



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

SEDE LATACUNGA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES DE
TEMPERATURA, PRESIÓN Y PROXIMIDAD EN UN
PROTOTIPO DE PIEL SENSIBLE PARA ROBOTS
COMPAÑEROS”**

**Proyecto de Grado para la Obtención del Título de Ingeniero
en Electrónica e Instrumentación**

**Diana Sabina Albán Peñafiel
Fredy Rolando Salazar Sangucho**

LATACUNGA – ABRIL 2011

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente proyecto de grado fue desarrollado en su totalidad por los señores DIANA SABINA ALBÁN PEÑAFIEL Y FREDY ROLANDO SALAZAR SANGUCHO previo a la obtención de su título de Ingenieros en Electrónica e Instrumentación.

Latacunga, Abril del 2011

Ing. Franklin Silva M.

Ing. Nancy Guerrón .

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

CERTIFICADO

Ing. Franklin Silva M (DIRECTOR)

Ing. Nancy Guerrón (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA, PRESIÓN Y PROXIMIDAD EN UN PROTOTIPO DE PIEL SENSIBLE PARA ROBOTS COMPAÑEROS” ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional SI recomendamos su publicación.

Latacunga, Abril del 2011

Ing. Franklin Silva M

DIRECTOR

Ing. Nancy Guerrón

CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Diana Sabina Albán Peñafiel y Fredy Rolando Salazar Sangucho

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA, PRESIÓN Y PROXIMIDAD EN UN PROTOTIPO DE PIEL SENSIBLE PARA ROBOTS COMPAÑEROS” ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme a las citas que constan en las notas de pie, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Abril del 2011

Diana Sabina Albán Peñafiel

C.I. 1804143335

Fredy Rolando Salazar Sangucho

C.I. 0503163040

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Diana Sabina Albán Peñafiel y Fredy Rolando Salazar Sangucho.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la institución, del trabajo “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA, PRESIÓN Y PROXIMIDAD EN UN PROTOTIPO DE PIEL SENSIBLE PARA ROBOTS COMPAÑEROS” cuyo contenido, ideas y criterios es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Abril del 2011

Diana Sabina Albán Peñafiel

C.I. 1804143335

Fredy Rolando Salazar Sangucho

C.I. 0503163040

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento y gratitud a todo el cuerpo docente de la prestigiosa Escuela Politécnica del Ejercito Sede Latacunga ya que aportaron con sus sabios conocimientos en el transcurso de nuestra carrera estudiantil, hasta alcanzar el título de Ingeniería Electrónica en Instrumentación.

Debemos agradecer de manera especial a nuestros tutores el Sr. Ing. Franklin Silva y la Sra. Ing. Nancy Guerrón por su acertada dirección. Su apoyo y confianza en nuestro trabajo y su capacidad para guiar nuestras ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en nuestra formación como investigadores, para que el presente proyecto llegue a su feliz término y de una manera muy especial al Ing. Wilson Trávez por toda su ayuda.

Individualmente agradecemos a nuestros padres, hermanas y hermanos por su permanente apoyo en todos estos años, por su amor, comprensión, dedicación y cuidado, esto solo es el fruto de su esfuerzo.

A nuestros compañeros y amigos, que supieron brindarnos su amistad, compartiendo de alguna manera estos años de estudio.

Finalmente a todas las personas que depositaron su confianza en nosotros, de todo corazón MIL GRACIAS...

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a toda mi familia, a Dios que nunca me desampara y a mi amosho Fredy que me quiere mucho, que siempre cuida de mí por sobre todo, gracias amor. A todas estas personitas muy importantes, quienes me han apoyado y han compartido junto a mí todos los momentos de mi vida.

A mi madre, Mi Rosita, porque es un ejemplo de amor, comprensión, lucha, entrega y tantas cosas más que me faltan palabras para describirla, gracias a su esfuerzo y constante apoyo es que yo he podido cumplir mis objetivos y escalar un peldaño más dentro de mi vida.

A mi padre, Fausto “El Negrito”, que aunque pensaba que esta carrera no era para mí, que tal vez iba a fracasar, hoy le agradezco por incentivarme a luchar por lo que yo creo y anhelo, siempre constituirá la inspiración para luchar por el cumplimiento de mis ideales.

A mis hermanos Bolo y Patricio, porque siempre han creído en mí y se han sentido orgullosos, gracias por darme motivos para no defraudarles.

A mí más grande inspiración, Mi ñaña preciosa, gracias mi perla preciosa por siempre apoyarme, por ser mi más grande ejemplo, por darme ánimos para levantarme, que con palabras de aliento no me dejaste caer cuando las fuerzas me faltaban, por disfrutar en mis alegrías y llorar conmigo en mis tristezas, por ayudarme a crecer, por darme el estudio, hoy tengo tanto que agradecerle que me faltaría palabras para decirte GRACIAS, gracias por todo Mamita Linda.

Diana

DEDICATORIA

“Estudia como si fueras a vivir para siempre: vive como si fueras a morir mañana.”

Este trabajo está dedicado a Dios que gracias a su infinita misericordia me regala la vida en cada mañana, a toda mi familia que siempre está a mi lado en los buenos y malos momentos y a mi amorcito bello Diana, que me quiere y que me ha enseñado a ver la vida de una manera diferente y soñar de nuevo; gracias mi amor.

A mis queridos y adorables padres.

Carlota, mi mamita querida, que me ha demostrado que el amor de una madre por sus hijos es más grande que cualquier cosa. Sacrificando su tiempo, su paciencia y sobre todo saliendo siempre adelante ante cualquier adversidad, gracias mi mamita querida, el amor que depositaste en mí no a sido en vano, ya que eso me ayudó a cumplir con mi meta.

Ambrocio, mi viejito querido, que me enseñó desde muy niño a trabajar con esmero, pasión y sobre todo mucho ñeque. Que el considerarme su más grande orgullo hizo que me esfuerce en todo lo que hacía.

A mí querido hermanito.

David, mi chovis, que me dejó compartir sus alegrías, sus travesuras, sus inquietudes y sobre todo que a más de ser su hermano me dejó ser su amigo. Recuerda que siempre tendrás mi apoyo.

A todas esas personas que depositaron su confianza en mí y me tomaron como su ejemplo, espero no a verles defraudado. GRACIAS a todos.

Fredy

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	xxvi
CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	1
1.1 Sensores de temperatura	1
1.1.1 Termistores	2
1.1.2 Detectores de temperatura resistivos (RTD)	3
1.1.3 Termopares	4
1.1.4 Pirómetros	5
1.1.5 Sensores de temperatura especiales	6
1.1.5.1 Ibutton	6
1.1.5.2 Sensores tipo cinta	7
1.1.5.3 Sensores de temperatura tritec	8
1.1.5.4 Fot-I Sensor de temperatura	9
1.1.5.5 Sensor de temperatura de precisión	11
1.2 Sensor de proximidad	12
1.2.1 Sensor capacitivo	12
1.2.2 Sensor inductivo	13
1.2.3 Sensor infrarrojo	14
1.2.3.1 Sensor infrarrojo de barrera	15
1.2.3.2 Sensor infrarrojo tipo réflex	16
1.2.3.3 Sensor infrarrojo tipo auto réflex	16
1.2.4 Sensor ultrasónico	17
1.2.5 Sensores magnéticos	18
1.2.6 Otros sensores de proximidad	18
1.2.6.1 Sensor de proximidad con infrarrojo	18
1.2.6.2 Micro sensor de proximidad modelo MPS-MPX	20

1.3	Sensores de fuerza o presión	21
1.3.1	Sensores piezoeléctricos	23
1.3.2	Sensores de fuerza especiales	24
1.3.2.1	Sensor de fuerza resistivo (FSR)	24
1.3.2.2	FlexiForce cuadrado	25
1.3.2.3	FlexiForce rectangular	26
1.3.2.4	Punta de prueba implantable de la fuerza de AIFP	27
1.3.2.5	FBB300 sensor de fuerza	28
1.3.2.6	FFP350 Futek sensor de fuerza	29
1.4	Micro controladores PSOC	30
1.4.1	Desarrollo del software	33
1.4.2	Programador de código	34
1.5	Robots compañeros	35
1.5.1	Robot	35
1.5.1.1	Tipos de robots	36
a.	Robots play-back.	36
b.	Robots controlados por sensores.	36
c.	Robots controlados por visión.	36
d.	Robots controlados adaptablemente.	36
e.	Robots con inteligencia artificial.	37
1.5.2	Robots compañeros	37
1.5.2.1	The Partner robot	38
1.5.2.2	Robots capaces de predecir las intenciones	38
1.5.2.3	Los robots serán compañeros comunes del hogar	39
1.5.2.4	Robots mascota	40
1.5.2.5	Robots creados por Toyota	41
1.6	Pieles sensibles para robots o pieles robóticas	42
1.6.1	Piel electrónica da tacto a los robots, podría restablecerla en humanos.	42

1.6.2	Universidad de Tokio, piel sensible a la presión	43
1.6.3	Científicos de Stanford University crean piel robótica súper sensible al tacto	44
1.6.4	Sensores ópticos en la piel de robots para alcanzar un contacto más suave	45
CAPÍTULO II:	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	48
2.1	Especificaciones de diseño	48
2.1.1	Brazo robóticos modelo k680	48
2.2	Análisis de la estructura robótica	73
2.2.1	Métodos de control de la estructura	74
2.2.1.1	Por medio del control alámbrico	74
2.2.1.2	Por medio de microelectrónica	75
2.2.2	Operación de la estructura	94
2.2.2.1	Por medio del control alámbrico	94
2.2.2.2	Por medio de microelectrónica	95
2.3	Diseño e implementación del prototipo de piel sensible sobre la Estructura robótica.	99
2.3.1	Materiales para el diseño de la piel robótica.	99
2.3.2	Elaboración de la mano robótica.	103
2.3.3	Diseño de un prototipo de piel sensible en forma matricial	104
2.3.4	Creación de la piel sensible para el prototipo.	107
CAPÍTULO III:	PRUEBAS EXPERIMENTALES Y RESULTADOS	110
3.1	Descripción física del prototipo	110
3.2	Pruebas experimentales	111
3.3	Análisis técnico-económico	113

3.4 Alcances y Limitaciones	116
3.4.1 Alcances	116
3.4.2 Limitaciones	117
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
4.1 Conclusiones y Recomendaciones	119
4.1.1 Conclusiones	119
4.1.2 Recomendaciones	121
REFERENCIAS	123
WEB GRAFÍA	125
ANEXO I	126
Fotografías del ensamblaje del brazo robótico k680	
ANEXO II	139
Estructuras robóticas	
ANEXO III	147
Parte del manual de instrucciones del brazo robótico k680, usado para comparación	
ANEXO IV	149
Ensamble del control remoto	
ANEXO V	157
Diagrama de ruteado de la placa	

ANEXO VI	161
Código de programación del programa de control del brazo robótico en Microcode Studio.	
ANEXO VII	174
Hojas de datos	
ANEXO VIII	215
Manual de usuario	
GLOSARIO	224

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1. 1 Termistor	2
Figura 1. 2 Detector de Temperatura Resistivo	3
Figura 1. 3 Termopar	4
Figura 1. 4 Pirómetro Tipo Pistola	5
Figura 1. 5 iButton, Sensor de Temperatura y Humedad	7
Figura 1. 6 Sensor de Temperatura Tipo Cinta	7
Figura 1. 7 Sensor de Temperatura TRITEC	8
Figura 1. 8 Sensor de Temperatura FOT-L	9
Figura 1. 9 Partes del sensor FOT-L	11
Figura 1. 10 Sensor de Temperatura de Precisión	11
Figura 1. 11 Sensor de Proximidad Capacitivo	13
Figura 1. 12 Sensor de Proximidad Inductivo	14
Figura 1. 13 Sensor de Proximidad Infrarrojo Tipo Barrera	15
Figura 1. 14 Sensor de Proximidad Infrarrojo Tipo Réflex	16
Figura 1. 15 Sensor de Proximidad Infrarrojo Tipo Auto Réflex	16
Figura 1. 16 Sensor de Proximidad Ultrasónico	17

Figura 1. 17 Sensor de Proximidad Magnético	18
Figura 1. 18 Sensor de Proximidad con Infrarrojo	18
Figura 1. 19 Dimensiones y patrón de radiación del sensor	19
Figura 1. 20 Micro Sensor de Proximidad MPS-MPX	20
Figura 1. 21 Partes del Micro Sensor MPS-MPX	21
Figura 1. 22 Distribución de Pines del Micro Sensor MPS-MPX	21
Figura 1. 23 Sensor de fuerza y componentes	22
Figura 1. 24 Esquema de funcionamiento de un sensor piezoeléctrico	23
Figura 1. 25 Sensor de Fuerza Resistivo FSR Redondo	24
Figura 1. 26 Sensor de Fuerza Resistivo FSR Cuadrado	25
Figura 1. 27 Sensor de Fuerza Resistivo FSR Rectangular	26
Figura 1. 28 Punta de Prueba de Fuerza AIFP	27
Figura 1. 29 Sensor de Fuerza FBB300 y sus partes	28
Figura 1. 30 Sensor de Fuerza FFP350 FUTEK	29
Figura 1. 31 Logo de Presentación	30
Figura 1. 32 Bloque de un PSOC	32
Figura 1. 33 Barra de herramientas del Programador	33
Figura 1. 34 Interfaz Gráfica	34

Figura 1. 35 Interfaz del Programador de Código del PSOC	35
Figura 1. 36 The Partner Robot	38
Figura 1. 37 Robots capaces de predecir las intenciones	39
Figura 1. 38 Robots Compañeros	40
Figura 1. 39 Robot Mascota	40
Figura 1. 40 Robots Creados por Toyota	42
Figura 1. 41 Piel Electrónica da tacto a los Robots	43
Figura 1. 42 Piel sensible a la presión	44
Figura 1. 43 Piel robótica súper sensible al tacto	45
Figura 1. 44 Sensores ópticos en la piel de robots para alcanzar un contacto más suave	46

CAPÍTULO II

Figura 2. 1 Herramientas necesarias para el ensamblaje	49
Figura 2. 2 Elementos necesarios para el ensamblaje del brazo robótico	50
Figura 2. 3 PC BOARD	51
Figura 2. 4 Partes de plástico del brazo robótico a, b, c, y d	51
Figura 2. 5 Partes de plástico del brazo robótico e y f	52
Figura 2. 6 Colocación de las tuercas p18 en la pieza a2	52

Figura 2. 7 Ensamblado del sistema de engranes con las piezas p4, p5, p6 y p7.	53
Figura 2. 8 Colocación del motor	53
Figura 2. 9 Colocación de la pieza A1 y obtención de piezas M4 y M5.	54
Figura 2. 10 Obtención de la pieza M3	54
Figura 2. 11 Ensamblado del sistema de engranes con las piezas P4, P5, P6 Y P7	55
Figura 2. 12 Colocación del M2.	55
Figura 2. 13 Obtención de la pieza M3.	56
Figura 2. 14 Colocación de 4 tuercas P18 en la A2.	56
Figura 2. 15 Ensamblado del sistema de engranes con las piezas P4, P5, P6 y P7.	57
Figura 2. 16 Colocación del M2.	57
Figura 2. 17 Obtención de la pieza M2.	58
Figura 2. 18 Piezas M2, M3, M4 Y M5	58
Figura 2. 19 Ensamblaje de la base	59
Figura 2. 20 Colocación de M5.	59
Figura 2. 21 Colocación de los terminales de batería.	60
Figura 2. 22 Adecuación de los cables.	60
Figura 2. 23 Colocación de la tapa f1.	61
Figura 2. 24 Colocación de baterías.	61

Figura 2. 25 Colocación de la tapa f7	62
Figura 2. 26 Colocación de la pieza f4 en la M4.	62
Figura 2. 27 Ensamblaje del m4 en la base.	63
Figura 2. 28 Ensamble de e1 en las piezas m2 y m3.	63
Figura 2. 29 Ensamble de las piezas F2 Y F3.	64
Figura 2. 30 Ensamblaje de las piezas E2.	64
Figura 2. 31 Ensamblaje del sistema de engranes y colocación de los ejes P9 Y P10	65
Figura 2. 32 Colocación de la pieza P3 y la F5.	66
Figura 2. 33 Colocación de la pieza N2	66
Figura 2. 34 Ensamble del Gripper.	67
Figura 2. 35 Colocación de los extremos de la pinza.	68
Figura 2. 36 Colocación del papel adherible.	68
Figura 2. 37 Colocación del led P22.	69
Figura 2. 38 Colocación de la armazón de la muñeca.	69
Figura 2. 39 Ensamblaje de las piezas f6 y f7 y atornille en el brazo mecánico.	70
Figura 2. 40 Colocación de las piezas e3.	70
Figura 2. 41 Colocación de la pieza D2.	71

Figura 2. 42 Adecuar los cables como muestra la figura	71
Figura 2. 43 Brazo robótico K-680	72
Figura 2. 44 Brazo robótico ensamblado	72
Figura 2. 45 Similitud entre un brazo humano y el brazo robótico	73
Figura 2. 46 Conexión de la fuente de alimentación del circuito de control	78
Figura 2. 47 Acondicionamiento del sensor de proximidad	79
Figura 2. 48 Acondicionamiento del sensor de fuerza	79
Figura 2. 49 Acondicionamiento del sensor de temperatura	80
Figura 2. 50 Circuito generador de la interrupción de proximidad en programa uno	81
Figura 2. 51 Circuito generador de interrupción en programa dos	82
Figura 2. 52 Circuito generador de la interrupción de temperatura	83
Figura 2. 53 Sensor de proximidad en el brazo robótico.	84
Figura 2. 54 Sensor de fuerza en el brazo robótico.	84
Figura 2. 55 Termistor ubicado en el brazo robótico	85
Figura 2. 56 Diagrama de control de la tenaza	86
Figura 2. 57 Diagrama de control de la muñeca	87
Figura 2. 58 Diagrama de control del codo	88
Figura 2. 59 Diagrama de control del brazo	89

Figura 2. 60 Diagrama de control de la cintura	90
Figura 2. 61 Circuito de potencia del brazo robótico	- 91 -
Figura 2. 62 Circuito de control automático del brazo robótico	- 92 -
Figura 2. 63 Circuito de control manual del brazo robótico	- 93 -
Figura 2. 64 Operación de la estructura con el control alámbrico (control remoto).	94
Figura 2. 65 Sensor SHARP	96
Figura 2. 66 Sensor FSR	96
Figura 2. 67 Termistor de 10k	97
Figura 2. 68 Materiales para el diseño de la piel robótica	100
Figura 2. 69 látex líquido	103
Figura 2. 70 Colocación del pulgar en la tenaza	104
Figura 2. 71 Colocación del índice en la tenaza	104
Figura 2. 72 Matriz de sensores de fuerza FSR	105
Figura 2. 73 Conexión de los sensores de fuerza al pic	105
Figura 2. 74 Conexión de los sensores de fuerza al conector RS232	106
Figura 2. 75 Matriz de sensores en un material especial	106
Figura 2. 76 Mano robótica coloreada	107
Figura 2. 77 Piel robótica	108

Figura 2. 78 Prototipo de piel sobre una estructura robótica (1). 108

Figura 2. 79 Prototipo de piel sobre la estructura robótica (2). 109

ANEXO I

Anexo 1: 1 Elementos necesarios para el ensamblaje del brazo robótico 127

Anexo 1: 2 Elementos necesarios para el ensamblaje del brazo robótico 127

Anexo 1: 3 Colocación de las tuercas p18 en la pieza a2 128

Anexo 1: 4 Ensamblado del sistema de engranes. 128

Anexo 1: 5 Ensamblado del sistema de engranes. 129

Anexo 1: 6 Ensamblado del sistema de engranes. 129

Anexo 1: 7 Ensamblado del sistema de engranes con las piezas p4, p5, p6 y p7 130

Anexo 1: 8 Ensamblado del sistema de engranes con las piezas p4, p5, p6 y p7 de
cada motor. 130

Anexo 1: 9 Colocación del M2, M3, M4 Y M5 131

Anexo 1: 10 Obtención de la pieza M2, M3, M4 Y M5 131

Anexo 1: 11 Ensamblaje de la base 132

Anexo 1: 12 M4 con rondana. 132

Anexo 1: 13 Colocación del m4 en la base del brazo. 133

Anexo 1: 14 Ensamblaje y unión del M3 Y M2 133

Anexo 1: 15 Ensamble de e1 en las piezas M2 Y M3.	134
Anexo 1: 16 Ensamblaje ensamble de las piezas M2 Y M3 en el brazo robótico.	134
Anexo 1: 17 Ensamble del Gripper.	135
Anexo 1: 18 Colocación de la armazón de la muñeca.	135
Anexo 1: 19 Colocación del Gripper en el brazo robótico.	136
Anexo 1: 20 Colocación del Gripper en el brazo robótico.	136
Anexo 1: 21 Conexión de los cables de control de los motores en PC Board y colocación de la misma en el brazo.	137
Anexo 1: 22 Colocación de la armazón de la tarjeta en el brazo robótico.	137
Anexo 1: 23 Colocación de los cables de control del resto de motores en la PC BOARD.	138
Anexo 1: 24 Brazo robótico ensamblado.	138
 ANEXO IV	
Anexo 4.1 Colocación de los cables en la PC BOARD.	150
Anexo 4.2 Atornillado en el brazo robótico.	151
Anexo 4.3 Colocación de la tapa b2 en el brazo	151
Anexo 4.4 Colocación de los conectores de los motores en sus respectivas posiciones.	152

Anexo 4.5 Herramientas necesarias para el ensamblaje	153
Anexo 4.6 Elementos necesarios para armar el control.	153
Anexo 4.7 Parte de plástico A	153
Anexo 4.8 Partes de plástico B Y C	154
Anexo 4.9 Colocación de la placa en la base plástica.	154
Anexo 4.10 Colocación de las placas de metal	155
Anexo 4.11 Colocación de las palancas de los motores en sus posiciones.	155
Anexo 4.12 Colocación de la tapa.	155
Anexo 4.13 Control remoto.	156
Anexo 4.14 Brazo robótico con control remoto.	156
 ANEXO V	
Anexo 5. 1 Placa de potencia – vista frontal	158
Anexo 5. 2 Placa de potencia – vista posterior	158
Anexo 5. 3 Placa de control manual – vista frontal	159
Anexo 5. 4 Placa de control manual – vista posterior	159
Anexo 5. 5 Placa de control automático- vista frontal	160
Anexo 5. 6 Placa de control automático – vista posterior	160

ANEXO VIII

Anexo 8. 1 Descripción física del prototipo (1)	216
Anexo 8. 2 Descripción física del prototipo (2)	216
Anexo 8. 3 Descripción física de la placa de control manual y del ingreso de alimentaciones, sensores y motores	217
Anexo 8. 4 Posición home del motor 2	220
Anexo 8. 5 Posición home del motor 3	221
Anexo 8. 6 Posición home del motor 4	221
Anexo 8. 7 Posición home del motor 5	222
Anexo 8. 8 Objeto a tomar en el programa 1	222
Anexo 8. 9 Objeto a tomar en el programa 2	223

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

Tabla 1. 1 Características del sensor de Temperatura TRITEC	9
Tabla 1. 2 Características del sensor FOT-L	11
Tabla 1. 3 Características del FFP350 FUTEK	29

CAPÍTULO II

Tabla 2.1 Grados de libertad o pulgadas que pertenece a cada motor	73
Tabla 2.2 Descripción de la operación de los motores DC	94
Tabla 2.3 Prioridades de Interrupciones	97
Tabla 2.4 Cuadro comparativo de los diferentes materiales con los que se puede hacer una piel	100

CAPÍTULO III

Tabla 3. 1 Operación del sensor de proximidad	111
Tabla 3. 2 Operación del sensor de fuerza	112
Tabla 3. 3 Operación del sensor de temperatura	113
Tabla 3. 4 Valor de adquisición de los componentes localizados en el prototipo	113

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA,
PRESIÓN Y PROXIMIDAD EN UN PROTOTIPO DE PIEL SENSIBLE
PARA ROBOTS COMPAÑEROS**

INTRODUCCIÓN

El mundo humano es un ambiente complejo que va cambiando cada vez más; los robots han llegado a ser una parte importante de la complicada situación del mundo humano; es por ello que existe la necesidad de investigar y proponer tecnologías que permitan sentir el mundo alrededor de ellos, de tal forma que éstos se adapten rápidamente al ambiente en el que se desarrollan sin causar daño alguno.

Para esto se estima crear un tipo de “piel sensible” para robots que pueda detectar temperatura, presión y proximidad de objetos y/o personas.

Tales "pieles sensibles" permiten proporcionar grandes beneficios en la interacción del robot-humano, específicamente en el ámbito de los compañeros robóticos para aplicaciones terapéuticas o de servicio.

Con base en este criterio, una "piel" que ofrece la detección de temperatura, presión y proximidad de objetos y/o personas, puede dar solución a múltiples problemas de la comunidad y a la vez el robot puede ser útil en realizar tareas que antes se consideraba podían ser realizadas solo por los seres humanos; porque ahora serán capaces de sentir y responder a ciertos estímulos.

Para este trabajo se hará un estudio de varios sensores que se pueden utilizar en dichas “pieles” y se llegará a establecer cuáles serán los más óptimos para su uso, así como el tipo de material más adecuada para que sea la “piel”. La estructura tendrá una reacción motriz ante los diferentes estímulos sentidos.

Con esto se anhela conseguir que los robots interactúen con los humanos de forma segura en cualquier ambiente sea laboral o doméstico.

En el **Capítulo I** Marco Teórico, se va a realizar una investigación bibliográfica sobre los sensores de las variables a utilizar, aplicados en el ámbito de la

robótica; así como las tecnologías que permiten desarrollar estructuras semejantes a la piel humana. En el **Capítulo II**, se realiza el análisis de la estructura robótica, tanto su modo de operación como los métodos para su control, además del diseño de la piel robótica en diferentes materiales así como la implementación de la más idónea sobre la estructura robótica. En el **Capítulo III**, se realiza las pruebas experimentales, y el análisis económico; para poder conocer los alcances y limitaciones; y de la misma forma los gastos y las adquisiciones que se hicieron para la realización del proyecto. En el **Capítulo IV** se enumera las conclusiones que obtuvimos luego de la realización de este trabajo y se da algunas recomendaciones para el correcto funcionamiento del prototipo.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTO TEÓRICO

Haciendo una analogía con los seres humanos se puede llamar a los sensores, “los sentidos del robot”, los cuales le permiten conocer el estado del mundo que le rodea y la posición exacta de sus componentes.

Sensar no es percibir; Los sensores son meramente transductores que convierten un fenómeno físico en señales eléctricas que un micro puede leer, esto puede hacerse por medio de un convertidor analógico digital (ADC).

1.1 SENSORES DE TEMPERATURA

La temperatura de medios gaseosos o líquidos pueden medirse en general sin problemas en cualquier punto local. La medición de la temperatura de cuerpos sólidos se limita casi siempre a la superficie.

La mayoría de sensores de temperatura utilizados necesitan un estrecho contacto directo del elemento sensible con el entorno, para tomar con la máxima precisión la temperatura del medio. Ciertos casos especiales requieren la aplicación de sensores sin contacto, que determinan la temperatura de un cuerpo o medio en virtud de su radiación térmica (infrarroja).

Una de las variables susceptible de medición más común en los sistemas industriales es la temperatura. A tal efecto se utilizan los termistores, detectores de temperatura resistivos (RTD), termopares [1], y pirómetros.

1.1.1 TERMISTORES

Los termistores son semiconductores electrónicos con un coeficiente de temperatura de resistencia negativo NTC y positivo PTC, por lo que se presentan unas variaciones rápidas y extremadamente grandes para los cambios relativamente pequeños en la temperatura. Los termistores se fabrican con óxidos de níquel, manganeso, hierro, cobalto, cobre, magnesio, titanio y otros materiales [2]. Su forma externa de disco, gota, barra, chip, etc., se adaptan a las diferentes y posibles aplicaciones [3].



Figura 1. 1 Termistor

Su característica más importante es su coeficiente de temperatura (TC), el cual expresa el cambio en la resistencia de termistor dado un rango de temperatura determinado.

El coeficiente de temperatura es negativo para el NTC y su expresión matemática es [4]:

$$TC = \frac{\Delta R/R}{\Delta T}$$

Donde el cambio en la resistencia $\Delta R/R$ se expresa generalmente como un porcentaje, o en partes por millón (ppm) [5].

Cuando se utiliza el termistor para la detección de temperatura, es necesario convertir el cambio de su resistencia en una variación de la caída de tensión que en este se produce. Para este cometido suele utilizarse un puente de Wheatstone junto con un amplificador operacional [6].

Por tanto, la sensibilidad térmica del termistor es muy alta, llegando a alcanzar una variación de resistencia del 5% por grado Celsius. Luego el termistor es el sensor de temperatura más sensible de uso común, siendo razonablemente lineal dentro de un rango estrecho de temperaturas [7].

1.1.2 DETECTORES DE TEMPERATURA RESISTIVOS (RTD)



Figura 1. 2 Detector de Temperatura Resistivo

El principio de funcionamiento de las RTD se basa en que todos los metales manifiestan un cambio positivo en su resistencia debido a un cambio positivo de la temperatura [8].

El platino se utiliza para su construcción debido al buen comportamiento y estabilidad que manifiesta a altas temperaturas. Este metal se ha demostrado como el más adecuado como elemento primario en la construcción de termómetros de alta precisión de carácter resistivo. El cobre también se utiliza ocasionalmente como elemento RTD debido a su bajo costo y su comportamiento lineal, pero debido a su baja resistividad obliga a la construcción de sondas de mayor longitud que los basados en platino [9]. Los detectores más comunes se construyen de platino y níquel [10]. La resistencia

del RTD se puede calcular para temperaturas por encima de 0°C utilizando la siguiente fórmula:

$$R_T = R_0 (1 + \alpha T)$$

Donde

R_T = resistencia a la temperatura T

R_0 = resistencia a 0°C

α = coeficiente de temperatura de la resistencia [11]

1.1.3 TERMOPARES



Figura 1. 3 Termopar

En contraste con los sensores de temperatura resistivos, el termopar es un sensor que convierte directamente un cambio de temperatura en un cambio de tensión [12].

El termopar se basa en el efecto descubierto por Seebeck en 1821, de la circulación de una corriente en un circuito cerrado formado por dos metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantiene a distinta temperatura.

Este tipo de sensor muestra buen comportamiento en un amplio rango de temperaturas. Los tiempos de respuesta del termopar son del orden de milisegundos, lo cual es una ventaja desde el punto de vista de la aplicación. Asimismo su montaje puede resultar relativamente sencillo [13].

Los termopares proporcionan una muy baja señal con el inconveniente del carácter no lineal de la variación de su salida con respecto a la temperatura; se precisa la aplicación de técnicas adicionales de linealización, para aplicaciones de control de procesos [14].

Generalmente, el termopar es el más sencillo, robusto, barato y con más amplio rango de medidas de temperatura (alrededor de 450 °F, o 2500 °C) de todos los transductores de temperatura eléctricos. Por otro lado, es el menos sensible y estable [15].

Características

- Determinación puntual de la temperatura.
- Respuesta rápida a las variaciones de temperatura.
- Para bajas temperaturas tiene mayor exactitud que las Pt100.
- Estabilidad a largo plazo aceptable y fiabilidad elevada.

1.1.4 PIRÓMETROS



Figura 1. 4 Pirómetro Tipo Pistola

La pirometría es un método de medición sin contacto de la temperatura, basado en la relación entre la temperatura de un cuerpo y la radiación que este cuerpo emite en el campo infrarrojo (longitud de onda: de 5 a 20 μm). La medición efectuada da en realidad el producto de la energía térmica radiada por el coeficiente de emisión del cuerpo. Si bien este coeficiente es diferente para cada material, para los materiales técnicamente interesantes (incluido el vidrio) tiene un valor aproximado a 1. Por el contrario, para materiales reflejantes o permeables a los rayos infrarrojos (p. ej. el aire, o el silicio) es de $\ll 1$.

El punto de medición se reproduce sobre un elemento radio sensible, que a causa de ello se calienta ligeramente en comparación con su entorno (calentamiento típico: 0,01 a 0,001 $^{\circ}\text{C}$). Su temperatura constituye un parámetro específico de la temperatura del objeto de medición. A menudo, a una determinada diferencia de temperatura del objeto le corresponde solo 1/1000 de esta diferencia en el punto de medición. Con toda la temperatura del objeto se puede determinar frecuentemente con aproximación de 0.5 $^{\circ}\text{C}$.

1.1.5 SENSORES DE TEMPERATURA ESPECIALES

1.1.5.1 IBUTTON

El iButton es un sensor de temperatura inteligente; tiene un chip insertado dentro de un encapsulado de 16mm de espesor de acero inoxidable, se puede montar prácticamente en cualquier lugar porque es suficientemente resistente para soportar ambientes extremos, en interiores o al aire libre, es lo suficientemente pequeño y portátil que puede ser adherido a un llavero u otros artículos personales, para ser usado diariamente para aplicaciones tales como control de registro de datos.



Figura 1. 5 iButton, Sensor de Temperatura y Humedad

El protocolo de comunicación 1-Wire permite rescatar la información almacenada en el iButton con solo tocarlo. Cada iButton tiene un ID o dirección única e inalterable, la cual es también tallada con láser en la superficie.

El sensor de temperatura DS1920 es un ejemplo de este tipo; actúa como un termómetro digital leyendo la temperatura del ambiente u objeto al cual está adosado. Utilizando una punta especial y simplemente tocando con esta al dispositivo, es posible observar la temperatura actual del ambiente u objeto, en un rango que va desde los -55°C hasta los 100°C .

1.1.5.2 SENSORES TIPO CINTA

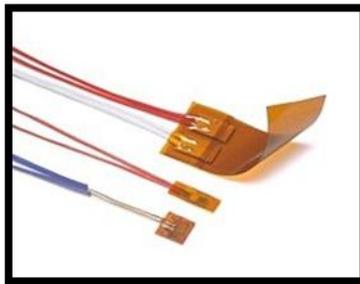


Figura 1. 6 Sensor de Temperatura Tipo Cinta

Este tipo de sensor compacto es de muy poco peso y tamaño; por lo que se puede instalar en cualquier lugar, para determinar el punto exacto de

temperatura. Las cintas termal hacen una alternativa práctica, económica a los sensores sumergidos tradicionales para detectar las temperaturas fluidas en tuberías o tanques. Se montan directamente en la superficie de las tuberías, sin la necesidad de realizar adecuaciones especiales. Si la Termal-Cinta está instalada correctamente, la respuesta termal es rápida y exacta, similar a los sensores invasores tradicionales.

Las Termal-Cintas se prestan a una variedad de métodos de instalación; evitando la flexión repetida, y no deben ser dobladas en uso a menos que se diseñen específicamente para hacérselas.

CARACTERÍSTICAS

- ✚ Superficie de respuesta rápida que detecta en los dispositivos aeroespaciales, médicos e industriales.
- ✚ Construcción rugosa de la laminación.
- ✚ Polymide, caucho de silicón o aislamiento de Mylar.

1.1.5.3 SENSORES DE TEMPERATURA TRITEC (Pt1000)

El Pt1000 es un sensor de temperatura para superficies reducidas. Está compuesto por una lámina adhesiva. Su principal aplicación radica en las mediciones de temperatura de centrales solares.



Figura 1. 7 Sensor de Temperatura TRITEC

Instalando el sensor en la parte posterior de un panel solar se puede medir la temperatura del panel. La temperatura de los paneles solares es decisiva para su rendimiento, ya que el rendimiento baja en un 0.43 %/K en caso de aumento de la temperatura. Mediante el control de la temperatura de las células solares se pueden obtener conclusiones acerca del comportamiento de la curva de rendimiento.

Modelo	TRITEC sensor de temperatura para superficies Pt1000, 3 m sin estampado
Campo de aplicación	
Principio de medida	Resistencia de un alambre de platino
Rango de medida	-20 a +150 °C
Modo de protección	IP65
Tipo de conexión	Cable, 3 m, conexión a 2 hilos
Dimensiones (a / a / p)	50 mm / 50 mm / 8 mm
Carcasa	Plástico inyectado con placa de aluminio, incluida cinta adhesiva
Garantía	2 años

Tabla 1. 1 Características del sensor de Temperatura TRITEC

1.1.5.4 FOT-L SENSOR DE TEMPERATURA

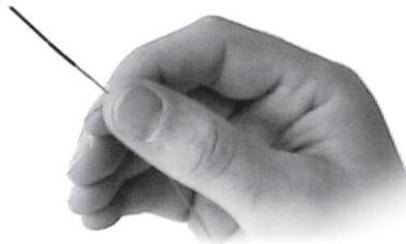


Figura 1. 8 Sensor de Temperatura FOT-L

El FOT-L-SD y el FOT-L-BA son sensores de temperatura ópticos perfectamente robustos, para las condiciones ambientales ásperas por ejemplo en criogénica, nucleares, microonda, y usos fuertes del RF. Los

sensores de temperatura de FOT-L, ofrecen exactitud y confiabilidad de la temperatura en ambientes hostiles. Los sensores de temperatura de Fot-I ofrecen inmunidad completa a la EMI y a la RFI, tamaño miniatura, seguridad incorporada para los ambientes peligrosos, temperatura extrema resistencia, alta precisión, y resistencia a los ambientes corrosivos.

La tecnología de la fibra óptica proporciona inmunidad intrínseca a la EMI y a RFI. Estos no son electrónicamente activos y no emiten ni son afectados por cualesquiera tipo de radiación del EM, si es microonda, RF, o NMR.

Otra ventaja importante es la capacidad que proporciona a producir los componentes miniatura. Gracias a esta ventaja, sensores ópticos pueden ofrecer diámetros tan pequeños como 0.8 milímetro.

Estas medidas se basan en las variaciones de la luz reflejada - cuando está comparado a la luz emitida - debido a la extensión termal del cristal altamente estable usado dentro del sensor.

Estos sensores de temperatura se diseñan para trabajar con la línea de FISO de los acondicionadores de señal. El cable óptico del plomo de fibra óptica puede estar hasta varios metros de largo sin afectar calidad o la exactitud de los resultados.

Specifications	
Temperature range	
FOT-L-SD	-40°C to 300°C (-40°F to 572°F)
FOT-L-BA	-40°C to 250°C (-40°F to 482°F)
Resolution¹	0.1°C
Accuracy²	±1°C
Response time	
FOT-L	≤1.5 second
FOT-L-BA	≤0.5 second
Connector type	ST connector
<small>1. Signal conditioner dependent. 2. ±0.5°C is attainable when using a reduced temperature range of 20°C to 85°C (68°F to 185°F).</small>	

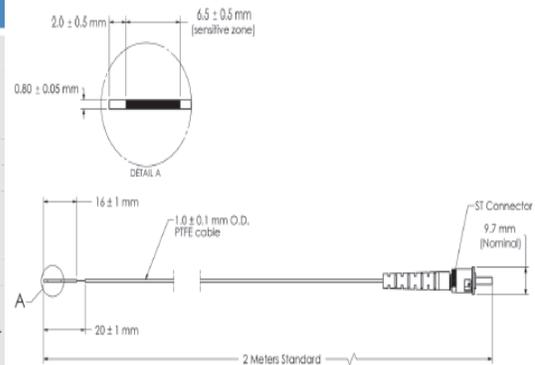


Tabla 1. 2 Características del sensor FOT-L

Figura 1. 9 Partes del sensor FOT-L

1.1.5.5 SENSOR DE TEMPERATURA DE PRECISIÓN

Este tipo de sensor, permite leer la escala de temperatura directamente sobre una PC, mediante el uso del driver, dedicado para este dispositivo, sus características son las siguientes:



Figura 1. 10 Sensor de Temperatura de Precisión

CARACTERÍSTICAS DE PRODUCTO

- Mide temperaturas ambiente de -50C a +150C (-58F a 302F)
- Error típico: ±0.5C

CONTIENE

- Un Sensor De Temperatura De Precisión
- Un Cable Del Sensor
- Un Phidget InterfaceKit 8/8/8 o a PhidgetTextLCD
- Un Cable del USB.

1.2 SENSOR DE PROXIMIDAD

El sensor de proximidad es un transductor que detectan objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor. Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan.

Entre los sensores de proximidad de encuentran:

- Sensor capacitivo.
- Sensor inductivo.
- Sensor infrarrojo.
- Sensor ultrasónico.
- Sensor magnético [16].

1.2.1 SENSOR CAPACITIVO

La función del detector capacitivo consiste en señalar un cambio de estado, basado en la variación del estímulo de un campo eléctrico. Los sensores capacitivos detectan objetos metálicos, o no metálicos tales como papel, plástico, madera, etc., mediante el cambio de la capacitancia, la cual depende

de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, su tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector [17].

Los detectores capacitivos están contruidos en base a un oscilador RC. Debido a la influencia del objeto a detectar, y del cambio de capacitancia, la amplificación se incrementa haciendo entrar en oscilación el oscilador. El punto exacto de ésta función puede regularse mediante un potenciómetro, el cual controla la realimentación del oscilador. La distancia de actuación en determinados materiales, pueden por ello, regularse mediante el potenciómetro. La señal de salida del oscilador alimenta otro amplificador, el cual a su vez, pasa la señal a la etapa de salida. Cuando un material metálico o no metálico, que posee un nivel de permitividad superior a la unidad se sitúa en el campo eléctrico, modifica el valor de la capacitancia asociada y se provoca el cambio de estado de la salida adecuada a la detección de materiales metálicos y no metálicos [18].

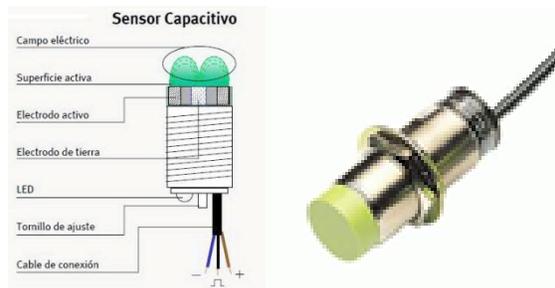


Figura 1. 11 Sensor de Proximidad Capacitivo

1.2.2 SENSOR INDUCTIVO

El detector de proximidad inductivo es un elemento de conmutación electrónica sin contacto y sin unión mecánica con el órgano que lo acciona. Consta fundamentalmente de un oscilador de alta frecuencia que genera un campo en la parte sensible donde se aloja una ferrita magnética abierta. Ésta se construye de forma que se generen fugas magnéticas considerables [19].

La presencia de una pieza metálica en la zona de detección, provoca la disminución de la amplitud de oscilación. A partir de un determinado umbral dicha disminución se traduce en el cambio de estado de la salida del detector. Cuando la pieza metálica abandona la zona de detección, el campo magnético provocado por el oscilador originalmente se restituye [20].

La frecuencia de trabajo es un factor determinante a la hora establecer las distancias de detección. Algunos detectores inductivos disponen de la posibilidad de regulación potenciométrica de la distancia de detección [21].

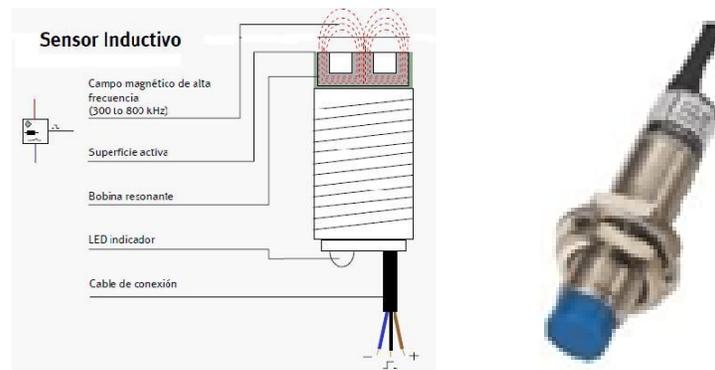


Figura 1. 12 Sensor de Proximidad Inductivo

1.2.3 SENSOR INFRARROJO

El receptor de rayos infrarrojos suele ser un fototransistor o un fotodiodo. El circuito de salida utiliza la señal del receptor para amplificarla y adaptarla a una salida que el sistema pueda entender. La salida enviada por el emisor puede ser codificada para distinguirla de otra y así identificar varios sensores a la vez esto es muy utilizado en la robótica en casos en que se necesita tener más de un emisor infrarrojo y solo se requiere tener un receptor [22].

Su utilización principal es como detectores de posición. El principio de funcionamiento está basado en la generación de un haz luminoso por parte de un foto emisor, que se proyecta bien sobre un foto receptor, o bien sobre un

dispositivo reflejante. La interrupción o reflexión del haz por parte del objeto a detectar, provoca el cambio de estado de la salida de la fotocélula.

Se clasifican según su sistema de detección:

- Sistema de detección de “barrera”.
- Sistema de detección “réflex”.
- Sistema de detección “auto réflex” [23].

1.2.3.1 SENSOR INFRARROJO DE BARRERA

Dispone de emisor y receptor de haz de luminoso dispuestos separadamente [24].

Emisor. Produce una radiación visible o invisible que se concentra mediante lentilla.

Receptor. Constituido por material semiconductor, fototransistor [25].

Se establece un área de detección donde el objeto a detectar es reconocido cuando el mismo interrumpe el haz de luz. Debido a que el modo de operación de esta clase de sensores se basa en la interrupción del haz de luz, la detección no se ve afectada por el color, la textura o el brillo del objeto a detectar. Estos sensores operan de una manera precisa cuando el emisor y el receptor se encuentran alineados [26].

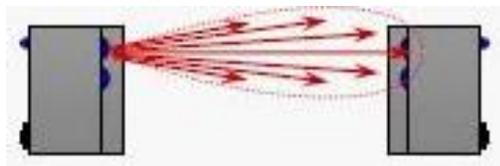


Figura 1. 13 Sensor de Proximidad Infrarrojo Tipo Barrera

1.2.3.2 SENSOR INFRARROJO TIPO RÉFLEX

Tiene el componente emisor y el componente receptor en un solo lado, siendo más fácil su instalación, aunque requiere un dispositivo reflector [27]. Para este cometido se suele emplear un sistema *catadióptrico*, que tiene la propiedad del triedro trirectangular, el cual refleja la luz en la misma dirección en la que llega [28].



Figura 1. 14 Sensor de Proximidad Infrarrojo Tipo Réflex

1.2.3.3 SENSOR INFRARROJO TIPO AUTO RÉFLEX

La luz infrarroja viaja en línea recta, en este sistema es el propio objeto a detectar el que funciona como elemento reflector, en el momento en que un objeto se interpone el haz de luz rebota contra este y cambia de dirección permitiendo que la luz sea enviada al receptor y el elemento sea sensada, un objeto de color negro no es detectado debido a que este color absorbe la luz y el sensor no experimenta cambios [29].

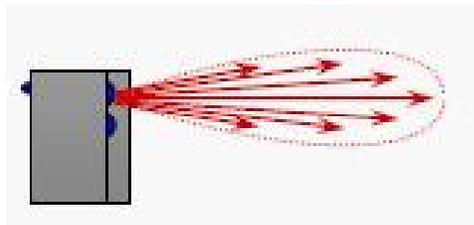


Figura 1. 15 Sensor de Proximidad Infrarrojo Tipo Auto Réflex

1.2.4 SENSOR ULTRASÓNICO

Los sensores ultrasónicos tienen como función principal la detección de objetos a través de la emisión y reflexión de ondas acústicas. Funcionan emitiendo un pulso ultrasónico contra el objeto a sensor, y al detectar el pulso reflejado, se para un contador de tiempo que inicio su conteo al emitir el pulso. Este tiempo es referido a distancia y de acuerdo con los parámetros elegidos de respuesta con ello manda una señal eléctrica digital o analógica [30].

El sensor ultrasónico funciona según el principio “impulso - eco” en combinación con la triangulación. Cuando recibe de la unidad de control un impulso digital de emisión, el circuito electrónico excita la membrana de aluminio mediante impulsos rectangulares dentro de la frecuencia de resonancia para generar vibraciones típicas de aproximadamente 300 μ s, emitiéndose entonces ondas ultrasónicas: la onda sonora reflejada por el obstáculo hace vibrar a su vez la membrana, que entretanto se había estabilizado (durante el periodo de extinción de aproximadamente 900 μ s no es posible ninguna recepción). La piezocerámica convierte estas vibraciones en una señal eléctrica analógica, que la electrónica del sensor amplifica y transforma en una señal digital.

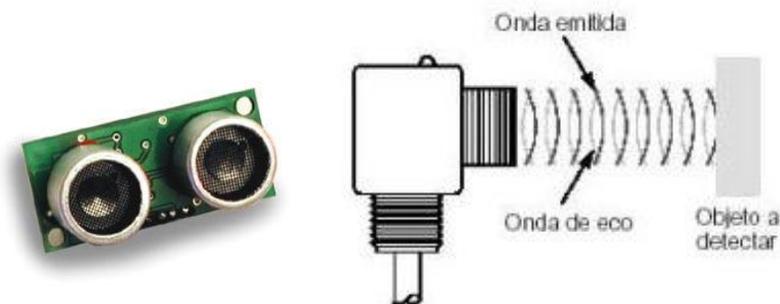


Figura 1. 16 Sensor de Proximidad Ultrasónico

1.2.5 SENSORES MAGNÉTICOS

Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de conmutación, disponible de los sensores de dimensiones pequeñas. Detectan los objetos magnéticos (imanes generalmente permanentes) que se utilizan para accionar el proceso de la conmutación. Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto [31].



Figura 1. 17 Sensor de Proximidad Magnético

1.2.6 OTROS SENSORES DE PROXIMIDAD

1.2.6.1 SENSOR DE PROXIMIDAD CON INFRARROJO

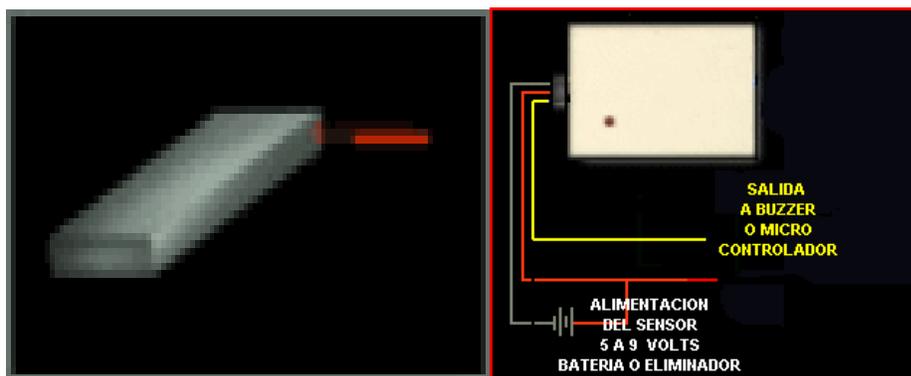


Figura 1. 18 Sensor de Proximidad con Infrarrojo

El dispositivo emite un rayo infrarrojo para ser invisible al ojo, y codificado para ser inmune a la luz ambiente, cuando un objeto o persona se acerca a una distancia de 60 cm aproximadamente. El rayo rebota y es detectado por el receptor que solo responde al pulso codificado y activa la señal de salida esta salida se puede conectar a un zumbador, sirena etc.

Este sistema utiliza rayos infrarrojos modulados con un código que funciona como un filtro electrónico además el receptor tiene un filtro de luz de día por lo que es inmune a los cambios de temperatura y a la luz del medio ambiente, se alimenta con 5 a 9 voltios

Método de emisión del haz de luz emisión por pulsos y esta emisión utiliza un led infrarrojo como fuente de luz, esto permite que el sensor emita, a intervalos, un fuerte haz de luz con duración de impulso prefijada, permitiendo una detección estable con mínima interferencia de luz externa se puede conectar directamente a cualquier sistema de alarma , marcador telefónico etc., bajo consumo de energía con pilas recargables de Ni/Cad de 1300 ma./h; tenemos 1300 hrs de uso sin recargar; la salida se le puede conectar directamente a un buzzer o mini relevador. El rayo infrarrojo producido por el led TAL6400 tiene un ángulo de transmisión de 40 grados.

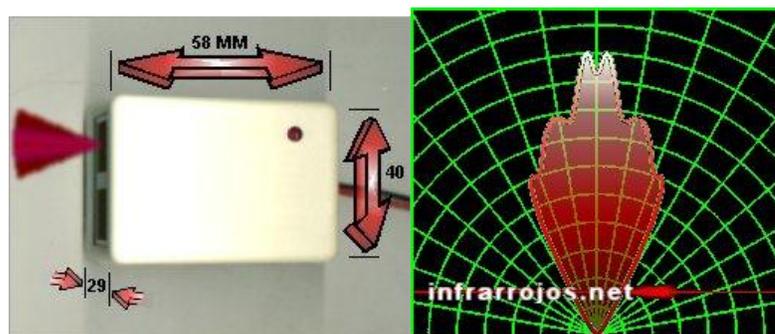


Figura 1. 19 Dimensiones y patrón de radiación del sensor

1.2.6.2 MICRO SENSOR DE PROXIMIDAD MODELO MPS-MPX

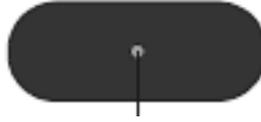


Figura 1. 20 Micro Sensor de Proximidad MPS-MPX

El Sensor de Proximidad se compone de un solo módulo miniatura, que contiene en su interior dos partes perfectamente diferenciadas: un emisor que envía continuamente un haz infrarrojo invisible en forma pulsada y codificada y un receptor que capta dichas señales. Cuando un cuerpo pasa cerca del μ PS, el haz de pulsos codificados rebota en él, haciendo que se reciba dicho haz y se informe de tal evento. Dicha información se realiza a través del hilo MPX. En particular, el μ PS-MPX es un verdadero micro sensor miniatura. Del tamaño aproximado de una tecla de luz standard, está pensado para ser colocado en una caja de luz o en cualquier parte hueca, tal como marcos de puertas, paneles de durlock, carpinterías de aluminio o madera, etc. incluso sobre mampostería haciendo la correspondiente caladura. Una vez montado, queda a la vista sólo la parte frontal del mismo, de fino policarbonato, con un visor acrílico para el led indicador.

La acción del Sensor de Proximidad es permanentemente monitoreada por este led. El mismo se encenderá en el caso de detección, es decir que algún cuerpo haga rebotar el haz infrarrojo y permanecerá encendido mientras persista dicha condición. El μ PS-MPX tiene un alcance regulable entre 10cm y 75cm aproximadamente, con un cuerpo reflectivo gris mate. También el tiempo de respuesta es programable, lo que le confiere una gran versatilidad. Está especialmente concebido para protección de espacios pequeños.

IDENTIFICACIÓN DE PARTES

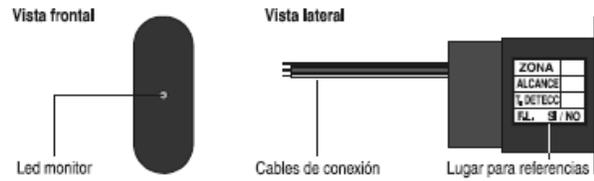


Figura 1. 21 Partes del Micro Sensor MPS-MPX

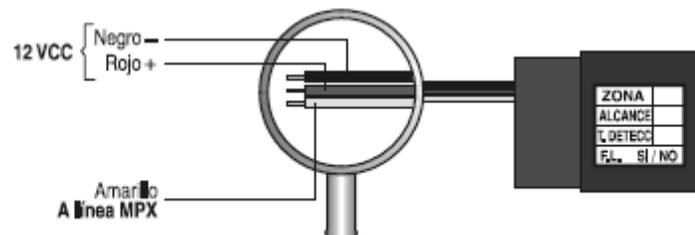


Figura 1. 22 Distribución de Pines del Micro Sensor MPS-MPX

1.3 SENSORES DE FUERZA O PRESIÓN

Los sensores de fuerza en robótica se utilizan fundamentalmente para determinar la fuerza con la que el extremo del robot interactúa con un determinado objeto.

En un brazo robótico los sensores de fuerza suelen disponerse entre la muñeca y la pinza. Proporcionan para el extremo del robot información acerca de las tres componentes de fuerza y sus tres momentos. En la mayoría de las ocasiones es necesario realizar un complejo procesamiento de las informaciones procedentes de los sensores de fuerza lo que puede suponer un alto gasto computacional.

Los valores de fuerza no pueden medirse directamente, y a menudo se obtiene una medida indirecta a partir de información como el desplazamiento, la compresión o la deformación obtenidos al aplicar la fuerza a medir. En muchas ocasiones este desplazamiento o compresión es medido utilizando dispositivos, como sensores

piezorresistivos, que presentan una resistencia variable a la deformación sufrida como fruto de una fuerza. Estos dispositivos están calibrados de manera que al sufrir una compresión, D , su resistencia varía proporcionalmente:

$$D.P = \frac{\Delta R}{R}$$

Donde la fracción varía proporcionalmente.

Los sensores piezorresistivos tienen la propiedad de variar su resistencia al sufrir un alargamiento; para ello utilizan lo que se denomina galgas extensiométricas. Estos sensores suelen contener una armadura que se puede desplazar en una dirección. La distancia de desplazamiento está limitada por filamentos de alambre sensible a acciones de fuerza. De esta manera, cuando sobre el extensómetro se lo aplica una fuerza, se desplaza la armadura produciéndose proporcionalmente un cambio en la resistencia de los filamentos.

Estos dispositivos se encuentran a menudo unidos a las superficies que sufren la fuerza que se desea detectar, de manera que cuando las superficies a las que están unidos se comprimen o se expanden, los dispositivos también sufren una deformación en su longitud, cambiando entonces proporcionalmente su resistencia. Es por esto último por lo que se debe colocar en la dirección en la que se va aplicar la fuerza. De esta manera, la disposición que se suele tomar para la obtención de la fuerza y momentos aplicados, suele ser en los brazos de una cruz metálica [32].

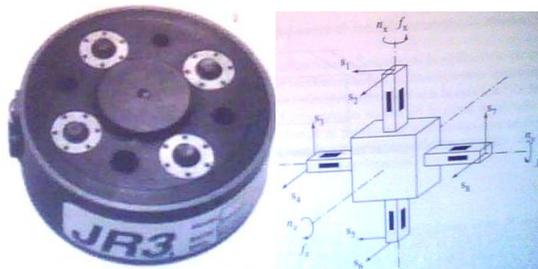


Figura 1. 23 Sensor de fuerza y componentes

1.3.1 SENSORES PIEZOELÉCTRICOS

Los sensores piezoeléctricos están constituidos por materiales cerámicos o cristales iónicos que generan una pequeña cantidad de energía eléctrica cuando son deformados. Estos sensores son utilizados para mediciones de fuerzas y presiones aplicadas en un corto período de tiempo.

Cuando sobre materiales piezoeléctricos como el titanato de bario se le aplica una fuerza, las cargas negativas del material se concentran en un lado mientras que el opuesto se queda cargado positivamente, generando consecuentemente un voltaje. A continuación se va a determinar el valor de este voltaje; para ello supóngase que sobre el material piezoeléctrico de la figura se le aplica una fuerza F . Como consecuencia de esta fuerza se generará una carga en una de sus caras que tomará el siguiente valor:

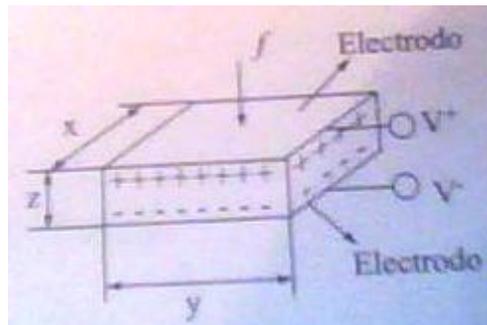


Figura 1. 24 Esquema de funcionamiento de un sensor piezoeléctrico

$$Q = f \cdot S_c$$

Donde S_c es la sensibilidad de carga y depende del material piezoeléctrico utilizado y de la dirección sobre la que se le aplique la fuerza; Por lo tanto, la diferencia de potencial que se obtendría por la aplicación de la fuerza f sería la siguiente:

$$V = \frac{f \cdot S_c \cdot z}{\epsilon_0 \epsilon_r \cdot X \cdot Y}$$

De esta forma se ha visto cómo es posible la medición de la fuerza aplicada sobre un material piezoeléctrico utilizando la propiedad de estos materiales de generar una diferencia de potencial proporcional a la deformación sufrida [33].

1.3.2 SENSORES DE FUERZA ESPECIALES

1.3.2.1 SENSOR DE FUERZA RESISTIVO (FSR)

El sensor de fuerza resistivo (FSR) es un dispositivo de película de polímero (PTF) que presenta una disminución de la resistencia cuando aumenta la fuerza aplicada a la superficie activa. Su sensibilidad a la fuerza está optimizada para uso en el control por toque humano de dispositivos electrónicos. Las FSRs no son células de carga o galgas extensiométricas aunque tengan propiedades similares. Las FSRs no son adecuadas para medidas de precisión, con un área redonda de 0.5" de diámetro. Este FSR varía la resistencia dependiendo de cuanta presión está siendo aplicada en el área sensible. Cuando no hay presión aplicada al FSR, la resistencia será mayor a 1MΩ. Este FSR puede sentir la fuerza aplicada dentro del rango de 100g y 10kg.



Figura 1. 25 Sensor de Fuerza Resistivo FSR Redondo

Dos pines extendidos desde la parte inferior del sensor con separación de 0,1" lo hacen fácil de utilizar en un prothoboard o breadboard. El sensor viene con un adhesivo para su fácil montaje.

Los sensores son fáciles de configurar y excelentes para sentir la presión, pero de exactitud limitada.

Dimensiones:

- Largo promedio : 2.375"
- Ancho promedio: 0,75"
- Diámetro Sensible : 0.5"

1.3.2.2 FLEXIFORCE CUADRADO

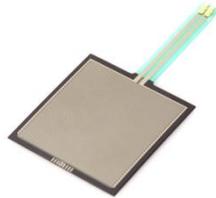


Figura 1. 26 Sensor de Fuerza Resistivo FSR Cuadrado

Esto es un resistor sensible de la fuerza con un cuadrado, el 1.75x1.5", detectando área. Este FSR variará su resistencia dependiendo de cuánto presión se está aplicando al área de detección. Cuanto más dura es la fuerza, más baja es la resistencia. Cuando no se está aplicando ninguna presión al FSR su resistencia será más grande que 1MO. Este FSR puede detectar la fuerza aplicada donde quiera en la gama de 100g-10kg.

Dimensiones:

- Largura total: el 3.5"
- Anchura total: el 1.75"
- Detección de área: el 1.75x1.5"

1.3.2.3 FLEXIFORCE RECTANGULAR



Figura 1. 27 Sensor de Fuerza Resistivo FSR Rectangular

Es un sensor de flexión de 11.43 cm, cuya resistencia aumenta a medida que el sensor es flexionado; cuando las patas de metal están en la parte exterior del dobles.

Resistencia recto (sin flexionar): ~9000 Ohm

Resistencia doblado en 90 grados: ~14000 Ohm

Resistencia doblado en 180 grados: ~22000 Ohm

1.3.2.4 PUNTA DE PRUEBA IMPLANTABLE DE LA FUERZA DE AIFP

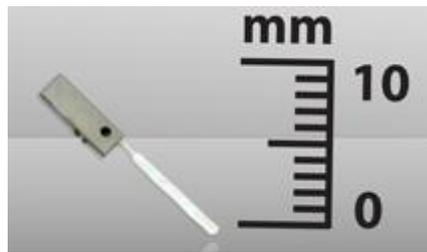


Figura 1. 28 Punta de Prueba de Fuerza AIFP

Este sensor es más pequeño que una punta de lápiz N° 2, de micro-fuerza sumergibles ideal para aplicaciones de investigación médica. La AIFP está hecha de acero inoxidable de mecanizado de micro y tratamiento térmico que forma una micro estructura de primavera elíptica, que se deforma elásticamente en función de la carga aplicada. Esta construcción permite que el dispositivo con precisión y reproducibilidad medir fuerzas aplicadas.

Un galga extensiométrica enlazada a la estructura de un puente proporciona una salida sensible, linealmente proporcional a la fuerza. El coeficiente de temperatura se hace coincidir con el sustrato de acero inoxidable para minimizar el efecto de la temperatura en sondeo de salida. El elíptico transversal y el cable de cinta plana de 3 conductores deben mantener el dispositivo anclado y orientado en materiales fibrosos.

Para la implantación, se utilizan un trócares y la cánula ranurada para enterrar el transductor dentro de la sustancia del tejido. Una sutura puede colocarse en una abertura situada en la pared de la sonda para facilitar la remoción de la sonda. El AIFP está recubierto con revestimientos de políimida y parileno de alta temperatura para protegerse de las soluciones de humedad y solución salina.

1.3.2.5 FBB300 SENSOR DE FUERZA



Figura 1. 29 Sensor de Fuerza FBB300 y sus partes

La apariencia física de la unidad puede variar según las especificaciones de la unidad. El sensor de fuerza está diseñado para medición de fuerza, presión en la superficie, y el desplazamiento. Estos sensores son un costo efectivo y confiable solución OEM para aplicaciones de gran volumen. La Fuerza FBB300 sensor incorpora el equilibrio, compensación y elementos conductores en su indicador de tensión que se lamina a la flexión de acero inoxidable-300. La capacidad varía de 1 libra y 40 libras y es ideal para su uso en control de procesos, instrumentación médica, robótica y aplicaciones de automoción. El FBB300 sensor de fuerza se fabrica en EE.UU.

- Puntos culminantes del producto:
- Diseñado para el uso del OEM.
- Aplicaciones de Alta Volumen
- Peso ligero: 10 g
- Bajo Costo

FBB350 sensor de fuerza está disponible con un kit de montaje.

1.3.2.6 FFP350 FUTEK SENSOR DE FUERZA

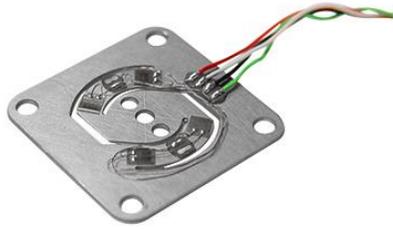


Figura 1. 30 Sensor de Fuerza FFP350 FUTEK

FFP350 FUTEK sensor de fuerza se fabrica en EE.UU.; está diseñado para medición de fuerza, presión en la superficie, y el desplazamiento; se utiliza para aplicaciones de gran volumen. El sensor incorpora elementos conductores y de equilibrio en su indicador de tensión, que se lamina a la flexión de acero inoxidable-300; por su tamaño también es útil en aplicaciones donde el espacio vertical es limitado.

La capacidad máxima es de 1 libra y es ideal para su uso en control de procesos, instrumentación médica, robótica y aplicaciones de automoción.

Especificaciones del producto

Nombre	Min	Tipo	Max	Unidad
Canal: 1				
Compensado temperatura	60		160	F
Excitación	1		10	Vcc
Histéresis	-.25		.25	% De RO
Resistencia de entrada		350		nom ohmios.
No linealidad	-.25		.25	% De RO
Nonrepeatability	1 -.		.1	% De RO
Temperatura de funcionamiento	-60		200	F
Resistencia de salida		350		nom ohmios.
Seguro de sobrecarga			150	% De RO
Temperatura Span Mayúsculas	02 -.		.02	% De la carga / F
Cambio de temperatura cero	02 -.		.02	% De RO / F
Balance Cero	-5		5	% De RO
Capacidad			1	libra
Nominal de salida		2		mV / V nom.
Calibración de excitación		10		Vcc

Dimensión	Valor
Ancho (en)	0.75
Altura (en)	0.025
Longitud (en)	0.75
Peso (onzas)	0.35

Tabla 1. 3 Características del FFP350 FUTEK

1.4 MICRO CONTROLADORES PSOC

PSOC es la abreviación de Program System On Chip el cual es un microprocesador muy versátil, el que se asemeja a un lego, totalmente dinámico ya que podemos disponer de sus componentes a nuestra voluntad, cuenta con innumerables dispositivos electrónicos, los cuales se pueden modificar para crear de forma interna, filtros análogos y digitales, amplificadores, comparadores, conversores analógicos digitales de varios tipos y resolución, moduladores de ancho de pulso (PWM) de 8, 16, 32 Bits, contadores de 8, 16, 32 Bits entre muchos otros.



Figura 1. 31 Logo de Presentación

El PSOC consta de 2 tipos de bloques para desarrollo, análogos y digitales; la cantidad puede variar de acuerdo a la familia del microprocesador seleccionado, la más común es la CY8C27443, la cual consta de 9 bloques análogos y 9 digitales, además posee una unidad multiplicadora MAC de 8X8 pudiendo almacenar resultados de 32 bits.

Este puede funcionar con un clock interno que múltiple configuración pudiendo operar con 48Mhz, 24Mhz, 12Mhz, 6Mhz, 3Mhz o hasta 32 Mhz. Si el usuario lo desea puede operar con un cristal externo.

También cuenta con una unidad de referencia de voltaje múltiple la cual permite variar el voltaje de referencia para trabajar con sensores y otros dispositivos. Es alimentado con 0.5V - 3.0V hasta 1.0V.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las características principales de los micro controladores Psoc son:

- Unidad multiplicadora MAC.
- Multiplicación por hardware de 8x8 con almacenamiento de 32 bits.
- Funciona con 5.0 volt o 3.3 volt o hasta con 1 volt
- Clock interno o externo (Frecuencia Variable)
- Voltaje de referencia Variable para adaptarse a distintos Sensores.

CARACTERÍSTICAS DE LOS BLOQUES

La cantidad de bloques varía de acuerdo a la familia de micro controladores seleccionada ya sea CY27443-CY27699 entre otras, la cantidad de bloques que consume depende del tipo de dispositivo montado.

TIPOS DE BLOQUES

Al seleccionar un dispositivo y colocarlo este puede tomar distintas posiciones dentro de los bloques, ya que los estos están asociados en columnas y cada columna posee 3 tipos de bloque, como se aprecia en la figura:

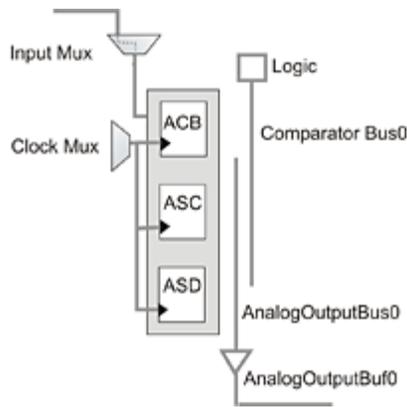


Figura 1. 32 Bloque de un PSOC

Se puede apreciar que existen bloques ACB, ASC, ASC los cuales:

ACB: Son bloques utilizados para colocar dispositivos que poseen una respuesta lineal respecto a su referencia, es el caso por ejemplo de los Amplificadores Operacionales para ser usados como Amplificadores (PGA), amplificadores inversores(AMPINV) y/o comparadores.

Se debe tener en cuenta que cada dispositivo puede amplificar en el caso del PGA hasta 50 veces su señal de entrada, claro está que nunca se debe perder de vista la teoría de funcionamiento de estos dispositivos, la cual también es válida para este micro controlador, ya que si tenemos una señal con ruido este también se amplificara la cantidad de veces que corresponda.

Otro dato importante es la referencia ya que puede ser AGND (Analog Ground) o VSS (Tierra); de acuerdo a la experiencia del web máster, este dispositivo siempre debe estar referenciado a AGND para actuar como amplificador.

Otra ventaja de este micro es que se pueden unir bloques en cascada para una mayor amplificación.

ASC-ASD: Son bloques del tipo de capacidad Conmutada y en su interior encontramos Amplificadores con entrada y salidas lineales (Teóricamente),

multiplexores y condensadores. En estos bloques se pueden montar una serie de dispositivos como conversores análogos - digitales, Buffer, comparadores etc.

Si observan la figura anterior pueden ver, que desde el exterior no se puede conectar directamente una señal a los bloques ASC-ASD, sino que deben pasar previamente por un Bloque ACB, esto es como norma de seguridad ya que se debe adaptar en primera instancia la señal desde el exterior para luego procesar su información.

1.4.1 DESARROLLO DEL SOFTWARE

Para el desarrollo del software, el micro controlador posee una aplicación de desarrollo denominada PSOC, la cual es gratis, permite escribir el programa en lenguaje de máquinas Assembler, y cuenta con un conjunto de 256 instrucciones, de 1 ,2 o 3 bytes. También se puede usar un compilador de lenguaje C, de la empresa Imagecraft cuya versión no es gratis.

Cada bloque seleccionado debe ser programado, junto con sus interrupciones si es necesario, las cuales siempre deben ser programadas en Assembler.

Cada aplicación, al crearla, genera automáticamente dos archivos: el archivo principal o "main" donde se escribe el cuerpo del programa y, el archivo "Boot asm", donde queda especificada la configuración general, como por ejemplo ubicación de las interrupciones.

El desarrollador de las aplicaciones se divide en 3 grupos, el cual permite intercambiar la vista del programa para poder escoger entre la interfaz grafica y el programador de código.



Figura 1. 33 Barra de herramientas del Programador

LA INTERFAZ GRÁFICA

Esta interfaz permite seleccionar los bloques análogos o digitales a usar, y muestra un indicador de recursos consumidos como se aprecia en la Figura:

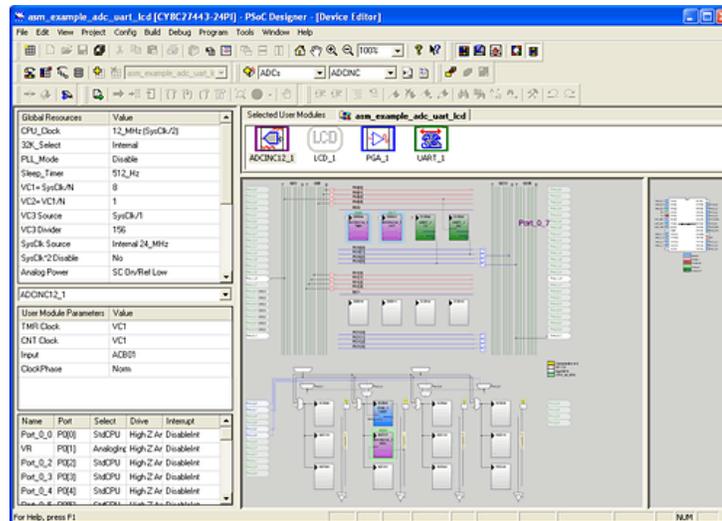


Figura 1. 34 Interfaz Gráfica

Es importante destacar que al seleccionar un bloque, de inmediato el software muestra un archivo PDF con la configuración e instrucciones básicas para programar dicho bloque. De igual forma al término de la aplicación se puede generar un resumen del proyecto.

1.4.2 PROGRAMADOR DE CÓDIGO

Es donde se ingresa el código a utilizar en lenguaje Assembler o Lenguaje C, como se muestra en la Figura, es importante mencionar que el software da la posibilidad de escoger los parámetros de los componentes a través de comandos API, por lo cual se debe tener cuidado en lo seleccionado, que debe coincidir con lo escogido en el lenguaje gráfico.

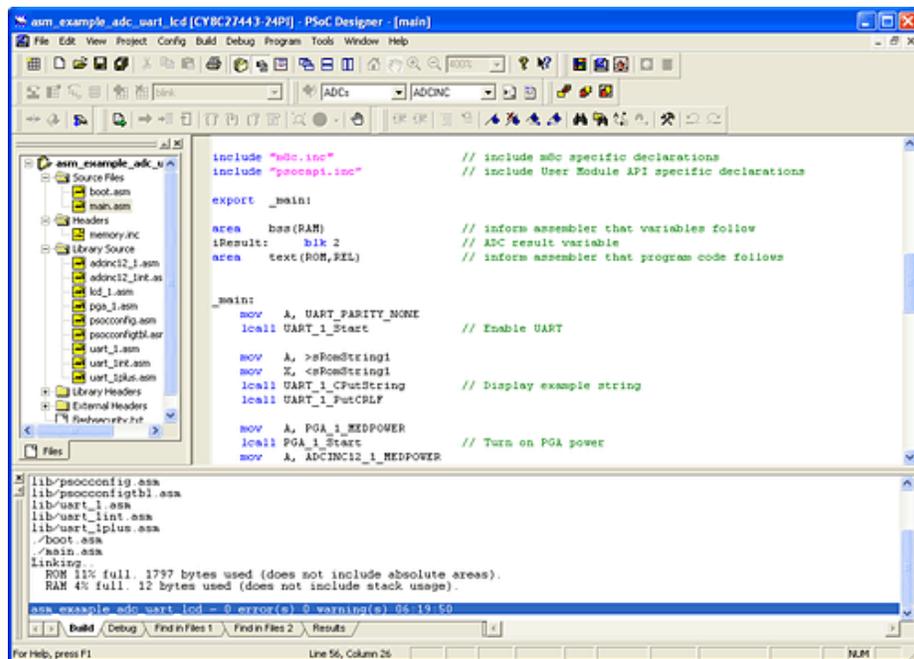


Figura 1. 35 Interfaz del Programador de Código del PSoC

De acuerdo a lo explicado, la aplicación genera dos archivos principales; el archivo "boot .asm" y archivo principal "main", más los archivos punteros que definen y permiten seleccionar cada bloque utilizado.

1.5 ROBOTS COMPAÑEROS

1.5.1 ROBOT

“Máquina controlada por ordenador y programada para moverse, manipular objetos y realizar trabajos a la vez que interactúan con su entorno”.

“Un robot puede ser descompuesto en un conjunto de subsistemas funcionales: procesos, planeación, control, sensores sistemas eléctricos y sistemas mecánicos”.

Los robots son capaces de realizar tareas repetitivas de forma más rápida, barata y precisa que los seres humanos. El término procede de la palabra

checa robota, que significa 'trabajo obligatorio'; fue empleada por primera vez en la obra teatral de 1921 R.U.R. (Robots Universales de Rossum) por el novelista y dramaturgo checo Karel Capek. Desde entonces se ha empleado la palabra robot para referirse a una máquina que realiza trabajos para ayudar a las personas o efectúan tareas difíciles o desagradables para los humanos.

1.5.1.1 TIPOS DE ROBOTS

A continuación se muestra algunos de los tipos de robot más comunes.

a. ROBOTS PLAY-BACK.

Estos robots generan una secuencia de instrucciones grabadas, como un robot utilizado en recubrimiento por spray o soldadura por arco. Estos robots comúnmente tienen un control de lazo abierto.

b. ROBOTS CONTROLADOS POR SENSORES.

Estos tienen un control en lazo cerrado de movimientos manipulados, y hacen decisiones basados en datos obtenidos por sensores.

c. ROBOTS CONTROLADOS POR VISIÓN.

Donde los robots pueden manipular un objeto al utilizar información de un sistema de visión.

d. ROBOTS CONTROLADOS ADAPTABLEMENTE.

Donde los robots automáticamente pueden reprogramar sus acciones sobre la base de los datos obtenidos por los sensores.

e. ROBOTS CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Donde los robots utilizan las técnicas de inteligencia artificial para tomar sus propias decisiones y resolver problemas. Existen robots que puedan actuar en base al aprendizaje e interactuar con el usuario con sus criterios.

La Asociación de Robots Japonesa (JIRA) ha clasificado a los robots dentro de seis clases sobre la base de su nivel de inteligencia:

- Dispositivos de manejo manual, controlados por una persona.
- Robots de secuencia arreglada.
- Robots de secuencia variable, donde un operador puede modificar la secuencia fácilmente.
- Robots regeneradores, donde el operador humano conduce el robot a través de la tarea.
- Robots de control numérico, donde el operador alimenta la programación del movimiento, hasta que se enseñe manualmente la tarea.
- Robots inteligentes, los cuales pueden entender e interactuar con cambios en el medio ambiente.

1.5.2 ROBOTS COMPAÑEROS

La existencia de varios tipos de robots, ya se mencionó anteriormente. Uno de estos tipos son los robots denominados compañeros y están destinados a la ayuda a seres humanos. Se llaman compañeros porque las personas que utilizan estos robots pueden contar con ellos en momentos de peligro o incluso de soledad dejándolos de ver como unas máquinas.

1.5.2.1 THE PARTNER ROBOT

Japón está en transición hacia una sociedad envejecida. El Robot compañero fue diseñado para apoyar las actividades humanas, por ejemplo proporcionando el apoyo de enfermería y atención médica y ayuda con las tareas del hogar. Su aspecto humanoide de dos piernas está diseñado para congraciarse con los usuarios, y las articulaciones internas en sus manos y brazos son coordinadas por los controles avanzados que permiten movimientos delicados. Para demostrar los frutos de la investigación y del desarrollo en esta tecnología, se quiere no solamente la caminata del robot, también toca el violín por digitación, podrá usar un arco entre otros aspectos.



Figura 1. 36 The Partner Robot

1.5.2.2 ROBOTS CAPACES DE PREDECIR LAS INTENCIONES

Robots capaces de entender si alguien está nervioso o enfadado, si una persona puede estar a punto de tomar una decisión peligrosa o errónea.

Se trata de una nueva generación de robots, que siguen un programa para convertirse en auténticos compañeros de los humanos, capaces de entender su comportamiento y la dinámica del trabajo en equipo.

La clave de esta naciente nueva generación de máquinas cada vez más próximas a los humanos, radica en reproducir en su cerebro electrónico el

funcionamiento del cerebro humano cuando se trabaja en equipo, algo en lo que está trabajando un equipo de científicos expertos en campos tan diversos como la psicología, las ciencias cognitivas y la robótica, unidos en el proyecto europeo “Jast”.

Detectar las emociones humanas, reconocer su expresión externa y actuar en consecuencia prediciendo el comportamiento que seguirá a las mismas es el reto que se han propuesto estos investigadores, que ya han realizado los primeros avances. Uno de ellos, consistió en desentrañar el funcionamiento de las neuronas espejo, que se activan en el cerebro del observador al ver cómo trabaja otra persona para aprender a realizar la misma actividad. El cerebro del observador procesa la información derivada de ese trabajo como si lo estuviese realizando él mismo.

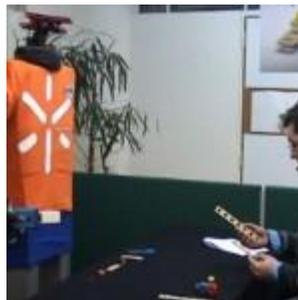


Figura 1. 37 Robots capaces de predecir las intenciones

1.5.2.3 LOS ROBOTS SERÁN COMPAÑEROS COMUNES DEL HOGAR

Los robots se van a convertir en compañeros muy comunes en los hogares del planeta según una encuesta llevada a cabo por Naciones Unidas. Los robots ayudarán más con la limpieza, la seguridad y el entretenimiento dentro de tres años cuando serán más inteligentes y económicos.



Figura 1. 38 Robots Compañeros

1.5.2.4 ROBOTS MASCOTA

Este tipo de robot, aspira las alfombras, cortan el césped, limpian piscinas y ventanas. Robots como Irobi, creado por la compañía coreana Yujin Robotics, será capaz de desempeñar varias tareas, sus funciones serán educativas, de seguridad, entretenimiento y de mensajería, entre otras.

Los robots también servirán de compañía y entretenimiento, tanto así que se convertirán en parte importante de la vida del hogar.

Aibo un robot mascota creado por la compañía Sony, además de jugar fútbol y jugar en casa, se utiliza en tareas un poco más complicadas. Entre ellas protege a sus dueños, pueden ser usados en investigaciones científicas e incluso en localización de minas antipersonales.



Figura 1. 39 Robot Mascota

1.5.2.5 ROBOTS CREADOS POR TOYOTA

El fabricante de coches y camiones, Toyota, está desarrollando tres tipos de “robots compañeros” para hacerle la vida más confortable a los humanos.

- El tipo andador cuenta con dos piernas como los humanos.
- El modelo rodador lleva dos ruedas y puede revolve en un pequeño espacio.
- El modelo escalador cuenta con piernas pero sin torso y puede cargar con una persona.

Toyota asegura que algún día estos robots serán capaces de asistir a la gente en aquellas tareas cotidianas, cuidar de enfermos y ancianos y trabajar en las fábricas.

Los tres tipos están dotados de sensores de alta precisión para controlar su grado de inclinación y hacerlos estables, así como con sistemas para la transmisión de energía.

Las características más fascinantes de los modelos andador y rodador son sus “manos” y “labios” que llegan a moverse de manera tan precisa como los humanos. Estas manos y labios mostrarán lo que son capaces de hacer cuando a estos robots se les pone a tocar la trompeta y otros instrumentos musicales en una orquesta.



Figura 1. 40 Robots Creados por Toyota

1.6 PIELES SENSIBLES PARA ROBOTS O PIELES ROBÓTICAS

El mercado ha producido, en los últimos tiempos, sensores planos, flexibles y extendidos a los que han bautizado como "robotic skin", o piel robótica.

1.6.1 PIEL ELECTRÓNICA DA TACTO A LOS ROBOTS, PODRÍA RESTABLECERLA EN HUMANOS.

Asistentes de biotecnología han diseñado piel electrónica que puede detectar el tacto, en un paso importante hacia la robótica de última generación y prótesis, las pruebas de laboratorio responden a casi la misma presión con la misma rapidez que la piel humana.

Siguen existiendo importantes obstáculos, pero la hazaña es un avance hacia la sustitución de los todavía torpes robots actuales, así como la creación de y brazos artificiales más inteligente, con sensibles mejoras táctiles.

La "piel" realizado por el equipo de Javey, comprende una matriz de nano cables de germanio y silicio laminado sobre una película pegajosa políimida. Posteriormente, el equipo instaló nano-transistores en la parte superior, seguido de una goma flexible, sensible a la presión.

El prototipo, que mide 49 centímetros cuadrados, puede detectar presiones que van desde 0 hasta 15 kilo-pascales, comparable a la fuerza utilizada para actividades diarias como escribir en un teclado.



Figura 1. 41 Piel Electrónica da tacto a los Robots

Un enfoque diferente fue tomado por un equipo dirigido por Zhenan Bao de la Universidad de Stanford en California que se ha ganado una reputación como una de las químicas superiores de Estados Unidos.

Su enfoque fue utilizar una película de goma que reacciona según los cambios de espesor del material debido a la presión, y emplea condensadores, integrados en el material, para medir la diferencia. Sin embargo, no puede ser tensada ni estirada.

“El tiempo de respuesta del material es comparable al de la piel humana, es muy, muy rápido, en cuestión de milisegundos o milésimas de segundo, eso significa que en términos reales que se puede sentir la presión de forma instantánea.”

1.6.2 UNIVERSIDAD DE TOKIO, PIEL SENSIBLE A LA PRESIÓN

Se trata de un conjunto de sensores de presión montados sobre una superficie flexible, diseñados con la intención de aportar a los robots una de las capacidades de nuestra piel: la sensibilidad a la presión.

Los sensores consisten en baratos transistores de tipo orgánico o plástico puestos sobre un material flexible de base. De esta manera se pueden construir densos conjuntos de sensores que se pueden extender sobre áreas amplias.

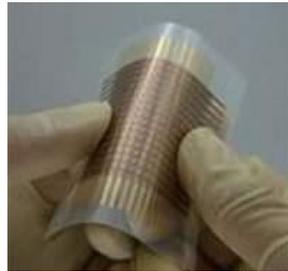


Figura 1. 42 Piel sensible a la presión

Esta piel robótica funciona aún enrollada en un cilindro de sólo 4 milímetros de diámetro. El prototipo realizado por los investigadores japoneses es una hoja de ocho centímetros cuadrados que contiene un conjunto de 32 por 32 sensores orgánicos, lo que significa una densidad de 16 sensores por centímetro cuadrado. En comparación, la piel humana tiene, en la punta de los dedos, 1.500 sensores de presión por centímetro cuadrado. Y hay otras zonas del cuerpo en las que tiene aún más.

El diseño de matriz activa de esta piel permite lograr, si se lo desea, que sólo se activen sensores específicos en ciertos puntos elegidos del conjunto.

1.6.3 CIENTÍFICOS DE STANFORD UNIVERSITY CREAN PIEL ROBÓTICA SÚPER SENSIBLE AL TACTO.

Lista para sentir, Científicos de Stanford University crearon un nuevo tipo piel sintética “súper-sensible al tacto” que podría ofrecer una nueva dimensión de utilidad a todo tipo de robots.



Figura 1. 43 Piel robótica súper sensible al tacto

Quien ha hecho esto posible fue la Stanford University. Consiste en utilizar la más avanzada técnica de nanotecnología para crear una estructura basada en pequeños sensores en forma de pirámides, tan pequeñas y densas que hasta 25 millones de ellas caben en un solo centímetro cuadrado.

Esa alta densidad permite que esta piel artificial pueda detectar las más mínimas variaciones de tacto, tanto así que esta nueva piel puede fácilmente detectar el peso de una pequeña mariposa (de 20 miligramos) posada sobre su superficie, y con precisión y sensibilidad de sobra.

Esto permitirá en un futuro dotar a robots de la suficiente sutileza como para recoger objetos delgados y livianos sin romperlos, o de interactuar con humanos sin lastimarlos, así como podrá permitir que los robots se integren a todos los aspectos de nuestras vidas.

1.6.4 SENSORES ÓPTICOS EN LA PIEL DE ROBOTS PARA ALCANZAR UN CONTACTO MÁS SUAVE

Un equipo de ingenieros de la Universidad de Ghent en Bélgica, han desarrollado un sistema de sensibilidad táctil, que permite a los robots adaptarse a la superficie de contacto mediante una presión que no genera daños, garantizando un soporte preciso y eficaz. Debido al incremento en la polivalencia de los robots, es cada vez más necesario desarrollar prototipos

que permitan ayudar más y mejor a las personas, incentivando el contacto directo con el usuario en tareas de todo tipo, desde guías para personas con visión reducida, hasta asistentes personales para personas mayores o enfermos.

A diferencia de los sensores mecánicos que se utilizan actualmente para regular el contacto robótico, los ingenieros belgas utilizaron sensores ópticos para medir la retroalimentación. Bajo la piel del robot, crearon una red de haces ópticos preparados para registrar la más mínima presión, fuerza o fluctuación, reconociendo el objeto en contacto. Esto hace a la nueva piel del robot mucho más sensible que los sensores mecánicos, caracterizados por su propensión a generar interferencias.

La piel está formada por dos tiras de capas de polímeros en paralelo con forma perpendicular entre sí para crear una cuadrícula, encontrándose separadas por una fina lámina de plástico. La luz es alimentada constantemente en las tiras de polímeros, actuando como fibras ópticas, que mediante su geometría invita a la reflexión interna y reduce la pérdida de luz.



Figura 1. 44 Sensores ópticos en la piel de robots para alcanzar un contacto más suave

Los robots como la estación de cirugía da Vinci ya registran por retroalimentación el contacto, pero un revestimiento completo con este nuevo sensor óptico podría aumentar aún más la sensibilidad de la máquina. Además, una amplia gama de robots japoneses diseñados para ayudar a las personas mayores, podrían ofrecer un tacto más ligero y adaptable hacia sus usuarios con esta nueva piel.

CAPÍTULO II

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

2.1 ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

En este subcapítulo, se describirá las características del Brazo Robótico, las piezas para ensamblarlo y su ensamblaje, siendo estos temas el punto inicial del diseño e implementación del prototipo.

2.1.1 BRAZO ROBÓTICO MODELO K 680

De las estructuras consideradas para este proyecto (Ver Anexo II), se seleccionó el Robot Arm modelo K 680 debido a que cumple con los requerimientos establecidos en el plan de tesis como: tenga por lo menos cuatro grados de libertad (el brazo cuenta con cinco), sea económico, se pueda adquirir fácilmente, se pueda modificar su modo de control y sea apto para el proyecto.

A continuación se describen las características del modelo k 680.

CARACTERÍSTICAS

- Movimiento de altura máxima de la tenaza: 1,77”
- Movimiento vertical de la muñeca: 120 Grados.
- Movimiento vertical de la parte superior del brazo: 120 Grados.
- Movimiento vertical de la parte inferior del brazo: 180 Grados.
- Movimiento horizontal de la base del brazo: 270 Grados.

- Capacidad de carga de la tenaza: 100g.

ENSAMBLAJE DEL BRAZO MECÁNICO

Para ensamblar el brazo se necesita de herramientas importantes como son:

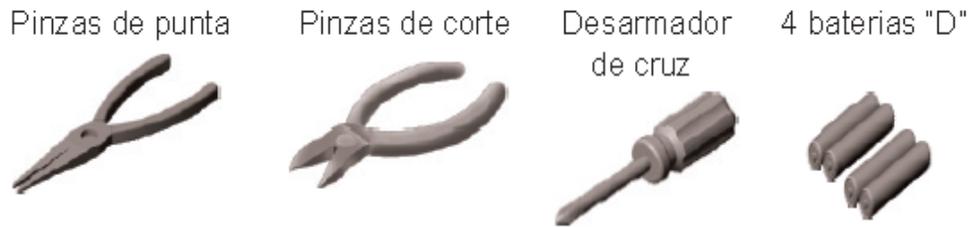
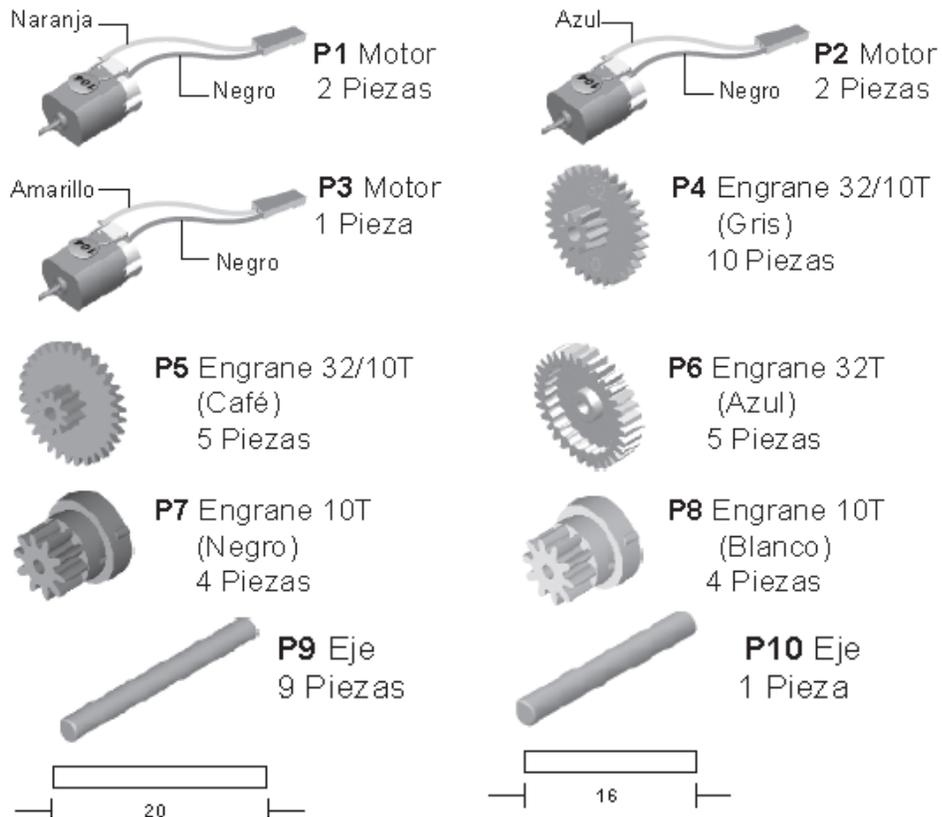


Figura 2. 1 Herramientas necesarias para el ensamblaje

Los elementos necesarios para armar el brazo son los siguientes (Ver Anexo 1:1 y Anexo 1:2):



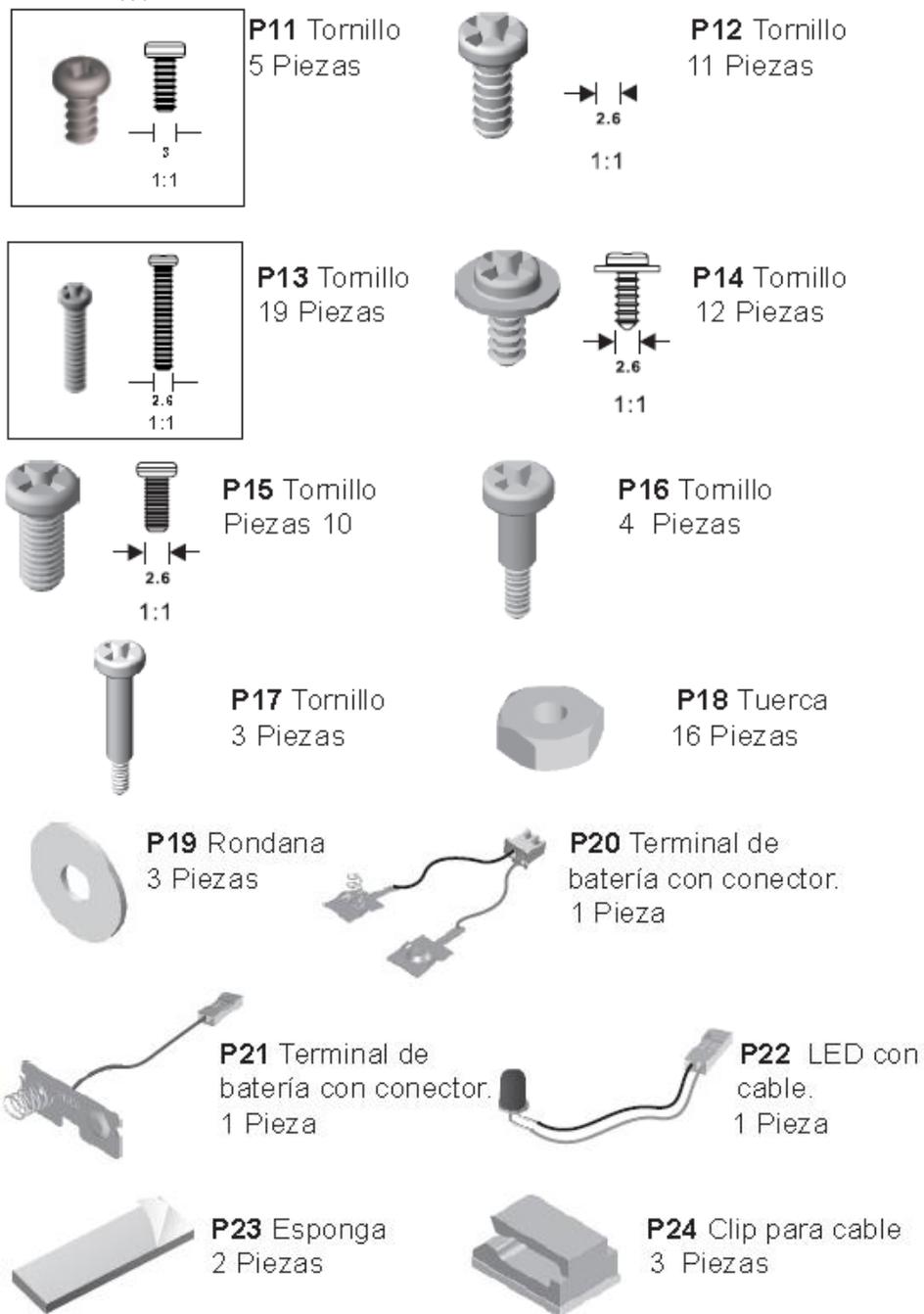
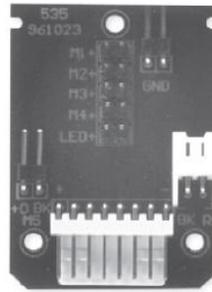


Figura 2. 2 Elementos necesarios para el ensamblaje del brazo robótico



P25 Tarjeta PC
1 Piezas

Figura 2. 3 PC BOARD

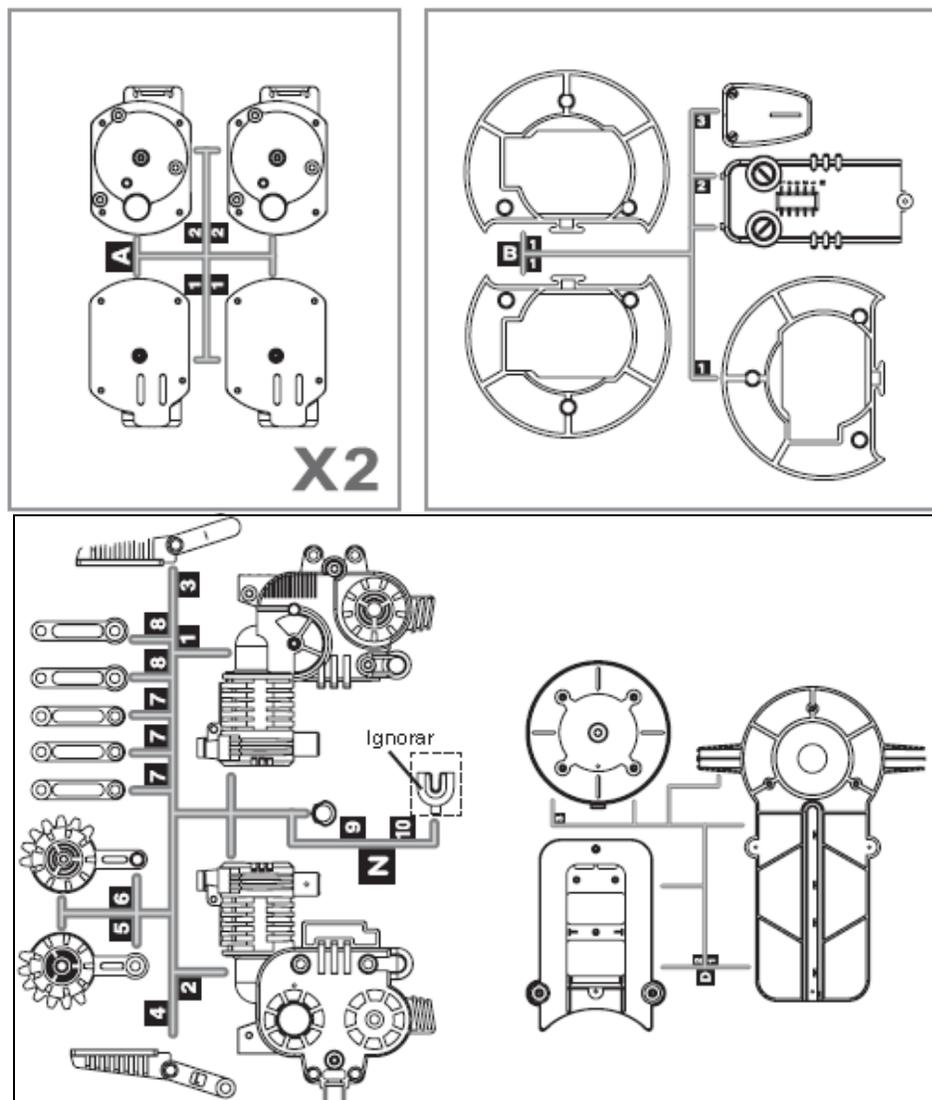


Figura 2. 4 Partes de plástico del brazo robótico a, b, c, y d

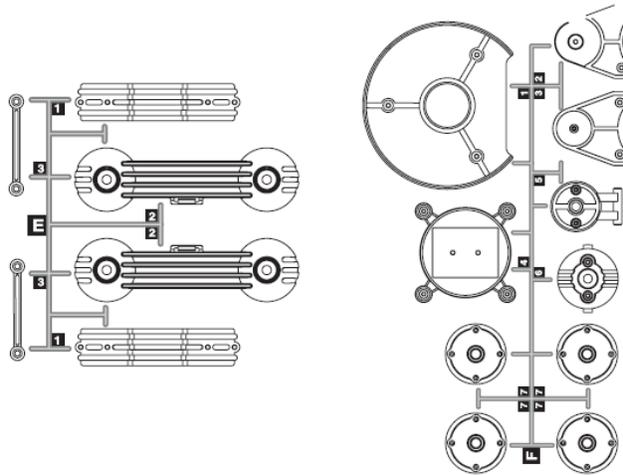


Figura 2. 5 Partes de plástico del brazo robótico e y f

PASOS PARA EL ENSAMBLAJE DEL BRAZO ROBÓTICO

Los pasos que se detallan a continuación, se relatan de la experiencia personal en la construcción del mismo, debido a que el manual de instalación adjunto, no viene con estas especificaciones como se puede observar en el Anexo III.

Del paso 1 al 4 se debe realizar dos veces para obtener las piezas M4 y M5.

1. Coloque 4 tuercas P18 en la pieza A2 acorde a la figura 2.6. (Ver Anexo 1:3).

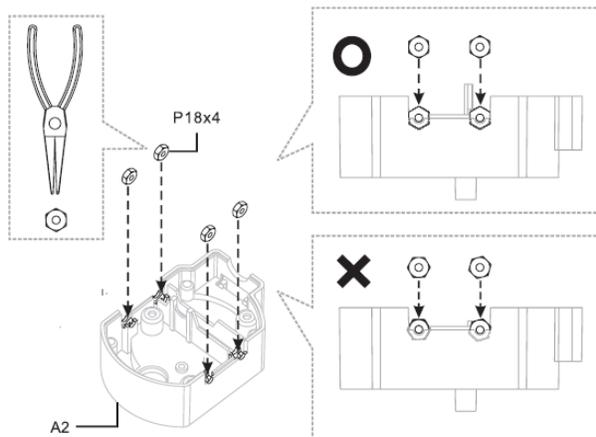


Figura 2. 6 Colocación de las tuercas p18 en la pieza a2

2. Arme el siguiente sistema de engranes con las piezas P4, P5, P6 y P7 acorde a la figura 2.7. (Ver Anexo 1:4 ,1:5, 1:6, 1:7 y 1:8).

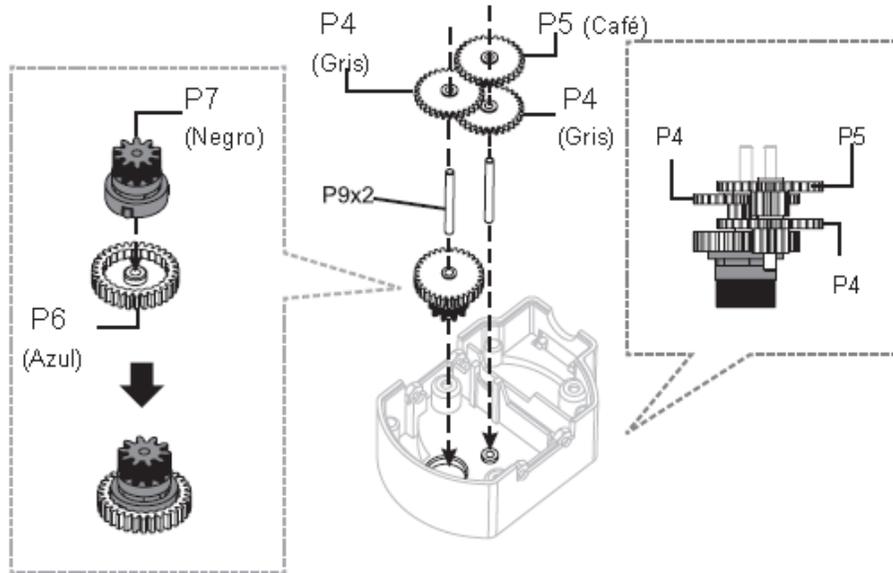


Figura 2. 7 ENSAMBLADO DEL SISTEMA DE ENGRANES CON LAS PIEZAS P4, P5, P6 Y P7.

3. Coloque el motor P1 conforme la figura 2.8 (Ver Anexo 1:9).

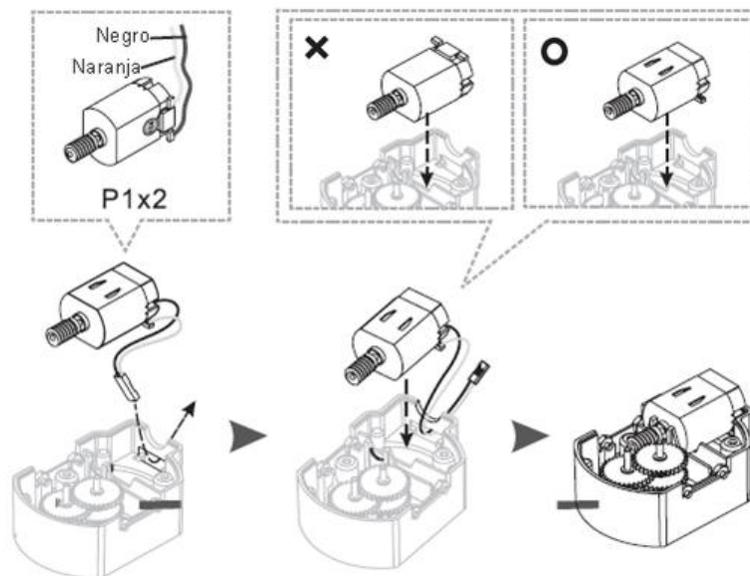


Figura 2. 8 Colocación del motor

4. Coloque la pieza A1 en el ensamble anterior y atornille. Así se obtiene las piezas M4 y M5 como se indica en la figura 2.9. (Ver Anexo 1:10).

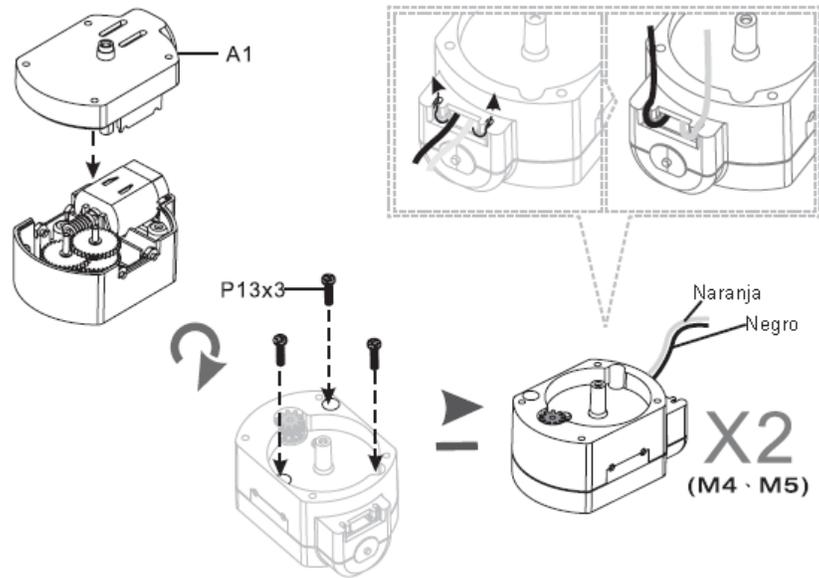


Figura 2. 9 Colocación de la pieza A1 y obtención de piezas M4 y M5.

5. Para obtener la pieza M3, coloque 4 tuercas P18 en la pieza A2 igual a la figura 2.10. (Ver Anexo 1:3).

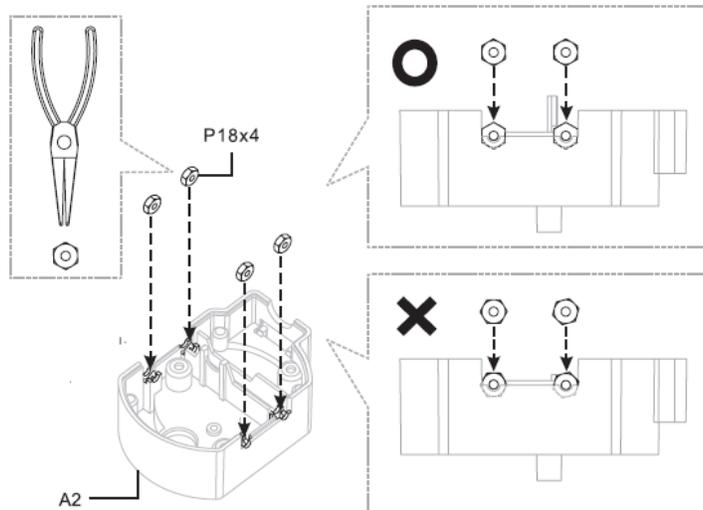


Figura 2. 10 Obtención de la pieza M3

6. Arme el siguiente sistema de engranes con las piezas P4, P5, P6 y P7 afín a la figura 2.11. (Ver Anexo 1:4 ,1:5, 1:6, 1:7 y 1:8).

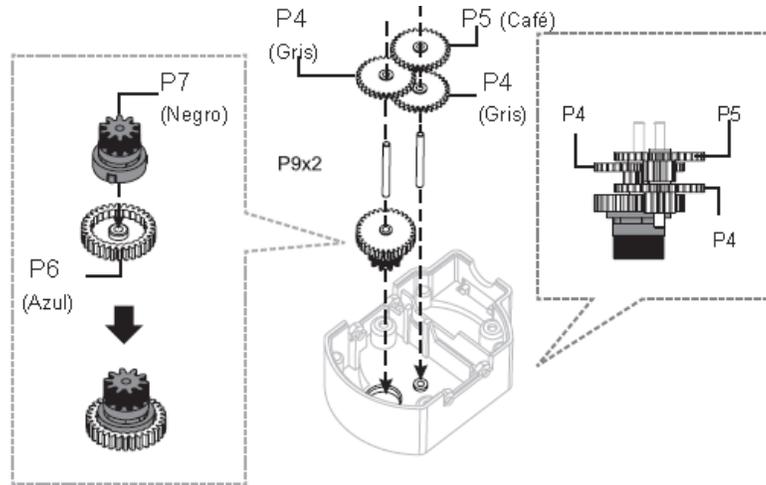


Figura 2. 11 Ensamblado del sistema de engranes con las piezas P4, P5, P6 Y P7.

7. Coloque el motor P2 de la manera adecuada como lo muestra la figura 2.12. (Ver Anexo 1:9).

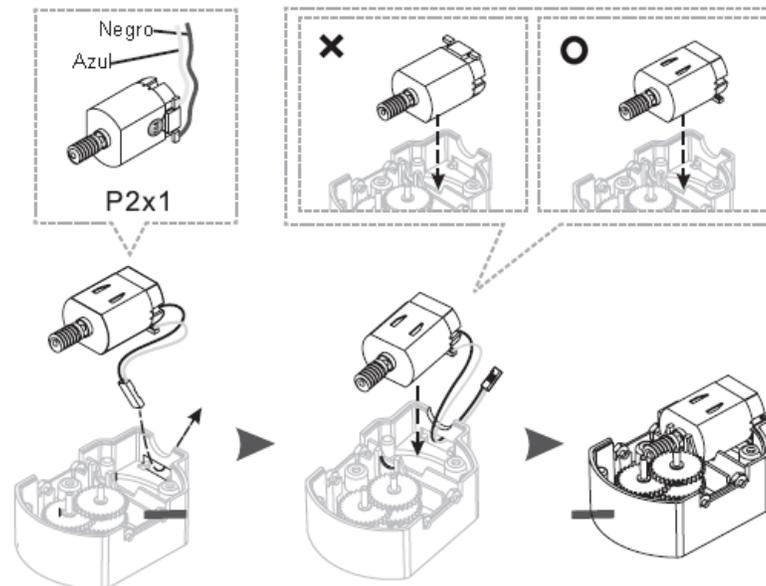


Figura 2. 12 Colocación del M2.

8. Coloque la pieza A1 en el ensamblaje anterior y atornille. Finalmente se obtendrá la pieza M3 (Ver Anexo 1:10).

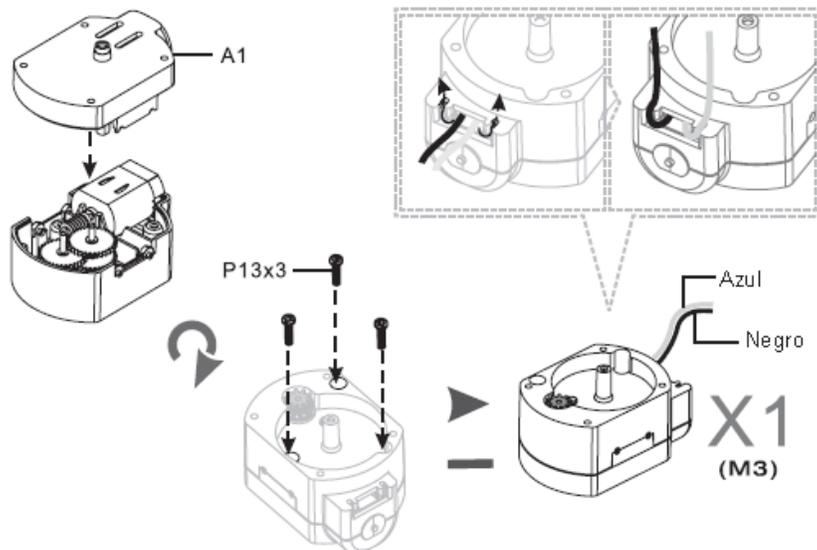


Figura 2. 13 Obtención de la pieza M3.

9. El siguiente ensamblaje es para obtener la pieza M2. Coloque 4 tuercas P18 en la A2 coherente a la figura 2.14. (Ver Anexo 1:3).

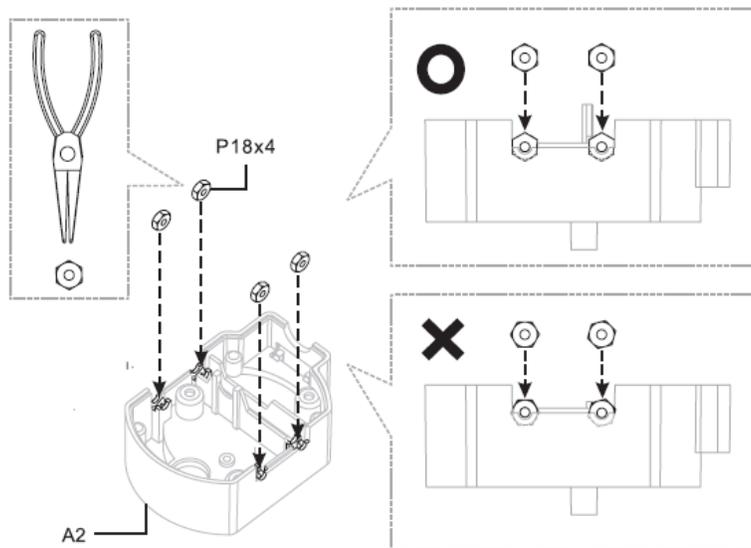


Figura 2. 14 Colocación de 4 tuercas P18 en la A2.

10. Arme el siguiente sistema de engranes con las piezas P4, P5, P6 y P7 conforme la figura 2.15. (Ver Anexo 1:4 ,1:5, 1:6, 1:7 y 1:8).

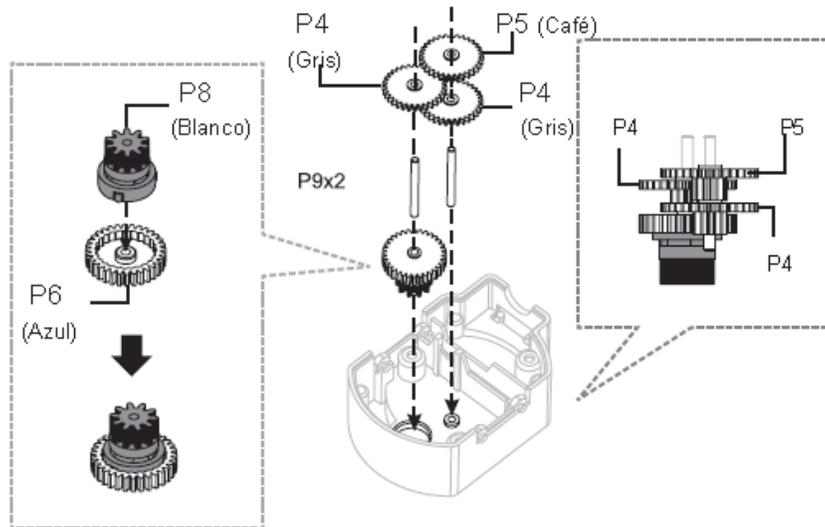


Figura 2. 15 Ensamblado del sistema de engranes con las piezas P4, P5, P6 y P7.

11. Coloque M2 de manera adecuada, como en la figura 2.16. (Ver Anexo 1:9).

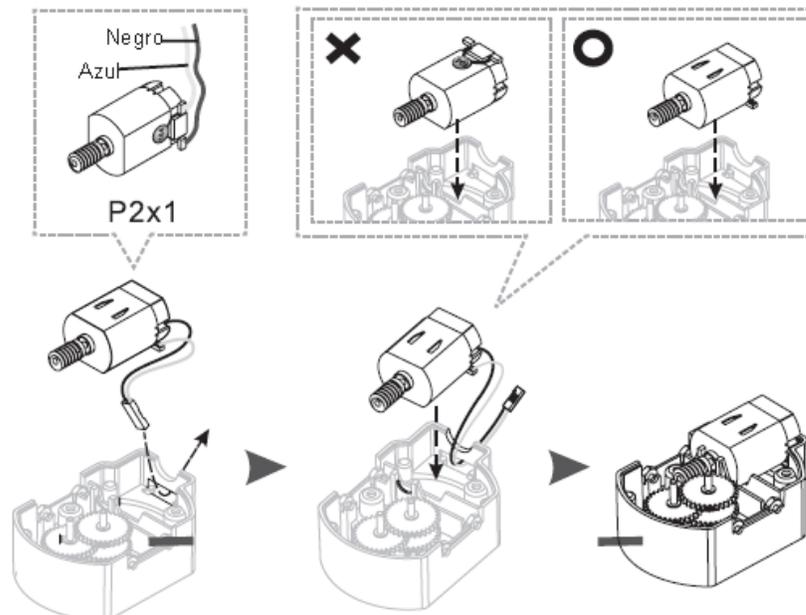


Figura 2. 16 Colocación del M2.

12. Coloque la pieza A1 y atornille. Así se obtiene la pieza M2 (Ver Anexo 1:10).

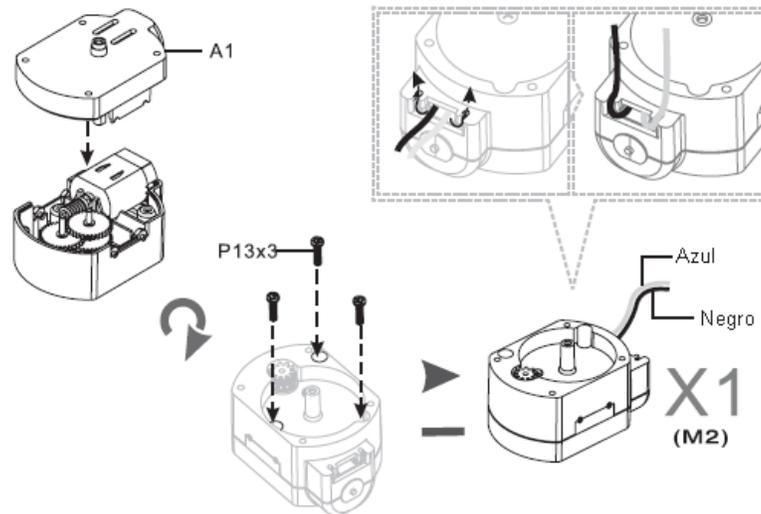


Figura 2. 17 Obtención de la pieza M2.

13. Las piezas M2, M3, M4 y M5 deben quedar como se muestra en la figura 2.18. (Ver Anexo 1:10).

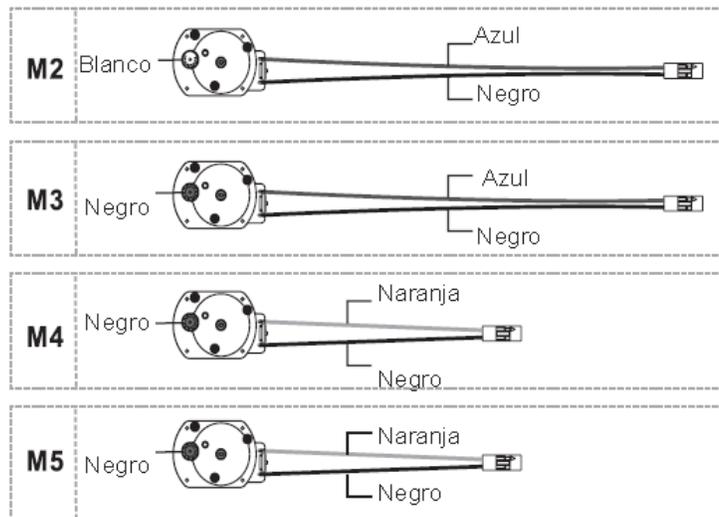


Figura 2. 18 Piezas M2, M3, M4 Y M5

14. Inserte 3 piezas B1 en la D1 (Ver Anexo 1:11).

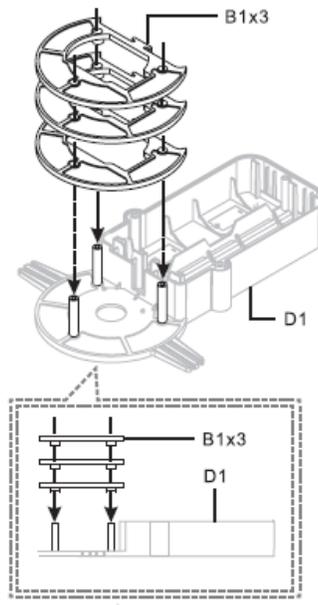


Figura 2. 19 Ensamblaje de la base

15. Coloque la pieza M5 en la pieza anterior, afín a la figura 2.20.

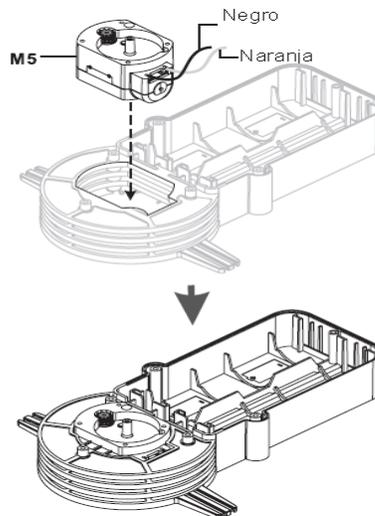


Figura 2. 20 Colocación de M5.

16. Coloque el terminal de batería P20 y P21, ponga atención a la polaridad de las terminales (Ver Anexo 1:11).

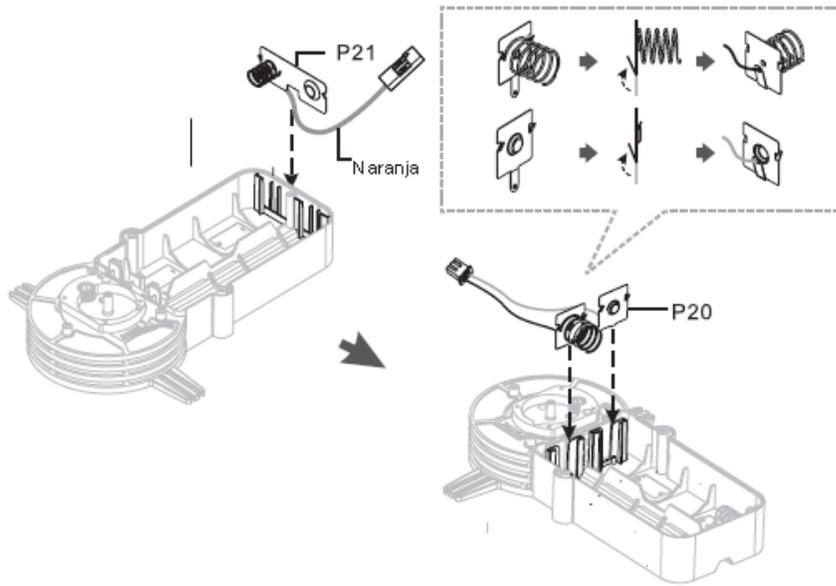


Figura 2. 21 Colocación de los terminales de batería.

17. Adecúe los cables de los terminales conforme la figura 2.22, para evitar tensión sobre los mismos, cuando se produzca el movimiento del brazo (Ver Anexo 1:11).

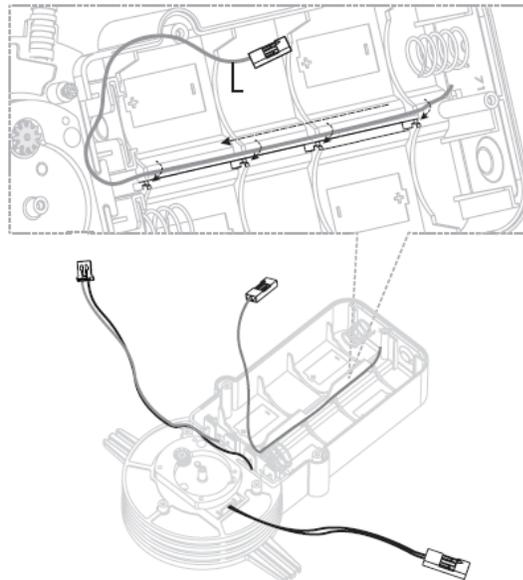


Figura 2. 22 Adecuación de los cables.

18. Coloque la tapa F1 y atornille (Ver Anexo 1:11).

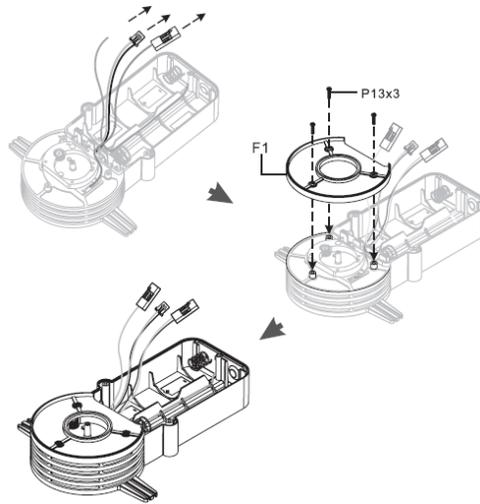


Figura 2. 23 Colocación de la tapa f1.

19. Coloque las 4 baterías tipo D de acuerdo a la polaridad mostrada en el diagrama.

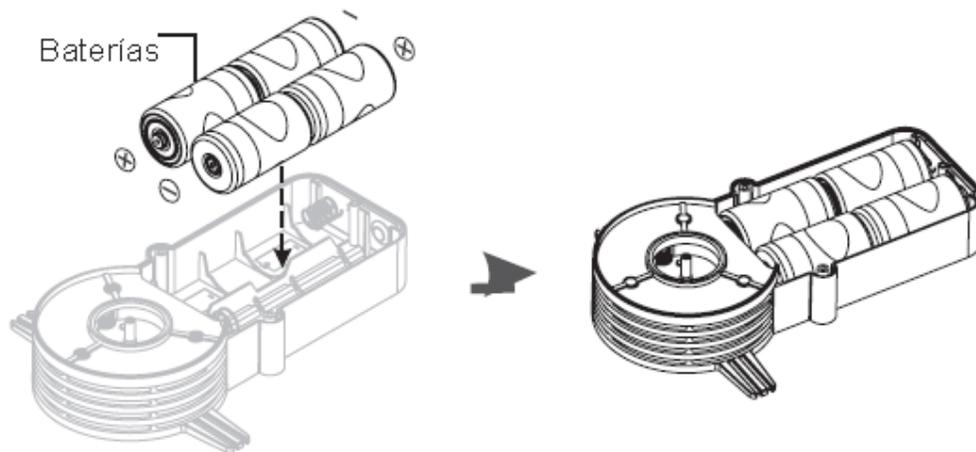


Figura 2. 24 Colocación de baterías.

20. Coloque la pieza F7 en la pieza D3, posteriormente coloque una rondana P19 y atornille con el ensamble anterior.

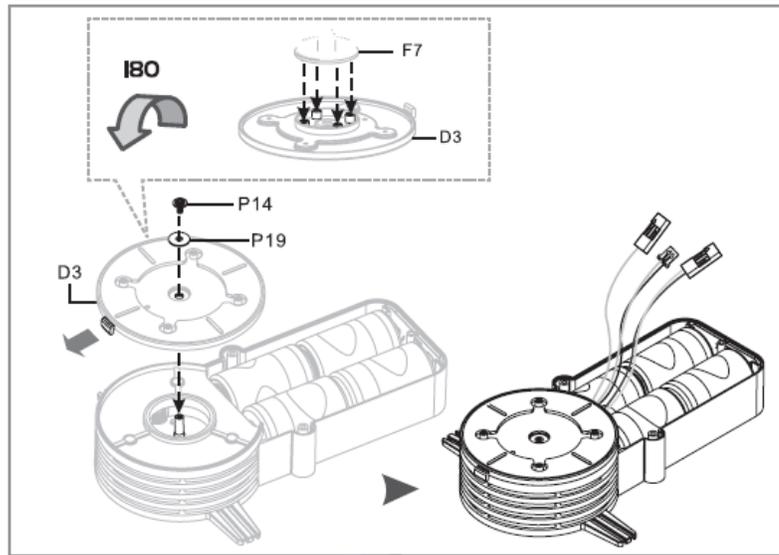


Figura 2. 25 Colocación de la tapa f7

21. En la pieza M4, coloque la pieza F4, use las rondanas P19 y atornille conforme la figura 2.26. (Ver Anexo 1:12).

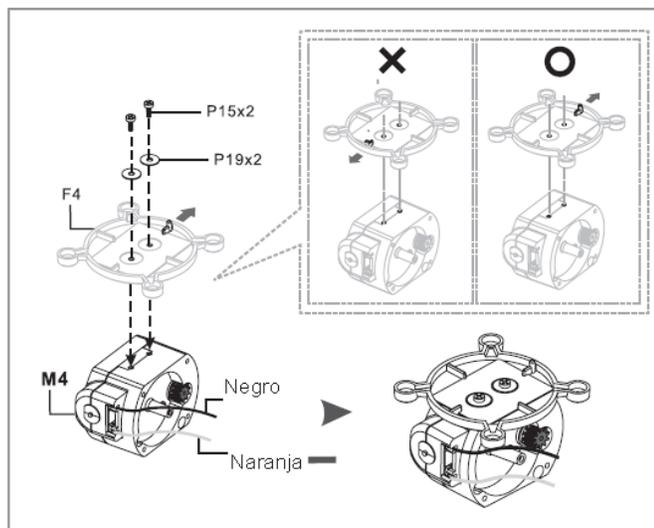


Figura 2. 26 Colocación de la pieza f4 en la M4.

22. Coloque la pieza ensamblada anterior en la ensamblada en el paso 20 (Ver Anexo 1:13).

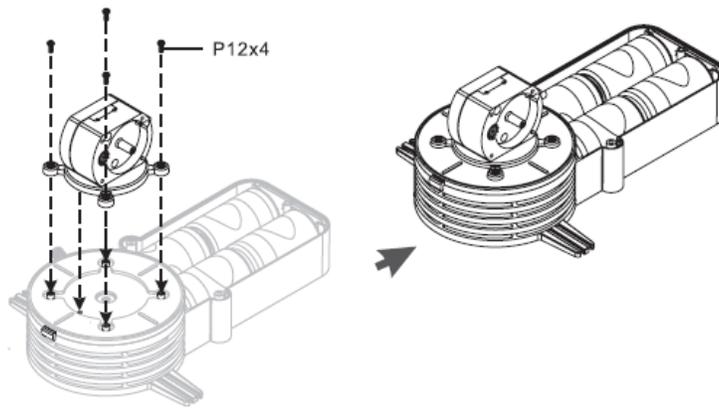


Figura 2. 27 Ensamblaje del m4 en la base.

23. Coloque dos piezas E1 en las piezas M2 Y M3. Posteriormente atornille igual a la figura 2.28. (Ver Anexo 1:14).

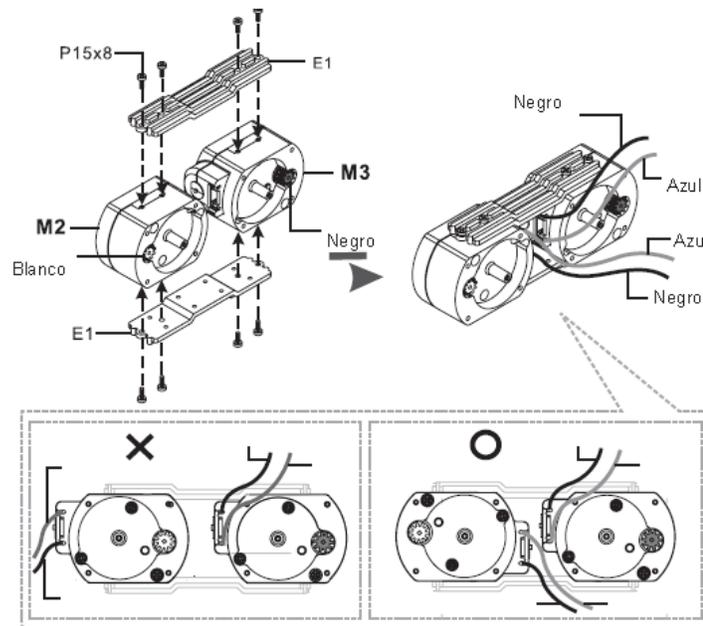


Figura 2. 28 ENSAMBLE DE E1 EN LAS PIEZAS M2 Y M3.

24. Ensamble las piezas F2 y F3 y sujételo con tornillos al ensamble del paso anterior. (Ver Anexo 1:15).

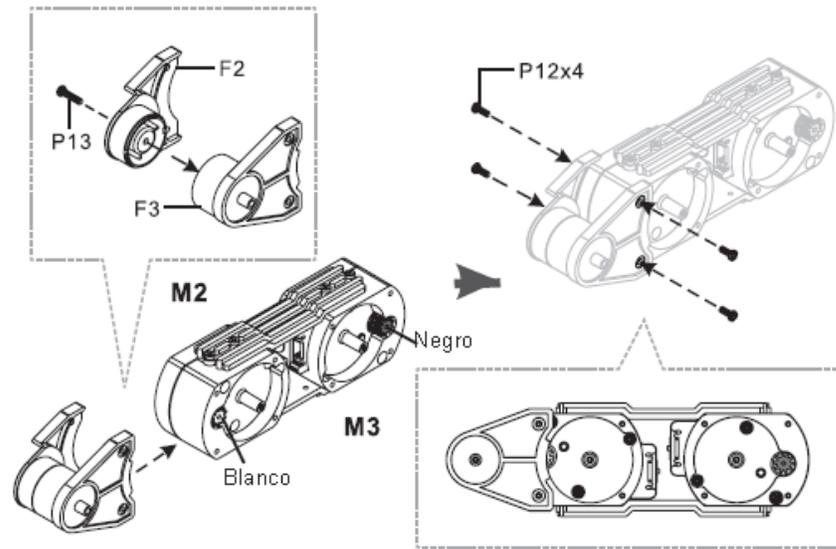


Figura 2. 29 Ensamble de las piezas F2 Y F3.

25. Coloque las tapas F7 a las piezas E2, conforme la figura. Posteriormente insértelo y atornille en el ensamble anterior y el ensamble del paso 22 (Ver Anexo 1:16).

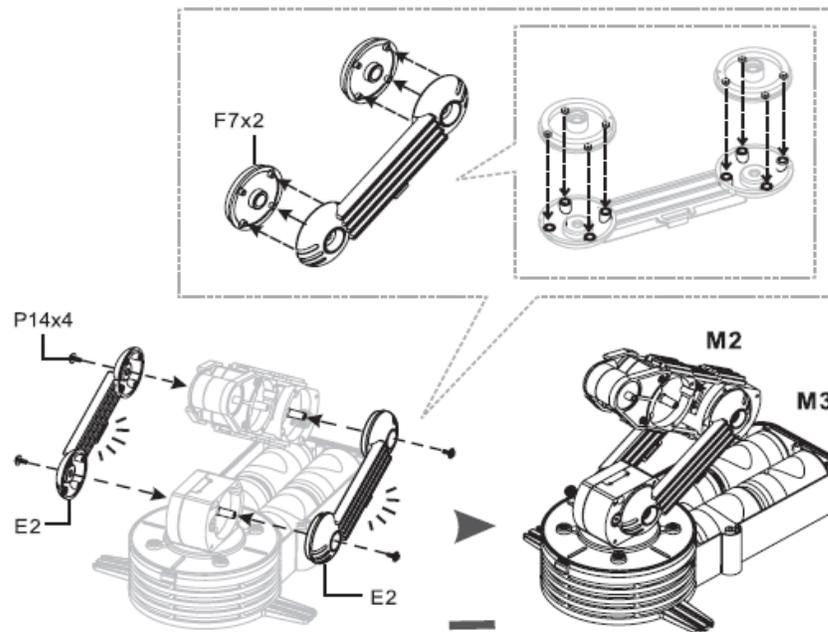


Figura 2. 30 Ensamblaje de las piezas E2.

26. Coloque dos ejes P9 y P10 en la pieza N1. Posteriormente arme el sistema de engranes con las piezas P4, P5, P6 Y P7 como se muestra en la figura 2.31.

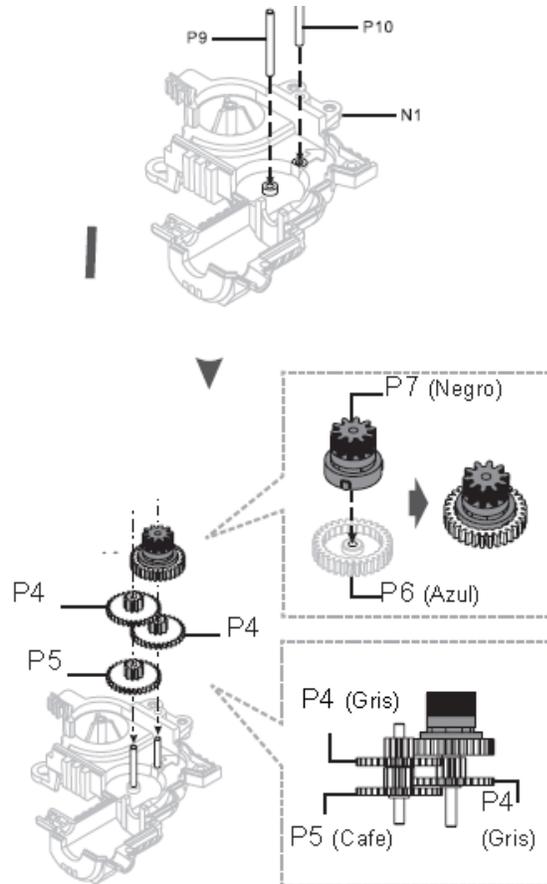


Figura 2. 31 Ensamblaje del sistema de engranes y colocación de los ejes P9 Y P10.

27. Coloque el motor P3 en el ensamble anterior. Posteriormente inserte la pieza F5 conforme la figura 2.32.

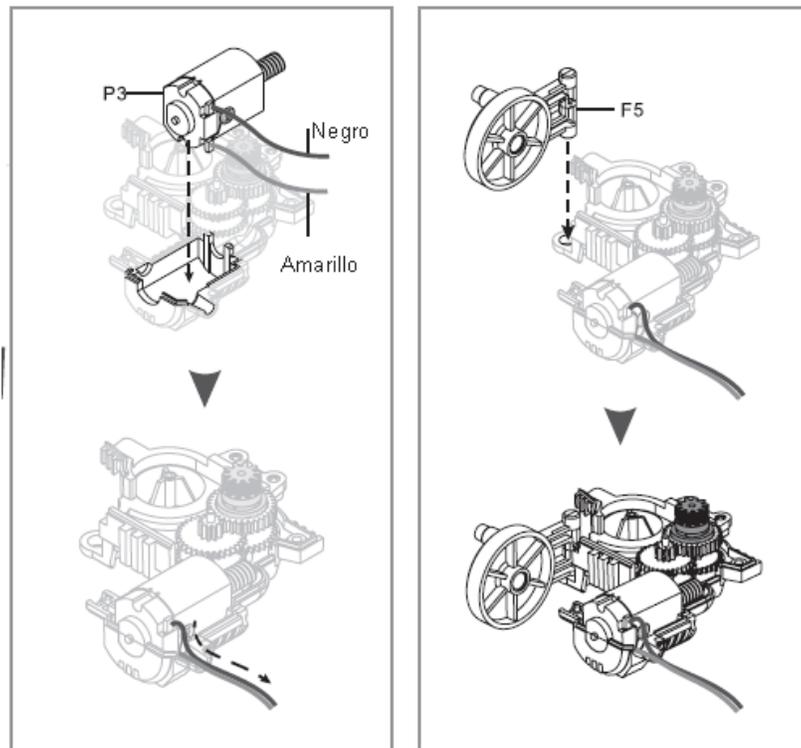


Figura 2. 32 Colocación de la pieza P3 y la F5.

28. Inserte la pieza N2 y atornille (Ver Anexo 1:17).

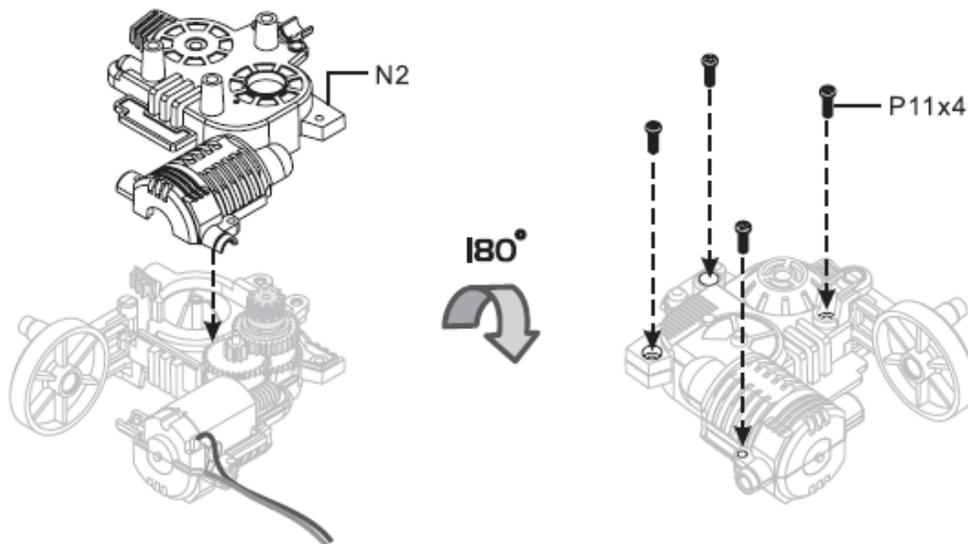


Figura 2. 33 Colocación de la pieza N2

29. Inserte las piezas N5 Y N6 cuidando que estén a la misma distancia entre ambas. Para la pieza N5 Ajuste con la pieza N7 y atornille. Para la pieza N6 solo ajuste y atornille tal y como se muestra la figura 2.34. (Ver Anexo 1:18).

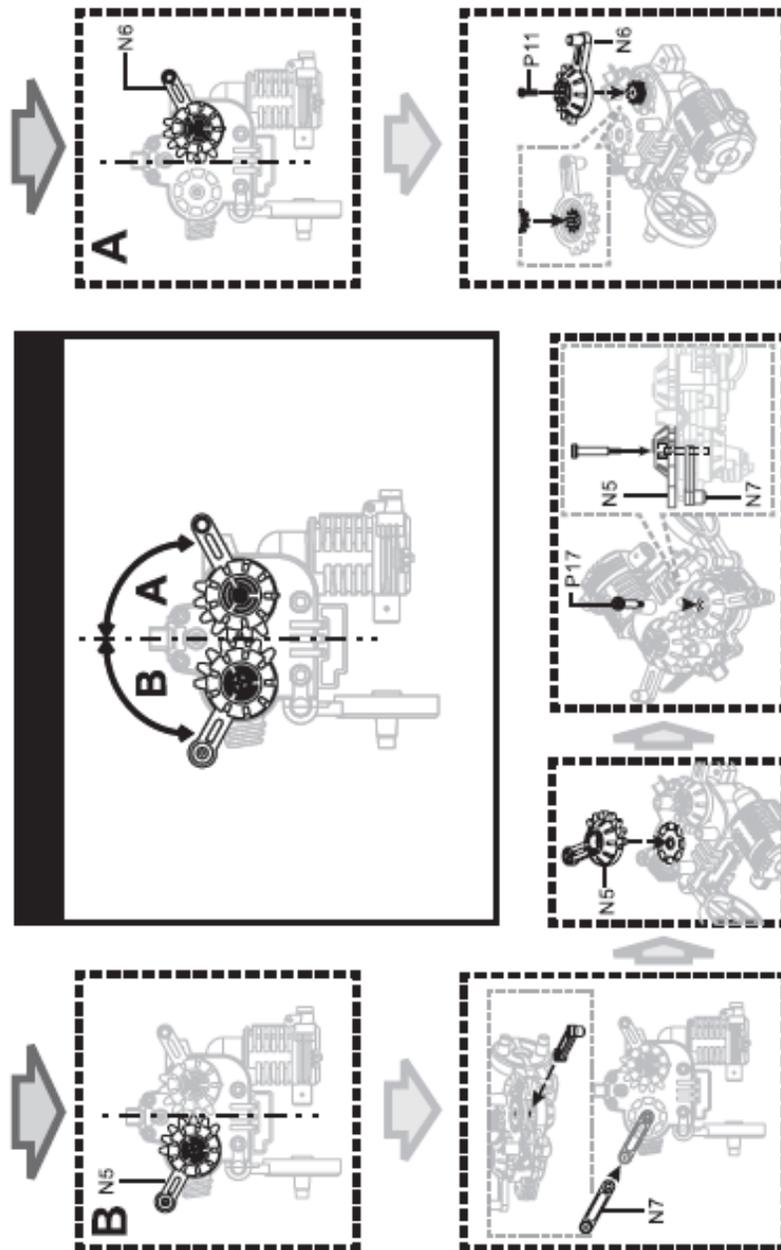


Figura 2. 34 Ensamble del Gripper.

30. Coloque las piezas N7 y N8 en ambos extremos del ensamble anterior y atornille (Ver Anexo 1:18).

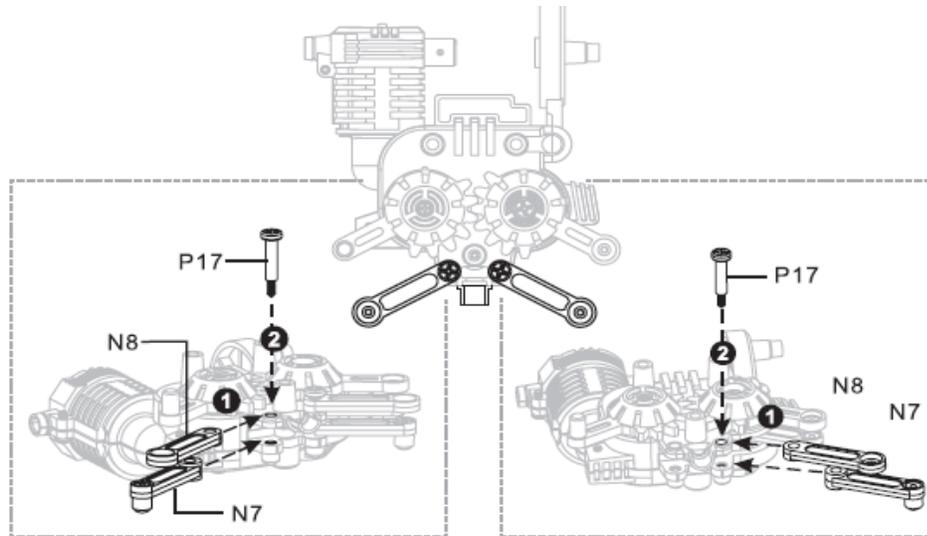


Figura 2. 35 Colocación de los extremos de la pinza.

31. Desprende el papel adherible de las piezas P23 y pégalas en las piezas N3 y N4. Posteriormente colóquelas en el ensamble anterior y atornille.

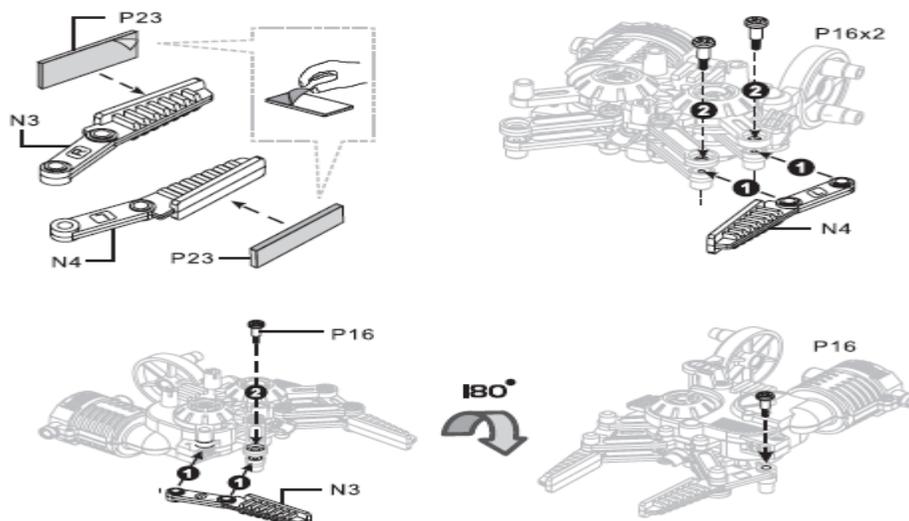


Figura 2. 36 COLOCACIÓN DEL PAPEL ADHERIBLE.

32. Inserte el led P22 y recorra el cable, posteriormente adapte la pieza N9 sobre el led (Ver Anexo 1:18).

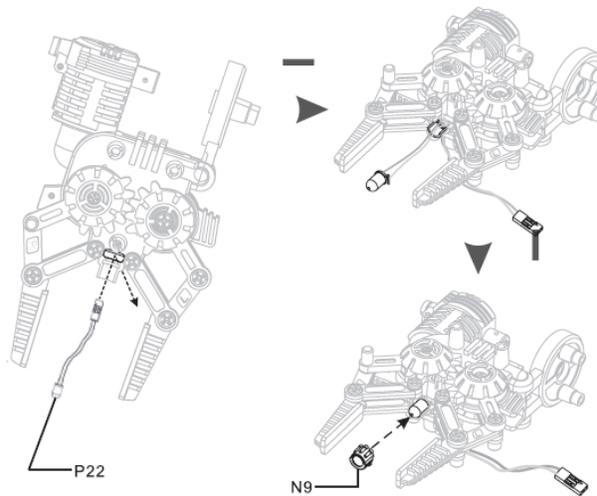


Figura 2. 37 Colocación del led P22.

33. Coloque la pieza B3 y ensamble con la pieza del paso 25 y atornille (Ver Anexo 1:19).

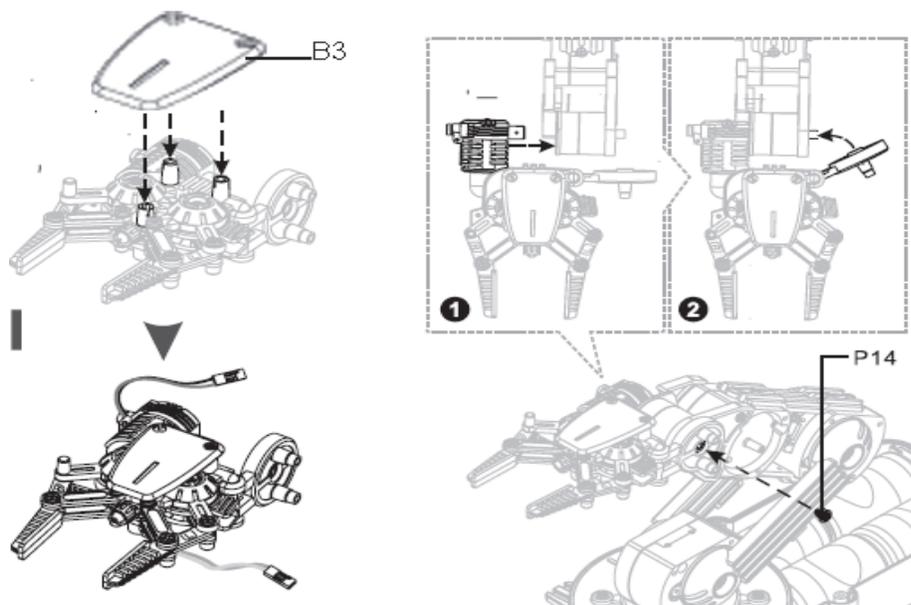


Figura 2. 38 Colocación de la armazón de la muñeca.

34. Ensamble las piezas F6 y F7, posteriormente atornille en el brazo mecánico acorde a la figura 2.39. (Ver Anexo 1:19).

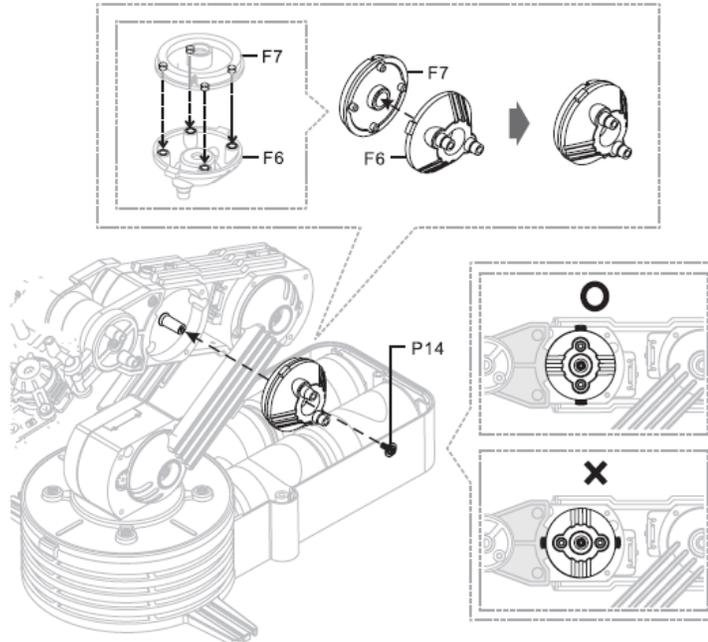


Figura 2. 39 Ensamblaje de las piezas f6 y f7 y atornille en el brazo mecánico.

35. Coloque las piezas E3 y atornille (Ver Anexo 1:19).

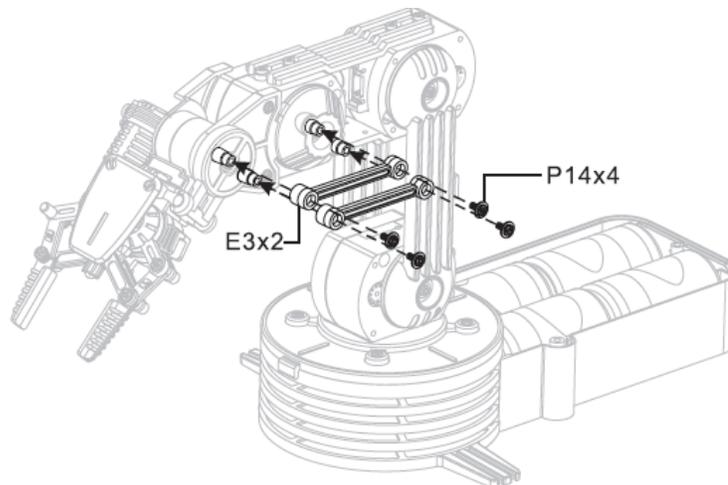


Figura 2. 40 Colocación de las piezas e3.

36. Coloque la pieza D2.y atornille (Ver Anexo 1:19).

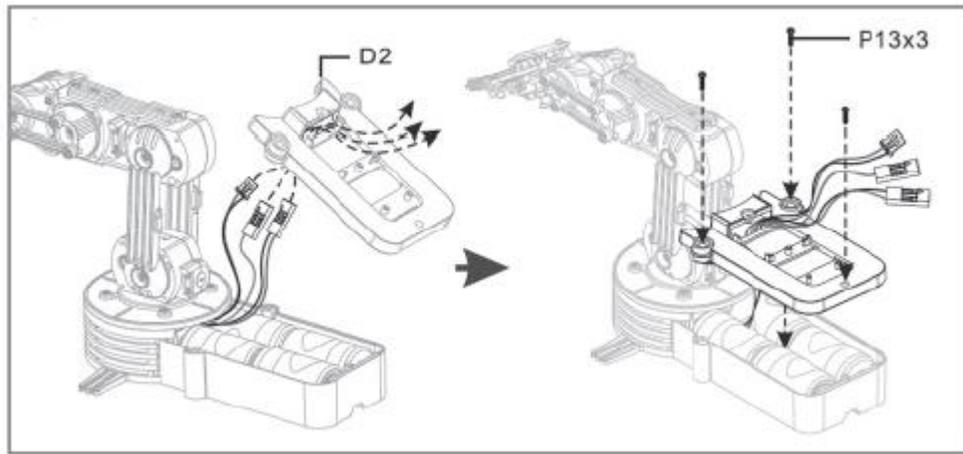


Figura 2. 41 Colocación de la pieza D2.

37. Pegue las piezas P24 y adapte los cables para evitar enredos o que se puedan romper.

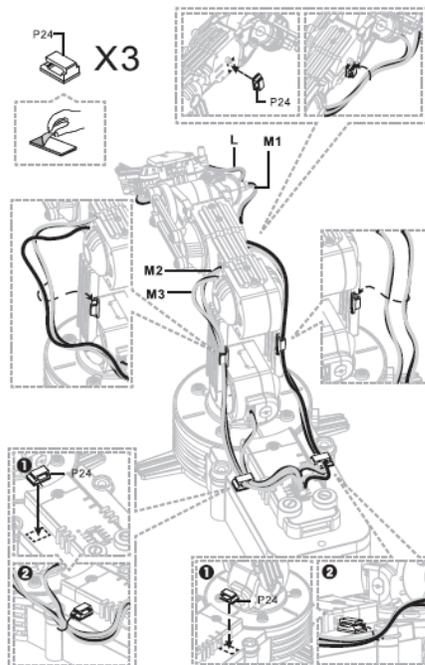


Figura 2. 42 Adecuar los cables como muestra la figura

Una vez concluido los pasos anteriores, se obtiene el brazo robótico tal y como muestra las figuras 2.43 y 2.44. (Ver Anexo 1:20 y Ver Anexo 1:24).

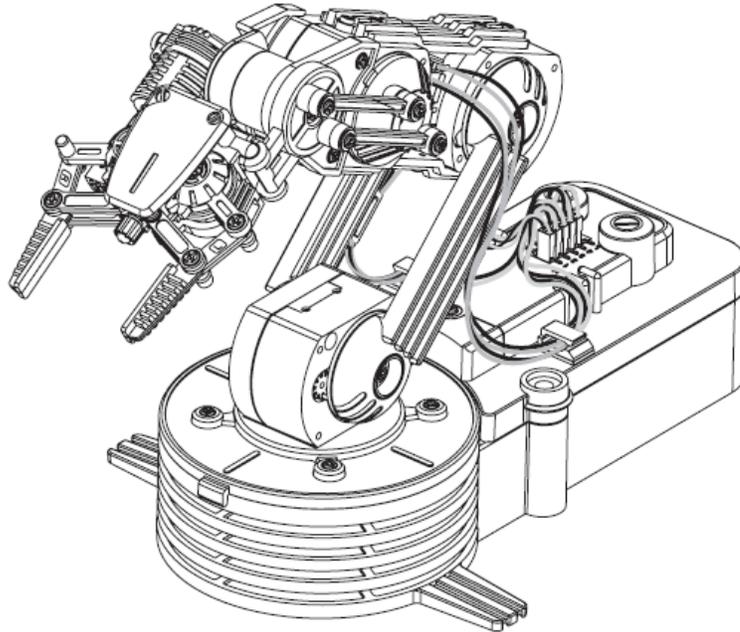


Figura 2. 43 Brazo robótico K-680

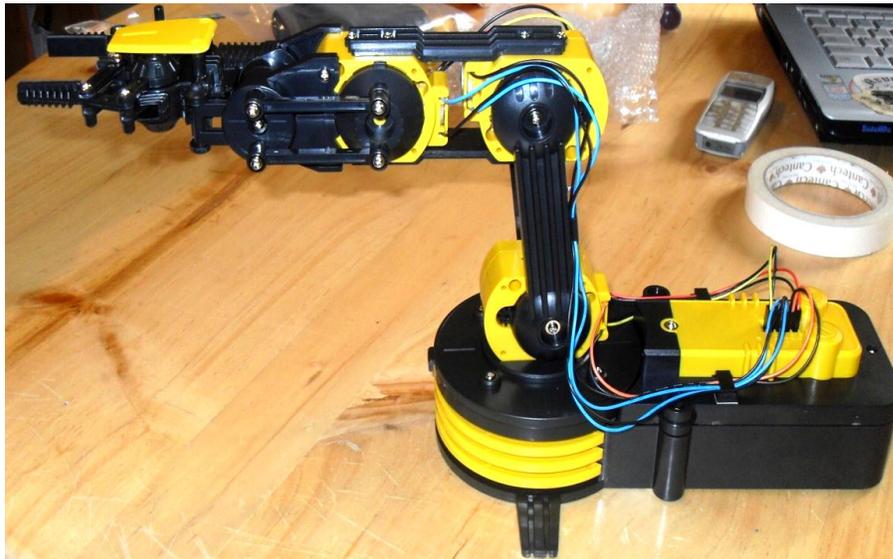


Figura 2. 44 Brazo robótico ensamblado

2.2 ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA ROBÓTICA

El brazo robótico mecánico es un kit de plástico que permite enseñar cuestiones básicas de robótica y mecánica de una manera didáctica, posee 5 grados de libertad, los cuales están denotados por sus similares al ser humano, estos son: Cintura, Hombro, Codo, Muñeca, y Mano, distribuidos en la rotación de la base, en el movimiento de la base, movimiento del codo, movimiento de la muñeca y en la apertura/cierre de la tenaza.

Este kit permite simular las funciones de movimiento de un brazo humano como se muestra en la siguiente figura:

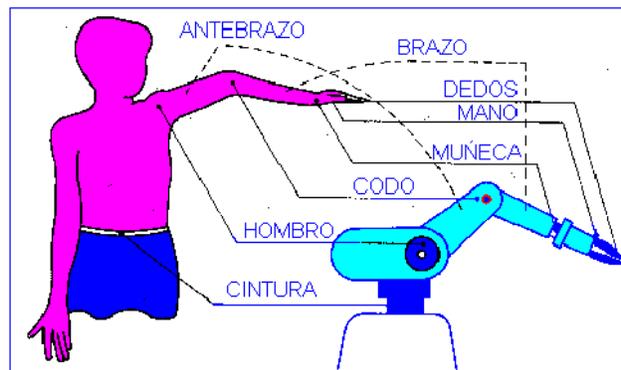


Figura 2. 45 Similitud entre un brazo humano y el brazo robótico

Para cada grado de libertad hay un motor DC que acciona el movimiento. La siguiente tabla describe el ángulo total descrito para cada grado de libertad.

Tabla 2.1 Grados de libertad o pulgadas que pertenece a cada motor

MOTOR	MOTOR 1	MOTOR 2	MOTOR 3	MOTOR 4	MOTOR 5
GRADO	0-1.77''	120°	300°	180°	270°

2.2.1 MÉTODOS DE CONTROL DE LA ESTRUCTURA

Se utiliza dos métodos para controlar la estructura robótica, estos son:

- 1 Por medio de control alámbrico (control remoto).
- 2 Por microelectrónica.

Para el proyecto propuesto se emplea el método por microelectrónica, debido a que se necesita controlar al brazo robótico dependiendo de los valores que entreguen los sensores a utilizarse que son de suma importancia en nuestro proyecto; porque el control alámbrico no es objetivo del mismo. Si en caso el brazo robótico se encontrara fuera de los rangos establecidos, existen pulsadores para cada movimiento de los motores los cuales se activan mediante un selector.

2.2.1.1 POR MEDIO DEL CONTROL ALÁMBRICO (CONTROL REMOTO)

En este método se usa cinco palancas para controlar el movimiento del brazo robótico, ya sea hacia arriba o hacia abajo, izquierdo o derecho, el interruptor encendido-apagado para controlar la luz. Se conecta con la unidad principal por un cable plano de 100cm.

Después de ensamblado el brazo con el control remoto se puede manipular al brazo robótico como se desee.

Para este método se necesita implementar una tarjeta, que permita comunicar el brazo con el control remoto y de igual forma ensamblar el control, para ello se debe seguir el procedimiento que se encuentra en el Anexo IV.

2.2.1.2 POR MEDIO DE MICROELECTRÓNICA

La microelectrónica le permite a la estructura que coordine impulsos eléctricos haciendo que el robot realice los movimientos requeridos por la tarea. La información es provista de los programas necesarios para lograr la coordinación mecánica requerida en los movimientos del robot.

Se consideró que para la activación de cada motor, se debe implementar un circuito de control independiente; determinando la presencia de 5 motores DC; se realizó los circuitos de control correspondientes, identificando en el brazo los terminales de acceso de cada motor. (Ver figura 2.18)

De manera general cabe indicar que en el presente proyecto se trabaja con el microprocesador PIC16F877A como cerebro del robot, se usan también resistencias variables como sensor de presión, sensor de temperatura, sensor de proximidad colocados en el gripper y la muñeca del robot para detectar objetos cuando el robot está en forma automática.

El microprocesador maneja señales lógicas que activan a transistores para operar los cinco motores DC que tiene el robot, los cuales se activan según las secuencias de movimiento previamente programadas.

El robot en el modo automático trabaja en base a los sensores de proximidad, presión y temperatura.

En las siguientes secciones se tratará con detalle cada uno de los componentes que forma parte del prototipo de piel; motivo del presente trabajo.

Para controlar al brazo robótico por este método se debe implementar un circuito que tiene los siguientes elementos:

- Sensor de Fuerza FSR.
- Termistor de 10k.
- Sensor de Proximidad SHARP 2Y0A21.
- PIC 16F877A (2)
- Transistores
 - ✓ TIP 121 (10)
 - ✓ TIP 32C (10)
 - ✓ 2N3904 (10)
- Resistencias
 - ✓ 220 Ω (10)
 - ✓ 100 K Ω (3)
 - ✓ 150 K Ω (1)
 - ✓ 61 K Ω (2)
 - ✓ 47 K Ω (1)
 - ✓ 51 K Ω (1)
 - ✓ 56 K Ω (1)
 - ✓ 10 K Ω (4)
 - ✓ 39 K Ω (1)

- Cristal de 4M Hz.(2)
- Condensador de 22uF (3)
- LM741 (3)
- LM311 (4)
- 74LS04 (1)
- Diodos Zener de 3.3V (3)
- LEDS (3)
- Selector de 3 posiciones con posición central en reposo (2)
- Pulsadores (12)
- Fuente de 5v, 2A
- Fuente de $\pm 12V$

A continuación se analiza cada parte del circuito; posteriormente se indicará el diagrama del circuito completo para su implementación.

DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL

Tomando en cuenta que la corriente máxima que puede entregar y recibir el Pic por cada pin es 25mA, se procede a calcular la corriente que se está extrayendo del mismo, para la activación de los transistores y entregando al mismo para su procesamiento.

LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN

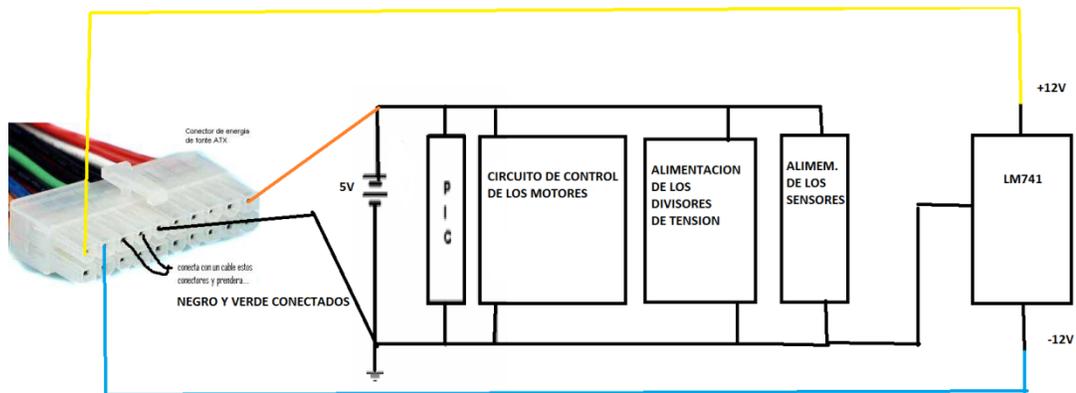


Figura 2. 46 Conexión de la fuente de alimentación del circuito de control

La fuente de alimentación, es el componente electrónico encargado de transformar la corriente de la red eléctrica con una tensión de 125Vac, a una corriente con una tensión de 5 a 12 voltios, los cuales se utilizan para el circuito de control.

ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE PROXIMIDAD

La salida del sensor de proximidad proporciona un voltaje de 0 a 3v; por tanto es factible conectarlo directamente hacia el PIC, sin embargo, para evitar efectos de acoplamiento entre cargas, se coloca un seguidor de tensión antes de conectarlo a las entradas del ADC del Pic. (Ver figura 2.47)

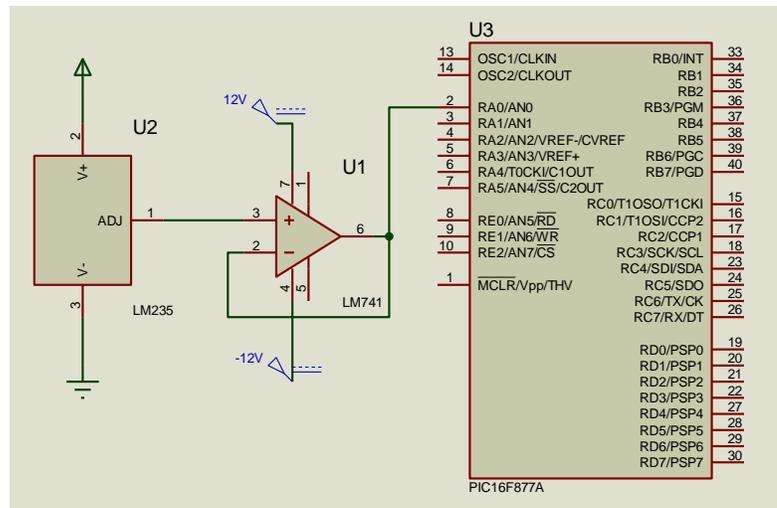


Figura 2. 47 Acondicionamiento del sensor de proximidad

ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE FUERZA (FSR)

La salida del sensor de fuerza (FSR) es del orden de Megas ohmios; se realiza un divisor de tensión que permite entregar 5V cuando no existe deformación y menor a 5V cuando la hay; para evitar efectos de carga, se coloca un seguidor de tensión antes de conectar a las entradas del ADC del Pic (Ver figura 2.48).

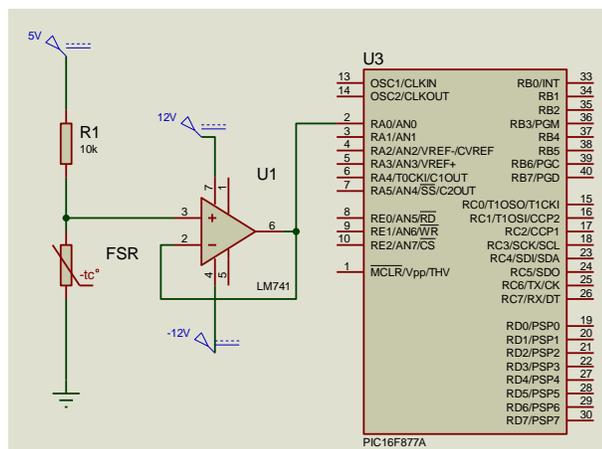


Figura 2. 48 Acondicionamiento del sensor de fuerza

CALCULO DE LA CORRIENTE QUE INGRESA AL PIC DESDE EL FSR.

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

$$I = \frac{5V}{10K}$$

$$I = 0.5mA$$

ACONDICIONAMIENTO DEL TERMISTOR DE 10K

La salida del sensor de temperatura se acondiciona al valor de 0 a 5V para que ingrese al Pic, para evitar efectos de acoplamiento entre cargas, se coloca un seguidor de tensión antes de conectar a las entradas del ADC del Pic. (Ver figura 2.49).

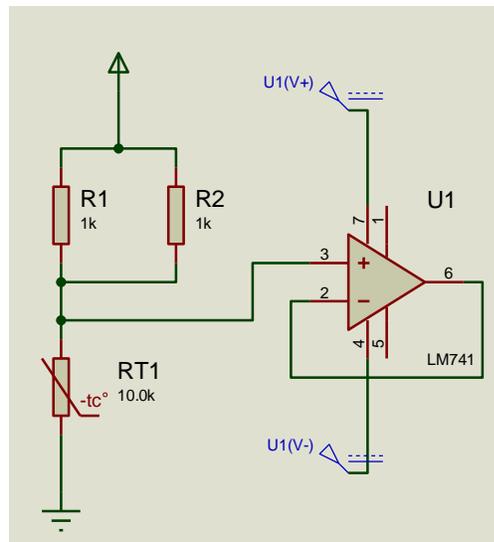


Figura 2. 49 Acondicionamiento del sensor de temperatura

CALCULO DE LA CORRIENTE QUE INGRESA AL PIC DESDE EL TERMISTOR.

De la ecuación (2.1) se obtiene:

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.2)$$

$$I = \frac{5}{500\Omega}$$

$$I = 10mA$$

COMPARACIÓN DEL SENSOR DE PROXIMIDAD PARA GENERAR UNA INTERRUPCIÓN EN EL PIC 16F877A EN EL PROGRAMA UNO.

Se realiza la comparación para detectar la proximidad de un objeto dentro de un rango de 1.1 V a 1.88 V, al cumplir esta condición se genera una interrupción en el puerto b.5 que hace que el brazo detenga su movimiento; mientras la interrupción se mantenga el brazo continúa paralizado; una vez retirado el objeto culmina la interrupción y el brazo continúa con los movimientos programados.

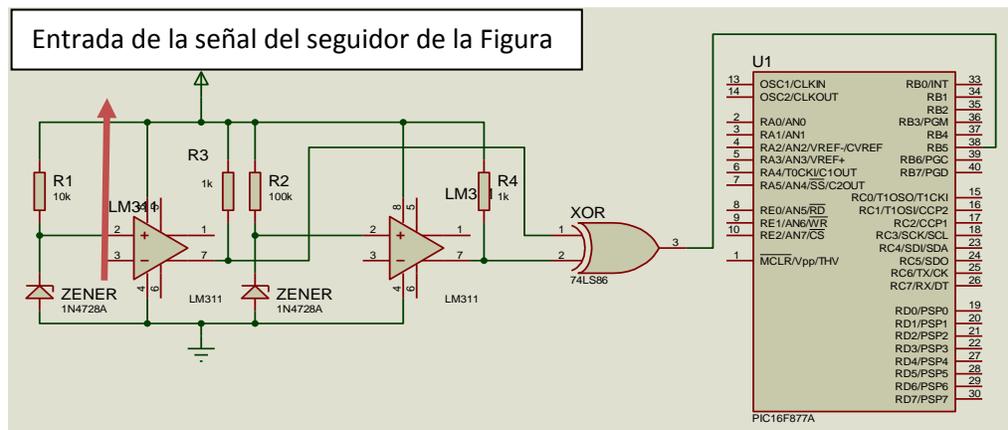


Figura 2. 50 Circuito generador de la interrupción de proximidad en programa uno

COMPARACIÓN DEL SENSOR DE PROXIMIDAD PARA GENERAR UNA INTERRUPCIÓN EN EL PIC 16F877A EN EL PROGRAMA DOS.

Se realiza la comparación para detectar la proximidad de un objeto dentro de un rango mayor a 1 V, al cumplir esta condición se genera una interrupción en el puerto b.5 que hace que el brazo detenga su movimiento de igual manera que en el ítem anterior, la diferencia está en que cumple un mayor rango de detección.

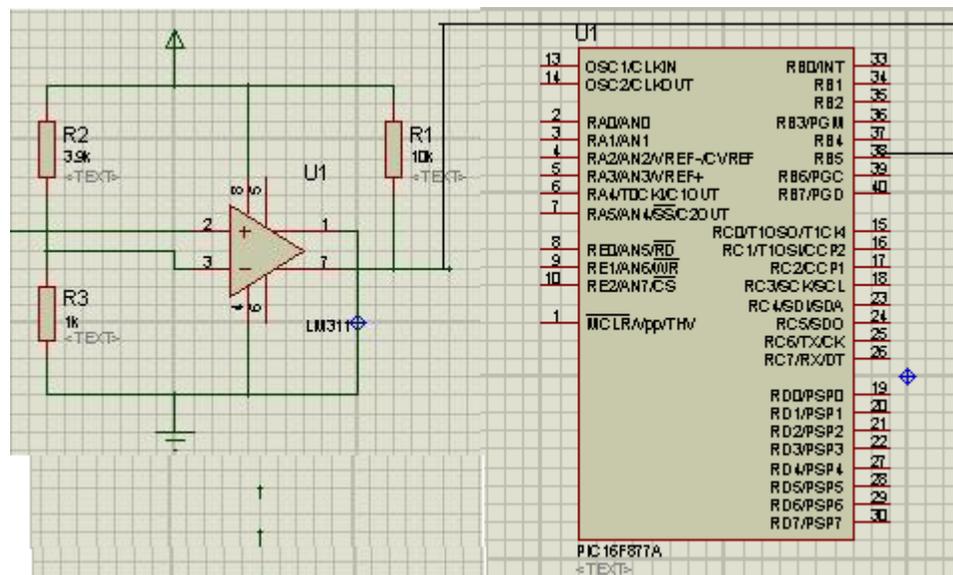


Figura 2. 51 Circuito generador de interrupción en programa dos

COMPARACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA PARA GENERAR UNA INTERRUPCIÓN EN EL PIC 16F877A.

Se realiza la comparación para detectar el incremento de temperatura al decrementar y sobrepasar los 3.44V ,al cumplir esta condición se genera una interrupción en el puerto b.7 que hace que el brazo ejecute una subrutina que lo aleja de la posición en la que sensa calor; mientras la interrupción se mantenga y la temperatura no haya decrementado el brazo se mantiene

inactivo hasta que esto suceda, seguidamente el sensor está listo para que detecte nuevamente un incremento y vuelva a ejecutar la subrutina.

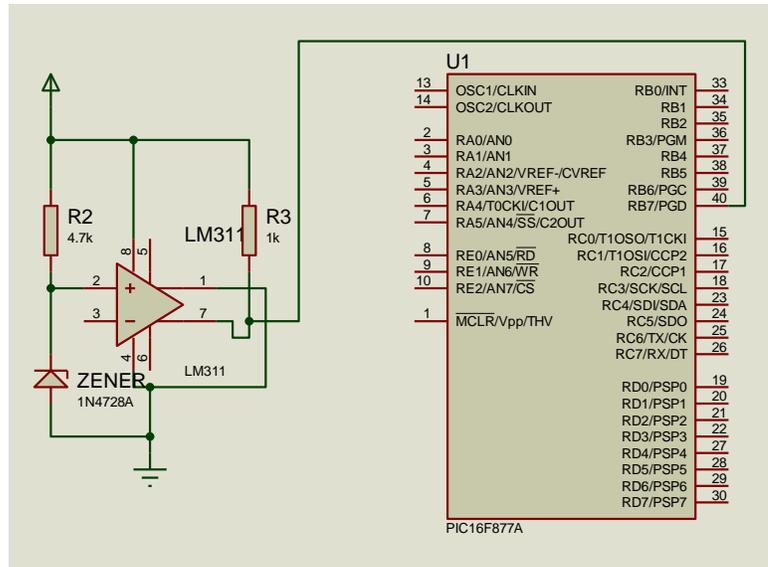


Figura 2. 52 Circuito generador de la interrupción de temperatura

LOCALIZACIÓN DE LOS SENSORES EN EL BRAZO ROBÓTICO

UBICACIÓN DEL SENSOR DE PROXIMIDAD

Para ubicar el sensor de proximidad se busca una posición idónea en la que cumpla los requerimientos establecidos, después de un análisis y pruebas previas se concluye que la posición correcta se encuentra en la parte superior de la muñeca, como lo muestra la figura 2.52.



Figura 2. 53 Sensor de proximidad en el brazo robótico.

UBICACIÓN DEL SENSOR DE FUERZA FSR

Para ubicar el sensor de fuerza se busca una posición idónea en la que sea factible tomar el objeto con una fuerza determinada, después de un análisis se concluye que la posición correcta se encuentra en la tenaza, donde va interactuar directamente con el objeto, como lo muestra la figura 2.53.

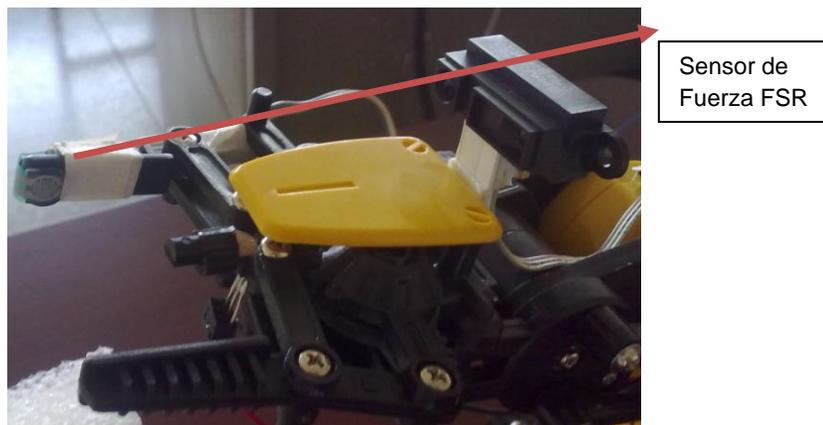


Figura 2. 54 Sensor de fuerza en el brazo robótico.

UBICACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Para ubicar el sensor de temperatura se busca una posición en la que sea factible sentir el calor de una forma casi instantánea, sin que se cause daños al sensor, a la piel, ni al brazo robótico; después de un análisis se concluye que la posición correcta se encuentra en la tenaza, donde va interactuar con el objeto, como lo muestra la figura 2.54.

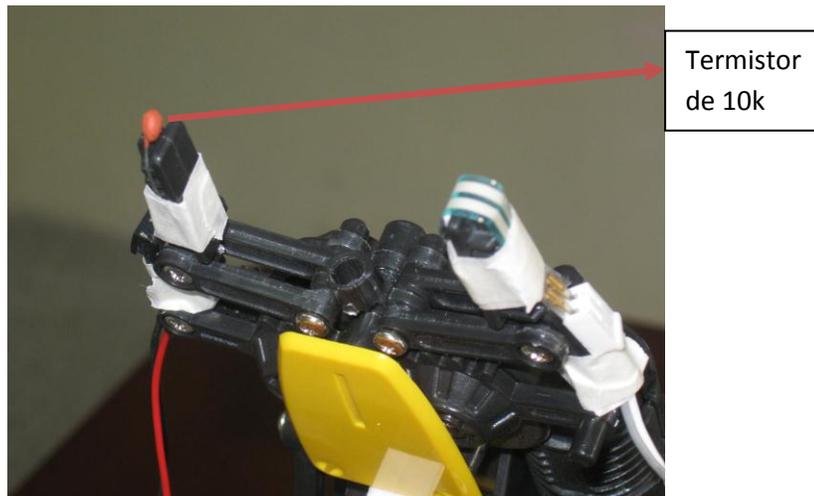


Figura 2. 55 Termistor ubicado en el brazo robótico

CÁLCULOS DE CORRIENTE EN LOS PUENTES H UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE LOS MOTORES DC

CÁLCULOS DE LA CORRIENTE DE ACCESO AL CIRCUITO DE CONTROL PARA EL MOVIMIENTO DE LA TENAZA

Reemplazo en (2.2)

$$I_{BQ1} = \frac{5V}{100K}$$

$$I_{BQ1} = \frac{5V}{100K}$$

$$I_{BQ1} = 0.05mA$$

Reemplazo en (2.2)

$$I_{BQ6} = \frac{5V}{150K}$$

$$I_{BQ6} = \frac{5V}{150K}$$

$$I_{BQ6} = 0.033mA$$

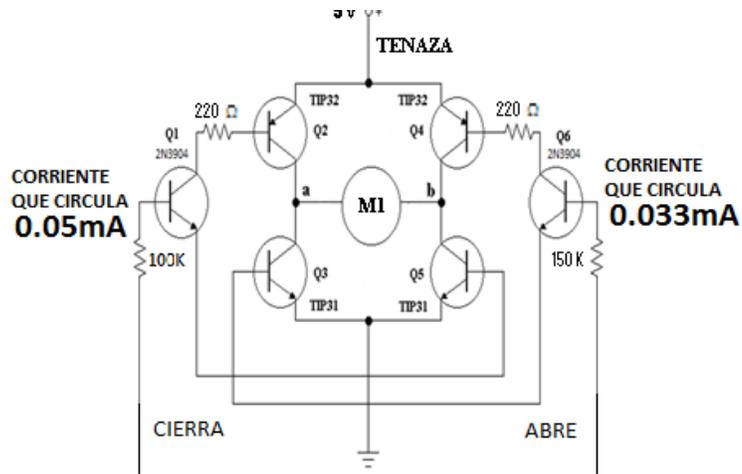


Figura 2. 56 Diagrama de control de la tenaza

CÁLCULOS DE LA CORRIENTE DE ACCESO AL CIRCUITO DE CONTROL PARA EL MOVIMIENTO DE LA MUÑECA.

Reemplazo en (2.2)

$$I_{BQ1} = \frac{5V}{100K}$$

$$I_{BQ1} = \frac{5V}{100K}$$

$$I_{BQ1} = 0.05mA$$

Reemplazo en (2.2)

$$I_{BQ6} = \frac{5V}{61K}$$

$$I_{BQ6} = 0.082mA$$

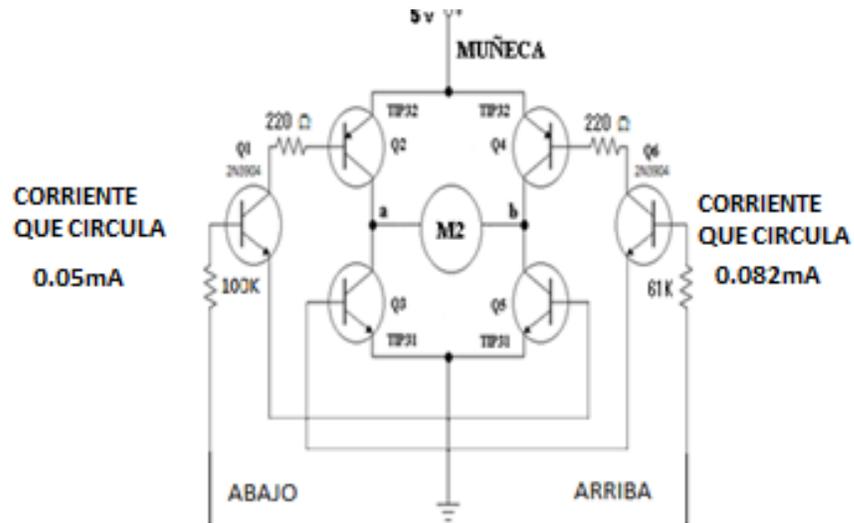


Figura 2. 57 Diagrama de control de la muñeca

CÁLCULOS DE LA CORRIENTE DE ACCESO AL CIRCUITO DE CONTROL PARA EL MOVIMIENTO DEL CODO.

Reemplazo en (2.2)

$$I_{BQ1} = \frac{5V}{10K}$$

$$I_{BQ1} = 0.5mA$$

Reemplazo en (2.2)

$$I_{BQ6} = \frac{5V}{51K}$$

$$I_{BQ6} = 0.098mA$$

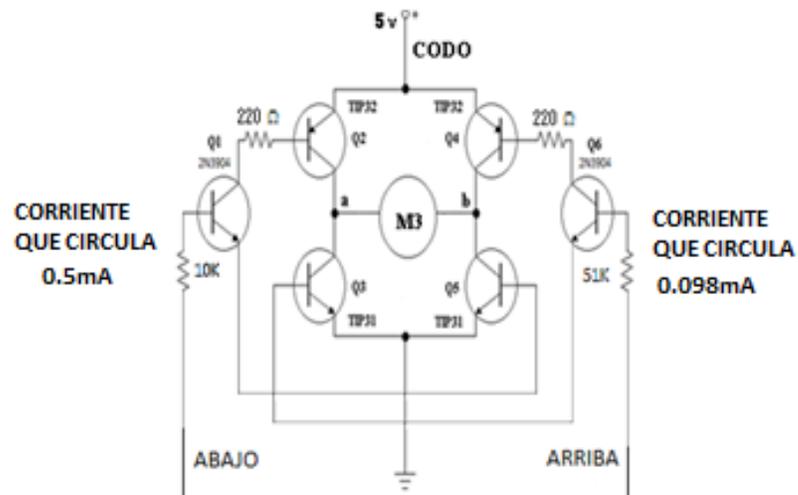


Figura 2. 58 Diagrama de control del codo

CÁLCULOS DE LA CORRIENTE DE ACCESO AL CIRCUITO DE CONTROL PARA EL MOVIMIENTO DEL BRAZO

Reemplazo en (2.2)

$$I_{BQ1} = \frac{5V}{61K}$$

$$I_{BQ1} = 0.082mA$$

Reemplazo en (2.2)

$$I_{BQ6} = \frac{5V}{100K}$$

$$I_{BQ6} = 0.05mA$$

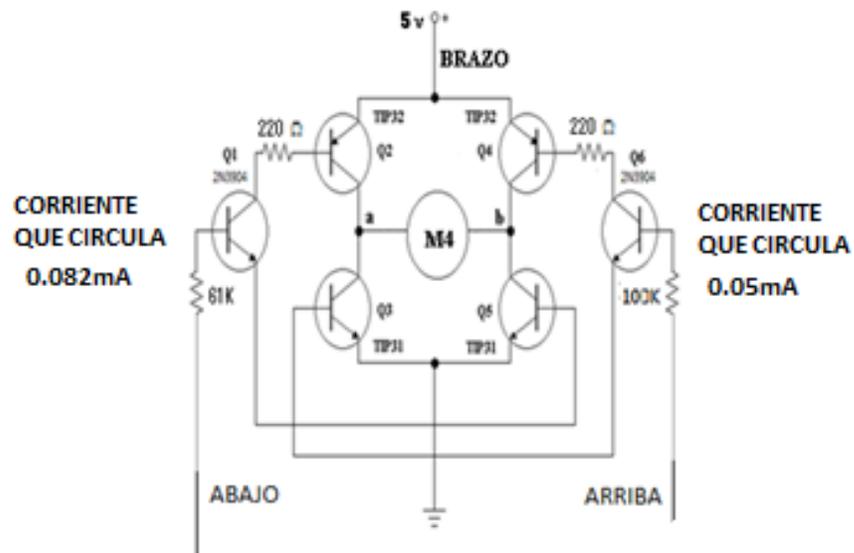


Figura 2. 59 Diagrama de control del brazo

CÁLCULOS DE LA CORRIENTE DE ACCESO AL CIRCUITO DE CONTROL PARA EL MOVIMIENTO DE LA CINTURA

Reemplazo en (2.2)

$$I_{BQ1} = \frac{5V}{47K}$$

$$I_{BQ1} = 0.106mA$$

Reemplazo en (2.2)

$$I_{BQ6} = \frac{5V}{56K}$$

$$I_{BQ6} = 0.089mA$$

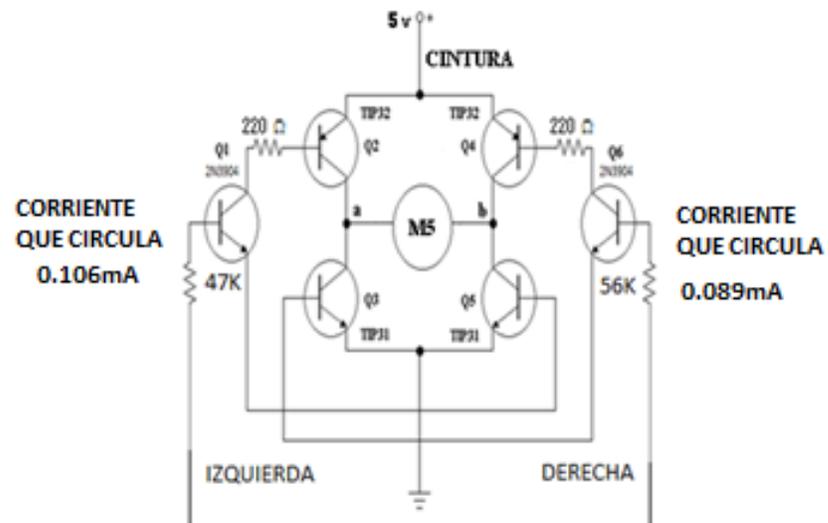


Figura 2. 60 Diagrama de control de la cintura

CIRCUITO DE POTENCIA DEL BRAZO ROBÓTICO CON MICROELECTRÓNICA

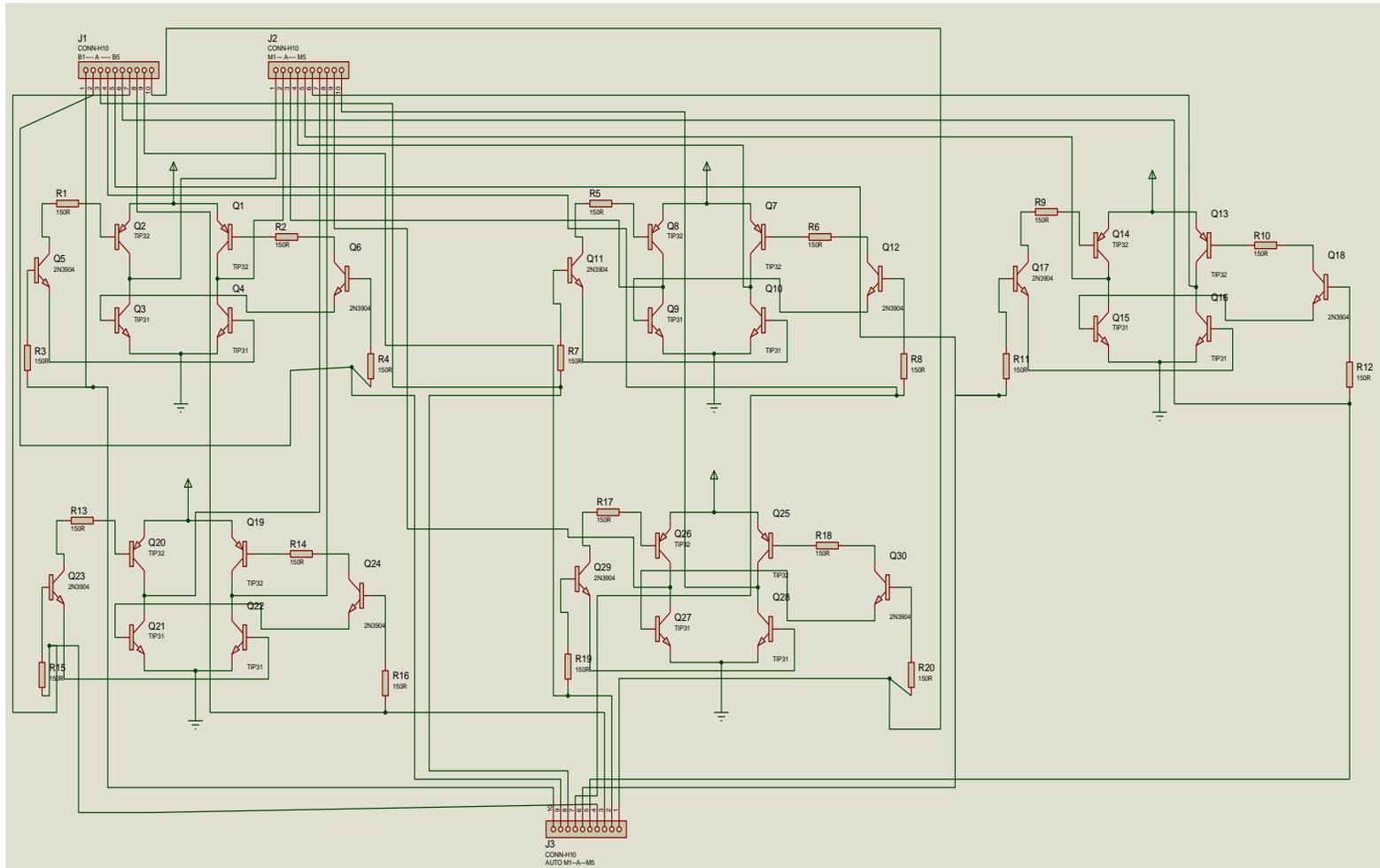


FIGURA 2. 61 Circuito de potencia del brazo robótico

CIRCUITO DE CONTROL AUTOMÁTICO DEL BRAZO ROBÓTICO CON MICROELECTRÓNICA

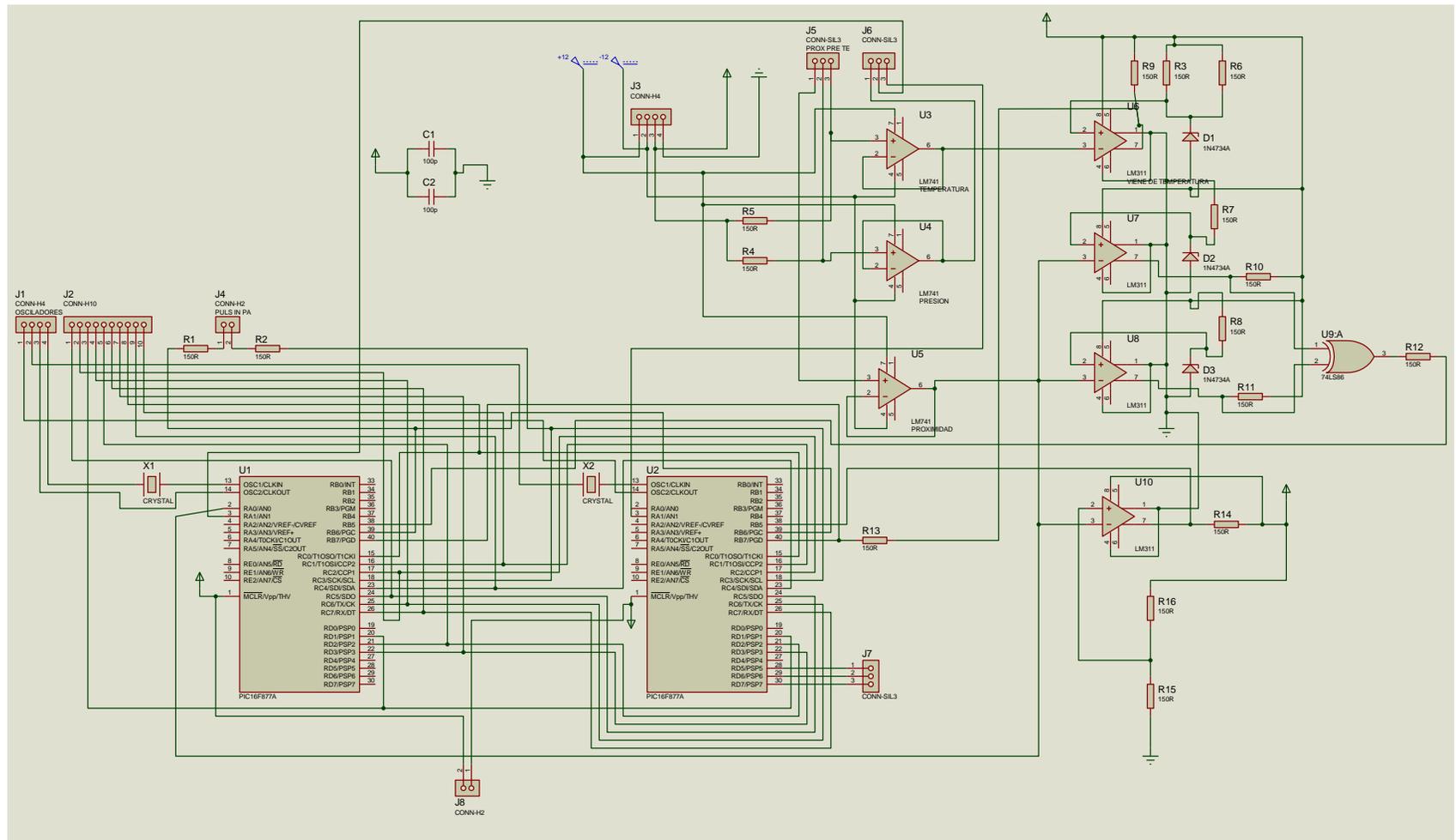


Figura 2. 62 Circuito de control automático del brazo robótico

CIRCUITO DE CONTROL MANUAL DEL BRAZO ROBÓTICO CON MICROELECTRÓNICA

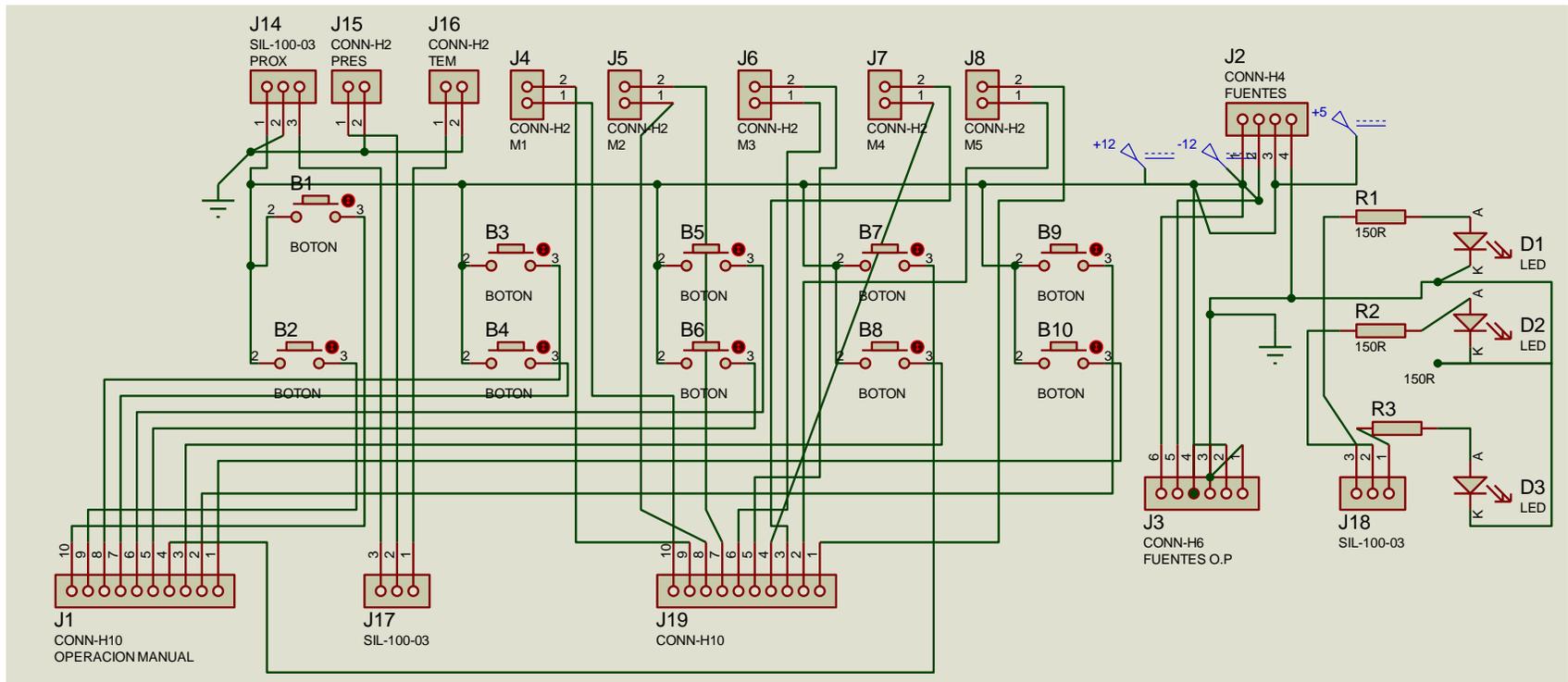


Figura 2. 63 Circuito de control manual del brazo robótico

2.2.2 OPERACIÓN DE LA ESTRUCTURA

2.2.2.1 POR MEDIO DEL CONTROL ALÁMBRICO (CONTROL REMOTO)

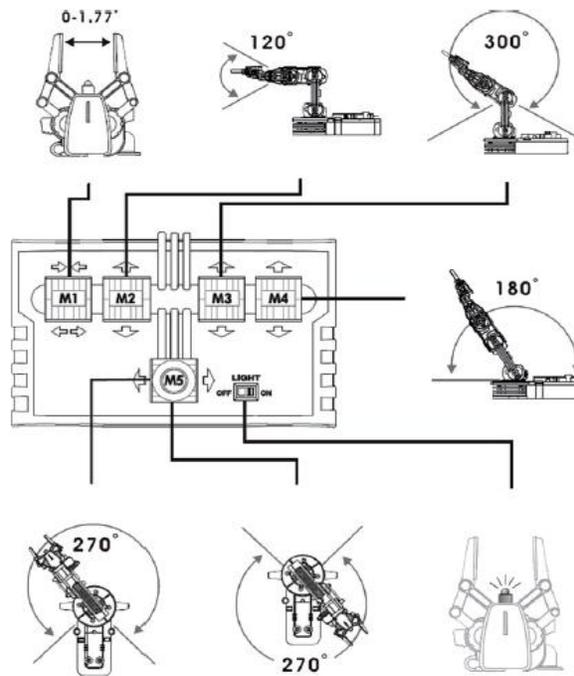


Figura 2. 64 Operación de la estructura con el control alámbrico (control remoto).

Tabla 2.2 Descripción de la operación de los motores DC

MOTOR	PULSO DE LOS BOTONES HACIA			
	ARRIBA	ABAJO	DERECHA	IZQUIERDA
M1	CIERRA LA TENAZA	ABRE LA TENAZA		
M2	SUBE LA MUÑECA	BAJA LA MUÑECA		

M3	SUBE EL CODO	BAJA EL CODO		
M4	SUBE EL BRAZO	BAJA EL BRAZO		
M5			GIRA LA CINTURA A LA DERECHA	GIRA LA CINTURA A LA IZQUIERDA

2.2.2.2 POR MEDIO DEL MICROELECTRÓNICA (MICRO CONTROLADOR)

El PIC recepta la señal del sensor de proximidad que presenta un aumento del voltaje cuando más próximo se encuentre el objeto a sensar con lo cual la salida va a ser un voltaje analógico de 0 a 5V que varía de acuerdo a la proximidad del objeto hacia el sensor SHARP, una vez obtenida la señal y de acuerdo a la programación envía señales hacia la etapa de potencia para que el brazo robótico iniciado su secuencia de movimiento y al encontrarse en el movimiento de la muñeca cuando se dirige hacia el objeto a tomar detenga al Motor cuando su voltaje se encuentre en 2V, debido a que existe dos programas a ejecutarse en el PIC, los cuales permiten demostrar la proximidad de los objetos; se debe seleccionar el programa que se desee que se ejecute con el selector destinado para este caso. Si se encuentra en el programa número uno y en el rango de 1.1V a 1.88V se genera una interrupción que hace que el brazo se inmovilice hasta que se retire al objeto que produce tal interrupción, y luego siga normalmente; si se encuentra en el programa número dos de igual manera se genera la interrupción en cualquier rango en el que el sensor pueda detectar, ya no se limita a un pequeño valor.



Figura 2. 65 Sensor SHARP

El PIC recibe la señal del sensor de fuerza FSR que presenta una disminución de la resistencia cuando aumenta la fuerza aplicada a la superficie activa y este valor de resistencia se encuentra acondicionado, con lo cual la salida va a ser un voltaje analógico de 0 a 5V que varía de acuerdo a la fuerza ejercida sobre el FSR, una vez obtenida la señal y de acuerdo a la programación envía señales hacia la etapa de potencia para que el brazo robótico, después de detenido el movimiento de la muñeca por el sensor de proximidad, ejecute el cierre de la tenaza hasta que la misma tome al objeto y valor del sensor FSR se encuentre en 4,4 V.



Figura 2. 66 Sensor FSR

El PIC recibe la señal del sensor de temperatura, termistor de 10k, que presenta una disminución de voltaje cuando aumenta la temperatura sensada y con lo cual la salida va a ser un voltaje analógico de 0 a 5V que varía de acuerdo a la temperatura que se encuentre midiendo el sensor, una vez obtenida la señal y de acuerdo a la programación envía señales hacia la etapa de potencia para que el brazo robótico se mueva lateralmente como señal de una temperatura alta que lo puede dañar, una vez que ejecuta una secuencia

se detiene hasta que el sensor se enfríe y luego de esto está listo para que sense nuevamente y realice lo anterior dicho.



Figura 2. 67 Termistor de 10k

Si el PIC recibe la señal de una temperatura alta o muy baja, ejecuta una interrupción que contiene un programa establecido para el brazo robótico, ya que la temperatura siempre debe ser prioridad.

El programa de control tiene priorizadas las interrupciones como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.3 Prioridades de Interrupciones

TEMPERATURA	PROXIMIDAD	PARO GENERAL	SALIDA PROG. UNO	SALIDA PROG. DOS
0	0	0	PARO GENERAL	PARO GENERAL
0	0	1	TEMPERATURA	PROXIMIDAD
0	1	0	PARO GENERAL	PARO GENERAL

1	0	0	PARO GENERAL	PARO GENERAL
0	1	1	TEMPERATURA	TEMPERATURA
1	0	1	PROXIMIDAD	PROXIMIDAD
1	1	0	PARO GENERAL	PARO GENERAL
1	1	1	-----	-----

Nota: 0 activado; 1 desactivado.

FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES DC

En la etapa de potencia, cuando el sistema de control de los motores detecta un 1 lógico en una de sus dos entradas de control y un cero en la otra, este conecta el motor a la fuente de alimentación con determinada polaridad, si la señal de control que estaba en 1 pasa a cero y la de cero a uno el puente H conecta la fuente al motor con la polaridad invertida facilitando así el giro en sentido contrario.

Si en caso se localiza en una posición errónea o si se desea manipular al brazo robótico manualmente se debe seleccionar la opción manual en el selector uno, de forma que se queda inhabilitado la salida de la señal del pic hacia la etapa de potencia y habilitar la señal de los pulsos de control manual.

Existe un pulsador como interrupción para realizar el paro general del proceso en caso de surgir algún inconveniente el cual se genera en el puerto b.6 en el

programa uno y en el puerto b.4 en el programa dos, recalcando que se usa el mismo pulsador para los dos programas.

En forma general si se encuentra ya colocado el elemento a tomar en su base y se genera el pulso de inicio el brazo robótico ejecuta la programación establecida para la toma del objeto si en su transcurso no se generó ninguna interrupción; pero si se genera la interrupción de proximidad ejecuta el paro momentáneo de todas las articulaciones mientras se encuentre en esta interrupción y luego continuará con su labor; y si se ejecuta la interrupción de temperatura se genera un código que aleja al brazo del calor y se queda en esta interrupción hasta que se enfríe luego de ello se puede volver a calentar o dar un pulso de inicio de programa pero para ello se aconseja regresar a la posición de HOME con el control manual ya que no se maneja posición y necesita iniciar de una posición cero.

2.3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE PIEL SENSIBLE SOBRE LA ESTRUCTURA ROBÓTICA.

En este subcapítulo se muestra todas las posibles opciones de materiales con las que se puede realizar una piel y se muestra un comparativo para determinar el material más apto para usarse con el brazo robótico; luego de seleccionado el material, se procede a mostrar los pasos para diseñar la forma del prototipo de piel y su colocación en el brazo robótico.

2.3.1 MATERIALES PARA EL DISEÑO DE LA PIEL ROBÓTICA

Gracias a una investigación realizada se encuentra diferentes materiales con los que se puede realizar un prototipo de piel robótico de los cuales están detalladas en la tabla 2.4 comparativa sus ventajas y desventajas.



Figura 2. 68 Materiales para el diseño de la piel robótica

Tabla 2.4 Cuadro comparativo de los diferentes materiales con los que se puede hacer una piel.

MATERIAL	VENTAJA	DESVENTAJA
<p>SILICONA</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Presenta una resistencia química muy buena. • La resistencia a altas temperaturas si es silicona de platino. • Tiene un secado rápido 	<ul style="list-style-type: none"> • Para prototipos de piel se necesita silicona de platino. • La silicona de platino apropiada no se encuentra fácilmente en el mercado. • Es costosa. • Se necesita una maquina especial para extraer las burbujas de aire.

PLÁSTICO	<ul style="list-style-type: none"> • Poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Que necesita e calor para adaptarse a la superficie.
YESO	<ul style="list-style-type: none"> • Es blando • Ligero. • Perfectamente exfoliable en láminas y escamas delgadísimas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Algo flexible, pero no elástico • Es soluble en ácido clorhídrico y también en agua caliente; funde bastante fácilmente y a la llama se hace opaco por pérdida del agua dispuesta entre laminillas.
FOMIX	<ul style="list-style-type: none"> • Es flexible. • Se le puede adaptar a la forma que se diseñe. 	<ul style="list-style-type: none"> • No es elástico. • No es un material que toma la forma de la superficie por si solo.
LÁTEX	<ul style="list-style-type: none"> • Elemento que se encuentra en estado líquido no requiere de mezclado ni pesado. • Es más resistente que cualquier 	<ul style="list-style-type: none"> • Componente es escaso en el mercado Ecuatoriano. • Las temperaturas

	<p>hule para moldes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite construir moldes resistentes. • Mayor resistencia al rasgado • Revestimientos de materiales logrando que estos sean impermeables. • A mayor cantidad de capas se va perdiendo la viscosidad. • En su etapa de secado tiene una composición del rango de 59% de solidificación. • En el caso de una capa de espesor, el látex resiste la fuerza de 10 kilos alcanzando su punto plástico y a 12 kilos su punto de ruptura. • Adopta fácilmente superficies así como también curvas donde adquiere la forma a su totalidad. 	<p>extremas producen en el látex que se descomponga.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caucho ácido y susceptible a reaccionar con otros materiales. • Proceso de secado de 3 a 4 horas.
--	--	---

Una vez analizado el cuadro comparativo se optó por utilizar látex líquido para la elaboración de la piel, debido a que cumple con la mayor parte de los requerimientos del proyecto.



Figura 2. 69 Látex líquido

2.3.2 ELABORACIÓN DE LA MANO ROBÓTICA.

Para una mejor presentación se opta por realizar en la tenaza la forma de los dedos pulgar e índice, para esto se selecciona la plastilina con la que se da la forma antes indicada, posteriormente se coloca en cada lado de la tenaza como lo muestra la figura 2.70 y 2.71.



Figura 2. 70 Colocación del pulgar en la tenaza



Figura 2. 71 Colocación del índice en la tenaza

2.3.3 DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PIEL SENSIBLE EN FORMA MATRICIAL

Para crear una piel sensible es necesario la creación de matrices de sensores que proveerán a los robots de una mayor destreza.

Tal matriz tendrá una densidad más alta de sensores que permitirá tener una mayor sensibilidad en cualquier punto del conjunto de sensores.

A continuación se muestra como debe realizarse un prototipo de matriz de sensores, tomando como inicio los sensores de fuerza.

La figura 2.72 es un ejemplo de una matriz de sensores de fuerza FSR.

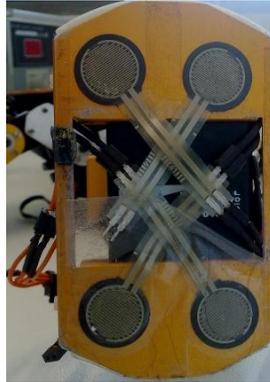


Figura 2. 72 Matriz de sensores de fuerza FSR

Para recibir la señal de estos sensores existen dos métodos: primero se podría conectar directamente a las entradas análogas de un Pic o de una tarjeta de adquisición de datos como se muestra en la figura 2.73.

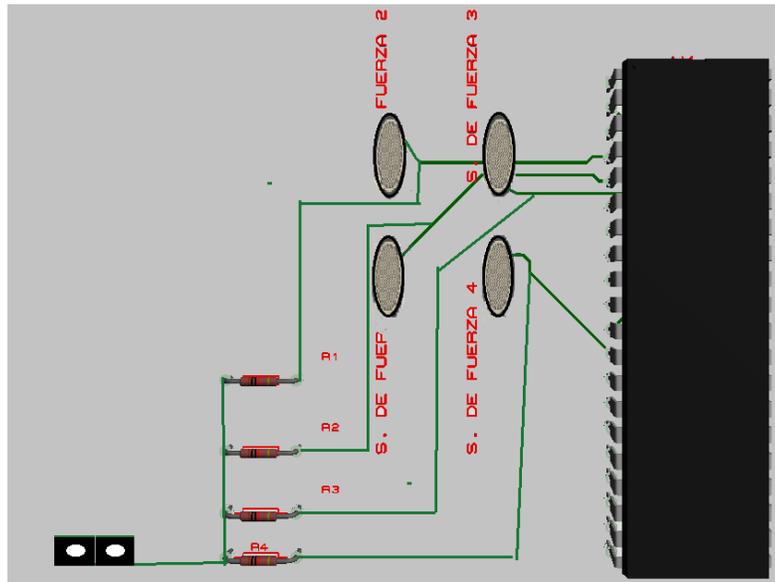


Figura 2. 73 Conexión de los sensores de fuerza al pic

Segundo, se puede conectar mediante RS232 al PC como se muestra en la figura 2.74.

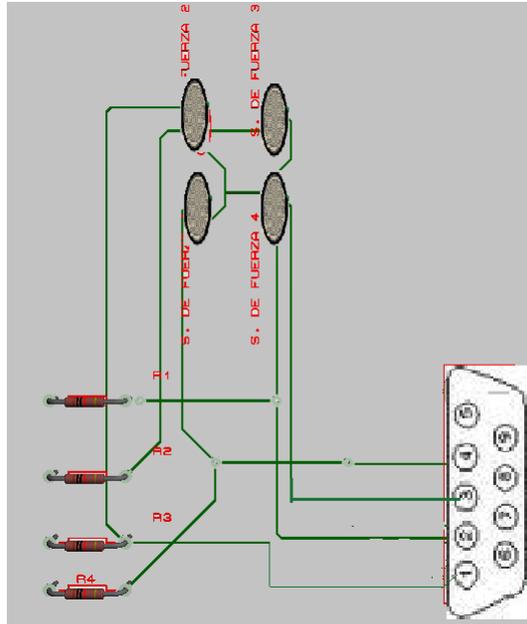


Figura 2. 74 Conexión de los sensores de fuerza al conector RS232

Los sensores organizados en matriz o en una disposición diferente pueden estar insertados en un tipo de piel o material especial que sea flexible y resistente y que no afecte la medición y las características de los sensores y que sean fáciles de localizar sobre una base robótica, como lo muestra la figura 2.75.



Figura 2. 75 Matriz de sensores en un material especial

2.3.4 CREACIÓN DE LA PIEL SENSIBLE PARA EL PROTOTIPO.

Para este proyecto se realiza la localización de los sensores en forma diferente a una matriz, debido a que se realiza una aplicación, que requiere de esta disposición; para permitir mover un brazo robótico.

Para la creación de la piel robótica es necesario colorear a la tenaza de un color aparente a la piel como un modo de dar un tono de base antes de colocar el látex, como lo muestra la figura 2.72.



Figura 2. 76 Mano robótica coloreada

Posteriormente se inicia con la colocación de la “piel robótica”, para esto se utiliza un pincel con el que se recubre la mano robótica con el látex capa por capa, hasta obtener una piel resistente, fuerte, flexible y de color caramelo similar a una piel humana, como la figura 2.74.

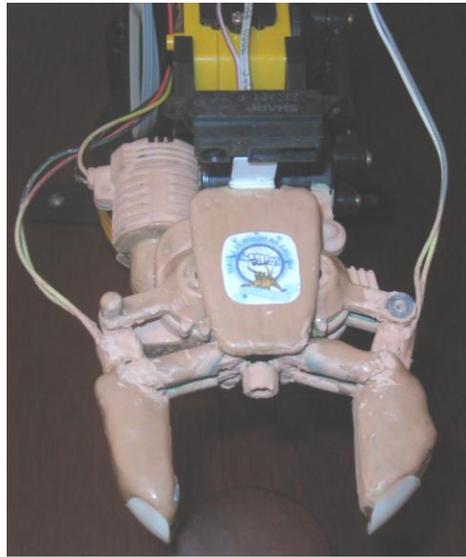


Figura 2. 77 Piel robótica

Finalmente el prototipo de piel robótica se muestra en la figura 2.74, 2.75.



Figura 2. 78 Prototipo de piel sobre una estructura robótica (1).



Figura 2. 79 Prototipo de piel sobre la estructura robótica (2).

CAPÍTULO III

PRUEBAS EXPERIMENTALES Y RESULTADOS

En este capítulo se presentan las pruebas de verificación del buen funcionamiento del prototipo, las limitaciones observadas y la manera idónea de su operación.

3.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL PROTOTIPO

En este apartado se describe las características físicas del prototipo de “piel robótica”. El cual consta de:

- Dos selectores de dos posiciones con posición centro neutral.
- Dos pulsadores normalmente abiertos (NO).
- Un brazo robótico modelo K 680, con cinco grados de libertad.
- Placa de control manual.
- Placa de control automático.
- Placa de potencia.
- Sensores de: Presión, Proximidad y Temperatura.
- Cubierta de látex.

Todo esto está montado sobre una base de madera de 60 x 70 cm. Como se mostró en las figuras 2.74 y 2.75 del capítulo II.

3.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES

El análisis de pruebas experimentales, permite conocer y determinar las limitaciones y alcances del cumplimiento de objetivos del desarrollo del proyecto implementado.

En este subtema se realizan las pruebas de funcionamiento de cada sensor del prototipo, especificando los rangos de operación.

SENSOR DE PROXIMIDAD

Este sensor entrega una variación de tensión de 0 a 3.2 V cuando se aproxima un objeto dentro de una distancia de 30 a 3 cm respectivamente.

En la tabla 3.1 se indica los rangos de operación del sensor de proximidad para los cuales fue programado.

Tabla 3. 1 Operación del sensor de proximidad

VOLTAJE (V)	DISTANCIA (cm)	PIC16F877A	ACCIÓN
1.19 - 2.03	23,5 - 13,2	Activación de la interrupción en el pin portb.5 del pic 1	Se detiene el movimiento del brazo robótico.
1.6 - 1.82	3 – 0	Activación de la interrupción en el pin portb.5 del pic 1	Se detiene el movimiento del brazo robótico.
2.91	8.5	Comparación de la entrada analoga en	Detiene el movimiento de la

		el pin porta.0 del pic 1.	muñeca antes de la toma del objeto
mayor a 1	26 – 1.3	Activación de la interrupción en el pin portb.5 del pic 2	Se detiene el movimiento del brazo robótico.

SENSOR DE FUERZA

El sensor de fuerza acondicionado entrega una variación de tensión de 5 a 0 V cuando se ejerce presión sobre él.

La máxima presión que puede soportar el sensor es de 3k Ω con lo cual entrega un voltaje de 1.6 V. En la tabla 3.2 se indica los rangos de operación del sensor de fuerza para los cuales fue programado.

Tabla 3. 2 Operación del sensor de fuerza

VOLTAJE (V)	PIC16F877A	ACCIÓN
4.4 – 4.8	Comparación de la entrada análoga en el pin porta.1 del pic 1y2	Detiene el movimiento de cierre de la tenaza al tomar el objeto.

SENSOR DE TEMPERATURA

El sensor de temperatura acondicionado entrega una variación de tensión de 3.8 – 2.5 V cuando se produce una temperatura entre 19 – 50 °C. En la tabla 3.3 se indica los rangos de operación del sensor de temperatura para los cuales fue programado.

Tabla 3. 3 Operación del sensor de temperatura

VOLTAJE (V)	TEMPERATURA (°C)	PIC16F877A	ACCIÓN
Menor a 2.9	Mayor a 35	Activación de la interrupción en el pin portb.7 del pic 1y2	Ejecución de la subrutina para alejarse del foco de calor

3.3 ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO

Para realizar el prototipo de “piel robótica” se realizó la adquisición de varios componentes, los mismos que se hacen referencia en la tabla 3.4.

Tabla 3. 4 Valor de adquisición de los componentes localizados en el prototipo

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO (\$)	V. TOTAL (\$)
Brazo robótico modelo K 680	1	109.85	159.85
Látex líquido (lt)	1	80.00	80.00
Tip 121	10	1.00	10.00

Tip 32	10	1.00	10.00
2N3904	10	0.15	1.50
Pulsadores	10	0.20	2.00
Pulsadores industriales	2	2.69	5.38
Sensor de presión FSR	3	14.90	44.70
Sensor de proximidad SHARP	2	36.85	73.70
Sensor de temperatura	2	1.50	3.00
Selectores	2	2.80	5.60
Módulos de selector	10	1.30	13.00
Diseño de placas de control con sus materiales.	3	20.00	60.00
Leds de alta luminosidad	3	0.60	1.80

Espadines hembras y machos	6	1.00	6.00
Pintura acrílica	1	4.00	4.00
Barniz caoba	1	3.00	3.00
Buses	2	4.50	9.00
Pic 16F877A	2	12.50	25.00
LM 741	3	0.80	2.40
LM 311	4	0.80	3.20
74LS86	1	0.80	0.80
Cristal de 4 MHz	2	0.60	1.20
Condensador 104	2	0.20	0.40
Diodo zener	3	0.50	1.50
Resistencias	30	0.02	0.60

Halógeno	1	12.00	12.00
Sócalos	9	1.00	9.00
Cable UTP	5	1.10	5.50
Base de madera	1	45.00	45.00
Mano de obra	572 h.	0.00	0.00
		TOTAL	549.13

El total de la construcción fue de \$1300 aproximadamente.

3.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

3.4.1 ALCANCES

- El prototipo tiene una estructura portátil.
- Toma objetos sin causarles daño alguno.
- Detecta la proximidad de cualquier objeto.
- Se detiene al detectar la proximidad de una persona para evitar hacerle daño.
- Detecta la variación de temperatura a su alrededor.

- Puede alejarse del foco de calor excesivo para evitar tener daños en la estructura.
- Funciona de forma manual o de forma automática.
- El usuario puede elegir entre dos programas, para demostrar prioridades entre temperatura y proximidad.
- Se puede manejar cinco grados de libertad.
- Se puede usar como método didáctico de enseñanza.

3.4.2 LIMITACIONES

- Realiza un control de posición por programación, sin considerar las coordenadas de localización del brazo. Por lo que se hace necesario, posicionarle manualmente al inicio de la selección de cada uno de los programas, antes de su ejecución.
- Levanta objetos de un peso inferior a 100 g.
- Toma objetos de un diámetro inferior a 1.5 pulg, y mayores a 5 cm de alto.
- Maneja las interrupciones de forma combinada debido a que no se emplea una tecnología con tabla de vectorización.
- Tiene colocado el látex en una parte apreciable de la estructura, considerando que podría interferir con los ejes de movimiento.
- No distingue entre objetos.

- Los engranes de los motores sufren un desgaste alto debido a la cantidad de veces que trabajan, acortando así la vida útil del mismo.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al término del desarrollo del proyecto “Diseño e implementación de sensores de temperatura, presión y proximidad en un prototipo de piel sensible para robots compañeros”, se ponen a consideración las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el proyecto a fin de aportar a futuros proyectos.

4.1.1 CONCLUSIONES

De la investigación realizada:

- De la investigación bibliográfica, se logró determinar que proyectos de este tipo, permitirán a futuro; mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad; o que coadyuven en tareas difíciles o en aquellas que requieren de algunas destrezas, para ser realizada por los seres humanos
- Una piel sensible en un robot debe tener un alto grado de similaridad a la de un ser humano tanto en su apariencia como en sus movimientos, pero sin llegar a sobrepasar el límite de aceptación del mismo ya que se podría generar empatía, repulsión, etc. por parte de las personas.
- La “piel sensible” no es solo un tema estético; esta piel permite a los robots sentir su entorno y responder a ciertos estímulos de forma similar a como lo hacen los seres humanos.
- La “piel sensible” permite dotar a los robots de la suficiente precisión y exactitud, como para recoger objetos delgados y livianos sin romperlos, y pueda interactuar con humanos sin lesionarlos.

- Futuros prototipos de piel probablemente tendrán una densidad más alta de sensores en la piel, que proveerán a los robots de una mayor destreza; y podrían beneficiarse produciendo una sensación más real, proporcionada por una matriz de sensores. El diseño de esta matriz de sensores permite que se activen sensores específicos en ciertos puntos de todo el conjunto y determinar en donde ocurrió el estímulo.
- Una piel sensible al tacto puede ayudar a solucionar un problema central de la robótica: adaptar la cantidad de fuerza requerida para sostener y manipular un amplio rango de objetos.

Del proyecto:

- Se logró diseñar e implementar un prototipo de piel sensible para robots compañeros, que responde a los cambios de temperatura, presión y proximidad en la forma prevista en el perfil presentado.
- La “piel sensible” desarrollada en este proyecto, presenta las características idóneas en cuanto a grado de similaridad, tolerancia, flexibilidad y resistencia.
- Los sensores idóneos para una piel sensible van acordes a la aplicación; en el caso de robots compañeros lo apto es utilizar biosensores o nano sensores con un rango de complejidad y sofisticación mayor, como se explica en el capítulo dos; permitiendo integrar un mayor número de éstos por cm^2 , logrando que la piel sea mucho más perceptiva.
- Un robot avanzado, al menos para determinadas aplicaciones, debe tener una piel sensible al tacto, a la presión, temperatura, proximidad y ser flexible como la piel humana.

- Para este proyecto se eligió un sensor de proximidad infrarrojo capaz de detectar la proximidad de cualquier objeto en un rango de 3 a 30 cm; lo cual hace que se detenga el movimiento del brazo robótico cuando detecta la presencia de algún objeto para evitar hacerle daño.
- Se eligió un sensor de presión (fuerza) muy sensible, el cual permite al brazo robótico tomar objetos sin dañarlos.
- El sensor temperatura, permita al brazo robótico alejarse del foco de calor excesivo para evitar que el mismo sufra algún daño.
- Se desarrollaron dos programas, cada uno de los cuales se implementó con diferentes opciones de jerarquización; el primero prioriza la temperatura y el segundo la proximidad; sin embargo los algoritmos son afines, puesto que los dos utilizan interrupciones y manejan subrutinas.
- Debido a la capacidad que presentan los objetos, el sensor de proximidad puede detectar, a distancias variables diferentes objetos; sobre manera aquellos que puedan reflejar cierta cantidad de energía ; como es el acercamiento de la mano de un ser humano.
- Fue necesario modificar el software previamente diseñado para la respuesta de sensado de temperatura; debido a que las características del sensor empleado; una vez activo; permanece con una tensión de salida superior a 3.2V durante unos pocos segundos; por tanto al final se implementó una secuencia que tomara el tiempo necesario, para que la lectura del sensor, vuelva al estado anterior (menos de 3.2V).

4.1.2 RECOMENDACIONES

- Verificar el estado de los engranes de los motores y de ser necesario realizar el cambio respectivo; debido a que sufren un alto desgaste a causa

de la cantidad de veces que trabajan, acortando así la vida útil de los mismos.

- En el proyecto realizado; se debe colocar al brazo robótico en la posición de home, antes de iniciar la ejecución de la programación; de igual manera debido a que el sensor de temperatura tiene una variación pequeña, se recomienda generar calor dentro de un rango menor a 80 grados centígrados, para que el sensor no sufra daño alguno.
- Verificar la correcta conexión de los terminales de alimentación, para evitar tener daños en las placas del prototipo.
- Una vez concluido el proyecto y realizadas las pruebas respectivas, se llega a determinar que es recomendable usar un micro controlador con mejores prestaciones y que tenga tabla de vectorización.
- Colocar el objeto a coger en la posición correcta, y evitar poner un objeto de un diámetro mayor al diámetro de apertura de la tenaza.

REFERENCIAS

- [1] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 110 § 1.
- [2] Humphries, J. y Sheets, L., *Electrónica Industrial.*, pág. 23 § 5.
- [3] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 110 § 2.
- [4] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 110 § 3.
- [5] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 111 § 1.
- [6] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 112 § 1.
- [7] Humphries, J. y Sheets, L., *Electrónica Industrial.*, pág. 24 § 1.
- [8] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 112 § 2.
- [9] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 112 § 3.
- [10] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 112§ 4.
- [11] Humphries, J. y Sheets, L., *Electrónica Industrial.*, pág. 29 § 4.
- [12] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 112§ 5.
- [13] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 112§ 5.
- [14] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 112§ 6.
- [15] Humphries, J. y Sheets, L., *Electrónica Industrial.*, pág. 10 § 2.
- [16] <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/index.html>.

- [17] <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/index.html>.
- [18] <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/index.html>.
- [19] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 140§ 2.
- [20] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 140§ 3.
- [21] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 140§ 4.
- [22] <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/index.html>.
- [23] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 142§ 2.
- [24] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 143§ 1.
- [25] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág.143§2.
- [26] <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/index.html>.
- [27] <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/index.html>.
- [28] García, E., *Automatización de Procesos Industriales.*, pág. 143§ 4.
- [29] <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/index.html>.
- [30] <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/index.html>.
- [31] <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/index.html>.
- [32] Torres, F. y Gil, J., *Robots y Sistemas Sensoriales.*, pág. 176.
- [33] Torres, F. y Gil, J., *Robots y Sistemas Sensoriales.*, pág.177y 178.

WEB GRAFÍA

- <http://www.elemporiodelyesero.com/pdf/instructivos/moldes-silicona.pdf>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Pl%C3%A1stico>
- http://www.pac.com.ve/index.php?option=com_content&view=article&catid=64:industria&Itemid=87&id=6338
- <http://www.monografias.com/trabajos5/plasti/plasti.shtml>
- <http://www.smooth-on.com/espanol/H2Bspanish.pdf>
- <http://www.laescuelavirtual.com/cursomoldeslatexyeso.htm>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Yeso>
- <http://www.yesosproinsa.com/yeso.html>
- <http://www.superrobotica.com/>

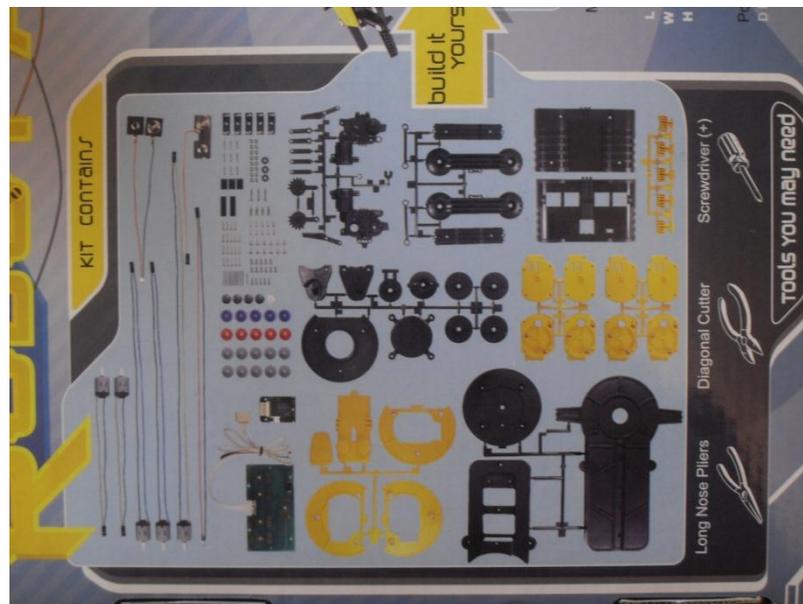
ANEXO I

**FOTOGRAFÍAS DEL ENSAMBLAJE DEL BRAZO
ROBÓTICO K680**

PASOS DEL ENSAMBLAJE DEL BRAZO ROBOTICO



ANEXO 1: 1 Elementos necesarios para el ensamblaje del brazo robótico



ANEXO 1: 2 Elementos necesarios para el ensamblaje del brazo robótico



ANEXO 1: 3 Colocación de las tuercas p18 en la pieza a2



ANEXO 1: 4 Ensamblado del sistema de engranes.



ANEXO 1: 5 Ensamblado del sistema de engranes.



ANEXO 1: 6 Ensamblado del sistema de engranes.



ANEXO 1: 7 Ensamblado del sistema de engranes con las piezas p4, p5, p6 y p7



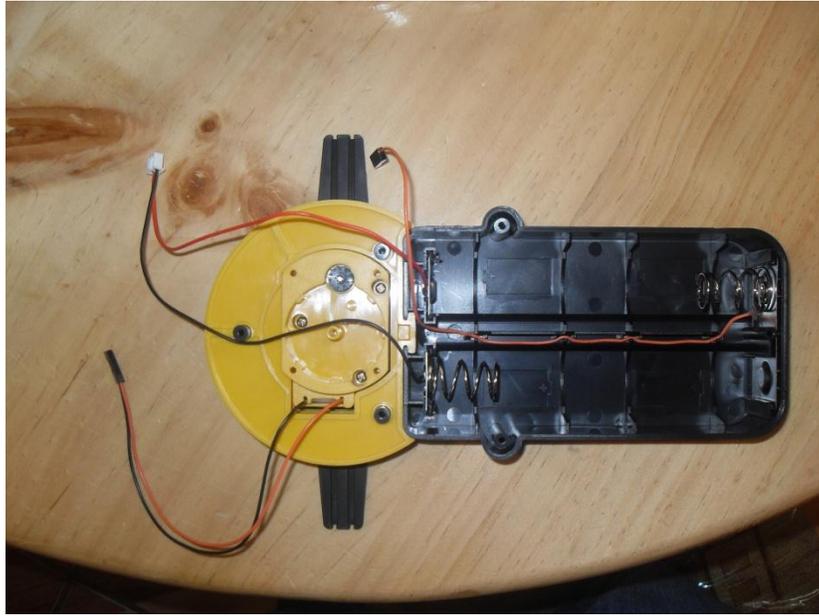
ANEXO 1: 8 Ensamblado del sistema de engranes con las piezas p4, p5, p6 y p7 de cada motor.



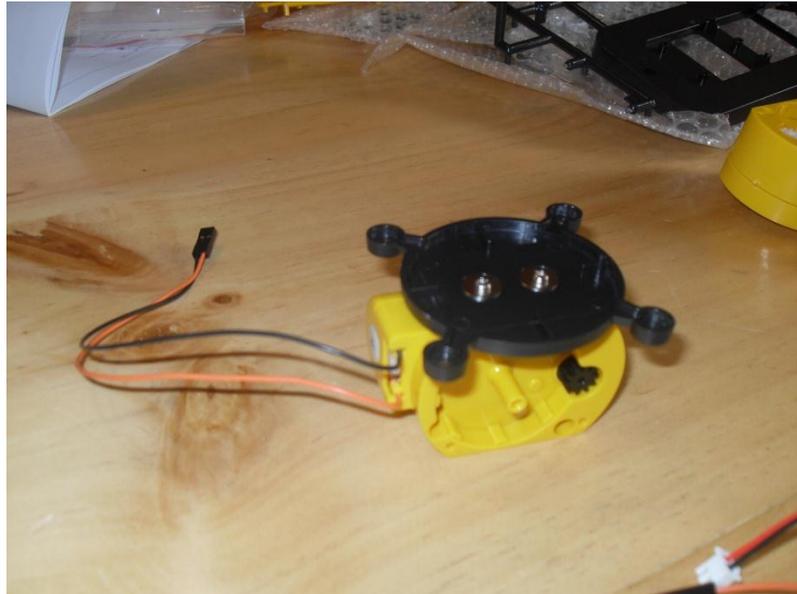
ANEXO 1: 9 Colocación del M2, M3, M4 Y M5



ANEXO 1: 10 Obtención de la pieza M2, M3, M4 Y M5



ANEXO 1: 11 Ensamblaje de la base



ANEXO 1: 12 M4 con rondana.



ANEXO 1: 13 Colocación del m4 en la base del brazo.



ANEXO 1: 14 Ensamblaje y unión del M3 Y M2



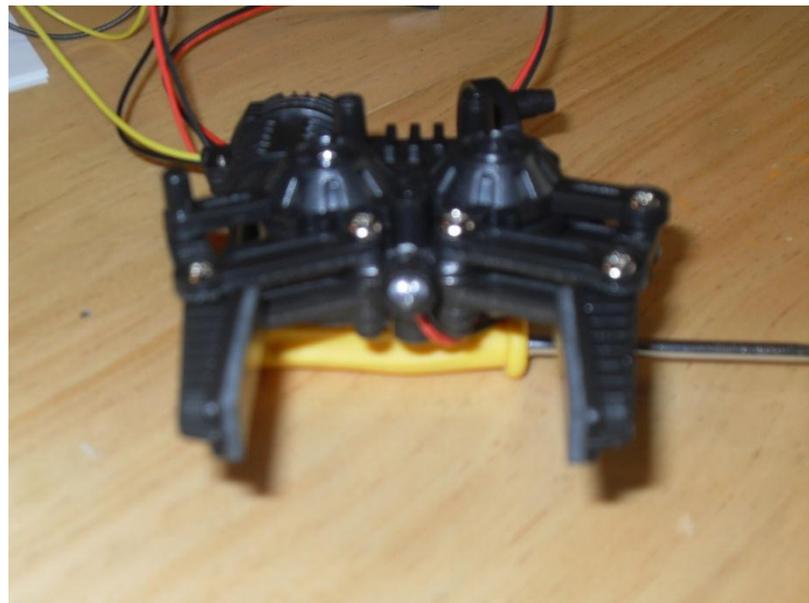
ANEXO 1: 15 Ensamble de e1 en las piezas M2 Y M3.



ANEXO 1: 16 Ensamblaje ensamble de las piezas M2 Y M3 en el brazo robótico.



ANEXO 1: 17 ENSAMBLE DEL GRIPPER.



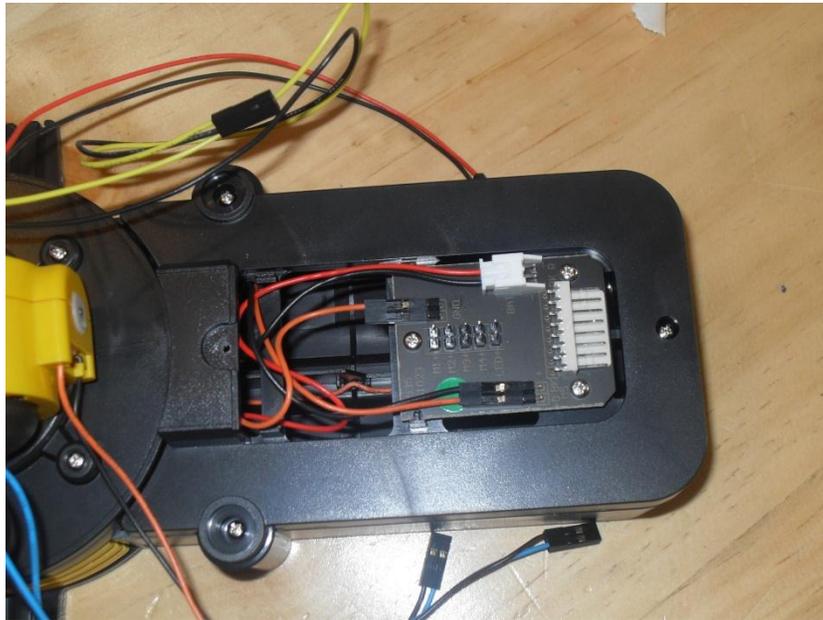
ANEXO 1: 18 Colocación de la armazón de la muñeca.



ANEXO 1: 19 Colocación del Gripper en el brazo robótico.



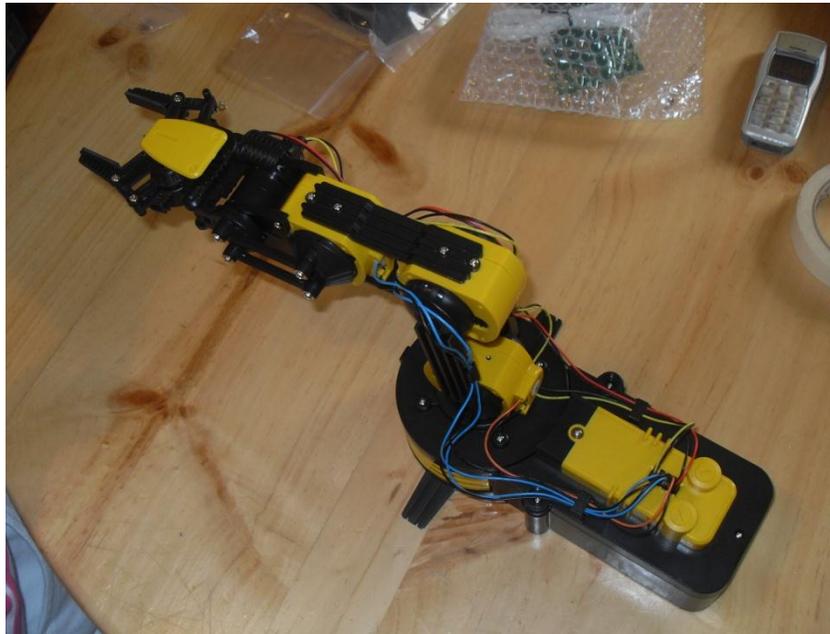
ANEXO 1: 20 Colocación del Gripper en el brazo robótico.



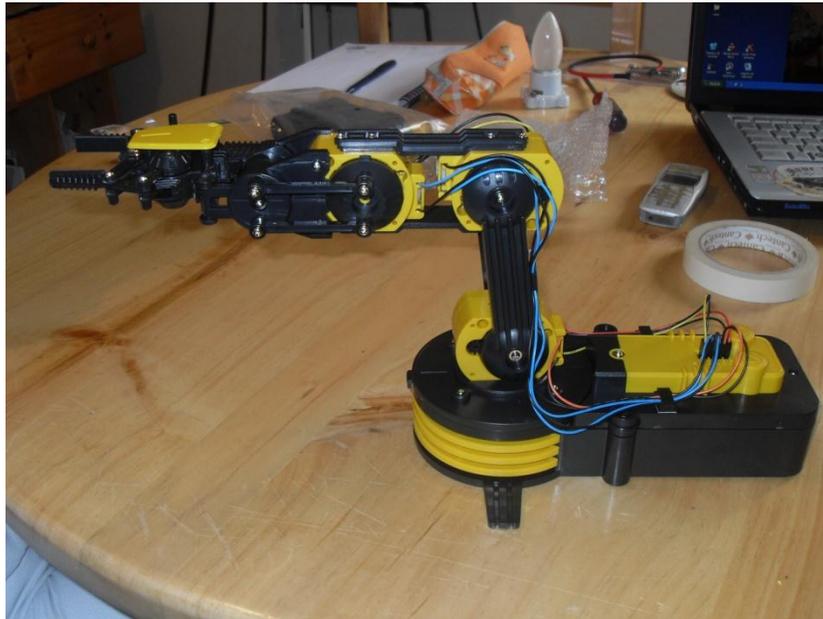
ANEXO 1: 21 Conexión de los cables de control de los motores en PC Board y colocación de la misma en el brazo.



ANEXO 1: 22 Colocación de la armazón de la tarjeta en el brazo robótico.



ANEXO 1: 23 Colocación de los cables de control del resto de motores en la PC BOARD.

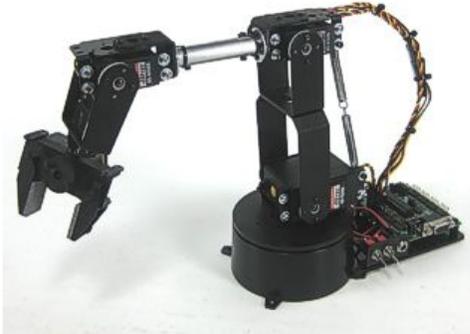


ANEXO 1: 24 Brazo robótico ensamblado.

ANEXO II

ESTRUCTURAS ROBÓTICAS

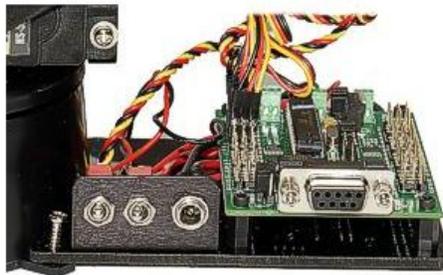
KIT BRAZO ROBOT 5 EJES COMPLETO AL5B S300123



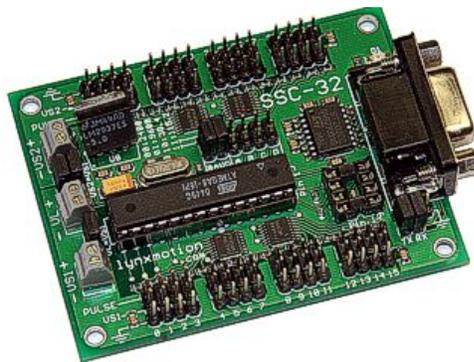
El brazo robot AL5B forma parte de la nueva serie de brazos robóticos metálicos que sustituyen a los antiguos de plástico. Estos brazos tienen todas las características muy similares en cuanto a funcionalidad y aspecto, estando la principal diferencia en el tamaño y la capacidad de carga. El brazo está formado por piezas de aluminio que se acoplan directamente a los servos formando una estructura muy sólida que ejecuta los movimientos con gracia y soltura y una repetitividad muy buena. El brazo tiene 5 ejes, pero se puede ampliar a un sexto eje con el kit de expansión S300137 que añade la rotación de la muñeca. Características: Altura máx.: 400 Mm. Carga máx. con brazo extendido: 140 gr. Alimentación 6 V. Este kit incluye todos los componentes necesarios para montar y poner en marcha el robot con una conexión serie a un PC. Incluye la parte mecánica, los 5 servos, la electrónica SCC32 ya montada, el alimentador de 6V, el programa de control RIOS y todos los cables y conectores necesarios para su montaje y puesta en marcha.

La electrónica

SCC32 es un circuito de control de servos de hasta 32 canales que destaca por su alta resolución, su precisión de movimientos y la suavidad con la que los realiza gracias a que incorpora funciones de control de movimiento basadas en tiempo, velocidad o una combinación de ambas. El circuito tiene un rango de trabajo de 180 grados con una salida que va desde 0,50ms hasta 2,50 ms. La resolución es de 1 uS que garantiza la precisión de los movimientos en todos los servos. Tiene un modo de funcionamiento en grupo que permite que todos los servos del grupo empiecen y terminen el movimiento a la vez con independencia de que unos tengan recorridos más largos que otros.



También hay un modo de funcionamiento compatible con el circuito MiniSSC II. (consultar el manual de instrucciones). Las salidas de servos, también pueden emplearse como puertos de salida digitales a nivel TTL. Además cuenta con 4 entradas digitales que pueden tener enclavamiento para detectar impulsos de corta duración o incluso pueden emplearse como entradas analógicas. La conexión con el procesador de control se realiza mediante conector DB9 a nivel de RS232 o mediante conector de postes a nivel TTL. La velocidad puede conmutarse entre 2400, 9600, 38400 y 115200 baudios. La alimentación puede ser única para la electrónica y los servos o bien independiente para los servos y para la electrónica. Alimentación 5,5 - 9 V. Recomendada 6V si se va a utilizar la alimentación única.



La mecánica

Se incluyen todas las piezas mecanizadas, así como las fijaciones, tornillos, etc. necesarios para construir el robot. También se incluyen 5 servos Hitec de alta calidad y diferente tamaño para cada una de las articulaciones. Todas las piezas del brazo están hechas de aluminio cortadas por láser que le proporcionan solidez y ligereza. La base giratoria y la plataforma del circuito son de policarbonato. El diseño especialmente estudiado del robot, permite que este sea construido fácilmente sin necesidad de conocimientos especiales. Incluso los niños (con supervisión de adultos) pueden montar el brazo robot, ayudándolos a comprender su funcionamiento.



Especificaciones Técnicas

Número de Ejes:	5 Incluyendo la pinza
Control de los servos:	Bucle cerrado local
Altura en reposo:	162 mm
Altura máxima:	400 mm
Alcance medio:	190 mm
Apertura de la pinza:	32 mm
Carga máxima extendido:	126 g / 5 oz aprox
Peso sin baterías:	652 g / 23 oz
Rango de giro por eje:	180 °
Precisión en cada eje:	0.72°
Tensión de los servos:	Nominal 6V Puede usarse con 7.2V
Consumo en reposo:	10 mA cada servo.
Consumo en movimiento:	130 mA cada servo

KIT BRAZO ROBOT 5 EJES COMPLETO AL5D S300128



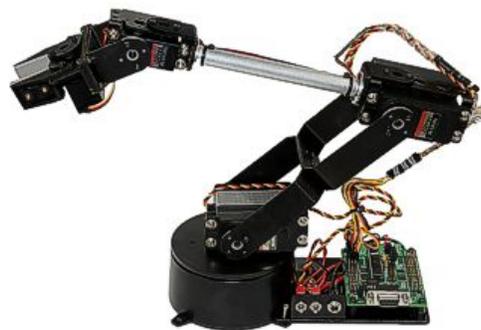
El brazo robot AL5D es el mayor de la nueva serie de brazos robóticos metálicos que sustituyen a los antiguos de plástico. Estos brazos tienen todas las características muy similares en cuanto a funcionalidad y aspecto, estando la principal diferencia en el tamaño y la capacidad de carga. El brazo está formado por piezas de aluminio que se acoplan directamente a los servos formando una estructura muy sólida que ejecuta los movimientos con gracia y soltura y una repetitividad muy buena. El brazo tiene 5 ejes, pero se puede ampliar a un sexto eje con el kit de expansión S300137 que añade la rotación de la muñeca. Características: Altura máx.: 482 Mm. Carga máx. con brazo extendido: 360 gr. Alimentación 6 V. Este kit incluye todos los componentes necesarios para montar y poner en marcha el robot con una conexión serie a un PC. Incluye la parte mecánica, los 5 servos, la electrónica SCC32 ya montada, el alimentador de 6V, el programa de control RIOS y todos los cables y conectores necesarios para su montaje y puesta en marcha.

La electrónica

SCC32 es un circuito de control de servos de hasta 32 canales que destaca por su alta resolución, su precisión de movimientos y la suavidad con la que los realiza gracias a que incorpora funciones de control de movimiento basadas en tiempo, velocidad o una combinación de ambas. El circuito tiene un rango de trabajo de 180 grados con una salida que va desde 0,50ms hasta 2,50 ms. La resolución es de 1 uS que garantiza la precisión de los movimientos en todos los servos. Tiene un modo de funcionamiento en grupo que permite que todos los servos del grupo empiecen y terminen el movimiento a la vez con independencia de que unos tengan recorridos más largos que otros.

La mecánica

Se incluyen todas las piezas mecanizadas, así como las fijaciones, tornillos, etc. necesarios para construir el robot. También se incluyen 5 servos Hitec de alta calidad y diferente tamaño para cada una de las articulaciones. Todas las piezas del brazo están hechas de aluminio cortadas por láser que le proporcionan solidez y ligereza. La base giratoria y la plataforma del circuito son de policarbonato. El diseño especialmente estudiado del robot, permite que este sea construido fácilmente sin necesidad de conocimientos especiales. Incluso los niños (con supervisión de adultos) pueden montar el brazo robot, ayudándolos a comprender su funcionamiento.



Especificaciones Técnicas



Número de Ejes:	5 Incluyendo la pinza
Control de los servos:	Bucle cerrado local
Altura en reposo:	184 mm
Altura máxima:	482 mm
Alcance medio:	260 mm
Apertura de la pinza:	32 mm
Carga máxima extendido:	365 g / 13 oz aprox
Peso sin baterías:	868 g / 31 oz
Rango de giro por eje:	180 °
Precisión en cada eje:	0.09°
Tensión de los servos:	Nominal 6V Puede usarse con 7.2V
Consumo en reposo:	10 mA cada servo.
Consumo en movimiento:	130 mA cada servo

Haga clic en el botón **COMPRAR** para añadir este producto a su carrito de la compra.

Transporte Incluido

471,57-Euros.
IVA no incluido

COMPRAR

556,45-Euros.
IVA incluido

KIT BRAZO ROBOT 5 EJES COMPLETO AL5D

MINI KIT BRAZO ROBOT CON MANDO S300355



Brazo robot con mando cableado es un autentico brazo robot con cinco grados de libertad. Equipado con 5 motores independientes, las palancas de la unidad de control controlan la rotación de la base, el movimiento del codo y de la muñeca y la apertura y cierre de la pinza. Podrá agarrar, liberar, levantar, bajar y girar. Una luz de búsqueda en la pinza aumenta la diversión cuando funciona en la oscuridad. Se suministra con su mando por cable. Ideal para prácticas de FP y de robótica. Carga máxima: 100 g. Se precisan 4 pilas de 1,5V tipo D (no incluidas). Herramientas: alicates de puntas y de corte, destornillador. No precisa soldar. Recomendado a partir de 14 años.

Haga clic en el botón **COMPRAR** para añadir este producto a su carrito de la compra.

44,45-Euros.
IVA no incluido

COMPRAR

52,45-Euros.
IVA incluido

ROBOT HUMANOIDE ROBONOVA 1 KIT S300400

Presentación

Robonova 1 es un nuevo concepto de robot que le permite montar y controlar un robot humanoide como solo se podía hacer hasta ahora en centros avanzados y laboratorios de investigación. Gracias al software incluido en el kit también los principiantes pueden llenar fácilmente el robot de vida. Si no sabe nada de robots, puede iniciarse con este modelo e ir haciendo cosas cada vez más complejas, conforme vaya adquiriendo práctica y conocimientos.



Robonova 1 es un robot adecuado para principiantes que se disfruta desde el principio y que no necesita conocimientos especiales de programación o informática. Gracias a la función 'Catch & Play' todo lo que hay que hacer es poner el robot manualmente en la posición deseada y hacer clic en la pantalla para crear los movimientos del robot. De hecho nada más acabar de montar el robot, es posible que este realice toda clase de movimientos desde el mando a distancia con solo cargar el programa proporcionado.

La Mecánica

El esqueleto del robot Robonova 1 está formado por los propios servos que hacen de músculos, unidos por pletinas de aluminio anodizado en color oro que además de darle la rigidez necesaria, le confiere una imagen de alta calidad y aspecto imponente. El resto del cuerpo lo forman piezas de plástico rígido que protege el circuito y asegura que el robot es suficientemente robusto para el uso diario. Con estos tres elementos se consigue un esqueleto ligero y robusto que posibilita unos grados de libertad de movimientos y una potencia única en su clase.



Robonova incluye 16 servos digitales HSR 8498HB, que han sido especialmente desarrollados para este robot y que incluyen características especiales como "Movimiento Feedback" o lo que es lo mismo la posibilidad de leer externamente la posición real del servo, lo que permite que se pueda colocar el robot manualmente en cualquier posición y luego leer y guardar la posición en un programa leyendo los valores de los 16 servos desde el propio controlador. También se pueden programar otros parámetros del servo como la tensión de trabajo, velocidad, aceleración, corriente máxima etc. Desde el punto de vista mecánico, estos servos tienen

un elevado par de fuerza superior a los 7,4 Kg/cm que son transmitidos con toda eficacia por sus engranajes de carbonite que resultan 10 veces más resistentes y duraderos que los de nailon.



A diferencia de los servos analógicos, los servos digitales empleados en el robot robonova, utilizan un sistema de control del motor más preciso ya que incluye un microcontrolador que se encarga de mandar los impulsos al motor con una tasa de refresco mucho más elevada de lo que lo hacen los servos analógicos. Como resultado, el servo es más potente y preciso tanto en movimientos largos, como en movimientos cortos y de sostenimiento de la posición.

Haga clic en el botón **COMPRAR** para añadir este producto a su carrito de la compra.

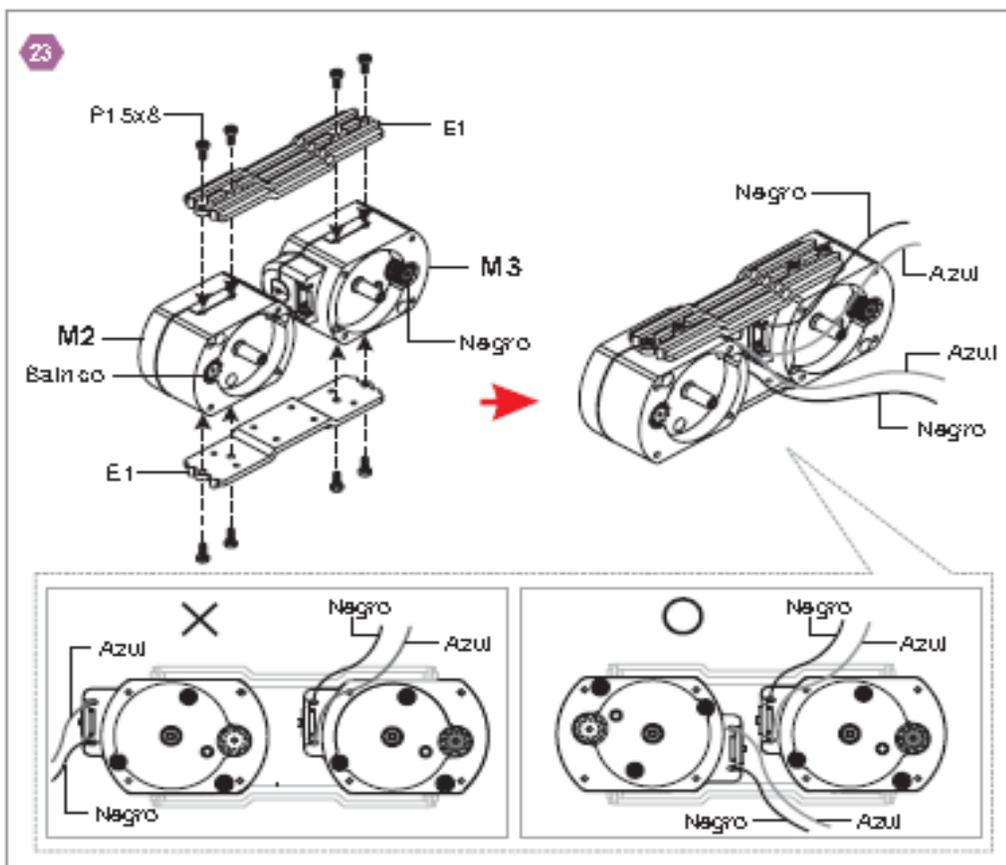
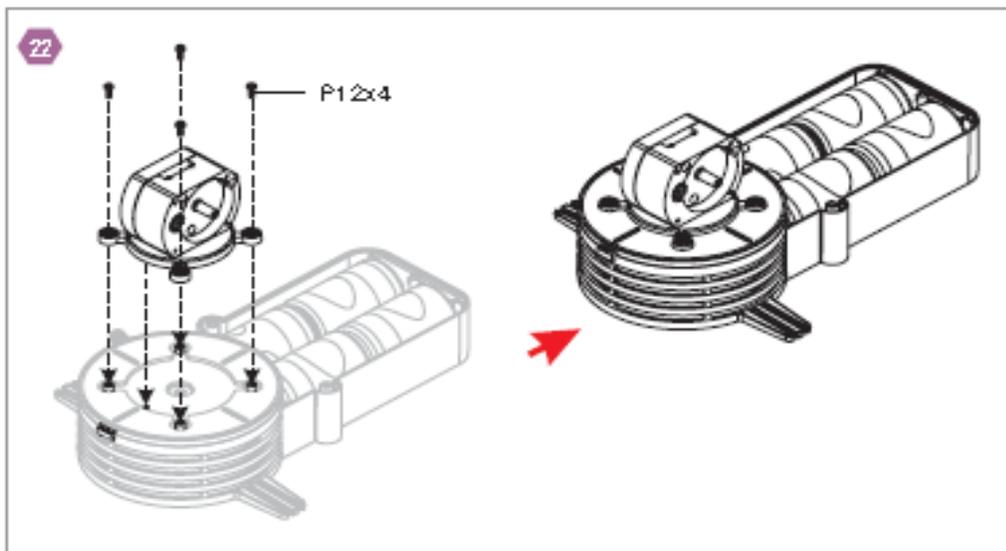
Transporte Incluido



ROBOT HUMANOIDE ROBO NOVA 1 KIT

ANEXO III

MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL BRAZO ROBÓTICO K 680, USADO PARA COMPARACIÓN.



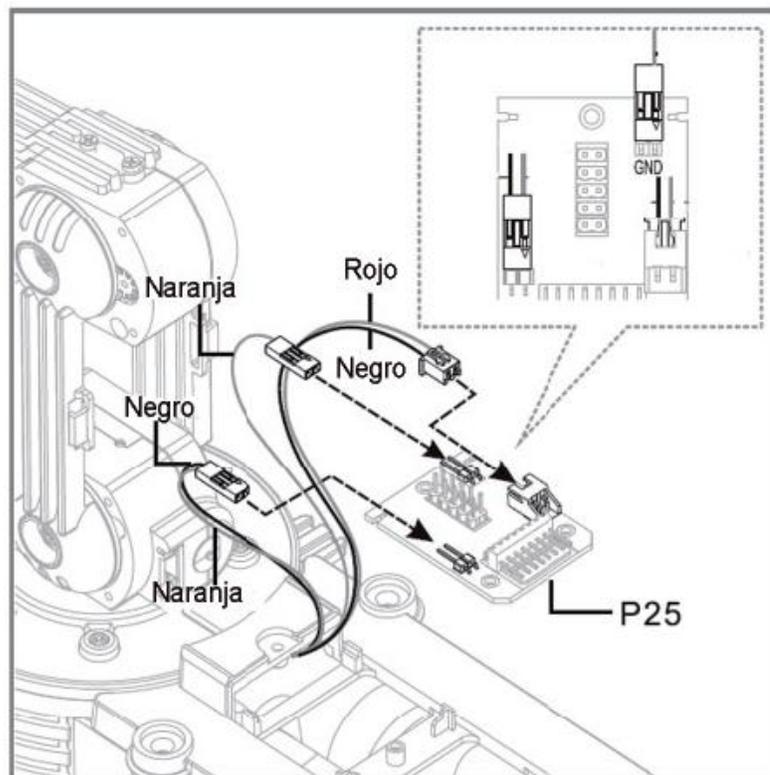
ANEXO IV

ENSAMBLE DEL CONTROL REMOTO

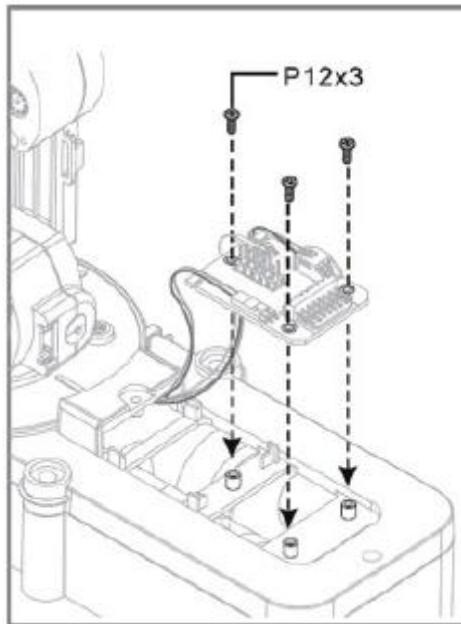
ENSAMBLE DE LA TARJETA DE CONTROL EN EL BRAZO ROBOTICO

Para poder ensamblar esta tarjeta se debe seguir los siguientes pasos:

1. Al brazo robótico ensamblado anteriormente, inserte los cables con conectores rojo-negro, naranja-negro-naranja en la pieza P25 y atornille en el brazo mecánico (Ver Anexo 1:21).

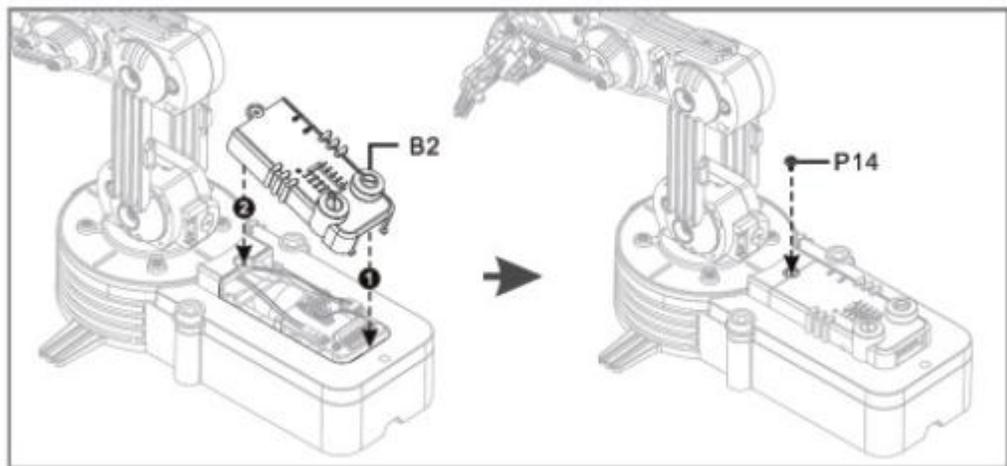


ANEXO 4. 1 Colocación de los cables en la PC BOARD.



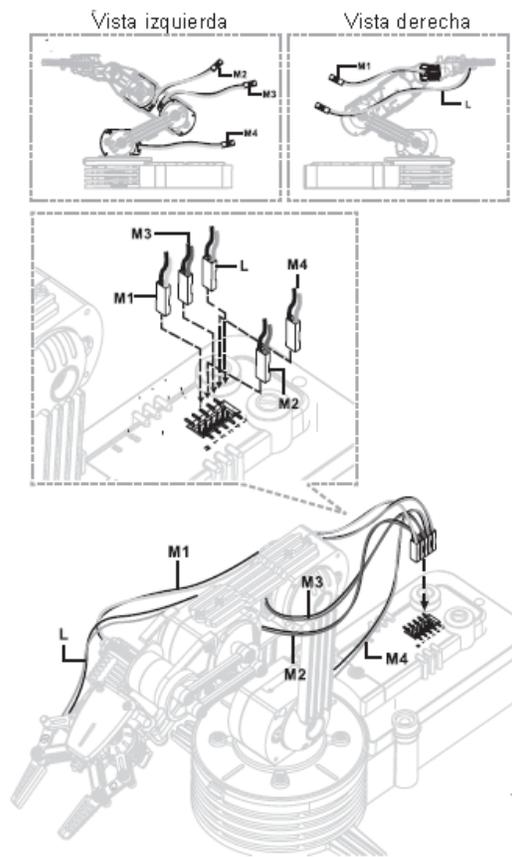
ANEXO 4.2 Atornillado en el brazo robótico.

2. Coloque la tapa B2 y atornille (Ver Anexo 1:22 y Ver Anexo 1:23).



ANEXO 4.3 Colocación de la tapa b2 en el brazo

3. Inserte los conectores L, M1, M2, M3 y M4 (Ver Anexo 1:22).



ANEXO 4. 4 Colocación de los conectores de los motores en sus respectivas posiciones.

Una vez terminado de ensamblar el brazo con la tarjeta lo que prosigue es ensamblar el control remoto.

ENSAMBLE DEL CONTROL REMOTO

Para poder ensamblar el control remoto necesitamos de herramientas importantes como son:

Pinzas de punta



Pinzas de corte



Desamador de cruz

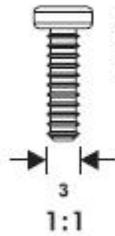


ANEXO 4.5 Herramientas necesarias para el ensamblaje

Los elementos necesarios para armar el control son los siguientes:



P1 Placa de metal
5 Piezas

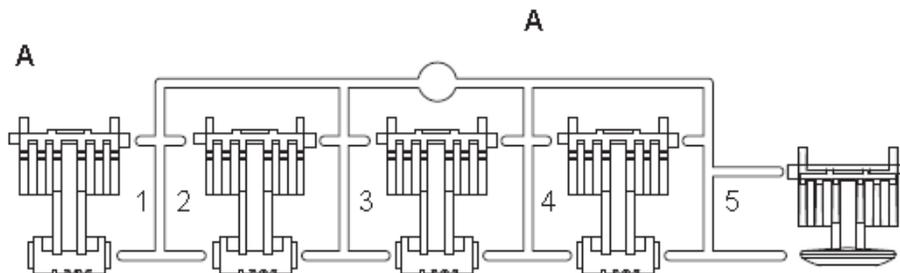


P2 Tomillo
9 Piezas



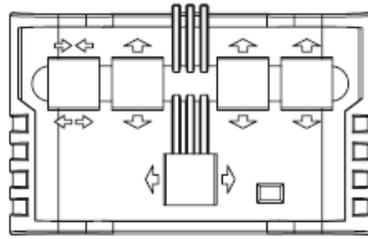
P3 Tarjeta PC
1 Pieza

ANEXO 4.6 Elementos necesarios para armar el control.

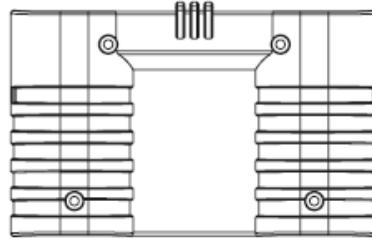


ANEXO 4.7 Parte de plástico A

B



C

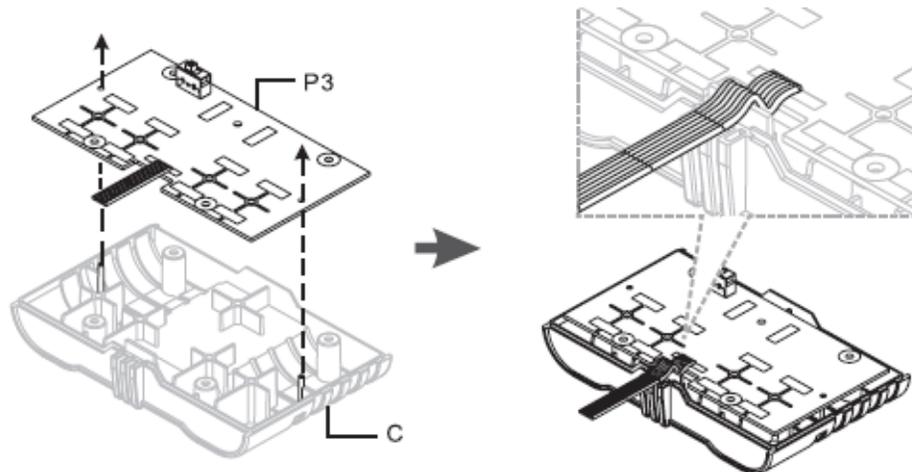


ANEXO 4.8 Partes de plástico B Y C

ENSAMBLE DEL CONTROL REMOTO

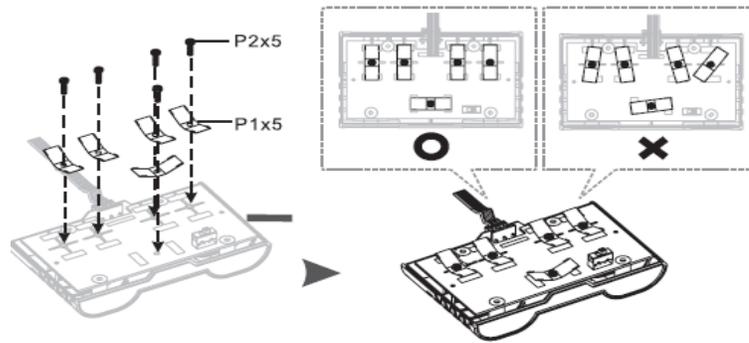
Para ensamblar el control seguir los siguientes pasos:

1. Inserte la pieza P3 en la pieza C, haga un pequeño doble al cable.



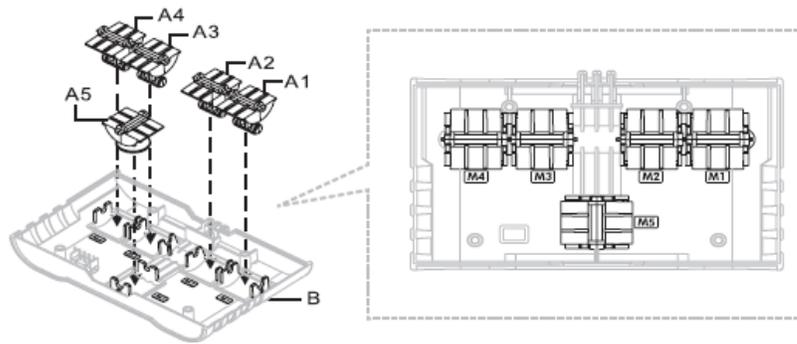
ANEXO 4.9 Colocación de la placa en la base plástica.

2. Coloque las placas de metal y atornille.



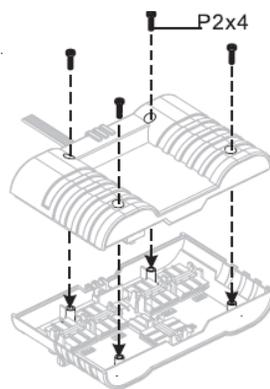
ANEXO 4. 10 Colocación de las placas de metal

3. Inserte las piezas A1, A2, A3, A4 Y A5 EN LA PIEZA B.



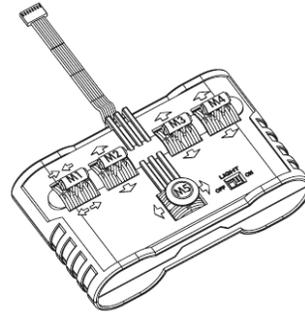
ANEXO 4. 11 Colocación de las palancas de los motores en sus posiciones.

4. Ensamble y atornille las piezas B y C.



ANEXO 4. 12 Colocación de la tapa.

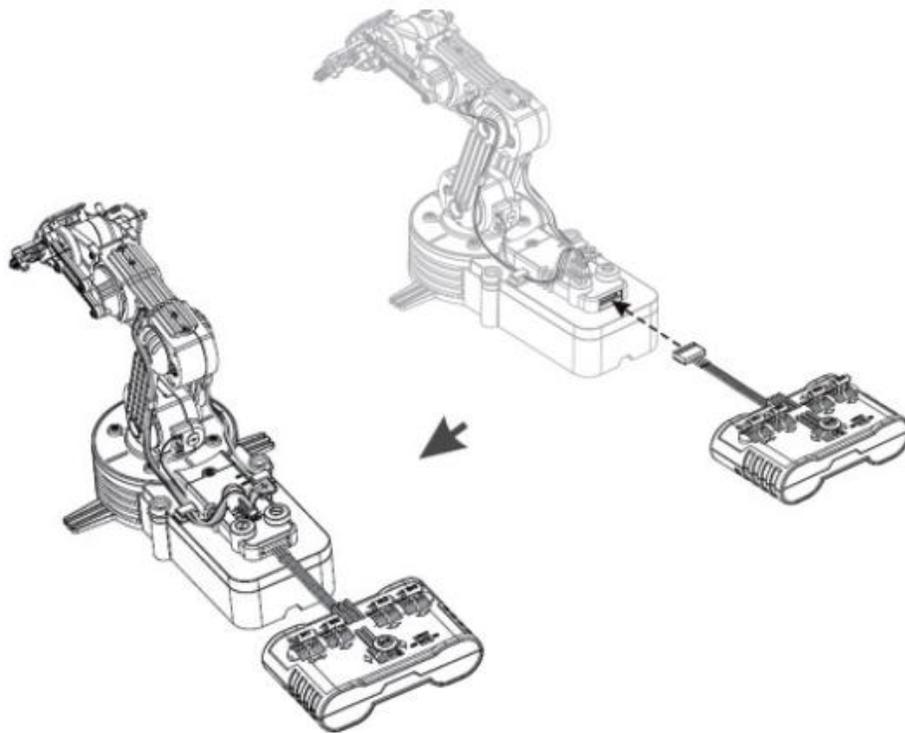
5. Control remoto terminado.



ANEXO 4. 13 Control remoto.

ENSAMBLE DEL BRAZO MECÁNICO CON EL CONTROL REMOTO.

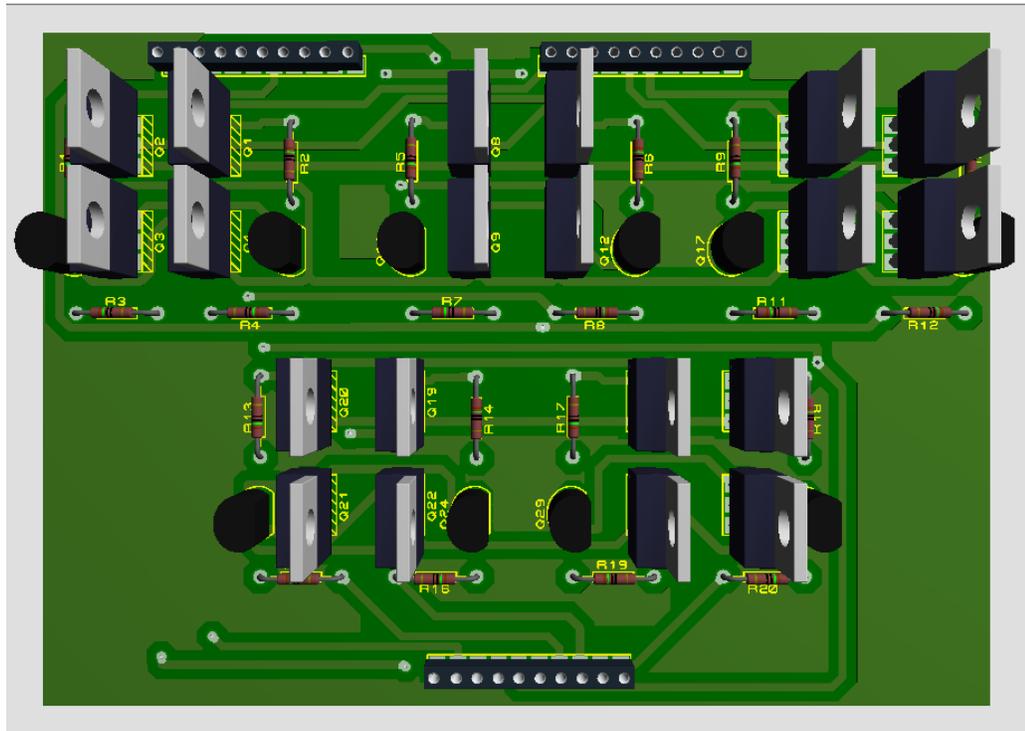
Una vez terminado el ensamble del brazo mecánico, inserte el cable del control remoto.



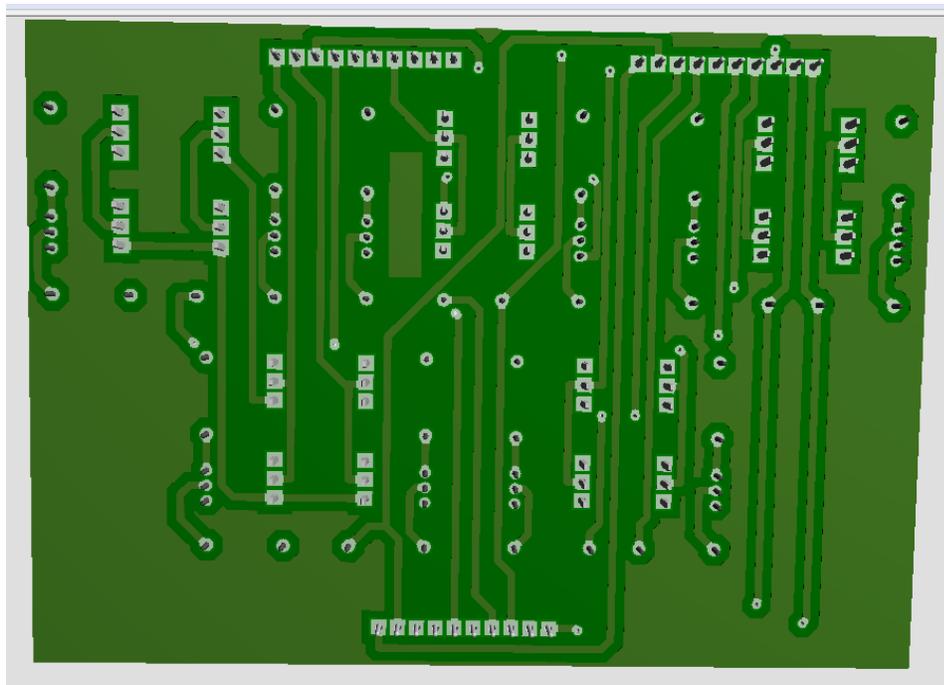
ANEXO 4. 14 Brazo robótico con control remoto.

ANEXO V

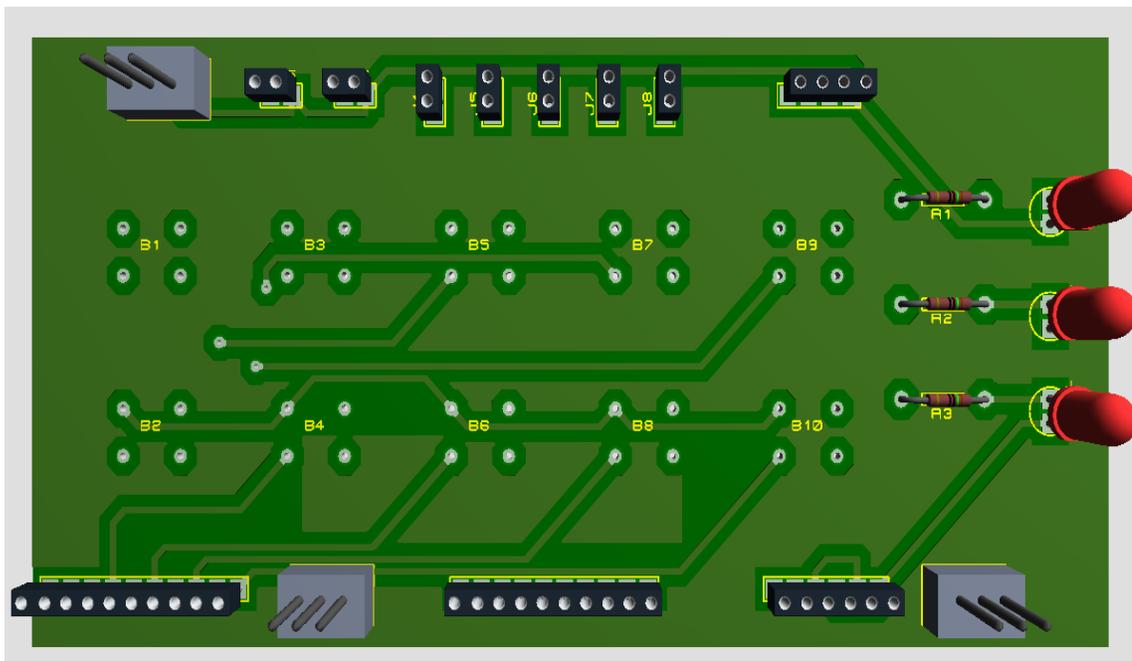
DIAGRAMAS DEL RUTEADO DE LA PLACAS



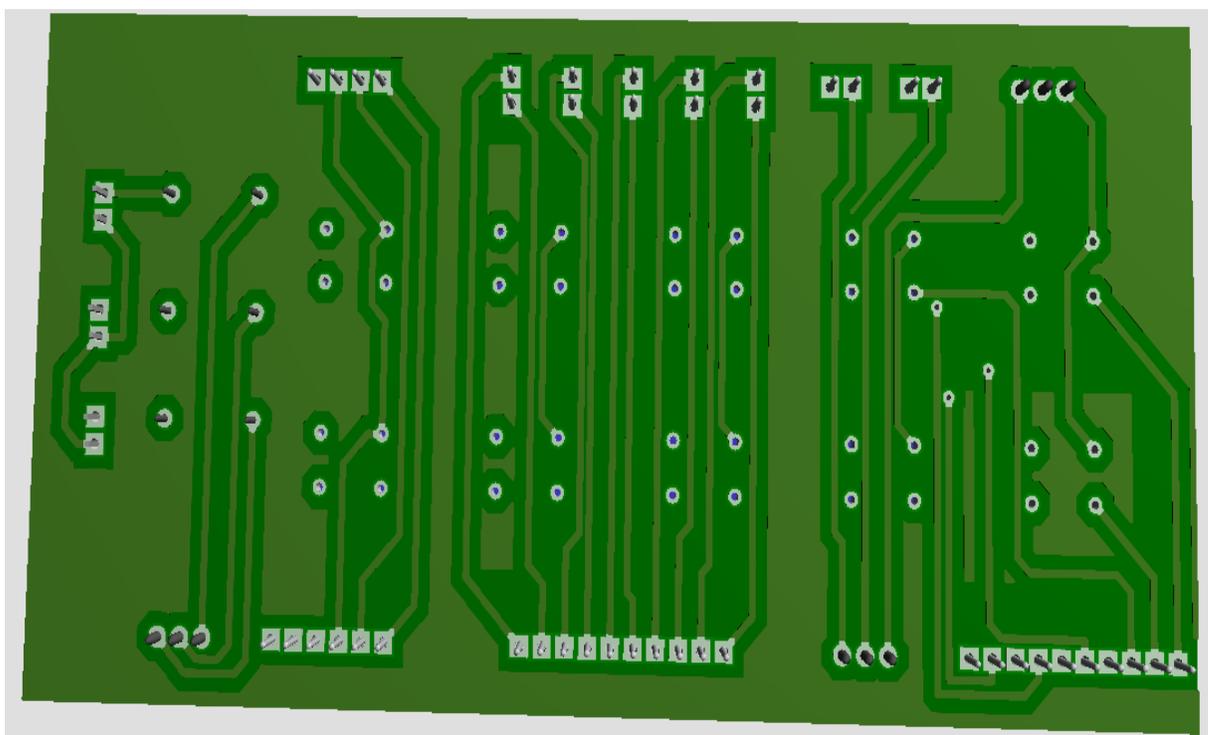
Anexo 5.1 Placa de potencia – vista frontal



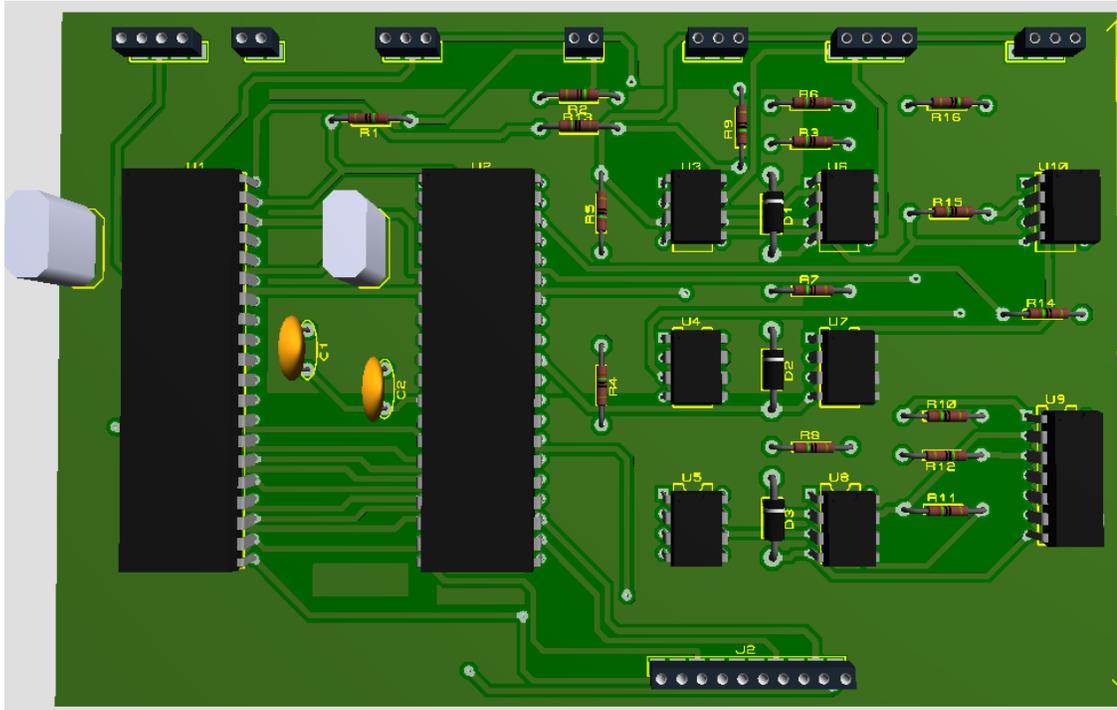
Anexo 5.2 Placa de potencia – vista posterior



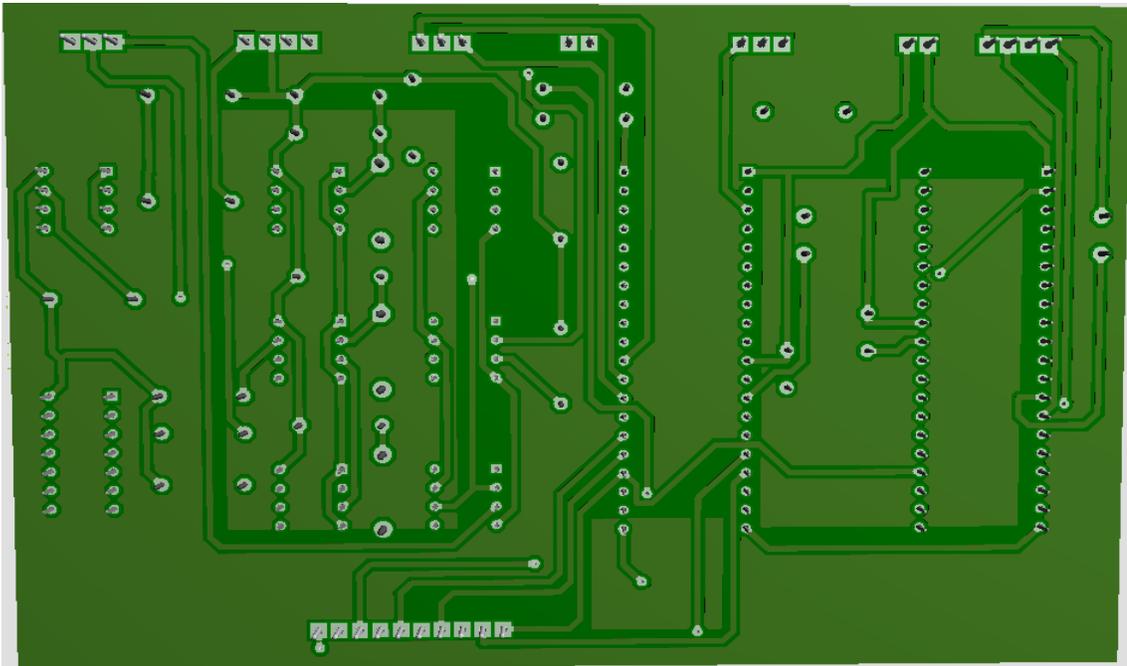
Anexo 5. 3 Placa de control manual – vista frontal



Anexo 5. 4 Placa de control manual – vista posterior



Anexo 5. 5 Placa de control automático- vista frontal



Anexo 5. 6 Placa de control automático – vista posterior

ANEXO VI

**CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL PROGRAMA DE
CONTROL DEL BRAZO ROBÓTICO EN
MICROCODE STUDIO**

GOSUB GIRAR	PAUSE 100
GOSUB MOV3ABA	HIGH M3_ARR
GOSUB ABRETENA	HIGH M5_DER
GOTO REGRESO	PAUSE 100
ELSE	HIGH M3_ARR
GOSUB MOV1CIE	HIGH M5_DER
GOTO SENSAR	PAUSE 100
ENDIF	HIGH M3_ARR
MOV1CIE:	HIGH M5_DER
HIGH M1_CIE	PAUSE 100
PAUSE 90	HIGH M3_ARR
LOW M1_CIE	HIGH M5_DER
PAUSE 50	PAUSE 100
RETURN	HIGH M3_ARR
MOV3ARR:	HIGH M5_DER
HIGH M2_ARR	PAUSE 100
PAUSE 300	HIGH M3_ARR
HIGH M3_ARR	HIGH M5_DER
HIGH M2_ARR	PAUSE 100
PAUSE 150	HIGH M3_ARR
LOW M2_ARR	HIGH M5_DER
HIGH M3_ARR	PAUSE 100
HIGH M5_DER	HIGH M3_ARR
PAUSE 100	HIGH M5_DER
HIGH M3_ARR	PAUSE 100
HIGH M5_DER	HIGH M3_ARR
PAUSE 100	HIGH M5_DER
HIGH M3_ARR	PAUSE 100
HIGH M5_DER	HIGH M3_ARR
PAUSE 100	HIGH M5_DER
HIGH M3_ARR	PAUSE 100
HIGH M5_DER	HIGH M3_ARR
PAUSE 100	HIGH M5_DER
HIGH M3_ARR	PAUSE 100
HIGH M5_DER	HIGH M3_ARR

HIGH M3_ARR	HIGH M5_IZ
HIGH M5_IZ	PAUSE 100
PAUSE 100	HIGH M5_IZ
HIGH M3_ARR	PAUSE 100
HIGH M5_IZ	HIGH M5_IZ
PAUSE 100	PAUSE 100
HIGH M3_ARR	HIGH M5_IZ
HIGH M5_IZ	PAUSE 100
PAUSE 100	HIGH M5_IZ
HIGH M3_ARR	PAUSE 100
HIGH M5_IZ	HIGH M5_IZ
PAUSE 100	PAUSE 100
HIGH M3_ARR	LOW M5_IZ
HIGH M5_IZ	PAUSEUS 10
PAUSE 100	RETURN
HIGH M3_ARR	MOV3ABA22:
HIGH M5_IZ	HIGH M3_AB
PAUSE 100	PAUSE 100
HIGH M3_ARR	HIGH M3_AB
HIGH M5_IZ	PAUSE 100
PAUSE 150	HIGH M3_AB
HIGH M5_IZ	PAUSE 100
LOW M3_ARR	HIGH M3_AB
PAUSE 100	PAUSE 100
HIGH M5_IZ	HIGH M3_AB
LOW M3_ARR	PAUSE 100
PAUSE 100	HIGH M3_AB
LOW M5_IZ	PAUSE 100
PAUSE 10	HIGH M2_AB
RETURN	PAUSE 150
GIRAR22:	LOW M3_AB
HIGH M5_IZ	LOW M2_AB
PAUSE 100	PAUSEUS 10
HIGH M5_IZ	RETURN
PAUSE 100	HOME:


```

LOW M3_ARR
LOW M4_ARR
LOW M5_DER
PAUSE 200
LOW PORTD.5
PAUSE 100
GOTO TERMINA
ENDIF
PREGUNTA:
IF (PORTB.7=1 AND PORTB.6=0) THEN
X=X+1
K=X/2
R=X-(K*2)
    LOW M1_OP
    LOW M2_AB
    LOW M3_AB
    LOW M4_AB
    LOW M5_IZ
    LOW M1_CIE
    LOW M2_ARR
    LOW M3_ARR
    LOW M4_ARR
    LOW M5_DER
DERECHA:
    IF R=1 THEN IZQUIERDA
    HIGH PORTD.6
    HIGH M5_DER
    PAUSE 1800
    LOW M5_DER
    PAUSE 800
    LOW PORTD.6
    HIGH M3_ARR
    PAUSE 1000
    LOW M3_ARR
    PAUSE 800
HIGH M5_DER
PAUSE 800
LOW M5_DER
PAUSE 800
HIGH M3_AB
PAUSE 1000
LOW M3_AB
PAUSE 800
HIGH M4_ARR
PAUSE 1000
LOW M4_ARR
PAUSE 5000
IF PORTB.7=0 THEN TERMINA
    while PORTB.7=1
        HIGH PORTD.6
        LOW M1_OP
        LOW M2_AB
        LOW M3_AB
        LOW M4_AB
        LOW M5_IZ
        LOW M1_CIE
        LOW M2_ARR
        LOW M3_ARR
        LOW M4_ARR
        LOW M5_DER
        LOW PORTD.6
    wend
    PAUSE 8000
    X=X+1
    GOTO TERMINA
IZQUIERDA:
IF R=0 THEN DERECHA
HIGH PORTD.6
HIGH M5_IZ
PAUSE 2500

```

```

LOW M5_IZ                                X=X+1
PAUSE 800                                GOTO TERMINA
LOW PORTD.6                              ENDIF
HIGH M3_AB                                PORTB.3=0
PAUSE 800                                INTCON=%10001000
    LOW M3_AB                             RESUME
    PAUSE 800                             ENABLE
    HIGH M5_IZ                             TERMINA:
    PAUSE 800                             PORTB.3=0
    LOW M5_IZ                             INTCON=%10001000
    PAUSE 800                             RESUME PULSAR
    HIGH M3_ARR                             ENABLE
    PAUSE 1200                             FIN:
    LOW M3_ARR                             END
    PAUSE 800
    HIGH M4_AB
    PAUSE 500
    LOW M4_AB
    PAUSE 5000
IF PORTB.7=0 THEN TERMINA
    while PORTB.7=1
        HIGH PORTD.6
        LOW M1_OP
        LOW M2_AB
        LOW M3_AB
        LOW M4_AB
        LOW M5_IZ
        LOW M1_CIE
        LOW M2_ARR
        LOW M3_ARR
        LOW M4_ARR
        LOW M5_DER
        LOW PORTD.6
    wend
    PAUSE 8000

```

ANEXO VII

HOJAS DE DATOS

SENSOR FLEXIFORCE FSR

ESPECIFICACIONES FLEXIFORCE® A201

Construcción

- ♦ Ultra delgado circuito impreso flexible.
- ♦ Un adhesivo lamina dos capas diferentes de substrato (polyester/polyimide). En cada capa se aplica un material conductor (plata) y un material sensible a la presión

Principio físico (Bases del funcionamiento)

- ♦ Piezoresistividad. Cuando se ejerce una fuerza se afectan las propiedades conductoras del material.
- ♦ Actúa como una resistencia de sentido de fuerza en un circuito eléctrico. Cuando está sin carga su resistencia es muy alta, cuando una fuerza es aplicada al sensor, su resistencia disminuye. Ver gráfica de funcionamiento.

Características de la señal que entrega (Características estáticas)

- ♦ Variable eléctrica que cambia: resistencia.
- ♦ Rango de la señal: Cuando no tiene carga $> 50\text{M}\Omega$, al máximo de carga $20\text{K}\Omega$.
- ♦ Resolución: Produce una señal analógica y la resolución depende de la instrumentación.
- ♦ Linealidad: $< \pm 5\%$
- ♦ Respuesta en frecuencia: $> 200\text{KHz}$
- ♦ Reproducibilidad: $< \pm 2.5\%$
- ♦ Histéresis: $< 4.5\%$

Especificaciones técnicas-eléctricas

- ♦ Corriente directa (DC).
- ♦ Durabilidad: Depende de las condiciones a las cuales esté expuesto.
- ♦ Rangos de medición:
 1. 0-1Lb (4,4N)
 2. 0-25Lb (110N)
 3. 0-100Lb (440N)¹
- ♦ Capacidad de voltaje: de 0.1V a 18V. Pero puede ir hasta 24V dependiendo de la habilidad para disipar el calor.
- ♦ Condicionamiento: Probar el sensor unas 8-10 veces al 110% de su carga máxima antes de la calibración.
- ♦ Conectores: 3 pines cuadrados machos.
- ♦ Dimensiones Físicas:
 1. Espesor: 0.208mm
 2. Longitud: 203mm, 152mm, 102mm, 51mm.
 3. Ancho: 14mm
- ♦ Área a sensar: 9.53mm de diámetro.

Condiciones de trabajo

- ◆ Temperatura: Opera de -9 a 60°C con una variación en la salida arriba del 0.36%/°C
- ◆ Humedad: En condiciones de alta humedad el sensor responde en los límites normales.
- ◆ Campos magnéticos: No se ve afectado.

Marcas y proveedores

- ◆ Temperatura: Opera de -9 a 60°C con una variación en la salida arriba del 0.36%/°C
- ◆ Humedad: En condiciones de alta humedad el sensor responde en los límites normales.
- ◆ Campos magnéticos: No se ve afectado.

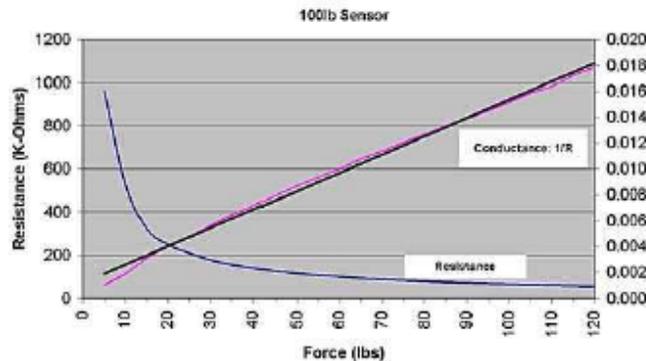
Precio

4 Pack (US 55) y 8 Pack (US 99)

Aplicaciones

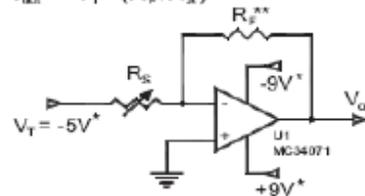
- ◆ Suministro de drogas.
- ◆ Manejo de herramientas quirúrgicas.
- ◆ Equipos de diagnóstico.
- ◆ Equipos atléticos.
- ◆ Robótica.
- ◆ Monitoreo de equipos.
- ◆ Muchas más (ver página de Tekscan).

Gráfica de funcionamiento e instrumentación



Recommended Circuit

$$V_{out} = -V_T * (R_F / R_S)$$



- ◆ * Supply Voltages should be constant
- ◆ ** Reference Resistance R_F is 1kΩ to 100kΩ
- ◆ Sensor Resistance R_S at no load is > 5MΩ
- ◆ Max recommended current: 2.5 mA

SENSORES FSR (FORCE SENSITIVE RESISTOR)

Principio Físico

El sensor de presión no es una galga extensiométrica, ni una celda de carga ni un transductor de presión, Son sensores que miden fuerza (presión). Tiene una resistencia variable en función de la presión aplicada y se rige por el principio piezoresistivo. Estos dispositivos se fabrican con un material elástico en cuatro capas, consistiendo en:

- ♦ Una capa de plástico eléctricamente aislador
- ♦ Un área activa que consiste en una serie de conductores
- ♦ Un espaciador plástico
- ♦ Un sustrato flexible

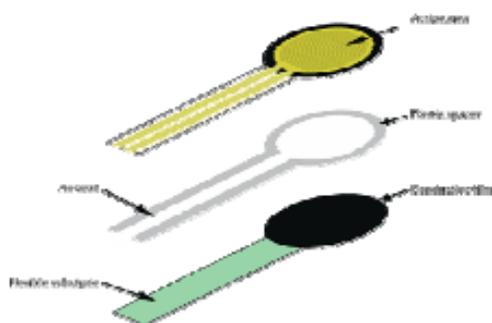
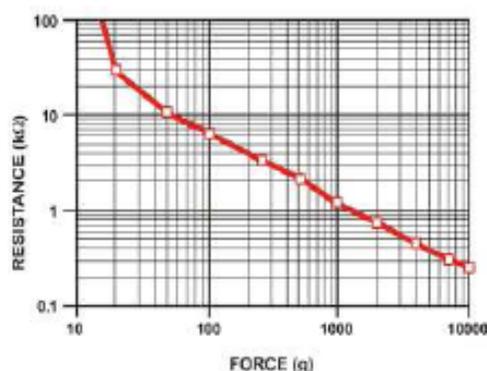


Figura: Construcción de un FSR

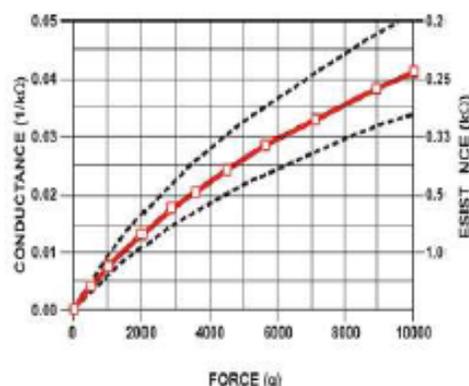
Características de la señal

La gama usable de la señal de salida de un FSR es casi lineal. Si se aplica bastante fuerza, su respuesta se convierte en no lineal debido a la saturación del sensor. Tiene una baja exactitud, con errores de hasta un 25% de salida. Sin embargo, es excelente para aplicaciones donde se necesita una medición cualitativa.

Fuerza vs. Resistencia



Fuerza vs. conductancia *



- ♦ La conductancia equivale a $1/R$
- ♦ La exactitud de la fuerza se extiende de aproximadamente del $\pm 5\%$ al $\pm 25\%$ dependiendo de la consistencia de la medida y la actuación del sistema, de la tolerancia de la capacidad de repetición llevada a cabo en la fabricación, y de la calibración.
- ♦ La resolución de la fuerza de los dispositivos de FSR es mejor que el $\pm 0.5\%$ de la fuerza completa del uso.

Condiciones de trabajo

- Rango de temperatura: entre -30°C hasta 70°C
- Sensibilidad a ruido/vibración: no es afectado significativamente
- Trabaja mejor en superficies planas, firmes y lisas
- Al montar estos sensores a una superficie curva (en el cuerpo o ropa), reduce la gama de la medida.
- La flexión de la cola también afecta el funcionamiento.

Especificaciones técnicas y eléctricas

- Rango de sensibilidad de fuerza: entre 100 g hasta 10 Kg
- Rango de sensibilidad de presión: entre 1.5 psi hasta 150 psi
- Resistencia de aislamiento: mayor a $1\text{M}\Omega$

Instrumentación

La figura a continuación representa cómo se puede usar el FSR en el puente de Wheatstone para crear una salida de voltaje (V_g)

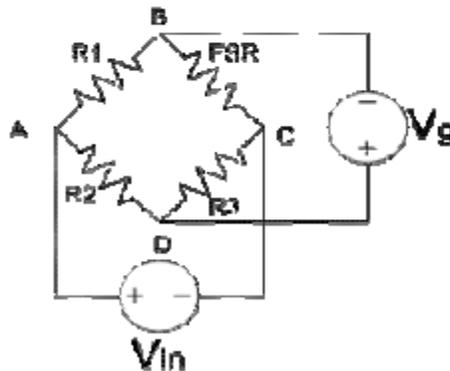


Figura1 : Puente de Wheatstone usado para cálculo de voltaje

Las ecuaciones 1 y 2 dan el voltaje a través del FSR (representado por R_g)

$$V_{BC} = \frac{R_g}{R_1 + R_g} \cdot V_{in} \quad (1)$$

$$V_{BC} = i_f R_f \quad (2)$$

Combinando las dos ecuaciones anteriores, se puede resolver una ecuación para la corriente que viaja a través del FSR

$$i_f = \frac{V_{BC}}{R_f} = \frac{V_u}{R_1 + R_f} \quad (3)$$

$$V_f = \frac{R_1 R_3 - R_f R_2}{(R_1 + R_f) + (R_2 + R_3)} * V_u \quad (4)$$

Cada tamaño de FSR tiene un máximo de corriente que no puede ser excedido, éstos se presentan a continuación, junto con sus respectivas resistencias:

Pequeño	Mediano	Grande
Máxima corriente permitida = 0.20 mA	Máxima corriente permitida = 1.27 mA	Máxima corriente permitida = 14.51 mA
R1 = 20Kohms	R1 = 2Kohms	R1 = 51ohms
R2 = 20Kohms	R2 = 2Kohms	R2 = 51ohms
R3 = 750Kohms	R3 = 750Kohms	R3 = 5.1Mohms
Rango de V g: 1.88V – 7.46V	Rango de V g: 0.12V – 7.50V	Rango de V g: 0.04V – 8.10V
Rango de i g: 0.06mA – 0.15mA	Rango de i g: 0.08mA – 0.44mA	Rango de i g: 0.08mA – 1.09 mA

• **NOTA:** Para todos los cálculos se usó Vin=9V

Proveedores y precios

Interlink Electronics
1.0 US \$

Aplicaciones

- ♦ Camas para Hospitales
- ♦ Plantillas para pie de Diabético
- ♦ Máquinas de oncología
- ♦ Manos de robots
- ♦ Bombas de infusión
- ♦ Controles de videojuegos

SENSOR DE PROXIMIDAD SHARP 2Y0A21F

SHARP

GP2Y0A21YK0F

GP2Y0A21YK0F

Distance Measuring Sensor Unit
Measuring distance: 10 to 80 cm
Analog output type



■Description

GP2Y0A21YK0F is a distance measuring sensor unit, composed of an integrated combination of PSD (position sensitive detector), IRED (infrared emitting diode) and signal processing circuit. The variety of the reflectivity of the object, the environmental temperature and the operating duration are not influenced easily to the distance detection because of adopting the triangulation method. This device outputs the voltage corresponding to the detection distance. So this sensor can also be used as a proximity sensor.

■Features

1. Distance measuring range : 10 to 80 cm
2. Analog output type
3. Package size : 29.5×13×13.5 mm
4. Consumption current : Typ. 30 mA
5. Supply voltage : 4.5 to 5.5 V

■Agency approvals/Compliance

1. Compliant with RoHS directive (2002/95/EC)

■Applications

1. Touchless switch
(Sanitary equipment, Control of illumination, etc.)
2. Robot cleaner
3. Sensor for energy saving
(ATM, Copier Vending machine)
4. Amusement equipment
(Robot Arcade game machine)

■Absolute Maximum Ratings (I_c=25°C, V_{cc}=5V)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V _{cc}	-0.3 to +7	V
Output terminal voltage	V _o	-0.3 to V _{cc} +0.3	V
Operating temperature	T _{op}	-10 to +40	°C
Storage temperature	T _{stg}	-40 to +70	°C

■Electro-optical Characteristics (I_c=25°C, V_{cc}=5V)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Average supply current	I _{cc}	L=80cm(Notes 1)	—	30	40	mA
Distance measuring	ΔL	(Notes 1)	10	—	80	cm
Output voltage	V _o	L=80cm(Notes 1)	0.25	0.4	0.55	V
Output voltage differential	ΔV _o	Output voltage difference between L=10cm and L=80cm(Notes 1)	1.65	1.9	2.15	V

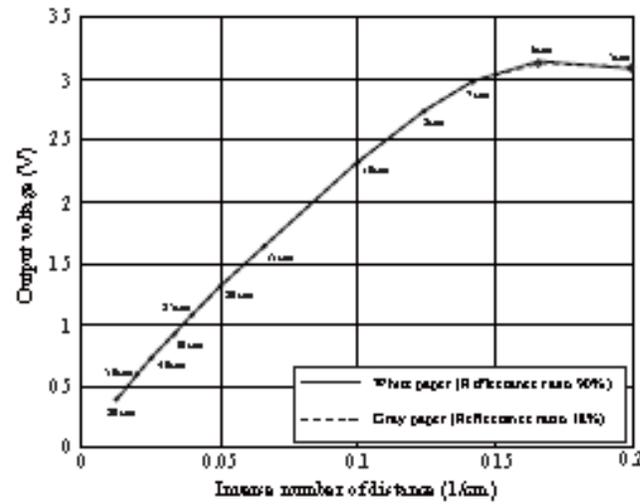
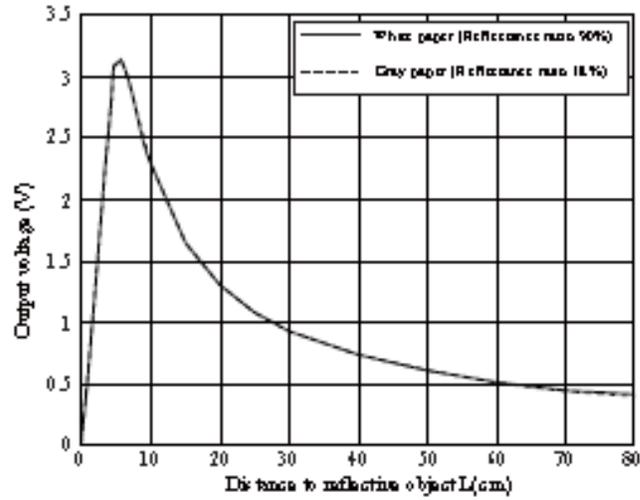
*L: Distance to reflective object

Note 1: Using reflective object: White paper (Made by Kodak Co., Ltd. gray cards R-27 white face, reflectance; 90%)

■Recommended operating conditions

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V _{cc}	4.5 to 5.5	V

Fig. 2 Example of distance measuring characteristics(output)



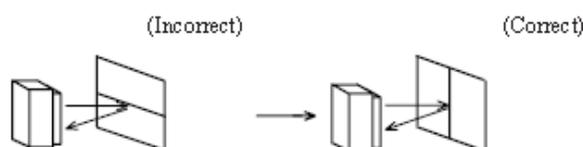
■ Notes

● Advice for the optics

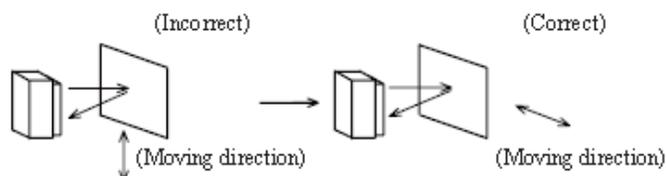
- The lens of this device needs to be kept clean. There are cases that dust, water or oil and so on deteriorate the characteristics of this device. Please consider in actual application.
- Please don't do washing. Washing may deteriorate the characteristics of optical system and so on. Please confirm resistance to chemicals under the actual usage since this product has not been designed against washing.

● Advice for the characteristics

- In case that an optical filter is set in front of the emitter and detector portion, the optical filter which has the most efficient transmittance at the emitting wavelength range of LED for this product ($\lambda = 870 \pm 70\text{nm}$), shall be recommended to use. Both faces of the filter should be minor polishing. Also, as there are cases that the characteristics may not be satisfied according to the distance between the protection cover and this product or the thickness of the protection cover, please use this product after confirming the operation sufficiently in actual application.
- In case that there is an object near to emitter side of the sensor between sensor and a detecting object, please use this device after confirming sufficiently that the characteristics of this sensor do not change by the object.
- When the detector is exposed to the direct light from the sun, tungsten lamp and so on, there are cases that it can not measure the distance exactly. Please consider the design that the detector is not exposed to the direct light from such light source.
- Distance to a minor reflector can not be sometimes measured exactly.
In case of changing the mounting angle of this product, it may measure the distance exactly.
- In case that reflective object has boundary line which material or color etc. are excessively different, in order to decrease deviation of measuring distance, it shall be recommended to set the sensor that the direction of boundary line and the line between emitter center and detector center are in parallel.



- In order to decrease deviation of measuring distance by moving direction of the reflective object, it shall be recommended to set the sensor that the moving direction of the object and the line between emitter center and detector center are vertical.



● Advice for the power supply

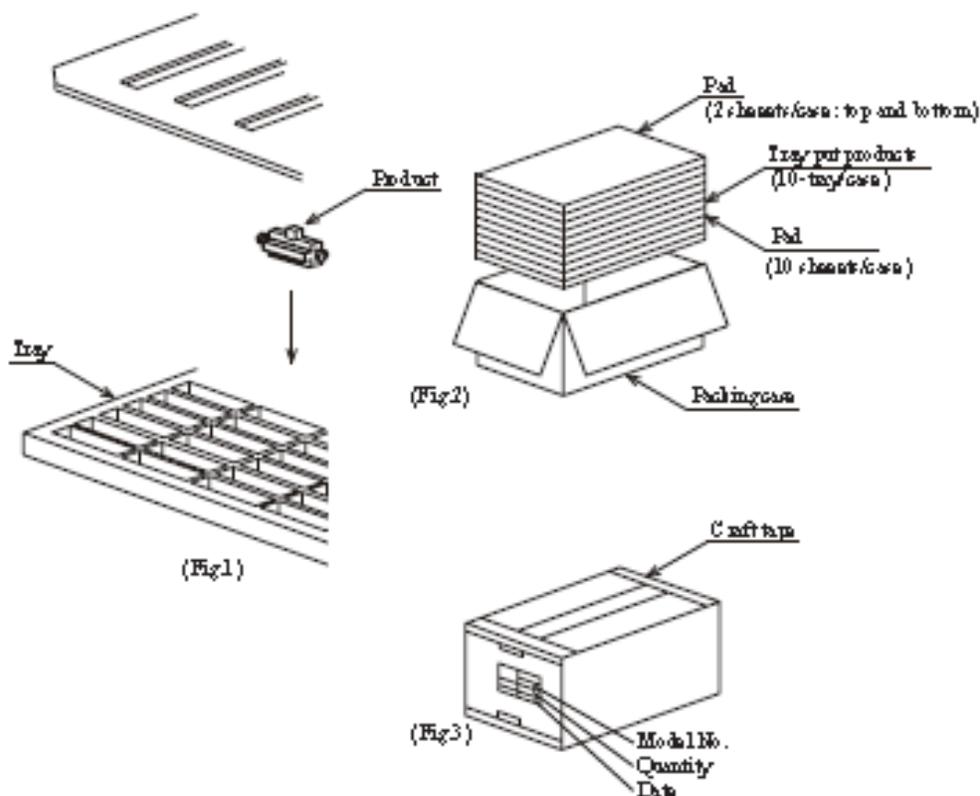
- In order to stabilize power supply line, we recommend to insert a by-pass capacitor of $10\mu\text{F}$ or more between Vcc and GND near this product.

● Notes on handling

- There are some possibilities that the internal components in the sensor may be exposed to the excessive mechanical stress. Please be careful not to cause any excessive pressure on the sensor package and also on the PCB while assembling this product.

■ Package specification

Package composition



Packaging method

1. Put products of 100 pcs. in tray. packing method is showed in the above fig (Fig1)
2. Put them (10-tray) in the packing box. Put pads on their top and bottom.
And put pads on each tray (Total 10 sheets) (Fig2)
3. Seal the packing box with craft tape.
Print the model No., quantity, inspection date (1000 pcs / a packing box) (Fig3)

2.- Descripción General del PIC16F877

2.1.- La Familia del PIC16F877

El microcontrolador PIC16F877 de Microchip pertenece a una gran familia de microcontroladores de 8 bits (bus de datos) que tienen las siguientes características generales que los distinguen de otras familias:

- Arquitectura Harvard
- Tecnología RISC
- Tecnología CMOS

Estas características se conjugan para lograr un dispositivo altamente eficiente en el uso de la memoria de datos y programa y por lo tanto en la velocidad de ejecución.

Microchip ha dividido sus microcontroladores en tres grandes subfamilias de acuerdo al número de bits de su bus de instrucciones:

Subfamilia	Bits del bus de instrucciones	nomendatura
Base - Line	12	PIC12XXX y PIC14XXX
Mid - Range	14	PIC16XXX
High - End	16	PIC17XXX y PIC18XXX

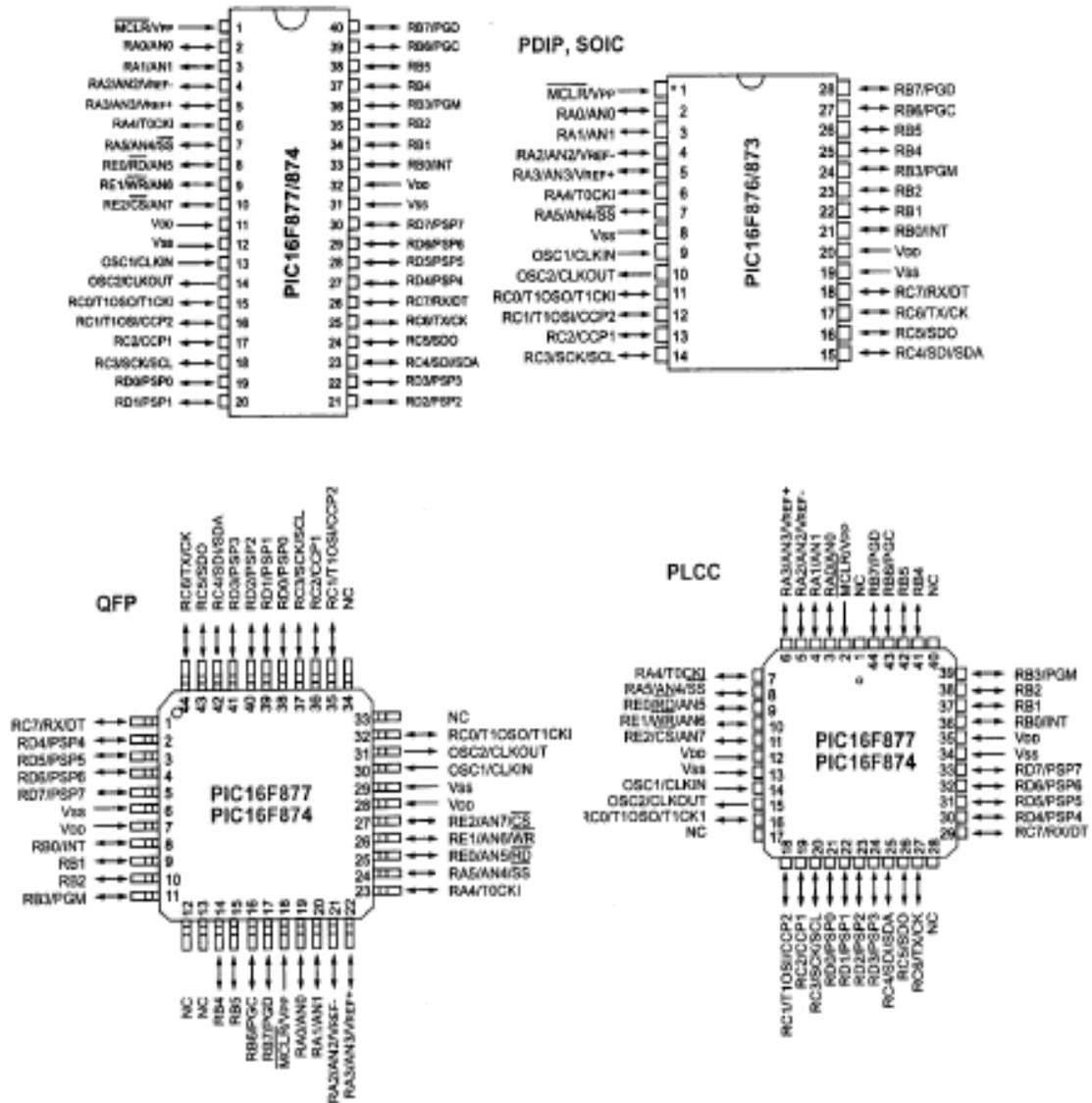
Variantes principales

Los microcontroladores que produce Microchip cubren una amplio rango de dispositivos cuyas características pueden variar como sigue:

- Empaquetado (desde 8 patitas hasta 68 patitas)
- Tecnología de la memoria incluida (EPROM, ROM, Flash)
- Voltajes de operación (desde 2.5 v. Hasta 6v)
- Frecuencia de operación (Hasta 20 Mhz)

Empaquetados

Aunque cada empaquetado tiene variantes, especialmente en lo relativo a las dimensiones del espesor del paquete, en general se pueden encontrar paquetes tipo PDIP (Plastic Dual In Line Package), PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) y QFP (Quad Flat Package), los cuales se muestran en las figuras siguientes



Nomenclatura

Además de lo mostrado en la tabla anterior, en el nombre específico del microcontrolador pueden aparecer algunas siglas como se muestra en la siguiente tabla:

Tipo de memoria	Rango de voltaje	
	Estándar	Extendido
EPROM	PIC16 C XXX	PIC16 LC XXX
ROM	PIC16 CR XXX	PIC16 LCR XXX
Flash	PIC16 F XXX	PIC16 LF XXX

En la siguiente tabla se especifican los rangos de voltaje estándar y extendido manejados por los dispositivos

Rango de voltaje	EPROM		ROM		Flash	
Estándar	C	4.5 a 6v	CR	4.5 a 6v	F	4.5 a 6v
Extendido	LC	2.5 a 6v	LCR	2.5 a 6v	LF	2 a 6v

Oscilador

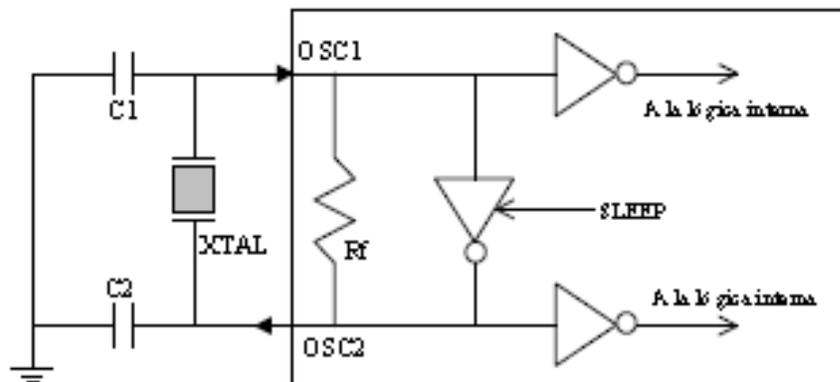
Los PIC de rango medio permiten hasta 8 diferentes modos para el oscilador. El usuario puede seleccionar alguno de estos 8 modos programando 3 bits de configuración del dispositivo denominados: FOSC2, FOSC1 y FOSC0. En algunos de estos modos el usuario puede indicar que se genere o no una salida del oscilador (CLKOUT) a través de una patita de Entrada/Salida. Los modos de operación se muestran en la siguiente lista:

- LP Baja frecuencia (y bajo consumo de potencia)
- XT Cristal / Resonador cerámico externos, (Media frecuencia)
- HS Alta velocidad (y alta potencia) Cristal/resonador
- RC Resistencia / capacitor externos (mismo que EXTRC con CLKOUT)
- EXTRC Resistencia / capacitor externos
- EXTRC Resistencia / Capacitor externos con CLCKOUT
- INTRC Resistencia / Capacitor internos para 4 MHz
- INTRC Resistencia / Capacitor internos para 4 MHz con CLKOUT

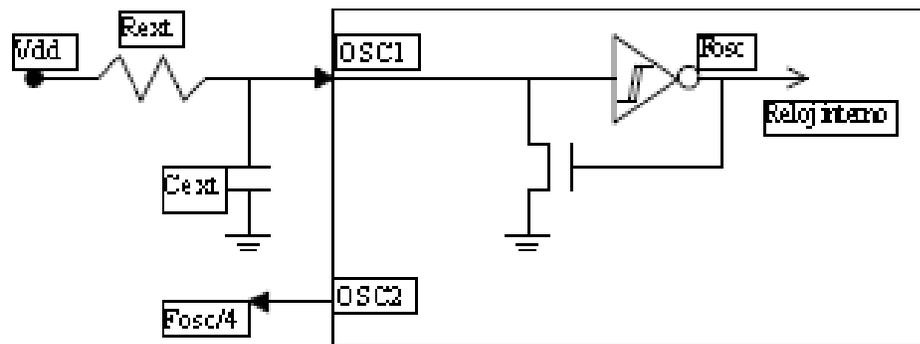
Los tres modos LP, XT y HS usan un cristal o resonador externo, la diferencia sin embargo es la ganancia de los drivers internos, lo cual se ve reflejado en el rango de frecuencia admitido y la potencia consumida. En la siguiente tabla se muestran los rangos de frecuencia así como los capacitores recomendados para un oscilador en base a cristal.

Modo	Frecuencia típica	Capacitores recomendados	
		C1	C2
LP	32 khz	68 a 100 pf	68 a 100 pf
	200 khz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
XT	100 khz	68 a 150 pf	150 a 200 pf
	2 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
	4 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
HS	8 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
	10 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf
	20 Mhz	15 a 30 pf	15 a 30 pf

Cristal externo: En los tres modos mostrados en la tabla anterior se puede usar un cristal o resonador cerámico externo. En la siguiente figura se muestra la conexión de un cristal a las patitas OSC1 y OS2 del PIC.



Circuito RC externo: En los modos RC y EXTRC el PIC puede generar su señal oscilatoria basado en un arreglo RC externo conectado a la patita OSC1 como se muestra en la siguiente figura:



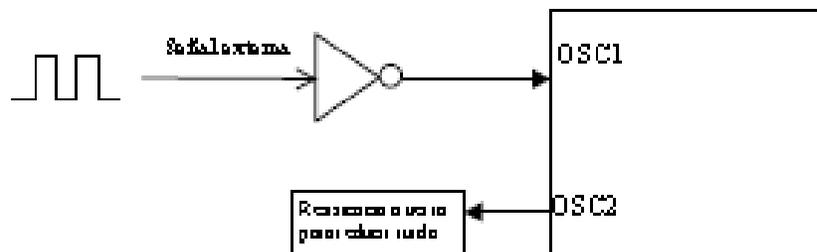
Este modo sólo se recomienda cuando la aplicación no requiera una gran precisión en la medición de tiempos.

Rangos.- La frecuencia de oscilación depende no sólo de los valores de R_{ext} y C_{ext} , sino también del voltaje de la fuente V_{dd} . Los rangos admisibles para resistencia y capacitor son:

R_{ext} : de 3 a 100 Kohms

C_{ext} : mayor de 20 pF

Oscilador externo.- También es posible conectar una señal de reloj generada mediante un oscilador externo a la patita OSC1 del PIC. Para ello el PIC deberá estar en uno de los tres modos que admiten cristal (LP, XT o HS). La conexión se muestra en la siguiente figura:



Oscilador interno de 4Mhz.- En el modo INTRC el PIC usa un arreglo RC interno que genera una frecuencia de 4 Mhz con un rango de error calibrable de $\pm 1.5\%$. Para calibrar el error de oscilación se usan los bits CAL3, CAL2, CAL1 Y CAL0 del registro OSCCAL.

Calibración del oscilador interno.- El fabricante ha colocado un valor de calibración para estos bits en la última dirección de la memoria de programa. Este dato ha sido guardado en la forma de una instrucción RETLW XX. Si no se quiere perder este valor al borrar el PIC (en versiones EPROM con ventana) primero se deberá leer y copiar. Es una buena idea escribirlo en el empaquetado antes de borrar la memoria).

2.2.- Características generales del PIC16F877

La siguiente es una lista de las características que comparte el PIC16F877 con los dispositivos más cercanos de su familia:

PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
-----------	-----------	-----------	-----------

- CPU RISC
- Sólo 35 instrucciones que aprender
- Todas las instrucciones se ejecutan en un ciclo de reloj, excepto los saltos que requieren dos
- Frecuencia de operación de 0 a 20 MHz (DC a 200 nseg de ciclo de instrucción)
- Hasta 8k x 14 bits de memoria Flash de programa
- Hasta 368 bytes de memoria de datos (RAM)
- Hasta 256 bytes de memoria de datos EEPROM
- Hasta 4 fuentes de interrupción
- Stack de hardware de 8 niveles
- Reset de encendido (POR)
- Timer de encendido (PWRT)
- Timer de arranque del oscilador (OST)
- Sistema de vigilancia Watchdog timer.
- Protección programable de código
- Modo SEP de bajo consumo de energía
- Opciones de selección del oscilador
- Programación y depuración serie "In-Circuit" (ICSP) a través de dos patitas
- Lectura/escritura de la CPU a la memoria flash de programa
- Rango de voltaje de operación de 2.0 a 5.5 volts
- Alta disipación de corriente de la fuente: 25mA

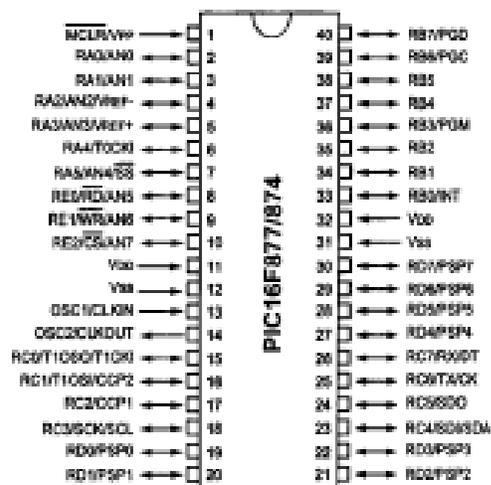
- Rangos de temperatura: Comercial, Industrial y Extendido
- Bajo consumo de potencia:
 - o Menos de 0.6mA a 3V, 4 Mhz
 - o 20 μ A a 3V, 32 Khz
 - o menos de 1 μ A corriente de standby.

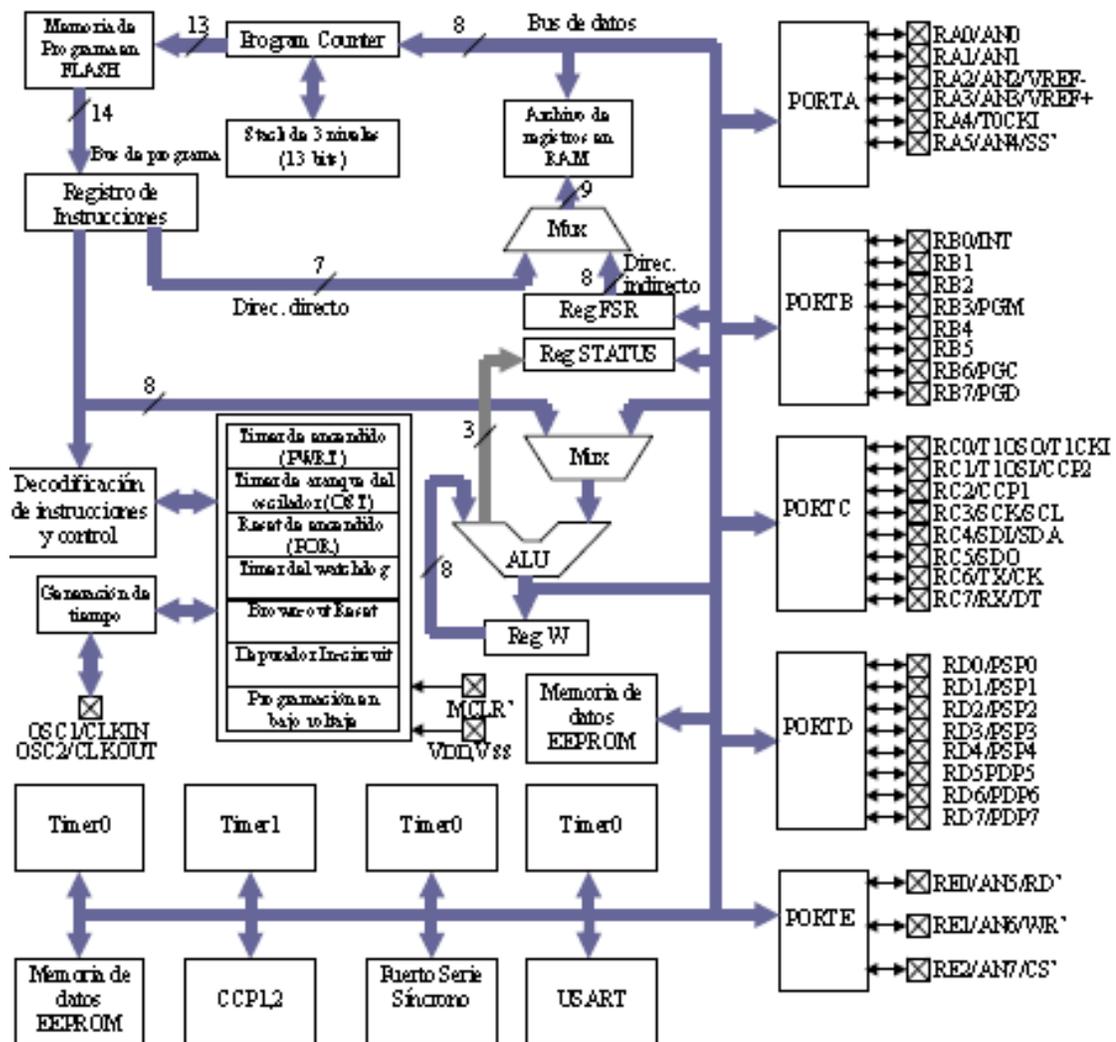
Periféricos

- **Timer0:** Contador/Temporizador de 8 bits con pre-escalador de 8 bits
- **Timer1:** Contador/Temporizador de 16 bits con pre-escalador
- **Timer0:** Contador/Temporizador de 8 bits con pre-escalador y post-escalador de 8 bits y registro de periodo.
- **Dos módulos de Captura, Comparación y PWM**
- **Convertidor Analógico/Digital:** de 10 bits, hasta 8 canales
- Puerto Serie Síncrono (SSP)
- Puerto Serie Universal (USART/SCI).
- Puerto Paralelo Esclavo (PSP): de 8 bits con líneas de protocolo

2.3.- Diagrama de Bloques del PIC16F877

En la siguiente figura se muestra a manera de bloques la organización interna del PIC16F877, Se muestra también junto a este diagrama su diagrama de patitas, para tener una visión conjunta del interior y exterior del Chip.



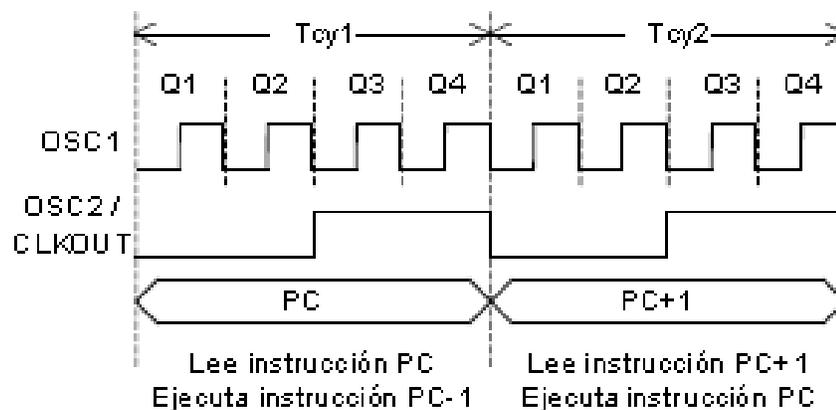


2.4.- Descripción de la CPU

La CPU es la responsable de la interpretación y ejecución de la información (instrucciones) guardada en la memoria de programa. Muchas de estas instrucciones operan sobre la memoria de datos. Para operar sobre la memoria de datos además, si se van a realizar operaciones lógicas o aritméticas, requieren usar la Unidad de Lógica y Aritmética (ALU). La ALU controla los bits de estado (Registro STATUS), los bits de este registro se alteran dependiendo del resultado de algunas instrucciones.

Ciclo de instrucción

El registro Program Counter (PC) es gobernado por el ciclo de instrucción como se muestra en la siguiente figura. Cada ciclo de instrucción la CPU lee (ciclo Fetch) la instrucción guardada en la memoria de programa apuntada por PC y al mismo tiempo ejecuta la instrucción anterior, esto debido a una **cola de instrucciones** que le permite ejecutar una instrucción mientras lee la próxima:



Como puede verse, cada ciclo de instrucción (T_{cy}) se compone a su vez de cuatro ciclos del oscilador (T_{osc}). Cada ciclo Q provee la sincronización para los siguientes eventos:

- Q1: Decodificación de la instrucción
- Q2: Lectura del dato (si lo hay)
- Q3: Procesa el dato
- Q4: Escribe el dato

Debido a esto cada ciclo de instrucción consume 4 ciclos de reloj, de manera que si la frecuencia de oscilación es F_{osc} , T_{cy} será $4/F_{osc}$.

Registros de la CPU.

Registro PC.- Registro de 13 bits que siempre apunta a la siguiente instrucción a ejecutarse. En la siguiente sección se dan mayores detalles en el manejo de este registro.

Registro de Instrucción.- Registro de 14 bits. Todas las instrucciones se colocan en el para ser decodificadas por la CPU antes de ejecutarlas.

Registro W.- Registro de 8 bits que guarda resultados temporales de las operaciones realizadas por la ALU

Registro STATUS.- Registro de 8 bits, cada uno de sus bits (denominados **Banderas**) es un indicador de estado de la CPU o del resultado de la última operación como se indica en la siguiente figura:

R/W=0	R/W=0	R/W=0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
IRP	RP1	RP0	TO'	PD'	Z	DC	C
Bit 7	6	5	4	3	2	1	Bit 0

➤ **Notación:** En adelante se usará lo siguiente:

R= Bit leíble W= Bit Escribible U= No implementado (se lee como 0)

-n= Valor después del Reset de encendido

Z.- Este bit se **pone** (=1) para indicar que el resultado de la última operación fue cero, de lo contrario se **limpia** (=0)

C.- Bit de acarreo/préstamo' de la última operación aritmética (en el caso de resta, se guarda el préstamo invertido)

CD.- Acarreo/Préstamo' proveniente del cuarto bit menos significativo. Funciona igual que el bit C, pero para operaciones de 4 bits.

2.5.- Conjunto de Instrucciones de Rango Medio

En la siguiente tabla se resumen las 35 instrucciones que reconoce la CPU de los PIC de medio rango, incluyendo su mnemónico, tiempo de ejecución, código de máquina y afectación de banderas:

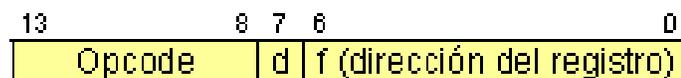
Mnemónico	Descripción	Ciclos	Código de Máquina	Banderas afectadas
Operaciones con el archivo de registros orientadas a bytes				
ADDWF f,d	Suma f+ W	1	00 0111 dfff ffff	C,D,C,Z
ANDWF f,d	W AND f	1	00 0101 dfff ffff	Z
CLRF f	Limpia f	1	00 0001 1fff ffff	Z
CLRW	Limpia W	1	00 0001 0xxx xxxx	Z
COMF f,d	Complementa los bits de f	1	00 1001 dfff ffff	Z
DECF f,d	Decrementa f en 1	1	00 0011 dfff ffff	Z
DECFSZ f,d	Decrementa f, escapa si 0	1(2)	00 1011 dfff ffff	
INCF f,d	Incrementa f en 1	1	00 1010 dfff ffff	Z
INCSZ f,d	Incrementa f, escapa si 0	1(2)	00 1111 dfff ffff	
IORWF f,d	W OR f	1	00 0100 dfff ffff	Z
MOVF f,d	Copia el contenido de f	1	00 1000 dfff ffff	Z
MOVWF f	Copia contenido de W en f	1	00 0000 1fff ffff	
NOP	No operación	1	00 0000 0xx0 0000	
RLF f,d	Rota f a la izquierda	1	00 1101 dfff ffff	C
RRF f,d	Rota f a la derecha	1	00 1100 dfff ffff	C
SUBWF f,d	Resta f- W	1	00 0010 dfff ffff	C,D,C,Z
SWAPF f,d	Intercambia nibbles de f	1	00 1110 dfff ffff	
XORWF f,d	W EXOR f	1	00 0110 dfff ffff	Z
Operaciones con el archivo de registros orientadas a bits				
BCF f,b	Limpia bit b en f	1	01 00bb bfff ffff	
BSF f,b	Pone bit b en f	1	01 01bb bfff ffff	
BTFSC f,b	Prueba bit b en f, escapa si 0	1(2)	01 10bb bfff ffff	
BTFSS f,b	Prueba bit b en f, escapa si 1	1(2)	01 11bb bfff ffff	
Operaciones con literales y de control				
ADDLW k	Suma literal k + W	1	11 111x kkkk kkkk	C,D,C,Z
ANDLW k	k AND W	1	11 1001 kkkk kkkk	Z
CALL k	Llamado a subrutina	2	10 0kkk kkkk kkkk	
CLRWD T	Limpia timer del watchdog	1	00 0000 0110 0100	TO',PD'
GOTO k	Salto a la dirección k	2	10 1kkk kkkk kkkk	
IORLW k	k OR W	1	11 0000 kkkk kkkk	Z
MOVLW k	Copia literal a W	1	11 00xx kkkk kkkk	
RETFIE	Retorna de interrupción	2	00 0000 0000 1001	
RETLW k	Retorna con literal k en W	2	11 01xx kkkk kkkk	
RETURN	Retorna de subrutina	2	00 0000 0000 1000	
SLEEP	Activa Modo standby	1	00 0000 0110 0011	TO'PD'
SUBLW k	Resta k - W	1	11 110x kkkk kkkk	C,C,D,Z
XORLW k	k EXOR W	1	11 1010 kkkk kkkk	Z

Formato General de las Instrucciones.

Cada instrucción en lenguaje de máquina (binario) del PIC contiene un código de operación (**opcode**) el cual puede ser de 3 a 4 o 6 bits, dependiendo del tipo de instrucción.

A continuación se describe el formato para cada tipo de instrucción de los PIC de rango medio:

Operaciones con el archivo de registros orientadas a bytes



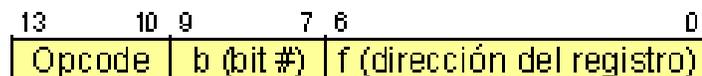
El bit **d** especifica el destino del resultado de la operación:

d = 0: destino W

d = 1: destino f

f = dirección de 7 bits del archivo de registros.

Operaciones con el archivo de registros orientadas a bits

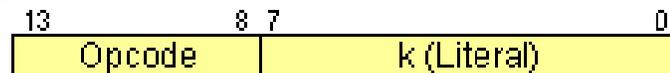


b: Especificación en tres bits del bit sobre el que se va a operar

f = dirección de 7 bits del archivo de registros.

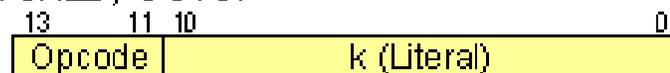
Operaciones con literales y de control

Formato general:



k: Literal = Valor de un operando de 8 bits

Formato para CALL y GOTO:



k: Literal = Valor de un operando de 8 bits

2.6.- Organización de la memoria del PIC

Los PIC tienen dos tipos de memoria: Memoria de Datos y Memoria de programa, cada bloque con su propio bus: Bus de datos y Bus de programa; por lo cual cada bloque puede ser accesado durante un mismo ciclo de oscilación.

La Memoria de datos a su vez se divide en

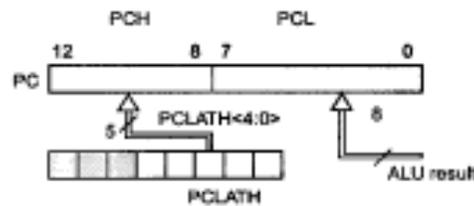
- Memoria RAM de propósito general
- Archivo de Registros (Special Function Registers (SFR))

2.6.1.- La Memoria de Programa

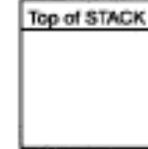
Los PIC de rango medio poseen un registro Contador del Programa (PC) de 13 bits, capaz de direccionar un espacio de 8K x 14, como todas la instrucciones son de 14 bits, esto significa un bloque de 8k instrucciones. El bloque total de 8K x 14 de memoria de programa está subdividido en 4 páginas de 2K x 14. En la siguiente figura se muestra esta organización.

Dirección	
0000h	Vector de Reset
...	...
0004h	Vector de interrupción
0005h	
...	
07FFh	Página 0
0800h	
...	
0FFFh	Página 1
1000h	
...	
17FFh	Página 2
1800h	
...	
1FFFh	Página 3

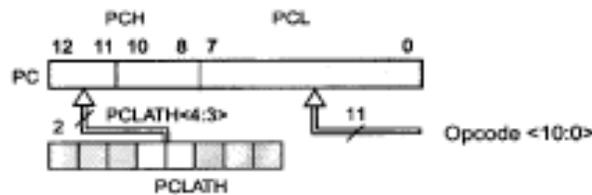
Situation 1 - Instruction with PCL as destination



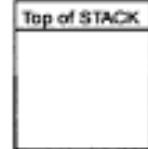
STACK (13-bits x 8)



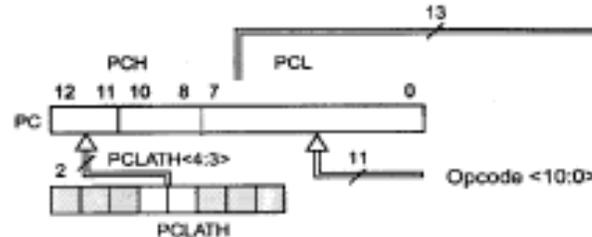
Situation 2 - GOTO Instruction



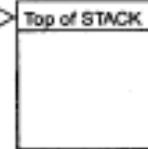
STACK (13-bits x 8)



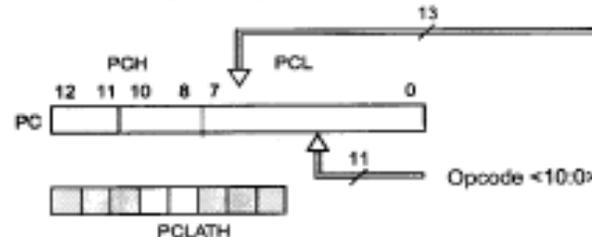
Situation 3 - CALL Instruction



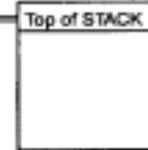
STACK (13-bits x 8)



Situation 4 - RETURN, RETFIE, or RETLW Instruction



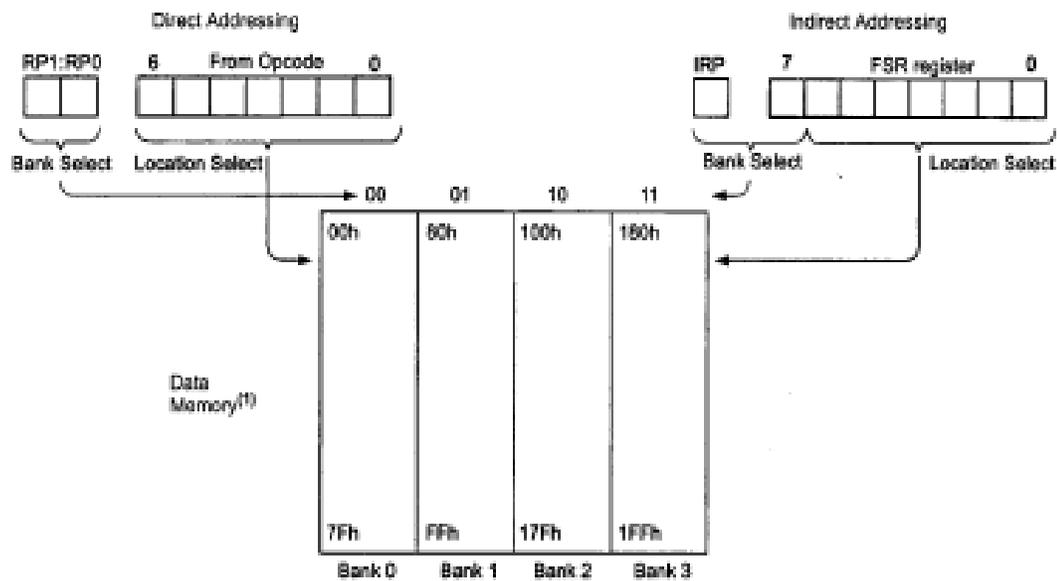
STACK (13-bits x 8)



➤ **Nota:** PCLATH nunca es actualizado con el contenido de PCH

Paginación

Para saltar entre una página y otra, los bits más significativos del PC deberán ser modificados. Debido a que las instrucciones GOTO y CALL sólo pueden direccionar un bloque de 2K (pues usan una dirección de 11 bits) deben existir otros dos bits que acompletan los 13 bits del PC para moverse sobre los 8K de memoria de programa.



Direccionamiento indirecto

Este modo de direccionamiento permite acceder una localidad de memoria de datos usando una dirección de memoria *variable* a diferencia del direccionamiento directo, en que la dirección es fija. Esto puede ser útil para el manejo de tablas de datos.

El registro INDF. - En la figura anterior se muestra la manera en que esto se realiza. Para hacer posible el direccionamiento indirecto se debe usar el registro INDF. Cualquier instrucción que haga un acceso al registro INDF en realidad accesa a la dirección apuntada por el registro FSR (File Select Register).

La selección de banco en el caso de direccionamiento indirecto se realiza mediante los bits IRP (STATUS<7>) y el bit 7 del registro FSR, como se muestra en la figura.

El registro INDF mismo al leerse de manera indirecta (con FSR=0) producirá un cero. Y al escribirse de manera indirecta no es afectado.

A continuación se muestra un ejemplo del uso de este direccionamiento para limpiar las localidades RAM 20h a 2Fh.

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. ⁽¹⁾ 00h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 80h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 100h	Indirect addr. ⁽¹⁾ 180h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h	105h	185h
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h	107h	187h
PORTD ⁽¹⁾ 08h	TRISD ⁽¹⁾ 88h	108h	188h
PORTE ⁽¹⁾ 09h	TRISE ⁽¹⁾ 89h	109h	189h
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	ECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	ECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved ⁽²⁾ 18Eh
TMR1H 0Fh	8Fh	EEADRH 10Fh	Reserved ⁽²⁾ 18Fh
T1CON 10h	90h	110h	190h
TMR2 11h	SSPCON2 91h	111h	191h
T2CON 12h	PR2 92h	112h	192h
SSPBUF 13h	SSPADD 93h	113h	193h
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h	114h	194h
CCPR1L 15h	95h	115h	195h
CCPR1H 16h	96h	116h	196h
CCP1CON 17h	97h	General Purpose Register 117h	General Purpose Register 197h
RCSTA 18h	TXSTA 98h	16 Bytes 118h	16 Bytes 198h
TXREG 19h	SPBRG 99h	119h	199h
RCREG 1Ah	9Ah	11Ah	19Ah
CCPR2L 1Bh	9Bh	11Bh	19Bh
CCPR2H 1Ch	9Ch	11Ch	19Ch
CCP2CON 1Dh	9Dh	11Dh	19Dh
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh	11Eh	19Eh
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Fh	11Fh	19Fh
20h	A0h	120h	1A0h
General Purpose Register 96 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes	General Purpose Register 80 Bytes
7Fh	EFh	16Fh	1EFh
Bank 0	accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh	accesses 70h - 7Fh
	FFh	17Fh	1FFh
	Bank 1	Bank 2	Bank 3

■ Unimplemented data memory locations, read as '0'.

* Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876.

Note 2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

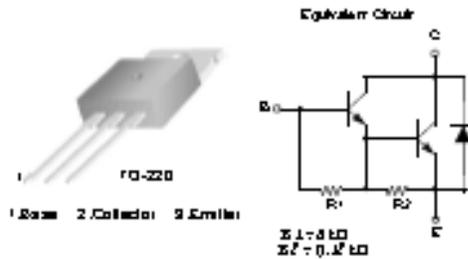
TRANSISTOR TIP 121

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

October 2008

TIP120/TIP121/TIP122 NPN Epitaxial Darlington Transistor

- Medium Power Linear Switching Applications
- Complementary to TIP120/TIP122



Absolute Maximum Ratings* $T_c = 25^\circ\text{C unless otherwise noted}$

Symbol	Parameter	Rating	Unit
V_{CB0}	Collector-Base Voltage . . . TIP120	80	V
	. . . TIP121	30	V
	. . . TIP122	100	V
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage . . . TIP120	80	V
	. . . TIP121	30	V
	. . . TIP122	100	V
V_{EB0}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	5	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	3	A
I_B	Base Current (DC)	120	mA
P_C	Collector Dissipation ($T_c = 25^\circ\text{C}$)	2	W
	Collector Dissipation ($T_c = 25^\circ\text{C}$)	85	W
T_j	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	-85 - 150	$^\circ\text{C}$

* These ratings are limiting values above which the reliability of any semiconductor assembly may be impaired.

TIP120/TIP121/TIP122 — NPN Epitaxial Darlington Transistor

Electrical Characteristics* $T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 0$	80 90 100			V V V
	. TIP120					
	. TIP121 . TIP122					
I_{CO}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 40\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 50\text{V}, I_B = 0$			0.5 0.5 0.5	mA mA mA
	. TIP120					
	. TIP121 . TIP122					
I_{CEO}	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$ $V_{CE} = 100\text{V}, I_B = 0$			0.2 0.2 0.2	mA mA mA
	. TIP120					
	. TIP121 . TIP122					
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{BE} = 5\text{V}, I_C = 0$			2	mA
h_{FE}	DC Current Gain	$V_{CE} = 5\text{V}, I_C = 0.5\text{A}$ $V_{CE} = 5\text{V}, I_C = 2\text{A}$	1000 1000			
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 5\text{A}, I_B = 12\text{mA}$ $I_C = 5\text{A}, I_B = 20\text{mA}$			2.0 4.0	V V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage	$V_{CE} = 5\text{V}, I_C = 5\text{A}$			2.5	V
C_{ob}	Output Capacitance	$V_{CE} = 10\text{V}, I_C = 0, f = 0.1\text{MHz}$			200	pF

* Pulse Test: Pulse Width 100 μ s, Duty Cycle 2%

Typical characteristics



Figure 1. DC Current Gain

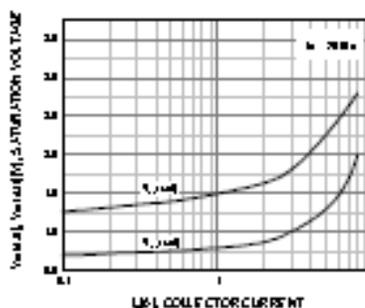


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage
Collector-Emitter Saturation Voltage

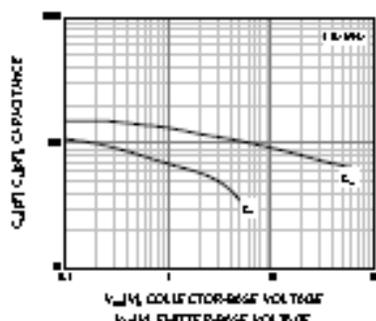


Figure 3. Output and Input Capacitance
vs. Reverse Voltage

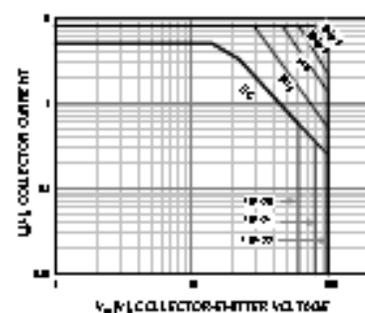


Figure 4. Safe Operating Area

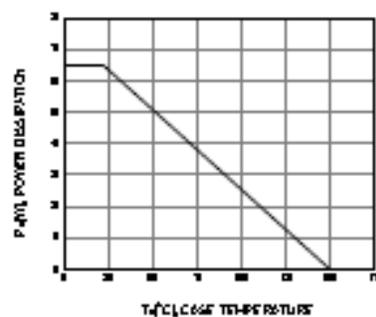
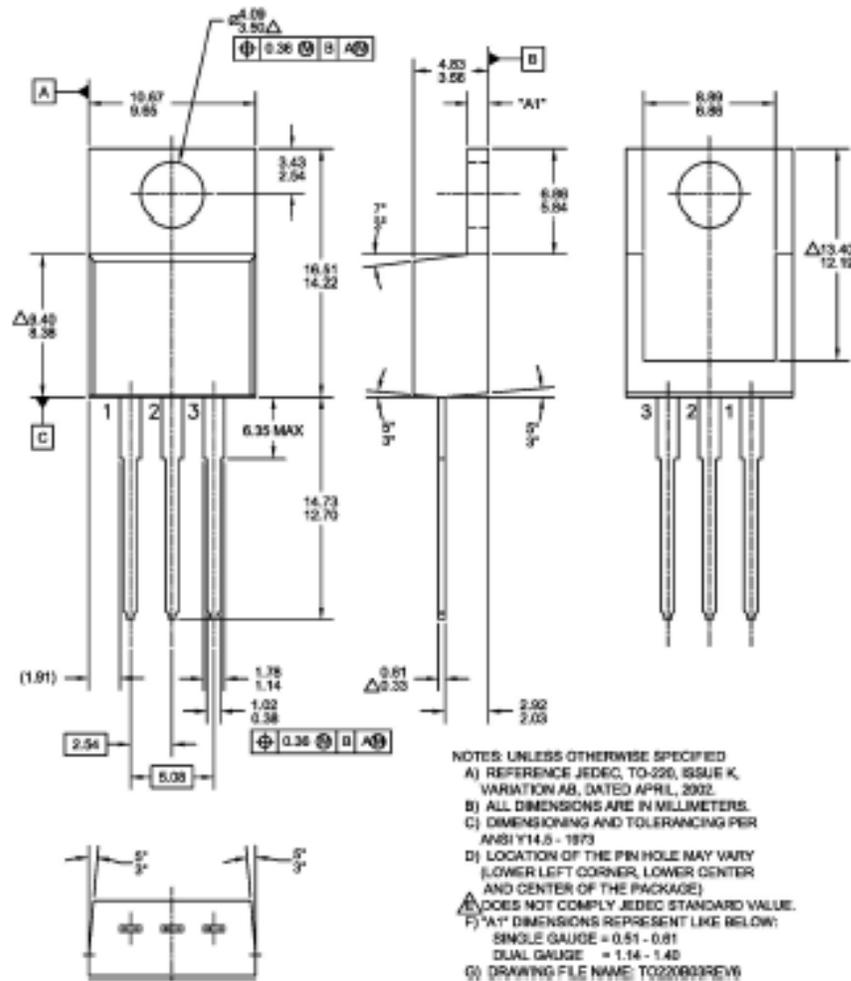


Figure 5. Power Limiting

Mechanical Dimensions

TO220



TO220 NPN Epitaxial Darlington Transistor

TRANSISTOR TIP 32 C



TIP31A/31C TIP32A/32B/32C

COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

APPLICATION

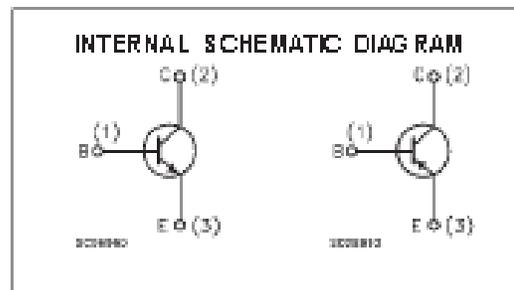
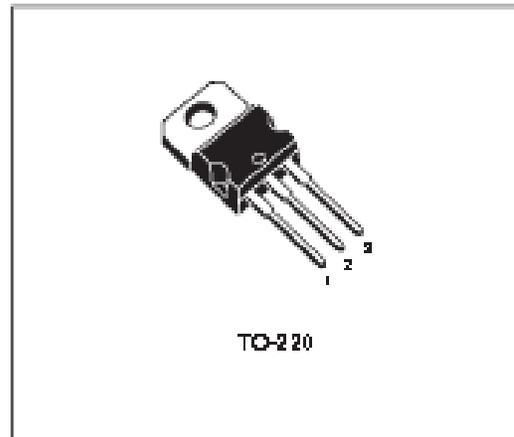
- LINEAR AND SWITCHING INDUSTRIAL EQUIPMENT

DESCRIPTION

The TIP31A and TIP31C are silicon Epitaxial-Base NPN transistors mounted in JEDEC TO-220 plastic package. They are intended for use in medium power linear and switching applications.

The complementary PNP types are TIP32A and TIP32C respectively.

Also TIP32B is a PNP type.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value			Unit	
		NPN	TIP31A	TIP31C		
		PNP	TIP32A	TIP32B	TIP32C	
V_{CB0}	Collector-Base Voltage ($I_C = 0$)		60	80	100	V
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage ($I_C = 0$)		60	80	100	V
V_{EB0}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)		5			V
I_C	Collector Current		3			A
I_{CM}	Collector Peak Current		5			A
I_B	Base Current		1			A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_{case} \leq 25^\circ\text{C}$ $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$		40			W
			2			W
T_{stg}	Storage Temperature		-65 to 150			$^\circ\text{C}$
T_J	Max. Operating Junction Temperature		150			$^\circ\text{C}$

For PNP types voltage and current values are negative

TIP31A/TIP31 C/TIP32A/TIP32B/TIP32C

THERMAL DATA

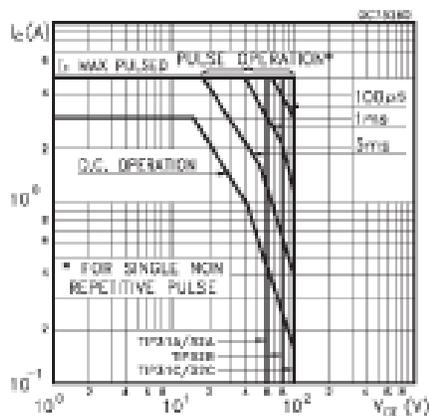
$R_{\theta(jc)}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	3.12	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$R_{\theta(ja)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	62.5	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{\text{case}} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)

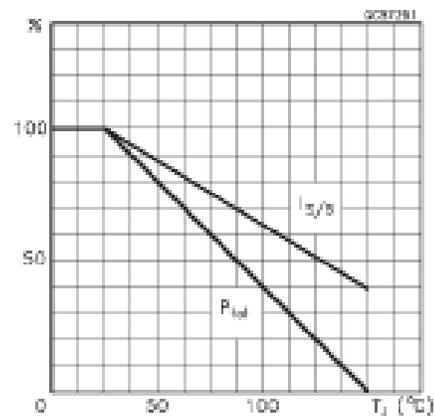
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CO}	Collector Cutoff Current ($I_B = 0$)	for TIP31A/32A $V_{CE} = 30\text{ V}$ for TIP31C/32B/32C $V_{CE} = 60\text{ V}$			0.3	mA
I_{CES}	Collector Cutoff Current ($V_{BE} = 0$)	for TIP31A/32A $V_{CE} = 60\text{ V}$ for TIP32B $V_{CE} = 80\text{ V}$ for TIP32C $V_{CE} = 100\text{ V}$			0.2	mA
I_{EEO}	Emitter Cutoff Current ($I_C = 0$)	$V_{BE} = 5\text{ V}$			1	mA
$V_{CE(sat)}$ ¹	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 30\text{ mA}$ for TIP31A/32A for TIP32B for TIP32C	60 80 100			V
$V_{CE(sat)}$ ²	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 3\text{ A}$ $I_B = 375\text{ mA}$			1.2	V
$V_{BE(sat)}$ ²	Base-Emitter Voltage	$I_C = 3\text{ A}$ $V_{CE} = +V$			1.8	V
h_{FE} ²	DC Current Gain	$I_C = 1\text{ A}$ $V_{CE} = +V$ $I_C = 3\text{ A}$ $V_{CE} = +V$	25 10		50	
h_{FE}	Small Signal Current Gain	$I_C = 0.5\text{ A}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $f = 1\text{ kHz}$ $I_C = 0.5\text{ A}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$	20 3			

¹Pulse t_{pulse} duration = 300 μs , duty cycle $\leq 2\%$
²For PNP types voltage and current values are negative.

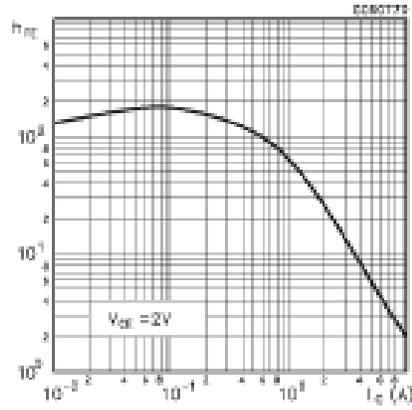
Safe Operating Area



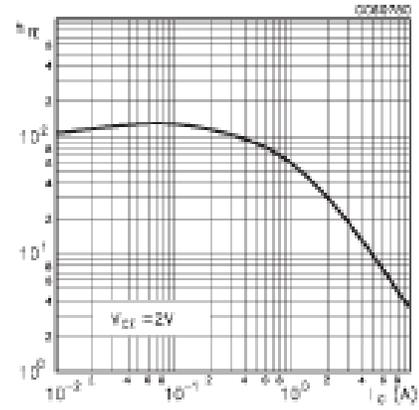
Derating Curves



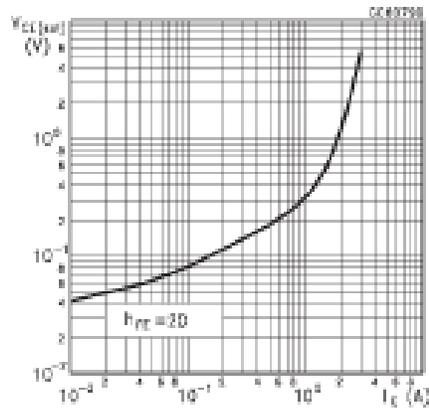
DC Current Gain (NPN type)



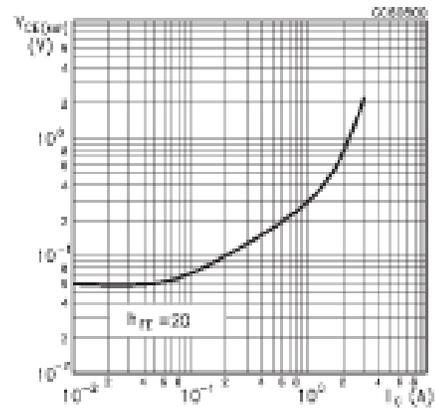
DC Current Gain (PNP type)



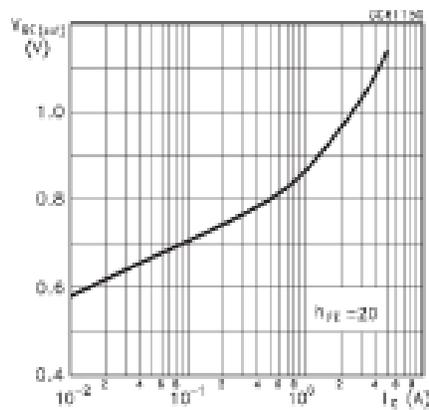
Collector-Emitter Saturation Voltage (NPN type)



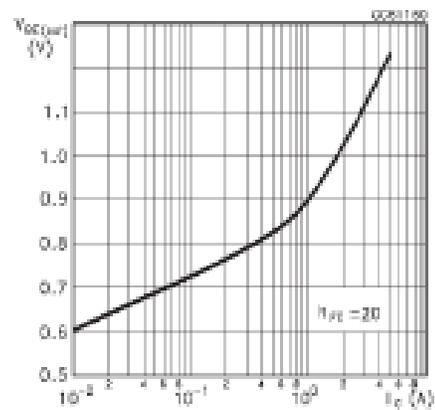
Collector-Emitter Saturation Voltage (PNP type)



Base-Emitter Saturation Voltage (NPN type)

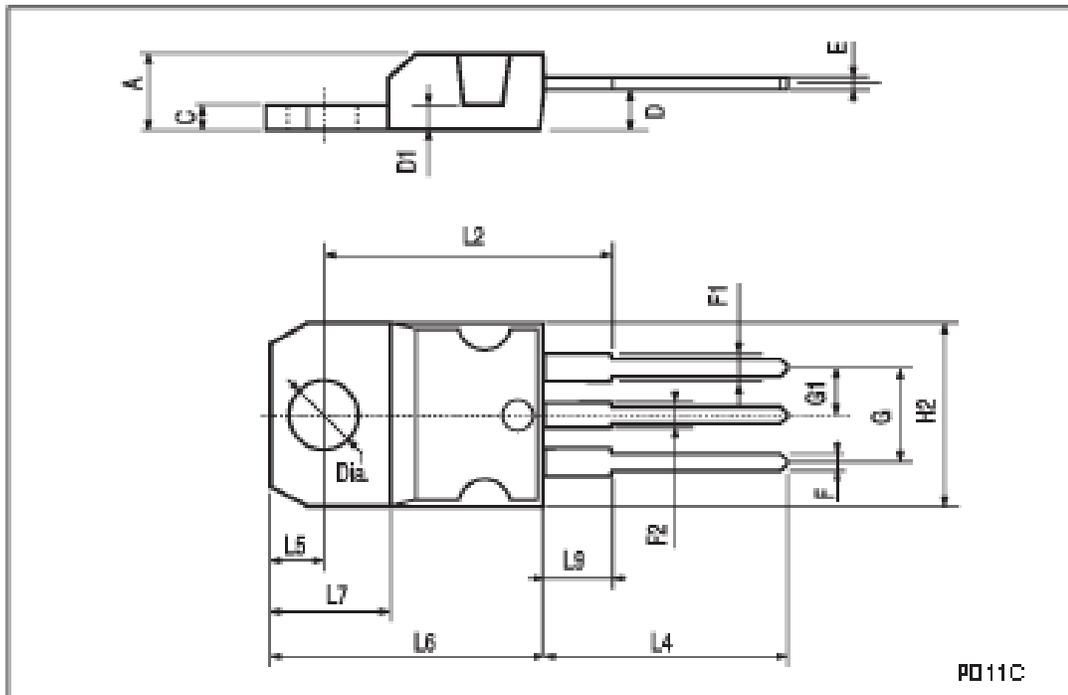


Collector-Base Capacitance (PNP type)



T O-220 MECHANICAL DATA

DIM.	mm			Inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.40		4.60	0.173		0.181
C	1.23		1.32	0.048		0.051
D	2.40		2.72	0.094		0.107
D1		1.27			0.050	
E	0.48		0.70	0.019		0.027
F	0.61		0.83	0.024		0.033
F1	1.14		1.70	0.045		0.067
F2	1.14		1.70	0.045		0.067
G	4.56		5.15	0.180		0.203
G1	2.4		2.7	0.094		0.106
H2	10.0		10.40	0.393		0.409
L2		16.4			0.646	
L4	13.0		14.0	0.511		0.551
L5	2.66		2.96	0.105		0.116
L6	15.25		16.75	0.600		0.660
L7	6.2		6.6	0.244		0.260
L9	3.5		3.93	0.137		0.154
DIA.	3.75		3.85	0.147		0.151

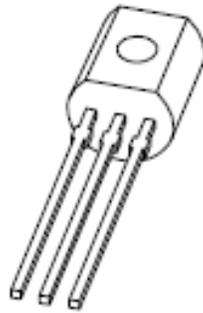


PD11C

TRANSISTOR 2N3904

DISCRETE SEMICONDUCTORS

DATA SHEET



2N3904 NPN switching transistor

Product specification
Supersedes data of 1997 Jul 15

1999 Apr 23

Philips
Semiconductors



PHILIPS

NPN switching transistor**2N3904**

FEATURES

- + Low current (max. 200 mA)
- + Low voltage (max. 40 V).

APPLICATIONS

- + High-speed switching.

DESCRIPTION

NPN switching transistor in a TO-92; SOT54 plastic package. PNP complement 2N3905.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	collector
2	base
3	emitter

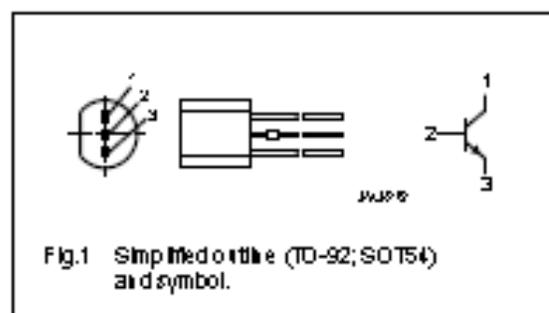


Fig.1 Simplified outline (TO-92; SOT54) and symbol.

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CB0}	collector-base voltage	open emitter	-	60	V
V_{CE0}	collector-emitter voltage	open base	-	40	V
V_{EB0}	emitter-base voltage	open collector	-	5	V
I_C	collector current (DC)		-	200	mA
I_{CM}	peak collector current		-	300	mA
I_{BM}	peak base current		-	100	mA
P_{Tot}	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$; note 1	-	500	mW
T_{stg}	storage temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$
T_J	junction temperature		-	150	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$

Note

1. Transistor mounted on a FR4 printed-circuit board.

NPN switching transistor

2N3904

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th(jc)}$	thermal resistance from junction to ambient	Note 1	250	K/W

Note

1. Transistor mounted on an FR4 printed-circuit board.

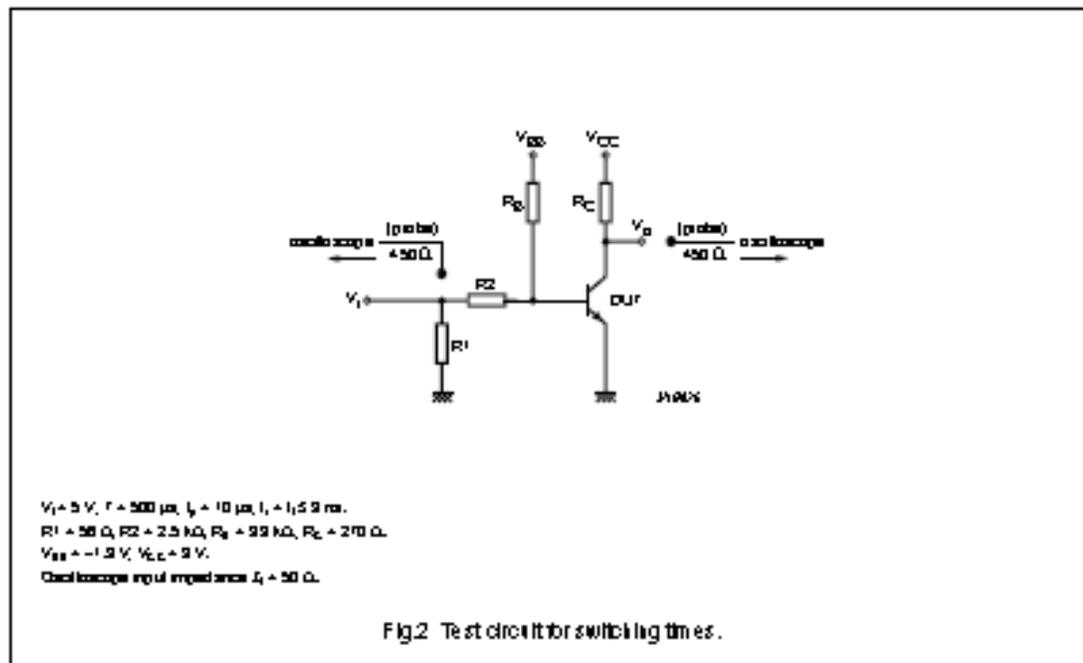
CHARACTERISTICS

 $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
β_{DC}	collector current coefficient	$I_C = 0$; $V_{CE} = 30\text{ V}$	-	50	mA
β_{FE}	emitter current coefficient	$I_C = 0$; $V_{CE} = 5\text{ V}$	-	50	mA
β_{FC}	DC current gain	$V_{CE} = 1\text{ V}$; Note 1 $I_C = 0.1\text{ mA}$ $I_C = 1\text{ mA}$ $I_C = 10\text{ mA}$ $I_C = 50\text{ mA}$ $I_C = 100\text{ mA}$	60 80 100 60 30	- - 300 - -	
$V_{CE(sat)}$	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}$; $I_E = 1\text{ mA}$; Note 1 $I_C = 50\text{ mA}$; $I_E = 5\text{ mA}$; Note 1	-	200 200	mV mV
$V_{BE(sat)}$	base-emitter saturation voltage	$I_C = 10\text{ mA}$; $I_E = 1\text{ mA}$; Note 1 $I_C = 50\text{ mA}$; $I_E = 5\text{ mA}$; Note 1	-	850 950	mV mV
C_c	collector capacitance	$I_C = I_E = 0$; $V_{CE} = 5\text{ V}$; $f = 1\text{ MHz}$	-	4	pF
C_e	emitter capacitance	$I_C = I_E = 0$; $V_{CE} = 500\text{ mV}$; $f = 1\text{ MHz}$	-	8	pF
f_T	transition frequency	$I_C = 10\text{ mA}$; $V_{CE} = 20\text{ V}$; $f = 100\text{ MHz}$	300	-	MHz
F	noise figure	$I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$; $V_{CE} = 5\text{ V}$; $R_S = 1\text{ k}\Omega$; $f = 10\text{ Hz to }15.7\text{ kHz}$	-	5	dB
Switching times (between 10% and 90% levels); see Fig.2					
t_{on}	turn-on time	$I_{C(on)} = 10\text{ mA}$; $I_{E(on)} = 1\text{ mA}$; $I_{E(off)} = -1\text{ mA}$	-	65	ns
t_d	delay time		-	35	ns
t_r	rise time		-	35	ns
t_{off}	turn-off time		-	240	ns
t_s	storage time		-	200	ns
t_f	fall time		-	50	ns

Note

1. Pulse test: $t_p \leq 300\text{ }\mu\text{s}$; $\delta \leq 0.02$.



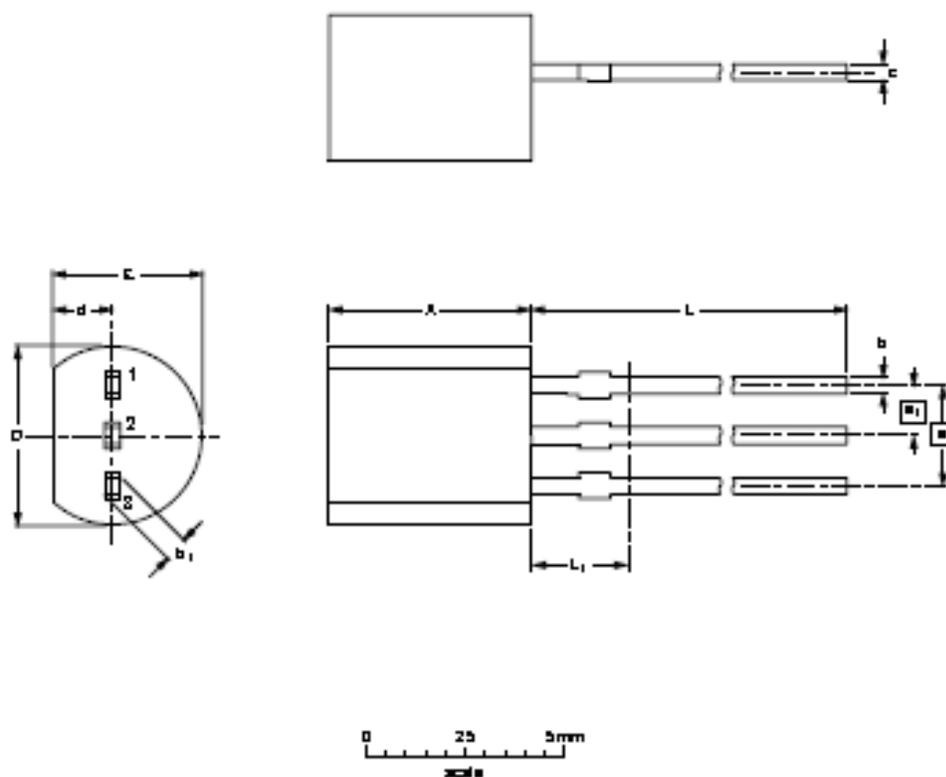
NPN switching transistor

2N3904

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; 3 leads

SOT54



DIMENSIONS in mm unless otherwise indicated

UNIT	A	b	b ₁	c	E	d	e	m	w	L	L ₁
mm	5.2 5.0	0.63 0.40	0.68 0.58	0.45 0.40	4.3 4.4	1.7 1.4	4.2 3.8	2.54	1.27	14.5 12.7	2.5

Note

1. Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal registration.

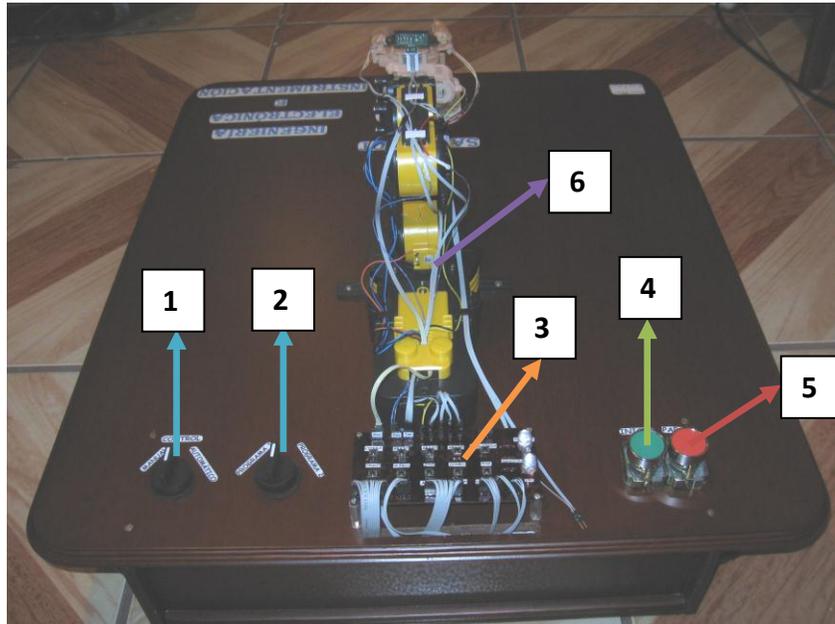
OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN REGISTRATION	ISSUE DATE
	IBC	JEDEC	BAJ		
SOT54		TO-92	SC49		97-02-28

ANEXO VIII

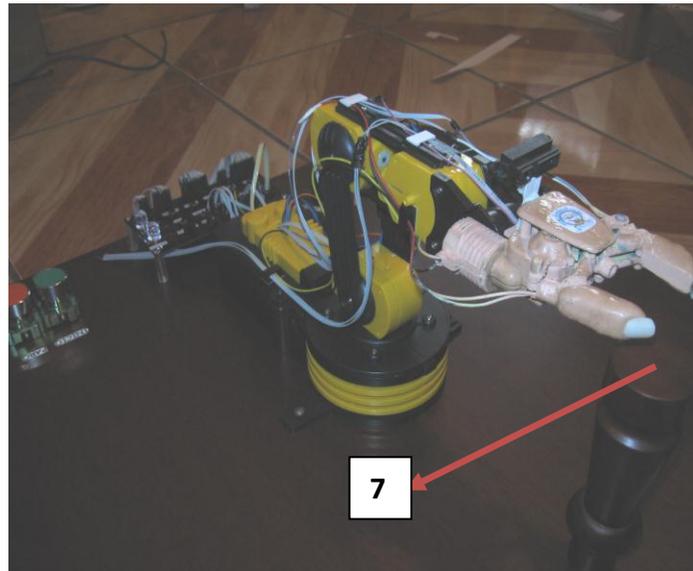
MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE USUARIO

Prototipo de “piel sensible” para robots.



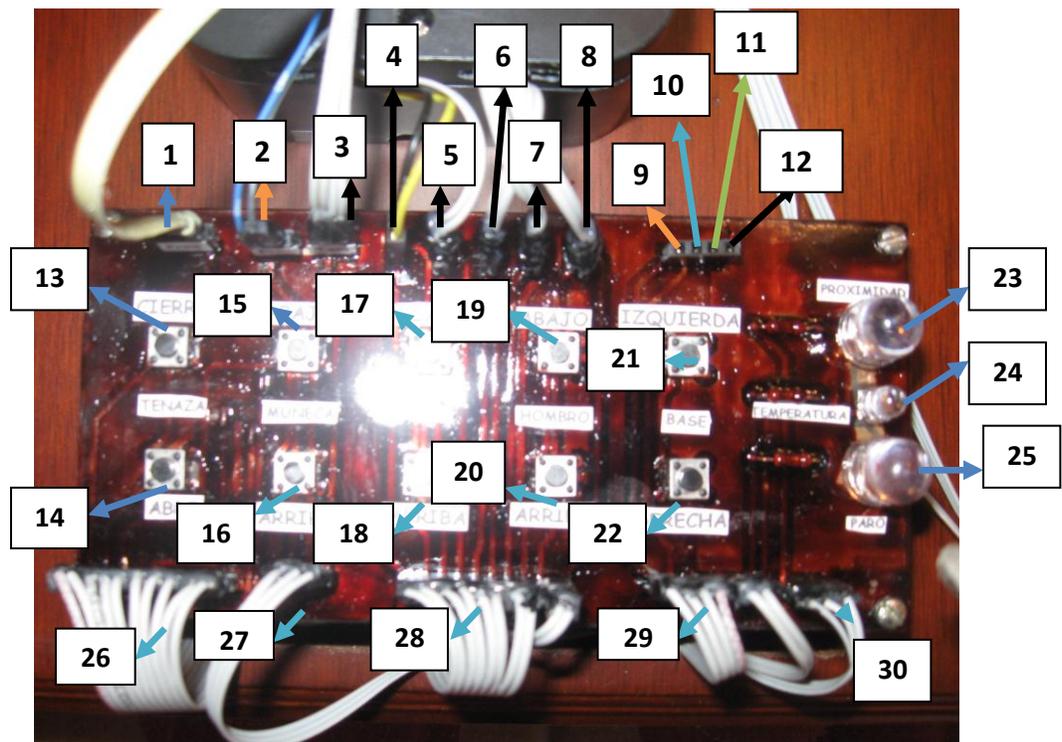
Anexo 8. 1 Descripción física del prototipo (1)



Anexo 8. 2 Descripción física del prototipo (2)

- 1.- Selector de control: manual o automático.
- 2.- Selector de elección del funcionamiento entre programas 1 ó 2.
- 3.- Placa de control manual y del ingreso de alimentaciones, sensores y motores.
- 4.- Botón de Inicio.
- 5.- Botón de Paro.
- 6.- Brazo robótico.
- 7.- Pedestal para la colocación del objeto a tomar.

Placa de control manual y del ingreso de alimentaciones, sensores y motores



Anexo 8. 3 Descripción física de la placa de control manual y del ingreso de alimentaciones, sensores y motores

- 1.- Conector del sensor de proximidad.

- 2.- Conector del sensor de presión.
- 3.- Conector del sensor de temperatura.
- 4.- Conector del motor 1.
- 5.- Conector del motor 2.
- 6.- Conector del motor 3.
- 7.- Conector del motor 4.
- 8.- Conector de motor 5.
- 9.- Conector para la alimentación de +12 V.
- 10.- Conector para la alimentación de -12 V.
- 11.- Conector para la alimentación de +5 V.
- 12.- Conector para la alimentación de tierra.
- 13.- Botón para el cierre de la tenaza.
- 14.- Botón para la apertura de la tenaza.
- 15.- Botón para bajar la muñeca.
- 16.- Botón para subir la muñeca.
- 17.- Botón para bajar el codo.
- 18.- Botón para subir el codo.
- 19.- Botón para bajar el hombro.

- 20.- Botón para subir el hombro.
- 21.- Botón para mover a la izquierda la base.
- 22.- Botón para mover a la derecha la base.
- 23.- Led indicador de proximidad.
- 24.- Led indicador de temperatura.
- 25.- Led indicador de para general.
- 26.- Salidas de señales de los pulsadores hacia la placa de potencia.
- 27.- Salidas de las señales de los sensores hacia la placa de control.
- 28.- Ingreso de las señales de la placa de potencia hacia los motores.
- 29.- Salida de las alimentaciones hacia la placa de control y de potencia.
- 30.- Ingreso de las señales de los led indicadores.

Forma de manejo del prototipo.

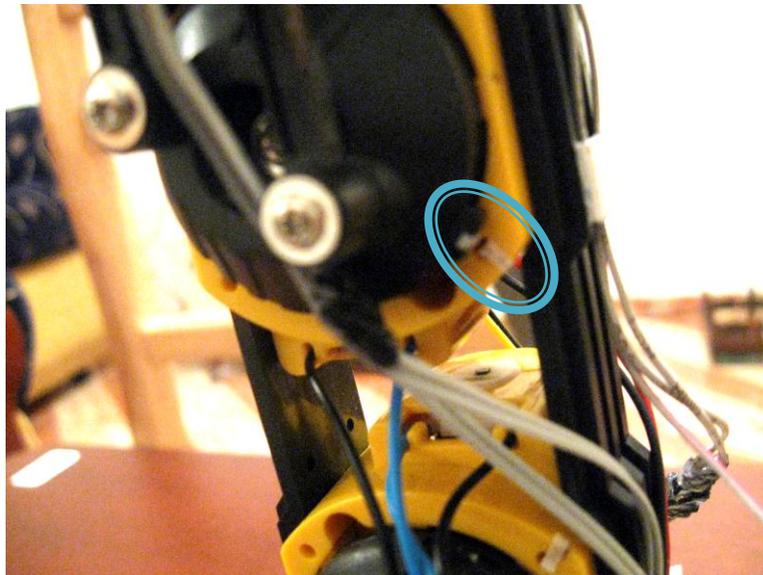
Conexión de los terminales de alimentación, sensores y motores:

1. Conectar los cables de las alimentaciones en la placa de control manual y del ingreso de alimentaciones, sensores y motores.
2. Conectar los terminales de los motores en sus respectivos conectores.
3. Conectar los terminales de los sensores en sus respectivos conectores.
4. Conectar el bus de alimentación que va hacia la placa de control y la placa de potencia.

5. Conectar el bus de las salidas de señales de los pulsadores hacia la placa de potencia.
6. Conectar las salidas de las señales de los sensores hacia la placa de control.
7. Conectar el bus de ingreso de las señales de la placa de potencia hacia los motores.
8. Conectar el bus de ingreso de las señales de los led indicadores.

Puesta en home:

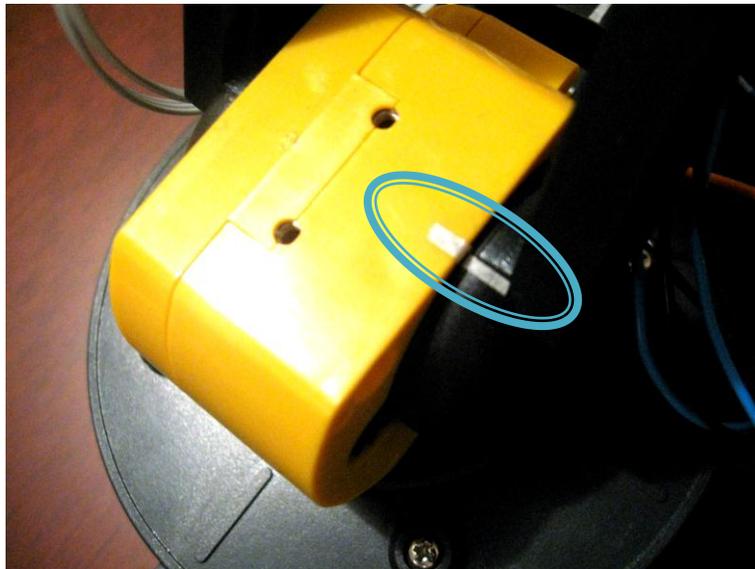
9. Colocar el selector de control en manual.
10. Mover los motores con los respectivos botones hasta ponerlos en la posición home, esto se logra observando las marcas puestas para cada caso.



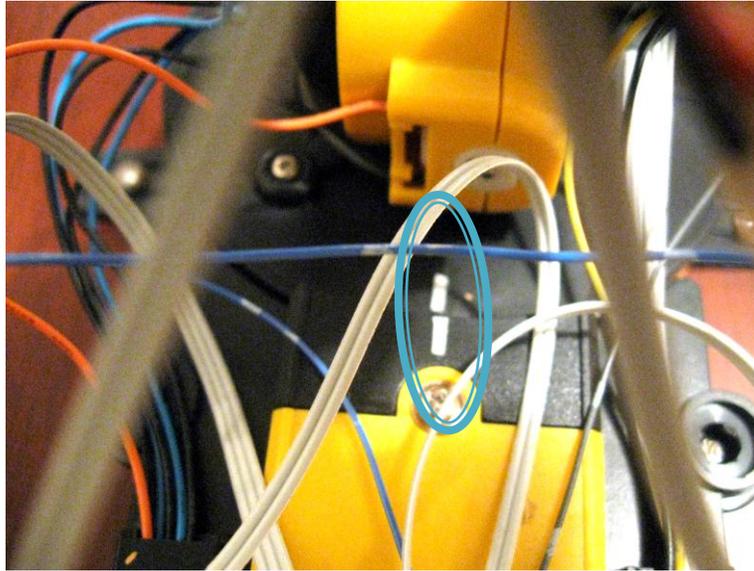
Anexo 8. 4 Posición home del motor 2



Anexo 8. 5 Posición home del motor 3



Anexo 8. 6 Posición home del motor 4



Anexo 8. 7 Posición home del motor 5

Ejecución del programa 1:

11. Colocar el selector de control en automático.
12. Colocar el selector de funcionamiento en programa 1.
13. Colocar el objeto de prueba correspondiente al programa 1 en el pedestal.



Anexo 8. 8 Objeto a tomar en el programa 1

14. Pulsar el botón de inicio.

Ejecución del programa 2:

- 15.** Colocar el selector de control en automático.
- 16.** Colocar el selector de funcionamiento en programa 2.
- 17.** Colocar el objeto de prueba correspondiente al programa 2 en el pedestal.



Anexo 8. 9 Objeto a tomar en el programa 2

- 18.** Pulsar el botón de inicio.
- 19.** De ser necesario se debe colocar de nuevo en la posición home.

GLOSARIO

D

Desentrañar.- Sacar, arrancar las entrañas. Averiguar, penetrar lo más dificultoso y recóndito de una materia. Dicho de una persona: Desapropiarse de cuanto tiene, dándoselo a otra en prueba de amor y cariño.

E

Extensómetro.- Instrumento para medir cambios en dimensiones lineales. También se denomina indicador de deformación. Con frecuencia está basado en la tecnología de indicadores (galgas) de deformación.

G

Gripper.- Instrumento cuyos extremos se aproximan para sujetar algo. Instrumento de metal, a manera de tenacillas, que sirve para coger o sujetar cosas menudas.

P

Polímero.- Compuesto químico, natural o sintético, formado por polimerización y que consiste esencialmente en unidades estructurales repetidas.

R

Rondana.- Rodaja de plomo o cuero engrasado, agujereada en el centro, que se utiliza para asiento de tuercas y cabezas de tornillos.



Triedro.- Figura geométrica formada en una superficie por dos líneas que parten de un mismo punto; o también la formada en el espacio por dos superficies que parten de una misma línea.

Trócares.- Instrumento de cirugía que consiste en un punzón con punta de tres aristas cortantes, revestido de una cánula.

Latacunga, abril del 2011

Diana Sabina Albán Peñafiel
C.I. 1804143335

Fredy Rolando Salazar Sangucho
C.I.0503163040

Ing. Armando Álvarez
DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA E
INSTRUMENTACIÓN

Dr. Eduardo Vásquez
SECRETARIO ACADÉMICO