

Construcción de una Biblioteca Automatizada para reducir los tiempos de búsqueda

Building an automated library to reduce search time

Ryan Abraham León León* ; Yeny Nalin Acosta Rios; Patricia Noemí Castro Alva; Jean Piers Cuenca Muñoz; Liliana Lecca Castillo; Brenda Suárez Vera

Facultad de Ingeniería – Ingeniería Industrial, Universidad Privada del Norte, Mz. G Lt. 24 Urb. Dean Saavedra, El Cortijo, San Isidro - Trujillo, Perú.

* Autor correspondiente: ryan.leon@upn.edu.pe (R. León)

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad la construcción de una biblioteca automatizada para reducir tiempos al buscar un libro. Se determinó un tiempo promedio de búsqueda entre 8 a 12 minutos, en una biblioteca normal, al tomar tiempos en la biblioteca automatizada, el desplazamiento en el eje X duró 20 segundos, 11 segundos en el Y y 14 segundos en el Z. Estos tiempos se proporcionaron a escala real, al usar el mismo motor con igual cantidad de revoluciones, obteniendo tiempos de 4, 2 y 3 minutos para cada eje al ir a buscar un libro, teniendo una disminución de tiempo de búsqueda. Este prototipo tuvo la capacidad de poder seleccionar y llevar al punto programado de inicio o fin a un libro escogido de la lista, mediante una APP. La estructura se realizó tomando las medidas promedio de los libros para proceder a la construcción de los estantes, el recojo y devolución fue a través de una pinza metálica ubicada en el eje Z. Asimismo, se usó microcontroladores pic, encoders y servomotor. Obtenemos un resultado del 86,8% en efectividad al traer el libro y 93,4% al devolver el libro. Se cumplió con la finalidad de reducir tiempos.

Palabras clave: Tornillo sin fin; encoders; biblioteca; pic.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to build an automated library to reduce time when searching for a book. An average search time was determined between 8 to 12 minutes, in a normal library, when taking times in the automated library, the displacement in the X axis lasted 20 seconds, 11 seconds in the Y and 14 seconds in the Z. These times they were provided on a real scale, when using the same engine with the same amount of revolutions, obtaining times of 4, 2 and 3 minutes for each axis when searching for a book, having a decrease in search time. This prototype had the ability to select and bring to the programmed starting or ending point a book chosen from the list, through an APP. The structure was carried out taking the average measures of the books to proceed with the construction of the shelves, the collection and devolution was through a metal clamp located on the Z axis. Likewise, pic microcontrollers, encoders and servomotor were used. We obtain a result of 86.8% in effectiveness when bringing the book and 93.4% when returning the book. The purpose of reducing time was fulfilled.

Keywords: Endless screw; encoders; library; pic.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayoría de los colegios, institutos y universidades poseen una biblioteca. El problema radica en que gran cantidad de personas buscan al mismo tiempo uno o varios libros, por lo que se pretende evitar su aglomeración con tan solo un click, de manera completamente virtual, al elaborar un sistema automatizado capaz de llevarlo a un punto indicado; asimismo evitar tiempos muertos. Por ende, al automatizar las bibliotecas se conseguirá mayor productividad (Sánchez, 2001). De la misma manera, esta tecnología facilita los préstamos y devoluciones de los materiales bibliográficos, así como el control de inventarios, lo que permite implementar autoservicios y gestionar mejor nuestras colecciones (Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015).

El objetivo es realizar la construcción de un prototipo de biblioteca automatizada con el fin de solucionar o eliminar los tiempos de búsqueda y desplazamiento en un tamaño escala real. Es decir, crear una biblioteca automática que tenga la capacidad de poder seleccionar y llevar a un punto programado de antemano (punto de partida) un libro que previamente hallas seleccionado de una lista, mediante una aplicación en un dispositivo, dependiendo de los libros que tenga la biblioteca físicamente. Además, (Arriola y Montes de Oca, 2014), menciona que, los sistemas integrales de automatización de bibliotecas han tenido un gran avance, siendo ahora más fáciles de usar tanto para el usuario como para el bibliotecario.

Se seleccionó un proyecto con estas características, puesto que en la actualidad tiene un sinnúmero de aplicaciones y se puede utilizar en gran cantidad de ámbitos (farmacias, industria, tiendas, videoclubs y almacenes). De igual manera, los sistemas automáticos de almacenamiento y transporte incrementan la producción, reducen costos y generan grandes ventajas para disminuir los riesgos del operador. Además, ofrecen el control total de los procesos, lo que significa una trazabilidad del producto en cualquier momento, con datos puntuales como ubicación, peso, dimensión, entradas, salidas y, sobre todo, el control exacto y detallado del inventario en cualquier momento, entre otros detalles. (García, 2012). Por otro lado, para el transporte y desplazamiento se usó el tornillo sin fin, por su sencillez en la instalación y el mantenimiento y bajo costo (Ricardo, 2013).

En este artículo, se entrará en detalle los procesos, mediciones y cálculos obtenidos durante el desarrollo del prototipo, con la finalidad de ofrecer una alternativa para reducir tiempos y costos innecesarios al automatizar diversos procesos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la implementación del prototipo se construyó una maqueta que simulará el entorno de funcionamiento de la biblioteca. El desarrollo del sistema tiene a grandes rasgos tres grandes etapas, diseño mecánico, eléctrico y electrónico.

Los implementos utilizados en la elaboración del prototipo fueron seleccionados de acuerdo a las especificaciones, buscando dispositivos y elementos de excelentes características, óptimas condiciones y de bajo costo (Ver anexo 1, 2 y 3).

2.1. Diseño y cálculos matemáticos de la estructura

El diseño del prototipo de la estructura de biblioteca automatizada se realizó teniendo como base principal las medidas de los libros a utilizar, los cuales tienen una medida aproximada de alto $h = 20$ cm x 11 cm de ancho y grosor 2,5 mm.

De acuerdo a las medidas aproximadas de los libros se procedió al diseño de dos estantes de dos divisiones cada uno, los cuales están hechos de triplay de 4 mm de grosor. Se eligió este material debido a su costo y a su fácil transporte y manipulación.

Las dimensiones de los estantes son las siguientes: alto ($h = 50$ cm), ancho ($A = 37$ cm) y grosor 13 cm y divididos por dos divisiones que cada uno mide 24,4 cm descontando 0,6 cm por el grosor del triplay. Cada división ocupa 4 libros, separados equitativamente de 2 mm cada libro, para que la pinza que se usará pueda seleccionar el libro con facilidad. El área total es 1850 cm² y el volumen de 24050 cm³ (Ver anexo 4).

Entonces, la estructura de la biblioteca automatizada está conformada por una estructura metálica con las siguientes medidas: Alto = 60 cm, ancho = 60 cm y largo = 95 cm. Estas medidas dan un volumen de 342 cm³ y un área de 570 cm² (Ver anexo 5).

Las medidas presentadas de la estructura están de acuerdo con las medidas de los stands. La altura del stand es 50 cm y se optó un promedio de separación de 10 cm sobre la medida del stand haciendo una altura de la estructura es 60 cm. Asimismo, cada uno de los ángulos que forman la estructura es de 90° formando un paralelepípedo recto. El marco es cuadrado de metal se usó el fierro de 7/8 pulgada con forma cuadrada, la cual fue escogida debido a que brindaba mayor estabilidad y firmeza durante el movimiento de la pinza.

Asimismo, se usó el tornillo sin fin de 8 mm de diámetro en cada eje (X, Y, Z) y en paralelo se coloca dos varillas de aluminio con las mismas dimensiones. Estos, reposan en dos rodamientos de 26,2 mm (inicio y final) que por medio de una instalación de piñonaría en la parte inicial de la estructura acoplada con un motor DC de 24 V y 120 rpm, para dar el giro adecuado que se busca (Ver anexo 6).

Además, la pinza es metálica se coloca el extremo del eje “Z” para el recojo del libro, esta se compró teniendo el tipo de carga y resistencia. Asimismo, a esta se adhirió un jebe a las puntas para que tenga más firmeza

en el momento de seleccionar el libro. Se dimensiono en el programa Soliword, como se muestra con sus diferentes vistas (Ver anexo 7).

Por último, la estructura contará con una base de triplay de 8 mm de grosor, de 95 cm de longitud x 60 cm de ancho sobre la cual irán fijados los estantes.

2.2 Demostración física de la estructura

En el prototipo de la biblioteca automatizada se lograron realizar los siguientes cálculos físicos. En la pinza cuando ejerce la fuerza al seleccionar un libro del estante (Ver anexo 8).

Sumatoria de Fuerzas (Pinza):

Se hallaron las fuerzas presentes en la pinza, en el momento en el cual esta con el libro. Primero calculamos las fuerzas en “Y” y después en “X” para hallar la fuerza de la pinza.

$$FN=2kg*9,81m/s^2$$

$$FN=19,62Newton$$

El coeficiente de fricción cinético que hay entre el cartón y madera que es 0,4.

$$F \text{ pinza} = 0,4 * 19,62 \text{ Newton}$$

$$F \text{ pinza} = 7,848 \text{ Newton}$$

Entonces la fuerza que ejerce la pinza para sacar un libro es de 7,848 Newton.

Momentos de Fuerza (Pinza):

Se halló el momento de fuerza en el soporte del servomotor en la pinza al trasladar el libro desde el estante hasta el punto (0; 0) (Ver anexo 9).

Para hallar el momento de fuerza que ejerce el apoyo donde está la pinza se tomó en cuenta la distancia de 11 cm o 0.11 m y fuerza de la pinza.

$$My=2kg*0,11m$$

$$My=22N.m$$

Torque en los 3 engranajes:

Se encontró el torque en los engranajes que dan el giro al tornillo sin fin en los 3 ejes (x, y, z). Teniendo en cuenta la velocidad angular de cada engranaje.

1mm es de un engranaje y es una revolución 360° o 2π rad

La relación de trasmisión también puede ser expresada en función de los radios de los engranajes como se muestra:

$$U=21mm/16,25mm$$

$$U=3,36m/s - \text{la velocidad es la misma para ambos engranajes.}$$

Torque del motor de 24V.

Además, se calculó el torque del motor de 24V en base a su potencia ejercida de 12W y 120 de rpm.

$$\text{Torque} = (\text{Potencia} * 716) / \text{rpm} \dots \dots \dots (E1)$$

$$\text{Torque} = 1,432kg.m$$

Entonces, este torque es igual para los 3 motores en cada eje (X, Y, Z).

2.3 Diseño de la etapa eléctrica y electrónica

En el diseño se consideró, 3 motores de 24 V dc para cada eje (X,Y,Z), 3 Pic 16f88, 1 pic 24FJ64GB002, 1 bluetooth, 3 puentes H (L298N), 3 encoder, 1 servomotor, 1 regulador de corriente y 1 fuente o transformador. Además, se consideró 4 cristales para cada pic, switch para las medidas de los mismos y para la programación del prototipo se hizo con el lenguaje “C” como se muestra, la programación de los encoders de los 3 ejes (x, y, z). El traslado de la pinza por los 3 ejes se realizó teniendo en cuenta las revoluciones que dará el motor para llegar a la posición indicada en la programación y se tomó como fórmula de desplazamiento $V = 0,0064 * C$, V (voltaje) y C (cuentas de encoders) (Ver anexo 10 y 11).

2.4 Cálculos Matemáticos de la etapa Eléctrica

En la etapa eléctrica se encontrará, potencia (P) en Watt, corriente (I) en Amperios, voltaje en voltios y resistencias en ohmios de componentes eléctricos del prototipo.

Motor de 24 V DC: El motor tiene un voltaje de $v = 24V$ y una potencia de $P = 12W$ y una corriente de $0,5A$. Entonces, para cada eje (x, y, z), hay 1 motor igual por lo tanto la corriente para cada motor es la misma de $0,5A$ ya que cada motor trabaja independiente en cada eje. Sumando un total $1,5A$ en los 3 motores.

Puente H L298N (x, y, z): Cantidad: 2 und. Para el eje “X” y “Y” se colocará un puente H y uno para el eje “Z”, para optimizar conexiones. El puente H L298N consume una corriente de $2A$ máximo e ingresa $24V$. Por ende, la potencia que ejerce las 2 unidades de puente H es de $48W$. Además, el voltaje lógico es de $5V$ y la corriente lógica es de 0 a 36 mA. Estos datos vienen dentro de las carteristas del producto.

Servomotor. Sirve para dar fuerza al levantar el peso del libro con la pinza metálica y puede cargar hasta $11kg$. El consumo de corriente como máximo es de $50mA$ o $0,05A$ y tiene un consumo de voltaje de $5V$. Lo cual la potencia máxima es $P_h = 0,25W$ y cuando traslada el libro es $0,25W$.

2.5. Cálculos matemáticos de la etapa electrónica:

En esta etapa se calcula la potencia, corrientes de cada componente electrónico.

Pic 16F88 y Pic 24FJ64GB002: se usa para controlar cada uno por eje (X, Y, Z). La corriente de cada pic es de 80 mA o $0,080$ Amperios y su alimentación es de $5V$.

Entonces, la potencia es igual para ambos pic es $0,4W$ y 2 resistencias de $62,5$ ohm.

Bluetooth HC-05: Se usará 1 unidad, el tipo de bluetooth es H5. La corriente que usa es de 50 mA y se alimenta de $5V$. Por último, la potencia de $0,25W$. Además, se calculó las resistencias que van entre la conexión del bluetooth con el pic es de 100 ohm.

Encoder optimo: Es un sensor de velocidad, se usará 3 unidades, uno por eje (X,Y,Z). La corriente es $0,20$ mA o $0,0002$ A y alimenta voltaje de $5V$.

La resistencia que se usará entre las conexiones del regulador y el encoder es de 25 kohm y una potencia de $0,001W$.

Entonces, la potencia de los 3 encoder por eje es de $0,001w$. Además, las resistencias se tomaron de $10K$ y los condensadores de $22p$.

En conclusión, la corriente que circula dentro de la etapa eléctrica es: $1,5$ A, de la etapa electrónica la corriente que circula dentro de la etapa eléctrica es: $1,3802$ A. Por ende, al sumar ambas etapas para saber cuánta corriente total que consumirá el sistema es $I_T=2,8802$ A.

2.6 Funcionamiento

El usuario escogerá el libro a través de una aplicación creada para dicho fin, en la cual deberán poner su usuario y clave. Una vez identificados, podrán acceder a la plataforma donde se buscará los libros por palabras clave o categorías. Al seleccionar el libro de interés, la aplicación conectada por módulo Bluetooth al prototipo, dará inicio el proceso. Este prototipo está compuesto por una estructura metálica, la cual será el soporte donde irán los tornillos sin fin, por los cuales se desplazará la pinza. Esta iniciará su recorrido desde el punto (0,0) hasta el lugar indicado, de manera que primero irá hacia el estante donde se encuentra el libro seleccionado por el usuario y después detectará el nivel en el que se encuentra, para subir, bajar o mantenerse, según sea el caso. La pinza seleccionará el libro escogido y la sujetará hasta al punto de origen, donde se encontrará una bandeja destinada para la recepción de los libros. Por otro lado, si se quiere devolver el libro, se coloca el libro entre las pinzas y de forma automática este será devuelto a su respectivo lugar. Se debe tener en cuenta que, para el correcto funcionamiento del prototipo, este debe estar conectado al bluetooth H5; asimismo, la programación a micro-controladores con servo motor, 3 encoder ópticos y 3 pics 16f88, los cuales tienen que estar controlados por el pic PIC24HJ128GP204pic.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó varias pruebas sacando y devolviendo los 16 libros. Para ello se realizó lo siguiente:

- a. Pruebas para sacar los libros

Indicaciones

Si: Sacar, trasladar el libro hasta el punto de origen con éxito

No: No saco el libro

Regular: Sacar, traslada arrastrando el libro al punto de origen.

Los resultados que arrojo las 7 pruebas son las siguiente, si saca y traslada la pinza al libro al punto de origen con éxito es un 86,8%; no saca la pinza el libro que se le ordeno es un 4,4% y saca la pinza el libro, pero arrastra el libro en un 8,8% (Ver anexo 12).

b. Pruebas para devolver el libro

Indicaciones

Si: Devuelve el libro exitosamente

No: No devuelve el libro

Regular: Traslado el libro, pero choca en el final de carrera y en el estante.

La pinza “Si” devuelve el libro al estante con éxito de 93,4%, “No” devuelve el libro es 0% y devuelve el libro, pero choca en el final de carrera en eje Z y en filo del estante es de 6,65% (Ver anexo 13).

Después de ver los resultados se determinó que para el correcto funcionamiento de la maqueta debe estar conectado al bluetooth H5, la programación a micro-controladores con servo motor, 3 encoder ópticos, 3 pics 16f88 y estos a su vez son controlados por el pic PIC24HJ128GP204pic.

Al contar con un correcto funcionamiento, se procedió a tomar el tiempo de traslado de la pinza sin libro (tabla 1) y con libro (tabla 2) en sus tres ejes (X, Y, Z) según la distancia de cada uno. En la tabla 2 se puede observar que el tiempo aumentó unos segundos, esto debido a que la pinza estaba sujetando el libro y su velocidad para desplazarse fue menor.

Tabla 1. Tiempo de desplazamiento de la pinza según distancia de ejes

Ejes	Distancia (cm)	Tiempo (seg)
X (largo)	95	17
Y (alto)	60	9
Z (ancho)	60	11

Tabla 2. Tiempo de desplazamiento de la pinza con libro, según distancia de ejes

Ejes	Distancia (cm)	Tiempo (seg)
X (largo)	95	20
Y (alto)	60	11
Z (ancho)	60	14

Posterior a ello, se tomó el tiempo de búsqueda al desplazarse la pinza a buscar un libro, según la ubicación en la que se encontraba, este podía ubicarse en el primer o segundo estante, en un primer o segundo nivel. Cada estante tiene 8 libros, donde en cada nivel hay 4 libros, de tal manera que se identificó el tiempo en ir a seleccionar o devolver el libro escogido previamente en la aplicación. En los anexos 14 y 15, se puede apreciar los 8 libros, con sus respectivos tiempos, ubicados en el primer y segundo nivel del primer estante.

Asimismo, en los anexos 16 y 17 se muestra el tiempo de búsqueda de los 8 libros que se encuentran en el segundo nivel, separando 4 libros en el primer nivel y 4 libros más, en el segundo.

El tiempo de búsqueda de cada libro fue promediado según la ubicación del estante o nivel en el que se encontraba, para tener estimado un solo tiempo en cada situación.

Tabla 3. Tiempo de búsqueda promedio según estante y nivel

Estante / Nivel	Tiempo (seg)
1° estante / 1° nivel	74
1° estante / 2° nivel	50

Estante / Nivel	Tiempo (seg)
2° estante / 1° nivel	93
2° estante / 2° nivel	62

Para mayor detalle, en el anexo 18 se encuentra el prototipo final, donde se aprecian los 2 estantes, con sus 16 libros, distribuidos en el 1° o 2° nivel, respectivamente.

El prototipo final fue diseñado a menor escala con las medidas que se presentaron en el anexo 5; sin embargo, se tomaron medidas reales a una biblioteca para detallar si se puede reducir el tiempo de búsqueda de un libro. Estas medidas fueron tomadas de un espacio de biblioteca real con dos estantes, la distancia de su respectivo eje fue de 9.5 m de largo y 6 m de alto y ancho. Se realizó un estudio de tiempo que determinó, que los estudiantes demoran entre 8 a 12 minutos para buscar un libro. De tal manera que en una situación real, con el mismo motor y cantidad de revoluciones, se estima que el tiempo será proporcional, por lo que se realizaron cálculos y se obtuvieron los tiempos estimados que se demorarían en ir a buscar un libro en una biblioteca con las medidas mencionadas.

Tabla 4. Tiempo de desplazamiento de la pinza con libro, según distancia de ejes reales

Ejes	Distancia (cm)	Tiempo (seg)	Tiempo (min)
X (largo)	950	200	4
Y (alto)	60	110	2
Z (ancho)	60	140	3

4. CONCLUSIONES

Se realizó la construcción del prototipo de una biblioteca automatizada para reducir los tiempos de búsqueda y desplazamiento, usando los recursos mecánicos, eléctricos y electrónicos adecuados, con una programación con el lenguaje “C” a micro-controladores como: pic, encoders y servomotor, de manera que se demorase en un tiempo promedio de 8 a 12 minutos en hacer búsquedas manualmente, este disminuyó a ser de 2 a 4 minutos al proporcionar los datos a un tamaño real. Por lo que en el prototipo, el desplazamiento y selección del libro demoró 20 segundos en el eje X (largo), 11 segundos en el eje Y (alto) y 14 segundos en el eje Z (ancho). Al poder usar el mismo motor con igual cantidad de revoluciones en una biblioteca real, sus medidas fueron llevadas a esa escala y se estimó los tiempos de 4, 2 y 3 minutos para cada eje al ir a buscar un libro, obteniendo una disminución de tiempo de búsqueda notable, comparado con el tiempo de búsqueda inicial realizado manualmente. Además, en la biblioteca automatizada se logró instalar y programar el APP que se usa para sacar y devolver cada. Este se diseñó de acuerdo al prototipo, por lo que se adaptó con la programación realizada para controlar el manejo del funcionamiento de la biblioteca. Asimismo, los cálculos matemáticos del diseño mecánico, eléctrico y electrónico que se realizaron fueron necesarios para garantizar su buen funcionamiento, obteniendo 86,8% al sacar y trasladar la pinza del libro al punto de origen con éxito y un 93,4% de sí devolver el libro correctamente, siendo bajas las probabilidades de error.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda usar este mismo sistema de automatización para un almacén con la finalidad de desplazar con rapidez los materiales pedidos en cada estante. Asimismo, se recomienda implementar esta programación a empresas que tengan estantes con diversidad de productos para obtener mayores beneficios al reducir el tiempo de traslado de estos, ya que la pinza podrá seleccionar y ubicar en su lugar automáticamente, permitiendo agilizar el proceso de almacenamiento y realizándolo correctamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arriola, N., Montes de Oca, A. 2014. Sistemas Integrales de Automatización de Bibliotecas: una descripción sucinta. *Bibliotecas y Archivos*, 1.3, 47-76. Disponible en <https://eprints.ucm.es/24567/1/T35150.pdf>
- García, M. 2012. Alianza Logística de Alta tecnología entre Portugal y Colombia. *Revista de Logística Pontificia Universidad Católica del Perú*. 2015. Préstamo y devolución automatizada en Biblioteca Central y el Complejo de Innovación Académica. Disponible en <https://puntoedu.pucp.edu.pe/videos/prestamo-y-devolucion-automatizada-en-biblioteca-central-y-el-complejo-de-innovacion-academica/>

- Ricardo, L.2013. Rediseño del tornillo sinfín de los transportadores rotatorios del filtro de mangas de la planta preparación de mineral (Doctoral dissertation, Departamento de Mecánica). Disponible en <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/3057/ricardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanchez, S. 2001. Automatización de las bibliotecas. Disponible en <http://ayudasbibliotecarias.blogspot.com/2005/11/modelo-de-proyecto-de-automatizacion-de.html>

ANEXOS**Anexo 1.** Materiales del diseño mecánico

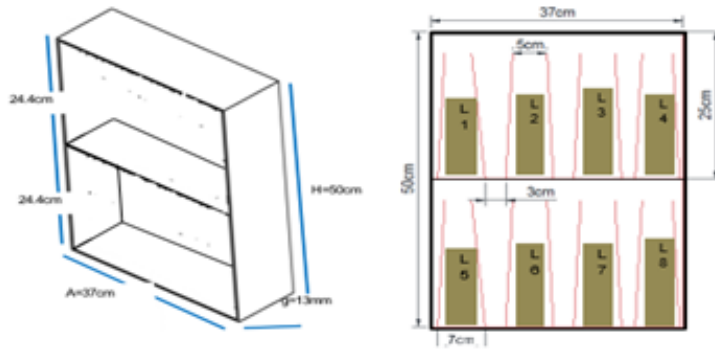
Materiales	Cantidad(und)
Plancha Madera Trupan para los engranajes	1 plancha
Plancha de Triplay-grosor-8mm- 60x95cm	1
Cintillos	1
Porta cintillos	1
Cable delgado (45cm)	1
Organizador de cables - Espiral	1
Piezas de soporte	1
Papel vinil 60x95cm	1
Fierro 7/8 de 1.50cm	2
Reductor de acople para el motor	4
Pinza de Aluminio	1
4 und. x Tornillo sin fin	4
Riel de soporte	12
Rodamientos de 26.2mm=D	10
Tornillos	18

Anexo 2. Materiales de la etapa eléctrica

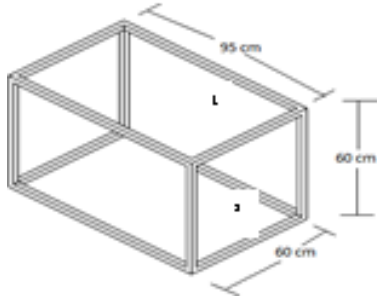
Materiales	Cantidad
El resistor o resistencia	1
Capacitor de Poliéster	1
Oscilador de Cristal:	1
Parlante Buzzer	1
Diodo led	1
Fuente de Alimentación (Transformador AC-DC)-switch	1
SERVOMOTOR- MG996R	1
Motor 24V	1
PUENTE H L298N	

Anexo 3. Materiales de la etapa electrónica

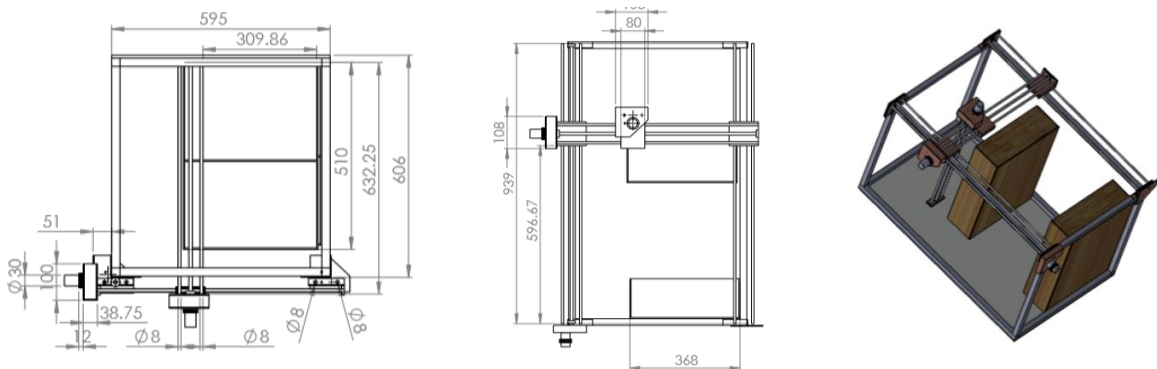
Materiales	Cantidad
El módulo Bluetooth HC-05	1
Un Encoder óptico	1
PIC24HJ128GP204:	1
PIC16F88	1



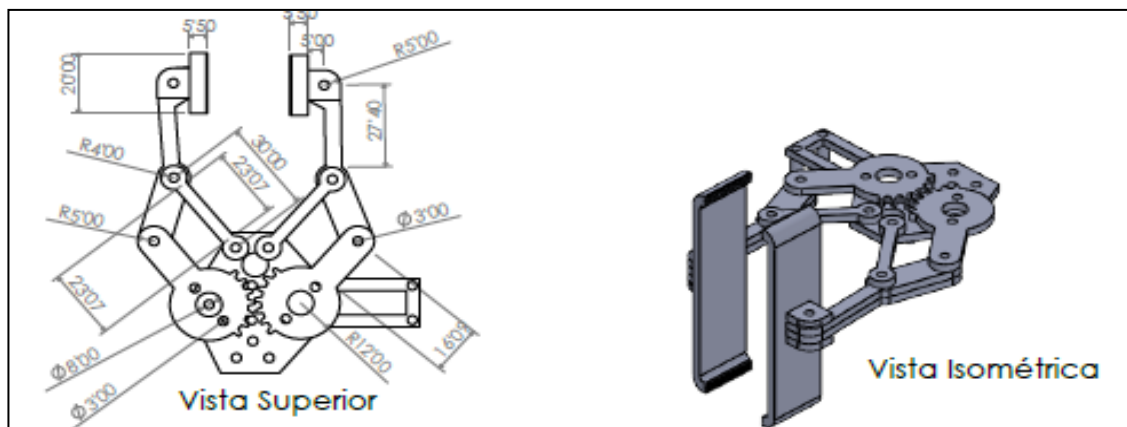
Anexo 4. Estante de librería de madera



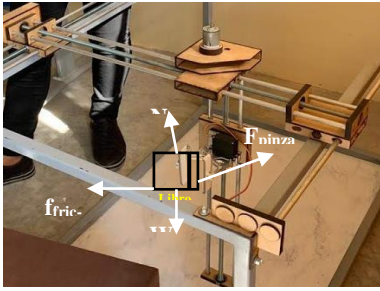
Anexo 5. Estante de librería de madera



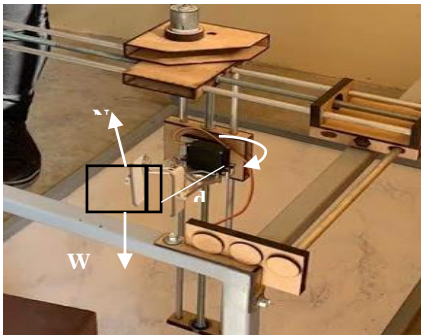
Anexo 6. Dimensiones del tornillo sin fin. A la izquierda: vista auxiliar; al centro: vista auxiliar; y a la derecha: el isométrico.



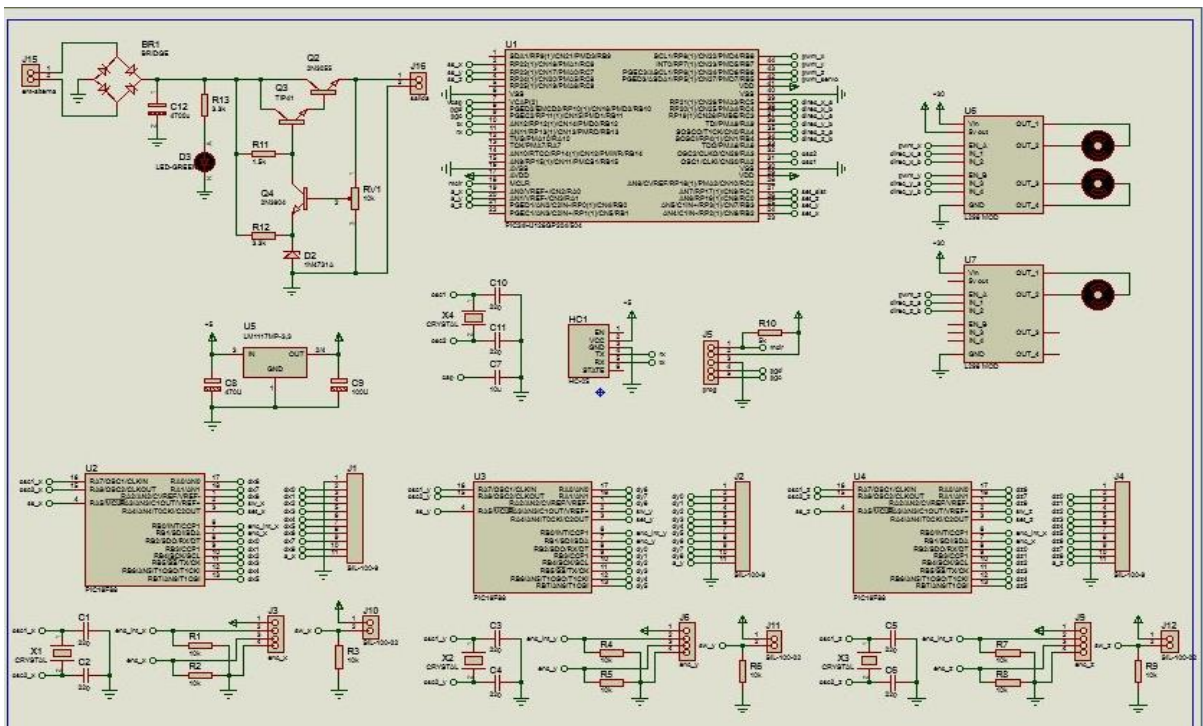
Anexo 7. Dimensiones de la pinza metálica



Anexo 8. Fuerzas en la pinza



Anexo 9. Momento de fuerza



Anexo 10. Circuito eléctrico en Proteus

```

ioteca automatica.c
void main()
{
    trisa =0x000f;
    trisb =trisb&0x3000;
    trisc =trisb|0x000d;
    libros =0x01c0;
    libros =0xffff;
    //setup_adc_ports(sAN0 | sAN2 | sAN12, VSS_VDD);
    //setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_2 | ADC_TAD_MUL_2);
    setup_timer2(TMR_INTERNAL | TMR_DIV_BY_1, 3999);
    setup_timer3(TMR_INTERNAL | TMR_DIV_BY_8, 49999);
    setup_compare(1, COMPARE_PWM | COMPARE_TIMER2);
    setup_compare(2, COMPARE_PWM | COMPARE_TIMER2);
    setup_compare(3, COMPARE_PWM | COMPARE_TIMER2);
    setup_compare(4, COMPARE_PWM | COMPARE_TIMER3);
    enable_interrupts(INT_RDA);
    enable_interrupts(INTR_GLOBAL);
    set_total();
    servo_abrir();
    delay_ms(1000);

    while(1)
    {
        v=0;
        while(v==0);
        if(v>=65 && v<=90) {get_lib(v);}
        if(v>=97 && v<=122) {p_lib(v);}
        //else if(v=='S') {set_total();}
        putc('X');
    }
}

#INT_EXT
void IntrRB0()
{
    if (Bit_Test(PortB, 0)) // Si RB0 se ha puesto a 1 (flanco de subida),
    {
        x_f=x_f+1; // entonces incrementar una unidad el valor de X.
        if(x_f>=512) {x_f=511;}
        else if (x_f<0) {x_f=0;}
    }
}

void main()
{
    ansel=0;
    trisa=0b11001000;
    trisb=0b00000001;
    Enable_Interrupts(Int_Ext); // Activar Interrupción Externa a través de RB0.
    Ext_Int_Edge(L_TO_H); // Inicialmente detectar interrupción por flanco de subida.
    Enable_Interrupts(GLOBAL);
    x_f=0;

    while(1)
    {
        if(sw==1) {x_f=0;}
        x_16=x_f;
        x_16=x_16<<2;
        xh=make8(x_16,1);
        xl=make8(x_16,0);
        portb=xl;
        porta=xh;
    }
}

```

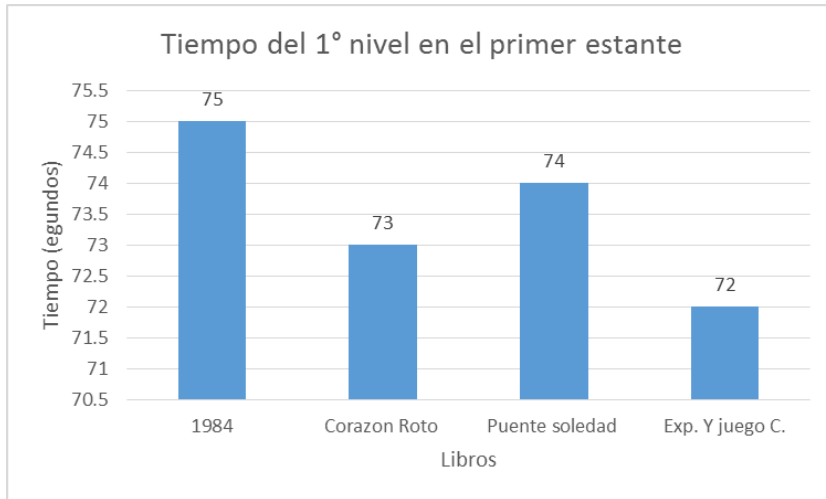
Anexo 11. Programación de los pic y encoders- Lenguaje “C”

Anexo 12. Resultados de las pruebas

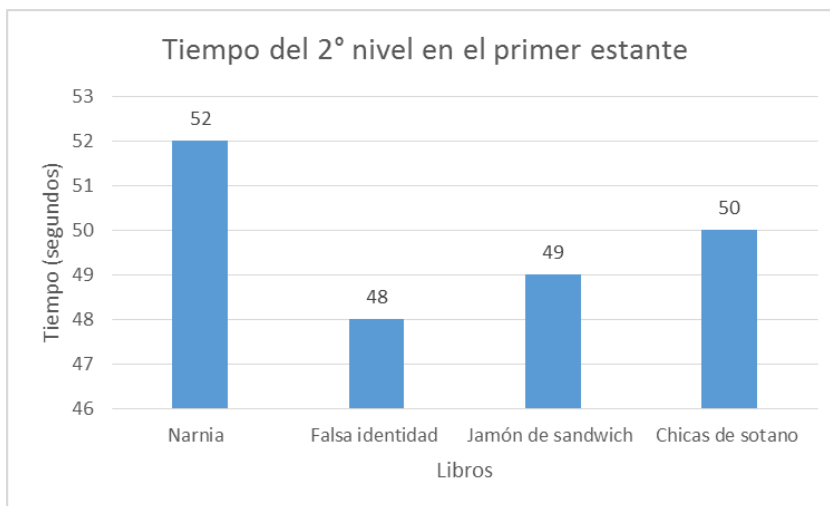
Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si	79	86,8%
No	4	4,4%
Regular	8	8,8%
Total	91	100%

Anexo 13. Resultados de las pruebas de regresar un libro

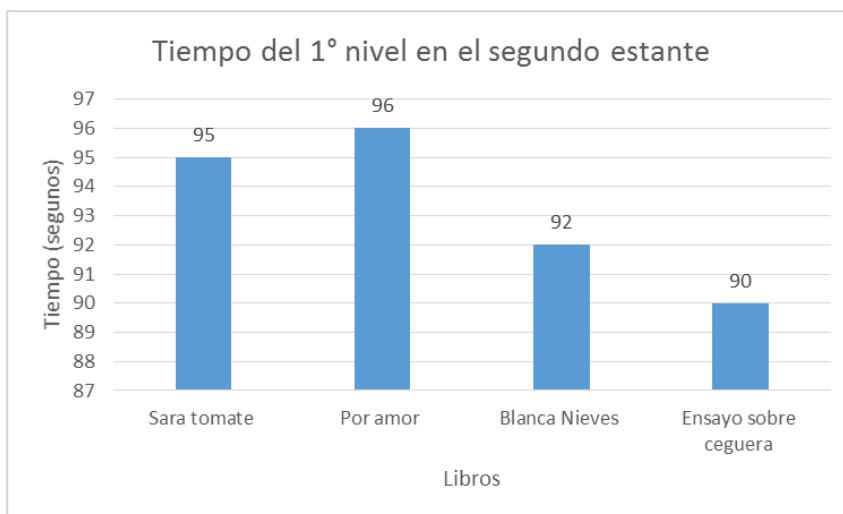
Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si	85	93,4%
No	0	0,0%
Regular	6	6,6%
Total	91	100%



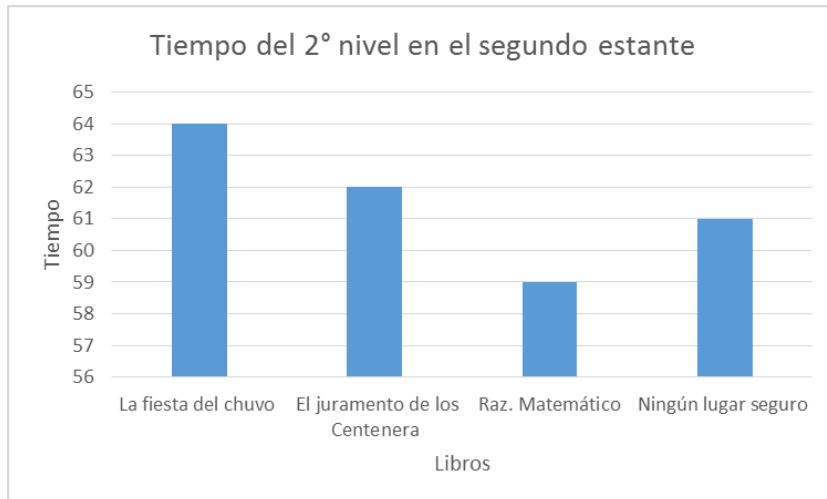
Anexo 14. Gráfica del tiempo de búsqueda en el 1° nivel del primer estante



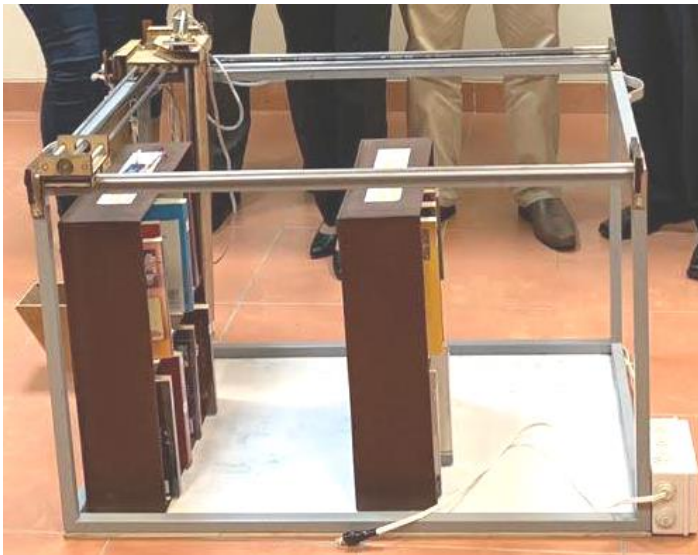
Anexo 15. Gráfica del tiempo de búsqueda en el 2° nivel del primer estante



Anexo 16. Gráfica del tiempo de búsqueda en el 1° nivel del segundo estante



Anexo 17. Gráfica del tiempo de búsqueda en el 2º nivel del segundo estante



Anexo 18. Prototipo final