*****  
ADCON1=7  
DEFINE osc 4  
  
trisa=0  
trisa=0  
trisc=0  
trisd=0  
portc=0  
portb=0  
portd=0  
trise=1  
  
DEFINE lcd_dreg porta  
DEFINE lcd_dbit 0  
DEFINE lcd_rsreg porta  
DEFINE lcd_rsbit 4  
DEFINE lcd_ereg porta  
DEFINE lcd_ebit 5  
DEFINE lcd_bits 4  
DEFINE lcd_lines 2  
  
k VAR BYTE  
m VAR BYTE  
n VAR BYTE  
num1 VAR WORD  
tot VAR WORD  
num VAR BYTE  
dato VAR BYTE[12]  
codigos VAR BYTE[12]  
cuenta VAR BYTE  
repe VAR BYTE  
veri VAR BIT  
PAUSE 1000  
verifi VAR WORD  
  
LCDOUT $FE,1," *BRAZO ROBOTICO* "  
PAUSE 10  
LCDOUT $FE,$C0," * TESIS * "  
PAUSE 100
```

```

iniciol:
paso=0
PAUSE 200
verifi=0
inicio:
IF porte.0=1 THEN
  PAUSEUS 2
  IF porte.0=1 THEN
    paso=0
    GOSUB espera
    IF paso=1 THEN
      cuenta=0
      repe=0
      GOTO calcular
    ELSE
      PAUSE 10
      GOTO iniciol
    ENDIF
  ENDIF
ENDIF
PAUSEUS 1

verifi=verifi+1
IF verifi=1000 THEN
  GOSUB borrar
ENDIF
GOTO inicio

calcular:      'Calculamos la trama del control remoto
IF porte.0=1 THEN
  PAUSEUS 4
  IF porte.0=1 THEN
    cuenta=cuenta+1
    GOSUB espera
    IF num>=23 AND num<=31 THEN
      dato[cuenta-1]=1
    ENDIF
    IF num>=8 AND num<=19 THEN
      dato[cuenta-1]=0
    ENDIF
  ENDIF
ENDIF
ENDIF

IF cuenta=12 THEN:GOTO comparar
PAUSEUS 5
repe=repe+1
IF repe=250 THEN:GOTO iniciol

GOTO calcular

```

```

comparar:
  verifi=0

PAUSE 20

tot=0
FOR k=0 TO 11
  num1=1
  IF k>0 THEN
    FOR m=0 TO k-1
      num1=num1*2
    NEXT m
  ENDIF
  tot=num1*dato[11-k]+tot
NEXT k

IF tot=2704 THEN      'Boton de Power
  LCDOUT $FE,1, " Boton Power "
  PAUSE 10
  LCDOUT $FE,$C0, " *BRAZO ROBÓTICO *"
  PAUSE 100
ENDIF

IF tot=16 THEN      'Boton 1
  LCDOUT $FE,1, "+Pinza - derecha+"
  PAUSE 10
  LCDOUT $FE,$C0, " Boton Uno"

  PAUSE 200
  HIGH portc.0
  LOW portc.1
ENDIF

IF tot=2064 THEN      'Boton 2
  LCDOUT $FE,1, "+Pinza - izquierda+"
  PAUSE 10
  LCDOUT $FE,$C0, " Boton Dos"
  PAUSE 200
  HIGH portc.1
  LOW portc.0
ENDIF

IF tot=144 THEN      'Chanel arriba
  LCDOUT $FE,1, " *Cierre de pinza*"
  PAUSE 10
  LCDOUT $FE,$C0, "Chanel arriba"
  PAUSE 200
  HIGH portc.2
  LOW portc.3

ENDIF

```

```
IF tot=2192 THEN 'Chanel abajo
LCDOUT $FE,1, "*Apertura de pinza"
PAUSE 10
LCDOUT $FE,$CO, " Chanel abajo "
PAUSE 200
HIGH portc.3
LOW portc.2
```

ENDIF

```
IF tot=1168 THEN 'Volumen arriba
LCDOUT $FE,1, "Giro base-derecha"
PAUSE 10
LCDOUT $FE,$CO, " Volumen arriba "
PAUSE 200
HIGH portc.4
LOW portd.0
```

ENDIF

```
IF tot=3216 THEN 'Volumen abajo
LCDOUT $FE,1, "Giro base-izquierda"
PAUSE 10
LCDOUT $FE,$CO, "Volumen abajo"
PAUSE 200
HIGH portd.0
LOW portc.4
```

ENDIF

```
IF tot=752 THEN 'Flecha arriba
LCDOUT $FE,1, " *Arriba Brazo-2* "
PAUSE 10
LCDOUT $FE,$CO, " Flecha arriba "
PAUSE 200
HIGH portd.2
LOW portd.1
```

ENDIF

```
IF tot=2800 THEN 'Flecha abajo
LCDOUT $FE,1, " *Abajo Brazo-2* "
PAUSE 10
LCDOUT $FE,$CO, " Flecha abajo "
PAUSE 200
HIGH portd.1
LOW portd.2
```

ENDIF

```

IF tot=720 THEN 'Flecha izquierda
LCDOUT $FE,1,"*Arriba Brazo-1*"
PAUSE 10
LCDOUT $FE,$C0,"Flecha izquierda"
PAUSE 200
HIGH portd.3
LOW portd.4
ENDIF

IF tot=3280 THEN 'Flecha derecha
LCDOUT $FE,1,"*Arriba Brazo-1*"
PAUSE 10
LCDOUT $FE,$C0,"Flecha derecha"
PAUSE 200
HIGH portd.4
LOW portd.3
ENDIF

PAUSE 100

GOTO inicio

espera:
num=0          'calculamos el tiempo que demora cada impulso de la trama
esperal:
IF porte.0=0 THEN
PAUSEUS 4
IF porte.0=0 THEN
GOTO espera2
ENDIF
ENDIF
num=num+1
IF num>250 THEN: GOTO inicio1 'Aumntado
PAUSEUS 4
GOTO esperal
espera2:
IF num>=51 AND num<=59 THEN
paso=1
ELSE
paso=0
ENDIF
RETURN

```

```
borrar:
  verifi=0
  portc=0
  portd=0
  LCDOUT $FE,1, " BRAZO ROBOTICO "
  PAUSE 10
  LCDOUT $FE,$C0, " * TESIS * "
  PAUSE 100
RETURN
```

Mediante la programación se pudo controlar cada movimiento de cada articulación del brazo robótico.