

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE LOCKERS PARA LA GESTIÓN DE PROYECTORES

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DAVID ALEJANDRO HERRERA MENCIAS

david.herrera01@epn.edu.ec

JAIRO DAVID CACUANGO ESPINOZA

jairo.cacuango@epn.edu.ec

DIRECTOR(A): ING. VIVIANA CRISTINA PARRAGA VILLAMAR

viviana.parragav@epn.edu.ec

CODIRECTOR(A): ING. MÓNICA VINUEZA, Msc.

monica.vinueza@epn.edu.ec

Quito, Agosto 2020

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jairo David Cacuango Espinoza y David Alejandro Herrera Mencias, bajo nuestra supervisión.

Ing. Viviana Párraga
DIRECTOR(A) DE PROYECTO

Ing. Mónica Vinueza
CODIRECTORA DEL PROYECTO

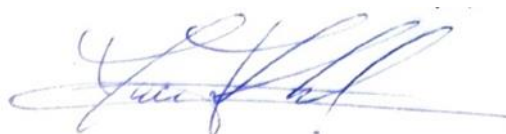
DECLARACIÓN

Nosotros Jairo David Cacuang Espinoza y David Alejandro Herrera Mencias, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Sin perjuicio de los derechos reconocidos en el primer párrafo del artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación - COESC -, somos titular/titulares de la obra en mención y otorgo/otorgamos una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva de uso con fines académicos a la Escuela Politécnica Nacional. Entregaremos toda la información técnica pertinente. En el caso de que hubiese una explotación comercial de la obra por parte de la EPN, se negociará los porcentajes de los beneficios conforme lo establece la normativa nacional vigente.



Jairo David Cacuang Espinoza



David Alejandro Herrera Mencias

DEDICATORIA

A mi madre Galdys Espinoza, a mis hermanos Nathaly, Danny y Klever y mis primos Ligia y Rafael que han sido las personas que siempre estuvieron apoyándome en mi formación profesional y lo siguen haciendo en cada etapa de mi vida.

Jairo David Cacuango Espinoza

DEDICATORIA

A mis padres Silvia y Luciano quienes lo han dado todo para brindarme la educación y a pesar de los reveses que nos da la vida, siempre me han brindado estabilidad para cumplir todas las metas que hasta ahora me he propuesto. Es momento para que estén orgullosos del hombre que han formado.

David Alejandro Herrera Mencias

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por enseñarme a perseguir mis metas y salir adelante a pesar de los problemas; sobre todo el gran sacrificio que realizó para ayudarme en el inicio de mi formación profesional.

A mi hermana Nathaly quien admiro mucho y ha sabido guiarme, comprenderme y apoyarme en todo momento que lo necesité.

A mis primos Ligia y Rafael quienes han sido mis consejeros y se han convertido en pilares fundamentales de mi vida.

A los ingenieros docentes de la ESFOT, quienes han compartido su tiempo y conocimientos para hacer de mi un profesional de nivel.

A mis amigos de la ESFOT con quienes he vivido momentos tensos académicamente y compartidos momentos que se llevan para siempre en la memoria.

Jairo David Cacuango Espinoza

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, por enseñarme desde muy pequeño sus habilidades técnicas que me han ayudado a formar mis aptitudes que por lo largo de esta etapa universitaria y en mi nueva etapa profesional.

A mi madre por enseñarme a ser fuerte y agradecido con la vida, que con esfuerzo y paciencia todo es posible.

A todo el resto de mi familia hermanas, primos, tíos y abuelitas por cada granito de arena que han aportado en mí, han sido fundamental en este proceso y pilar fundamental en mi vida.

A todos los docentes que alguna vez me brindaron un poco de su conocimiento en este proceso, un agradecimiento especial a la ingeniera Fanny Flores quien ha sido mi tutora y excelente motivadora a lo largo de la carrera.

Por último, a todos mis amigos que han sido parte de todo este proceso con los que me llevo hermosos recuerdos y experiencias que los guardaré por el resto de mi vida.

David Alejandro Herrera Mencias

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN.....	I
DECLARACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	XII
RESUMEN.....	XIII
<i>ABSTRACT</i>	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
Biométrico de huella dactilar.....	3
Cerradura eléctrica.....	4
Sensor Magnético.....	4
Sensor infrarrojo.....	5
Placas Arduino.....	6
Módulo relés.....	8
Luces piloto.....	8
2. METODOLOGIA.....	9
2.1 Metodología general del proyecto.....	9
3. RESULTADO Y DISCUSIÓN.....	10
3.1 Requerimientos y características del sistema de gestión de proyectores.....	10

Verificar la identidad del docente.....	11
Selección del <i>locker</i>	12
Recoger/Devolver el proyector	12
Seguridad de los <i>lockers</i>	14
3.2 Diseño de diagramas circuitales.....	16
Circuito básico para un <i>locker</i>	16
Diagrama de bloques del sistema de gestión de <i>Lockers</i>	18
3.3 Esquemmatización de la estructura física.	25
3.4 Diseño de las PCBs del sistema.	28
PCB Bloque de alimentación	28
PCB Bloque de Control	29
PCB Bloque de Conmutación	31
PCB Bloque Común (sensores y cerradura).....	32
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
4.1 Conclusiones	34
4.2 Recomendaciones	35
5. Bibliografía.....	37
6. Anexos.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Plantilla de la imagen.	3
Figura 1.2 Biométrico ZKTeco SF300.	3
Figura 1.3 Diagrama de conexión de la cerradura eléctrica 12v	4
Figura 1.4 Diagrama de conexión de un sensor magnético	5
Figura 1.5 Diagrama de conexión de un sensor de proximidad infrarrojo	6
Figura 1.6 Arduino MEGA 2560.	7
Figura 1.7 Arduino UNO.	7
Figura 1.8 Módulo de relés	8
Figura 1.9 Luz piloto	8
Figura 3.1 Requerimientos del sistema de gestión de proyectores.	11
Figura 3.2 Registro y verificación de identidad	12
Figura 3.3 Mini cerradura eléctrica	13
Figura 3.4 Sensor magnético	13
Figura 3.5 Sensor infrarrojo.	13
Figura 3.6 Proceso del sistema de gestión de proyectores.	15
Figura 3.7 Diagrama de flujo del funcionamiento del programa.	15
Figura 3.8 Diagrama de conexión entre los elementos de un <i>locker</i>	16
Figura 3.9 Funcionamiento del circuito básico de un <i>locker</i>	17
Figura 3.10 Diagrama de bloques del Sistema de Gestión de proyectores	18
Figura 3.11 Bloque de alimentación.....	19
Figura 3.12 Elementos según su alimentación.....	19
Figura 3.13 Cable UTP.	20
Figura 3.14 Cable IDE de 24 hilos.	21
Figura 3.15 Bloque de Control	23
Figura 3.16 Bloque de Conmutación.....	24
Figura 3.17 Bloque Común	24
Figura 3.18 Dimensiones de un <i>locker</i>	25
Figura 3.19 Ubicación de los componentes electrónicos de un <i>locker</i>	26
Figura 3.20 Dirección del cableado de cada <i>locker</i>	26
Figura 3.21 Vista interna de la parte central de la estructura y la disposición de los elementos de las PCB.	27
Figura 3.22 Estructura del sistema de gestión de proyectores a) Frontal. b) Posterior.	27
Figura 3.23 Placa de alimentación.....	28
Figura 3.24 Pad circular de una bornera.....	29

Figura 3.25 Capas de placa de Control.....	29
Figura 3.26 Partes de la placa de Control.....	30
Figura 3.27 Pad Circular Conector Hembra.....	31
Figura 3.28 Módulo de conmutación.....	31
Figura 3.29 Asignación de módulos relé y <i>lockers</i> que controla el Esclavo 1 y Esclavo 2	32
Figura 3.30 Placa del Bloque común.....	33
Figura 3.31 Orificios de los conectores.....	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Especificaciones de biométrico ZKTeco SF300	4
Tabla 1.2 Características de cerradura eléctrica.	4
Tabla 1.3 Características del sensor magnético.	5
Tabla 1.4 Características de operación del sensor infrarrojo.	6
Tabla 1.5 Especificaciones técnicas del Arduino Mega.	7
Tabla 1.6 Características de operación de Arduino Uno.	7
Tabla 1.7 Especificaciones de luz piloto	9
Tabla 3.1 Dispositivos que trabajan a 110v.....	22

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 3.1 Corriente total consumida para 5V.	20
Ecuación 3.2 Corriente total consumida para 12V.	21
Ecuación 3.3 Corriente total consumida para 110V.	22

RESUMEN

El presente proyecto tiene como fin diseñar un sistema automatizado de *lockers* para la gestión de proyectores y *kits* de laboratorio, para la comunidad de la Escuela de Formación de Tecnólogos.

Inicialmente, en la introducción se expone el problema al cual se propone una solución justificado en base a la implementación de otro proyecto de similares características y se explica los objetivos principales para la realización del proyecto. De igual manera, en el marco teórico se mencionan los conceptos y fundamentos de los elementos electrónicos que sirven para el desarrollo del trabajo.

Posteriormente, se describe la metodología utilizada donde se evalúan los requerimientos generales del sistema tomando en cuenta al docente como usuario final y así poder determinar las características físicas, tal como: dimensiones de *locker*, cantidad de proyectores, ubicación de los elementos electrónicos. Características lógicas: interfaz gráfica, biométrico, comunicación sensores-placas Arduino.

Se presenta el análisis de resultados y discusión donde se describe a detalle los elementos electrónicos que satisfacen los requerimientos y se presentan los diagramas circuitales, diagramas de bloques y cálculo de fuentes del sistema. Además, se presenta el diseño de las PCB y el diseño de la estructura que alberga al sistema de gestión de proyectores.

Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones de los resultados obtenidos en la sección anterior.

Palabras claves: Sistema, Arduino, *Lockers*, PCB, Sensores

ABSTRACT

The purpose of this project is to design an automated lockers system for the management of projectors and laboratory kits, for the community of the Technologists Training School.

Initially, the introduction presents the problem to which a justified solution is proposed based on the implementation of another project with similar characteristics and the main objectives for carrying out the project are explained. Similarly, in the theoretical framework the concepts and foundations of the electronic elements that serve for the development of the work are mentioned.

Subsequently, the methodology used is described where the general requirements of the system are evaluated taking into account the teacher as the end user and thus being able to determine the physical characteristics, such as: locker dimensions, number of projectors, location of electronic elements. Logical characteristics: graphical interface, biometric, sensor-Arduino boards communication.

The results analysis and discussion are presented where the electronic elements that satisfy the requirements are described in detail and the circuit diagrams, block diagrams and calculation of system sources are presented. In addition, the design of the PCBs and the design of the structure that contains the projector management system are presented.

Finally, the conclusions and recommendations of the results obtained in the previous section are presented.

Keywords: System, Arduino, Lockers, PCB, Sensors

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

En la Escuela de Formación de Tecnólogos los docentes para usar un proyector debían realizar el registro del número de proyector, el nombre, el aula en el que se impartirá clases, la hora de reserva y la hora de entrega manualmente en una hoja. Posteriormente el encargado de cuidar los proyectores entregaba el proyector solicitado al docente. Todo este proceso de registro y entrega del proyector conllevaba una pérdida de tiempo para el docente y el uso ineficiente del recurso humano, pues se necesitaba personal para realizar esta tarea.

Por esta razón, se realizó el diseño de un sistema para automatizar la gestión de un grupo de *lockers* que alojarán a los proyectores y *kits* de laboratorio con los que cuenta la ESFOT; un sistema biométrico que permite la autenticación del docente y una interfaz gráfica amigable que permite el registro de entrega y la devolución de estos recursos, necesarios para que el docente imparta su clase.

El diseño del sistema contempla una estructura de 20 *lockers*; a los cuales se pueden acceder mediante la validación de la identidad del docente en un biométrico de huellas dactilares. Una vez que la autenticación tiene éxito se podrá tener acceso a la interfaz gráfica, representada en una *tablet* donde se puede gestionar la reserva del proyector o de ser necesario un *kit* de laboratorio.

Por consiguiente, este proceso realizado por el docente es más eficiente, ya que, no necesita pedir esferos, llenar formularios o esperar a que otra persona le entregue el proyector, tan solo autentica la identidad, selecciona el *locker* que desea abrir y retira el proyector del *locker*.

1.2 Justificación

En la actualidad existe una gran cantidad de personas que se encuentran conectadas en red y con ello el comercio electrónico aumentó dramáticamente durante estos años, debido al ahorro de tiempo al comprar *online*. Aunque, todavía es complicado coordinar un lugar y horario, en el cual se pueda realizar la entrega del producto. Por esto, han nacido empresas como *Smart House*, una empresa peruana, que propone una solución moderna

y factible dedicada a la implementación de *Smart Lockers*. Mediante este sistema la empresa distribuidora introduce el producto solicitado en el *Smart Locker*, el paquete es vinculado mediante la interfaz de bloqueo, se deja el paquete y se envía un código al cliente por *email* o SMS; el cliente se acerca las 24 horas del día pone el código enviado y retira el producto comprado. Esto optimiza la gestión de encomiendas, ahorra tiempo y sobre todo provee seguridad [1].

En base a este sistema ya utilizado, el presente proyecto planteó el diseño de un sistema automatizado con una estructura de 20 *lockers*, donde están alojados 16 proyectores y 4 *kits* de laboratorio; a los cuales se puede acceder mediante el registro del docente en un biométrico. Luego de validar la huella del docente se tiene acceso a la interfaz gráfica, representada en una *tablet*, misma que se encuentra empotrada en la estructura junto con el biométrico y por la cual se puede gestionar la reserva de un proyector o de ser necesario un *kit* de laboratorio.

Entonces, para acceder a retirar o devolver un proyector, el docente debe acercarse al biométrico y validar su identidad con la huella digital, después, en un panel selecciona el número de *locker* y se envía una señal al sistema de control manejado por placas Arduino que abre la puerta del *locker* que contiene el proyector deseado, mediante la apertura de una cerradura. Además, el sistema contiene sensores infrarrojos para saber la existencia de un proyector en un *locker* y sensores magnéticos para saber el estado de las puertas.

Además, de mayor eficiencia en el proceso de reserva del proyector es necesario mencionar que digitalizar el registro del docente, ayuda a cuidar el medio ambiente por dejar de utilizar papel y gastar menos suministros de impresora [2].

1.3 Objetivos

Diseñar diagramas circuitales, estructura física y PCBs de un sistema para la gestión de proyectores en base a los requerimientos de los docentes que serán los usuarios finales del producto.

1.4 Marco teórico

Biométrico de huella dactilar

Los biométricos de huella dactilar se utilizan en varias aplicaciones por ejemplo en cerraduras o cajas fuertes ya que las huellas dactilares son únicas de cada persona. El biométrico puede utilizar escáner de diferentes tipos, entre los más comunes, ópticos de luz LED o láser; luego captura la imagen y los datos analógicos se envían en una corriente de información digital. Como se observa en la Figura 1.1, la imagen de la huella digital no es la huella completa, más bien se trata de una serie de características únicas de cada persona [3].

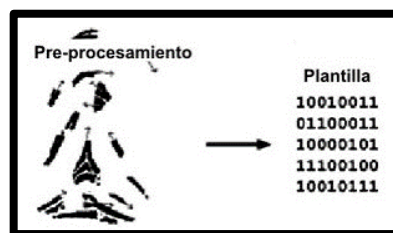


Figura 1.1 Plantilla de la imagen. [3]

El biométrico ZKTeco SF300 presenta una interfaz amigable en una pantalla táctil y un escáner de huellas digitales para realizar control de tiempo y asistencia en su propio software ZKAcces3.5. El biométrico que se menciona se muestra en la Figura 1.2. [4]



Figura 1.2 Biométrico ZKTeco SF300. [4]

Las especificaciones de funcionamiento del biométrico se muestran en Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Especificaciones de biométrico ZKTeco SF300 [4]

Características	Descripción
LCD	2.8 pulgadas
Versión de algoritmo	ZKFinger VX100
Comunicación	TCP/IP, USB host
Capacidad de huellas	1500
Fuente de alimentación	DC 12V/3A
Temperatura de trabajo	0-45°C

Cerradura eléctrica

Las cerraduras eléctricas son mucho más seguras que las cerraduras convencionales ya que son programables y dan acceso limitado, además, no poseen llaves que se puedan sacar copias al extraviarse.

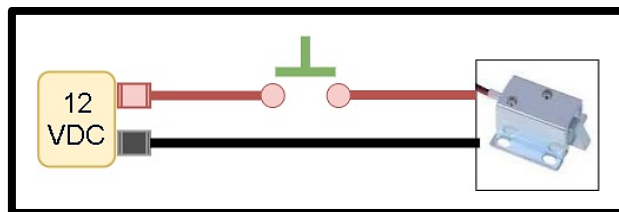


Figura 1.3 Diagrama de conexión de la cerradura eléctrica 12v [5]

Básicamente este tipo de cerraduras tienen una bobina que al ser alimentada como se muestra en la Figura 1.3, genera un campo magnético haciendo que el pestillo se meta [5].

Las características de este elemento se muestran en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Características de cerradura eléctrica. [5]

Características	Descripción
Voltaje de operación	DC 12 V
Corriente de operación	350 mA
Tiempo de desbloqueo	1 s
Peso	35 gr
Material	Acero inoxidable
Rango de Temperatura	-40°C a 50°C

Sensor Magnético

El sensor magnético es de gran utilidad en la seguridad, de fácil uso y muy resistentes. Principalmente se los utiliza para alarmas de seguridad en puertas y ventanas de los domicilios o en la industria.

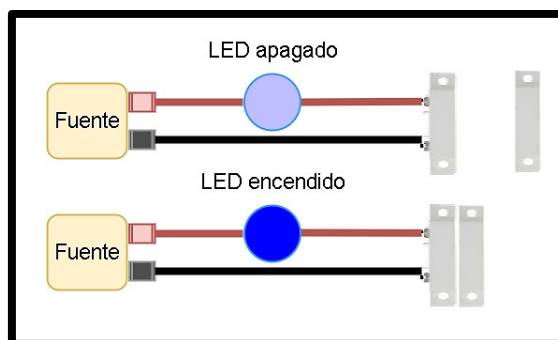


Figura 1.4 Diagrama de conexión de un sensor magnético [6]

El principio de funcionamiento es sencillo. Al juntar las piezas magnéticas las placas metálicas en su interior se unen haciendo que se cierre el circuito encendiendo el LED, tal como se muestra en la Figura 1.4.

En la Tabla 1.3 se muestran las características del sensor magnético cuyo modelo es E18-D80NK.

Tabla 1.3 Características del sensor magnético. [6]

Características	Descripción
Voltaje de operación	DC 12 V
Corriente máxima	1 A
Distancia de activación	15 mm
Material	Plástico
Tamaño	30x15 mm

Sensor infrarrojo

El sensor infrarrojo es un dispositivo optoelectrónico que permite detectar la radiación electromagnética infrarroja, que los cuerpos emiten. Estos sensores tienen varias configuraciones, siendo el más común uno conformado por un emisor (diodo LED infrarrojo) y un receptor (fototransistor). Esta configuración mide la radiación que se refleja en un cuerpo de la luz emitida por el propio LED [7].

El sensor infrarrojo tiene muchas utilidades tanto domésticas como industriales siendo una de ellas para detectar objetos, o llamado sensor de proximidad, como se muestra en la Figura 1.5.

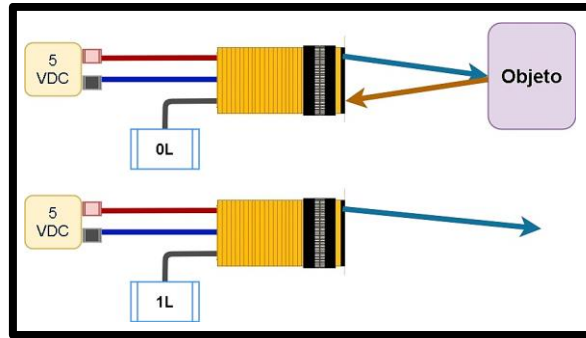


Figura 1.5 Diagrama de conexión de un sensor de proximidad infrarrojo [7]

En la Tabla 1.4 se muestran las características de trabajo del sensor infrarrojo.

Tabla 1.4 Características de operación del sensor infrarrojo. [8]

Características	Descripción
Voltaje de operación	DC 12 V
Corriente máxima	1 A
Distancia de activación	15 mm
Material	Plástico
Tamaño	30x15 mm

Placas Arduino

Las placas Arduino son un conjunto de entradas y salidas, digitales y análogas donde dependiendo de las entradas y la programación grabada en el microcontrolador, gestiona lo que ocurrirá en las salidas. Arduino es una plataforma donde convergen la programación y la electrónica; de este modo han surgido gran variedad de aplicaciones en diferentes campos, tal como: la robótica, educación, salud, seguridad, etc. [9]

Existen diferentes modelos de placas Arduino y la elección de un modelo tiene que ver con las características del proyecto que se va a trabajar. Si es un proyecto grande con muchos sensores y una programación robusta es necesario un Arduino Mega 2560 debido a su capacidad de 4KB de memoria EEPROM, 8KB de SRAM, 256KB de memoria flash, posee 54 pines de E/S digitales y 16 pines de entradas analógicas. Esta placa se muestra en la Figura 1.6. [10]

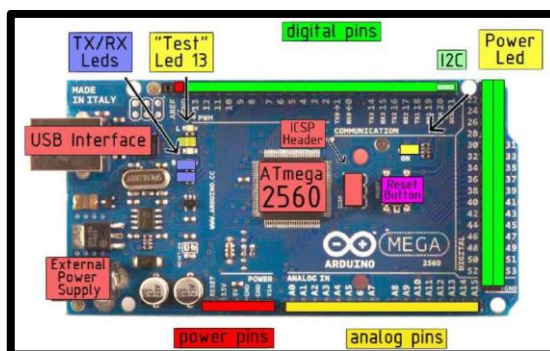


Figura 1.6 Arduino MEGA 2560. [10]

Las especificaciones técnicas del Arduino Mega se muestran en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Especificaciones técnicas del Arduino Mega. [10]

Características	Descripción
Microcontrolador	Atmega2560
Voltaje de operación	DC 5V
Corriente DC en pines de E/S	40mA
Corriente DC en pin de 3.3V	50mA
Velocidad de Reloj	16MHz

En cambio, si el proyecto es pequeño se puede optar por modelos como Arduino UNO debido a contar con 14 pines de E/S digitales, 6 pines de entradas analógicas, 1KB de memoria EEPROM, 2KB de SRAM y 32KB de memoria flash. La Figura 1.7 muestra la placa Arduino Uno. [11]

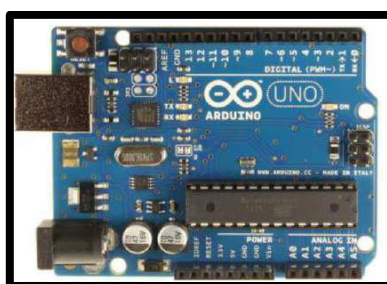


Figura 1.7 Arduino UNO. [11]

En la Tabla 1.6 se muestran las características de operación de la placa Arduino Uno.

Tabla 1.6 Características de operación de Arduino Uno. [11]

Características	Descripción
Microcontrolador	Atmega328P
Voltaje de operación	DC 5V
Corriente DC en pines de E/S	40mA
Corriente DC en pin de 3.3V	50mA
Velocidad de Reloj	16MHz

Módulo relés

Este módulo posee varios relés (canales) de 250VAC con el cual se pueden activar todo tipo de dispositivos (cargas) con un consumo máximo de 10A por canal. El módulo se alimenta con 5VDC y cada relé se activa mediante una señal digital que debe ser enviada desde el microcontrolador hacia los terminales *INPUT* que se encuentran numerados identificando el relé que controla. Cada relé tiene tres entradas: Normalmente Abierto, Común y Normalmente Cerrado [12]. En la Figura 1.8 se muestra las partes que conforman el módulo.

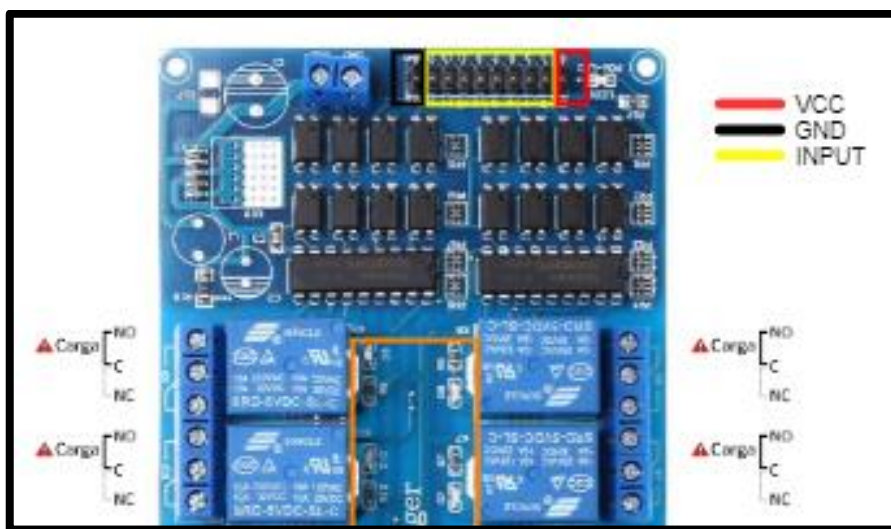


Figura 1.8 Módulo de relés [12]

Luces piloto

Este elemento es principalmente utilizado en tableros eléctricos para mostrar a los operadores si existe el paso de corriente hacia un sistema eléctrico, por ejemplo, el sistema de luces y toma corrientes de todo un edificio.

Las dimensiones de la luz piloto se la muestran en la Figura 1.9.

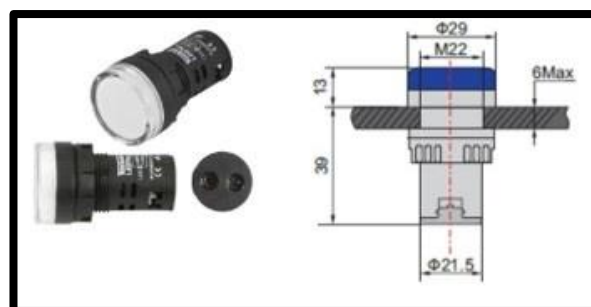


Figura 1.9 Luz piloto [13]

Las especificaciones de funcionamiento de la luz piloto se muestran en la Tabla 1.7.

Tabla 1.7 Especificaciones de luz piloto [13]

Características	Descripción
Voltaje de operación	110V
Luminancia	≥ 60 cd/m ²
Grado de protección IP	IP65
Vida Útil	30000 horas
Frecuencia	AC 50–60 Hz
Rango de Temperatura	-25°C a 55°C

2. METODOLOGIA

2.1 Metodología general del proyecto

Inicialmente se comenzó evaluando los requerimientos generales del proceso y del docente como usuario final, para determinar características físicas y lógicas del dispositivo. De esta manera se planteó un sistema que cumpla con las metas y estrategias de la ESFOT, pues de esto dependió el éxito del proyecto.

Las características físicas se basaron en dimensionar la estructura del conjunto de *lockers* mediante datos como cantidad y tamaño de los proyectores, espacios para dispositivos del sistema, seguridades entre otras.

Las características lógicas, identificaron las funcionalidades del sistema como son características de la interfaz gráfica, método de acceso del usuario, sensores complementarios para identificar estados del sistema, entre otros.

El diseño del sistema contempló un análisis para determinar el número de proyectores que se disponían para las clases y cuál era el proceso manual realizado para gestionar un proyector. Dentro de este análisis se determinó la gestión de 20 *lockers*, para, 16 proyectores y 4 *kits* para laboratorio, además, del uso de un biométrico para la autenticación de los usuarios autorizados y una interfaz para el usuario.

Una vez realizado un bosquejo general del sistema se comenzó diseñando los diagramas circuitales de los bloques de alimentación, conmutación y conexión a los *lockers*. Todos los bloques son controlados por un arreglo maestro-esclavo de placas Arduinos UNO y

MEGA que conformarán el bloque principal de control y enlaza la interfaz con el hardware de sistema por medio de comunicación serial. En esta etapa se determinó usar sensores infrarrojos para la detección de objetos dentro del *locker* y sensores magnéticos para la lectura del estado de las puertas, de esta manera se determinaron las E/S que se usan en el microcontrolador. Además, conociendo la cantidad de entradas y salidas del sistema, se calculó el consumo aproximado de corriente a las salidas, tipo de comunicación.

Se diseñó las PCB del sistema considerando el tamaño, su colocación en la estructura y sus conexiones. El diseño se lo realizó a una sola capa para circuitos con pocas conexiones, a excepción de la PCB de control general que abastece las conexiones en los módulos Arduino, que se diseñó a dos capas con el objeto de optimizar el espacio en la PCB.

En la siguiente etapa, se procedió al diseño de la estructura física tomando en cuenta las dimensiones de los componentes del sistema: placas electrónicas, sensores, cerradura y conductores. Se centró la circuitería de tal manera que sea accesible al administrador por la parte posterior de la estructura. Por delante el usuario tendrá acceso a la interfaz gráfica mediante una *tablet* y al biométrico para su autenticación. Por último, a los lados estarán los *lockers* numerados para la mejor administración de los proyectores.

El diseño de las PCBs y la simulación del sistema fueron realizadas en el *software* Proteus 8 y el diseño de la estructura de 20 *lockers* se realizó en *Autocad*.

Finalmente, se documentó todos los diseños de diagramas circuitales del sistema, el diseño de la estructura, los materiales necesarios y cantidad de los mismos para una posterior implementación.

3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1 Requerimientos y características del sistema de gestión de proyectores.

El proceso para gestionar un proyector que realizaba cada docente carecía de eficiencia y además contribuía al desperdicio de hojas de papel y gastar el tóner de las impresoras. Por cuanto la automatización del proceso y la digitalización de datos en la actualidad es

más factible.

El nuevo sistema de gestión de proyectores es capaz de recoger los datos de identidad del docente, recibir datos para abrir el *locker* donde se encuentra el proyector deseado; según el diagrama de la Figura 3.1. En la devolución del proyector, el sistema recoge los datos del docente y solo permitirá abrir el *locker* al que corresponde el proyector.

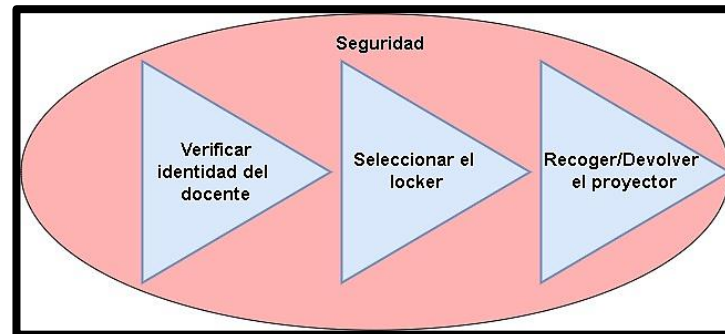


Figura 3.1 Requerimientos del sistema de gestión de proyectores.

Verificar la identidad del docente

El docente que impartirá clases es la única persona que deberá gestionar el proyector y a partir de que lo retira es responsable de devolverlo a su lugar, por lo que se ha elegido un biométrico de huella dactilar como método de verificación de identidad, así se limita el acceso al sistema a solo docentes de la ESFOT.

El biométrico de huella dactilar tiene la opción de registro donde se toma una captura de la huella dactilar del docente, se procesa la información y la guarda la plantilla en una base de datos.

Como se muestra en la Figura 3.2, en la verificación de identidad del docente la huella se compara con la plantilla que se almacenó en su registro. Entonces, el docente puede gestionar el proyector y posteriormente su devolución.

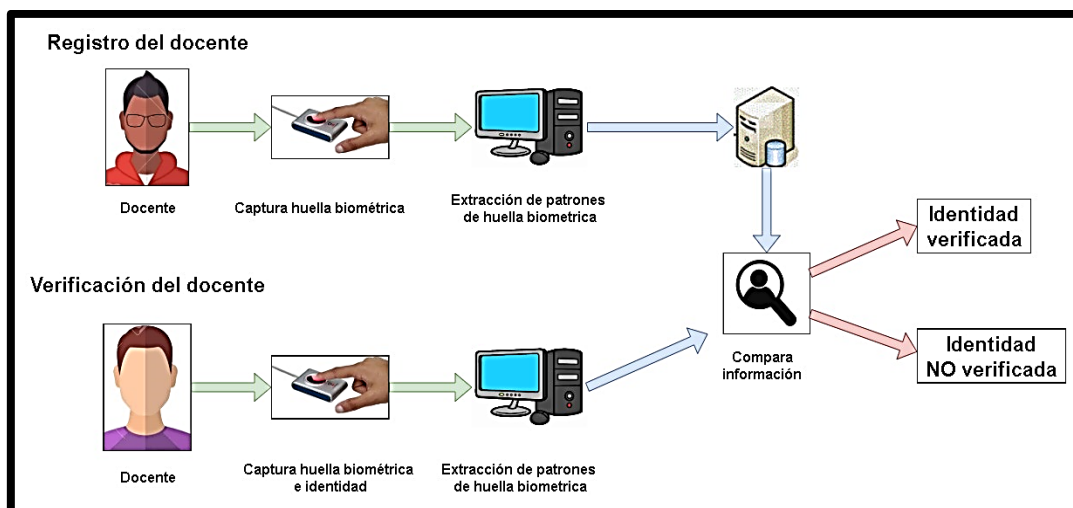


Figura 3.2 Registro y verificación de identidad [4]

Para satisfacer este requerimiento se eligió el biométrico ZKTeco SF300 que además emplea un algoritmo para detectar huellas falsas y trabaja con IP.

Selección del *locker*

Una vez verificada la identidad del docente el sistema da acceso a la interfaz gráfica presentada en una *tablet* donde se elige el proyector o *kit* de laboratorio que se desea. Estos datos son enviados hacia las placas de control general que dan la orden de abrir el *locker* para que el docente pueda recoger el proyector.

La administración de los proyectores y el *locker* está dada en orden numérico, por ejemplo: el proyector número 5 deberá colocarse en el *locker* 5. En la estructura del sistema de gestión de proyectores cada *locker* tendrá un sistema de luces piloto donde el docente se percate si el proyector está disponible o no lo está, al igual que en la interfaz gráfica.

El sistema de luces piloto es de color verde y color rojo para indicar si el proyector se encuentra en el *locker* o no.

Recoger/Devolver el proyector

Cuando el docente seleccione en la interfaz gráfica el proyector que desea la puerta del *locker* correspondiente se deberá abrir automáticamente, permitirá que el docente se tome su tiempo en recoger el proyector, cerrar la puerta y, tanto en el sistema de luces del *locker*

como en la interfaz gráfica se muestre que el proyector ya no se encuentra disponible.

Para cumplir este requerimiento se incorpora al sistema:

- **Cerraduras eléctricas:** Permite abrir la puerta automáticamente al seleccionar el proyector en la interfaz gráfica. Este elemento se lo muestra en la Figura 3.3.

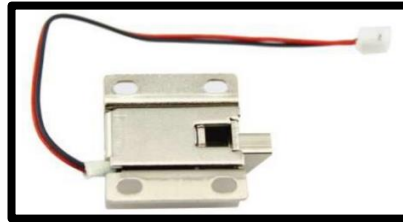


Figura 3.3 Mini cerradura eléctrica [5]

- **Sensores magnéticos:** Para conocer si la puerta del *locker* sigue abierta y el momento en que el docente la cierra. Ver Figura 3.4.



Figura 3.4 Sensor magnético [6]

- **Sensor infrarrojo:** Detectar el proyector dentro del *locker* y presentar esta información en el sistema de luces y en la interfaz gráfica. Elemento que se menciona se muestra en la Figura 3.5.

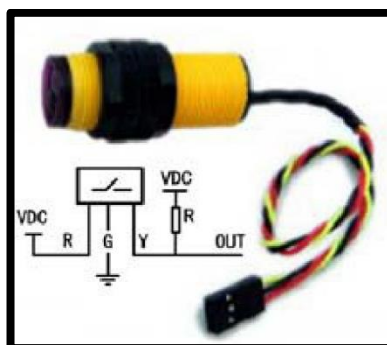


Figura 3.5 Sensor infrarrojo. [8]

Seguridad de los *lockers*

Cada *locker* contiene un proyector que es de suma importancia para la ESFOT y sus docentes. Además, estos equipos tienen un alto costo en el mercado, por lo tanto, su seguridad es importante, así que el sistema incorpora cerraduras electrónicas y sensores magnéticos en cada puerta. Por ello cuando el docente selecciona un *locker* en la interfaz gráfica, la placa de control general abre la cerradura electrónica y permite que el docente abra la puerta del *locker* seleccionado.

El sistema cierra la cerradura utilizando los datos del sensor magnético; cuando la puerta se cierra el circuito del sensor magnético se cierra también y por consiguiente se cierra la cerradura electrónica.

Además, el sistema posee sensores infrarrojos para detectar si el proyector está dentro de cada *locker*. Esta información es reflejada tanto en la interfaz gráfica como visualmente en cada *locker* con una configuración de luces; si la luz verde está prendida quiere decir que el proyector está dentro del *locker*, caso contrario, si la luz roja está encendida es porque no está el proyector.

La estructura que alberga al sistema de gestión de proyectores tiene capacidad para contener los 16 proyectores y 4 *kits* de laboratorio en sus 20 *lockers*. El diseño incluye trasfondos para esconder los sensores y el cableado de las conexiones entre los diferentes dispositivos electrónicos con las placas de control general y de alimentación.

La estructura tiene un compartimiento central muy importante, donde se encuentra empotrado el biométrico y la *tablet* en la parte frontal, para que el docente tenga mayor comodidad. Además, por la parte posterior del compartimiento caerá todo el cableado proveniente de los dispositivos electrónicos de cada *locker* para su conexión con las placas de control general Arduino y la placa de fuentes.

Por lo tanto, quedan cuatro secciones principales en el proceso para la gestión de proyectores siendo la primera sección la verificación de identidad del docente en el biométrico, la segunda sección seleccionar el *locker* que se quiere abrir, la tercera sección tiene que ver con la recolección de datos en la placa de control general Arduino para abrir la puerta del *locker* correspondiente y la última sección donde el docente retira el proyector. Ver Figura 3.6.

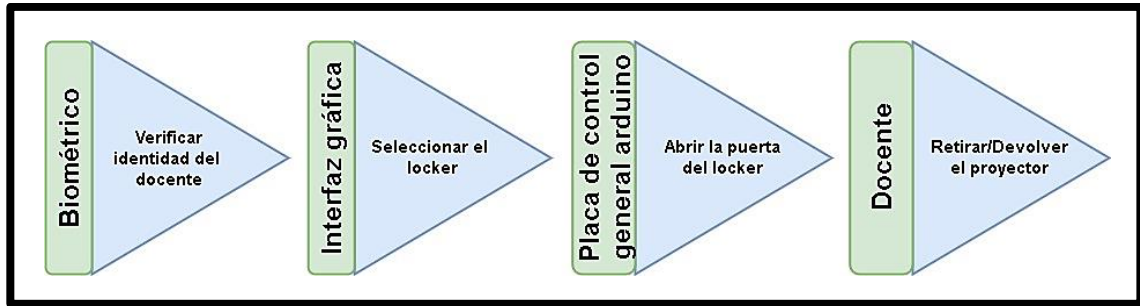


Figura 3.6 Proceso del sistema de gestión de proyectores.

La base para el funcionamiento del sistema de gestión de proyectores está en la programación de las Placas Arduino, por lo que, en la Figura 3.7 se presenta un diagrama de flujo del funcionamiento del programa.

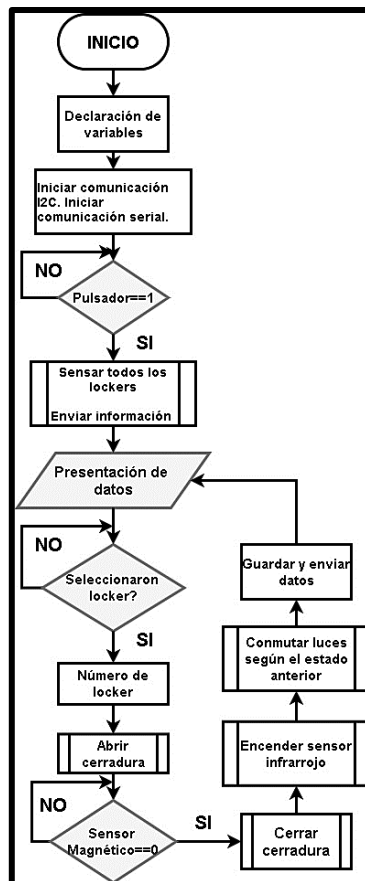


Figura 3.7 Diagrama de flujo del funcionamiento del programa.

Desde que se presiona el botón de encendido del sistema y comienza a correr el programa sensando todos los *lockers*, esta información es presentada en la interfaz gráfica y mediante las luces piloto. Cuando se selecciona un *locker*, el programa lo identifica, abre la cerradura permitiendo que el docente abra la puerta y retire el proyector; el sensor magnético no permite que se cierre la cerradura hasta que detecte un cambio de estado, es decir hasta que se cierre la puerta. Después, el sensor infrarrojo detecta la presencia o

ausencia del proyector y envía esta información para conmutar las luces piloto y presentar en la interfaz gráfica el nuevo cambio.

3.2 Diseño de diagramas circuitales

Para el diseño de los diagramas circuitales finales del sistema de gestión de proyectores se parte del diseño de un circuito básico que controla un solo *locker* y que será la base para la construcción de todo el sistema. Una vez comprobado el funcionamiento se desarrolló un diagrama de bloques general del sistema, por último, se detalló cada bloque y cómo está constituido.

Circuito básico para un *locker*

Para este circuito básico fue importante saber los elementos a incluir dentro del *locker* para determinar cuáles van a ser entradas y salidas para el microcontrolador, en este caso, el circuito utiliza la placa de Arduino Uno basado en el microcontrolador ATmega328P. En la Figura 3.8 se muestra el diagrama de conexión para un solo *locker*.

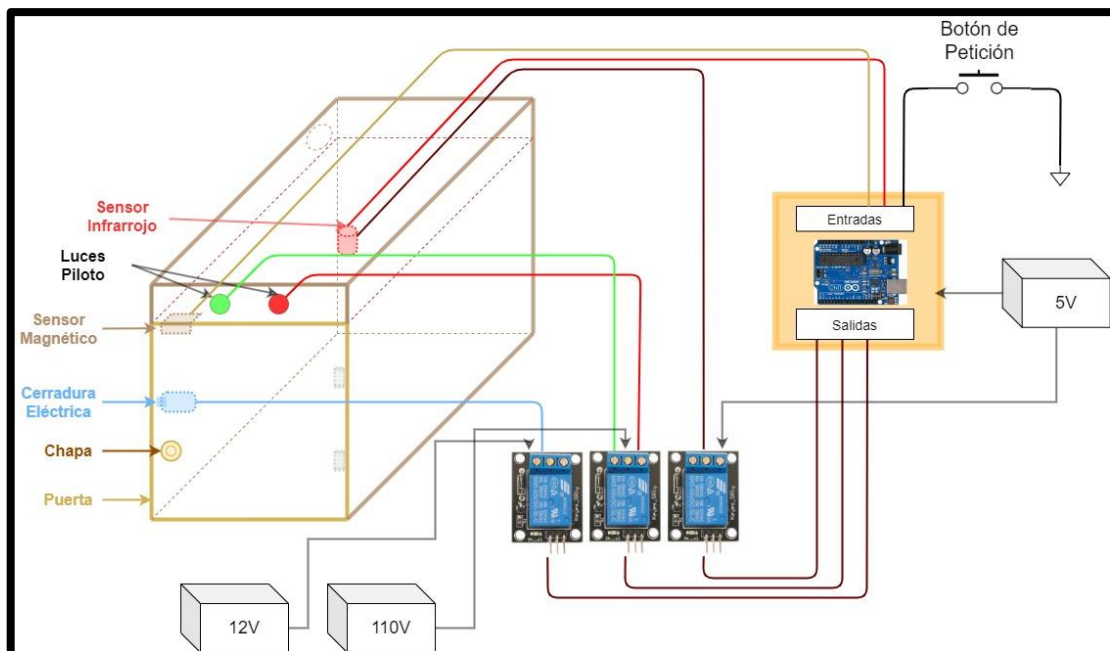


Figura 3.8 Diagrama de conexión entre los elementos de un *locker*

Para comprender el funcionamiento del circuito básico de un *locker* se seguirán los pasos de la Figura 3.9 que se detallan a continuación:

- Al iniciar el programa activa el relé de la alimentación del sensor infrarrojo lo que permite saber el estado del *locker* (vacío u ocupado) este dato se envía al microcontrolador y este envía una señal al relé de las luces piloto activando el rojo si está vacío y verde si está ocupado, por último, el sensor vuelve a estado apagado. Para este ejemplo el estado inicial será el *locker* vacío.
- Cuando el usuario procede seleccionar el *locker* en la interfaz gráfica, el microcontrolador detecta un cero lógico que interpreta y activa el relé de la cerradura para abrir la puerta. 1
- El usuario procede a abrir la puerta lo que ocasiona un cambio en el sensor magnético 2 que es leído por el microcontrolador que lo interpreta como puerta abierta, durante este estado el programa no seguirá hasta que el sensor magnético vuelva al estado inicial (puerta cerrada).
- Una vez el usuario introduzca el proyector dentro del *locker*, cierra la puerta 3, el programa continúa cerrando la cerradura 4 activando nuevamente la alimentación del sensor infrarrojo 5 durante unos segundos suficiente para que el microcontrolador lea los datos de presencia del proyector y presente el resultado por medio de las luces piloto encendiendo la luz verde 6.

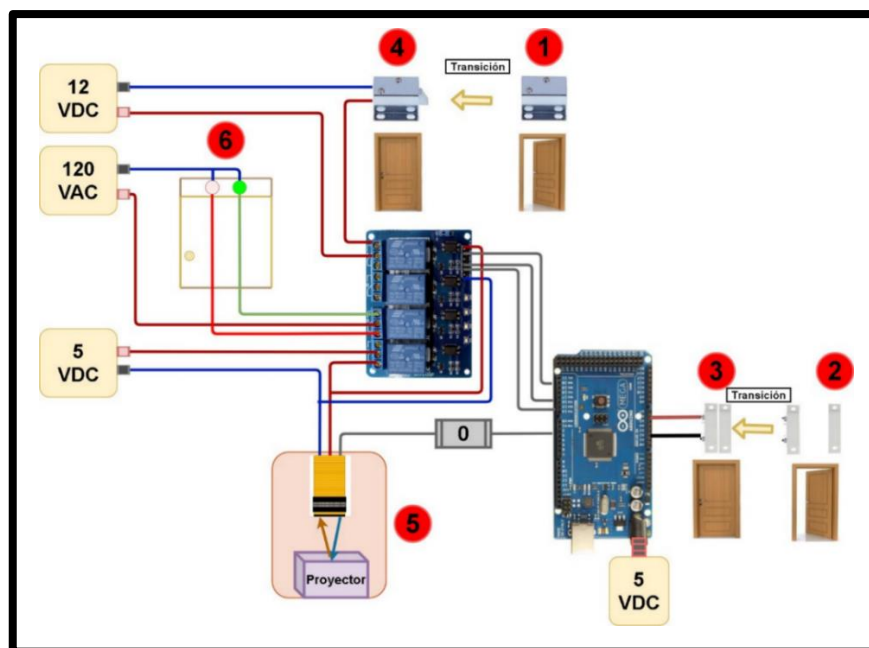


Figura 3.9 Funcionamiento del circuito básico de un *locker*.

Este es el proceso básico que realiza el sistema para todos los proyectores, ahora es importante conocer que cada *locker* tendrá tres entradas y tres salidas, de tal manera que para el sistema completo se multiplica por los 20 *lockers* dando un resultado de 120 E/S digitales que ninguna placa de Arduino los tiene, para solventar este problema se realizó un arreglo de Arduino que funciona en conjunto.

Diagrama de bloques del sistema de gestión de *Lockers*

Para formular un diagrama de bloques que represente al sistema se partirá del circuito básico para un proyector, en el cual se define 4 bloques principales mostrados en la Figura 3.10.

El bloque de alimentación hace referencia a todas las fuentes que utiliza el sistema para los diferentes elementos electrónicos: 5VDC, 12VDC Y 110VAC.

El bloque de control contiene las placas Arduino que se encuentran en configuración maestro-esclavo; reciben y envían los datos para controlar el sistema.

En el bloque de conmutación se encuentran los módulos de relés que abren o cierran el circuito según como se haya programado el Arduino.

El bloque común es una pequeña PCB que se encuentra en cada *locker* donde se conectan todos los elementos electrónicos pertenecientes al mismo *locker*.

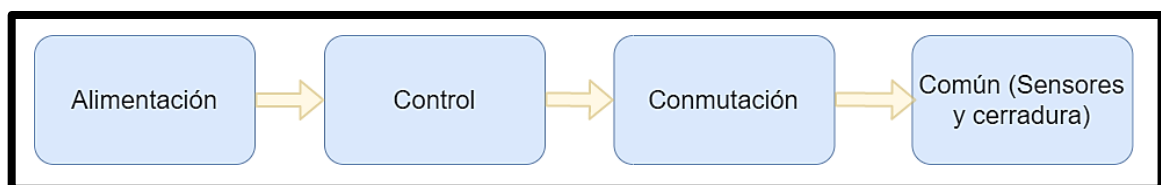


Figura 3.10 Diagrama de bloques del Sistema de Gestión de proyectores

A continuación, se detalla cada bloque y su función dentro del sistema.

- **Bloque de alimentación**

El bloque de alimentación está formado por todas las fuentes de alimentación necesarias para el funcionamiento del sistema de gestión de proyectores incluyendo elementos de protección ante posibles sobrecargas eléctricas, como se observa en la Figura 3.11.

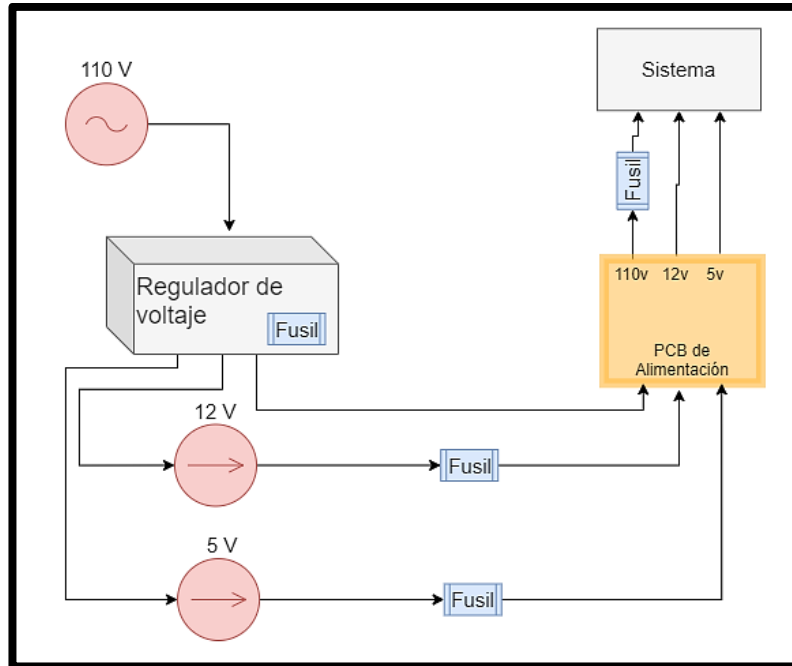


Figura 3.11 Bloque de alimentación.

Nuevamente se partió del circuito básico, se puede ver que hay tres fuentes de alimentación distintas de 5v, 12v y 110v esto se debe a que ciertos elementos utilizados en este proyecto requieren diferentes tensiones para su funcionamiento. Para facilitar el diseño de este bloque se decidió usar fuentes externas con estas tensiones y calcular la cantidad de corriente necesaria para cada una dependiendo de las cargas a las que se alimentaría. En la Figura 3.12 se muestra los elementos con su respectiva alimentación de voltaje.

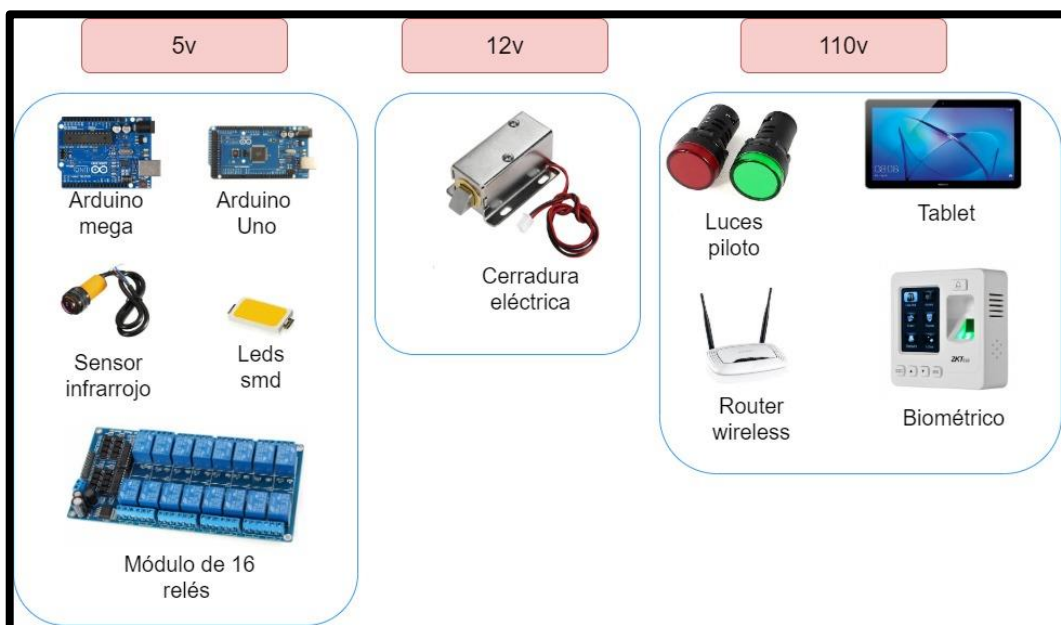


Figura 3.12 Elementos según su alimentación

Para determinar el valor total de corriente para las fuentes se revisaron los manuales de cada elemento para saber el consumo de corriente y cantidad de elementos que van a estar conectados. A continuación, se muestra el cálculo de corriente para cada fuente tomando en cuenta condiciones máximas (todos los elementos activos).

Fuente de 5 v

Una ventaja en la fuente externa de 5v es descartar del cálculo a los Arduino, módulos de relés y leds puesto se diseñaron para ser alimentados por medio del cable USB junto al Arduino. Para este cálculo solo se usan valores de corriente del sensor infrarrojo.

- **Elemento** = Sensor Infrarrojo E18-D80NK
- **Cantidad** = 20
- **Corriente de trabajo individual** = 20mA

$$C_{Total} = 20 * 20mA$$
$$C_{Total} = 400mA$$

Ecuación 3.1 Corriente total consumida para 5V.

A partir del cálculo en Ecuación 3.1, se concluye que el valor mínimo de la corriente entregada por la fuente debe ser 400mA y el valor del fusible de protección es de 500mA.

Hay que tomar en cuenta que estos valores de corriente consideran condiciones máximas de acuerdo con el diseño del sistema nunca se cumplirá esta situación, debido a que los sensores la mayor parte de tiempo permanecerán apagados y solo se activarán individualmente cuando se realiza una petición de un proyector, condición que ahorra energía y prolonga la vida útil de los sensores.

Para la elección del calibre del cable se toma en cuenta la corriente máxima suministrada por salida del Arduino que es 40mA y como se observa en el ANEXO VII el valor de calibre AWG próximo a este valor de corriente, es 35 AWG que soporta hasta 45mA, pero esta galga es demasiado fina para utilizar, por lo que, se decidió utilizar un calibre de mayor diámetro como el 24 AWG que se encuentra comúnmente en pares trenzados UTP, como se observa en la Figura 3.15 Bloque de ControlFigura 3.13.

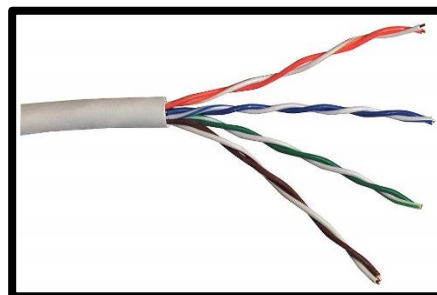


Figura 3.13 Cable UTP. [14]

En la Figura 3.14 se muestra el cable IDE de 24 hilos tipo bus, que fue utilizado para conectar los módulos relé con la placa de control; cuya galga de cada hilo de cobre es 30 AWG y soporta los 40mA máximos para E/S del Arduino. [15]



Figura 3.14 Cable IDE de 24 hilos. [15]

Fuente de 12 v

El cálculo para esta fuente es similar al caso anterior pues la cerradura eléctrica la mayor parte de tiempo permanece apagada y será activada solo cuando se realiza una petición, pero de igual manera se considera condiciones máximas para el cálculo de corriente.

- **Elemento** = cerradura eléctrica 12v DC
- **Cantidad** = 20
- **Corriente de trabajo individual** = 600mA

$$C_{Total} = 20 * 600mA$$

$$C_{Total} = 12A$$

Ecuación 3.2 Corriente total consumida para 12V.

Según la Ecuación 3.2, el consumo de corriente es exagerado, pero este no es el caso real que presenta el sistema ya que está diseñado para abrir solo una cerradura a la vez, esto se reduce a que la fuente solo necesita un mínimo de 600mA por lo que el fusible de protección se dimensionará al inmediato superior que es 1A. Ya que, si se emplea uno de 500mA, se fundirá constantemente antes de que la energía necesaria sea distribuida. En cambio, uno mucho mayor puede sobrecargar al dispositivo.

Para la elección del cable utilizaremos la corriente de trabajo individual de la cerradura ya que un hilo solo proveerá de energía a un solo dispositivo, si buscamos en la tabla de calibres AWG (Véase el ANEXO VII) obtendremos que la galga es 23 AWG que es común en el par trenzado UTP cat 6 por lo que se utilizó los hilos de cobre individuales para estas conexiones.

Fuente de 110 v

En la Figura 3.11 se observa el uso de un regulador de voltaje con su propio fusible para evitar picos de voltaje, ésta alimenta a todo el sistema incluyendo a las otras fuentes de voltaje y a dispositivos del sistema como *tablet*, biométrico y *router*. Se usará otra línea para alimentar las luces piloto con su propio fusible esto para tener mayor protección, puesto que las luces piloto siempre estarán activas una por cada casillero. A continuación, en la Ecuación 3.3 se calculará el valor del fusible para las luces piloto.

- **Elemento** = AD16-22D / S
- **Cantidad** = 20 rojas y 20 verdes
- **Corriente de trabajo individual** = 20mA
- **Corriente total de líneas de Tx**= 100mA

$$C_{Total} = (20 * 20mA) + 100mA$$
$$C_{Total} = 500mA$$

Ecuación 3.3 Corriente total consumida para 110V.

Por lo tanto, el fusible se lo dimensionará a 1A.

El cálculo del calibre cable se realizó sumando la corriente de operación de todos los dispositivos que utilizan 110V, como se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Dispositivos que trabajan a 110v.

Dispositivo	Corriente
Biométrico ZKTeko	2.5A
Router TPLink	0.5A
Tablet	0,2A
Luces Piloto	0.5A
Total	3.7 A

Por lo tanto, utilizando el ANEXO VII tenemos que el calibre del cable óptimo es 16 AWG.

• Bloque de Control

El bloque de control está constituido principalmente de un arreglo de Arduinos que trabajan por medio de comunicación I2C y de forma maestro-esclavo. La placa Arduino Uno trabaja como maestro que sirve de enlace mediante una comunicación bidireccional con el servidor que contiene a la plataforma *web* del sistema y dos Arduinos Mega como esclavos encargados de activar/desactivar los sensores, cerraduras y conmutar las luces piloto.

Basándose en el circuito básico, al expandirlo a todos los *lockers* se presentó un problema ya que las E/S digitales de un Arduino Uno no cubrían la necesidad de todo el sistema, por

esa razón se seleccionó al Arduino Mega con cantidad de 54 E/S digitales y 16 entradas analógicas que se las puede usar como digitales por medio de código. De esta manera con dos placas Arduino Mega se cubrieron los requerimientos de E/S digitales del sistema, además, los pines necesarios para comunicación, LEDs indicadores y botones son asignados al Arduino Uno.

Se utilizó un Arduino Uno con menor cantidad de E/S que permite organizar de mejor manera otras tareas como la comunicación externa con el servidor y la comunicación interna entre Arduino, manejar LEDs para indicar tareas que se estaban realizando y por último proveer de energía a los Arduino esclavo por medio del USB. En la Figura 3.15 se muestra un esquema del bloque de control.

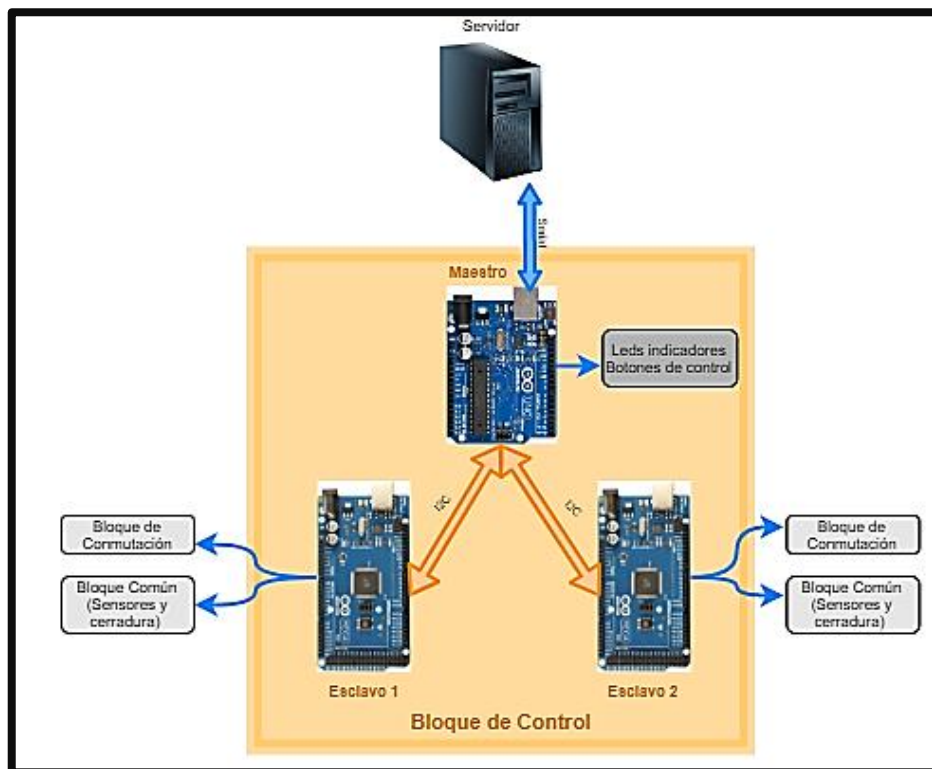


Figura 3.15 Bloque de Control

- **Bloque de Conmutación**

El bloque de conmutación está constituido por todos los relés del sistema que conmutan abriendo o cerrando circuitos según las órdenes programadas desde los Arduino.

Basándose en el circuito básico se requiere 3 relés por cada *locker* esto da un total de 60 relés, para esto se utiliza 4 módulos de 16 relés cada uno, de esta manera se logra distribuir un módulo para 5 *lockers*. La Figura 3.16 muestra el bloque de Conmutación.

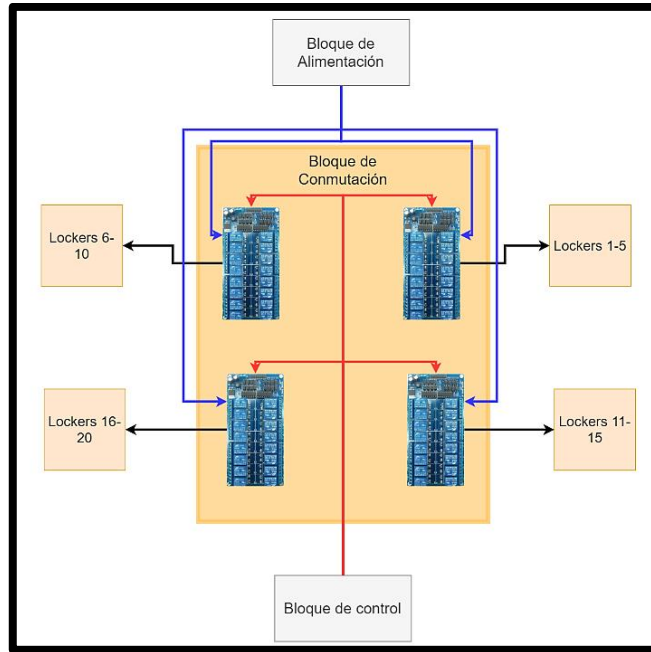


Figura 3.16 Bloque de Conmutación

- **Bloque Común (sensores y cerradura)**

Este bloque está conformado por todos los elementos electrónicos de cada *locker* e incluye un lugar único de conexión con los bloques de control y conmutación. Como en cada descripción se parte de los elementos utilizados en el circuito básico de un *locker*, en la Figura 3.8 se observa que estos elementos que conforman el bloque son luces piloto, sensor infrarrojo, sensor magnético y cerradura, a esto se le incluye una PCB de conexión que funciona de enlace con los demás bloques y facilitará su instalación.

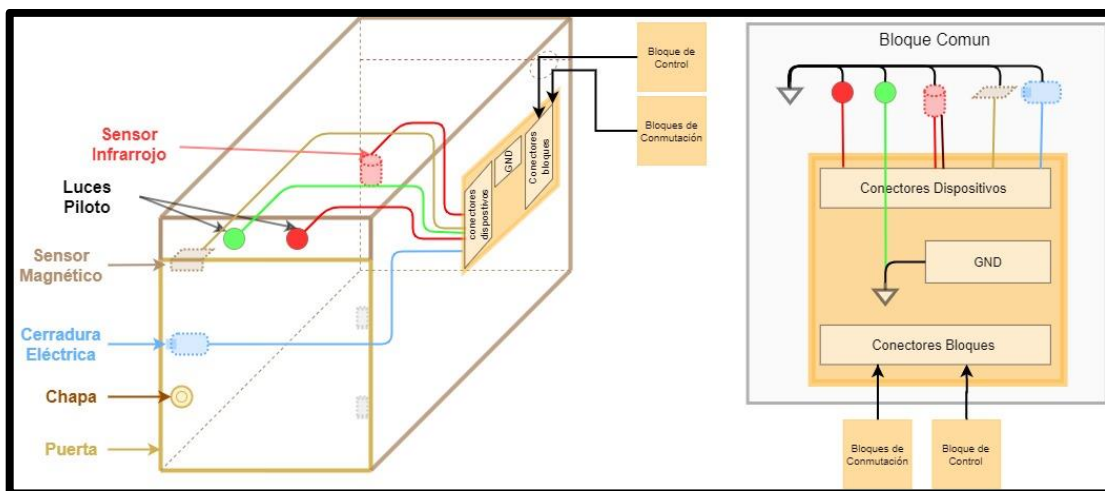


Figura 3.17 Bloque Común

En la Figura 3.17 se muestra los elementos que se conectan a la PCB del bloque común.

Y su distribución dentro del *locker*, cabe recalcar que toda la PCB y cableado está dentro de un doble fondo de la estructura y no es visible al usuario.

3.3 Esquematización de la estructura física.

Para diseñar la estructura del sistema de gestión de proyectores primero se hizo el diseño de un *locker* y posteriormente se clonó este diseño 19 veces.

En el *locker* debe entrar un proyector con su respectivo maletín y además tener espacio para los diferentes dispositivos electrónicos y cableado, por lo tanto, se tomaron medidas de las dimensiones del proyector dentro del maletín y se añadió 5 centímetros de holgura en largo, ancho y profundidad. Además, se incluyó un trasfondo superior para poner las luces piloto, el sensor magnético, el sensor infrarrojo y ocultar el cableado; como se observa en la Figura 3.18.

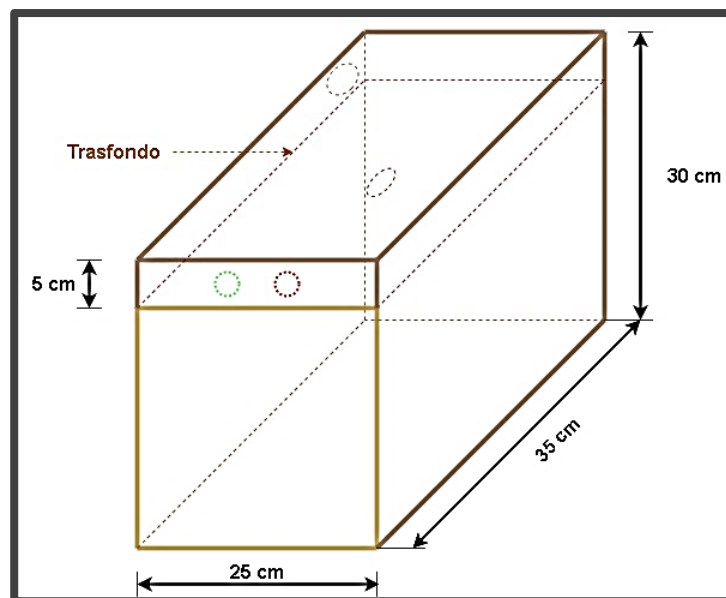


Figura 3.18 Dimensiones de un *locker*.

Posteriormente se eligió la ubicación de los diferentes sensores y demás dispositivos electrónicos de acuerdo con la Figura 3.19.

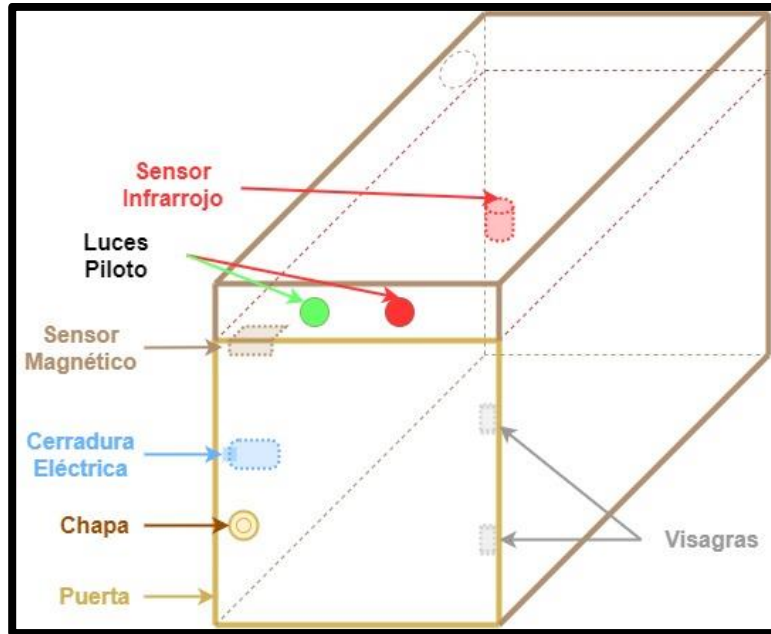


Figura 3.19 Ubicación de los componentes electrónicos de un *locker*.

Debido a la cantidad de cableado en la estructura proveniente de cada *locker* se diseñó un espacio central como se observa en la Figura 3.20, por lo que cada *locker* tiene un agujero en su lateral para pasar el cableado hasta dicho espacio.

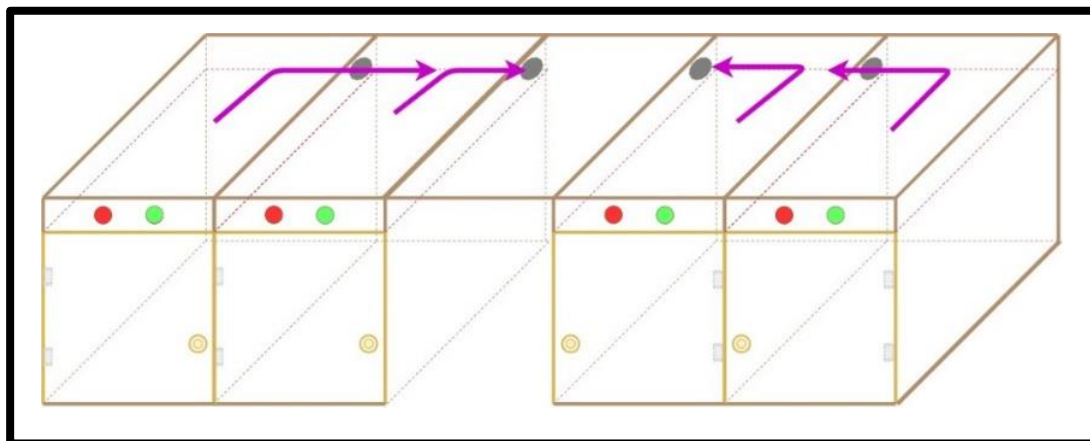


Figura 3.20 Dirección del cableado de cada *locker*.

La parte central del sistema es donde se ubican las placas de control general Arduino, las placas de relés, fuentes de alimentación, el peinado del cable y además se empotra la *tablet* y el biométrico de huella dactilar como se puede apreciar en la Figura 3.21.

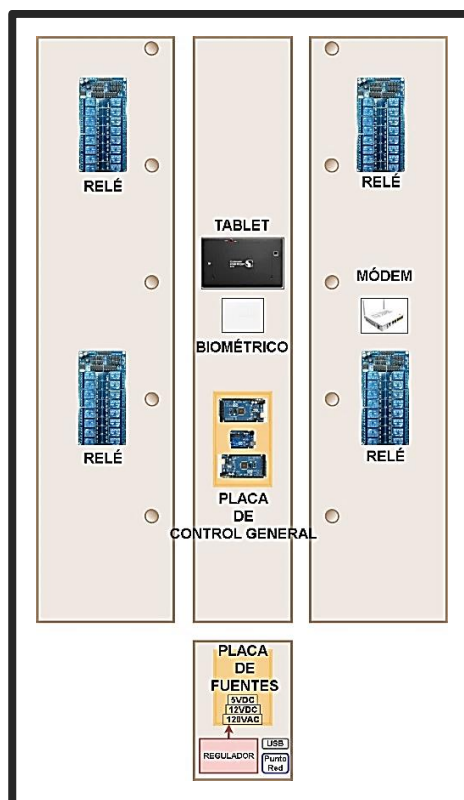


Figura 3.21 Vista interna de la parte central de la estructura y la disposición de los elementos de las PCB.

En la Figura 3.22 se muestra una vista isométrica del diseño final de la estructura del sistema de gestión de proyectores, además, la ubicación de los elementos electrónicos de los *lockers* según su columna.

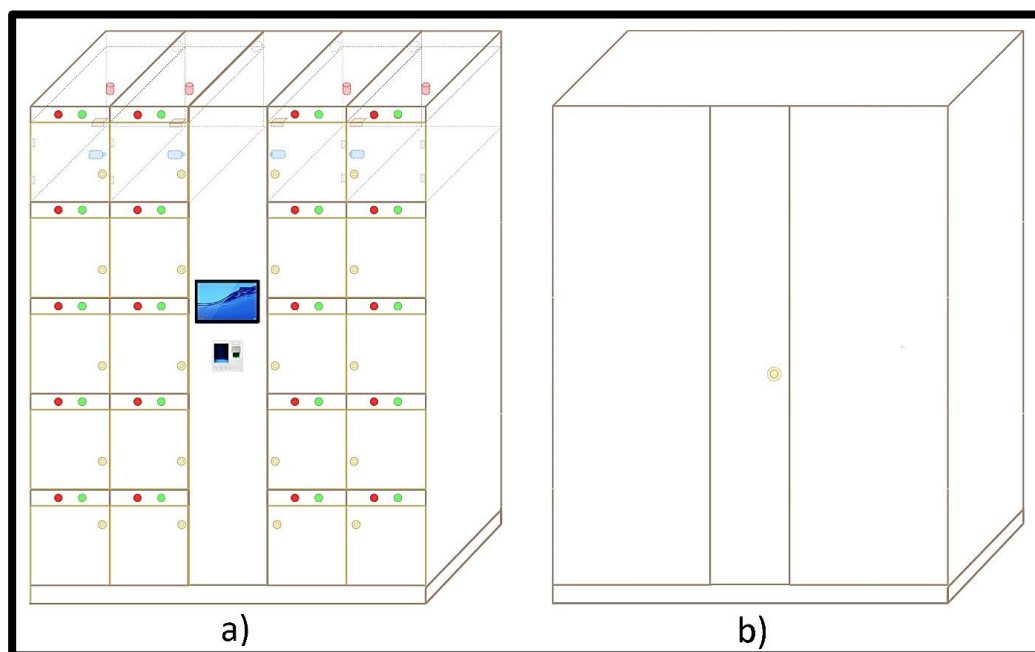


Figura 3.22 Estructura del sistema de gestión de proyectores a) Frontal. b) Posterior.

3.4 Diseño de las PCBs del sistema.

Una vez realizado el diseño del sistema se plasmarán los bloques en placas electrónicas tomando en cuenta los elementos, ubicación y el número de conexiones entre elementos para saber si la placa será de una o dos capas. En esta sección se mostrarán bloque por bloque las placas electrónicas diseñadas en el *software* Proteus.

PCB Bloque de alimentación

Se realizó una placa de 10cm x 10cm con el objetivo de tener punto de conexión de entrada para todas las fuentes y puntos de conexión hacia los demás bloques del sistema. En la Figura 3.23 se muestra cómo está distribuida la placa de alimentación.

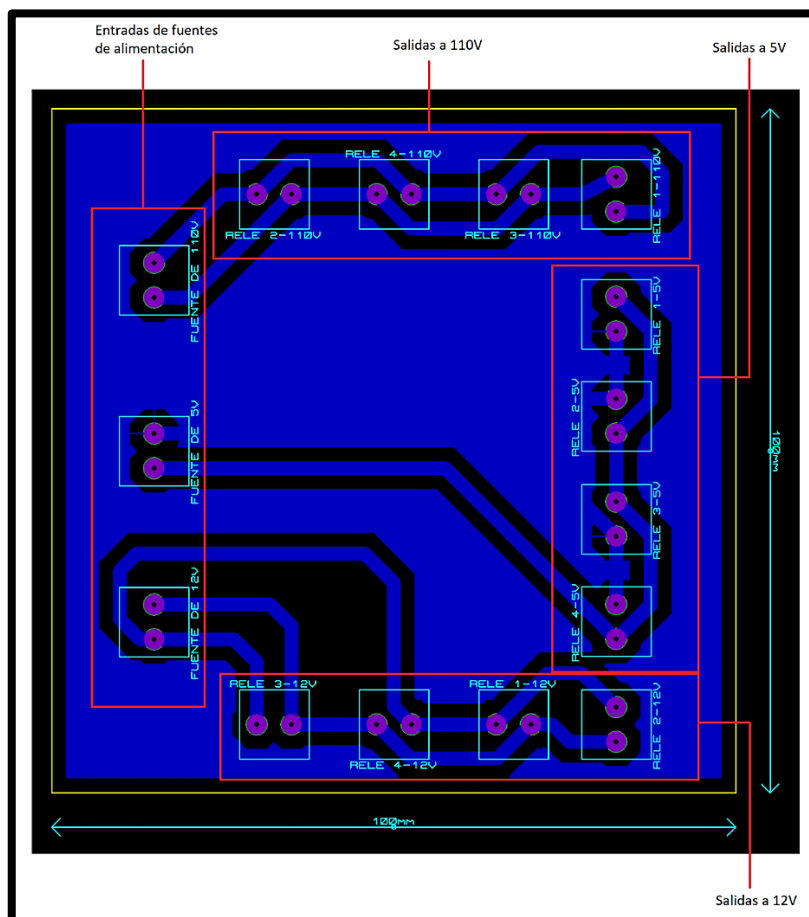


Figura 3.23 Placa de alimentación.

La placa está formada por dos partes, la primera conformada por 3 borneras de entrada de alimentación y otras 12 borneras que serán las salidas de los respectivos voltajes para

energizar los bloques del sistema. Para el diseño se usó un tamaño de pista estándar de 80Th que son aproximadamente 2mm y para los círculos de conexión se tomó el tamaño de los pines de las borneras, la medida se muestra en la Figura 3.24.

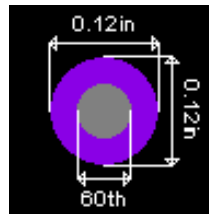


Figura 3.24 Pad circular de una bornera

PCB Bloque de Control

Esta placa será la que alberga a todos los Arduino del sistema y contiene todos los pines de entradas y salidas para controlar al bloque de conmutación y común de cada *locker*. El tamaño de esta placa electrónica es de 13cm x 24cm y debido a la cantidad de E/S se realizó en dos capas a continuación en la Figura 3.25 se muestra como está formada la placa.

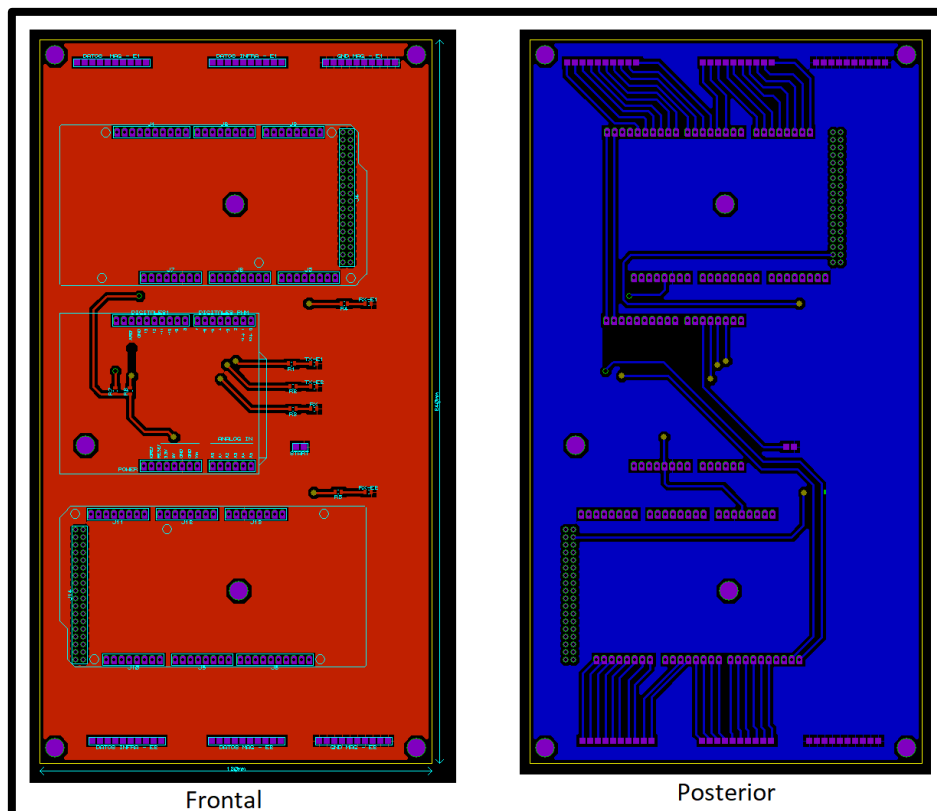


Figura 3.25 Capas de placa de Control.

En la capa frontal se coloca los Arduino mediante filas de conectores tipo hembra que conectan los pines del Arduino con los conectores para los bloques respectivos, además, en esta capa están colocados LEDs indicadores y el botón de inicio del sistema tipo SMD. En la Figura 3.26 se muestra las partes de la placa de control.

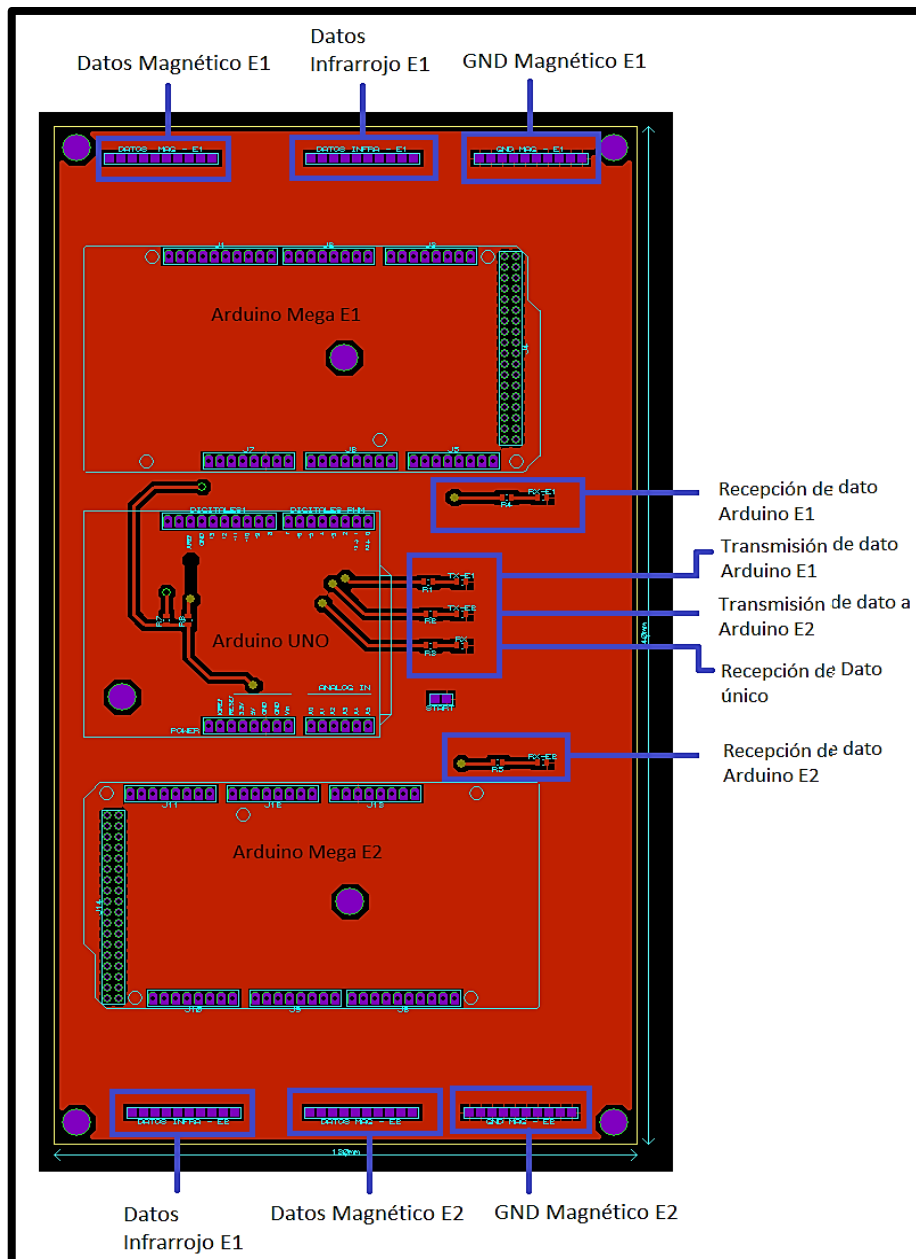


Figura 3.26 Partes de la placa de Control.

Para el grosor de las pistas se utilizó 30Th (0.76mm) y las dimensiones circulares de conexión se muestra en la Figura 3.27.

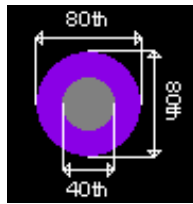


Figura 3.27 Pad Circular Conector Hembra.

PCB Bloque de Conmutación

El bloque está compuesto principalmente por módulos de relés que tienen borneras que facilita su conexión con otros bloques, para mejor organización de las salidas del bloque se realizó un módulo en acrílico con borneras organizadas de forma que estén alineadas a las conexiones con otros módulos. En la Figura 3.28 se muestra de forma detallada cómo está conformado el módulo.

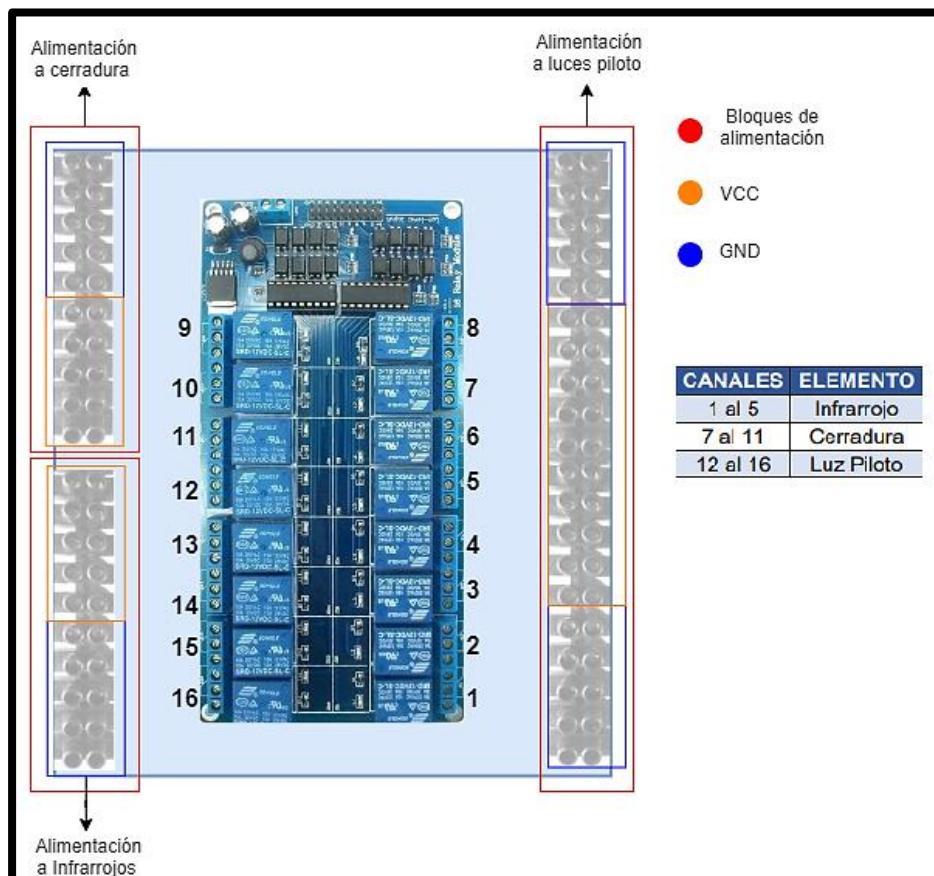


Figura 3.28 Módulo de conmutación

Este modelo puede controlar los elementos de 5 *lockers* por lo cual se necesitó de 4 módulos para cubrir todos los *lockers*, como se observa en la Figura 3.29.

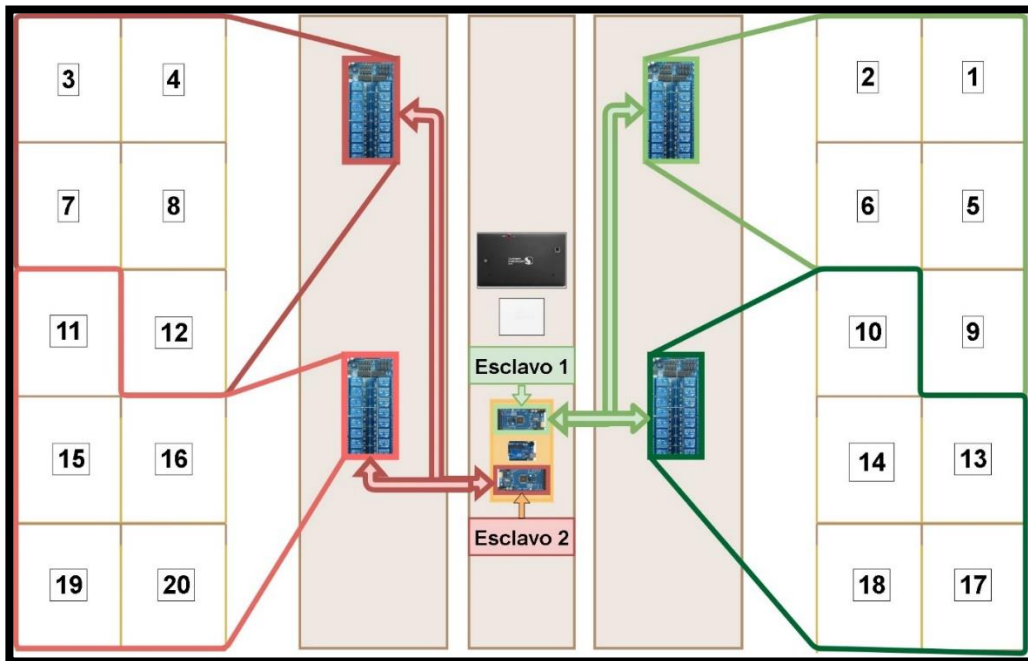


Figura 3.29 Asignación de módulos relé y *lockers* que controla el Esclavo 1 y Esclavo 2

Para conectar los canales de los relés a las borneras se utilizó cable UTP y para las luces piloto que se alimentan con 110V, se optó por trabajar con 3 colores de cable 16 AWG, los cuales sirven para distinguir los puntos de conexión, donde se tiene:

- Verde → Neutro
- Blanco → Fase
- Negro → Puentes

Los canales específicos que se utilizaron para conectar los infrarrojos, cerraduras y luces piloto se los representa en el ANEXO I y ANEXO II.

PCB Bloque Común (sensores y cerradura)

La PCB diseñada para este bloque tiene el objetivo de unir los elementos que conforman el casillero (luces piloto, cerradura, magnético e infrarrojo) con los bloques correspondientes y tener una placa única de conexión. El tamaño de la PCB es de 3050Th (7.74cm) x 1700Th (4.31cm). En la Figura 3.30 se muestra la configuración de la PCB.

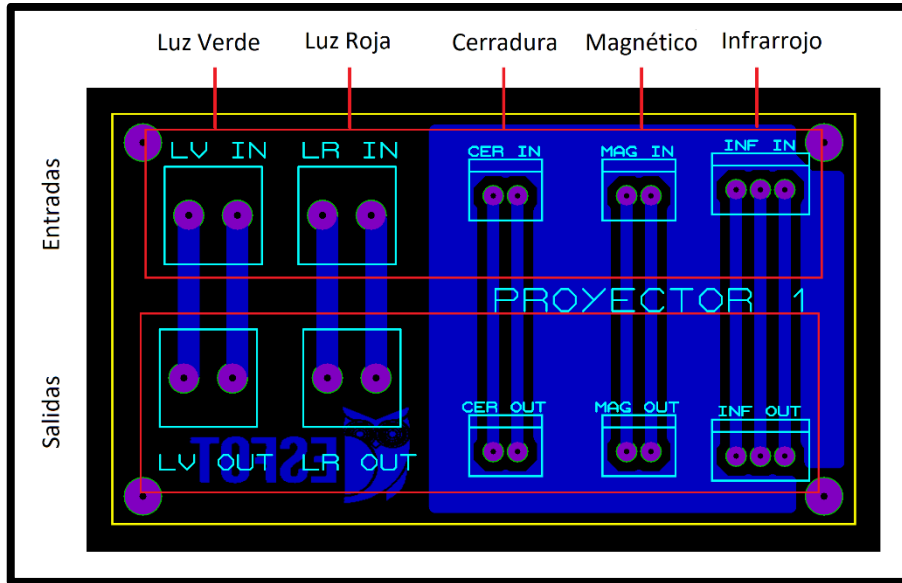
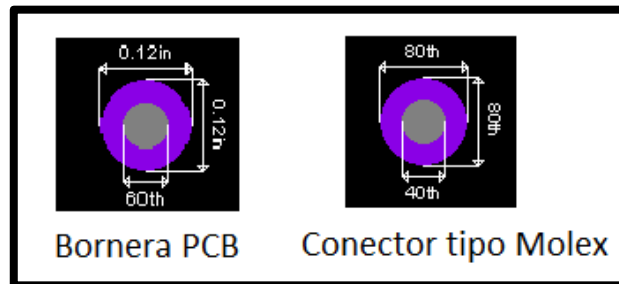


Figura 3.30 Placa del Bloque común

Para las conexiones de las luces piloto se utilizó borneras tipo PCB y conectores tipo *molex* para los demás elementos. El tamaño de pistas es diferente en ambos casos debido al tipo de alimentación, las luces piloto utilizan una pista de 2.28mm y los elementos de 5V y 12V de 1.27mm. Las dimensiones de los orificios para los conectores se muestran en la Figura 3.31.



Bornera PCB

Conector tipo Molex

Figura 3.31 Orificios de los conectores.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El diseño de un sistema automatizado de *lockers* ayuda a optimizar los recursos de la institución puesto que el proceso de gestión de proyectores ya no es de forma manual evitando una persona dedicada a esta actividad. El docente por su parte tiene un acceso fácil e información que ayude a seleccionar proyectores evitando contratiempos en sus clases.
- El sistema está diseñado a la medida de las necesidades de la ESFOT, pero tiene potencial para cualquier actividad empresarial que requiera un sistema automático de *lockers* para sus actividades organizacionales, cambiando el modelo manual y progresando a un modelo automático mediante la aplicación tecnológica.
- El diseño del sistema de gestión de proyectores cumple con los requerimientos de los docentes porque se basó en registro, selección y entrega de los proyectores, sobre todo, la seguridad mediante la verificación de identidad por huella digital para que solo los docentes y un administrador puedan acceder al sistema.
- La elección de los componentes electrónicos se realizó en base a la prestación de las características técnicas que se ajustaron mejor al diseño del sistema para una automatización mucho más eficiente. De la misma manera, el diseño de la estructura del sistema está distribuida para una mejor administración de los proyectores y *kits* de laboratorio.
- El diseño de la placa de control general y la elección de un microcontrolador Arduino Uno y dos microcontroladores Arduino Mega en configuración Maestro-Eslavo respectivamente, se la realizó de acuerdo con las necesidades del proyecto. Arduino Uno para la asignación de *lockers* y la comunicación serial; Arduino Mega para abastecer entradas y salidas digitales de todos los sensores y demás elementos electrónicos.
- Para el diseño de las PCB se tomó en cuenta su posterior implementación optando por un diseño a una capa, a excepción de la placa de control general que su diseño

es a dos capas debido a la utilización de pulsadores, resistencias y LED tipo SMD.

- Las dimensiones de los *lockers* tienen como referencia el tamaño de los proyectores dentro de sus maletines con 5 cm de holgura; un trasfondo que oculta el cableado proveniente de los sensores y elementos electrónicos del *locker*.
- La estructura tiene un diseño centralizado para la caída del cableado de los *lockers*, el lugar donde se empotra la *tablet* y el biométrico de huella dactilar; teniendo en cuenta la estética y la mejor administración de los *lockers*.
- El proyecto tiene como elemento principal a la placa de Arduino en sus modelos Mega y Uno que, por su sencillez, entorno de desarrollo y bajo costo son perfectos para diseños con múltiples tareas. La facilidad de programación además del ahorro de elementos electrónicos hizo que sea el controlador perfecto para el sistema de gestión de *lockers*.
- Los sensores infrarrojos y magnéticos utilizados permiten que el sistema tenga una mayor autonomía. Teniendo estas variables de información sobre el estado del *locker* y el estado de puertas, el microcontrolador tiene mayor control para que mediante programación se realicen tareas cuando se obtengan diferentes valores y esto se lo refleja al usuario en la interfaz gráfica.
- La utilización de módulos relé diseñados para Arduino facilita la operación de accionar diferentes elementos del sistema como cerraduras, activación de infrarrojo y luces piloto debido a que solo se debe enviar señales altas o bajas con un pin digital del microcontrolador para accionar el relé.

4.2 Recomendaciones

- Debido a la gran cantidad de elementos electrónicos y para dar una noción general se recomienda observar el mapa del cableado en el **ANEXO III**.
- En caso de mantenimiento de circuitería en las placas de microcontroladores se deberá consultar los **ANEXOS IV y V** que muestra los pines del Arduino con su respectivo elemento.

- Se recomienda revisar el **ANEXO VIII** para registrar nuevos usuarios o administradores en el sistema.
- En caso de perder conexión entre el servidor y el sistema o exista pérdida de energía eléctrica se deberá desconectar la alimentación del sistema y seguir los pasos descritos en el manual de usuario para iniciar el sistema (**ANEXO VIII paso 1**).
- El material de la estructura es madera, por esto se recomienda no colocar en un área húmeda o exista la presencia de fluidos debido que la madera se puede malograr.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Perú Retail,» 26 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.peru-retail.com/smart-locker-los-lockers-inteligentes-que-brindan-soluciones-en-el-e-commerce/>. [Último acceso: 3 Febrero 2020].
- [2] «Korporate Technologies Group,» 4 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://grupokorporate.com/como-reducir-el-uso-del-papel-en-su-oficina/>. [Último acceso: 1 Febrero 2019].
- [3] C. T. Borja y Á. G. Bueno, «Universidad de Castilla-La Mancha,» 8 Enero 2008. [En línea]. Available: https://www.dsi.uclm.es/personal/MiguelFGraciani/mikicurri/Docencia/Bioinformatica/web_BIO/Documentacion/Trabajos/Biometria/Trabajo%20Biometria.pdf.
- [4] ZKTECO, [En línea]. Available: https://www.zkteco.com/en/product_detail/SF300.html. [Último acceso: 10 Enero 2020].
- [5] «MaxElectrónica,» [En línea]. Available: <https://maxelectronica.cl/reles-electromecanicos/548-mini-cerradura-electrica-solenoid-magnetica-12vdc.html>. [Último acceso: 12 Marzo 2020].
- [6] BELCHIP Sensor Magnetic Switch MC-38, [En línea]. Available: <https://belchip.by/sitedocs/31153.pdf>. [Último acceso: 10 Enero 2020].
- [7] «Infaimon,» 12 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://blog.infaimon.com/detector-infrarrojo-funcionamiento-aplicaciones/>. [Último acceso: 4 Mayo 2020].
- [8] 61MCU E18-D80NK Datasheet, [En línea]. Available: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/1311837/ETC/E18-D80NK-N/1>.
- [9] «CETRONIC,» 21 Junio 2012. [En línea]. Available: <https://cetroniconline.blogspot.com/2012/06/modulos-arduino.html>. [Último acceso: 12 Marzo 2020].
- [10] MANTECH Arduino Mega, [En línea]. Available: <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>. [Último acceso: 10 Enero 2020].
- [11] components101 Arduino uno, [En línea]. Available: <https://components101.com/microcontrollers/arduino-uno>.
- [12] «Taller Arduino,» 08 Octubre 2012. [En línea]. Available: <https://tallerarduino.com/2012/10/08/modulo-de-reles/>. [Último acceso: 12 Marzo 2020].
- [13] RS Pro Pilot Lights, [En línea]. Available: <https://docs.rs-online.com/4e6c/0900766b81620c6f.pdf>. [Último acceso: 10 Enero 2020].

- [14] «3M,» [En línea]. Available: <https://multimedia.3m.com/mws/media/715611O/cable-categoria-5e.pdf>.
- [15] «Universidad Politécnica de Catalunya,» 2004. [En línea]. Available: <http://people.ac.upc.es/cruz/docs/p3-BusesDisco.pdf>. [Último acceso: Abril 2020].
- [16] AV Electronics Modulo rele 16, [En línea]. Available: <https://avelectronics.cc/producto/modulo-rele-16-canales/>. [Último acceso: 10 Enero 2020].
- [17] PROVANTAGE HYUNDAI.TEC TABLET, [En línea]. Available: <https://www.provantage.com/hyundai-technology-ht1004x16b~7HYDI040.htm>. [Último acceso: 20 Febrero 2020].
- [18] TP LINK WIFI ROUTER TL-WR741ND, [En línea]. Available: <https://www.tp-link.com/us/home-networking/wifi-router/tl-wr741nd/#specifications>. [Último acceso: 20 Febrero 2020].