

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT MÓVIL PROTOTIPO
DISPENSADOR DE BANDEJAS**

Santiago Vladimir Gómez Rosero

SANGOLQUÍ – ECUADOR

2010

CERTIFICACIÓN

Certificamos que la elaboración de la presente tesis fue realizada en su totalidad por Santiago Vladimir Gómez Rosero, como requisito para la obtención del título en CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL.

DIRECTOR

Ing. Hugo Ortiz

CODIRECTOR

Ing. Víctor Proaño

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida por permitirme terminar este ciclo de estudios e iniciar uno con nuevos retos y puertas por abrir.

Agradezco a mis padres y familia por darme el soporte y el apoyo para terminar esta carrera y alentarme a seguir adelante.

Y agradezco a los buenos amigos, amigas y personas cercanas por ayudarme y darme ánimos.

PROLOGO

Este escrito documenta los procesos realizados para diseñar y construir un robot prototipo móvil que lleve a cabo la tarea de entregar bandejas con medicinas o comida en distintos cuartos de una pista de recorrido.

El objetivo de realizar y poner en funcionamiento un primer prototipo, es generar información base y documentación para posteriores proyectos robóticos que realicen entrega de bandejas en cuartos de un hospital o clínica.

Para lograr que el prototipo realice la tarea de entrega de bandejas, se ha diseñado y construido piezas y mecanismos de un brazo manipulador, se ha diseñado y construido una plataforma móvil que cargue el peso de todo el prototipo en conjunto con el brazo manipulador y que permita la movilidad para trasladarse y seguir la pista de recorrido.

Igualmente, se documenta el diseño e implementación de la instrumentación, el hardware de control y actuadores requeridos para poner en marcha electrónicamente al prototipo. Se documenta el desarrollo del firmware cargado en el microcontrolador del robot para que realice secuencialmente las distintas acciones tales como seguir la línea de la pista de recorrido, identificar puntos de cruce y de entrega, recoger la bandejas, trasladarlas y depositarlas en la mesa designada para la entrega, retornar a la pista de recorrido, trasladarse hasta el siguiente punto de entrega designado por el operador, hasta completar la entrega de las bandejas designadas, y finalmente, volver al punto desde donde partió.

Posteriormente, se documenta el funcionamiento del robot prototipo en un recorrido de prueba para la entrega de dos bandejas en dos cuartos diferentes y cómo realizar todas las tareas para las que fue diseñado, construido y programado para que el lector pueda constatar el resultado final del prototipo construido.

ÍNDICE

PROLOGO	7
ÍNDICE	9
CAPITULO 1.....	13
INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 ANTECEDENTES.....	13
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	14
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	15
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	15
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	15
1.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	15
CAPITULO 2.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA.....	19
2.1.1 <i>Generaciones de Robots</i>	19
2.1.2 <i>Clasificación de la Robótica de Acuerdo a su Aplicación</i>	20
2.1.3 <i>Clasificación de los Robots de Acuerdo a su Arquitectura</i>	20
2.1.4 <i>Introducción a la Robótica de Servicio</i>	21
2.2 INSTRUMENTACIÓN.....	23
2.2.1 <i>Sensores</i>	23
2.2.2 <i>Acondicionamiento de Señal</i>	23
2.2.3 <i>Sensores del Tipo Infrarrojo</i>	24
2.3 MICROCONTROLADORES	26
2.3.1 <i>Introducción</i>	26
2.3.2 <i>Descripción de los Microcontroladores</i>	26
2.3.3 <i>Ventajas de los Microcontroladores</i>	27
2.3.4 <i>Recursos de los Microcontroladores</i>	27
2.3.5 <i>Lenguajes de Programación de los Microcontroladores</i>	30
2.4 MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA PEQUEÑOS PARA APLICACIONES DE ROBOTS.....	31
2.4.1 <i>Definición de Motor CC</i>	31
2.4.2 <i>Principio de Funcionamiento</i>	31
2.4.3 <i>Piezas de un Motor DC para Aplicaciones de Robots</i>	32
CAPITULO 3.....	35
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA	35
3.1 DISEÑO DEL BRAZO MANIPULADOR	35
3.1.1 <i>Diseño del Mecanismo de Movimiento Horizontal (Codo)</i>	36
3.1.2 <i>Diseño del Mecanismo de Movimiento Vertical (Hombro)</i>	43
3.1.3 <i>Vistas del Brazo Manipulador Completo</i>	49
3.2 DISEÑO DE LA PLATAFORMA MÓVIL.....	50
3.2.1 <i>Diseño del Mecanismo de Tracción</i>	51
3.2.2 <i>Diseño de la Plataforma Base y Soporte Superior</i>	55
3.2.3 <i>Vistas de la Plataforma Móvil Completa</i>	60
3.3 DISEÑO DEL PORTA-BANDEJAS	62

CAPITULO 4	65
DISEÑO DEL HARDWARE	65
4.1 COMPOSICIÓN GENERAL DEL HARDWARE DEL PROTOTIPO	65
4.2 SISTEMA DE NAVEGACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE CRUCE	69
4.2.1 <i>Subsistema de Seguimiento de Línea Recta de Color Negro</i>	69
4.2.2 <i>Subsistema de Identificación de Cruce</i>	72
4.3 INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA EN EL PROTOTIPO.....	76
4.3.1 <i>Sensores Ópticos</i>	76
4.3.2 <i>Sensores Mecánicos</i>	82
4.4 ACTUADORES DEL PROTOTIPO.....	83
4.4.1 <i>Motores de Corriente Continua</i>	83
4.4.2 <i>Electroimán</i>	88
4.5 SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON LA PC	89
4.6 SISTEMA DE ENERGÍA – ALIMENTACIÓN DEL PROTOTIPO	91
CAPITULO 5	93
DESARROLLO DEL SOFTWARE.....	93
5.1 DESARROLLO DEL FIRMWARE	93
5.1.1 <i>Configuración y Asignación de Puertos</i>	94
5.1.2 <i>Secuencia Interrupciones y sus Funciones</i>	102
5.1.3 <i>Función del Menú Principal y sus Funciones</i>	108
5.1.4 <i>Funciones de Comunicación con la PC y Presentación de Error</i>	112
5.1.5 <i>Función Principal Control del Recorrido</i>	117
5.1.6 <i>Funciones de Recorrido de la Pista con PWM</i>	125
5.1.7 <i>Funciones de Control del Brazo Manipulador</i>	135
5.2 INSTRUCCIONES Y TERMINAL DE COMUNICACIÓN CON EL PROTOTIPO	141
5.2.1 <i>Configuración de la Terminal de Comunicación con el Prototipo</i>	141
5.2.2 <i>Envío de Instrucciones e Interpretación de las Información Recibida</i>	143
CAPITULO 6	149
CONSTRUCCIÓN DEL ROBOT PROTOTIPO	149
6.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES Y/O DISPOSITIVOS	149
6.1.1 <i>Componentes y Dispositivos del Codo del Brazo Manipulador</i>	149
6.1.2 <i>Componentes del Hombro del Brazo Manipulador</i>	151
6.1.3 <i>Dispositivo del Sistema de Identificación de la Plataforma Móvil</i>	152
6.1.4 <i>Componentes del Sistema de Seguimiento de Línea de la Plataforma Móvil</i>	152
6.1.5 <i>Componentes del Sistema de Tracción de la Plataforma Móvil</i>	153
6.1.6 <i>Componente de Medición del Acercamiento a la Mesa de la Plataforma Móvil</i>	153
6.2 INTEGRACIÓN E INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS	154
6.2.1 <i>Integración e Instalación del Área del Codo del Brazo Manipulador</i>	155
6.2.2 <i>Integración e Instalación del Área del Hombro del Brazo Manipulador</i>	156
6.2.3 <i>Integración e Instalación del Área de la Plataforma Base</i>	157
6.2.4 <i>Integración e Instalación del Área de la Plataforma Superior y el Porta-bandejas</i>	159
6.2.5 <i>Vista General del Prototipo Construido</i>	160
6.3 ESTRUCTURA DE LA CARCASA DEL PROTOTIPO	161
6.3.1 <i>Estructura de Soporte</i>	161
6.3.2 <i>Cubierta Horizontal Inferior</i>	162
6.3.3 <i>Cubierta Pared Posterior</i>	162
6.3.4 <i>Cubierta Pared Lateral Izquierda</i>	164
6.3.5 <i>Cubierta Pared Lateral Derecha</i>	165
6.3.6 <i>Cubierta Pared Frontal</i>	166
6.3.7 <i>Cubierta Superior</i>	168
6.3.8 <i>Cilindros Cromados Esquineros</i>	169
6.4 PISTA DE RECORRIDO PARA EL PROTOTIPO	171

CAPITULO 7	173
PRUEBAS Y RESULTADOS	173
7.1 PRUEBAS.....	173
7.1.1 <i>Pista de Pruebas para el Recorrido</i>	173
7.1.2 <i>Pruebas y Calibración del Brazo Manipulador</i>	174
7.1.3 <i>Pruebas y Calibración de los Sensores de Seguimiento de Línea</i>	175
7.1.4 <i>Pruebas de Funcionamiento de las Secuencias por Error</i>	176
7.1.5 <i>Pruebas de Recorrido de la Pista y Entrega de Bandejas por el Prototipo</i>	179
7.2 RESULTADOS.....	183
7.2.1 <i>Resumen de las Calibraciones Realizadas</i>	183
7.2.2 <i>Resultados de las Pruebas de las Funciones de Error</i>	184
7.2.3 <i>Resultados Prueba de Recorrido de la Pista y Entrega de dos Bandejas por el Prototipo</i> ...	185
7.2.4 <i>Resultado Final</i>	196
CAPITULO 8	197
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	197
8.1 CONCLUSIONES.....	197
8.2 RECOMENDACIONES	199
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	201
ANEXO 1	203
ÍNDICE DE FIGURAS	217
ÍNDICE DE TABLAS	221
GLOSARIO	223
INDICE DE DATASHEETS	225

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La robótica viene experimentando un auge y gracias al desarrollo tecnológico y al trabajo de investigadores en todo el mundo, se han logrado avances considerables en todos los campos de la robótica. Este progreso acelerado se debe a una combinación de varios factores tales como la creciente capacidad de procesamiento de los procesadores actuales y los resultados que se van obteniendo con los nuevos prototipos en el área mecánica y de instrumentación.

Además, cada día existen más investigadores alrededor del mundo que trabajan en una nueva generación de máquinas que puedan educar, asistir y entretener a los seres humanos en sus hogares y lugares de trabajo; esta nueva rama en la robótica se la conoce como robots de servicio.

En nuestro país existen muy pocas investigaciones y desarrollo en el área de robots de servicio en especial en el área donde se atiende a pacientes en hospitales y clínicas públicas y privadas. Siendo escaso este desarrollo de investigaciones robóticas para servicio, se ha propuesto como punto de partida el diseño y la construcción de un autómata prototipo que pueda brindar un servicio especializado dentro de un hospital y clínica. Para ello, se ha considerado un robot prototipo dispensador de bandejas que pueda navegar por la planta del centro hospitalario, que identifique los distintos cuartos de los pacientes y se encargue de entregar una bandeja de comida o medicinas en la mesa de servicio de cada paciente.

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Hoy en día, la implementación de robots en el área de servicio al ser humano va creciendo continuamente y abriéndose a nuevos campos que antes no eran considerados de importancia. Tanto es así que en Internet se puede obtener variada información de cómo van avanzando las tecnologías en la robótica para asistir o servir al ser humano en tareas cotidianas tales como ayudar en la cocina del hogar, interactuar con personas en restaurantes y otros más.

La implementación de una plataforma móvil con brazo electromecánico dedicado a la entrega de bandejas en la planta de un hospital o clínica abre nuevos campos a la robótica en nuestro país, además del aumento del desarrollo tecnológico en áreas que todavía no han sido aplicadas a la ingeniería electrónica en nuestro medio.

El proyecto consta de la integración de varios sistemas o dispositivos para lograr el objetivo final de entregar la bandeja en la mesa de servicios del cuarto de un paciente; para ello, se acoplan sistemas de navegación por pista en el pasillo de una clínica; identificación de su ubicación y puntos de entrega; movilización de la plataforma; reconocimiento, sujeción y entrega de la bandeja. Todos estos sistemas deben ser controlados bajo un mismo hardware y software para cumplir con cada una de las secuencias y cumplir con la entrega de la bandeja en la mesa solicitada.

La investigación y desarrollo de estos sistemas implementándolos como un único sistema móvil, es el primer paso que se desea realizar para explorar el campo de la robótica de servicio en nuestro medio. Los resultados que arroja este proyecto de un prototipo móvil para entrega de bandejas, permitirán elaborar un segundo y posteriores prototipos con mayor capacidad y mejor adaptación a circunstancias más reales en un hospital o clínica privada.

Igualmente, la importancia del proyecto radica en abrir la robótica a nuevos campos dentro de nuestro ámbito, dando nuevas posibilidades de desarrollo de sistemas que permitan a nuestro país, crecer en el área de la tecnología y, a su vez, apoyar a los seres humanos en tareas repetitivas que pueden ser suplidas por sistemas electromecánicos móviles.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo General

Diseñar y construir un robot móvil prototipo dispensador de bandejas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar la estructura mecánica del brazo manipulador y de la plataforma móvil que transporta a todo el sistema.
- Diseñar un sistema de navegación simple y eficiente para la orientación y ubicación del robot dentro del piso del hospital o clínica.
- Diseñar un sistema de identificación de la ubicación del robot y de los puntos de entrega de las distintas bandejas.
- Diseñar el sistema de sensores, actuadores y hardware de control del robot prototipo.
- Desarrollar el firmware que controle el hardware del robot prototipo.
- Establecer un medio de comunicación entre el operador y el robot prototipo.
- Seleccionar los componentes y/o dispositivos que cumplan con los requerimientos del diseño.
- Construir el robot prototipo.
- Realizar pruebas en una pista de pruebas para verificar el buen desempeño y funcionalidad del robot.
- Documentar el proyecto.
- Documentar la experiencia del primer prototipo para generar recomendaciones para proyectos similares que se consideren construir a futuro.

1.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto consiste en diseñar, construir y poner en funcionamiento un prototipo de robot móvil que tenga las capacidades de desplazarse y recorrer una pista en simulación de los pasillos de un centro de salud; ingresar a los cuartos y entregar la bandeja correspondiente para lo cual fue enviado.

Para desplazarse, el robot debe tener un sistema de seguimiento de línea negra y a su vez, en la pista debe estar trazada la línea indicadora del camino que debe recorrer la plataforma. Debido a que la planta de un hospital pueden presentar varios pasillos e intersecciones, la plataforma debe tener la capacidad de distinguir qué camino tomar para llegar a su destino.

Otro sistema importante que se debe construir en el prototipo es la capacidad de identificar la posición en la que se encuentra en la pista, identificar qué puntos son de decisión y cuáles son de entrega, e identificar el punto de entrega en que se encuentra para despachar la bandeja correspondiente cargada por un operador.

Debido a que el prototipo se va a encontrar en un ambiente con movimiento variable, es necesario que no cometa errores tales como salirse de la pista o confundir cuartos o entrega de bandejas cambiadas; por ello, el sistema requiere que se programen refuerzos de seguridad para que, al momento de producirse un error, el prototipo se detenga y solicite la asistencia del operador.

La navegación por la pista debe ser automática; esto implica que el prototipo tenga la capacidad de seguir la dirección correcta dentro de los pasillos, tomar decisiones a nivel muy básico en los cruces o intersecciones para continuar el recorrido y reconocer en qué momento está ingresando a un cuarto para la entrega de la bandeja correspondiente.

Para la función de entrega de bandejas, el robot debe contar con el mecanismo de un brazo manipulador que recoja la bandeja designada de un compartimiento tipo porta-bandejas, la ubique en posición de entrega, realice un desplazamiento de acercamiento a la mesa de entrega y, posteriormente, deposite la bandeja en la superficie de la mesa.

Una vez que el prototipo entrega la bandeja, la plataforma debe estar en capacidad de salir del cuarto, regresar por donde ingresó y reincorporarse, de nuevo, al recorrido de la pista.

Para generar un sistema de entrega eficaz, el robot debe tener capacidad de entrega de más de una bandeja simultánea; esto quiere decir, que el prototipo inicia su recorrido cargado de dos o tres bandejas al mismo tiempo y debe realizar el recorrido de entrega de las bandejas cargadas una vez que el operador haya ingresado las instrucciones.

Por ejemplo:

Se carga al robot con dos bandejas y se lo programa para que entregue la bandeja 2 en el cuarto 1 y la bandeja 1 en el cuarto 3 de la planta del hospital; con ello, el prototipo genera una función de entrega múltiple con un solo recorrido.

La programación del prototipo y mecanismos construidos deben permitir la entrega independiente de las bandejas en cualquier cuarto. Esto quiere decir que la entrega de cualquier bandeja sea la 1, 2 o 3 se pueda realizar en cualquier cuarto.

El robot siempre estará en contacto con un operador por un medio inalámbrico donde no se requiera la presencia física del operador mientras el prototipo recorre la pista; el operador debe tener el acceso para programar en el robot el recorrido de la pista, el acceso para cargar las bandejas de entrega y realizar el recambio de baterías para la operación normal del prototipo.

Una vez que haya sido diseñado y construido este prototipo, es también necesario construir una pista de pruebas y realizar pruebas de recorrido con la entrega de las bandejas designadas.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA

La robótica es la ciencia y la tecnología de los robots. Se ocupa del diseño, manufactura y aplicaciones de los robots. La robótica combina diversas ingenierías como son: la ingeniería mecánica, la ingeniería electrónica, la ingeniería informática, la inteligencia artificial y la ingeniería de control.

2.1.1 Generaciones de Robots

- **1ª Generación de robots:** Del tipo Manipuladores, son básicamente sistemas mecánicos multifuncionales con un sencillo sistema de control.
- **2ª Generación de robots:** Robots con aprendizaje secuencial y básico, repiten una secuencia de movimientos que ha sido ejecutada previamente por un operador humano.
- **3ª Generación de robots:** Robots con sistemas de control y sensores. El controlador es una computadora que ejecuta las órdenes de un programa y las envía al manipulador para que realice los movimientos necesarios.
- **4ª Generación de robots:** Robots con sistemas de control inteligentes. Son similares a los anteriores, pero además poseen sensores que envían información a la unidad principal de control, con mayores capacidades de procesamiento, sobre el estado del proceso. Esto permite al robot realizar procesos de decisión inteligentes y el control del proceso en tiempo real.

2.1.2 Clasificación de la Robótica de Acuerdo a su Aplicación

Robótica Industrial: Es el área de la robótica que se dedica a la construcción de máquinas capaces de realizar tareas mecánicas y repetitivas de una manera muy eficiente y con costes reducidos.

Robótica de Servicio: Es el área de la robótica que se centra en el diseño y construcción de máquinas capaces de proporcionar servicios directamente a los miembros que forman sociedad.

Robótica Inteligente: Son robots capaces de desarrollar tareas y procesamiento de alto nivel para realizar tareas que requieren el uso de capacidad de razonamiento.

Robótica Humanoide: Es el área de la robótica que se dedica al desarrollo de sistemas robotizados para imitar determinadas características del ser humano.

2.1.3 Clasificación de los Robots de Acuerdo a su Arquitectura

La arquitectura es definida por el tipo de configuración general del robot. Los dispositivos y mecanismos que pueden agruparse bajo la denominación genérica del robot, tal como se ha indicado, son muy diversos y es, por tanto, difícil establecer una clasificación coherente de los mismos que resista un análisis crítico y riguroso.

Robots fijos o de desplazamiento limitado

En este grupo están los robots de muy diversa forma y configuración, cuya característica común es la de ser básicamente sedentarios (aunque excepcionalmente pueden ser guiados para efectuar desplazamientos limitados) y son estructurados para mover sus elementos terminales en un determinado espacio de trabajo. En este grupo se encuentran los robots tipo manipuladores, los robots industriales, los robots cartesianos.

Robots móviles

Son robots con gran capacidad de desplazamiento, basados en carros o plataformas y dotados de un sistema locomotor de tipo rodante. Siguen su camino por telemando o guiándose por la información recibida de su entorno a través de sus sensores. Estos robots aseguran el transporte de piezas o elementos de un punto a otro mediante pistas materializadas con guías diversas como seguimientos de líneas de color o elementos electromagnéticos en la superficie de la pista; pueden incluso, llegar a sortear obstáculos y están dotados de un nivel relativamente elevado de inteligencia.

Robots tipo androides

Son robots que intentan reproducir total o parcialmente la forma y el comportamiento cinemático del ser humano. Actualmente, los androides son todavía dispositivos muy poco evolucionados y sin utilidad práctica y destinados, fundamentalmente, al estudio y experimentación.

Robots tipo zoomórficos

Los robots zoomórficos –que considerados en sentido no restrictivo podrían incluir también a los androides–, constituyen una clase caracterizada principalmente por sus sistemas de locomoción que imitan a los diversos seres vivos.

Robots Híbridos

Estos robots corresponden a aquellos de difícil clasificación cuya estructura se sitúa en combinación con alguna de las anteriores ya expuestas, bien sea por conjunción o por yuxtaposición. Por ejemplo, pueden considerarse híbridos algunos robots formados por la yuxtaposición de un cuerpo formado por un carro móvil y de un brazo semejante al de los robots industriales. En parecida situación se encuentran algunos robots antropomorfos y que no pueden clasificarse ni como móviles ni como androides, tal es el caso de los robots de servicio o personales.

2.1.4 Introducción a la Robótica de Servicio

Desde los primeros desarrollos, hace unos 50 años, la robótica ha experimentado una extraordinaria expansión en el ámbito de la fabricación de diferentes sistemas industriales, especialmente en la fabricación de automóviles. Para ello, ha utilizado robots denominados industriales, de gran popularidad en los ámbitos tecnológicos y que tienen un mercado ampliamente consolidado.

En la última década, ha aparecido una necesidad de extender estas realizaciones a otros ámbitos, tratando de que los robots realicen tareas distintas de las industriales de producción. Para responder a esta demanda, aparece lo que se denomina Robótica de Servicio. La Federación Internacional de Robótica, organismo que coordina las actividades en esta área tecnológica de los países con mayor nivel de desarrollo define un robot de servicio como:

“Un robot que opera de manera automática o semiautomática para realizar servicios útiles al bienestar de los humanos o a su equipamiento, excluyendo las operaciones de fabricación”.

Como características especiales de los robots de servicio –que los hacen diferentes de los robots industriales–, se pueden destacar las siguientes:

En su aspecto físico, los robots dejan de ser un simple brazo, como lo son los robots industriales, para formar una estructura más compleja que puede tener varios brazos y otros dispositivos.

En general, los robots de servicio incluyen dispositivos de locomoción que le dan la capacidad de desplazarse en los diferentes medios en que se vaya a desenvolver. A veces, el robot es sencillamente este dispositivo de locomoción.

La complejidad y falta de estructuración de las operaciones que tienen que realizar, así como la diversidad de objetos que deben manipular, exigen que los robots de servicio estén dotados de un potente sistema sensorial.

En cuanto a la estructura física, existen cada vez más exigencias respecto a las características de éstas. Se puede hablar de robots de elevadas dimensiones o de elevada capacidad de carga, lo que requiere estructuras muy robustas o mini, micro y nanorobots, de dimensiones extraordinariamente pequeñas, capaces de introducirse en cavidades de dimensiones muy pequeñas para realizar tareas complejas

Los robots de servicio deben tener también la capacidad de desplazarse para situarse en su lugar de trabajo, a veces situado alejado del puesto de control o en un lugar de muy difícil acceso o situado en un entorno incómodo o peligroso para los humanos.

Las necesidades de navegación autónoma de los robots, así como los requerimientos de manipulación de objetos de formas y tamaños diversos, exigen también la dotación de sofisticados sistemas sensoriales. Un robot debe ser capaz de reconocer el entorno en el que se va a mover, así como la forma de los objetos que va a manipular. Ello le permitirá, además, conocer los obstáculos que impiden su movimiento y tomar decisiones para esquivarlos. La visión, igual que en los seres vivos, es el sentido más apropiado para este cometido, especialmente la denominada visión 3D cuyo propósito es conocer la tercera dimensión de los objetos. También es importante destacar las capacidades sensoriales en

fuerzas de las que pueden estar dotados los manipuladores de los robots y que les permiten realizar tareas con gran destreza y precisión.

2.2 INSTRUMENTACIÓN

Es el área de la electrónica –principalmente analógica–, que se encarga del diseño y manejo de los elementos y dispositivos electrónicos y eléctricos, para realizar mediciones de acuerdo a las necesidades del sistema de control. La instrumentación electrónica se aplica en el control, manejo de los sensores y procesamiento de la información proveniente de variables físicas y químicas, a partir de las cuales se realiza el monitoreo y control de procesos.

2.2.1 Sensores

Un sensor es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio. Con frecuencia, una condición de cambio, se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta). También puede ser una cantidad capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica).

Se usa en todo tipo de procesos industriales y no industriales para propósitos de monitoreo, medición, control y proceso.

2.2.2 Acondicionamiento de Señal

La señal de salida de un sensor no siempre es válida para el sistema de control. Por lo general, requiere de un sistema de amplificación para adaptar sus niveles a los requeridos por el sistema de control. Igualmente, en ocasiones no sólo es necesario adaptar los niveles de la señal, también es necesario rectificar o linealizar una señal de un elemento que es propenso a muchas variables. La compensación puede ser mediante hardware o software; en este último caso, ya no es parte del acondicionador.

Otras veces, la información de la señal no está en su nivel de tensión, sino en otras variables tales como en su frecuencia, su corriente o en algún otro parámetro y, para brindar la información requerida por el sistema de control, son necesarios convertidores tales como demoduladores, filtros o convertidores corriente-tensión.

Por último, entre el acondicionador y el siguiente paso en el proceso de la señal puede haber una cierta distancia o un alto nivel de ruido, por lo que una señal de tensión no es adecuada al verse muy afectada por estos dos factores. En este caso, se debe adecuar la

señal para su transporte, por ejemplo transmitiendo la información en la frecuencia o en la corriente (por ejemplo el bucle de corriente de 4-20mA).

2.2.3 Sensores del Tipo Infrarrojo

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

2.2.3.1 Tipos de sensores infrarrojos

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

Sensores activos: Se basan en la combinación de un emisor y un receptor próximos entre ellos, normalmente forman parte de un mismo circuito integrado.

2.2.3.2 Clasificación de los sensores infrarrojos según el tipo de señal emitida

Sensores infrarrojos reflexivos

Son sensores compuestos por un LED infrarrojo como transmisor y un fototransistor como receptor; su funcionamiento es medir la radiación proveniente del reflejo de la luz emitida por el LED, por medio de un reflector especial, cuya característica principal es la de devolver la luz en el mismo ángulo que la recibe.

El inconveniente de este tipo de sensores es su sensibilidad a la luz del ambiente que interfiere con las medidas.

Sensores infrarrojos de ranura o de barrera

Este tipo de sensor sigue el mismo principio de funcionamiento, pero la configuración de los componentes es diferente; ambos elementos –transmisor y receptor– se encuentran enfrentados a la misma altura y de esta manera, se mide si existe un objeto en medio de los dos componentes. Este tipo se utiliza típicamente para control industrial o para realizar sistema de conteo de pasos precisos de una rodela ranurada.

La figura 2.01, muestran distintos casos de los tipos de sensores infrarrojos.

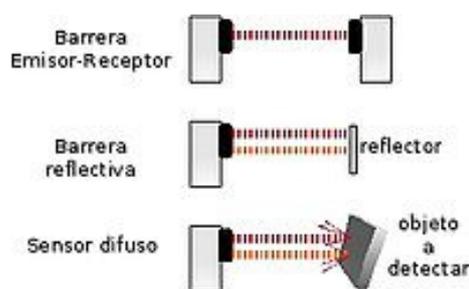


Figura. 2.01. Gráficas con tres casos de sensores infrarrojos.

Sensores infrarrojos modulados

Este tipo de sensor infrarrojo sigue el mismo principio que el de reflexión, pero con la función de modulación de la señal infrarroja eliminando, de esta manera, la influencia de la iluminación ambiental. Son sensores orientados a la detección de presencia, medición de distancias, detección de obstáculos obteniendo cierta independencia de los errores producidos por la iluminación exterior.

Sensores infrarrojos con barrido

La diferencia con los anteriores casos, reside en el hecho de que el sensor realiza el barrido horizontal de la superficie reflectante utilizando señales moduladas para mejorar la independencia de la luz, el color o características de reflexión de los objetos. Normalmente, estos sistemas forman parte de un dispositivo de desplazamiento perpendicular al eje de exploración del sensor, para poder conseguir las medidas de toda la superficie.

Sensores infrarrojos con configuración óptica

Esta configuración se basa en un único sensor enfrentado a un cristal, el cual genera la imagen de una sección de la región a medir. Dicho cristal se encuentra unido a un motor de rotación y el objetivo de este mecanismo es lograr el barrido de toda el área por medio del movimiento del cristal. Tiene la ventaja de adquirir una secuencia continua de la región de barrido. Su desventaja resulta en ser un sistema lento en términos de exploración.

Sensores infrarrojos con configuración de matriz de sensores

En este caso, la configuración del sistema de medida está formado por una matriz de sensores infrarrojos; por tanto, no es necesario la utilización de ningún sistema de cristales y únicamente necesita un conjunto de lentes ópticos de enfoque (concentración de la

radiación) a cada uno de los sensores. Esta configuración es más compleja, pero permite mayor velocidad de translación y mejor protección contra errores de captación.

Sensor Tipo Final de Carrera

Dentro de los componentes electricos, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto (también conocido como "interruptor de límite"); son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores, dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

Generalmente, estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija; es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots, etc.

2.3 MICROCONTROLADORES

2.3.1 Introducción

Un microcontrolador es un sistema cerrado, lo cual quiere decir que, en un solo circuito, se encierra un sistema digital programable completo. Este dispositivo se destina a gobernar una sola tarea que no se puede modificar. Los microcontroladores disponen de los bloques esenciales: CPU, memorias de datos (RAM) y de programa (ROM), reloj, periféricos de entradas/salidas, etc.

Los microcontroladores están siendo utilizados por multitud de sistemas presentes en nuestra vida diaria, como juguetes, hornos de microondas, frigoríficos, televisores, computadoras, impresoras, sistemas de arranque en los automóviles y otros, más especializados y menos comunes, sobre todo de uso industrial como instalaciones eléctricas, controladores de sistemas de naves, robots, etc.

2.3.2 Descripción de los Microcontroladores

El microcontrolador es un dispositivo dedicado. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada, sus líneas de entradas y salidas

(I/O) permiten la conexión de sensores, relés y control de actuadores. Una vez programado y configurado, el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

El microcontrolador es, en definitiva, un circuito integrado que incluye todos los componentes de un computador. Debido a su reducido tamaño, es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que controla.

El microcontrolador es un sistema cerrado. Todas las partes del computador están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que controlan los periféricos.

Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de (ENTRADA / SALIDA) E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño de la aplicación es la selección del microcontrolador a utilizar.

Existen muchos modelos de microcontroladores los cuales se diferencian por su cantidad de entradas/salidas; si tienen o no convertidores analógicos/digitales; puertos de comunicación; temporizadores; etc. También la memoria de datos y de programa es otra de las diferencias que se debe tomar en cuenta al momento de elegir uno para la aplicación. Todas estas características hacen que uno pueda seleccionar el más adecuado al proyecto.

2.3.3 Ventajas de los Microcontroladores

Prestaciones: Su reducido tamaño y bajo costo, permiten que se pueda incorporar en sistemas que antes no tenían controladores. Por ejemplo, en automotores y electrodomésticos.

Fiabilidad: Al tener menos componentes, se disminuye el riesgo de fallas y precisa menos calibraciones.

Flexibilidad: Como el control se hace mediante un programa, su modificación solo precisa cambios de programación.

2.3.4 Recursos de los Microcontroladores

Todos los microcontroladores deben disponer de bloques esenciales como se indica a continuación:

- Procesador
- Memoria de datos y de instrucciones

- Puertos de entrada / salida
- Reloj interno
- Módulos controladores de periféricos.

Procesador

Es el elemento más importante del sistema. Se encarga de direccionar, recibir el código de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación, que implica la búsqueda de operandos y almacenamiento de resultados.

Memoria

Según su uso específico dentro del sistema, a las memorias las podemos llamar RAM para aquellas que manejan datos y variables y ROM a las que almacenan el programa. Como los microcontroladores se utilizan para aplicaciones relativamente pequeñas, la cantidad de datos y variables es mucho menor que la cantidad de instrucciones de programa. En los microcontroladores PIC, las memorias de datos RAM poseen de 20 a 512 bytes, mientras que las memorias de programa ROM (o EEPROM) poseen 512 bytes a 8 Kbytes.

Puertos de Entrada / Salida

La mayoría de los pines que posee un microcontrolador son de E/S y se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y de control.

Reloj Principal

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia que se utiliza para sincronizar todas las operaciones del sistema.

Generalmente, el reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan pocos componentes externos para poner en funcionamiento al reloj, tales como: cristal de cuarzo, resonador cerámico o una red R-C.

Recursos Especiales

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica del microcontrolador. En algunas, amplía las capacidades de las memorias; en otras, incorpora nuevos recursos; en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los

requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el costo, el hardware y el software.

Los principales recursos que se incorporan los microcontroladores son:

- Timers o temporizadores
- Watchdog o perro guardián
- Brownout o protección ante fallo de alimentación
- Sleep o estado de reposo o bajo consumo
- Conversor analógico a digital
- Conversor digital a analógico
- Comparador analógico
- PWM o modulador de anchura de pulso
- Puertos de E/S digitales
- Puertos de comunicación serial
- Protección de código

Timers: Controlan períodos de tiempo (temporizadores). Llevan la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores).

Watchdog: El perro guardián o watchdog se encarga de resetear al sistema automáticamente, el momento que el sistema quede “colgado”.

Brownout: Es un circuito de protección que resetea al microcontrolador cuando la tensión de alimentación es inferior a un mínimo establecido.

Sleep o bajo consumo: Para ahorrar energía, los microcontroladores disponen de una instrucción especial que los pasa a este modo de reposo. En dicho estado, se detiene el reloj principal y se congelan los circuitos asociados. Sale de este estado al interrumpirse por el acontecimiento esperado usualmente una señal en un puerto.

Conversor A/D y D/A: Los microcontroladores que poseen conversores, pueden manejar estas señales analógicas. Suelen disponer de un multiplexor para manejar varias entradas analógicas.

Comparador analógico: Algunos microcontroladores poseen un amplificador operacional que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable.

La salida del comparador proporciona un 0 o un 1 según la señal sea mayor o menor que la de referencia.

PWM: Son circuitos que proporcionan en su salida, impulsos de ancho variable que se ofrecen al exterior a través de los pines del encapsulado.

Puertas digitales de E/S: Todos los microcontroladores disponen de pines de E/S digitales. Por lo general, se agrupan de a 8 bits formando puertas de un byte.

Cada pin puede configurarse como entrada o salida, independientemente de las otras.

Puertos de comunicación: Con el objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, redes, etc., algunos modelos disponen de estos recursos entre los que se destacan:

- UART: Adaptador de Comunicación Serial Asíncrona.
- USART: Adaptador de Comunicación Serial Síncrona y Asíncrona.
- USB (Universal Serial Bus): Moderno bus serie para comunicación con la PC.
- Bus I2C: Interfaz serie a dos hilos (Philips).
- CAN (Controller Area Network): Interfaz utilizada por automóviles.

Protección de código: El código o programa ingresado en los microcontrolador puede estar protegido contra lectura por razones de seguridad.

2.3.5 Lenguajes de Programación de los Microcontroladores

Se han desarrollado todo tipo de lenguajes de programación para los microcontroladores, pero los más usados son el Ensamblador, Basic y el C.

Como toda máquina digital, el microcontrolador es capaz de entender exclusivamente el lenguaje binario grabado en la memoria. El lenguaje ensamblador es una interfaz más amigable para el ser humano para escribir el programa del microcontrolador que lo gobierne.

Los programas escritos en ensamblador son compactos y rápidos puesto que realizan un completo control de la máquina. Sin embargo, si no están bien confeccionados, resultarán de gran tamaño y lentos.

2.4 Motores de Corriente Continua Pequeños para Aplicaciones de Robots

2.4.1 Definición de Motor CC

Un motor eléctrico de Corriente Continua DC, es esencialmente una máquina que convierte energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico a través de medios electromagnéticos.

2.4.2 Principio de Funcionamiento

Según la Ley de Lorentz, cuando un conductor pasa por una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, el conductor sufre una fuerza perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente, siguiendo la regla de la mano derecha, con módulo de fuerza descrito en la ecuación 1.

$$F = B \cdot l \cdot I \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

F: Fuerza en newtons

I: Intensidad que recorre el conductor en amperios

l: Longitud del conductor en metros lineales

B: Inducción en teslas

En la figura 2.02 se aprecian las líneas de fuerza magnéticas frente a un conductor con corriente y la fuerza que se genera.

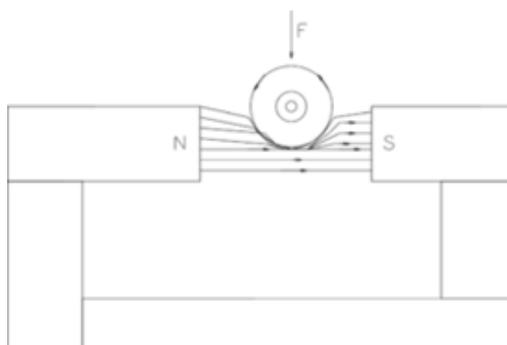


Figura. 2.02. Figura donde se muestran las líneas magnéticas y la fuerza que se genera.

Si el conductor está colocado fuera del eje de giro del rotor, la fuerza producirá un momento que hará que el rotor gire.

El rotor no sólo tiene un conductor, sino varios hilos repartidos por la periferia. A medida que gira, la corriente se activa en el conductor apropiado.

Normalmente se aplica una corriente con sentido contrario en el extremo opuesto del rotor para compensar la fuerza neta y aumentar el momento.

2.4.3 Piezas de un Motor DC para Aplicaciones de Robots

Los motores de Corriente Continua para aplicaciones de robots se encuentran compuestos por dos piezas principales: El rotor y el estator.

2.4.3.1 Rotor y sus Partes

Constituye la parte móvil del motor, proporciona el torque para mover a la carga.

En la figura 2.03, se muestran las partes del rotor.

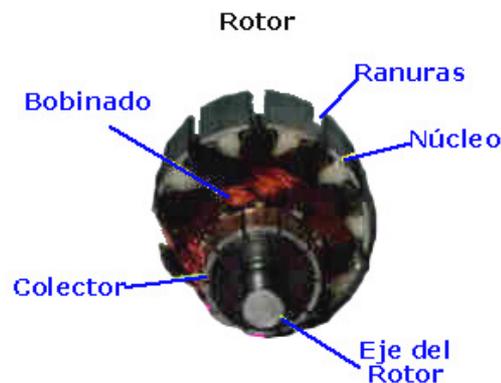


Figura. 2.03. Partes que constituyen el rotor.

El rotor se encuentra constituido por:

Eje: Formado por un cilindro de acero. Imparte la sujeción y soporte al núcleo, al devanado y al colector.

Núcleo: Se localiza sobre del eje. Fabricado con capas laminadas de acero, su función es proporcionar un trayecto magnético entre los polos para que el flujo magnético del devanado circule.

Las laminaciones tienen por objeto reducir las corrientes parásitas en el núcleo. El acero del núcleo debe ser capaz de mantener bajas las pérdidas por histéresis. Este núcleo laminado contiene ranuras a lo largo de su superficie para albergar al devanado de la armadura (bobinado).

Devanado: Consta de bobinas aisladas entre sí y entre el núcleo de la armadura. Estas bobinas están alojadas en las ranuras,+ y están conectadas eléctricamente con el colector, el cual, debido a su movimiento rotatorio, proporciona un camino de conducción conmutado.

Colector: Denominado también conmutador, está constituido de láminas de material conductor (delgas), separadas entre sí y del centro del eje por un material aislante, para evitar contacto eléctrico con dichos elementos. El colector se encuentra sobre uno de los extremos del eje del rotor, de modo que gira con éste y está en contacto con las escobillas. La función del colector es recoger la tensión producida por el devanado inducido, transmitiéndola al circuito por medio de las escobillas.

2.4.3.2 El Estator y sus Partes

Constituye la parte fija de la máquina. Su función es suministrar el flujo magnético que será usado por el bobinado del rotor para realizar su movimiento giratorio.

La figura 2.04, muestra las partes del estator.

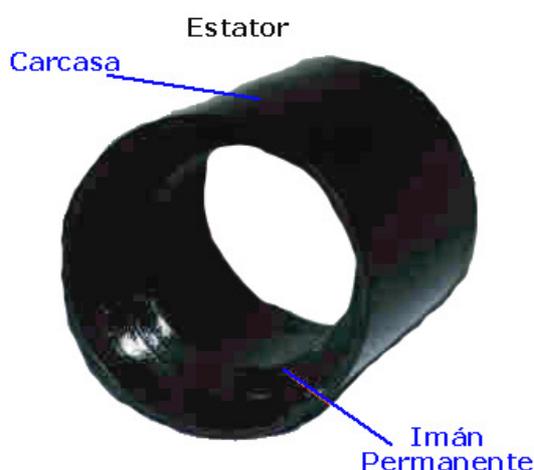


Figura. 2.04. Partes que constituyen al estator.

El rotor se encuentra constituido por:

Armazón: Denominado también yugo, tiene dos funciones primordiales: servir como soporte y proporcionar una trayectoria de retorno al flujo magnético del rotor y del imán permanente, para completar el circuito magnético.

Imán permanente: Compuesto de material ferromagnético altamente remanente, se encuentra fijado al armazón o carcasa del estator. Su función es proporcionar un campo magnético uniforme al devanado del rotor o armadura, de modo que interactúe con el campo formado por el bobinado y se origine el movimiento del rotor como resultado de la interacción de estos campos.

Escobillas: Las escobillas están fabricadas de carbón y poseen una dureza menor que la del colector, para evitar que éste se desgaste rápidamente. Se encuentran albergadas por los porta-escobillas. Ambos, escobillas y porta-escobillas, se encuentran en una de las tapas del estator.

La función de las escobillas es transmitir la tensión y corriente de la fuente de alimentación hacia el colector y, por consiguiente, al bobinado del rotor. Por otro lado, la función del porta-escobillas es mantener a las escobillas en su posición de contacto firme con los segmentos del colector

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

3.1 DISEÑO DEL BRAZO MANIPULADOR

El brazo manipulador tiene la función de ubicarse en posición para recoger una bandeja, acercar el elemento de sujeción a la bandeja; posteriormente sujetar la bandeja, retirar a bandeja del porta-bandejas y finalmente, ubicar la bandeja en posición de entrega a la altura de una mesa contemplada para la entrega.

Considerando que el porta-bandejas tiene disposición vertical y las 3 bandejas se encuentran ubicadas a diferente altura hasta una elevación de 55 cm. de alto, el brazo -para cumplir con su función- debe tener movimiento vertical que permita ubicar al elemento sujetador a la altura de la bandeja a recoger; y debe tener un movimiento horizontal que permita acercar al elemento sujetador a la bandeja para recogerla y trasladarla al punto de entrega.

En el diseño, previamente se considera que el elemento sujetador debe ser un electroimán con potencia suficiente para atraer y sujetar la bandeja. Para cumplir con estas disposiciones requeridas en el brazo, se han diseñado los siguientes mecanismos y piezas que permiten cumplir con la función de recoger y entregar la bandeja por el brazo manipulador.

En la figura 3.01, se puede observar la vista general del brazo manipulador completo.

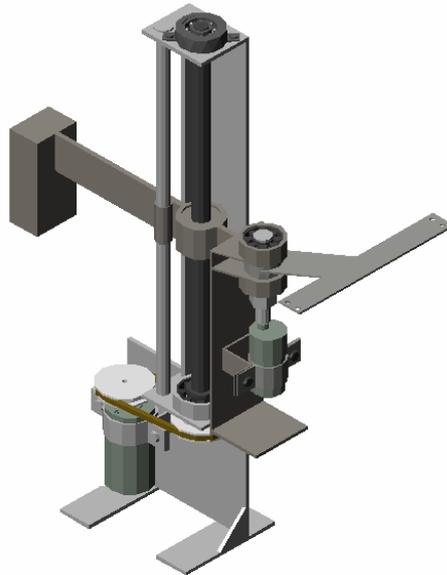


Figura. 3.01. Vista en 3D del brazo manipulador.

3.1.1 Diseño del Mecanismo de Movimiento Horizontal (Codo)

Este mecanismo nombrado más comúnmente en este documento como “Codo del Brazo”, debe soportar el peso del electroimán, girar en movimiento horizontal al elemento sujetador y acercarlo a la bandeja para recogerla y posteriormente trasladarla hasta el punto de entrega.

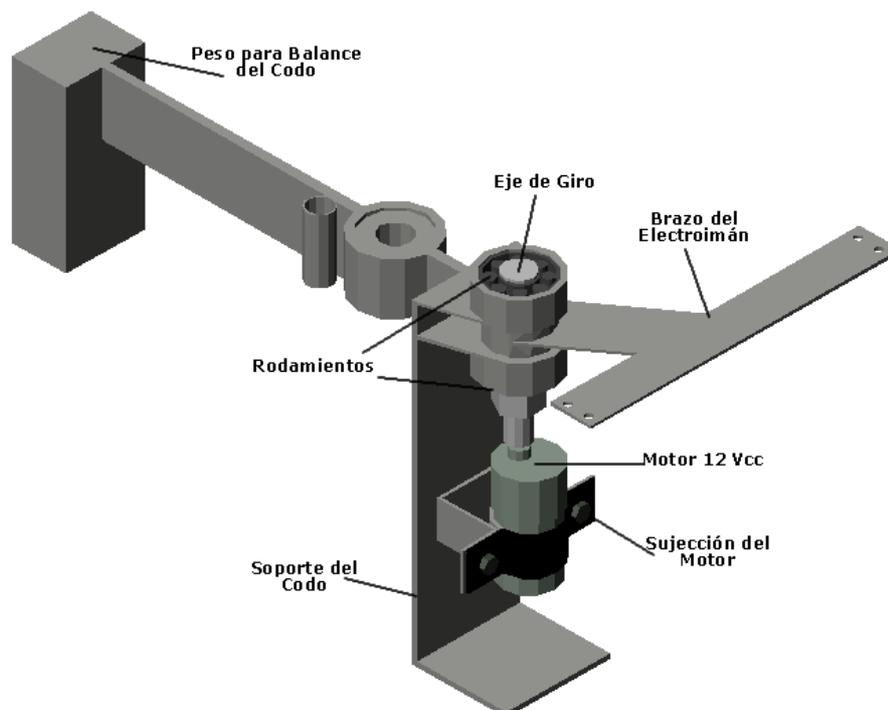


Figura. 3.02. Elementos que conforman el mecanismo del codo del brazo.

El mecanismo del codo del brazo se encuentra constituido por las siguientes piezas:

- Brazo del electroimán.
- Eje de rotación del codo.
- Rodamientos cónicos del codo.
- Soporte del codo.

El motor del codo del brazo es un actuador electrónico que se encuentra detallado y explicado en el literal 4.4.1.2 de actuadores del prototipo.

La figura 3.02, muestra la vista general del mecanismo del codo del brazo y sus piezas.

3.1.1.1 Brazo del Electroimán

Pieza que soporta el electroimán y permite su extensión para el giro hasta la bandeja. El brazo se encuentra fijo al eje de giro por medio de un prisionero, su rotación permite una libertad de giro de hasta 200° con una extensión máxima desde el electroimán hasta el tornillo sin fin del hombro de 17 cm.

La figura 3.03, muestra la vista 3d general del brazo del electroimán y sus medidas.

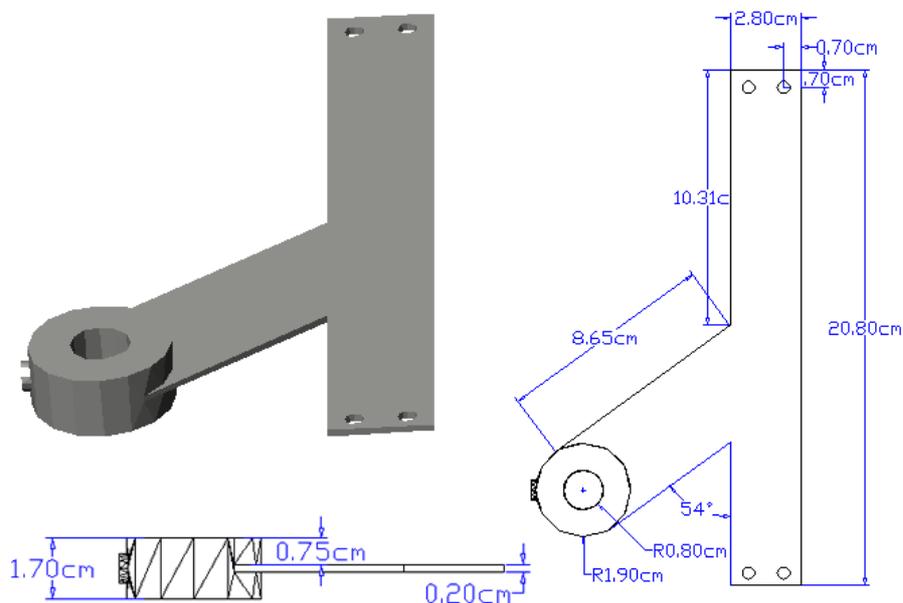


Figura. 3.03. Vista 3D y medidas del brazo del electroimán.

Materiales del brazo del electroimán:

- Soporte del brazo: Lámina de hierro de 2 mm. de espesor.
- Sujetador cilíndrico: Cilindro de hierro de 1.6 cm. de diámetro.
- Elementos complementarios:
- 1 tornillo prisionero hexagonal para ajustar el brazo al eje de giro.

3.1.1.2 Eje de Rotación del Codo

Esta pieza constituye el eje cilíndrico de giro que soporta al brazo del electroimán, al mismo tiempo se encuentra fijo al motor de 12 Vcc directamente por medio de un prisionero hexagonal, el peso del brazo se encuentra soportado por dos rodamientos de tal manera que se mantenga fijo el eje con respecto al motor pero permita la libertad de giro.

La figura 3.04, muestra la vista 3D general del eje de rotación y sus medidas.

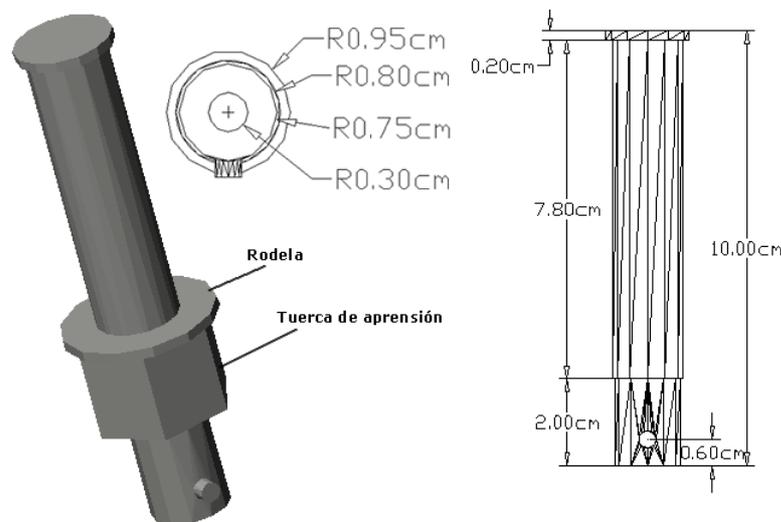


Figura. 3.04. Vista 3D y medidas del eje de rotación del codo.

Materiales del eje rotación del codo:

- Eje de giro: cilindro de hierro de 1.9 cm. de diámetro.

Elementos complementarios:

- 1 Rodela plana para ajuste del rodamiento inferior con la tuerca.
- 1 Tuerca hexagonal para ajustar el rodamiento inferior.
- 1 Tornillo prisionero hexagonal para ajustar el eje al motor.

3.1.1.3 Rodamientos Cónicos del Codo

Estos rodamientos son para carga radial y se encuentran ubicados en los dos bocines del soporte del codo, soportan al eje del codo y permiten su giro mientras cargan con el

peso generado por el brazo del electroimán. Son dos rodamientos iguales uno en la parte superior del soporte del codo y otro ubicado en el área inferior que se encuentra fija por medio de la rodela y tuerca del eje.

La figura 3.05, muestra la vista 3D de los rodamientos del codo y sus medidas.

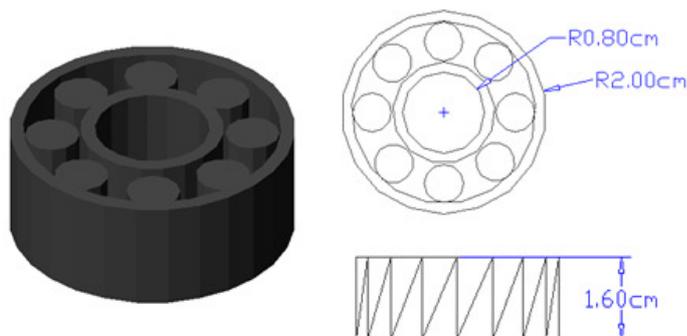


Figura. 3.05. Vista 3D y medidas del rodamiento cónico del codo.

Este elemento es adquirido de fábrica y debe cumplir únicamente con el radio del eje de giro y el radio externo para encajar en los bocines del soporte del codo.

3.1.1.4 Soporte del Codo

Esta pieza tiene por función soportar el peso del electroimán, su brazo de extensión, el motor del codo, el eje de rotación y los rodamientos, además de encontrarse unido al tornillo sin fin del hombro. Esta pieza en un extremo presenta el mecanismo que soporta al electroimán y al otro extremo un contrapeso que permite balancear la carga de tal manera que en el punto de unión con el tornillo sin fin no exista mayor inclinación, permitiendo el movimiento vertical del hombro con mayor facilidad.

La figura 3.06, muestra la vista 3D general del soporte del codo y las medidas laterales, mientras que la figura 3.07, muestra las medidas frontales y superiores del soporte del codo.

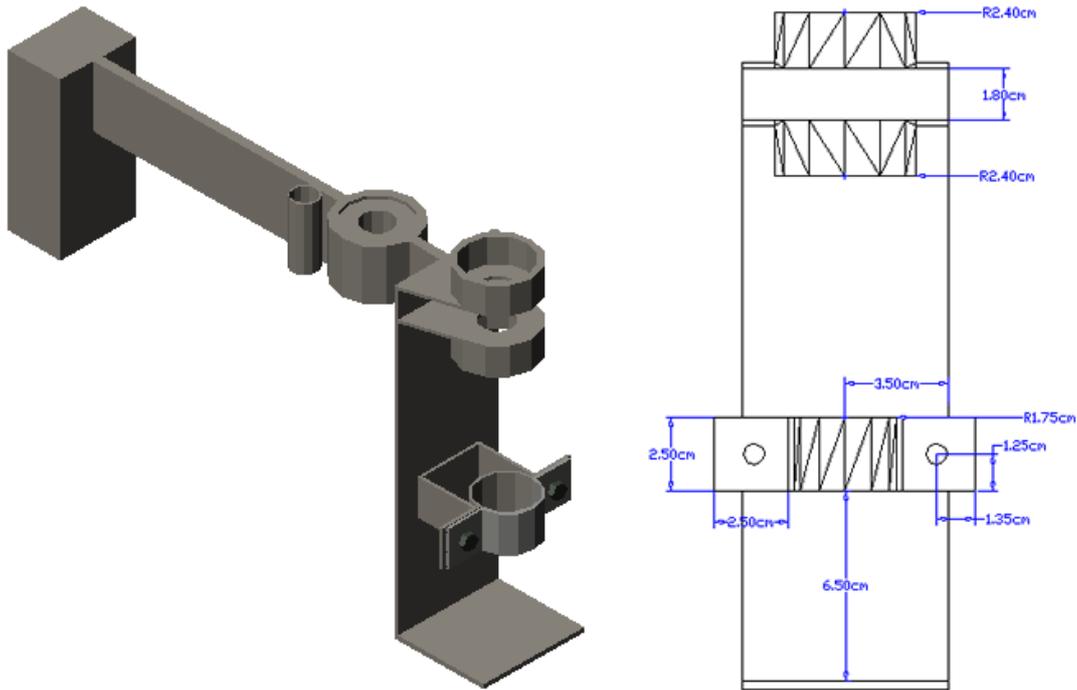


Figura. 3.06. Vista 3D y medidas lateral derecho de soporte del codo.

Materiales del soporte del codo:

- En el área del mecanismo del electroimán: lámina de hierro de 3 mm. de espesor.
- Sujetadores del motor: lamina de hierro de 2 mm. de espesor.
- Sujetadores de los rodamientos: cilindro de hierro de 4.8 cm. de diámetro.
- Cilindro roscado de acople con el tornillo sin fin: cilindro de acero 74 de 4 cm. de diámetro.
- Cilindro sujetador del acople con el tornillo sin fin: cilindro de hierro de 5 cm. de diámetro.
- Cilindro de la varilla estabilizadora del hombro: cilindro de hierro de 1.9 mm. de diámetro.
- Extensiones de las extremidades: lámina de hierro de 6 mm. de espesor.
- Contrapeso de balance de la carga: bloque de hierro de 5.3 cm. de espesor.

Elementos complementarios:

- 2 pernos hexagonales para sujetar la agarradera del motor.
- 2 tuercas hexagonales para sujetar la agarradera del motor.

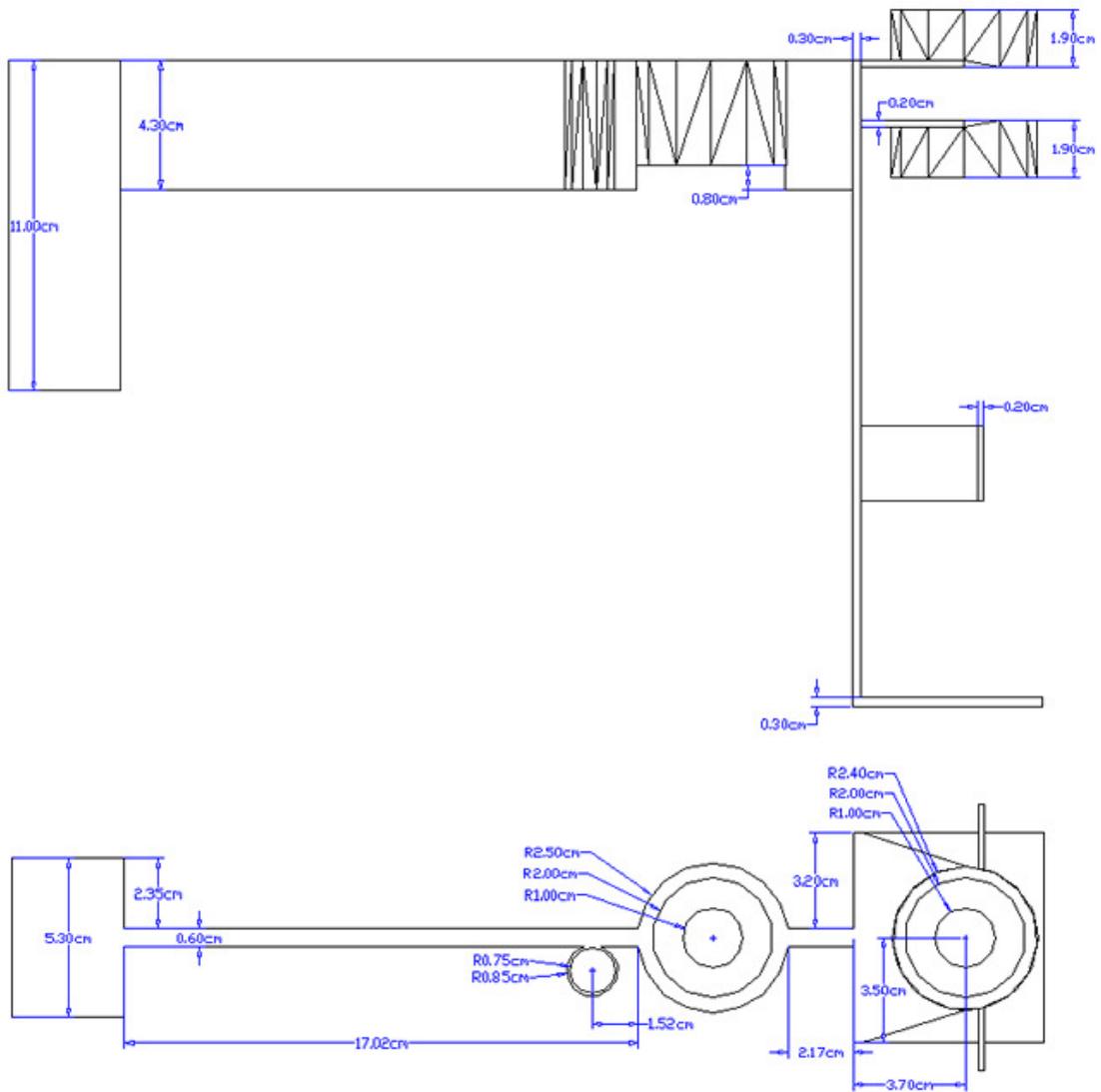


Figura. 3.07. Medidas superior y frontal del soporte del codo.

3.1.1.5 Vistas del Mecanismo de Movimiento Horizontal (Codo)

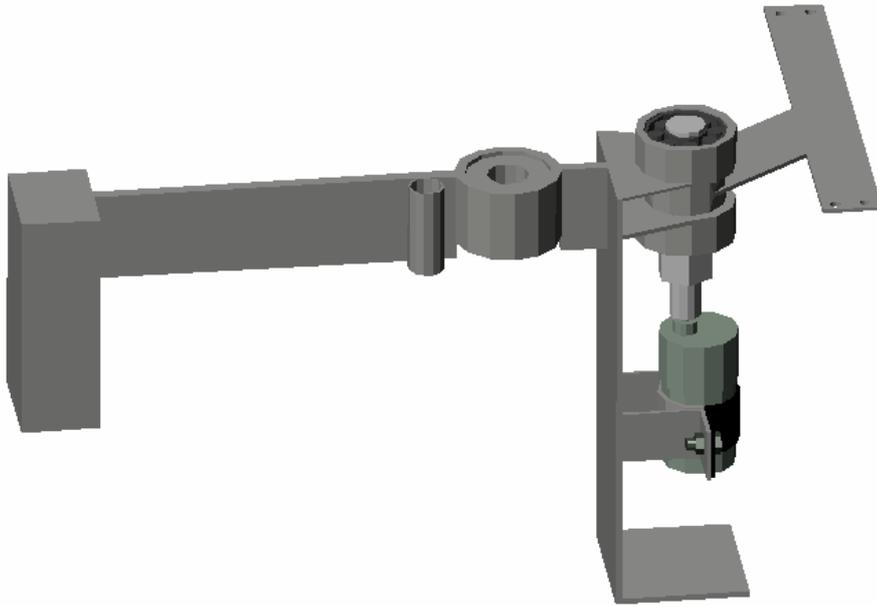


Figura. 3.08. Vista 3D frontal del mecanismo completo del codo.

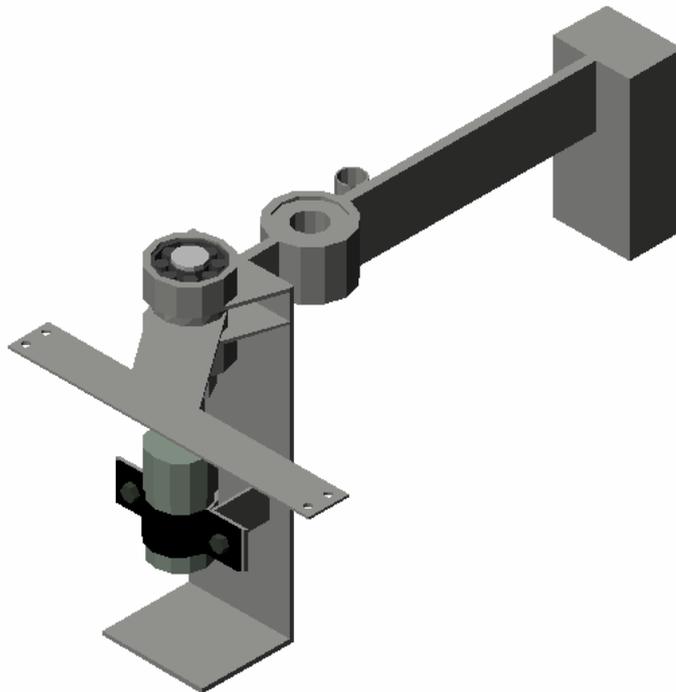


Figura. 3.09. Vista 3D lateral derecho del mecanismo completo del codo.

3.1.2 Diseño del Mecanismo de Movimiento Vertical (Hombro).

Este mecanismo, nombrado más comúnmente en este documento como “Hombro del Brazo”, debe soportar el peso, elevar o descender verticalmente el mecanismo del codo del brazo y ubicarlo al electroimán a la altura requerida para recoger cualquiera de las tres bandejas, levantar las bandejas una vez sujetadas y posteriormente llevarlas a la altura de entrega en la mesa. Para ello el hombro debe permitir el movimiento vertical desde 0 cm. hasta 40 cm. de altura.

El mecanismo del codo del brazo se encuentra constituido por las siguientes piezas: Tornillo sin fin del hombro, varilla estabilizadora del hombro, rodamiento superior del hombro, rodamiento inferior del hombro, poleas del hombro y soporte del hombro.

El motor del hombro del brazo es un actuador electrónico que se encuentra detallado y explicado en el literal 4.4.1.1 de actuadores del prototipo.

La figura 3.10, muestra la vista general del mecanismo del hombro del brazo y sus piezas.

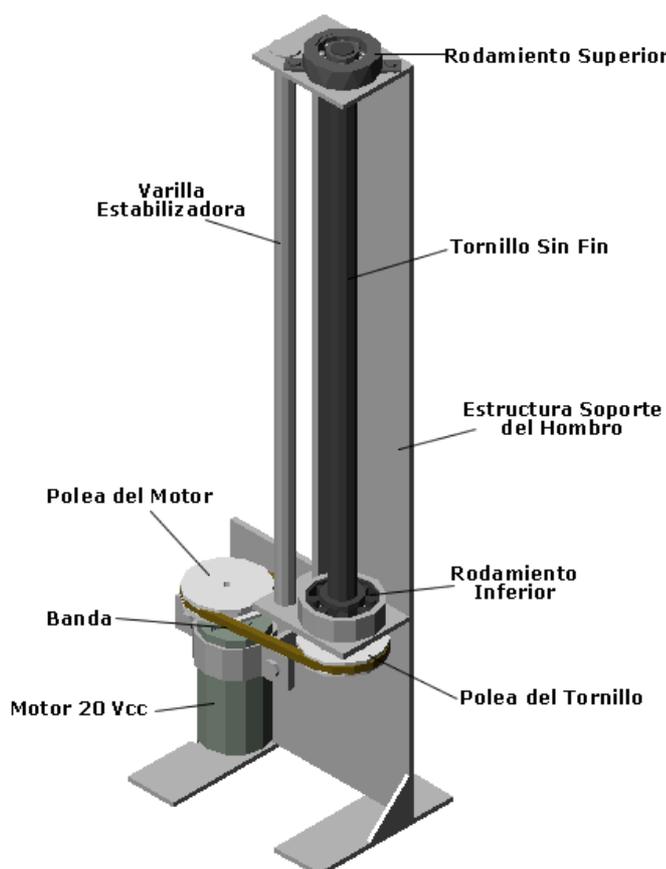


Figura. 3.10. Elementos que conforman el mecanismo del hombro del brazo.

3.1.2.1 Tornillo Sin Fin del Hombro

Este elemento es una varilla roscada con una relación de 1 a 3 rotaciones, lo que permite elevar con mayor velocidad el mecanismo del codo del brazo. En esta pieza se encuentra el punto de unión con el codo del brazo y se está soportada por los rodamientos superior e inferior del hombro; en su extremo inferior está fijo el sistema de poleas que brindan el movimiento de rotación proporcionado por el motor.

La figura 3.11, muestra la vista 3D general del tornillo sin fin y sus medidas.

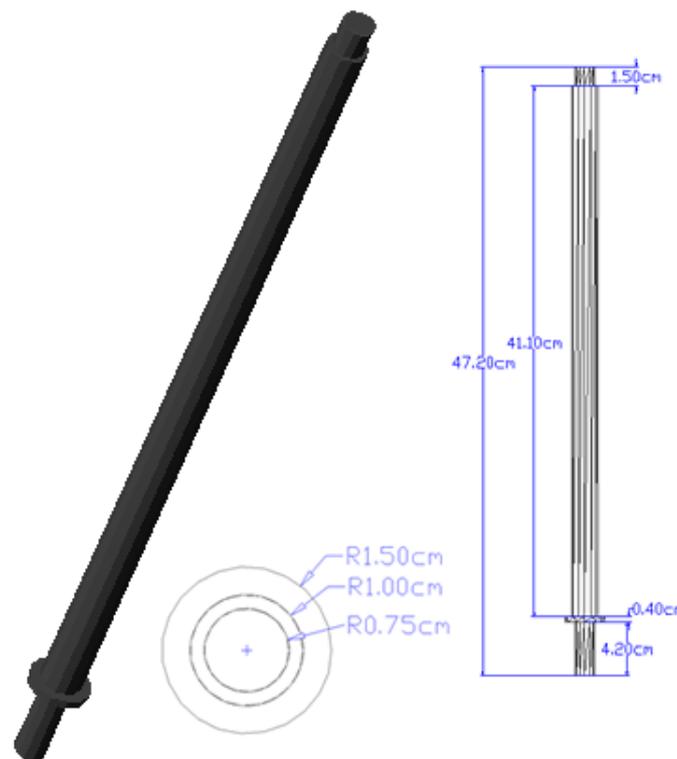


Figura. 3.11. Vista 3D y medidas del tornillo sin fin.

Materiales del tornillo sin fin del hombro:

- Tornillo sin fin: cilindro de acero 74 de 3 cm. de espesor.

3.1.2.2 Varilla Estabilizadora del Hombro

Este elemento permite fijar el movimiento vertical del codo del brazo, limitando la posibilidad de giros errados al momento de elevar o descender el mecanismo de soporte del electroimán. Esta pieza se encuentra sujeta al soporte del hombro y puede ser removida al momento de armar o desarmar el hombro.

La figura 3.12, muestra la vista 3D general de la varilla estabilizadora y sus medidas.

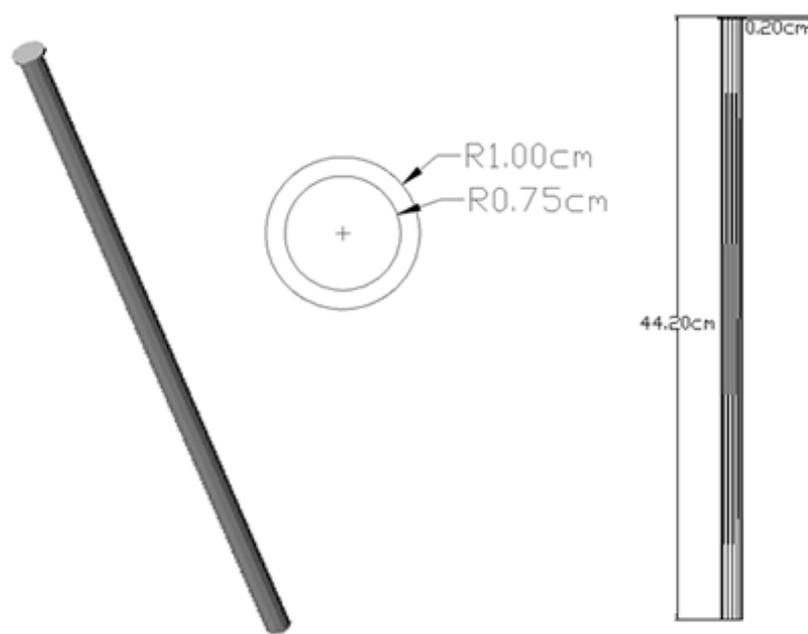


Figura. 3.12. Vista 3D y medidas de la varilla estabilizadora.

Materiales de la varilla estabilizadora del hombro:

- Varilla estabilizadora: Cilindro de hierro de 2 cm. de espesor.

3.1.2.3 Rodamiento Superior del Hombro

Soporta al tornillo sin fin del hombro en el punto superior, es un elemento adquirido de fábrica por lo que únicamente es necesario cumplir con las medidas de radio interno y el radio externo para la unión con el sujetador del rodamiento. Este elemento se encuentra unido a presión con su sujetador y éste, a su vez, se sujeta al soporte del hombro por medio de tornillos.

La figura 3.13, muestra la vista 3D general del rodamiento superior y sus medidas.

Materiales del rodamiento superior del hombro:

- Sujetador del rodamiento: Cilindro de hierro de 5 cm. de diámetro.

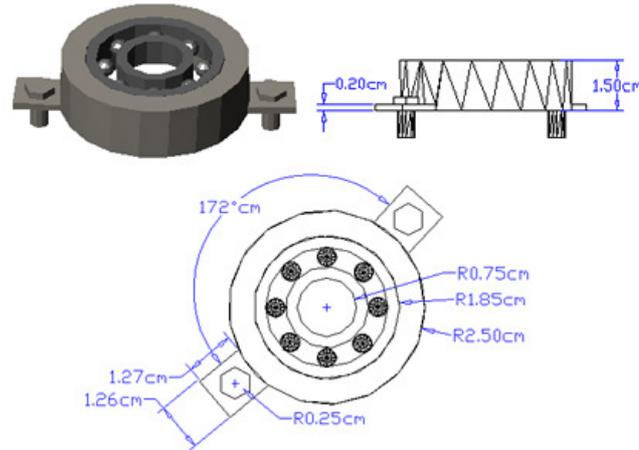


Figura. 3.13. Vista 3D y medidas del rodamiento superior y su sujetador.

3.1.2.4 Rodamiento Cónico Inferior del Hombro

Rodamiento de para carga radial que se encuentra fijo al área inferior del tornillo sin fin, su función es soportar el peso que carga el tornillo sin fin y permitir su rotación libre. Es un elemento adquirido de fábrica por lo que únicamente es necesario cumplir con las medidas de radio interno y el radio externo para el sujetador del rodamiento inferior del soporte del hombro.

La figura 3.14, muestra la vista 3D general del rodamiento inferior y sus medidas.

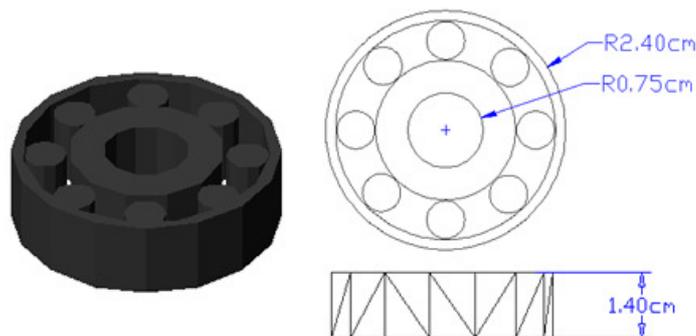


Figura. 3.14. Vista 3D y medidas del rodamiento.

3.1.2.5 Poleas del Hombro

El juego de poleas utilizado en el hombro del brazo, tienen una relación de 1 a 1 rotaciones, una polea se encuentra al punto inferior del tornillo sin fin mientras que la otra polea está fija al motor. Ambas poleas se encuentran fijas por medio de tornillos prisioneros.

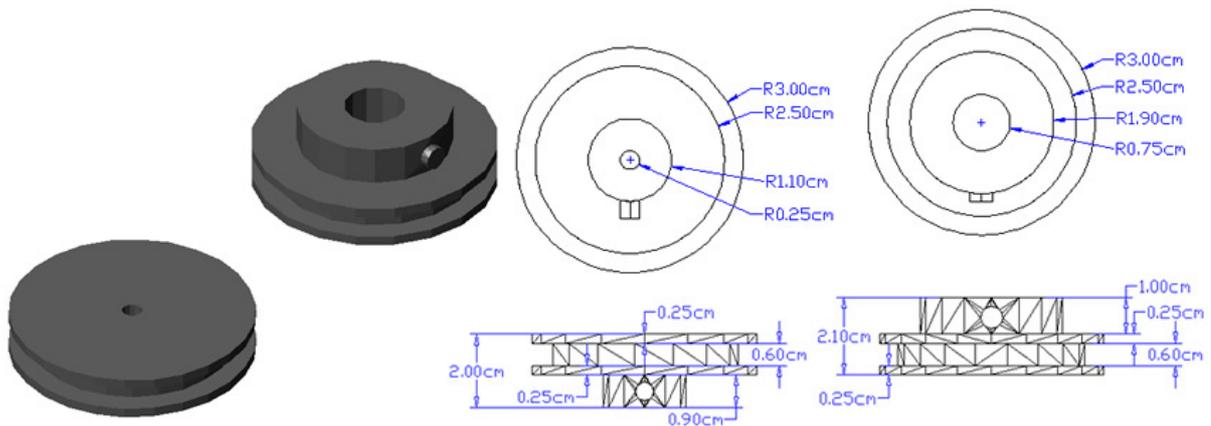


Figura. 3.15. Vista 3D y medidas de las poleas del hombro.

Materiales de las poleas del hombro:

- Poleas: cilindros de hierro de 6 cm. de diámetro.

Elementos complementarios:

- 2 Tornillos prisioneros hexagonales para sujetar las poleas al motor y al tronillo sin fin.
- 1 Banda tipo V ranurada para uso de máquinas de coser.

3.1.2.6 Soporte del Hombro

Esta pieza constituye el soporte de todo el brazo manipulador, a él se encuentran unidas las piezas descritas anteriormente y se encuentra fijo a la plataforma móvil del prototipo.

La figura 3.16, muestra la vista 3D general del soporte del hombro y sus medidas.

Materiales del soporte del hombro:

- Cuerpo del soporte: Lámina de hierro de 4 mm. de espesor.
- Sujetador del rodamiento inferior: Cilindro de hierro de 5.6 cm. de diámetro.
- Sujetador del motor: Lámina de hierro de 2 mm. de espesor.
- Pies del soporte: Lámina de hierro de 4 mm. de espesor.

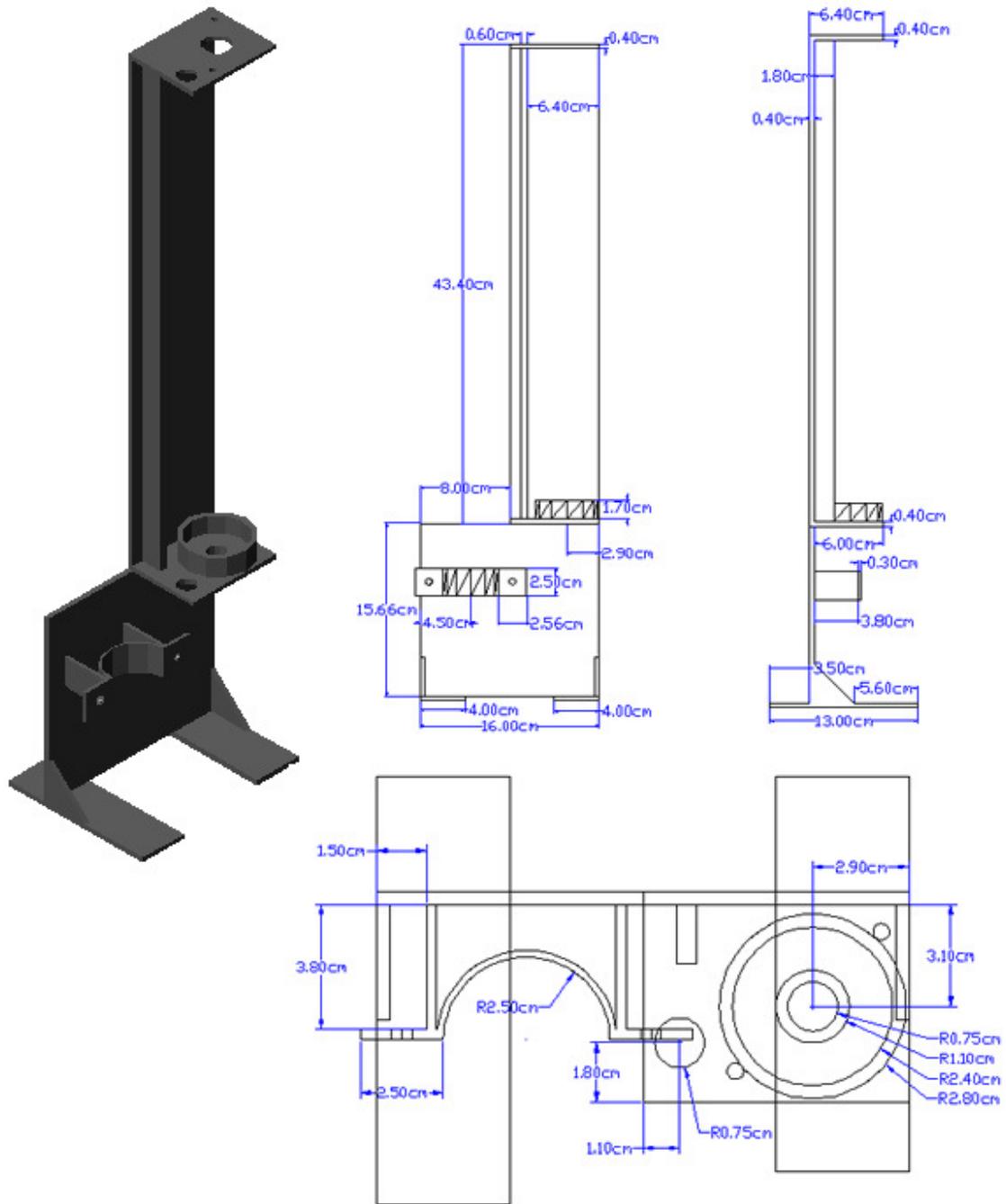


Figura. 3.16. Vista 3D y medidas del soporte del Hombro.

3.1.2.7 Vistas del Mecanismo de Movimiento Vertical (Hombro)



Figura. 3.17. Vista 3D posterior.

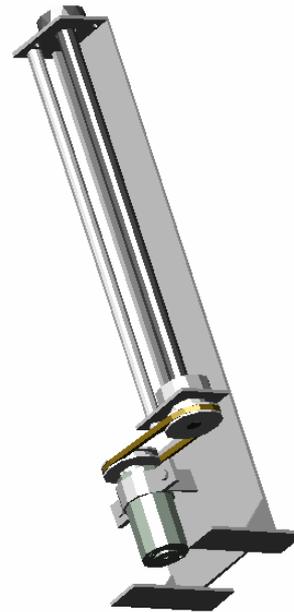


Figura. 3.18. Vista 3D inclinación inferior.

3.1.3 Vistas del Brazo Manipulador Completo

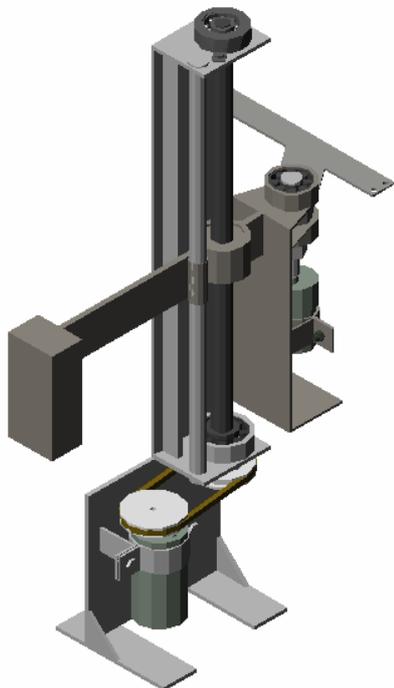


Figura. 3.19. Vista 3D posterior del brazo.

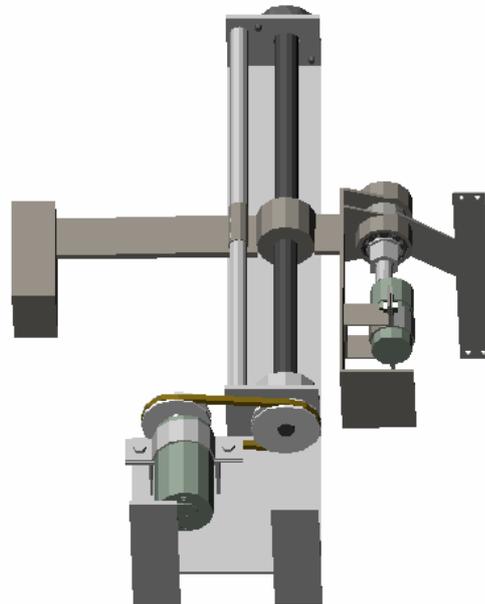


Figura. 3.20. Vista 3D inferior del brazo completo.

3.2 Diseño de la Plataforma Móvil

La plataforma debe soportar el peso de todos los elementos del prototipo, el brazo manipulador completo, el porta-bandejas con las bandejas, los sistemas de control electrónico, las baterías y la cubierta exterior. Además de ello, debe desplazarse en una pista horizontal y seguir la línea respectiva de recorrido. Igualmente, para cumplir con el sistema de navegación, debe realizar giros de 90° y 180° tanto en sentido horario como en sentido antihorario. Por ello los motores deben ser de alto torque y las ruedas de tracción serán ubicadas alineadas en el mismo eje de giro en la parte posterior de la plataforma para generar la tracción necesaria para la movilización del prototipo entero.

Para realizar el seguimiento correcto de la línea, la plataforma tiene instalado un soporte de sensores de seguimiento de línea en el área inferior y un sistema de identificación de cruces igualmente en el área inferior de la plataforma. El sistema de seguimiento de línea e identificación de cruces se encuentra detallado en el capítulo 4.

Para cumplir con estas disposiciones requeridas en la plataforma, se han diseñado los siguientes mecanismos y piezas que permitan cumplir con la función de cargar con el peso del prototipo, trasladarse en una pista horizontal, realizar el desplazamiento siguiendo una línea y los giros requeridos por el sistema de navegación.

En la figura 3.21 se puede observar la vista general de la plataforma móvil completa.

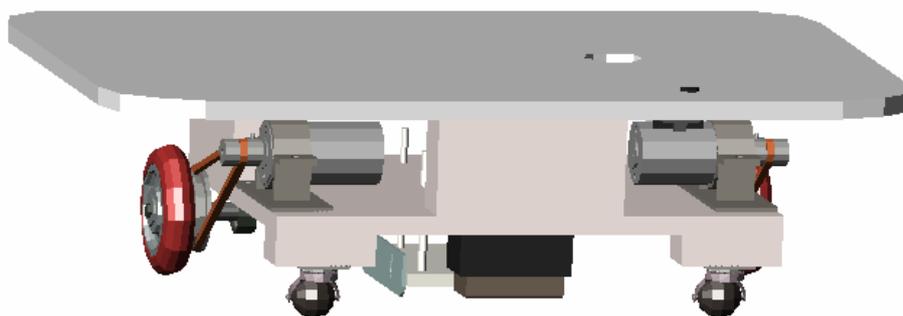


Figura. 3.21. Vista 3D general de la plataforma móvil.

3.2.1 Diseño del Mecanismo de Tracción

Este mecanismo genera la tracción para el desplazamiento horizontal por la pista, considerando el peso que debe cargar la plataforma en este sistema prima el torque frente a la velocidad generada por los motores.

El mecanismo de tracción de la plataforma se encuentra constituido por las siguientes piezas:

- Ruedas de tracción.
- Eje y rodamientos de tracción.
- Poleas de tracción.
- Sujetadores del motor.

Los motores derecho e izquierdo del mecanismo de tracción son actuadores electrónicos que deben ser de similares características y se encuentran detallados y explicados en literal 4.4.1.1 de actuadores del prototipo.

La figura 3.22, muestra la vista general del mecanismo tracción de la plataforma y sus piezas.

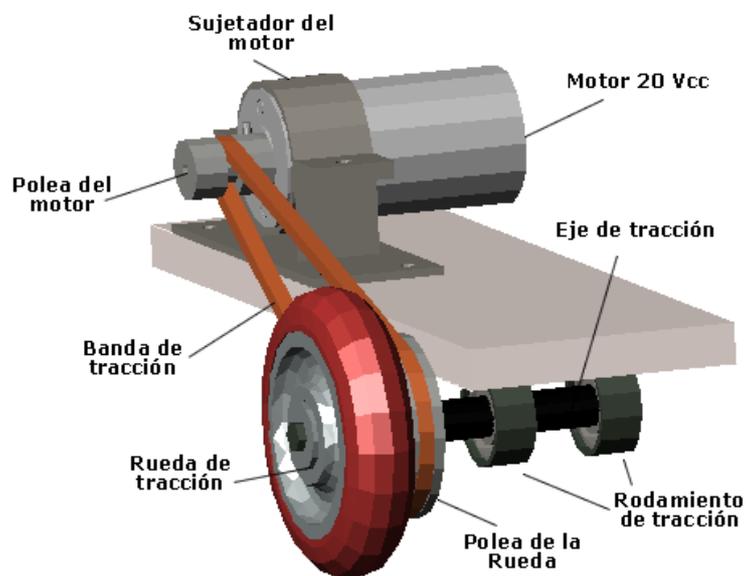


Figura. 3.22. Elementos que conforman el mecanismo de tracción.

3.2.1.1 Ruedas de Tracción

Estos elementos son ruedas plásticas adquiridas de fábrica con modificación en el centro para insertar a presión la polea de la rueda. Este elemento se encuentra en contacto directo con la pista del recorrido y permite el desplazamiento de la plataforma. Son dos ruedas de características similares, una para el mecanismo de tracción izquierdo y otra para el derecho.

La figura 3.23, muestra la vista 3D general de la rueda de tracción y sus medidas.

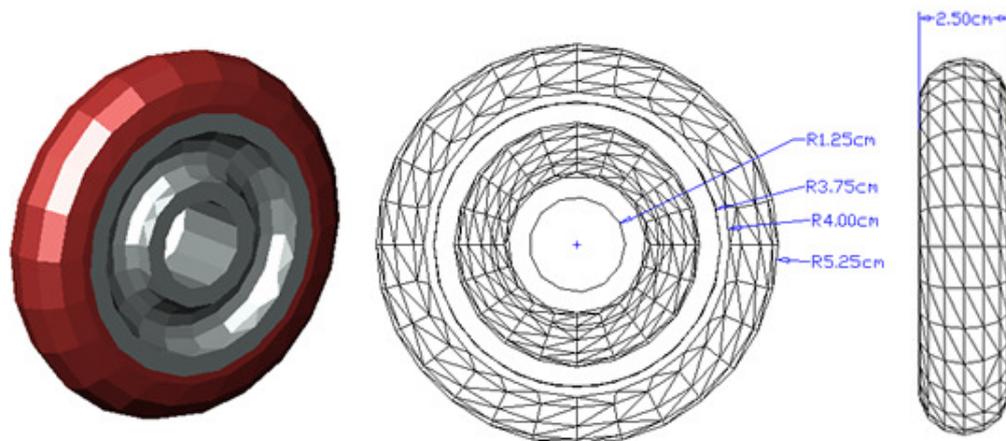


Figura. 3.23. Vista 3D y medidas de la rueda de tracción.

Materiales de la rueda de tracción:

- Rueda: Rueda con centro plástico rígido y exterior de caucho antideslizante.

3.2.1.2 Eje y Rodamientos de Tracción

Los rodamientos soportan al eje de tracción, el mismo que se encuentra unido a la polea de la rueda permitiendo el giro libre de la rueda. Adicionalmente, los rodamientos están unidos por presión a los sujetadores de los rodamientos que tienen agarraderas para fijarse por medio de tornillos a la plataforma base. Los rodamientos son adquiridos de fábrica, por lo que únicamente deben cumplir con radio interno de giro para encajar con el eje y el radio externo para encajar con sus sujetadores. El eje tracción tiene roscamiento hembra en los extremos para ingresar pernos y que éstos, a su vez, sujeten al eje con la rueda y los rodamientos. Para completar los dos mecanismos de tracción tanto izquierdo como derecho se requieren dos ejes de tracción, cuatro rodamientos de características similares y cuatro bocines para los rodamientos con agarraderas.

La figura 3.24, muestran la vista 3D general del eje y rodamientos de tracción y sus medidas.

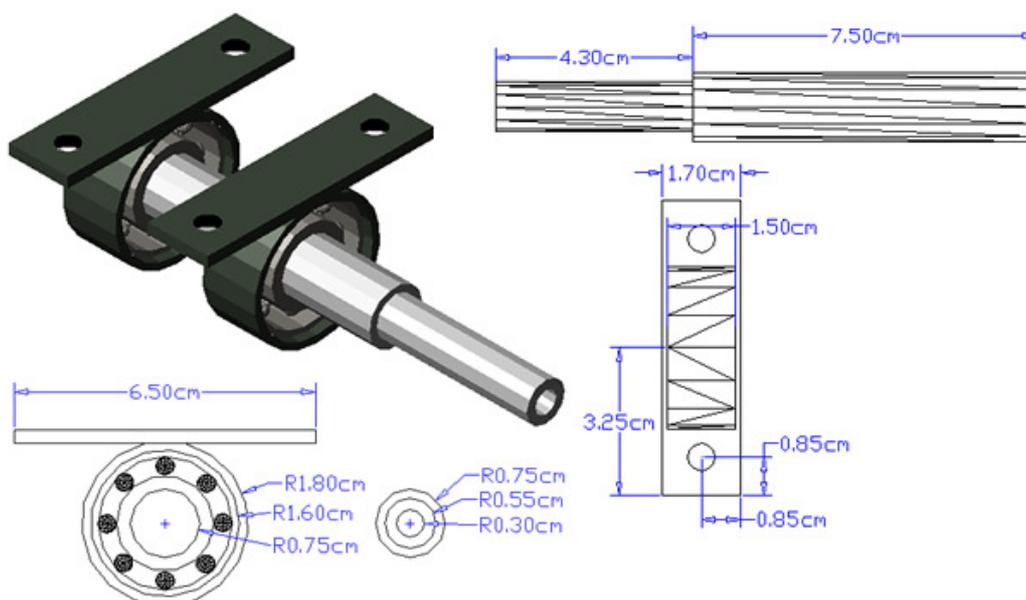


Figura. 3.24. Vista 3D y medidas del eje y rodamientos de tracción.

Materiales del eje y rodamientos de tracción:

- Eje de tracción: Cilindro de hierro de 1.5 cm. de espesor.
- Sujetadores de los rodamientos con agarradera: Cilindro de hierro de 3.6 cm. de diámetro y lámina de hierro de 2 mm. de espesor.

Elementos complementarios:

- Pernos hexagonales para las extremidades de los ejes.
- Rodelas planas para las extremidades de los ejes.
- 8 Tornillos colepato para sujeción de los bocines a la plataforma base.

3.2.1.3 Poleas de Tracción

El juego de poleas utilizado en el mecanismo de tracción de la plataforma, tienen una relación de 3 a 1 rotaciones, una polea se encuentra fija por presión a la rueda de tracción mientras que la otra polea esta fija al motor por medio de un tornillo prisionero. Para completar los dos mecanismos de tracción tanto izquierdo como derecho se requieren dos poleas para las ruedas y dos poleas para los motores.

La figura 3.25, muestra la vista 3D general de las poleas de tracción y sus medidas.

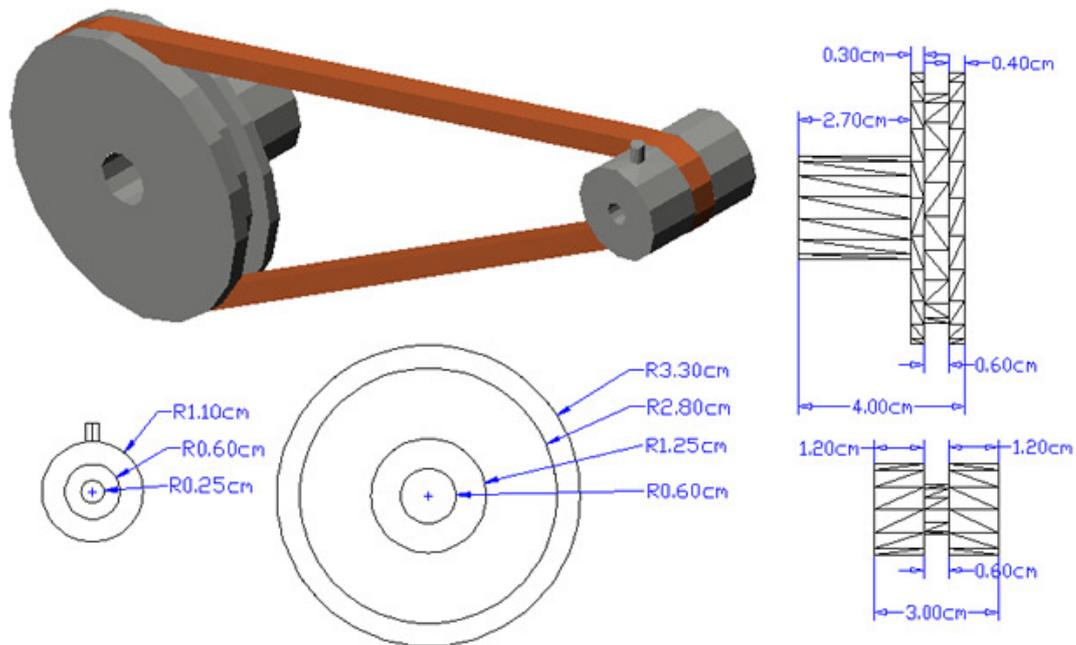


Figura. 3.25. Vista 3D y medidas de las poleas de tracción.

Materiales de las poleas de tracción:

- Polea: Cilindros de hierro de 6.6 cm. de diámetro y de 2.2 cm. de diámetro.

Elementos complementarios:

- 2 Tornillos prisioneros hexagonales para las poleas del motor.
- 2 Bandas tipo V ranuradas para uso de máquinas de coser.

3.2.1.4 Sujetador del Motor

La función de estas piezas es soportar y sujetar el motor a la plataforma base, de tal manera que se genere la suficiente fuerza para tensar la banda entre las poleas y transmitir correctamente el movimiento desde el motor a las ruedas. Esta pieza se encuentra conformada por dos elementos, el sujetador inferior con una base para sujeción a la plataforma y el sujetador superior que conforma la abrazadera para la sujeción del motor. Para completar los dos mecanismos de tracción tanto izquierdo como derecho se requieren sujetadores inferiores y dos sujetadores superiores.

La figura 3.26, muestra la vista 3D general del sujetador del motor, con un motor y las medidas del sujetador.

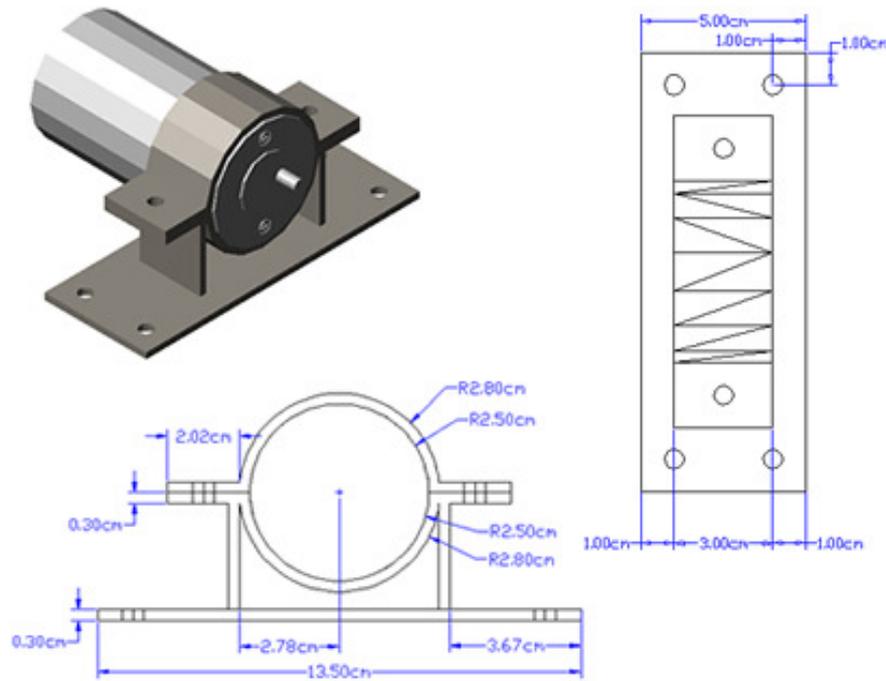


Figura. 3.26. Vista 3D y medidas del sujetador del motor.

Materiales del sujetador del motor

- Sujetador inferior: Lámina de hierro de 3 mm. de espesor
- Sujetador superior: Lámina de hierro de 3 mm. de espesor.

Elementos complementarios:

- Pernos hexagonales para las agarraderas del motor.
- Tuercas hexagonales para las agarraderas del motor.
- 8 Tornillos colepato para la sujeción de los sujetadoras del motor al base de la plataforma.

3.2.2 Diseño del la Plataforma Base y Soporte Superior

La plataforma base tiene como función fijar todos los elementos necesarios para cumplir con el desplazamiento del prototipo, el seguimiento de la línea e identificación de cruces, mientras que el soporte superior permite la sujeción del mecanismo del brazo manipulador, el porta-bandejas, los sistema de control electrónico, baterías y la estructura superficial. Tal como se indicó, en el mecanismo de tracción las ruedas se ubican en el área posterior, para balancear y mantener horizontal a la plataforma se fijan ruedas pivotantes en el área frontal del soporte base.

La plataforma base y soporte superior se encuentra constituido por las siguientes piezas:

- Soporte de los sensores de línea.
- Soporte del lector de proximidad.
- Soporte base de la plataforma.
- Soporte superior de la plataforma.

La figura 3.27, muestra la vista general de la plataforma base y el soporte superior y sus respectivas piezas.

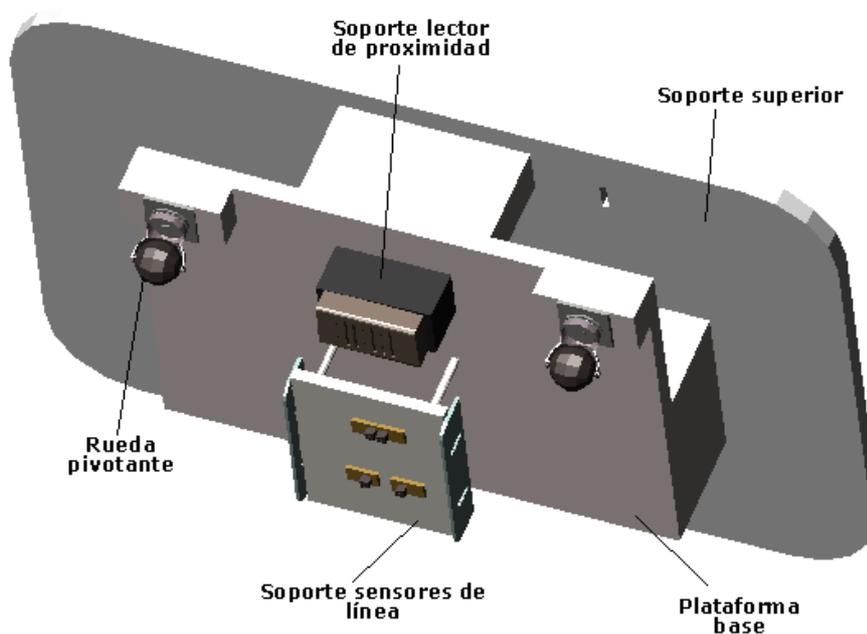


Figura. 3.27. Elementos que conforman la plataforma base y el soporte superior.

3.2.2.1 Soporte de los Sensores de Línea

Este soporte tiene como función acercar a los sensores de línea de manera más precisa hacia la línea trazada en la pista, para ello tiene dos mecanismos, el primero las láminas laterales del soporte que son regulables y permiten subir o bajar la altura de los sensores con respecto al suelo. El segundo mecanismo resulta los tornillos como extensiones que realizan la función de sujeción horizontal con la plataforma, mas no tienen sujeción vertical, lo que produce que las láminas laterales del soporte siempre estén en contacto con el suelo aunque las ruedas tengan obstáculos o alzas ocasionales. De esta manera, se asegura que los sensores de línea mantengan la distancia adecuada para el seguimiento de la línea trazada en la pista.

La figura 3.28, muestra la vista 3D general del soporte de los sensores de línea y sus medidas.

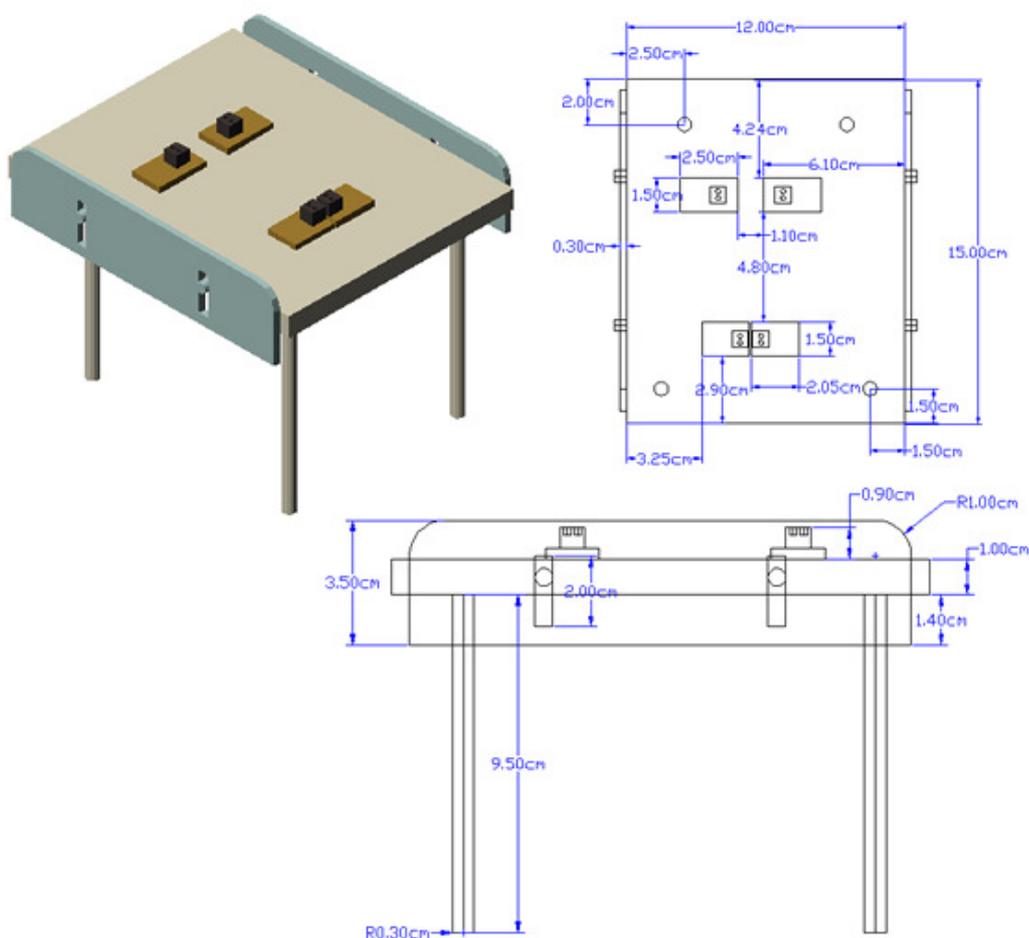


Figura. 3.28. Vista 3D y medidas del soporte de los sensores de línea.

Materiales del soporte de los sensores de línea:

- Base del soporte: Tablero MDF de 1 cm. de espesor.
- Láminas laterales: Policarbonato transparente (permite mejor deslizamiento), de 3 mm. de espesor.
- Pernos extensores: Pernos cabeza redonda de 10 cm. de longitud.

Elementos complementarios:

- Tornillos colepato para sujeción de las láminas laterales al soporte.
- Sensores de línea detallados en el capítulo 4.

3.2.2.2 Soporte del Lector de Proximidad

Elemento extensor de sujeción que permite acercar el lector de proximidad hasta una distancia de 1.5 cm. del suelo.

La figura 3.29, muestra la vista 3D general del soporte y de la lectora de proximidad y sus medidas.

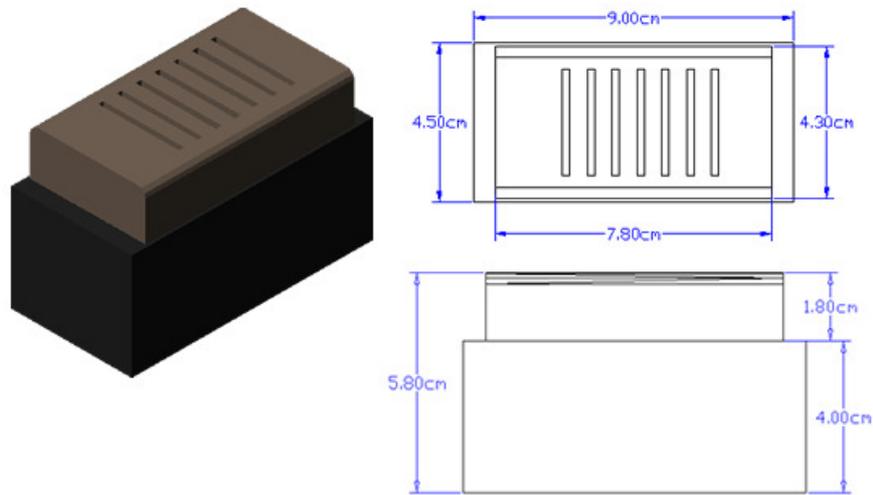


Figura. 3.29. Vista 3D y medidas del soporte del lector de proximidad.

Materiales del soporte del lector de proximidad:

- Soporte: Bloque de madera.

Elementos complementarios:

- 2 Tornillos colepato para sujeción del soporte a la base de la plataforma.
- Lectora de proximidad detallada en el capítulo 4.

3.2.2.3 Soporte Base de la Plataforma

Es el soporte base que sujeta todos los elementos requeridos para el desplazamiento de la plataforma tales como los mecanismos de tracción, el soporte de los sensores de línea, el soporte del lector de proximidad y a su vez, se ubican los extensores para juntarse con el soporte superior de la plataforma. Se encuentra conformado por una lámina de aglomerado base, extensores de madera y las ruedas pivotantes.

La figura 3.30, muestra la vista 3D general del soporte base la plataforma y sus medidas.

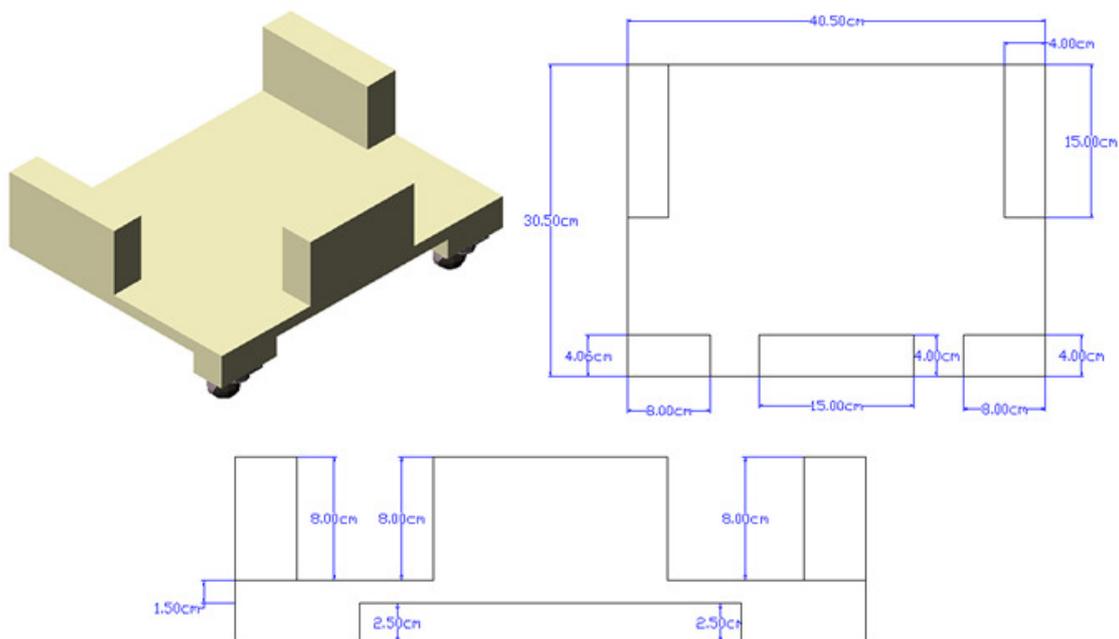


Figura. 3.30. Vista 3D y medidas del soporte base de la plataforma.

Materiales del soporte base de la plataforma:

- Lámina base: Tablero de aglomerado plastificado de 1.5 cm. de espesor.
- Extensores superiores: Bloques de madera.
- Extensores de las ruedas pivotantes: Bloques de madera.

Elementos complementarios:

- 2 Ruedas pivotantes con altura de 4.8 cm. desde el suelo hasta la unión con el extensor.
- 8 Tornillos colepato para sujeción de las ruedas pivotantes.

3.2.2.4 Soporte Superior de la Plataforma

Este elemento soporta y sujeta al brazo manipulador, el porta-bandejas con bandejas, elementos de control electrónico, baterías y estructura superficial. El soporte superior se encuentra sujetado al soporte base de la plataforma.

La figura 3.31, muestra la vista 3D general del soporte superior de la plataforma y sus medidas.

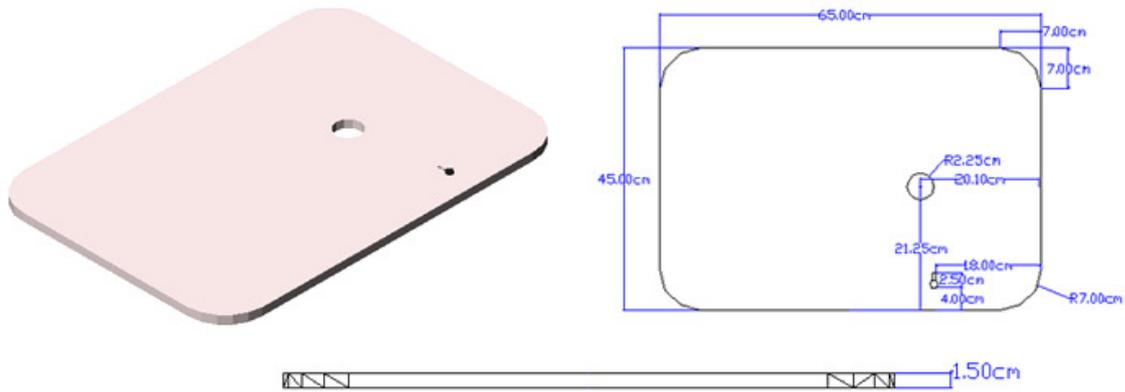


Figura. 3.31. Vista 3D y medidas del soporte superior de la plataforma.

Materiales del soporte superior de la plataforma:

- Soporte: Tablero de aglomerado plastificado de 1.5 cm. de espesor.

Elementos complementarios:

- 6 Tornillos para aglomerado, para sujeción entre soporte superior y base.

3.2.3 Vistas de la Plataforma Móvil Completa

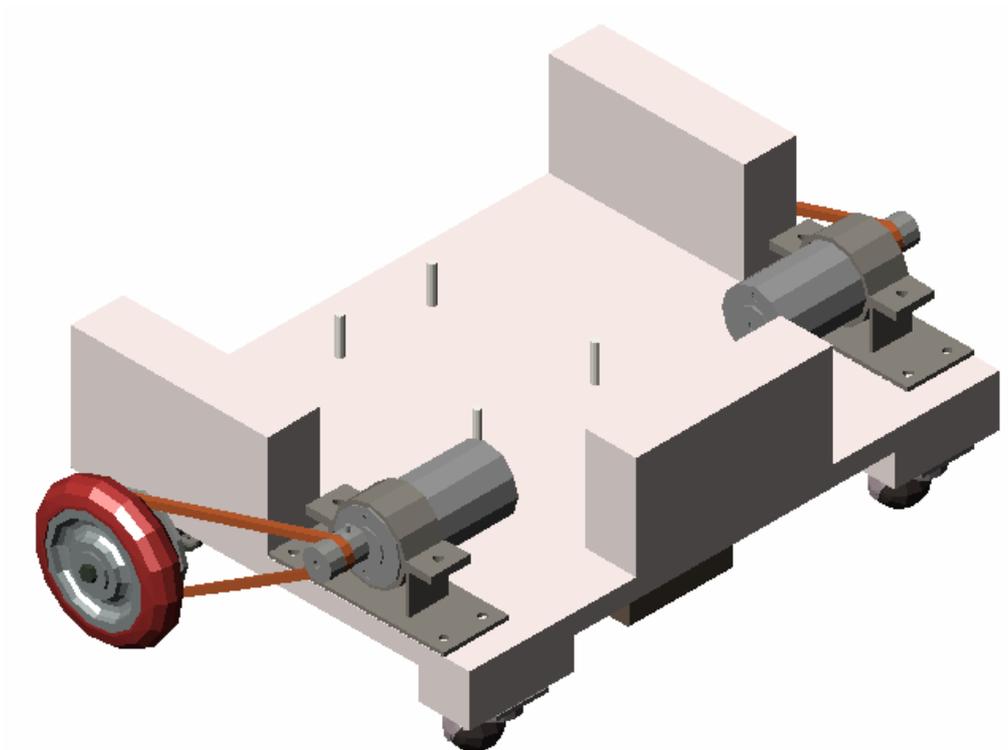


Figura. 3.32. Vista 3D de la plataforma base completa.

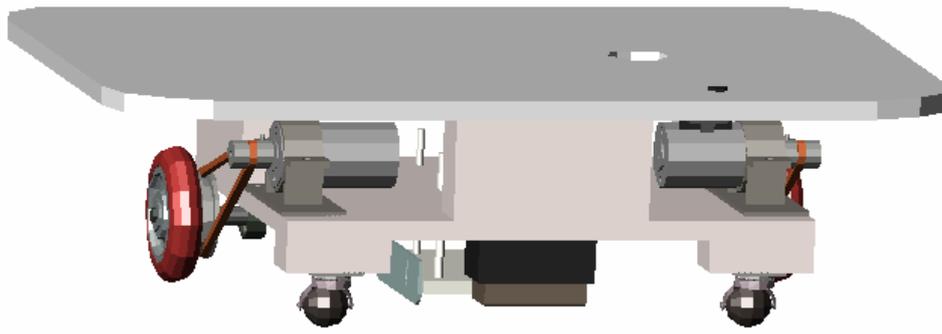


Figura. 3.33. Vista 3D frontal de la plataforma completa.

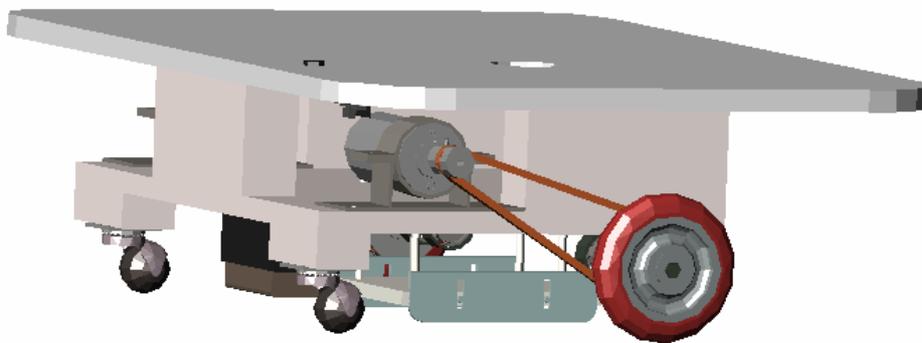


Figura. 3.34. Vista 3D lateral derecha de la plataforma completa.

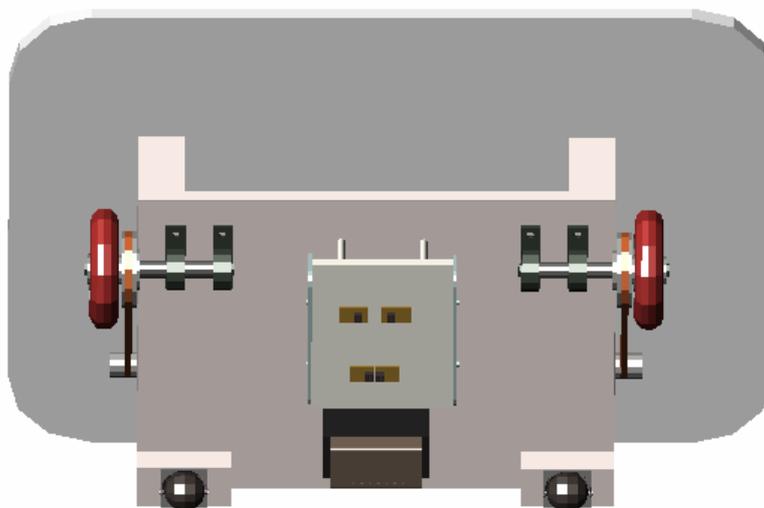


Figura. 3.35. Vista 3D inferior de la plataforma completa.

3.3 Diseño del Porta-bandejas

El porta-bandejas es el elemento que soporta y distribuye en forma vertical a las bandejas a ser entregadas. Tiene 3 niveles para transporte de bandejas de entrega y un nivel auxiliar superior para uso futuro. El porta-bandejas se encuentra fijo al soporte superior de la plataforma.

La figura 3.36, muestra la vista 3D general del porta-bandejas y sus medidas.

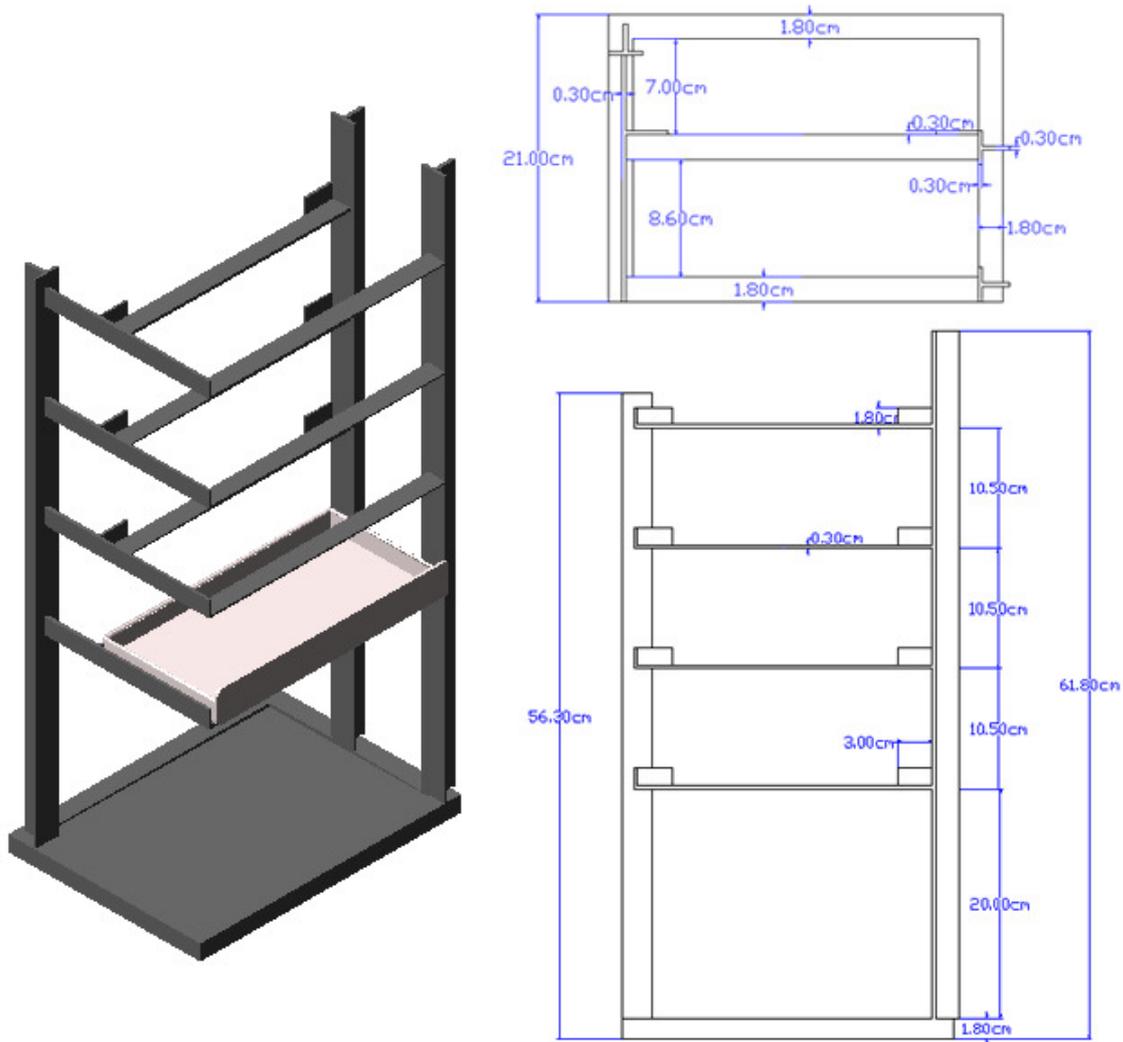


Figura. 3.36. Vista 3D y medidas del porta-bandejas.

Materiales del porta-bandejas:

- Base del porta-bandejas: Tablero MDF de 1.5 cm. de espesor.
- Columnas verticales: Ángulos T de hierro de 2 mm. de espesor.
- Laterales y horizontales: Tiras de tol de 1.8 cm. de grosor y 2 mm. de espesor.

Elementos complementarios:

- 6 Tornillos colepato para sujeción del porta-bandejas al soporte superior de la plataforma.

Bandeja para Entregas

La figura 3.7, muestra la vista 3D general de la bandeja de entrega y sus medidas.

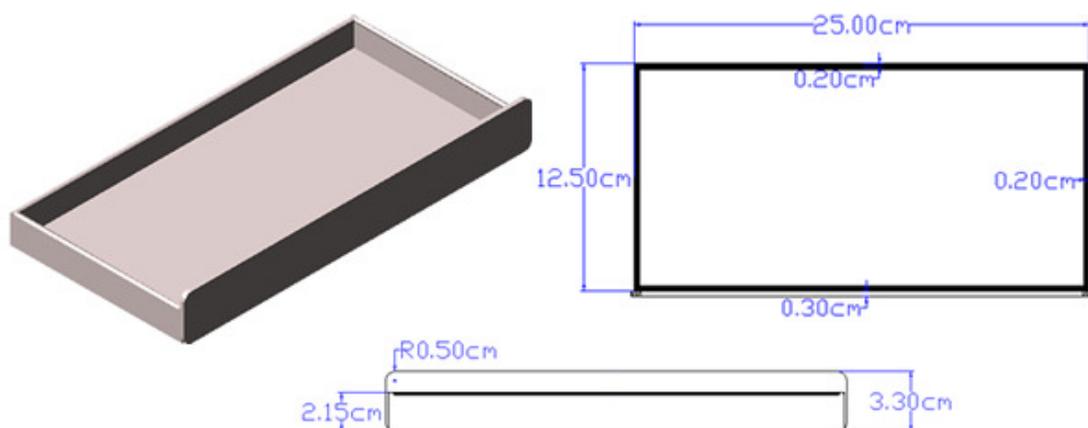


Figura. 3.37. Vista 3D y medidas de la bandeja de entregas.

Materiales de la bandeja:

- Bandeja: Lámina de hierro de 1 mm. de espesor, doblada.
- Tira de sujeción del electroimán: Lámina de hierro de 2 mm. de espesor.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL HARDWARE

4.1 COMPOSICIÓN GENERAL DEL HARDWARE DEL PROTOTIPO

El prototipo se encuentra conformado por tres áreas importantes, el hardware que controla el brazo para la entrega de las bandejas, el hardware que controla el desplazamiento de la plataforma y el hardware de comunicación con la PC.

En la figuras 4.01, 4.02 y 4.03, se muestran los diagramas de bloques de comunicación con la PC, del hardware del brazo y del hardware de la plataforma móvil respectivamente.

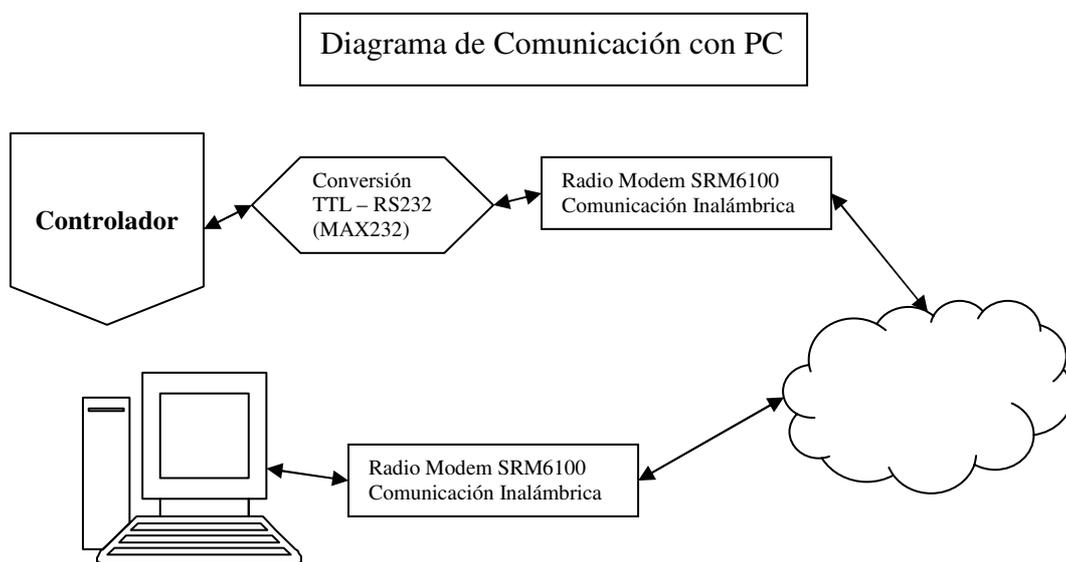


Figura. 4.01. Diagrama de comunicación con la PC.

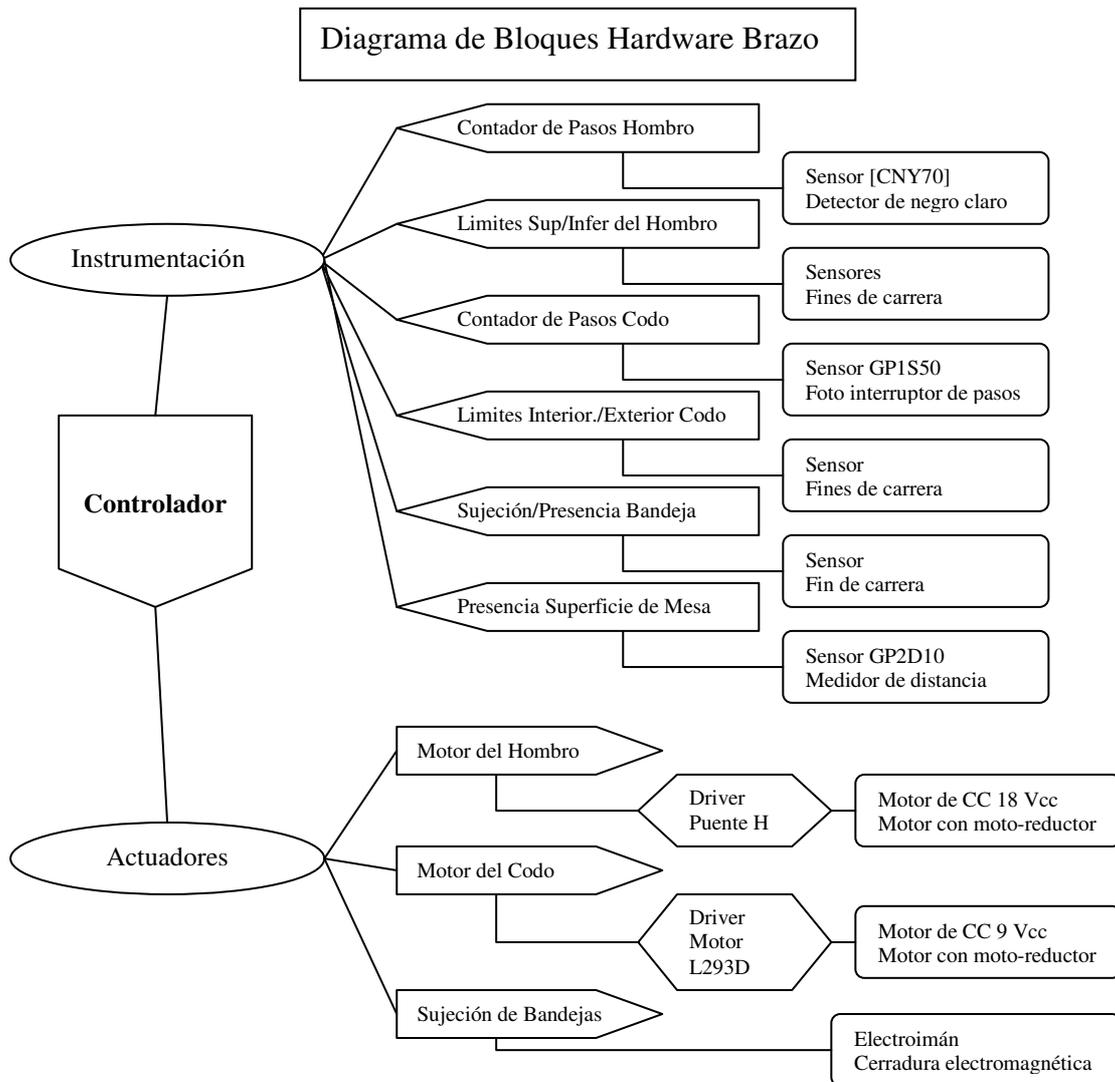


Figura 4.02. Diagrama de bloques del hardware del brazo.

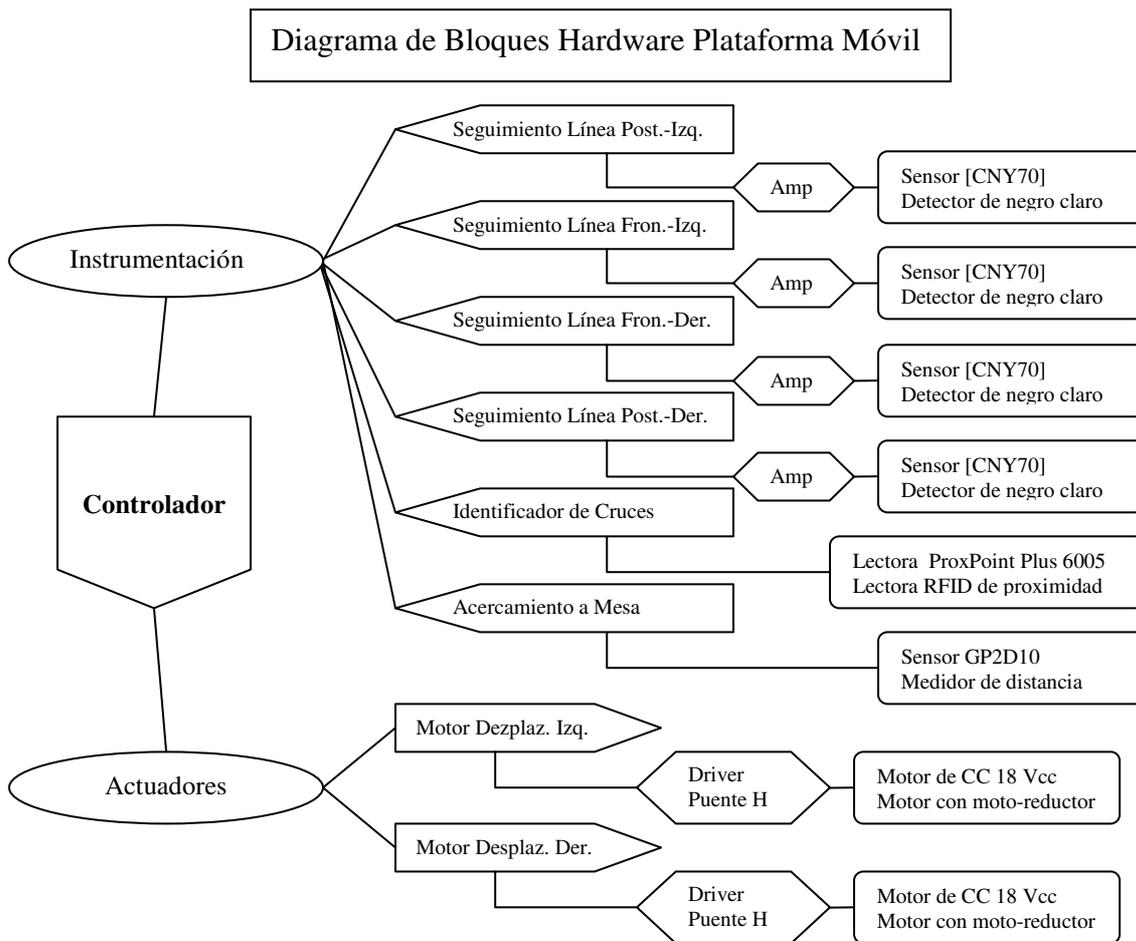


Figura. 4.03. Diagrama de bloques del hardware de la plataforma móvil.

Circuito Electrónico:

Los diagramas electrónicos de los circuitos que constituyen el control electrónico del hardware se encuentran detallados en el Anexo 1 Diagramas Electrónicos.

En la figura 4.04, se muestra el circuito electrónico del microcontrolador y las referencias de los puertos a los distintos circuitos.

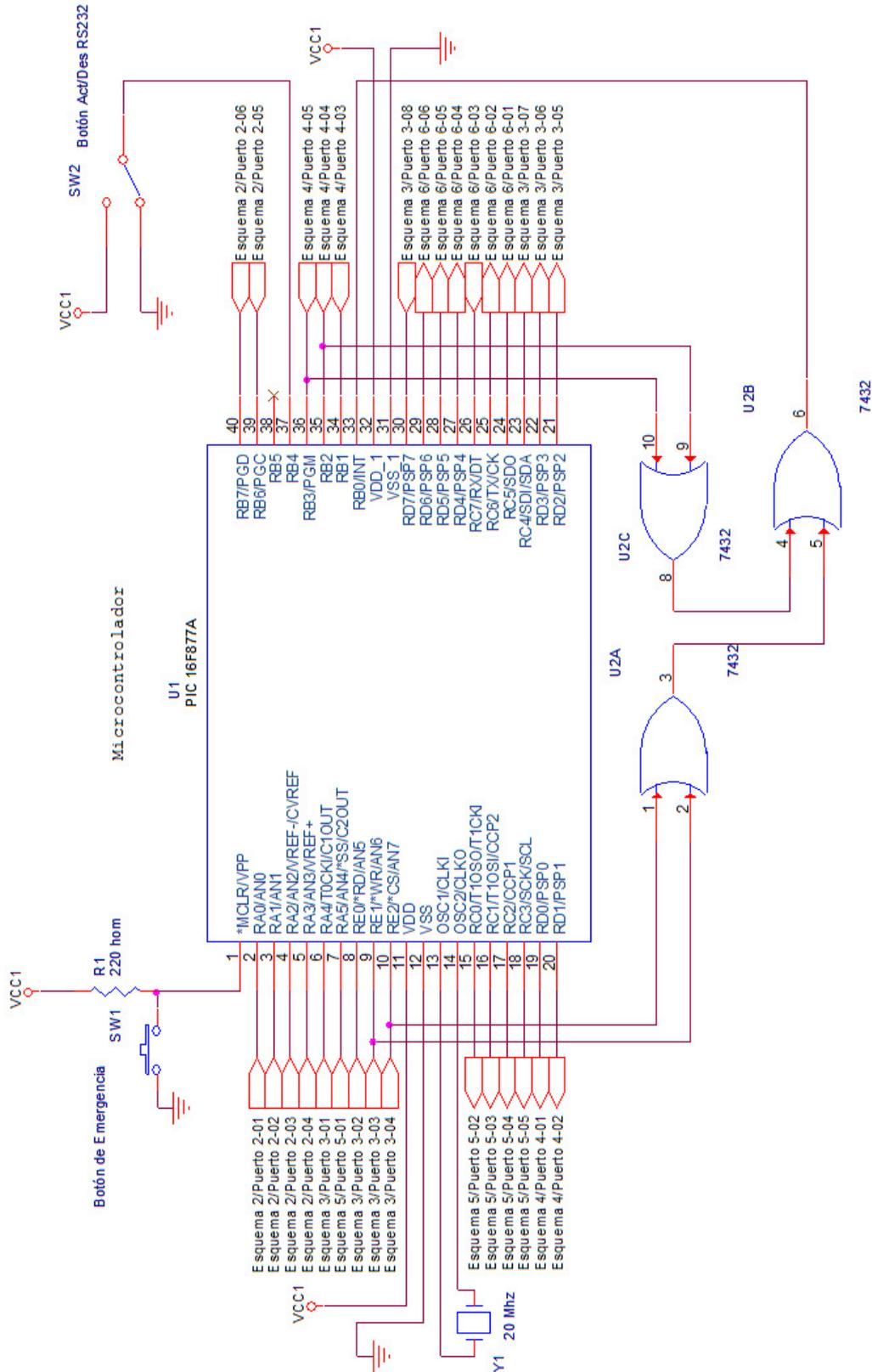


Figura. 4.04. Diagrama electrónico del microcontrolador.

4.2 SISTEMA DE NAVEGACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE CRUCE

El sistema de navegación implementado en la plataforma móvil está conformado por:

- Subsistema de seguimiento de línea recta de color negro.
- Subsistema de identificación de cruce.

4.2.1 Subsistema de Seguimiento de Línea Recta de Color Negro

El subsistema de seguimiento de línea se encuentra conformado por un juego de 4 sensores CNY70, cuya función es la de detectar la posición de la plataforma con respecto a la línea negra. La información técnica de los sensores CNY70 se encuentra en el respectivo datasheet.

La disposición de los sensores es en forma de T, dos sensores frontales siempre se encuentran en la línea negra, mientras que los dos restantes se encuentran en la parte posterior a los extremos de la línea. De esta manera, se logra detectar cualquier desviación de la plataforma.

La figura 4.05, muestra la disposición de los sensores de seguimiento de línea con respecto a la línea y las medidas de sus ubicaciones.

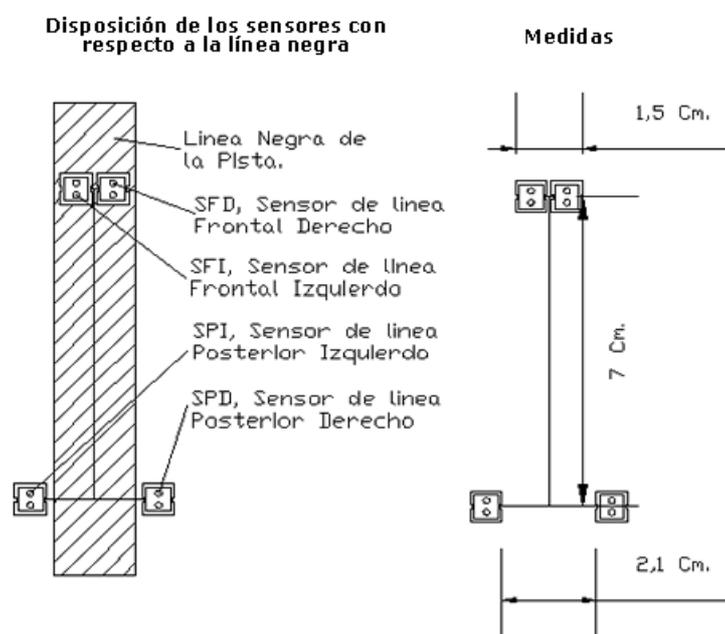


Figura. 4.05. Disposición y medidas de los sensores de línea.

Para obtener el comportamiento de los sensores frente a la disposición diseñada se levantó una tabla con todos los casos de las combinaciones al seguir la línea.

La figura 4.06, muestra los distintos casos que se pueden generar al seguir la línea con la disposición de los sensores.

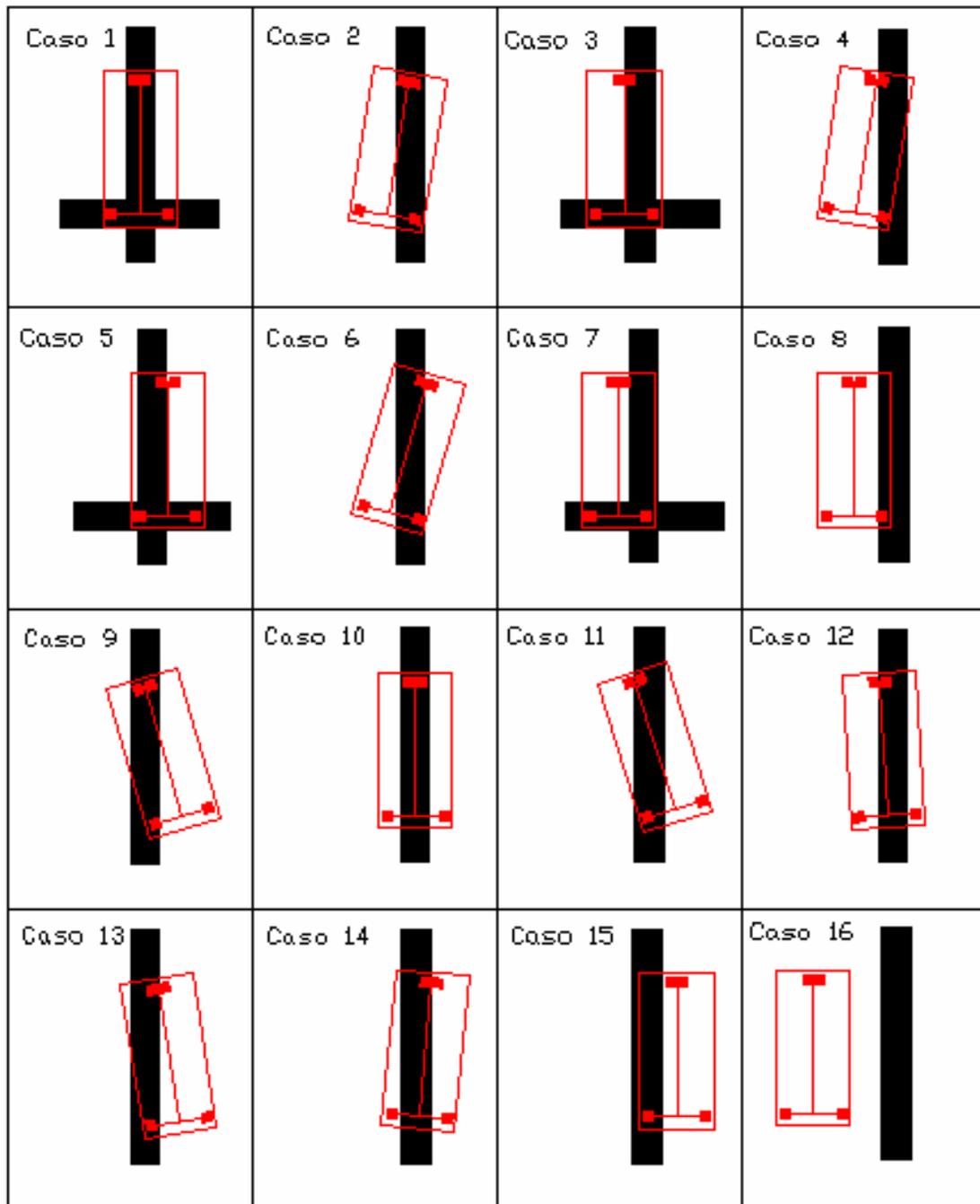


Figura. 4.06. Casos de seguimiento de línea con los sensores.

De acuerdo a los casos analizados en la figura 4.06, se obtuvo la tabla 4.01 de comportamiento:

Tabla. 4.01. Casos de Seguimiento de Línea.

N° Caso	Descripción	Sensores				Tipo de acción a realizar
		SPI	SFI	SFD	SPD	
1	Recto, encuentro en cruce	■	■	■	■	Parar en cruce
2	Recto, ligera desviación izquierda	■	■	■	■	Corrección derecha
3	Ligero desvío izquierdo, encuentro con cruce	■	■	■	■	Parar en cruce
4	Desviación izquierda	■	■	■	■	Corrección derecha
5	Ligero desvío derecho, encuentro con cruce	■	■	■	■	Parar en cruce
6	Fuerte desvío derecho	■	■	■	■	Corrección crítica derecha
7	Fuerte desvío derecho o izquierdo, encuentro con cruce	■	■	■	■	Parar por error ubicación
8	Critico desvío izquierdo	■	■	■	■	Parar por error crítico
9	Recto, ligera desviación derecha	■	■	■	■	Corrección derecha
10	Recto seguimiento correcto	■	■	■	■	Seguir línea
11	Fuerte desvío izquierdo	■	■	■	■	Corrección derecha
12	Ligero desvío izquierdo	■	■	■	■	Corrección derecha
13	Desviación derecha	■	■	■	■	Corrección izquierda
14	Ligero desvío derecho	■	■	■	■	Corrección izquierda
15	Critico desvío derecho	■	■	■	■	Parar por error crítico
16	Error sin línea	■	■	■	■	Parar por error crítico

Los cuadros negros representan la presencia de línea, mientras que los cuadros blancos la ausencia de la misma.

Posteriormente se realizó un cuadro resumen representado en la tabla 4.02, de los casos que implican el seguimiento de la línea con posibilidad de corrección; al mismo tiempo, se analiza la potencia necesaria a aplicar a los motores para lograr la corrección de la desviación de la plataforma, considerando que el 100% es la mayor potencia a energizar a los motores.

Tabla. 4.02. Resumen de los Casos de Seguimiento de Línea.

Arreglo	Descripción	N° Caso	Sensores				Corrección PWM Potencia Motores	
			SPI	SFI	SFD	SPD	Derecho	Izquierdo
1	Recto seguimiento correcto	10	■	■	■	■	50%	50%
2	Recto, ligera desviación derecha	9	■	■	■	■	50%	70%
3	Desviación derecha	13	■	■	■	■	50%	90%
4	Ligero desvío derecho	14	■	■	■	■	50%	70%
5	Recto, ligera desviación izquierda	2	■	■	■	■	70%	50%
6	Desviación izquierda	4	■	■	■	■	90%	50%
7	Ligero desvío izquierdo	12	■	■	■	■	70%	50%
8	Critico desvío derecho	15	■	■	■	■	30%	90%
9	Critico desvío izquierdo	8	■	■	■	■	90%	30%

De acuerdo a la tabla con asignación de potencia, se puede observar -en el caso de avance normal-, que únicamente los sensores frontales se encuentran sobre la línea, ambos motores avanzan al 50%; esto para mantener un seguimiento recto y continuo. Mientras que en casos de anomalías se aumenta la potencia en uno de los motores para lograr girar la plataforma y corregir la trayectoria.

De acuerdo a los valores asignados y considerando que en la programación del controlador se debe asignar un sistema PWM para el control de los motores, se realiza una ecuación para cada motor que permita a su vez generar el algoritmo requerido para la programación.

$$\text{Motor Derecho} = (70 - 20\text{SFD} + 20\text{SPI}) \% \quad \text{Ecuación 2.}$$

$$\text{Motor Izquierdo} = (70 - 20\text{SFI} + 20\text{SPD}) \% \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde,

SFI es Sensor Frontal Izquierdo y su estado es 1 ó 0,

SFD es Sensor Frontal Derecho y su estado es 1 ó 0,

SPI es Sensor Posterior Izquierdo y su estado es 1 ó 0,

SPD es Sensor Posterior Derecho y su estado es 1 ó 0.

4.2.2 Subsistema de Identificación de Cruce

Considerando que el prototipo se moviliza siguiendo una línea y que para lograr un giro a la derecha o izquierda siempre va a ser necesario un cruce, es necesario asegurar que el cruce en el que se encuentre la plataforma sea identificado para no tener falsos errores o pérdida de ubicación en la pista. Por ello se ha implementado en el prototipo un sistema que permita identificar de manera segura en qué punto de la pista se encuentra.

El sistema diseñado y probado para esta función es el sistema de identificación de personas RFID por medio de tarjetas de proximidad. Este subsistema, hoy en día, es usado en los sistemas de seguridad electrónica y se basa en el protocolo Wiegand.

4.2.2.1 Protocolo Wiegand

Medio de transmisión del protocolo Wiegand

Se trata de una transmisión asíncrona de 3 hilos (data 0, data 1, negativo) con una señal de entre 0 V y 5,5 V como máximo. Los 0 y los 1 son impulsos con duración de entre 20 μs a 100 μs de duración en estado bajo.

La figura 4.07, muestra el diagrama de tiempo del protocolo Wiegand.

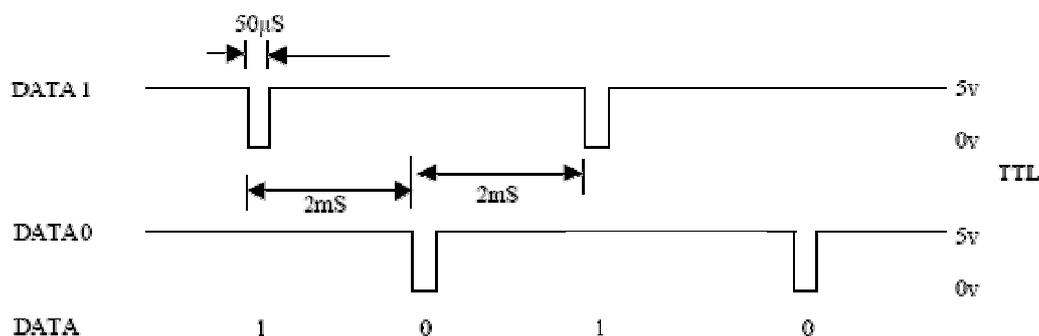


Figura. 4.07. Diagrama de tiempo protocolo Wiegand.

El interface se completa con 5 bornes, con la codificación siguiente:

- Rojo: alimentación (5 V ó 12 V ó 24 V nominal)
- Negro: común (negativo)
- Blanco: data 1
- Verde: data 0
- Marrón: control de LED

La normativa autoriza hasta 153 m. de cable de cobre de diámetro 1,02 mm. (0,82 mm² correspondiente a un cable AWG 18).

4.2.2.2 Interpretación de información del protocolo Wiegand

El siguiente es el protocolo para la recepción de información de un formato Wiegand 26, esto quiere decir que la cadena de recepción tiene una longitud de 26 bits.

- El primer bit (b00) es la paridad Par de los primeros 12 bits transmitidos (b01:b12); en otras palabras, se adiciona 1 ó 0 para asegurar una paridad par de la primera mitad de la cadena recibida.
- Los 8 siguientes bits (b11:b08), son el byte conocido como Facility Code, un byte utilizado para indicar la ubicación, usado para el sistema de control de accesos.
- Los 16 siguientes (b09:b24), son dos bytes conocidos como User Code, en otras palabras la identificación del usuario.
- El último bit (b25), es la paridad Impar de los últimos 12 bits transmitidos (b13:b24), en otras palabras se adiciona 1 ó 0 para asegurar una paridad impar de la última mitad de la cadena recibida.

Un ejemplo para analizar la interpretación del protocolo:

En la figura de abajo se puede observar la interpretación de un código Wiegand 26. En el ejemplo, la cadena de información está constituida por el Facility Code + User Code 4-24610. La paridad E es 1 para asegurar Par la secuencia de 00000100011 que tiene tres unos y la paridad O es también 1 para asegurar impar la secuencia 0000000100010 que sólo tiene dos unos.

La figura 4.08, muestran los datos de interpretación del ejemplo.

Wiegand 26, secuencia de bits:	E	(b0 ----- b11)	(b12 ----- b23)	O
	1	00000100	0110000000100010	1

Donde E es paridad PAR para los bits 0 a 11 e IMPAR para los bits 12 a 23.

Figura. 4.08. Ejemplo para interpretación del protocolo Wiegand.

4.2.2.3 Diseño del sistema de identificación

El lector de tarjetas de proximidad utilizado es ProxPoint plus 6005, la información del dispositivo se encuentra en su respectivo datasheet. Sin embargo, los datos que caben resaltar para el diseño son:

- Fuente de alimentación: 5 - 16 Vcc
- Requisitos máximos de corriente: Corriente (CC), Media 30 mA, máxima 75 mA
- Rango de lectura máximo típico: Tarjeta ProxCard® II – hasta 7,6 cm.

El tipo de tarjetas de proximidad utilizados son las Tarjeta ProxCard® II, la información de las tarjetas se encuentra en su respectivo datasheet.

Para proteger contra golpes y raspones por zapatos, las tarjetas de proximidad son empotradas en el suelo a nivel de la superficie, se las ubica en el punto de cruce exacto en posición horizontal.

A la lectora de proximidad se le energiza con 12 Vcc, esto para aumentar la recepción de la antena interna y asegurar la lectura de la tarjeta. El lector de proximidad es fijado a la plataforma en el área central frontal para lograr la lectura de la tarjeta antes de llegar al cruce y así obtener el código del cruce antes que el controlador tome decisiones de

navegación. La altura con respecto al piso de la lectora es de 1.5 cm, para asegurar igualmente la recepción de la tarjeta sin importar su posición: se encuentre girada, vertical u horizontal, siempre que pase por el 60% del área del lector se obtendrá la identificación de la tarjeta.

La figura 4.09, muestra la ubicación de la lectora de proximidad en el área frontal inferior de la plataforma.

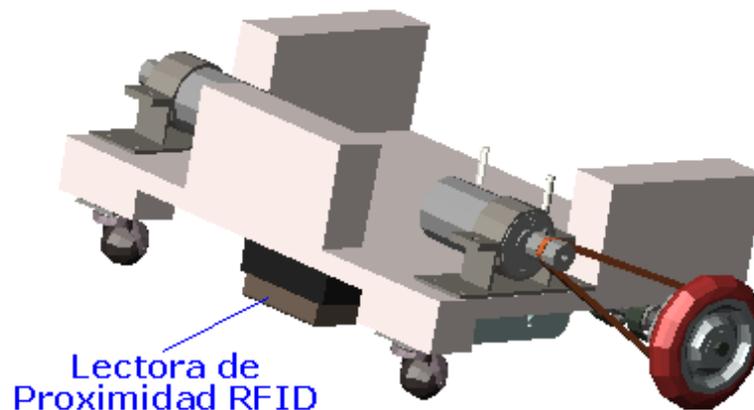


Figura. 4.09. Ubicación de la lectora de proximidad en la plataforma.

Circuito electrónico:

La figura 4.10 muestra el circuito de conexión de la lectora de proximidad.

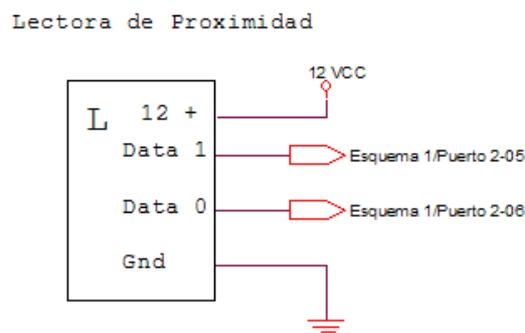


Figura. 4.10. Circuito electrónico de conexión de la lectora de proximidad.

A continuación, en la figura 4.11 se muestra la secuencia de identificación de un cruce en la pista de carrera al momento de acercarse la plataforma.

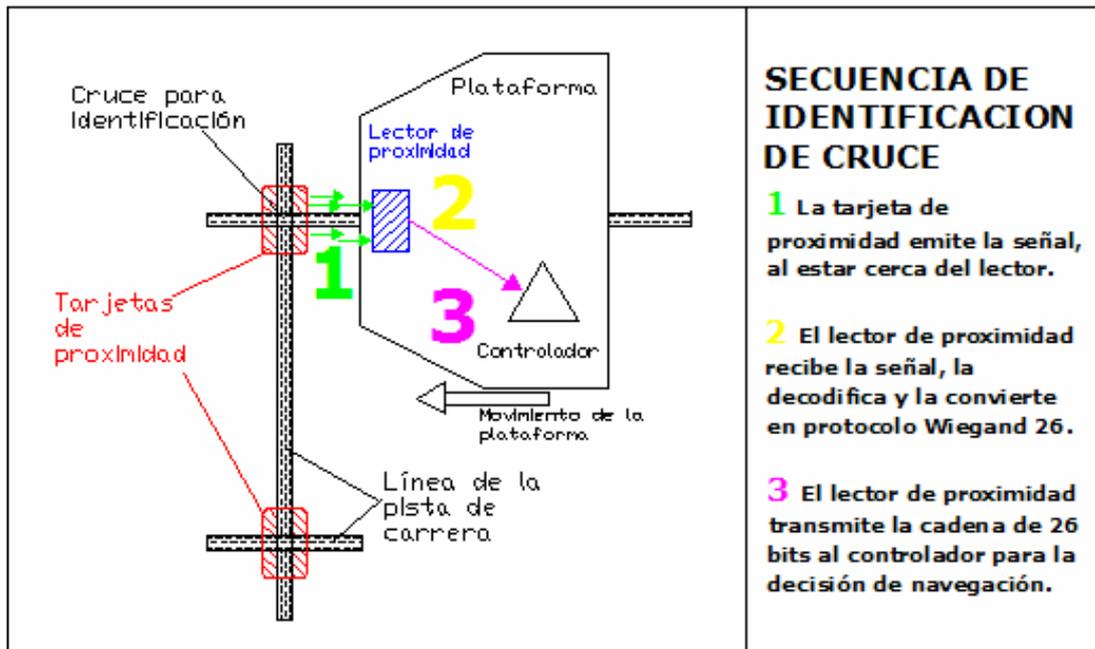


Figura. 4.11. Secuencia de identificación de cruce.

4.3 INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA EN EL PROTOTIPO

La instrumentación utilizada en el prototipo se puede dividir en las siguientes categorías:

- Sensores ópticos.
- Sensores mecánicos.

4.3.1 Sensores Ópticos

4.3.1.1 Sensor infrarrojo de detección del color Negro

El sensor utilizado para la detección de cambio de color entre una superficie clara al negro es el CNY70. De acuerdo a la figura 4.12, se puede observar que la distancia entre el sensor y la superficie a sensar es importante. Por ello los sensores han sido fijados a una distancia entre 1 mm. y 2 mm. con respecto a la superficie a sensar.

Este tipo de sensor se encuentra ubicado en dos áreas del prototipo, en el subsistema de seguimiento de línea y en el mecanismo del brazo como contador de pasos de la altura del hombro.

La ubicación y disposición de los sensores CNY70 en el subsistema de seguimiento de línea han sido detalladas en el punto 4.2.1 de este capítulo; sin embargo, falta aclarar el soporte que permite regular y calibrar la altura de los sensores con respecto al piso.

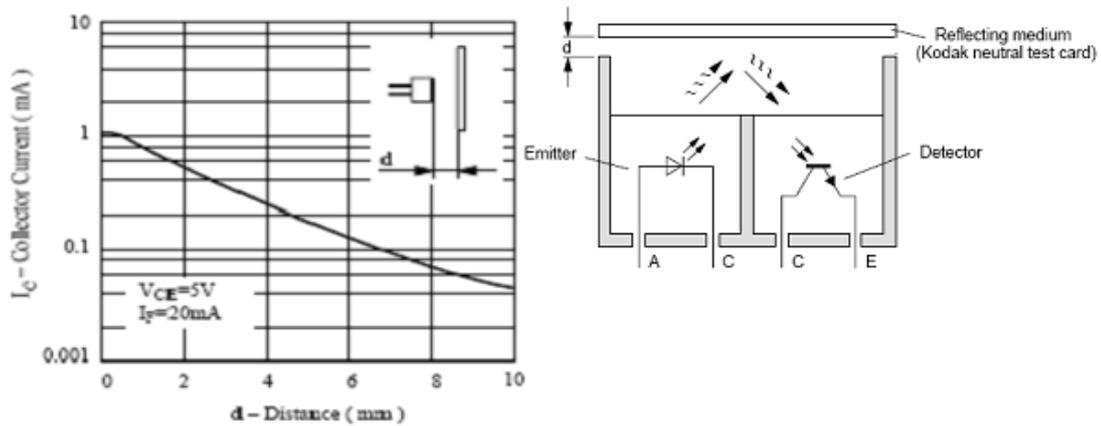


Figura. 4.12. Información del sensor CNY70.

La figura 4.13, muestra al soporte de los sensores de seguimiento de línea.

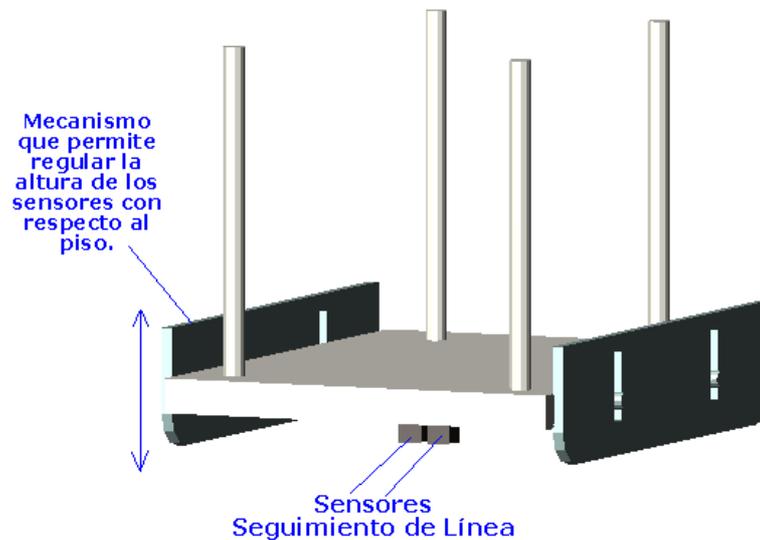


Figura. 4.13. Soporte de sensores para el seguimiento de línea.

Circuito electrónico:

La figura 4.14, muestra el circuito electrónico de los sensores CNY70 para el seguimiento de línea.

La función del sensor CNY70 en el extremo inferior del tornillo sin fin del brazo, es básicamente como contador de pasos, para medir la altura a la que se encuentra el hombro.

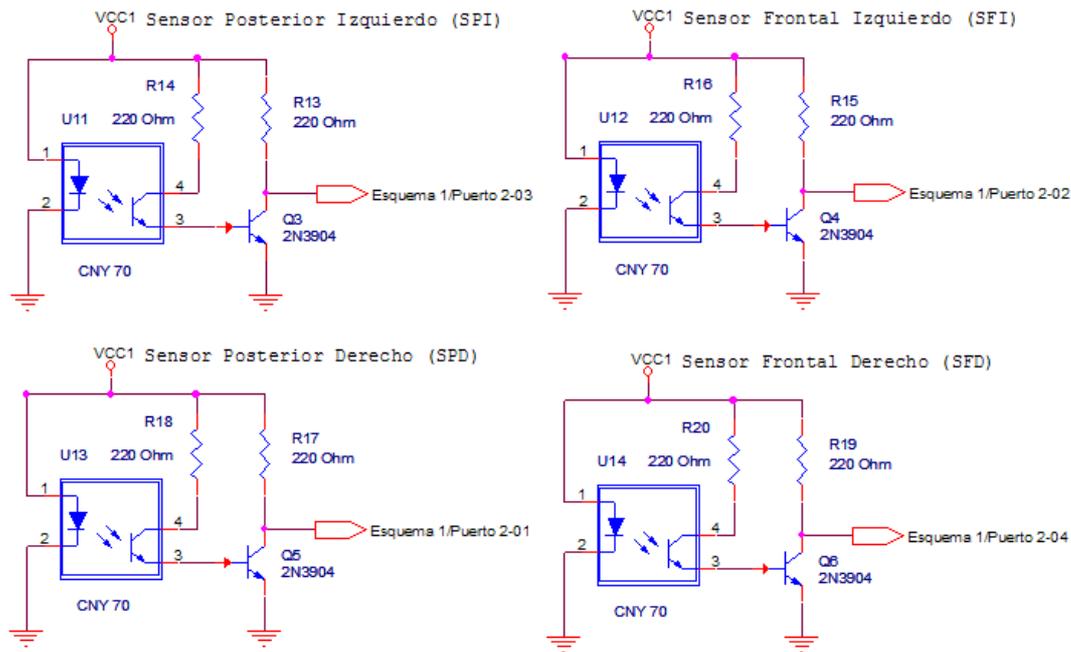


Figura. 4.14. Circuitos electrónicos seguimiento de línea.

Bajo la polea, se encuentra adherida una placa con los pasos en color negro. Ya que el tornillo sin fin tiene una relación de 1 a 3 vueltas, la rodela presenta un número igual de tres pasos o áreas negras para contar la altura a la que se encuentra el hombro. El sensor CNY70 se encuentra a una distancia de 1 mm. de la rodela de pasos para medir los cambios de color.

La figura 4.15, muestra la ubicación del sensor como contador de pasos del hombro y la rodela de pasos con sus medidas.

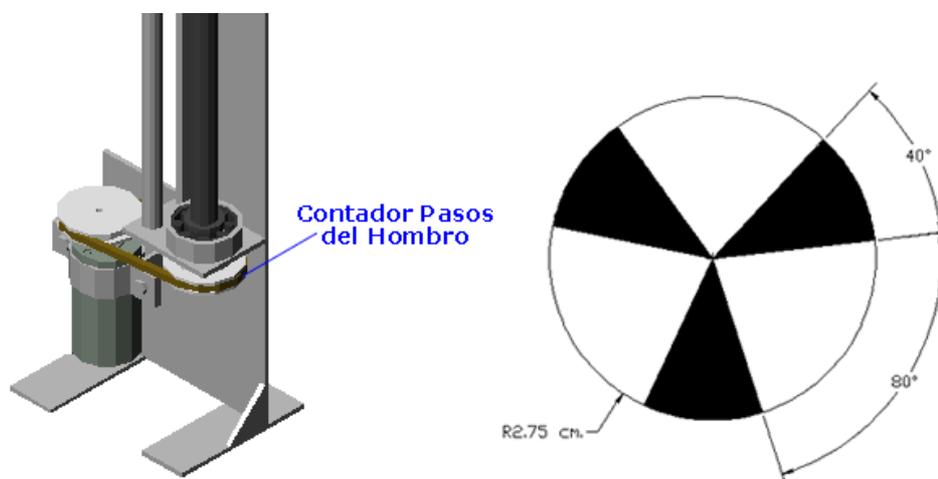


Figura. 4.15. Ubicación y medidas de la rodela del contador de pasos.

Circuito electrónico:

La figura 4.16 muestra el circuito electrónico de conexión del sensor CNY70 como contador de pasos.

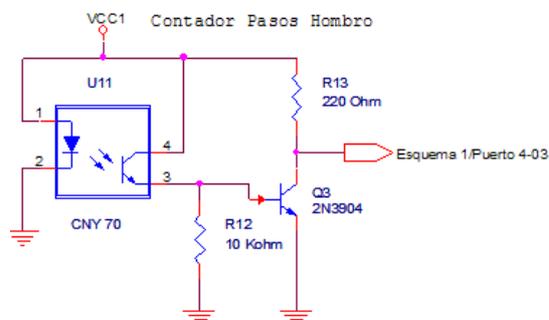


Figura. 4.16. Circuito electrónico contador pasos hombro.

4.3.1.2 Sensor detector de pasos

Este instrumento se encuentra conformado por dos piezas, el sensor GP1S50 marca Sharp, y una rueda ranurada construida para el caso. El sensor GP1S50 es un foto-interruptor utilizado como contador de pasos óptico (la información del sensor se encuentra en su respectivo datasheet), y envía una señal de 5 Vcc al controlador cada vez que una ranura del disco recorre el área del sensor. El disco ranurado tiene una dimensión de 3 cm. de radio y cada ranura tiene un grosor aproximado de 1 mm. y longitud de 8 mm.; la distancia entre ranura y ranura es aproximadamente de 7 mm. El disco se encuentra fijo al eje de giro del codo del brazo, de tal manera que cuando el motor gira al eje, se puede ir contando la posición del brazo que sujeta al electroimán.

La figura 4.17, muestra la vista 3D del contador de pasos con su rodela y las medidas del dispositivo.

Circuito electrónico:

La figura 4.18, muestra el circuito electrónico de conexión del sensor GP1S50 con función de contador de pasos del codo.

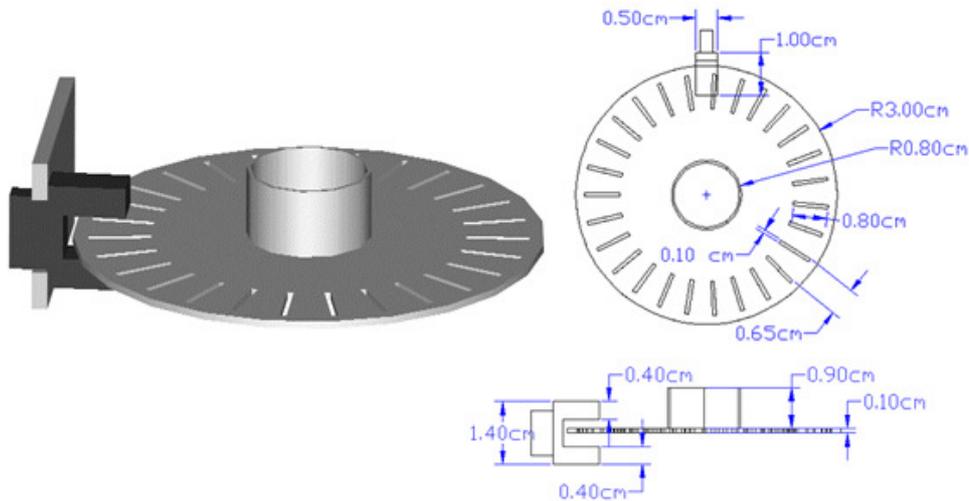


Figura. 4.17. Contador de pasos del codo y sus medidas.

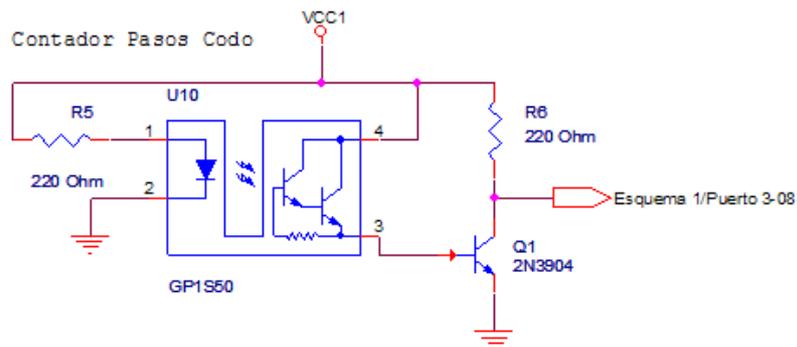


Figura. 4.18. Circuito electrónico contador de pasos codo.

4.3.1.3 Sensor medidor de distancia

El sensor utilizado para medir distancia es el GP2D12 marca Sharp (la información del sensor se encuentra en su respectivo datasheet). Este sensor nos permite medir la distancia a una superficie entre 0 a 50 cm, la señal de salida del sensor es analógica. Para obtener la curva de respuesta del sensor se tomaron los datos mostrados en la tabla 4.03 usando una hoja de papel blanco tamaño A4, la figura 4.19, muestra la curva de respuesta del sensor.

Los sensores GP2D12 son utilizados para medir la distancia de la mesa de entrega con respecto al prototipo en la secuencia de entrega de la bandeja. Por ello se utilizan dos unidades: una se ubica en el área inferior de la plataforma para medir el acercamiento del prototipo a la mesa para la entrega, el otro sensor se ubica debajo del electroimán cuya función es encontrar la superficie superior de la mesa 1 cm. antes de depositar la bandeja

mientras el hombro está realizando la tarea de bajar la bandeja al nivel de la mesa. La calibración de ambos sensores se lo realiza por medio del Firmware del controlador y se encuentra detallado en el capítulo 5.

Tabla 4.03 Datos Obtenidos del Sensor GP2D10

Distancia (cm.)	Voltaje (Vcc)
3,5	2,96
5	2,2
10	1,2
15	0,8
20	0,61
25	0,45
30	0,33
35	0,25
40	0,17
45	0,086
50	0,024

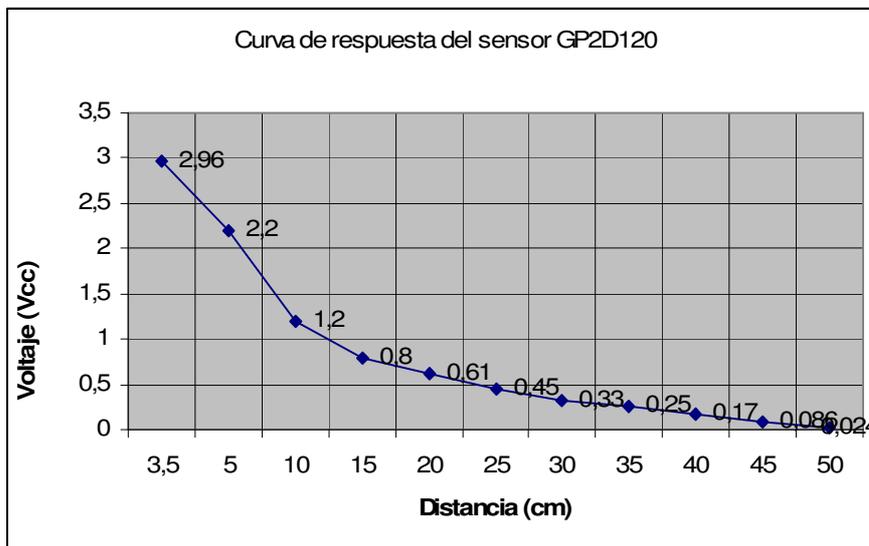


Figura. 4.19. Curva de respuesta de la tabla 4.03.

La figura 4.20, muestra la ubicación de los sensores GP2D10 tanto en el brazo con en la plataforma.

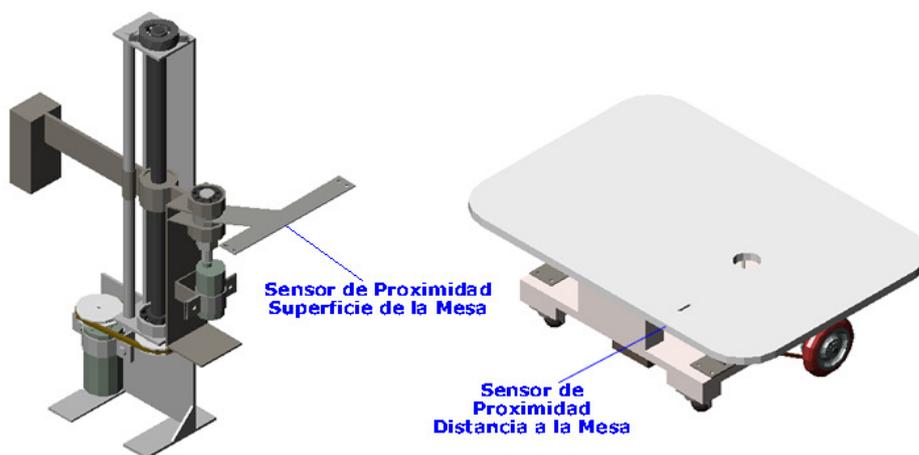


Figura. 4.20. Ubicación en plataforma y electroimán de sensores GP2D10.

Circuitos electrónicos:

La figura 4.21, muestra la conexión se los sensores de proximidad GP2D10 para detectar la superficie superior de la mesa y medir la distancia de acercamiento a la mesa.

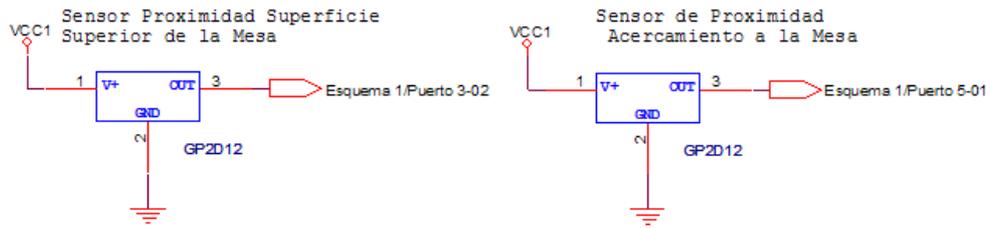


Figura 4.21. Circuito electrónico de los sensores GP2D10.

4.3.2 Sensores Mecánicos

4.3.2.1 Fines de carrera

Microswitch en estado normalmente abierto; utilizados para conocer los límites del movimiento mecánico y para la sujeción de la bandeja. En el brazo se han instalado 5 fines de carrera, todos del mismo tipo. Sus ubicaciones se detallan a continuación:

- 1 fin de carrera ubicado en el área superior del tornillo sin fin cuya función es medir el límite superior del hombro.
- 1 fin de carrera ubicado en el área inferior del tornillo sin fin, cuya función es medir el límite inferior del hombro, además de ser utilizado para realizar la función Home del hombro al inicializar el brazo del prototipo
- 1 fin de carrera ubicado en el eje de giro interior del codo, cuya función es ubicar el límite de giro interior del brazo.
- 1 fin de carrera ubicado en el eje de giro exterior del codo, cuya función es ubicar el límite de giro exterior del brazo, además de ser utilizado para realizar la función Home del codo al inicializar el brazo del prototipo.
- 1 fin de carrera empotrado en el soporte del electroimán cuya función es detectar la presencia de la bandeja al momento de realizar el giro interior para recogerla.

La figura 4.22, muestra la vista 3D del fin de carrera y sus medidas.

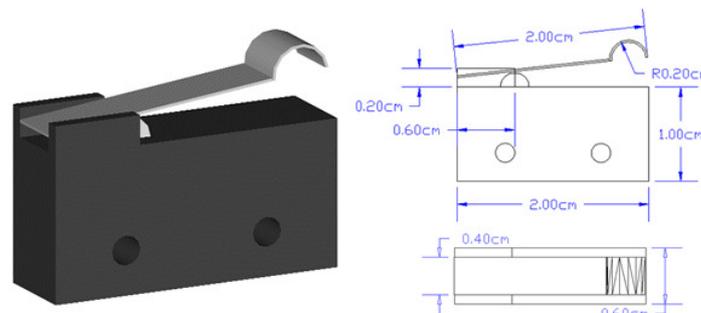


Figura 4.22. Fin de carrera y sus medidas.

Circuitos electrónicos:

La figura 4.23, muestra los circuitos electrónicos de los 5 fines de carrera instalados en el prototipo.

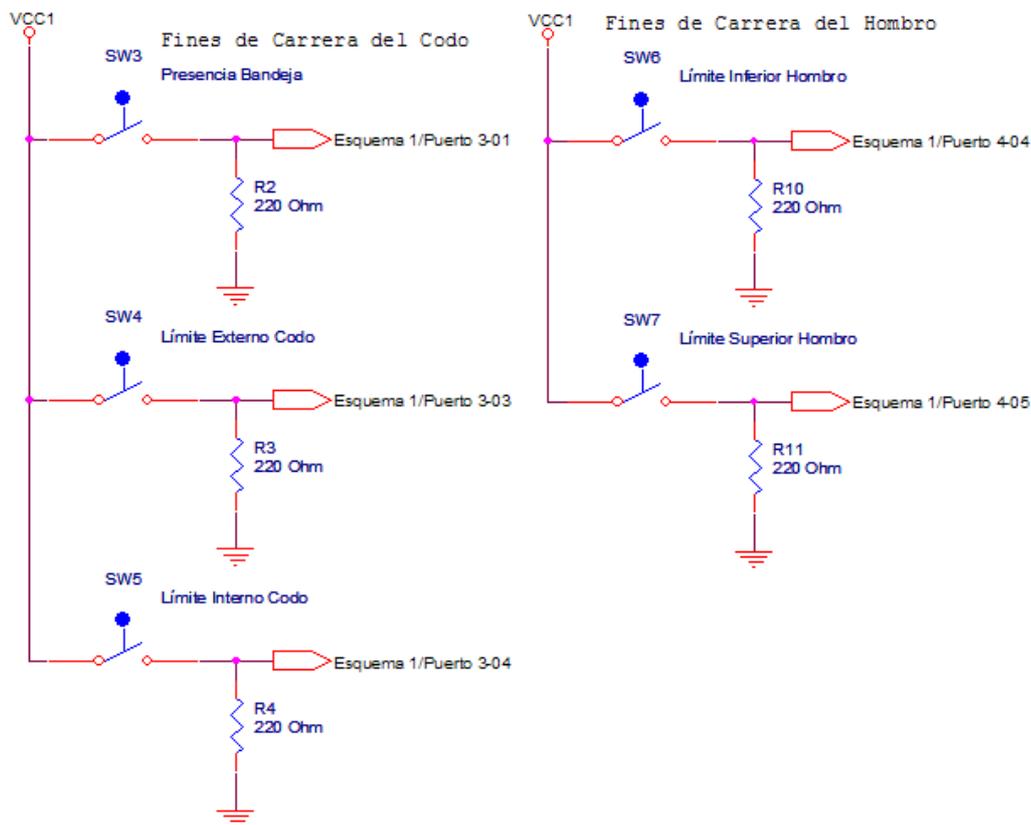


Figura. 4.23. Circuitos electrónicos de los distintos fines de carrera del prototipo.

4.3.2.2 Botón de dos estados

Botón pulsador de dos estados, On / Off con mecanismo de retención entre un estado y el otro. Este elemento es utilizado para activar la función RS232 del robot y como botón de emergencia donde se desactiva toda actividad del prototipo. Ambos botones se ubican en la superficie superior exterior del prototipo.

4.4 ACTUADORES DEL PROTOTIPO

4.4.1 Motores de Corriente Continua

Ambos tipos de motores CC utilizados en el prototipo tienen un sistema mecánico interno de motor reducción, esto para lograr mayor torque ya que las tareas requeridas tanto en la plataforma como en el brazo son de movilización de mecanismos pesados, por ello prima el torque frente a la velocidad de rotación de los motores.

4.4.1.1 Motor CC con motor reducción 20 Vcc

El rango de trabajo de estos motores es de 6 a 20 voltios. Consumen una corriente de 1 amperio nominal con un voltaje de alimentación de 18 voltios y una corriente pico de 1.5 amperios.

La figura 4.24, muestra la vista 3D del motor de 20 Vcc y sus medidas.

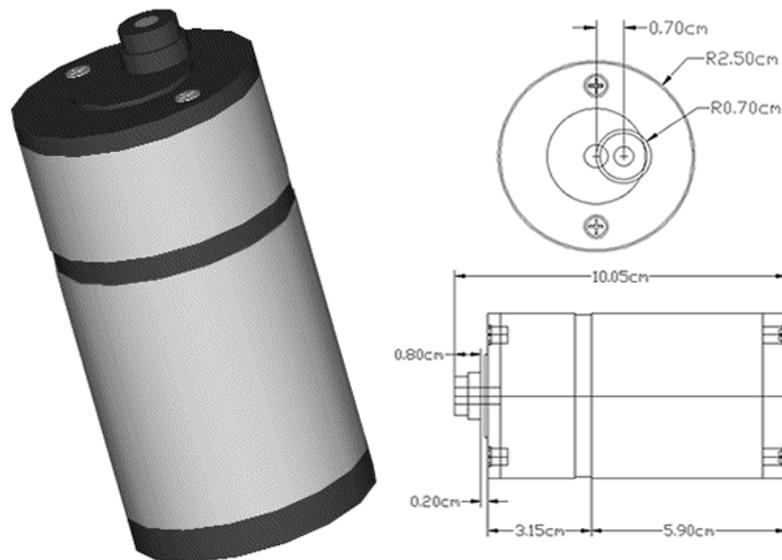


Figura. 4.24. Motor CC con motor reducción de 20 Vcc y sus medidas.

Son tres motores de este tipo utilizados en el prototipo, ubicados con la siguiente distribución:

En el brazo y por medio de un sistema de poleas 1:1 vueltas se pone en movimiento un tornillo sin fin con relación 1:3 vueltas, el cual eleva o desciende el mecanismo que soporta el electroimán. Por ello se puede decir que este motor constituye el actuador del hombro.

En el área correspondiente a la plataforma se ubican los otros dos motores; uno en el cuadrante derecho posterior y otro en el cuadrante izquierdo posterior, ambos simétricos. En los cuadrantes frontales de la plataforma se ubican ruedas esféricas (conocidas también como rueda loca), que permiten girar en cualquier dirección requerida. Esto con la funcionalidad de brindar a la plataforma giros de 90° y 180° en sentido horario o antihorario de acuerdo al sentido de rotación energizado en los motores.

Movimiento Motor Izquierdo	Movimiento Motor Derecho	Movimiento de la plataforma
Avanzar	Avanzar	Avance Frontal.
Avanzar	Retroceder	Giro sobre el eje en sentido Horario
Retroceder	Avanzar	Giro sobre el eje en sentido antihorario.
Retroceder	Retroceder	Retrocede.

La figura 4.25, muestra un los cuadrantes y ubicación de las ruedas de la plataforma.

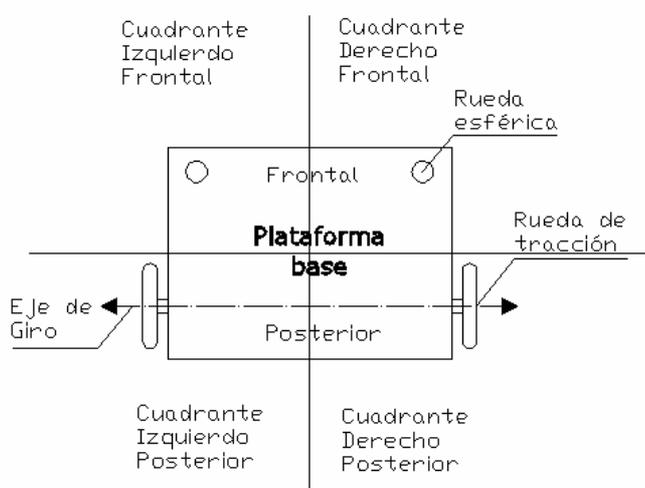


Figura 4.25. Ubicación de ruedas por cuadrantes.

Por medio de un mecanismo de poleas en relación 3:1 (para aumentar 3 veces el torque de las ruedas), se trasmite la rotación los motores al eje de las ruedas que proporcionan la tracción a la plataforma.

Circuitos Electrónicos:

La figura 4.26, muestra el circuito de electrónico del actuador del hombro, resultante en un punte H para control de motores DC.

Las figuras 4.27 y 4.28, muestran los circuitos electrónicos puente H para el control del motor derecho e izquierdo respectivamente de la plataforma.

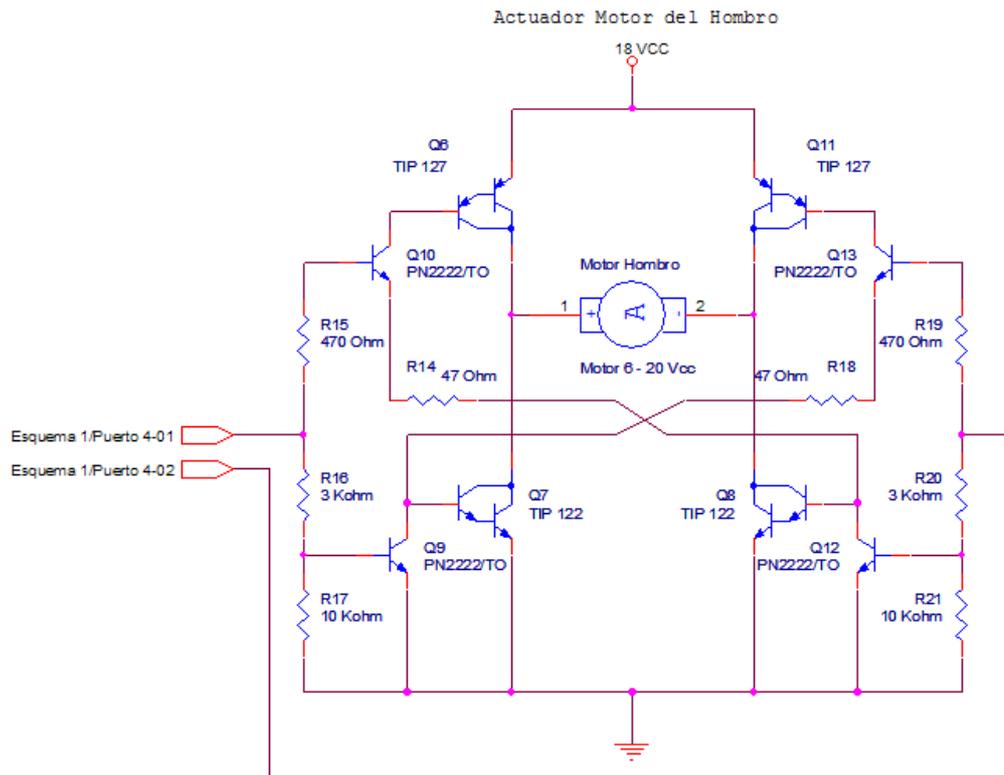


Figura. 4.26. Circuito electrónico del actuador del hombro.

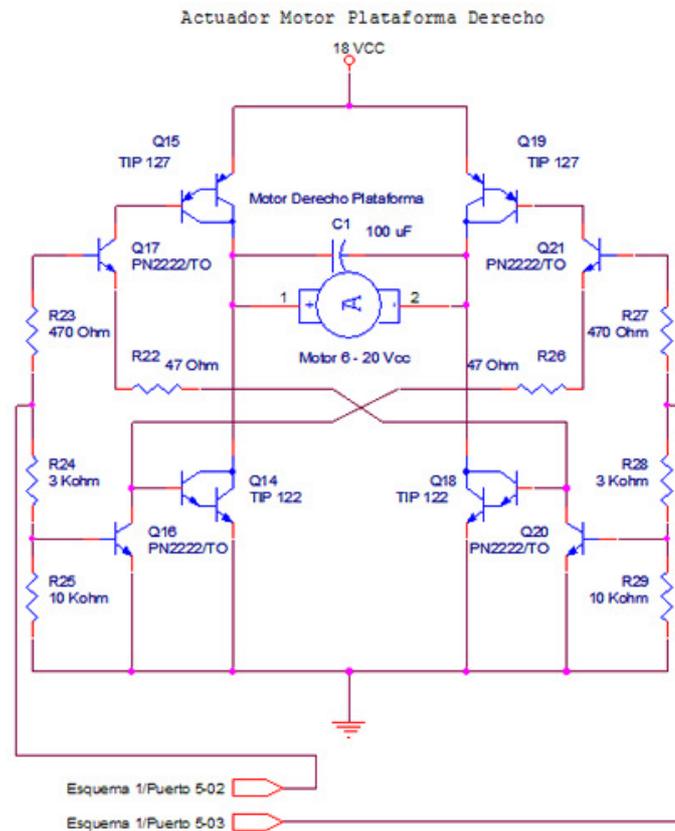


Figura. 4.27. Circuito electrónico del actuador motor derecho de la plataforma

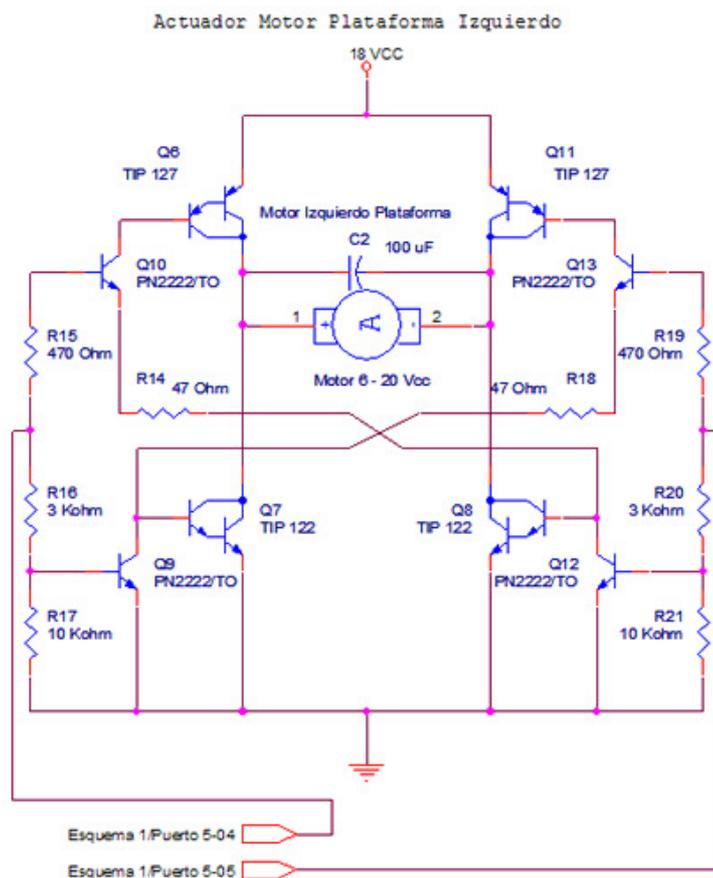


Figura. 4.28. Circuito electrónico del actuador motor izquierdo de la plataforma.

4.4.1.2 Motor CC con motor reducción 12 Vcc

El rango de trabajo de este motor es de 6 a 12 Vcc. Consumen una corriente de 300 mA nominal con un voltaje de alimentación de 9 voltios y una corriente pico de 500 mA. El motor genera 23RPM a 12 Vdc.

La figura 4.29, muestra la vista 3D del motor de 12 Vcc y sus medidas.

Este motor se encuentra ubicado en el brazo, en el mecanismo que soporta al electroimán. Se sujeta directamente al eje de giro del brazo del electroimán. Por ello se puede decir que este motor constituye el actuador del codo.

Circuito Electrónico:

La figura 4.30 muestra el circuito electrónico del driver para el control del motor del codo.

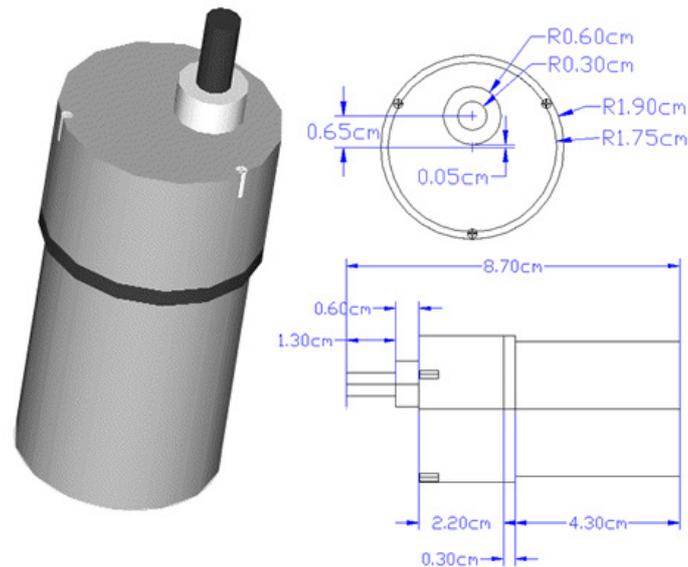


Figura. 4.29. Motor CC con motor reducción de 12 Vcc y sus medidas.

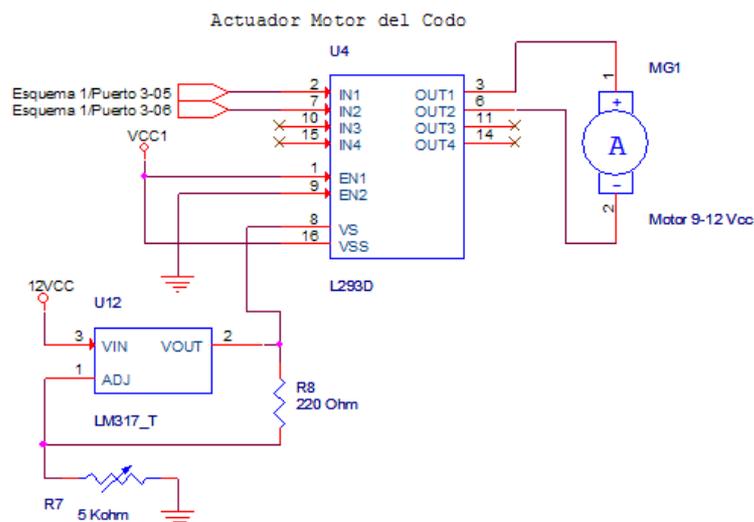


Figura. 4.30. Circuito electrónico de control del motor del codo.

4.4.2 Electroimán

El electroimán es utilizado para sujetar la bandeja en el proceso de entrega; este elemento es una cerradura electromagnética y su rango de trabajo es de 600 lb. de fuerza de sujeción. Se alimenta con 12 Vcc y la corriente nominal es de 300 mA. Este elemento genera alta versatilidad en la función requerida debido a que tiene un campo electromagnético fuerte lo cual permite que una pieza metálica sea atraída y sujeta hasta con una distancia de 0.5 cm. entre pieza y electroimán.

La figura 4.31, muestra la vista 3D del electroimán y sus medidas.

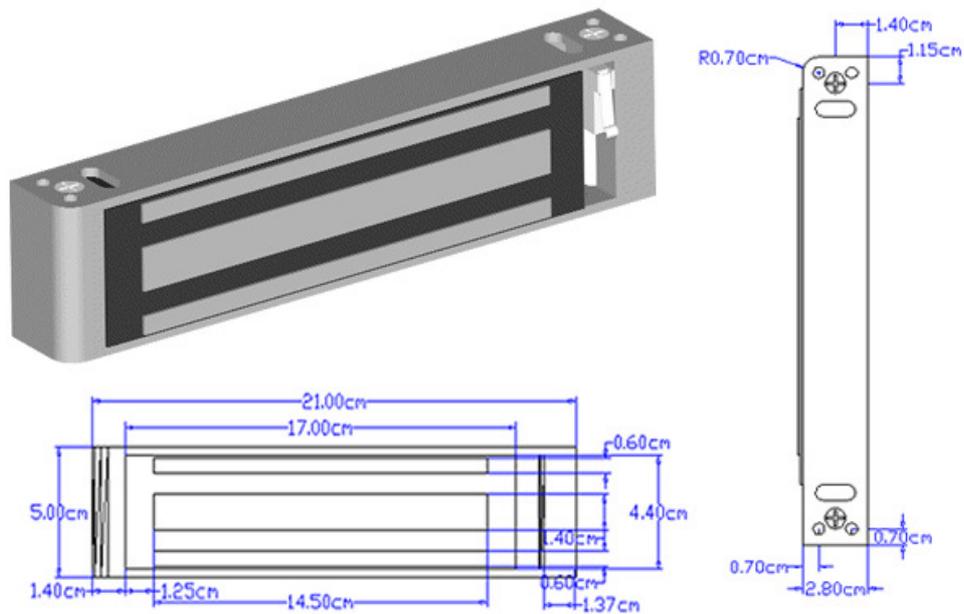


Figura. 4.31. Electroimán y sus medidas.

Circuito Electrónico:

La figura 4.32, muestra el circuito electrónico para el control del actuador electroimán.

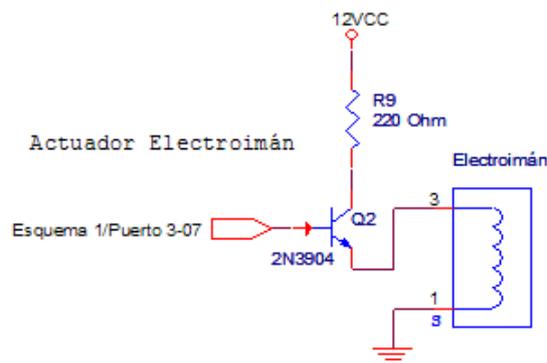


Figura. 4.32. Circuito electrónico de control del electroimán.

4.5 SISTEMA DE COMUNICACIÓN CON LA PC

El controlador del prototipo se comunica con la PC para recibir instrucciones y enviar información por medio del protocolo RS232, para ello primero se convierte la señal TTL en niveles de señal RS232 a través del integrado MAX232 (la información del dispositivo se encuentra en su respectivo datasheet); posteriormente, la señal es enviada a un sistema de comunicación inalámbrica compuesto por dos radio módems SRM6100

marca Data Linc Group, uno de los radios módems se encuentra instalado en el prototipo y el otro en el computador para completar el sistema de transmisión de información.

Información relevante del SRM6100 para el sistema de comunicación del prototipo.

- Opera en la banda libre de frecuencia inalámbrica 2.4 – 2.4835 GHz.
- Distancia de recepción con línea de vista de 24 Km.
- Dispositivo configurable para modo master, remoto, repetidor o repetidor/remoto.
- Modos de operación permitidos: Punto a punto, punto a multipunto.
- Interfase de comunicación RS232 asíncrono, palabras de 10 o 11 bits.
- Velocidad de datos desde 1200 Baud – 115.2 Kbaud.
- Conector RD232, DB9 hembra.
- Alimentación 10.5 – 18 Vcc.
- Pico de corriente en modo transmisor 650 mA @ 12 Vcc.
- Pico de corriente en modo receptor 100 mA @ 12 Vcc.

El resto de información técnica se puede encontrar en el respectivo datasheet del SRM6100.

Circuito Electrónico:

La figura 4.33, muestra el circuito electrónico de conversión de la señal TTL a niveles del protocolo RS232.

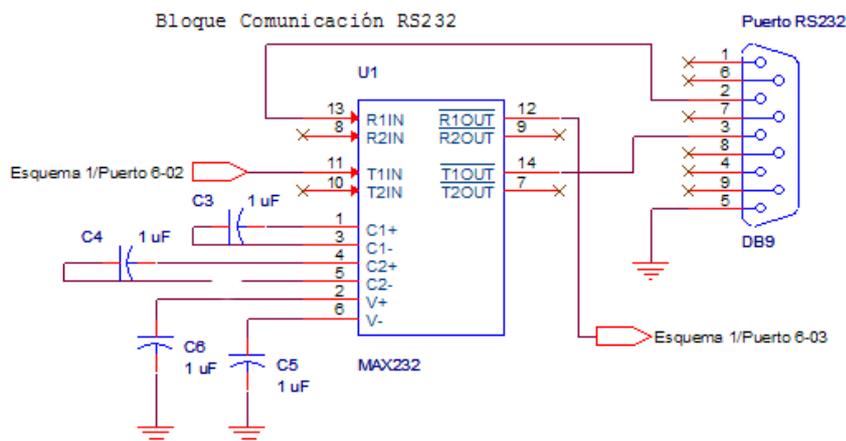


Figura. 4.33. Circuito electrónico para comunicación RS232.

4.6 SISTEMA DE ENERGÍA – ALIMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

Al ser una plataforma móvil automática se requiere independencia de energía por cables, por ello internamente el prototipo carga 3 baterías, dos baterías de 12 Vcc de 7Ah y la otra de 6 Vcc de 2 Ah, para la alimentación del circuito de control, los actuadores y el radio modem.

En total, el prototipo es alimentado con 18 Vcc; posteriormente, en el tablero de control se generan distintos voltajes por medio de reguladores para alimentar a los distintos circuitos.

- Alimentación de 5 Vcc continuos para los circuitos de control.
- Alimentación de 6 – 9 Vcc para alimentación del motor del codo. La regulación del voltaje permite aumentar la velocidad del brazo para la entrega y sujeción de la bandeja, esta regulación se la realiza por medio de un potenciómetro.
- Alimentación de 12 Vcc continuos para energizar al lector de proximidad y el electroimán.
- Alimentación de 18 Vcc continuos para energizar a los motores de desplazamiento izquierdo, derecho y el motor del hombro.

Circuito Electrónico:

La figura 4.34, muestra el conexionado de las baterías y generación de los distintos tipos de voltajes requeridos para el correcto funcionamiento del prototipo.

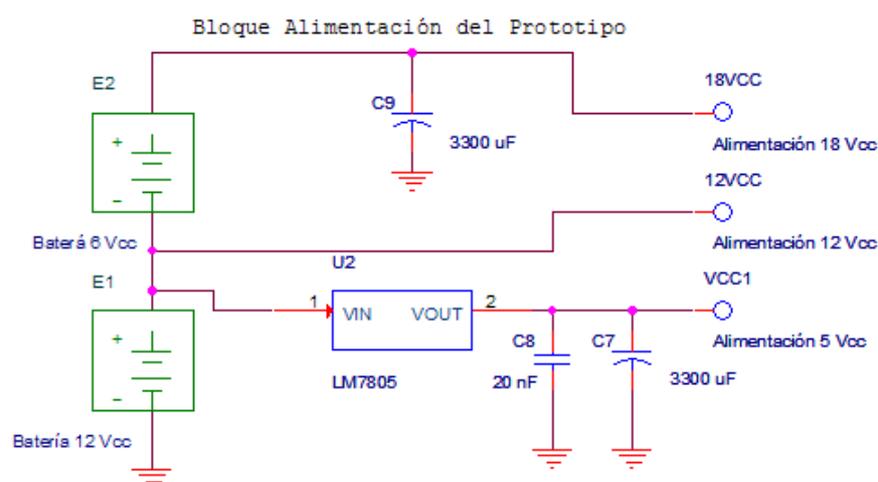


Figura. 4.34. Circuito electrónico de alimentación del prototipo.

CAPÍTULO 5

DESARROLLO DEL SOFTWARE

5.1 DESARROLLO DEL FIRMWARE

El firmware del prototipo se encuentra programado para un PIC16F877A; adicionalmente, el firmware se encuentra realizado en lenguaje ensamblador cuenta con 4150 líneas de programación.

El firmware, en términos generales, realiza secuencias de interrupción, rutinas y subrutinas secuenciales, invocaciones de funciones macros, operaciones de conversión análogo – digital, operaciones de comunicación asíncrona RS232 con la PC, operaciones de grabar y cargar información en la memoria EEPROM.

Debido a que la cantidad de líneas de programación supera las 2.048 direcciones, se dividió la programación en tres bloques:

Bloque 0: contiene las funciones y secuencias del menú principal, de comunicación con la PC, interrupciones y operaciones de grabación en la memoria EEPROM, al igual que dos tablas, una de direccionamiento de IDs de cruces y otra de valores umbrales.

Bloque 1: contiene las funciones y secuencias del recorrido de la pista, seguimiento de la línea, el sistema de navegación, tipos de desplazamiento y giros de la plataforma.

Bloque 2: básicamente contiene las funciones de control y movimiento del brazo manipulador.

La figura 5.01, muestra el diagrama de flujo general del Firmware del prototipo.

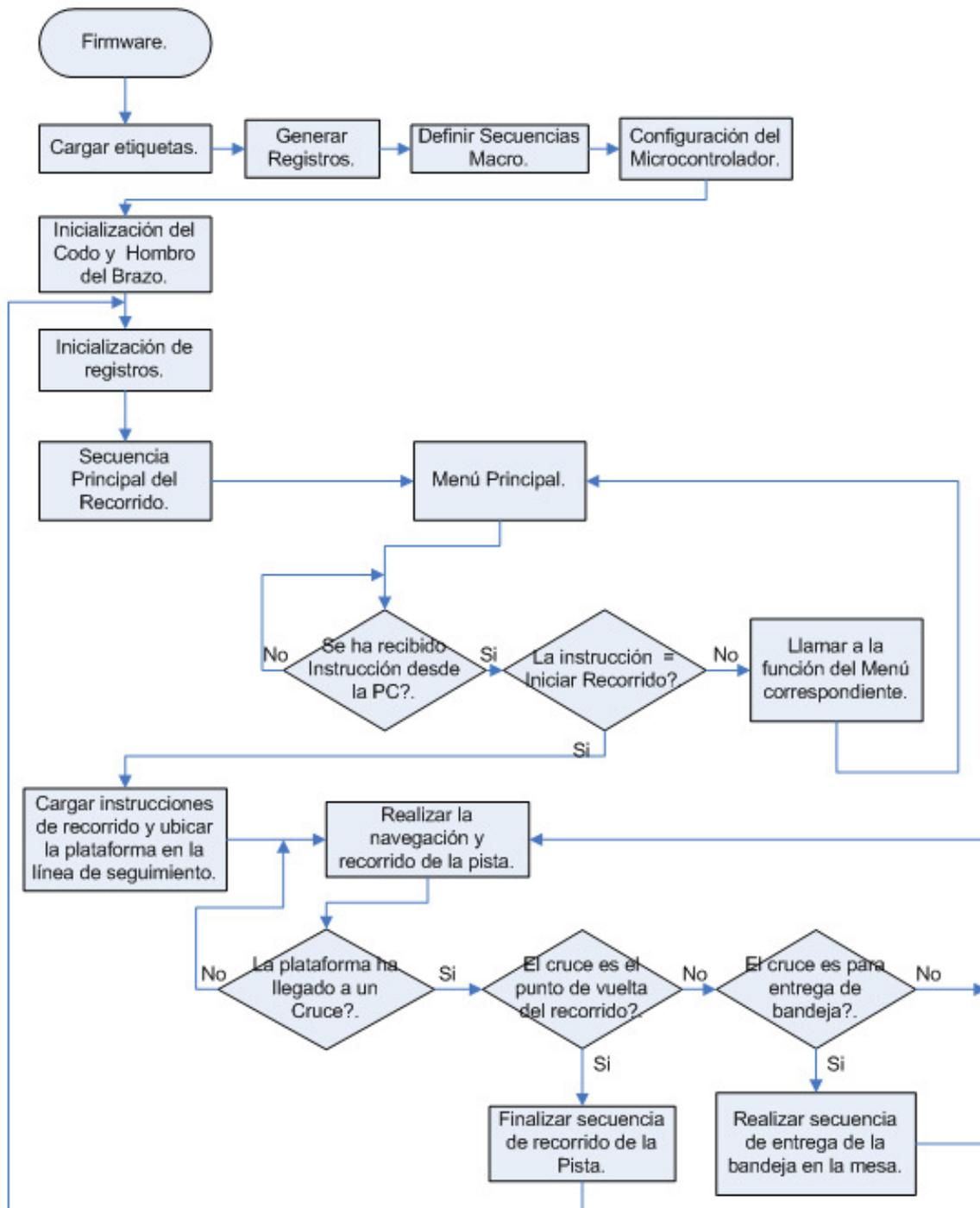


Figura. 5.01. Diagrama de flujo general del firmware.

5.1.1 Configuración y Asignación de Puertos

5.1.1.1 Asignación de los Puertos del Microcontrolador

La tabla 5.01, muestra un resumen de la asignación de los puertos a las distintas funciones requeridas del prototipo.

Tabla. 5.01. Asignación de Puertos del Microcontrolador

Descripción del Puerto	Puertos	Bit	Área de Programación	Tipo Entrada/Salida	Observación
Seguimiento línea Sensor Posterior Derecha.	Puerto A.	0	Secuencias de Navegación.	Entrada Análoga.	
Seguimiento línea Sensor Frontal Izquierda.		1	Secuencias de Navegación.	Entrada Análoga.	
Seguimiento línea Sensor Posterior Izquierda.		2	Secuencias de Navegación.	Entrada Análoga.	
Seguimiento línea Sensor Frontal Derecha.		3	Secuencias de Navegación.	Entrada Análoga.	
Sensor Presencia de Bandeja.		4	Secuencias Control Brazo.	Entrada Discreta.	
Sensor de Proximidad, presencia superficie superior de la mesa.		5	Secuencias Control Brazo.	Entrada Análoga.	
Puerto auxiliar para interrupciones.	Puerto B.	0	Secuencias de Navegación.	Entrada Discreta.	Genera interrupción.
Contador de pasos del Hombro.		1	Secuencias Control Brazo.	Entrada Discreta.	
Fin de carrera límite inferior del Hombro.		2	Secuencias Control Brazo.	Entrada Discreta.	Interrupción por medio del PORTB0
Fin de carrera límite superior del Hombro.		3	Secuencias Control Brazo.	Entrada Discreta.	Interrupción por medio del PORTB0
Activación/Desactivación de la comunicación RS232.		4	Comunicación con la PC.	Entrada Discreta.	Genera interrupción.
Sin conexión.		5	-		
Recepción comunicación Wiegand Data 0.		6	Secuencias de Navegación.	Entrada Discreta.	Genera interrupción.
Recepción comunicación Wiegand Data 1.		7	Secuencias de Navegación.	Entrada Discreta.	Genera interrupción.
Motor Derecho de la plataforma 1.	Puerto C.	0	Secuencias de Navegación.	Salida Discreta.	
Motor Derecho de la plataforma 2.		1	Secuencias de Navegación.	Salida Discreta.	
Motor Izquierdo de la plataforma 1.		2	Secuencias de Navegación.	Salida Discreta.	
Motor Izquierdo de la plataforma 2.		3	Secuencias de Navegación.	Salida Discreta.	
Actuador del Electroimán.		4	Secuencias Control Brazo.	Salida Discreta.	
Señalítica LED verde.		5	Información Estado del Sistema.	Salida Discreta.	
Transmisión USART RS232.		6	Comunicación con la PC.	Salida Discreta.	
Recepción USART RS232.		7	Comunicación con la PC.	Entrada Discreta.	
Motor Hombro Ascender.	Puerto D.	0	Secuencias Control Brazo.	Salida Discreta.	
Motor Hombro Descender.		1	Secuencias Control Brazo.	Salida Discreta.	
Motor Codo movimiento Externo.		2	Secuencias Control Brazo.	Salida Discreta.	
Motor Codo movimiento Interno.		3	Secuencias Control Brazo.	Salida Discreta.	
Señalítica LED 1.		4	Información Estado del Sistema.	Salida Discreta.	
Señalítica LED 2.		5	Información Estado del Sistema.	Salida Discreta.	
Señalítica LED 3.		6	Información Estado del Sistema.	Salida Discreta.	
Contador de pasos del Codo.		7	Secuencias Control Brazo.	Entrada Discreta.	
Sensor de Proximidad, distancia a la mesa.	Puerto E.	0	Secuencias de Navegación.	Entrada Análoga.	
Fin de carrera límite Externo del Codo.		1	Secuencias Control Brazo.	Entrada Discreta.	
Fin de carrera límite Interno del Codo.		2	Secuencias Control Brazo.	Entrada Discreta.	

5.1.1.2 Definiciones de Registros Utilizados en la Programación

Existen tres tipos de registros utilizados en la programación, los del tipo datos, los del tipo contador y los del tipo bandera. Para facilitar el entendimiento del uso de los registros se los ha categorizado de acuerdo a la secuencia o rutina que más los utilicen:

Utilizados en las secuencias Macros:

- Temp, registro tipo contador, utilizado para realizar el conteo del retardo Delay.
- TmpRegister, registro tipo contador, utilizado para realizar el conteo del retardo Delay.
- Temp_W, registro tipo contador, utilizado para realizar el conteo del retardo Delay_W.
- TmpRegister_W, registro tipo contador, utilizado para realizar el conteo del retardo Delay_W.

Utilizado en las secuencias de interrupción:

- W_Temp, registro tipo dato, para almacenar temporalmente al registro W durante la interrupción.
- Status_Temp, registro tipo dato, para almacenar temporalmente al registro Status durante la interrupción.
- PClath_Temp, registro tipo dato, para almacenar temporalmente al registro PClath durante la interrupción.
- TmpRegister_int, registro tipo dato, para almacenar temporalmente al registro TmpRegister durante la interrupción.
- Aux_Portb, registro tipo dato, utilizado para conocer la activación/desactivación de la comunicación RS232.

Utilizado en la función Rx_wiegand:

- Cont_W, registro tipo contador, utilizado para el conteo de bits de la cadena de de información wiegand.

Utilizado en la función desplazar plataforma desde la PC:

- Desp_W registro tipo dato, para almacenar temporalmente al registro W_Temp durante la función desplazar plataforma.
- Desp_Status, registro tipo dato, para almacenar temporalmente al registro Status_Temp durante la función desplazar plataforma.
- Desp_PClath, registro tipo dato, para almacenar temporalmente al registro PClath_Temp durante la función desplazar plataforma.

Utilizados para recibir/transmitir información a la PC:

- Char_hex, registro tipo dato, utilizado para transportar el carácter hexadecimal de comunicación con la PC.
- Char_espec, registro tipo bandera, donde se indica que carácter especial fue presionado en la PC.
- Tmp_Char, registro tipo contador, utilizado para el conteo de la temporización para las funciones de comunicación con la PC.

Utilizados en las funciones guardar y cargar en la memoria EEPROM:

- Datos, registro tipo dato, utilizado para cargar la instrucción ha ser grabada o recogida de la memoria EEPROM.
- Posicionador, registro tipo contador, que ubica la posición en la que se debe guardar o cargar la instrucción de la memoria EEPROM.

Utilizados en las funciones presentar y transmitir error:

- Reg_Err1, registro tipo dato, usado por la función transmitir error donde se carga el tipo de error ocurrido.
- Reg_Err1_ID, registro tipo dato, usado por la función transmitir error donde se registra el ID donde produjo el error.
- Reg_Error, lista de registros tipo dato, utilizados para cargar el tipo de errores secundarios producidos durante el recorrido.
- Reg_Error_ID, lista de registros tipo dato, utilizados para cargar los IDs donde se produjeron los errores secundarios.
- Cont_Error, registro tipo contador, utilizado para el conteo de errores.

Utilizados en la función sensores de línea:

- NavegaSPI, registro tipo dato, contiene el valor digital de la medición del SPI.
- NavegaSPD, registro tipo dato, contiene el valor digital de la medición del SPD.
- NavegaSFI, registro tipo dato, contiene el valor digital de la medición del SFI.
- NavegaSFD, registro tipo dato, contiene el valor digital de la medición del SFD.
- Umbral_SPI, registro tipo dato, contiene el valor del umbral que debe superar el sensor SPI para pasar a estado activo.

- Umbral_SPD, registro tipo dato, contiene el valor del umbral que debe superar el sensor SPD para pasar a estado activo.
- Umbral_SFI, registro tipo dato, contiene el valor del umbral que debe superar el sensor SFI para pasar a estado activo.
- Umbral_SFD, registro tipo dato, contiene el valor del umbral que debe superar el sensor SFD para pasar a estado activo.

Utilizados en la secuencia recorrido principal:

- Reg_ID, registro tipo dato, contiene la información de ID de identificación del cruce actual.
- Reg_ID_0, registro tipo dato, contiene la información del ID de inicio del recorrido.
- Reg_ID_Anter, registro tipo dato, donde se almacena el ID del cruce anterior.
- Instruccion, registro tipo dato, contiene las instrucciones de las 4 coordenadas para el cruce actual.
- Estado_Pres, registro tipo dato, usado para contener la información anterior del registro Instrucción.
- Aux, registro tipo dato, auxiliar utilizado en varias funciones.
- Prioridad, registro tipo dato, donde se almacena la instrucción con mayor prioridad del cruce actual.
- Sentido_giro, registro tipo bandera, donde se indica hacia donde debe girar o seguir la plataforma.
- Num_bandeja, registro tipo dato, utilizado para indicar al brazo que bandeja se debe entregar.

Utilizado en la función activar/desactivar comunicación RS232:

- Cont_Temp, registro tipo contador, utilizado para temporización.

Utilizados en la función prioridad:

- Reg_xmas, registro tipo dato, donde se almacena la instrucción de la coordenada X+.
- Reg_xmen, registro tipo dato, donde se almacena la instrucción de la coordenada Y+.
- Reg_ymas, registro tipo dato, donde se almacena la instrucción de la coordenada X-.

- Reg_ymen, registro tipo dato, donde se almacena la instrucción de la coordenada Y-.
- Minuendo, registro tipo dato, auxiliar utilizado para la resta con el resto de registros de coordenadas.

Utilizados en las funciones de control PWM:

- PWM_Aux, registro tipo dato, auxiliar utilizado para realizar el conteo de ciclos.
- PWM_Ciclo_Der, registro tipo contador, que contiene el conteo para activar al motor derecho durante el ciclo PWM.
- PWM_Ciclo_Izq, registro tipo contador, que contiene el conteo activar al motor izquierdo durante el ciclo PWM.
- Seq_Giro, registro tipo contador, para el conteo de las etapas realizadas por ciertas funciones con control PWM.
- Aux_Giro, registro tipo dato, auxiliar del registro Seq_Giro.
- Utilizados en la función presente pasado:
- Cont_Lista1, registro tipo contador, utilizado para el direccionamiento de la 1era tabla de la memoria EEPROM.
- Cont_Lista2, registro tipo contador, utilizado para el direccionamiento de la 2da tabla de la memoria EEPROM.

Utilizados en control del brazo manipulador:

- Contposhom, registro tipo contador, utilizado para la posición del hombro.
- Poshombro, registro tipo dato, que contiene la información de la ubicación solicitada para mover el hombro.
- Contposcodo, registro tipo contador, utilizado para la posición del codo.
- Poscodo, registro tipo dato, que contiene la información de la ubicación solicitada para mover el codo.

Registros tipo bandera:

- Bandera, registro tipo bandera, utilizado para transmitir información durante el recorrido de la pista.

Tabla 5.02. Características del registro Bandera.		
	Valor = 0	Valor = 1
Bit 0	No existe cruce donde se detuvo.	Existe cruce donde se detuvo.
Bit 1	No existe ID en memoria.	Existe ID en memoria.
Bit 2	Sin Uso.	Sin Uso.
Bit 3	Continuar recorrido normalmente.	La plataforma retorno al punto de inicio del recorrido. Fin del recorrido.
Bit 4	Continuar recorrido normalmente.	Realizar giro de 180° y retornar, no existe instrucción en el ID del cruce.
Bit 5	No existe superficie superior de la mesa.	Existe superficie superior de la mesa.
Bit 6	No existen errores secundarios.	Durante el recorrido se generó errores secundarios.
Bit 7	Estado normal de los sistemas.	Existe anomalía en los sistemas.

- Bandera2, registro tipo bandera, utilizado para transmitir información durante el recorrido de la pista.

Tabla 5.03. Características del registro Bandera2.		
	Valor = 0	Valor = 1
Bit 0	-	En este momento se encuentra dentro de la función desplazar plataforma desde la PC.
Bit 1	No existe presencia de cruce para funciones con control PWM.	Existe presencia de cruce para funciones con control PWM.
Bit 2	Sin uso.	Sin uso.
Bit 3	Sin uso.	Sin uso.
Bit 4	Sin uso.	Sin uso.
Bit 5	Sin uso.	Sin uso.
Bit 6	Sin uso.	Sin uso.
Bit 7	Sin uso.	Sin uso.

- Navegación, registro tipo bandera, donde se indica que sensores de línea se encuentran activos.

Tabla 5.04. Características del registro Navegación.		
	Valor = 0	Valor = 1
Bit 0	El SPI está fuera de la línea.	El sensor SPI está sobre la línea.
Bit 1	El SFI está fuera de la línea.	El sensor SFI está sobre la línea.
Bit 2	El SFD está fuera de la línea.	El sensor SFD está sobre la línea.
Bit 3	El SPD está fuera de la línea.	El sensor SPD está sobre la línea.
Bit 4	Sin uso.	Sin uso.
Bit 5	Sin uso.	Sin uso.
Bit 6	Sin uso.	Sin uso.
Bit 7	Sin uso.	Sin uso.

- Sentido_giro, registro tipo bandera, donde se indica hacia donde debe girar o seguir la plataforma.

Tabla 5.05. Características del registro Sentido_giro.		
	Valor = 0	Valor = 1
Bit 0	No existe instrucción.	En el cruce se debe girar a la Derecha.
Bit 1	No existe instrucción.	En el cruce se debe seguir recto.
Bit 2	No existe instrucción.	En el cruce se debe girar a la Izquierda.
Bit 3	Sin uso.	Sin uso.
Bit 4	Sin uso.	Sin uso.
Bit 5	Sin uso.	Sin uso.
Bit 6	Sin uso.	Sin uso.
Bit 7	Sin uso.	Sin uso.

- Char_espec, registro tipo bandera, donde se indica que carácter especial fue presionado en la PC.

Tabla 5.06. Características del registro Char_espec.		
	Valor = 0	Valor = 1
Bit 0	Carácter normal.	La tecla ESC ha sido presionada.
Bit 1	Carácter normal.	La tecla Flecha Arriba ha sido presionada.
Bit 2	Carácter normal.	La tecla Flecha Abajo ha sido presionada.
Bit 3	Carácter normal.	La tecla Flecha Derecha ha sido presionada.
Bit 4	Carácter normal.	La tecla Flecha Izquierda ha sido presionada.
Bit 5	Carácter normal.	La tecla Espacio ha sido presionada.
Bit 6	Carácter normal.	La tecla Enter ha sido presionada.
Bit 7	Sin uso.	Sin uso.

Configuración del registro Instrucción.

El registro instrucción lleva las instrucciones de las 4 coordenadas por ello se explica su configuración:

Tabla 5.07. Características del registro Instrucción.	
Bit 0	Instrucción de la coordenada X+.
Bit 1	
Bit 2	Instrucción de la coordenada Y+.
Bit 3	
Bit 4	Instrucción de la coordenada X-.
Bit 5	
Bit 6	Instrucción de la coordenada Y-.
Bit 7	

Y las instrucciones que se pueden cargar son 4, donde existe jerarquía con mayor prioridad a menor prioridad.

Descripción de la instrucción.	Instrucción 2 bits.	Jerarquía de prioridad.
Para entrega, el siguiente cruce se debe realizar la secuencia de entrega de la bandeja.	11	Mayor prioridad.
Existen entregas, continuar por esta coordenada.	10	Media prioridad.
Retorno, coordenada por donde se debe retornar.	01	Baja prioridad.
Sin instrucción, no se requiere seguir por esta coordenada.	00	Sin prioridad.

En los cruces de entrega la instrucción debe tener el formato BNh en hexadecimal, donde N es el número de la bandeja requerida para entregar.

5.1.1.3 Configuración Inicial del Microcontrolador

En la configuración inicial los puertos se encuentra configurados acorde a la tabla 5.01, Asignación de los puertos del microcontrolador. Adicionalmente se configuran los siguientes valores:

- Se habilitan las interrupciones por puerto B0, por cambio de puerto B y por recepción de datos en el protocolo USART (RS232).
- Se configura la transmisión y recepción USART a 9.6 Kbps. de alta velocidad, en modo asíncrono, con 8 bits de datos y paridad. Se habilita RC6 como puerto de transmisión y RC7 como puerto de recepción USART.
- Se configura la conversión Análogo - Digital (A/D) con justificación izquierda, con reloj de conversión de 10 Mhz.
- Se habilita el uso de la memoria EEPROM.

5.1.2 Secuencia Interrupciones y sus Funciones

La secuencia interrupción responde a la llamada que se produce al activarse un fin de carrera de los límites del hombro o codo, cuando se recibe un ID desde el lector de proximidad, cuando el operador oprime el botón de activar o desactivar la comunicación RS232, cuando la PC se encuentra en comunicación con el microcontrolador o cuando el operador desea desplazar la plataforma con comandos desde la PC. Por ello cada una de estas acciones llama a una acción por parte de la programación. Debido a que la secuencia

interrupciones invoca otras funciones existe información que es necesario almacenar, por ello se almacenan los registros Status, W y PClath. La secuencia interrupciones y sus funciones se encuentran dentro del Bloque 0 de programación.

El diagrama de flujo de la secuencia de interrupción se muestra en la figura 5.02.

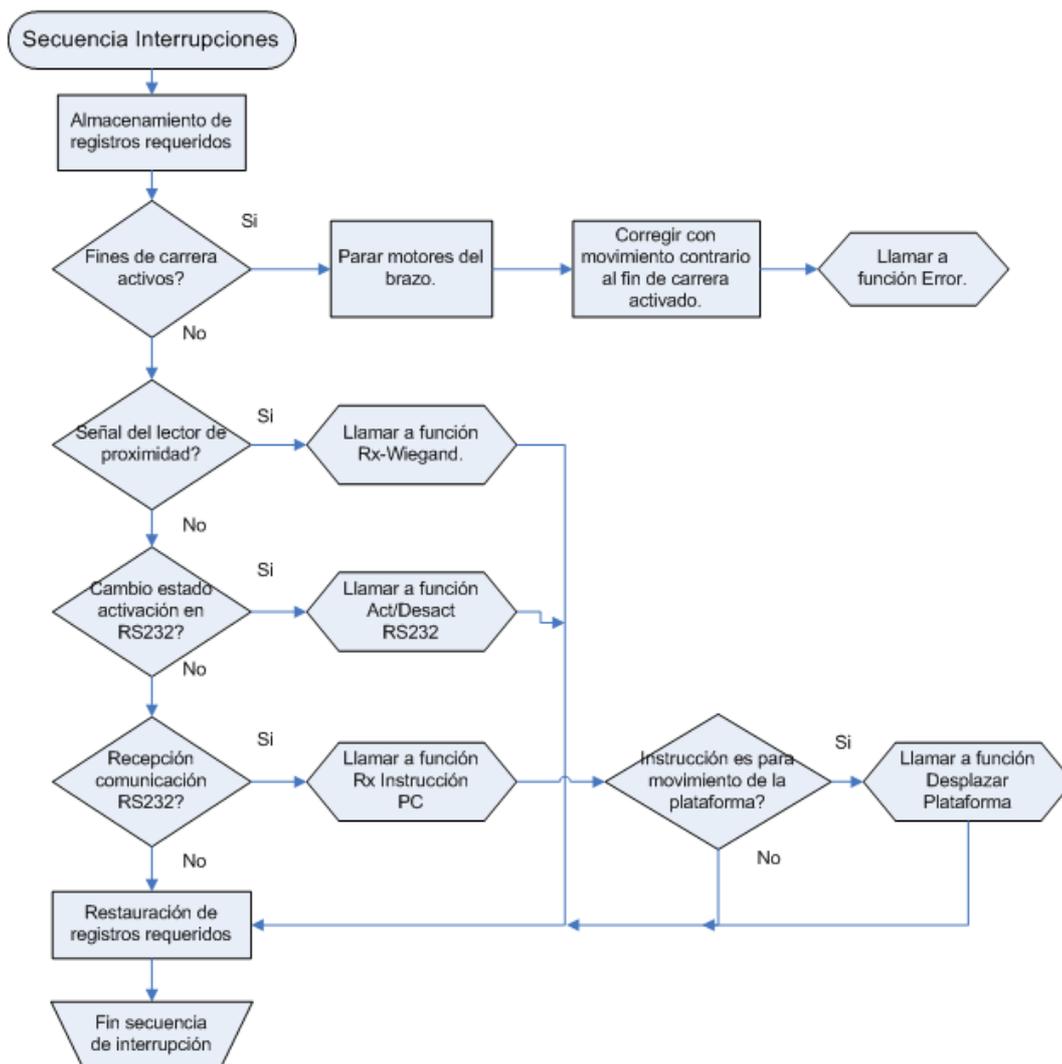


Figura. 5.02. Diagrama de flujo de la secuencia de interrupciones.

5.1.2.1 Función Activar Desactivar RS232

Esta función realiza la activación o desactivación de la comunicación RS232 entre el microcontrolador y la PC, de acuerdo a la necesidad del operador del prototipo.

El diagrama de flujo de la función activar desactivar RS232 se muestra en la figura 5.03.

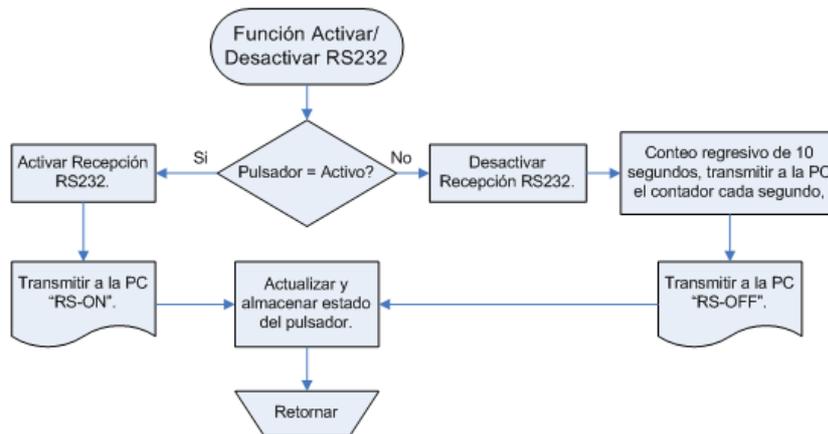


Figura. 5.03. Diagrama de flujo de la función activar/desactivar RS232.

5.1.2.2 Función Rx Wiegand

Esta función se encarga de recibir la cadena de 26 transmitido por el lector de tarjetas de proximidad al momento de pasar por un cruce, realizar el filtro de la información recibida y carga en un registro la información de la identificación (ID) del cruce.

El diagrama de flujo de la función Rx Wiegand se muestra en la figura 5.04.

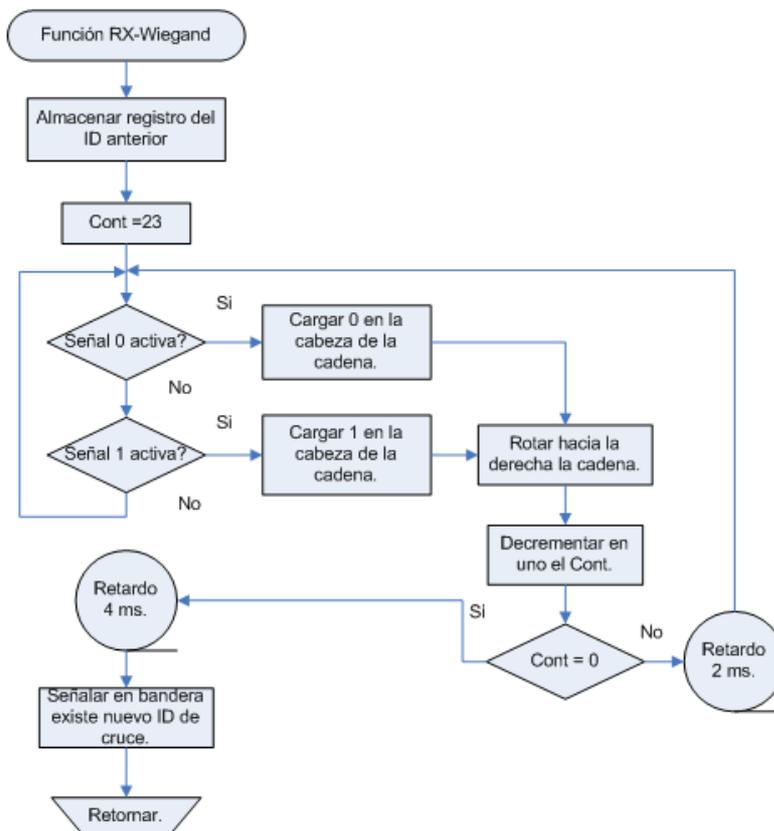


Figura. 5.04. Diagrama de flujo de la función Rx Wiegand.

5.1.2.3 Función Desplazar Plataforma

Esta función se encarga de realizar las secuencias de desplazamiento de la plataforma en modo manual por el operario, las instrucciones son recibidas desde la PC.

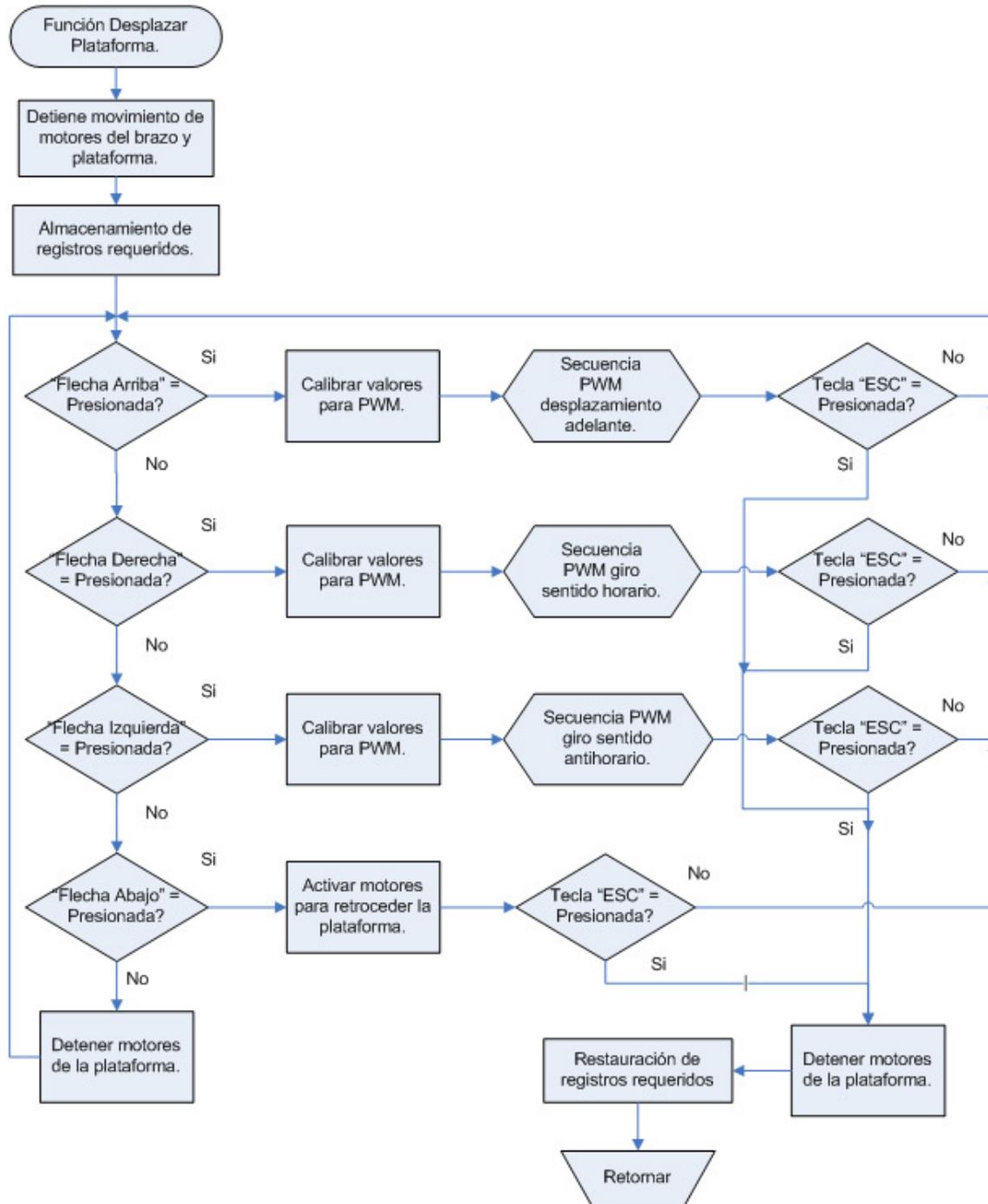


Figura. 5.05. Diagrama de flujo de la función desplazar plataforma.

Las instrucciones recibidas son las siguientes:

- Tecla “ESC”: Para salir de la función.
- Tecla “Flecha Arriba”: Para desplazar en movimiento recto a la plataforma.
- Tecla “Flecha Abajo”: Para desplazar en reprocedimiento a la plataforma.
- Tecla “Flecha Derecha”: Para desplazar en giro sentido horario a la plataforma.
- Tecla “Flecha Izquierda”: Para desplazar en giro sentido antihorario a la plataforma.
- Tecla “Espacio”: Para detener el movimiento de la plataforma.

El diagrama de flujo de la función desplazar plataforma se muestra en la figura 5.05.

La figura 5.06, muestra el diagrama de flujo de la secuencia PWM de desplazamiento adelante.

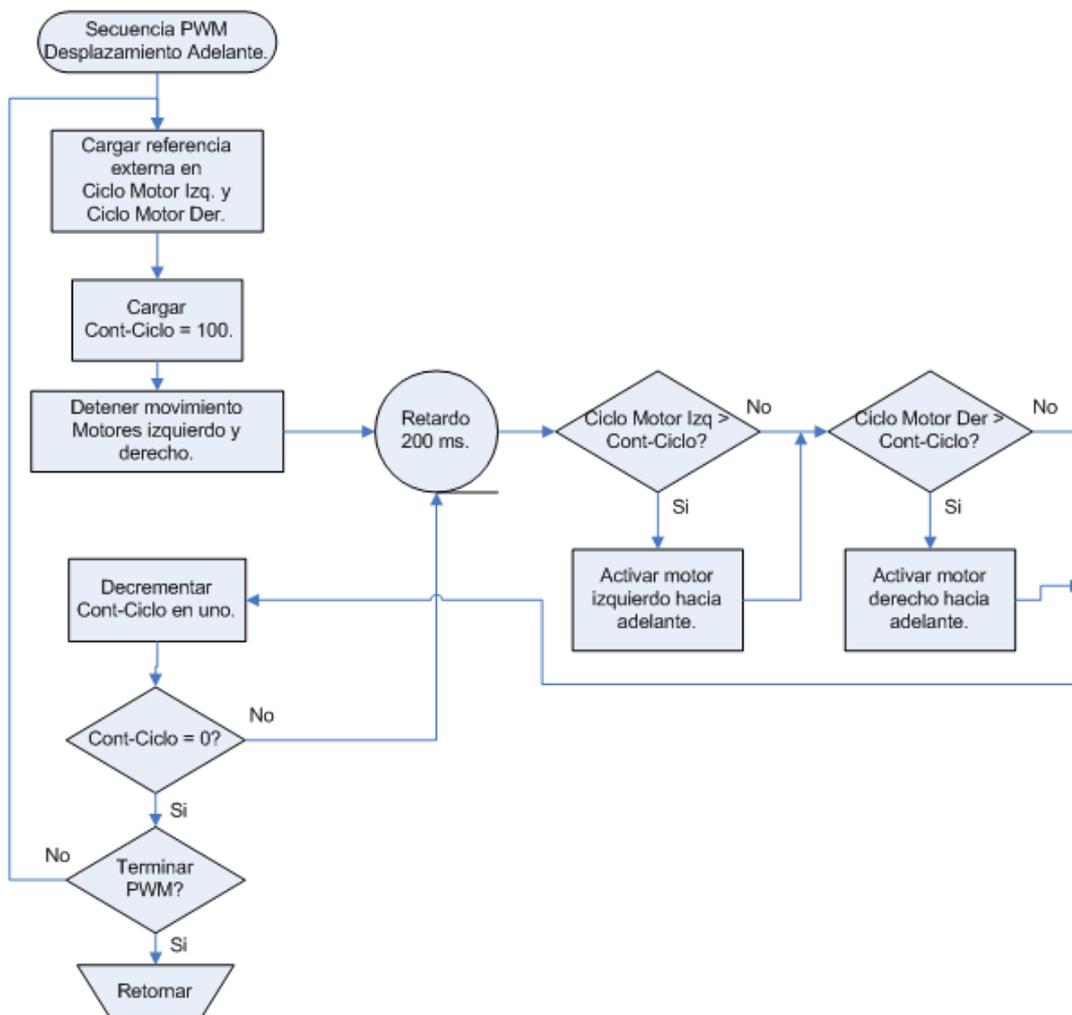


Figura. 5.06. Diagrama de flujo de la secuencia PWM desplazamiento adelante.

La figura 5.07, muestra el diagrama de flujo de la secuencia PWM giro sentido horario.

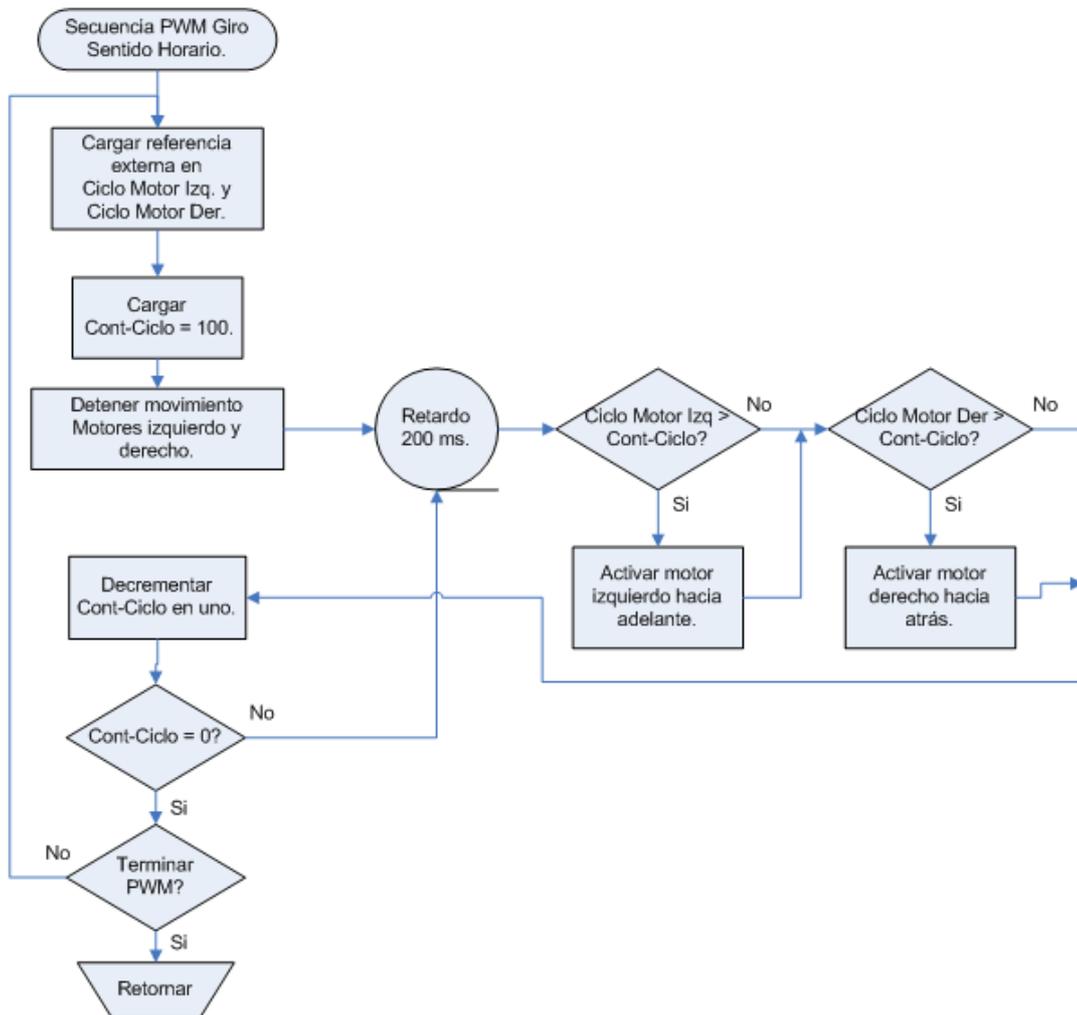


Figura. 5.07. Diagrama de flujo de la secuencia PWM giro sentido horario.

La figura 5.08, muestra el diagrama de flujo de la secuencia PWM giro sentido antihorario.

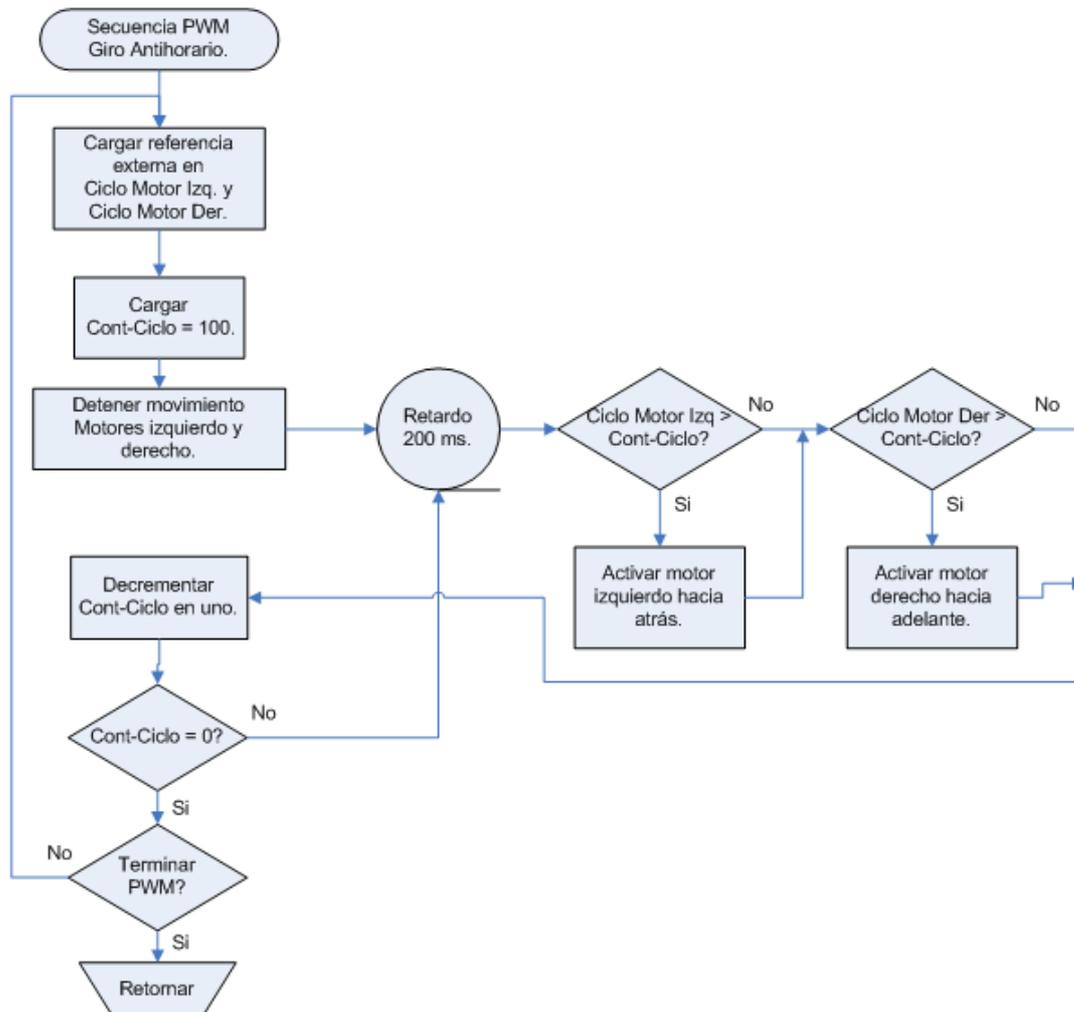


Figura. 5.08. Diagrama de flujo de la secuencia PWM giro antihorario.

5.1.3 Función del Menú Principal y sus Funciones

La función del menú responde al llamado inicial de la función de recorrido principal. Esta función es la encargada de realizar configuraciones y pruebas de funcionamiento del prototipo. Se puede decir que es una interfaz básica de interacción con el operador. Las opciones A son funciones del tipo de preparar o cargar instrucciones para el recorrido; las opciones B son funciones del tipo de prueba del prototipo como pruebas de entrega de bandejas o seguimiento de línea. Ya que el menú se encuentra programado en lenguaje de máquina no se puede desplegar sus opciones porque consumiría mucho espacio en la memoria de programación del microcontrolador, por ello, el microcontrolador se mantiene

esperando la instrucción respectiva, valida dicha instrucción e invoca a la subfunción que cumple con la instrucción solicitada.

La función menú principal y sus funciones se encuentran dentro del bloque 0 de programación. Para salir de esta función es necesario digitar A2, que resulta la invocación de función de recorrido principal.

El diagrama de flujo de la función menú principal se muestra en la figura 5.09.

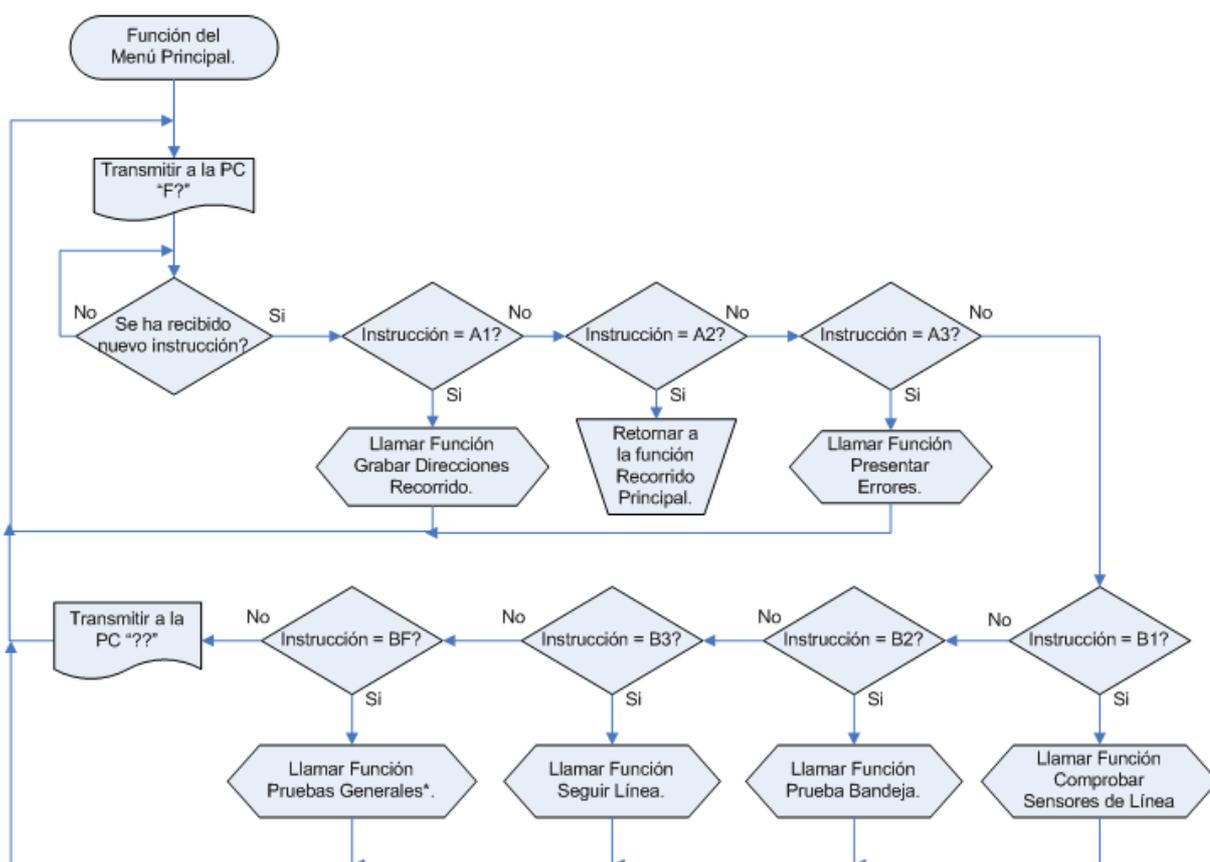


Figura. 5.09. Diagrama de flujo de la función menú principal.

La opción BF de pruebas generales es una función utilizada para realizar pruebas de funcionamiento del prototipo, en esta área del firmware se pueden programar las distintas secuencias o invocar funciones para realizar las pruebas requeridas. Es por ello que esta opción solo debe ser invocada por el programador para pruebas de funcionamiento.

La opción B3 del menú hace invocación a una función del recorrido de la pista la cual se encuentra detallada posteriormente. El resto de opciones son detalladas a continuación.

5.1.3.1 Función Grabar Direcciones del Recorrido

Esta función se encarga de grabar las instrucciones que debe cumplir la plataforma al llegar a cada cruce, para ello la función se encarga de recibir dos datos iniciales obligatorios, el ID del cruce inicia de donde parte la plataforma y la dirección de las coordenadas en la que se ubica la plataforma al momento de su partida. Posteriormente, espera que se indique un ID de cruce registrado en la tabla interna, la respectiva instrucción para dicho ID y luego procede a grabar la instrucción en la memoria EEPROM. El formato de la instrucción se explicó anteriormente en configuración del registro instrucción, por lo que los datos ingresados deben cumplir con dicho formato.

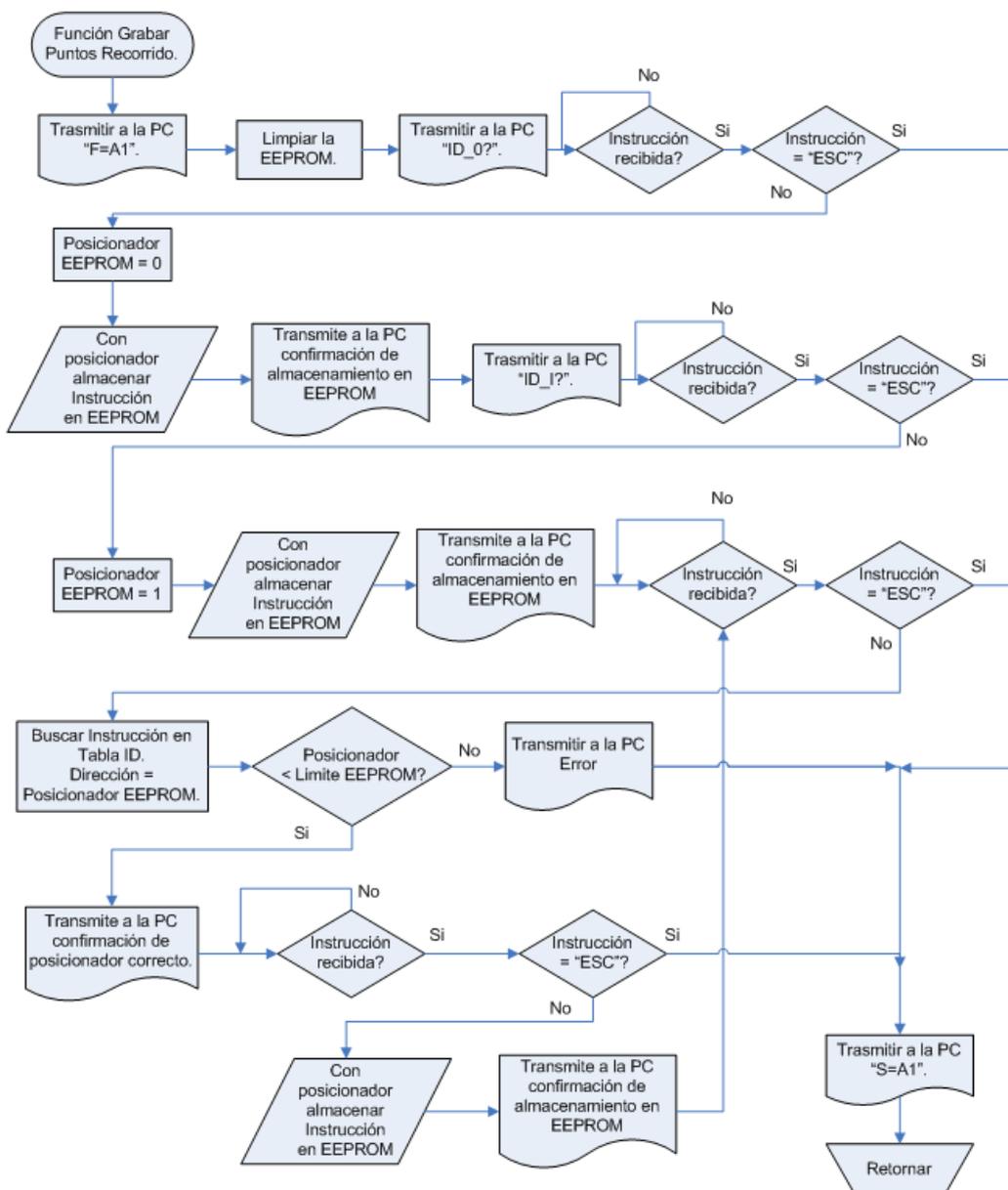


Figura. 5.10. Diagrama de flujo de la función grabar puntos del recorrido.

Para ingresar a esta función se la debe invocar en el menú principal con la instrucción A1, y para salir se debe presionar la tecla “ESC”.

El diagrama de flujo de la función grabar direcciones del recorrido se muestra en la figura 5.10.

5.1.3.2 Función Presentar Errores

Esta es una función informativa, donde se indica al operador que tipos de errores secundarios se produjeron durante el recorrido del prototipo, este tipo de errores no estacionan o detienen el recorrido de la plataforma, ya que son errores que pueden ser solventados y, por lo tanto, se registra el error en una lista de errores, se registra el ID del cruce donde se encontraba la plataforma al momento del error y posteriormente se puede continuar con el recorrido normal.

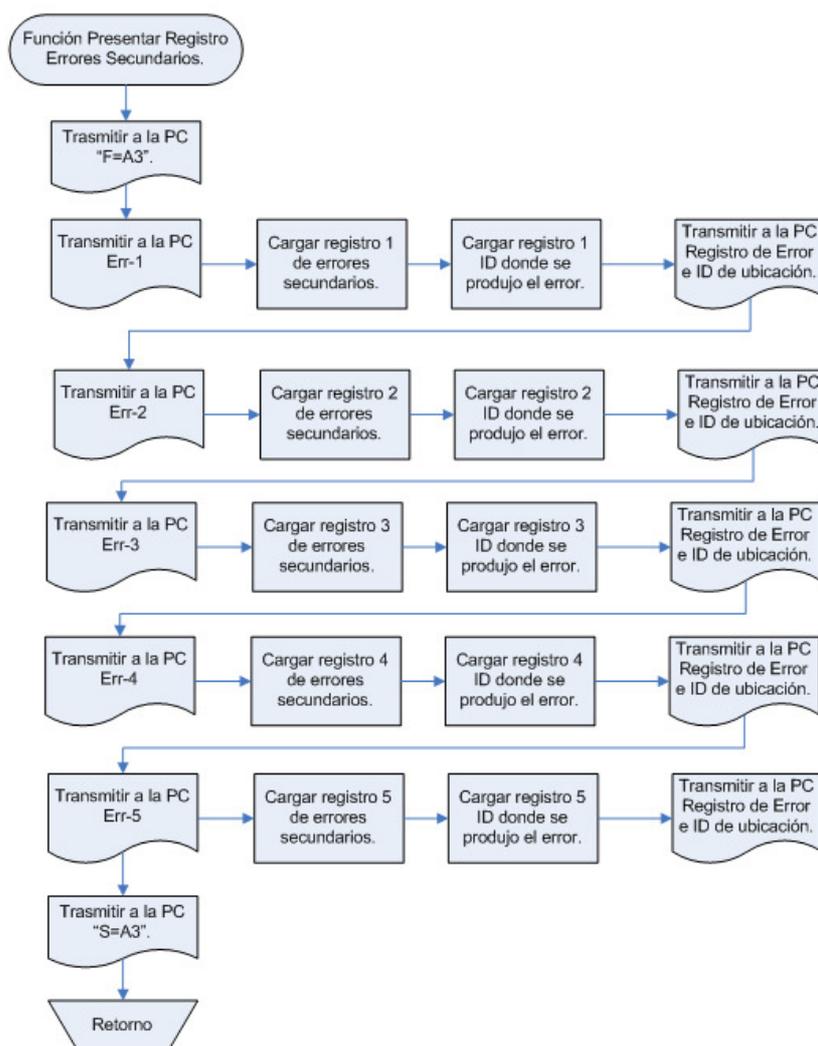


Figura. 5.11. Diagrama de flujo de la función presentar registro de errores secundarios.

Para ingresar a esta función se la debe invocar en el menú principal con la instrucción A3, y una vez que ha terminado de transmitir la lista de errores automáticamente finaliza la función.

El diagrama de flujo de la función presentar errores se muestra en la figura 5.11.

5.1.3.3 Función Comprobar Sensores de Línea

Esta función tiene por objetivo comprobar que la plataforma se encuentre bien posicionada sobre la línea de la pista a seguir antes de iniciar el recorrido. Por ello realiza el proceso de señalar si los sensores de seguimiento de línea se encuentran sobre la línea o fuera de ella por medio de los LEDs en el área superior del prototipo. Para cuadrar al prototipo únicamente es necesario mover a la plataforma manualmente con esta función activa y posicionarla de acuerdo a la información presentada en los LEDs.

Para ingresar a esta función se la debe invocar en el menú principal con la instrucción B1, y para salir se debe presionar la tecla “ESC”.

El diagrama de flujo de la función comprobar sensores de línea se muestra en la figura 5.12, diagrama izquierdo.

5.1.3.4 Función Prueba Bandeja

Esta función se encarga de realizar una secuencia de entrega de bandeja, la prueba solo implica el accionamiento del brazo manipulador y no conlleva el uso de la plataforma. Para cumplir con esta secuencia es necesario ingresar el número de la bandeja a entregar desde 1 al 3, para ello el microcontrolador pregunta con la etiqueta “NB” antes de iniciar la secuencia de entrega. Esta función invoca a funciones de control del brazo manipulador y se encuentran detalladas posteriormente. Para ingresar a esta función se la debe invocar en el menú principal con la instrucción B2, y para salir se debe presionar la tecla “ESC”.

El diagrama de flujo de la función comprobar sensores de línea se muestra en la figura 5.12, diagrama derecho.

5.1.4 Funciones de Comunicación con la PC y Presentación de Error.

Estas son funciones secundarias que permiten la interacción entre el operador y el prototipo. Esenciales para que el microcontrolador reciba las instrucciones de recorrido y para que el operador conozca el estado del prototipo sus problemas y errores.

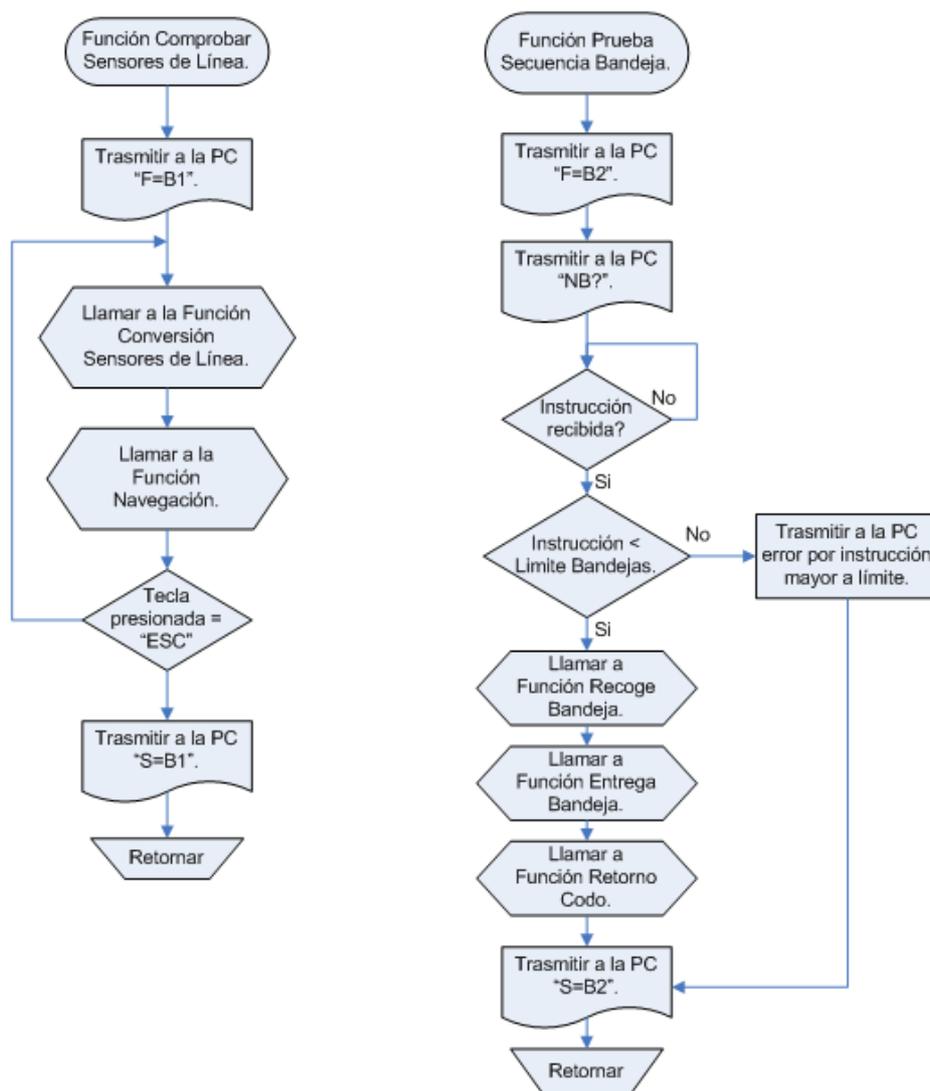


Figura. 5.12. Diagramas de flujo de las funs. comprobar sensores de línea y prueba secuencia bandeja.

Las función comunicación con la PC y presentación del error se encuentran dentro del bloque 0 de programación.

5.1.4.1 Función Recepción de Instrucción desde la PC

Esta función se encarga de realizar la recepción de los caracteres ASCII desde la PC, su clasificación en tipo de carácter y posteriormente el almacenamiento en un registro dependiendo el tipo de carácter que se haya recibido.

La función se encarga de clasificar al carácter en los siguientes tipos: Numérico hexadecimal, numérico decimal, alfabético hexadecimal, carácter especial.

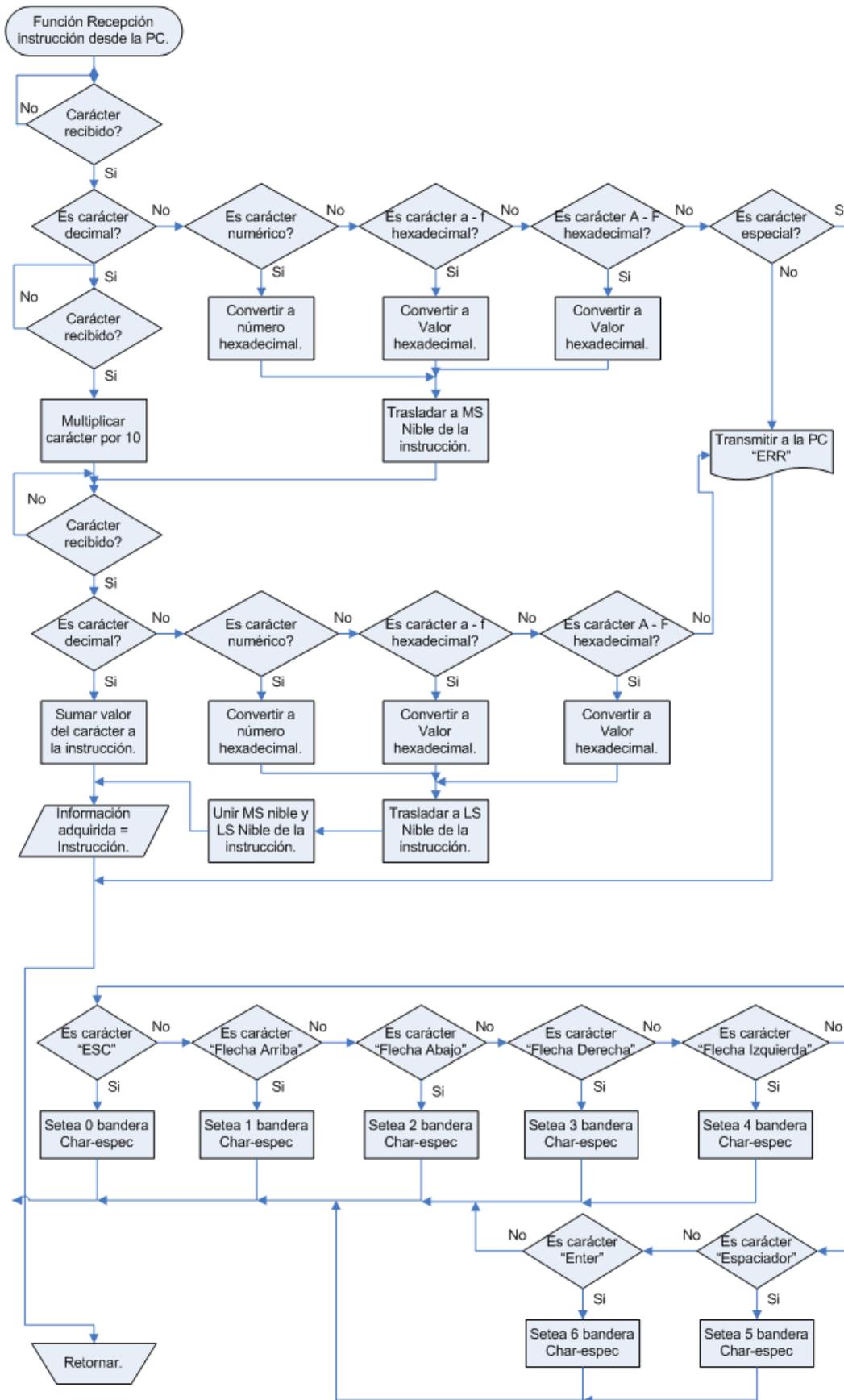


Figura. 5.13. Diagrama de flujo de la función recepción de instrucción desde la PC.

El ingreso a esta función es automático cada vez que la PC transmite un carácter, se invoca la interrupción en el microcontrolador, el cual a su vez llama a la función de recepción de instrucciones, la salida es automática una vez que termina de recibir la instrucción desde la PC.

El diagrama de flujo de la función recepción de instrucción desde la PC se muestra en la figura 5.13.

5.1.4.2 Función Transmitir Número Hexadecimal a la PC

Esta función se encarga de transmitir a la PC la información de un número hexadecimal de dos caracteres, para ello divide el registro en dos nibbles, transforma cada nibble en carácter ASCII y luego los transmite a la PC.

El ingreso a esta función lo realizan las distintas secuencias cuando requieren transmitir información a la PC. La salida es automática una vez que se ha terminado el proceso de transmitir ambos caracteres.

El diagrama de flujo de la función transmisión número hexadecimal a la PC se muestra en la figura 5.14.

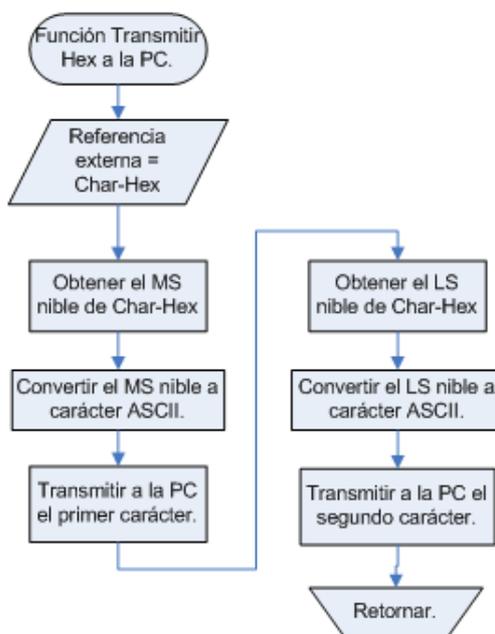


Figura. 5.14. Diagrama de flujo de la función transmitir hex a la PC.

5.1.4.3 Función Bucle Error

Esta función es la encargada de informar al operador de un error grave, en el cual la plataforma no puede continuar con el recorrido o función en la que se encuentre realizando en ese momento. Transmite a la PC el error que se produjo y el ID del cruce donde sucedió el error. Se mantiene un bucle transmitiendo este error a la PC hasta que el operador reinicie a todo el prototipo.

Esta función es invocada por varias funciones donde se realiza la validación de la información antes de continuar con su secuencia normal. No se puede salir de esta función por software, la única manera es reiniciando el prototipo.

El diagrama de flujo de la función bucle error se muestra en la figura 5.15 diagrama izquierdo.

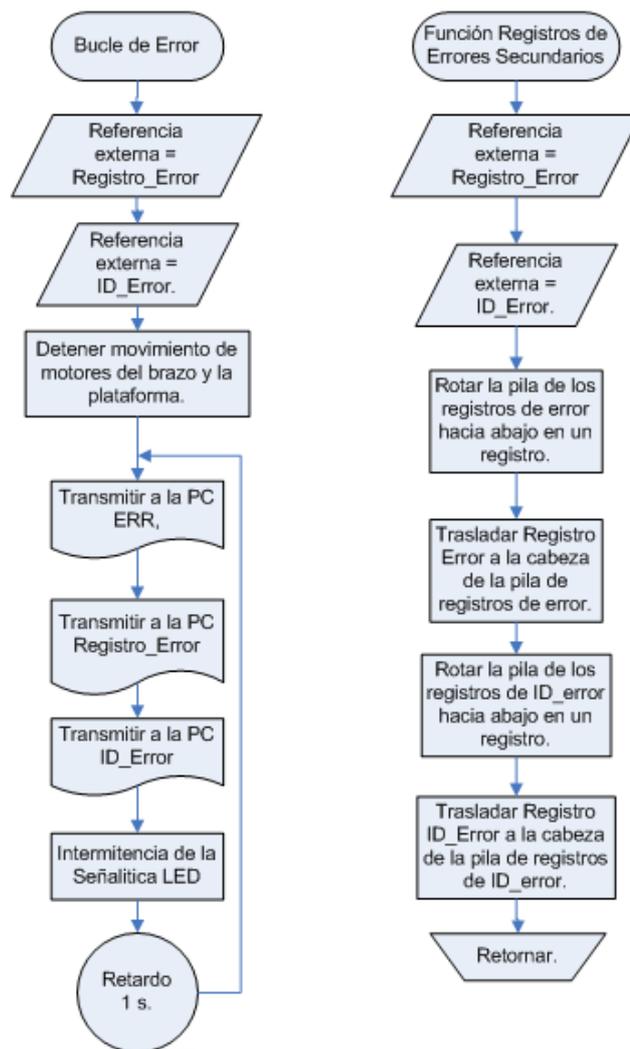


Figura. 5.15. Diagramas de flujo de las funciones bucle error y registros de errores secundarios.

5.1.4.4 Función Registros de Errores Secundarios

Esta función se encarga de registrar los errores secundarios en la lista de registros de error, con su respectivo ID del cruce donde se produjo el error. Esta función es invocada por las secuencias de validación de la función de recorrido de la pista principal cada vez que se produce un error secundario.

El diagrama de flujo de la función registros de errores secundarios se muestra en la figura 5.15, diagrama derecho.

5.1.5 Función Principal Control del Recorrido

Esta función es la encargada de realizar la secuencia del recorrido de la pista, para la entrega de las bandejas de acuerdo a las instrucciones cargadas por el operador. Para ello se encarga de validar las instrucciones recibidas, de validar las distintas acciones mientras se encuentra en el recorrido, recorrer la pista, cuando llega a los cruces realizar las decisiones para conocer hacia dónde debe girar y continuar con el seguimiento de la línea, realizar las secuencias de entrega de la bandeja en la mesa y retornar al recorrido para llegar al siguiente punto de entrega hasta volver al cruce inicial de donde partió el prototipo.

Esta función es invocada al inicio del programa, automáticamente procede a llamar al menú principal hasta que el operador elige la opción A2, que finaliza el menú principal y vuelve al recorrido principal.

La función principal control recorrido y sus funciones se encuentran en el bloque 1 de programación.

Por motivos de ser una secuencia compleja, se ha dividido a esta función en tres secuencias consecutivas para un mejor entendimiento, como se muestra en la figura 5.16.

Secuencia 1 Inicio y Validación:

Esta secuencia se encarga de invocar al menú principal. Posteriormente, por medio de la función comprobar sensores de línea, permite al operador ubicar al prototipo sobre la línea del recorrido; una vez que termina esta función solicita al operador que se ingresen las instrucciones para el recorrido por medio de la función grabar puntos de recorrido.

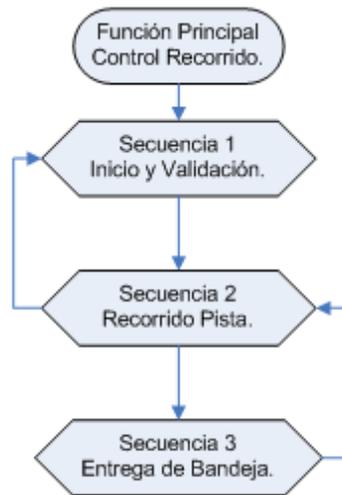


Figura. 5.16. Diagrama de flujo general de la función principal control del recorrido.

Una vez que se ha terminado de ubicar al prototipo e ingresar las instrucciones requeridas la secuencia procede a iniciar el primer desplazamiento hasta el primer cruce que representa el punto de inicio del recorrido, en ese cruce realiza la validación del cruce, del ID en que se encuentra y de la información inicial recibida desde la PC. Si las validaciones son cumplidas con éxito entonces el microcontrolador pregunta al operador para iniciar el recorrido. Para iniciar el recorrido del prototipo en este punto, el operador debe presionar la tecla Enter, dando el visto bueno al prototipo; posteriormente se genera un conteo regresivo de 15 segundos y el prototipo inicia el recorrido de la pista.

El diagrama de flujo de la secuencia 1 inicio y validación se encuentra en la figura 5.17.

Secuencia 2 Recorrido de la Pista:

Esta secuencia se encarga de recorrer la pista, para lo cual carga las instrucciones en cada cruce, realiza la validación de los datos y posición, luego —con ayuda de funciones secundarias— escoge la coordenada con mayor prioridad y procede a realizar la acción requerida, esto es girar o seguir recto. Si la instrucción corresponde a la entrega de una bandeja en el siguiente punto la secuencia pasa a la secuencia 3.

El diagrama de flujo de la secuencia 2 recorrido de la pista se encuentra en la figura 5.18.

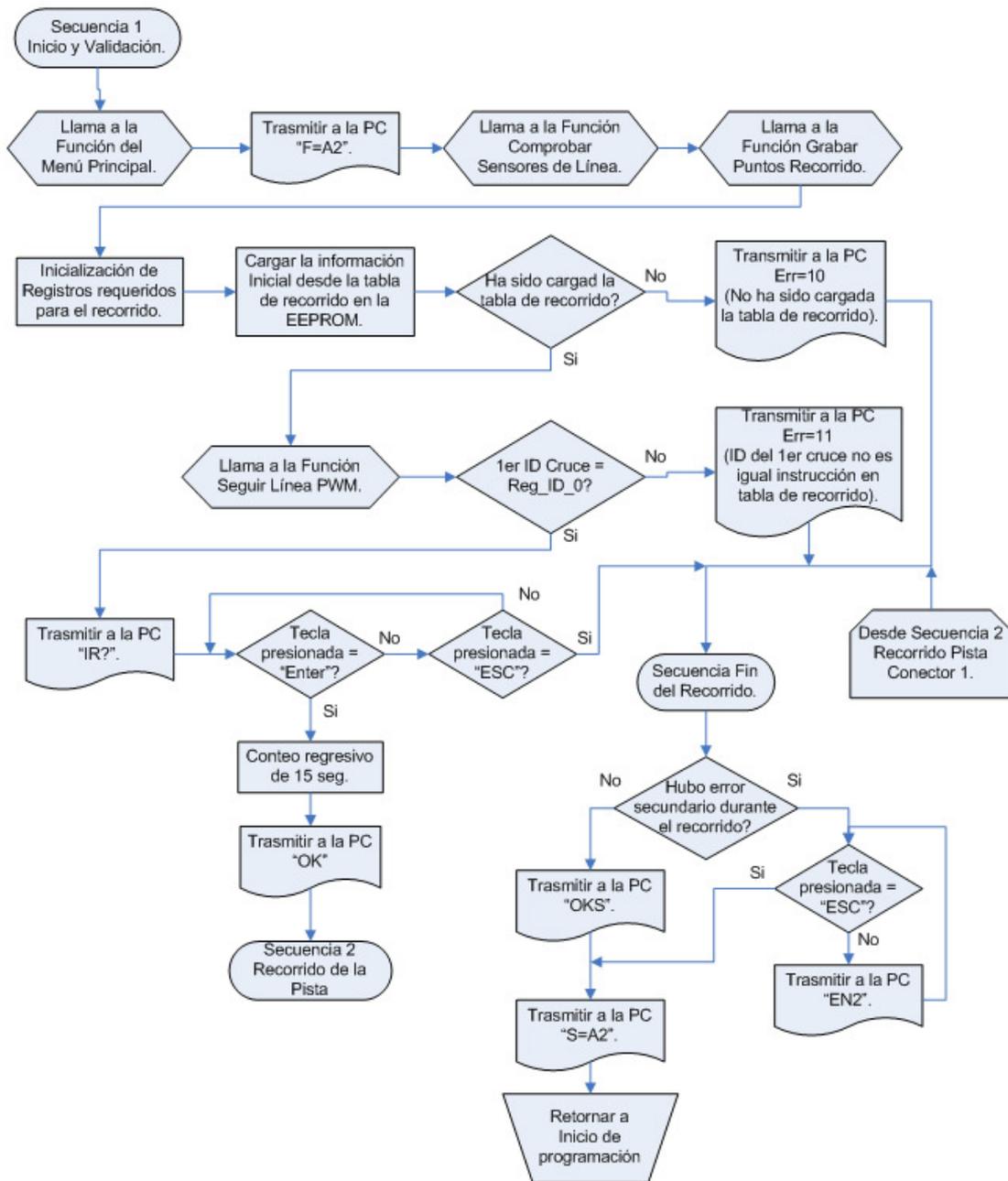


Figura. 5.17. Diagrama de flujo de la secuencia 1 inicio y validación de la fun. control del recorrido.

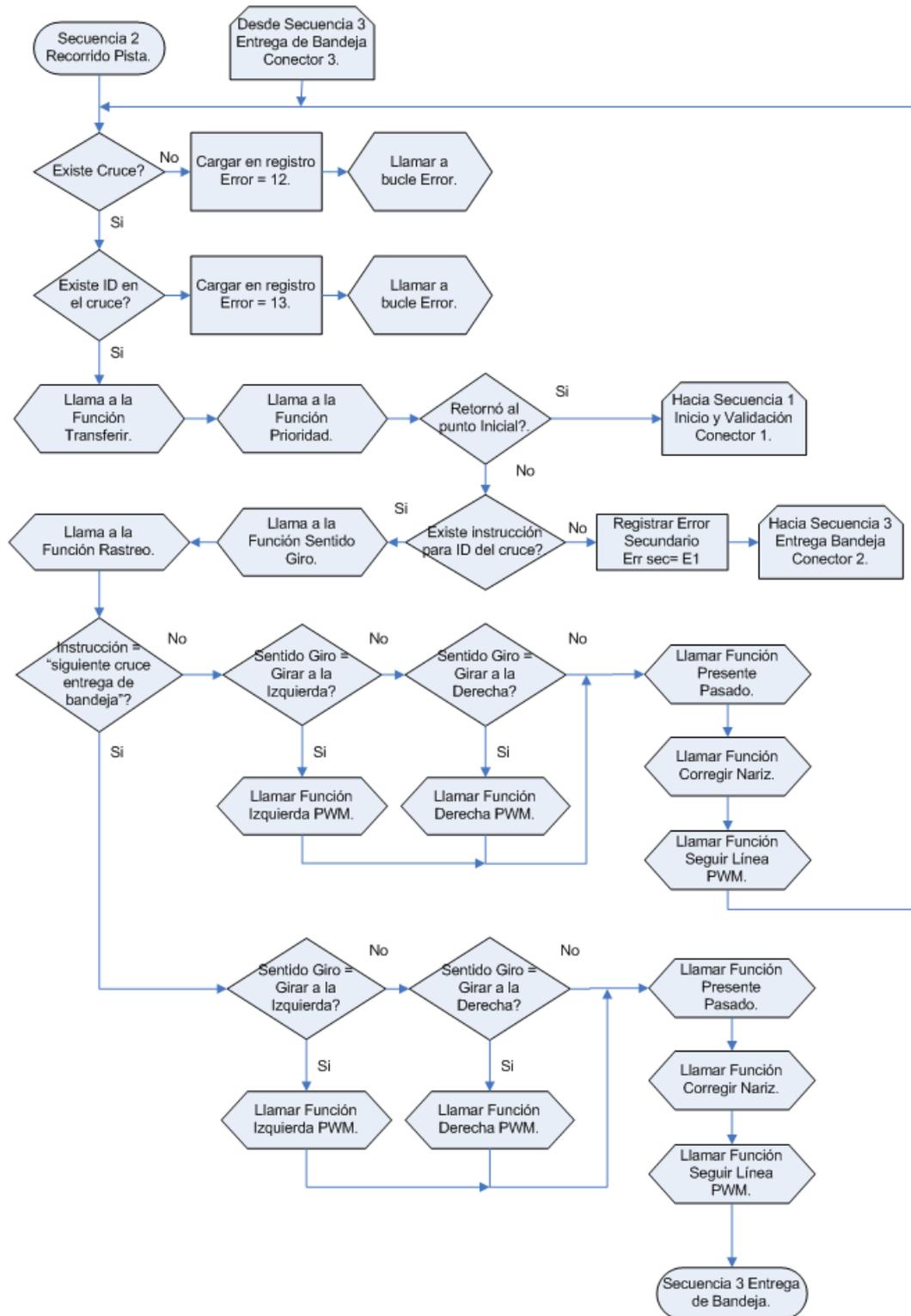


Figura. 5.18. Diagrama de flujo de la secuencia 2 recorrido del la pista, de la fun. control del recorrido.

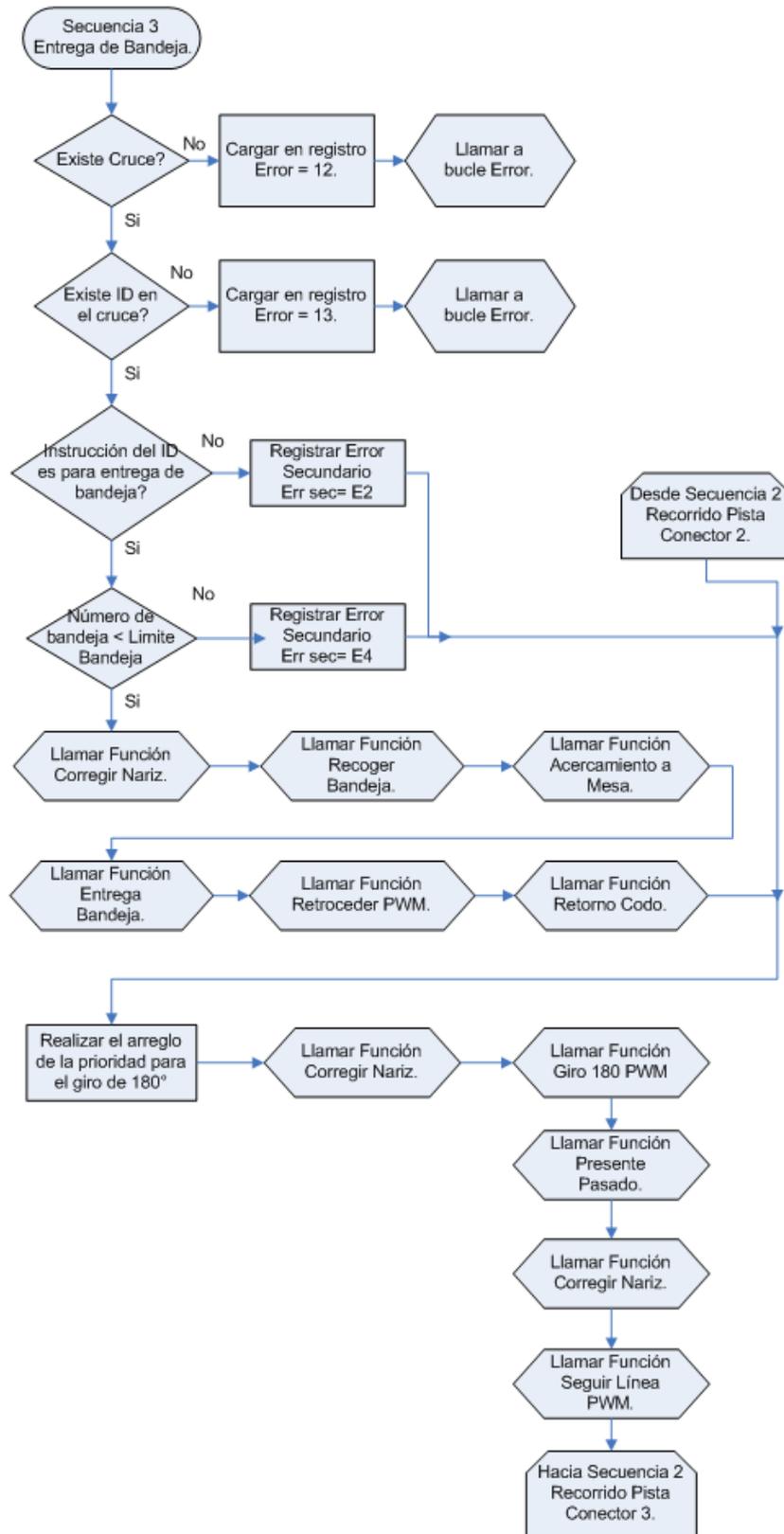


Figura. 5.19. Diagrama de flujo de la secuencia 3 entrega de bandeja, de la fun. control del recorrido.

Secuencia 3 Entrega de Bandeja:

La secuencia se encarga de seguir la pista hasta el próximo cruce, valida que el cruce tenga el formato para entrega de bandeja; si la validación es exitosa, procede a recoger la bandeja designada por la instrucción, se acerca hasta la mesa de entrega, realiza la acción de entrega de la bandeja, retrocede de nuevo hasta el cruce, realiza un giro de 180° y vuelve por donde vino.

El diagrama de flujo de la secuencia 3 entrega de la bandeja se encuentra en la figura 5.19.

5.1.5.1 Función Secundaria Transferir

Esta función secundaria de la función control recorrido se encarga de cargar las instrucciones desde la memoria EEPROM, designadas para el cruce actual en que se encuentra el prototipo, realiza la búsqueda de la instrucción designada por medio del ID del cruce.

El diagrama de flujo de la función secundaria transferir se encuentra en la figura 5.20, diagrama izquierdo.

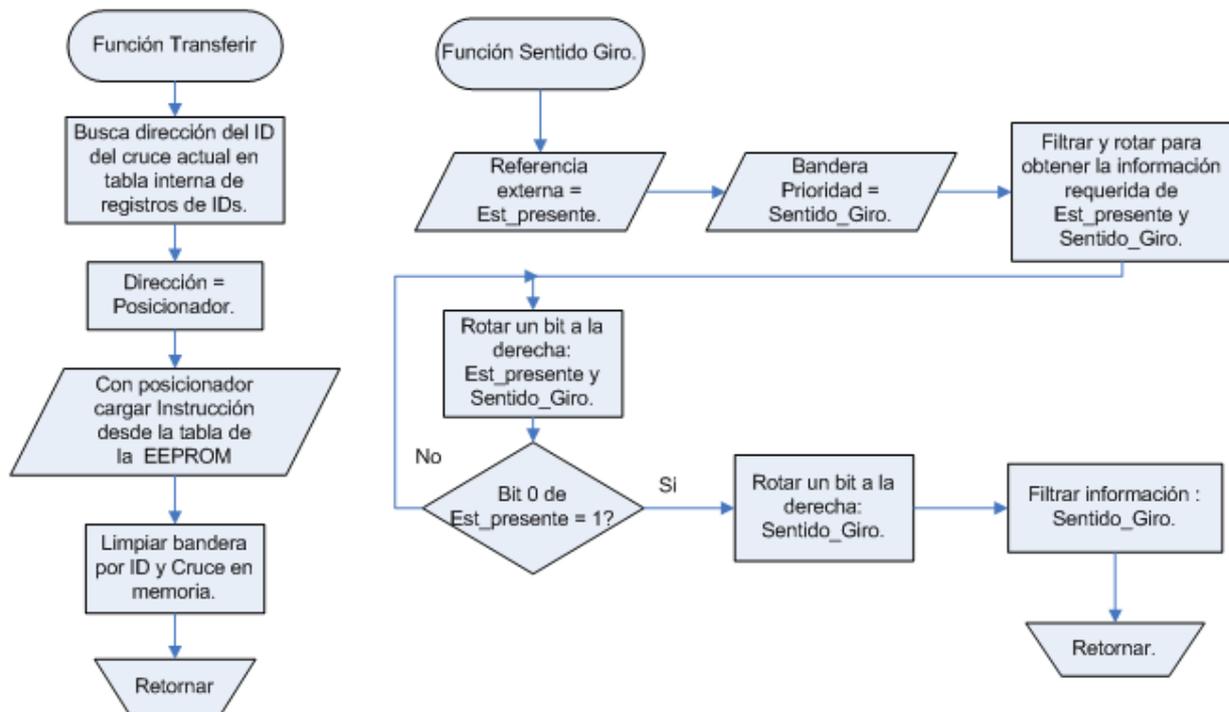


Figura. 5.20. Diagramas de flujo de las funciones transferir y sentido de giro.

5.1.5.2 Función Secundaria Sentido Giro

Esta función secundaria de la función control recorrido se encarga de generar una bandera donde se indica hacia dónde debe girar la plataforma; para ello, realiza operaciones de rotación, filtración entre los registros del estado presente (en qué coordenada se encuentra en este momento el prototipo) y el registro instrucción que indica hacia qué coordenada debe trasladarse la plataforma.

El diagrama de flujo de la función secundaria sentido giro se encuentra en la figura 5.20, diagrama derecho

5.1.5.3 Función Secundaria Prioridad

Esta función secundaria de la función control recorrido se encarga de generar una bandera donde se indica qué coordenada tiene mayor prioridad de acuerdo a la instrucción correspondiente al cruce en que se encuentra el prototipo. Para ello realiza la separación de las instrucciones por coordenadas y luego compara qué instrucción, de las 4 coordenadas, tiene mayor jerarquía.

El diagrama de flujo de la función secundaria prioridad se encuentra en la figura 5.21.

5.1.5.4 Función Secundaria Presente Pasado

Esta función secundaria de la función control recorrido se encarga de limpiar la instrucción de la coordenada una vez que ha cumplido exitosamente la reubicación de la plataforma hacia la coordenada solicitada y posteriormente almacenar la instrucción cambiada para que no existan entregas dobles o recorridos dobles por la misma coordenada en ese ID del cruce. Esta función es esencial ya que se encarga de cambiar de un estado de llegar a un cruce a un estado de ir al siguiente cruce.

El diagrama de flujo de la función secundaria presente pasado se encuentra en la figura 5.22.

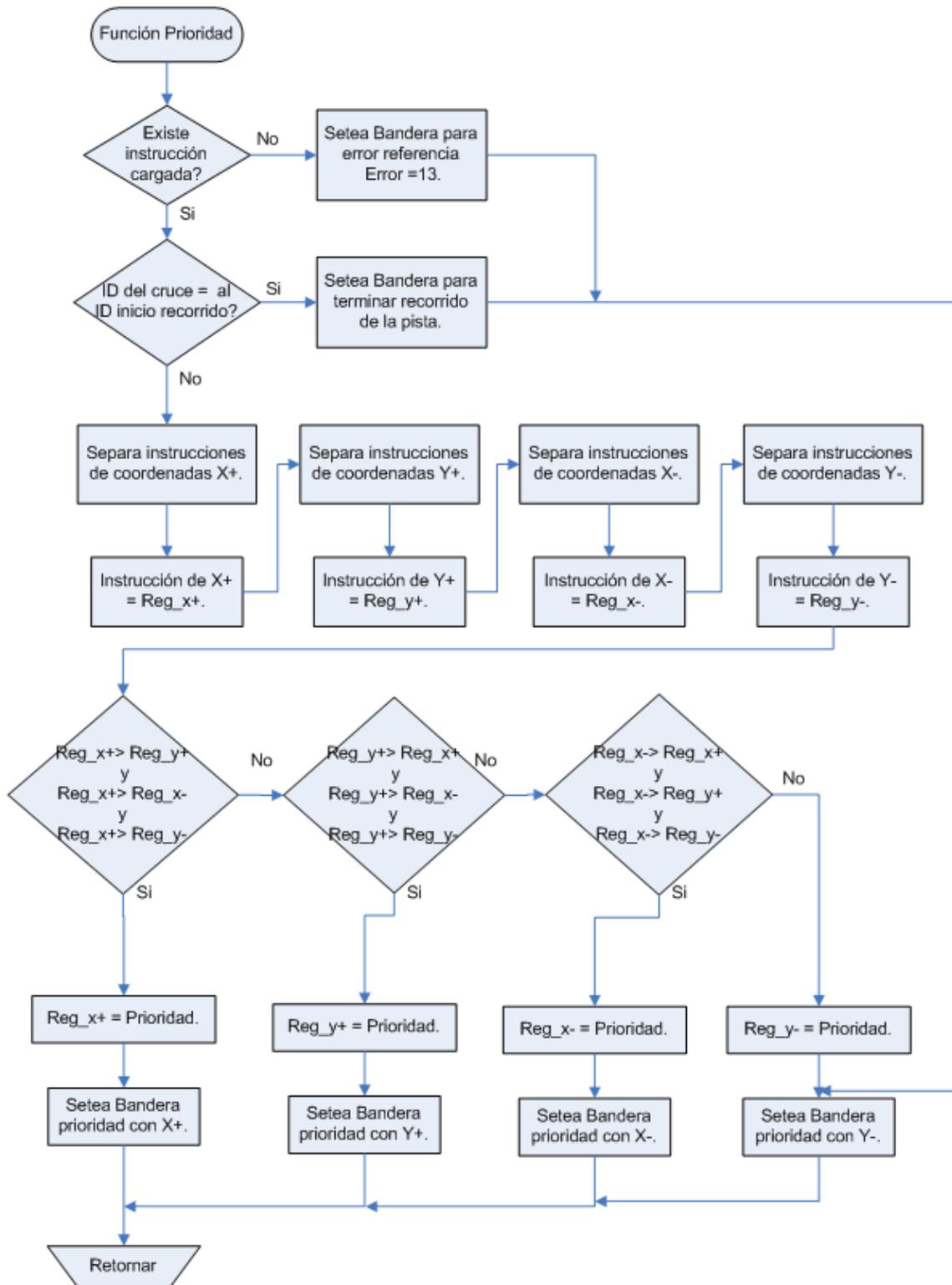


Figura. 5.21. Diagrama de flujo de la función prioridad.

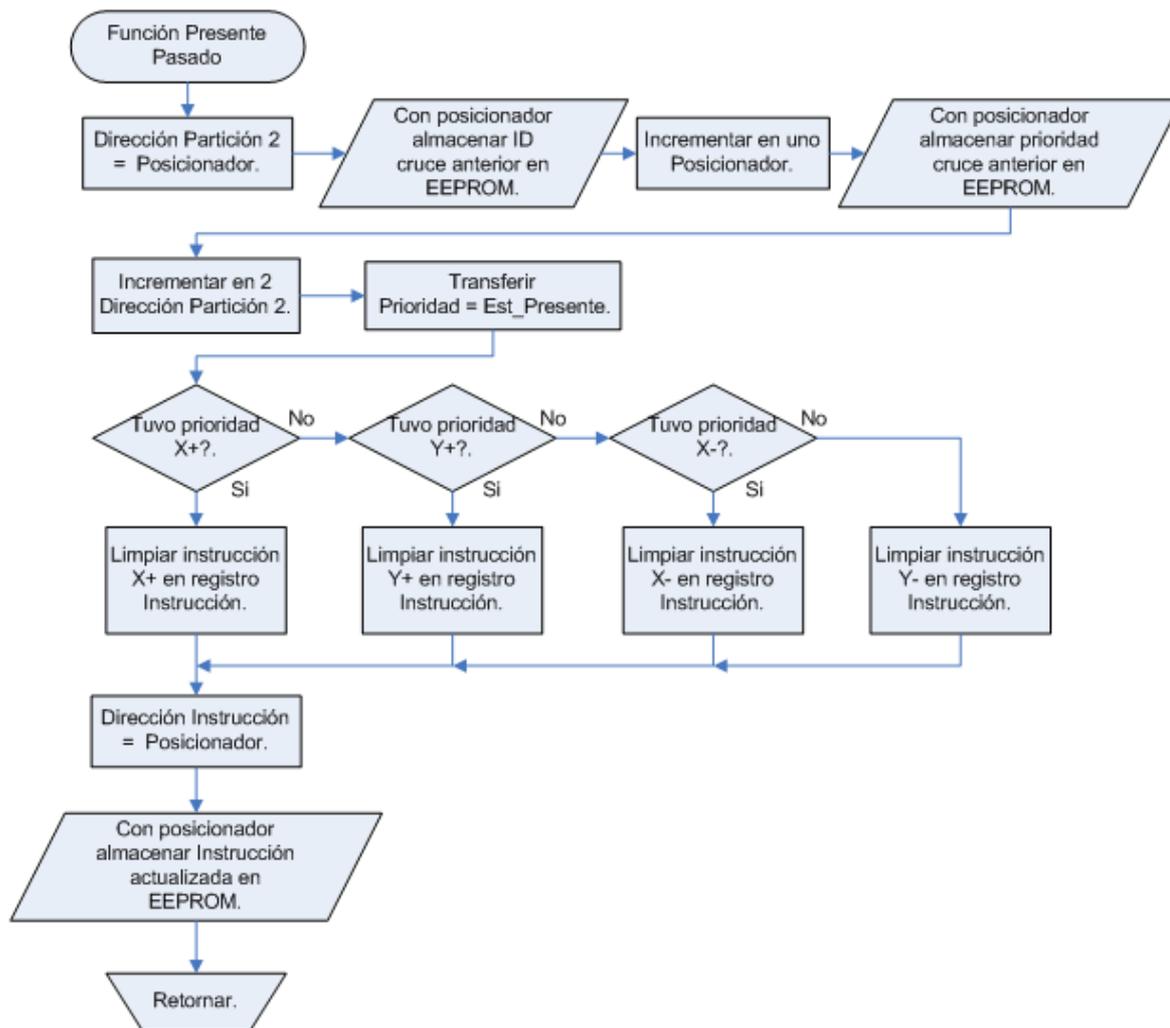


Figura. 5.22. Diagrama de flujo de la función presente pasado.

5.1.5.5 Función Inicializar Umbrales de los Sensores de Línea

Esta función es invocada al inicio del programa para cargar el umbral o límite para saber si un sensor de seguimiento de línea pasa a estado activo o sigue en estado desactivado. Esta función carga los valores de los umbrales desde una tabla generada para el caso hasta los registros umbral de cada sensor para su posterior uso.

El diagrama de flujo de la función inicializar umbrales de los sensores de línea se encuentra en la figura 5.23.

5.1.6 Funciones de Recorrido de la Pista con PWM

Estas funciones son las encargadas de desplazar la plataforma por la pista; para ello, hacen uso del sistema de seguimiento de línea, y el control PWM que se encuentra implementado en cada función para lograr el torque y velocidad requerida para cumplir

con el seguimiento de la línea, los giros de 90° y 180° sobre su propio eje y ubicarse correctamente sobre el cruce para los giros o seguir la línea.

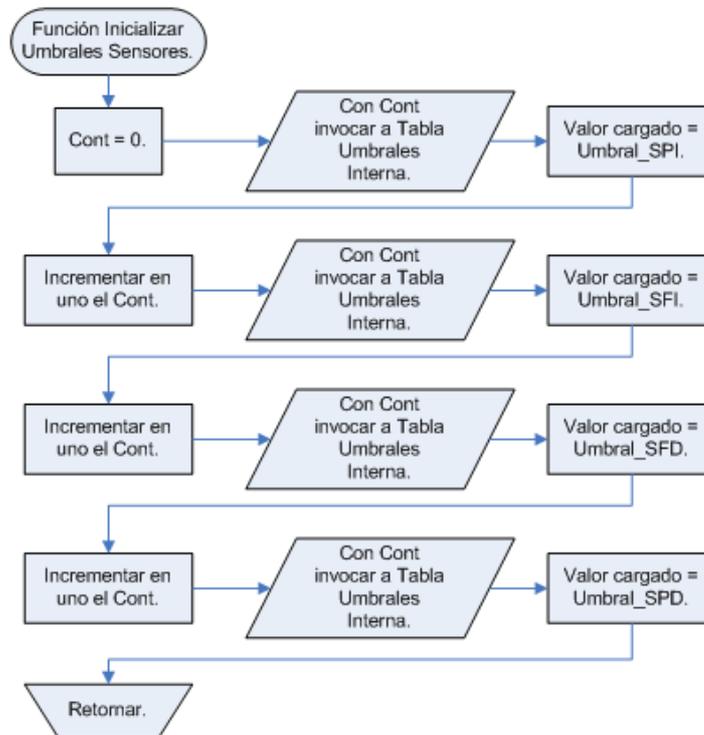


Figura. 5.23. Diagrama de flujo de la función inicializar umbrales sensores.

Las funciones de recorrido de la pista con PWM se encuentran en el bloque 1 de programación, y son invocadas por la función principal control recorrido.

5.1.6.1 Función Seguimiento de la Línea

Esta función realiza el seguimiento de la línea en desplazamiento hacia delante, para ello se mantiene controlando la ubicación de la línea de la pista por medio de los sensores de línea, realiza las correcciones necesarias para mantener a la plataforma en la pista por medio del control PWM aumentando o disminuyendo la velocidad del motor izquierdo o derecho de acuerdo a lo requerido para no perder la línea.

El diagrama de flujo de la función seguimiento de la línea se encuentra en la figura 5.24.

5.1.6.2 Función Acercamiento a la Mesa de Entrega

Esta función es la encargada de acercar la plataforma hasta 1 cm antes de topar la mesa sin perder la línea de la pista. Por ello, esta función es una combinación de secuencias de seguimiento de línea con vigilancia del sensor de proximidad para conocer a qué distancia se encuentran de la mesa de entrega. Para cumplir cabalmente esta secuencia se disminuye y fija la velocidad de los motores al 50%.

El diagrama de flujo de la función acercamiento a la mesa de entrega se encuentra en la figura 5.25.

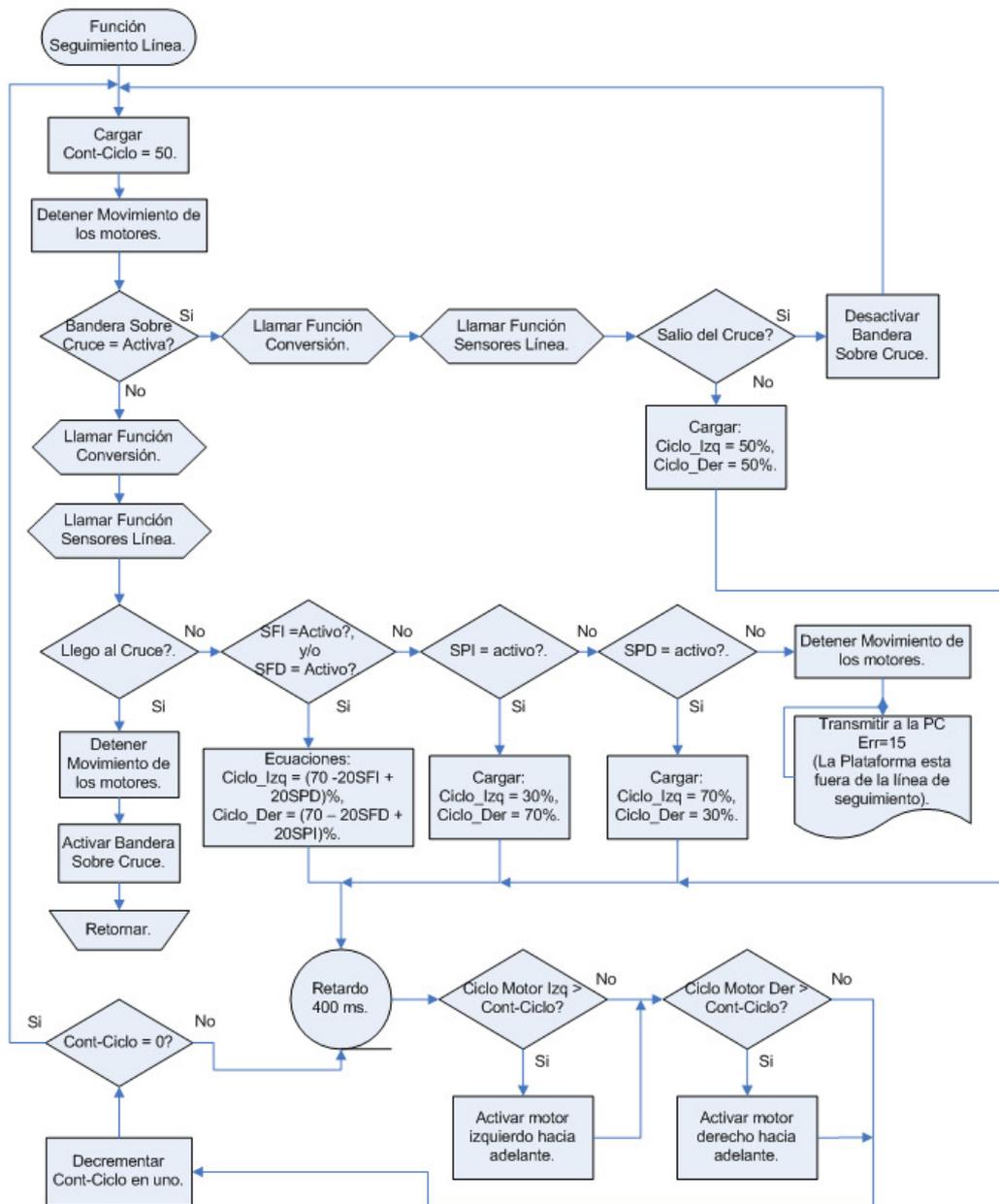


Figura. 5.24. Diagrama de flujo de la función seguimiento de la línea.

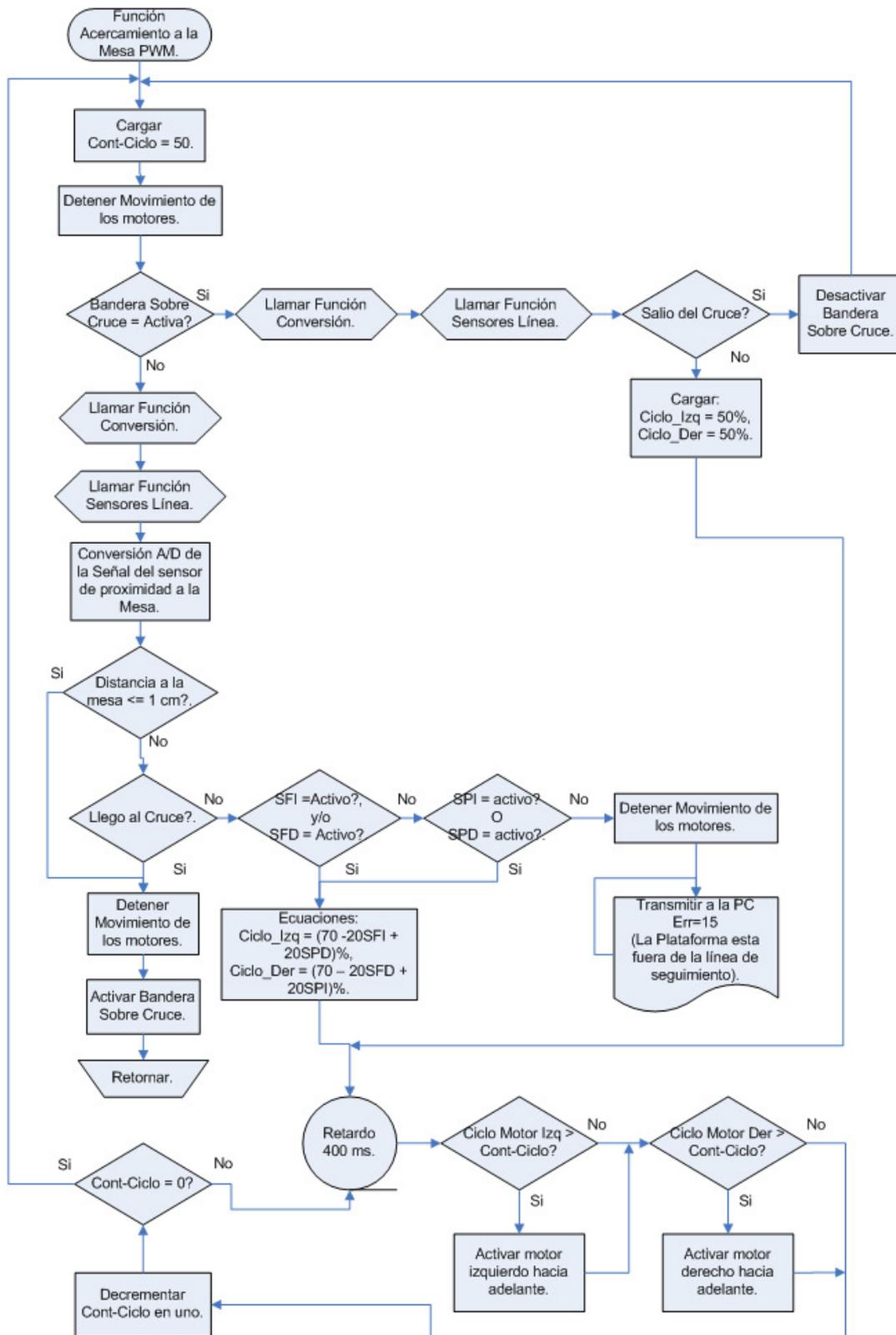


Figura. 5.25. Diagrama de flujo de la función acercamiento a la mesa de entrega.

5.1.6.3 Función Retroceder

Esta función se encarga de devolver a la plataforma hasta el anterior cruce; para ello, retrocede a la plataforma con una secuencia PWM similar a la del seguimiento de línea pero disminuyendo y fijando la velocidad de los motores al 25% para no perder el rastro de la línea.

El diagrama de flujo de la función retroceder se encuentra en la figura 5.26.

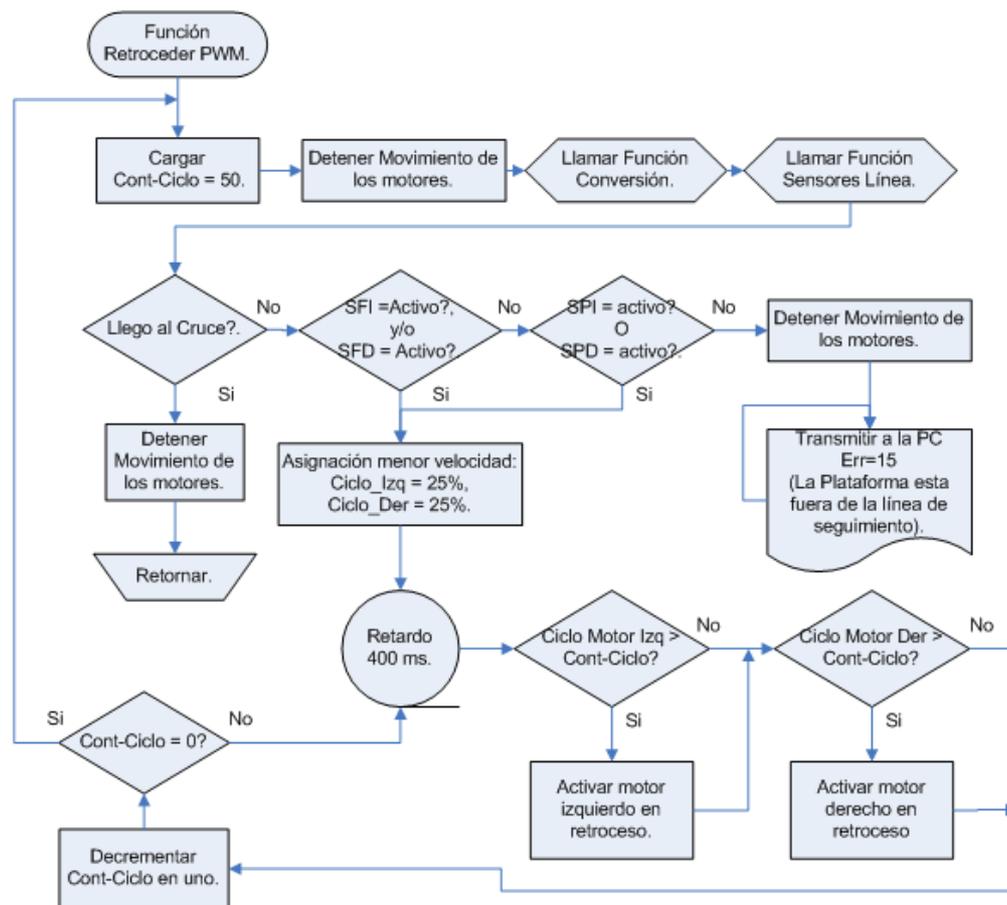


Figura. 5.26. Diagrama de flujo de la función retroceder.

5.1.6.4 Función Giro 90° en Sentido Horario

Esta función realiza un giro de 90° en el eje de los motores sobre el cruce para cambiar de sentido de las coordenadas en sentido horario. Para cumplir con este giro sin perder el cruce y las líneas a seguir posteriormente, se va realizando el movimiento por etapas donde va reconociendo las áreas claras y la segunda línea a la que debe llegar, por motivos de calibración esta función realiza un avance hasta la segunda área clara y luego retorna con giro antihorario a la segunda línea negra. Debido a que esta función realiza ese

cambio de giro horario a giro antihorario se tiene una secuencia de decisión para el cambio del sentido de los motores.

El diagrama de flujo de la función giro 90° en sentido horario se encuentra en la figura 5.27.

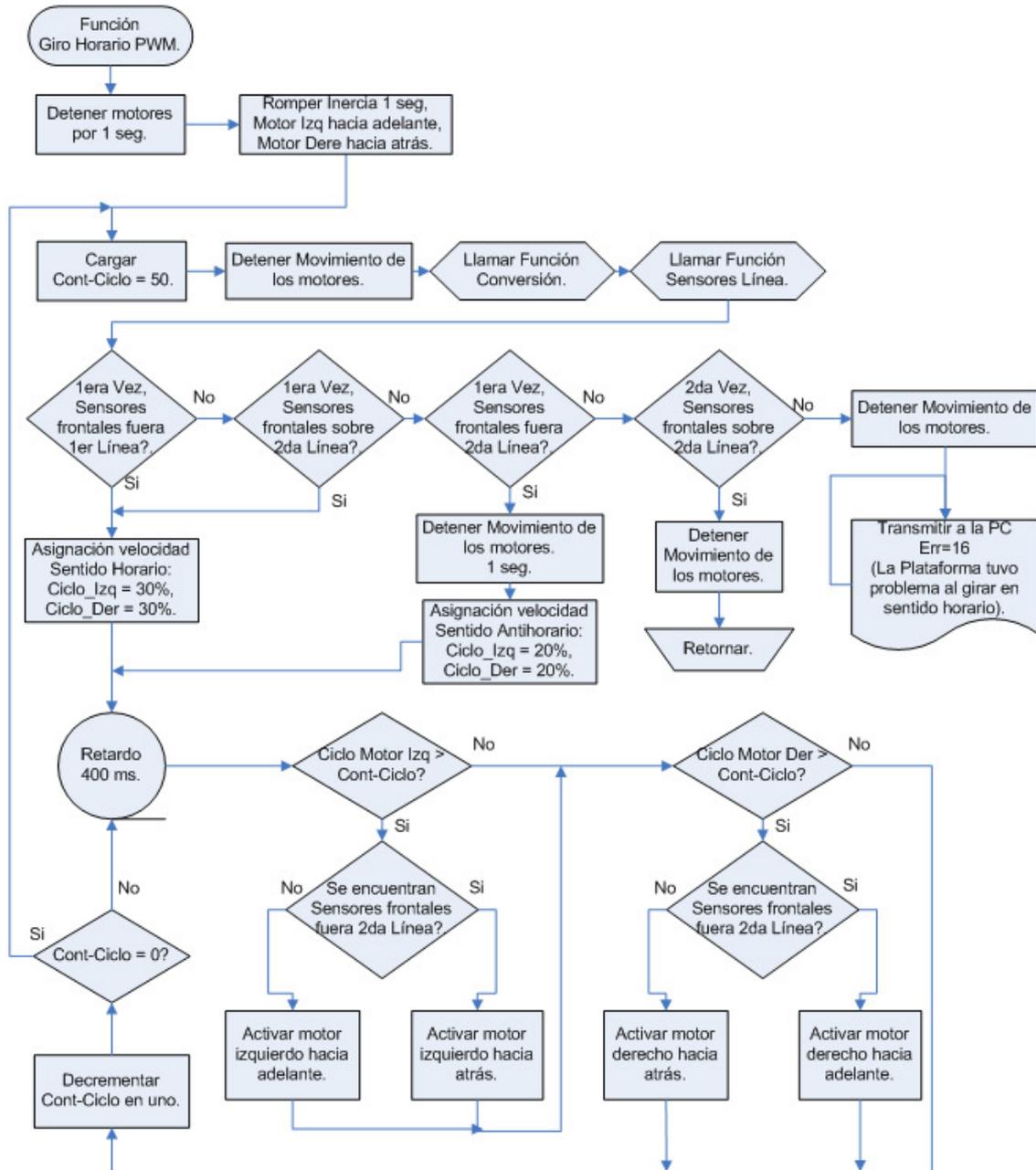


Figura. 5.27. Diagrama de flujo de la función giro 90° en sentido horario.

5.1.6.5 Función Giro 90° en Sentido Antihorario

Esta función realiza un giro de 90° en el eje de los motores sobre el cruce para cambiar de sentido de las coordenadas en sentido antihorario. Para cumplir con este giro sin perder el cruce y las líneas a seguir posteriormente, se va realizando el movimiento por etapas donde va reconociendo las áreas claras y la segunda línea a la que debe llegar. Esta función no requiere de cambio en el sentido de los motores.

El diagrama de flujo de la función giro 90° en sentido antihorario se encuentra en la figura 5.28.

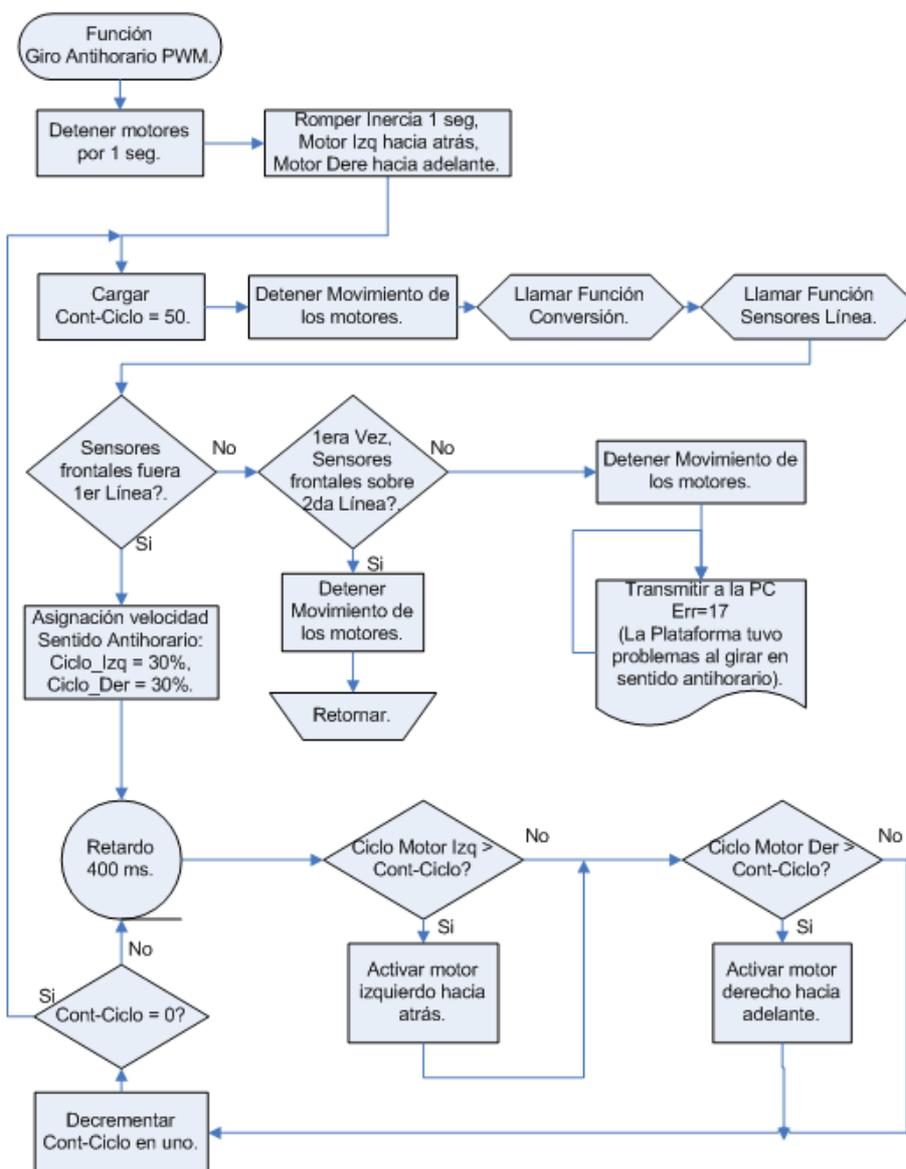


Figura. 5.28. Diagrama de flujo de la función giro 90° en sentido antihorario.

5.1.6.6 Función Giro 180° en Sentido Antihorario

Esta función se comporta en manera similar al giro de 90° en sentido antihorario, el cambio que se conforma en esta secuencia es girar hasta ubicar la tercera línea negra completando así el giro de 180°

El diagrama de flujo de la función giro 180° en sentido antihorario se encuentra en la figura 5.29.

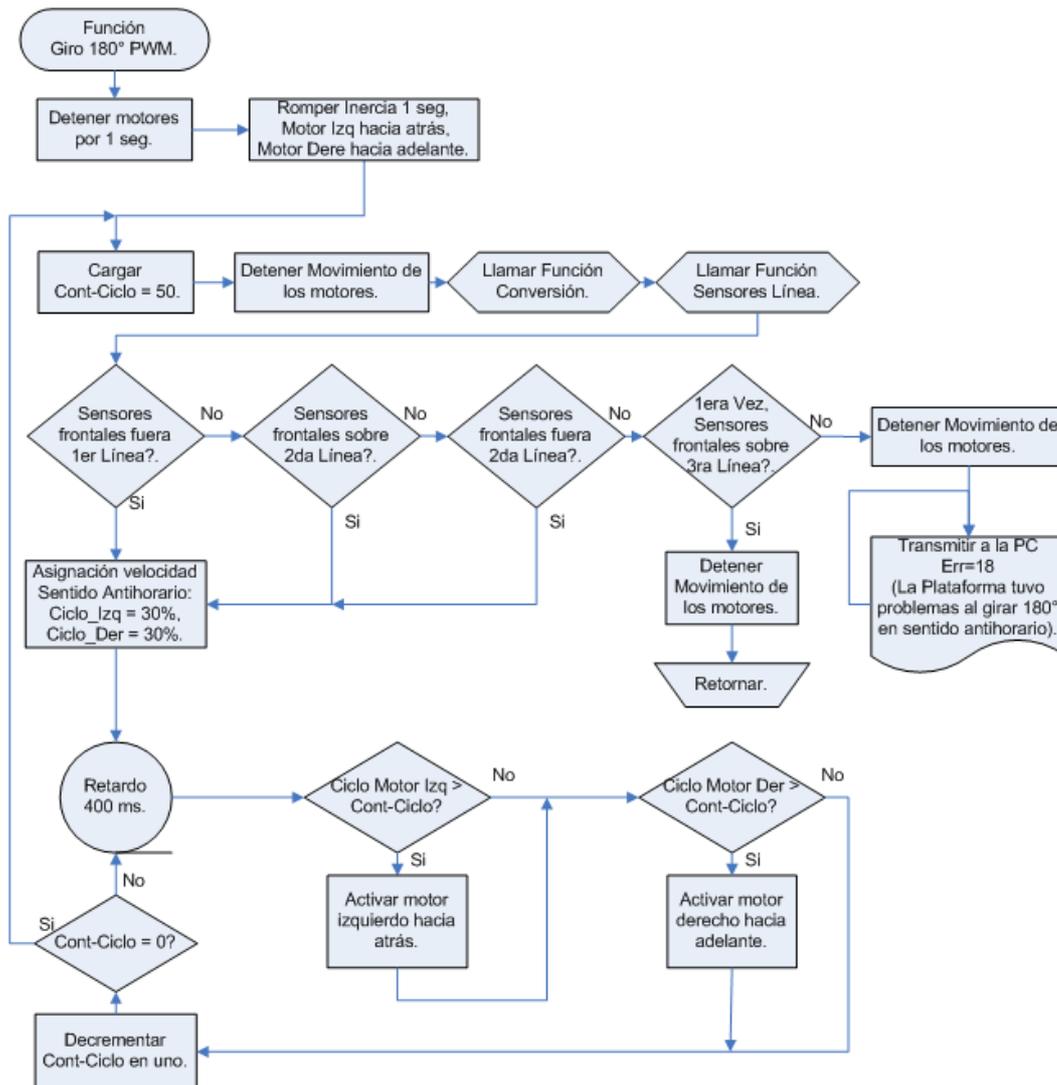


Figura. 5.29. Diagrama de flujo de la función giro 180° en sentido antihorario.

5.1.6.7 Función Corregir Nariz

La acción principal de esta función es corregir la ubicación de los sensores de línea con respecto a la línea en cada cruce para eliminar los errores que se van acumulando mientras la plataforma sigue la línea; además de ello, con el movimiento fuerte del cambio

entre giro en sentido horario a sentido antihorario permite que las ruedas pivotantes se posicionen correctamente para continuar con el seguimiento de la siguiente línea. Esta función tiene secuencia de etapas como la función de giro en sentido horario, pero para esta función se imprime retardos de tiempo con velocidad al 100% para lograr lo antes indicado. Tal como en la función de giro en sentido horario esta función tiene el cambio del sentido de los motores para lograr el cambio entre giro horario y antihorario.

El diagrama de flujo de la función corregir nariz se encuentra en la figura 5.30.

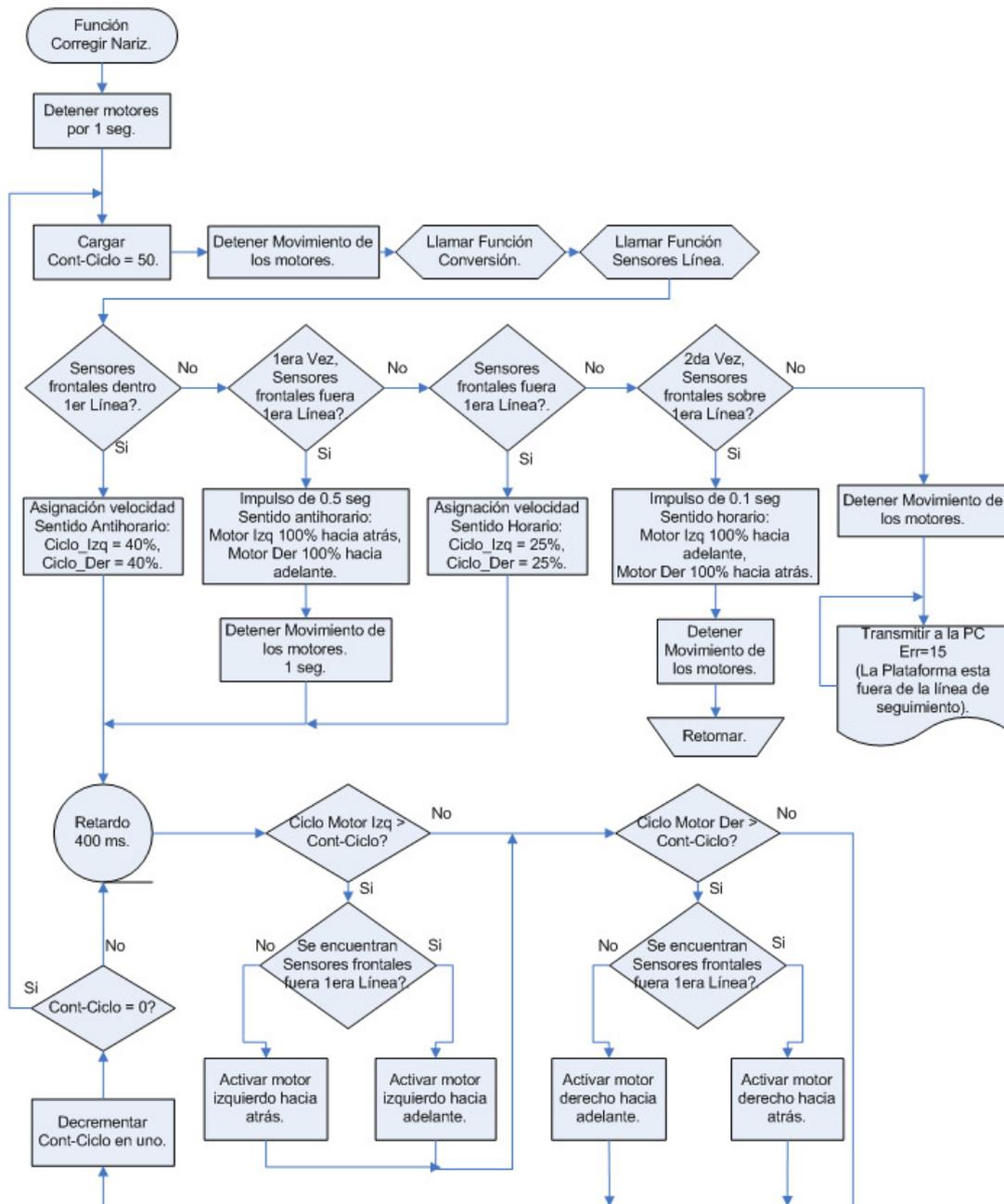


Figura. 5.30. Diagrama de flujo de la función corregir nariz.

5.1.6.8 Función Conversión

Esta función secundaria de las funciones de recorrido es la encargada de realizar la conversión A/D de cada canal de los 4 sensores de línea, realiza la conversión de un canal a la vez y luego guarda el valor obtenido en el registro perteneciente a cada sensor.

El diagrama de flujo de la función conversión se encuentra en la figura 5.31.

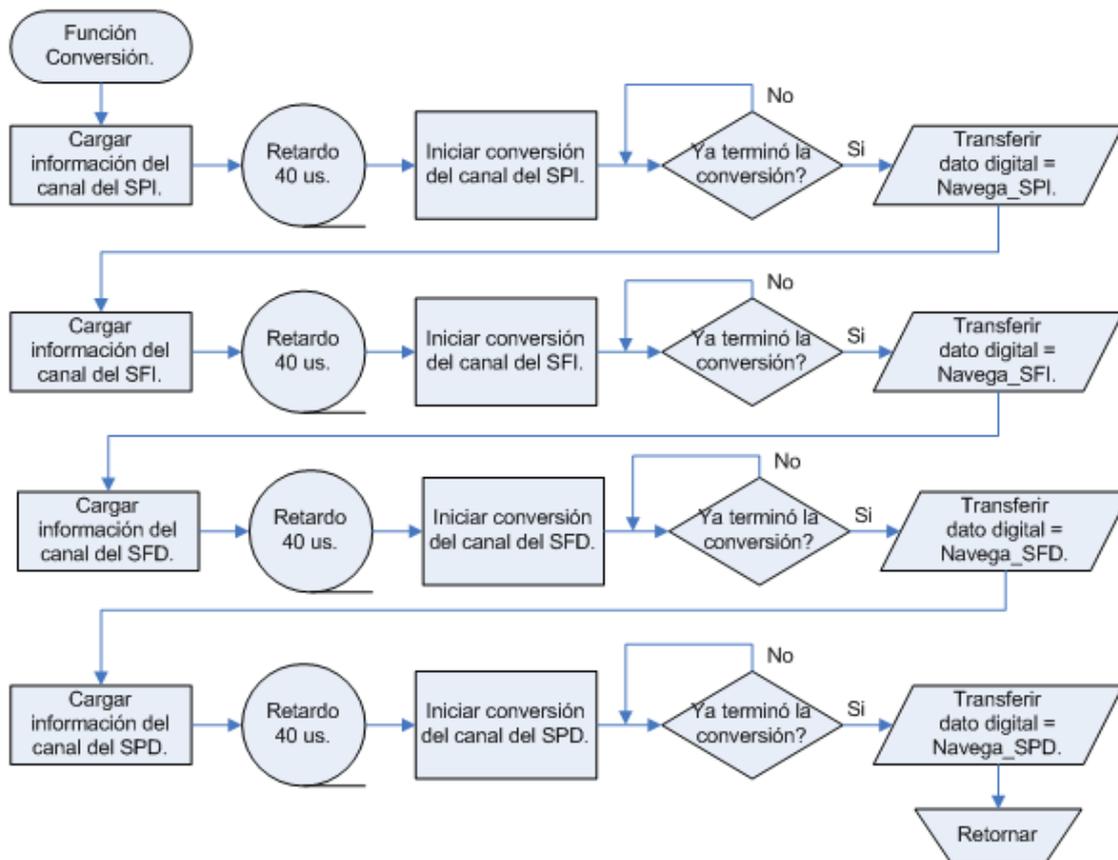


Figura. 5.31. Diagrama de flujo de la función conversión.

5.1.6.9 Función Sensores de Línea

Esta función se encarga de generar una bandera con el estado de los sensores de seguimiento de línea, para ello realiza una resta entre el valor del sensor y el umbral impuesto para cada sensor, si el sensor se encuentra sobre la línea o en sus cercanías genera un valor mayor al umbral, por lo que en esta secuencia se detecta dicho cambio y registra si el sensor esta activo o desactivado en la bandera Navegación.

El diagrama de flujo de la función sensores de línea se encuentra en la figura 5.32.

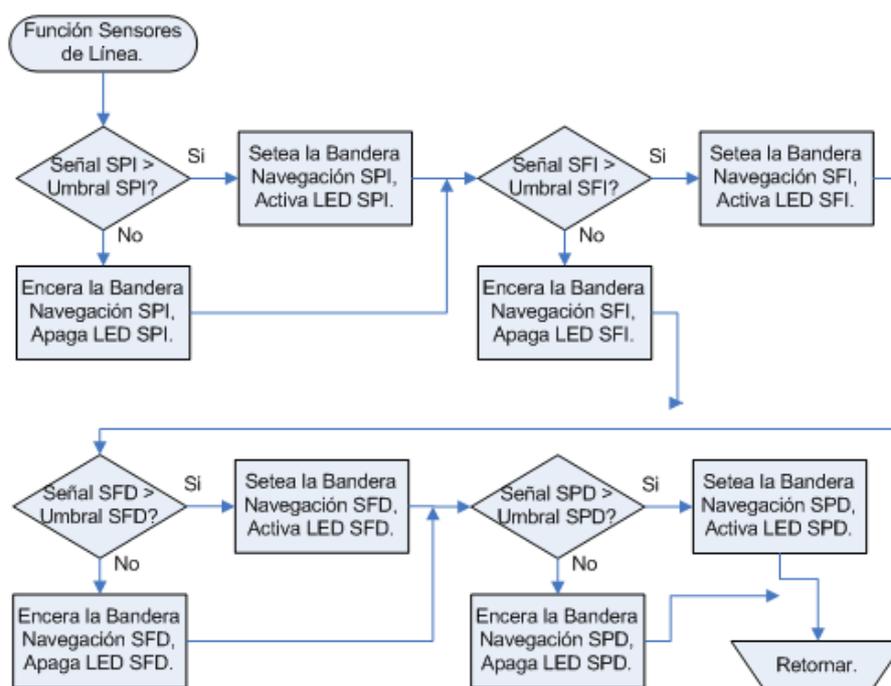


Figura. 5.32. Diagrama de flujo de la función sensores de línea.

5.1.7 Funciones de Control del Brazo Manipulador

Estas funciones son las encargadas de realizar las secuencias requeridas para ubicar la bandeja solicitada por la instrucción para la entrega, recoger la bandeja y posteriormente entregar la bandeja en la mesa de entrega. Estas funciones se encuentran en el bloque 2 de programación y son convocadas en la función de control del recorrido que en conjunto con las secuencias de acercamiento a la mesa, retroceder y giro de 180° generan la entrega completa de una bandeja.

5.1.7.1 Función Iniciar Codo

Esta función realiza la inicialización del codo; esto es, llevar el codo a su punto 0 antes de empezar cualquier acción del prototipo, por ello esta función es invocada en las secuencias de inicialización de toda la programación. Esta función se encarga primero de mover el codo externamente hasta topar el fin de carrera del codo externo, una vez que llega a ese punto retorna el codo hasta encontrar la primera ranura en el disco del contador de pasos del codo.

El diagrama de flujo de la función iniciar codo se encuentra en la figura 5.33, diagrama izquierdo.

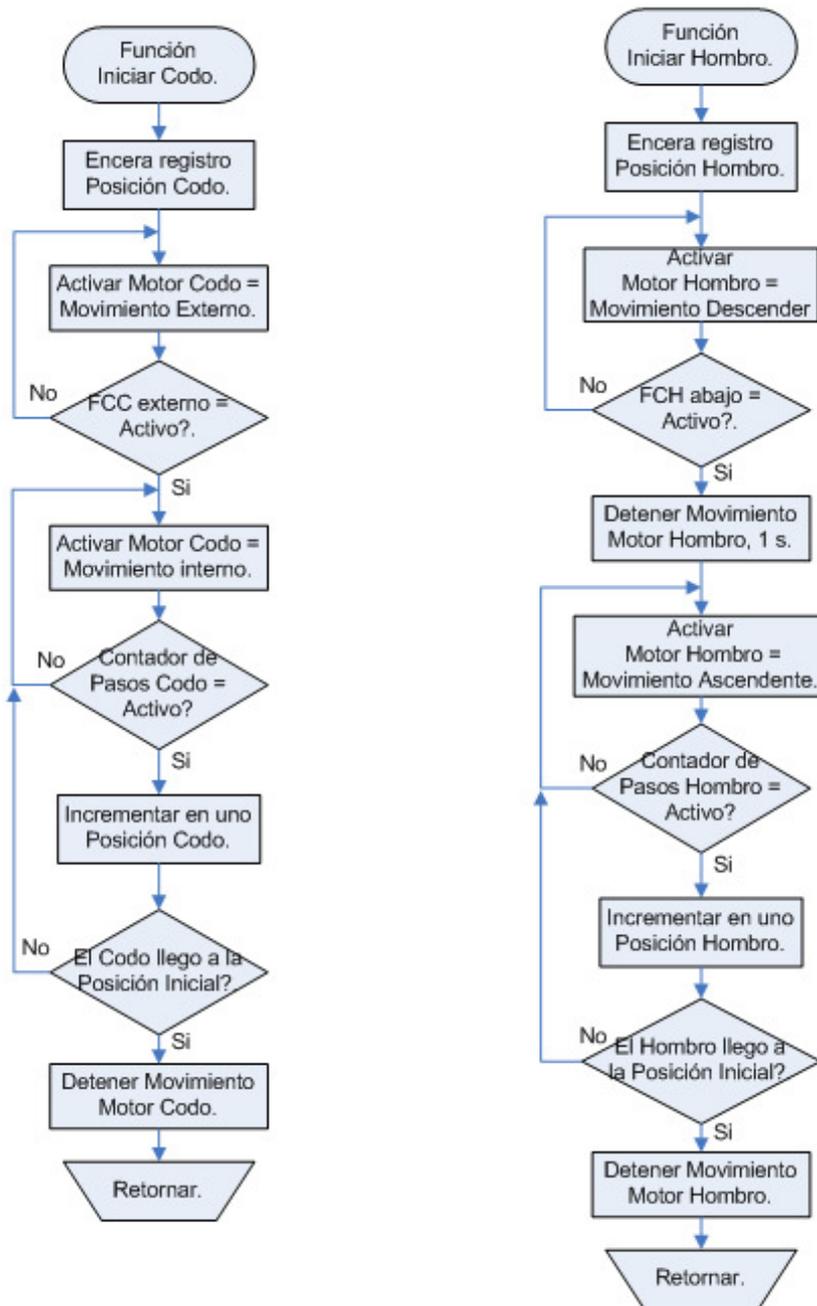


Figura. 5.33. Diagramas de flujo de las funciones iniciar codo e iniciar hombro.

5.1.7.2 Función Iniciar Hombro

Esta función realiza la inicialización del hombro; esto es, llevar el hombro a su punto 0 antes de empezar cualquier función del prototipo, por ello esta función es invocada en las secuencias de inicialización de toda la programación. Para cumplir con la inicialización, esta función primero desciende el hombro hasta topa el fin de carrera del hombro inferior, una vez que llega a ese punto retorna en ascenso el hombro hasta encontrar el tercer paso del contador de pasos del hombro.

El diagrama de flujo de la función iniciar hombro se encuentra en la figura 5.33, diagrama derecho.

5.1.7.3 Función Posiciona el Codo

Esta función se encarga de ubicar al codo en la posición requerida, para ello confirma de acuerdo a la solicitud si el codo requiere moverse externamente o internamente, una vez que se encuentra en movimiento va contando los pasos por medio del contador de pasos hasta llegar a la ubicación solicitada. Esta función es invocada por la función recoger bandeja y entregar bandeja.

El diagrama de flujo de la función posiciona el codo se encuentra en la figura 5.34.

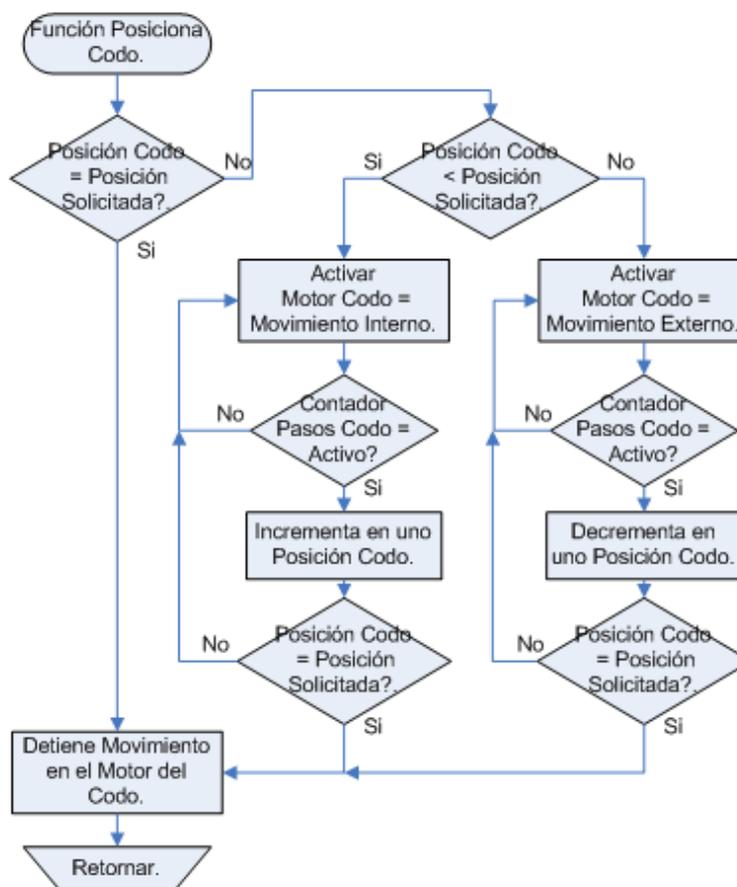


Figura. 5.34. Diagrama de flujo de la función posiciona codo.

5.1.7.4 Función Posiciona el Hombro

Esta función se encarga de ubicar al hombro en la altura requerida, para ello confirma de acuerdo a la solicitud si el hombro requiere ascender o descender, una vez que se encuentra en movimiento va contando los pasos por medio del contador de pasos hasta

llegar a la altura solicitada. Esta función es invocada por la función recoger bandeja y entregar bandeja.

El diagrama de flujo de la función posiciona el hombro se encuentra en la figura 5.35.

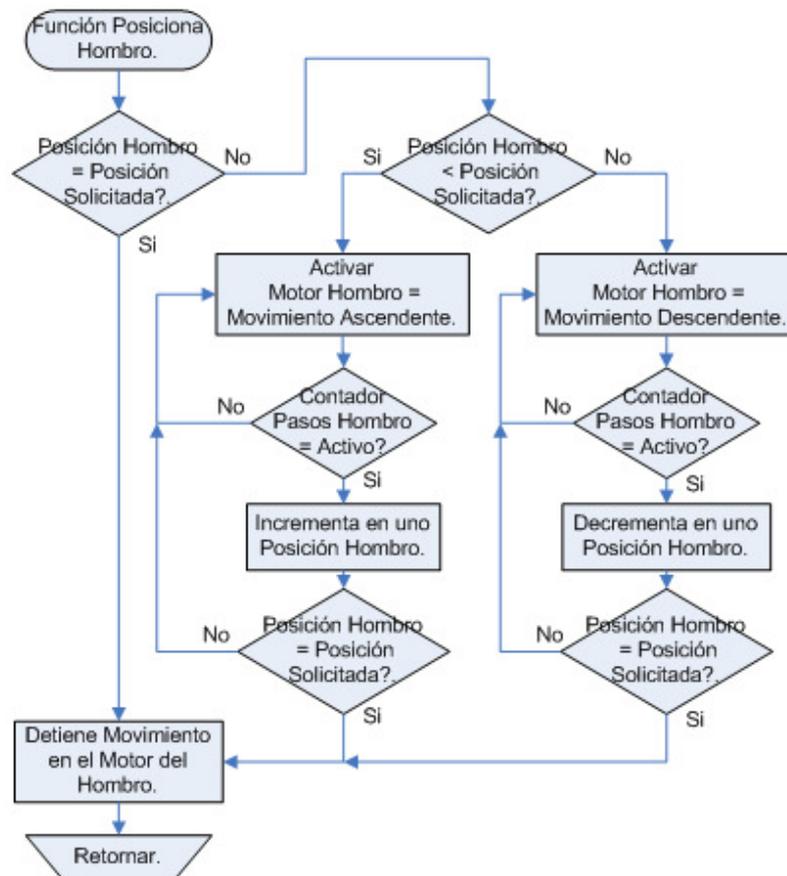


Figura. 5.35. Diagrama de flujo de la función posiciona hombro.

5.1.7.5 Función Ubicación de las Bandejas

Esta función carga la posición a la que debe elevarse el hombro para recoger la bandeja designada, básicamente su secuencia es preguntar que número de bandeja se va a entregar y de acuerdo a la solicitud devuelve el valor de la posición requerida.

El diagrama de flujo de la función ubicación de las bandejas se encuentra en la figura 5.36.

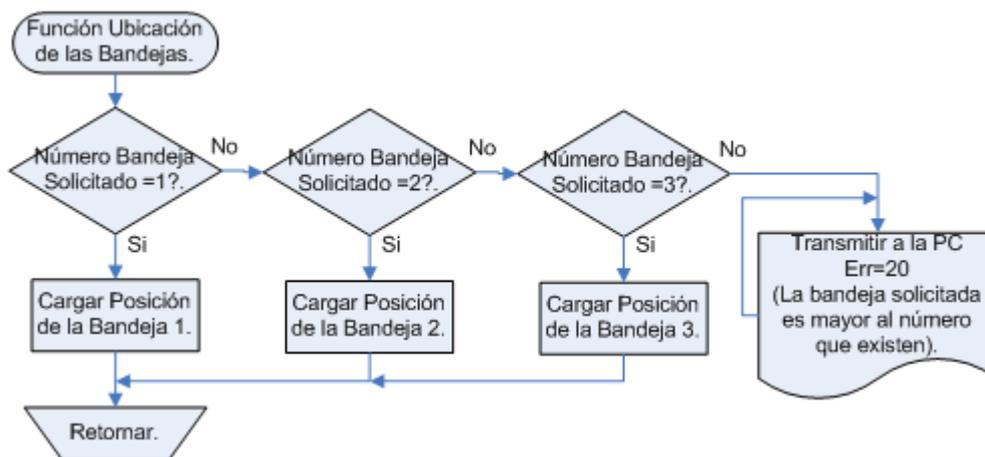


Figura. 5.36. Diagrama de flujo de la función ubicación de las bandejas.

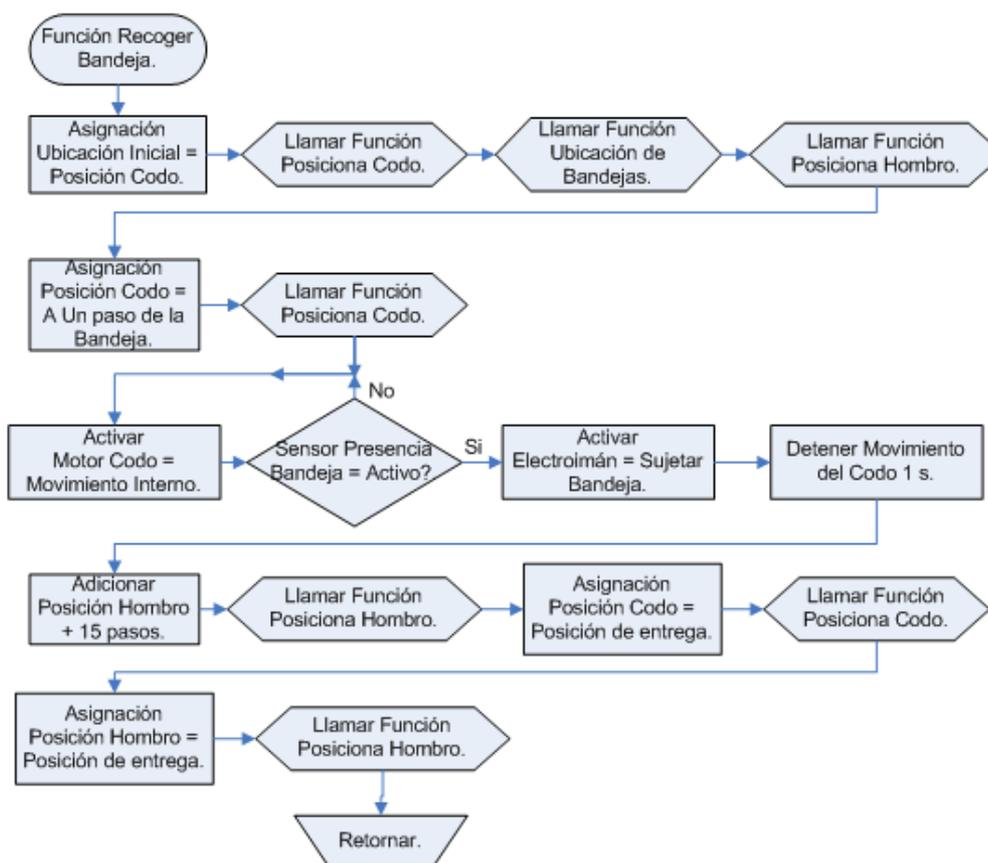


Figura. 5.37. Diagrama de flujo de la función recoger bandeja.

5.1.7.6 Función Recoger Bandeja

Esta función se encarga de recoger la bandeja solicitada en la instrucción, para ello realiza la secuencia de elevar el hombro hasta la altura designada por la función ubicación de las bandejas, posicionar el electroimán a un paso de la bandeja, sujetar la bandeja

evarla y retirarla del porta-bandejas, posteriormente ubicar la bandeja en posición y altura de entrega. Esta función es invocada por la función control del recorrido.

El diagrama de flujo de la función recoger bandeja se encuentra en la figura 5.37.

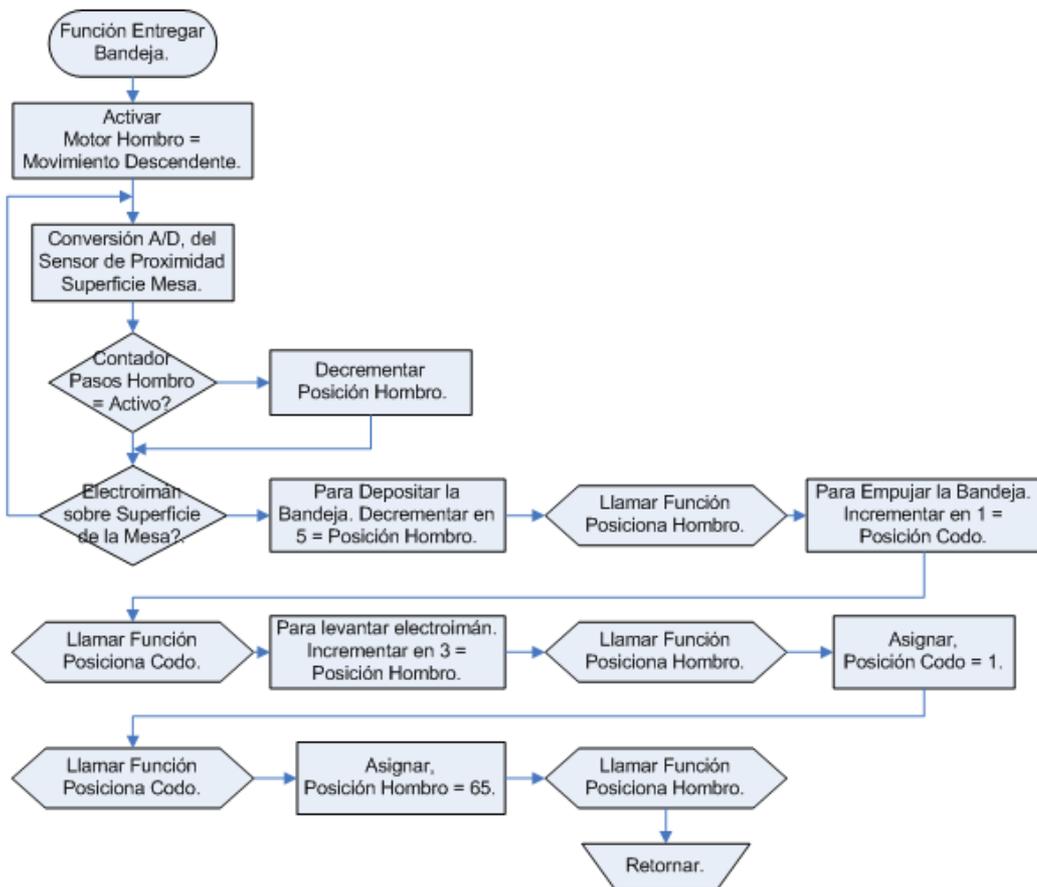


Figura. 5.38. Diagrama de flujo de la función entregar bandeja.

5.1.7.7 Función Entregar Bandeja

Esta función se encarga de entregar la bandeja una vez que el prototipo se encuentra posicionado cerca de la mesa de entrega. Para ello, procede a descender el hombro con el electroimán que mantiene sujeta la bandeja a entregar, mientras desciende el hombro el microcontrolador se mantiene vigilando el sensor de proximidad de la superficie de la mesa, en el momento que este sensor indica que el electroimán se encuentra sobre la superficie de la mesa, el hombro se detiene y procede a depositar la bandeja, posteriormente empuja con el codo a la bandeja y procede a retornar tanto al codo como al hombro a la posición de espera para la siguiente entrega.

El diagrama de flujo de la función entregar bandeja se encuentra en la figura 5.38.

5.2 INSTRUCCIONES Y TERMINAL DE COMUNICACIÓN CON EL PROTOTIPO

El prototipo se comunica con la PC por medio del protocolo RS232 y por medio de una terminal en la PC que permita la recepción y transmisión de caracteres de la tabla ASCII, por ello la interfaz de comunicación en la PC utilizada para el caso es el software Hyperterminal.

5.2.1 Configuración de la Terminal de Comunicación con el Prototipo

Para que el software Hyperterminal se comunique con el prototipo es necesario configurar los valores de transmisión y recepción con las especificaciones siguientes:

- Velocidad de transmisión/recepción: 9.6 Kbps.
- Bits de datos: 8.
- Paridad: Sin paridad.
- Bits de stop: 1.
- Control de flujo: Ninguno.

Estas condiciones se configuran en las propiedades del puerto del hiperterminal, como se muestra en la figura 5.39.

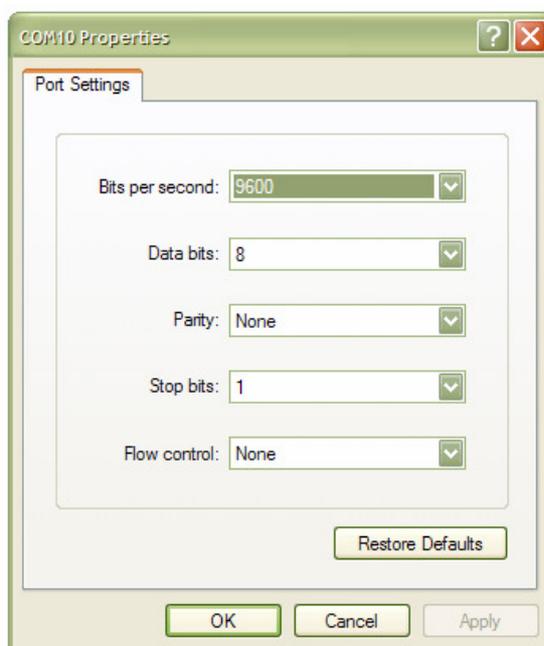


Figura. 5.39. Ventana de configuración del puerto de comunicación RS232.

Adicionalmente, es necesario configurar la consola del hyperterminal para visualizar los caracteres ASCII recibidos desde el microcontrolador y visualizar las instrucciones que el operador envía.

Para ello se deben habilitar las siguientes características en la pestaña configuración del hyperterminal.

Funciones, flechas y teclas de control responden como: Teclas del terminal.

- La tecla backspace funciona como: Ctrl + H.
- Emulación tipo: ANSIW.
- Telnet terminal ID: VT110.

Los valores indicados se muestran en la figura 5.40.

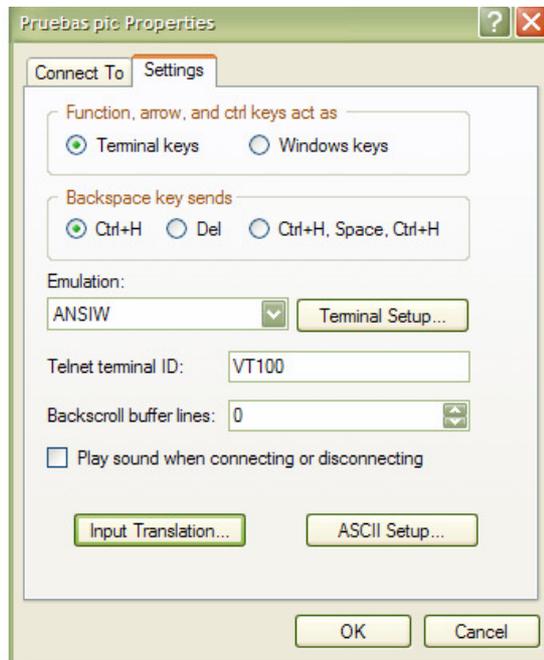


Figura. 5.40. Ventana de configuración de las propiedades de la consola hiperterminal.

En la opción ASCII Setup, se deben ingresar los siguientes valores:

- En el área de envío ASCII:
- Habilitar, los caracteres escritos tienen eco local.
- El resto de opciones son deshabilitadas.
- En el área de recepción ASCII:
- Habilitar, cortar las líneas que exceden el ancho del terminal.
- El resto de opciones son deshabilitadas.

Tal como se muestra en la figura 5.41.

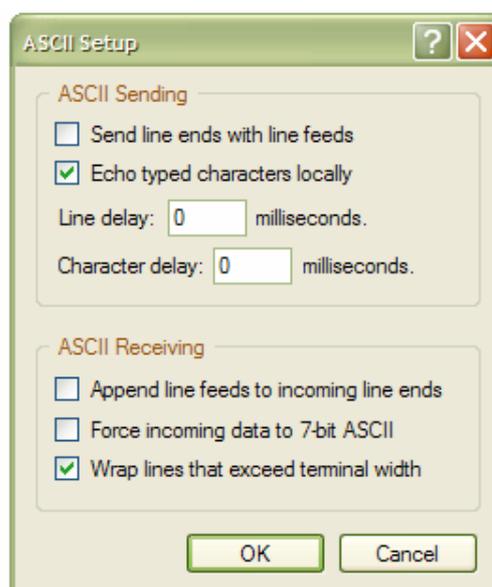


Figura. 5.41. Ventana de configuración ASCII setup.

Una vez configuradas estas opciones se puede comunicar con el microcontrolador para controlar y cargar instrucciones para el recorrido y entrega de bandejas del prototipo.

5.2.2 Envío de Instrucciones e Interpretación de las Información Recibida

El microcontrolador se comunica con la PC por medio de caracteres ASCII al igual que las instrucciones enviadas desde la PC al microcontrolador. La recepción y transmisión de información usualmente se lo realiza por medio de un número hexadecimal desde 00h hasta FFh.

5.2.2.1 Formatos de transmisión de datos al microcontrolador:

Transmisión instrucción hexadecimal: como se indicó anteriormente, en este tipo de formato se puede enviar un número hexadecimal desde 00h hasta FFh, para ello únicamente se escribe en el terminal dos caracteres que cumplan con números de 0 al 9 o caracteres alfabéticos a-b-c-d-e-f o en mayúsculas A-B-C-D-E-F. Una vez que han sido escritos los dos caracteres el microcontrolador devuelve el carácter “*” indicando que se ha recibido la instrucción exitosamente.

Transmisión instrucción decimal: Esta opción es más utilizada para calibrar o configurar valores, para enviar un número decimal se debe anteponer el carácter “x” o “X”, esta pauta reconoce el microcontrolador como un número decimal, posteriormente se

puede ingresar un número de dos dígitos desde 00 hasta el 99. Una vez que han sido escritos los dos caracteres, el microcontrolador devuelve el carácter “*” indicando que se ha recibido la instrucción exitosamente.

Transmisión instrucciones especiales: Adicionalmente, el microcontrolador está programado para recibir caracteres especiales, que permiten iniciar funciones o salir de ellas, y también permiten al operador desplazar la plataforma de manera manual desde la PC. Los caracteres especiales aceptados por el prototipo son:

Tecla Escape “ESC”, utilizada usualmente para terminar o salir una función o secuencia en la que se encuentre el programa.

Tecla Enter “Enter”: utilizada generalmente para que el prototipo inicie el recorrido de la pista.

- Tecla Barra Espaciadora “Espacio”, utilizada para detener el movimiento de los motores de la plataforma.
- Tecla “Flecha Arriba”: utilizada para desplazar en movimiento hacia delante al prototipo.
- Tecla “Flecha Abajo”: utilizada para desplazar en movimiento hacia atrás al prototipo.
- Tecla “Flecha Derecha”: utilizada para desplazar en giro en sentido horario sobre su propio eje al prototipo.
- Tecla “Flecha Izquierda”: utilizada para desplazar en giro en sentido antihorario en su propio eje al prototipo.

Si se llega a digitar un carácter que no está descrito en el formato anteriormente indicado, el microcontrolador envía una respuesta de desconocimiento “??” y vuelve a solicitar la instrucción completa de nuevo.

5.2.2.2 Formato Visualización de la Información Transmitida por el

Microcontrolador:

Visualización información hexadecimal: Este es el formato común de recepción de información, toda instrucción de dos caracteres recibida en hyperterminal es un número hexadecimal. Se antepone el carácter “=” para indicar posteriormente el número hexadecimal de dos dígitos a ser recibidos. Posteriormente, se puede recibir un Enter o un

espacio en el hiperterminal dependiendo de la secuencia en la que se encuentre el programa.

Visualización de etiquetas: Además de visualizar la información hexadecimal el microcontrolador transmite etiquetas de caracteres directos, para complementar la información; de esa manera, el operador tiene conocimiento en qué función o secuencia se encuentra el programa y cómo debe proceder con dicha información. A continuación se muestra un listado de las etiquetas que genera el microcontrolador durante el recorrido del programa:

- Etiqueta F?, (elegir opción del menú), etiqueta inicial indicando al operador que el prototipo se encuentra listo para recibir instrucciones.
- Etiqueta F=, (dentro de función =), etiqueta donde indica al operador que se encuentra dentro de una función del menú principal. Por ejemplo F=A1, indica que se encuentra dentro de la función grabar puntos del recorrido.
- Etiqueta S=, (Salida de función =), etiqueta donde indica al operador que se ha terminado una función o se ha salido de la función en la que se encontraba en ese momento. Por ejemplo S=B2, indica que se ha terminado exitosamente la función de prueba de entrega de bandeja.
- Etiqueta NB?, (Número de Bandeja?), etiqueta donde se solicita al operador ingrese el número de bandeja a ser entregado, utilizado en la función de prueba de entrega de bandeja.
- Etiqueta IR?, (Iniciar Recorrido?), etiqueta utilizada para preguntar al operador para iniciar el recorrido de la pista, luego de haber cargado con éxito las instrucciones para el recorrido. Se inicia el recorrido presionando la tecla Enter.
- Etiqueta OK, indica al operador que han sido aceptados los parámetros del recorrido e inicia el contador para empezar el recorrido de la pista para la entrega de las bandejas.
- Etiqueta EN2, etiqueta utilizada para indicar al operador que se produjeron errores secundarios durante el recorrido de la pista.
- Etiqueta OKS, etiqueta donde se visualiza que el prototipo ha terminado exitosamente el recorrido sin errores.
- Etiqueta RS-ON, etiqueta donde se visualiza que se encuentra activa la comunicación RS232 entre la PC y el prototipo.

- Etiqueta RS-OFF, etiqueta donde se visualiza que se encuentra inactiva la comunicación RS23 entre la PC y el prototipo.
- Etiqueta ERR, etiqueta donde se visualiza que existe un error en medio de una función o secuencia.
- Etiqueta ERR-, etiqueta utilizada en la función transmitir error donde se visualiza el número de error, posteriormente aparece la etiqueta ID, donde se visualiza en que cruce sucedió el error.

5.2.2.3 Muestra de Transmisión y Recepción de Instrucciones entre la PC y el Prototipo

A continuación en la figura 5.42, se muestra la ventana hyperterminal con el historial de comunicación entre el operador y el prototipo. El operador realiza los pasos para iniciar el recorrido de la pista, pero la programación del firmware lanza un error antes de iniciar el recorrido, ya que el prototipo no se encuentra sobre la línea de la pista.

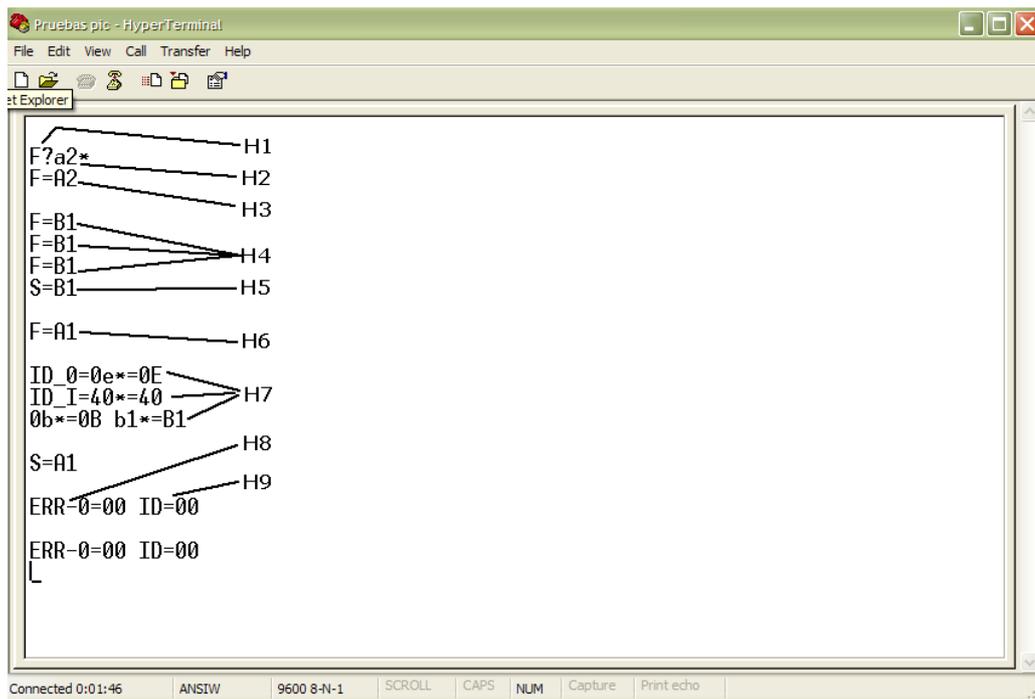


Figura. 5.42. Ventana de muestra de comunicación entre la PC y el prototipo.

Ejemplo de un historial de la comunicación:

- **H1:** F?, el prototipo indica al operador que se encuentra listo para recibir instrucciones.
- **H2:** a2, el operador ingresa la instrucción “a2”, que representa ir a al recorrido principal para iniciar la secuencia de recorrido de la pista.

- **H3:** F=A2, el prototipo acepta la instrucción e informa al operador que se encuentra dentro de la función de recorrido principal.
- **H4:** F=B1, el prototipo ingresa a la función de prueba de sensores para que el operador ubique a la plataforma sobre la línea de recorrido.
- **H5:** S=B1, una vez que el operador ha terminado de ubicar en la línea a la plataforma pulsa ESC para salir de la función B1. El prototipo responde indicando al operador que ha salido de la función transmitiendo S=B1.
- **H6:** F=A1, a continuación el prototipo ingresa automáticamente a la función grabar puntos del recorrido, para cargar las instrucciones requeridas para completar el recorrido.
- **H7:** instrucciones, el operador procede a cargar el ID de inicio de recorrido, la coordenada de donde va a partir la plataforma y una instrucción de entrega de bandeja. Una vez que el operador ha ingresado las instrucciones para el recorrido presiona la tecla ESC para salir de la función grabar los puntos del recorrido. El prototipo devuelve S=A1 indicando que las instrucciones han sido cargadas exitosamente.
- **H8:** ERR-0, Una vez que el microcontrolador sale de la función A1, procede a validar las características para iniciar el recorrido. Transmite ERR-0 al operador indicando que el prototipo se encuentra fuera de la línea de recorrido y que por ello no puede iniciar el recorrido.
- **H9:** ID=0, Indica que el error se produjo en el ID 0, o sea la plataforma no ha llegado a ningún cruce antes de que se produzca el error.

CAPÍTULO 6

CONSTRUCCIÓN DEL ROBOT PROTOTIPO

6.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES Y/O DISPOSITIVOS

De acuerdo al diseño del hardware del capítulo 4 y la construcción de las piezas indicadas en el capítulo 3, los sensores y actuadores seleccionados para la construcción del prototipo se detallan a continuación por áreas del robot que son:

- Codo del brazo manipulador.
- Hombro del brazo manipulador.
- Sistema de identificación plataforma móvil.
- Sistema de seguimiento de línea plataforma móvil.
- Sistema de tracción plataforma móvil.
- Sensor de acercamiento a la mesa plataforma móvil.

6.1.1 Componentes y Dispositivos del Codo del Brazo Manipulador

6.1.1.1 Dispositivo de Sujeción de la Bandeja

El dispositivo tipo actuador es un electroimán utilizado en el campo de seguridad electrónica como cerradura electromagnética con fuerza de sujeción de 600 lb., está ubicado en el brazo de extensión del codo. La descripción detallada del dispositivo se encuentra en el literal 4.4.2, Electroimán.

Medio de transmisión de la alimentación: Para enviar la señal se ha utilizado un cable de dos hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V.

6.1.1.2 Componente para Detectar Presencia de Bandeja

El componente utilizado es un fin de carrera tipo microswitch de estado normalmente abierto con las características indicadas en literal 4.3.2.1 Fines de carrera.

Medio de transmisión de la señal: Para enviar la señal se ha utilizado un cable de dos hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V.

6.1.1.3 Componente para Detección de Superficie de Mesa

El componente utilizado para detectar la presencia de la superficie superior de la mesa de entrega es el sensor medidor de distancia GP2D10. El GP2D10 es un sensor análogo que permite medir distancia entre 0 a 50 cm.; este componente se encuentra descrito en el literal 4.3.1.3 Sensor medidor de distancia. Está ubicado debajo del electroimán sujeto al brazo de extensión, lo cual le permite medir primero la superficie de la mesa mientras el hombro está descendiendo para entregar la bandeja.

Medio de transmisión de la señal: Para enviar la señal se ha utilizado un cable de tres hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V. Dos hilos son para la alimentación del sensor y el tercer hilo es utilizado para transmitir la señal al hardware controlador.

6.1.1.4 Componentes para Detección de Límites de Movimiento del Codo

Para la detección del límite de movimiento interno y externo del codo se ha utilizado dos fines de carrera tipo microswitch de estado normalmente abierto, uno para el límite interno y otro para el límite externo, las características de estos componentes se encuentran en literal 4.3.2.1 Fines de carrera. La ubicación de los fines de carrera es en el eje horizontal del movimiento del brazo del electroimán.

Medio de transmisión de la señal: Para enviar la señal se han utilizado dos cables de dos hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V. Un cable de dos hilos para cada fin de carrera.

6.1.1.5 Componente para Contar Pasos del Codo

El contador de pasos del codo que permite al microcontrolador conocer la ubicación del electroimán por el movimiento del codo es un sensor GP1S50. Este componente es un foto interruptor utilizado para conteo de pasos óptico, la descripción de este sensor y las características del disco ranurada, construido para el caso, se encuentran en el literal 4.3.1.2 Sensor detector de pasos. Está ubicado en la estructura que soporta al codo con la ubicación requerida para sensar al disco, el disco ranurado se encuentra fijo al eje de giro del codo.

Medio de transmisión de la señal: Debido a que este componente tiene dos elementos, uno el LED infrarrojo y el foto transistor, se ha utilizado un cable de 4 hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V. Dos hilos para alimentar al LED y dos para transmitir la señal del fototransistor.

6.1.1.6 Componente Motor del Codo

El componente tipo actuador utilizado para mover el codo en movimiento interno o externo es un motor de 6 a 12 Vcc con mecanismo interno de motor reducción. Por medio de un regulador de voltaje se regula la velocidad de movimiento del codo, la descripción más detallada del motor del codo se encuentra en el literal 4.4.1.2 Motor CC con motor reducción 12 Vcc. Su ubicación es en los sujetadores del motor del mecanismo del codo, se encuentra insertado en el eje giro del codo y sujeto por un prisionero al eje.

Medio de transmisión de la alimentación: Para alimentar al motor se ha utilizado un cable de dos hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V.

6.1.2 Componentes del Hombro del Brazo Manipulador

6.1.2.1 Componentes para Detección de Límites de Movimiento del Hombro

Para la detección del límite de movimiento superior e inferior del hombro se ha utilizado dos fines de carrera tipo microswitch de estado normalmente abierto, uno para el límite superior y otro para el límite inferior, las características de estos componentes se encuentran en literal 4.3.2.1 Fines de carrera. La ubicación de los fines de carrera es en el eje vertical del movimiento del hombro.

Medio de transmisión de la señal: Para enviar la señal se han utilizado dos cables de dos hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V. Un cable de dos hilos para cada fin de carrera.

6.1.2.2 Componente para Contar Pasos del Hombro

El contador de pasos del hombro que permite al microcontrolador conocer la altura a la que se encuentra el hombro es un sensor de CNY70, el cual envía un pulso al microcontrolador cada vez que existe el cambio entre negro y claro del disco de pasos construido para el caso. La descripción más detallada del contador de pasos del hombro se encuentra en el literal 4.3.1.1 Sensor Infrarrojo de detección del color negro.

Medio de transmisión de la señal: Debido a que este componente tiene dos elementos, uno el LED infrarrojo y el foto transistor se ha utilizado un cable de 4 hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V. Dos hilos para alimentar al LED y dos para transmitir la señal del fototransistor.

6.1.2.3 Componente Motor del Hombro

El componente tipo actuador utilizado para mover el hombro en movimiento ascendente o descendente es un motor de 6 a 20 Vcc con mecanismo interno de motor reducción. La descripción más detallada del motor del hombro se encuentra en el literal 4.4.1.1 Motor CC con motor reducción 20 Vcc. Su ubicación es en los sujetadores del motor del mecanismo del hombro, se encuentra unido a la polea del motor del hombro por medio de un prisionero al eje de rotación.

Medio de transmisión de la alimentación: Para alimentar al motor se ha utilizado un cable gemelo bicolor (rojo y negro), 14 AWG, multifilar.

6.1.3 Dispositivo del Sistema de Identificación de la Plataforma Móvil

El dispositivo utilizado para la identificación de los cruces de la pista es un lector de tarjetas de proximidad RFID, el modelo del lector de proximidad es ProxPoint Plus 6005 las características del dispositivo se encuentran en documentadas en su respectivo datasheet. Su ubicación es en el área inferior de la plataforma base, a 2 cm. del suelo.

Medio de transmisión de la señal: Debido a que este dispositivo requiere alimentación y transmite la señal de la identificación de la tarjeta se ha utilizado un cable de 4 hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V. Dos hilos para alimentar al lector de proximidad, un hilo para transmitir la señal Data 0 y el hilo restante para transmitir la señal Data 1.

6.1.4 Componentes del Sistema de Seguimiento de Línea de la Plataforma Móvil

Los sensores utilizados para implementar el sistema de seguimiento de línea acorde al diseño indicado en el literal 4.2.1 Subsistema de seguimiento de línea recta de color negro, son los sensores CNY70 los cuales envían una señal análoga de acuerdo a la posición que tienen frente a la línea negra; esta señal es enviada a una etapa electrónica de adecuación de la señal y posteriormente se envía una señal análoga filtrada al hardware de control. Los sensores se encuentran fijos al soporte de seguimiento de línea, el cual, a su

vez, se encuentra en el área inferior de la plataforma base, tocando el suelo con sus correderas laterales.

Medio de transmisión de la señal:

- Desde el sensor CNY70 a la etapa de adecuación se utiliza un cable de 4 hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V, por cada sensor.
- Desde la etapa de adecuación hacia la el hardware de control se utiliza un cable de 6 hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V.

6.1.5 Componentes del Sistema de Tracción de la Plataforma Móvil

Los componentes tipo actuadores utilizados para desplazar la plataforma son dos motores de 6 a 20 Vcc con mecanismo de motor reducción interno. La combinación de movimiento hacia delante o hacia atrás permite a la plataforma desplazarse hacia delante, retroceder, girar en 90° en sentido horario o antihorario. La descripción más detallada de los motores de tracción de la plataforma se encuentra en el literal 4.4.1.1 Motor CC con motor reducción 20 Vcc. Los motores se ubican en los sujetadores para los motores de la plataforma base.

Medio de transmisión de la alimentación: Para alimentar a los motores se ha utilizado dos cables gemelo bicolor (rojo y negro), 14 AWG, multifilar, un cable para cada motor.

6.1.6 Componente de Medición del Acercamiento a la Mesa de la Plataforma Móvil

El componente utilizado para medir la distancia de la plataforma hasta la mesa de entrega es el sensor medidor de distancia GP2D10. El GP2D10 es un sensor análogo que permite medir distancia entre 0 a 50 cm., este componente se encuentra descrito en el literal 4.3.1.3 Sensor medidor de distancia. El sensor de proximidad se encuentra fijo en el área inferior de la plataforma superior al costado derecho del frente del prototipo.

Medio de transmisión de la señal: Para enviar la señal se ha utilizado un cable de tres hilos de un cable plano de 16 hilos, 28 AWG, multifilar, 300 V. Dos hilos son para la alimentación del sensor y el tercer hilo es utilizado para transmitir la señal al hardware controlador.

6.2 INTEGRACIÓN E INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS

La revisión de la integración de las piezas mecánicas, de los componentes y dispositivos y el hardware construido del prototipo se realizará por áreas como se indica a continuación:

- Área del codo del brazo manipulador
- Área del hombro del brazo manipulador
- Área de la plataforma base
- Área de la plataforma superior y el porta-bandejas.
- Vista general del prototipo construido.

La figura 6.01, muestra el brazo manipulador completo en vista superior general y la figura 6.02 muestra la vista superior general.

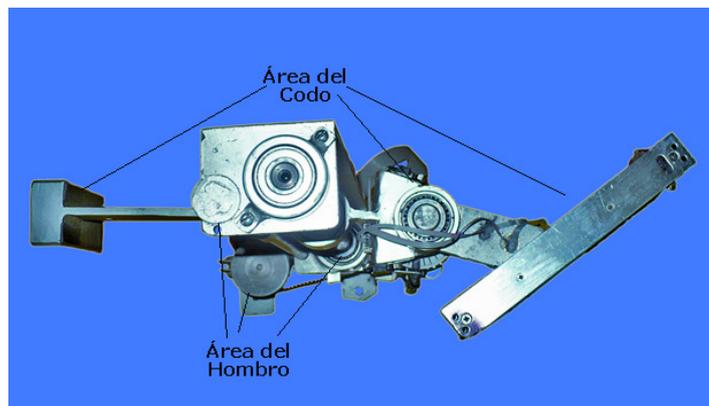


Figura. 6.01. Fotografía del brazo manipulador vista superior.



Figura. 6.02. Fotografía del brazo manipulador vista frontal.

6.2.1 Integración e Instalación del Área del Codo del Brazo Manipulador

En la figura 6.03, se puede observar el mecanismo del codo construido, los sensores y actuadores que permiten el control del movimiento del codo para cumplir con las funciones para la cual fue diseñado: sujetar, trasladar y depositar la bandeja.

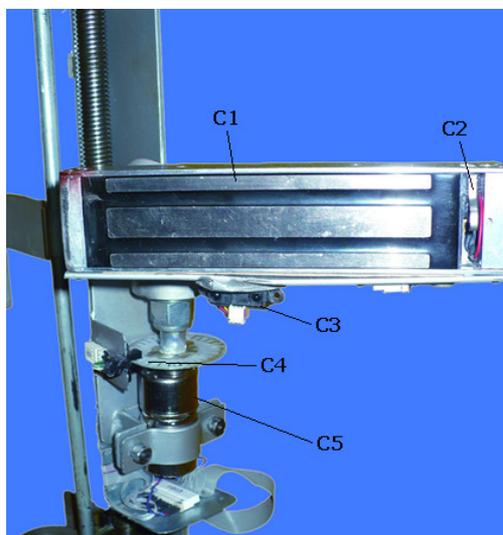


Figura. 6.03. Fotografía frontal del área del codo.

Componentes del codo numerados:

- C1 - Electroimán.
- C2 - Fin de carrera de presencia de bandeja.
- C3 - Sensor de proximidad presencia de superficie superior de la mesa.
- C4 - Contador de pasos del codo (con disco ranurado).
- C5 - Motor del codo de 6 a 12 Vcc.
- C6 - Fin de carrera límite interior del codo
- C7 - Fin de carrera límite exterior del codo.

En la figura. 6.04, se observa al codo desde la vista superior y parte del hombro del brazo manipulador.

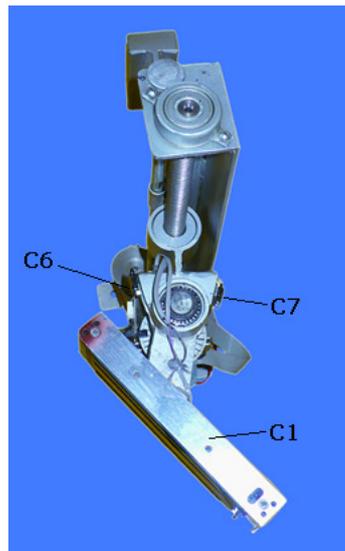


Figura. 6.04. Fotografía superior del área del codo.

6.2.2 Integración e Instalación del Área del Hombro del Brazo Manipulador

En la figura 6.05, se puede observar el mecanismo del hombro construido, los sensores y actuadores que permiten el control del movimiento del hombro para cumplir con las funciones para la cual fue diseñado: elevar o descender el mecanismo del codo para la sujeción de la bandeja.

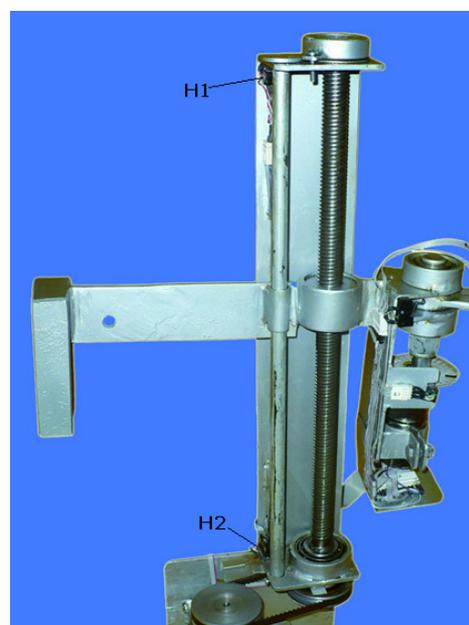


Figura. 6.05. Fotografía frontal del área del hombro.

Componentes del hombro numerados:

H1 - Fin de carrera límite superior del hombro.

H2 - Fin de carrera límite inferior del hombro.

H3 - Contador de pasos del hombro (con disco de pasos).

H4 - Motor del hombro de 6 – 20 Vcc.

En la figura 6.06, se observa el área inferior del hombro donde se encuentra el contador de pasos y el motor con el juego de poleas.

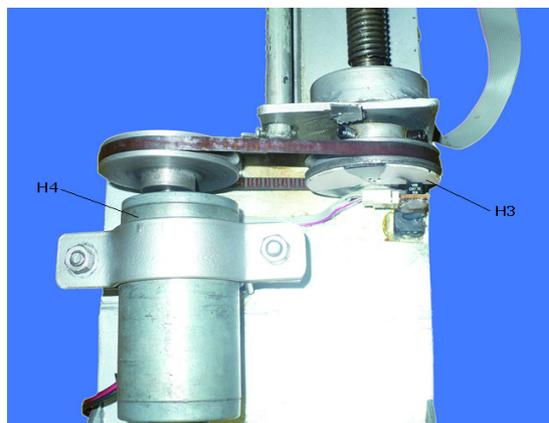


Figura. 6.06 Fotografía inferior frontal del área del hombro.

6.2.3 Integración e Instalación del Área de la Plataforma Base

En la figura 6.07, se puede observar la plataforma base construida desde la vista inferior, que soporta al mecanismo de tracción, el dispositivo de identificación de cruces y el soporte de los sensores de seguimiento de línea. Estos mecanismos, soportes y dispositivos permiten a la plataforma desplazar al robot, seguir la línea e identificar los cruces con lo cual se puede realizar la navegación de la pista y acercamiento del prototipo a las mesas de entrega.

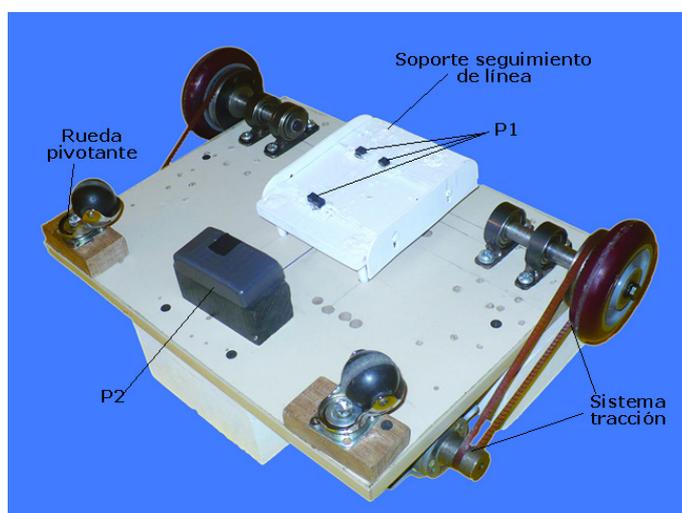


Figura. 6.07. Fotografía inferior del área de la plataforma base.

Componentes de la plataforma numerados:

P1 - 4 Sensores para seguimiento de línea, en disposición acorde al literal 4.2.1.

P2 - Lector de tarjetas de proximidad RFID.

P3 - 2 Motores de tracción de 6 – 20 Vcc, motor izquierdo y motor derecho.

Las figuras 6.08, muestra a la plataforma base en vista lateral, donde se puede apreciar como la aplicación del soporte de seguimiento de línea y el lector de tarjetas de proximidad.

La figura 6.09, muestra la vista lateral superior de la plataforma base donde se puede apreciar los motores izquierdo y derecho de la tracción, al igual que los soportes para fijar la superficie superior de la plataforma.

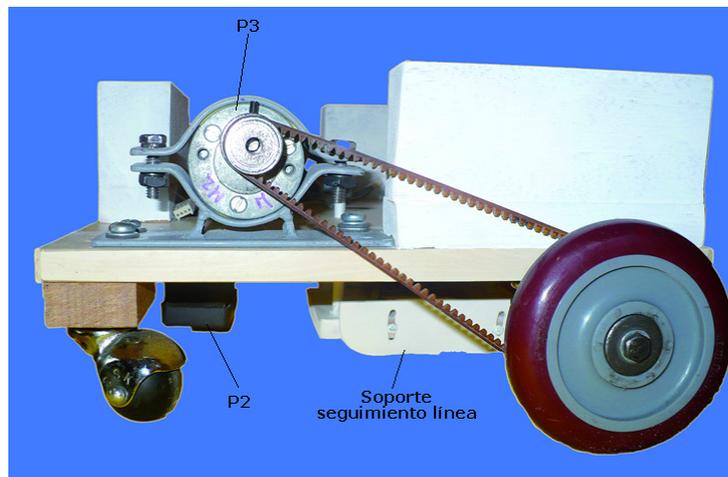


Figura. 6.08. Fotografía lateral derecha del área de la plataforma base.

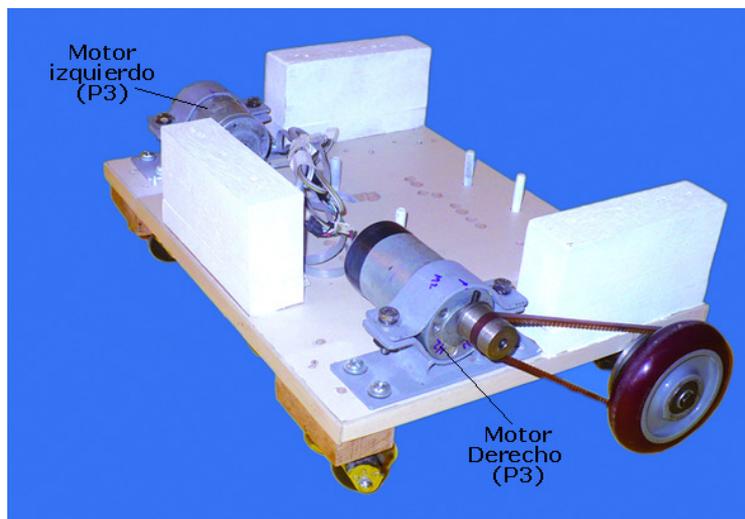


Figura. 6.09. Fotografía lateral superior del área de la plataforma base.

6.2.4 Integración e Instalación del Área de la Plataforma Superior y el Porta-bandejas.

La figura 6.10, muestra la vista superior de la superficie superior de la plataforma fijada a la plataforma base. La función principal de esta superficie es soportar y ser el medio para fijar al brazo manipulador, el porta-bandejas y el hardware de control con la base de la plataforma que genera el desplazamiento sobre la pista del prototipo.

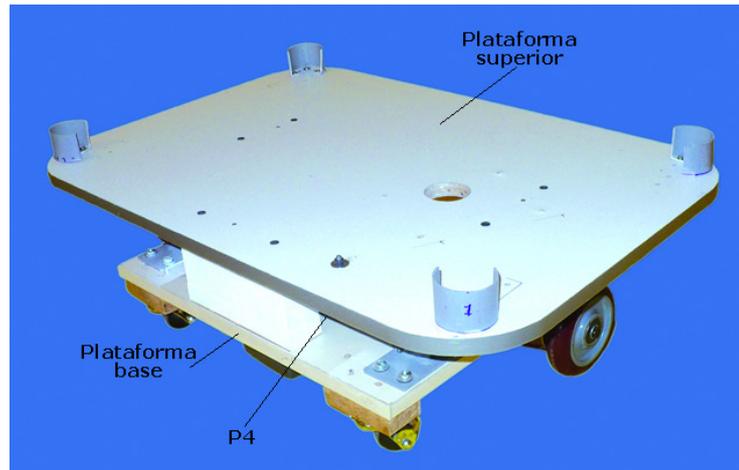


Figura. 6.10. Fotografía superior del área de la plataforma superior.

Componentes de la plataforma numerados:

P1 - Sensor de proximidad de acercamiento a la mesa. Ubicado en el área inferior.

La figura 6.11, muestra a la estructura del porta-bandejas con una bandeja en el nivel 2.



Figura. 6.11. Fotografía frontal del porta-bandejas.

6.2.5 Vista General del Prototipo Construido

Las figuras 6.12 y 6.13 muestran la vista frontal y la vista superior respectivamente del prototipo construido, en ellas se puede observar al brazo manipulador, porta-bandejas y hardware de control fijo a la plataforma superior, la cual se encuentra fija, a su vez, a la plataforma base.

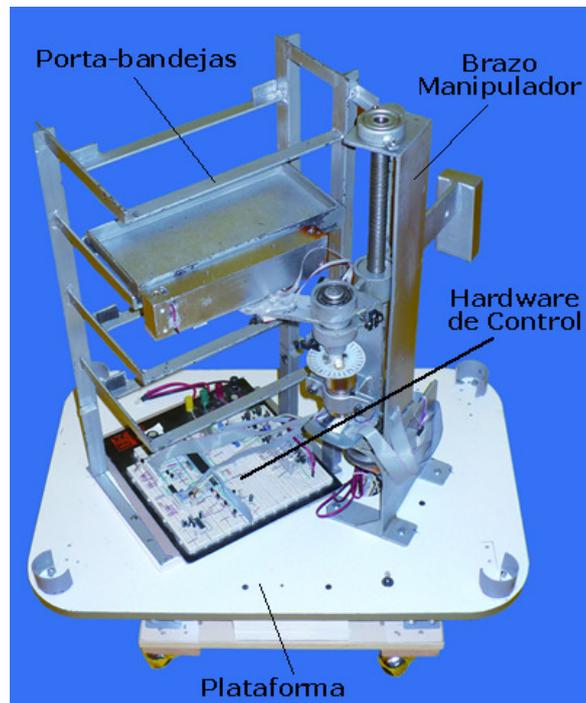


Figura. 6.12. Fotografía frontal general del prototipo construido.

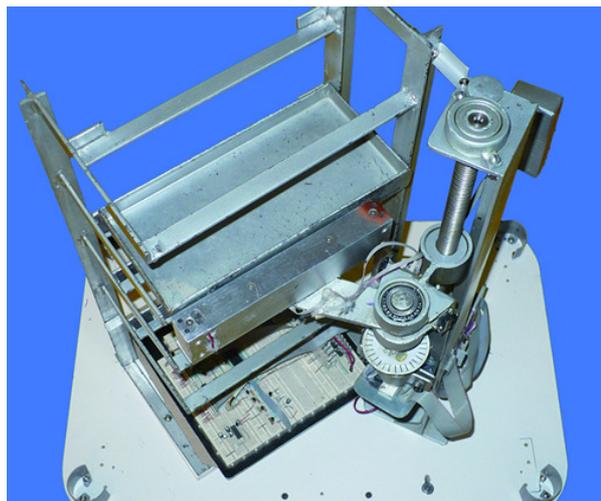


Figura. 6.13. Fotografía superior general del prototipo construido.

6.3 Estructura de la Carcasa del Prototipo

Para que el prototipo tenga una forma presentable y se puedan proteger áreas sensibles como la electrónica y el cableado, se construyó una carcasa exterior o de recubrimiento.

Con el recubrimiento se brinda una forma más robusta al robot y los mecanismos; como el brazo manipulador y el porta-bandejas con las bandejas son visibles mientras que todo el hardware de control, la electrónica y cables están ocultos.

6.3.1 Estructura de Soporte

Para eliminar peso innecesario, la estructura de soporte se la realizó con tubos cuadrados y ángulos de aluminio que generen el soporte necesario para fijar las paredes externas. Los cuatro tubos cuadrados de aluminio principales se encuentran fijos a la plataforma por medio de tornillos.

Materiales:

- Tubo cuadrado de aluminio de 1.5 cm.
- Angulo de aluminio de 1 cm.
- Tornillos colepato de 8x 1/2".

Dimensiones de la estructura:

- La estructura de aluminio genera un prisma recto con dimensiones de 70 cm. de altura, 57 cm. de ancho y 30 cm. de profundidad.

La figura 6.14, muestra una fotografía de la estructura de aluminio fija a la plataforma.

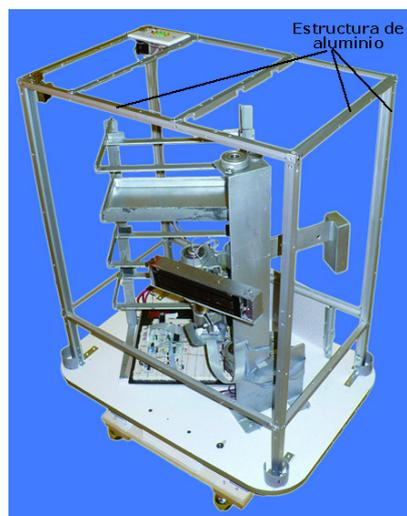


Figura. 6.14. Fotografía de la estructura de aluminio fija a la plataforma.

6.3.2 Cubierta Horizontal Inferior

Esta cubierta tiene por función cubrir el hardware de control, el cableado y las baterías para protección y desaparecer de la vista general estos elementos por estética y presentación del robot. Para ello se ha colocado una lámina de cartón solidó forrado de papel plástico. Esta lámina se ubica en forma horizontal como una tapa sobre el hardware y cableado de la plataforma y se fija a la estructura de aluminio por medio de tornillos.

Materiales:

- Lámina de cartón sólido de 2 mm.
- Papel adhesivo plástico color blanco para el interior y marmoleado para el exterior.
- Tornillos colepato de 8 x 12'.

Dimensiones de la cubierta horizontal inferior

- La cubierta tiene dimensiones de 57 cm. de alto, 36,5 cm. de ancho y 2 mm. de profundidad.

La figura 6.15, presenta una fotografía donde se observa la ubicación física de la cubierta fija a la estructura de aluminio; al igual, se puede apreciar en la fotografía cómo se cubre el hardware, electrónica, baterías y cableado en la plataforma.

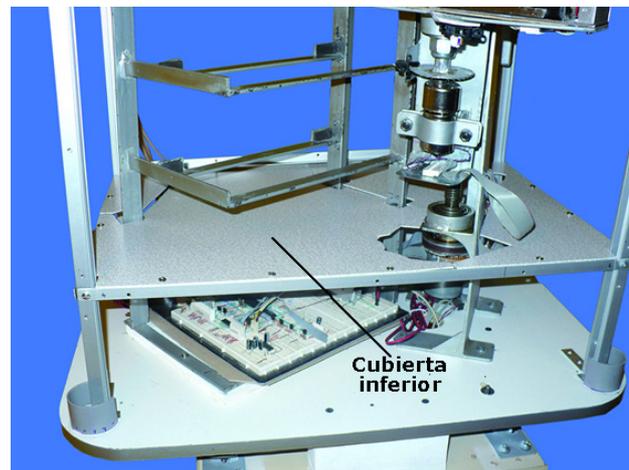


Figura. 6.15. Fotografía de la cubierta superior.

6.3.3 Cubierta Pared Posterior

Esta cubierta genera la pared posterior del prototipo; para ello se ha colocado una lámina de cartón sólido forrado de papel plástico, esta lamina se ubica en forma vertical en

el área posterior de la estructura de aluminio y se encuentra fija a esta estructura por medio de tornillos.

Materiales:

- Lámina de cartón sólido de 2 mm.
- Papel adhesivo plástico color blanco para el exterior y marmoleado para el interior.
- Tornillos colepato de 8 x 12'.

Dimensiones de la cubierta pared posterior:

Las dimensiones de la cubierta pared posterior se encuentran mostradas en la figura 6.16.

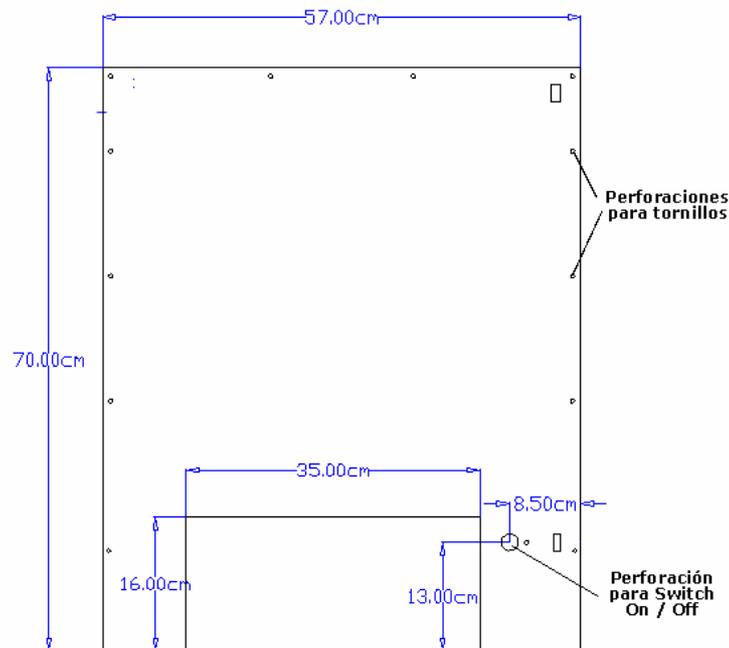


Figura. 6.16. Dimensiones de la pared posterior.

La figura 6.17, presenta una fotografía donde se observa la ubicación física de la cubierta fijada en la estructura de aluminio, en la fotografía se observa al prototipo desde la vista posterior.



Figura. 6.17. Fotografía de la pared posterior.

6.3.4 Cubierta Pared Lateral Izquierda

Esta cubierta genera la pared lateral izquierda del prototipo, para ello se ha colocado una lámina de cartón sólido forrado de papel plástico, esta lamina se ubica en forma vertical en el área lateral izquierda de la estructura de aluminio y se encuentra fija a esta estructura por medio de tornillos. Adicionalmente, esta pared presenta una ventana para observar el mecanismo del brazo manipulador; esta ventana es de policarbonato transparente y ubicado en la abertura de la pared lateral derecha generada para el caso.

Materiales:

- Lámina de cartón sólido de 2 mm. de espesor.
- Papel adhesivo plástico color blanco para el exterior y marmoleado para el interior.
- Lámina de policarbonato transparente de 3 mm. de espesor.
- Tornillos colepato de 8 x 12'.

Dimensiones de la cubierta pared lateral izquierda:

Las dimensiones de la cubierta pared lateral izquierda se encuentran mostradas en la figura 6.18.

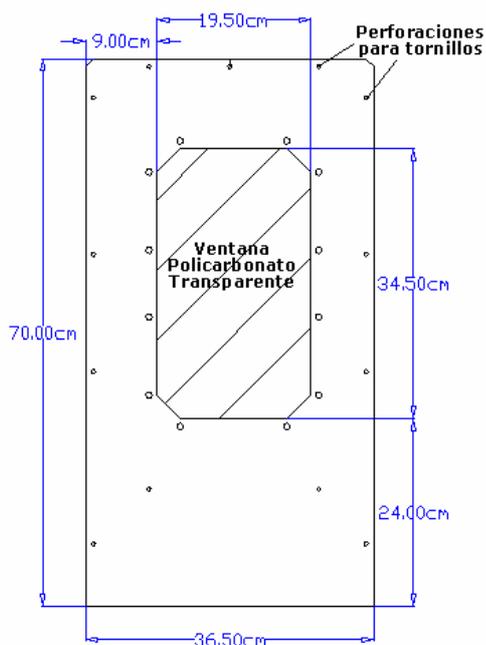


Figura. 6.18. Dimensiones de la pared izquierda.

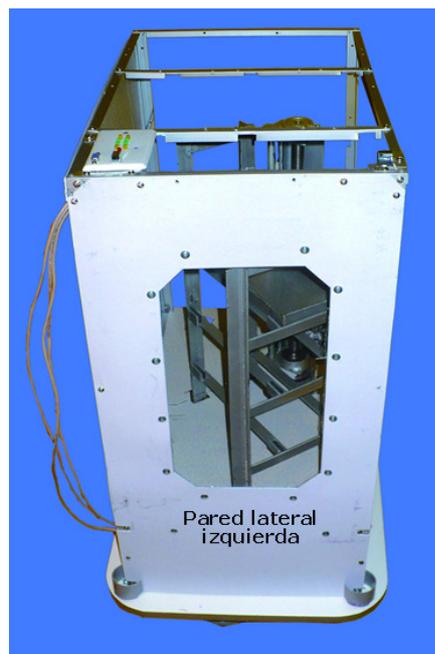


Figura. 6.19. Fotografía de la pared izquierda.

La figura 6.19, presenta una fotografía donde se observa la ubicación física de la cubierta con su ventana fijada a la estructura de aluminio, en la fotografía se observa al prototipo desde la vista lateral izquierda.

6.3.5 Cubierta Pared Lateral Derecha

Esta cubierta genera la pared lateral derecha del prototipo, para ello se ha colocado una lámina de cartón sólido forrada de papel plástico, esta lámina se ubica en forma vertical en el área lateral derecha de la estructura de aluminio y se encuentra fija a esta estructura por medio de tornillos.

Materiales:

- Lámina de cartón sólido de 2 mm. de espesor.
- Papel adhesivo plástico color blanco para el exterior y marmoleado para el interior.
- Tornillos colepato de 8 x 12'.

Dimensiones de la cubierta pared lateral derecha:

Las dimensiones de la cubierta pared lateral derecha se encuentran mostradas en la figura 6.20.

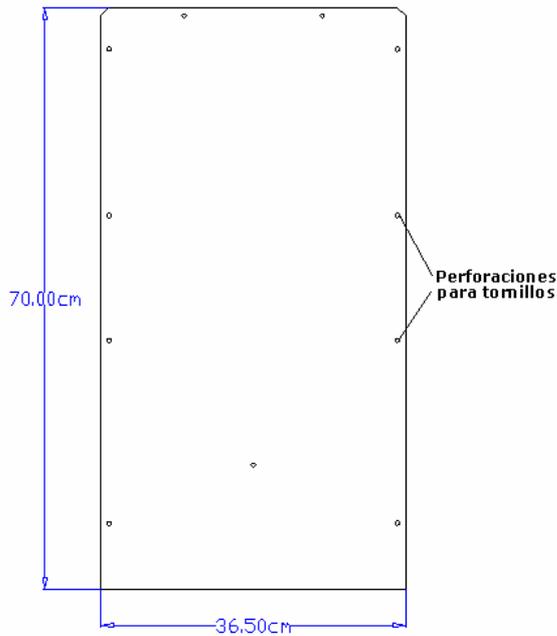


Figura. 6.20. Dimensiones de la pared derecha.



Figura. 6.21. Fotografía de la pared derecha.

La figura 6.21, presenta una fotografía donde se observa la ubicación física de la cubierta fijada a la estructura de aluminio; en la fotografía se observa al prototipo desde la vista frontal ligeramente a la derecha; adicionalmente, se puede observar en la fotografía como queda protegido el mecanismo del brazo y como se protege a la electrónica en el interior de la estructura.

6.3.6 Cubierta Pared Frontal

Esta cubierta genera la pared frontal del prototipo y para ello se ha colocado una lámina de cartón sólido forrada de papel plástico con una abertura central que permite la extracción de las bandejas con el brazo manipulador; esta lámina se ubica en forma vertical en el área frontal de la estructura de aluminio y se encuentra fija a esta estructura por medio de tornillos.

Materiales:

- Lámina de cartón sólido de 2 mm. de espesor.
- Papel adhesivo plástico color blanco para el exterior y marmoleado para el interior.
- Tornillos colepato de 8 x 12'.

Dimensiones de la cubierta pared frontal:

Las dimensiones de la cubierta pared frontal se encuentran mostradas en la figura 6.22.

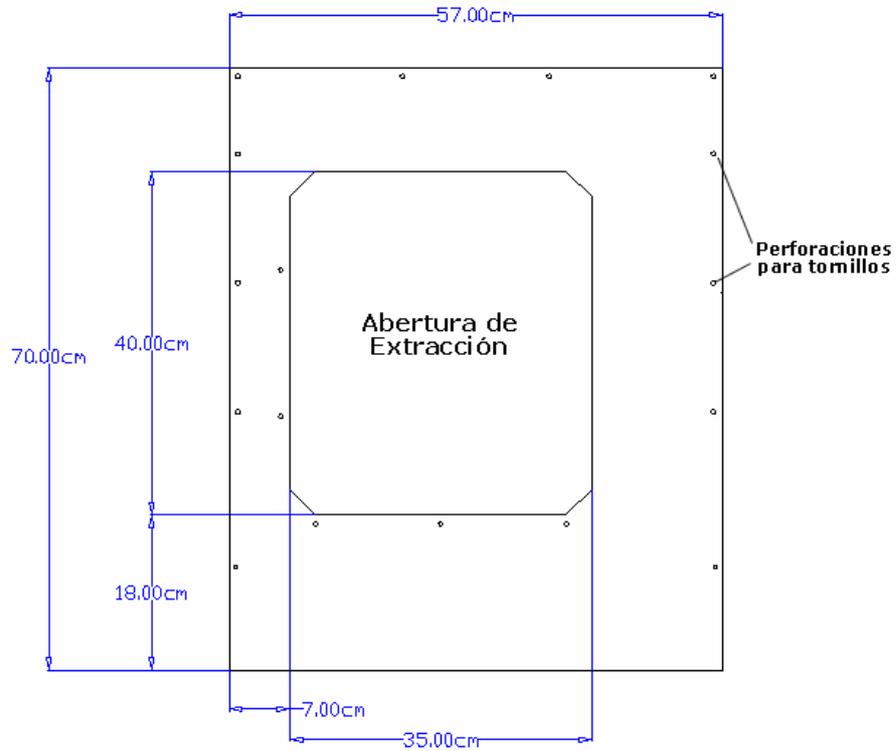


Figura. 6.22. Dimensiones de la pared frontal.



Figura. 6.23. Fotografía de la pared frontal.

La figura 6.23, presenta una fotografía donde se observa la ubicación física de la cubierta con la abertura de extracción. En la fotografía se observa al prototipo desde la vista frontal.

6.3.7 Cubierta Superior

Esta cubierta genera la tapa superior de la carcasa del prototipo, para ello se ha colocado una lámina de cartón sólido forrada de papel plástico con una ventana central y aberturas para los botones y para la placa de LEDs de señalética. La lámina se ubica en forma horizontal en el área superior de la estructura de aluminio y se encuentra fija a esta estructura por medio de tornillos. La ventana se la construyó con una lámina de policarbonato transparente en la abertura central de la lámina y fija por medio de tornillos.

Materiales:

- Lámina de cartón sólido de 2 mm. de espesor.
- Papel adhesivo plástico color blanco para el exterior y marmoleado para el interior.
- Lámina de policarbonato transparente de 3 mm. de espesor.
- Tornillos colepato de 8 x 12'.

Dimensiones de la cubierta superior:

Las dimensiones de la cubierta pared frontal se encuentran mostradas en la figura 6.24.

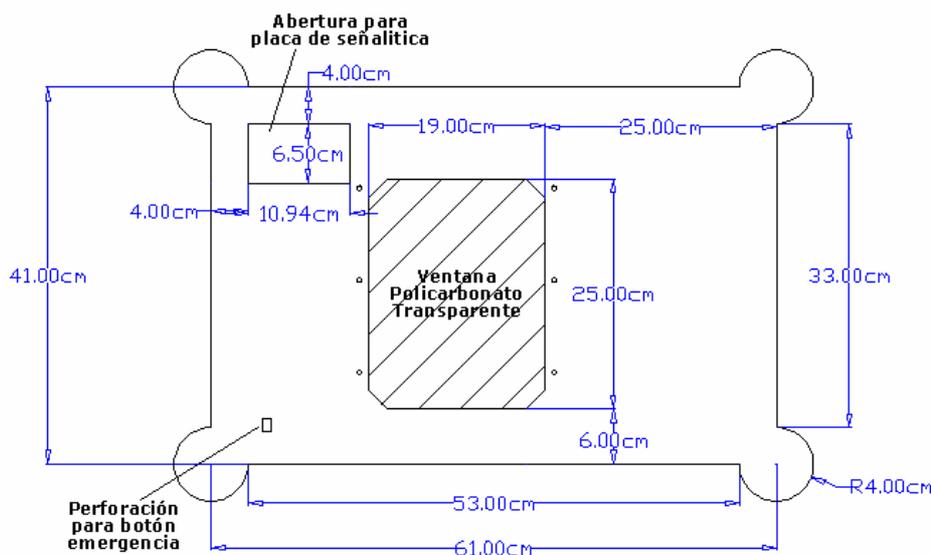


Figura. 6.24. Dimensiones de la cubierta superior.

La figura 6.25, presenta una fotografía donde se observa la ubicación física de la cubierta con la ventana, en la fotografía se observa al prototipo desde la vista frontal superior, adicionalmente se puede observar en la fotografía la placa de señalética y los botones de emergencia y activación/desactivación del RS232.



Figura. 6.25. Fotografía de la cubierta superior.

6.3.8 Cilindros Cromados Esquineros

La función que generan estos cuatro tubos cromados es estética para una mejor presentación del prototipo y esconder la mayoría de tornillos de fijación de las paredes. Estos cuatro tubos de color cromo se ubican en las esquinas, y se fijan a la estructura por medio de tornillos.

Materiales:

- Tubo plástico de 2' de 1 mm. de espesor.
- Pintura color cromo.
- Tornillos colepato de 8 x 2'.

Dimensiones del tubo:

Cada tubo tienen una longitud de 70 cm. y su dimensión horizontal se muestra en la figura 6.26.

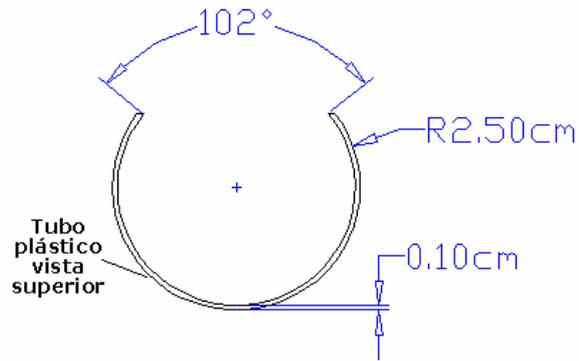


Figura. 6.26. Dimensiones del tubo cromado.

Las figuras 6.27 y 6.28, muestran las fotografías frontal lateral derecho y superior respectivamente del prototipo finalizado con la carcasa exterior y los tubos cromados.



Figura. 6.27. Fotografía lateral del prototipo terminado.



Figura. 6.28. Fotografía superior frontal del prototipo terminado.

6.4 PISTA DE RECORRIDO PARA EL PROTOTIPO

Para realizar las pruebas de funcionamiento del prototipo es necesario construir una pista de recorrido de pruebas, de acuerdo a las características requeridas por el prototipo.

Características de la Pista de Recorrido

Para cumplir con el diseño del hardware y la programación del prototipo, el peso del prototipo y la inercia que genera dicho peso al desplazar la plataforma, la pista de recorrido debe cumplir con las siguientes características.

Sobre la línea a seguir:

- El trazado de las líneas a seguir debe ser recto.
- El grosor de la línea debe ser de 1.8 – 1.9 cm.
- La línea debe ser de color negro sobre una superficie clara, puede ser hasta un tono café claro.
- La distancia mínima de cualquier línea desde un cruce debe ser de 15 cm.
- No existe restricción con respecto a la distancia máxima de la línea.

Sobre los cruces:

- Todo cruce de líneas debe ser rectangular, en otros términos debe existir un ángulo de 90° entre línea y línea en el cruce.
- Todo cruce solo puede tener 4 líneas, para cumplir con las coordenadas cartesianas.
- En el centro del cruce debe encontrarse empotrada la tarjeta de proximidad de identificación del cruce.
- Las líneas del cruce deben estar sobrepuestas sobre la tarjeta.

Sobre los puntos de entrega:

- Cada punto de entrega debe estar a una distancia de 45 cm. desde la mesa hasta el cruce de identificación del punto de entrega. Esto para permitir el giro de 180° del prototipo al terminar la entrega de la bandeja.
- El punto de identificación de punto de entrega debe es similar a un cruce, con la diferencia que las líneas izquierda y derecha no son líneas para seguir recorridos de pista, únicamente son líneas laterales para reconocer el cruce de entrega.
- Las líneas laterales del cruce de identificación de entrega deben tener una distancia de 15 cm. tanto la derecha como la izquierda.
- En el centro del cruce de identificación de entrega debe encontrarse empotrada la tarjeta de proximidad de identificación del cruce.

Sobre la mesa de entrega:

- La mesa de entrega debe tener una superficie superior plana con dimensiones mínimas de 30 cm. ancho por 20 cm. de profundidad y 2 cm. de altura.
- La altura mínima de la mesa soportada por el prototipo para la entrega es de 45 cm.
- La altura máxima de la mesa soportada por el prototipo para la entrega es de 65 cm.
- La mesa de presentar una superficie vertical en la cara que da frente al prototipo al momento de la entrega.

CAPÍTULO 7

PRUEBAS Y RESULTADOS

7.1 PRUEBAS

7.1.1 Pista de Pruebas para el Recorrido

Para realizar las pruebas de recorrido y funcionamiento del prototipo es necesario construir una pista de pruebas cumpliendo las características indicadas en el literal 6.4 Pista de recorrido para el prototipo.

Para lograr pruebas de entrega de las bandejas se ha diseñado el siguiente recorrido de la pista indicado en la figura 7.01.

Debido a que las tarjetas de proximidad de identificación de los IDs de los cruces requieren ser empotradas, se ha utilizado láminas de cartón sólido de 2 mm. de espesor para construir la pista, las tarjetas se empotran en el cartón y de esta manera los sensores de seguimiento de línea pueden recorrer con normalidad la pista.

Materiales utilizados para la pista:

- Láminas de cartón sólido de 2 mm. de espesor.
- Tarjetas de proximidad RFID ProxCard II.
- Cinta adhesiva de aislamiento color negro de grosor de 1.8 mm.
- Cinta adhesiva para fijar las láminas de cartón.

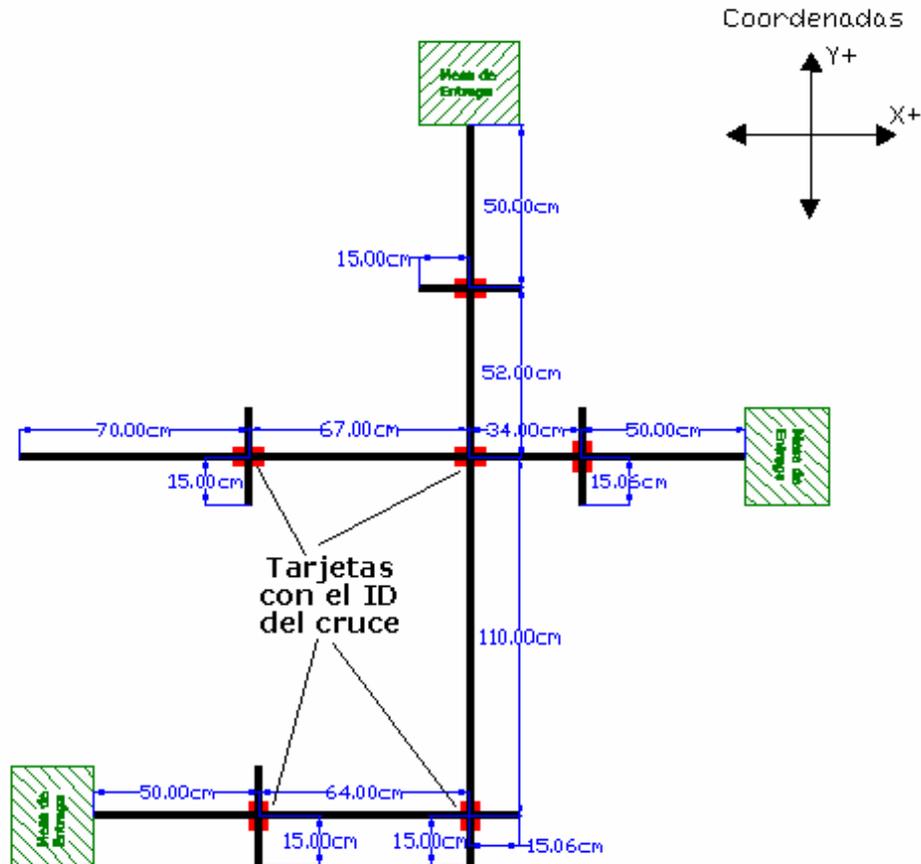


Figura. 7.01. Diseño con medidas de la pista de pruebas

7.1.2 Pruebas y Calibración del Brazo Manipulador

Para verificar el funcionamiento correcto del brazo manipulador se ha realizado la prueba de entrega de la bandeja del nivel 2 del porta-bandejas, con ello se busca obtener los valores de calibración para el correcto desempeño del brazo.

Una vez cargado el programa del firmware en el microcontrolador, se inicializó al hombro y al codo en su posición cero; posteriormente, envió al prototipo el comando de realizar la secuencia de recoger la bandeja del nivel 2, ubicarla en posición para entrega y luego la entrega de la bandeja hasta detectar la superficie de la mesa para depositar la bandeja y retirar el electroimán.

Valores de la mejor calibración obtenidos:

Calibración en función de recoger la bandeja

- Valor para acercar el electroimán hasta la bandeja: 12 pasos del codo.
- Valor para ubicar el electroimán en posición de entrega: 1 paso del codo.
- Valor para ubicar al hombro en posición de entrega: 65 pasos del hombro.

Calibración en función para entregar la bandeja

- Valor para determinar si existe superficie de la mesa para el sensor de proximidad de acercamiento de la mesa: 100 valor digital de comparación.
- Valor para descender la bandeja una vez detectada la superficie de la mesa: 5 pasos del hombro luego de la detección.
- Valor para devolver el hombro a la posición de recorrido: 65 pasos del hombro.

7.1.3 Pruebas y Calibración de los Sensores de Seguimiento de Línea

Para comprobar la correcta detección de la línea negra por los 4 sensores CNY40 se han realizado dos tipos de calibración.

Calibración del soporte de seguimiento de línea:

De acuerdo a las especificaciones de los sensores CNY70 para un correcto desempeño de los sensores y detección del cambio de color, los sensores deben estar a una distancia máxima del suelo de 2 mm. Por ello, se ubicó una lámina de 1 mm. de grosor para calibrar la altura que brinda el soporte a los 4 sensores CNY70 fijos a la superficie inferior del soporte y por medio de esta lámina calibrar la altura del soporte para mantener a los sensores a 1 mm. del suelo.

Calibración del firmware de los sensores de línea:

Debido a que la información recibida por los sensores de seguimiento de línea envían una señal análoga –y luego, por medio de la conversión análoga digital, se obtiene el valor del sensor–, es necesario calibrar el umbral en el cual el microcontrolador puede decidir si un sensor se encuentra sobre la línea o fuera de ella. Para ello y una vez cargado el firmware en el microcontrolador, se envió el comando de activar la función de comprobación de los sensores de línea. Con ello, se logró comprobar el valor requerido del umbral para cada sensor y posteriormente, dicho valor fue cargado en la tabla de umbrales de la programación del firmware.

Valores obtenidos de la mejor calibración:

- Valor del umbral sensor posterior izquierdo: 150.
- Valor del umbral sensor frontal izquierdo: 77.
- Valor del umbral sensor frontal derecho: 77.
- Valor del umbral sensor posterior derecho: 150.

7.1.4 Pruebas de Funcionamiento de las Secuencias por Error

Estas pruebas se realizan para conocer si las secuencias realizadas para validar ciertas condiciones en el transcurso del recorrido están funcionales y presentan la secuencia de error requerido para que el operario conozca por qué se produjo.

Para ello, se va a poner en prueba a una validación de error primario y uno de error secundario.

Prueba del Error Primario

Para confirmar si las funciones del tipo error primario están cumpliendo su desempeño, se ha escogido la situación donde el prototipo pierde la línea de la pista de recorrido. Para cumplir con esta acción, se cargan las instrucciones para un recorrido corto y se ubica al prototipo en la línea con los sensores en una ubicación crítica con respecto a la línea, de tal manera que, al iniciar el recorrido, pueda avanzar un poco y posteriormente se produzca el error primario.

En la figura 7.02 se muestra la pantalla con el historial de las instrucciones ingresadas al prototipo y la visualización de la información proporcionada al operador.

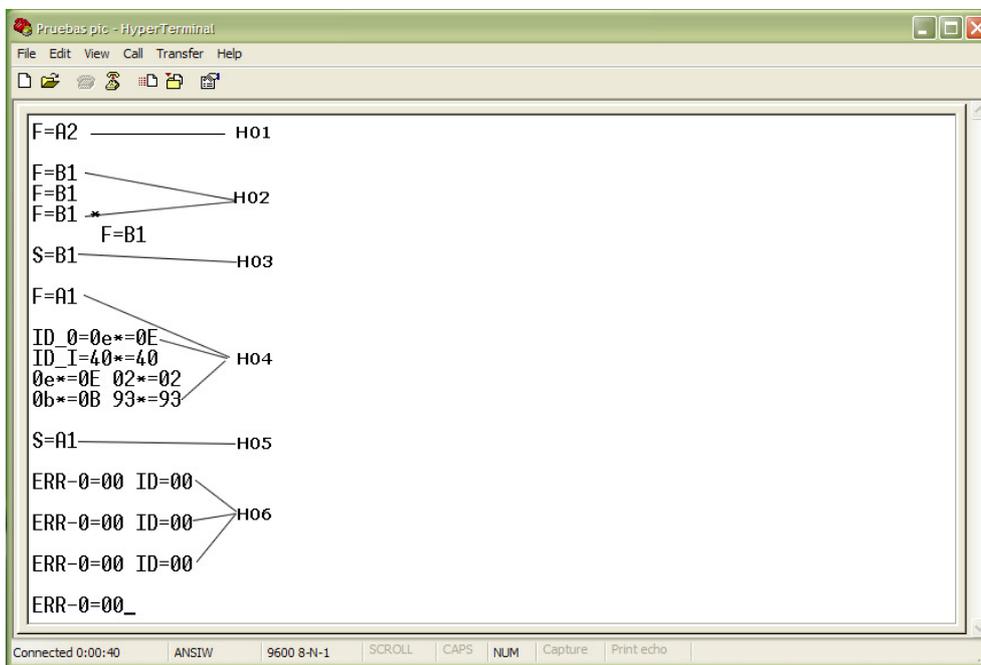


Figura. 7.02. Pantalla del historial para un error primario forzado.

Historial de instrucciones:

- H1 - El robot ha inicializado correctamente y solicita al operador el comando a realizar. Para cumplir con la prueba del error primario, se ha ingresado la instrucción A2, para el recorrido normal.
- H2 - El microcontrolador ha ingresado a la función B1 para que el operador pueda ubicar correctamente al robot sobre la línea de la pista. Como se indicó anteriormente, se ubicará al robot en una posición crítica para generar el error.
- H3 - Se ha finalizado la función B1 exitosamente.
- H4 - Este proceso es utilizado para ingresar al prototipo las instrucciones necesarias para un recorrido corto.
- H5 - Finaliza exitosamente el proceso de la función A1 y el prototipo inicia el recorrido de la pista.
- H6 - Luego que el robot se ha desplazado 10 cm. desde el punto de salida, la plataforma no puede corregir la ubicación crítica en su desplazamiento y termina saliendo de la línea de recorrido. En ese momento, el prototipo detiene todo movimiento y entra en fase error primario enviando la información al operador “ERR-0=00 ID=00”. Lo cual indica que se ha producido un error primario del tipo 00 (fuera de línea) en el punto ID=00, lo cual indica que no ha llegado a ningún cruce antes del error.

Prueba del Error Secundario:

Para confirmar si las funciones del tipo error secundario están cumpliendo su desempeño, se ha escogido la situación donde no existe instrucción para el ID de un cruce en medio del recorrido. Para comprobar dicha situación se ha cargado las instrucciones en el prototipo para un recorrido corto, sin cargar intencionalmente la instrucción del ID del segundo cruce para comprobar la respuesta del prototipo.

En la figura 7.03 se muestra la pantalla con el historial de las instrucciones ingresadas al prototipo y la visualización de la información proporcionada al operador del error secundario.

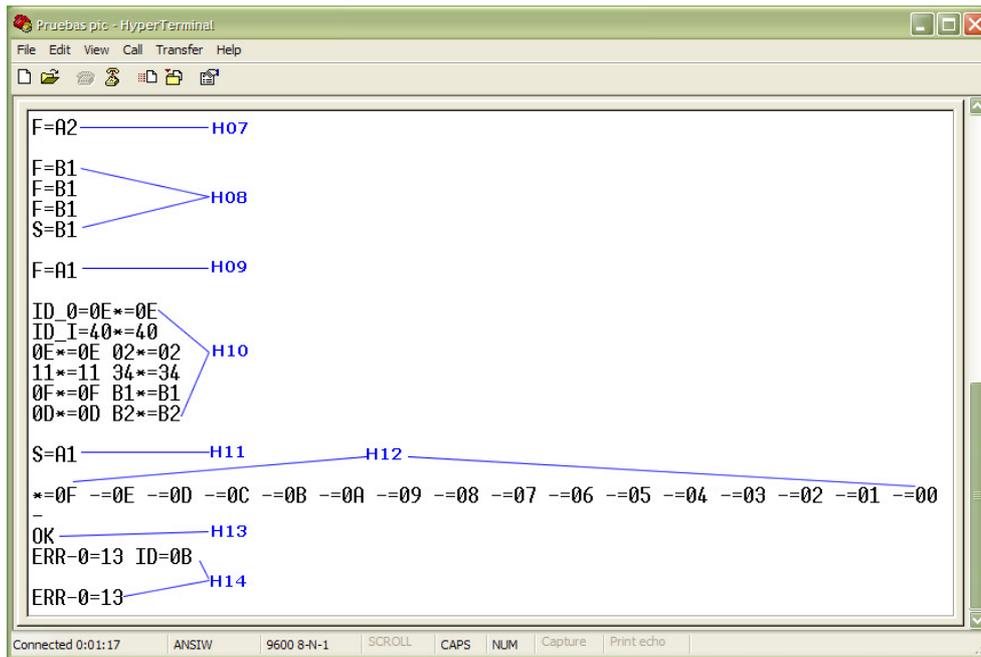


Figura. 7.03. Pantalla del historial para un error secundario forzado.

Historial de instrucciones:

- H7 - El robot ha inicializado correctamente y solicita al operador el comando a realizar. Para cumplir con la prueba del error secundario se ha ingresado la instrucción A2, para el recorrido normal.
- H8 - El microcontrolador ha ingresado a la función B1 para que el operador pueda ubicar correctamente al robot sobre la línea de la pista. Una vez que el operador posiciona correctamente al prototipo sobre la línea de recorrido, presiona la tecla ESC para salir de la función B1.
- H9 - El microcontrolador ha ingresado a la función A1 para ingresar las instrucciones del recorrido.
- H10 - En este proceso, se ingresan las instrucciones para realizar un recorrido de entrega de dos bandejas; de forma intencional, no se ha ingresado la instrucción en el ID del segundo cruce para comprobar el funcionamiento de las secuencias de error secundario.
- H11 - Finaliza exitosamente el proceso de la función A1 y el prototipo inicia el recorrido de la pista.
- H12 - El prototipo identifica el cruce de inicio de recorrido; pregunta al operador para iniciar el recorrido y una vez que el operador presiona la tecla Enter, el microcontrolador inicia un conteo de 15 segundos para iniciar el recorrido.

H13 - Con la información OK, el prototipo inicia el recorrido de la pista e inicia el avance hacia el siguiente cruce.

H14 - Cuando el robot llega al segundo cruce, valida si existe instrucción para el ID proporcionado; dado que no se cargó intencionalmente la instrucción, dicha validación resulta en error y la plataforma procede a realizar un giro de 180° para volver por donde vino. En el momento que retorna al primer cruce de inicio, la plataforma se detiene y procede a presentar los errores secundarios. En este caso, se muestra “ERR-0=13 ID=0B”. Donde Err=13 indica que no existe instrucción cargada para el cruce al que llegó y ID=0B indica el ID donde ocurrió el error que en este caso es el ID del segundo cruce.

7.1.5 Pruebas de Recorrido de la Pista y Entrega de Bandejas por el Prototipo

Una vez que se han realizado las calibraciones necesarias para realizar el recorrido y se ha comprobado el desempeño correcto de las funciones de error, procedemos a realizar una prueba general de entrega de dos bandejas en dos cuartos diferentes con un recorrido programado.

La instrucción general es entregar la bandeja del nivel 2 en la mesa del cuarto 1 y la bandeja del nivel 1 en el cuarto 3; para ello, hacemos uso de la pista diseñada y construida para realizar el recorrido de prueba.

Como se puede apreciar en la figura 7.04 el diseño de la pista nos muestra los tres cuartos, los distintos cruces con sus IDs respectivos y el recorrido que debería realizar el prototipo para completar la entrega solicitada.

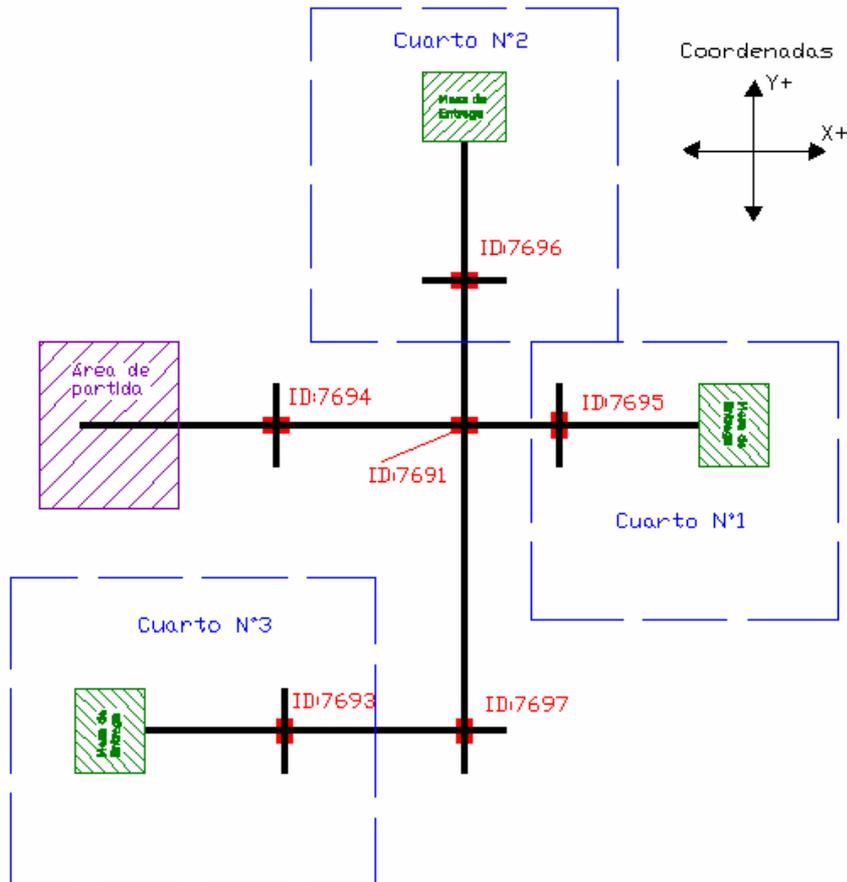


Figura. 7.04. Diseño de la pista de pruebas con información para el recorrido.

Procedimiento para ingresar las instrucciones al prototipo

A continuación se realiza el procedimiento para determinar las instrucciones que deben ser ingresadas para cada ID del recorrido del prototipo.

1. En el cruce de inicio con ID 7694 se debe avanzar sobre la coordenada X+ hacia el próximo cruce.
2. En el segundo cruce con ID 7691 se deben realizar las siguientes acciones:
 - Sobre la coordenada X+, se indica que el siguiente cruce es un punto de entrega.
 - Sobre la coordenada Y+, no existe acción a realizar.
 - Sobre la coordenada X-, el prototipo debe volver una vez terminadas todas las entregas.
 - Sobre la coordenada Y-, se debe avanzar hasta el siguiente cruce (tercer cruce).
3. En el tercer cruce con ID 7697 se deben realizar las siguientes acciones:
 - Sobre la coordenada X+, no existe acción a realizar.

- Sobre la coordenada Y+, el prototipo debe volver una vez terminada la entrega del cuarto 3.
 - Sobre la coordenada X-, se indica que el siguiente cruce es un punto de entrega.
 - Sobre la coordenada Y-, no existe acción a realizar.
4. En el punto de entrega del cuarto N°1 con ID 7695 se debe entregar la bandeja del nivel 1.
 5. En el punto de entrega del cuarto N°3 con ID 7693 se debe entregar la bandeja del nivel 2.

De acuerdo al procedimiento anterior, se puede levantar una tabla con las instrucciones a nivel del prototipo.

Tabla. 7.01. Instrucciones en cruces.					
Ítem	ID del cruce	Instrucciones en 2 bits			
		Y-	X-	Y+	X+
1	7694	00	00	00	10
2	7691	10	01	00	11
3	7697	00	11	01	00
4	7695	Bandeja nivel 1			
5	7693	Bandeja nivel 2			

Para ingresar esta información, es necesario convertirla a instrucciones en hexadecimal; por ello, la tabla 7.02 indica la instrucciones con su respectiva conversión al número hexadecimal; además, cabe anotar que los números IDs –al transformarlos a hexadecimal– solo son utilizados los dos últimos caracteres para ingresar la instrucción.

Tabla. 7.02. Instrucciones e IDs en hexadecimal.								
Ítem	ID del cruce	Instrucciones en 2 bits				ID en hexadecimal	ID solo dos caracteres hexadecimal	Instrucción en hexadecimal
		Y-	X-	Y+	X+			
1	7694	00	00	00	10	1E0Eh	0Eh	02h
2	7691	10	01	00	11	1E0Bh	0Bh	93h
3	7697	00	11	01	00	1E11h	11h	34h
4	7695	Bandeja nivel 2				1E0Fh	0Fh	B1h
5	7693	Bandeja nivel 1				1E0Dh	0Dh	B2h

Adicionalmente se debe agregar, al inicio de grabar las instrucciones, el punto del ID inicial del recorrido para que el prototipo reconozca en dónde inicia el recorrido y a dónde debe volver al final del recorrido. La otra instrucción que se debe grabar es la orientación o

coordinada por donde inicia el recorrido la plataforma para ubicarse con la orientación de las coordenadas de la pista. Para este caso, la orientación de donde parte el prototipo es desde X- y, siguiendo las coordenadas estipuladas, se debe ingresar 40h donde se indica que el bit 6 correspondiente a X- es de donde parte el prototipo.

En la tabla 7.03 se indican las instrucciones finales que serán ingresadas al prototipo para que realice el recorrido adecuadamente.

Ítem	ID solo dos caracteres hexadecimal	Instrucción en hexadecimal
I	ID inicial	0Eh
O	Orientación	40h
1	0Eh	02h
2	0Bh	93h
3	11h	34h
4	0Fh	B1h
5	0Dh	B2h

En la figura 7.05 se muestra el ingreso de las instrucciones al prototipo para realizar el recorrido de prueba para entrega de dos bandejas en cuartos distintos.

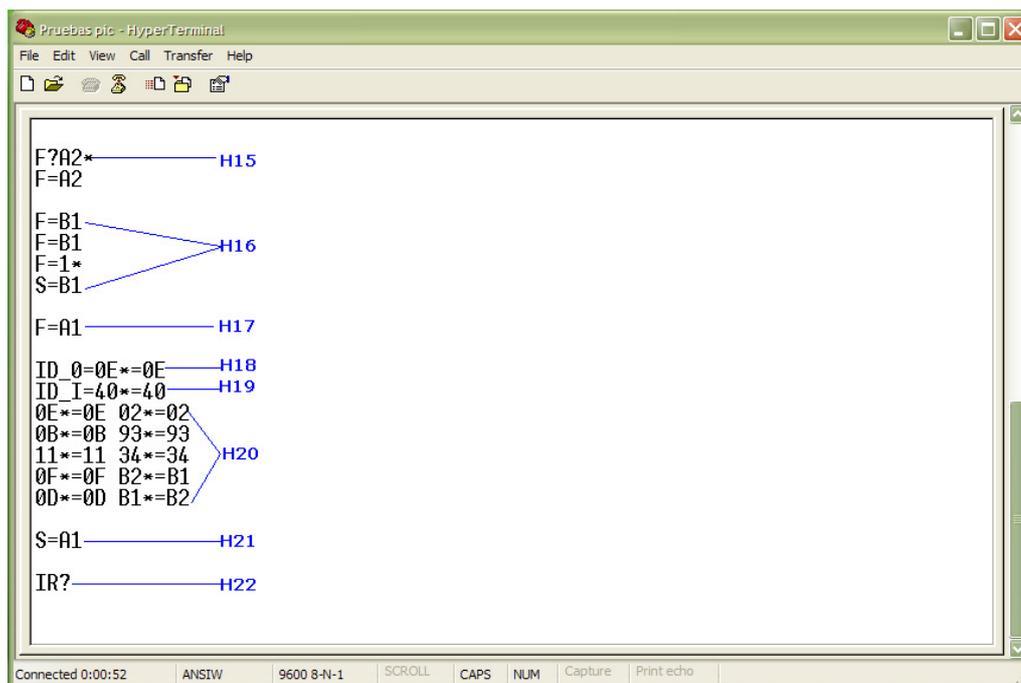


Figura. 7.05. Pantalla donde se cargan las instrucciones para el recorrido de prueba.

Historial de instrucciones:

- H15 - El robot ha inicializado correctamente y solicita al operador el comando a realizar. Para cumplir el recorrido de prueba de la pista y entrega de las bandejas se ha ingresado la instrucción A2.
- H16 - El microcontrolador ha ingresado a la función B1 para que el operador pueda ubicar correctamente al robot sobre la línea de la pista. Una vez que el operador posiciona correctamente al prototipo sobre la línea de recorrido, presiona la tecla ESC para salir de la función B1.
- H17 - El microcontrolador ha ingresado a la función A1 para ingresar las instrucciones del recorrido.
- H18 - Se ingresa el ID del cruce inicial en este caso 0Eh representa al ID 7694.
- H19 - Se ingresa la orientación de donde parte el prototipo, para este caso se ingresa 40h indicando que parte desde X-.
- H20 - Se ingresan las instrucciones del recorrido de acuerdo a la tabla 7.03. Primero se digita el ID del cruce donde se va ingresar la instrucción, el microcontrolador retorna el ID ingresado, una vez que confirma la existencia en la tabla de ID de la programación. Posteriormente, espera a que el operador ingrese la instrucción a grabar y, una vez que se ha grabado exitosamente la instrucción en la memoria EEPROM del microcontrolador, devuelve el valor ingresado y salta a la siguiente línea esperando el siguiente ID.
- H21 - Se finaliza exitosamente el proceso de la función A1 cuando el operador presiona la tecla ESC y el prototipo inicia el recorrido de la pista, desplazando la plataforma hasta encontrar el primer ID de cruce.
- H22 - El prototipo compara si el primer ID recibido es igual al ID inicial cargado en las instrucciones; si la comparación es correcta, entonces pregunta al operador para iniciar el recorrido "IR?", esperando que el operador presione la tecla Enter.

El resultado del recorrido del prototipo y la entrega de las bandejas de acuerdo a lo programado, se encuentra detallado en el literal 7.2.3.

7.2 RESULTADOS**7.2.1 Resumen de las Calibraciones Realizadas**

Como resultado y luego de realizar las pruebas indicadas en los literales 7.1.2 y 7.1.3, se obtuvieron los valores requeridos para calibrar al brazo manipulador y los sensores de seguimiento de línea; aquí se presenta un resumen de dichos valores:

Calibración en función de recoger la bandeja

- Valor para acercar el electroimán hasta la bandeja: 12 pasos del codo.
- Valor para ubicar el electroimán en posición de entrega: 1 paso del codo.
- Valor para ubicar al hombro en posición de entrega: 65 pasos del hombro.

Calibración en función para entregar la bandeja

- Valor para determinar si existe superficie de la mesa para el sensor de proximidad de acercamiento de la mesa: 100 valor digital de comparación.
- Valor para descender la bandeja una vez detectada la superficie de la mesa: 5 pasos del hombro luego de la detección.
- Valor para devolver el hombro a la posición de recorrido: 65 pasos del hombro.

Calibración de umbrales para sensores de seguimiento de línea

- Valor del umbral sensor posterior izquierdo: 150.
- Valor del umbral sensor frontal izquierdo: 77.
- Valor del umbral sensor frontal derecho: 77.
- Valor del umbral sensor posterior derecho: 150.

7.2.2 Resultados de las Pruebas de las Funciones de Error

El resultado de la prueba de funcionamiento del error primario ha sido satisfactoria debido que, al producirse el error forzado de salir de la línea de recorrido, el prototipo ha detenido todo movimiento e inició la secuencia de informar al operador del error que se produjo durante el recorrido, y se mantiene en el bucle del error hasta que el operador reinicie el prototipo.

El resultado de la prueba de funcionamiento del error secundario ha sido satisfactoria debido que, al producirse el error donde no existe una instrucción para un ID y la plataforma acaba de llegar a dicho ID, se produce una secuencia de giro de 180° y el prototipo retorna por donde vino; al final del recorrido y una vez que ha vuelto al punto de partida, el prototipo transmite al operador el error causado y en que ID se produjo dicho error.

7.2.3 Resultados Prueba de Recorrido de la Pista y Entrega de dos Bandejas por el Prototipo

Como resultado de las pruebas del recorrido de la pista se indicará secuencialmente el comportamiento del prototipo mientras recorre la pista en cada punto de decisión, esto es en cada cruce y en cada punto de entrega, desde el inicio del recorrido hasta el retorno al mismo punto.

Inicio del recorrido

Para iniciar el recorrido y una vez cargadas las instrucciones y realizada toda la secuencia de preparación del historial de instrucciones del literal 7.1.5, el prototipo espera el comando de inicio de recorrido por el operador. Una vez que el operador presiona la tecla Enter, el prototipo realiza un conteo regresivo de 15 seg. y, posteriormente, inicia el recorrido hacia el segundo cruce siguiendo la línea.

En la figura 7.06 se muestra la respuesta y conteo regresivo del prototipo antes de iniciar el recorrido, una vez que el operador ha presionado la tecla Enter.

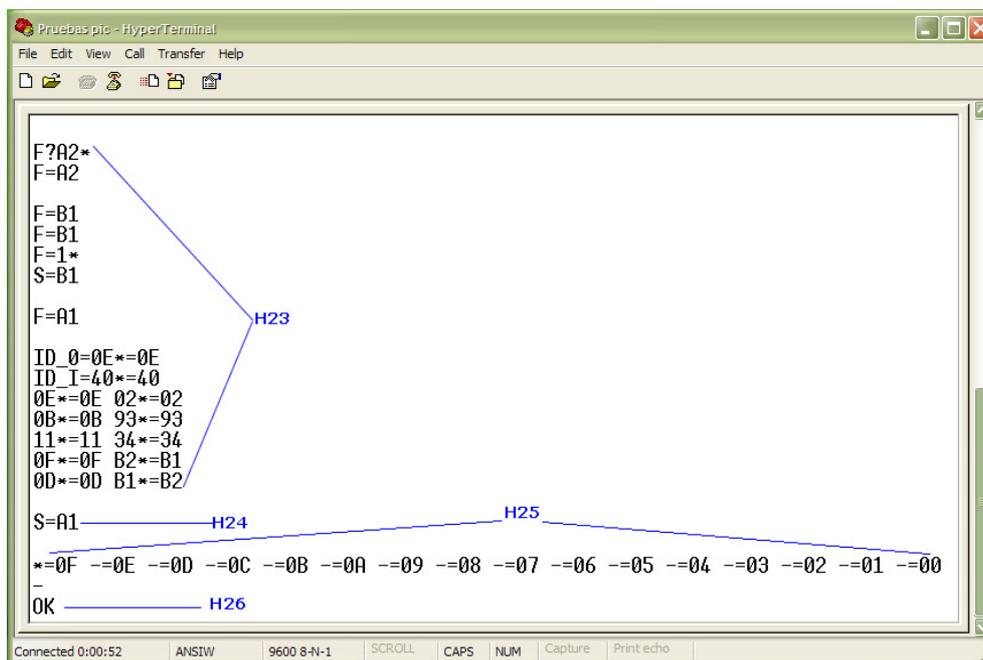


Figura.7.06. Pantalla con el conteo regresivo antes de iniciar el recorrido.

Historial de instrucciones:

H23 - Secuencia de ingreso de las instrucciones descrito en el historial del literal 7.1.5.

H24 - Las instrucciones fueron cargadas correctamente y el prototipo espera el comando para iniciar el recorrido por parte del operador.

H25 - Una vez que el operador ha presionado la tecla Enter, el prototipo inicia el conteo regresivo de 15 segundos, los cuales se muestran en la pantalla del hyperterminal.

H26 - Una vez que se ha terminado el conteo regresivo y sin problema, el microcontrolador transmite la señal de “OK” para iniciar el recorrido e inicia el desplazamiento siguiendo la línea hasta encontrar el primer cruce o punto de inicio del recorrido.

Primer punto de decisión, segundo cruce con ID 7691

De acuerdo a la instrucción grabada al inicio, el prototipo toma la decisión que la instrucción por coordenadas de mayor jerarquía es en la dirección de X+ donde se debe entregar una bandeja, por ello la plataforma mantiene el curso actual y sigue recto.

En la figura 7.07 se muestra como el prototipo llega al segundo cruce e, internamente, realiza la secuencia de decisión; luego, en la figura 7.08, se muestra cómo el prototipo sigue recto y avanza hacia el punto de entrega del cuarto 1.



Figura. 7.07. Fotografía del prototipo llegando al segundo cruce.



Figura. 7.08. Fotografía del prototipo partiendo al punto de entrega del cuarto 1.

Primer punto de entrega, punto de entrega con ID 7695

De acuerdo a la instrucción grabada al inicio, el prototipo debe validar que el punto donde se encuentra es un punto de entrega de bandeja; para ello, verifica que la instrucción sea del tipo B#h, donde # es el número de la bandeja a entregar. Una vez que la validación es exitosa, el prototipo inicia la secuencia de entrega de la bandeja designada y que, para este caso, es la bandeja del nivel 1.

En las figuras 7.09 y 7.10 se observa cómo el brazo manipulador recoge la bandeja designada del porta-bandejas. La figura 7.11 muestra el acercamiento del prototipo a la mesa de destino con la bandeja para la entrega.



Figura. 7.09. Fotografía N°1 del prototipo recogiendo la bandeja 1.



Figura. 7.10. Fotografía N°2 del prototipo recogiendo la bandeja 1.



Figura. 7.11. Fotografía del prototipo acercándose a la mesa de entrega.

En la figura 7.12 se muestra cómo el prototipo realiza la entrega de la bandeja en la mesa y en la figura 7.13 el prototipo se aleja de la mesa de destino una vez que ha entregado exitosamente la bandeja designada.



Figura. 7.12. Fotografía del prototipo depositando la bandeja 1.



Figura. 7.13. Fotografía del prototipo alejándose de la mesa.

En la figura 7.14 se muestra cómo el prototipo realiza el giro de 180° para retornar al segundo cruce una vez que ha terminado la secuencia de entrega de la bandeja.



Figura. 7.14. Fotografía realizando el giro de 180°.

Segundo punto de decisión, segundo cruce con ID 7691

Una vez que ha entregado la bandeja 2 en el cuarto 1 y de acuerdo a la instrucción grabada al inicio, el prototipo toma la decisión que la siguiente instrucción por coordenadas de mayor jerarquía es en la dirección de Y- donde se debe trasladar al siguiente punto de decisión; para ello, la plataforma realiza un giro de 90° en sentido antihorario y luego procede a avanzar siguiendo la línea.

En la figura 7.15 se muestra cómo el prototipo llega al segundo cruce e internamente realiza la secuencia de decisión; luego, en la figura 7.16, se muestra cómo el prototipo ha realizado el giro de 90° en sentido antihorario y avanza hacia el siguiente punto de decisión.



Figura. 7.15. Fotografía del prototipo llegando al segundo cruce.



Figura. 7.16. Fotografía del prototipo partiendo al siguiente punto de decisión.

Tercer punto de decisión, tercer cruce con ID 7697

De acuerdo a la instrucción grabada al inicio, en este punto el prototipo toma la decisión que la instrucción por coordenadas de mayor jerarquía está en la dirección de X- donde se debe entregar una bandeja; para ello, la plataforma realiza un giro de 90° en sentido horario y luego procede a avanzar hacia el punto de entrega siguiendo la línea.

En la figura 7.17 se muestra cómo el prototipo llega al tercer cruce e, internamente, realiza la secuencia de decisión; luego, en la figura 7.18, se muestra cómo el prototipo realiza el giro de 90° en sentido horario y avanza hacia el punto de entrega del cuarto 3.



Figura. 7.17. Fotografía del prototipo llegando al tercer cruce.



Figura. 7.18. Fotografía del prototipo partiendo al punto de entrega del cuarto 3.

Segundo punto de entrega, punto de entrega con ID 7693

De acuerdo a la instrucción grabada al inicio, el prototipo debe validar que el punto donde se encuentra es un punto de entrega de bandeja. Para ello, verifica que la instrucción sea del tipo B#h, donde # es el número de la bandeja a entregar. Una vez que la validación es exitosa, el prototipo inicia la secuencia de entrega de la bandeja designada que, para este caso, es la bandeja del nivel 2.

En la figura 7.19 se observa cómo el brazo manipulador, recoge la bandeja designada del porta-bandejas. La figura 7.20 muestra el acercamiento del prototipo a la mesa de destino con la bandeja para la entrega.



Figura. 7.19. Fotografía del prototipo recogiendo la bandeja 2.



Figura. 7.20. Fotografía del prototipo acercándose a la mesa de destino.

En la figura 7.21 se muestra cómo el prototipo realiza la entrega de la bandeja en la mesa y en la figura 7.22 se muestra al prototipo alejándose de la mesa de destino una vez que ha entregado exitosamente la bandeja designada.



Figura. 7.21. Fotografía del prototipo depositando la bandeja 2.



Figura. 7.22. Fotografía del prototipo alejándose de la mesa.

En la figura 7.23 se muestra cómo el prototipo realiza el giro de 180° para retornar al tercer cruce una vez que ha terminado la secuencia de entrega de la bandeja.



Figura. 7.23. Fotografía realizando el giro de 180°.

Cuarto punto de decisión, tercer cruce con ID 7697

Una vez que ha entregado la bandeja 1 en el cuarto 3 y, de acuerdo a la instrucción grabada al inicio, el prototipo toma la decisión que la siguiente acción a realizar es volver por donde vino, ya que no existen más instrucciones de jerarquía mayor a la instrucción de vuelta por la coordenada Y+; por ello, la plataforma realiza un giro de 90° en sentido antihorario y luego procede a avanzar siguiendo la línea hacia el segundo cruce.

En la figura 7.24 se muestra cómo el prototipo llega al tercer cruce e, internamente, realiza la secuencia de decisión. Luego, en la figura 7.25, se muestra cómo el prototipo ha realizado el giro de 90° en sentido antihorario y vuelve hacia el siguiente punto de decisión.



Figura. 7.24. Fotografía del prototipo volviendo al tercer cruce.



Figura. 7.25. Fotografía del prototipo partiendo al siguiente punto de decisión.

Quinto punto de decisión, segundo cruce con ID 7691

Una vez que ha realizado el recorrido por las coordenadas donde existían instrucciones con mayor jerarquía, el prototipo toma la decisión que la siguiente acción a realizar es volver por donde vino al iniciar el recorrido dada la instrucción de vuelta por la coordenada X-, por ello la plataforma realiza un giro de 90° en sentido horario y luego procede a avanzar siguiendo la línea hacia el punto donde se inicio del recorrido.

En la figura 7.26 se muestra cómo el prototipo llega al segundo cruce e, internamente, realiza la secuencia de decisión; luego, en la figura 7.27, se muestra cómo el prototipo ha realizado el giro de 90° en sentido horario y vuelve hacia el punto de origen.



Figura. 7.26. Fotografía del prototipo volviendo al segundo cruce.



Figura. 7.27. Fotografía del prototipo partiendo al siguiente punto de origen.

Final del recorrido, cruce inicial con ID 7694

Una vez que llega al cruce desde donde inicio el recorrido, el prototipo compara si el cruce actual es el mismo que fue ingresado en las instrucciones como punto inicial del recorrido. Cuando valida esta situación, el prototipo detiene todo movimiento y transmite al operador que ha finalizado exitosamente el recorrido de la pista y la entrega de las dos bandejas programadas.

En la figura 7.28 se muestra al prototipo estacionado en el cruce inicial al finalizar el recorrido.



Figura. 7.28. Fotografía del prototipo finalizando el recorrido de la pista.

La figura 7.29 muestra la pantalla indicando al operador que ha finalizado exitosamente el recorrido y la entrega de las bandejas.

```

Pruebas pic - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
F=B1
F=B1
F=1*
S=B1
F=A1
ID_0=0E*=0E
ID_I=40*=40
0E*=0E 02*=02
0B*=0B 93*=93
11*=11 34*=34
0F*=0F B2*=B1
0D*=0D B1*=B2
S=A1
*--0F --0E --0D --0C --0B --0A --09 --08 --07 --06 --05 --04 --03 --02 --01 --00
_
OK
OKS
S=A2
F?* _

```

Connected 0:00:52 ANSIW 9600 8-N-1 SCROLL CAPS NUM Capture Print echo

Figura. 7.29. Pantalla indicando el fin del recorrido exitosamente.

Historial de instrucciones:

- H27 - Secuencia de ingreso de las instrucciones y conteo regresivo descrito en historiales de instrucciones anteriores.
- H28 - Una vez que el prototipo a regresado al punto de inicio del recorrido cumpliendo con las instrucciones que se cargaron al inicio, se muestra “OKS” indicando que el recorrido ha terminado correctamente.
- H29 - Posteriormente y como no existen errores secundarios, el prototipo indica la finalización de la función A2 del recorrido principal con la etiqueta “S=A2”.
- H30 - Y vuelve al menú principal esperando del operador nuevos comandos.

7.2.4 Resultado Final

Luego de cumplir satisfactoriamente con las pruebas de calibración y con las pruebas de error primario y secundario, se procedió a realizar una prueba general del recorrido con entrega de bandejas. Esta prueba general también fue satisfactoria, ya que realizó las acciones para las cuales fue diseñado y programado: desplazarse por la pista de recorrido de prueba, navegar y tomar las decisiones necesarias para trasladarse entre los distintos cruces, llegar a los cuartos de entrega y depositar la bandeja designada y, por último, volver al punto de partida inicial.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

Se concluye que el prototipo se encuentra funcional y ha cumplido con el objetivo principal que resulta en la entrega de bandejas –de acuerdo a la asignación por el operador– en los cuartos solicitados.

El diseño, construcción y documentación de este prototipo ha generado información y experiencia como punto base o de partida para proyectos posteriores y con características similares, para entregas de bandejas con medicinas o alimentos en ambientes hospitalarios.

Se concluye que el diseño y construcción del brazo cumplen con la función de sujeción, traslado horizontal, traslado vertical y entrega de la bandeja.

La sujeción de la bandeja por medio de un dispositivo electromagnético ha simplificado el diseño y construcción del brazo manipulador, brindando óptimos resultados al momento de recoger, trasladar y depositar la bandeja en la mesa de entrega.

La disposición en forma de T de los sensores de seguimiento de línea, dos frontales sobre la línea y dos posteriores externos a ella, resultaron la mejor combinación al momento de realizar el desplazamiento del prototipo siguiendo la línea, ya que el movimiento y velocidad de los motores es continua y no se generan demasiadas oscilaciones por parte de la plataforma al tratar de mantenerse dentro de la línea a seguir.

Las pruebas de calibración de desplazamiento del prototipo para seguir la línea de la pista, resultan un aspecto importante ya que las variables como el peso completo del

prototipo, la velocidad de desplazamiento por lo motores de la plataforma y la velocidad de sensado de los sensores de línea, provocan errores.

Se han implementado tecnologías de otras ramas de la electrónica tales como identificación RFID y sujeción de puertas por medios electromagnéticos, para cumplir con el objetivo de entrega de las bandejas por parte del prototipo.

La implementación del lector de tarjetas de proximidad RFID para el sistema de identificación de cruces permite generar mayor seguridad en el recorrido de entrega de las bandejas, ya que en cada cruce el prototipo cumple con las instrucciones de acuerdo al ID del cruce que fueron ingresadas por el operario al inicio del recorrido.

El prototipo es versátil, ya que su diseño y programación le permiten realizar la entrega de cualquiera de las tres bandejas en cualquiera de los puntos de entrega, con las únicas restricciones que no sea más de una bandeja en un punto de entrega y que no se entregue la misma bandeja en dos puntos distintos.

Otro aspecto que permite al prototipo ser versátil, es la implementación de las coordenadas en el sistema de navegación; con ello, el operador puede cambiar el punto de partida del prototipo a cualquier lugar, siempre que exista un cruce y exista la línea a seguir en el recorrido de la pista.

El prototipo presenta las opciones de entregar una, dos o hasta tres bandejas en una salida de recorrido; simplemente se requiere que el operador ingrese las instrucciones al inicio del recorrido para realizar las entregas designadas.

El prototipo construido todavía no es comercial, ya que se requieren mayores adecuaciones tales como adquisición de información de sensores de ambiente para controlar casos de obstáculos e interacción con personas y objetos en movimiento.

El recorrido de la pista y entrega de las bandejas es automática y secuencial. El operador solo requiere ingresar las instrucciones del recorrido de la pista una única vez, cargar las bandejas con las medicinas en el prototipo e ingresar el comando de inicio del recorrido.

8.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda que el material del mecanismo del brazo manipulador sea reemplazado por un material más liviano como el aluminio o teflón. Y sólo aquellas piezas que soportan grandes esfuerzos o fricción como el tornillo sin fin y el eje de rotación del codo, se construyan con hierro.

El sistema de seguimiento de línea puede ser reforzado y mejorado si se reemplazan los 4 sensores en disposición T, por una matriz de 3x3 sensores que permitan conocer con mayor detalle la variación de la línea de la pista. Adicionalmente y con la implementación de mayor cantidad de sensores, será necesario programar un algoritmo más complejo.

Para futuros diseños y construcción de robots con características similares al prototipo de entrega de bandejas presentado en esta documentación, se recomienda implementar un sistema de control de sensores de ambiente para detectar obstáculos y personas en movimiento en la pista de recorrido mientras la plataforma se encuentre en desplazamiento.

Se recomienda implementar una interfaz HMI para comunicación entre el operador y el prototipo que sea amigable y que permita, de manera fácil e intuitiva, ingresar el recorrido por los puntos de entrega y la designación del nivel de la bandeja para cada punto de entrega.

En futuros diseños con características similares, se recomienda implementar una compuerta que mantenga protegidas a las bandejas dentro del prototipo y adicionalmente, un elemento calefactor que mantenga caliente a las bandejas si estas fueran para traslado de alimentos.

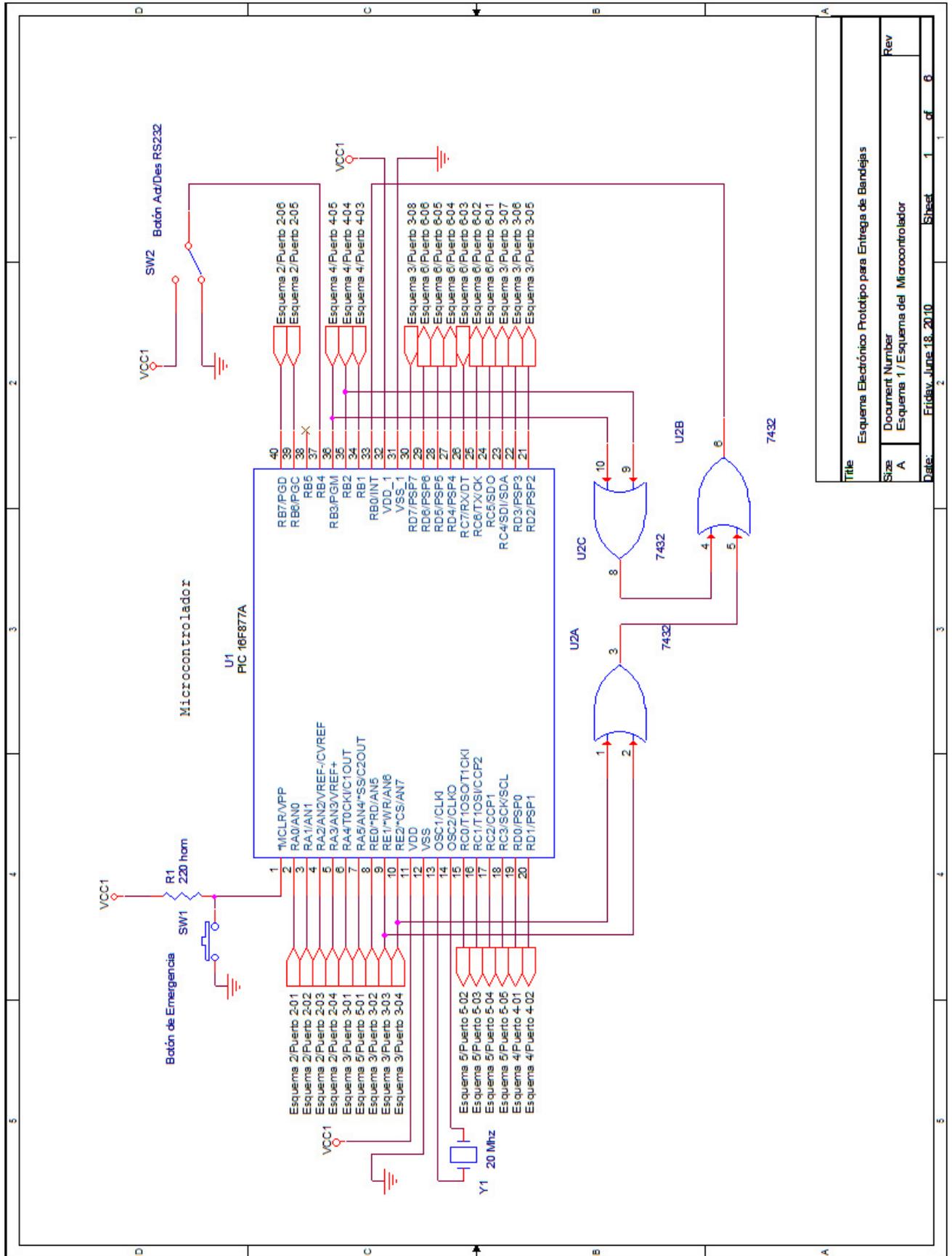
Para diseños posteriores, se recomienda implementar un sistema de información audio-visual del prototipo, para informar al paciente de la presencia del robot al momento de ingresar a un cuarto para la entrega de la bandeja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

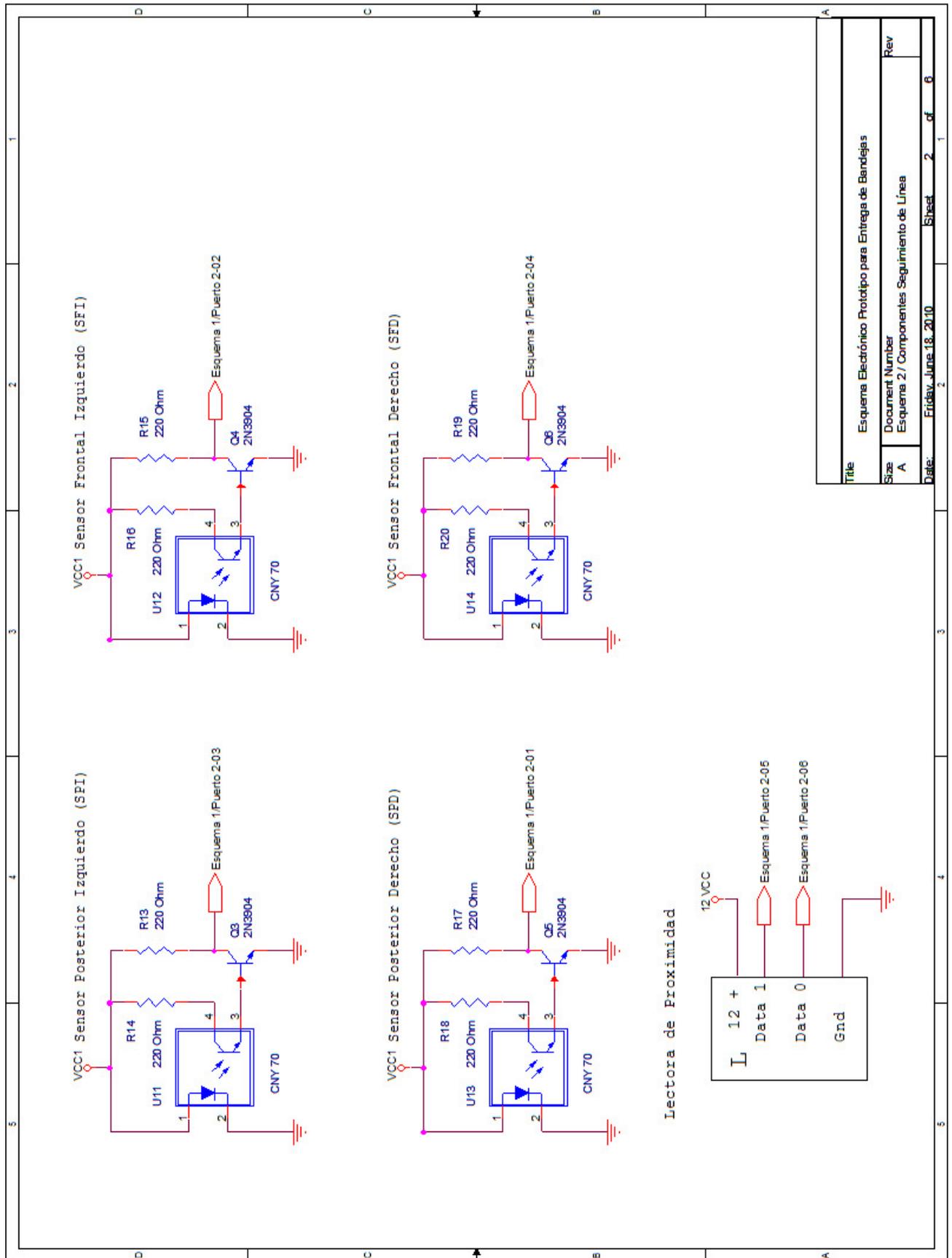
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica>, Robótica.
- http://www.disa.bi.ehu.es/spanish/asignaturas/17219/Robots_Servicios-Barrientos.pdf, Introducción a los Robots de Servicio.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Instrumentaci%C3%B3n_electr%C3%B3nica, Instrumentación Electrónica.
- <http://www.scribd.com/doc/7936757/SENSORES-FOTOELECTRICOS>, Introducción a los Sensores Fotoeléctricos.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_infrarrojo, Sensores Infrarrojos.
- http://formaciontecnica.cl/liceo-escuela/biblioteca/archivosBiblioteca/2007_INTRODUCCION_MICRO_PIC.pdf, Introducción a los Microcontroladores.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>, Microcontroladores.
- <http://electronica.foroactivo.eu/electronica-f14/microcontroladores-un-vistazo-muy-breve-t20.htm>, Microcontroladores.
- http://www.infowarehouse.com.ve/pugoz/ingelect/ingelec_motorcc.pdf, Motor de Corriente Continua.
- <http://www.todorobot.com.ar/documentos/dc-motor.pdf>, Motores de Corriente Continua (DC).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua, Motor de Corriente Continua.
- http://www.unicrom.com/Tut_MotorCC.asp, Principio básico de funcionamiento de un motor CC.
- Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial, Volumen 5, Numero 2, Comité Español de Automática, abril 2008, 133 paginas.

ANEXO 1

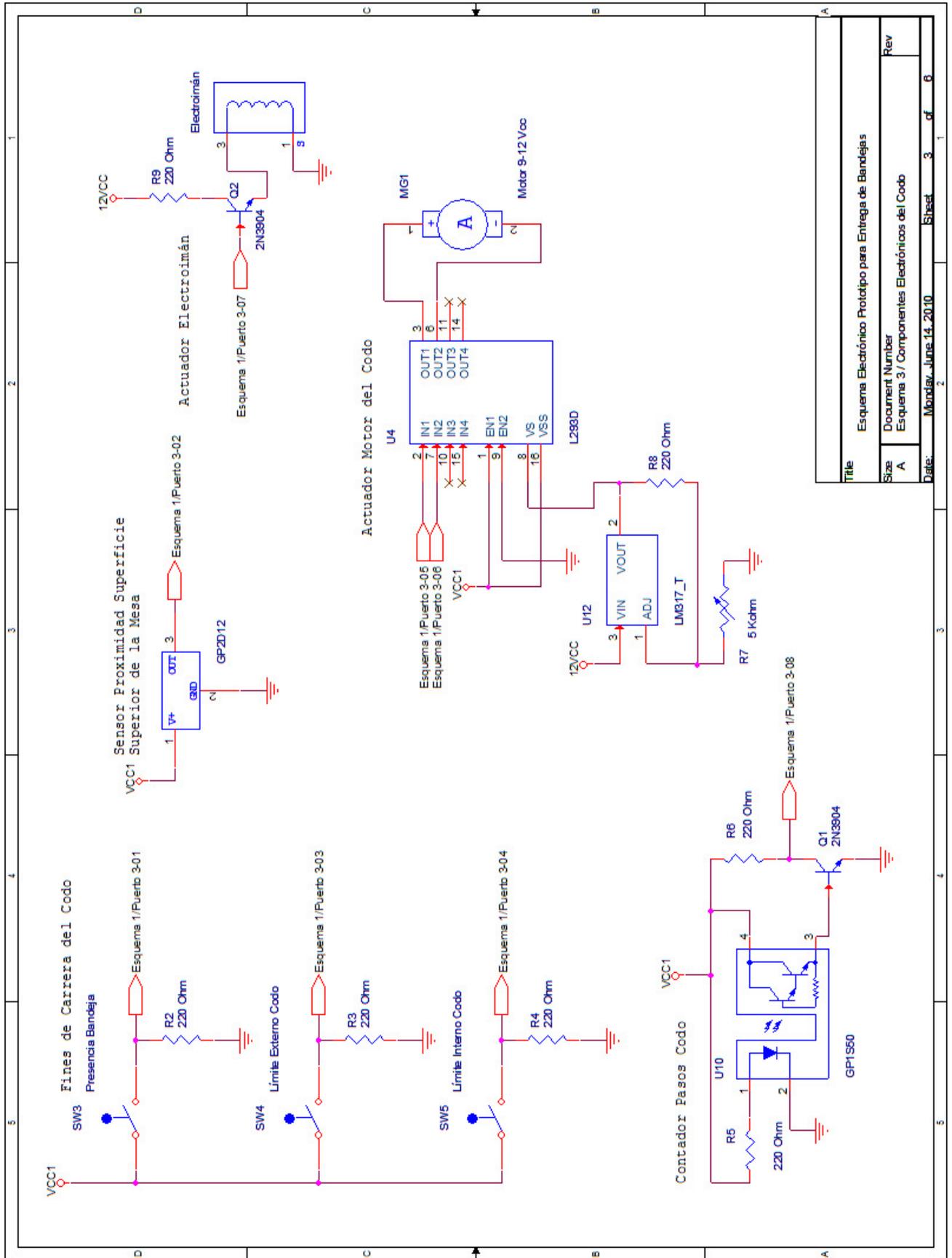
DIAGRAMAS ELECTRÓNICOS



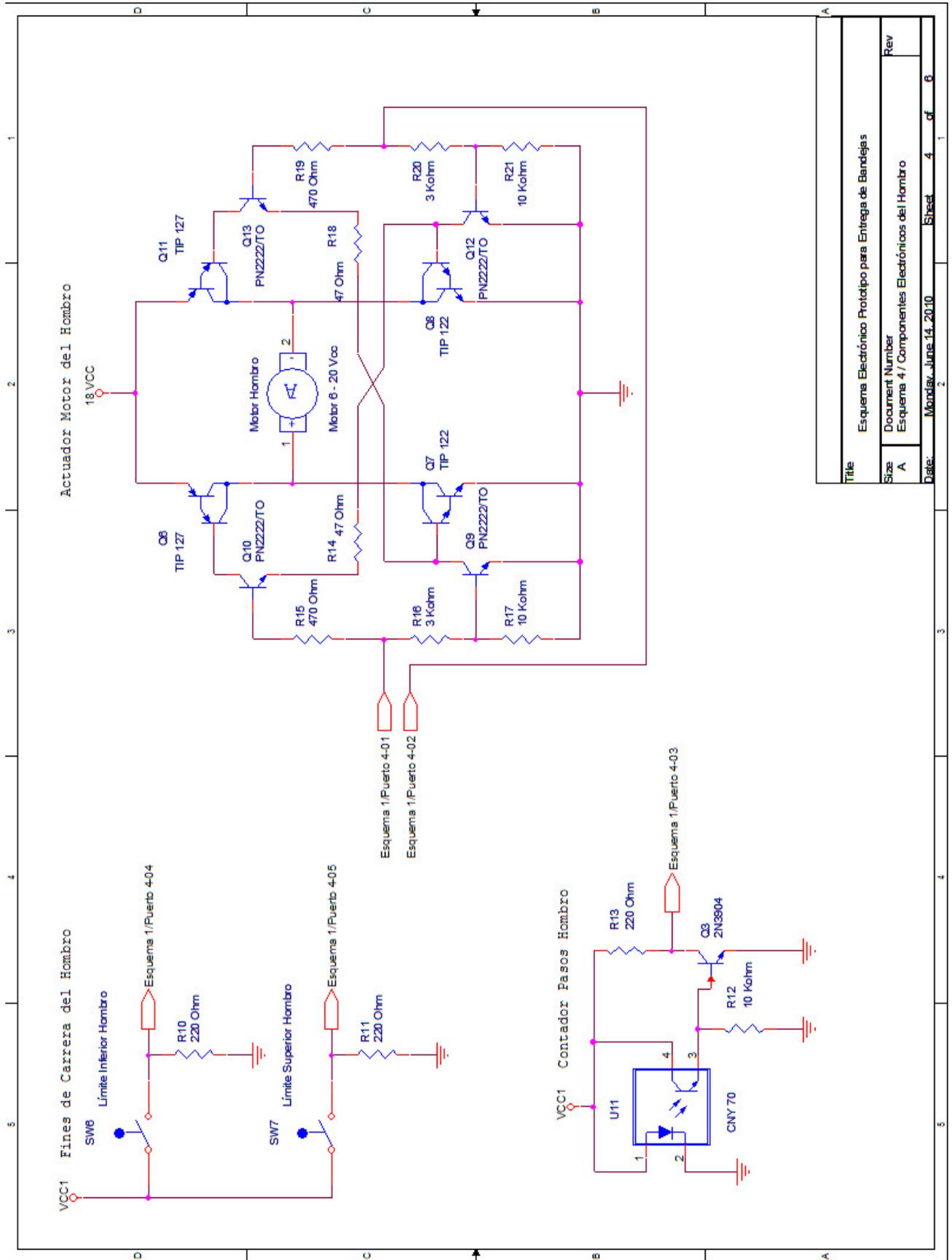
Title		Esquema Electrónico Prototipo para Entrega de Bandejas	
Size	Document Number	Esquema 1 / Esquema del Microcontrolador	
A	Rev		
Date:	Friday, June 18, 2010	Sheet	1 of 6



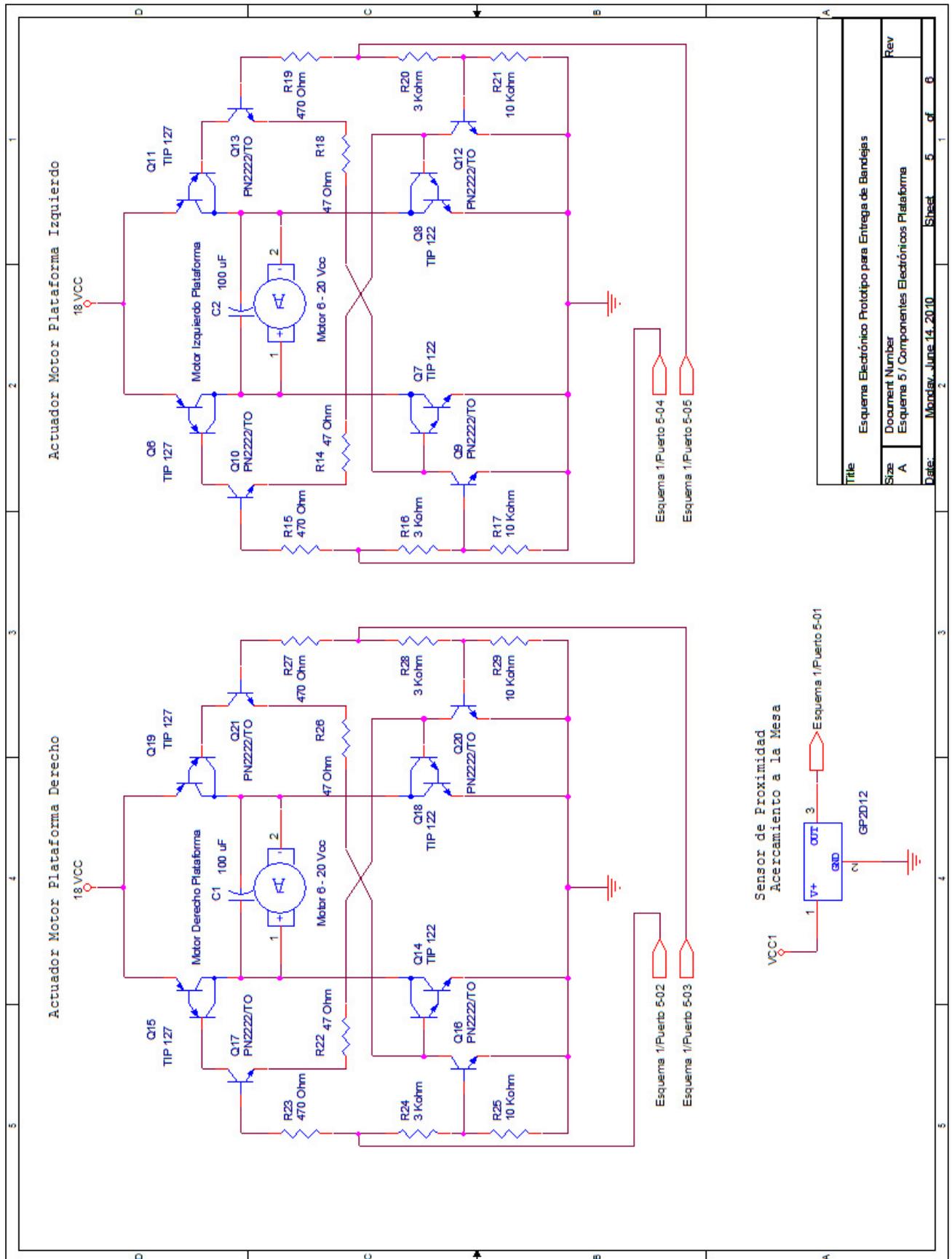
Title		Esquema Electrónico Prototipo para Entrega de Bandejas	
Size	Document Number	Rev	
A	Esquema 2 / Componentes Seguimiento de Línea		
Date:	Friday, June 18, 2010	Sheet	2 of 6



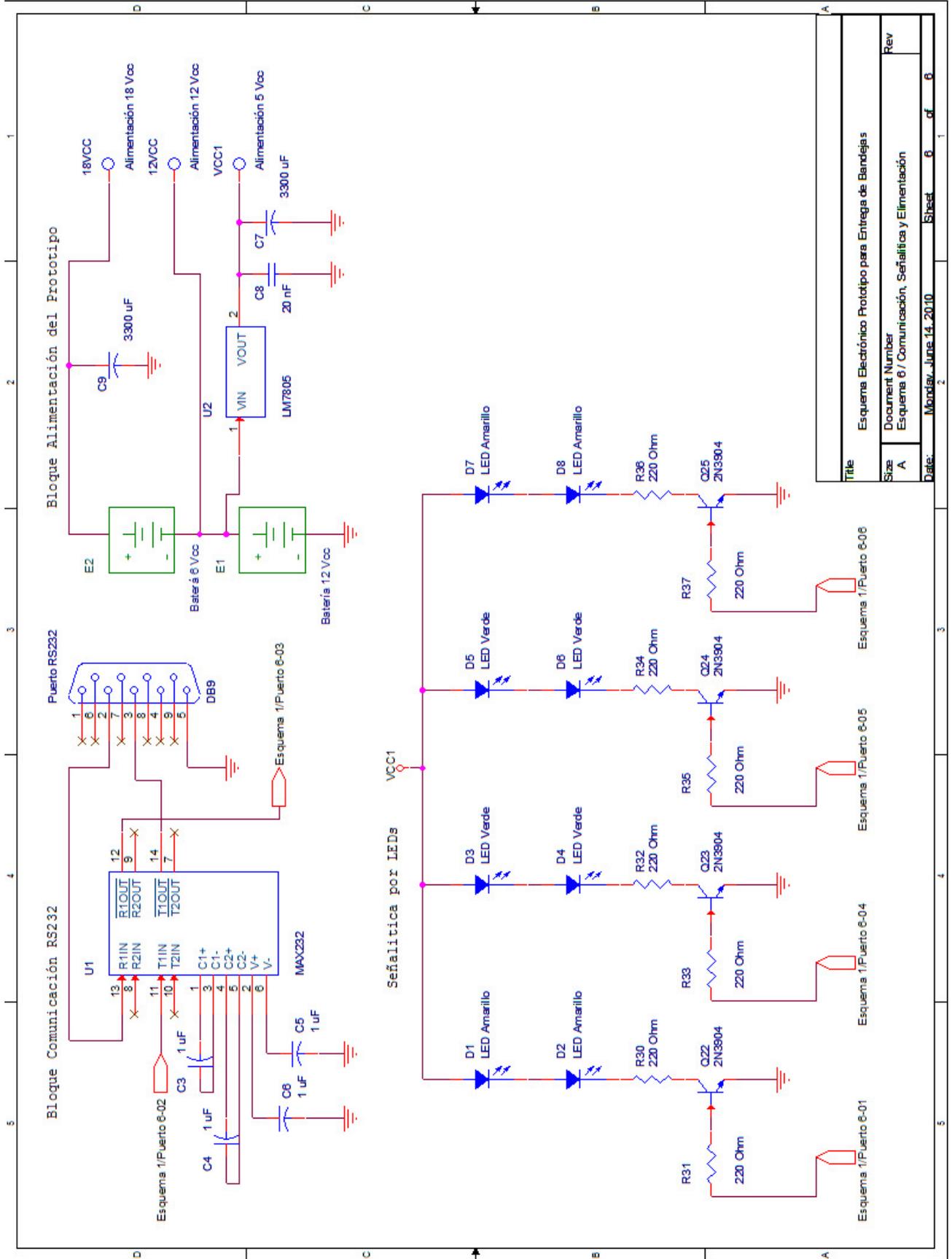
Title		Esquema Electrónico Prototipo para Entrega de Bandejas	
Size	A	Document Number	Esquema 3 / Componentes Electrónicos del Codo
Date:	Monday, June 14, 2010	Sheet	3 of 6



Title		Esquema Electrónico Prototipo para Entrega de Bandejas	
Size	Document Number	Rev	
A	Esquema 4 / Componentes Electrónicos del Hombro		
Date:	Monday, June 14, 2010	Sheet	4 of 6



Title		Esquema Electrónico Prototipo para Entrega de Bandejas	
Size	Document Number	Esquema 5 / Componentes Electrónicos Plataforma	
A	Rev		
Date:		Monday, June 14, 2010	Sheet 5 of 6



Title		Esquema Electrónico Prototipo para Entrega de Bandejas	
Size	Document Number	Esquema 6 / Comunicación, Señalítica y Alimentación	
A	Rev		
Date:	Monday, June 14, 2010	Sheet	6 of 6

Esquema 1/Puerto 6-01	Esquema 1/Puerto 6-04	Esquema 1/Puerto 6-05	Esquema 1/Puerto 6-06
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura. 2.01. Gráficas con tres casos de sensores infrarrojos.</i>	25
<i>Figura. 2.02. Figura donde se muestran las líneas magnéticas y la fuerza que se genera.</i>	31
<i>Figura. 2.03. Partes que constituyen el rotor.</i>	32
<i>Figura. 2.04. Partes que constituyen al estator.</i>	33
<i>Figura. 3.01. Vista en 3D del brazo manipulador.</i>	36
<i>Figura. 3.02. Elementos que conforman el mecanismo del codo del brazo.</i>	36
<i>Figura. 3.03. Vista 3D y medidas del brazo del electroimán.</i>	37
<i>Figura. 3.04. Vista 3D y medidas del eje de rotación del codo.</i>	38
<i>Figura. 3.05. Vista 3D y medidas del rodamiento cónico del codo.</i>	39
<i>Figura. 3.06. Vista 3D y medidas lateral derecho de soporte del codo.</i>	40
<i>Figura. 3.07. Medidas superior y frontal del soporte del codo.</i>	41
<i>Figura. 3.08. Vista 3D frontal del mecanismo completo del codo.</i>	42
<i>Figura. 3.09. Vista 3D lateral derecho del mecanismo completo del codo.</i>	42
<i>Figura. 3.10. Elementos que conforman el mecanismo del hombro del brazo.</i>	43
<i>Figura. 3.11. Vista 3D y medidas del tornillo sin fin.</i>	44
<i>Figura. 3.12. Vista 3D y medidas de la varilla estabilizadora.</i>	45
<i>Figura. 3.13. Vista 3D y medidas del rodamiento superior y su sujetador.</i>	46
<i>Figura. 3.14. Vista 3D y medidas del rodamiento.</i>	46
<i>Figura. 3.15. Vista 3D y medidas de las poleas del hombro.</i>	47
<i>Figura. 3.16. Vista 3D y medidas del soporte del Hombro.</i>	48
<i>Figura. 3.17. Vista 3D posterior.</i>	49
<i>Figura. 3.18. Vista 3D inclinación inferior.</i>	49
<i>Figura. 3.19. Vista 3D posterior del brazo.</i>	49
<i>Figura. 3.20. Vista 3D inferior del brazo completo.</i>	49
<i>Figura. 3.21. Vista 3D general de la plataforma móvil.</i>	50
<i>Figura. 3.22. Elementos que conforman el mecanismo de tracción.</i>	51
<i>Figura. 3.23. Vista 3D y medidas de la rueda de tracción.</i>	52
<i>Figura. 3.24. Vista 3D y medidas del eje y rodamientos de tracción.</i>	53
<i>Figura. 3.25. Vista 3D y medidas de las poleas de tracción.</i>	54
<i>Figura. 3.26. Vista 3D y medidas del sujetador del motor.</i>	55
<i>Figura. 3.27. Elementos que conforman la plataforma base y el soporte superior.</i>	56
<i>Figura. 3.28. Vista 3D y medidas del soporte de los sensores de línea.</i>	57
<i>Figura. 3.29. Vista 3D y medidas del soporte del lector de proximidad.</i>	58
<i>Figura. 3.30. Vista 3D y medidas del soporte base de la plataforma.</i>	59
<i>Figura. 3.31. Vista 3D y medidas del soporte superior de la plataforma.</i>	60
<i>Figura. 3.32. Vista 3D de la plataforma base completa.</i>	60
<i>Figura. 3.33. Vista 3D frontal de la plataforma completa.</i>	61
<i>Figura. 3.34. Vista 3D lateral derecha de la plataforma completa.</i>	61
<i>Figura. 3.35. Vista 3D inferior de la plataforma completa.</i>	61
<i>Figura. 3.36. Vista 3D y medidas del porta-bandejas.</i>	62
<i>Figura. 3.37. Vista 3D y medidas de la bandeja de entregas.</i>	63
<i>Figura. 4.01. Diagrama de comunicación con la PC.</i>	65
<i>Figura 4.02. Diagrama de bloques del hardware del brazo.</i>	66
<i>Figura. 4.03. Diagrama de bloques del hardware de la plataforma móvil.</i>	67
<i>Figura. 4.04. Diagrama electrónico del microcontrolador.</i>	68
<i>Figura. 4.05. Disposición y medidas de los sensores de línea.</i>	69

Figura. 4.06. Casos de seguimiento de línea con los sensores. _____	70
Figura. 4.07. Diagrama de tiempo protocolo Wiegand. _____	73
Figura. 4.08. Ejemplo para interpretación del protocolo Wiegand. _____	74
Figura. 4.09. Ubicación de la lectora de proximidad en la plataforma. _____	75
Figura. 4.10. Circuito electrónico de conexión de la lectora de proximidad. _____	75
Figura. 4.11. Secuencia de identificación de cruce. _____	76
Figura. 4.12. Información del sensor CNY70. _____	77
Figura. 4.13. Soporte de sensores para el seguimiento de línea. _____	77
Figura. 4.14. Circuitos electrónicos seguimiento de línea. _____	78
Figura. 4.15. Ubicación y medidas de la rodela del contador de pasos. _____	78
Figura. 4.16. Circuito electrónico contador pasos hombro. _____	79
Figura. 4.17. Contador de pasos del codo y sus medidas. _____	80
Figura. 4.18. Circuito electrónico contador de pasos codo. _____	80
Figura. 4.19. Curva de respuesta de la tabla 4.03. _____	81
Figura. 4.20. Ubicación en plataforma y electroimán de sensores GP2D10. _____	81
Figura 4.21. Circuito electrónico de los sensores GP2D10. _____	82
Figura 4.22. Fin de carrera y sus medidas. _____	82
Figura. 4.23. Circuitos electrónicos de los distintos fines de carrera del prototipo. _____	83
Figura. 4.24. Motor CC con motor reducción de 20 Vcc y sus medidas. _____	84
Figura 4.25. Ubicación de ruedas por cuadrantes. _____	85
Figura. 4.26. Circuito electrónico del actuador del hombro. _____	86
Figura. 4.27. Circuito electrónico del actuador motor derecho de la plataforma _____	86
Figura. 4.28. Circuito electrónico del actuador motor izquierdo de la plataforma. _____	87
Figura. 4.29. Motor CC con motor reducción de 12 Vcc y sus medidas. _____	88
Figura. 4.30. Circuito electrónico de control del motor del codo. _____	88
Figura. 4.31. Electroimán y sus medidas. _____	89
Figura. 4.32. Circuito electrónico de control del electroimán. _____	89
Figura. 4.33. Circuito electrónico para comunicación RS232. _____	90
Figura. 4.34. Circuito electrónico de alimentación del prototipo. _____	91
Figura. 5.01. Diagrama de flujo general del firmware. _____	94
Figura. 5.02. Diagrama de flujo de la secuencia de interrupciones. _____	103
Figura. 5.03. Diagrama de flujo de la función activar/desactivar RS232. _____	104
Figura. 5.04. Diagrama de flujo de la función Rx Wiegand. _____	104
Figura. 5.05. Diagrama de flujo de la función desplazar plataforma. _____	105
Figura. 5.06. Diagrama de flujo de la secuencia PWM desplazamiento adelante. _____	106
Figura. 5.07. Diagrama de flujo de la secuencia PWM giro sentido horario. _____	107
Figura. 5.08. Diagrama de flujo de la secuencia PWM giro antihorario. _____	108
Figura. 5.09. Diagrama de flujo de la función menú principal. _____	109
Figura. 5.10. Diagrama de flujo de la función grabar puntos del recorrido. _____	110
Figura. 5.11. Diagrama de flujo de la función presentar registro de errores secundarios. _____	111
Figura. 5.12. Diagramas de flujo de las funs. comprobar sensores de línea y prueba secuencia bandeja. _____	113
Figura. 5.13. Diagrama de flujo de la función recepción de instrucción desde la PC. _____	114
Figura. 5.14. Diagrama de flujo de la función transmitir hex a la PC. _____	115
Figura. 5.15. Diagramas de flujo de las funciones bucle error y registros de errores secundarios. _____	116
Figura. 5.16. Diagrama de flujo general de la función principal control del recorrido. _____	118
Figura. 5.17. Diagrama de flujo de la secuencia 1 inicio y validación de la fun. control del recorrido. _____	119
Figura. 5.18. Diagrama de flujo de la secuencia 2 recorrido del la pista, de la fun. control del recorrido. _____	120
Figura. 5.19. Diagrama de flujo de la secuencia 3 entrega de bandeja, de la fun. control del recorrido. _____	121
Figura. 5.20. Diagramas de flujo de las funciones transferir y sentido de giro. _____	122
Figura. 5.21. Diagrama de flujo de la función prioridad. _____	124
Figura. 5.22. Diagrama de flujo de la función presente pasado. _____	125
Figura. 5.23. Diagrama de flujo de la función inicializar umbrales sensores. _____	126
Figura. 5.24. Diagrama de flujo de la función seguimiento de la línea. _____	127
Figura. 5.25. Diagrama de flujo de la función acercamiento a la mesa de entrega. _____	128
Figura. 5.26. Diagrama de flujo de la función retroceder. _____	129
Figura. 5.27. Diagrama de flujo de la función giro 90° en sentido horario. _____	130
Figura. 5.28. Diagrama de flujo de la función giro 90° en sentido antihorario. _____	131
Figura. 5.29. Diagrama de flujo de la función giro 180° en sentido antihorario. _____	132
Figura. 5.30. Diagrama de flujo de la función corregir nariz. _____	133
Figura. 5.31. Diagrama de flujo de la función conversión. _____	134

Figura. 5.32. Diagrama de flujo de la función sensores de línea. _____	135
Figura. 5.33. Diagramas de flujo de las funciones iniciar codo e iniciar hombro. _____	136
Figura. 5.34. Diagrama de flujo de la función posiciona codo. _____	137
Figura. 5.35. Diagrama de flujo de la función posiciona hombro. _____	138
Figura. 5.36. Diagrama de flujo de la función ubicación de las bandejas. _____	139
Figura. 5.37. Diagrama de flujo de la función recoger bandeja. _____	139
Figura. 5.38. Diagrama de flujo de la función entregar bandeja. _____	140
Figura. 5.39. Ventana de configuración del puerto de comunicación RS232. _____	141
Figura. 5.40. Ventana de configuración de las propiedades de la consola hiperterminal. _____	142
Figura. 5.41. Ventana de configuración ASCII setup. _____	143
Figura. 5.42. Ventana de muestra de comunicación entre la PC y el prototipo. _____	146
Figura. 6.01. Fotografía del brazo manipulador vista superior. _____	154
Figura. 6.02. Fotografía del brazo manipulador vista frontal. _____	154
Figura. 6.03. Fotografía frontal del área del codo. _____	155
Figura. 6.04. Fotografía superior del área del codo. _____	156
Figura. 6.05. Fotografía frontal del área del hombro. _____	156
Figura. 6.06. Fotografía inferior frontal del área del hombro. _____	157
Figura. 6.07. Fotografía inferior del área de la plataforma base. _____	157
Figura. 6.08. Fotografía lateral derecha del área de la plataforma base. _____	158
Figura. 6.09. Fotografía lateral superior del área de la plataforma base. _____	158
Figura. 6.10. Fotografía superior del área de la plataforma superior. _____	159
Figura. 6.11. Fotografía frontal del porta-bandejas. _____	159
Figura. 6.12. Fotografía frontal general del prototipo construido. _____	160
Figura. 6.13. Fotografía superior general del prototipo construido. _____	160
Figura. 6.14. Fotografía de la estructura de aluminio fija a la plataforma. _____	161
Figura. 6.15. Fotografía de la cubierta superior. _____	162
Figura. 6.16. Dimensiones de la pared posterior. _____	163
Figura. 6.17. Fotografía de la pared posterior. _____	164
Figura. 6.18. Dimensiones de la pared izquierda. _____	165
Figura. 6.19. Fotografía de la pared izquierda. _____	165
Figura. 6.20. Dimensiones de la pared derecha. _____	166
Figura. 6.21. Fotografía de la pared derecha. _____	166
Figura. 6.22. Dimensiones de la pared frontal. _____	167
Figura. 6.23. Fotografía de la pared frontal. _____	167
Figura. 6.24. Dimensiones de la cubierta superior. _____	168
Figura. 6.25. Fotografía de la cubierta superior. _____	169
Figura. 6.26. Dimensiones del tubo cromado. _____	170
Figura. 6.27. Fotografía lateral del prototipo terminado. _____	170
Figura. 6.28. Fotografía superior frontal del prototipo terminado. _____	171
Figura. 7.01. Diseño con medidas de la pista de pruebas. _____	174
Figura. 7.02. Pantalla del historial para un error primario forzado. _____	176
Figura. 7.03. Pantalla del historial para un error secundario forzado. _____	178
Figura. 7.04. Diseño de la pista de pruebas con información para el recorrido. _____	180
Figura. 7.05. Pantalla donde se cargan las instrucciones para el recorrido de prueba. _____	182
Figura. 7.06. Pantalla con el conteo regresivo antes de iniciar el recorrido. _____	185
Figura. 7.07. Fotografía del prototipo llegando al segundo cruce. _____	186
Figura. 7.08. Fotografía del prototipo partiendo al punto de entrega del cuarto 1. _____	186
Figura. 7.09. Fotografía N°1 del prototipo recogiendo la bandeja 1. _____	187
Figura. 7.10. Fotografía N°2 del prototipo recogiendo la bandeja 1. _____	187
Figura. 7.11. Fotografía del prototipo acercándose a la mesa de entrega. _____	188
Figura. 7.12. Fotografía del prototipo depositando la bandeja 1. _____	188
Figura. 7.13. Fotografía del prototipo alejándose de la mesa. _____	188
Figura. 7.14. Fotografía realizando el giro de 180°. _____	189
Figura. 7.15. Fotografía del prototipo llegando al segundo cruce. _____	189
Figura. 7.16. Fotografía del prototipo partiendo al siguiente punto de decisión. _____	190
Figura. 7.17. Fotografía del prototipo llegando al tercer cruce. _____	190
Figura. 7.18. Fotografía del prototipo partiendo al punto de entrega del cuarto 3. _____	191
Figura. 7.19. Fotografía del prototipo recogiendo la bandeja 2. _____	191
Figura. 7.20. Fotografía del prototipo acercándose a la mesa de destino. _____	192
Figura. 7.21. Fotografía del prototipo depositando la bandeja 2. _____	192

<i>Figura. 7.22. Fotografía del prototipo alejándose de la mesa.</i>	192
<i>Figura. 7.23. Fotografía realizando el giro de 180°.</i>	193
<i>Figura. 7.24. Fotografía del prototipo volviendo al tercer cruce.</i>	193
<i>Figura. 7.25. Fotografía del prototipo partiendo al siguiente punto de decisión.</i>	194
<i>Figura. 7.26. Fotografía del prototipo volviendo al segundo cruce.</i>	194
<i>Figura. 7.27. Fotografía del prototipo partiendo al siguiente punto de origen.</i>	195
<i>Figura. 7.28. Fotografía del prototipo finalizando el recorrido de la pista.</i>	195
<i>Figura. 7.29. Pantalla indicando el fin del recorrido exitosamente.</i>	196

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla. 4.01. Casos de Seguimiento de Línea.</i>	71
<i>Tabla. 4.02. Resumen de los Casos de Seguimiento de Línea.</i>	71
<i>Tabla 4.03 Datos Obtenidos del Sensor GP2D10</i>	81
<i>Tabla 4.04 Tipo de Movimiento Generado por los Motores</i>	85
<i>Tabla. 5.01. Asignación de Puertos del Microcontrolador</i>	95
<i>Tabla 5.02. Características del registro Bandera.</i>	100
<i>Tabla 5.03. Características del registro Bandera2.</i>	100
<i>Tabla 5.04. Características del registro Navegación.</i>	100
<i>Tabla 5.05. Características del registro Sentido_giro.</i>	101
<i>Tabla 5.06. Características del registro Char_espec.</i>	101
<i>Tabla 5.07. Características del registro Instrucción.</i>	101
<i>Tabla 5.08. Configuración de las instrucciones y sus jerarquías.</i>	102
<i>Tabla. 7.01. Instrucciones en cruces.</i>	181
<i>Tabla. 7.02. Instrucciones e IDs en hexadecimal.</i>	181
<i>Tabla. 7.03. Instrucciones Finalizadas para Ingresar.</i>	182

GLOSARIO

Memoria EEPROM, (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory por sus siglas en inglés) Memoria de sólo lectura programable y borrrable eléctricamente. Chip de memoria que retiene su contenido sin energía.

PWM, (Pulse-Width Modulation por sus sigla en inglés) la modulación de ancho de pulso de una fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica, para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga, en el caso de este proyecto a los motores.

TTL (transistor-transistor logic por sus siglas en inglés), es la tecnología que se refiere a los circuitos integrados digitales que operan en niveles de voltaje discretos, donde el nivel de voltaje representa 0 ó 1 lógicos.

RS232 es un protocolo estándar utilizado en la comunicación serie asíncrona entre el microcontrolador y el computador del operador.

SPI, abreviatura utilizada para definir al Sensor Posterior Izquierdo del sistema de seguimiento de línea.

SFI, abreviatura utilizada para definir al Sensor Frontal Izquierdo del sistema de seguimiento de línea.

SFD, abreviatura utilizada para definir al Sensor Frontal Derecho del sistema de seguimiento de línea.

SPD, abreviatura utilizada para definir al Sensor Posterior Derecho del sistema de seguimiento de línea.

Sistema identificación RFID (Radio-Frequency Identification por sus siglas en inglés), el sistema de identificación por radio-frecuencia es un sistema compuesto por una tarjeta de identificación y un lector de la tarjeta, ambos dispositivos funcionan en la misma frecuencia. La tarjeta se activa al estar cerca del lector y puede ser leída por el lector obteniendo una cadena de bits de identificación.

Fotointerruptor, elemento electrónico compuesto por un emisor tipo LED y un receptor de la señal del LED que hace las veces de un interruptor. Mientras la señal del LED llega al receptor, el interruptor se encuentra activo; una vez que un objeto se interpone entre la señal de transmisor y el receptor el interruptor se desactiva.

USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver Transmitter por sus siglas en inglés), el transmisor y receptor sincrónico/asincrónico universal es un módulo del microcontrolador para la transmisión de datos en formato serie, utilizando técnicas de transmisión sincrónica o asincrónica, según se configure el módulo.

Conversión A/D, la conversión análoga – digital del microcontrolador es el módulo que permite convertir la señal análoga en voltaje de una entrada en el microcontrolador un valor binario almacenado en un registro para su uso posterior.

ASCII (American Standard Code for Information Interchange por sus siglas en inglés), la tabla ASCII es un código de caracteres basado en el alfabeto latino tal como se usa en inglés moderno y en otras lenguas occidentales.

ÍNDICE DE DATASHEETS

<i>DATASHEET CNY70</i>	227
<i>DATASHEET LECTOR PROXPOINT PLUS 6005</i>	233
<i>DATASHEET TARJETA PROXCARD II</i>	235
<i>DATASHEET GP1S50</i>	237
<i>DATASHEET GP2D12</i>	243
<i>DATASHEET L293</i>	245
<i>DATASHEET SRM6100</i>	251

DATASHEET CNY70



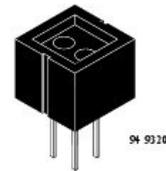
CNY70

Vishay Semiconductors

Reflective Optical Sensor with Transistor Output

Description

The CNY70 has a compact construction where the emitting light source and the detector are arranged in the same direction to sense the presence of an object by using the reflective IR beam from the object. The operating wavelength is 950 nm. The detector consists of a phototransistor.

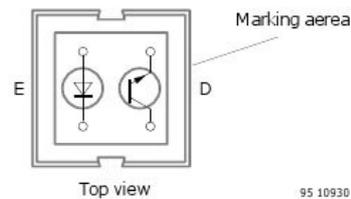


Applications

- Optoelectronic scanning and switching devices i.e., index sensing, coded disk scanning etc. (optoelectronic encoder assemblies for transmission sensing).

Features

- Compact construction in center-to-center spacing of 0.1"
- No setting required
- High signal output
- Low temperature coefficient
- Detector provided with optical filter
- Current Transfer Ratio (CTR) of typical 5%



Order Instruction

Ordering Code	Sensing Distance	Remarks
CNY70	0.3 mm	

CNY70**Vishay Semiconductors****Absolute Maximum Ratings**

Input (Emitter)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Reverse voltage		V_R	5	V
Forward current		I_F	50	mA
Forward surge current	t_p " 10 μ s	I_{FSM}	3	A
Power dissipation	T_{amb} " 25 °C	P_V	100	mW
Junction temperature		T_j	100	°C

Output (Detector)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Collector emitter voltage		V_{CE0}	32	V
Emitter collector voltage		V_{EC0}	7	V
Collector current		I_C	50	mA
Power dissipation	T_{amb} " 25 °C	P_V	100	mW
Junction temperature		T_j	100	°C

Coupler

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Total power dissipation	T_{amb} " 25 °C	P_{tot}	200	mW
Ambient temperature range		T_{amb}	-55 to +85	°C
Storage temperature range		T_{stg}	-55 to +100	°C
Soldering temperature	2 mm from case, t " 5 s	T_{sd}	260	°C



CNY70
Vishay Semiconductors

Electrical Characteristics ($T_{amb} = 25^{\circ}C$)

Input (Emitter)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward voltage	$I_F = 50 \text{ mA}$	V_F		1.25	1.6	V

Output (Detector)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Collector emitter voltage	$I_C = 1 \text{ mA}$	V_{CE0}	32			V
Emitter collector voltage	$I_E = 100 \mu\text{A}$	V_{EC0}	5			V
Collector dark current	$V_{CE} = 20 \text{ V}, I_F = 0, E = 0$	I_{CE0}			200	nA

Coupler

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Collector current	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_F = 20 \text{ mA}, d = 0.3 \text{ mm}$ (figure 1)	$I_C^{1)}$	0.3	1.0		mA
Cross talk current	$V_{CE} = 5 \text{ V}, I_F = 20 \text{ mA}$ (figure 1)	$I_{CX}^{2)}$			600	nA
Collector emitter saturation voltage	$I_F = 20 \text{ mA}, I_C = 0.1 \text{ mA}, d = 0.3 \text{ mm}$ (figure 1)	$V_{CEsat}^{1)}$			0.3	V

¹⁾ Measured with the 'Kodak neutral test card', white side with 90% diffuse reflectance

²⁾ Measured without reflecting medium

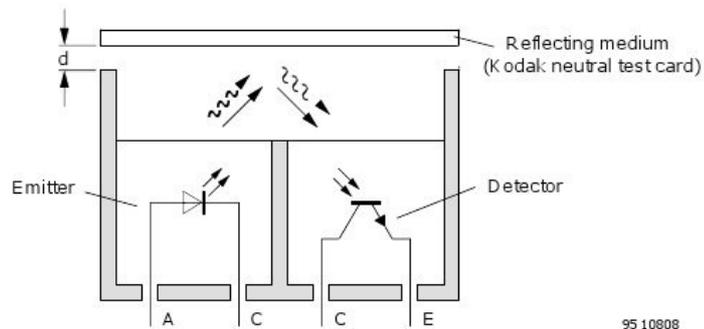


Figure 1. Test circuit

95 10808

CNY70

Vishay Semiconductors



Typical Characteristics ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)

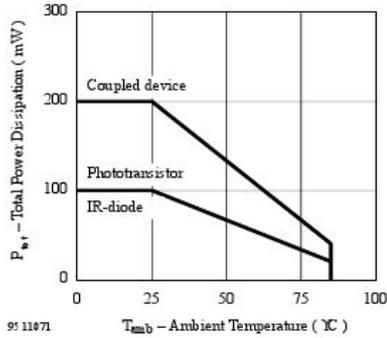


Figure 2. Total Power Dissipation vs. Ambient Temperature

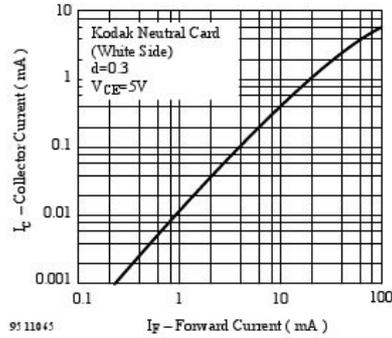


Figure 5. Collector Current vs. Forward Current

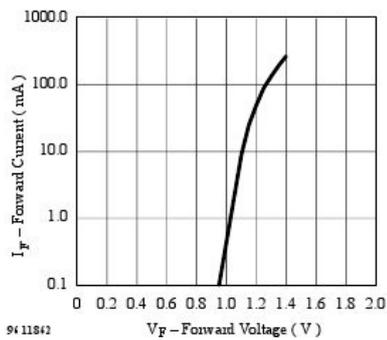


Figure 3. Forward Current vs. Forward Voltage

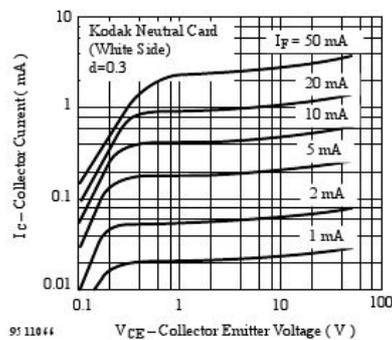


Figure 6. Collector Current vs. Collector Emitter Voltage

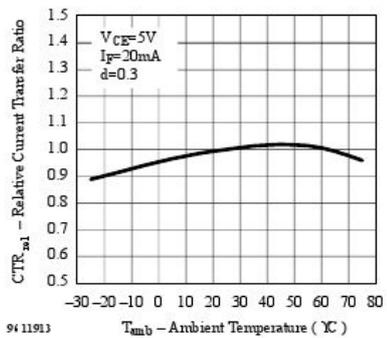


Figure 4. Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

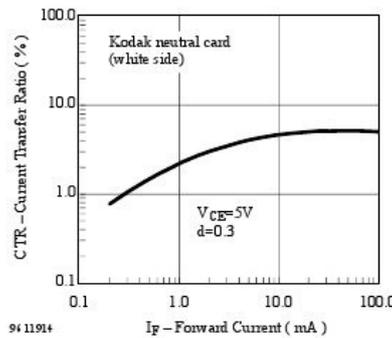
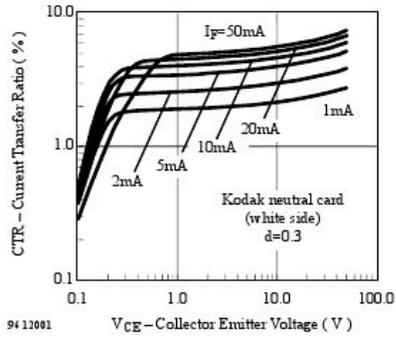


Figure 7. Current Transfer Ratio vs. Forward Current

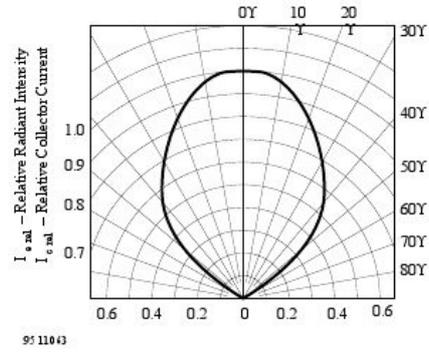


CNY70
Vishay Semiconductors



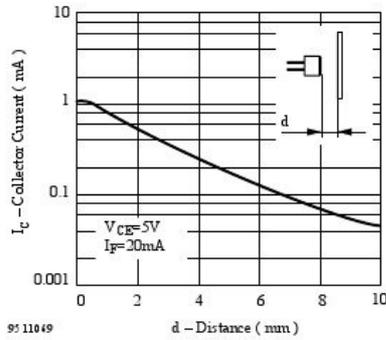
94 12001

Figure 8. Current Transfer Ratio vs. Collector Emitter Voltage



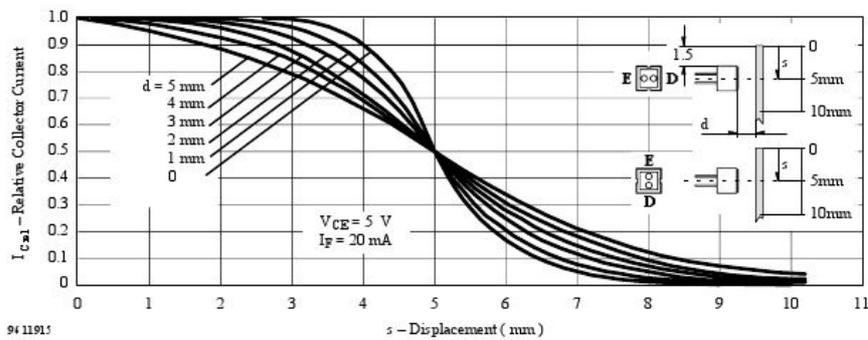
95 11043

Figure 10. Relative Radiant Intensity/Collector Current vs. Displacement



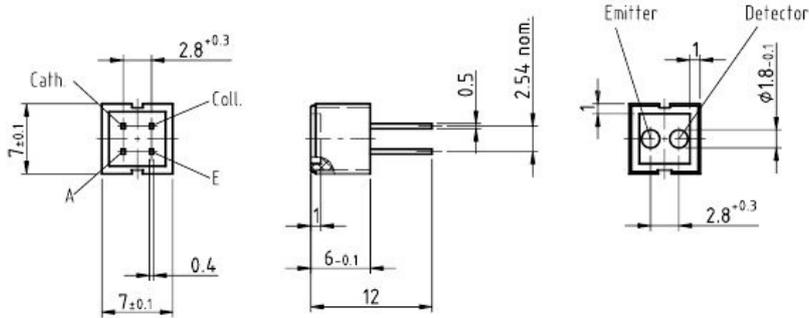
95 11049

Figure 9. Collector Current vs. Distance



94 11913

Figure 11. Relative Collector Current vs. Displacement

CNY70**Vishay Semiconductors****Dimensions of CNY70 in mm**

weight: ca. 0.70g

Drawing-No.: 6.544-5062.01-4
 Issue: 4; 24.03.00



95 11345

DATASHEET LECTOR PROXPOINT PLUS 6005

Lector de tarjeta de proximidad • 6005

Lector ProxPoint Plus

125 kHz Proximity

ACCESS reliability.

Aplicación

El lector ProxPoint® de HID brinda un diseño discreto, atractivo, con circuitos electrónicos protegidos por encapsulación, ideal para utilizarse en interiores o exteriores.

Beneficios

- ▶ Brinda mayor calidad a un precio económico.
- ▶ Permite actualizar fácilmente las instalaciones de control de acceso con la tecnología de proximidad cambiando los lectores y tarjetas existentes.
- ▶ Dentro de las capacidades estándar se incluyen un indicador DEL multicolor y la compatibilidad con todos los sistemas de control de acceso convencionales.
- ▶ Puede leer tarjetas HID con formatos de hasta 85 bits.
- ▶ Ofrece una alta confiabilidad, gran capacidad de alcance de lectura y bajo consumo en un modelo simple y de fácil instalación.
- ▶ Diseñado para montarse directamente sobre metal sin alterar su alcance de lectura.
- ▶ Disponible con salida Wiegand o Clock-and-Data (datos de banda magnética).

Características

Especificaciones

Montaje	Diseñado para no incomodar el paso y montarse directamente sobre metal.
Indicación visual	Cuando se acerca una tarjeta de proximidad al lector, el indicador LED rojo parpadea cambiando a verde.
Diagnósticos	Cuando se activa el lector, un auto-test interno de rutina revisa y verifica los parámetros de configuración e inicia el funcionamiento del lector.
Diseño para interiores y exteriores	Recubierto en policarbonato sólido resistente a las inclemencias del tiempo, ha sido diseñado para soportar ambientes rigurosos y brindar un alto grado de resistencia a los malos tratos.
Interfaz simple	Posee una interfaz compatible con todos los sistemas de protocolos de acceso Wiegand existentes. Envía datos en formato Wiegand o un formato Clock-and-Data opcional (simulación de lector de banda magnética).
Seguridad	Reconoce tarjetas HID con formatos de hasta 85 bits.
Garantía	Tiene garantía de por vida contra defectos de los materiales y mano de obra a partir de la fecha de envío (para mayor información, vea las condiciones completas de la garantía).
Números de pieza	Número de pieza base: 6005 Interfaz Wiegand Número de pieza base: 6008 Interfaz Clock-and-Data Descripción: LED de tres estados, conexión de cable trenzado
Opciones	<ul style="list-style-type: none"> • Color (gris, beige, negro o blanco) • Etiqueta personalizada • Armazón con grabado personalizado <p>(Sirvase leer la guía "Cómo realizar su pedido" para obtener una descripción de las opciones disponibles y los números de pieza correspondientes).</p>

Alcance máximo* típico de lectura

Tarjeta ProxCard® II - Distancia de hasta 7,5 cm
 Tarjeta ISOProx® II - Distancia de hasta 6,25 cm
 Tarjeta DuoProx® II - Distancia de hasta 6,25 cm
 Llave de seguridad ProxKey™ II - Distancia de hasta 3,7 cm
 Tarjeta ProxCard Plus™ - Distancia de hasta 2,5 cm
 Tarjeta SmartProx™ - Distancia de hasta 3,7 cm
 * Dependiendo de las condiciones locales de instalación.

Dimensiones

7,96 x 4,3 x 1,3 cm

Material

Policarbonato UL 94

Fuente de alimentación eléctrica

4,75-16 V CC

Se recomienda la alimentación por cable.

Corriente Máxima Requerida

Voltaje (CC)

Promedio 35 mA, Pico 60 mA

Temperatura operativa

-30° a 65° C

Humedad operativa

0-95% de humedad relativa (sin condensación)

Frecuencia de transmisión

125 kHz

Peso

75 g

Certificaciones

Homologado como UL 294

FCC sección 15, EE.UU.

R&TTE: Alemania, Reino Unido, Francia

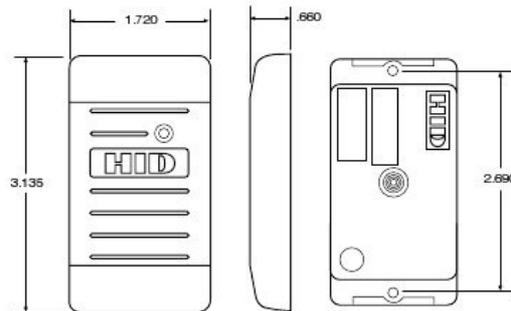
Conformidad CE aprobada

EN55022, Australia

Distancia de cable

Interfaz Wiegand o Clock-and-Data: 150 m

Se recomienda utilizar un cable conductor 5 ALPHA I 295C (22AWG) con pantalla completa u otro equivalente.



© 2007 HID Global. All rights reserved. HID, and the HID logo are trademarks or registered trademarks of HID Global in the U.S. and/or other countries. All other trademarks, service marks, and product or service names are trademarks or registered trademarks of their respective owners. Rev. 4/2007



MKT-PROXPO INT_DS_ES



ACCESS experience.

hidcorp.com

HID Global Offices:

Corporate
 North America
 9292 Jeronimo Road
 Irvine, CA 92618-1905
 U.S.A.
 Phone: (800) 237-7769
 Phone: (949) 598-1600
 Fax: (949) 598-1690

Asia Pacific
 19/F 625 King's Road
 North Point
 Island East
 Hong Kong
 Phone: +852 3160-9800
 Fax: +852 3160-4809

Latin America
 Circunvalación Ote. #20 I B
 Despacho 2
 Col. Jardines del Moral
 León 37160, Gto.
 Mexico
 Phone: +52 477 779 1492
 Fax: +52 477 779 1493

Europe, Middle East & Africa
 Homefield Road
 Haverhill, Suffolk
 CB9 8QP
 England
 Phone: +44 (0) 1440 714 850
 Fax: +44 (0) 1440 714 840

An ASSA ABLOY Group brand

ASSA ABLOY

DATASHEET TARJETA PROXCARD II



Aplicación

La tarjeta de acceso por proximidad ProxCard® II programable por RF es la elegida de la industria como solución rentable de control de acceso por proximidad.

Beneficios

- ▀ Cubierta duradera y alcance estable de lectura.
- ▀ Lo suficientemente delgada y flexible para llevarse en la billetera o el porta-tarjetas.
- ▀ Está disponible la impresión personalizada de tarjetas.
- ▀ Un revestimiento de PVC permite incorporar fotografías identificatorias empleando la mayoría de las impresoras de imagen directa.
- ▀ Es posible abastecer pedidos por cantidades menores, realizar codificaciones especiales y hacer entregas de un día para el otro con el ProxProgrammer® de HID.

Características **Especificaciones**

- Descripción** Programable por RF, 125 kHz, diseño de HID, números de identificación especificados por el cliente, ranura de perforación.
- Tecnología confiable, de eficacia comprobada** Ofrece un alcance de lectura extremadamente estable. No se ve afectada por obstrucciones o condiciones ambientales variables, incluso si está cerca de llaves y/o monedas.
- De uso conveniente** Del tamaño de una tarjeta de crédito, cabe en la billetera o el monedero.
- De fácil manejo** Una lista de referencias cruzadas correlaciona el número externo de la tarjeta con el número de identificación programado y posibilita una administración fácil del sistema.
- Seguridad** Están disponibles más de 137.000 millones de códigos únicos.
- Vida útil prolongada** Su diseño pasivo y sin pilas le permite realizar un número ilimitado de lecturas.
- Durabilidad** Fuerte, flexible, resistente a las fisuras y roturas.
- Garantía** Garantizada de por vida contra defectos de los materiales y la mano de obra desde la fecha de envío (para mayor información, vea las condiciones completas de la garantía).

Alcance máximo* típico de lectura
 Lector MiniProx™ - Distancia de hasta 14 cm
 Lector ThinLine II® - Distancia de hasta 14 cm
 Lector ProxPro® - Distancia de hasta 20 cm
 Lector NT MaxiProx® - Distancia de hasta 60 cm
 * Dependiendo de las condiciones locales de instalación

Dimensiones
 8,57 x 5,40 x 0,18 cm máx.

Temperatura operativa
 -45° a 70° C

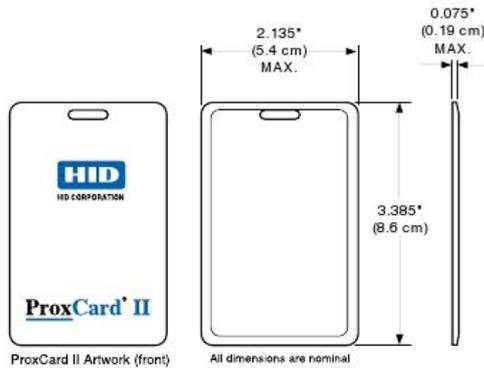
Peso
 6,8 g

Opciones
 • Numeración externa de las tarjetas
 • Gráficos personalizados

No. de pieza base
 1326

Productos complementarios
 Revestimiento de la cubierta
 1321 de fotografía
 Revestimiento de PVC para 1324 impresión directa

(Sirvase leer la guía "Cómo realizar su pedido" para obtener una descripción de las opciones disponibles y los números de pieza correspondientes)



© 2007 HID Global. All rights reserved. HID, and the HID logo are trademarks or registered trademarks of HID Global in the U.S. and/or other countries. All other trademarks, service marks, and product or service names are trademarks or registered trademarks of their respective owners. Rev. 4/2007

For best results, please print on recycled paper.

PKT-PROXCA RDIL_DS_ES



ACCESS experience.

hidcorp.com

HID Global Offices:

Corporate
 North America
 9292 Jeronimo Road
 Irvine, CA 92618-1905
 U.S.A.
 Phone: (800) 237-7769
 Phone: (949) 598-1600
 Fax: (949) 598-1690

Asia Pacific
 19/F 625 King's Road
 North Point
 Island East
 Hong Kong
 Phone: +852 3160-9800
 Fax: +852 3160-4809

Latin America
 Circunvalación Ote. #201 B
 Despacho 2
 Col. Jardines del Moral
 Leon 37160, Gto.
 Mexico
 Phone: +52 477 779 1492
 Fax: +52 477 779 1493

Europe, Middle East & Africa
 Homefield Road
 Haverhill, Suffolk
 CB9 8QP
 England
 Phone: +44 (0) 1440 714 850
 Fax: +44 (0) 1440 714 840

An ASSA ABLOY Group brand

ASSA ABLOY

DATASHEET GP1S50

SHARP

GP1S50/GP1S51V/GP1S52V/GP1S54

**GP1S50/GP1S51V
GP1S52V/GP1S54**

**General Purpose
Photointerrupter**

s Features

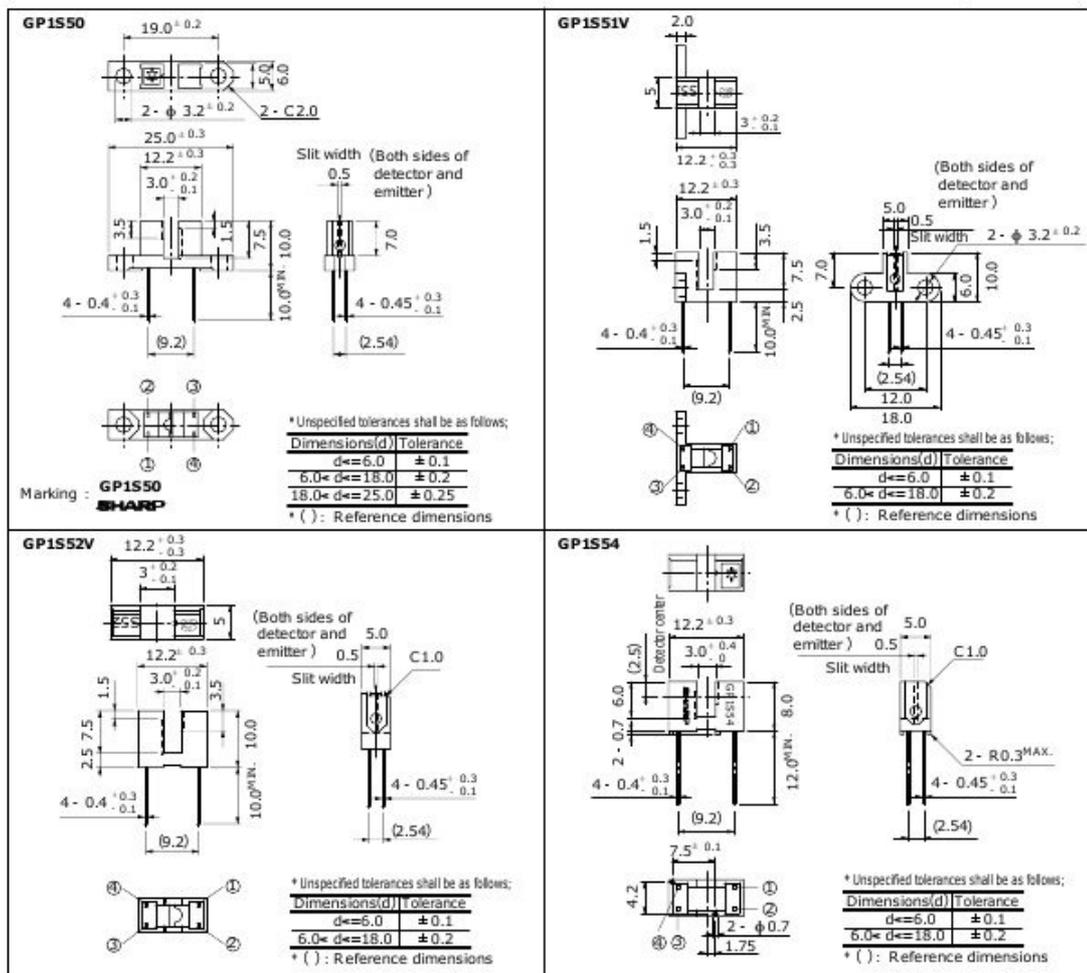
1. High sensing accuracy (Slit width : 0.5mm)
2. Both-sides mounting type : **GP1S50** (Case height : 10mm)
Either-side mounting type : **GP1S51V** (Case height : 10mm)
PWB direct mounting type : **GP1S52V** (Case height : 10mm)
PWB direct mounting type : **GP1S54** (Case height : 8mm)

s Applications

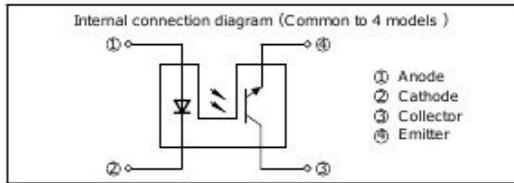
1. OA equipment, such as FDDs, printers, facsimiles
2. VCRs

s Outline Dimensions

(Unit : mm)



* In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device.*

SHARP**GP1S50/GP1S51V/GP1S52V/GP1S54****s Absolute Maximum Ratings**(T_a = 25°C)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I _F	50	mA
	*1 Peak forward current	I _{FM}	1	A
	Reverse voltage	V _R	6	V
	Power dissipation	P	75	mW
Output	Collector-emitter voltage	V _{CEO}	35	V
	Emitter-collector voltage	V _{ECO}	6	V
	Collector current	I _C	20	mA
	Collector power dissipation	P _C	75	mW
Operating temperature		T _{opr}	- 25 to + 85	°C
Storage temperature		T _{stg}	- 40 to + 100	°C
*2 Soldering temperature		T _{sol}	260	°C

*1 Pulse width ≤ 100 μs, Duty ratio = 0.01

*2 For 5 seconds

s Electro-optical Characteristics(T_a = 25°C)

Parameter		Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit							
Input	Forward voltage	V _F	I _F = 20mA	-	1.25	1.4	V							
				-	1.2	1.4								
	Peak forward voltage	V _{FM}	I _{FM} = 0.5A	-	3	4	V							
Reverse current		I _R	V _R = 3V	-	-	10	μA							
Output	Collector dark current	I _{CDO}	V _{CE} = 20V	-	1	100	nA							
Transfer characteristics	Collector Current	I _C	I _F = 20mA, V _{CE} = 5V	0.5	-	5	mA							
Transfer characteristics	Response time	V _{CE(sat)}	I _F = 40mA, I _C = 0.5mA	-	-	0.4	V							
								Rise time	t _r	V _{CE} = 2V, I _{CE} = 2mA	-	3	15	μs
								Fall time	t _f					

SHARP

GP1S50/GP1S51V/GP1S52V/GP1S54

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature

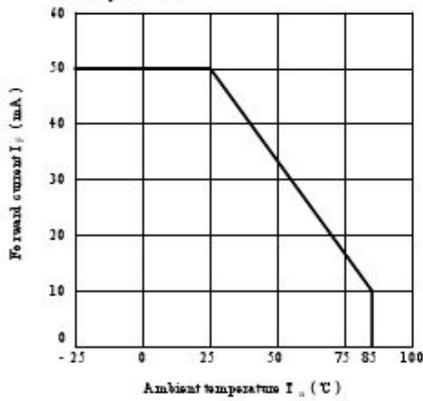


Fig. 2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

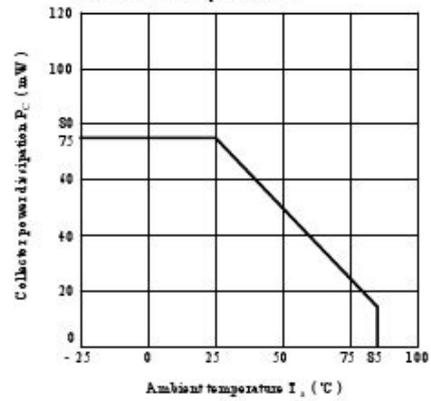


Fig. 3 Peak Forward Current vs. Duty Ratio

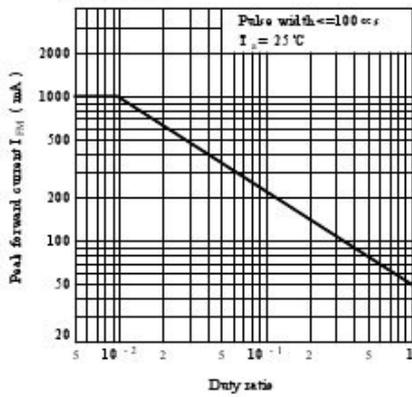


Fig. 4 Forward Current vs. Forward Voltage

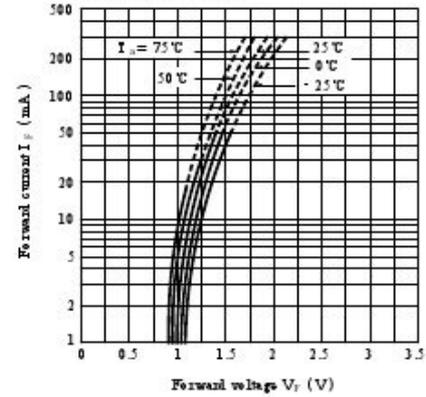


Fig. 5 Collector Current vs. Forward Current

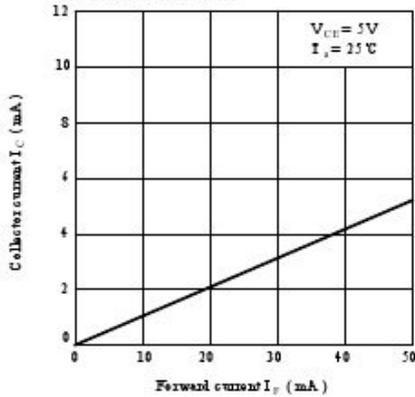
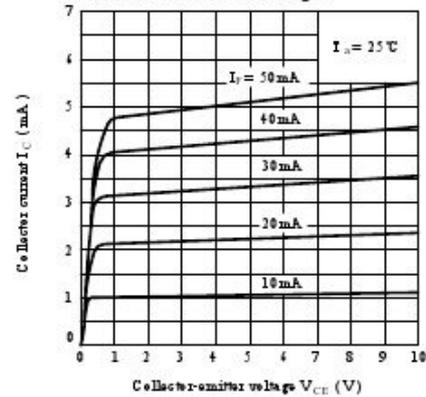


Fig. 6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage



SHARP

GP1S50/GP1S51V/GP1S52V/GP1S54

Fig. 7 Collector Current vs. Ambient Temperature

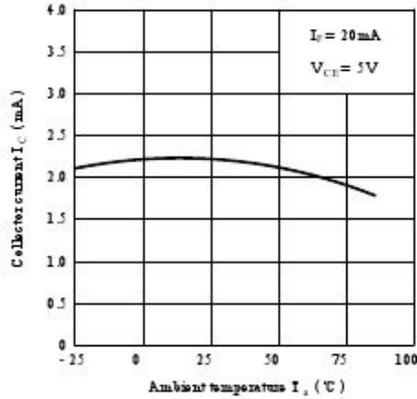


Fig. 8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

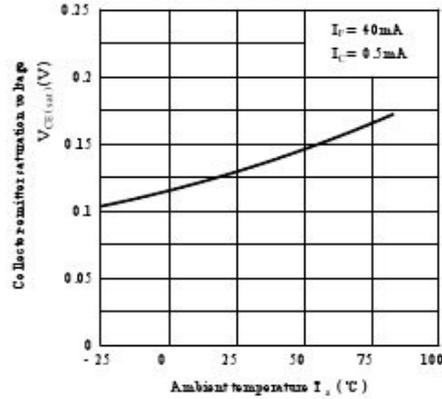
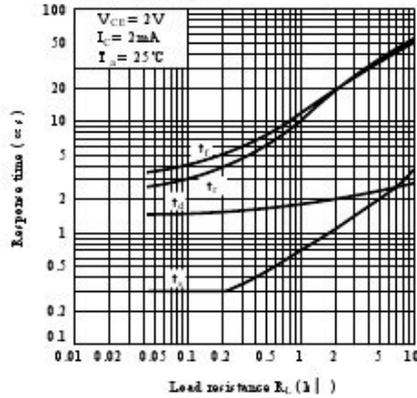


Fig. 9 Response Time vs. Load Resistance



Test Circuit for Response Time

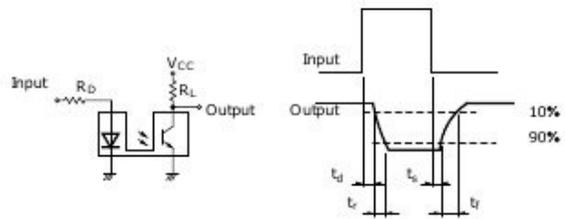


Fig.10 Frequency Response

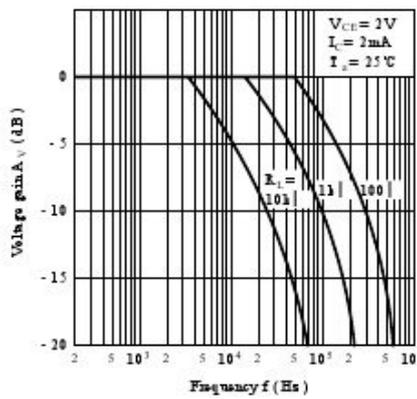
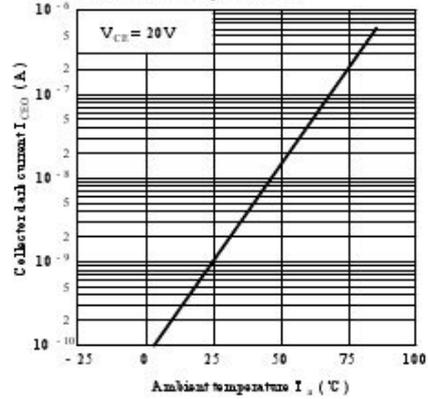


Fig.11 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature



SHARP

GP1S50/GP1S51V/GP1S52V/GP1S54

Fig.12 Relative Collector Current vs. Shield Distance (1)

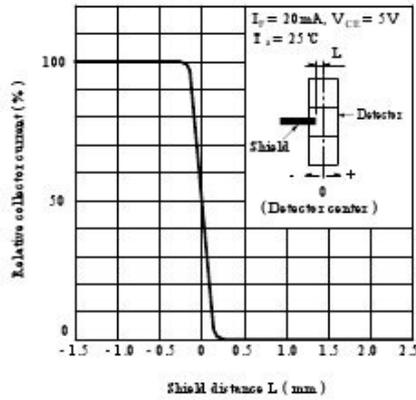
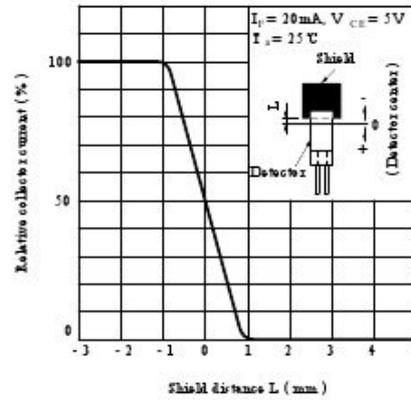


Fig.13 Relative Collector Current vs. Shield Distance (2)



s Precautions for Use

- (1) In case of cleaning, use only the following type of cleaning solvent.
Ethyl alcohol, methyl alcohol, Isopropyl alcohol
- (2) Please refer to the chapter "Precautions for Use".

DATASHEET GP2D12

SHARP**GP2D12/GP2D15****Distance Measuring Sensors**

■ Specifications

GP2D12 (Ta=25°C)

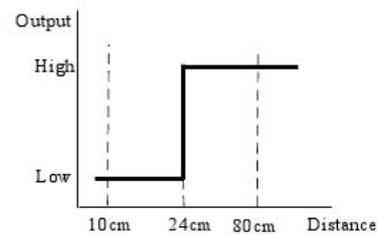
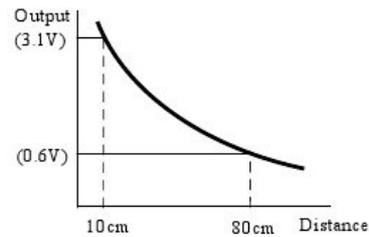
Parameter	Symbol	Rating
Supply voltage	V _{cc}	4.5 to 5.5V
Dissipation current	I _{cc}	MAX.35mA
Measuring range	L	10 to 80cm
Output type	—	Analog output
Operating temperature	T _{opr}	-10 to +60°C

GP2D15 (Ta=25°C)

Parameter	Symbol	Rating
Supply voltage	V _{cc}	4.5 to 5.5V
Dissipation current	I _{cc}	MAX.35mA
*Judgement distance	L	TYP.24cm
Output type	—	Digital output
Operating temperature	T _{opr}	-10 to +60°C

* Adjustable within the range of 10 to 80cm. <Custom products>

■ Output pattern

**SHARP**

As of May 1997

Tec.U970501

DATASHEET L293

L293, L293D
QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

- Featuring Unitorde L293 and L293D Products Now From Texas Instruments
- Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V
- Separate Input-Logic Supply
- Internal ESD Protection
- Thermal Shutdown
- High-Noise-Immunity Inputs
- Functional Replacements for SGS L293 and SGS L293D
- Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)
- Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)
- Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)

description

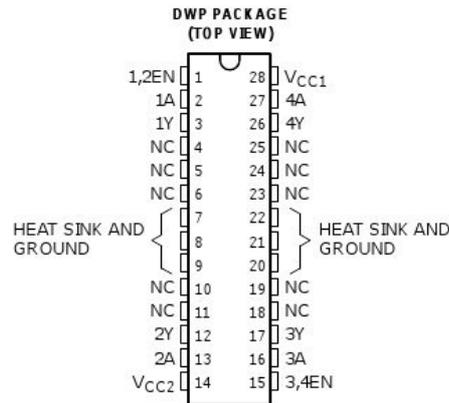
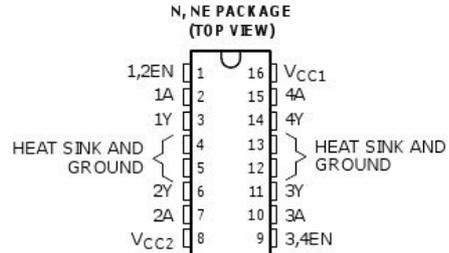
The L293 and L293D are quadruple high-current half-H drivers. The L293 is designed to provide bidirectional drive currents of up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. Both devices are designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, dc and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

All inputs are TTL compatible. Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled and their outputs are active and in phase with their inputs. When the enable input is low, those drivers are disabled and their outputs are off and in the high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers forms a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.

On the L293, external high-speed output clamp diodes should be used for inductive transient suppression.

A V_{CC1} terminal, separate from V_{CC2}, is provided for the logic inputs to minimize device power dissipation.

The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



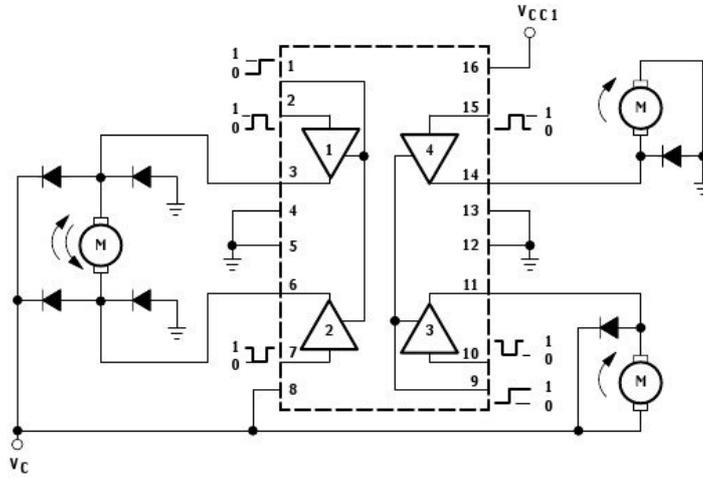
POST OFFICE BOX 655303 DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

L293, L293D
QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

block diagram



NOTE: Output diodes are internal in L293D.

TEXAS INSTRUMENTS
AVAILABLE OPTIONS

T _A	PACKAGE
	PLASTIC DIP (NE)
0°C to 70°C	L293NE L293DNE

Unitrode Products
from Texas Instruments
AVAILABLE OPTIONS

T _A	PACKAGED DEVICES	
	SMALL OUTLINE (DWP)	PLASTIC DIP (N)
0°C to 70°C	L293DWP L293DDWP	L293N L293DN

The DWP package is available taped and reeled. Add the suffix TR to device type (e.g., L293DWPTR).

**L293, L293D
QUADRUPLE HALF-H DRIVERS**

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

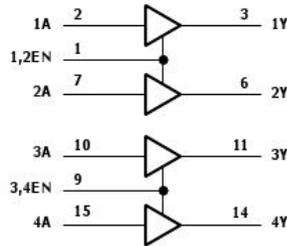
**FUNCTION TABLE
(each driver)**

INPUTS†		OUTPUT
A	EN	Y
H	H	H
L	H	L
X	L	Z

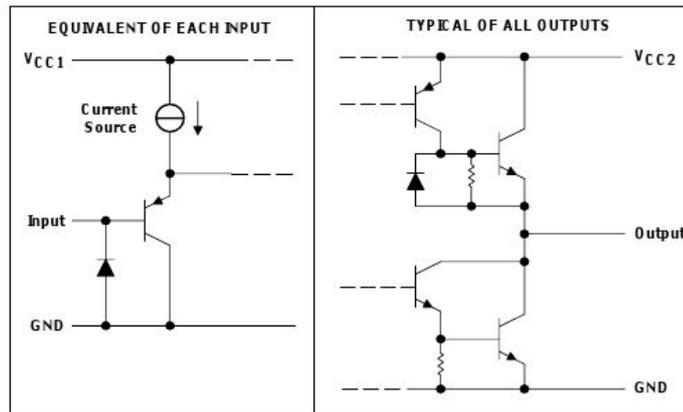
H = high level, L = low level, X = irrelevant,
Z = high impedance (off)

† In the thermal shutdown mode, the output is
in the high-impedance state, regardless of
the input levels.

logic diagram



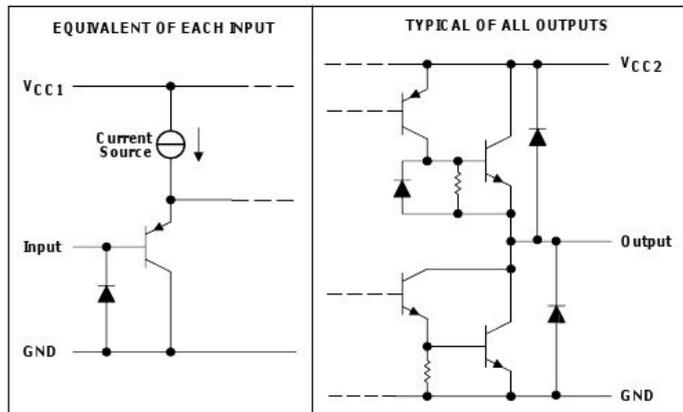
schematics of inputs and outputs (L293)



**L293, L293D
QUADRUPLE HALF-H DRIVERS**

SLRS0088 – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

schematics of inputs and outputs (L293D)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)[†]

Supply voltage, V_{CC1} (see Note 1)	36 V
Output supply voltage, V_{CC2}	36 V
Input voltage, V_I	7 V
Output voltage range, V_O	-3 V to $V_{CC2} + 3$ V
Peak output current, I_O (nonrepetitive, $t^* 5$ ms): L293	± 2 A
Peak output current, I_O (nonrepetitive, $t^* 100 \mu\text{s}$): L293D	± 1.2 A
Continuous output current, I_O : L293	± 1 A
Continuous output current, I_O : L293D	± 600 mA
Continuous total dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Notes 2 and 3)	2075 mW
Continuous total dissipation at 80°C case temperature (see Note 3)	5000 mW
Maximum junction temperature, T_J	150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

[†] Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
1. All voltage values are with respect to the network ground terminal.
 2. For operation above 25°C free-air temperature, derate linearly at the rate of 16.6 mW/°C.
 3. For operation above 25°C case temperature, derate linearly at the rate of 71.4 mW/°C. Due to variations in individual device electrical characteristics and thermal resistance, the built-in thermal overload protection may be activated at power levels slightly above or below the rated dissipation.

**L293, L293D
QUADRUPLE HALF-H DRIVERS**

SLRS0088 – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

recommended operating conditions

		MIN	MAX	UNIT
Supply voltage	V _{CC1}	4.5	7	V
	V _{CC2}	V _{CC1}	36	
V _{IH} High-level input voltage	V _{CC1} [†] 7 V	2.3	V _{CC1}	V
	V _{CC1} ≥ 7 V	2.3	7	V
V _{IL} Low-level output voltage		-0.3 [†]	1.5	V
T _A Operating free-air temperature		0	70	°C

[†] The algebraic convention, in which the least positive (most negative) designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels.

electrical characteristics, V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
V _{OH} High-level output voltage	L293: I _{OH} = -1 A L293D: I _{OH} = -0.6 A	V _{CC2} -1.8	V _{CC2} -1.4		V	
V _{OL} Low-level output voltage	L293: I _{OL} = 1 A L293D: I _{OL} = 0.6 A		1.2	1.8	V	
V _{OKH} High-level output clamp voltage	L293D: I _{OK} = -0.6 A		V _{CC2} + 1.3		V	
V _{OKL} Low-level output clamp voltage	L293D: I _{OK} = 0.6 A		1.3		V	
I _{IH} High-level input current	A EN V _I = 7 V		0.2	100	mA	
			0.2	10		
I _{IL} Low-level input current	A EN V _I = 0		-3	-10	mA	
			-2	-100		
I _{CC1} Logic supply current	I _O = 0	All outputs at high level		13	22	mA
		All outputs at low level		35	60	
		All outputs at high impedance		8	24	
I _{CC2} Output supply current	I _O = 0	All outputs at high level		14	24	mA
		All outputs at low level		2	6	
		All outputs at high impedance		2	4	

switching characteristics, V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER	TEST CONDITIONS	L293NE, L293DNE			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
t _{pLH} Propagation delay time, low-to-high-level output from A input	C _L = 30 pF, See Figure 1		800		ns
t _{pHL} Propagation delay time, high-to-low-level output from A input			400		ns
t _{TLH} Transition time, low-to-high-level output			300		ns
t _{THL} Transition time, high-to-low-level output			300		ns

switching characteristics, V_{CC1} = 5 V, V_{CC2} = 24 V, T_A = 25°C

PARAMETER	TEST CONDITIONS	L293DWP, L293N L293DWP, L293DN			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
t _{pLH} Propagation delay time, low-to-high-level output from A input	C _L = 30 pF, See Figure 1		750		ns
t _{pHL} Propagation delay time, high-to-low-level output from A input			200		ns
t _{TLH} Transition time, low-to-high-level output			100		ns
t _{THL} Transition time, high-to-low-level output			350		ns

DATASHEET SRM6100



INDUSTRIAL WIRELESS SERIAL 2.4 GHz BAND

SRM6100

SERIAL RADIO MODEM FOR THE 2.4 GHz BAND



Data-Linc Group's wireless, license-free SRM6100 Serial Modem offers superior reliability, versatility and performance for wireless serial transmission. The SRM6100 is factory pre-configured for easy, hassle-free installation. It offers an unsurpassed rated range of up to 15 miles (24 km) with line-of-sight and omni directional antennas, farther with Repeaters and/or high gain antennas.

The SRM6100 employs Smart Spectrum™ frequency hopping spread spectrum (FHSS) technology in the 2.4-2.4835 GHz frequency band for secure, robust communication. Data-Linc Group's FHSS technology, coupled with 32-bit CRC error detection, enables the SRM6100 to reliably deliver critical information.

RF site surveys are usually unnecessary and an FCC site license is not required. The SRM6100 wireless technology eliminates the need for hard wire or fiber cable, which is often expensive and difficult to install.

The SRM6100 supports a number of configurations, including point-to-point, point-to-multipoint as well as multiple Repeaters if required. Multipoint operation permits an unlimited number of Remotes. The SRM6100 can also function as a Repeater/Remote to extend range or communicate around obstructions. Back-to-back radio modems are not required for Repeater function.

SRM6100 FEATURES

- License-free wireless—operates in the 2.4-2.4835 GHz ISM (industrial/scientific/medical) band
- Rated range of up to 15 miles (24 km) in optimal conditions with line of sight—farther with Repeaters and/or high gain antennas
- Employs Smart Spectrum™ frequency hopping technology for exceptional data integrity—including high noise environments
- Factory or field configured for your application—ensuring trouble-free installation
- User configurable for Master, Remote, Repeater or Remote/Repeater mode
- Frequency key options allow for different systems to operate simultaneously in close proximity
- PLC slot mount models and European Union versions also available

APPLICATIONS

- PLCs located on moving platforms, overhead cranes and turntables or other revolving equipment
- Remote PLC programming
- SCADA systems, such as water/wastewater, utilities and oil/gas systems
- Underground or off-shore communications
- High RFI environments (e.g., steel, manufacturing)
- Industrial automation machine control on plant floors

SRM6100 SPECIFICATIONS**Operating Frequency**
License-free, 2.4-2.4835 GHz**Transmitter**

Rated Range. 15 miles (24 km), line of sight distance, farther with Repeaters and/or high gain antenna

Output Power. 500 mW maximum (10 programmable steps up to 500 mW) (+27 dBm)

Modulation. Spread Spectrum, GFSK

Spreading Code. Frequency Hopping

Hop Patterns. 15 (user selectable)

Occupied Bandwidth. 230 KHz

Receiver

Sensitivity. -107 dBm @ 10^{-4} raw BER;

-105 dBm @ 10^{-6} raw BER

Selectivity. 40 dB @ fc +230 KHz;

60 dB @ fc +460 KHz

System Gain. 135 dB

RF Data Transmission

Error Detection. 32 Bit CRC

Data Encryption. Substitution Dynamic Key

RF Data Rate. 144 Kbps - 188 Kbps

Interface

RS232. Asynchronous, 10 or 11 bit words

Optional RS422 and AE485 host interface

Data Throughput (uncompressed).

1200 Baud - 115.2 Kbaud (115.2 Kbaud throughput measured assuming 75% frequency availability)

Connector. RS232, DB9 female

Antenna

Standard thread SMA female

Supplied bench test antenna

Optional external omni directional or yagi antenna available

Power

Supply Voltage. 10.5 - 18 VDC; 12 VDC exterior

wall mounted transformer. Optional 24 VDC

Peak Transmit Current. 650 mA @ 12 VDC

Receive Current. 100 mA @ 12 VDC

Operating Modes

Point-to-point, point-to-multipoint, Store-and-Forward Repeater, Repeater/Remote,

Diagnostics

Serial Data Port. Stored signal strength, noise and disconnect information

Optional. *LincView™* Diagnostics for real-time RF network monitoring

Operating Environment

Temperature. -40° to 167°F (-40° to 75°C)

Humidity. 0 to 95% non-condensing humidity

Enclosure

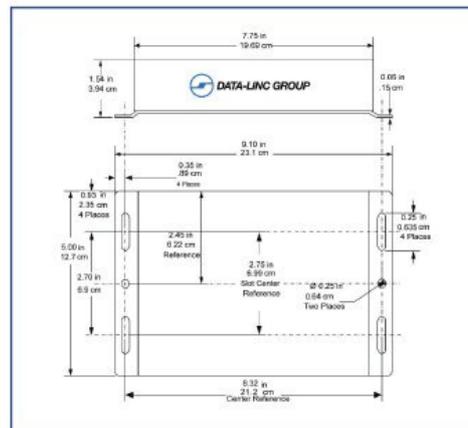
Standard. NEMA 1; 18-gauge steel with mounting flanges

Chassis Mount. Available for Allen-Bradley, GE Fanuc, Schneider

Weight. 2 lbs (.91k)

Specifications subject to change without notice.

PlantLinc is a trademark of Data-Linc Group.
©2006, Data-Linc Group. All rights reserved.

SRM6100 DIMENSIONS**LincView™ OPC**
DIAGNOSTICS SOFTWARE

Data-Linc Group's *LincView™* OPC Software provides an optional RF network diagnostics management tool for any of the wireless stand-alone modems in the SRM Family. *LincView OPC* offers OPC offers complete system network monitoring and maintenance from your Master location. Key parameters at a remote location can be monitored or changed with a few simple keystrokes. This allows technicians to track the actual data path to the Master, view every SRM network link in miles or kilometers and monitor key parameters such as signal or noise level, voltage and much more. *LincView OPC* even provides visual trend analysis of packet errors, supply voltage levels and radio temperature.

ALLIANCE PARTNERS**DATA-LINC GROUP**

Corporate Headquarters
3535 Facteria Blvd. SE, Suite 100
Bellevue, WA 98006 USA
info@data-linc.com

Tel: (425) 882-2206
Fax: (425) 867-0865
www.data-linc.com

P/N 155-09981-005B 02/08

FECHA DE ENTREGA

El proyecto de grado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT MÓVIL
PROTOTIPO DISPENSADOR DE BANDEJAS” fue entregado al departamento de
Eléctrica y Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército.

Sangolquí, _____

Elaborado por:

Santiago V. Gómez Rosero

Autoridades:

Ing. Víctor Proaño
Director de la Carrera
Ingeniería Electrónica, Automatización y Control.