

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE ACCESO EN LAS AULAS**

**13, 18, 19 y 21 DE LA ESFOT**

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

**JONATHAN PROCARDO ESCOBAR DONOSO**

**jonathan.escobar01@epn.edu.ec**

**DARWIN SEGUNDO YATA VIRACOCHA**

**darwin.yata@epn.edu.ec**

**DIRECTORA: ING. FANNY FLORES ESTÉVEZ, MSc.**

**fanny.flores@epn.edu.ec**

**CODIRECTOR: ING. FERNANDO FLORES CIFUENTES, MSc.**

**fernando.flores@epn.edu.ec**

**Quito, Febrero 2020**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Jonathan Procardo Escobar Donoso y Darwin Segundo Yata Viracocha, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he 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 titulares de la obra en mención y 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".

---

Jonathan Procardo Escobar Donoso

---

Darwin Segundo Yata Viracocha

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Jonathan Procardo Escobar Donoso y Darwin Segundo Yata Viracocha, bajo nuestra supervisión.

---

Ing. Fanny Flores Estévez, MSc.

**DIRECTORA DEL PROYECTO**

---

Ing. Fernando Flores Cifuentes, MSc.

**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

## DEDICATORIA

Terminar este proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo de mi familia presente y por cada ser que me hace falta, donde cada uno de ellos aportó hacia mi con una gota de sabiduría durante todo el recorrido de mi vida y carrera. Además, de demostrar que no importa el tiempo que me demore todo es posible con actitud, esfuerzo y el apoyo incondicional de todos. Y por eso, también quiero agregar que existen demasiadas personas para nombrar, conocidos, amigos pasajeros y presentes, vecinos, etc. Que aportaron con demasiado o poco; pero por eso y más.

¡Que nadie se quede afuera, se lo dedico a todos!

**Jonathan**

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este y los que vendrán. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis metas.

Gracias madre y padre.

**Darwin**

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo reconocer un sincero agradecimiento, en primer lugar a Dios por la salud, fortaleza y capacidad durante todos los días que he tenido de mi vida y carrera; también quiero entregar un extenso reconocimiento a todos los profesores de mi educación, quienes me han dado las pautas para mi formación profesional. Especialmente, a la Ing. Fanny Flores quien me brindó una enorme oportunidad para demostrar las capacidades y habilidades para llegar hasta aquí y culminar el presente proyecto. Gracias por su confianza, tiempo y sabiduría.

Al Ing. Fernando Flores codirector y a todos los involucrados por su tiempo y dedicación para el cumplimiento del proyecto.

Y por último quiero agradecer a toda mi familia Galo, Mercedes, Karol, Kevin y Nayeli; mis padres hermanos con los que tuve un apoyo incondicional, grandes enseñanzas y grandes momentos. Además, quiero agradecer a mi abuela María Luzmila Arteaga quien fue un ser increíble de gran entusiasmo y perseverancia. En su vida me brindó un enorme amor, apoyo, ternura y crianza; que atesoro todos los días de mi vida.

Por todo lo anterior y mucho más, que no se llega a expresar. ¡Gracias!

**Jonathan**

A mi madre Blanca por darme su apoyo en todo momento de mi vida para hacerme una persona responsable y motivarme a seguir formándome profesionalmente.

A mis amigos Cristian, Luis, pero especialmente a Diego, Sebastián y Soraya por tomarme en cuenta para ser integrante del proyecto y compartir gratas experiencias a lo largo del mismo y durante el tiempo que estuvimos estudiando.

A la Ing. Fanny Flores, MSc. por sus enseñanzas, disposición y vocación para guiarme a la elaboración de este proyecto.

**Darwin**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>2</b>
AUTOMATIZACIÓN.....	2
ARDUINO MEGA 2560.....	2
<i>SHIELD ETHERNET WIZNET W5100</i> .....	3
MÓDULO RELÉ.....	5
SENSOR MAGNÉTICO.....	6
FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA.....	7
REGULADOR REDUCTOR DC DE 12V A 5V.....	8
BIOMETRÍA.....	8
BIOMÉTRICO ZKTeco SF300.....	9
ENROLADOR ZK4500.....	10
<i>SOFTWARE ZKACCESS 3.5 SECURITY SYSTEM</i> .....	10
MODELO CLIENTE SERVIDOR.....	10
TCP/IP.....	11
TOPOLOGÍA DE RED APLICADA AL PROYECTO.....	11
TECNOLOGÍA DE RED ETHERNET.....	12
CABLEADO ESTRUCTURADO.....	12
CABLE UTP CAT. 5E.....	14
<i>SWITCH</i> .....	14
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>15</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1. ANÁLISIS Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....</b>	<b>17</b>
Elementos, dispositivos y equipos requeridos.....	18
Sistemas biométricos de huellas dactilares óptimos para el control de acceso.....	19
<b>3.2. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA.....</b>	<b>20</b>

Esquema de comunicación .....	20
Ubicación y distribución de los equipos, tableros y dispositivos .....	22
Distancias y recorrido del cableado de datos .....	23
<b>3.3. DIMENSIONAMIENTO DEL CABLEADO .....</b>	<b>23</b>
Plano de conductos del cableado de red y ubicación de gabinetes.....	24
Plano del cableado de red .....	26
Plano de conductos del cableado de sensores .....	29
Plano de cableado y ubicación de sensores .....	31
<b>3.4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN .....</b>	<b>33</b>
Asignación de pines de la tarjeta Arduino Mega .....	33
Conexión de la tarjeta Arduino Mega y dispositivos en el tablero de control .....	35
Diagrama de flujo del código.....	38
Código de la tarjeta Arduino Mega.....	40
<b>3.5. TARJETA ELECTRÓNICA PARA LA CERRADURA ELÉCTRICA .....</b>	<b>44</b>
<b>3.6. DISEÑO DEL TABLERO DE TELECOMUNICACIONES .....</b>	<b>50</b>
<b>3.7. IMPLEMENTACIÓN DEL CABLEADO, DISPOSITIVOS Y EQUIPOS .....</b>	<b>50</b>
Instalación de gabinetes metálicos .....	50
Instalación del cableado estructurado .....	51
Instalación de la tarjeta electrónica .....	55
Instalación y conexión de cerradura eléctrica y biométricos.....	55
Instalación y conexión de sensores magnéticos .....	58
<b>3.8. CONFIGURACIÓN DE EQUIPO BIOMÉTRICO Y SOFTWARE .....</b>	<b>59</b>
Configuración de dirección IP en biométrico SF300.....	59
Configuración del <i>software</i> ZKAccess 3.5 <i>Security System</i> .....	60
<b>3.9. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS .....</b>	<b>64</b>
Respuesta de los tableros a cortes de energía .....	64
Accionamiento del tablero de control .....	68
Apertura de puertas con el biométrico .....	75
Restricción de acceso a las aulas .....	76
<b>3.10. PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....</b>	<b>77</b>
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>78</b>
<b>4.1. CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>4.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>
<b>6. ANEXOS.....</b>	<b>1</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Arduino Mega 2560.....	2
<b>Figura 1.2:</b> <i>Shield Ethernet</i> Wiznet W5100 .....	4
<b>Figura 1.3:</b> Módulo relé de 8 canales .....	5
<b>Figura 1.4:</b> Diagrama de conexión de un canal del módulo relé.....	6
<b>Figura 1.5:</b> Fuente de alimentación conmutada .....	7
<b>Figura 1.6:</b> Diagrama de aplicación del equipo .....	9
<b>Figura 1.7:</b> Enrolador ZK4500.....	10
<b>Figura 1.8:</b> Proceso de solicitud y respuesta.....	10
<b>Figura 1.9:</b> Topología en forma de estrella.....	11
<b>Figura 1.10:</b> Terminación RJ-45 en T568A y T568B .....	13
<b>Figura 1.11:</b> Cable UTP cat. 5e.....	14
<b>Figura 1.12:</b> <i>Switch</i> DLINK 8 puertos 10/100 Mbps.....	14
<b>Figura 3.1:</b> Diagrama de implementación del proyecto .....	17
<b>Figura 3.2:</b> Topología física.....	20
<b>Figura 3.3:</b> Topología lógica.....	21
<b>Figura 3.4:</b> Gabinetes del aula 18 .....	22
<b>Figura 3.5:</b> Ubicación de biométricos .....	22
<b>Figura 3.6:</b> Ubicación de los sensores .....	23
<b>Figura 3.7:</b> Plano de conductos del cable de red y ubicación de gabinetes.....	25
<b>Figura 3.8:</b> Plano del cableado de red .....	27
<b>Figura 3.9:</b> Plano de conductos del cableado de sensores .....	30
<b>Figura 3.10:</b> Plano de cableado y ubicación de sensores .....	32
<b>Figura 3.11:</b> Control del sistema de automatización.....	33
<b>Figura 3.12:</b> Distribución de pines del Arduino.....	33
<b>Figura 3.13:</b> Conexiones realizadas de la tarjeta Arduino Mega .....	36
<b>Figura 3.14:</b> Instalación de reguladores reductores .....	36
<b>Figura 3.15:</b> Conexión de los módulos relé.....	37
<b>Figura 3.16:</b> Conexión de los terminales del relé para el sensado de luminarias .....	37
<b>Figura 3.17:</b> Tablero de control.....	38
<b>Figura 3.18:</b> Diagrama de flujo del código del Arduino .....	39
<b>Figura 3.19:</b> Diagrama para la apertura de puerta .....	44
<b>Figura 3.20:</b> Diagrama esquemático de la tarjeta.....	45
<b>Figura 3.21:</b> Diagrama de conexiones .....	49
<b>Figura 3.22:</b> Tarjeta para el control de la cerradura eléctrica .....	49



<b>Figura 3.23:</b> Prueba de funcionamiento de la tarjeta .....	49
<b>Figura 3.24:</b> Tablero de telecomunicaciones.....	50
<b>Figura 3.25:</b> Gabinetes instalados en el aula 18 .....	51
<b>Figura 3.26:</b> Primer cajetín de paso .....	52
<b>Figura 3.27:</b> Segundo cajetín de paso .....	53
<b>Figura 3.28:</b> Terminación del cable UTP .....	53
<b>Figura 3.29:</b> Etiquetado del cable UTP .....	54
<b>Figura 3.30:</b> <i>Test</i> del cable UTP .....	54
<b>Figura 3.31:</b> Líneas de conexión de la tarjeta .....	55
<b>Figura 3.32:</b> Instalación de la cerradura eléctrica.....	56
<b>Figura 3.33:</b> Cableado de la cerradura eléctrica.....	56
<b>Figura 3.34:</b> Conexión de los cables del biométrico .....	57
<b>Figura 3.35:</b> Pines de conexión del biométrico.....	58
<b>Figura 3.36:</b> Fuente DC de alimentación del biométrico.....	58
<b>Figura 3.37:</b> Instalación y conexión del sensor ventana.....	59
<b>Figura 3.38:</b> Instalación y conexión del sensor puerta.....	59
<b>Figura 3.39:</b> Configuración de dirección IP .....	60
<b>Figura 3.40:</b> Interfaz de Información de personal .....	61
<b>Figura 3.41:</b> Registro de huellas .....	61
<b>Figura 3.42:</b> Configuración de zona horaria .....	62
<b>Figura 3.43:</b> Niveles de acceso .....	63
<b>Figura 3.44:</b> Sincronización de equipos .....	64
<b>Figura 3.45:</b> Estado de los LEDs del <i>switch</i> D-Link.....	65
<b>Figura 3.46:</b> <i>Shield Ethernet</i> con enlace UTP .....	66
<b>Figura 3.47:</b> Estado de los LEDs del enlace levantado .....	68
<b>Figura 3.48:</b> Cadena de caracteres de la página HTML .....	68
<b>Figura 3.49:</b> Borneras DIMM del tablero de control.....	70
<b>Figura 3.50:</b> Cuadro del numero borneras DIMM .....	70
<b>Figura 3.51:</b> Apertura de puerta .....	72
<b>Figura 3.52:</b> Estado del sensor luminarias encendidas .....	72
<b>Figura 3.53:</b> Estado del sensor luminarias apagadas.....	72
<b>Figura 3.54:</b> Interfaz gráfico del proyecto .....	74
<b>Figura 3.55:</b> Prueba de funcionamiento desde el servidor .....	74
<b>Figura 3.56:</b> Mensaje de confirmación de acceso .....	75
<b>Figura 3.57:</b> Mensaje de negación de acceso.....	75
<b>Figura 3.58:</b> Interfaz de apertura de puerta.....	76

**Figura 3.59: Interfaz de control de acceso .....76**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1:</b> Especificaciones técnicas de la tarjeta Arduino Mega 2560.....	3
<b>Tabla 1.2:</b> Especificaciones técnicas de la <i>shield Ethernet</i> Wiznet W5100.....	4
<b>Tabla 1.3:</b> Estado de los LEDs de la <i>shield Ethernet</i> Wiznet W5100 .....	4
<b>Tabla 1.4:</b> Especificaciones técnicas del módulo relé de 4 y 8 canales .....	5
<b>Tabla 1.5:</b> Especificaciones técnicas de la fuente conmutada .....	8
<b>Tabla 3.1:</b> Comparación de los equipos de control de acceso.....	19
<b>Tabla 3.2:</b> Distancias requeridas de manguera corrugada de $\frac{3}{4}$ " y elementos.....	24
<b>Tabla 3.3:</b> Distancias requeridas de cable UTP y puertos de los <i>switches</i> a utilizar .....	26
<b>Tabla 3.4:</b> Esquema de administración "De dónde vengo a dónde voy" .....	28
<b>Tabla 3.5:</b> Distancias requeridas de manguera entre cajetines .....	29
<b>Tabla 3.6:</b> Distancias requeridas de cable 22 AWG para sensores .....	31
<b>Tabla 3.7:</b> Pines GPIO asignados para los sensores de las ventanas.....	34
<b>Tabla 3.8:</b> Pines GPIO asignados como entrada de los sensores y activación relés .....	34
<b>Tabla 3.9:</b> Pines GPIO asignados como entrada/salida de las luminarias .....	35
<b>Tabla 3.10:</b> Especificaciones técnicas del transistor <i>Darlington</i> TIP122 .....	45
<b>Tabla 3.11:</b> Tiempo de encendido del regulador Forza.....	65
<b>Tabla 3.12:</b> Envío de <i>pings</i> a los biométricos .....	66
<b>Tabla 3.13:</b> Muestras obtenidas de la <i>Shield Ethernet</i> tablero de control N5.....	67
<b>Tabla 3.14:</b> Muestras obtenidas de la <i>shield Ethernet</i> tablero de control N1 .....	67
<b>Tabla 3.15:</b> Comprobación de sensores magnéticos de ventanas.....	69
<b>Tabla 3.16:</b> Corrección de conexiones de los sensores aula 18 .....	70
<b>Tabla 3.17:</b> Comprobación de sensores magnéticos de puertas .....	71
<b>Tabla 3.18:</b> Comprobación de sensores magnéticos de las luminarias .....	71
<b>Tabla 3.19:</b> Comprobación de apertura de puertas .....	73
<b>Tabla 3.20:</b> Comprobación del encendido y apagado de luminarias.....	73
<b>Tabla 3.21:</b> Presupuesto del proyecto .....	77

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación consiste en la automatización e implementación de un sistema biométrico de huella dactilar para el acceso a las aulas 13, 18, 19 y 21 de la Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT). En este proyecto se explica cómo se realizó el análisis técnico de las instalaciones, dimensionamiento, diseño, implementación y pruebas de funcionamiento de los sistemas con la ayuda de un servidor a través de la intranet de la ESFOT.

Para la comunicación entre equipos se realiza la implementación del cableado estructurado basándose en las normas ANSI/TIA 568-1-D, ANSI/TIA 569-D y ANSI/TIA 606-C.

El sistema de automatización está implementado en un tablero de control que incorpora una tarjeta Arduino MEGA la cual está integrada a sensores magnéticos, una tarjeta *shield Ethernet* y módulos relés. El sistema tiene la función de comunicarse a través de la red, controlar apertura de puertas, encendido y apagado de luces, presentar la información de los sensores de ventanas, puertas y luces a una interfaz gráfica desarrollada en un servidor.

Por su parte, el sistema biométrico de huella dactilar está implementado con el equipo biométrico ZKTeco SF300, cuyas características técnicas cubren los requerimientos de comunicación TCP/IP y capacidad de niveles de acceso para la carga académica en un determinado semestre. Como el biométrico tiene la tarea de apertura y control de acceso a las aulas, se le integra una tarjeta electrónica para la activación de la cerradura por medio del biométrico y el tablero de control, además de proveer protección eléctrica y alimentación.

Con los equipos en red, se procede a realizar las pruebas y configuraciones necesarias. Finalmente, se realiza un manual de usuario del *software ZKAccess 3.5 Security System* para la administración del sistema biométrico.

**Palabras clave:** Automatización, Intranet, Sistema biométrico, Cableado estructurado.

## **ABSTRACT**

*This degree project consists in the automation and implementation of a biometric fingerprint system for access to classrooms 13, 18, 19 and 21 of the Escuela de Formación de Tecnólogos (ESFOT). This project explains how was realized the technical analysis of the installations, sizing, design, implementation and functional tests of the systems that were performed with the help of a server through the ESFOT intranet.*

*For the communication between equipment, the implementation of structured cabling established by the standards ANSI/TIA 568-1-D, ANSI/TIA 569-D and ANSI/TIA 606-C.*

*The automation system is implemented in a control board where an Arduino MEGA card has the integrated quality of magnetic sensors, Ethernet shield and relay modules. The system has the function of communicating through the network, controlling the opening of doors, turning lights on and off, presenting information from windows, doors and light sensors to a graphical interface developed on a server.*

*On the other hand, the biometric fingerprint system is implemented with the ZKTeco SF300 biometric equipment; our technical characteristics cover the TCP / IP communication requirements and the capacity of access levels for the academic load in a given semester. As the biometric has the task of opening and controlling access to the classrooms, an electronic card is integrated for the activation of the lock by means of the biometric and the control panel, in addition to providing electrical protection and power.*

*With the equipments in network, the necessary tests and configurations were performed. Finally, a user manual of the ZKAccess Security System software is created for the administration of the biometric system.*

**Keywords:** *Automation, Intranet, Biometric System, Structured cabling.*

# 1. INTRODUCCIÓN

Las aulas de la ESFOT desde su creación han sido muy frecuentadas por parte de propios y extraños. Como consecuencia, se han suscitado varios incidentes y actos indebidos. Por ejemplo, el uso indebido de aulas por parte de profesores y alumnos, lucrar por medio de clases extra, ingesta de bebidas alcohólicas, vandalismo y forcejeo de ventanas y puertas para ingresar; todas estas han ido provocando su deterioro y mala fama.

Por otro lado, el ingreso a las aulas se dificultaba cuando la persona encargada de la apertura de las puertas se encontraba ocupada en otras actividades, motivo que generó la libre distribución y copia de las llaves por parte de profesores y estudiantes. Además, que al terminar la jornada diaria de actividades muchas de las aulas quedaban con las luces encendidas, generando un alto consumo del servicio eléctrico a la institución.

Para solucionar estos inconvenientes se analizó y determinó los requerimientos necesarios y apropiados para la implementación de un sistema de automatización y control de acceso a las aulas. Para ello se utilizarán tarjetas de desarrollo de *hardware* libre como Arduino, dispositivos electrónicos, equipos tecnológicos de seguridad, además de la implementación de una red de comunicación y centralización de los datos recolectados por los equipos y dispositivos.

El sistema automatizado basado en la tarjeta Arduino Mega que se implementa ayuda al personal encargado a mejorar el control y gestión de las aulas remotamente, al conocer la apertura no autorizada de puertas y ventanas en horarios no especificados a dictar clases. Además, el control de las luces, solventando así el alto consumo del servicio eléctrico en las aulas.

Para el control de acceso se ocupará equipos de seguridad como son los biométricos de huella dactilar que es una de las mejores formas para restringir y controlar el acceso. De este modo se evitará la utilización de llaves, tarjetas y contraseñas que pueden ser copiadas, robadas o perdidas.

Finalmente, se desarrollarán pruebas de funcionamiento y rendimiento del sistema a través del cableado estructurado implementado en las instalaciones de la ESFOT, con la ayuda de la Dirección de Gestión de la Información y Procesos (DGIP), departamento interno de

la EPN, al facilitar puntos de conexión en el cuarto de telecomunicaciones del laboratorio 16 y asignar una VLAN en la intranet para el proyecto.

El presente proyecto de titulación forma parte de un macroproyecto de automatización y control de acceso a las aulas de la ESFOT, el cual está dividido en seis grupos de aulas a ser implementado, donde se trabajará en conjunto con compañeros de Análisis de Sistemas Informáticos (ASI) y Electromecánica (EM).

## 1.1. Marco Teórico

### AUTOMATIZACIÓN

La automatización es un conjunto de procesos informáticos, tarjetas electrónicas y dispositivos electromecánicos que realizan instrucciones y procesos repetitivos; mejorando y reduciendo tiempos de producción, gestión y control realizadas por operadores humanos [1], [2].

### ARDUINO MEGA 2560

El Arduino Mega 2560 es una tarjeta de desarrollo de *hardware* libre que forma parte de la familia Arduino. La tarjeta tiene integrada el microcontrolador ATmega2560 y consta de 54 pines digitales de entrada/salida, 16 entradas analógicas, 4 canales de comunicación UART, un cristal de 16Mhz, conexión USB tipo B, convertidor USB-serie, *jack* de alimentación DC, pulsador de *reset* y pines de conexión ICSP de los cuales los pines D50 a D52 no pueden ser asignados como entrada/salida cuando se utiliza esta conexión [3], [4]. En la figura 1.1, se muestra la tarjeta Arduino Mega 2560 implementada en el proyecto.

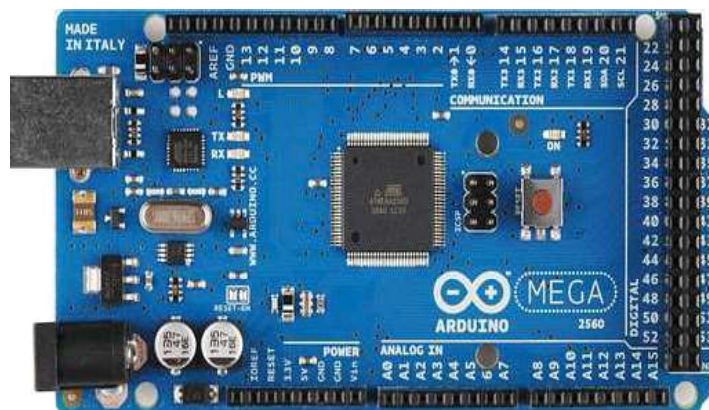


Figura 1.1: Arduino Mega 2560 [5]

## Especificaciones técnicas

En la tabla 1.1 se presenta las especificaciones técnicas más relevantes de la tarjeta Arduino Mega.

**Tabla 1.1:** Especificaciones técnicas de la tarjeta Arduino Mega 2560 [5]

<b>Microcontrolador:</b>	<b>ATmega2560</b>
<b>Voltaje Operativo:</b>	5 (V <sub>DC</sub> )
<b>Voltaje de Entrada:</b>	7-12 (V <sub>DC</sub> )
<b>Pines digitales de Entrada/Salida:</b>	54 (de los cuales 15 son salida PWM)
<b>Pines análogos de entrada:</b>	16
<b>Corriente DC de un Pin Entrada/Salida:</b>	40 (mA)
<b>Corriente DC entregada en el Pin 3.3V:</b>	50 (mA)
<b>Corriente DC entregada en el Pin 5V:</b>	40 (mA)
<b>Memoria Flash:</b>	256 (KB) donde 8 (KB) es para el <i>bootloader</i>
<b>SRAM:</b>	8 (KB)
<b>EEPROM:</b>	4 (KB)
<b>Cristal:</b>	16 (MHz)
<b>Longitud:</b>	101,52 (mm)
<b>Anchura:</b>	53,3 (mm)

## **SHIELD ETHERNET WIZNET W5100**

La *shield* está diseñada para proveer conexión a una red *Ethernet* y ser compatible con la mayoría de las tarjetas Arduino, gracias a que la distribución de los pines AREF, GND, digitales D0 a D13, analógicos A0 a A5, pines de alimentación y comunicación ICSP están ubicados de la misma forma que la placa Arduino Mega. Así se obtiene una total integración entre Arduino Mega y *shield Ethernet* [6].

Para establecer comunicación entre la *shield* y la tarjeta Arduino se usa los pines digitales 10, 11, 12, y 13 asignados para la comunicación SPI y los pines 50, 51 y 52 en el Arduino Mega, de modo que estos pines no pueden ser usados para entradas/salidas. En la figura 1.2, se muestra la tarjeta shield Ethernet [7].



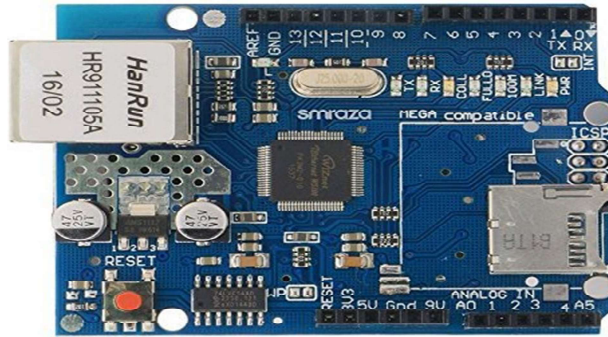


Figura 1.2: *Shield Ethernet Wiznet W5100* [6]

### Especificaciones técnicas

En la tabla 1.2 se presenta las especificaciones técnicas más relevantes de la *shield*.

Tabla 1.2: Especificaciones técnicas de la *shield Ethernet Wiznet W5100* [6]

<b>Controlador Ethernet:</b>	W5100
<b>Conexión soportada:</b>	TCP/UDP
<b>Voltaje de funcionamiento:</b>	5 (V <sub>DC</sub> ) suministrado por la placa Arduino.
<b>Velocidad de conexión:</b>	10/100 (Mbps)
<b>Conexión con Arduino:</b>	Bus SPI (a través de la cabecera ICSP)
<b>Conector:</b>	RJ45 estándar
<b>Librería utilizada en la programación:</b>	Librería Ethernet.
<b>Botón de reinicio:</b>	Reinicio manual después del encendido, al tratarse de un shield de versión anterior.

### LEDS informativos de la *shield Ethernet*

En la tabla 1.3 se presenta la información del estado de los LEDs de la *shield*.

Tabla 1.3: Estado de los LEDs de la *shield Ethernet Wiznet W5100* [7]

<b>TX:</b>	Parpadea cuando la <i>shield</i> transmite datos.
<b>RX:</b>	Parpadea cuando la <i>shield</i> recibe datos.
<b>COLL:</b>	Indica la presencia de colisiones en la red cuando parpadea.
<b>FULLD:</b>	Indica la presencia de una conexión <i>full duplex</i> cuando está encendido.
<b>100M:</b>	Indica una conexión de 100 Mbps cuando está encendido.
<b>LINK:</b>	Indica el enlace de red y parpadea cuando se transmite o recibe datos.
<b>PWR:</b>	Indica la alimentación de la <i>shield</i> .

## MÓDULO RELÉ

En la figura 1.3, se muestra el módulo relé que permite activar y desactivar equipos de alta potencia con una señal de control enviada por un microcontrolador. Cada canal presenta aislamiento eléctrico al estar implementado con un optoacoplador, diodo en antiparalelo al relé y un LED indicador de estado [8].

La salida normalmente abierta (NO) de un relé se activa al recibir un 0 lógico y se desactiva al ponerse en 1 lógico a la entrada. Se puede encontrar módulos relé de 4 y 8 canales, como los que se utiliza en el tablero de control.



Figura 1.3: Módulo relé de 8 canales [8]

### Especificaciones técnicas

En la tabla 1.4 se presenta las especificaciones técnicas más relevantes del módulo relé.

Tabla 1.4: Especificaciones técnicas del módulo relé de 4 y 8 canales [8]

<b>Voltaje de operación:</b>	5 (V <sub>DC</sub> )
<b>Señal de control:</b>	3.3 (V <sub>DC</sub> ) o 5 (V <sub>DC</sub> )
<b>Número de canales:</b>	1, 2, 4 y 8
<b>Capacidad máxima:</b>	10 (A) / 250 (V <sub>AC</sub> ), 10 (A) / 30 (V <sub>DC</sub> )
<b>Corriente máxima:</b>	10 (A) NO / 5 (A) NC
<b>Tiempo de acción:</b>	10 (ms) / 5 (ms)
<b>Señal de activación de salida NO:</b>	0 (V <sub>DC</sub> )

## Conexión de un módulo de 4 u 8 canales a la tarjeta Arduino.

En la figura 1.4, se presenta el diagrama de un canal del módulo relé que tiene integrado tres pines de GND, VCC y JD-VCC, para el suministro de energía externa que se debe conectar para no sobrecargar al regulador de tensión y salidas digitales de la placa Arduino.

Además, con la separación de las dos alimentaciones se evita el origen de estados lógicos indeseados cuando la tarjeta Arduino inicializa o apaga; incluso algún tipo de estado lógico que se pueda filtrar temporalmente al pin digital [9].

Al módulo se le debe conectar de la siguiente forma:

- Pin Vcc con el pin de 5 ( $V_{DC}$ ) del Arduino.
- Pin INx a un determinado pin de salida del Arduino.
- Pin JD-Vcc al positivo de la alimentación externa.
- Pin GND al negativo de la alimentación externa.
- Bornes NC, NA y C del relé al elemento a controlar.

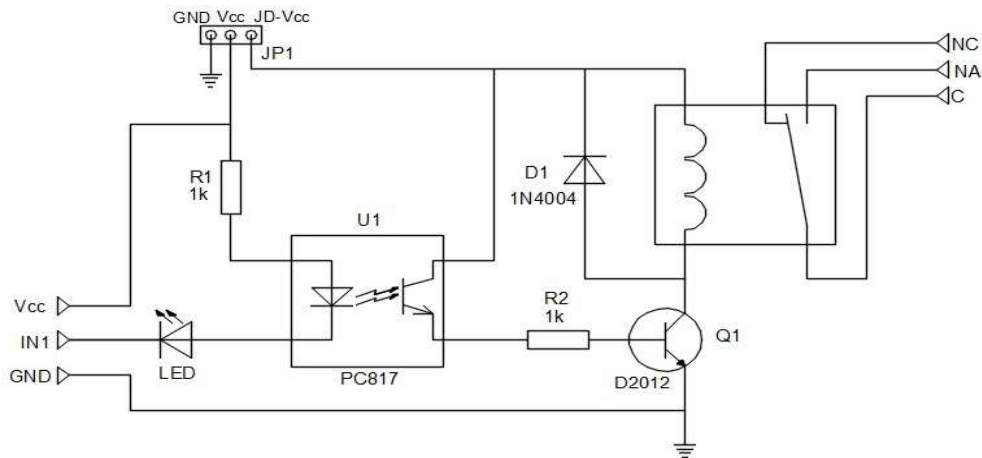


Figura 1.4: Diagrama de conexión de un canal del módulo relé [9]

## SENSOR MAGNÉTICO

Es un dispositivo que consta de dos piezas un encapsulado con imán y encapsulado con *reed switch* (interruptor magnético). Este dispositivo funciona como un *switch* normalmente cerrado cuando hay campo magnético, es decir cuando los dos encapsulados están juntos y es utilizado como sensor de apertura en puertas y ventanas [10].

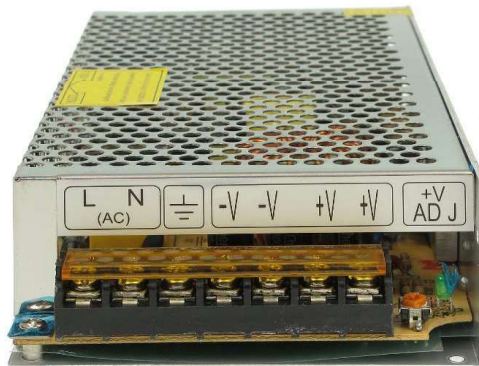
El encapsulado *reed switch* es un elemento que consta de una cápsula de vidrio que en su interior tiene un par de contactos metálicos y en su exterior dos contactos para acceder a su conexión y el encapsulado con imán es simplemente un elemento magnetizado [10].

## FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONMUTADA

Fuente de alimentación que se basa en procesos de aumento de la frecuencia de la corriente. Este tipo de fuente maneja procesos de conversión de corriente alterna a corriente continua, sucesivamente con diferentes frecuencias en el orden de los KHz. Las ventajas que se obtiene con esta fuente son la estabilidad de voltaje de salida, reducción de pérdidas e interferencias, emisión de calor, tamaño del transformador y consecuentemente el peso y volumen [11].

Este tipo de fuente incorpora la siguiente regleta de conexión, ver figura 1.5:

- L y N (AC): alimentación voltaje alterna.
- GND: línea para el aterrizaje a tierra.
- -V: línea negativa de voltaje continuo.
- +V: línea positiva de voltaje continuo.
- ADJ: potenciómetro para la regulación de voltaje continuo.



**Figura 1.5:** Fuente de alimentación conmutada [12]

### Especificaciones técnicas

En la tabla 1.5 se presenta las especificaciones técnicas más relevantes de la fuente conmutada.

**Tabla 1.5:** Especificaciones técnicas de la fuente conmutada [12]

<b>Tensión de alimentación:</b>	120 (V <sub>AC</sub> )
<b>Voltaje de salida:</b>	12 (V <sub>DC</sub> )
<b>Ajuste de la tensión de salida:</b>	9.6 - 11.5 (V <sub>DC</sub> )
<b>Carga máxima de la fuente:</b>	10 (A)
<b>Potencia de la fuente de alimentación:</b>	120 (W)
<b>Protecciones:</b>	Contra cortocircuitos y sobrecargas.
<b>Temperatura de funcionamiento:</b>	-10 (°C) ... 50 (°C)
<b>Dimensiones:</b>	199 x 98 x 43 (mm)

## **REGULADOR REDUCTOR DC DE 12V A 5V**

El regulador reductor empleado en el proyecto está basado en el circuito integrado LM2596, que es capaz de regular un voltaje de entrada mayor y convertirlo en uno de menor voltaje, así como la capacidad de suministrar hasta 3 amperios de corriente continua e integrada una bobina para suprimir picos de voltajes [8]. Empleado para alimentar distintas etapas o componentes de un circuito, como módulos relés.

## **BIOMETRÍA**

Es la identificación y autenticación automática de una característica física o comportamiento de una persona que resulta única, inigualable e intransferible, como la huella dactilar, la forma de la mano, patrón de venas, forma de la cara y ojo (iris y retina) [13].

### **Identificación biométrica**

Funcionamiento base de los equipos de biometría actuales, consiste en la adquisición de información o captura de una muestra biométrica en una plantilla biométrica para ser guardada en una base de datos y posteriormente ser comparada cuando se la requiera con una muestra biométrica entrante [13].

### **Autenticación biométrica**

Consiste en la verificación y comparación de los datos adquiridos de las características de una persona con una plantilla biométrica con el fin de encontrar semejanza [13].

## Dispositivos biométricos

Este dispositivo aplica tres elementos para su funcionamiento [13]:

- Un dispositivo o lector para escanear.
- *Software* que digitalice y encripte los datos escaneados y compare los puntos de coincidencia.
- Una base de datos que almacene la información biométrica para su respectiva autenticación.

### BIOMÉTRICO ZKTeco SF300

Equipo de huella dactilar que opera de modo independiente (*standalone*) para el control de acceso, gestión de tiempo y asistencia. Incorpora una pantalla táctil de 2.8", comunicación TCP/IP, interfaces de entrada y salida como sensores, alarmas, pulsadores y cerradura eléctrica, como se ve en la figura 1.6. Con capacidad de almacenar 1.500 huellas, 5.000 tarjetas RFID y 80.000 eventos, que al llegar al límite automáticamente elimina los eventos más antiguos. Equipo compatible con el *software* ZKAccess 3.5 *Security System* para la gestión y control del biométrico [14].

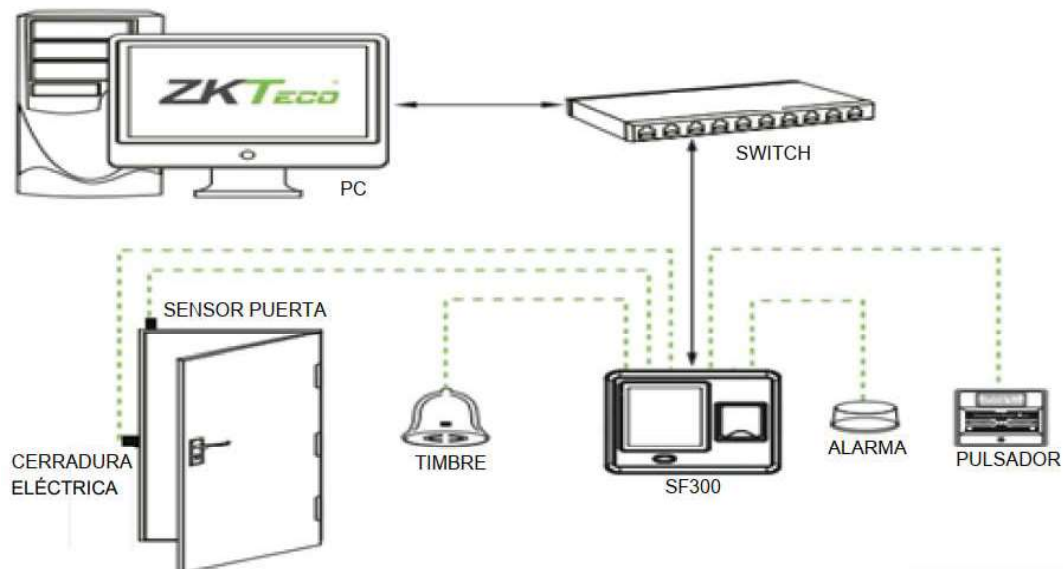


Figura 1.6: Diagrama de aplicación del equipo [14]

## ENROLADOR ZK4500

Dispositivo lector de huella dactilar que se conecta al sistema mediante USB, tiene la función de grabar las huellas al sistema y sucesivamente enviar a los terminales, en la figura 1.7 se presenta el dispositivo [15].



Figura 1.7: Enrolador ZK4500 [15]

## SOFTWARE ZKACCESS 3.5 SECURITY SYSTEM

*Software* de escritorio desarrollado por la empresa ZKTeco, para gestionar y controlar los equipos y terminales de control de acceso. El *software* permite registrar equipos, usuarios, creación y asignación de niveles de acceso, respaldar los datos, generar informes de eventos. Además del monitoreo en tiempo real del ingreso de los usuarios y apertura personalizada o remota de la puerta asignada al biométrico [16].

## MODELO CLIENTE SERVIDOR

Modelo ampliamente utilizado en el que interactúan dos partes, la máquina del cliente y un servidor. La comunicación ocurre cuando el proceso cliente envía un mensaje (solicitud) a través de la red al proceso servidor y el proceso cliente espera una respuesta. Cuando el proceso servidor recibe la solicitud realiza la tarea solicitada o busca la información en su base de datos y genera una respuesta, todo este proceso se ve en la figura 1.8 [17].

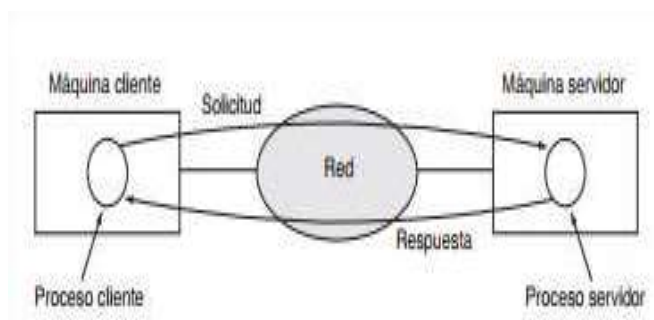


Figura 1.8: Proceso de solicitud y respuesta [17]

Siendo el cliente y servidor claramente diferenciados, donde habitualmente un servidor constituye una máquina potente con un *hardware* y *software* específico que sirve de depósito de datos y de funciones como un sistema gestor de base de datos o aplicaciones; según se lo requiera [18].

## TCP/IP

TCP/IP es un conjunto de protocolos que permite la comunicación entre equipos que integran una red. Sus siglas significan Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet. De cierta manera, TCP/IP representa todas las reglas o protocolos de comunicación para Internet basado en la noción de una dirección IP; es decir, en brindar una IP a cada equipo de la red para lograr enrutar los paquetes de datos. Además, de dividir mensajes en paquetes, usar un sistema de direcciones, enrutar datos por la red y detectar errores en las transmisiones de datos [19].

## TOPOLOGÍA DE RED APLICADA AL PROYECTO

**Topología en Estrella:** Es aquella donde se tiene un nodo central del cual se conectan e irradian todos los enlaces hacia los demás nodos. Emplea un equipo central que hace circular toda la información de la red, si un enlace se corta no perjudica a la red, pero en cambio si el equipo central falla toda la red falla, como se aprecia en la figura 1.9 [20].

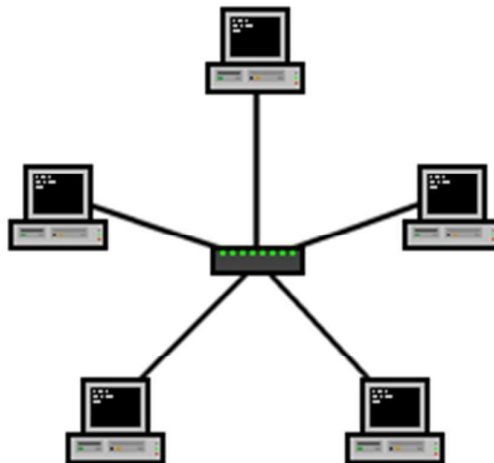


Figura 1.9: Topología en forma de estrella [20]



## TECNOLOGÍA DE RED ETHERNET

*Ethernet* es una familia de tecnologías de interconexión de redes LAN que se define en el estándar IEEE802.3. Es una tecnología ampliamente utilizada en hogares, instituciones e industrias que soporta anchos de banda de 10, 100, 1000 o 10000 (Mbps) e implementada en topologías físicas en estrella [21]. El proyecto se diseña en base a 100BASE-T o *Fast Ethernet* y se implementa con cable de cobre de par trenzado categoría 5e marca *Connection*.

## CABLEADO ESTRUCTURADO

El cableado estructurado consiste en el tendido de cables de forma organizada que pueda aceptar y soportar una red de cableado, por lo general UTP (*Unshielded Twisted Pair*) es usado, en el interior de un edificio con el propósito de implementar una red LAN. Cumple con los estándares establecido por la Asociación de las Industrias de las Telecomunicaciones (TIA) e Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) [21], [22]. Para el proyecto se aplica los siguientes estándares ANSI/TIA-568-1-D, ANSI/TIA-569-D y ANSI/TIA-606-C.

### **ANSI/TIA-568-1-D Normas de cableado de telecomunicaciones en edificios comerciales**

Esta norma define cómo instalar el cableado específico para edificios comerciales que incluye acometidas, cuarto de equipos, cuarto de telecomunicaciones, cableado principal, cableado horizontal y áreas de trabajo. En el desarrollo del proyecto se emplea en dos sitios el cableado horizontal y áreas de trabajo [22]. En esta norma se verifica los siguientes puntos relacionados al cableado horizontal:

- Topología.
- Cable de par trenzado.
- Longitud del cable máximo para cableado horizontal o enlace permanente máximo de 90 metros.
- Pruebas de cable por medio de un probador de cable de red.
- Terminación de conectores T568A y T568B, figura 1.10.

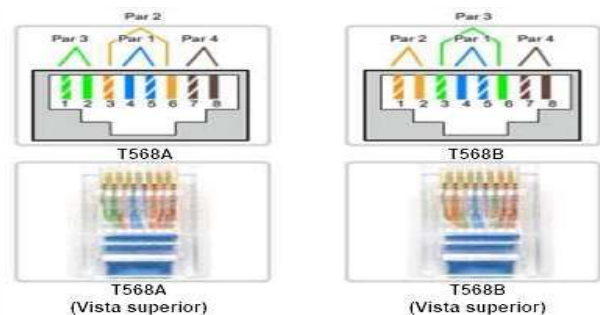


Figura 1.10: Terminación RJ-45 en T568A y T568B [21]

### **TIA/EIA-569-D Normas de Recorridos y Espacios de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales.**

Esta norma define las trayectorias diseñadas para la instalación y colocación de cables de telecomunicaciones. Se realiza en lugares secos, apartados de fuentes de interferencia como la red eléctrica. Ofrece un medio ideal para soportar los cables y que la ruta seleccionada mantenga el radio de curvatura a lo largo del trayecto e incluye los siguientes elementos para espacios y recorridos de telecomunicaciones en edificios comerciales [22]:

- Recorridos Horizontales.
- Armarios de Telecomunicaciones.
- Recorridos para *backbone*.
- Sala de Equipos.
- Estación de Trabajo.
- instalaciones de Entrada de Servicios.

Como en la norma TIA/EIA-568-1-D, se enfatiza en el cableado horizontal y estación de trabajo.

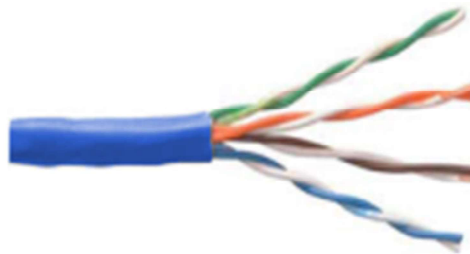
### **TIA/EIA-606-C Normas de Administración de Infraestructura de Telecomunicaciones en Edificios Comerciales**

Su objetivo es brindar los lineamientos de administración e identificación de un sistema de cableado estructurado [23]. Incluye estándares para la rotulación del cableado donde cada unidad de terminación debe tener una identificación exclusiva. Además, describe los requisitos que debe tener un registro y mantenimiento de la documentación para la administración de la red. Esta orienta a los siguientes puntos:

- Cables y sistemas de terminación
- Ductos y bandejas
- Espacios de telecomunicaciones
- Sistemas de puesta a tierra

### **CABLE UTP CAT. 5E**

La categoría 5e es la versión mejorada del cable cat. 5, diseñada por la TIA/EIA. Conformado de 4 pares de cable 24 AWG trenzados con pines, colores y conectores RJ-45 estandarizados como se ve en la figura 1.11. Utilizado en la transmisión de datos con velocidades de transmisión de 100 Mbps y máxima distancia del cable de 100 metros. Cada bobina de cable UTP consta de 305 metros [24].



**Figura 1.11:** Cable UTP cat. 5e [24]

### **SWITCH**

Dispositivo no administrable marca D-LINK de 8 puertos 10/100 Mbps, como se presenta en la figura 1.12, que provee soluciones de conmutación a la red de ambientes pequeños y medianos negocios. El equipo tiene integrados LEDs por puerto que indican el estado del enlace, actividad y velocidad; con auto MDI/MDIX para la conexión de cable cruzado o directo, negociación automática de *full/half-duplex* para velocidades de *Ethernet* y *Fast Ethernet* [25].



**Figura 1.12:** Switch D-LINK 8 puertos 10/100 Mbps [25]

## 2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se buscó los dispositivos y equipos necesarios para lograr un sistema automatizado y de control de acceso; que permita su manipulación remota de la apertura puertas, encendido y apagado de luminarias, monitoreo de luminarias, puertas y ventanas a través de una red *Ethernet* y un servidor ubicado en la Dirección de la ESFOT. Además, la implementación de un sistema personalizado de acceso por medio de un equipo biométrico de huella dactilar que restringirá el acceso a personas no autorizadas.

Para la realización del proyecto se emplea las siguientes metodologías:

Aplicada o empírica, ya que como su definición lo indica busca la aplicación o utilización de conocimientos adquiridos, además del interés directo y primordial de las consecuencias prácticas a las acciones tomadas por el investigador [26].

Exploratoria para realizar el análisis de las factibilidades económicas, accesibilidad de información, disponibilidad e integración de equipos y desarrollo de sistemas automatizados con la tarjeta de desarrollo Arduino Mega, misma que se estableció como la indicada para satisfacer las necesidades del proyecto, al requerir una gran cantidad de pines de entrada/salida para sensores, actuadores y comunicación *Ethernet*.

Experimental para la corrección de errores al realizar pruebas de funcionamiento del sistema de automatización y biométricos en la intranet de la ESFOT, así como a cortes de energía.

El proyecto se divide en cinco fases que cubren las etapas para llegar a su culminación: análisis, dimensionamiento, instalación, configuración y pruebas.

En la primera etapa se realizó el estudio técnico de las instalaciones y se determinará los dispositivos y equipos óptimos para la implementación el sistema a desarrollar. En este punto, ya se tienen identificadas las deficiencias que tienen las aulas y la logística para la apertura de las mismas.

En la segunda etapa se realizó el esquema general del sistema, dimensionamiento y diseño en AutoCAD de las distancias y recorridos del cableado de datos y sensores, ubicación de

gabinetes, equipos y dispositivos; además del diseño y construcción de los tableros de control y telecomunicaciones.

Durante la tercera etapa se realiza la instalación de los gabinetes, equipos, etiquetado del cableado de datos, sensores y dispositivos. Seguidamente, se realiza la conexión y alimentación de los equipos, como primeras pruebas de funcionamiento de los sensores, pulsadores, relés del tablero y levantamiento de la red para los biométricos.

En la cuarta etapa se procederá a la configuración de las direcciones IP de los biométricos y *software* para la administración del sistema de control de acceso.

Finalmente, se realiza pruebas de funcionamiento y respuesta del tablero de control a cortes de energía, control remoto, apertura de puertas por medio del biométrico y tablero de control, restricción de acceso a las aulas y creación del manual de usuario del *software* que gestionará el sistema biométrico.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la figura 3.1, se puede apreciar el diagrama de conexiones del proyecto implementado, así como los diferentes dispositivos y elementos conectados en las aulas, 13, 18, 19 y 21 de la ESFOT para la automatización y control de acceso:

- Biométrico (1)
- Cable 20 AWG para la conexión de sensores y cerradura eléctrica (2)
- Cable UTP (3)
- Cerradura eléctrica (4)
- Sensores magnéticos de puertas y ventanas (5)
- Gabinetes (6)
- Intranet ESFOT (7)
- Servidor ubicado en la Dirección de la ESFOT (8)

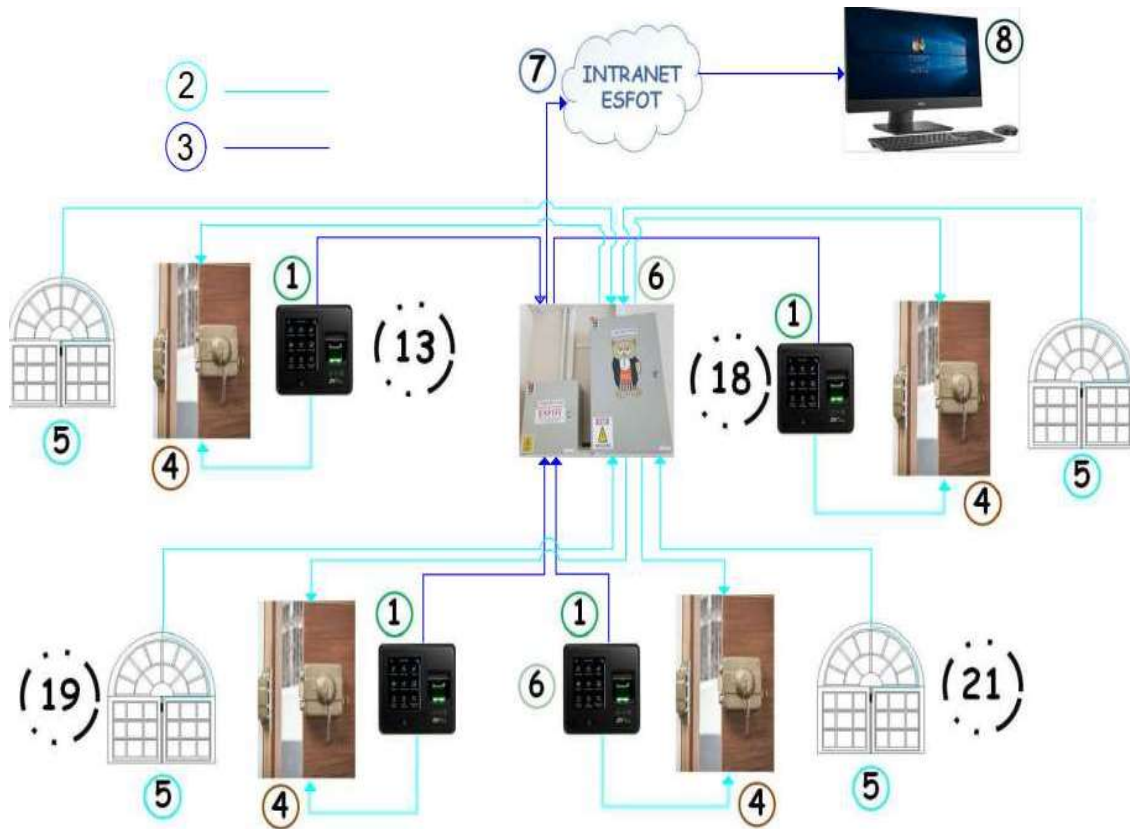


Figura 3.1: Diagrama de implementación del proyecto

### 3.1. Análisis y requerimientos del sistema

La finalidad del proyecto es implementar un sistema que integre la automatización y control de acceso. Se utiliza una tarjeta de desarrollo de la familia Arduino, una tarjeta *shield Ethernet*, dispositivos electrónicos, un equipo biométrico de huellas dactilares por aula y medios de transmisión óptimos para la comunicación, conexión y alimentación de los equipos y dispositivos.

Para determinar los requerimientos se realizó el estudio técnico e inspección de las aulas con el motivo de determinar:

- Elementos, dispositivos y equipos requeridos.
- Sistemas biométricos de huellas dactilares óptimos para el control de acceso.

## **Elementos, dispositivos y equipos requeridos**

El proyecto presenta tres segmentos principales que requieren elementos, dispositivos y equipos a implementarse en el sistema de automatización, sistema de control de acceso y cableado estructurado para la comunicación entre equipos.

El primero es el sistema de automatización donde se diseñó e implementó una etapa de control por medio de la tarjeta de desarrollo Arduino Mega que se integrará al tablero de control construido en conjunto con estudiantes de Electromecánica. A continuación, se muestran los elementos utilizados en esta etapa:

1. Tarjeta Arduino Mega 2560
2. Tarjeta *Shield Ethernet* Wiznet W5200
3. Sensores electromagnéticos
4. Módulos relés
5. Reguladores
6. Fuente de alimentación
7. Cable flexible 20 AWG

El segundo segmento a tratar es el control de acceso a las aulas por medio de biométricos de huellas dactilares que permitirán el acceso a profesores y personal autorizado de la ESFOT. A continuación, se muestran los elementos utilizados en esta etapa:

1. Equipo biométrico
2. Fuente de alimentación
3. Cerradura eléctrica
4. Tarjeta electrónica de alimentación, control y protección de la cerradura
5. Cable UTP cat. 5e
6. Cable de alimentación AC
7. Canaletas
8. Cajetín de paso

Finalmente, para la comunicación entre los equipos se implementó un sistema de cableado estructurado en la infraestructura de las aulas. A continuación, se muestran los elementos utilizados en esta etapa:

1. Canaletas
2. Cable UTP cat. 5e
3. Conectores RJ-45
4. Gabinete
5. Manguera corrugada plástica de 3/4"
6. Regulador de voltaje
7. *Switch* de 8 puertos
8. Tablero

### **Sistemas biométricos de huellas dactilares óptimos para el control de acceso**

Con el fin de integrar un equipo biométrico de huella dactilar que se ajuste a los requerimientos del proyecto se buscó y comparó entre dos marcas pioneras en tecnologías de seguridad como Hikvision y ZKTeco. Para verificar que los equipos cumplen con los requisitos técnicos y precio, en la tabla 3.1 se muestra la información de los equipos.

**Tabla 3.1:** Comparación de los equipos de control de acceso [14], [27]

<b>CARACTERÍSTICA TÉCNICAS</b>	<b>DS-K2604</b>	<b>ZKTeco SF300</b>
Interfaz de comunicación	<i>Ethernet</i>	<i>Ethernet</i>
Capacidad de huellas digitales	100.000 (huellas y tarjetas RFID)	1.500
Capacidad de registrar eventos	300.000	80.000
Capacidad de niveles de acceso	25 niveles de acceso	50 niveles de acceso
Interfaz de control de acceso	Cerradura eléctrica	Cerradura eléctrica
Suministra energía a la cerradura	No	Sí
Fuente de alimentación	DC 12V 1A	DC 12V 3A
Modo de operación independiente ( <i>standalone</i> )	No	Sí
Pantalla de configuración manual	No	LCD <i>touch</i> de 2.8"
Sensor de huella	Requiere sensor	Integrado en el equipo
Software para gestión del equipo	<i>iVMS-4200 Client Software</i>	<i>ZKAccess Security System</i>
Precio	\$ 274.69	\$ 139.00



En base a la comparación presentada, se obtiene como resultado que el equipo ZKTECO SF300 cumple con los niveles de acceso necesarios para soportar la carga académica de un semestre de la ESFOT, comunicación *Ethernet*, suministro de energía a la cerradura eléctrica y modo de operación independiente a un equipo centralizado en caso de que este falle. Adicionalmente, el precio se ajusta al presupuesto global del proyecto.

## 3.2. Esquema general del sistema

### Esquema de comunicación

Para la comunicación de los equipos en la intranet de la ESFOT se establecen las topologías física y lógica donde se establece la ubicación de los equipos de *internetworking*, biométricos, tarjeta Arduino y asignación de direcciones IP. Como se va a hacer uso de puertos en los equipos de red pertenecientes a la ESFOT y comunicarse a través de la intranet, se realiza una solicitud a la DGIP con el fin de utilizar esos puertos y tener un segmento de red por medio de una VLAN destinada al proyecto. En el anexo B se muestra la topología implementada en el macroproyecto.

### Topología física

En la figura 3.2, se muestra la distribución y ubicación de los equipos finales en la Dirección y aulas 13, 18, 19 y 21, equipos de red en el laboratorio 16 y aula 18, además de la conexión de cada equipo final con su respectivo equipo de red.

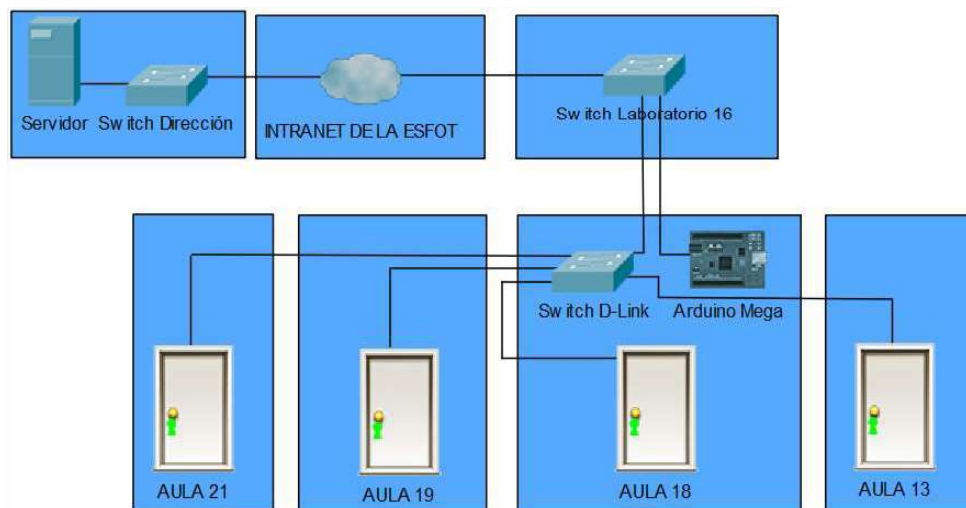


Figura 3.2: Topología física

## Topología lógica

En la figura 3.3, se muestra la asignación de puertos y direcciones IP a los equipos finales. A manera demostrativa y por razones de seguridad, se establece direcciones IP diferentes al segmento de red usado. Por lo tanto, el administrador del sistema informático de la ESFOT es el único que posee toda la información real del proyecto.

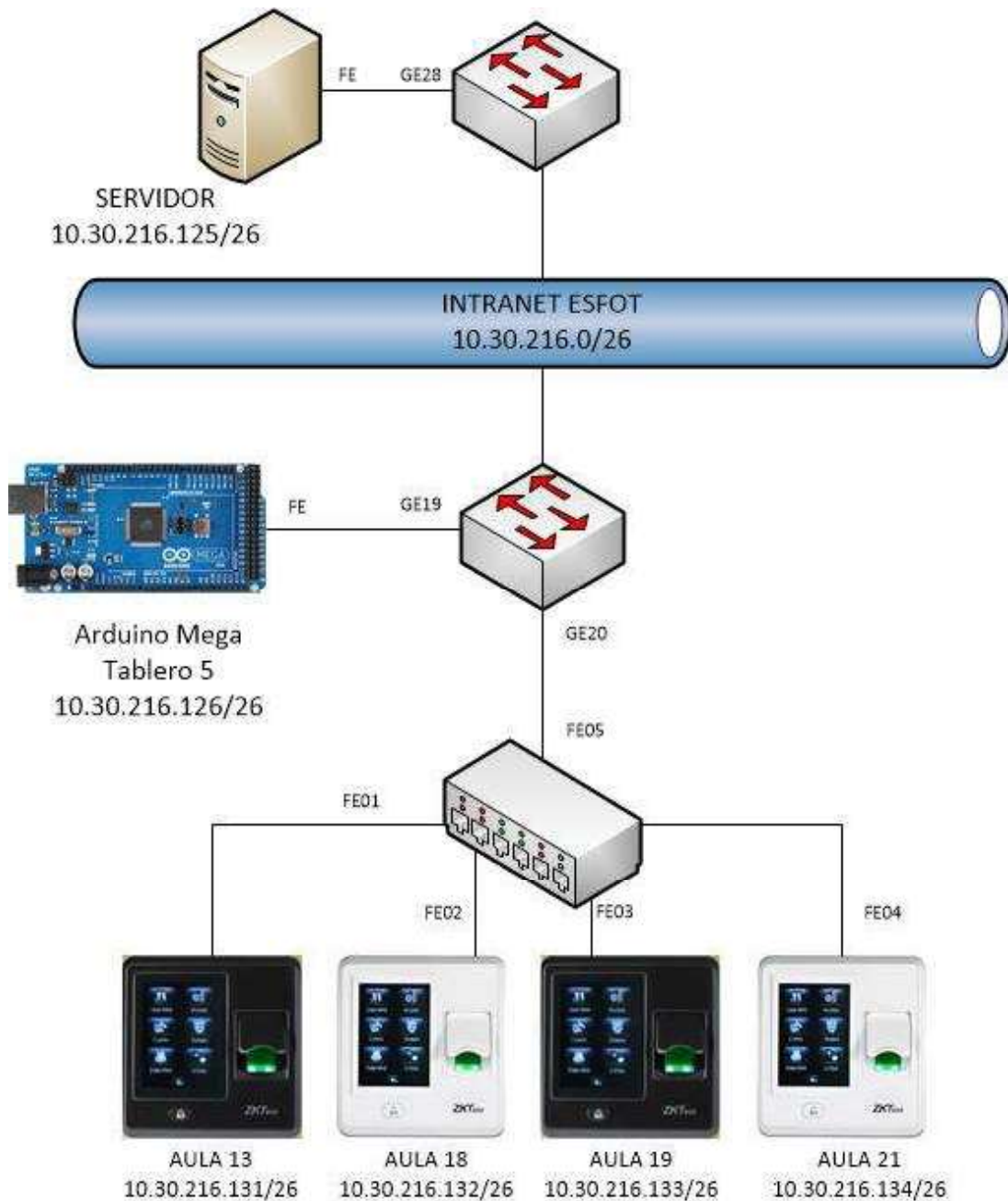


Figura 3.3: Topología lógica

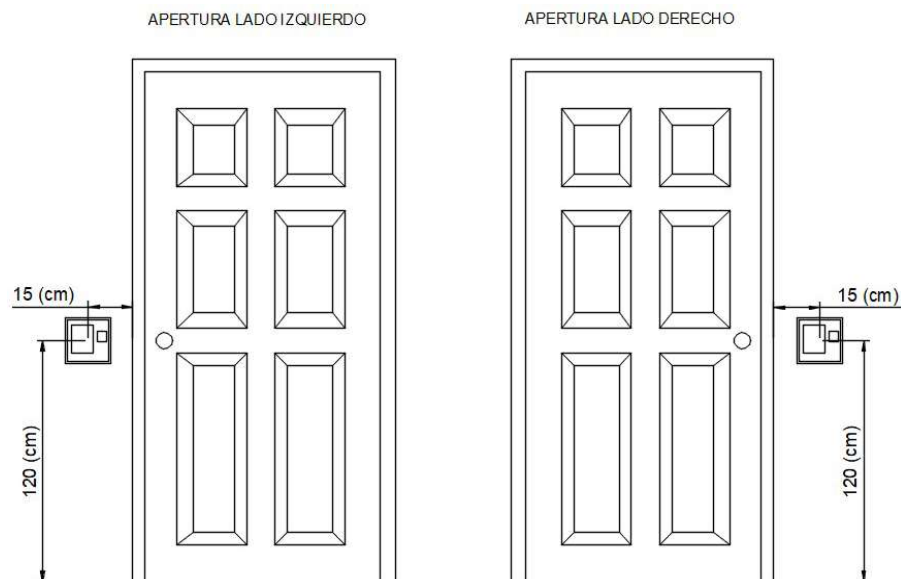
## Ubicación y distribución de los equipos, tableros y dispositivos

Para el cableado, tanto de datos como de alimentación, se establece como punto de concentración los gabinetes metálicos del aula 18, como se observa en la figura 3.4 la ubicación de los gabinetes de control y telecomunicaciones, siguiendo la topología física antes mostrada.



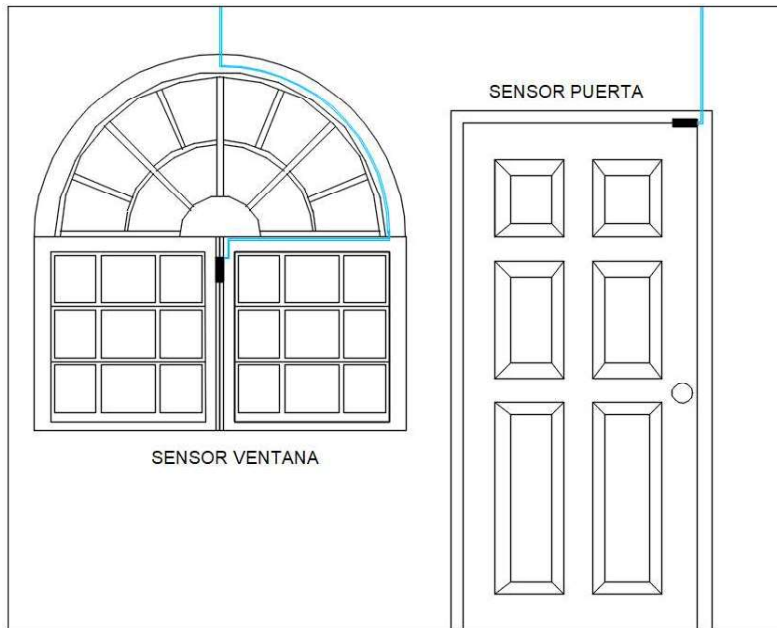
**Figura 3.4:** Gabinetes del aula 18

Los biométricos de huellas dactilares se colocaron dependiendo de la apertura de la puerta al lado izquierdo o derecho a una altura de 120 (cm) y 15 (cm) del marco de la puerta, como se muestra en la figura 3.5.



**Figura 3.5:** Ubicación de biométricos

Finalmente, los sensores se colocaron en los marcos de ventanas y puertas donde la mínima apertura activará el sensor, posteriormente el cableado bajante de los sensores será enrutado por canaletas plásticas que protegen y mejoran la estética de la instalación, como se presenta en la figura 3.6.



**Figura 3.6:** Ubicación de los sensores

### **Distancias y recorrido del cableado de datos**

Como las instalaciones presentan techo falso, se inspecciona la infraestructura del techo que abarca las cuatro aulas, encontrando rutas estables, secas y alejadas de líneas de tensión eléctrica. Se estableció la ruta a seguir, cajetines de paso y lugares donde el cableado bajará al tablero, biométricos y sensores. Con las rutas designadas, se mide distancias aproximadas en cada aula, pasillos y paredes desde el lugar donde se instalará el equipo o sensor hasta llegar al tablero. Posteriormente, con los datos obtenidos, se digitalizará a un plano que ayudará a determinar el cableado necesario.

### **3.3. Dimensionamiento del cableado**

Toda la información recolectada y establecida acerca de la ubicación de equipos, sensores y gabinetes, además de las distancias y recorridos del cable, se digitaliza en planos diseñados en AutoCAD y tablas acerca de la cantidad de elementos requeridos por aula con el propósito de dimensionar eficientemente la cantidad de conductos y cableado.

Los planos diseñados en AutoCAD se dividen en cuatro láminas:

1. Plano de conductos del cableado de red y ubicación de gabinetes, figura 3.7.
2. Plano del cableado de red, figura 3.8.
3. Plano de conductos del cableado de sensores, figura 3.9.
4. Plano de cableado y ubicación de sensores, figura 3.10.

### Plano de conductos del cableado de red y ubicación de gabinetes

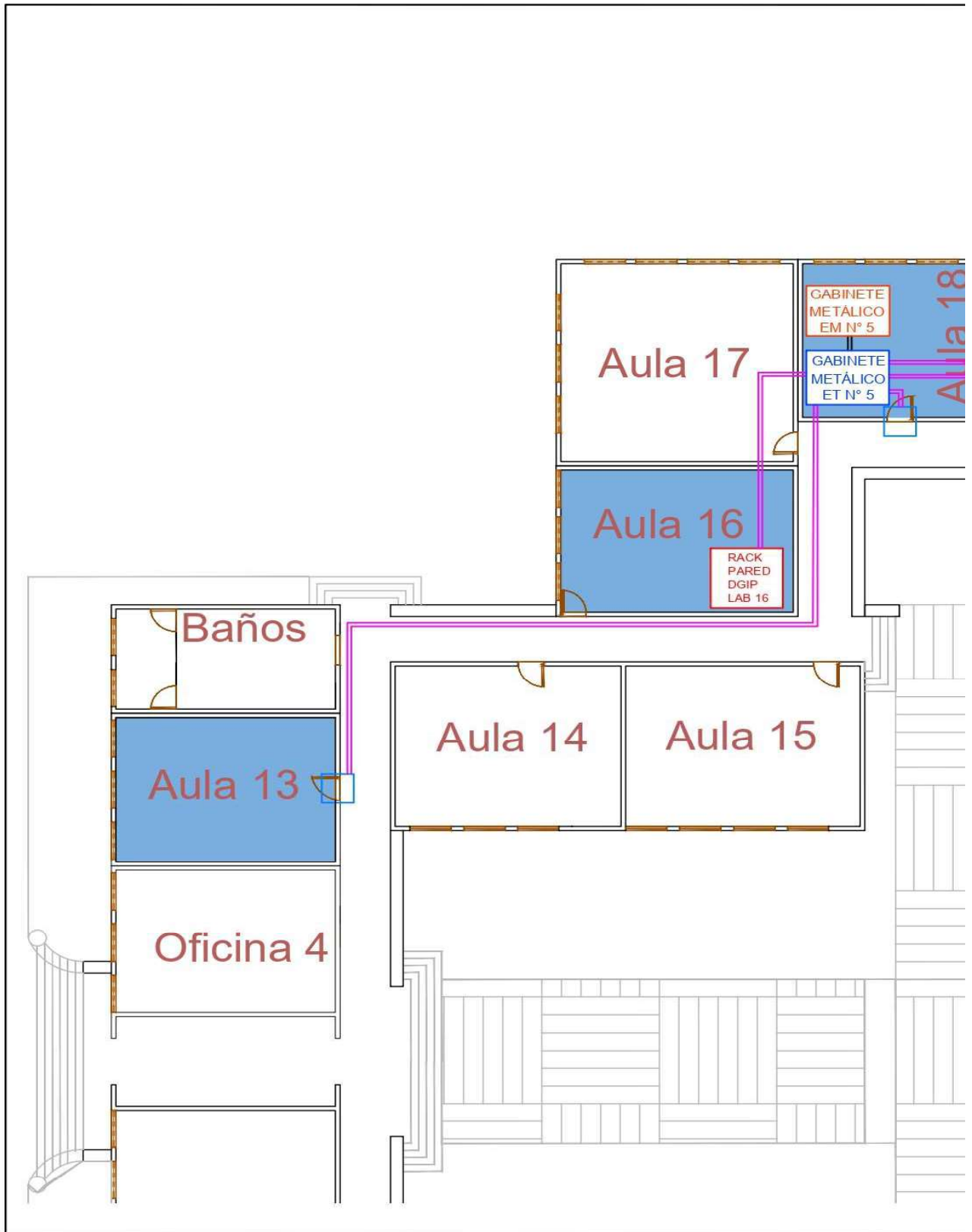
En la tabla 3.2 se presenta las distancias medidas, así como las cantidades de elementos requeridos en el plano de conductos del cableado de red y ubicación de gabinetes.

**Tabla 3.2:** Distancias requeridas de manguera corrugada de  $\frac{3}{4}$ " y elementos

	DISTANCIA DESDE EL CAJETÍN AL GABINETE DE CONTROL (m)	CAJETINES	GABINETES METÁLICOS
TEC-13	54	1	
TEC-18	12	1	2
TEC-19	37	1	
TEC-21	41	1	
Laboratorio 16	10	-	
<b>Total:</b>	154	4	2
<b>Rollos de manguera:</b>	3		

En la figura 3.7 se presenta el plano de conductos del cable de red y ubicación de gabinetes. A continuación se detalla los puntos a tratar en el plano:

- Rutas de la manguera corrugada  $\frac{3}{4}$ " desde el gabinete de telecomunicaciones hasta un cajetín de paso.
- Canaleta para el cable UTP de la *shield Ethernet*.
- Ubicación del *rack* de pared de la DGIP del laboratorio 16.
- Ubicación de los gabinetes de control y telecomunicaciones en el aula 18.
- Ubicación de los cajetines de paso para la distribución del cableado de red, control y alimentación del biométrico.
- Simbología de infraestructura de red.



**Figura 3.7:** Plano de conductos del cable de red y ubicación de gabinetes

## Plano del cableado de red

En la tabla 3.3 se presenta las distancias medidas y aproximadas del cable UTP, cantidad de elementos requeridos y asignación de puertos a utilizar en el plano del cableado de red.

**Tabla 3.3:** Distancias requeridas de cable UTP y puertos de los *switches* a utilizar

	DISTANCIA DESDE EL CAJETÍN AL GABINETE DE CONTROL (m)	DISTANCIA BAJANTE A EQUIPOS (m)	DISTANCIA BAJANTE AL GABINETE DE TELECOMUNICACIONES (m)	PUERTO DEL SWITCH D-LINK	PUERTO DEL SWITCH CISCO
TEC-13	54	2	1	F5	-
TEC-18	12	2	1	F6	-
TEC-19	37	2	1	F7	-
TEC-21	41	2	1	F8	-
Laboratorio 16	10	2	1	F4	G20
Tarjeta Arduino	10	2	1	-	G19
<b>Sub-total:</b>	164	12	6	5	2
<b>Total conectores RJ-45:</b>				14	
<b>Total cable:</b>	168				
<b>Rollo de UTP:</b>	1				

En la figura 3.8 se presenta el plano de cableado de red. A continuación se detalla los puntos a tratar en el plano:

- Despliegue de un enlace de cable UTP cat. 5e desde el *switch* D-Link ubicado en el gabinete de telecomunicaciones hasta *switch* del laboratorio 16.
- Despliegue de los enlaces de cable UTP cat. 5e desde el *switch* D-Link ubicado en el gabinete de telecomunicaciones hasta cada uno de los biométricos.
- Despliegue del cable UTP cat. 5e desde la *shield Ethernet* ubicado en el gabinete de control hasta el *switch* del laboratorio 16.
- Etiquetado en cada extremo en el modo “De dónde vengo y a dónde voy”.
- Simbología de infraestructura de red.

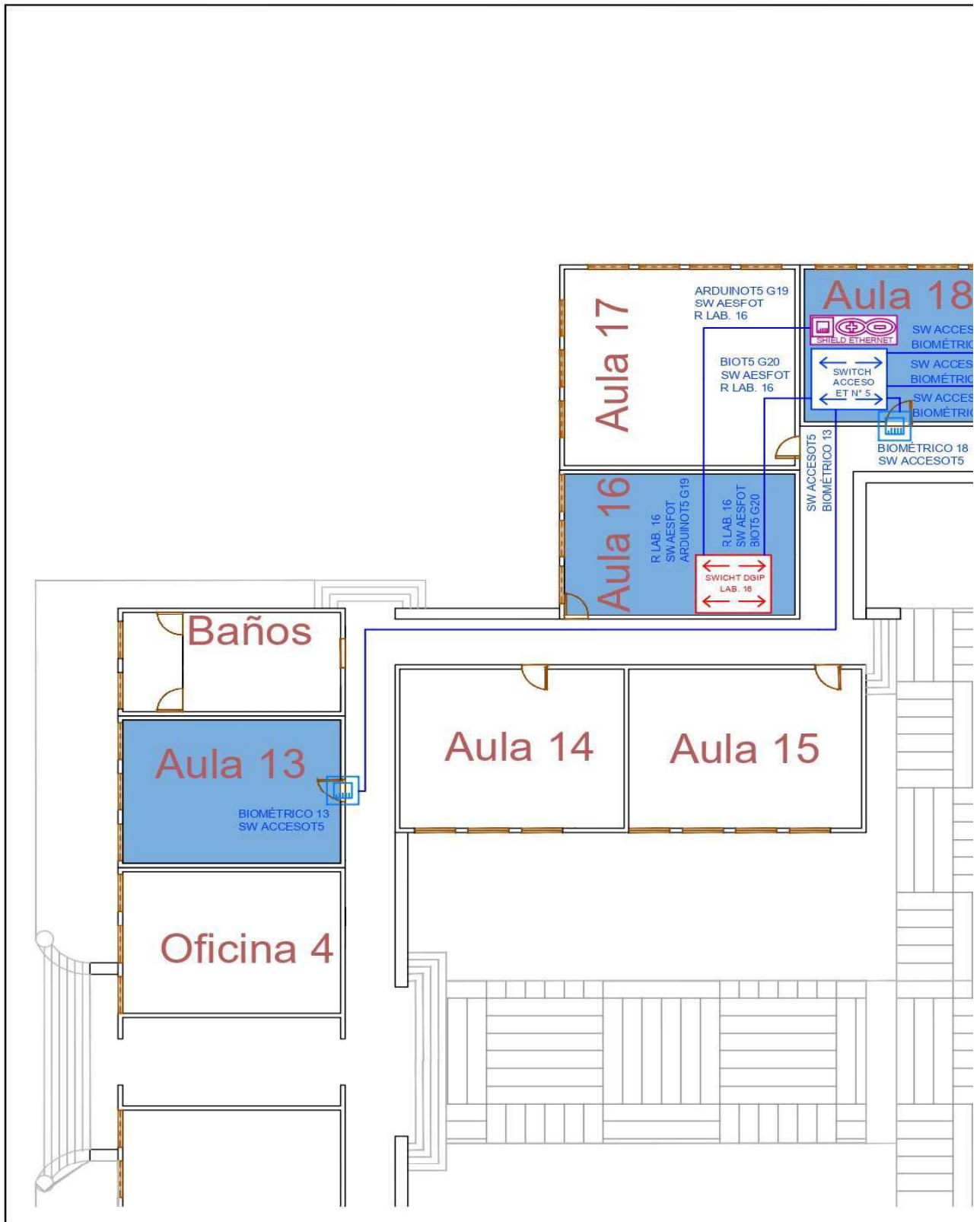


Figura 3.8: Plano del cableado de red



## Esquema de administración del cableado estructurado

En la tabla 3.4 se presenta la descripción de las etiquetas implementadas en cada extremo del cable de red.

**Tabla 3.4:** Esquema de administración “De dónde vengo a dónde voy”.

IDENTIFICADOR (ORIGEN - DESTINO)	DESCRIPCIÓN
BIOMÉTRICO 13 SW ACCESOT5	Viene del biométrico del aula 13 y va al <i>switch</i> de acceso gabinete de telecomunicaciones 5.
SW ACCESOT5 BIOMÉTRICO 13	Viene del <i>switch</i> de acceso gabinete de telecomunicaciones 5 y va al biométrico del aula 13.
BIOMÉTRICO 18 iSW ACCESOT5	Viene del biométrico del aula 18 y va al <i>switch</i> de acceso gabinete de telecomunicaciones 5.
SW ACCESOT5 BIOMÉTRICO 18	Viene del <i>switch</i> de acceso gabinete de telecomunicaciones 5 y va al biométrico del aula 18.
BIOMÉTRICO 19 SW ACCESOT5	Viene del biométrico del aula 19 y va al <i>switch</i> de acceso gabinete de telecomunicaciones 5.
SW ACCESOT5 BIOMÉTRICO 19	Viene del <i>switch</i> de acceso gabinete de telecomunicaciones 5 y va al biométrico del aula 19.
BIOMÉTRICO 21 SW ACCESOT5	Viene del biométrico del aula 21 y va al <i>switch</i> de acceso gabinete de telecomunicaciones 5.
SW ACCESOT5 BIOMÉTRICO 21	Viene del <i>switch</i> de acceso gabinete de telecomunicaciones 5 y va al biométrico del aula 21.
R LAB. 16 SW AESFOT BIOT5 G20	Viene del <i>rack</i> del laboratorio 16, <i>switch</i> AESFOT puerto Giga-Ethernet 20 y va al <i>switch</i> de acceso gabinete de telecomunicaciones 5.
BIOT5 G20 R LAB. 16 SW AESFOT	Viene del <i>switch</i> de acceso gabinete de telecomunicaciones 5 y va al <i>rack</i> del laboratorio 16, <i>switch</i> AESFOT puerto Giga-Ethernet 20.
R LAB. 16 SW AESFOT ARDUINOT5 G19	Viene del <i>rack</i> del laboratorio 16, <i>switch</i> AESFOT puerto Giga-Ethernet 19 y va al Arduino del gabinete de control 5.
ARDUINOT5 G19 SW AESFOT R LAB. 16	Viene del al Arduino del gabinete de control 5 y va al <i>rack</i> del laboratorio 16, <i>switch</i> AESFOT puerto Giga-Ethernet 19.

## Plano de conductos del cableado de sensores

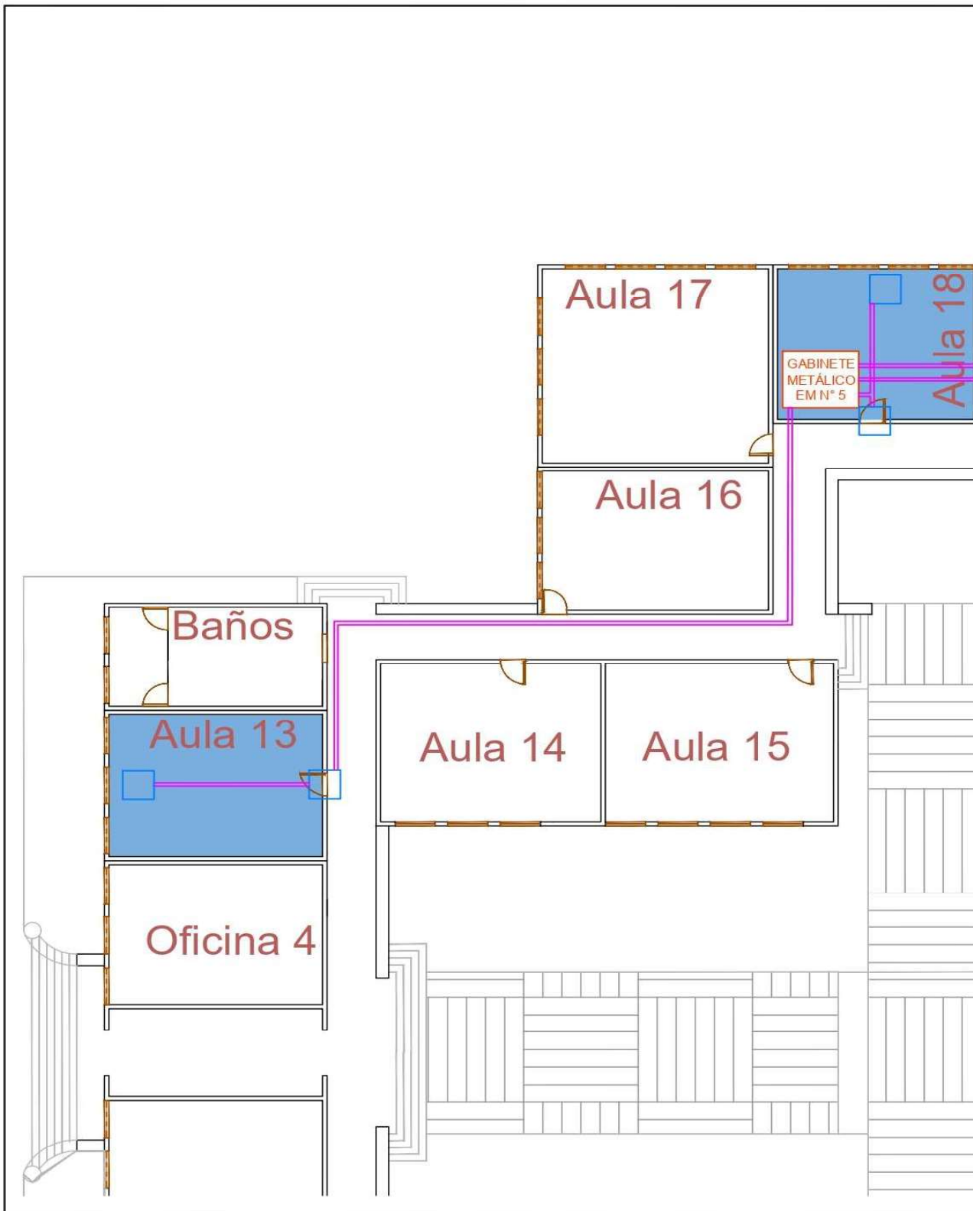
En la tabla 3.5 se presenta las distancias medidas para la manguera corrugada de  $\frac{3}{4}$ ", así como las cantidades de elementos requeridos.

**Tabla 3.5:** Distancias requeridas de manguera entre cajetines

	DISTANCIA DE LA MANGUERA $\frac{3}{4}$ " ENTRE CAJETINES (m)	CAJETINES
TEC-13	18	1
TEC-18	14	1
TEC-19	13	1
TEC-21	20	1
<b>Total:</b>	65	4
<b>Rollos de manguera:</b>	1	

En la figura 3.9 se presenta el plano de conductos del cableado de sensores. A continuación se detalla los puntos a tratar en el plano:

- Rutas de la manguera corrugada  $\frac{3}{4}$ " desde el gabinete de control hasta el cajetín de paso para la distribución de cables al biométrico.
- Rutas de la manguera corrugada  $\frac{3}{4}$ " para el cable 20 AWG desde el cajetín de paso que distribuye cables al biométrico hasta el cajetín de paso ubicado en la zona de las ventanas.
- Ubicación del gabinete de control en el aula 18.
- Ubicación del cajetín de paso para la distribución del cableado de los sensores.
- Simbología de infraestructura de red.



**Figura 3.9:** Plano de conductos del cableado de sensores

## Plano de cableado y ubicación de sensores

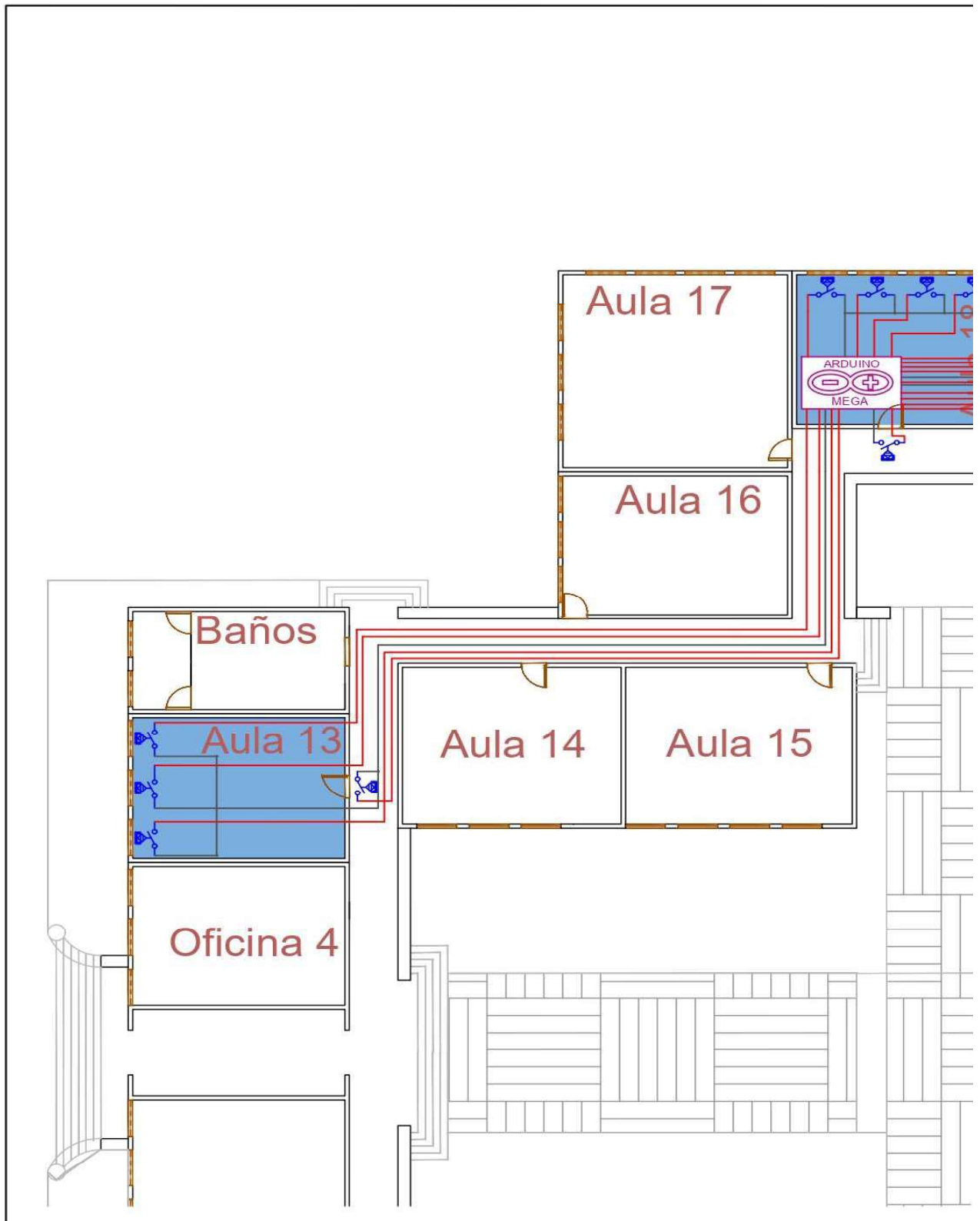
En la tabla 3.6 se presenta las distancias medidas y asignadas del cable desde el tablero al cajetín, bajante al tablero y bajante al sensor, así como la cantidad de elementos requeridos para el plano de cableado y ubicación de sensores.

**Tabla 3.6:** Distancias requeridas de cable 22 AWG para sensores

	NÚMERO DE VENTANAS	DISTANCIA DEL CABLE TABLERO A CAJETÍN VENTANAS (m)	DISTANCIA DE CABLE TABLERO A CAJETÍN PUERTA (m)	DISTANCIA DEL CABLE BAJANTE AL SENSOR (m)		DISTANCIA DEL CABLE BAJANTE AL TABLERO DE CONTROL (m)	DISTANCIA DEL CABLE GND DE LOS SENSORES (m)
				VENTANA	PUERTA		
<b>TEC-13</b>	3	69 x 3	54	2.50x2	1x2	1	69
<b>TEC-18</b>	4	8 x 4	12	2.50x2	1x2	1	8
<b>TEC-19</b>	4	48 x 4	27	2.50x2	1x2	1	48
<b>TEC-21</b>	3	60 x 3	41	2.50x2	1x2	1	60
<b>Sub-total</b>	14	611	134	20	8	4	185
<b>Total de cable:</b>	962 (m)						
<b>Rollos de cable:</b>	10						
<b>Total de sensores:</b>	16						

En la figura 3.10 se presenta el plano de cableado y ubicación de sensores. A continuación se detalla los puntos a tratar en el plano:

- Despliegue del cable 20 AWG desde el Arduino Mega ubicado en el gabinete de control hasta cada uno de los sensores magnéticos de puertas y ventanas.
- Despliegue de 4 cables 20 AWG para la línea de común desde el Arduino Mega ubicado en el gabinete de control hasta un punto de concentración de los sensores.
- Ubicación de los sensores en ventanas y puertas de cada una de las aulas.
- Simbología de infraestructura de red.



**Figura 3.10:** Plano de cableado y ubicación de sensores

### 3.4. Diseño y construcción del sistema de automatización

El diseño de *hardware* y *software* a implementar se desarrolló mediante la división de las etapas de sensado por medio de sensores magnéticos, alimentación por parte de una fuente conmutada, potencia para la activación de relés. Además de la comunicación y presentación de la información, como se muestra en la figura 3.11.



Figura 3.11: Control del sistema de automatización

#### Asignación de pines de la tarjeta Arduino Mega

En la figura 3.12, se muestra la asignación de los pines para los sensores de las luces, puertas y ventanas, pines para el envío de señales de control para el accionamiento de luminarias y puertas.

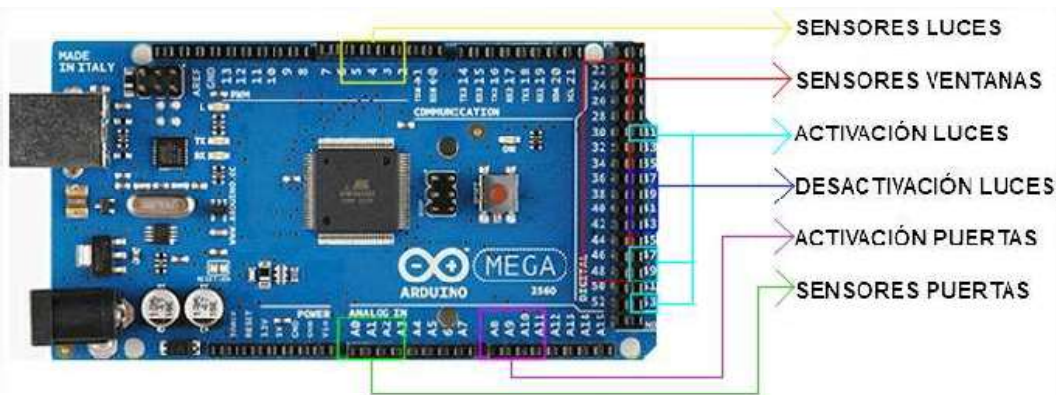


Figura 3.12: Distribución de pines del Arduino [5]

En la tabla 3.7 se presenta la asignación y distribución de los pines GPIO para cada sensor magnético de las ventanas de cada curso, así como el código de etiquetas a usar en cada extremo del cable.

**Tabla 3.7:** Pines GPIO asignados para los sensores de las ventanas

VENTANAS			
PINES	VENTANA	AULA	CÓDIGO DE ETIQUETAS
22	1	21	IN(22) / V21N1
24	2		IN(24) / V21N2
26	3		IN(26) / V21N3
28	1	19	IN(28) / V19N1
30	2		IN(30) / V19N2
32	3		IN(32) / V19N3
34	4		IN(34) / V19N4
36	1	18	IN(36) / V18N1
38	2		IN(38) / V18N2
40	3		IN(40) / V18N3
42	4		IN(42) / V18N4
44	1	13	IN(44) / V13N1
46	2		IN(46) / V13N2
48	3		IN(48) / V13N3

En la tabla 3.8, se presenta la asignación y distribución de los pines GPIO para los sensores magnético, pines para la activación de los relés DC de las puertas de cada curso, así como el código de etiquetas a usar en cada extremo del cable.

**Tabla 3.8:** Pines GPIO asignados como entrada de los sensores y activación relés

PUERTAS			
PINES	IN/OUT	AULA	CÓDIGO DE ETIQUETAS
54-A0	IN	21	IN(A0) / P21N1
55-A1		19	IN(A1) / P19N1
56-A2		18	IN(A2) / P18N1
57-A3		13	IN(A3) / P13N1
62-A8	OUT	13	OUT(A8) / P13
63-A9		18	OUT(A9) / P18
64-A10		19	OUT(A10) / P19
65-A11		21	OUT(A11) / P21

En la tabla 3.9 se presenta la asignación y distribución de los pines GPIO para la entrada de señales de los sensores magnéticos y pines para el encendido y apagado de las luminarias de cada curso, así como el código de etiquetas a usar en cada extremo del cable.

**Tabla 3.9:** Pines GPIO asignados como entrada/salida de las luminarias

LUMINARIAS			
PINES	IN/OUT	AULA	CÓDIGO DE ETIQUETAS
2	IN	21	IN(2) / L21N1
3		19	IN(3) / L19N1
4		18	IN(4) / L18N1
5		13	IN(5) / L13N1
53	OUT-ON	21	OUT(53) / EL21
49		18	OUT(49) / EL18
47		13	OUT(47) / EL13
43	OUT-OFF	21	OUT(43) / AL21
41		19	OUT(41) / AL19
39		18	OUT(39) / AL18
37		13	OUT(37) / AL13
31	OUT-ON	19	OUT(31) / EL19

### **Conexión de la tarjeta Arduino Mega y dispositivos en el tablero de control**

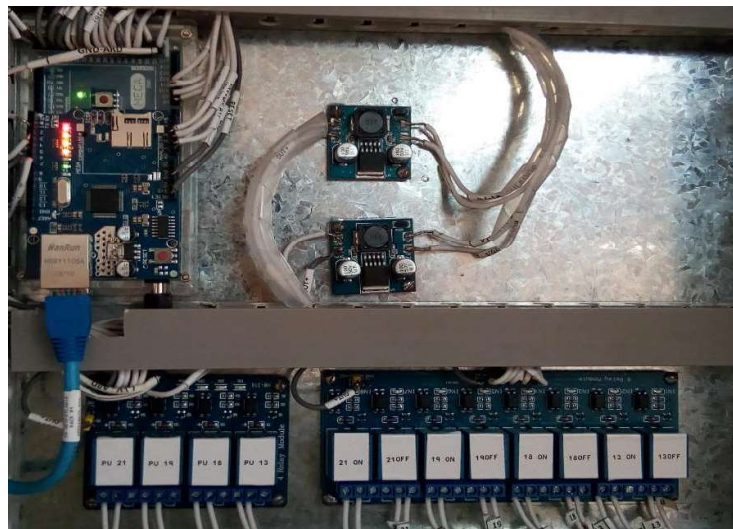
Como la tarjeta Arduino Mega es el sistema central de control, el enfoque se dirige a la conexión y etiquetamiento de los cables de los pines GPIO asignados a las borneras de los sensores, módulos relés y un par de contactos normalmente abierto de los relés industriales, como se muestra en el diagrama de conexiones del sistema de control del anexo C. En la figura 3.13, se muestra las conexiones y etiquetamiento de los cables que conectan y se distribuyen desde los pines GPIO a las borneras DIMM en la tarjeta Arduino Mega.





**Figura 3.13:** Conexiones realizadas de la tarjeta Arduino Mega

En la figura 3.14, se presenta la instalación y conexión realizada en los reguladores reductores de 12 (V<sub>DC</sub>) a 5 (V<sub>DC</sub>) para la alimentación del módulo relé de 4 y 8 canales respectivamente.



**Figura 3.14:** Instalación de reguladores reductores

En la figura 3.15, se muestra las conexiones realizadas para las señales de entrada que activará cada canal del módulo, así como la correcta alimentación del módulo relé. Adicionalmente el etiquetado de los módulos relés de 4 canales para las puertas y 8 canales para las luminarias.



**Figura 3.15:** Conexión de los módulos relé

En la figura 3.16, se muestra los relés industriales Schneider, donde se conecta el contacto N°3 (NO) y contacto N°4 (COMUN) para sensar el estado de las luminarias.



**Figura 3.16:** Conexión de los terminales del relé para el sensado de luminarias

El etiquetado de los cables que conectan los pines de la tarjeta Arduino Mega a las borneras DIMM, módulos relés y cables que conectan a los contactos del relé industrial, se realiza con una etiquetadora BRADY y cinta de  $\frac{3}{4}$ ". El código de etiquetado que se usa es de las tablas de pines GPIO asignados a ventanas, puertas y luminarias.

Una vez construido el tablero de control, figura 3.17; es instalado en el aula 18 para posteriormente proceder con las pruebas correspondientes, incorporando el cableado y el programa del Arduino. En el anexo D se muestra el plano del cableado del tablero de control.



**Figura 3.17:** Tablero de control

### **Diagrama de flujo del código**

En la figura 3.18 se presenta el diagrama de flujo del programa destinado al funcionamiento del sistema de automatización. En el diagrama se muestra la asignación de las direcciones IP y MAC, definición de variables y pines como entrada/salida. Posteriormente la inicialización del servidor *web* para la presentación de datos en una página HTML. Que se inicia el proceso de lectura del estado de los sensores o entrada de un *string*, y estará actualizándose cada milisegundo por algún cambio de estado o entrada de un *string*; y presentando en la página HTML el estado de cada uno de los sensores de luminarias, puertas y ventanas, de cada aula.

Al tratarse de sensores digitales “todo o nada” y en estado normalmente abierto, el condicional evaluará el cambio de estado de *HIGH* a *LOW*; si un sensor cambia de estado, el condicional mostrará el cambio de ese sensor, así como del resto de sensores.

Para el accionamiento de puertas, encendido o apagado de las luces, el programa estará esperando un *string* que será comparado a un *pool* de *strings* creado con anterioridad en el programa. Si el *string* entrante es correcto, cambiará el estado del pin asignado de *HIGH* a *LOW* durante un segundo para volver al estado *HIGH* y seguidamente presenta el estado del sensor, así como del resto de sensores.

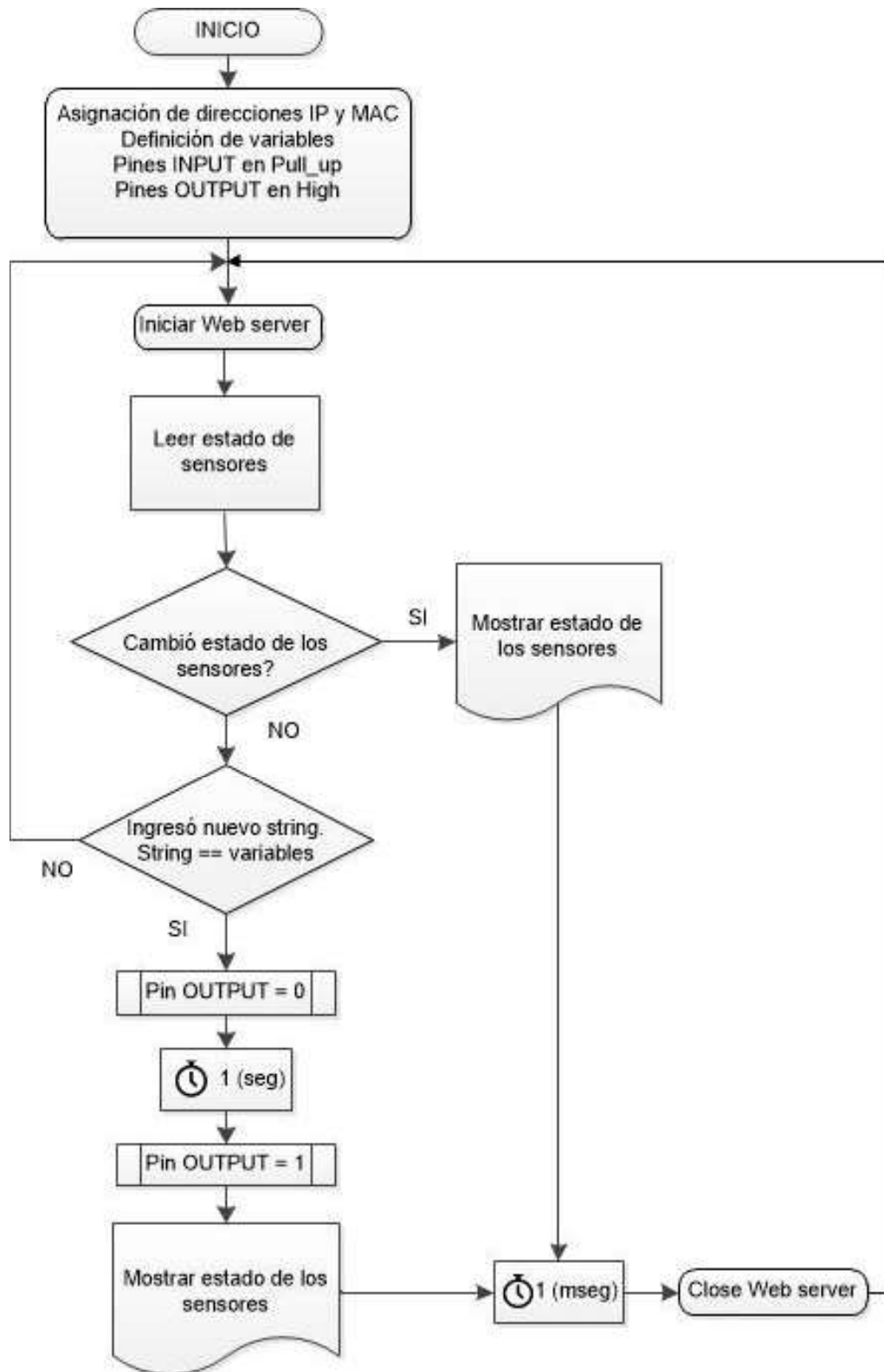


Figura 3.18: Diagrama de flujo del código del Arduino

## Código de la tarjeta Arduino Mega

El código se basa en el ejemplo de programa *Web Server* que provee Arduino e incluye la librería *Ethernet* para presentar la información en una página HTML y establecer la comunicación del Arduino Mega a una red *Ethernet* por medio de la tarjeta *shield Ethernet Wiznet*.

Se inicia asignando direcciones IPs y cambiando la dirección MAC que viene por defecto. Se crean variables de tipo entero para almacenar valores enteros y *string*. Además, se asignan los pines a las variables para su fácil uso a lo largo del código. A continuación, se presenta un extracto del código.

```
#include <SPI.h>;
#include <Ethernet.h>;
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
byte ip[] = {192, 168, 1, 19};
byte gateway[] = {192, 168, 1, 1};
byte subnet[] = {255, 255, 255, 0};
EthernetServer server(80);
String readString;
//VALOR ACTUAL VENTANAS:
int ACT_VENT_21_1;int ACT_VENT_21_2;int ACT_VENT_21_3;
int ACT_VENT_19_1;int ACT_VENT_19_2;int ACT_VENT_19_3;int ACT_VENT_19_4;
//DEFINIR PINES VENTANAS:
int VENT_21_1=22;int VENT_21_2=24;int VENT_21_3=26;
int VENT_19_1=28;int VENT_19_2=30;int VENT_19_3=32;int VENT_19_4=34;
//VALOR ACTUAL PUERTAS:
int ACT_PU_21;int ACT_PU_19;int ACT_PU_18;int ACT_PU_13;
//VALOR ACTUAL FOCOS:
int ACT_FO_21;int ACT_FO_19;int ACT_FO_18;int ACT_FO_13;
//DEFINIR PINES PUERTAS:
int PU_21_1=54;int PU_19_1=55;int PU_18_1=56;int PU_13_1=57;
// SALIDA PUERTAS:
int E21P=65;int E19P=64;int E18P=63;int E13P=62;
// SALIDA ON FOCOS:
int E21L=53;int E19L=31;int E18L=49;int E13L=47;
// SALIDA OFF FOCOS:
int A21L=43;int A19L=41;int A18L=39;int A13L=37;
```

En la función `void setup ()`, sección donde se ejecuta una vez cuando inicia el programa. Se asigna el estado de los pines de entrada/salida y se establece en modo `PULL_UP` las entradas y en estado `HIGH` las salidas. Además, se inicializa las funciones del servidor. A continuación, se presenta un extracto del código, a manera demostrativa.

```
void setup() {
//puertas:
DDRF=0;
PORTF=255;
DDRK=255;
PORTK=255;
//entradas focos:
pinMode(2, INPUT_PULLUP);pinMode(3, INPUT_PULLUP);
pinMode(5, INPUT_PULLUP);pinMode(7, INPUT_PULLUP);
//salidas focos:
pinMode(53, OUTPUT);pinMode(49, OUTPUT);
pinMode(47, OUTPUT);pinMode(31, OUTPUT);
//ventanas:
pinMode(22, INPUT_PULLUP);pinMode(24, INPUT_PULLUP);
pinMode(26, INPUT_PULLUP);pinMode(28, INPUT_PULLUP);
Serial.begin(9600);
Ethernet.begin(mac, ip, gateway, subnet);
server.begin();
Serial.print("El Servidor es: ");
Serial.println(Ethernet.localIP());
}
```

La función `void loop ()`, se trata de un bucle que se repite constantemente, aquí es donde el código del programa utiliza el formato de una página HTML para presentar los datos en una página *web*. A continuación, se presenta la programación de esta sección.

```
void loop() {
EthernetClient cliente = server.available();
if(cliente){
while(cliente.connected()){
if (cliente.available()){
char c = cliente.read();
if (readString.length()<100){
readString += c;
}
if (c == '\n'){
```

```

Serial.println(readString);
cliente.println("HTTP/1.1 200 OK");
cliente.println("Content-Type: text/html");
cliente.println("Connection: close");
cliente.println();
cliente.println("<HTML>");
cliente.println("<HEAD>");
cliente.println("<TITLE> PRUEBA ARDUINO </TITLE>");
cliente.println("</HEAD>");
cliente.println("<BODY>");

```

En el cuerpo de la página, se efectúa el proceso de verificar y presentar el estado de los sensores de luces, puertas y ventanas en un *string*. Mediante la lectura de un pin de entrada (`digitalRead (54)`) y asignarle a la variable correspondiente (`ACT_PR_21`) creada al comienzo del código. Luego, se presenta la información en la página con la función `cliente.print (ACT_PU_21)` junto a los caracteres de las aulas 13, 18 y 19. A continuación se presenta un extracto del código correspondiente al aula 21; para las demás aulas la programación es similar, variando el pin y variable a usar.

```

//PUERTA 21
ACT_PU_21 = digitalRead (54);
  cliente.print(",21P:");
  cliente.print(ACT_PU_21);
  cliente.print(",");

//FOCOS AULA 21:
ACT_FO_21 = digitalRead (2);
  cliente.print("21L:");
  cliente.print(ACT_FO_21);
  cliente.print(",");

//VENTANAS AULA 21:
//VENTANA 1:
ACT_VENT_21_1 = digitalRead (22);
  cliente.print("21V1:");
  cliente.print(ACT_VENT_21_1);
  cliente.print(",");

//VENTANA 2:
ACT_VENT_21_2 = digitalRead (24);
  cliente.print("21V2:");
  cliente.print(ACT_VENT_21_2);
  cliente.print(",");

```

```

//VENTANA 3:
ACT_VENT_21_3 = digitalRead (26);
cliente.print("21V3:");
cliente.print(ACT_VENT_21_3);
cliente.print(",");

```

Las siguientes líneas de código cierran el cuerpo y la página HTML; y la mantiene durante un milisegundo para visualizar la página, seguidamente el servidor se detiene y el ciclo empieza nuevamente.

```

cliente.println("</BODY>");
cliente.println("</HTML>");

delay(1);
cliente.stop();

```

En la siguiente parte se presenta las líneas de código para recibir comandos en el navegador y abrir puertas, encender y apagar luces. Para ello, se verificará mediante el condicional *if* la función `readString.indexOf("?E21P")`; si cumple, cambiará de estado el pin designado como salida con el comando `digitalWrite (EP21, LOW)` por un segundo. Este proceso se realiza para cada aula; a manera demostrativa se presenta la programación para el aula 21.

```

//////////ABRIR PUERTAS//////////
if (readString.indexOf("?E21P")>0){
    digitalWrite (E21P,LOW);
    delay(1000);
    digitalWrite (E21P,HIGH);
}

//////////APAGAR LUMINARIAS//////////
if (readString.indexOf("?A21L")>0){
    digitalWrite (A21L,LOW);
    delay(1000);
    digitalWrite (A21L,HIGH);
}

```



```

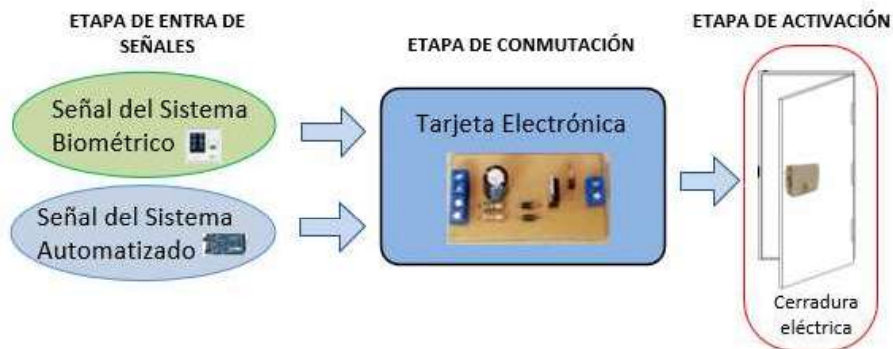
//////////PRENDER LUMINARIAS//////////
if (readString.indexOf("?E21L")>0) {
    digitalWrite (E21L,LOW);
    delay(1000);
    digitalWrite (E21L,HIGH);
}

```

Mediante el software Arduino IDE y un cable USB tipo A/B que conecta al Arduino Mega y una computadora, se procede a cargar el código del programa desarrollado. Si el programa se cargó correctamente se podrá visualizar en un navegador el estado de sensores y activar o desactivar las luminarias, así como la activar las puertas desde una página *web*, como se tratará en la sección de pruebas más adelante.

### 3.5. Tarjeta electrónica para la cerradura eléctrica

En la figura 3.19 se presenta el diagrama de la tarjeta electrónica que integra como entradas las señal de activación tanto del sistema de automatización y biométrico para la apertura de la puerta.



**Figura 3.19:** Diagrama para la apertura de puerta

El circuito mostrado en la figura 3.20, tiene la función de accionar la cerradura por medio del biométrico o el tablero de control, alimentar la cerradura y proteger a los componentes de los sistemas de control. Para ello se utiliza un transistor como interruptor para la activación de la cerradura. Además, como entrada de señales, se utiliza la serie de resistencia y diodo rectificador, asegurando que la señal que entra por una bornera se dirija a la base del transistor y no se regrese por la otra entrada de señal.

El capacitor que está conectado en paralelo a la alimentación tiene el propósito de filtrar el voltaje de entrada y mitigar el ruido eléctrico provocado por la bobina de la cerradura. Además, como protección al circuito se conecta un diodo rectificador en antiparalelo a las borneras de la cerradura para que no exista retorno de corriente al circuito generado por la bobina de la cerradura y se descargue en el mismo elemento.

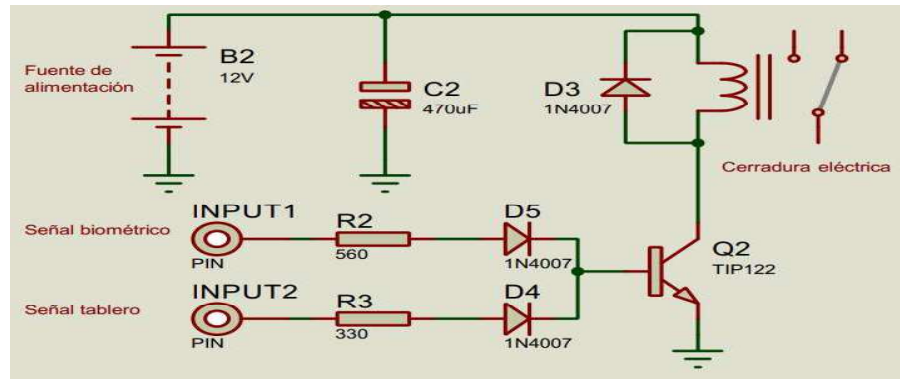


Figura 3.20: Diagrama esquemático de la tarjeta

## Cálculo y selección de elementos de la tarjeta

### Transistor *Darlington* TIP122

El transistor empleado se debe a las características especiales de funcionamiento en altas tensiones e intensidades que puede soportar. Además de tener una alta sensibilidad en la base y un diodo *damp*er integrado en el encapsulado en caso de que el diodo en antiparalelo de la cerradura eléctrica falle, protegiendo así a los equipos asociados a la tarjeta.

En la tabla 3.10 se presenta los valores requeridos del transistor para funcionar como interruptor de una cerradura eléctrica de 12 ( $V_{DC}$ ) / 1 (A).

Tabla 3.10: Especificaciones técnicas del transistor *Darlington* TIP122 [28]

<b>Voltaje máximo de Colector-Emisor</b>	100 ( $V_{DC}$ )
<b>Corriente continua-pico de Colector</b>	5 (A)
<b>Corriente máxima de base (<math>I_B</math>)</b>	120 (mA)
<b>Potencia de disipación a 25°C</b>	65 (W)
<b>Voltaje de Base-Emisor</b>	2,5 ( $V_{DC}$ )

## Resistencias

En la ecuación 1, se muestra la fórmula para hallar la resistencia de base que limitara la corriente proveniente de la señal del biométrico.

$$R_B = \frac{V_{in} - V_D - V_{BE}}{I_B} \quad (1)$$

Donde:

- $V_{in} = 12$  (V<sub>DC</sub>)
- $I_B = 15$  (mA)
- $V_D = 0,7$  (V<sub>DC</sub>)
- $V_{BE} = 2.5$  (V<sub>DC</sub>)

Obteniendo el siguiente valor de resistencia, ecuación 2.

$$R_B = 586,66 \text{ } (\Omega) \quad (2)$$

Para el cálculo de la potencia de disipación de la resistencia destinada a la señal del biométrico, se muestra la fórmula utilizada en la ecuación 3.

$$P_{\text{Disipación}} = R * I^2 \quad (3)$$

Obteniendo el siguiente valor de potencia de disipación, ecuación 4.

$$P_{\text{Disipación}} = 131,99 \text{ (mW)} \quad (4)$$

Se establece el valor calculado a un valor comercial de 560 ( $\Omega$ ) de 1/4 (W).

Para el cálculo de la resistencia de la señal de entrada del tablero de control, se toma en cuenta la resistencia del cable 20 AWG (3,5 Ohm/100 m), ecuación 5.

$$V_{in} = V_{\text{Fuente}} - R_{\text{Cable}} * I_B \quad (5)$$

Donde:

- $V_{\text{Fuente}} = 12$  (V<sub>DC</sub>)
- $R_{\text{Cable}} = 3,5$  ( $\Omega$ )

- $I_B = 15 \text{ (mA)}$

Obteniendo el siguiente valor de voltaje de entrada, ecuación 6.

$$V_{in} = 8,5 \text{ (V)} \quad (6)$$

En la ecuación 1, se muestra la fórmula para hallar la resistencia de base, en este caso se hace el cálculo para la señal proveniente de la señal del tablero.

Donde:

- $V_{in} = 8,5 \text{ (V}_{DC})$
- $I_B = 15 \text{ (mA)}$
- $V_D = 0,7 \text{ (V}_{DC})$
- $V_{BE} = 2.5 \text{ (V}_{DC})$

Obteniendo el siguiente valor de resistencia, ecuación 7.

$$R_B = 353.33 \text{ (}\Omega\text{)} \quad (7)$$

Para el cálculo de la potencia de disipación de la resistencia destinada a la señal del tablero, se muestra la fórmula utilizada en la ecuación 3.

Obteniendo el siguiente valor de potencia de disipación, ecuación 8.

$$P_{Disipación} = 131,99 \text{ (mW)} \quad (8)$$

Se establece el valor calculado a un valor comercial de 330 ( $\Omega$ ) de 1/4 (W).

### Capacitor

En la ecuación 9, se presenta la fórmula para el voltaje máximo que el capacitor soportará cuando la fuente del biométrico entregue picos de voltaje superior a 12 ( $V_{DC}$ ), cuando empieza a funcionar la fuente.

$$V_{max} = \sqrt{2} * V_{Fuente} \quad (9)$$

Donde:

- $V_{Fuente} = 12 (V_{DC})$

Obteniendo el siguiente valor de voltaje máximo, ecuación 10.

$$V_{max} = 16,97 (V_{DC}) \quad (10)$$

En la ecuación 11, se muestra la fórmula para hallar la capacitancia que filtrará el voltaje proveniente de la fuente del biométrico.

$$C = \frac{I_{carga}}{2 * f * V_{max}} \quad (11)$$

Obteniendo el siguiente valor de capacitancia, ecuación 12.

$$C = 441,95 (uF) \quad (12)$$

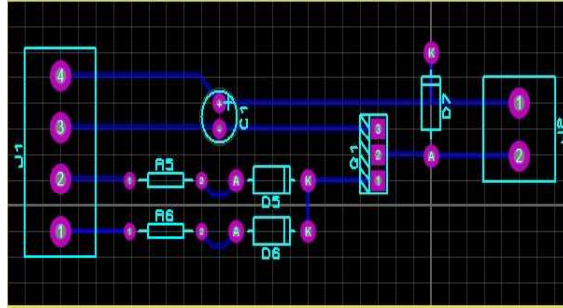
Se establece el valor calculado a un valor comercial de 470 (uF) / 35 (V<sub>DC</sub>).

Los siguientes elementos son los utilizados para construir la tarjeta electrónica.

- 2 resistencias de 330 y 560 ohmios, respectivamente.
- 1 transistor *Darlington* TIP122
- 1 capacitor electrolítico de 470 (uF) / 35 (V<sub>DC</sub>)
- 3 diodos rectificadores 1N4007
- 3 borneras dobles

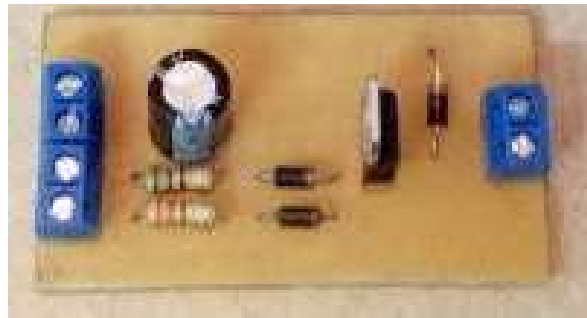
### **Construcción de la tarjeta**

Con el diagrama esquemático, se procede a realizar el diagrama de conexiones, figura 3.21. Se imprime el circuito en papel fotográfico y se traspasa a la baquelita con el método de planchado.



**Figura 3.21:** Diagrama de conexiones

Posteriormente se efectúa el quemado, perforación, colocación y soldado de los elementos, obteniendo la tarjeta como se presenta en la figura 3.22.



**Figura 3.22:** Tarjeta para el control de la cerradura eléctrica

Las primeras pruebas de funcionamiento, figura 3.23; tratan de conectar la cerradura eléctrica y enviar señales de 12 (V<sub>DC</sub>) por medio de las fuentes y tableros de control que tiene el laboratorio de control de la ESFOT y evidenciar la activación de la cerradura tanto por la entrada asignada para la señal del biométrico y la señal del tablero correspondientemente.



**Figura 3.23:** Prueba de funcionamiento de la tarjeta

### 3.6. Diseño del tablero de telecomunicaciones

En la figura 3.24, se muestra el diseño del tablero de telecomunicaciones como punto de consolidación, en un gabinete 30x30x20 (cm). Dicho tablero contiene un regulador de voltaje, canaletas ranuradas, borneras DIMM para la distribución del suministro eléctrico a los biométricos, un soporte para el *switch* D-Link y las aperturas para el ingreso del cable UTP y alimentación de los biométricos.

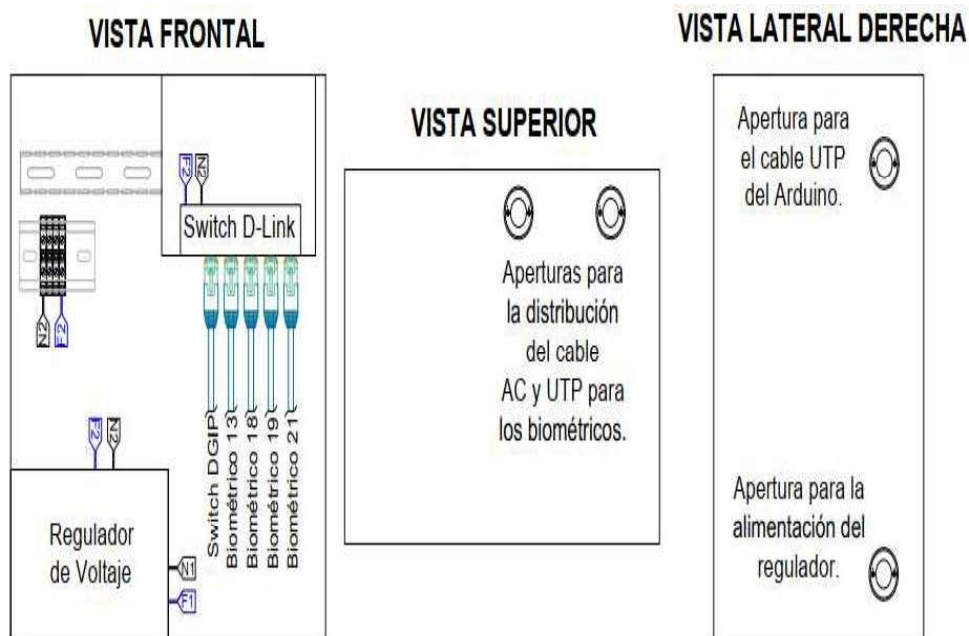


Figura 3.24: Tablero de telecomunicaciones

### 3.7. Implementación del cableado, dispositivos y equipos

Antes de comenzar con la implementación del cableado se inicia con la instalación de los gabinetes metálicos en el aula asignada, ya que constituye el punto de finalización del cableado.

#### Instalación de gabinetes metálicos

Según el plano de conductos del cableado de red y ubicación de gabinetes, se desarrolla la instalación de los gabinetes y tableros en el aula designada. La instalación se efectúa a 30 (cm) con respecto al techo, 15 (cm) de separación entre pared y 10 (cm) entre gabinetes. Para sujetar los gabinetes se perfora la pared y se utilizan tacos *Fisher F-8* con sus respectivos tornillos. Además, se instala canaletas como conductos verticales para los

gabinetes. Para el gabinete de telecomunicaciones se instala canaletas de 40x25x2000 (mm) para el cable UTP y canaleta de 20x20x2000 (mm) para el cable 14 AWG de suministro eléctrico. Al gabinete de control se instala la canaleta de 60x40x2000 (mm) para los cables 22 AWG y 14 AWG, como se ve la figura 3.25.



**Figura 3.25:** Gabinetes instalados en el aula 18

### **Instalación del cableado estructurado**

Durante el proceso de implementación del cableado se desarrolló en cuatro fases fundamentales:

- **Fase de preparación:** En esta fase, se instala todos los cables en los conductos del techo y conductos verticales.
- **Fase de recorte:** Esta fase trata sobre la administración y terminación de los cables.
- **Fase de terminación:** La tarea principal en esta fase es la prueba de los cables y corrección de errores en las terminaciones.
- **Fase de asistencia al cliente:** En esta fase se inspecciona la red con el cliente, en este caso el tutor de la tesis. Se presenta los resultados formales de las pruebas realizadas con los equipos en red y documentación. Esta fase se realiza cuando el biométrico esté instalado y conectado a la intranet.



## Fase de preparación

Con los tableros instalados, se procede con la instalación del cableado estructurado basándose en las rutas trazadas de conductos y cableado de los planos desarrollados. El siguiente trabajo se realiza cumpliendo las normas de cableado estructurado TIA/EIA 568-1-D y TIA/EIA 569-D.

Se empieza instalando los cajetines de paso en cada aula y posteriormente se coloca las mangueras por las rutas establecidas del plano de conductos del cableado de red y ubicación de gabinetes, asegurando con amarras de 30 (cm) en las estructuras de madera del techo, hasta llegar al aula donde está ubicado el gabinete.

El cable UTP que se va a enrutar por las mangueras corrugadas es organizado y etiquetado provisionalmente con cinta adhesiva en cada extremo, de tal manera que no exista confusión al momento de conectar a los equipos, sensores y borneras. Por medio de una guía se empieza el envío de los cables a través de la manguera desde el primer cajetín de paso hasta los gabinetes.

El primer cajetín de paso tiene la función de ser el punto de distribución de cables al biométrico, cables de los sensores al segundo cajetín ubicado en la zona de las ventanas y contener a la tarjeta electrónica de la cerradura eléctrica, como se muestra en la figura 3.26.



**Figura 3.26:** Primer cajetín de paso

Para el despliegue del cableado de sensores se utilizaron los planos de cableado y ubicación de sensores. En la figura 3.27, se muestra la instalación del segundo cajetín para la distribución de los cables de los sensores.



**Figura 3.27:** Segundo cajetín de paso

El cableado horizontal desplegado que inicia en el primer cajetín de paso y que termina en el gabinete, es enrutado por medio de canaletas plásticas, como se detalló en la instalación de los gabinetes. Para llegar a los biométricos se utiliza la canaleta 20x20x2000 (mm).

### **Fase de recorte**

Con el cable UTP tendido, se procede con la terminación del cable utilizando conectores RJ-45 para cada extremo. La terminación que se implementa es la T568B para seguir con la señalización que tiene el cuarto de telecomunicaciones del laboratorio 16 y no causar confusiones al momento de realizar pruebas del cableado, ver figura 3.28.



**Figura 3.28:** Terminación del cable UTP

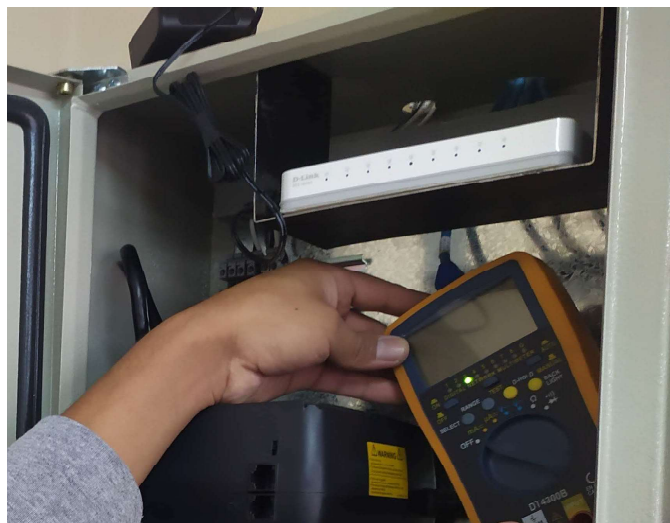
Para la administración del cable UTP se utiliza el esquema de administración “De dónde vengo a dónde voy” del plano de cableado de red. En la figura 3.29, se muestra la etiqueta adherida en los extremos del cable UTP.



**Figura 3.29:** Etiquetado del cable UTP

### Fase de terminación

Con el fin de comprobar que la terminación del conector RJ-45 se efectuó correctamente, se utiliza un probador de cable de red, ver figura 3.30. Si los dos extremos están bien ponchados, el comprobador encenderá un LED indicando el respectivo par verificado.



**Figura 3.30:** Test del cable UTP

## Instalación de la tarjeta electrónica

Con los cajetines de paso ubicados e instalados, se coloca y conecta la tarjeta electrónica con los cables provenientes del tablero de control, biométrico, alimentación y cerradura. La alimentación que se conecta a la bornera proviene de la fuente DC del biométrico. En la figura 3.31, se muestra las líneas que se conectan a las borneras de la tarjeta:

1. Alimentación 12 (V<sub>DC</sub>)
2. GND
3. Línea proveniente del tablero de control
4. Línea proveniente del biométrico
5. La conexión de la cerradura no tiene polaridad, por lo que la conexión es indiferente



Figura 3.31: Líneas de conexión de la tarjeta

## Instalación y conexión de cerradura eléctrica y biométricos

La instalación de la cerradura eléctrica se realiza con los siguientes materiales:

- tirafondos de madera
- destornilladores
- cincel
- sacabocados de 3 (cm)
- Taladro

Las chapas antiguas de las puertas se conservan y se les retira el seguro para que funcionen como jaladeras de puertas. La cerradura es instalada en el travesado interior de la puerta a 90 (cm) del piso, como se muestra la figura 3.32.



**Figura 3.32:** Instalación de la cerradura eléctrica

Para la conexión de los cables de la cerradura se utiliza cable 22 AWG proveniente de la tarjeta electrónica instalada en el techo. El cable baja por la parte superior izquierda o derecha de la puerta dependiendo del lugar donde esté colocada la cerradura y es protegido y enrutado por canaletas 13x7x2000 (mm), como se ve en la figura 3.33.



**Figura 3.33:** Cableado de la cerradura eléctrica

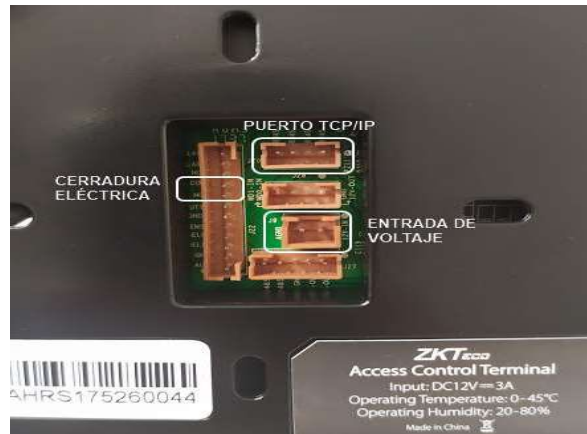
La instalación de los biométricos SF300 se realiza empotrándolos a la pared con tacos *Fisher F-5* y sus respectivos tornillos. El equipo es instalado a una distancia de 1.20 (m) con respecto al suelo y 15 (cm) del marco de la puerta. Se utiliza una canaleta 40x25x2000 (mm) para enrutar y proteger los cables 22 AWG y UTP provenientes del techo, como se ve en la figura 3.34.



**Figura 3.34:** Conexión de los cables del biométrico

Los 4 cables 22 AWG y cable UTP que bajan del primer cajetín de paso se conectan a los pines del biométrico de la siguiente forma, ver figura 3.35 acerca de los pines utilizados:

- Entrada de voltaje
  - 12  $V_{IN}$
  - GND
  
- Cerradura eléctrica
  - COMUN
  - NO (Normalmente abierto)
  
- Puerto TCP/IP



**Figura 3.35:** Pines de conexión del biométrico

Para la alimentación del biométrico se utiliza la fuente DC incluida al equipo y es ubicada en el techo junto al cajetín de paso, ver figura 3.36. Esta fuente provee energía tanto al biométrico como a la cerradura eléctrica.



**Figura 3.36:** Fuente DC de alimentación del biométrico

### **Instalación y conexión de sensores magnéticos**

Como los sensores vienen en pares de encapsulados de *reed switch* e imán, se instala el encapsulado imán sobre el objeto móvil y el *reed switch* en un sitio fijo como marcos. Como el sensor se trata de un interruptor, se conectan los cables indistintamente.

Para las ventanas se instala los encapsulados en los marcos, donde la mínima apertura de una hoja de la ventana activará el sensor; el encapsulado *reed switch* se coloca en el marco que tiene el pasador o cerradura. Mediante las canaletas de 13x7x2000 (mm) se enruta y protege los dos cables que bajan desde el segundo cajetín de paso para conectar al sensor, como se ve en la figura 3.37.



**Figura 3.37:** Instalación y conexión del sensor ventana

Para el sensor de la puerta se instala el encapsulado *reed switch* al marco de la puerta y el encapsulado imán en la esquina superior de la puerta. Para la conexión del sensor se baja el cable del primer cajetín a través de la canaleta 17x6x2000 (mm), como se ve en la figura 3.38.



**Figura 3.38:** Instalación y conexión del sensor puerta

### **3.8. Configuración de equipo biométrico y *software***

Con el cableado estructurado implementado, equipos, sensores y tarjetas electrónicas instaladas y conectadas, se procede a configurar la dirección IP en los biométricos para las primeras pruebas en red.

#### **Configuración de dirección IP en biométrico SF300**

Con el fin de tener gestión del equipo a través de la intranet, se configura la dirección IP del segmento de red asignado por la DGIP; por propósitos de seguridad a la intranet de la institución, se ocultará la dirección IP. En la figura 3.39 se muestra las interfaces para la configuración de los biométricos blanco y negro, respectivamente. A continuación, se



indica los pasos para cambiar la dirección IP de forma física para que esté en red el biométrico.

1. Ingresar al menú principal
2. Clic en el ícono Comunicaciones
3. Seleccionar Red o Ethernet
4. Ingresar la dirección IP, máscara y Gateway.
5. Regresar al menú principal



**Figura 3.39:** Configuración de dirección IP

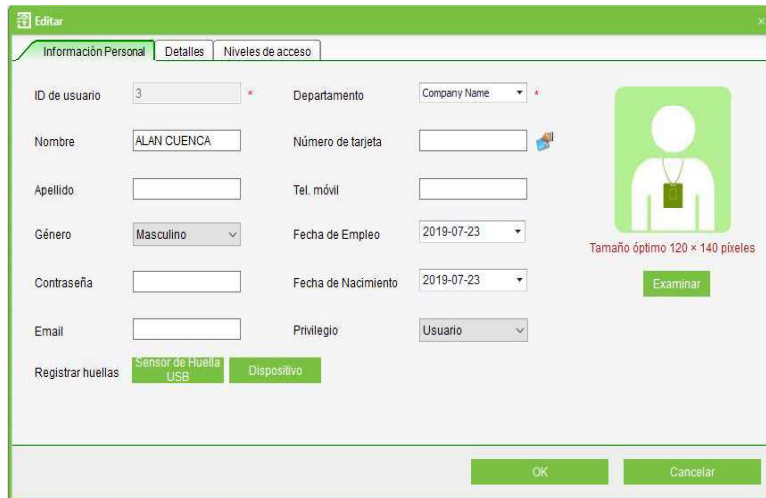
Para verificar que la dirección IP asignada es válida y que el equipo está en red, se envía paquetes ICMP al biométrico por medio del símbolo de sistema de una máquina o por el *software ZKAccess 3.5 Security System*, en el apartado de Dispositivos

### **Configuración del *software ZKAccess 3.5 Security System***

Es indispensable realizar configuraciones en el software del biométrico para la administración de usuarios, enrolar huellas, crear horarios y asignar un nivel de acceso que asocia al profesor con el horario y aula. Además de sincronizar los niveles de acceso al biométrico para la restricción de ingreso a las aulas.

### **Registro de usuarios**

Para el registro de nuevos usuarios, se da clic en [Personal]-[Usuarios]-[Agregar] para mostrar la interfaz Información Personal, seguidamente se llenan los campos de ID de usuario: Nombre, Género, Departamento y Privilegio, entre otros, como se presenta en la figura 3.40. Por motivos de presentación y obtención de datos en los reportes y biométricos, se optó por colocar nombre y apellido en el campo Nombre y dejar vacío el campo Apellido.



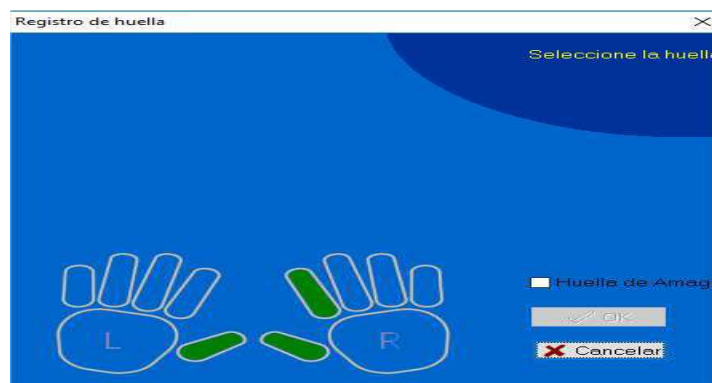
**Figura 3.40:** Interfaz de Información de personal

Para registrar las huellas se da clic en la opción [Sensor de Huella USB], en el siguiente apartado se muestra el proceso de registro.

### Registro de huellas con el enrolador ZK4500

Para proceder con esta actividad, el lector de huellas ZK4500 debe estar conectado a la PC. Al dar clic en la opción [Sensor de Huella USB] del interfaz Agregar usuarios, aparecerá la siguiente pantalla, figura 3.41 donde se debe registrar las huellas de los pulgares e índice de la mano derecha.

Para que el lector reconozca las huellas se debe colocar el dedo en el sensor tres veces y si la lectura fue correcta el dedo de la interfaz se colocará en verde; caso contrario, en amarillo y se deberá limpiar el lector e intentar otra vez.



**Figura 3.41:** Registro de huellas

Finalmente dar clic en [OK] para regresar a la interfaz de Información Personal y dar por finalizado el registro de usuario. El usuario aparecerá en la interfaz de Personal, apartado de Usuarios.

## Creación de horarios

Para agregar un nuevo horario, se da Clic en [Control de Acceso]-[Horarios]-[Agregar] para acceder a la interfaz de Configuración de zona horaria, figura 3.42. Seguidamente se llenan los campos de Nombre y Notas. Para el campo de Nombre se asigna el código de la materia y en Notas el nombre de la materia.

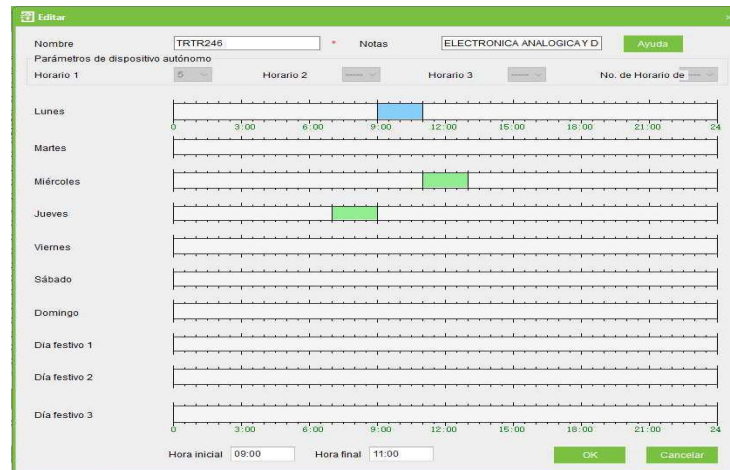


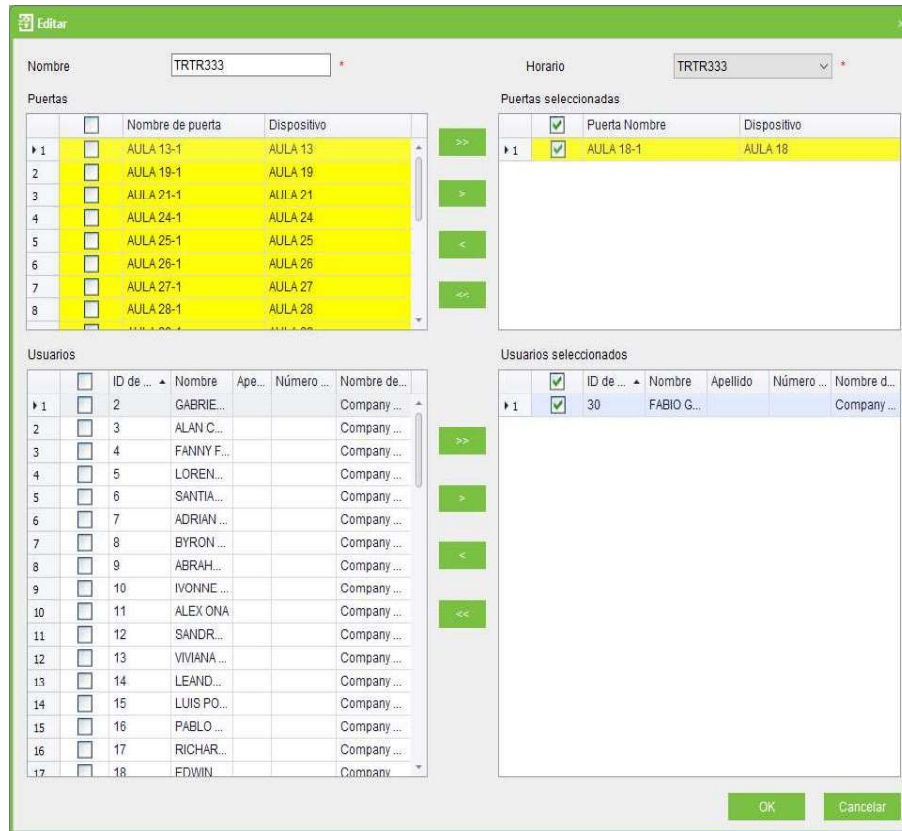
Figura 3.42: Configuración de zona horaria

Para asignar un horario, se arrastra el cursor en el día requerido y se establece una franja horaria; máximo se puede crear tres franjas horarias para un día. Finalmente, se da OK y el horario aparecerá en el interfaz de Control de acceso, apartado de Horarios.

## Creación niveles de acceso

Se da clic en [Control de acceso] - [Niveles de acceso]-[Agregar] para entrar a la interfaz, figura 3.43 y ahí crear el nombre del nivel de acceso que será el mismo al horario creado anteriormente.

Para asociar el nivel de acceso al profesor con el aula, se selecciona el aula en la tabla Puertas de la izquierda y pasa a la tabla de Puertas seleccionadas, similarmente se hace para el profesor en las tablas Usuarios.

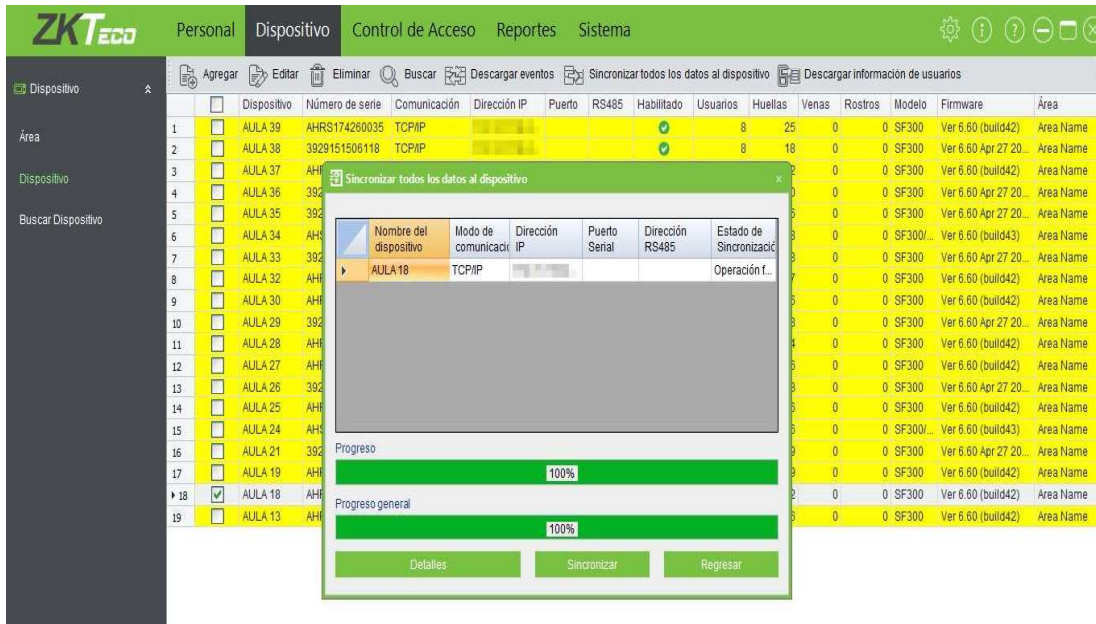


**Figura 3.43: Niveles de acceso**

Finalmente se da OK y el nivel de acceso aparecerá en la interfaz de Control de acceso, apartado de Niveles de acceso.

### **Sincronización de equipos**

Los niveles de acceso creados o modificados en el *software* no tomarán efecto en los biométricos hasta que sean sincronizados. Para ello se debe sincronizar el equipo dirigiéndose a la interfaz de Dispositivos, se selecciona el equipo al cual se asoció el nivel de acceso y dando clic en [Sincronizar datos al dispositivo], las configuraciones realizadas en el *software* se enviarán al biométrico, como se muestra en la figura 3.44.



**Figura 3.44:** Sincronizaci3n de equipos

La configuraci3n m3s detallada del *software* ZKaccess Security se muestra en el manual de usuario en el anexo A, donde se explica la administraci3n y configuraci3n del personal, dispositivos, horarios, niveles de acceso, creaci3n de base de datos, monitoreo y apertura remota de puertas. Adem3s, configuraciones extras que se presentaron al realizar pruebas del sistema.

### 3.9. Pruebas de funcionamiento de los equipos

A continuaci3n, se muestra las pruebas y correcciones desarrolladas en los equipos para conseguir el funcionamiento 3ptimo del sistema a trav3s de la intranet.

#### Respuesta de los tableros a cortes de energ3a

En el gabinete de telecomunicaciones se revisa que el regulador de voltaje Forza suministre energ3a en el tiempo establecido y entregue se3ales sin picos de tensi3n al *switch*, biom3tricos y fuente conmutada, cuando la red el3ctrica se restablece.

Como los biom3tricos se encuentran instalados en las puertas de cada aula, se verifica viendo que el estado de los LEDs del *switch* est3 encendidos, ver figura 3.45.



**Figura 3.45:** Estado de los LEDs del *switch* D-Link

En la tabla 3.11, se observa las muestras tomadas al configurar el temporizador de retardo de encendido del regulador Forza, evidenciando de forma física el encendido de cada enlace en los puertos del switch correspondiente a cada biométrico.

**Tabla 3.11:** Tiempo de encendido del regulador Forza

TIEMPO DE ENCENDIDO DEL REGULADOR			
BIOMÉTRICOS	2 (seg)	4 (seg)	1 (min)
Aula 13	Si	Si	Si
Aula 18	Si	Si	Si
Aula 19	Si	Si	Si
Aula 21	Si	Si	Si

Obteniendo el 100% de respuesta al encender y levantar los enlaces de los biometricos, con los tres tiempos establecidos al regulador Forza cuando la red eléctrica se restablece.

En la tabla 3.12, se observa las muestras tomadas al enviar 100 *pings* a cada biométrico y evidenciar de forma remota la respuesta de cada biométrico en la intranet cuando la red eléctrica se restablece y se encienden los biométricos.

**Tabla 3.12:** Envió de *pings* a los biométricos

ENVIÓ DE PINGS			
BIOMÉTRICOS	ENVIADOS	RECIBIDOS	PERDIDOS
Aula 13	100	99	1
Aula 18	100	99	1
Aula 19	100	99	1
Aula 21	100	99	1

Obteniendo 99 *pings* recibidos por parte de los biometricos y 1 *ping* perdido debido a que si los equipos no tienen las direcciones IP añadida en sus tablas ARP, se efectúa el proceso de aprendizaje y mapeo de la dirección IP con la dirección MAC en su tabla ARP.

En el gabinete de control se realiza las mismas pruebas que al gabinete de telecomunicaciones específicamente al conjunto de Arduino Mega/*shield Ethernet* y se verifica que al momento que la fuente conmutada suministra energía al Arduino Mega inicialice los indicadores LEDs de PWR, 100M, FULLD y empiece a parpadear específicamente los LEDs de *Link*, Tx y Rx que establece la comunicación con la red *Ethernet*, como se ve en la figura 3.46. Caso contrario, se deberá pulsar el botón de *reset* ubicado en la *shield Ethernet* para que responda.



**Figura 3.46:** *Shield Ethernet* con enlace UTP

En la tabla 3.13, se observa las muestras tomadas al probar el temporizador de retardo de encendido del regulador Forza y evidenciar de forma física la respuesta del conjunto Arduino Mega/*Shield Ethernet*.

**Tabla 3.13:** Muestras obtenidas de la *Shield Ethernet* tablero de control N5

TIEMPO DE ENCENDIDO DEL REGULADOR			
Arduino Mega / <i>Shield Ethernet</i>	2 (seg)	4 (seg)	1 (min)
Primera prueba	Si	No	Si
Segunda prueba	Si	Si	No
Tercera prueba	No	Si	No
Cuarta prueba	No	No	No
Quinta prueba	Si	No	No

Con los datos aleatorios de respuesta de la *shield* de la tabla 3.13 se procede a intercambiar la *shield Ethernet* con el tablero N1 para descartar incompatibilidad con el Arduino Mega del tablero N5, obteniendo los siguientes resultados como se presenta en la tabla 3.14.

**Tabla 3.14:** Muestras obtenidas de la *shield Ethernet* del tablero de control N1

TIEMPO DE ENCENDIDO DEL REGULADOR			
Arduino Mega / <i>Shield Ethernet</i>	2 (seg)	4 (seg)	1 (min)
Primera prueba	Si	Si	Si
Segunda prueba	Si	Si	Si
Tercera prueba	Si	No	Si
Cuarta prueba	No	Si	No
Quinta prueba	Si	Si	No

En la tabla 3.14 se evidencia que persisten muestras negativas, se investiga en la página de fabricante tarjetas y *shield* Arduino; y se encuentra que la versión de la *shield* está descontinuada por la presencia de incompatibilidad con las tarjetas de desarrollo Arduino Mega y es necesario el reinicio de la *shield Ethernet* cuando se alimenta a la tarjeta Arduino Mega [6].

Por tal inconveniente se instala un pulsador en la parte superior derecha del gabinete de control para reiniciar la *shield* y no estar abriendo el gabinete para realizar dicha tarea.



Finalmente para constatar que el enlace se levantó, se realiza el envío de *pings* repetitivos a la dirección IP del Arduino hasta que responda. Otra forma es constatando el estado de los LEDs de la *shield*, especialmente los LEDs de *Link*, Tx y Rx, como se ve en la figura 3.47.

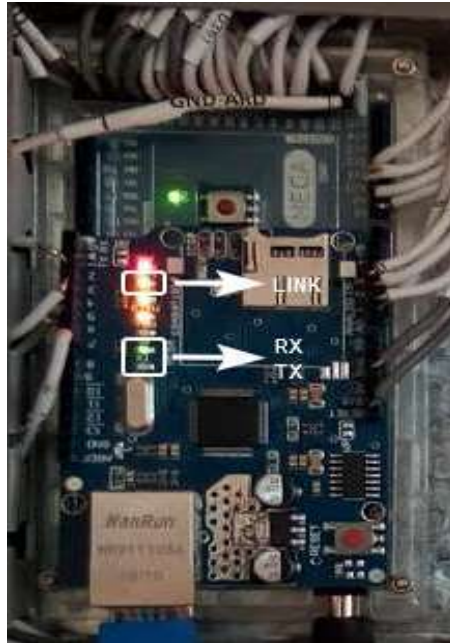


Figura 3.47: Estado de los LEDs del enlace levantado

### Accionamiento del tablero de control

Para comprobar el accionamiento del tablero se realiza pruebas desde el tablero de telecomunicaciones y remotamente desde el servidor.

Desde el tablero de telecomunicaciones, por medio de una laptop conectada al *switch* D-Link y configurada en la misma red, se abre un navegador y se introduce la dirección IP asignada al Arduino Mega. El navegador mostrará una página HTML donde se visualiza una cadena de caracteres indicando el estado de los sensores de puertas, ventanas y luces de cada aula. La cadena de caracteres que presenta el navegador se ve en la figura 3.48.

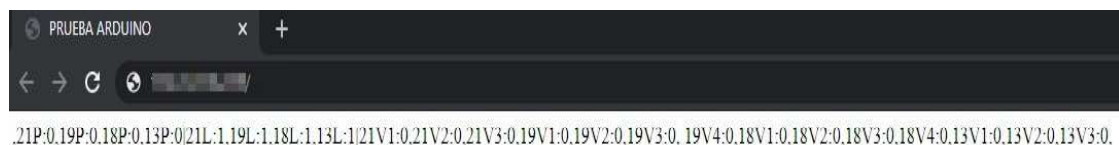


Figura 3.48: Cadena de caracteres de la página HTML

El significado de los caracteres de la figura 3.48 se muestra a continuación:

**PUERTAS (número aula / P: estado del sensor)**

#P: 0, puerta cerrada

#P: 1, puerta abierta

**LUCES (número aula / L: estado del sensor)**

#L: 0, luces encendidas

#L: 1, luces apagadas

**VENTANAS (número aula / L / número ventana: estado del sensor)**

#V#:0, ventana cerrada

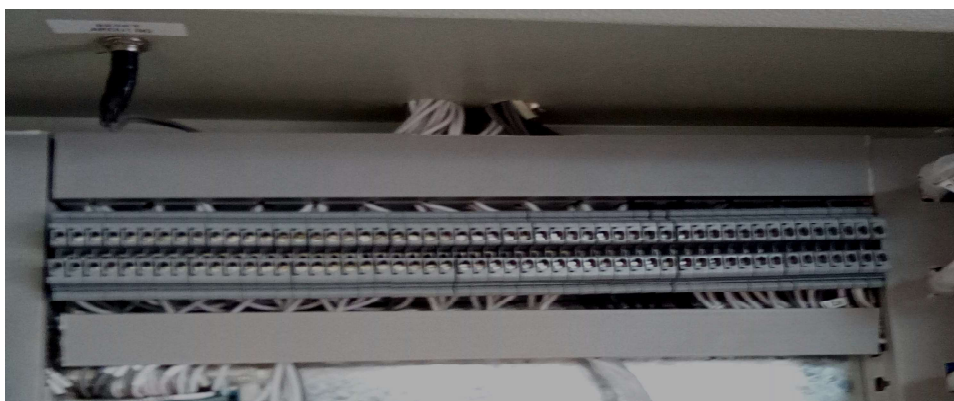
#V#:1, ventana abierta

En la tabla 3.15 se presentan el orden de los sensores que debe tener para cada ventana tomando en cuenta que la ventana que está en la primera posición es la que está junto al pizarrón de cada aula, lectura del estado del sensor y observaciones de las posibles fallas.

**Tabla 3.15:** Comprobación de sensores magnéticos de ventanas

VENTANAS						
PINES	VENTANA	AULA	VENTANA CORRECTA	SENSA	NO SENSA	OBSERVACIONES
22	1	21	Si	✓		Ninguna
24	2		Si	✓		
26	3		Si	✓		
28	1	19	Si	✓		Ninguna
30	2		Si	✓		
32	3		Si	✓		
34	4		Si	✓		
36	1	18	No	✓		Borneras cambiadas en el Arduino 36 con 38 y 40 con 42
38	2		No	✓		
40	3		No	✓		
42	4		No	✓		
44	1	13	Si	✓		Ninguna
46	2		Si	✓		
48	3		Si	✓		

De la tabla 3.15 se puede apreciar errores de conexión de los cables que ingresan a la regleta de borneras del tablero de control, figura 3.49 y en la figura 3.50 se muestra la etiqueta ubicada en la tapa del gabinete, donde se presenta el número de borneras y la descripción del elemento o pin GPIO que está conectado. Se corrige la conexión y el resultado se muestra en la tabla 3.16.



**Figura 3.49:** Borneras DIMM del tablero de control

**Figura 3.50:** Cuadro del numero borneras DIMM

**Tabla 3.16:** Corrección de conexiones de los sensores aula 18

VENTANAS						
PINES	VENTANA	AULA	VENTANA CORRECTA	SENSA	NO SENSA	OBSERVACIÓN
36	1	18	Si	✓		Ninguna
38	2		Si	✓		
40	3		Si	✓		
42	4		Si	✓		

Para los sensores de puertas, en la tabla 3.17 se presentan el orden de los sensores que tiene cada puerta, lectura del estado del sensor y observaciones de las posibles fallas, obteniendo resultados satisfactorios.

**Tabla 3.17:** Comprobación de sensores magnéticos de puertas

PUERTAS					
PINES	AULA	PUERTA CORRECTA	SENSA	NO SENSA	OBSERVACIONES
54-A0	21	Si	✓		Ninguna
55-A1	19	Si	✓		
56-A2	18	Si	✓		
57-A3	13	Si	✓		

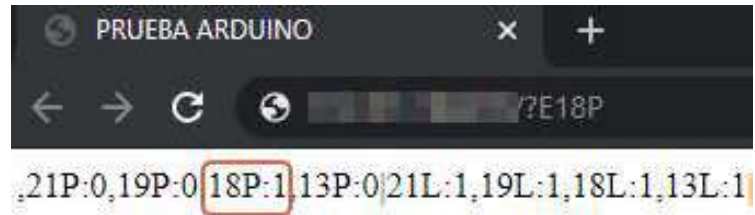
Para los sensores de las luminarias, en la tabla 3.18 se presentan el orden de los sensores que tiene cada luminaria, lectura del estado del sensor y observaciones, obteniendo resultados satisfactorios.

**Tabla 3.18:** Comprobación de sensores magnéticos de las luminarias

LUMINARIAS					
PINES	AULA	LUMINARIA CORRECTA	SENSA	NO SENSA	OBSERVACIONES
2	21	Si	✓		Ninguna
3	19	Si	✓		
4	18	Si	✓		
5	13	Si	✓		

Desde el mismo navegador que se utiliza para monitorear el estado de los sensores se envía los comandos necesarios después de la dirección IP del Arduino para abrir puertas, encender o apagar las luces. A continuación se muestra ejemplos de los comandos utilizados para el aula 18:

Para la apertura de la puerta, se escribe junto de la dirección IP los siguientes caracteres ?E#P y se da Enter, posteriormente se activara la cerradura eléctrica y permitirá la entrada al aula. Al refrescar la página mostrara como el estado del sensor de la puerta cambia de estado a *HIGH*, como se presenta en la figura 3.51.



**Figura 3.51:** Apertura de puerta

Para el encendido de las luminarias, se escribe junto de la dirección IP los siguientes caracteres ?E#L y se da Enter, posteriormente se activará el relé asignado a controlar las luminarias del aula. Al refrescar la página mostrara como el estado del sensor de las luminarias cambia de estado a *LOW*, como se presenta en la figura 3.52.



**Figura 3.52:** Estado del sensor luminarias encendidas

Para el apagado de las luminarias, se escribe junto de la dirección IP los siguientes caracteres ?A#L y se da Enter, posteriormente se desactivará el relé asignado a controlar las luminarias del aula. Al refrescar la página mostrara como el estado del sensor de las luminarias cambia de estado a *HIGH*, como se presenta en la figura 3.53.



**Figura 3.53:** Estado del sensor luminarias apagadas

En la tabla 3.19, se presentan las muestras tomadas según el orden de los sensores que debe tener cada aula, ingreso correcto de los caracteres para la activación de la puerta y observaciones de las posibles fallas.

**Tabla 3.19:** Comprobación de apertura de puertas

PUERTAS							
PINES	AULA	PUERTA CORRECTA	CARATER CORRECTO	CARÁCTER INCORRECTO	ACTIVA	NO ACTIVA	OBSERVACIONES
65-A11	21	Si	✓		✓		Ninguna
64-A10	19	Si	✓		✓		
63-A9	18	Si	✓		✓		
62-A8	13	Si	✓		✓		

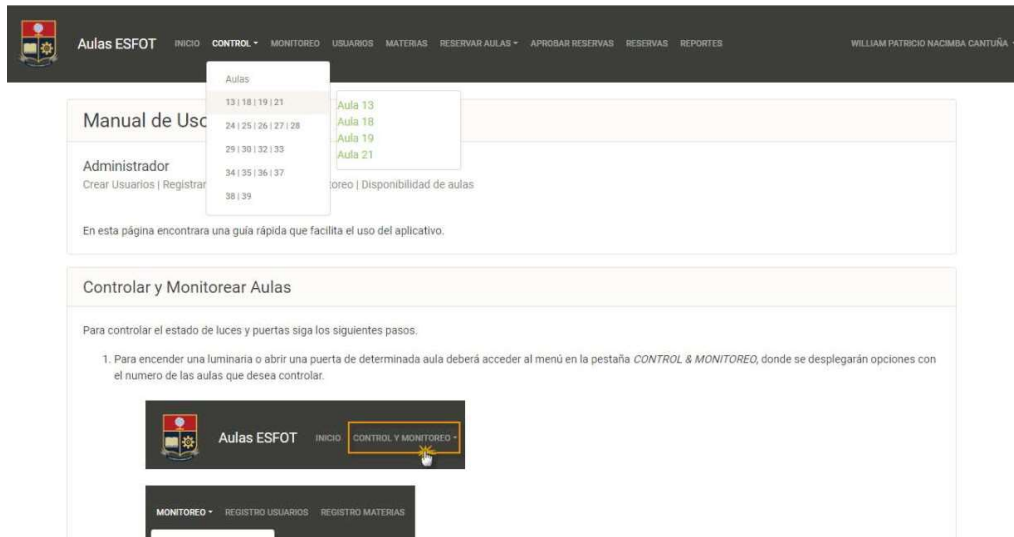
En la tabla 3.20, se presentan las muestras tomadas según el orden de los sensores que debe tener cada aula, ingreso correcto de los caracteres para el encendido y apagado de las luminarias y observaciones de las posibles fallas.

**Tabla 3.20:** Comprobación del encendido y apagado de luminarias

LUMINARIAS								
	PINES	AULA	LUMINARIA CORRECTA	CARATER CORRECTO	CARÁCTER INCORRECTO	ACTIVA	NO ACTIVA	OBSERVACIONES
ON	53	21	Si	✓		✓		Ninguna
	49	18	Si	✓		✓		
	31	19	Si	✓		✓		
	47	13	Si	✓		✓		
OFF	43	21	Si	✓		✓		
	41	19	Si	✓		✓		
	39	18	Si	✓		✓		
	37	13	Si	✓		✓		

Como se pudo apreciar, en las figuras 3.51 a figura 3.53, tabla 3.19 y tabla 3.20 solo se abrirán las puertas, encenderán y apagarán las luminarias siempre y cuando se conozca la dirección IP del Arduino y se ingresen los caracteres correspondientes.

Desde el servidor ubicado en la Dirección de la ESFOT se realiza las mismas pruebas de monitoreo de sensores, apertura de puertas, encendido y apagado de luminarias mediante la interfaz desarrollada por los estudiantes de ASI. En el apartado CONTROL, se selecciona el aula a controlar, como se ve en la figura 3.54.



**Figura 3.54:** Interfaz gráfico del proyecto

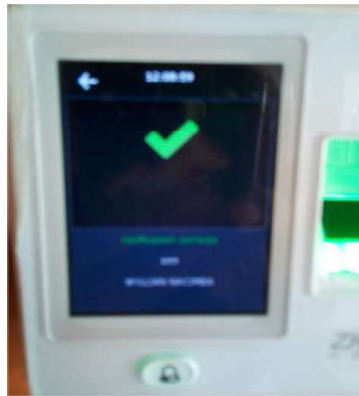
En la página que aparece, se puede ver el estado de los sensores, encender o apagar luminarias y abrir puertas. Entonces, se da clic en las opciones para realizar una acci3n, como se muestra en la figura 3.55.



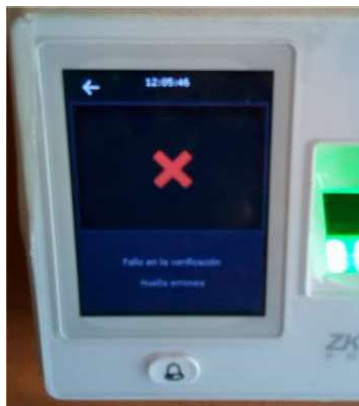
**Figura 3.55:** Prueba de funcionamiento desde el servidor

## Apertura de puertas con el biométrico

Al sistema de acceso se realiza pruebas personalizadas en el biométrico y remotamente desde el servidor. Las primeras pruebas al biométrico tratan del registro de la huella de un usuario y la asignación de un nivel de acceso de 24 horas. Al colocar el dedo que tiene la huella registrada, el sistema confirmará la lectura y abrirá la puerta; caso contrario, negará el acceso, como se muestra en la figura 3.56 y figura 3.57.



**Figura 3.56:** Mensaje de confirmación de acceso



**Figura 3.57:** Mensaje de negación de acceso

Para la apertura remota se utiliza el software ZKAccess 3.5 Security System, en la opción de Control de Acceso. En los íconos de las puertas que muestra el interfaz, se selecciona una puerta y se da clic en Abrir puertas seleccionadas, se establece el tiempo a 1 segundo y se da OK, como se muestra en la figura 3.58. De inmediato el ícono de la puerta cambiará de estado cerrado a abierto, indicando que la acción se efectuó satisfactoriamente.



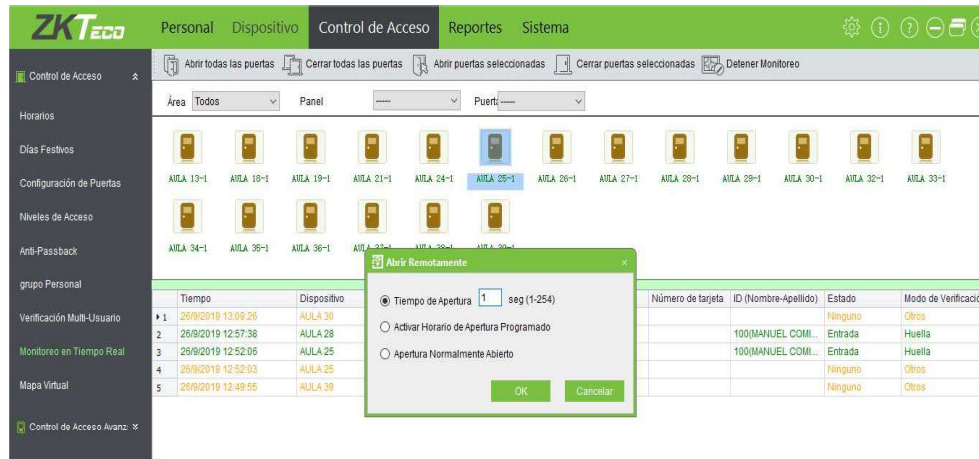


Figura 3.58: Interfaz de apertura de puerta

## Restricción de acceso a las aulas

Para esta prueba ya se tienen configurados horarios y niveles de acceso en el *software ZKAccess 3.5 Security System*. Para verificar que los niveles de acceso funcionan se utiliza el *software* en el interfaz de Control de acceso. En la parte inferior del interfaz se muestra un listado de las puertas (biométricos) que fueron abiertos por el usuario registrado a ese biométrico, como se visualiza en la figura 3.59.

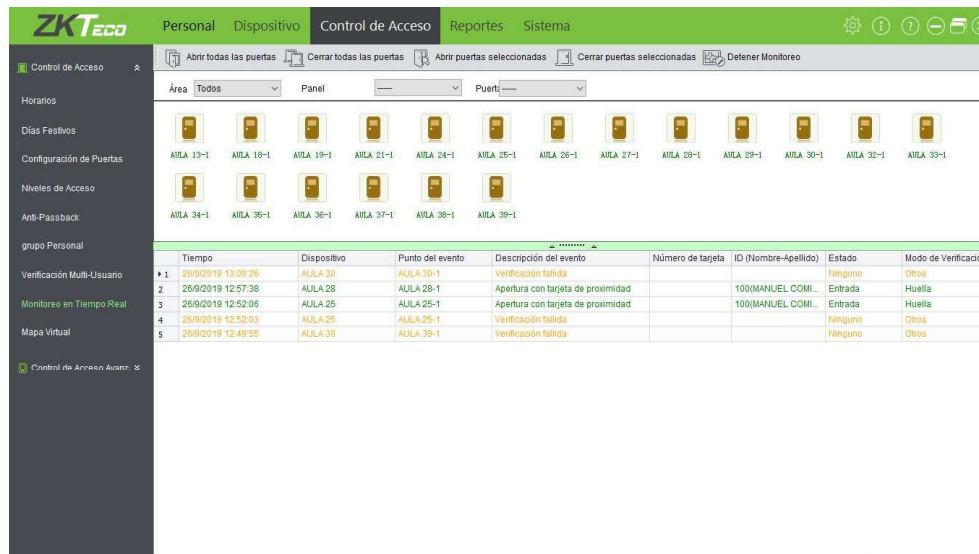


Figura 3.59: Interfaz de control de acceso

### 3.10. Presupuesto del proyecto

En la tabla 3.11 se muestra el presupuesto utilizado para el proyecto, correspondiente a las aulas 13, 18, 19 y 21

**Tabla 3.21:** Presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO				
N°	MATERIAL O EQUIPO	V. UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
1	Biométrico Zkteco SF300	\$ 139,00	4	\$ 556,00
2	Fuente de alimentación de 12V - 3A	\$ 20,10	4	\$ 80,42
3	Cerraduras Eléctricas	\$ 59,00	4	\$ 236,00
4	Arduino Mega 2560	\$ 14,20	1	\$ 14,20
5	SHIELD ETHERNET WIZNET W5100	\$ 10,27	1	\$ 10,27
6	Carcasa de acrílico para Arduino Mega	\$ 7,00	1	\$ 7,00
7	Módulo relé de 4 Canales	\$ 7,00	1	\$ 7,00
8	Módulo relé de 8 Canales	\$ 12,00	1	\$ 12,00
9	Sensor Magnético	\$ 1,14	16	\$ 18,24
10	Cable 20 AWG por rollo	\$ 13,50	10	\$ 135,00
11	Fuente de alimentación conmutada de 12v	\$ 14,00	1	\$ 14,00
12	Regulador reductor DC de 12V A 5V	\$ 6,00	2	\$ 12,00
13	Regulador AC con supresor de picos	\$ 28,00	1	\$ 28,00
14	Switch D-Link 8 puertos	\$ 11,32	1	\$ 11,32
15	Capuchones para conectores	\$ 0,09	12	\$ 1,08
16	Conectores rj45	\$ 0,12	14	\$ 1,61
17	Cable UTP CAT 5e por metro	\$ 0,33	168	\$ 55,31
18	Manguera corrugada de 3/4", rollo 50 mtr.	\$ 13,00	4	\$ 52,00
19	Cajetines cuadrados con tapa	\$ 1,27	8	\$ 10,16
20	Tarjeta electrónica cerradura eléctrica	\$ 6,12	4	\$ 24,48
21	Gabinete metálico 30x30x20	\$ 34,07	1	\$ 34,07
22	Canaletas varias	\$ 1,00	12	\$ 12,00
23	Soporte para switch D-Link	\$ 10,00	1	\$ 10,00
<b>TOTAL (\$)</b>				<b>\$ 1.342,15</b>

**Nota:** En el presupuesto no se considera el rubro por trabajo intelectual y mano de obra.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Mediante las pruebas personalizadas de accionamiento efectuadas al sistema de control central implementado con el Arduino Mega, se establece que la activación de los relés requieren de dos partes importantes, la primera es la dirección IP del Arduino Mega y la segunda la escritura de los comandos establecidos en la programación para habilitar la apertura de las puertas, encendido y apagado de luminarias.
- La utilización de sensores o contactos en estado normalmente cerrado (NC) o normalmente abierto (NO), dependerá de la acción y criticidad a sensar; así como la programación que se desarrolle para el correcto funcionamiento del sistema de control implementado.
- Al tratarse de equipos que utilizan direcciones IP e interfaces gráficas para conectar y controlar remotamente, es necesario mantener confidencialidad de las direcciones IP y contraseña de comunicación en el caso de los biométricos.
- La tecnología con el paso de los años presenta nuevas herramientas y aplicaciones. Es así como a través de un estudio de funcionamiento y requerimiento en las aulas 13, 18, 19 y 21 de la ESFOT, se planteó la solución de automatización y principio de domótica con los equipos y materiales seleccionados. De este modo, se garantiza ahora un uso adecuado de las aulas.
- Los sistemas biométricos poseen dos formas de trabajo: control de acceso y de asistencia. En el proyecto se manejó la forma de control de acceso, ya que este permite la asignación de usuarios autorizados al ingreso de las aulas.
- Seleccionar el equipo biométrico adecuado y que cumpla con los requerimientos solicitados por las autoridades de la ESFOT, requirió de un trabajo considerable de investigación. No existe de forma comercial un proyecto que se asemeje a la escala que se trabajó en la ESFOT. Entonces, llevó una gran parte de investigación, ensayo, prueba y error.

- El manejo de una intranet propia y dedicada, para el uso exclusivo del proyecto, permitió controlar de mejor manera todos los equipos involucrados en este proyecto. Al momento de levantar la red, se encontró un inconveniente que fue la incompatibilidad entre el Arduino utilizado, la *shield Ethernet* y el *switch* D-Link no administrable; no se consiguió una conexión adecuada. El Arduino rechazaba el enlace a través del *switch* D-Link, sin llegar a levantarse su puerto. Por lo cual, se solventó el inconveniente implementando un enlace directo al puerto suministrado por la DGIP.
- La organización y distribución de equipos, elementos y cableado, es un aspecto muy importante y casi riguroso en cualquier proyecto, ya que al mezclar cables de datos y de energía se induce ruido en la transmisión de información. De igual manera, se debe separar la parte de procesamiento con la fuente de alimentación para evitar errores. Adicional, para el tendido se utilizaron las normas de cableado ANSI/TIA 568-C-1-D, ANSI/TIA 569-D y ANSI/TIA 606-C.
- La compatibilidad entre la apertura de la puerta, por medio del biométrico o la placa Arduino, se logró con una placa que recibe ambos pulsos, protege a la chapa eléctrica y retransmite el pulso recibido por cualquier equipo para su apertura. El funcionamiento de trabajo se compararía con una compuerta lógica (OR).
- El *software* ZK Access 3.5 proporciona una completa interfaz de manejo y administración de los equipos de la marca. En el cual para el correcto uso de las 3 bases de datos se requiere el ingreso a cada uno de los usuarios que se espera para las aulas.
- Los sistemas biométricos son una gran solución en los presentes días, por su gran variedad y funcionalidad, de esta forma también requieren de un mínimo de conocimiento para su correcta implementación y monitoreo. Por eso, durante el transcurso del proyecto se llevó a cabo múltiples investigaciones y pruebas para adecuar un sistema que cumpla con lo deseado.
- El sistema implementado puede mejorar y evolucionar a ser uno más autónomo con la inclusión de baterías (UPS) y controladores ZKteco, marca que ofrece al mercado una gran cantidad de productos compatibles entre sí llegando a tener muchas más

capacidades de las que inicialmente se presentaron. Además, de este modo se garantiza que la inversión inicial sea precautelada.

## **4.2. Recomendaciones**

- Se recomienda dar lectura al manual de control creado para este proyecto. En dicho manual, se detalla los pasos a seguir e indicaciones necesarias cuando se presenten materias que se den en el mismo día y por el mismo profesor.
- Se recomienda que el organismo que se encarga de la creación y asignación de la carga académica distribuya correctamente las materias en cada aula para no tener inconvenientes al cargar los niveles de acceso y creación de varias bases de datos.
- Por otra parte, se recomienda al administrador revisar y manipular correctamente la carga horaria o niveles de acceso, para evitar tener cruces de horarios y momentos incómodos con personal que trate de ingresar a las aulas.
- Se recomienda el uso de la llave únicamente en caso de corte de energía eléctrica, pues si se empieza a exceder su uso, nuevamente se generalizará el copiado de llaves, quitando la funcionalidad al sistema biométrico.
- En caso del no reconocimiento de la huella dactilar y negación de acceso, se deberá limpiar el lector e intentar nuevamente con los dedos asignados para la autenticación; caso contrario, comunicar al administrador o personal a cargo para la apertura remota de la puerta y verificación del equipo.
- Al encontrarse el biométrico o tarjeta Arduino inhibido, se recomienda reiniciar a los equipos, en el caso del biométrico el pulsador se encuentra en la parte inferior y de la tarjeta Arduino en la parte superior del tablero de control.

## **5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] Red Hat, «Qué es la automatización,» 29 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.redhat.com/es/topics/automation/whats-it-automation>.

- [2] R. Piedrafita Moreno, Ingeniería de la automatización industrial, Mexico: Alfaomega Grupo Editor, 2007.
- [3] C. Veloso, «ARDUINO MEGA 2560,» ETOOLS, 19 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.electrontools.com/Home/WP/2018/06/19/arduino-mega-2560-caracteristicas/>. [Último acceso: 10 11 2019].
- [4] M. Delgado Crespo, «Arduino en español,» Blogspot, 29 Marzo 2016. [En línea]. Available: <http://manueldelgadocrespo.blogspot.com/p/arduino-mega-2560.html>. [Último acceso: 10 Octubre 2019].
- [5] Arduino, «Store.arduino.cc,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>. [Último acceso: 11 Octubre 2019].
- [6] Arduino, «Arduino.cc,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShieldV1>. [Último acceso: 11 Noviembre 2019].
- [7] Aprendiendo Arduino, «Aprendiendo Arduino,» 22 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/ethernet-shield/>. [Último acceso: 11 Noviembre 2019].
- [8] Naylamp Mechatronis, «Naylamp Mechatronis Perú,» 2019. [En línea]. Available: <https://naylampmechatronics.com/drivers/177-modulo-relay-8-canales-5vdc.html>. [Último acceso: 11 Noviembre 2019].
- [9] Practecno, «Alberuel.blogspot.com,» 15 Abril 2016. [En línea]. Available: <http://alberuel.blogspot.com/2016/04/conexionado-de-un-modulo-de-8-reles.html?m=1>. [Último acceso: 11 Noviembre 2019].
- [10] M. Miguez, «Tecnoseguro.com,» [En línea]. Available: <https://www.tecnoseguro.com/faqs/alarma/que-es-un-detector-magnetico-de-apertura>. [Último acceso: 11 Noviembre 2019].
- [11] E. Nieto, «fidestec,» 17 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://fidestec.com/blog/fuentes-de-alimentacion-conmutadas-01/>. [Último acceso: 11 Noviembre 2019].
- [12] M. Matysiak, «Shopdelta.eu,» 2019. [En línea]. Available: [https://shopdelta.eu/pdf.php?page=shop/instruction&product\\_id=3961](https://shopdelta.eu/pdf.php?page=shop/instruction&product_id=3961). [Último acceso: 12 Noviembre 2019].
- [13] Thales Group, «Gemalto.com,» 5 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.gemalto.com/latam/sector-publico/inspiracion/biometria>. [Último acceso: 13 Noviembre 2019].

- [14] ZKTeco Inc., «zktecolatinoamerica,» 26 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://www.zktecolatinoamerica.com/documentos/control-de-acceso/standalone/SF300/SF300.pdf>. [Último acceso: 18 Noviembre 2019].
- [15] ZKSoftware.es, «Lectores USB de huella dactilar,» [En línea]. Available: <https://zksoftware.es/categories-11/accesorios/lectores-usb-de-huella-dactilar/zk4500>. [Último acceso: 24 Noviembre 2019].
- [16] ZKTeco Inc., «zktecolatinomamerica,» 4 Agosto 2019. [En línea]. Available: [http://www.zktecolatinoamerica.com/documentos/control-de-acceso/software/ZKAccess%203-5\\_Manual\\_de\\_Usuario.pdf](http://www.zktecolatinoamerica.com/documentos/control-de-acceso/software/ZKAccess%203-5_Manual_de_Usuario.pdf). [Último acceso: 18 Noviembre 2019].
- [17] A. Tanenbaum y D. Wetherall, «Aplicaciones de negocios,» de *REDES DE COMPUTADORAS*, Mexico D.C., Pearson Education, 2012, pp. 3-4.
- [18] A. Schiaffarino, «Tutoriales de Hosting,» Infranetworking Ecuador, 12 03 2019. [En línea]. Available: <https://blog.infranetworking.com/modelo-cliente-servidor/>. [Último acceso: 01 12 2019].
- [19] C. Villagómez, «CCM,» Grupo Figaro, 20 Febrero 2018. [En línea]. Available: <https://es.ccm.net/contents/282-tcp-ip#que-significa-tcp-ip>. [Último acceso: 01 12 2019].
- [20] J. L. R, «247 TECNO,» 247 TECNO, 27 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://247tecno.com/topologia-de-red-tipos-caracteristicas/#5>. [Último acceso: 01 12 2019].
- [21] CISCO, *Aspectos básicos de networking*, Madrid, 2014.
- [22] G. Cevallos, *Sistemas de cableado estructurado*, Quito, 2018.
- [23] J. De la fuente, «CanalAR,» TEKMERION, 13 07 2003. [En línea]. Available: <https://www.canal-ar.com.ar/Nota.asp?Id=294>. [Último acceso: 02 12 2019].
- [24] M. J, «Connection Cabling Systems,» [En línea]. Available: [http://connection-cs.com/?m=pn\\_product.php&id=6&sid=22&pn=CUP-5014](http://connection-cs.com/?m=pn_product.php&id=6&sid=22&pn=CUP-5014). [Último acceso: 18 Noviembre 2019].
- [25] D-Link, «D-Link Latinamerica,» 26 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://la.dlink.com/la/soporte/?prod=des-1008c>. [Último acceso: 25 Noviembre 2019].

- [26] A. L. Marín Villada, «METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN,» Wordpress, 07 03 2008. [En línea]. Available: <https://metinvestigacion.wordpress.com/>. [Último acceso: 27 11 2019].
- [27] HIKVISION, «Hikvision.com,» 20 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.hikvision.com/es-la/Products/Access-Control/Access-Controller/DS-K2600-Series>. [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- [28] ALLDATASHEET, «TIP122 Datasheet,» [En línea]. Available: <https://html.alldatasheet.com/html-pdf/2770/MOSPEC/TIP122/145/1/TIP122.html>. [Último acceso: 12 Enero 2020].