



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CAJEME

INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRANSPORTE DE CONTENEDOR, USANDO UN ROBOT SEGUIDOR DE LÍNEA Y VOLTEO

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN INGEIERIA EN MECATRONICA

PRESENTA

ING. EFRÉN EZEQUIEL NAVAR LOERA

DIRECTOR DE TESIS

DR. JOSE EFREN RUELAS RUIZ

Fecha

18/09/2023

No. de Registro

MIM-073

JOSÉ EFRÉN RUELAS RUÍZ**MAESTRIA EN INGENIERIA MECATRONICA CON ESPECIALIDAD EN AUTOMATIZACION
PRESENTE**

A través de este documento, me permito comunicarle que el estudiante
cuyo proyecto de obtención de grado

EFREN EZEQUIEL NAVAR LOERA**INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE TRANSPORTE DE CONTENEDOR,
USANDO UN ROBOT SEGUIDOR DE LÍNEA Y VOLTEO**

Cumple satisfactoriamente, con los Lineamientos para la Operación de Estudios de Posgrado
en el Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica, por lo que ha sido aceptado
para la obtención del grado:

MAESTRO EN INGENIERIA MECATRONICA CON ESPECIALIDAD EN AUTOMATIZACION

Sin más por el momento, quedo de Usted.

JOSÉ EFRÉN RUELAS RUÍZ

Nombre y Firma del Director (a) de proyecto

Director (a) de proyecto de obtención de grado

18/09/2023
Fecha**DICTAMEN DE ACEPTACION - COMISIÓN REVISORA****PRESIDENTE**José Efrén Ruelas Ruíz
NombreRuelas
Firma18/09/2023
Fecha**MIEMBRO 1**Juan Enrique Palmará Ruiz
NombrePalmará
Firma18/09/2023
Fecha**MIEMBRO 2**Juan José Del Hín Vázquez
NombreDel Hín
Firma18/09/2023
Fecha

DEDICATORIAS

De manera especial a Dios, El que me acompañó en todo momento de desarrollo de este proyecto y en cada prueba, agradezco a mi familia especialmente a mi esposa Jessica y a mi hijo David que me dieron esa fuerza de dedicación y superación día a día, a toda mi familia por el apoyo que me brindaron, porque gracias a su apoyo y consejos he llegado a cumplir mis objetivos y metas a lo largo de mi vida.

A mis amigos Manuel Ferrer y Paul Giovanni por su compañerismo y colaboración en el desarrollo de este proyecto, como a lo largo de los dos años dentro del programa de maestría.

RESUMEN

El presente documento, detalla la metodología y actividades realizadas para el desarrollo de un proyecto el cual es un volteador de contenedores y un robot seguidor de línea.

El problema está en que al ser movido el contenedor por un operador puede lesionarse o perder tiempo por la recurrencia al hacer esta actividad.

El robot seguidor de línea tiene el trabajo de transportar el contenedor desde su posición de origen hasta el contenedor principal, este es guiado por medio de una pista o marca en el piso, la cual llega desde la posición de origen, hasta la posición final la cual está ubicada frente al volteador automático, el cual detecta que ya llegó el contenedor para así hacer el vaciado de este, de esta forma se evita que haya un operador transportando el contenedor cada vez que esté lleno, como también el mismo tenía que hacer el volteo del mismo sin importar el peso que podría estar dentro del contenedor.

ABSTRACT

This document details the methodology and activities carried out for the development of a project which is a container turner and a line follower robot.

The problem is that when the container is moved by an operator, they can be injured or lose time due to the recurrence of doing this activity.

The line follower robot has the job of transporting the container from its origin position to the main container, this is guided by means of a track or mark on the floor, which reaches from the origin position to the final position which is located in front of the automatic turner, which detects that the container has arrived in order to empty it, in this way it is avoided that there is an operator transporting the container every time it is full, as he himself had to do the turning it over regardless of the weight that could be inside the container.

Índice

Contenido

1	Introducción	1
1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Planteamiento del problema.....	3
1.3	Justificación.....	3
1.4	Objetivo.....	3
1.5	Alcances y limitaciones.....	4
2	Marco teórico.	5
2.1	Actuadores.....	7
2.2	Sensor.....	10
2.3	Metodología de Diseño de Norton.....	20
2.4	Software de Diseño mecánico.....	25
2.5	Propuesta.....	25
3	Metodología	26
3.3	Tipo de Investigación.....	26
3.4	Diseño de Investigación.....	27
3.5	Hipótesis y Variables.....	27
3.5.1	Hipótesis de Investigación y Nula.....	27
3.5.2	Variables.....	28
3.6	Objeto de Investigación.....	28
3.7	Materiales e Instrumentos.....	29
3.8	Procedimiento del Diseño.....	33
3.9	Procedimiento del Programa de control.....	34
4	Resultados	37

4.1 Descripción del prototipo.	37
4.2 planos y vistas 3D.....	39
4.3 Componentes electrónicos.	56
4.4 programa.	60
5 conclusión	66
6Recomendaciones	67
7Referencias	68

Índice de figuras

Figura 1 países más robotizados	2
Figura 2 Maquina Volteadora De Bins.....	6
Figura 3 Maquina Volteadora De Bins Móvil	7
Figura 4 modelo estructural de un modelo de automatización (Weiss, 2007)	9
Figura 5 sensor magnético efecto hall.....	11
Figura 6 sensor infrarrojo	12
Figura 7 sensor óptico de herradura (garcia romero & muños chalén, octubre 2014) ..	13
Figura 8 sensor infrarrojo	14
Figura 9 cortina de seguridad con sensor IR.....	14
Figura 10 Arduino IDE.....	15
Figura 11 Arduino nano	17
Figura 12 Arduino UNO	18
Figura 13 Arduino MEGA	19
Figura 14 ESP 32	20
Figura 15 Sensor Pololu QTR-8RC Reflexions sensor-Array.....	29
Figura 16 puente H.....	30

Figura 17 Arduino MEGA	31
Figura 18 sensor infrarrojo	31
Figura 19 Motor CD.....	32
Figura 20 diagrama de flujo del Volteador de Contenedores	35
Figura 21 Diagrama de Flujo del Seguidor de Línea	36
Figura 22 Impresora 3D	38
Figura 23 Ensamble de volteador con vista isométrica frontal	39
Figura 24 Ensamble de volteador con vista lateral.....	40
Figura 25 Ensamble de volteador con vista isométrica trasera	41
Figura 26 Base de motor 0.1	43
Figura 27 Plano de base externa 2.0	44
Figura 28 Plano del tensor superior e inferior de la banda.....	45
Figura 29 Bases de sensor final de carrera.....	46
Figura 30 Ensamble final del volteador	47
Figura 31 Diseño de pinza removible	49
Figura 32 Diseño final de pinzas de contenedor	50
Figura 33 Guía para hacerlo girar	51
Figura 34 Robot seguidor de línea.	52
Figura 35 Guía para contenedor	53
Figura 36 Diseño general del robot seguidor de línea.....	54
Figura 37 Diseño de instalación de motorreductores	55
Figura 38 Motor a pasos	56
Figura 39 Driver A4988	57
Figura 40 Diagrama de conexión de Driver A4988	58
Figura 41 CNC Shield	59
Figura 42 Sensor final de carrera.....	60
Figura 43 primera parte del programa en Arduino	61
Figura 44 Segunda parte de programa	62
Figura 45 Tercera parte del programa.....	62
Figura 46 Cuarta parte del programa	63
Figura 47 diagrama de conexión	64

Figura 48 Proceso del control	65
Figura 49 Diagrama de conexión de control.....	65

Tabla 1 Descripción de las variables de estudio	28
---	----

1 Introducción

A lo largo del tiempo se ha ido mejorando lo que es la manufactura, de ser hecha y ejecutada por simples personas, ha ido cambiando y mejorando ya sea por ser más rápida, ágil o robusta. Dicho esto, nos damos cuenta que con el paso del tiempo la tecnología ha dado grandes pasos que han impresionado, de pasar horas ensamblando un coche a que solo pasen algunos minutos. Todo esto es gracias a los Robots, estos son los encargados de hacer tareas repetitivas sin que haya un cansancio o error por limitaciones de algún operario, los robots pueden durar años haciendo lo mismo sin parar, claro, solo teniéndolo en sus condiciones adecuadas de trabajo. Así, de esta forma nos podemos dar cuenta que alrededor del mundo hay millones de empresas las cuales cuentan con robots haciendo distintas tareas.

En la Figura 1 podemos observar una imagen de cuantos robots por cantidad de empleados tienen en distintos países alrededor del globo.

Los 10 países más robotizados

Número estimado de robots por cada 10.000 empleados

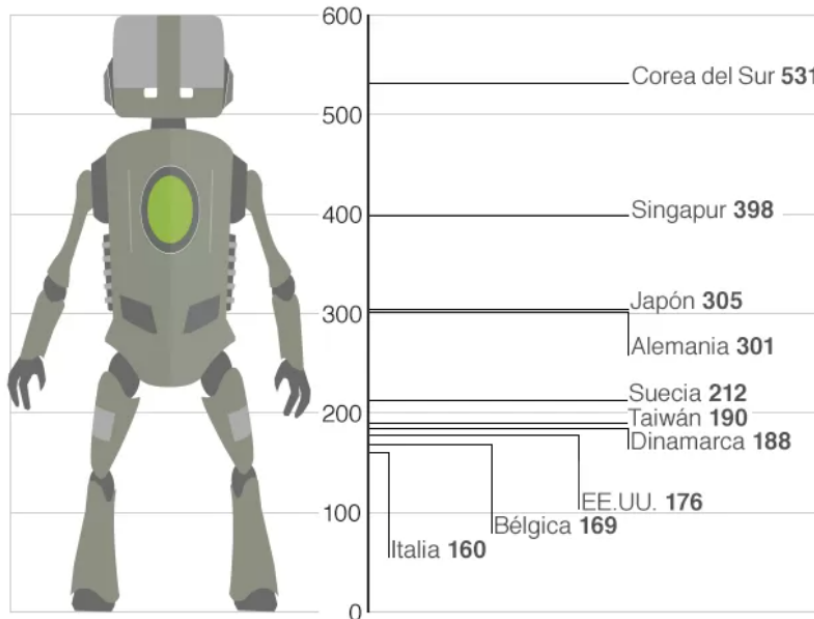


Figura 1 países más robotizados

La robótica se desenlaza en distintas áreas, una de ellas es “Robótica Móvil” en esta categoría entran todos aquellos robots que no están fijos a una base, pueden ser aquellos que cuentan con una herramienta para transportarse por un área de trabajo para así poder hacer más de una tarea y no se limitan a siempre hacer la misma acción.

1.1 Antecedentes

En la industria muchos de los trabajos que se realizan son tan repetitivos como lo es el transporte de desperdicios de un lugar a otro, como también basura o algún producto, esto puede traer graves problemas al trabajador u operario ya que si transporta algún producto o material con grandes dimensiones o pesos muy exorbitantes puede causar alguna lesión, esto es tan delicado para el establecimiento que requiere ese tipo de trabajos, como también para el trabajador, ya que se trata de una lesión corporal, a lo largo del tiempo con el avance de las tecnologías se han usado distintas herramientas para solventar

distintas tareas, y este caso no será la excepción existen distintos elementos los cuales en conjunto puede hacer la herramienta perfecta para solventar dicho trabajo, hasta hacerlo de una forma autónoma.

Este proyecto se conforma de dos maquina por decirlo de una forma, está el volteador y por otro lado está el robot seguidor de línea, estos dos en conjuntos forman el quipo perfecto para más de una tarea a resolver.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad el problema del desperdicio que se genera en las instituciones es muy grande, lo cual genera mucho movimiento en ese entorno. El transporte y descarga de esta genera una pérdida de tiempo importante a los trabajadores con muchas más tareas necesarias para el entorno de la institución. Esta tarea muy continua e incómoda por la interacción de los desechos, el mal olor y el contacto con esta. Sin mencionar la insuficiencia en el equipo necesario para el traslado, haciendo que no solo el traslado, sino que el vacío de la misma sea una tarea difícil y tediosa.

1.3 Justificación

El apoyo de un robot para las tareas continuas y mecánicas de este aspecto haría que se ahorre una cantidad de tiempo considerable a los trabajadores, los cuales podrían emplear en tareas más específicas y de provecho. El traslado del desecho y el añadido de volteador harán que el trabajador tenga el menor contacto con los desechos, haciendo que haya menos esfuerzo de su parte, menos peligro por lesiones o por sustancias nocivas para la salud, así como elementos punzo cortantes que se puedan encontrar en los residuos.

1.4 Objetivo

Implementar un robot móvil seguidor de línea para desperdicios y un volteador automatizado, mediante el cual se pueda disminuir el esfuerzo físico del operador al mover y descargar los contenedores, éste será automático para que de tal forma el esfuerzo requerido para el trabajo disminuya.

1.5 Alcances y limitaciones

Se implementará un robot móvil para mover el contenedor y una máquina volteadora, los cuales serán capaces de bajar los tiempos de traslado, como también los esfuerzos de los operadores al descargar dicho contenedor.

Este sistema de volteo consiste en dos motores los cuales se accionarán cuando el robot llegue con el contenedor. Todo este funcionamiento será programado en la plataforma Arduino.

Esta máquina será suficiente para satisfacer la demanda que existe por el momento, ya que se podría hacer automático todo este proceso del desecho de desperdicios.

Debido a la dificultad del proyecto, no se tomará en cuenta la cantidad exacta de peso que será levantada por el contenedor.

El diseño del volteador será un primer ejemplo del cual podría ir mejorando con nuevas ideas.

No se tomará en cuenta los esfuerzos mecánicos ya que lo que se desarrollara en este proyecto es el control de los componentes para realizar la tarea y no las características de los materiales para resistir dicha tarea.

2 Marco teórico.

En el presente capítulo se describen todos los temas importantes para el apoyo de la realización del proyecto. Se tratan distintos temas como lo son los aspectos generales que trata la automatización de robots móviles y robots inteligentes, como también sus características generales. Como también se miran temas sobre distintos conceptos del diseño y control que utilizan los robots móviles.

La robótica es la ciencia que estudia a los robots y todo lo relacionado a ellos como el control de motores, el manejo de sensores, herramientas de control como el software y diferentes mecanismos de tipo neumático, automático entre otros. La robótica ha evolucionado a un paso acelerado en los últimos años. En la realización del diseño de un robot y su construcción se usan diferentes ciencias como la mecánica, la electrónica y la informática por mencionar algunas; por el uso de estas ciencias y sus recursos se podría considerar que la robótica es una ciencia multidisciplinar. (Molina, 2015), uno de los tantos temas que se trataran es la robótica móvil, este es el fenómeno que desarrolla nuevas tecnologías de la robótica, corresponde al incremento de necesidades a cubrir por la misma robótica, dejando en claro que los robots fijos a una base, están limitados a distintas necesidades que ya existen y que ya son cubiertas, al poder moverse por un medio

se crea la robótica móvil y esta es más autónoma y libre, y así se puede disminuir la intervención humana. (Baturone, 2001)

Unas de las necesidades que los robots pueden cubrir es el mover o levantar algunos tipos de objetos pesados, pueden ser de grandes magnitudes o que estén en posiciones en las cuales el cuerpo humano no puede tomarlas con facilidad ya que toman una postura fuera de la biomecánica del cuerpo y sale de su confort. El trabajar con cargas muy pesadas y en condiciones no muy favorables para la salud generan estrés muscular por lo consiguiente genera un factor de riesgo de la parte biomecánica del cuerpo humano (Reyes, 2007)

Para evitar este tipo de lesiones es recomendable tener maquinaria especial para hacer este tipo de movimientos como lo es el levantar objetos pesados que se sitúan al nivel del piso. Existen distintas máquinas que pueden hacer este tipo de movimientos como lo vemos en la figura 2, estas máquinas están hechas especialmente para levantar grandes cargas las cuales pueden ser perjudiciales si un operador las levanta por su propia mano.



Figura 2 Maquina Volteadora De Bins

En la figura 3 se puede ver un diseño de un volteador parecido al de la figura 2 pero con una diferencia muy importante, este es móvil, puede cargar el contenedor y llevarlo al lugar donde será vaciado.



Figura 3 Maquina Volteadora De Bins Móvil

Al tener una máquina hecha especialmente para esta tarea la cual es el voltear o vaciar los bins, otorga distintos beneficios. Y esto es algo muy importante ya que en la industria se mantiene la seguridad personal como un punto muy importante, más aún, cuando se trabaja con contenedores tan grandes y pesados como los bins o distintos contenedores de material voluminoso y de gran peso. Y la comodidad y practicidad que otorga una máquina que pueda mover, tomar, y voltear un contenedor sin la intervención humana, hace que se haga un trabajo más cómodo y ergonómico para el operador

Las distintas máquinas volteadoras de bins que existen en el mercado pueden ser muy capaces de desarrollar una tarea, ya que fueron creadas teniendo en cuenta distintos parámetros para soportar las cargas mecánicas de gran magnitud, también cuentan con una gran intervención por la cuestión de la instrumentación ya que pueden tener la practicidad de ser más autónomas y poder ser electrónicas y hasta contar con sistema de control inteligente. La integración de estas áreas logrará desarrollar de la forma más eficiente dicha máquina, así el operador tendrá mayor facilidad en realizar su trabajo en el volteo del contenedor.

2.1 Actuadores.

Los actuadores son los dispositivos que permiten al sistema de control 'actuar' sobre el 'mundo real' para realizar las acciones deseadas, existen multitud de sistemas

actuadores, aunque el mando y control de los mismos es más fácil, en general, que el manejo de sensores. Un porcentaje muy elevado de actuadores solo tienen dos estados: marcha y paro, abrir/cerrar, etc., estos actuadores se manejan mediante señales digitales 0/1. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles, presión hidráulica y fuerza motriz. Dependiendo de la fuerza, el actuador se denomina neumático, hidráulico o eléctrico.

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico”.

Los motores eléctricos desempeñan un papel muy importante proporcionando potencia para distintos tipos de aplicaciones: Domésticas, comerciales e industriales. Su enorme versatilidad y economía de operación, prácticamente no puede ser igualada por ninguna otra forma de potencia para movimiento. Se estima que prácticamente los motores eléctricos se emplean en un 90 por ciento de las aplicaciones industriales, cantidad que podría ser mayor considerando las distintas variantes que existen.

Desde el punto de vista de fuentes de generación de energía eléctrica, la mayor parte de la potencia eléctrica que se genera es en corriente alterna, por lo que la mayoría de las aplicaciones de los motores eléctricos es en corriente alterna (CA), aun cuando desde el punto de vista de diseño existen también los llamados motores de corriente continua (CC), existen aplicaciones en donde los motores de CA pueden sustituir a los motores de CC con algunas ventajas debido principalmente a sus diferencias constructivas, y a los recientes avances que se han tenido en el diseño de los dispositivos de control. Por diseño se puede decir que los motores de corriente alterna denominados de “inducción”, son muy convenientes en aplicaciones de velocidades constantes aun cuando, dentro de ciertos límites se fabrican motores de velocidad variable, los motores de CA, de acuerdo a la fuente

de alimentación pueden ser trifásicos o monofásicos y de hecho la clasificación de los motores se puede hacer en forma elemental (Enríquez, 2006).

Los preactuadores son los elementos necesarios en aquellos casos en los que el consumo eléctrico del receptor o actuador a controlar no es soportado directamente por el nodo. La forma de conexión dentro del esquema está visualizada en la figura 4 como ahí podemos ver, este va conectado entre la parte de control que podría ser por ejemplo algún PLC, para después conectar el actuador que es el encargado de realizar la acción correspondiente dependiendo la categoría de actuador.

Los pre-actuadores son aquellos elementos que hacen la parte de potencia en un sistema, por ejemplo,

“se ocupa arrancar un motor de 220v AC.

La señal de acción proviene de un plc con salida de 12vcd, pero la corriente es muy débil si se quiere arrancar un motor, por lo cual se tiene que accionar un arrancador que funcione con una bobina de 12v cd y accione el arrancador que da la potencia necesaria al motor de 220v AC”

En este ejemplo el pre-actuador es el arrancador, ya que no es el actuar final, pero si es el primero que actúa ante la señal de acción.

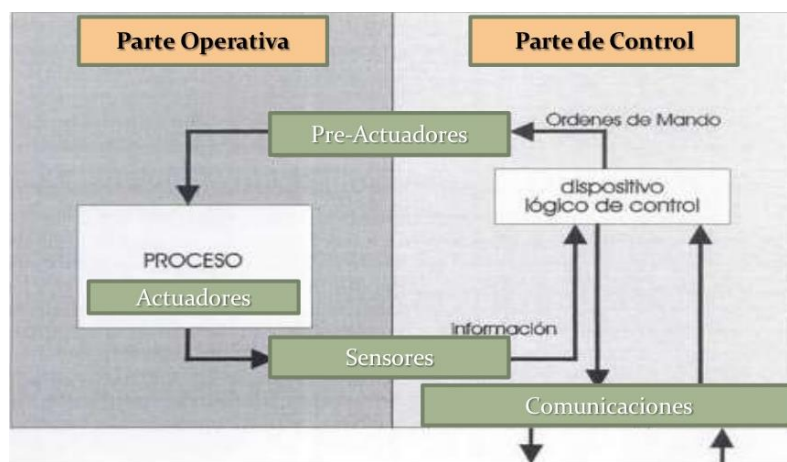


Figura 4 modelo estructural de un modelo de automatización (Weiss, 2007)

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control, como por ejemplo una válvula. Son los elementos que influyen directamente en la señal de salida del automatismo, modificando su magnitud según las instrucciones que reciben de la unidad de control. (Diego Andrés Núñez Lozano)

Existen distintas formas de realizar una tarea y con distintos dispositivos, estos pueden ser también de diferentes funcionamientos, por lo que pueden ser manejados por la parte eléctrica, electrónica, hidráulica como también neumática.

2.2 Sensor.

Un sensor es un dispositivo que responde a propiedades de tipo eléctrico, mecánico, térmico, magnético, químico, etc.; generando una señal eléctrica que puede ser susceptible de medición. Normalmente las señales obtenidas a partir de un sensor son de pequeña magnitud y necesitan ser tratadas convenientemente en aspectos de amplificación y filtrado. (Velásquez, 2009).

Los sensores análogos, se requieren cuando el fenómeno a captar es variable en el tiempo. En estos casos el sensor es un transductor y se conectará a una entrada especial en un dispositivo convertidor análogo/digital.

En la actualidad podemos encontrar sensores que funcionen de formas distintas, como electrónicos, mecánicos o magnéticos, por decir algunos.

Por ejemplo, los sensores magnéticos detectan una variación en el campo magnético en respuesta a la variación de alguna magnitud física. Están en efecto hall, por lo que se conocen como sensores de efecto hall.

Se caracterizan principalmente por ser dispositivos de estado sólido, no tener parte móviles, compatibilidad con otros dispositivos análogos y digitales, margen de temperatura amplio, frecuencia de funcionamiento relativamente alta (100 KHz). (Gerardo, 2005)

Y unas de las distintas ventajas que podemos encontrar en estos sensores magnético pueden ser que no necesitan energías eléctricas para realizar su función, estos pueden traer una cubierta especial que no afecte magnéticamente su función, al estar trabajando no es necesario que el objeto a medir toque completamente o parcialmente el sensor ya que este crea un campo magnético y al estar el objeto dentro del mismo el sensor detecta la variación en el campo siempre y cuando el objeto sea metálico, estos sensores también permiten tener perturbaciones en el sistema ya que están no afectan en la forma de hacer la medición, su forma de medir puede variar en distancia, esto puede variar de 1 mm hasta 6mm.

Algunos de los distintos que pueden medir estos sensores pueden ser en áreas de peligro como también para censar distintas temperaturas que rondan desde los bajo cero hasta mayores a 100°, estos pueden usarse en turbinas y procesos de metales ferrosos y no ferrosos.

El campo de aplicaciones de los sensores de efecto hall es extremadamente amplio. Por ejemplo, se pueden emplear como medidores de campo magnético o gaussímetros. En este tipo de circuitos hay una sonda junto con el sensor y electrónica vinculada en el procesamiento de la medida. Pueden medir campos magnéticos del orden de 1 mG. (Gerardo, 2005)

Una de las aplicaciones la podemos observar en la figura 5 Un campo magnético de alta frecuencia es generado por la bobina L en el circuito de oscilación. Cuando un objeto se acerca al campo magnético, fluye una corriente de inducción (corriente de Foucault) en el objeto, debido a la inducción electromagnética.

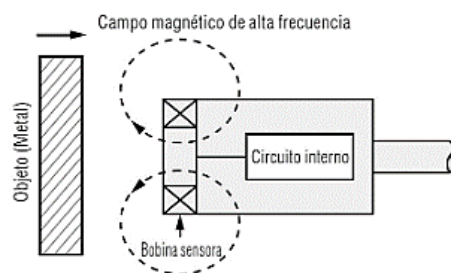


Figura 5 sensor magnético efecto hall

Otro de los sensores muy utilizados en la industria son los sensores infrarrojos, estos detectan la luz infrarroja reflejada por los materiales y la transforman en una señal eléctrica. Para una amplia gama de aplicaciones se utilizan ópticas que reducen el campo visual. Con esto se logra una localización y un posicionamiento preciso de objetos lo cuales están dentro del rango de censado. Como lo podemos ver en la figura 6, la conexión de este va desde un pequeño circuito electrónico hasta una amplia circuitería la cual sube de dificultad.

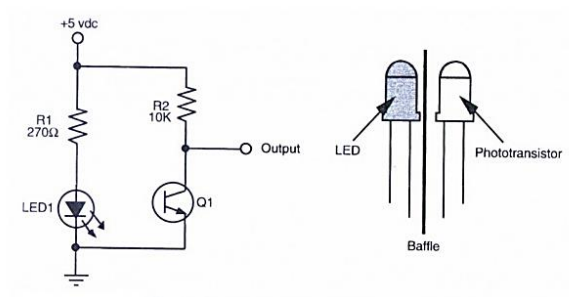


Figura 6 sensor infrarrojo

El dispositivo emite la luz infrarroja por medio del led emisor de luz infra roja, esta luz pasa a través de una lente que concentra los rayos de luz formando un único rayo lo más concentrado posible, para así mejorar la dirección del sensor, la luz va recta hacia delante y cuando encuentra un obstáculo reflectante, rebota, y retorna con cierto ángulo de inclinación, dependiendo de la distancia, la luz que retorna es concentrada por otra lente y así todos los rayos de luz inciden en un único punto del sensor de luz infrarroja que contiene la parte receptora del sensor. (García romero & Muñoz Chalén, octubre 2014)

Unas de las distintas aplicaciones de los sensores infrarrojos pueden ser como interruptor de un control de iluminación, ahorro de energía para copiadoras y/o máquinas expendedoras. (garcia romero & muños chalén, octubre 2014)

Una aplicación del sensor infrarrojo puede ser como sensor de velocidad, posición o aceleración de un motor, Como se muestra en la figura 7, estos generalmente se utilizan con un encoder el cual sirve para saber el número de giras de algún motor o también la velocidad. Generalmente se utilizan en las máquinas de copiado e impresoras.

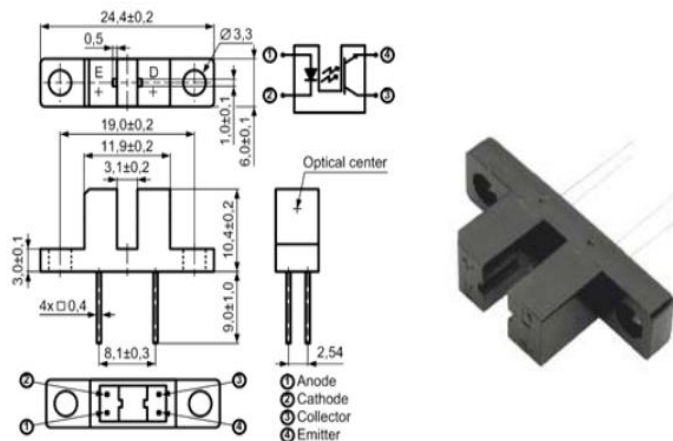


Figura 7 sensor óptico de herradura (garcia romero & muños chalén, octubre 2014)

El sensor óptico de presencia. Como se puede ver en la figura 8, se muestra el sensor, que solo cuenta con el diodo emisor y el diodo receptor, los cuales hacen la función de reflejar la luz en el objeto y así poder dar un bit de salida, este es muy utilizado en las máquinas que son líneas de producción para detectar la pieza en su lugar.



Figura 8 sensor infrarrojo

En la figura 9 encontramos las cortinas de seguridad las cuales se encargan de dar seguridad al personal que maneja las máquinas automatizadas, alarmando la máquina al momento de ser interferidas por algún objeto o por alguna extremidad humana.



Figura 9 cortina de seguridad con sensor IR

El software de computadora es el producto que construyen los programadores y al que después le dan mantenimiento durante un largo tiempo. Incluye programas que se ejecutan en una computadora, contenido que se presenta a medida que se ejecutan los programas de cómputo e información descriptiva tanto en una copia

dura como en formatos virtuales que engloban virtualmente a cualesquiera medios electrónicos. La ingeniería de software está formada por un proceso, un conjunto de métodos (prácticas) y un arreglo de herramientas que permite a los profesionales elaborar software de cómputo de alta calidad.

La ingeniería de software es importante porque nos permite construir sistemas complejos en un tiempo razonable y con alta calidad.

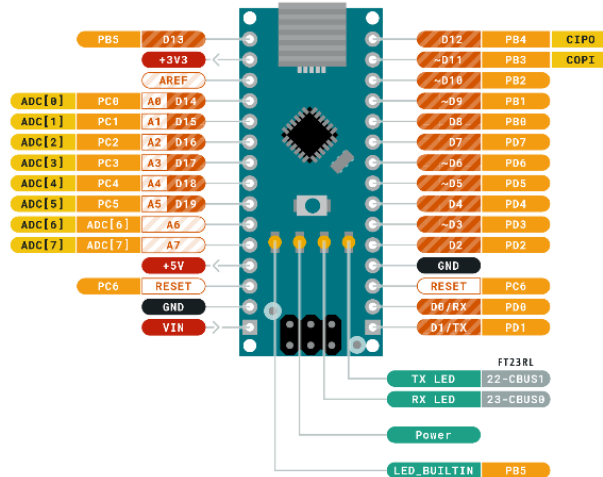
El software son instrucciones (programas de cómputo) que cuando se ejecutan proporcionan las características, función y desempeño buscados; estructuras de datos que permiten que los programas manipulen en forma adecuada la información, e información descriptiva tanto en papel como en formas virtuales que describen la operación y uso de los programas. (Pressman, 2010).



Figura 10 Arduino IDE

En la figura 10 vemos el logo de la plataforma Arduino, esta es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso. Para poder entender este concepto, primero vas a tener que entender los conceptos de hardware libre y el software libre. El hardware libre son los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso público, de manera que cualquiera puede replicarlos. Esto quiere decir que Arduino ofrece las bases para que cualquier otra persona o empresa pueda crear sus propias placas, pudiendo ser diferentes entre ellas, pero igualmente funcionales al partir de la misma base. El Arduino es una placa basada en un microcontrolador ATMEL. Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, las cuales las

escribes con el lenguaje de programación que puedes utilizar en el entorno Arduino IDE. Estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa. El microcontrolador de Arduino posee lo que se llama una interfaz de entrada, que es una conexión en la que podemos conectar en la placa diferentes tipos de periféricos. La información de estos periféricos que conectes se trasladará al microcontrolador, el cual se encargará de procesar los datos que le lleguen a través de ellos. El tipo de periféricos que puedas utilizar para enviar datos al microcontrolador depende en gran medida de qué uso le estés pensando dar. Pueden ser cámaras para obtener imágenes, teclados para introducir datos, o diferentes tipos de sensores. También cuenta con una interfaz de salida, que es la que se encarga de llevar la información que se ha procesado en el Arduino a otros periféricos. Estos periféricos pueden ser pantallas o altavoces en los que reproducir los datos procesados, pero también pueden ser otras placas o controladores.



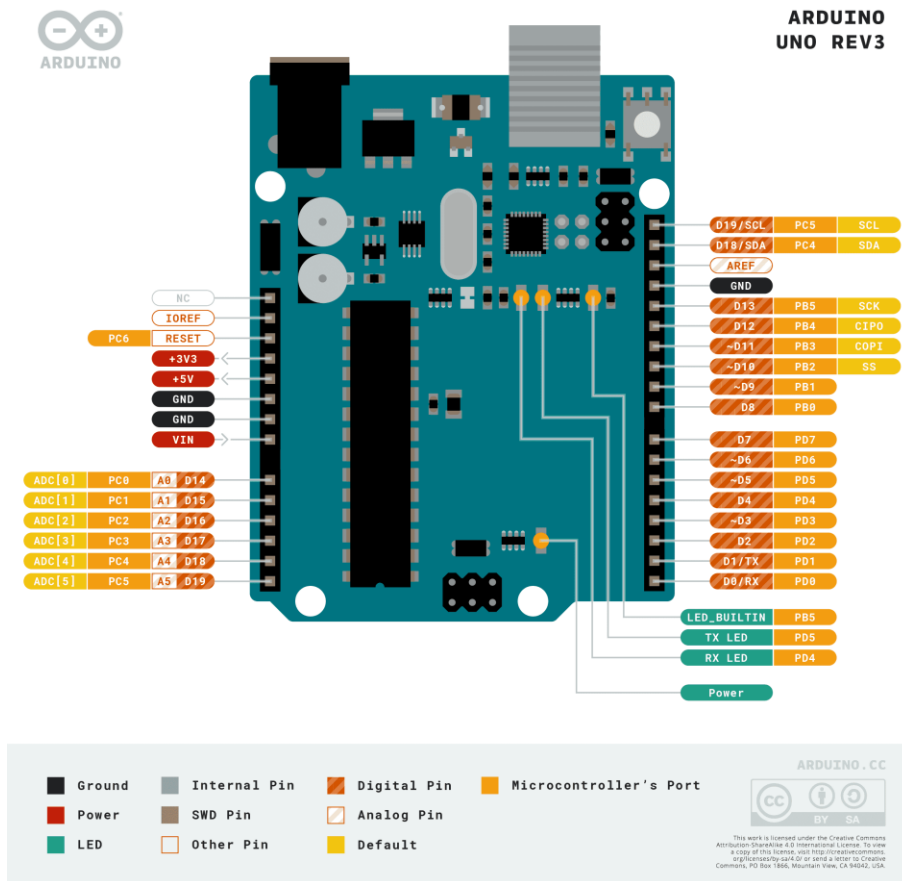


Figura 12 Arduino UNO

Esta placa de desarrollo Arduino Mega está basada en el microcontrolador ATmega2560 y la podemos ver en la figura 13.

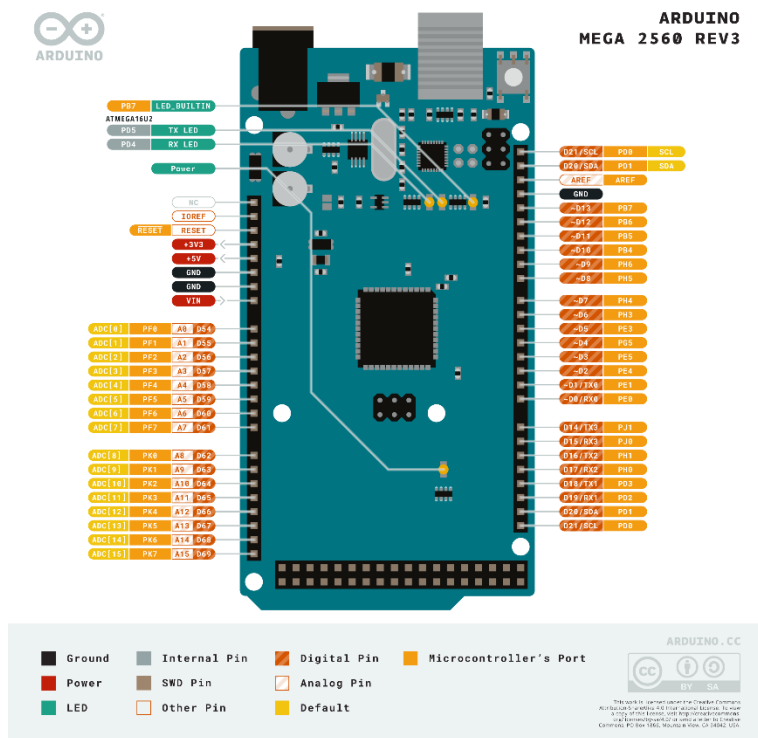


Figura 13 Arduino MEGA

El diseño es un constituyente universal de la práctica de ingeniería. Se ha investigado ampliamente la definición de varios “procesos de diseño” tratando de proporcionar los medios para estructurar un problema no estructurado y obtener una solución viable.

El proceso de Diseño de Norton contiene 10 pasos, antes de discutir cada uno de estos pasos a detalle es necesario señalar que éste no es un proceso en el que se procede del paso uno al diez de un modo lineal. En su lugar, es un proceso iterativo en el cual se avanza de manera vacilante, dos pasos hacia adelante y uno hacia atrás.

I. Identificación de la necesidad:

Este primer paso es realizado por alguien, jefe o cliente, al decir: “Lo que se necesita es...” Por lo general este enunciado será breve y sin detalles. Estará muy lejos de proporcionarle un planteamiento estructurado del problema.

II. Investigación preliminar:

Ésta es la fase más importante del proceso, y desafortunadamente con mucha frecuencia la más ignorada. La literatura de patentes y las publicaciones técnicas en la materia son fuentes obvias de información y son vía accesible a la wide web. Es importante dedicar tiempo y energía a esta fase de investigación y preparación del proceso para evitar la turbación de encontrar una gran solución al problema equivocado.

III. Planteamiento de objetivos:

Una vez que se entiende por completo el antecedente del problema como originalmente se planteó, se estará listo para replantearlo en forma de enunciado de objetivos más coherentes. Este nuevo enunciado del problema deberá tener tres características. Deberá ser conciso, general

e incoloro en cuanto a expresiones que predigan una solución. Deberá ser expresado en términos de visualización funcional, lo que significa visualizar su función, en lugar de cualquier incorporación particular.

IV. Especificaciones de desempeño:

Cuando se entiende el antecedente y se plantea el objetivo con claridad, se está listo para formular un conjunto de especificaciones de desempeño (también llamado especificaciones de tareas). Éstas no deberán ser especificaciones de diseño. La diferencia es que las especificaciones de desempeño definen lo que el sistema debe hacer, mientras que las especificaciones de diseño definen cómo debe hacerse. En esta etapa del proceso de diseño no es prudente intentar especificar cómo se tiene que lograr el objetivo. Esto se deja para la fase de ideación. El propósito de las especificaciones de desempeño es definir y limitar con cuidado el problema de modo que pueda ser resuelto y se puede mostrar lo que se resolvió después del hecho.

V. Ideación e invención:

Esta fase es potencialmente la más satisfactoria para la mayoría de los diseñadores, pero también la más difícil. Se han desarrollado muchas técnicas para mejorar o inspirar la solución creativa de problemas. De hecho, en tanto se han definido procesos de diseño, se muestra el proceso creativo. Este proceso creativo se puede impartir como un subconjunto de proceso de diseño y existir dentro de él. El paso de ideación e invención, por lo tanto, se puede dividir en cuatro subpasos.

5.1) Generación de ideas:

Es el más difícil de estos pasos. Su objetivo es obtener una gran cantidad de diseños potenciales como sea posible.

5.2) Lluvia de ideas:

Es una técnica que algunos afirman es muy exitosa para generar soluciones creativas. Se puede formar grupos o hacerlo de manera individual. El objetivo en este paso de ideación es generar un gran número de ideas sin una consideración particular sobre la calidad. Pero, en cierto punto, el “pozo mental” se sacará. Se habrá llegado al paso del proceso creativo llamado frustración. Es tiempo de olvidarse del problema y hacer algo más durante un tiempo. Mientras la mente consciente está ocupada en otros menesteres, la mente subconsciente seguirá trabajando en el problema. Éste es el paso llamado incubación. Súbitamente, en un momento y lugar inesperados, surgirá una idea, y parecerá ser la solución obvia y “correcta” al problema... ¡Eureka! Muy probablemente, un análisis posterior descubrirá algunas fallas en esta solución. De ser así, ¡hay que retroceder e iterar! Puede que se requiera más ideación, investigación y quizás incluso una redefinición del problema.

VI. Análisis:

Una vez que en esta etapa se ha estructurado el problema, por lo menos temporalmente, ahora se pueden aplicar técnicas de análisis más complejas para examinar el desempeño del diseño en la fase de análisis del proceso de diseño. Se requerirán más iteración conforme el análisis ponga de manifiesto algunos problemas. Se deben repetir tantos pasos iniciales del proceso de diseño como sea necesario para garantizar su éxito.

VII. Selección:

Cuando el análisis técnico indica que se tienen algunos diseños potencialmente factibles, se debe seleccionar el mejor disponible para un diseño detallado, creación de prototipo y pruebas. El proceso de selección casi siempre implica un análisis comparativo de las soluciones de diseño

disponibles. En ocasiones una matriz de decisión ayuda a identificar la mejor solución al forzarlo a considerar varios factores de manera sistemática.

VIII. Diseño detallado:

Este paso en general incluye la creación de un conjunto completo de dibujos de ensamble detallados, o archivos de diseño asistido por computadora (CAD), por cada pieza utilizada en el diseño.

IX. Creación de prototipos y pruebas Modelos:

Por último, se pueden verificar la corrección o factibilidad de cualquier diseño hasta que esté construido y probado. Esto por lo general implica la construcción de un modelo físico del prototipo. Las pruebas del modelo o prototipo pueden variar desde simplemente accionarlo y observar su funcionamiento, hasta fijar instrumentos suficientes para medir con precisión sus desplazamientos, velocidades, aceleraciones, fuerzas, temperaturas y otros parámetros. Puede que se requieran pruebas en condiciones ambientales controladas tales como alta o baja temperatura o humedad.

X. Producción:

Por último, con suficiente tiempo, dinero y perseverancia, el diseño estará listo para su producción. Ésta podría consistir en la manufactura de una versión final simple del diseño, pero probablemente significará hacer miles o incluso millones de piezas de ese artefacto. El proceso de diseño se utiliza ampliamente en ingeniería. La ingeniería por lo general se define en función de lo que un ingeniero hace, pero también en función de cómo hace el ingeniero lo que hace. La ingeniería es más un método, un enfoque, un proceso, un estado de la mente para la solución de un problema, que una actividad. El enfoque de ingeniería es el de la minuciosidad, atención al detalle y consideración de todas las posibilidades.

2.4 Software de Diseño mecánico

SolidWorks es capaz de analizar grosores mínimos para calcular diferentes partes de un objeto, mide con precisión espacios entre partes conectadas y ofrece una herramienta para evaluación de costos y así poder optimizar en materiales e impresiones.

Software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 2D y 3D, para el sistema operativo Microsoft Windows.

El programa permite modelar piezas y conjuntos, además de extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD, construyendo virtualmente la pieza o conjunto de piezas. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera automatizada.

SolidWorks Simulation es un sistema de análisis de diseño que está completamente integrado con SolidWorks. SolidWorks Simulation ofrece soluciones de simulación para análisis estáticos lineales y no lineales, de frecuencia, de pandeo, térmicos, de fatiga, de recipiente a presión, de caída, dinámicos lineales y no lineales, y de optimización.

Para el análisis estático lineal, se aplican cargas a un sólido, el sólido se deforma y el efecto de las cargas se transmite a través del sólido. Las cargas externas inducen fuerzas internas y reacciones para renderizar el sólido a un estado de equilibrio. El análisis estático lineal calcula los desplazamientos, las deformaciones unitarias, las tensiones y las fuerzas de reacción bajo el efecto de cargas aplicadas.

2.5 Propuesta.

Este proyecto está contemplado por el desarrollo del diseño mecánico del robot móvil que transportará los desechos, junto con el diseño de la estructura del volteador, así como el diseño de control para estos dos dispositivos.

3 Metodología

En el presente capítulo se describen todos los temas importantes para el apoyo de la realización del proyecto. Se tratan distintos temas como lo son los aspectos generales que trata la automatización de robots móviles y robots inteligentes, como también sus características generales. Como también se miran temas sobre distintos conceptos del diseño y control que utilizan los robots móviles.

3.3 Tipo de Investigación

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, combinatorio y probatorio. Cada etapa puede ser trabajada independientemente de debido al diseño del proyecto ya que si es posible omitir pasos. El orden es flexible, ya que se puede redefinir cualquier área y cualquier fase. Parte de una idea general que va se delimitando a cada paso, una vez delimitada, se derivaron los objetivos y preguntas de investigación, se revisó la literatura y se construyó el marco teórico. De las preguntas generadas se estableció la hipótesis, se desarrolló el procedimiento, y se

trazó un plan, se generó una serie de conclusiones y recomendaciones (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.4 Diseño de Investigación

Este proyecto tiene un diseño de Investigación Descriptivo ya que busca detallar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, describiendo el proceso de creación de un robot móvil y un volteador automático. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006). Este proyecto presenta el diseño, desarrollo, implementación de un robot móvil con volteador automático el cual será controlado con el software abierto de Arduino, y con una placa de adquisición de datos Arduino; Es una Investigación transeccional o transversal ya que el Proyecto se realizó en un solo momento, en un tiempo único que fue en el año 2021-2023 del mes de agosto a Diciembre (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006).

3.5 Hipótesis y Variables

3.5.1 Hipótesis de Investigación y Nula

Hipótesis de Investigación (Hi): Desarrollar un robot móvil que el cual se pueda dirigir de forma autónoma al volteador, esté estará al final de la trayectoria esperando la señal para comenzar trabajo. Hipótesis Nula (Ho): El desarrollo del robot móvil no funcionó para el transporte de los desechos, como tampoco su volteador ya que no estaban preparados para este trabajo.

3.5.2 Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional
Dependiente Arduino.	Basada en la filosofía del software libre, Arduino es una plataforma de electrónica «open-source» o de código abierto cuyos principios son contar con software y hardware fáciles de usar. Básicamente lo que permite esta herramienta es la generación de infinidad de tipos de microordenadores de una sola placa, que luego pueden tener una amplia variedad de usos según la necesidad de la persona que lo cree. Es decir, una forma sencilla de realizar proyectos interactivos para cualquier persona.	Diseño del software del robot, teniendo en cuenta el control de este para que funcione de la mejor forma posible
Independiente Robot móvil y volteador	Un robot móvil es el cual puede desplazarse en un medio sin necesidad de operación humana ya que recauda información del ambiente que le rodea.	El robot móvil podrá desplazarse hasta llegar al volteador por medio de la línea que seguirá con los sensores infrarrojos.

Tabla 1 Descripción de las variables de estudio

3.6 Objeto de Investigación

El objeto de investigación fue el proceso de diseño, simulación, creación de un robot móvil para el volteo de desperdicios.

3.7 Materiales e Instrumentos

- Computadora con las siguientes características: Para correr el software de Arduino de manera óptima se necesita Windows 7, 64 Bits o superior, procesador de 3,3 GHz o superior, y memoria RAM de 4 GB o más.
- Computadora con las siguientes características: Para correr el software de SolidWorks 2019 de manera óptima se necesita Windows 10, 64 Bits, procesador de 3,3 GHz o superior, tarjeta gráfica y controladores certificados y memoria RAM de 8 GB o más.
- Dispositivos Periféricos:
 - Mouse: ya que para el diseño este dispositivo es necesario

En la figura 15 vemos el sensor con el cual se harán las primeras pruebas

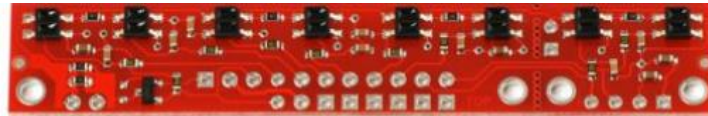


Figura 15 Sensor Pololu QTR-8RC Reflexions sensor-Array

Características:

- Dimensiones: 75 x 13mm
- Voltaje de funcionamiento: 3.3V-5,0 V
- Consumo de corriente: 100 mA
- Formato de salida: E / S digital compatible
- Distancia óptima de detección: 3 mm
- Máxima distancia de detección recomendada: 9,5 mm
- Peso sin terminales: 3g

- Puente H.

Este dispositivo de la figura 16 se usa para potencia, y es con el cual se controlarán los motores.

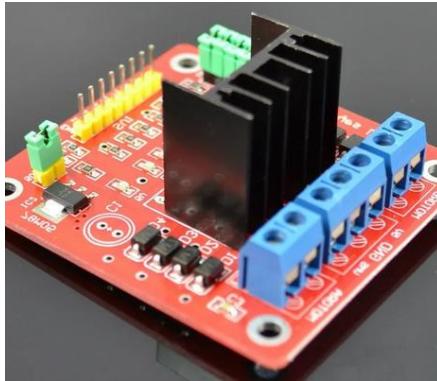


Figura 16 puente H

Descripción de las partes del Driver:

- Conector para la salida 3 y 4.
- Conector para la salida 1 y 2.
- Driver L298N.
- Salida de 5V.
- GND
- VCC
- jumper para la activación.
- Pines para el control de giro de los motores.
- Pin para el control PWM del motor 2.
- Pin para el control PWM del motor 1.

- Tarjeta Arduino.



Figura 17 Arduino MEGA

El Arduino Mega 2560 de la figura 17 es una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs, un cristal de 16Mhz, conexión USB, jack para alimentación DC, conector ICSP, y un botón de reseteo. La placa Mega 2560 es compatible con la mayoría de shields compatibles para Arduino UNO.

- sensor IR

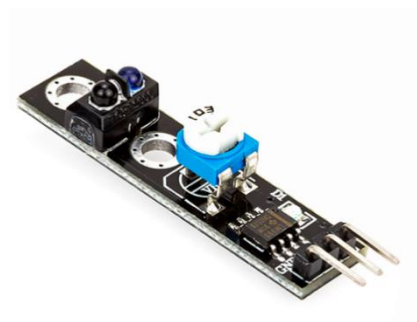


Figura 18 sensor infrarrojo

Este dispositivo de la figura 18 es el encargado de detectar la línea guía por la cual se desplazará el robot.

Características:

- Distancia de detección: de 2 a 40 cm
 - Dimensiones: 28 mm * 23 mm
 - Alimentación: 3,3 – 5 V
 - Ajuste: dos resistencias variables de una vuelta
 - OUT: interfaz de salida digital de la tarjeta (0 si se detecta y 1 si no se detecta)
-
- Motor CD 6-8vcd.



Figura 19 Motor CD

- En la figura 19 podemos ver el motor encargado de hacer que el robot se mueva y pueda dirigirse a realizar sus tareas.
-
- Especificaciones técnicas
 - Voltaje de operación: 3 ~ 12 V (recomendado 6 ~ 8 V)
 - Torque máximo: 800 g / cm
 - Este motor cumple EMC: capacidad anti - interferencia (puede operar con microcontrolador sin interferencias)
 - Corriente de operación: 100 mA (sin carga), 200 mA (con carga)
 - Caja reductora: 1:48
 - Velocidad: 3 V = 80 rpm / 5 V = 120 rpm / 9 V = 300 rpm

3.8 Procedimiento del Diseño.

El siguiente procedimiento representa los pasos que se realizaron para dar cumplimiento al objetivo específico del presente trabajo.

- Preparar el equipo para desarrollar el diseño de las piezas y ensambles, instalando la aplicación SolidWorks 2018.
- Identificar el proceso de diseño, simulación, configuración, parametrización más recomendable para el desarrollo de las distintas piezas para el robot.
- Prueba en el diseño, simulación, configuración, parametrización más recomendable para ser representado, identificando aquellos elementos que deberían ser detallados para las piezas que se imprimirán en maquina 3D.
- Definir los procesos de diseño a realizarse de manera lineal.
- Desarrollo del Diseño CAD de acuerdo al siguiente proceso:

1. Bosquejo de la pieza.

2. Elaborar pieza en SolidWorks con las medidas necesarias.

3. Procesado del programa CAM de las formas en las que se va a imprimir en 3D.

- Elegir herramientas, velocidades y avances que se van a aplicar.
- Diseñar la estrategia del proceso de impresión en las operaciones necesarias.
- Simular trayectorias.
- Post-procesar el programa a un lenguaje que la máquina entienda.
- Enviar el programa.
- Ejecutar la impresión.
- Verificar la pieza.
- Validar la pieza
- Ensamblar.

3.9 Procedimiento del Programa de control.

El siguiente procedimiento representa los pasos que se realizaron para dar cumplimiento al objetivo específico del presente trabajo en la parte de la programación.

- Preparar el equipo para desarrollar el programa de control el cual será capaz de realizar las tareas pertinentes.
- Identificar las tareas que realizará el robot para así configurar parámetros de salidas de cada actuador.
- Prueba del programa desarrollado en el IDE de Arduino para ver cómo se comporta el robot ante tales características
- Caracterización los sensores para su buen funcionamiento.
- Definir los procesos de cada tarea asignada.

Desarrollo de la programación de acuerdo al siguiente orden.

1. Definir tareas del robot.
2. Elaborar las ordenes en el programa, las cuales actuaran dependiendo las lecturas que los sensores obtengan.
3. Definir las instrucciones para que se detecten los obstáculos frente al robot como también la detección de las líneas de la trayectoria.
 - Elegir herramientas, velocidades y avances que se van a aplicar.
 - Programar las estrategias u ordenes que tendrá que seguir el robot.
 - Simular trayectorias físicas las cuales seguirá el robot.
 - Enviar el programa al robot y ver si llega con éxito.
 - Poner en marcha el robot.
 - Analizar los resultados con las instrucciones cargadas.
 - Validar los resultados obtenidos ante la lectura de los sensores y el accionamiento de los actuadores.

En la figura 20 podemos observar los pasos que conlleva la programación del volteador automático, el cual se encarga de vaciar el contenedor de basura.

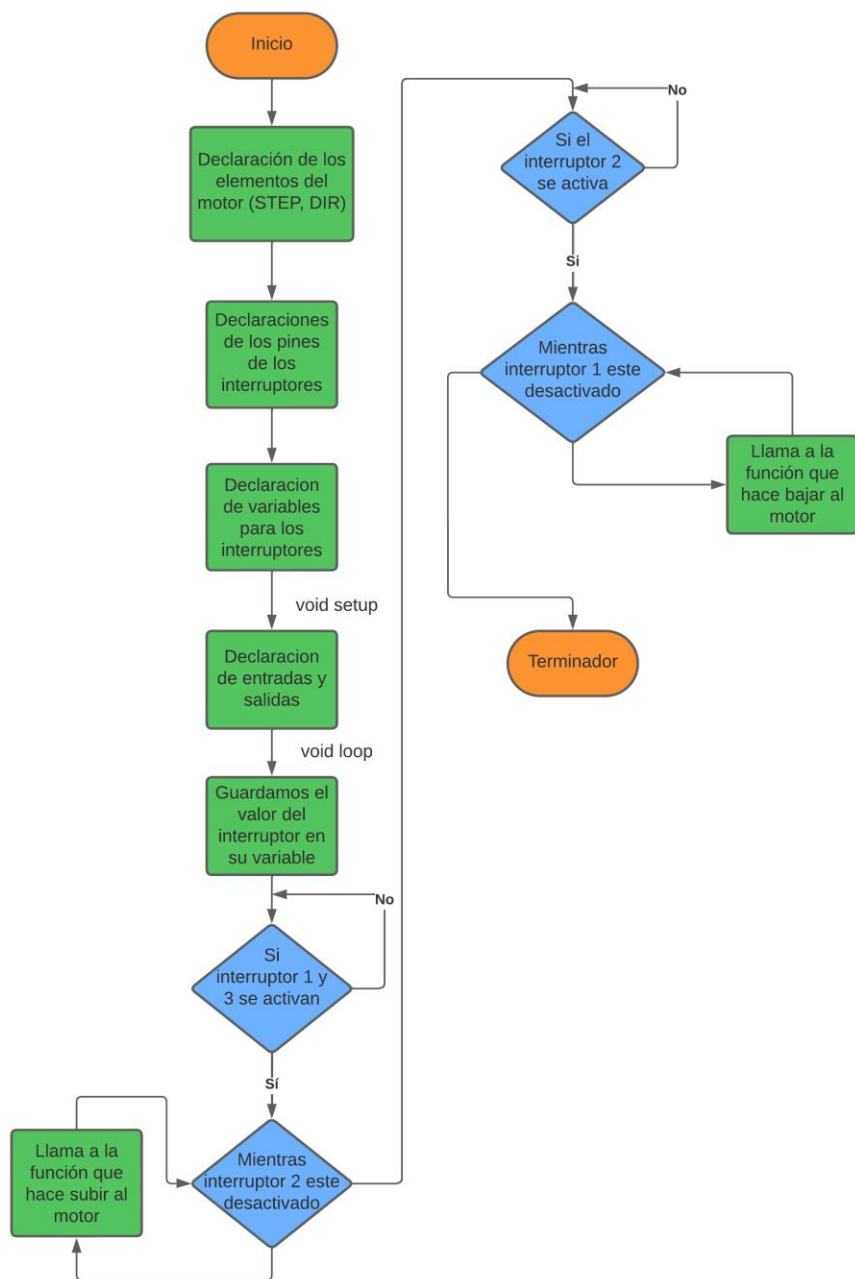


Figura 20 diagrama de flujo del Volteador de Contenedores

En la figura 21 se desarrolla el diagrama de flujo del programa del Robot seguir de línea, el cual tiene como función trasladar el contenedor de su posición de origen al volteador automático.

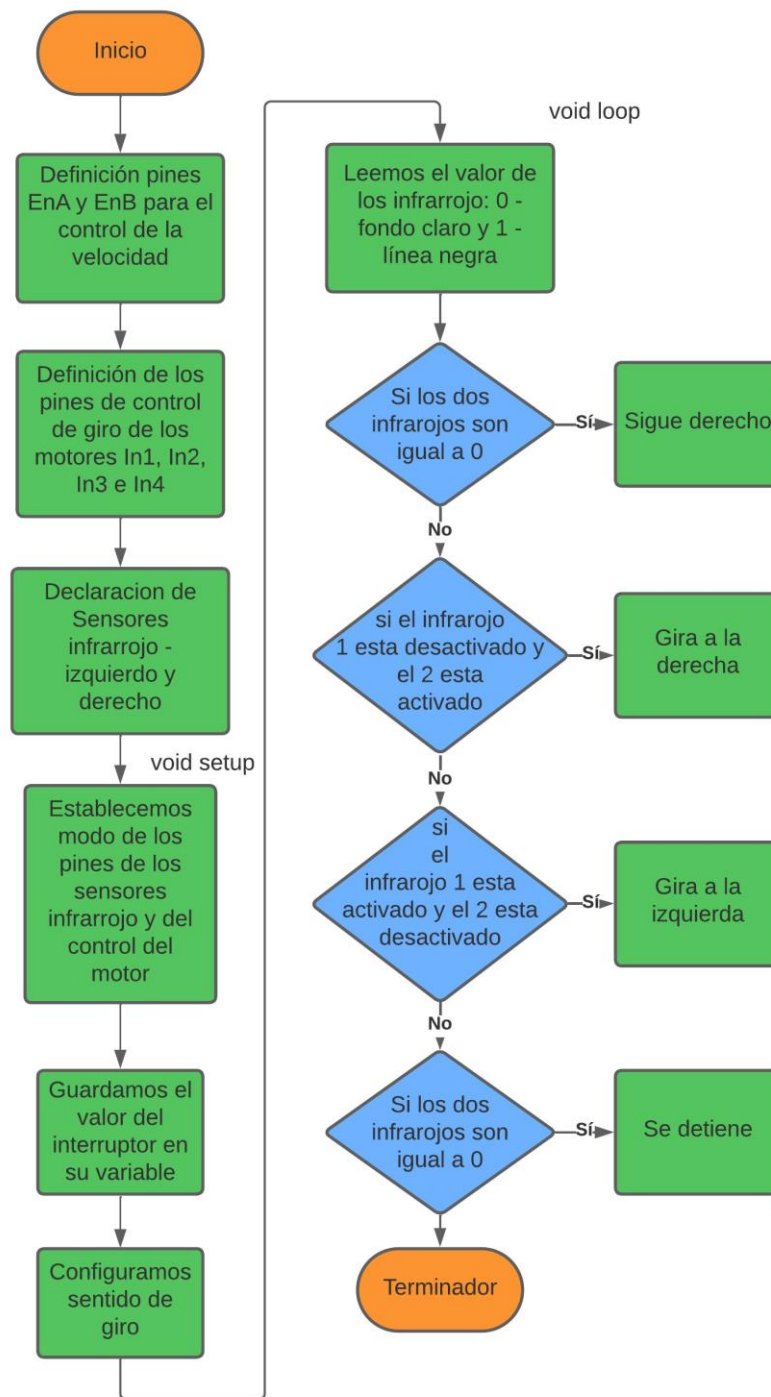


Figura 21 Diagrama de Flujo del Seguidor de Línea

4 Resultados

En este capítulo se presenta el desarrollo de la tesis. En primer lugar, se hará una búsqueda sobre estructuras y sistemas de volteo para poder crear un diseño propio a partir de esto.

4.1 Descripción del prototipo.

Este prototipo del volteador de contenedores se basó su estructura y movimiento en el funcionamiento de las impresoras 3D ya que estas trabajan en un plano cartesiano X, Y, Z con el movimiento de los ejes a pasos. Este mismo volteador trabajará basándose en el movimiento de los ejes Z ya que este subirá y bajará el contenedor, haciendo uso de los sensores de límite superior e inferior para llegar a ese punto específico.

Por fines prácticos del prototipo este levantará una carga de 100 gramos ya que se probó que la lógica de programación y la electrónica fueran correctos para su ejecución.

Al colocarle los motores paso a paso nema 17 se programaron para que avanzaran con pasos completos ya que no se ocupa mucha precisión, pero si fuerza, y el bajar la precisión aumenta el torque ya que es proporcional si subimos la precisión, disminuye la fuerza por que los pasos serían más pequeños.

También se le colocaron los sensores de límite superior e inferior para cuidar el espacio de trabajo, como también acompañando a los sensores se colocaron topes para que el mismo movimiento no fuese a mover los sensores de su posición.

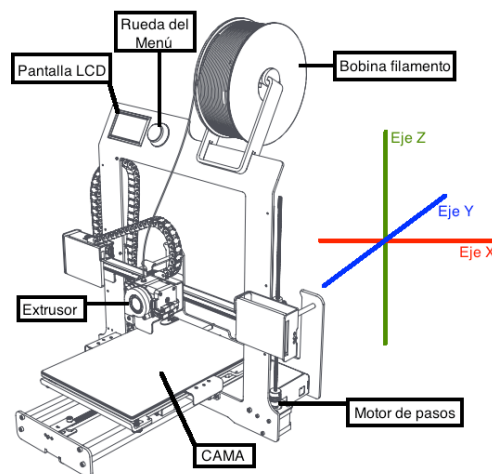


Figura 22 Impresora 3D

A su vez también se tomó como inspiración el funcionamiento del cartesiano de la impresora 3d como la de la figura 22, como el extrusor se mueve en el eje x a través de todo el eslabón que lo sostiene. Tomando lo mejor de ese diseño y adaptando a las necesidades requeridas del volteador.

Después de tener el concepto en mente se realizó el bosquejo para dejar más clara la idea del diseño general, para posteriormente hacer el diseño de la estructura del volteador, la cual se compone de varios elementos diseñados en el software Solid Works.

En este diseño se contempla la base general, la cual está compuesta por:

- Los perfiles Bosch de aluminio de la estructura.
- La base de los motores a pasos.
- La base giratoria del contenedor.
- Riel guía para hacer girar la base.
- Los tensores de las bandas.
- Base de sensores.
- Límite de desplazamiento.

4.2 planos y vistas 3D.

A continuación, podremos apreciar la primera versión en 3D en las siguientes figuras con distintas vistas.

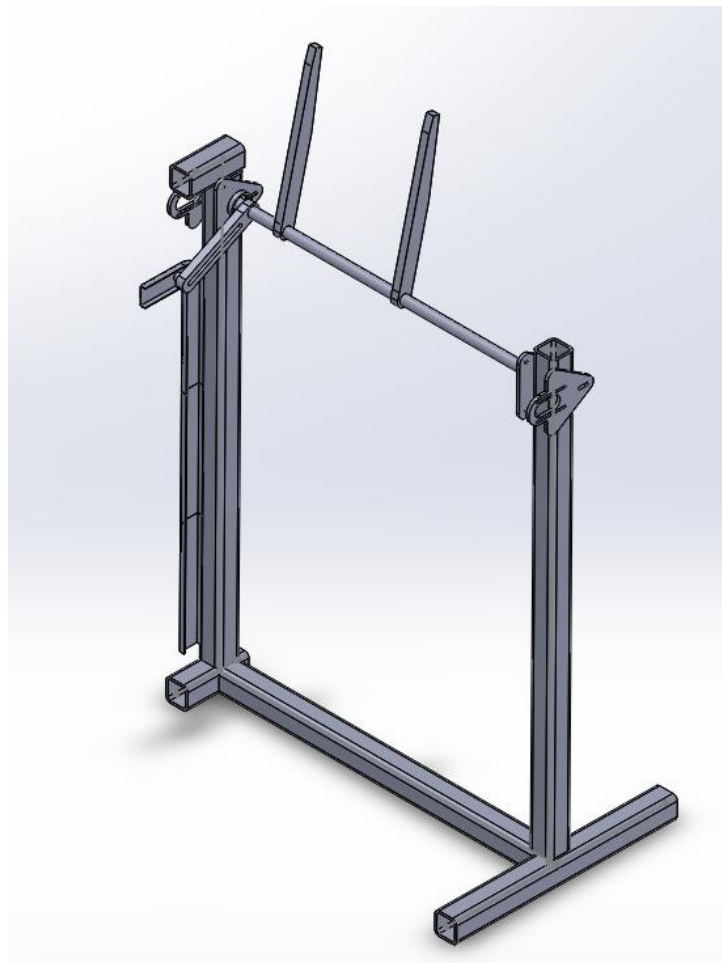


Figura 23 Ensamble de volteador con vista isométrica frontal

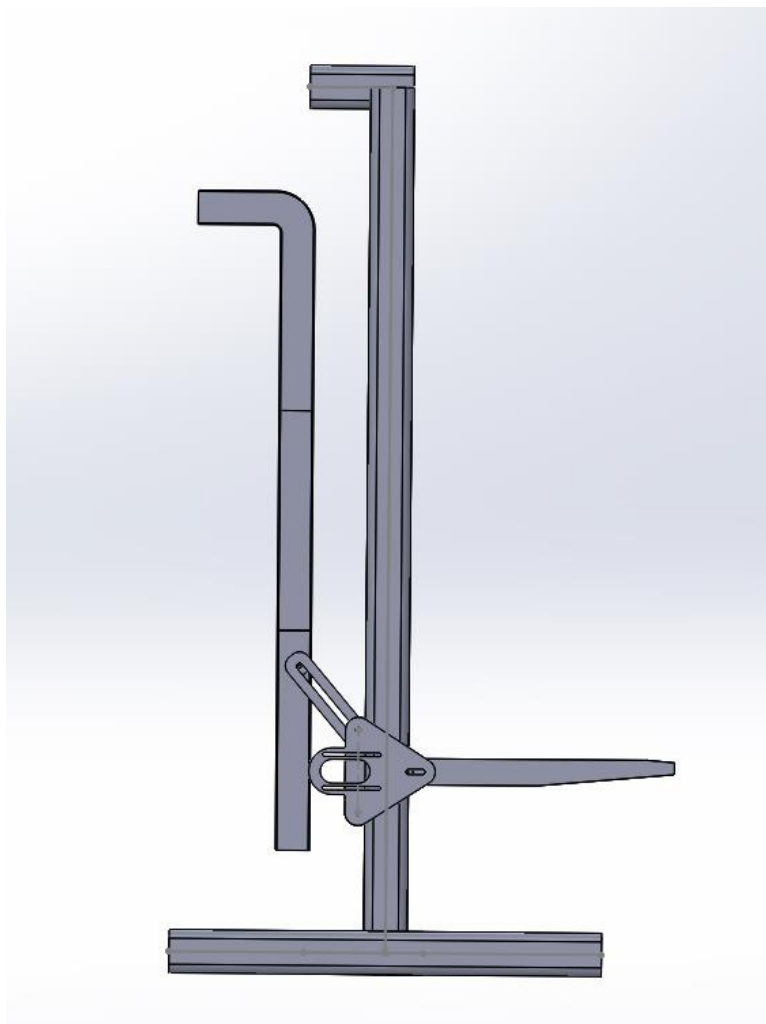


Figura 24 Ensamble de volteador con vista lateral

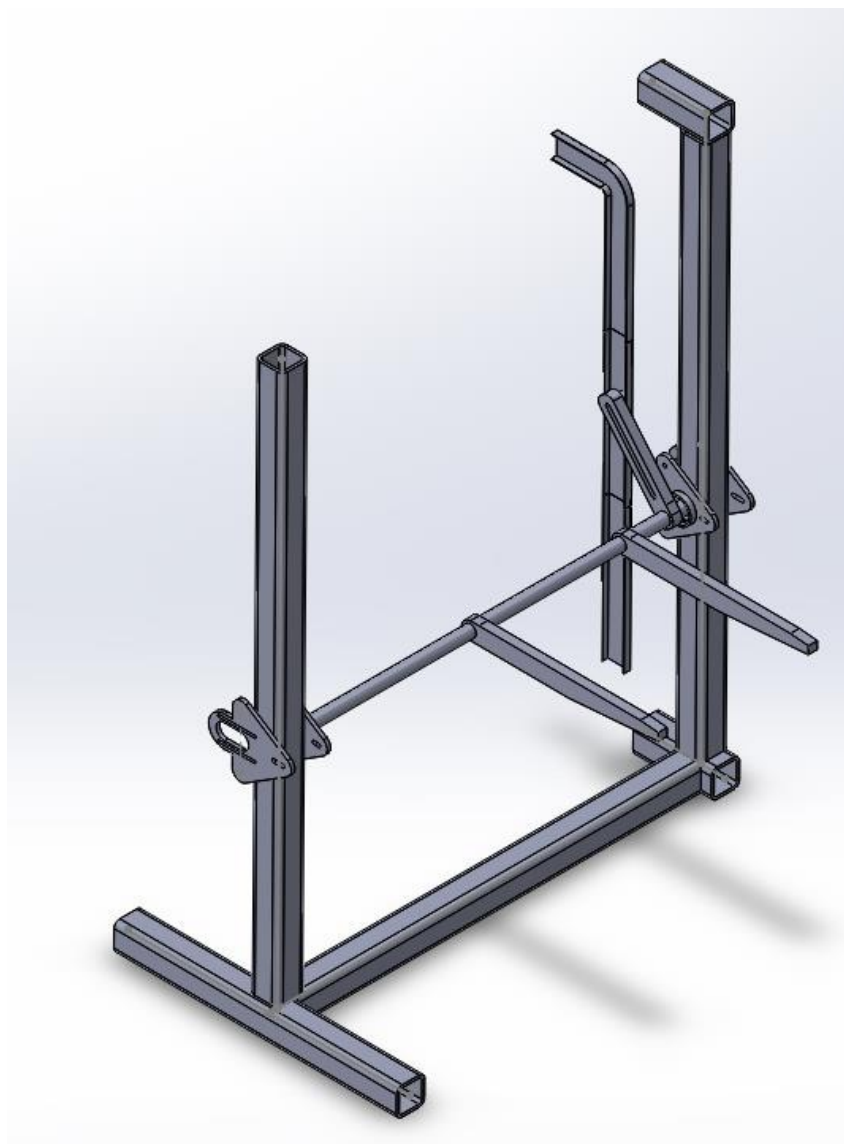


Figura 25 Ensamble de volteador con vista isométrica trasera

Teniendo este diseño se fabricaron las distintas piezas en impresora 3d, los componentes diseñados en el software para su ensamble y pruebas, al momento del armado se notó que hubo una discrepancia con algunas de las medidas de las piezas, al ser las primera piezas diseñadas e impresas se usó como margen y prueba para futuras impresiones. Por lo que después de esto se realizaron los primero ajustes y rediseños de la estructura. Siendo las dos bases de los motores las que cambiaron de medidas.

El primer diseño de las bases de los motores lo podemos ver en la figura 26. En este los motores iban apoyados y con una banda y una polea ubicada en la parte inferior del perfil, se hacia el movimiento vertical.

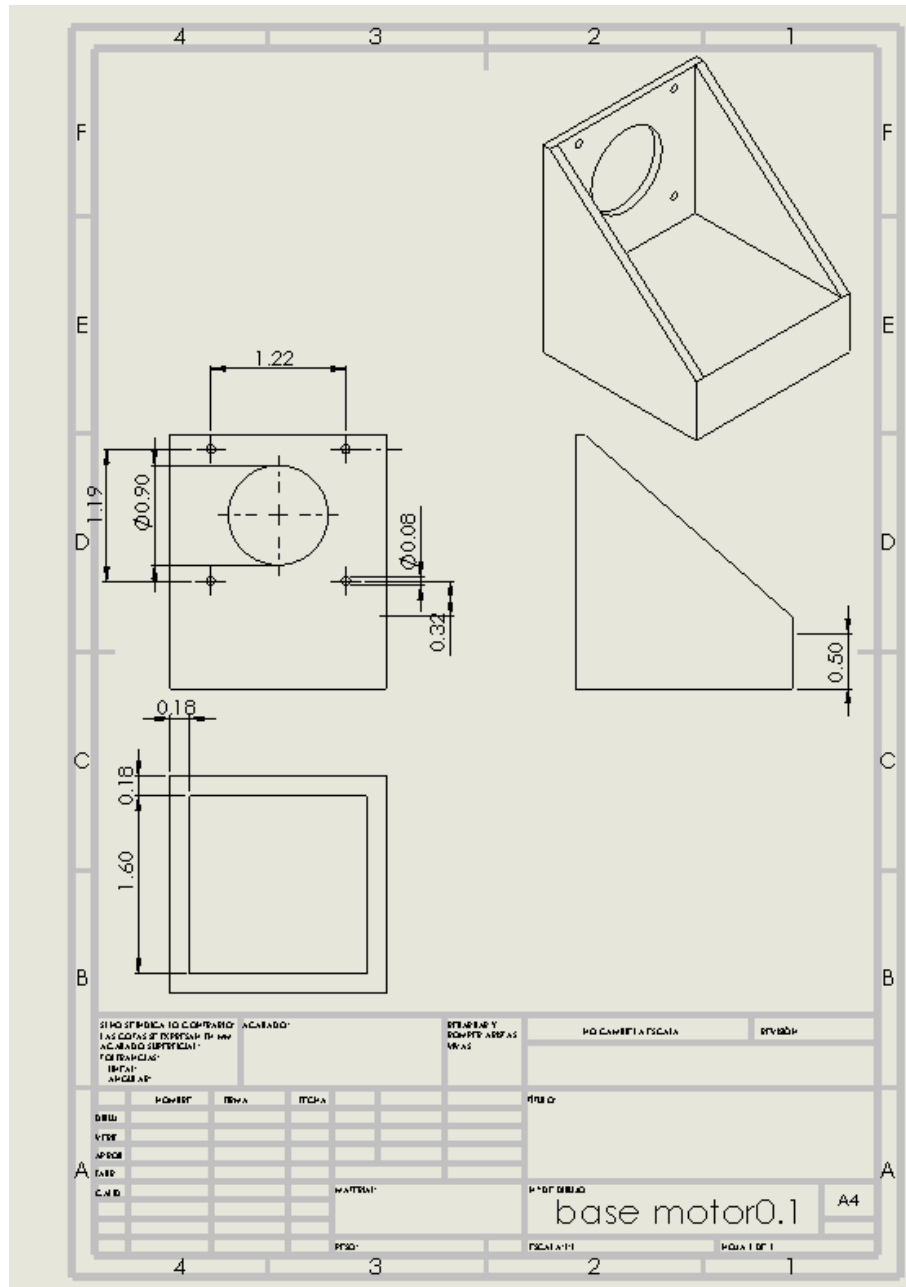


Figura 26 Base de motor 0.1

Al hacer distintas pruebas se llegó a la conclusión que la base de los rodamientos tocaba el perfil y se decidió cambiar por una base de 3 puntos de sujeción, haciendo así un diseño más robusto y cómodo, como también se eliminó la base del motor de la figura 26 y se colocó el motor en la base nueva que es la figura 27.

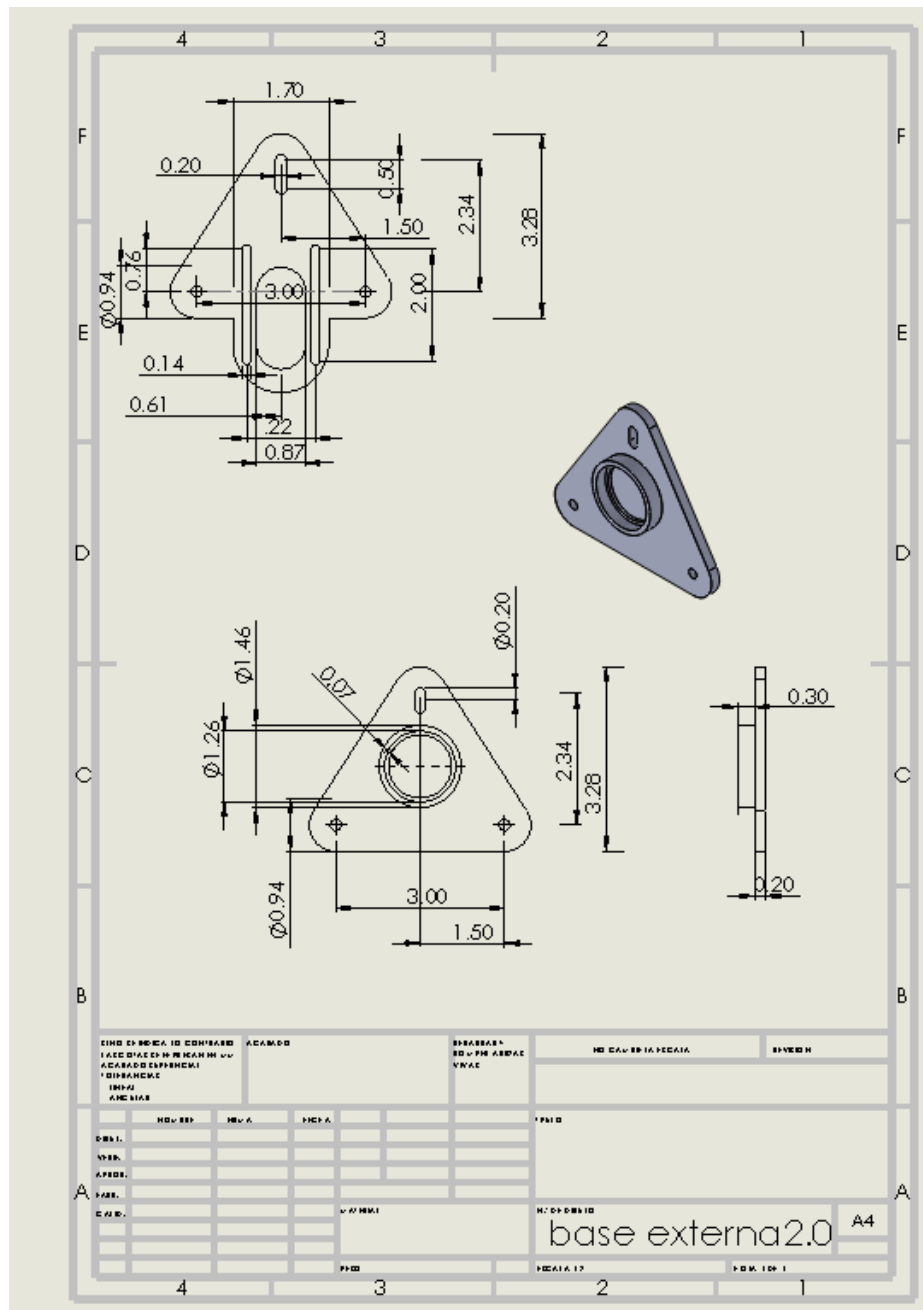
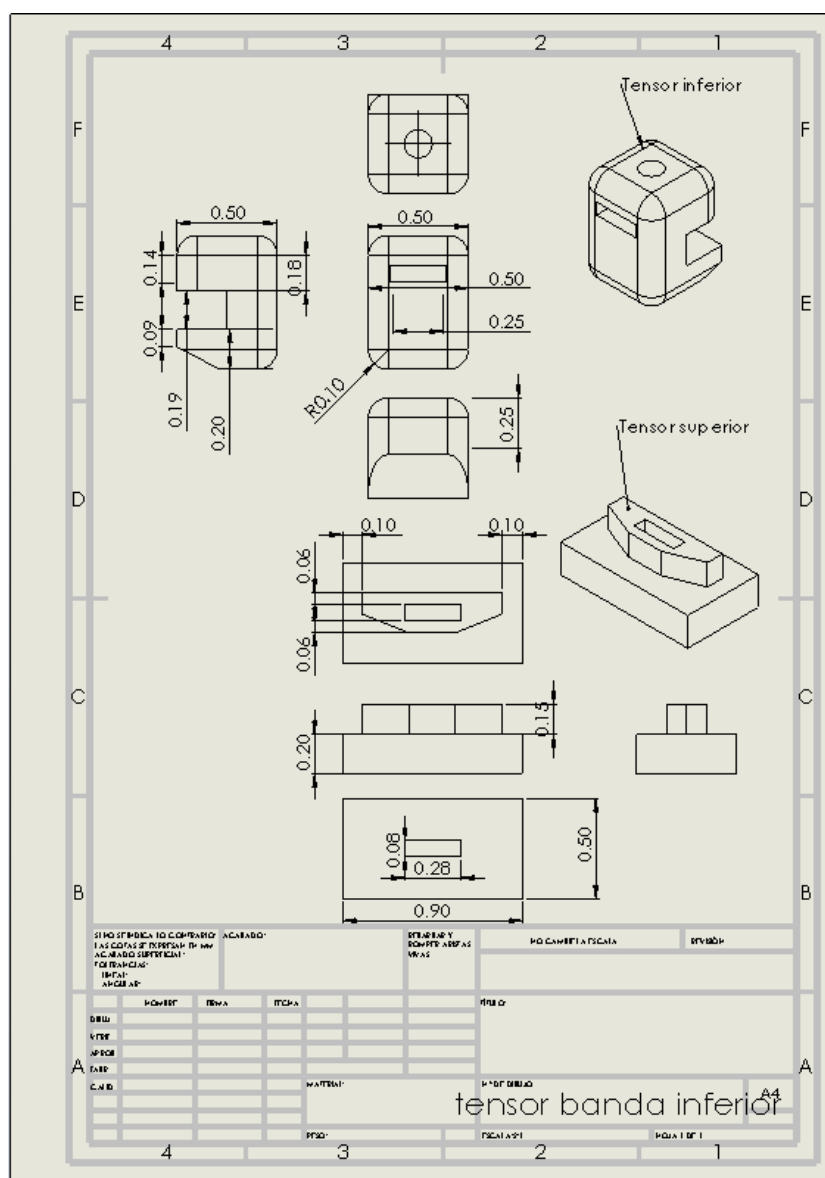


Figura 27 Plano de base externa 2.0

Después de rediseñar las bases de los motores y colocarlas en la misma base de los baleros que son de la figura 27. Se rediseñó también la base de los soportes de la banda, anteriormente se colocaba una polea en la parte inferior, lo que ahora con el diseño nuevo, quedaría sin uso, se cambió y se diseñaron las bases superiores

Después de haber visto como trabajaban los motores en sus respectivas bases y ver que haciendo bien su trabajo, se tenía que pasar a la siguiente etapa la cual era hacer que los motores se dieran cuenta donde estaban y la única forma era poniendo sensores en los perfiles, se diseñaron las bases para poder sostener los



Después de haber visto como trabajaban los motores en sus respectivas bases y ver que haciendo bien su trabajo, se tenía que pasar a la siguiente etapa la cual era hacer que los motores se dieran cuenta donde estaban y la única forma era poniendo sensores en los perfiles, se diseñaron las bases para poder sostener los

sensores como los podemos ver en la figura 29, pero a la par de estos también se colocaron unos topes final de carrera para que si por algún motivo el sensor llegara a fallar, el motor se llegue hasta el tope físico y no siga avanzando, de esta forma se mantiene integro el sensor como también su base.

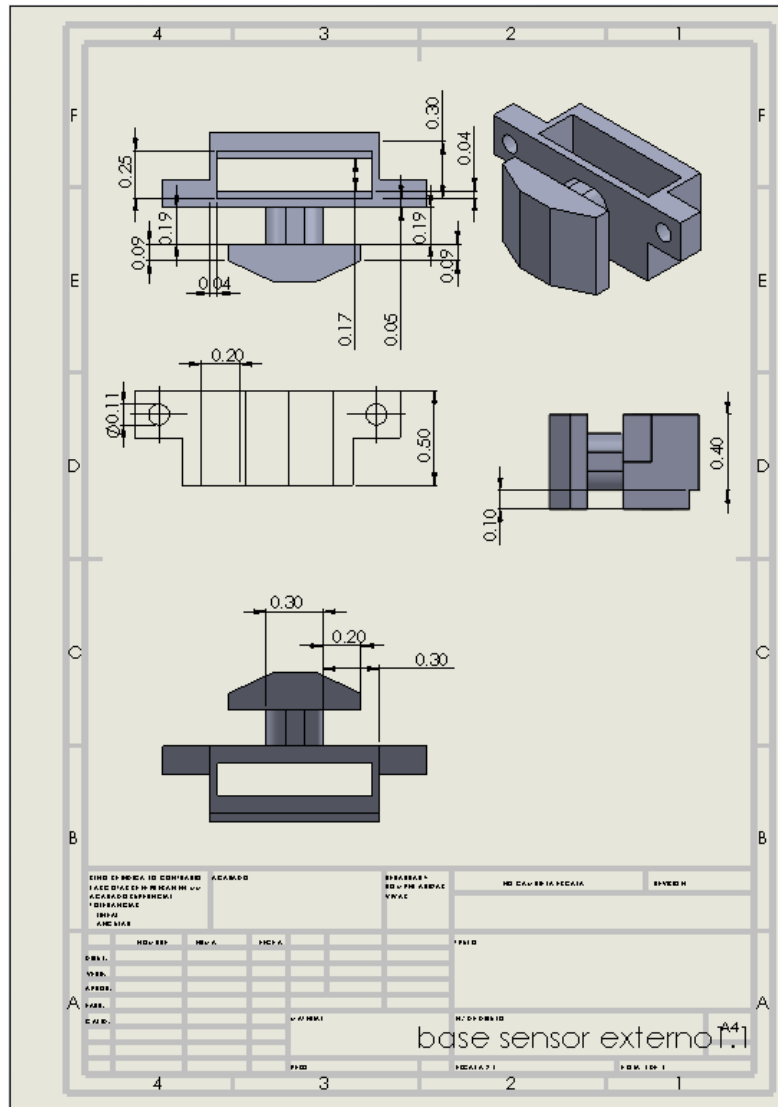


Figura 29 Bases de sensor final de carrera

Hasta ese punto la estructura general del volteador es la de la figura 30.

Para este punto se realizaron distintas pruebas del funcionamiento de los motores, sensores y de las piezas en general, para comprobar si la sinergia de cada componente era la esperada. Se realizó un programa en la tarjeta Arduino de manera que al detectar los sensores de la parte inferior de la estructura del volteador estos activaran los motores a pasos para que subieran, al llevar arriba y topar con los sensores de la parte superior los motores debía de bajar.

En esta prueba se hicieron algunas observaciones en cuanto al movimiento de la base del motor a través de la estructura, también lo que compone esta, que son las poleas y rodamientos. Pero para confirmar el rediseño se agregó una parte faltante de la estructura.

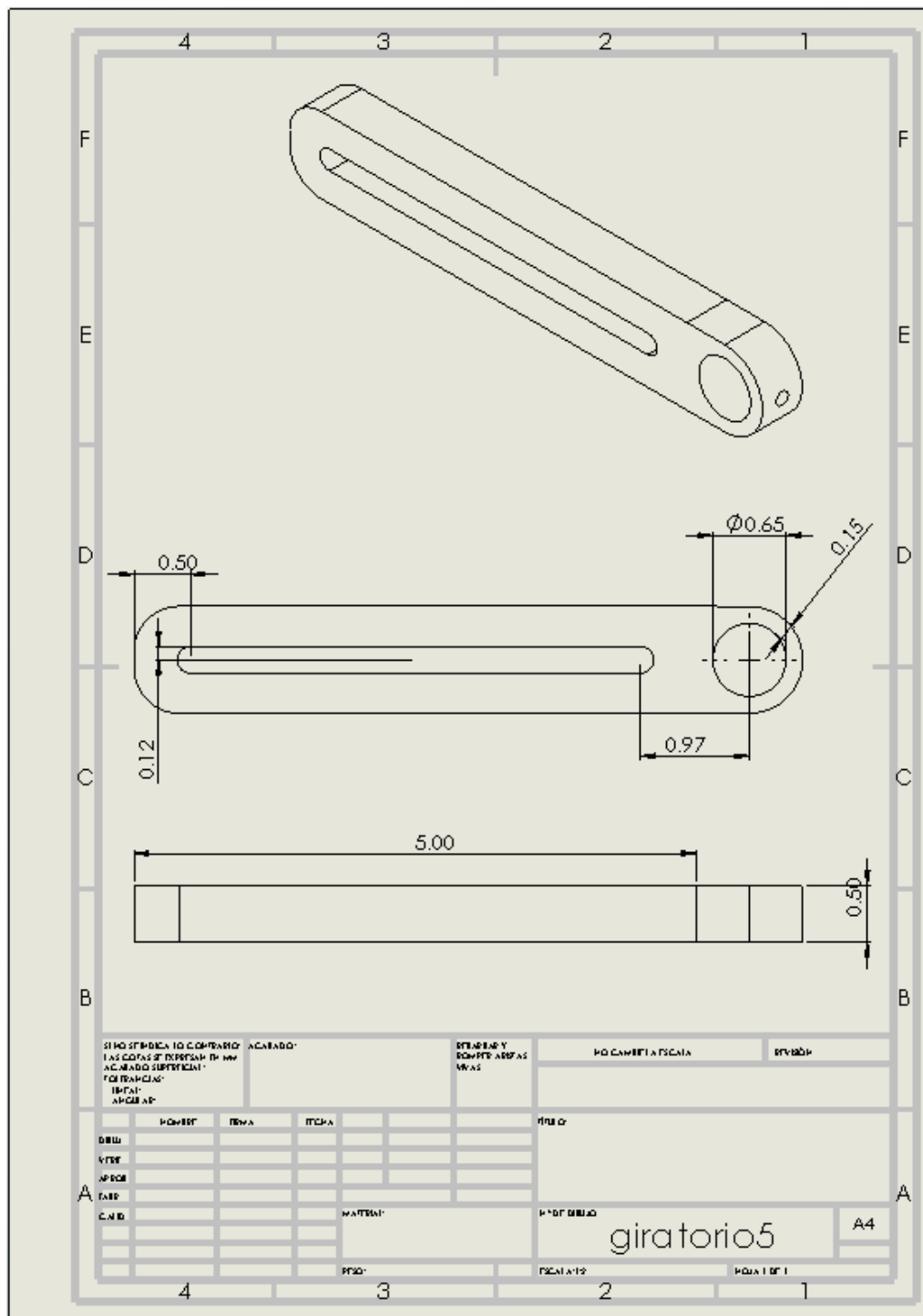


Figura 33 Guía para hacerlo girar

Esta pieza de la figura 33 es la encargada de que toda la base gire con facilidad ya que esta es la que va guiada en una canaleta hasta llegar arriba girar y volver a bajar.

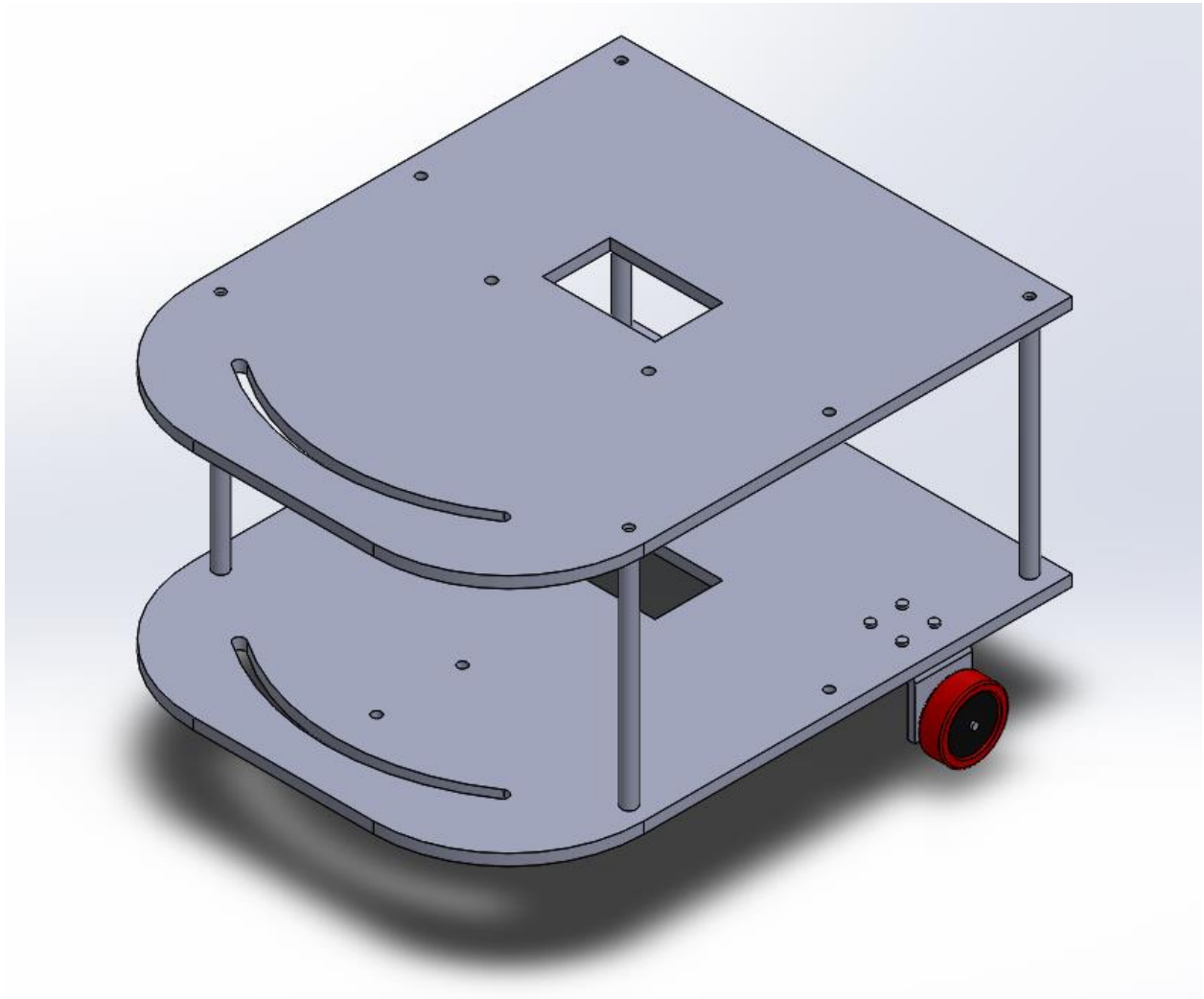


Figura 34 Robot seguidor de línea.

En este diseño de la figura 34 se pensó en que en la parte de la base inferior se coloque toda la electrónica y en la parte superior se coloque lo que es el contenedor.

En la figura 35 podemos ver los planos de las guías para que el contenedor llegue al mismo lugar siempre, estas se encuentran ubicadas en la base superior del robot como en la figura 36

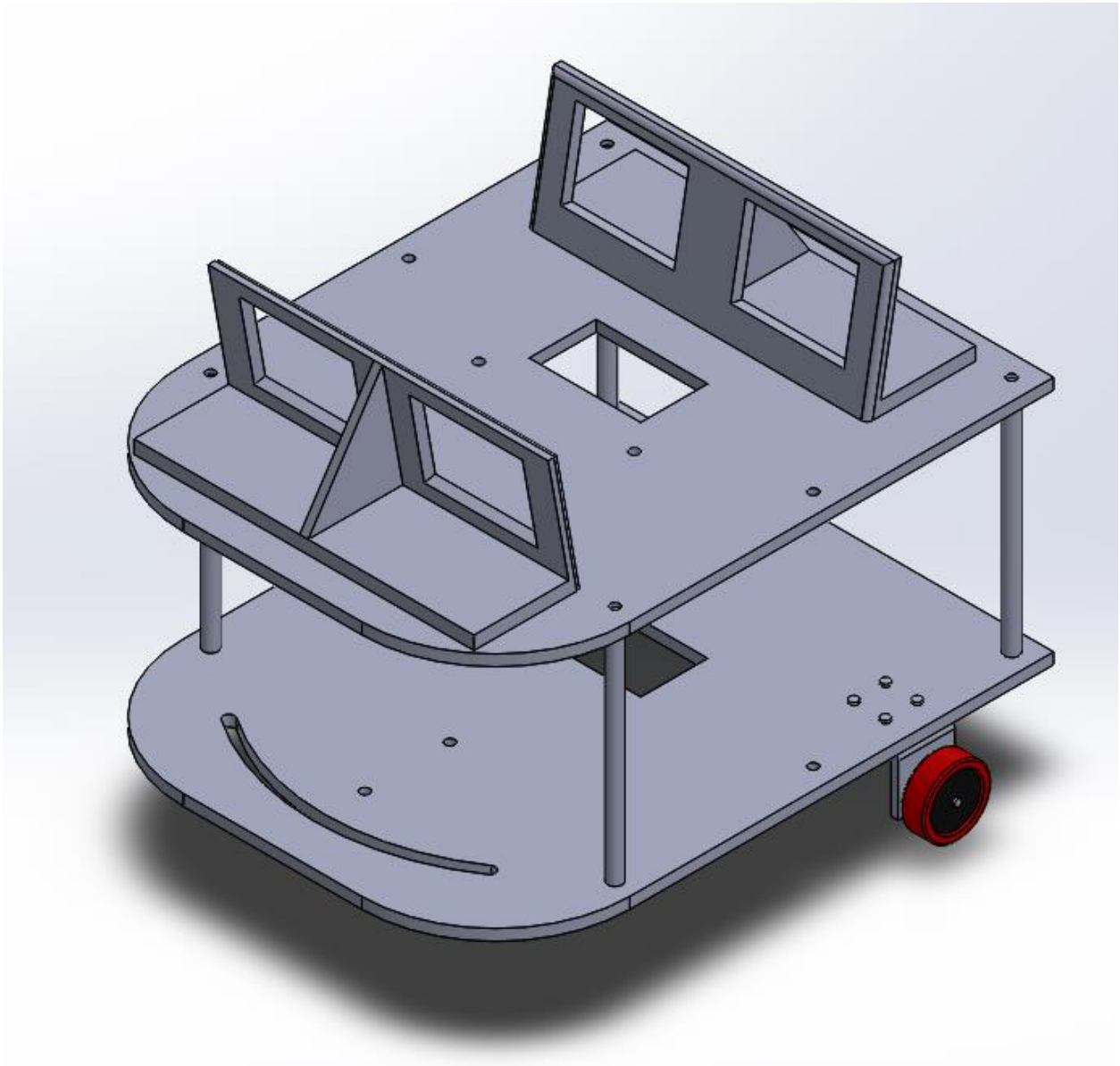


Figura 36 Diseño general del robot seguidor de línea.

Es un robot en configuración diferencial porque la activación de cada motor es por separado, no existe una conexión mecánica que haga que funcionen por igual ya que por la forma en que están colocados los motores, uno gira en sentido horario y otro en sentido antihorario, esto hace que el carrito camine en un sentido u otro, y esto hace que tenga un mejor manejo al momento de que funcionan los motores. en la figura 37 podemos ver la ubicación de cada motor.

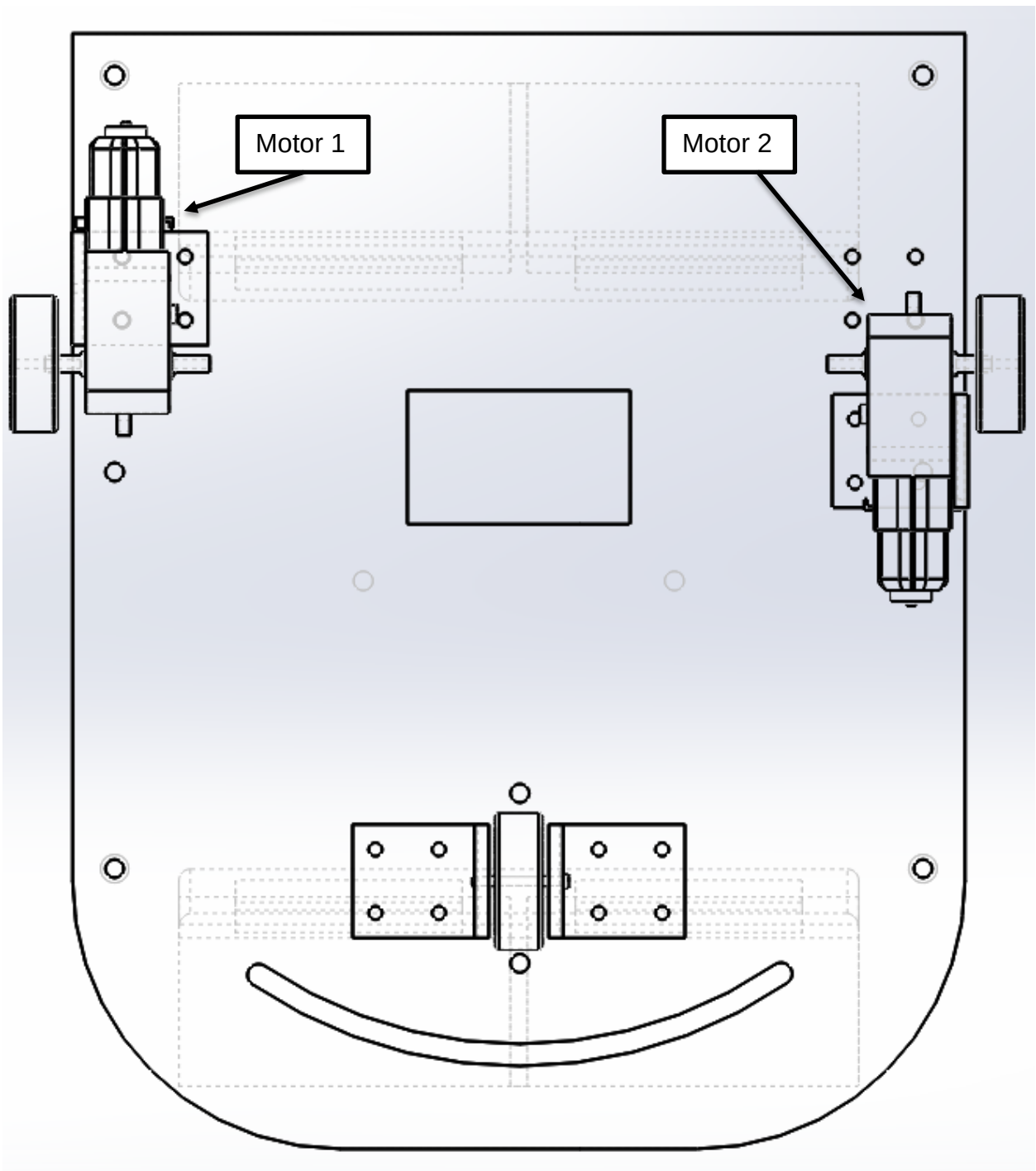


Figura 37 Diseño de instalación de motorreductores

4.3 Componentes electrónicos.

Para la parte electrónica del volteador como ya se ha mencionado anteriormente se utilizaron dos motores a pasos, uno a cada extremo de la estructura para tener la fuerza suficiente de poder subir el contenedor de desecho. Ya que los motores a pasos tienen un funcionamiento preciso, un fácil control de la posición del rotor y su velocidad de rotación. Esto se puede lograr con una estructura relativamente simple y un bajo costo de la solución terminada.

Los motores a pasos utilizados fueron los de la figura 38.



Figura 38 Motor a pasos

Para el control de los motores a pasos se utilizaron los drivers Pololu A4988 que están en la figura 39, los cuales permiten controlar motores paso a paso bipolares de hasta 2A. Basado en el chip Allegro A4988. Ampliamente utilizado con placas de control de impresoras 3D y Máquinas CNC. Se utilizaron dos de estos drivers, uno para cada motor. Las características de estos drivers son que operan en un rango de 8 a 35 volts y pueden entregar hasta 1A por fase sin la necesidad de utilizar un disipador de calor o sistema de ventilación forzado. Se pueden lograr corrientes de hasta 2A utilizando disipadores de calor y ventiladores.



Figura 39 Driver A4988

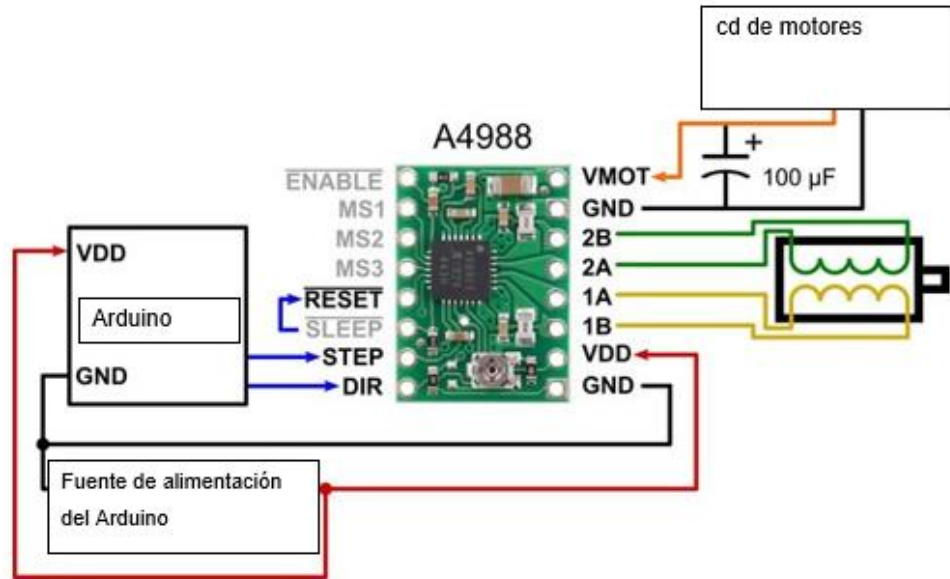


Figura 40 Diagrama de conexión de Driver A4988

El diagrama de conexión de los drivers lo podemos encontrar en la figura 40 este puede variar dependiendo el controlador utilizado, pero para el fin que buscaos así fue como se utilizó.

Para facilitar el control de los drivers se utilizó una tarjeta de la figura 41. Esta tiene capacidad hasta para 4 drivers, donde tres de sus ranuras son para drivers de control independiente y la cuarta ranura recrea la funcionalidad de la primera ranura. Esta tarjeta se inserta sobre la tarjeta Arduino para que los pines concuerden y así se evite el uso de cableado que puede agregar falsos. Las características de esta tarjeta son las siguientes:

Alimentación: 12 ~ 36 VDC

- Compatible con GRBL 0.8 c. (Fimware Open Source para Arduino que convierte G-code a instrucciones para motores PAP)
- Soporte para 4 ejes (X, Y, Z, A)
- 2 conexiones para finales de carrera para cada eje (6 en total)
- Salida "Spindle enable" y "direction"
- Salida "Coolant enable"

- Compatible con drivers A4988 y DRV8825

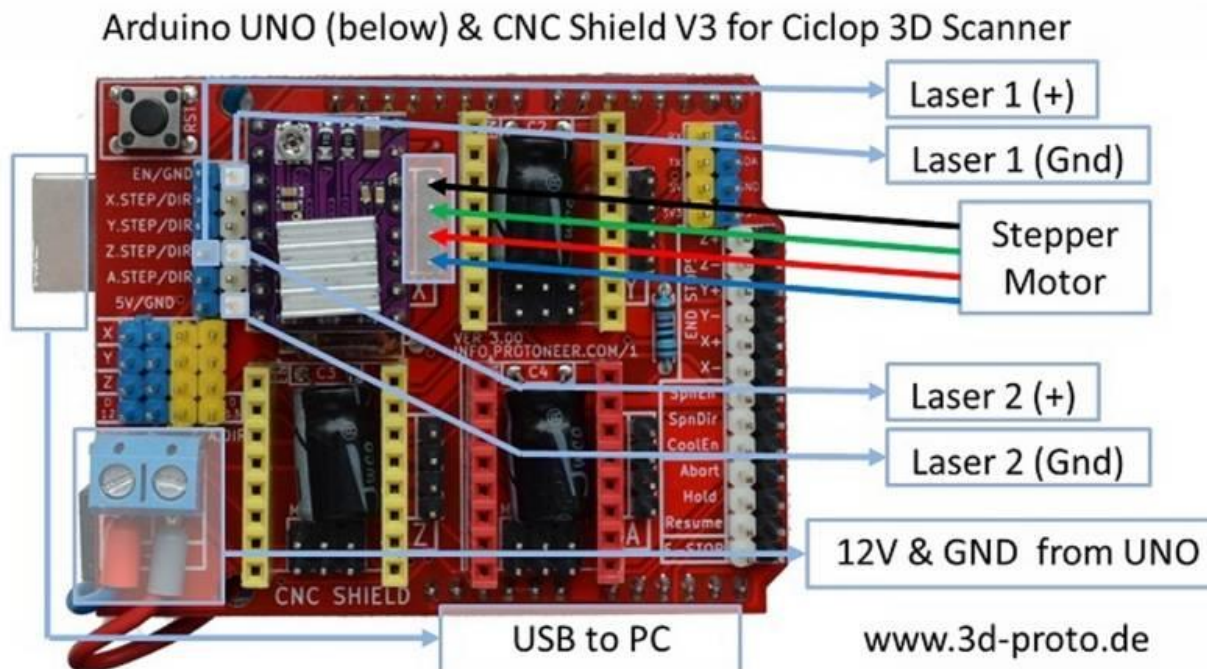


Figura 41 CNC Shield

Para la detección de la posición de los motores a pasos se utilizaron sensores como el de la figura 42. del estilo micro switch. Gracias a su tamaño es más fácil colocarlo en la estructura y poderle diseñar su respectiva base para que quede fijo y soporte el peso de los motores al momento de la detección de estos. Se utilizaron tres de estos, uno que detecta cuando los motores están abajo, otro cuando los motores están arriba y el último cuando llega el carrito con el contenedor. Las características son las siguientes.

-Voltaje: 120 VDC/ 220 VAC

-Corriente: 5 A



Figura 42 Sensor final de carrera

4.4 programa.

Para las pruebas finales se utilizó un carrito seguidor de línea para el transporte del contenedor. Se agregó una pista simple que lo dirige hacia el volteador automático, este carrito al llegar al volteador se detiene colocando el contenedor en el lugar para poder subirlo. Cuando este ya está en su posición, es detectado por un sensor que activa los motores del volteador accionando su funcionamiento.

Al momento de que los dos motores suben, las pinzas son dirigidas por un balero que va avanzando dentro de una guía, esta guía tiene una sección con curva en la parte superior, esto para que al momento de llegar a la parte superior hace que el balero gire de una forma que toda la pinza gire, con este movimiento el contenedor desecha la basura que tenga en el interior.

En el punto máximo se encuentra un sensor de límite de carrera, que al ser este presionado cambiar el sentido de giro de ambos motores, pasando por la misma curvatura que regresa las pinzas y el contenedor a la posición original. Los motores seguirán bajando hasta llegar al sensor inferior, donde se detiene al ser detectado

Mientras el contenedor se encuentra en las pinzas el carro seguidor de línea se mantiene esperando, hasta que el contenedor sea pues de nuevo sobre el carrito.

Completando la secuencia y habiendo desechado los desperdicios de manera correcta.

El código utilizado para el control de los motores está en la figura 43, 44, 45, 46.

```
1  #define z_paso 4    // Define el Pin de STEP para Motor de eje z
2  #define z_dire 7    // Define el Pin de DIR  para Motor de eje z
3  #define z_habi 8    // Define el Pin de ENABLE  para Motor de eje z
4  #define pin5v 42
5
6  const int interruptor1=52; //Interruptor 1 y el pin de arduino
7  const int interruptor2=50; //Interruptor 2 y el pin de arduino
8  const int interruptor3=48; //Interruptor 3 y el pin de arduino
9  const int interruptor4=46; //Interruptor 4 y el pin de arduino
10
11
12  int retardo = 3000;    // Menor numero el giro es mas rapido
13  int tiempo = 100;     // durante cuanto tiempo da el giro el motor (vueltas)
14  //Variables para guardar el valor de los interruptores
15  int val;
16  int val2;
17  int val3;
18  int val4;
```

Figura 43 primera parte del programa en Arduino

```

20 void setup() {
21
22   pinMode(z_paso, OUTPUT); pinMode(z_dire, OUTPUT); pinMode(z_habi, OUTPUT);
23   pinMode(pin5v, OUTPUT);
24   pinMode(interruptor1, INPUT);
25   pinMode(interruptor2, INPUT);
26   pinMode(interruptor3, INPUT);
27   pinMode(interruptor4, INPUT);
28
29 }
30
31 void loop() {
32
33   digitalWrite(pin5v, HIGH);
34
35   val=digitalRead(interruptor1);
36   val2=digitalRead(interruptor2);
37   val3=digitalRead(interruptor3);
38   val4=digitalRead(interruptor4);
39
40

```

Figura 44 Segunda parte de programa

```

40
41 if(val == HIGH && val3 == HIGH){
42
43   while(val2 == LOW){
44     //Serial.println("sube");
45     motorarriba(z_paso,z_dire,z_habi);
46     val2=digitalRead(interruptor2);
47   }
48 }
49
50 if(val2== HIGH){
51
52   while(val == LOW){
53     //Serial.println("baja");
54     motorabajo(z_paso,z_dire,z_habi);
55     val=digitalRead(interruptor1);
56   }
57 }
58
59 }
60

```

Figura 45 Tercera parte del programa

```

61 double motorabajo(int paso_,int dire_,int habi_)
62 {
63     // Set the spinning direction counterclockwise:
64     digitalWrite(dire_, HIGH);
65
66     // Spin the stepper motor 1 revolution quickly:
67     for (int i = 0; i < tiempo; i++) {
68         // These four lines result in 1 step:
69         digitalWrite(paso_, HIGH);
70         delayMicroseconds(1000);
71         digitalWrite(paso_, LOW);
72         delayMicroseconds(1000);
73     }
74 }
75
76 double motorarriba(int paso_,int dire_,int habi_)
77 {
78     // Set the spinning direction counterclockwise:
79     digitalWrite(dire_, LOW);
80
81     // Spin the stepper motor 1 revolution quickly:
82     for (int i = 0; i < tiempo; i++) {
83         // These four lines result in 1 step:
84         digitalWrite(paso_, HIGH);
85         delayMicroseconds(1000);
86         digitalWrite(paso_, LOW);
87         delayMicroseconds(1000);
88     }

```

Figura 46 Cuarta parte del programa

El código fue realizado en el software Arduino. El funcionamiento de este programa fue la utilización de las condiciones if para entrar a la función de subir o bajar los motores dependiendo de que sensores se activaran. Dentro de estas condiciones if se tienen los ciclos while para que los motores puedan hacer todo el recorrido, ya sea subir o bajar, saliendo del ciclo cuando se detecte el sensor contrario.

En el robot seguidor de línea se colocaron los sensores infrarrojos, los cuales pueden distinguir la diferencia entre superficie blanca y negra, como también dos motorreductores para poder mover el carro de posición, en un principio se hizo la prueba con los sensores Pololu QTR-8RC. Pero al momento de la lectura de datos hubo algunos problemas, ya que se estaban leyendo por el puerto serie del ESP32 y no funcionaban de la forma correcta, se cambió de sensor y de placa a un sensor IR y a la placa Arduino UNO y de esta forma funcionó correctamente, como también se conectó el puente H y todo funcionó a lo que teníamos pensado.

En la figura 47 podemos ver como fue el proceso del control desarrollado en el carrito, este está programado para que al encenderse la ruedas comiencen a girar siempre y cuando los sensores detectan la superficie blanca y que se detengan cuando están sobre la superficie negra.

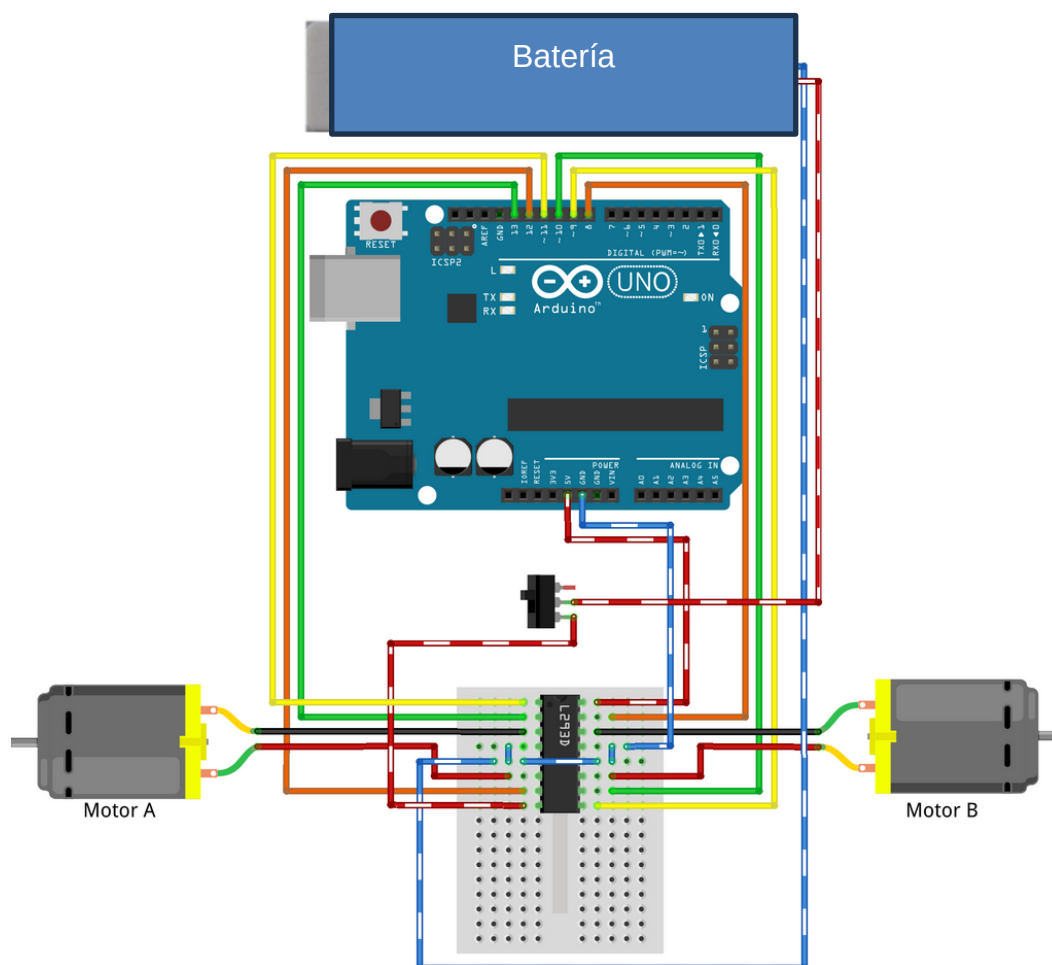


Figura 47 diagrama de conexión

En la figura 48 podemos ver el diagrama de control del robot seguidor de línea, del setpoint sale la señal para que los motores enciendan y se suma con la señal de los

sensores que viene de la retroalimentación, si el sensor está en posición para andar, el controlador decide si avanza derecho, gira hacia la izquierda o gira a la derecha. después de decidir, el proceso continuo y la retroalimentación continua para ir comparando las señales de los sensores.

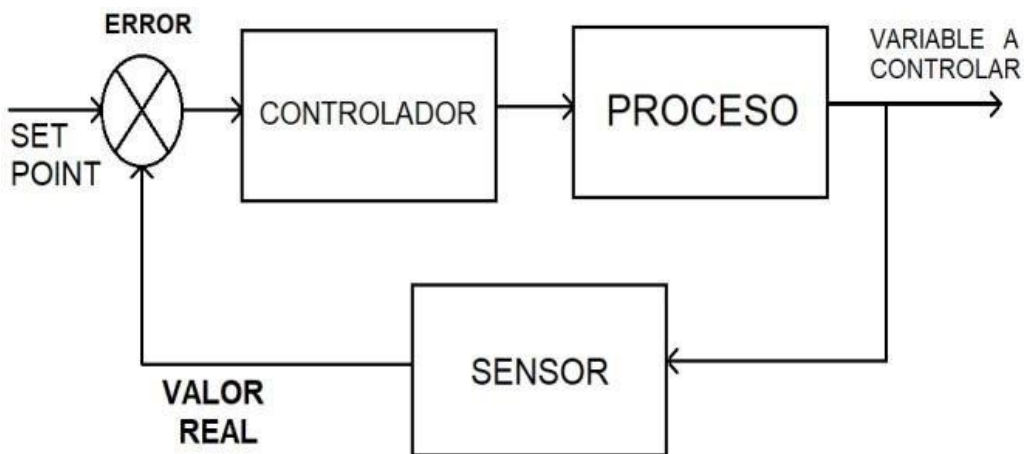


Figura 48 Proceso del control

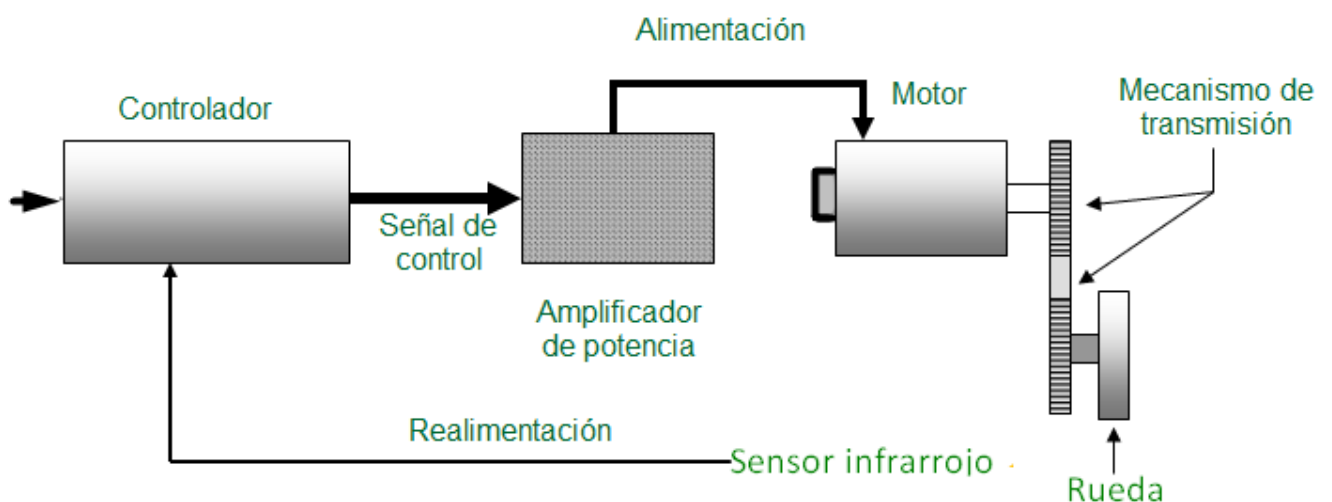


Figura 49 Diagrama de conexión de control

En la figura 49 podemos ver como el controlador que es la placa Arduino UNO envía la señal al amplificador de potencia que es el Puente H, que, al llegarle la señal, este se activa dejando pasar la alimentación de 12 v a los motores, para que estos puedan avanzar, después de avanzar sigue la retroalimentación por los sensores infrarrojos los cuales mandan la señal de superficie negra o superficie blanca al procesador que es el Arduino UNO. Generando así un proceso de lazo cerrado.

5 conclusión

En este trabajo de tesis se diseñó y controló un volteador con su respectivo carrito seguidor de línea para el transporte de los desechos. En conjunto, estos componentes hacen un proyecto mecatrónico, que cumplió con el objetivo propuesto al inicio de este trabajo. Las principales conclusiones se resumen en que el uso de un sistema automático de desechos agiliza el tiempo y evita inconvenientes en el transporte de este, haciendo que los encargados de este trabajo puedan realizar otras actividades, este solo fue el prototipo ya que por tiempo y disposición de recursos no se pudo fabricar el adecuado para las cargas correctas, este tiene como peso máximo de carga 100g. ya que el verdadero podría cargar aún más dependiendo de las modificaciones que le puedan llegar a hacer. El diseño y la implementación del proyecto expone las grandes capacidades de

todos los componentes electrónicos seleccionados, creando una gran sinergia entre dos proyectos que podrían parecer adyacente uno del otro.

La razón principal por la cual se decidió la realización de este proyecto fue para aplicar los conocimientos que se adquirieron a lo largo de la estancia en el Instituto Tecnológico Superior de Cajeme. Se usaron las diferentes aplicaciones que tiene la mecatrónica como lo es la electrónica, mecánica y programación dentro de un mismo lugar, y los beneficios que esta sinergia otorga fueron los esperados.

6 Recomendaciones

Para este proyecto se recomienda si en algún momento se le gustaría avanzar y hacerlo para alguna aplicación de las distintas que se le pueden dar, tendría que hacer análisis de esfuerzos mecánicos dependiendo del peso máximo y mínimo, para así ver qué tipo de motores deben ser usados en el carrito y también en el volteador, de esta forma no habrá pérdidas comprando materiales que no sirvan o con materiales que sean de menor resistencia mecánica para este sistema.

7 Referencias

ALEX FABRICIO CAIZA MULLO, A. A. (2021). *IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT SEGUIDOR DE LÍNEA PARA LA COMPARACION DE UN CONTROL DE LOGICA DIFUSA Y CONTROLADOR PID*. riobamba ecuador.

Araujo Escobar, C. I. (2016). Seguridad ocupacional, uso de equipo de seguridad y prevención de lesiones musculares. (17). Recuperado el 23 de Noviembre de 2021, de <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/3678/1/0002711-ADTESAS.pdf>

Baturone, A. O. (2001). *ROBOTICA Manipuladores y robots moviles*. barcelona España: MARCOMBO S.A.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (Abril de 2006). *Metodología de la investigació*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38758233/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006_ocr.pdf?1442192558=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSampieri-et-al-metodologia-de-la-investi.pdf&Expires=1591298929&S
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *DEFINICIONES DE LOS ENFOQUES CUANTITATIVO Y CUALITATIVO, SUS SIMILITUDES Y DIFERENCIAS*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/58257558/Definiciones_de_los_enfoques_cuantitativo_y_cualitativo_sus_similitudes_y_diferencias.pdf?1548409632=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDefiniciones_de_los_enfoques_cuantitativ.pdf&Expires=159
- Inés, Y. T. (2011). *Planeacion y Seguimiento de Trayectoria para un Robot Movil*. Abril 2011.
- Leonardo, Manuel, Edgar. (2014). *SEGUIMIENTO DE TRAYECTORIAS CON UN ROBOT MOVIL DE CONFIGURACION DIFERENCIAL*.
- Molina, J. A. (2015). *ESTUDIO, DISEÑO DE PROTOTIPO DE UN ROBOT ECOLÓGICO SEGUIDOR DE LINEA APLICADO A LA AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA*. Guayaquil, Ecuador.
- Palma, J. (28 de noviembre de 2003). *Creación de un manual de procedimientos*. Obtenido de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/creacion-de-un-manual-de-procedimientos/>
- Reyes, D. F. (2007). *plan de intervencion para riezgo ergonomico*. leon nicaragua: unan leon.

SolidWorks. (s.f.). *Descubra las características de Solidworks- Sstainability*. Obtenido de SolidWorks: <https://www.solidworks.com/es/product/solidworks-sustainability>

Controlador industrial inteligente. (s.f.). Obtenido de departamento de ingeniería eléctrica, electrónica y de control.

Delgado, j. J. (2008). *Implementación de una interfaz hmi para la operación del*. Bogotá d.c: universidad de la Salle.

Diego Andrés Núñez lozano, j. A. (s.f.). *La importancia de los actuadores*. Obtenido de <http://ingenierovizcaino.com/ecci/aut1/corte1/articulos/actuadores.pdf>

Enríquez Harper, G. (2006). *El ABC de las maquinas eléctricas*. Recuperado 1 abril, 2020, de <https://books.google.es/?hl=es>

Estiven Sanabarias, j. S. (2016). *Sistema de control de velocidad de un control trifásico*. Universidad tecnológica de Pereira.

Festo. (2018). *Cilindros normalizados dnc, iso 15552*. Obtenido de Festo: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_es/pdf/es/dnc_es.pdf

Garcia romero, d. F., & muños chalen, a. I. (octubre 2014). *Diseño e implementación de alarma conformada por sensores infrarrojos y de vibración aplicado a la comunidad principalmente a peatones con discapacidad visual y auditiva, instalado al sistema de semaforización*. Universidad politécnica salesiana sede guayaquil.

Gerardo, f. A. (2005). *Sensores magnéticos e inductivos*. Pachuca hidalgo: universidad autónoma del estado de hidalgo.

Pressman, R. (2010). *Ingeniería del Software (7ª ed.)*. Recuperado de <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45525376/Ingenieria.de.software.enfoque.practico.7ed.Pressman.PDF?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1540921348&Signature=AkrUQaF9%2By2bd5aCWjmG6Eq8JxM%3D&response-content->

disposition=inline%3B%20filename%3DIngenieria.de.software.enfoque.practico...pdf

Rivera, a. F. (2013). *Automatización y control de actuadores neumáticos para mini-marcos del*. Bogotá d.c.

Rueda, j. M. (2015). *Control de un motor de inducción usando un variador*. Sevilla: dep. Ingeniería sistemas y automática.

Velásquez, J. (2009, 21 septiembre). Los sensores en la producción. Recuperado 20 marzo, 2020, de <http://www.urp.edu.pe/labcim/portal/imagenes/Sensores.pdf>

Weiss. (05 de 2007). *Electromechanical rotary indexing tables tc-t*. Obtenido de <https://www.weiss-gmbh.de/pick-o-mat.2305.0.html?&l=1>