



Informe de estancias profesionales periodo I

**Empresa: ALBA Desarrollo Tecnológico e Innovación S. de R.L.
de C.V.**

Nombre de proyecto:

Sistema robótico de navegación y elevación para la automatización de control de inventario.

Periodo de estancias:

31 de Julio al 15 de septiembre del 2017

Alumno: Carlos Ricardo Cortes Jarquín

Licenciatura: Ingeniería en computación

Séptimo Semestre

2016-2017B

Asesor interno: Dr. Daniel Pacheco Bautista

Asesor externo: M.S.C. Juan Luis Burgos Bonilla

INDICE

Introducción	3
Caracterización del área	3
Objetivos: Generales y específicos	5
Justificación	6
Problemas a resolver	6
Fundamento teórico	7
Alcances y limitaciones	9
Procedimiento y descripción de las actividades realizadas	10
Resultados, planos, gráficas, prototipos y programas	14
Conclusiones y recomendaciones	19
Referencias Bibliográficas	20

INTRODUCCIÓN

Hoy en día el desarrollo tecnológico está muy acelerado, por lo que las grandes industrias utilizan máquinas con mecanismos automatizados para la elaboración de alguna actividad asignada, esto le beneficia a sus ingresos y a la productividad de las industrias. Y es por eso que automatizar algún mecanismo es muy importante.

Una de los problemas que resuelven estos mecanismos robóticos, es el de reducción de tiempo en que se realiza una actividad, por lo que los hace más eficientes.

El problema que se aborda en este caso, es en la realización del control de inventario en una bodega donde se almacena varios tipos de artículos de diferentes tamaños y formas, en estanterías de dimensiones largas, por lo que hace una tarea para un empleado muy tardado realizarlo de forma manual.

El proyecto que se presenta en este artículo es un prototipo robótico que da solución a este problema, ya que el objetivo de este es el de automatizar la tarea de control de inventario en una bodega controlada. El artículo abarca a grandes rasgos los detalles de este prototipo.

Caracterización del área

Visión de la empresa

Posicionarnos en el mercado mexicano como empresa líder con prestigio nacional e internacional que ofrece servicios de tecnologías de la información de calidad, desarrollo de software y soporte, capacitación especializada para personal de alto rendimiento, la gestión y mejora continua en las áreas de interés de nuestros clientes, fortaleciendo las alianzas estratégicas con un compromiso de servicio y confiabilidad para ofrecer productos de excelente calidad con relaciones estrechas y duraderas con nuestros clientes, proveedores y la sociedad.

Misión de la empresa

La misión de ALBA es ofrecer soluciones innovadoras adaptables, consultoría de alta especialidad, servicios en materia de tecnologías de la información y preparación continua para nuestros clientes en México, fomentando su crecimiento y capacidades tecnológicas mediante recursos profesionales de alto nivel competitivo y el desarrollo de software con niveles sobresalientes de rentabilidad, calidad, presencia e influencia para competir en un mercado global.

Objetivos

- Proveer de soluciones basadas en hardware o software que incluyan temas de innovación y de mejora continua para las empresas, industrias, negocios y hogares que demanden desarrollos tecnológicos aplicados en sus diferentes procesos.
- Ser una empresa reconocida por sus diseños y co-diseños computacionales, robóticos y de control y automatización conformados por elementos de calidad y cualidad.
- Conformar equipos de trabajo donde se tenga una cultura institucional basada en ética, innovación y búsqueda permanente de la excelencia, donde esta última permia una trascendencia.
- Ser una empresa que sea un socio estratégico en los diferentes procesos de desarrollo y de consultoría que permita la mejora de rendimiento, desempeño, eficiencia y eficacia de cada uno de nuestros clientes.

Organigrama de la empresa

El organigrama de la empresa ALBA Desarrollo Tecnológico e Innovación está estructurado como se muestra en la figura 1, el área en donde estuve presentando mis estancias es el área de software.

**ALBA Desarrollo Tecnológico E Innovación
S. de R.L. de C.V.**

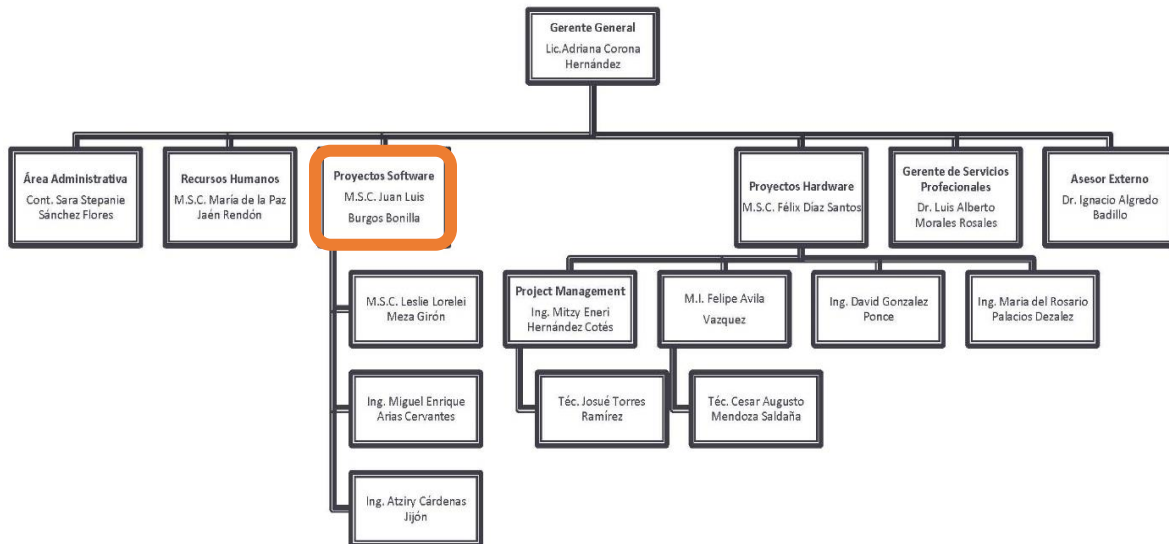


Figura 1 - Cronograma de la empresa.

Objetivos generales y específicos

Objetivo general:

Desarrollar un prototipo robótico mediante un sistema mecánico controlado electrónicamente para la realización del control de inventario en una bodega controlada.

Objetivo específico:

Implementar un sistema de elevación para alcanzar objetos que estén a más de 50 centímetros de altura.

Implementar un sistema de deslizamiento para profundizar el lector de imagen y así tener un mejor ángulo de visión.

Implementar un sistema de navegación para el traslado por diversas áreas de la bodega.

Justificación

El proyecto presente tiene la finalidad de ser una nueva herramienta tecnológica que acelere la tarea que llevan a cabo un grupo de personas que es el control de inventario en una bodega. Este proyecto es un sistema inteligente ya que dispone de procesamiento de imagen para controlarse así misma de forma mecánica. Este prototipo busca ser una buena herramienta para reducir el tiempo de trabajo por mano de obra y reducir los ingresos de la empresa.

Problemas a resolver

Los problemas que se encontraron en la empresa son:

- Sistema de elevación de una base para montar otros componentes
- Sistema de deslizamiento de base superior para el sistema de deslizamiento
- Sistema de inclinación como soporte de la cámara
- Sistema de navegación

Para desarrollar cada uno de estos módulos, se realizaron investigaciones de diferentes artículos, trabajos anteriores, información libre de internet, y la implementación de conceptos del libro “Teoría de máquinas y mecanismos” de Joseph Edward Shigley.

Algunos conceptos que se retomaron de mis cursos académicos fueron la electrónica y la programación, sobre la programación fue fundamental los conceptos del lenguaje de programación Java y en caso de la electrónica que se utilizó en la práctica fueron los transistores de tipo PNP, controladores de tipo L293d y otros circuitos integrados para la manipulación de motores a pasos y un Arduino uno y un Arduino MEGA el cual fueron programados con el mismo lenguaje de Arduino.

El entorno de programación fue Arduino descargado de la página oficial de Arduino, de igual forma la documentación fue obtenida de dicha página. Dado que en la implementación se requirieron de piezas especiales para el desarrollo del prototipo

fue necesario instalar el software FreeCad y Cinema 4D para la elaboración de piezas para después imprimirlas en impresora 3D.

Fundamento teórico

Se denomina engranaje al mecanismo utilizado para transmitir potencia de un componente a otro de una máquina. Estos son ruedas dentadas que sirven para transmitir movimiento circular mediante el contacto de estas. Uno de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. Existen diversos tipos de engranajes y diferentes aplicaciones, para entender bien el concepto de estos sistemas se requirió estudiar la unidad 7 del libro Teoría de máquinas y mecanismos Joseph Edward Shigley.[1][4]

La solución al problema de hacer un mecanismo que ayude al lector de imagen fue desarrollar un sistema de elevación, deslizamiento, e inclinación, por lo que diversa información en la web ayudo para documentar los tipos de dispositivos o sistemas que ya están implementados en la industria, por ejemplo pistones de tipo neumático e hidráulico, mecanismos hidráulicos y neumáticos así como los gatos de tijera, por otro lado se analizó un antecedente, este consiste en una tesis previa de la Universidad Nacional Autónoma de México donde se analizan tres propuestas para realizar un sistema de elevación e inclinación. El objetivo de estos sistemas es que sean sencillos, fáciles de controlar, ligero y económico.

Como mejor opción la propuesta aceptable es utilizar un sistema de tornillo tuerca para realizar un levantamiento. [2]

Arduino es una plataforma de hardware libre, basado en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyecto disciplinares. Arduino se puede utilizar para desarrollar elementos autónomos, conectándose a dispositivos e interactuar tanto con el hardware como el software. [3]

Un motor paso a paso (también llamado stepper) es un dispositivo electromagnético que convierte impulsos eléctricos en movimientos mecánicos de rotación. La principal característica de estos motores es que se mueven un paso por cada impulso que reciben. Normalmente los pasos pueden ser de 1.8° a 90° por paso, dependiendo del motor. [5][6]

Para controlar un motor a pasos es necesario un controlador de motores como por ejemplo el driver L293D, L298N, A4899. El circuito para controlar con estos el driver L293D de una forma directa se compone como se muestra en el tutorial de Mover motores paso a paso con Arduino, el cual explica cómo controlar un motor a pasos de forma simple para después invertir las polaridades haciendo uso de transistores para así utilizar menos puertos del Arduino.

La forma recomendada de controlar estos motores es con un controlador especial para estos, por lo que existe el A4988 de Pololu que es un módulo que facilita el control de los motores a pasos, ya que este tiene una entrada para la dirección hacia donde girara el motor, el número de pasos, incluso una entrada para habilitar y deshabilitar el motor, por esto el control de motores es más sencillo con estos dispositivos. El circuito electrónico fue proporcionado en el tutorial Como controlar un motor paso a paso con el driver A4988 de Pololu y Arduino. [7]

Un servomotor es un tipo especial de motor que permite controlar la posición del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición. [8]

La forma de controlar un servomotor con Arduino es mucho más sencillo, un tutorial básico para realizar esta tarea es el de Servomotor con Arduino tutorial de programación paso a paso. [9]

El control de motores con Arduino es una tarea muy sencilla, gracias a la ayuda de las librerías proporcionados por este mismo entorno, estas son: `stepper.h` y `servo.h` el cual contienen varias funciones para manipular los parámetros de un motor y de esta forma controlarlos. [10] [11]

Las funciones de la librería `stepper` para el control de un motor paso a paso son:

- Stepper(steps, pin1, pin2)
- Stepper(steps, pin1, pin2, pin3, pin4)
- setSpeed(rpm)
- step(steps)

Y para la librería servo son:

- attach()
- write()
- writeMicroseconds()
- read()
- attached()
- detach()

Alcances y limitaciones

El proyecto que me fue asignado, es un prototipo que será presentado a la empresa Patito quien tiene varios establecimientos en la zona, por lo que si el proyecto es aprobado este se implementará a una escala real y se distribuirá para las diferentes zonas. Incluso por la novedad de este sistema será propuesto para diversas empresas ya que este proyecto cuenta con ser adaptable a diferentes bodegas, implicando a las empresas a personalizar el ambiente para permitir el buen funcionamiento de este.

Las limitaciones presentadas en este proyecto fueron dos factores, el económico y el tiempo. Se utilizó mucho tiempo en diseñar un prototipo que fuera aceptado por el superior, por lo que las piezas añadidas en el diseño eran muy costosas por lo que se buscaba una solución más económica, finalmente después de una semana el prototipo diseñado fue aceptado, también se gastó tiempo demasiado en la fabricación de las piezas para armar el modelo.

Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

Lo que se realizó fue un sistema robótico que se descompone por 4 sistemas diferentes, estos fueron el sistema de elevación, deslizamiento, inclinación, y navegación, estos sistemas fueron hechos en el orden como se describe.

Para la realización de estos sistemas fue necesario realizar investigaciones sobre mecanismos que utilizan las industrias para darle movimiento a alguna base, por ejemplo, algunos sistemas están hechos con pistones hidráulicos o neumáticos, sistema de tijeras utilizando pistones, sistemas de tornillo, sistema de poleas. Estos sistemas se analizaron para verificar las ventajas y desventajas de cada uno. De igual forma se observaron varios tipos de materiales para tener en cuenta que material es más resistente a distintos ambientes, la resistencia que ejercen, tomando en cuenta que estos fueran económicos.

Finalmente se optó por implementar un sistema de tijeras para el sistema de elevación, porque es un mecanismo fácil de implementar y económico y la forma de mover las tijeras fue mediante un sistema de tornillo. Para la implementación del prototipo se diseñó primeramente un bosquejo, y a partir de este se calcularon las medidas para las piezas y también para observar de qué tipo de material sería la estructura.

Uno de los puntos importantes que se tomó en cuenta es que el prototipo no ocupara mucho espacio sobre la superficie, por lo que se buscó que las tijeras se comprimieran lo más posible pero que cuando se estiraran este tuviera una altura de 150 centímetros.

Por lo que se realizaron 3 pares de tijeras, 2 pares con las mismas dimensiones, y 1 par con la dimensión pequeña, este par serían las tijeras superiores ya que elevarían una base pequeña que la base inferior en la que está montada el sistema de tijeras. Las medidas se obtuvieron aplicando el teorema de Pitágoras $a^2 + b^2 = c^2$ y aplicando las funciones trigonométricas.

El movimiento de las tijeras se controló con un sistema de tornillo para hacer más preciso la elevación, el cual este tornillo fue un esparrago de 6 milímetros. Para que

el proceso de elevación fuera uniforme y evitar torceduras se implementó un sistema de deslizamiento utilizando varillas lisas de 8 milímetros haciendo que la elevación fuera uniforme y haciendo a la vez que evitara la concentración de la presión sobre el esparrago.

El prototipo en general tiene que realizar una lectura de objetos que hay en el ambiente, dado que está en una bodega con estanterías grandes y anchas por cada sección, el sistema tendría que observar y confirmar con certeza cuantos objetos hay en cada sección, sería un problema si el lector de imagen solo tuviese una perspectiva y todo desde un punto, esto provocaría que al procesar las imágenes tendrían errores ya que no se distinguirían los objetos con precisión, esto por diversos factores como la profundidad de imagen o el ángulo de perspectiva, por lo que se pensó en implementar un sistema de deslizamiento que tendría como objetivo acercar el lector de imagen para profundizar y un sistema de inclinación para darle una mejor perspectiva al lector de imagen.

El sistema de deslizamiento fue la segunda fase en la realización del prototipo, esta parte es una base que se monta sobre el sistema de elevación, el cual tiene el mismo principio que el sistema creado anteriormente, su mecanismo está compuesto por un sistema de tornillo (esparrago de 6 mm) y un par de varillas lisas. Este sistema tiene el mismo mecanismo de convertir un movimiento giratorio a un movimiento lineal, en este caso no eleva una base, sino que hacia deslizar una base. El modelo siguiente se diseñó para realizar y verificar las formas y tamaños de las piezas a utilizar para hacer funcionar esta etapa.

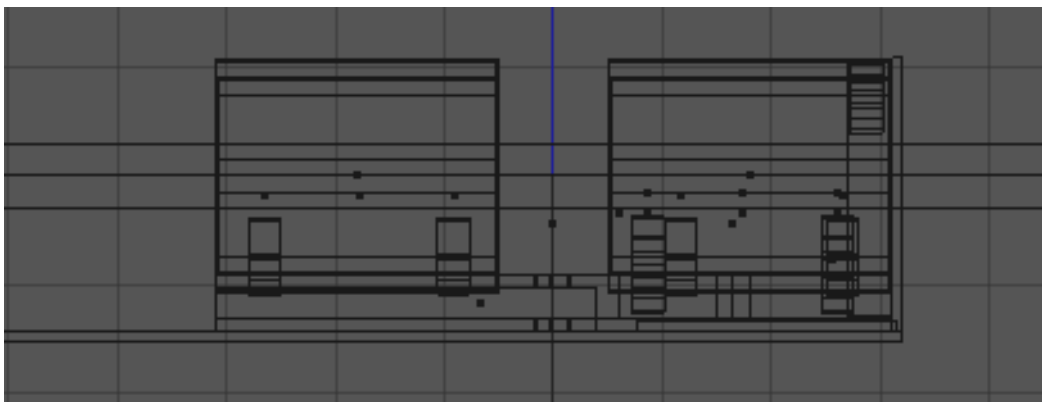


Figura 2. a) Vista derecha – Soporte de doble rodamiento lineal para el deslizamiento.

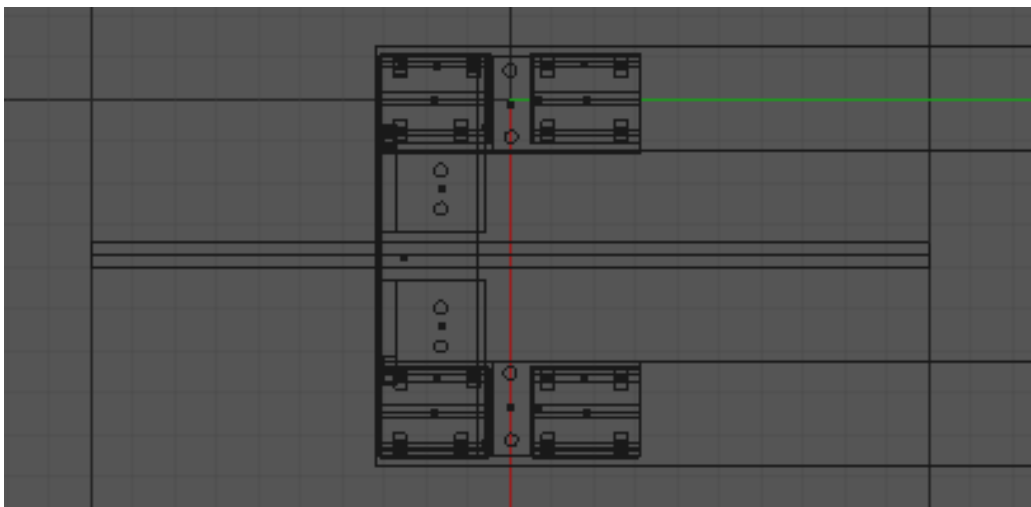


Figura 2. b) Vista frontal – Soporte de doble rodamiento lineal para el deslizamiento.

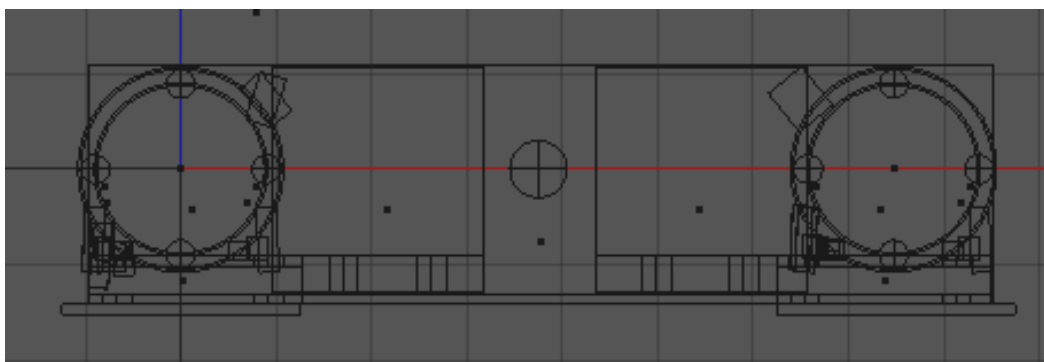


Figura 2. c) Vista superior - Soporte de doble rodamiento lineal para el deslizamiento.

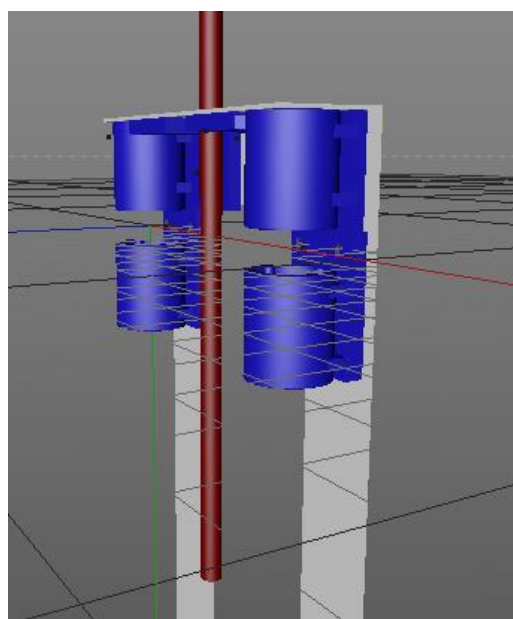


Figura 2. d) Modelo Base deslizante.

Como tercera fase se implementó el sistema de inclinación, donde se utilizó un mecanismo de tornillo, este fue solo un soporte para el lector de imagen, ya que el objetivo fue mover hacer girar la cámara 180 grados, en esta fase se requirió que los movimientos fueran muy precisos por lo que se utilizó un servomotor para hacer los giros con precisión.

Finalmente, como cuarta etapa se construyó el sistema de navegación, el cual consistía en un chasis de aluminio donde se le acoplo dos llantas de 5 cm de diámetro y una rueda loca. Este es la base principal ya que sobre este se monta los sistemas anteriores. El objetivo de esta etapa es hacer mover todo el sistema robótico a través de unas líneas pintadas sobre la superficie como guías, determinando sus estaciones de paradas a través de un código binario leídos por sensores infrarrojos. Para ellos se requirió aplicar conocimientos de electrónica previos para resolver el procesamiento del código binario a través de sensores infrarrojos.

Arduino es una IDE de programación para la programación de la placa Arduino, este es un módulo para controlar diversos circuitos integrados o motores. La programación para esto es parecida al lenguaje Java por lo que para realizar los programas se requirió retroalimentar los conocimientos previos de dicho lenguaje.

El Arduino fue implementado para conseguir controlar motores a pasos, en particular un NEMA 23 y un 17. Después de diversas pruebas fueron los motores a necesitar, el 23 para el sistema de elevación ya que esta tenía el torque necesario para mover las bases, y el 17 para el sistema de deslizamiento ya que este no mueve mucho peso. Para el control de estos motores se realizaron varias pruebas con circuitos integrados y módulos controladores de motores. En esta etapa fue necesario retroalimentar algunos conceptos de electrónica para utilizar un Id293d, l2298n, A4988, transistores PNP entre otros componentes.

Para este proyecto en particular era necesario tener la parte del procesamiento de imágenes el cual corresponde a otro proyecto diferente, y en el cual en el momento no se tenía, por lo que se implementó un control con pushbutton para seleccionar los motores que se tenían que mover.

Los motores estaban programados para recibir una señal de habilitación y la altura o distancia a mover una base, por lo que esa altura en centímetros el programa cargado al Arduino se encargaba de convertir los centímetros a pasos de motor, esto aplicando la fórmula 1, el cual fue obtenida a través de varias pruebas y análisis en el sistema de elevación.

$$ps = \frac{h*pr}{ctc}$$

Fórmula 1.

Donde:

- h es la altura a levantar en milímetros
- pr son los pasos que da el motor por revolución.
- ctc es el número de cuerdas del tornillo por centímetro.

Resultados, planos, gráficas, prototipos y programa

Debido a la confidencialidad del proyecto por parte de la empresa, los gráficos del prototipo que se mostraran en esta sección, solo son representativos con la finalidad de presentar y dar una idea general acerca del sistema. El modelo 3D de este prototipo fue desarrollado en Cinema 4D.

Con el objetivo de desarrollar un mecanismo automatizado orientado a llevar a cabo el control de inventario, dando solución a través de “Sistema robótico de navegación y elevación para control de inventario”, logró los siguientes resultados:

Resolviendo el problema de elevación, se consiguió desarrollar un sistema de tijeras controlados por un motor a paso y un tornillo con tuerca para convertir movimiento giratorio a movimiento lineal, acoplando el motor con el tornillo con un sistema de engranaje y de esta forma hacer mover las tijeras a través de varillas lisas.

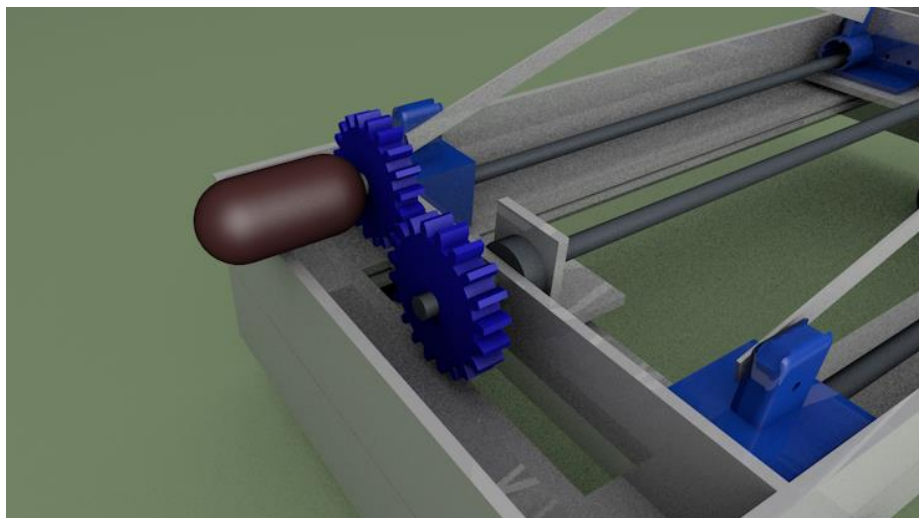


Figura 3. Engranajes para transmitir el movimiento del motor al tornillo.

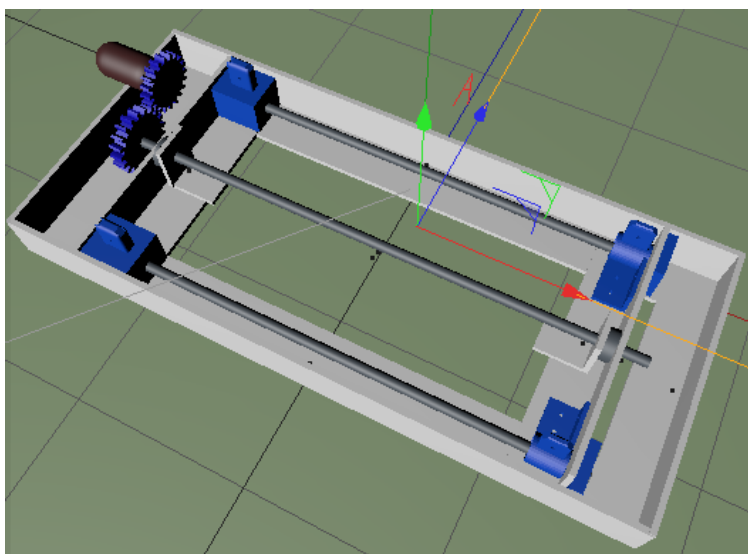


Figura 4. Base inferior para tijeras.

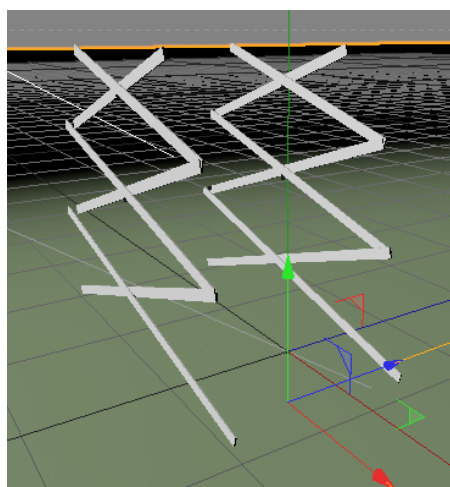


Figura 5. Tijeras de aluminio.

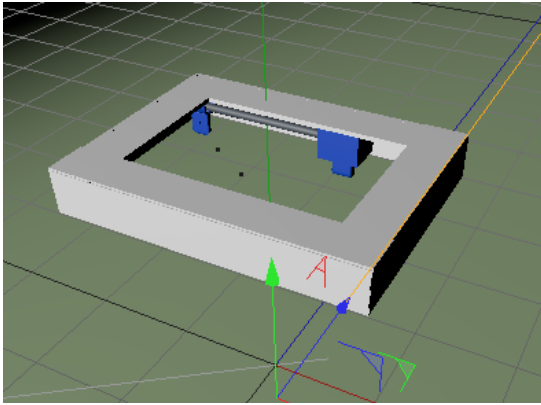


Figura 6. a) Base superior – vista frontal

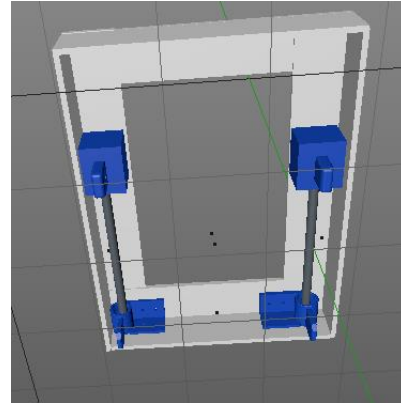


Figura 6. b) Base superior – vista trasera

Las figuras de 3 a 6 son algunas partes que componen al sistema de elevación, por lo que este sistema completo se muestra en la figura 7.

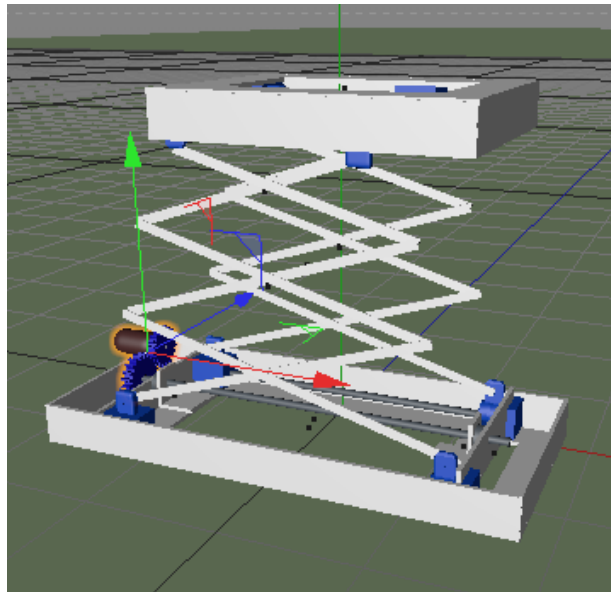


Figura 7. Sistema de elevación

Una vez logrado hacer levantar una base con la fuerza suficiente para elevar una carga pesada, se construyó una nueva plataforma que se montara sobre la base superior cuyo mecanismo es deslizar un soporte para el sistema de inclinación, con el objetivo de acercar al lector de imagen del objetivo de la cámara, así con esto tendría un mejor enfoque para analizar las imágenes. Como resultados se obtuvo lo requerido utilizando un mecanismo similar al del sistema de elevación, estos resultados se muestran en la figura 8.

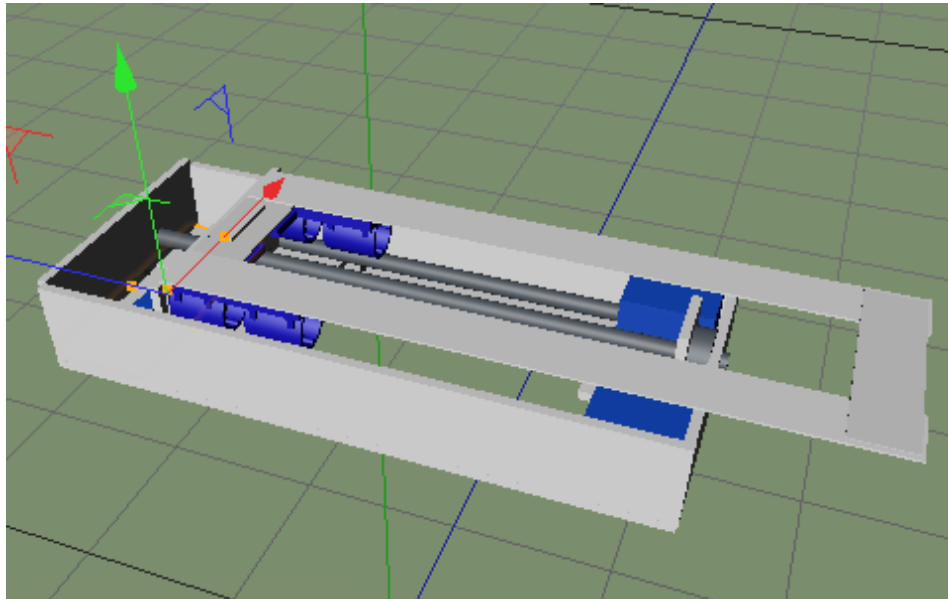


Figura 8. a) Sistema de deslizamiento con plancha en posición inicial.

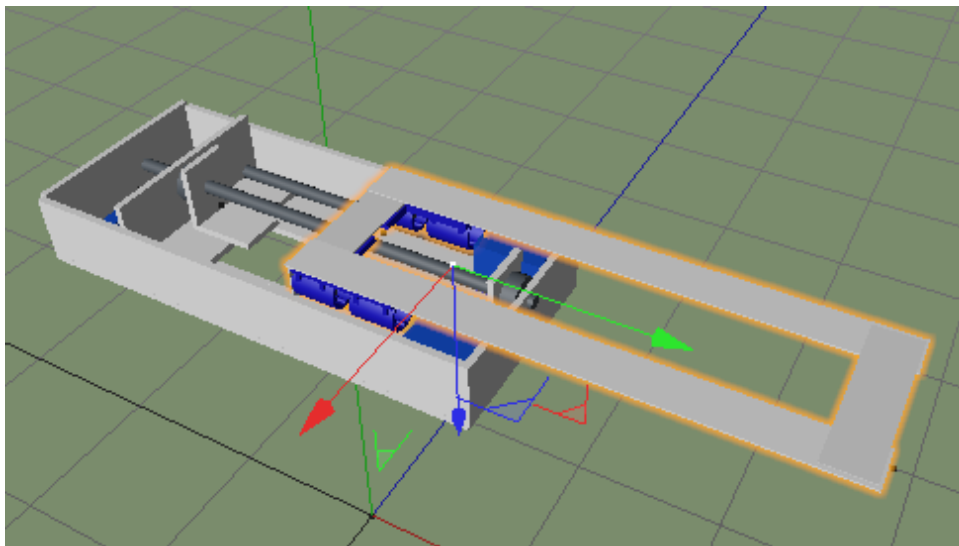


Figura 8. b) Sistema de deslizamiento con plancha deslizado.

Una vez obtenido el sistema de elevación, se desarrolló un soporte giratorio en el eje Y para hacer mover al lector de imagen y así darle un mejor enfoque a su objetivo, utilizando un servomotor, resolviendo con esto el problema de inclinación. Este soporte se montó sobre la plancha del sistema de deslizamiento, como se muestra en la figura 9.

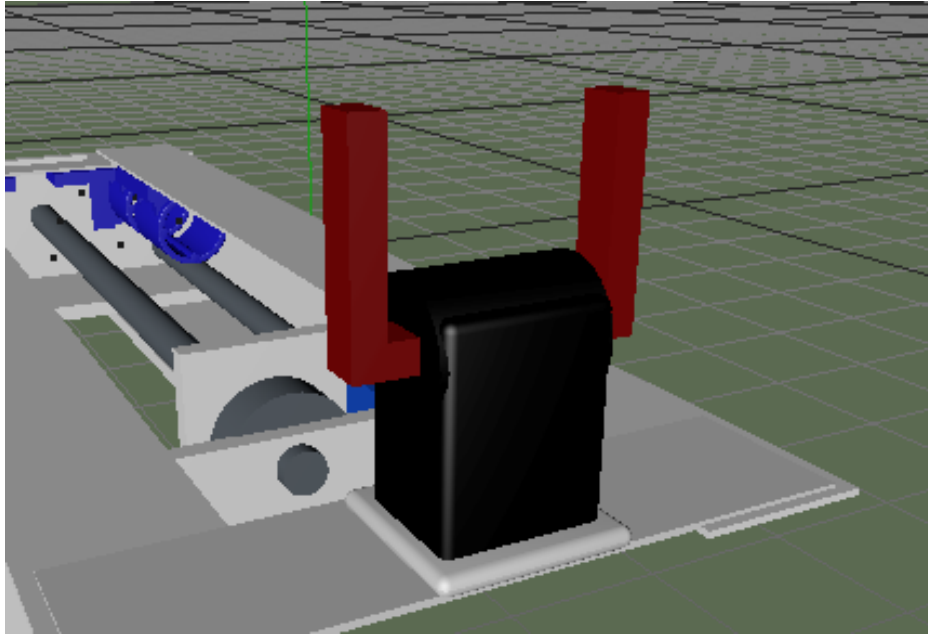


Figura 9. a) Sistema de inclinación con 0 grados de giro

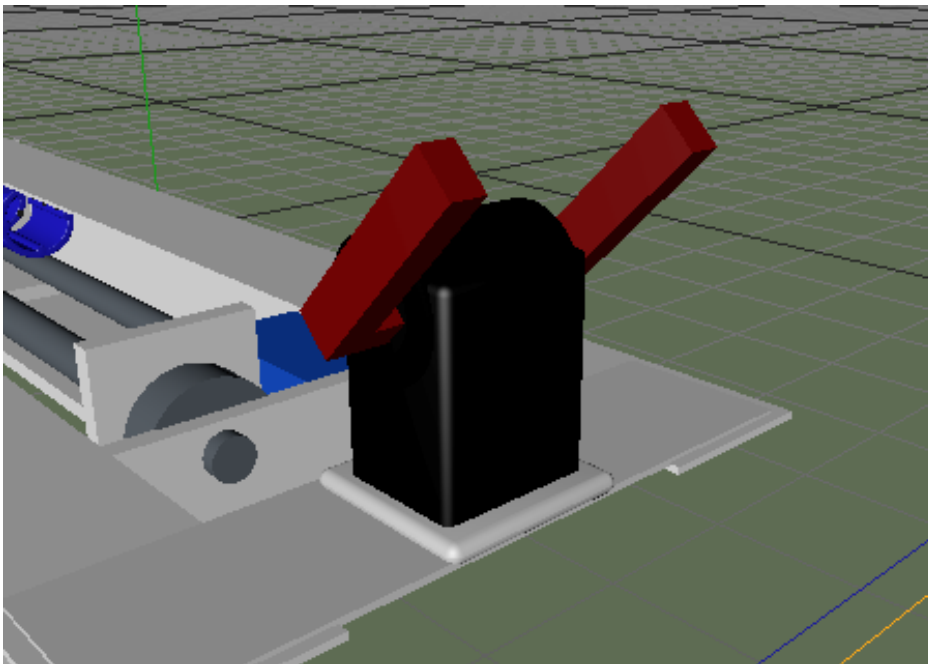


Figura 9. b) Sistema de inclinación con 45 grados de giro

Finalmente, la implementación del sistema de navegación cumplió con los requisitos establecidos, ya que este logro trasladarse con la carga encima, es decir los demás sistemas anteriores, estos están montados sobre el sistema de navegación. El sistema logro mantenerse en su trayectoria sin perder su ruta, y también los sensores procesaban la lectura de forma correcta haciendo que este hiciera su

parada en cierta posición marcado sobre la superficie, siguiendo su camino al recibir una señal y volver a detenerse en lo posición marcada, así cumpliendo con su ciclo hasta llegar al punto que le indique que ya ha terminado.

El sistema completo se muestra en la figura 10.

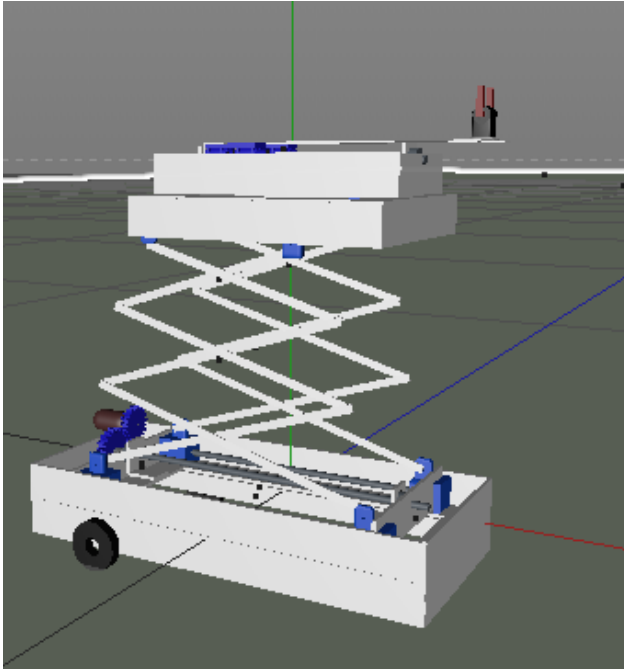


Figura 10. a) Sistema robótico completo – vista lateral

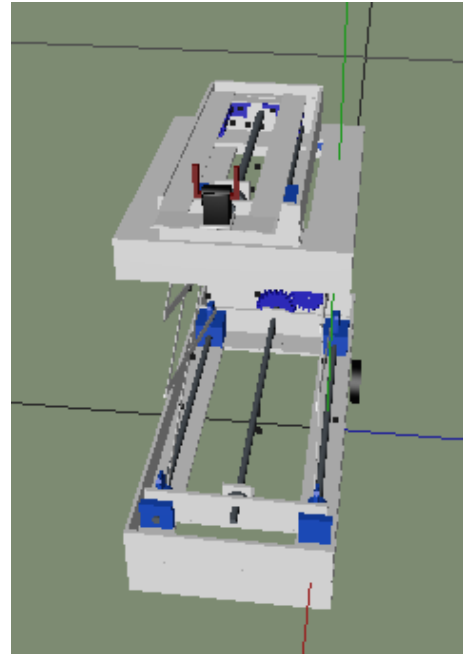


Figura 10. b) Sistema robótico completo – vista frontal

Conclusiones y recomendaciones

Después de la creación de un sistema robótico, me di cuenta que el software no siempre hace todo el procesamiento de tareas en un sistema, sino que hay sistemas mecánicos en donde todo la tarea lo hace el sistema mecánico, como es mi caso, ya que utilice más conocimientos previos de electrónica para controlar hardware ya de estos dependía el sistema robótico y que la parte de programación fue mínimo, por lo que entiendo que la parte complicada o laborioso está más en crear un objeto que realice cierta función que dar instrucciones a un objeto. Por lo que despertó más mi interés en el área de hardware.

Como recomendación es realizar cálculos exactos para evitar errores mínimos que podrían terminar siendo fatales haciendo inútil al sistema.

Referencias bibliográficas

Libros

[1] Teoría de máquinas y mecanismos - Joseph Edward Shigley, John Joseph Uicker, JR.

Documentos de investigación

[2] Silla-banco con altura ajustable y programable, obtenido del enlace siguiente,
<http://132.248.52.100:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/1338/Tesis.pdf?sequence=1>

[3] Aprendiendo Arduino, Enrique Crespo.

URL's

[4] http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1102/html/1_pincremallera.html

[5] <http://diymakers.es/mover-motores-paso-paso-con-arduino/>

[6] <http://www.tigoe.net/pcomp/code/circuits/motors/stepper-motors/>

[7] <https://fabricadigital.org/leccion/como-controlar-un-motor-paso-a-paso-con-el-driver-a4988-de-pololu-y-arduino/>

[8] <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>

[9] <https://programarfacil.com/tutoriales/fragmentos/servomotor-con-arduino/>

[10] <https://www.arduino.cc/en/Reference/Stepper>

[11] <https://www.arduino.cc/en/Reference/Servo>