S.E.P. S.E.S.T.N.M. Tec.N.M.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TOLUCA

SISTEMA DE CONTROL A DISTANCIA PARA UNA PLATAFORMA MÓVIL MECÁNICA- ELÉCTRICA MEDIANTE TECNOLOGÍA BLUETOOTH

OPCION III

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTA:

MIGUEL EFRAÍN GONZÁLEZ CORREA

No. CONTROL: 08280589

ASESOR:

ING. GABRIEL LOPEZ REYES

METEPEC, ESTADO DE MÉXICO, SEPTIEMBRE DE 2016

Resumen

El siguiente proyecto se desarrolló con el fin de llevar parte de la solución ante inconvenientes que se presentan en las industrias donde el personal se expone a riesgos de diversos tipos al tener contacto con objetos o sustancias peligrosas. Esto se lleva a cabo mediante el diseño y construcción de una plataforma móvil para la manipulación y transportación de objetos.

El control del vehículo está basado en un microcontrolador PIC18f4550 que mantiene una comunicación en tiempo real con el módulo Bluetooth HC – 06, el cual es el medio de comunicación para el control desde el Bluetooth Serial Controller, una aplicación en el sistema de Android. Esto permite que el control del vehículo esté al alcance de cualquier usuario de esta plataforma.

Índice

Introducción……..1

Planteamiento del problema……..3

Objetivo general……..4

Justificación……...5

Capítulo I

Antecedentes de los robots móviles……..6

1.1 Generalidades y definiciones……...6

1.2 Avances recientes en robótica móvil…….....8

Capítulo II

Introducción a los sistemas mecánicos en dispositivos móviles…….....12

2.1 Transmisiones por cadena……..12

2.2 Tipos de cadenas…….....13

2.2.1 Cadenas de transmisión de potencia……14

2.2.2 Cadenas de manutención o transportadoras……..16

2.2.3 Cadenas de carga……17

2.3 Accionamiento de las transmisiones por cadena y su relación de transmisión……18

2.3.1 Relación de transmisión……..19

2.3.2 Distancia entre ejes……20

2.3.3 Largo de la cadena……..21

2.4Diseño y construcción de la parte mecánica del vehículo……22

Capítulo III

Desarrollo de la comunicación con el módulo de Bluetooth HC - 06 y programación del control del vehículo…….....34

3.1 Introducción a la tecnología Bluetooth…….34
3.2 Características del módulo Bluetooth HC – 06……...38
3.3 Características del microcontrolador PIC18F4550……40
3.4 Primeras pruebas de comunicación entre el microcontrolador y el módulo HC - 06…….42
3.5 Programación del control del vehículo…….47

Capítulo IV
Incorporación de la circuitería de potencia y la alimentación…….49

4.1 Diseño del circuito de potencia acoplado al control……...49

Capítulo V
Conclusiones y Observaciones…….....55

5.1 Conclusiones……55
5.2 Observaciones……..…...55

Referencias consultadas…….....56

Índice de figuras

Figura 1.1 Dibujo del robot móvil de patente del año 94……....10

Figura 1.2 Esquema en tres dimensiones del AVATAR ONE EO……11

Figura 2.1 Transmisión por cadena…..……...12

Figura 2.2 Cadena de casquillos fijos..……...14

Figura 2.3 Cadena de bujes…….……14

Figura 2.4 Cadena de rodillos……...…...15

Figura 2.5 Cadena silenciosa de casquillos o cadena Gale……15

Figura 2.6 Cadena silenciosa con pasador de media caña……....16

Figura 2.7 Tipos de Cadenas de Manutención o transportadoras……17

Figura 2.8 Tipos de Cadenas de Carga……18

Figura 2.9 Conservación del sentido de giro de una transmisión por cadena……19

Figura 2.10 Distancia entre ejes……..21

Figura 2.11 Diagrama de bloques de la plataforma móvil……...22

Figura 2.12 Transmisión de cadena para las ruedas de la plataforma……24

Figura 2.13 Vista isométrica de la plataforma……..…25

Figura 2.14 Vista superior de la plataforma……...25

Figura 2.15 Vista lateral izquierda de la plataforma……26

Figura 2.16 Distribución de la transmisión por cada par de ruedas con los motores acoplados, vista superior……..27

Figura 2.17 Motor con piñón de 10 dientes acoplado a la flecha……..28

Figura 2.18 Motor montado en el chasis……29

Figura 2.19 Platos de 28 dientes unidos a las ruedas……29

Figura 2.20 Seccionador de cadena de bujes……...30

Figura 2.21 Ruedas acopladas por cadena……...30

Figura 2.22 Chasis, transmisión y batería incorporados al sistema……..31

Figura 2.23 Seccionador de eslabones de cadena de motocicleta……32

Figura 2.24 Transmisión modificada……...33

Figura 3.1 Saltos de frecuencia……...36

Figura 3.2 Módulo HC-06……39

Figura 3.3 encapsulado PDIP……41

Figura 3.4 Comunicación serial entre 2 uC…….....42

Figura 3.5 Vista predeterminada del panel de control……44

Figura 3.6 Menú de configuración del Bluetooth Serial Controller……....45

Figura 3.7 Configuración de nombres de los botones……45

Figura 3.8 Configuración de los comandos de los botones……46

Figura 3.9 Configuración de la visibilidad de botones……46

Figura 3.10 Panel de control del Bluetooth Serial Controller……..47

Figura 3.11 Diagrama del sistema de control……48

Figura 4.1 Diagrama del circuito de control y potencia para la plataforma……..51

Figura 4.2 Representación 3D en ARES……...52

Figura 4.3 Circuito impreso físico……52

Figura 4.4 Aspecto físico real de la plataforma robótica terminada……..53

Introducción

El desarrollo de la robótica, inicialmente, se enfocó al análisis, diseño, construcción y control de robots de tipo manipulador, esto a causa de sus múltiples y variadas aplicaciones en la industria. Durante las últimas décadas, los robots móviles han recibido mayor atención por parte de la comunidad científica, siendo los robots móviles de ruedas (RMR) los más construidos, evaluados y reportados en trabajos de investigación, debido a sus crecientes aplicaciones en la exploración planetaria, la minería, la inspección y vigilancia, el rescate de personas, la limpieza de desechos peligrosos, la asistencia médica, entre otras.

El presente trabajo pretende solucionar parte del problema de seguridad que está presente en diversas situaciones donde el humano se expone a riesgos físicos, e incluso expone la propia vida al manipular materiales u objetos peligrosos o simplemente se requiera manipular o transportar objetos a distancia.

El control de una plataforma para soportar la utilización de herramientas manipulables en robótica móvil; que es como se propone el proyecto de titulación en su primera fase, y de esta manera resolver la parte del sistema de control y manipulación de movimientos, que van desde el avance, retroceso, izquierda y derecha así como alto y aceleración variable.

El primer capítulo introduce los sistemas de robots móviles con definiciones, conceptos y dando una vista general de los avances que existen dentro de este campo en la actualidad.

En el segundo capítulo se explican los principios básicos para utilizar una transmisión por cadena para la tracción del vehículo, se consideran algunos criterios de diseño de las mismas y se expone la propuesta de diseño para el chasis y la vista final de la plataforma robótica.

El tercer capítulo trata lo concerniente a la comunicación y control del vehículo realizando las primeras pruebas con el módulo Bluetooth y la APK (aplicación) de Android. Todo esto comandado por el microcontrolador PIC18F4550.

En el cuarto capítulo se realiza el diseño de la electrónica que finalmente mueve la plataforma en conjunto con la alimentación de los motores y la alimentación del circuito de comunicación y control.

El quinto y último capítulo expone las conclusiones y observaciones para futuro desarrollo del proyecto o correcciones del mismo.

Planteamiento del problema

La mayoría de los empleadores lucha por crear y mantener un lugar de trabajo seguro para sus empleados. De hecho, la seguridad en el lugar de trabajo es a menudo una importante prioridad para dueños de negocios y gerentes en toda clase de lugares de trabajo e industrias. Esto se debe a que, cuando ocurre un accidente, deben pagar cuotas más altas de seguros, multas y compensaciones a los trabajadores. Debido a esto es importante mantenerse alerta acerca de los diferentes peligros que puedan tener.

Además, los peligros ergonómicos pueden describirse como problemas que ocurren cuando el espacio físico o los procedimientos laborales típicos del trabajador no combinan con su tamaño físico o posición laboral.

Los peligros físicos de trabajo son factores variantes del lugar laboral que pueden afectar al cuerpo del empleado o usuario. Pueden incluir la exposición a la radiación o niveles de ruido excesivos.

Los peligros con sustancias químicas en los trabajos pueden resultar de la inhalación o absorción de químicos a través de la boca o nariz o a través del contacto con la piel. Los peligros químicos pueden presentarse en formas diferentes, tales como líquidos, gases, brumas, o sólidos.

Los peligros biológicos en el trabajo pueden ocurrir cuando los empleados se ven expuestos a organismos vivos o con propiedades, tales como parásitos, virus, hongos y bacterias. Esta clase de peligros pueden generarse también a partir de toxinas y alérgenos (que puede producir alergia). Los empleados que trabajan en oficinas médicas o sitios para el cuidado de la salud pueden verse más expuestos a esta clase de riesgo.

A causa de estos factores de peligro se decidió comenzar el desarrollo de un robot móvil con características especiales para resolver algunos de estos problemas y auxiliar el trabajo con sustancias químicas y la manipulación de objetos en ambientes de riesgo.

Objetivo general

Diseñar y construir un sistema de control digital a distancia de una plataforma móvil utilizando un módulo Bluetooth mediante una aplicación de comunicación de un sistema embebido con un sistema operativo Android.

Objetivos particulares

Basar el diseño del control de desplazamiento y giro del vehículo en un microcontrolador de Microchip 18F4550 y a la vez establecer la comunicación con el modulo Bluetooth.

Utilizar una interfaz programable basada en el sistema operativo Android para el control de la plataforma móvil.

Aplicar los conocimientos de programación de microcontroladores, electrónica de potencia y telecomunicaciones y desarrollar la investigación en el diseño mecánico.

Justificación

Como parte de la solución al problema de los riesgos físicos, químicos y biológicos a los que son expuestas las personas, se propone realizar el diseño y construcción de una plataforma para un robot móvil de manipulación, controlada por medio de Bluetooth y una aplicación desarrollada en Android, facilitando la accesibilidad para un usuario común, no restringiendo así la posibilidad de usar diferentes dispositivos para su control, ya que cualquier teléfono inteligente o tableta podrán controlar la plataforma por medio de un código de seguridad para enlazar la comunicación.

La plataforma robótica presentará una gran maniobrabilidad ya que necesitará un reducido espacio para girar. Ésta se desplazará empleando ruedas comunes de goma, ya que se pretende que su uso esté destinado a terrenos regulares, omitiendo las orugas de tracción que son utilizadas generalmente para terrenos difíciles, economizando en material y reduciendo el tiempo de construcción.

Aprender las diferentes formas de navegación que existen en robótica móvil, además de documentar los diferentes principios teóricos de los que se apoya esta rama de la robótica.

Capítulo I
Antecedentes de los robots móviles

Este capítulo introduce los sistemas de robots móviles con definiciones y conceptos, y dando una vista general de los avances que existen dentro de este campo en la actualidad.

1.1 Generalidades y definiciones

Un robot según la definición del Instituto Americano de Robótica, (1979) se trata de un manipulador reprogramable y multifuncional diseñado para mover materiales, partes, herramientas o dispositivos especiales, por medio de varios movimientos programados para la realización de diversas tareas o trabajos [1].

Manipulador: hace referencia a un Mecanismo consistente en un conjunto de segmentos y uniones para mover objetos.

Reprogramable: Los movimientos programados o funciones auxiliares pueden modificarse sin alterar la estructura mecánica o el sistema de control.

Multifuncional: Puede ser adaptado a diferentes aplicaciones con alteraciones en la estructura mecánica o en el sistema de control.

El desarrollo de la robótica tal y como se conoce hoy en día, comenzó a tomar forma a mediados del siglo XX sustentándose en los avances en electrónica, asociada a la hidráulica, neumática, mecánica y electricidad.

El control se vuelve más complejo y sofisticado años más tarde, tras la construcción de las primeras computadoras.

La aparición de la computadora, junto con el desarrollo tecnológico que se experimenta en el siglo XX, proporcionan a las máquinas nuevas formas de planificar trayectorias y controlar su funcionamiento.

Tras varios desarrollos tecnológicos en robótica, se crea el primer robot móvil en 1979, llamado CART.

El término manipulador móvil se refiere a los sistemas de robots construidos a partir de un brazo manipulador robótico, montado sobre una plataforma móvil. Estos sistemas combinan las ventajas de las plataformas móviles y los brazos robóticos manipuladores y reducen sus desventajas adicionando los grados de libertad de la plataforma móvil a los grados de libertad de un brazo robótico. Por ejemplo, la plataforma móvil se extiende al área de trabajo del brazo, mientras que un brazo ofrece varias funcionalidades operativas. Los 2 grados de libertad adicionales de la plataforma móvil (avance, retroceso y giro) ofrecen un espacio de trabajo más amplio al manipulador. Sin embargo, el funcionamiento de este sistema es un reto debido al medio ambiente no estructurado en el que realiza sus operaciones [2].

Composición general del sistema manipulador móvil:

- Plataforma móvil
- Robot manipulador
- Visión
- Herramientas

Por el momento, la manipulación móvil es un tema de interés principal en entornos de desarrollo e investigación; y los manipuladores móviles, ya sean autónomos o tele-operados, se utilizan en muchas áreas diferentes, por ejemplo en:

- La exploración del espacio
- Las operaciones militares
- La atención domiciliaria
- La atención de la salud

Sin embargo, en el ámbito industrial, la aplicación de los manipuladores móviles ha sido limitada, a pesar de que las necesidades de automatización inteligente y flexible están presentes. Además, las entidades de tecnología (plataformas móviles, robots manipuladores, la visión y las herramientas) son los componentes disponibles fuera de la plataforma. Una razón para esto, es que las industrias de fabricación actúan de forma tradicional, y por tanto tienen poca disposición al asumir riesgos por la aplicación de las nuevas tecnologías. También en el ámbito de la manipulación de los móviles industriales del centro de atención ha sido la optimización de las tecnologías individuales, especialmente de los robots manipuladores y las herramientas, mientras que han sido descuidados la integración, uso y aplicación [2].

1.2 Avances recientes en robótica móvil

En lo que se refiere a plataformas móviles con brazos robóticos manipuladores se tienen registros de patentes del año 1994 y manteniendo el diseño mecánico con poca modificación de las plataformas que se siguen desarrollando hasta la fecha. Los desarrolladores de este tipo de robots móviles han enfocado el diseño para un empleo militar y manipulación de explosivos.

Tomando como referencia la documentación de una patente, se obtuvieron datos sobre los primeros avances y mejoras en las plataformas móviles con robots manipuladores, aunque el enfoque de tal documento se basa en los aspectos mecánicos del vehículo, este brinda información para el desarrollo de esa parte dentro del proyecto a elaborar.

Los inconvenientes de diseños anteriores al diseño expuesto en la patente antes mencionada y en la cual se hicieron mejoras, se exponen en seguida:

- La suspensión de las orugas de desplazamiento o tractor oruga (conjunto de eslabones modulares permiten un desplazamiento estable, aun en terrenos irregulares) se realiza mediante muelles, lo cual presenta una cierta rigidez que dificulta el avance del robot cuando se encuentra con obstáculos o desniveles importantes [3].

- El robot dispone de una sola horquilla (pieza tubular del brazo), lo cual requiere el montaje y el desmontaje de los distintos accesorios a utilizar, con la consiguiente pérdida de tiempo debido al recorrido desde el punto de actuación al puesto de control [3].

- Los medios de control a distancia y el monitor de televisión disponen de una sola alimentación. El consumo del monitor puede limitar la utilización de los medios de control [3].

En la figura 1.1 se muestra un dibujo del diseño ilustrado en la documentación anteriormente explicada.

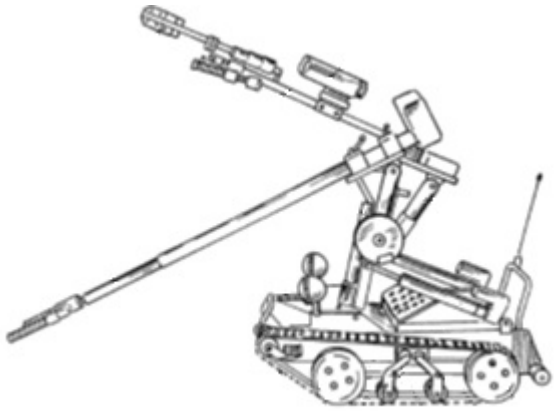

Figura 1.1 Dibujo del robot móvil de patente del año 94

En la actualidad este tipo de robots móviles se comercializan por una empresa española llamada Robomotion, de igual manera se enfocan a la manipulación de explosivos para un uso principalmente militar. Uno de sus más completos y vanguardistas productos se llama AVATAR ONE EOD.

El AVATAR ONE EOD es un robot móvil diseñado para llevar a cabo misiones estratégicas de reconocimiento, exploración y manipulación de objetos potencialmente peligrosos en entornos de alto riesgo. Su diseño ligero y su tamaño reducido posibilitan el transporte del AVATAR ONE EOD en cualquier vehículo, o incluso puede ser transportado en una mochila por un único operador, con lo que es posible su despliegue en ubicaciones remotas y entornos hostiles. A pesar de sus pequeñas dimensiones, su capacidad de carga y maniobrabilidad igualan las de robots de dimensiones significativamente mayores [4].

El AVATAR ONE EOD posee un diseño modular basado en la plataforma AVATAR. Su configuración estándar incluye un brazo de manipulación con seis grados de libertad: hombro, codo, muñeca, pinza, elevación de la cámara y azimut (orientación en coordenadas esféricas) de la cámara. Gracias a su modularidad, el AVATAR ONE EOD puede acomodar

una amplia variedad de cargas en una plataforma única, adaptando sus funcionalidades a los requisitos de un amplio rango de misiones estratégicas, la cual se muestra en la figura 1.2.
La unidad de control AVATAR está basada en una tableta rugerizada (resistente a diversas condiciones extremas) con pantalla táctil [4].



Figura 1.2 Esquema en tres dimensiones del AVATAR ONE EOD

Los inconvenientes de diseño presentados en este capítulo, en base a la documentación mencionada, se emplean como referencia para optimizar la plataforma mecánica.

Capítulo II
Introducción a los sistemas mecánicos en dispositivos móviles

Dentro del siguiente capítulo se explican los principios básicos para utilizar una transmisión por cadena para la tracción del vehículo, se consideran algunos criterios de diseño de las mismas y se expone la propuesta de diseño para el chasis y la vista final de la plataforma robótica.

2.1 Transmisiones por cadena

Las cadenas por transmisión son la mejor opción para aplicaciones donde se quiere transmitir grandes pares de fuerza y donde los ejes de transmisión se mueven en un rango de velocidades de giro entre medias y bajas, que se muestra en la figura 2.1 [5].

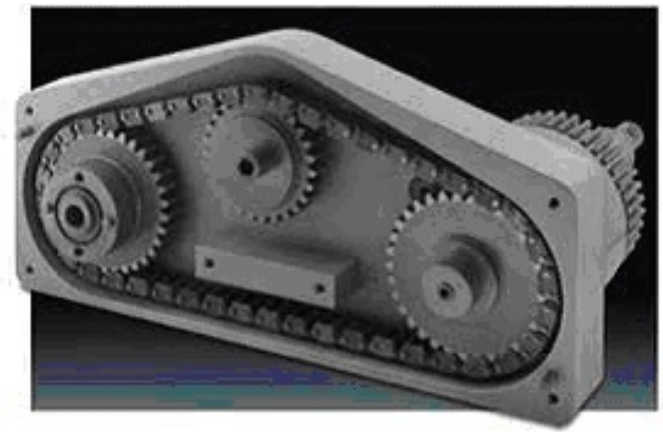

Figura 2.1 Transmisión por cadena

Las transmisiones por cadenas son transmisiones robustas, que permiten trabajar en condiciones ambientales adversas y con temperaturas elevadas, aunque requieren de lubricación. Además proporcionan una relación de transmisión fija entre las velocidades y

ángulo de giro de los ejes de entrada y salida, lo que permite su aplicación en automoción y maquinaria en general que lo requiera [5].

Según su función a desarrollar, las cadenas se dividen en los siguientes tipos:

- **Cadenas de transmisión de potencia:** cuya aplicación es transmitir la potencia entre ejes que giran a unas determinadas velocidades.

- **Cadenas de manutención:** o también llamadas cadenas transportadoras. Son un tipo de cadenas que gracias a una geometría específica de sus eslabones o enlaces le permiten desempeñar una función de transporte o arrastre de material.

- **Cadenas de carga:** o también llamadas de bancos de fuerzas. Son cadenas que permiten transmitir grandes cargas, y son usadas, por ejemplo, para elevar grandes pesos, o accionar bancos de fuerza, entre otros usos.

2.2 Tipos de cadenas

Según la geometría que presenten los eslabones o enlaces que conforman las cadenas, y dentro de la división entre cadenas de transmisión de potencia, de manutención y de carga, éstas pueden ser a su vez de diversos tipos, como se expone a continuación:

2.2.1 Cadenas de transmisión de potencia

La figura 2.2. Muestra a detalle la forma mecánica y física de este tipo de configuración. En el tipo de cadenas de casquillos fijos, el casquillo no rota ni gira respecto a las placas interiores de la cadena.

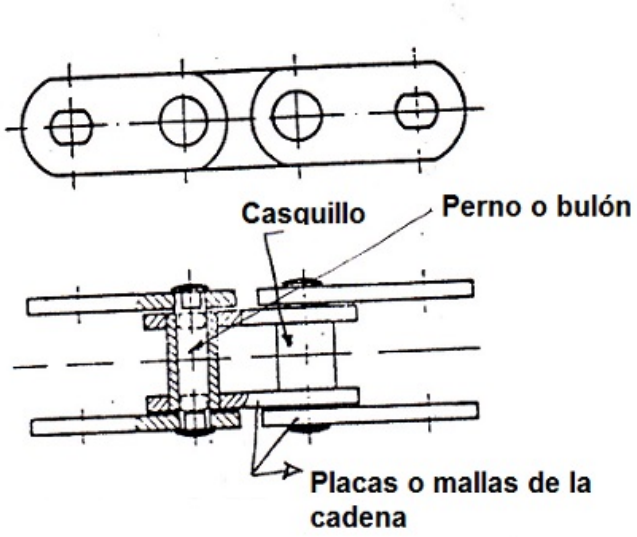

Figura 2.2 Cadena de casquillos fijos

En las cadenas de bujes, a diferencia de las de casquillos fijos, los casquillos si rotan con respecto a las placas de la cadena. Figura 2.3.

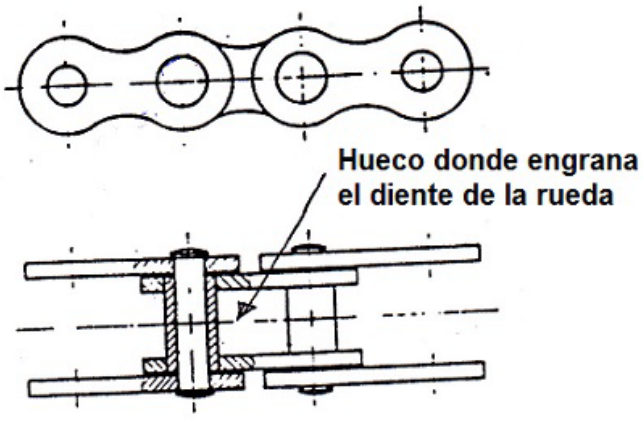

Figura 2.3 Cadena de bujes

En las cadenas de rodillos se monta un rodillo cilíndrico adicional montado sobre el casquillo de la cadena. Los rodillos se montan sueltos, de manera que pueden girar libremente sobre el casquillo. Esto mejora el rozamiento entre la cadena y la rueda dentada sobre la que engrana, tal como se aprecia en la figura 2.4.

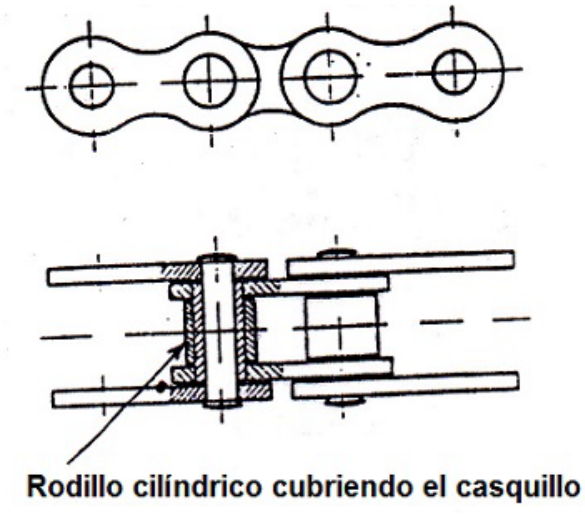

Figura 2.4 Cadena de rodillos

En las figuras 2.5 y 2.6 se muestran dos tipos de cadenas de transmisión de potencia que ofrecen un funcionamiento más silencioso y uniforme. No obstante, estos tipos no son recomendables para transmitir grandes pares de fuerza a velocidades de giros elevadas, dada el riesgo que existe de desengranar la cadena de transmisión de la rueda dentada.

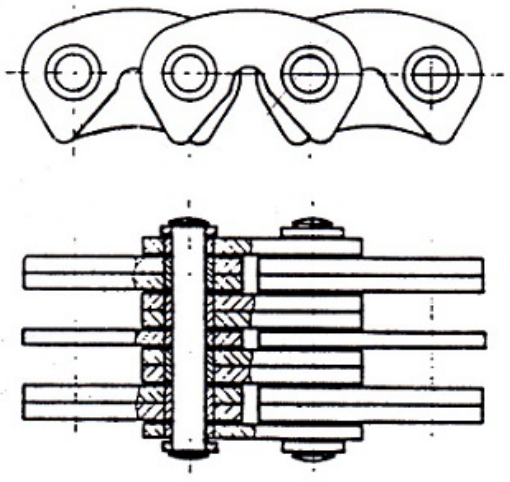

Figura 2.5 Cadena silenciosa de casquillos o cadena Gale

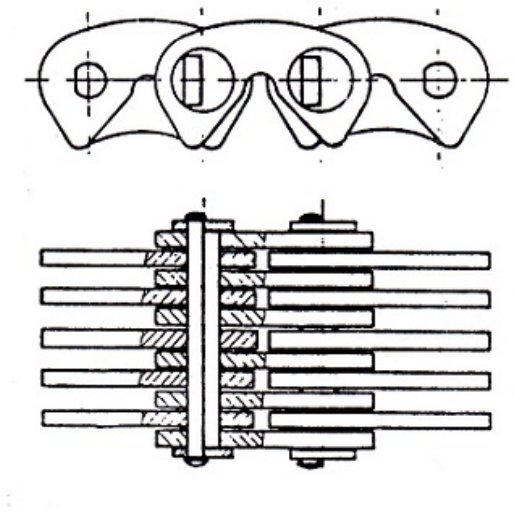

Figura 2.6 Cadena silenciosa con pasador de media caña

2.2.2 Cadenas de manutención o transportadoras

Son cadenas para arrastre y están indicadas para todo tipo de trabajos de transporte y elevación de productos.

Hay una amplia variedad de cadenas transportadoras para adaptarse a la más amplia gama de necesidades.

Las cadenas de transporte se fabrican habitualmente con acoplamientos a base de aletas, pivotes, empujadores, etc.

La figura 2.7 ilustra tres tipos de cadenas de manutención o transportadoras.

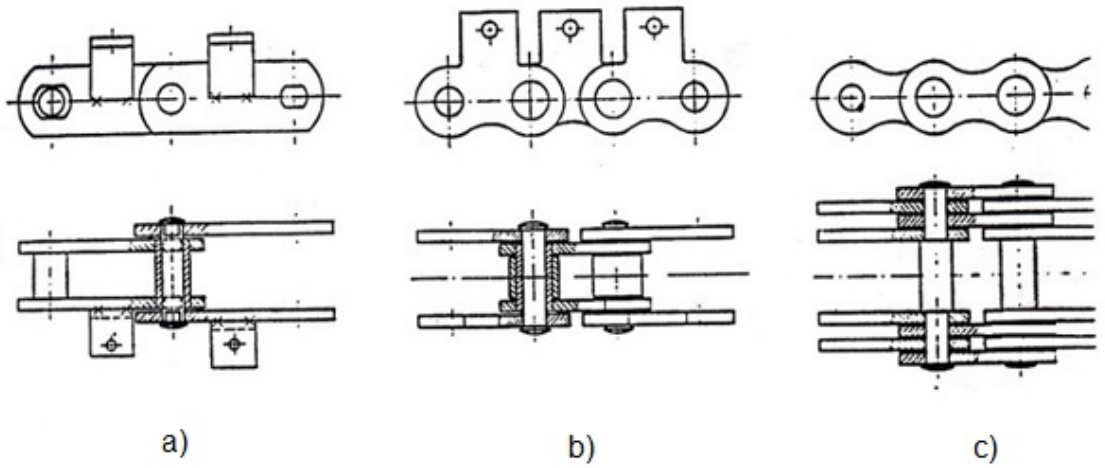

Figura 2.7 Tipos de Cadenas de Manutención o transportadoras a) Cadena transportadora de casquillos fijos b) Cadena transportadora de rodillos c) Cadena transportadora tipo Galle

2.2.3 Cadenas de carga:

La misión principal de las cadenas de carga es la de poder transmitir elevados niveles de esfuerzos. Para ello debe disponer de una mayor sección resistente que las cadenas de transmisión normales. Esto se consigue añadiendo más placas que unan los eslabones de la cadena.

En la figura 2.8 se incluyen tres tipos de cadenas de carga.

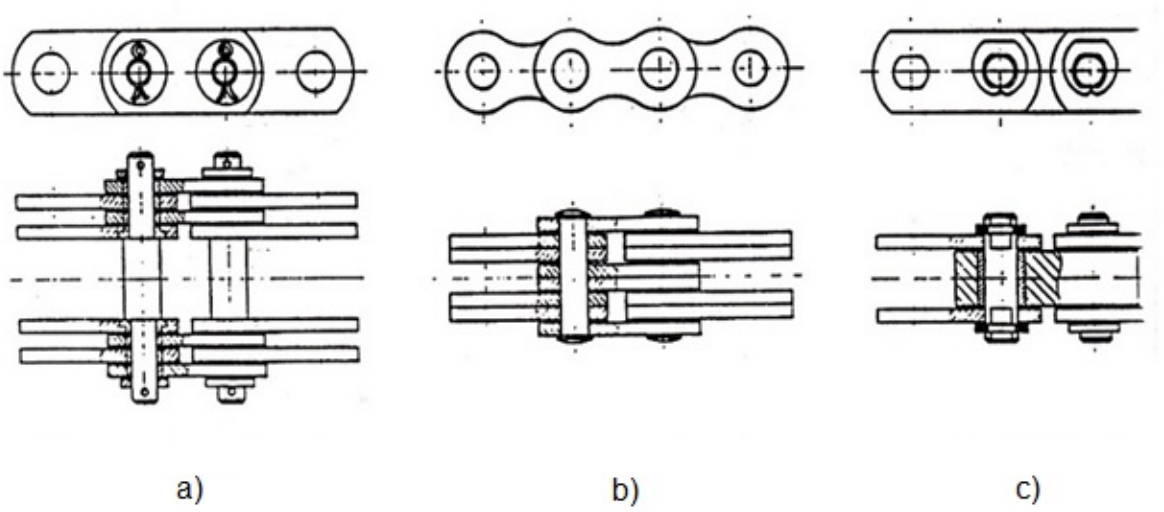

Figura 2.8 Tipos de Cadenas de Carga a) Cadena de banco de estirar b) Cadena de carga tipo Fleyer c) Cadena de bloques

2.3 Accionamiento de las transmisiones por cadena y su relación de transmisión

El accionamiento por medio de cadena de rodillos y engranajes, constituye un sólido y seguro sistema de transmisión de la energía mecánica.

Para obtener un resultado óptimo de una transmisión de este tipo, es fundamental seleccionar correctamente la cadena y engranajes respectivos, como así también el montaje y lubricación adecuados.

Las transmisiones a cadena reúnen las siguientes ventajas:

- No se producen resbalamientos
- Se mantiene constante la relación de velocidades
- El rendimiento es elevado
- La carga repartida sobre varios dientes del piñón prolonga la vida útil de la cadena

La transmisión por cadena se emplea cuando no son apropiados los engranajes de ruedas dentadas a causa de la gran distancia de los árboles y cuando no pueden utilizarse correas a causa de la humedad, el calor, vapores de aceite y otros; y para distribuciones.

En el caso de la transmisión por cadena, el movimiento y la fuerza se transmiten a cierta distancia de los engranes y se conserva el sentido de giro, como en la figura 2.9.

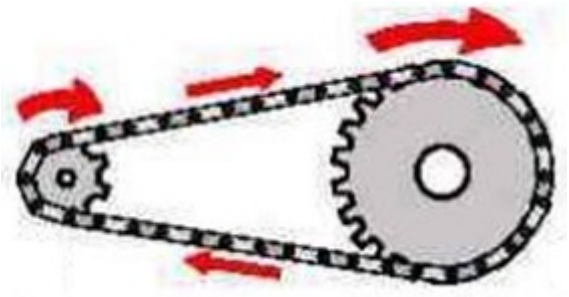

Figura 2.9 Conservación del sentido de giro de una transmisión por cadena

2.3.1 Relación de transmisión

La expresión matemática que relaciona el movimiento en la transmisión por cadena está representada en la ecuación 2.1. [6]

$$n1\ Z1\ =\ n2\ Z2 \qquad (2.1)$$

Donde:

n1 es el número de revoluciones de la rueda conductora o piñón

Z1 es el número de dientes de la rueda conductora

n2 es el número de revoluciones de la rueda conducida

Z2 es el número de dientes de la rueda conducida

Esta relación se denomina relación de transmisión o relación de velocidades y se representa por la letra **i**, pudiendo estar expresada en términos de revoluciones (ecuación 2.2) y en número de dientes de las ruedas (ecuación 2.3). [6]

$$i = \frac{n_1}{n_2} \tag{2.2}$$

$$i = \frac{z_2}{z_1} \tag{2.3}$$

2.3.2 Distancia entre ejes

Los mandos a cadena no tienen centros precisamente limitados, a menos que ello sea una necesidad determinada por los órganos accionados. Es conveniente tener presente que una distancia demasiado corta, es causa de desgaste prematuro de la cadena, con el inconveniente además, de reducir la cantidad de dientes engranados, particularmente cuando la relación del mando es elevada.

Las distancias excesivas tampoco son convenientes, por la flexión y el peso de la cadena.

Dentro de una amplia escala, está determinada como distancia mínima entre ejes, la equivalencia de: una vez el diámetro de la rueda grande más la mitad del diámetro del piñón, quedando como en la ecuación 2.4. [6]

$$D = d_1 + \frac{d_2}{2} \tag{2.4}$$

El criterio anterior para establecer la distancia mínima entre ejes se puede apreciar en la figura 2.10.

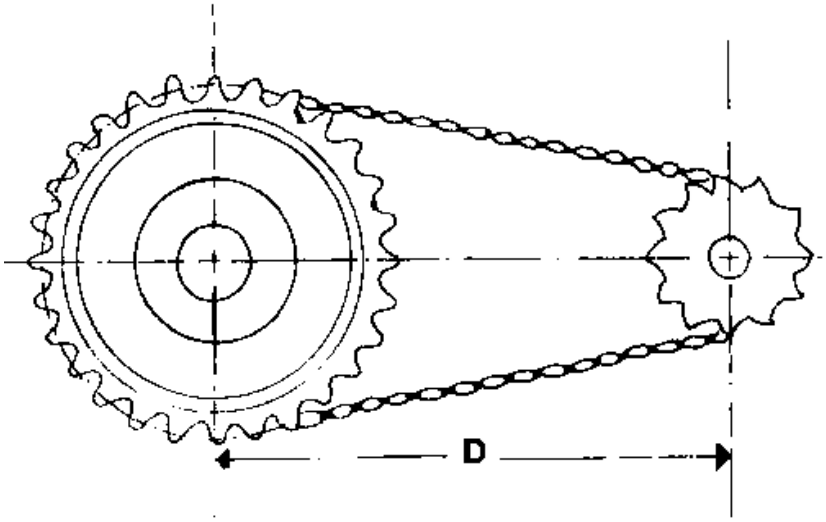

Figura 2.10 Distancia entre ejes

2.3.3 Largo de la cadena

La expresión para hallar el largo de la cadena (expresado en pasos), conociéndose la distancia entre ejes en pasos y la cantidad de dientes de la rueda y piñón, es la siguiente (ecuación 2.5): [6]

$$L = \left[\frac{(z_1+z_2)}{2} + (z_2 - z_1)\cdot\frac{\beta}{\pi} + O_1O_2\cdot\cos\beta\cdot\frac{2}{\rho}\right]\cdot\rho \tag{2.5}$$

Donde:

L es la longitud total de la cadena en mm

p es el paso de la cadena, en mm

z_1 es el número de dientes del piñón

z_2 es el número de dientes de la rueda mayor

O_1O_2 es la distancia entre centros de las ruedas, en mm

β es el ángulo de contacto, en radianes. Analíticamente se obtiene a partir de la ecuación 2.6:

$$\beta = sen^{-1}\left(\frac{R_2 - R_1}{O_1O_2}\right) \qquad (2.6)$$

Siendo R_2 y R_1 los respectivos radios de las ruedas mayor y piñón.

2.4 Diseño y construcción de la parte mecánica del vehículo

Esta parte del capítulo se enfocará en el diseño y construcción de lo que abarca la última sección del diagrama de bloques de la figura 2.11, la parte encerrada en la línea punteada, que es prácticamente lo que provee la movilidad a este proyecto.

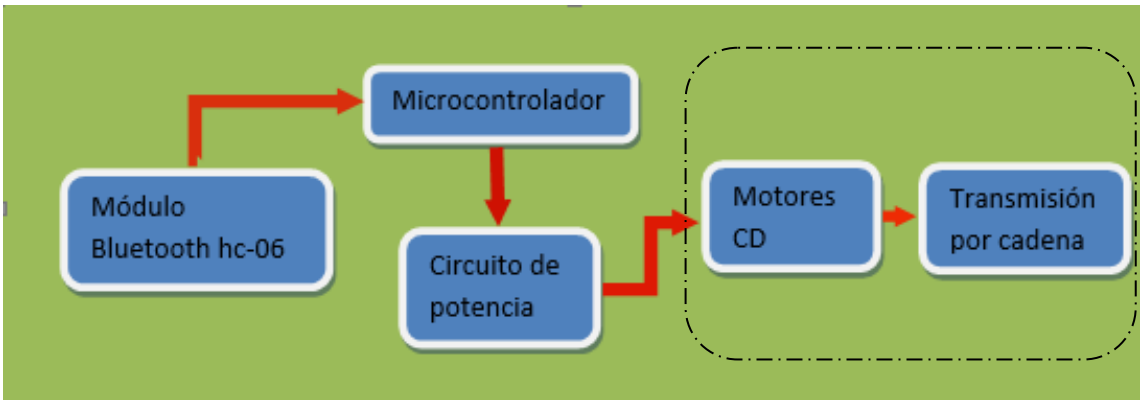

Figura 2.11 Diagrama de bloques de la plataforma móvil

En la etapa de diseño y construcción de la parte mecánica del proyecto primeramente se indagó sobre el material más óptimo para la construcción del chasis.

Para diseñar el chasis de un vehículo robótico hay muchos factores que se deben tener en cuenta: la forma, el tamaño, el peso, el material de fabricación, la distribución del peso, la separación de las ruedas, la altura del chasis con respecto al suelo, etc. Estos factores van a influir en el movimiento y desempeño de la plataforma. Considerando estos factores, y añadiendo el costo, dureza y densidad del material, se tomó en cuenta el empleo de aluminio como primera opción, también se consideró el uso de trovicel (pvc espumoso) ya que es muy liviano y resistente, también posee la ventaja ante el aluminio de ser inmune a la corrosión, y tomando en cuenta que uno de los fines de esta plataforma robótica es el lidiar con materiales peligrosos y posiblemente corrosivos resulta ventajoso su uso en este proyecto.

Sin embargo, debido a limitaciones de presupuesto para el proyecto se tuvo que omitir el uso del trovicel, ya que su costo en comparación con el aluminio es de casi el triple, así que se optó por usar aluminio para la estructura del chasis, y considerando que éste es un prototipo, no existe gran inconveniente en su uso por el problema de la corrosión ya que no se expondrá a este tipo de sustancias para las pruebas experimentales.

Como propuestas para el diseño de la estructura y el aspecto final de la plataforma se realizaron dibujos, considerando como referencia en cuanto a dimensiones algunas plataformas móviles ya existentes.

A causa del material y la tecnología disponibles al alcance de este proyecto, se tuvieron que reducir dimensiones para mantener una relación balanceada entre el peso del vehículo y la potencia necesaria para desplazarlo, pero sin dejar de considerar los requerimientos mínimos de diseño para la transmisión.

Primeramente la distancia entre los ejes de los platos acoplados a las ruedas de tracción del vehículo y en seguida la distancia entre los ejes del piñón conductor y el plato conducido. A partir de la ecuación 2.4 se establece como criterio para la distancia mínima entre ejes, la equivalencia de una vez el diámetro del plato grande más la mitad del diámetro del piñón, los platos grandes tienen un diámetro de 11 cm. y el piñón un diámetro de 4cm. Por lo tanto se requieren las siguientes distancias mínimas entre ejes:

$$D = 11cm + \frac{11}{2}cm = 16.5cm$$

$$D = 11cm + \frac{4}{2}cm = 13cm$$

La distancia real entre los engranes de las ruedas es de 22 cm. y la distancia entre el engrane del motor y el engrane conducido de la rueda es de 13 cm. así que se cumple con ese criterio. Para poder visualizar de una manera más clara la transmisión se muestra la figura 2.12.

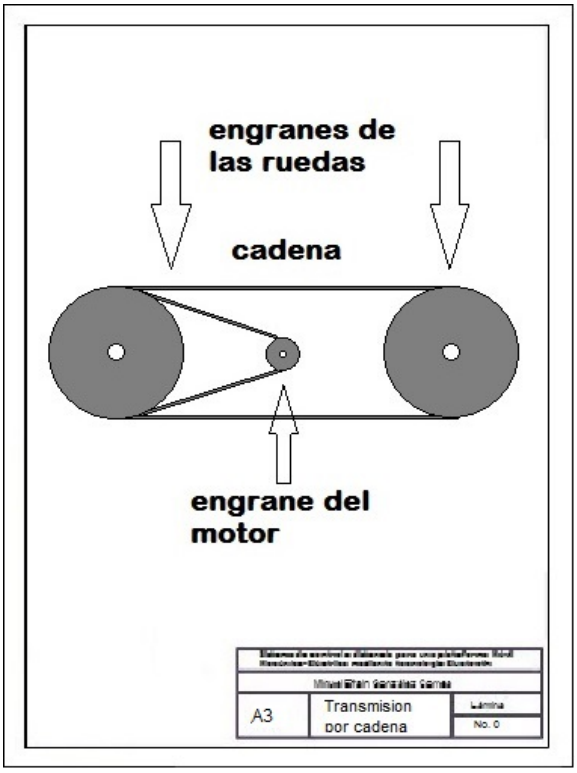

Figura 2.12 Transmisión de cadena para las ruedas de la plataforma

Los figuras 2.13, 2.14 y 2.15 proporcionan una idea más clara del aspecto físico de la plataforma (previo a su construcción) y de sus dimensiones.

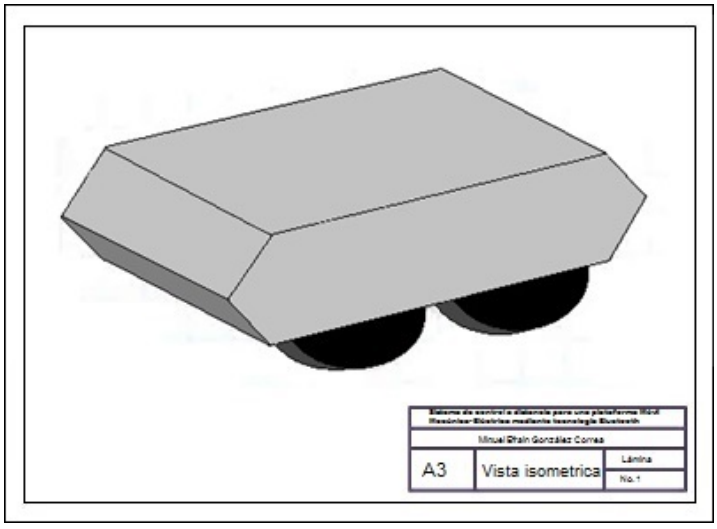

Figura 2.13 Vista isométrica de la plataforma

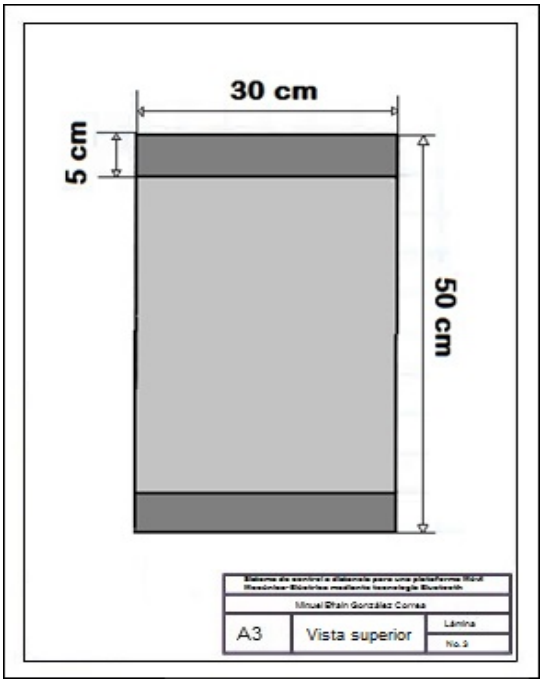

Figura 2.14 Vista superior de la plataforma

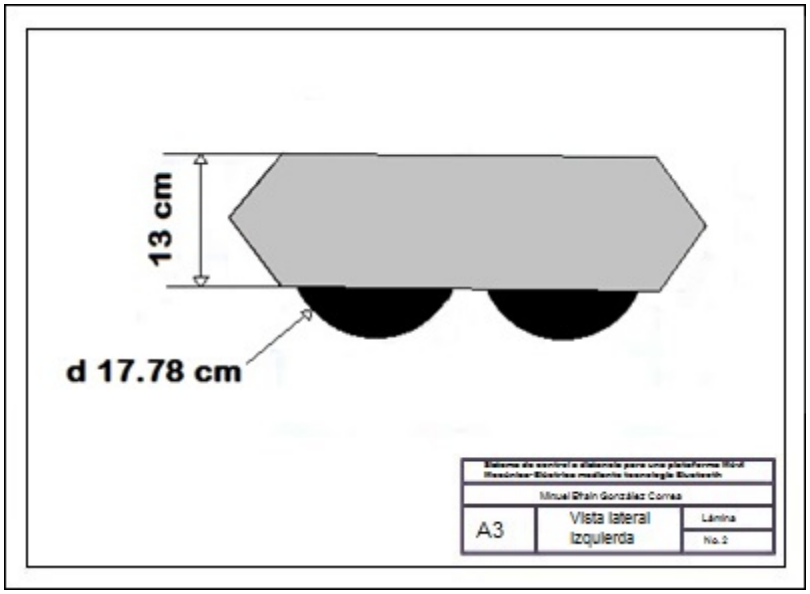

Figura 2.15 Vista lateral izquierda de la plataforma

La plataforma se conforma por cuatro ruedas. Estas proporcionan el desplazamiento de la plataforma y su dirección, sincronizando el giro de las ruedas por cada lado para que al girar los dos pares en un mismo sentido la plataforma avance o retroceda según sea el sentido de giro, y cuando el sentido de giro de las ruedas sea opuesto cambie de dirección, ya sea izquierda o derecha dependiendo del sentido de giro. Esto se puede entender mejor mediante la figura 2.12.

La relación de dientes del piñón (engrane del motor) y los platos (engranes de las ruedas) es de 10/28 lo que hace que la velocidad de las ruedas que están acopladas a los platos se reduzca en esa proporción con respecto a la velocidad del piñón, brindando mayor torque también. Se optó por esta relación de engranes ya que el vehículo debe transportar 8 kilogramos de peso y de esta manera se obtiene un mayor torque para el empuje.

La manera en que se propuso construir el sistema de transmisión completo, motores, piñones, cadenas, platos y ruedas se ilustra en la figura 2.16.

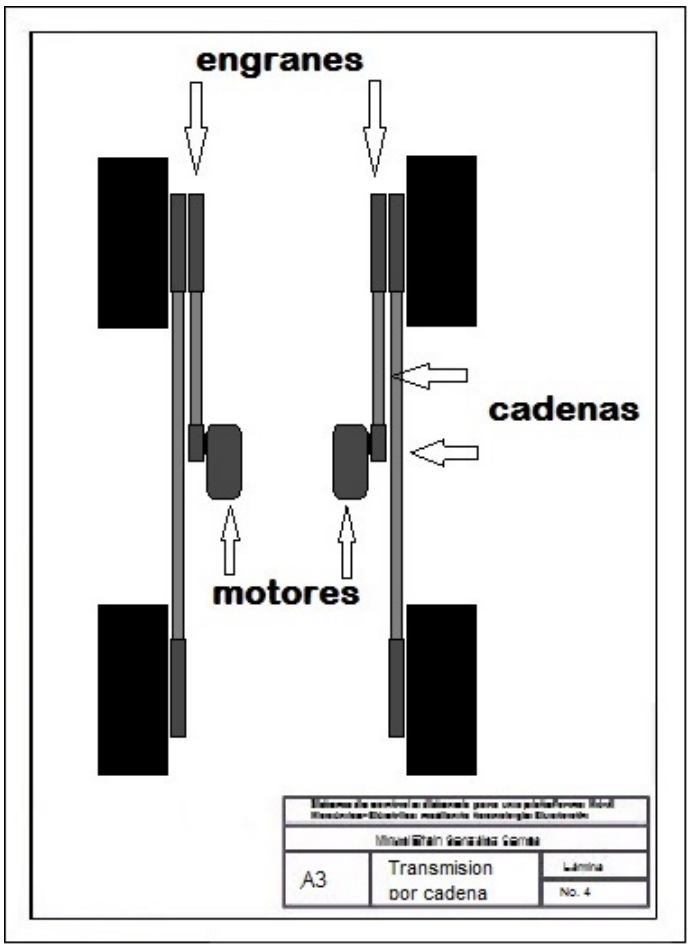

Figura 2.16 Distribución de la transmisión por cada par de ruedas con los motores acoplados, vista superior

El chasis de la plataforma se construyó con barras de aluminio acanaladas de 1cm x 1cm y barras planas de 5cm de ancho y 2mm de espesor, que son las que soportan los elementos internos (batería y circuitería). El chasis es simple, tiene una forma de prisma rectangular en el que se montan todos los componentes mecánicos. Los dos motores utilizados son motores de 12 VDC marca Bosch de las mismas características eléctricas. Las características de los motores, proporcionadas por la hoja de datos del fabricante, se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Características de motor CHP de Bosch

Parámetro	Símbolo	Magnitud
Voltaje nominal	Vn	12 V
Potencia nominal	Pn	5.5 W
Corriente nominal	In	3.5 A
Corriente máxima	I max	10.5 A
Peso	Kg	1.100 kg

Sobre las flechas de los motores se montaron los piñones de 10 dientes (figura 2.17). Los motores se montaron lateralmente sobre el chasis como se muestra en la figura 2.18.



Figura 2.17 Motor con piñón de 10 dientes acoplado a la flecha



Figura 2.18 Motor montado en el chasis

Las ruedas de tracción son ruedas de goma de 7 pulgadas de diámetro, estas se eligieron de este tamaño para que estuvieran sobradas con respecto al tamaño de los platos de 28 dientes, ya que los platos van fijos a las ruedas. Una de las ruedas lleva dos platos, uno es el que transmite el movimiento desde el motor y el otro va hacia la otra rueda. La figura 2.19 muestra cómo se dispuso a fijar los platos a las ruedas.



Figura 2.19 Platos de 28 dientes unidos a las ruedas

La cadena utilizada para la transmisión es una cadena de bujes, empleada comúnmente para transmitir potencia mecánica entre los engranes de una bicicleta.

Debido a que la cadena viene seccionada de fábrica para cierta longitud, se requiere seccionar a la medida necesaria para cubrir la distancia entre los platos de las ruedas. Esto se hace con una herramienta especial para este fin. Ésta extrae el perno a presión por medio de un tornillo, seccionando así un eslabón que después se complementa con otro eslabón volviendo a meter el perno a presión (figura 2.20).



Figura 2.20 Seccionador de cadena de bujes

Una vez teniendo la cadena de la medida correcta en base a las dimensiones del vehículo y la distancia considerada entre los ejes de las ruedas se puede apreciar el aspecto de la transmisión antes de ser montada en el chasis (figura 2.21).



Figura 2.21 Ruedas acopladas por cadena

Ya teniendo el chasis armado y los motores montados sobre él, se incorpora el resto del mecanismo para realizar pruebas en cuanto al consumo de potencia de los motores, el torque y la velocidad que alcanza la plataforma. El mecanismo de la transmisión ya montado sobre el chasis queda como se muestra en la figura 2.22.



Figura 2.22 Chasis, transmisión y batería incorporados al sistema

Realizando pruebas con cada motor independientemente y ya acoplado al mecanismo, se tiene un consumo de 5 Amperes aproximados por cada motor en el arranque, llegando a estabilizarse en 3.5 Amperes aproximados en su consumo nominal. Tomando esto en cuenta se consideró utilizar una batería de 12V a 7 Ah para la alimentación exclusiva de los motores.

Para hacer las pruebas de velocidad y carga de la plataforma se conectó la batería directamente a los motores para que la plataforma avanzara en línea recta, obteniendo buenos resultados en cuanto a la capacidad de carga, siendo especificados 8kg máximos como peso extra de carga, sin embargo la velocidad fue reducida, aproximadamente alcanzó una séptima parte de la velocidad especificada para la plataforma, que debe ser de 4km/h.

Esto representó un problema relevante que no fue considerado desde el principio de la construcción del mecanismo de la transmisión. Por esta causa, se tuvo la necesidad de modificar todo el sistema de transmisión, sacrificando torque para ganar más velocidad.

La relación del piñón y el plato utilizados al principio es de 10/28 reduciendo la velocidad de la flecha en relación a la rueda 0.3571 veces, entonces esta velocidad se requiere aumentar 7 veces, esto es, 2.49. Para obtener esta relación en el aumento de la velocidad fue requerido hacer los engranes especialmente para mantener esta relación, pero al ser poco viable por lo caro de su manufactura, se consideró otra opción y fue el utilizar el plato y piñón de motocicleta pero invirtiendo la relación de la transmisión siendo ahora el piñón conductor de 38 dientes y el plato conducido de 15 dientes teniendo la relación, 38/15=2.53 quedando por encima de 2.49 que se requería para aumentar 7 veces la velocidad como mínimo.

Considerando que se modificó esta relación, fue necesario modificar prácticamente toda la transmisión hasta la cadena, que es más grande y el seccionador de eslabones utilizado en la primera transmisión no fue útil para este caso, por lo tanto se adquirió uno para cadenas de bujes más grande (figura 2.23).



Figura 2.23 Seccionador de eslabones de cadena de motocicleta

Se realizaron las modificaciones necesarias para incorporar el nuevo sistema de transmisión y aun fue posible mantener las dimensiones del chasis original y sin variar las dimensiones de la carrocería a construir. Las figuras 2.24a y 2.24b muestran el aspecto del resultado de estas modificaciones.



Figura 2.24 Transmisión modificada a) vista lateral izquierda b) vista superior

La modificación en la transmisión requirió invertir mayor tiempo del que está destinado para la construcción de la parte mecánica de la plataforma según el cronograma pero los resultados obtenidos fueron gratos.

Capítulo III

Desarrollo de la comunicación con el módulo de Bluetooth HC - 06 y programación del control del vehículo

Este capítulo trata lo concerniente a la comunicación y control del vehículo realizando las primeras pruebas con el módulo Bluetooth y la apk de Android. Todo esto comandado por el microcontrolador 18F4550.

3.1 Introducción a la tecnología Bluetooth

Bluetooth es una tecnología que provee un camino fácil para la comunicación entre dispositivos sin el uso de cables. Además, busca facilitar la sincronización de datos de computadoras móviles, teléfonos celulares y otros dispositivos.

La Tecnología Bluetooth es de pequeña escala, bajo costo y se caracteriza por usar enlaces de radio de corto alcance entre dispositivos móviles, como teléfonos celulares, puntos de accesos de red (Access points) y computadoras.

Bluetooth está integrado en un pequeño transmisor de radiofrecuencia que permite conectar entre sí todo tipo de dispositivos electrónicos (teléfonos, computadoras, impresoras, entre otros dispositivos.) situados dentro de un radio limitado de 10 metros (ampliable a 100, aunque con mayor distorsión).

El transmisor está integrado en un pequeño microchip de 9x9 milímetros y opera en una frecuencia de banda global (2,4 GHz, utilizada en muchos países para usos médicos y científicos) que asegura la compatibilidad universal. Los dispositivos que incorporan Bluetooth se reconocen y se hablan de la misma forma que lo hace una computadora con su

impresora. El canal permanece abierto y no requiere la intervención directa y constante del usuario cada vez que se quiere enviar algo.

El transmisor permite enviar voz y datos a una velocidad máxima de 700 Kbps. y consume un 97% menos que un teléfono móvil. Además, es inteligente: cuando el tráfico de datos disminuye el transmisor adopta el modo bajo de consumo de energía.

Las diferentes partes del sistema Bluetooth son:

- Una unidad de radio
- Una unidad de control del enlace
- Gestión del enlace
- Funciones software

El sistema Bluetooth permite conexiones punto a punto y punto a multipunto. La velocidad de datos en full-dúplex, con 10 piconets con carga máxima es de 6 Mb/s.

Siendo un piconet la colección de dispositivos (de 2 a 8) conectados por medio de la tecnología Bluetooth. Todos los dispositivos tienen la misma implementación.

Sin embargo, al crearse la red de comunicación una unidad actuará como maestro y el resto como esclavos mientras dure la conexión.

La especificación de Bluetooth define un canal de comunicación de máximo 720Kbps con rango óptimo de 10m (opcionalmente 100m).

La frecuencia de radio con la que trabaja está en el rango de 2.4 a 2.48Ghz con amplio espectro y saltos de frecuencia con posibilidad de transmitir en full dúplex con un máximo de 1600 saltos/seg.

Los saltos de frecuencia se dan entre un total de 79 frecuencias con intervalos de 1Mhz; esto permite brindar seguridad y robustez (figura 3.1). La potencia de salida para transmitir a una distancia máxima de 10m es de 0dBm (1 mW), mientras que la versión de largo alcance transmite entre -30 y 20dBM (100 mW).

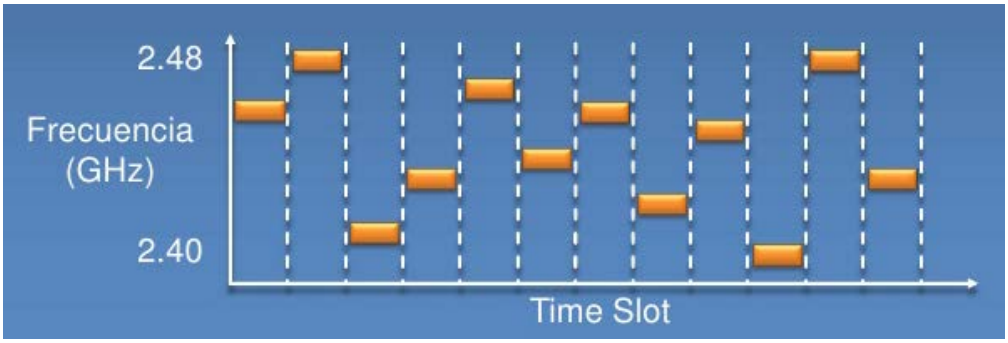

Figura 3.1 Saltos de frecuencia

Para lograr alcanzar el objetivo de bajo consumo y bajo costo, se ideó una solución que se puede implementar en un solo chip utilizando circuitos CMOS. De esta manera, se logró crear una solución de 9x9mm y que consume aproximadamente 97% menos energía que un teléfono celular común.

El protocolo de banda base (canales simples por línea) combina conmutación de circuitos y paquetes. Para asegurar que los paquetes no lleguen fuera de orden, los slots pueden ser reservados por paquetes síncronos, un salto diferente de señal es usado para cada paquete.

Por otro lado, la conmutación de circuitos puede ser asíncrono o síncrono. Tres canales de datos síncronos (voz), o un canal de datos síncrono y uno asíncrono, pueden ser soportados

en un solo canal. Cada canal de voz puede soportar una tasa de transferencia de 64 Kb/s en cada sentido, la cual es suficientemente adecuada para la transmisión de voz. Un canal asíncrono puede transmitir como mucho 721 Kb/s en una dirección y 56 Kb/s en la dirección opuesta, sin embargo, para una conexión asíncrona es posible soportar 432,6 Kbps en ambas direcciones si el enlace es simétrico. [7]

Bluetooth se denomina al protocolo de comunicaciones diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, con una cobertura baja, y basados en chips de bajo costo.

Gracias a este protocolo, los dispositivos que lo implementan pueden comunicarse entre ellos cuando se encuentran dentro de su alcance. Las comunicaciones se realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen por qué estar alineados, pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión lo permite.

La clasificación de los dispositivos Bluetooth como "Clase 1", "Clase 2" o "Clase 3" es únicamente una referencia de la potencia de trasmisión del dispositivo, siendo totalmente compatibles los dispositivos de una clase con los de la otra. La tabla 3.1 muestra la clasificación de los dispositivos Bluetooth.

Tabla 3.1 especificaciones Bluetooth

CLASE	Potencia máxima permitida (mW)	Potencia máxima permitida (dBm)	RANGO (aproximado)
Clase 1	100	20	100 m
Clase 2	2.5	4	10 m
Clase 3	1	0	1 m

Cabe mencionar que en la mayoría de los casos, la cobertura efectiva de un dispositivo de clase 2 se extiende cuando se conecta a un transceptor de clase 1. Esto es así gracias a la mayor sensibilidad y potencia de transmisión del dispositivo de clase 1.

Es decir, la mayor potencia de transmisión del dispositivo de clase 1 permite que la señal llegue con energía suficiente hasta el de clase 2. Por otra parte la mayor sensibilidad del dispositivo de clase 1 permite recibir la señal del otro pese a ser más débil.

3.2 Características del módulo Bluetooth HC – 06

El módulo Bluetooth HC-06 es un dispositivo muy fácil de obtener, económico y sencillo de utilizar una vez que se entiende su funcionamiento. Por sus ventajas fue el elegido para realizar la comunicación.

Esas ventajas son:

- Tamaño reducido (13mm x 27mm x 2mm)
- Bajo consumo de corriente (40mA en emparejamiento, 8mA al realizar el enlace)
- Retención de enlaces
- Baja tensión de alimentación (3.1v a 4.2v)
- Facilidad de comunicación

Como este dispositivo solo puede ser usado como esclavo el mando se debe hacer desde otro dispositivo para poder comandar al módulo HC-06.

Para realizar el primer enlace se debe hacer la búsqueda del módulo HC-06 desde un dispositivo Bluetooth como un celular, una vez detectando el modulo la conexión a este se hace introduciendo el código pin que viene de fábrica, 1234 y así se obtiene el enlace al módulo, esto se puede verificar con el pin del módulo donde se agrega un led indicador, que, permanece parpadeando mientras el modulo no está enlazado a ningún dispositivo y al enlazarse, el led permanece encendido.

En la figura 3.2 se muestra la distribución de los pines del módulo HC-06, el módulo tiene dos terminales de comunicación serial Rx y Tx. Estas terminales se comunican con el microcontrolador PIC18f4550 a una velocidad de 9600 baudios que es la velocidad de fábrica a la que se comunica el módulo [8].

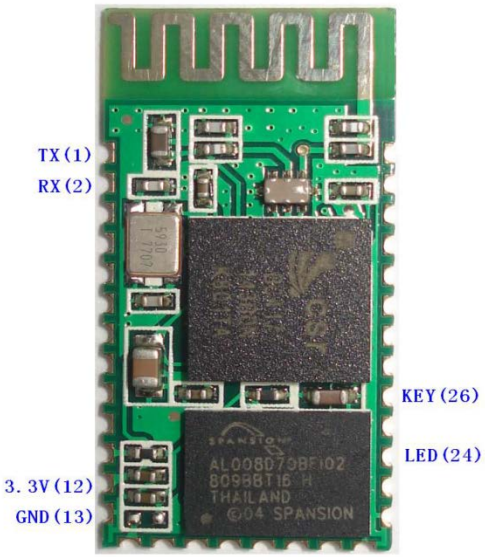

Figura 3.2 Módulo HC-06

3.3 Características del microcontrolador PIC18F4550

Como parte indispensable en el proyecto, ya que es la base del control del mismo, se presentan las características más sobresalientes del microcontrolador PIC18F4550 en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 características principales del PIC18F4550

Características del PIC18F4550	
Frecuencia de operación	Hasta 48MHz
Memoria de programa (bytes)	32.768
Memoria RAM de datos (bytes)	2.048
Memoria EEPROM de datos (bytes)	256
Interrupciones	20
Líneas de E/S	35
Temporizadores	4
Módulos de comparación/captura/PWM (CCP)	1
Módulos de comparación/captura/PWM mejorado (ECCP)	1
Canales de comunicación serie	MSSP, EUSART
Canal USB	1
Puerto paralelo de transmisión de datos (SPP)	1
Canales de conversión A/D de 10 bits	13 canales
Comparadores analógicos	2
Juego de instrucciones	75 (83 ext.)
Encapsulados	PDIP 40 pines QFN 40 pines TQFP 40 pines

La distribución de los pines del encapsulado PDIP, que es el tipo de encapsulado usado en el proyecto, se muestra en la figura 3.3.

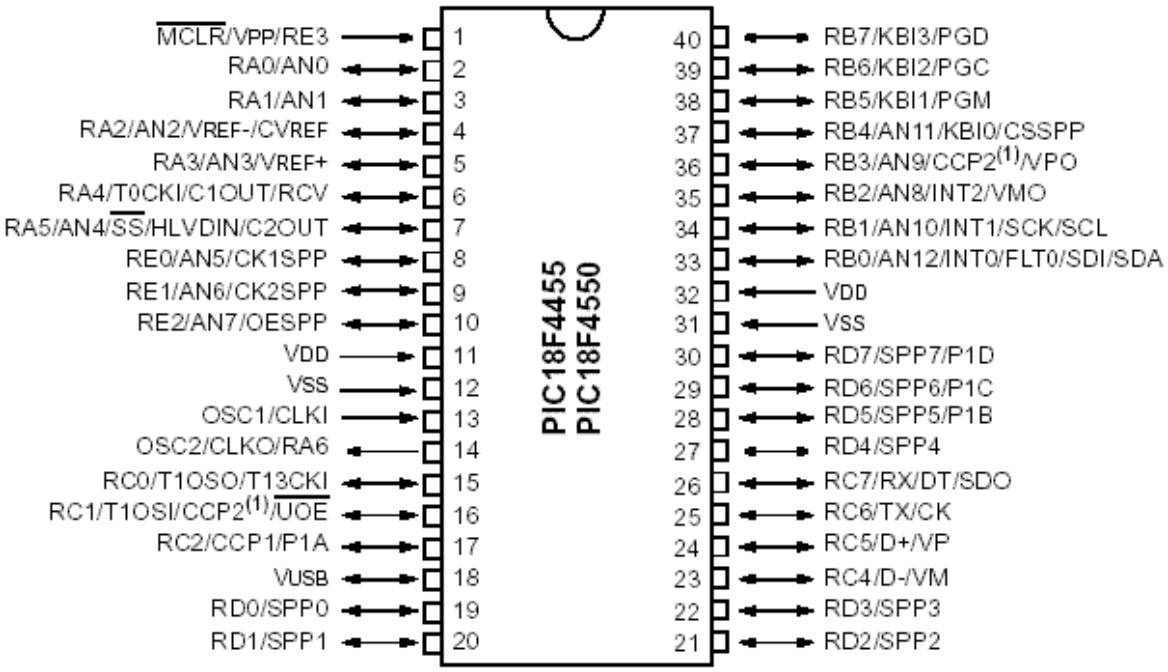

Figura 3.3 encapsulado PDIP

Para este proyecto en específico se hizo uso del módulo de transmisión serial y el puerto B como salida de datos.

3.4 Primeras pruebas de comunicación entre el microcontrolador 18F4550 y el módulo HC - 06

Para hacer las primeras pruebas de comunicación entre el módulo HC-06 y el microcontrolador, se simuló la comunicación entre dos microcontroladores trabajando a la misma velocidad (9600 baudios). El diagrama se muestra en la figura 3.4.

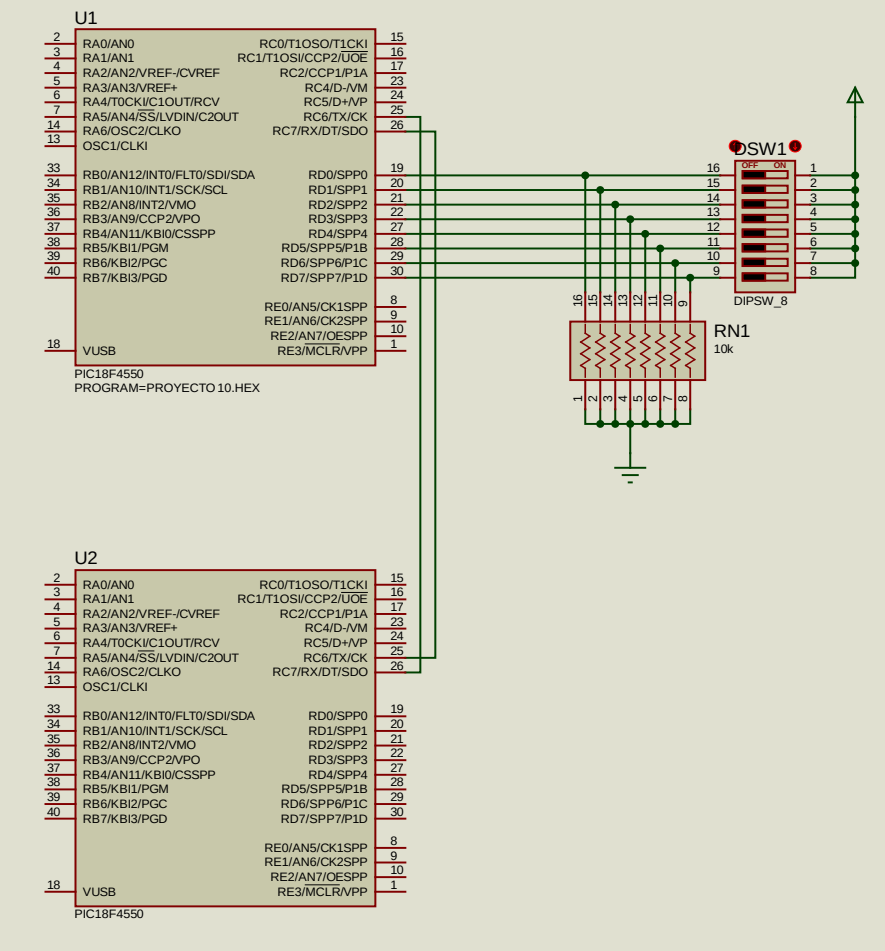

Figura 3.4 Comunicación serial entre 2 uC

El lenguaje en el que se realizó la comunicación fue ensamblador, y el código es el siguiente:

```
        List p=18f4550
        #include <p18f4550.inc>
        CONFIG    FOSC=INTOSCIO_EC
        CONFIG    PWRT=ON
        CONFIG    BOR=OFF
        CONFIG    WDT=OFF
        CONFIG    LVP=OFF
        CONFIG    PBADEN=OFF
        CONFIG    CP0=OFF
        CONFIG    CP1=OFF
        CONFIG    CP2=OFF
        CONFIG    CP3=OFF
        CONFIG    CPB=OFF
        CONFIG    CPD=OFF
        CONFIG    MCLRE=OFF
        ORG       0H
        MOVLW     0AH
        MOVWF     ADCON1
        MOVLW     07H
        MOVWF     CMCON
        MOVWF     TRISE
        MOVLW     0FFH
        MOVWF     TRISD
        MOVLW     B'01100111'
        MOVWF     SPBRG
        BCF       TXSTA,SYNC
        BSF       TXSTA,TXEN
        BSF       RCSTA,SPEN
INICIO  MOVF      PORTD,0
        MOVWF     TXREG,0
        GOTO      INICIO
        END
```

[9]

Como se aprecia el programa es pequeño y su funcionamiento es muy sencillo, primeramente se habilitan los puertos de transmisión serial y los datos obtenidos provenientes del módulo son retenidos en el registro TXREG y enviados al puerto D.

Para hacer las pruebas con la comunicación Bluetooth y el envío de datos se utilizó la aplicación en Android, Bluetooth Serial Controller. Esta aplicación manda los datos al módulo HC-06 en sistema numérico hexadecimal. La aplicación se configura para distribuir los botones y su visibilidad así como el dato que envía cada botón. El dato se envía por el Bluetooth Serial Controller, es recibido en tiempo real por el módulo HC-06 y es mandado hacia el microcontrolador que finalmente saca el dato por el puerto D.

Para poder utilizar esta aplicación es necesario configurarla para tener la disposición de los botones y el envío de datos necesarios para que el vehículo realice las funciones correctas.

Una vez instalada la aplicación, muestra al iniciar la pantalla predeterminada con 9 botones, pudiendo utilizar hasta 25 botones, los cuales están dispuestos para ser modificados en sus funciones y nombres tal como se muestra en la figura 3.5.



Figura 3.5 Vista predeterminada del panel de control

Para comenzar a configurar las acciones, visibilidad y nombres de los botones es necesario ir hacia la pantalla de preferencias en el menú principal (figura 3.6).

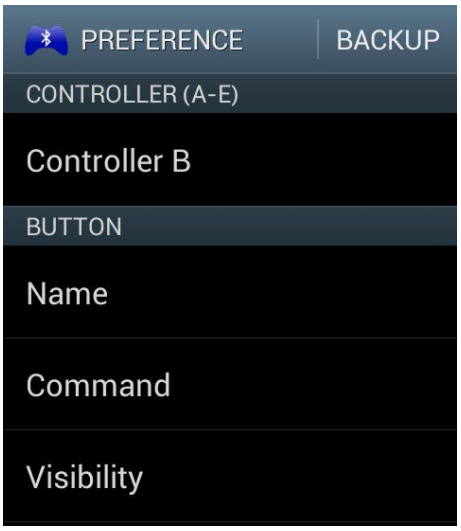

Figura 3.6 Menú de configuración del Bluetooth Serial Controller

Primero se nombra cada uno de los botones a utilizar. En este caso se emplearan los botones 2, 4, 6 y 8, avance, giro hacia la izquierda, giro hacia la derecha y retroceso respectivamente (figura 3.7).



Figura 3.7 Configuración de nombres de los botones

En la pantalla de comando se asignan los datos a enviar hacia el modulo hc-06 mediante cada boton. Existe la opcion de usar codigo ASCII y hexadecimal, en esta parte se elige el hexadecimal como se muestra el la figura 3.8.



Figura 3.8 Configuración de los comandos de los botones

Para finalizar la configuración del panel de control del vehículo se selecciona la visibilidad de los botones marcando los botones que han sido asignados con los nombres y los comandos (figura 3.9).

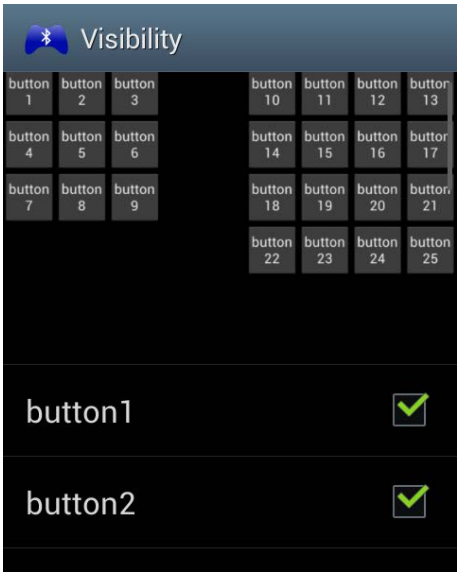

Figura 3.9 Configuración de la visibilidad de botones

El panel de control configurado queda finalmente como se muestra en la figura 3.10.



Figura 3.10 Panel de control del Bluetooth Serial Controller

3.5 Programación del control del vehículo

Al tratarse de un sistema controlado por un tipo de controlador de lazo abierto, en donde la salida no tiene efecto sobre la acción de control del microcontrolador, se tienen únicamente las condiciones de operación fijas establecidas por el usuario que opere el panel de control en la pantalla, que son avance, retroceso, giro hacia la derecha y giro hacia la izquierda, tal como se representa en el diagrama de la figura 3.11.

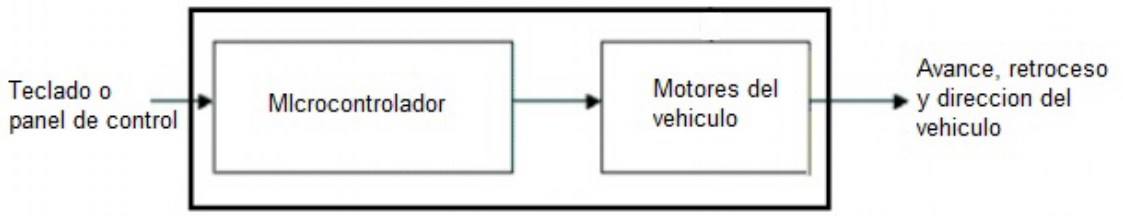

Figura 3.11 Diagrama del sistema de control

Para el control del vehículo se hizo uso de cuatro bits menos significativos del puerto B del microcontrolador, sin necesidad de tener que hacer una programación adicional, ya que los datos mandados desde la aplicación son los datos que salen del microcontrolador, por lo tanto solo es necesario mandar desde la aplicación el dato deseado para el control, avance, retroceso, giro derecho y giro izquierdo.

La secuencia de datos utilizados para el control es la siguiente:

Tabla 3.3 Datos para el control del desplazamiento del vehículo

Dato	Acción realizada
0011	Avance
1100	Retroceso
1001	Giro derecho
0110	Giro izquierdo

De esta manera se obtienen los datos necesarios para accionar un puente H, que es la siguiente etapa, que hace finalmente el cambio de giro de cada motor de CD.

Capítulo IV

Incorporación de la circuitería de potencia y la alimentación

En este capítulo se realiza el diseño de la electrónica que finalmente mueve la plataforma en conjunto con la alimentación de los motores y la alimentación del circuito de comunicación y control.

4.1 Diseño del circuito de potencia acoplado al control

El control del giro de los motores se hizo con un par de puentes H con relevadores debido a las necesidades del proyecto, presentando las siguientes ventajas sobre un diseño con transistores:

- No se requiere alta velocidad de respuesta
- Un relevador soporta mayor corriente
- Se presenta una menor caída de tensión
- La bobina del relevador está aislada de la potencia
- Su diseño es más sencillo por evitar la necesidad del usar redes Snubber y diodos de Freewheeling para protección en el caso del puente h con transistores.

Para poner en funcionamiento el puente H de cada motor se requiere activar los relevadores por medio de transistores empleándolos en modo de corte y saturación, de modo que no se exceda la máxima corriente posible a suministrar por cada salida del microcontrolador y de esta forma dañarlo.

El criterio para asegurar la saturación en el transistor a usar, el PN2222, se muestra en la ecuación 4.1.

$$IB = \frac{2IC}{\beta} \quad (4.1)$$

Donde:

IB es la corriente de base necesaria para saturar al transistor

IC es la corriente de saturación del colector del transistor

B es la ganancia del transistor

IC se obtiene de la ecuación 4.2

$$IC = \frac{VCC}{RC} \quad (4.2)$$

Donde,

VCC es el voltaje del colector

RC es la resistencia en el colector

En este caso VCC es el voltaje de la batería que es de 3.3V y RC es la resistencia de la bobina del relevador que es de 400Ω. Por lo tanto:

$$IC = \frac{3.6V}{400\Omega} = 9mA$$

$$IB = \frac{2(9mA)}{300} = 60\mu A$$

La resistencia necesaria para saturar el transistor se obtiene de la ley de ohm quedando así:

$$R = \frac{3.6V}{60\mu A} = 60000$$

El valor más próximo de resistencia y mayor a este que existe comercialmente es 68kΩ

El diseño del circuito se realizó en el software de simulación Isis de Proteus quedando el diagrama mostrado en la figura 4.1.

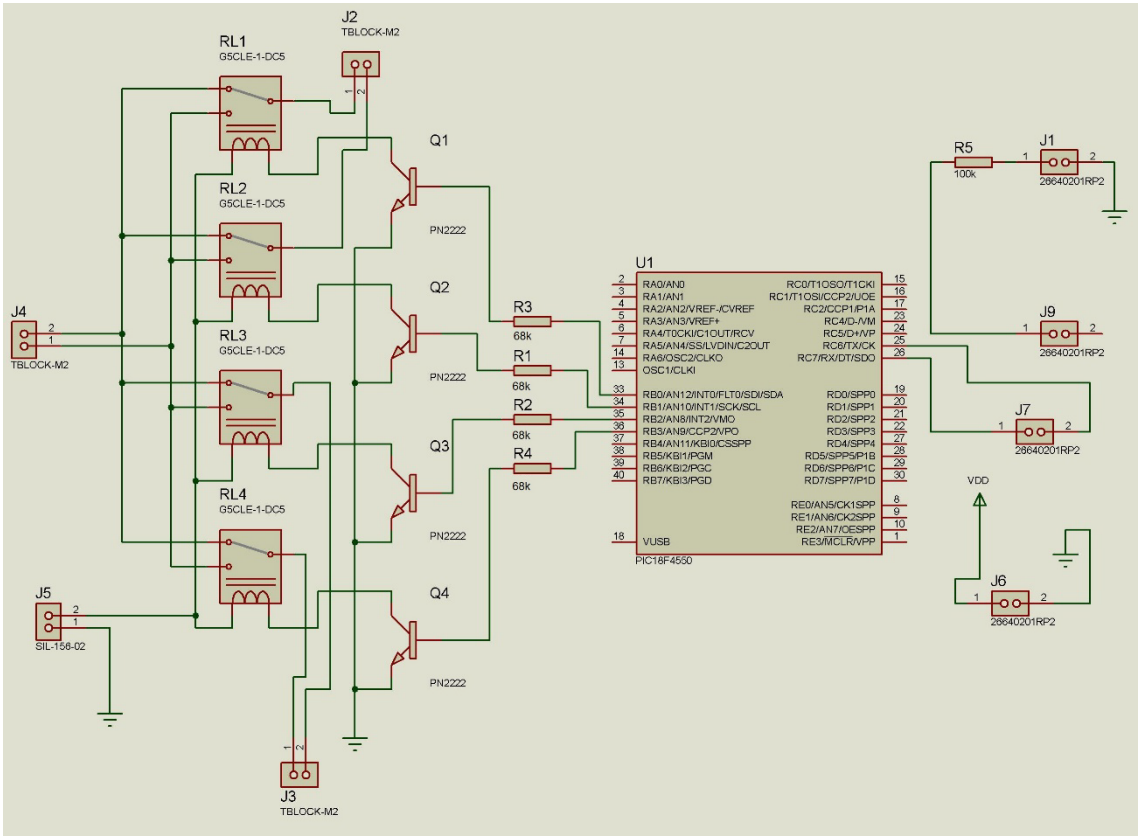

Figura 4.1 Diagrama del circuito de control y potencia para la plataforma

Previo a la elaboración del circuito impreso se aprecia el aspecto final que tendría el circuito impreso con los componentes montados en la placa (figura 4.2).

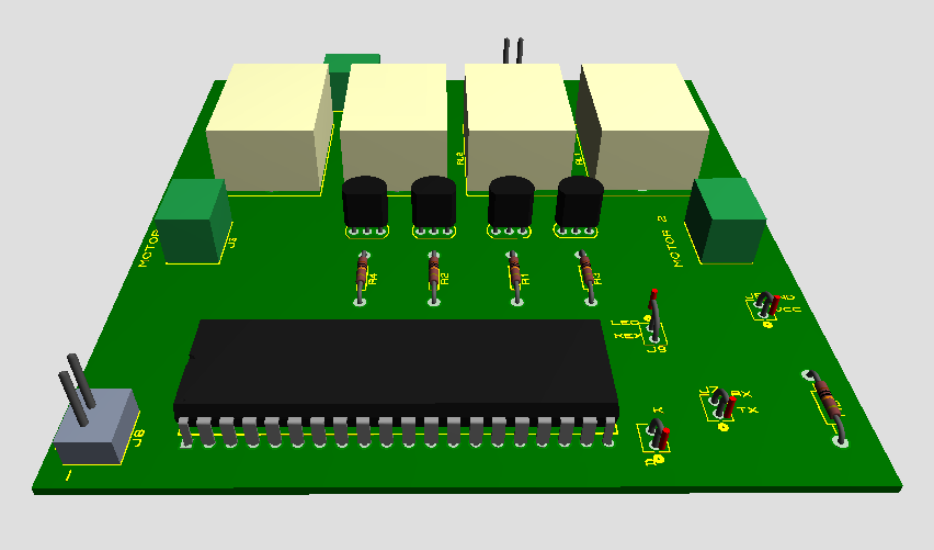

Figura 4.2 Representación 3D en Ares de Proteus

El circuito impreso con todos los componentes ya montados y soldados a la placa se muestra en la figura 4.3.

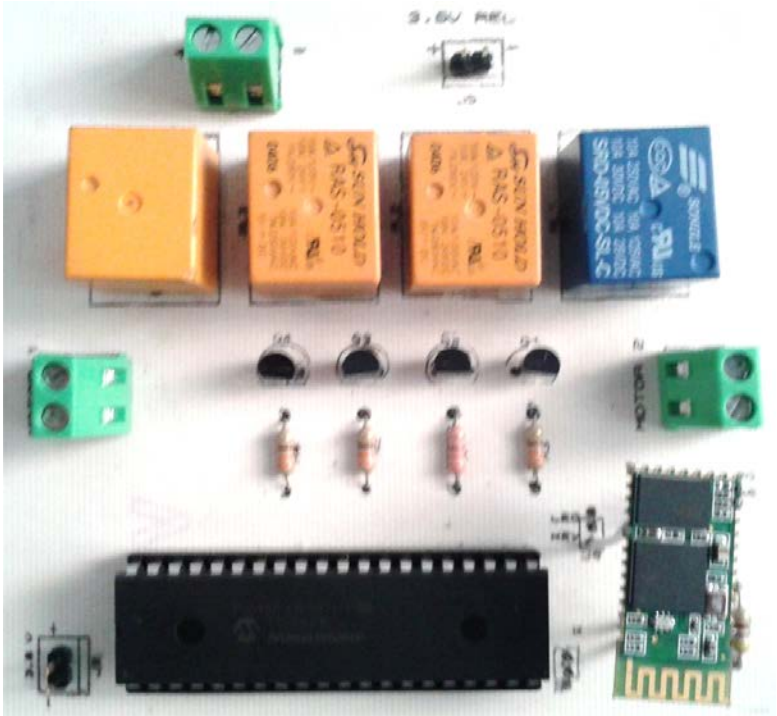

Figura 4.3 Circuito impreso físico

Ya concluido el circuito impreso, se montó al chasis y conectó a los motores y la alimentación. Para el circuito de control se usaron baterías de 3.6 volts, una para el circuito de control como tal y otra únicamente para alimentar los relevadores.

Se hicieron las pruebas pertinentes en cada sección y todo el sistema funcionó como se previó de acuerdo a la teoría presentada en los capítulos anteriores y no hubo necesidad de correcciones, lo que se traduce en un ahorro de tiempo y dinero.

Cabe mencionar que el alcance del control supera los 10 metros, llegando en algunas condiciones hasta alcanzar los 20 metros, lo que da a suponer que el propio chasis aumenta la ganancia en la recepción al actuar como antena.

Lo único restante es la carrocería, esta se construyó con lamina de aluminio calibre 20. El aspecto de la plataforma se mostró al principio del documento (Capitulo II). Las uniones de la carrocería se remacharon en las partes fijas y para las partes desmontables o móviles se usaron tornillos. El aspecto de la plataforma terminada se aprecia en la figura 4.4.



Figura 4.4 Aspecto físico real de la plataforma robótica terminada

La carrocería no afectó la ganancia extra, provista por el chasis ni la propia del receptor Bluetooth, pudiendo suponerse que actuaría como jaula de Faraday pero al no estar completamente cerrada, puede descartarse el hecho de que actúe como tal.

Capítulo V

Conclusiones y Observaciones

En este capítulo se dan a conocer los resultados y las posibles correcciones futuras al sistema de robot móvil para su desplazamiento en áreas planas y regulares, así como lugares abiertos o cerrados.

5.1 Conclusiones

La dedicación en el diseño de la parte mecánica de la plataforma fue de gran importancia para tener un balance entre la capacidad de carga del vehículo y su consumo en energía.

Otro aspecto importante a considerar para un mayor rendimiento en el suministro de energía, es el implementar un control en el arranque de los motores de tracción para reducir los sobre impulsos de corriente y tener un consumo más eficiente de la energía.

Se concluye que los objetivos y especificaciones de este proyecto fueron cumplidos satisfactoriamente con la culminación de la plataforma móvil funcionando al 100% manteniendo una velocidad de 4km/h cargando un peso adicional de 8kg, demostrando su capacidad para transportar componentes de diversos tipos.

La principal ventaja que exhibe este vehículo sobre otros de su tipo, es el bajo costo para elaborarlo ya que su configuración y materiales con los que está hecho son adecuados para un entorno plano y menos hostil que en el que se desenvuelven otros vehículos similares hechos para el propósito de manipulación.

5.2 Observaciones

Un detalle importante que puede ser corregido en un futuro, es la cuestión de la velocidad máxima del vehículo, siendo necesario reducirla para obtener mayor torque y cargar su propio peso más el adicional sin problemas en el consumo de potencia por parte de los motores, porque este inconveniente reduce el tiempo de uso de la batería y reducir la velocidad no afectaría en gran medida ya que por la aplicación de esta plataforma no es requerida tanta velocidad.

Referencias consultadas

[1] http://platea.pntic.mec.es/

[2] http://www.arqhys.com/

[3) http://www.espatentes.com/

[4] http://www.robomotion.es/en

[5] http://ingemecanica.com/

[6]http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1101/html/3_transmision_por_poleas_y_correas_o_cadenas.html

[7] Estándar IEEE 802.15.1

[8] Datasheet del módulo Bluetooth HC-06

[9] Datasheet del microcontrolador PIC18f4550