



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y
TELECOMUNICACIONES**

TEMA: Diseño e implantación de reloj biométrico en base a tecnología Arduino para monitoreo celular en la Escuela Luis Pallares de Yaruquí.

AUTOR: EDGAR PATRICIO BALDEÓN VÁSQUEZ

TUTOR: ING. DAVID CANDO GARZÓN, MG.

AÑO: 2016

CARRERA:	ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES
AUTOR/A:	EDGAR PATRICIO BALDEÓN VÁSQUEZ
TEMA DEL TT:	DISEÑO E IMPLANTACIÓN DE RELOJ BIOMÉTRICO EN BASE A TECNOLOGÍA ARDUINO PARA MONITOREO CELULAR EN LA ESCUELA LUIS PALLARES DE YARUQUÍ.
ARTICULACIÓN CON LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:	TECNOLOGÍA APLICADA A LA PRODUCCIÓN Y SOCIEDAD
SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:	DESARROLLO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS PARA LA MEJORA DE SEGURIDAD Y MOVIBILIDAD EN LA CIUDAD DE QUITO
ARTICULACIÓN CON EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL DEL ÁREA	SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PERSONAS.
FECHA DE PRESENTACIÓN DEL INFORME FINAL:	QUITO, 29 DE MARZO DE 2016

AGRADECIMIENTO

Al personal docente de la Facultad de Ingeniería Electrónica Digital y Telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel por todo el conocimiento adquirido.

A David, Ramiro e Iván por el soporte y colaboración recibida.

DEDICATORIA

A mi esposa Blanca y a mi hijo Edgar Patricio, quienes con su comprensión y apoyo cooperaron decididamente en la culminación de mi carrera profesional.

RESUMEN

La biometría aparece como una de las formas más utilizadas para representar la identificación humana por medio de huellas digitales, para ello, y una vez analizado que es factible satisfacer una de las necesidades formuladas por el Director de la Escuela "Luis Pallares" de Yaruquí, se procederá a la implementación de un reloj biométrico con monitoreo celular, mediante la utilización de la tecnología Arduino.

Esta tecnología es la más económica y conveniente para los intereses y desarrollo del presente Plan Integrador de la Carrera Electrónica Digital y Telecomunicaciones de la Universidad Israel.

Las partes constitutivas del reloj a implementar son: Placa ARDUINO ONE R3, Sensor FINGERPRINT Modelo FPM 10, Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900, Módulo RTC (Real Time Clock), Placa LCD con teclado y compartimiento para el alojamiento de las partes (caja), que serán instaladas en el aula de clase ubicada en la sala de cómputo de la escuela.

PALABRAS CLAVE

ARDUINO, FINGERPRINT, MODEM, BIOMETRÍA, SMS

ABSTRACT

Biometrics is listed as one of the most used forms to represent human identification through fingerprints. The feasibility to satisfy one of the requirements made by the Director of the School "Luis Pallares" of Yaruqui was analyzed, it will proceed to implement a biometric clock with a cell phone monitoring by using the Arduino Technology.

This technology is the most economical and convenient for the interest and development of this Career Integrator Plan of the Israel University's Digital Electronics and Telecommunications Faculty.

The constituent parts of the biometric clock to implement are: Arduino ONE R3 Shield, FINGERPRINT Sensor Model FPM 10, GSM-GPRS-SMS-SIM900 Modem, RTC (Real Time Clock) Module, LCD Keypad Shield and housing shield box. It will be installed inside the computing classroom located in the school.

KEY WORDS

ARDUINO, FINGERPRINT, MODEM, BIOMETRIC, SMS

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.Detección del problema	3
1.2.Objetivos.....	5
1.2.1.Objetivo principal	5
1.2.2.Objetivos secundarios.....	5
1.3. Hipótesis	5
1.4.Justificativo técnico	5
2. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO	6
2.1. Marco teórico	6
2.1.1.Biometría	6
2.1.2.Relojes biométricos	8
2.1.3.Componentes electrónicos	10
2.1.3.1 Placa Arduino	10
2.1.3.1.1 Historia	10
2.1.3.1.2 ¿Qué es Arduino?	11
2.1.3.1.3 Tipos de placa Arduino	11
2.1.3.1.4 Versiones de Arduino Uno	14
2.1.3.1.5 Microcontrolador ATmega 328P	15
2.1.3.2 Servicio de mensaje	16
2.1.3.2.1. Reseña histórica de la telefonía móvil	16
2.1.3.2.2. Placa GSM-GPRS-SMS-SIM900	18
2.1.3.3 Módulos complementarios.....	19
2.1.3.3.1 Módulo Tiny RTC (Real Time Clock) DS 307	19
2.1.3.3.2 Placa LCD con teclado	19
2.1.3.3.3 Sensor FINGERPRINT FPM 10	20
2.2 Metodología de la investigación	20
2.2.1 Etapa de estudio	20
2.2.1.1. Investigación exploratoria	20
2.2.1.2. Método de muestreo	23
2.2.1.3. Estudio de factibilidad.....	23
2.1.2.Etapa de diseño.....	25
2.1.2.1. Investigación exploratoria	25
2.1.2.2. Técnicas de adquisición de materiales	25

2.1.3. Etapa de implementación.....	26
2.1.3.1. Método de modelación	27
2.1.3.2. Método sistemático	27
3. RESULTADOS	27
3.1. Placa Arduino R3	27
3.2.1. Elementos	29
3.2. Sensor FINGERPRINT Modelo FPM 10	30
3.2.1. Funcionamiento	30
3.2.2. Desventajas	30
3.3. Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900	31
3.4. Placa LCD con teclado incorporado	31
3.5. Diseño y montaje	32
3.5.1. Diseño	32
3.5.2. Montaje	32
3.6. Pruebas	33
3.7. Resultados obtenidos.....	36
3.8. Costo total del proyecto.....	43
CONCLUSIONES	46
RECOMENDACIONES	47
GLOSARIO	47
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	51

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Dirección Escuela Luis Pallares de Yaruquí	1
Figura 2. Entrada de la escuela	2
Figura 3. Patio principal de la escuela	2
Figura 4. Sala de Cómputo	3
Figura 5. Interior sala de Cómputo	4
Figura 6. Huella dactilar	8
Figura 7. Ejemplo de reloj biométrico.....	9
Figura 8. Placa Arduino Uno en formato DIP	14
Figura 9. Placa Arduino Uno en formato SMD	15
Figura 10. Microcontrolador ATmega 328P	15
Figura 11. MODEM GSM-GPRS-SMS-SIM900	18
Figura12.Módulo RTC DS 307 con batería incluida.....	19
Figura 13. Placa LCD 16 x 2 con teclado.....	19
Figura 14. Modelo de sensor de huella.....	20
Figura 15. Diagrama de bloques.....	25
Figura 16. Diseño del circuito del reloj biométrico	26
Figura 17. Vista superior Arduino Uno R3	28
Figura 18. Vista inferior Arduino Uno R3	29
Figura 19. Ubicación de elementos Arduino UNO.....	29
Figura 20. Sensor FINGERPRINT FPM 10.....	30

TABLA DE FIGURAS

Figura 21. Elementos del Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900	31
Figura 22. Placa LCD con teclado	32
Figura 23. Conexión placa Arduino con sensor FINGERPRINT.....	34
Figura 24. Programación para reconocimiento de huella dactilar.....	34
Figura 25. Registro de huella dactilar	34
Figura 26. Conflicto con Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900.....	35
Figura 27. Encendido de luz roja STATUS NETLIGHT	36
Figura 28. Pruebas de mensaje MSM recibido	37
Figura 29. Montaje de los elementos del reloj biométrico.	37
Figura 30. Conexión interna final	38
Figura 31. Botones expuestos placa LCD 16X2	39
Figura 32. Instalación de reloj biométrico fabricado	40
Figura 33. Enrolamiento Prof. Maribel Lucero.....	40
Figura 34. Enrolamiento Prof. Ximena Guaygua.....	41
Figura 35. Enrolamiento Prof. Oswaldo Proaño.....	41
Figura 36. Enrolamiento Lcdo. Franklin Taraguay	41
Figura 37. Mensajes de pruebas finales realizadas	42
Figura 38. Registro de prueba final en teléfono del Director	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos principales de placas Arduino	12
Tabla 2. Nómina de personal docente	21
Tabla 3. Registro de asistencia de mes de marzo de 2016.....	21
Tabla 4. Registro de pruebas	33
Tabla 5. Asignaciones de usuarios para pruebas en laboratorio.....	36
Tabla 6. Asignaciones de usuarios para pruebas en sitios	39
Tabla 7. Asignaciones finales de usuarios	42
Tabla 8. Costo total del proyecto	44

1. INTRODUCCIÓN

La parroquia urbana de Yaruquí se encuentra a 32 Km. de la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha, a 2.527 m. sobre el nivel del mar, con una población aproximada de 15.000 habitantes, cuya principal actividad, y la de su entorno, es el cultivo de frutillas, maíz, aguacates, hortalizas, etc., productos de clima templado.

La parroquia está gobernada por la Junta Parroquial, nombre oficial Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia de Yaruquí, la misma que administra varias parroquias rurales de su jurisdicción. Cada una de ellas con múltiples necesidades para alcanzar su desarrollo, tanto social como económico.

A 4 kilómetros aproximadamente, hacia el Noroeste de esta parroquia, se encuentra la Comunidad San Vicente donde funciona la Escuela Pública Fiscal Mixta Luis Pallares Zaldumbide, calle Dr. Guillermo Guerrero y calle Luis Pallares, cuyo Director es el Licenciado Franklin Taraguay Cortés. (Como se observa en las figuras 1 y 2).



Figura 1. Dirección Escuela Luis Pallares de Yaruquí.

Fuente: Escuela Luis Pallares

La escuela consta de un patio grande (Como se puede observar en la figura 3), dos aulas múltiples, una oficina administrativa donde funciona la Dirección, sala de cómputo convertida en bodega y una construcción deteriorada sin utilizar, que sirven para la educación primaria de 72 alumnos, actividad a cargo de 4 profesores.



Figura 2. Entrada de la escuela.
Fuente: Escuela Luis Pallares



Figura 3. Patio principal de la escuela.
Fuente: Escuela Luis Pallares

1.1 DETECCIÓN DEL PROBLEMA

La mayoría de los alumnos de la Escuela Luis Pallares de Yaruquí son descendientes de un grupo de migrantes originarios de la provincia de Chimborazo, especialmente de la zona de Colta, quienes se encargan de todos los procesos de cultivo de la frutilla. El grupo restante de alumnos son residentes del sector. Existe una marca rivalidad entre los residentes y los migrantes que anteriormente produjo enfrentamientos y pugna entre los dos grupos, lo que a su vez derivó en la desatención de las necesidades más urgentes de la escuela.

Por otra parte, conforme lo establecido por el Ministerio de Educación Pública, existe la prohibición de realizar cualquier proceso de autogestión, sea por parte de los profesores o padres de familia de la escuela, para atender las necesidades más apremiantes determinadas por el Director de la institución, tales como: dotar de un reloj biométrico para el control de las jornadas de trabajo de los profesores, dotar del servicio de Internet y antivirus para las computadoras de la sala de cómputo deteriorada (Como evidencian las figuras 4 y 5), seguridad para el perímetro de la escuela, arreglo de la acometida eléctrica, reparación de los pisos de la entre otros, todas ellas factibles de satisfacer.



Figura 4. Sala de Cómputo.

Fuente: Escuela Luis Pallares



Figura 5. Interior sala de Cómputo

Fuente: Escuela Luis Pallares

Una vez analizadas, evaluadas las necesidades manifestadas y establecida la factibilidad de satisfacer una de ellas, se va a diseñar e implementar un reloj biométrico, con base en tecnología Arduino, para monitoreo celular del control del personal docente, a fin de que el Director de la escuela pueda tener un registro automatizado y un control oportuno de las horas de entrada y salida del personal docente a su cargo.

Para el diseño del reloj biométrico se va a utilizar la tecnología Arduino y la metodología a emplear se basará en los siguientes parámetros: etapa de estudio (investigación exploratoria y método de muestreo), etapa de diseño (investigación exploratoria y técnicas de recolección de materiales) y etapa de implementación (método de modelación y método sistemático).

Por otra parte, es menester indicar que los equipos o sistemas biométricos disponen de un dispositivo para la captación de una muestra física (en este caso dactilar), que luego es registrada y transformada en secuencia numérica y finalmente interpretada mediante el empleo de un software específico. Es por ello que la biometría aparece como una de las formas más utilizadas para representar la identificación humana por medio de huellas digitales, por ello, es considerada en la actualidad como el método más ideal de identificación humana.

Un sinnúmero de sectores se sirven de sus aplicaciones, por ello es requerido para el presente Proyecto Integrador de Carrera el registro y control de ingreso y de salida del personal docente de la Escuela Luis Pallares, durante su jornada laboral.

Existen diferentes marcas y modelos en el mercado, con diferentes tecnologías de diseño y aplicaciones; sin embargo, el objetivo trazado para el citado proyecto integrador es dotar de un reloj biométrico construido mediante la tecnología Arduino, el mismo que enviará un mensaje cuando registre una entrada o salida del profesorado al Director.

1.2 OBJETIVOS

Como objetivos del presente proyecto se tienen:

1.2.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un reloj biométrico en base a tecnología Arduino para monitoreo celular del registro de entrada y salida del personal docente.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar y estudiar la factibilidad de implementar un reloj biométrico, en base a tecnología Arduino.
- Diseñar el reloj biométrico a implementar.
- Implementar el reloj biométrico con sistema de monitoreo celular.

1.3 HIPÓTESIS

Con la implementación del reloj biométrico, con tecnología Arduino, el Director de la Escuela Luis Pallares podrá tener un registro automatizado y un control oportuno de las horas de entrada y salida del personal docente a su cargo.

Sin la implementación de un reloj biométrico, el Director de la Escuela Luis Pallares no podrá tener un registro automatizado y un control oportuno de las horas de entrada y salida del personal docente de la escuela.

1.4 JUSTIFICATIVO TÉCNICO

Para cumplir con el objetivo principal y toda vez que fue realizado el estudio de factibilidad y aplicada la metodología de investigación respectivos, se determina utilizar la tecnología Arduino para el diseño e implementación del reloj biométrico, por cuanto económicamente es más barata y, por consiguiente, asequible.

En términos generales, para alcanzar el producto final, el reloj biométrico, se utilizaron los siguientes componentes, con la justificación del caso:

1. Placa ARDUINO UNO R3.- Con microcontrolador ATmega 328P. Se lo va a utilizar por ser económico y por disponer de la memoria suficiente para soportar los periféricos a implementar como parte del reloj biométrico.
2. Sensor FINGERPRINT Modelo FPM 10.- Si bien su precio es de costo moderado, fue el disponible en el mercado local. Necesario para la lectura de huellas dactilares por ser uno de los métodos ideales para identificación humana.
3. Módulo RTC (Real Time Clock). - Para el registro de fecha y hora. Es ideal por el reducido espacio que ocupa y por su bajo costo.
4. Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900. - Utilizado para el envío de mensajes MSM. Es el que más se ajusta a las necesidades de envío de solo mensajes de texto corto requeridos. Costo moderado.
5. Pantalla LCD con botonera.- Para visualización de fecha y nombre de usuarios del reloj biométrico. Bajo costo y necesario para enrolar nuevos usuarios, o borrarlos, sin necesidad de alterar la programación del microcontrolador.
6. Placa de interconexión.- Diseñada para establecer las conexiones físicas entre las partes integrantes del proyecto. Valor despreciable.

2. MARCO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 BIOMETRÍA

Etimológicamente, biometría tiene su origen en las palabras *bio* (vida) y *metría* (medida), razón por la cual todo equipo biométrico sirve para medir e identificar alguna de las características propias del ser humano, como por ejemplo: su huella digital.(HOMINI S.A., 2004)

Como se indicó anteriormente, la biometría aparece como una de los métodos más utilizadas para representar la identificación por medio de huellas digitales, cuya medición es objeto de estudio desde mucho tiempo atrás e, inclusive, en la actualidad es considerado como el método ideal para identificación humana.

Los equipos o sistemas biométricos contienen un dispositivo para captación de huellas humanas y un software propio que interpretan la muestra física detectada o registrada y la transforman en secuencia numérica. Para el caso del reconocimiento por huella digital, es menester recalcar que en ningún caso se saca una imagen de la huella, sino que se toma una secuencia de números que representa a la huella registrada. (HOMINI S.A., 2004)

Estas características hacen que la gran cantidad de aplicaciones que tiene sean utilizadas en varios sectores como: acceso seguro a redes y computadores; para proteger ficheros electrónicos; para control de horario y para control de acceso a lugares o sitios restringidos.

Por esta razón, la Biometría es definida como una rama de las matemáticas estadísticas, empleada en el análisis de datos biológicos y que, además, sirve para temas referenciados con población, para medidas físicas, para tratamientos de enfermedades y otros.(HOMINI S.A., 2004)

Por otra parte, todos los entes humanos poseen una morfología única que hacen que los diferencien, como la forma de la cara, la forma geométrica de las partes del cuerpo humano como manos, ojos y, quizá, la más particular de todas: las huellas digitales. Rasgos que hacen diferente a cada ser humano de los demás.

La identificación biométrica se convierte en la comprobación o verificación de la identidad de un ser humano, basándose en las características particulares que posee su cuerpo, y es utilizado para el efecto la mano, el iris del ojo, voz o cara, este último en el reconocimiento facial. (WORLDPRESS, 2002)

A pesar de que los estudios biométricos no son considerados del todo perfectos, se convierten en una herramienta muy poderosa para identificar seres humanos. A su vez, la huella dactilar es la única reconocida legalmente de todos los sistemas de identificación biométrica existentes de este tipo como prueba fehaciente de identidad. Estos sistemas suelen ser muy efectivos, fáciles de aplicar e instalar y la autenticación correspondiente se obtiene rápidamente.

Como se indicó, el uso de la biometría es uno de los medios más representativos de identificación humana por medio de huellas digitales. Cada huella digital está conformada por una serie de surcos, que se pueden apreciar en la figura 10. Las terminaciones o bifurcaciones de estos surcos que son llamados "*puntos de minucia*".

Cada uno de ellos posee una característica y una posición única, que puede ser medida o evaluada.

Con la comparación de la distribución de estos surcos se hace posible la obtención de la verdadera identidad de un ser humano que pretende acceder a un sistema.

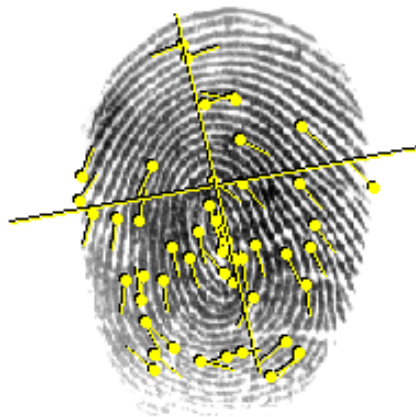


Figura 6. Huella dactilar
Fuente: (HOMINI S.A., 2004)

2.1.2 RELOJES BIOMÉTRICOS

Muchas empresas de hoy en día ya cuentan con los beneficios que tiene la biometría. No solo para estar a tono con la tecnología actual de punta sino, más que nada, para disponer de un control automatizado de entrada y salida de sus empleados a las jornadas laborales establecidas por aquellas empresas.(PONCHAR, 2012)

El reloj biométrico ponchador es una excelente opción existente, dentro de la amplia gama de métodos y formas existentes para registrar y controlar el acceso de los empleados a una determinada empresa, puesto que funciona como una herramienta vital, importante e indispensable para controlar accesos y salidas de empleados, con resultados excelentes y de primera mano.(PONCHAR, 2012)

Un reloj ponchador (denominado así por cuanto requiere aplicar una huella dactilar sobre el sensor característico, como se puede apreciar en la figura 7) trabaja como un sistema de registro de control y asistencia del personal de la empresa por medio de su huella digital. (PONCHAR, 2012)

Este sistema de control de acceso además protege y respalda la seguridad dentro de la empresa cuando se restringe el ingreso a personal no autorizado o registrado hacia cualquier dependencia.(PONCHAR, 2012)



Figura 7. Ejemplo de reloj biométrico
Fuente: (DIARIO VOX, 2016)

En el mercado local se pueden hallar diversos tipos de relojes biométricos, igualmente con tecnologías diversas y a precios alcanzables de acuerdo a la capacidad económica del comprador. Esta última, sumada a las capacidades de guardar información, son algunas características de los biométricos que se ofrecen, destacándose entre las principales las siguientes:

- Instalación fácil.
- Uso fácil.
- Tienen software incluido.
- Poseen Wi-Fi integrado.
- Pantalla LCD a color.

El control de asistencia de los empleados, en cualquier empresa o institución que maneje personal, es tan importante como la dirección que pueda darse sobre ellos. Es así como el reloj biométrico ponchador se presenta como una alternativa efectiva, por no decir la mejor, de solución para esta clase de inconvenientes, ya que con su utilización se pueden establecer normas y directrices claras de registro de asistencia y una forma efectiva de hacerlas cumplir.

Precisamente, la inasistencia de personal es la que ocasiona mayores inconvenientes entre las autoridades y los empleados, debido a que mientras las primeras buscan que sus subalternos cumplan con el horario jornadas de trabajo previamente establecido, los segundos anhelan, en su mayoría, que les paguen sin tener que asistir a cumplir con su jornada laboral.

El reloj biométrico ponchador es la garantía para que se cumplan los horarios de entrada y de salida de los empleados, es el vigilante fiel de todos los turnos establecidos y de los descansos merecidos a los que tienen derecho. Esto se debe cumplir de forma correcta, sin cometer ningún tipo de ilícito que tienda a afectar a la empresa o institución. Por todo esto, el reloj biométrico ponchador se constituye en una alternativa por demás justificada y porque es casi inmune a engaños.

2.1.3 COMPONENTES ELECTRÓNICOS

2.1.3.1 PLACA ARDUINO UNO R3

2.1.3.1.1 Historia

En el año 2005, Massimo Banzi, estudiante del Instituto de Diseño Interactivo IVRAE de Italia, inventó el Arduino. (ARDUINODHTICS, 2010)

Inicialmente Banzi pensó en hacer el Arduino por satisfacer los requerimientos de aprendizaje para los estudiantes de computación y electrónica del Instituto debido a que, para ese entonces, adquirir una placa con microcontroladores era bastante costoso y no ofrecieron el soporte requerido. Sin embargo, nunca se imaginó que su invento llegara a convertirse, años más tarde, en el líder mundial de tecnologías "*Hágalo usted mismo*" (DIY: Do It Yourself). (ARDUINODHTICS, 2010)

El primer prototipo de Banzi se basaba en una placa simple de circuitos eléctricos, donde se conectaban un conjunto de resistencias a un micro controlador. Sólo se pudieron conectar sensores simples como LED's u otras resistencias adicionales y no contaba aún con el soporte de algún lenguaje de programación para manejarla.(ARDUINODHTICS, 2010)

Tiempo después, algunos años más tarde, se integraron al equipo de Arduino: Hernando Barragán, quien contribuyó al desarrollo de un entorno para la programación del procesador Wiring de esta placa; David Mellis, quien mejoró la interfaz de software;

David Cuartielles, que mejoró la interfaz de hardware de esta placa, y agregó los microcontroladores necesarios para brindar soporte y memoria al lenguaje de programación para manipular esta plataforma; y, Tom Igoe, que ayudó a mejorar la placa haciéndola más eficiente y poderosa al agregar puertos USB para lograr conexión con un computador. Este último fue quien sugirió la distribución de este proyecto a nivel mundial.(ARDUINODHTICS, 2010)

Finalmente, con los resultados exitosos que alcanzó Arduino y dada la gran aceptación general que logró por parte de los nuevos usuarios, empezó a ser distribuido en Italia, después en España, hasta colocarse como la herramienta número uno de aprendizaje para el desarrollo de sistemas automáticos. Además, resultó muy económica en comparación con otras placas que poseen microcontroladores. (ARDUINODHTICS, 2010)

2.1.3.1.2 ¿Qué es Arduino?

Arduino es una plataforma de hardware libre que se basa en una placa sencilla de entradas y salidas simples y un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring.(TECNOCPATAFISICA, 2012)




El Processing es un lenguaje de programación de código abierto, basado en Java, que está orientado para diseñadores o creadores visuales de imágenes, animaciones e interacciones, que no necesitan saber programar. Fue desarrollado como software para dibujo y para mostrar los fundamentos de programación en un contexto visual. Por su parte, el lenguaje Wiring, es una plataforma abierta de prototipos electrónicos compuestos de un entorno de programación. (Letrán Cardona, 2011)

Las placas se pueden montar a mano o adquirirse, mientras que el entorno de desarrollo integrado libre (IDE) requerido para su funcionamiento, se puede descargar gratuitamente.

2.1.3.1.3 Tipos de placa Arduino

A medida que fueron creciendo las necesidades de nuevas aplicaciones por los fanáticos de “hágalo usted mismo”, se diseñaron nuevas placas Arduino que en resumen se detallan a continuación en la Tabla 1:




Tabla 1. Principales tipos de placas Arduino

PLACA	CARACTERÍSTICAS	GRÁFICO
Arduino ZERO	<ul style="list-style-type: none"> • Físicamente es parecido al Arduino Uno. • Tiene un microcontrolador ATMEL SAMD21 MCU de 48 MHz con núcleo ARM CORTEX M0 de 32 bits. • Opera con 3 voltios y también con 3 voltios y 5 voltios con una corriente de 7 miliamperios. • Tiene 14 pines I/O digitales, de los cuales 12 son PWM y UART, 6 entradas analógicas para un canal ADC de 12 bits y una salida analógica para DAC de 10 bits. 	
Arduino LEONARDO	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene un microcontrolador ATmega32u4 de bajo consumo a 16 MHz. • Puede manejar 20 pines digitales (7 para PWM) y 12 pines analógicos. • Ocupa menor volumen que el Uno. • Utiliza conexión mini-USB en lugar de la USB para ahorrar espacio. • No tiene pines sino agujeros con pistas de conexión en la placa. 	
Arduino UNO	<ul style="list-style-type: none"> • Fue la primera en salir al mercado comercial. • Las demás placas diseñadas conservan y aplican todas las características de esta placa. • Es una de las placas con memoria más limitada. • Tiene un microcontrolador ATMEL ATmega, de la serie 320, de 8 bits a 16MHz que trabaja con 5 voltios. • Las salidas pueden trabajar a voltajes entre 6 y 20 voltios. Es recomendable trabajar entre 7 y 12 voltios. • Posee 14 pines digitales, 6 de ellos se pueden emplear como PWM, y 6 pines analógicos. • Los pines pueden trabajar con corrientes de hasta 40 miliamperios. 	

Fuente:(PE, Isaac, 2015)

Tabla 1. Principales tipos de placas Arduino


(Continuación)

PLACA	CARACTERÍSTICAS	GRÁFICO
Arduino TRE	<ul style="list-style-type: none"> • Fue la primera placa Arduino fabricada en Estados Unidos. • Es compatible con las otras placas Arduino y Arduino IDE. • Tiene un procesador Texas Instrument SITARA AM335x de 1Ghz. • Tiene un rendimiento de hasta 100 veces comparado con placas como Leonardo y Uno. • Puede soportar sistemas basados en Linux. • Tiene 14 pines digitales, 7 PWM, y 6 analógicos multiplexados. 	
Arduino MEGA	<ul style="list-style-type: none"> • Utiliza un microcontrolador ATmega2560 que trabaja a 16MHz y con un voltaje de 5voltios. • Tiene mayor capacidad que el ATmega 320 del Arduino Uno. • Esta placa tiene más pines y es más potente que la Arduino Uno. • Tiene 54 pines digitales (15 de ellos PWM) y 16 pines analógicos. 	
Arduino ETHERNET	<ul style="list-style-type: none"> • Esta placa es muy similar a la Arduino UNO. • Utiliza un microcontrolador ATmega 328 que trabaja a 16 MHz y con 5 voltios. • La conexión Ethernet lo hace por un controlador W5100 TCP/IP interno y puede conectar tarjetas de memoria micro SD. • Tiene 14 pines digitales (4 PWM) y 6 analógicos. • Reserva los pines 10-13 para SPI, el 4 para la tarjeta SD y el 2 para el interruptor W5100. 	

Fuente:(PE, Isaac, 2015)

Tabla 1. Principales tipos de placas Arduino

(Continuación)

PLACA	CARACTERÍSTICAS	GRÁFICO
Arduino NANO	<ul style="list-style-type: none"> • Es de bajo costo y tamaño reducido, pero es una placa completa que necesita de un cable mini-USB. • No tiene conector de alimentación externa y utiliza un microcontrolador ATmega 168 a 16 MHz. • Se comporta como un Arduino Uno a nivel eléctrico. • Tiene 14 pines digitales (6 PWM) y 8 analógicos. 	

Fuente:(PE, Isaac, 2015)

2.1.3.1.4 Versiones de Arduino Uno

La versión Arduino UNO es la última placa que viene en dos variantes: la convencional o SIP y la SMD, las mismas que se diferencian por el tipo de microcontrolador que tienen incorporados.

La primera variante tiene un microcontrolador Atmega328P en formato DIP (encapsulado con pines dispuestos en doble línea o fila, como se aprecia en la figura 8), versión a ser utilizada en el presente proyecto, por cuanto permite programar el microcontrolador en la misma placa y después integrarlo en otras placas de así ser requerido.

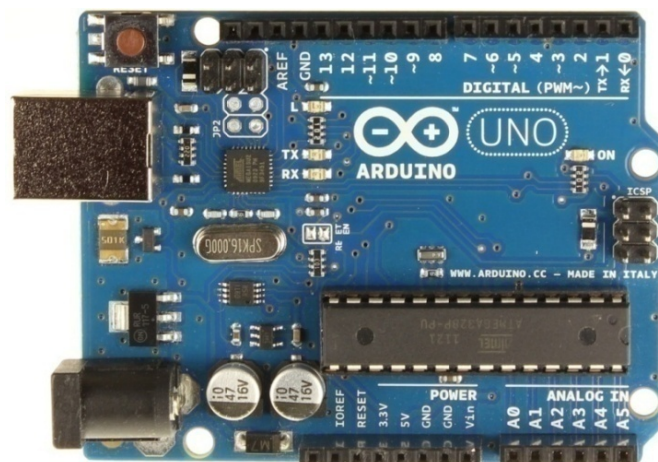


Figura 8. Placa Arduino Uno en formato DIP

Fuente:(ELECTRONICA ESTUDIO, n.d.)

La segunda variante dispone de un microcontrolador en formato SMD (dispositivo montado sobre la superficie de la placa), indicado en la figura 9.



*Figura 9. Placa Arduino en formato SMD.
Fuente: (RCO ELECTRÓNICA, 2014)*

2.1.3.1.5 Microcontrolador ATmega 328P

El microcontrolador ATmega 328 (Figura 10) es fabricado por ATMEL, tiene 28 pines, es utilizado en la plataforma Arduino y es de 8 bits basados en los procesadores AVR.

Utilizados en Arquitectura RISC, con 131 instrucciones y 32 registros de propósito general.

Su memoria es de 32 Kbyte de Flash, 1 Kbyte de EEPROM y 2 Kbyte de SRAM, de ellos 0,5 Kbyte son utilizados por el gestor de arranque (bootloader)

Trabaja en una frecuencia de hasta 20MHz. (IBARRA, 2012)



*Fotografía 10. Microcontrolador ATmega 328P
Fuente:(xt:Commerce VEYTON , 2009)*

2.1.3.2 SERVICIO DE MENSAJE

2.1.3.2.1 Reseña histórica de la telefonía móvil

El pionero de la telefonía móvil se le considera a Martin Cooper, quien en 1973 introdujo en Estados Unidos el primer radioteléfono, cuando trabajaba para la empresa Motorola. (Martínez, 2001)

En 1979 apareció el primer sistema comercial en Tokio, Japón, administrado por la compañía NTT (Nippon Telegraph & Telephone Corp.)

En 1981 se introduce en los países nórdicos un sistema celular similar conocido como AMPS (Advanced Mobile Phone System).

En octubre de 1983, en Chicago, Estados Unidos, se pone en operación el primer sistema de un servicio comercial de telefonía celular, como una alternativa a la telefonía convencional.

Esta tecnología inalámbrica a los pocos años de su implantación empezó a saturar el servicio que prestaba muy a pesar de su gran aceptación. Ante esta situación, surgió la necesidad urgente de desarrollar e implementar otras formas de acceso múltiple al canal y, con ello, transformar los sistemas analógicos utilizados a esa fecha por nuevos sistemas digitales para dar espacio a más usuarios de esta nueva tecnología.

Por otra parte, la telefonía celular está categorizada por generaciones a fin de separar estas etapas de evolución histórica, a saber:

- **PRIMERA GENERACIÓN (1G)** (Martínez, 2001)

Aparece en 1979, se caracterizó por ser analógica y solo para voz.

La calidad de los enlaces de voz que utilizaba era muy pobre, con una velocidad baja de apenas 2.400 baudios y con una imprecisión en la transferencia entre celdas debida a su limitada capacidad, porque se basaban en tecnología FDMA (Frequency Division Multiple Access). Además, no tuvieron la seguridad del caso.

En esta generación predominó la tecnología AMPS (Advanced Mobile Phone System).

- **SEGUNDA GENERACIÓN (2G)** (Martínez, 2001)

Nace en 1990, se diferencia de la 1G por ser digital. Los sistemas actuales de telefonía celular utilizan protocolos de codificación más complejos.

Existe predominio de las siguientes tecnologías:

- GSM (Global System for Mobile Communications).-Utiliza datos conmutados por circuitos basados en el estándar GSM 07.07, con velocidad de 9.6 Kbps a 14.4 Kbps
- IS-136 (conocida como TIA/EIA-136 o ANSI-136).- Utiliza datos conmutados por circuitos basados en el estándar IS-135 con velocidad de 9.6 Kbps.
- CDMA (Code Division Multiple Access).- Utiliza datos conmutados por circuitos basados en el estándar IS 707 e IS 95B con velocidad de 9.6 Kbps a 14.4 Kbps, con comunicaciones IP a 64 Kbps.
- PDC (Personal Digital Communications), utilizada exclusivamente en Japón.

Los protocolos 2G soportan velocidades de información más altas para voz pero limitados para datos, aunque pueden ofrecer otros servicios como fax, datos y SMS (Short Message Service).

En esta generación se encuentra considerada la 2.5G, la cual ofrece características extendidas adicionales a las 2G como:

- GPRS (General Packet Radio System), IP y comunicaciones con protocolo X.25 en Kbps.
- HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), con velocidad para datos de 28.8 a 56 Kbps.
- EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), Para Comunicaciones IP a 384 Kbps. Puede ser compatible con redes IS-36.

- **TERCERA GENERACIÓN (3G)** (Martínez, 2001)

Esta generación está definida por la confluencia entre voz y datos, con acceso Internet inalámbrico, por aplicaciones multimedia y por grandes transmisiones de datos.

Los protocolos 3G empleados sustentan altas velocidades de información (pueden superar el límite máximo de 384 Kbps y alcanzar los 2 Mbps en condiciones ideales) y son enfocados para aplicaciones como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a Internet, para nombrar entre los principales. La tecnología empleada en esta generación son: UMTS (Universal Mobile Telephone Service), CDMA2000, IMT-2000, ARIB (3GPP), UWC-136, entre otras.

- **CUARTA GENERACIÓN (4G)** (Martínez, 2001)

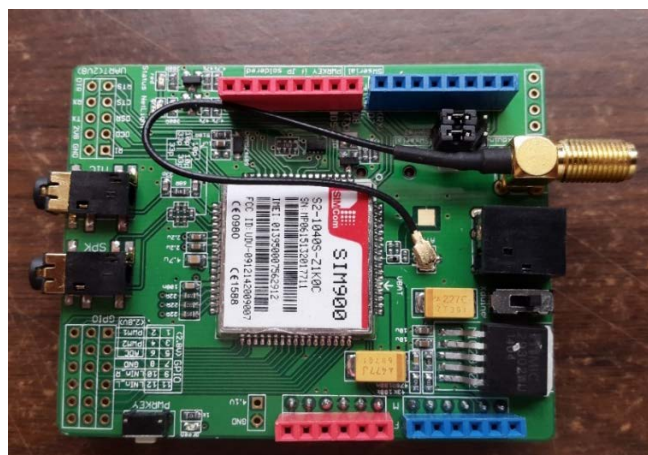
La cuarta generación fue concebida como un proyecto a largo plazo. Su velocidad se estima 50 veces más rápida que la 3G.

2.1.3.2.2 Placa GSM-GPRS-SMS-SIM900

Esta placa GPRS (Servicio general de paquetes vía radio) proporciona una manera sencilla de utilizar la red de telefonía celular GSM para recibir datos desde una ubicación remota. Esto se permite lograr a través de cualquiera de los tres métodos:

- Servicio de mensajes cortos
- Audio
- Servicio GPRS

El modelo utilizado se observa en la figura 11.



*Figura11. MODEM GSM-GPRS-SMS-SIM900
Fuente: Autor*

2.1.3.3 MÓDULOS COMPLEMENTARIOS

2.1.3.3.1 MÓDULO TINY RTC (REAL TIME CLOCK) DS 1307

El módulo Tiny RTC modelo DS1307, reloj diminuto a ser utilizado en el proyecto y mostrado en la figura 12, es un chip de tiempo real que adopta el protocolo I2C para comunicarse con el resto de la gestión de la cadena de suministros (SCM) del proyecto, que ahora resulta conveniente para entrelazarlo entre sí.

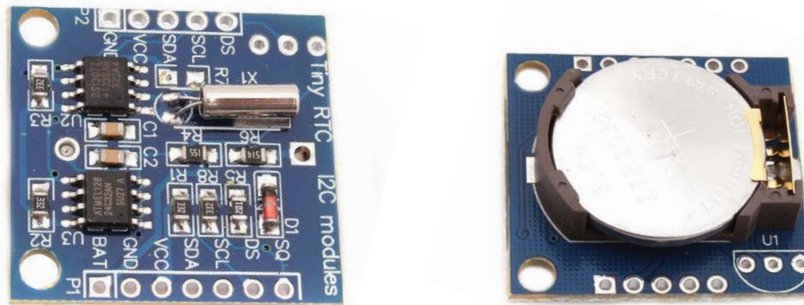


Figura 12. Módulo RTC DS 307 con batería incluida.
Fuente: (ICRC, 2016)

2.1.3.3.2 PLACA LCD CON TECLADO

Es una placa LCD de 16 X 2 que tiene cinco botones más para cualquier componente o tipo de proyecto Arduino, como es fácil observar en la figura 13.

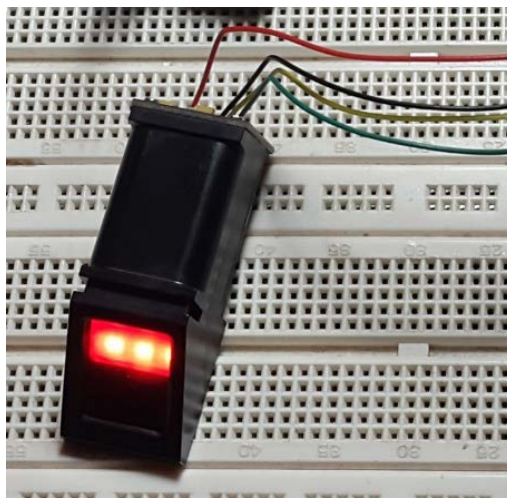


Figura 13. Placa LCD 16 x 2 con teclado
Fuente: (GEEKFACTORY, n.d.)

En la pantalla LCD aparecerá el código (número asignado), nombre y la fecha de ingreso/salida de cada usuario. En este caso, de cada profesor de la escuela Luis Pallares.

2.1.3.3.3 SENSOR FINGERPRINT FPM 10

Este dispositivo electrónico es un sensor de huellas digitales, evidenciado en la figura 14, que será utilizado en el proyecto para capturar una imagen digital de las huellas digitales del personal docente de la escuela.



*Figura 14. Modelo de sensor de huella
Fuente: Autor*

2.2 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para el diseño del reloj biométrico con tecnología Arduino, se utilizó la siguiente metodología.

2.2.1 ETAPA DE ESTUDIO

2.2.1.1 Investigación exploratoria

Para alcanzar el objetivo trazado en el presente trabajo, primero se inició con la investigación de la forma o método con el que el Director de la Escuela Luis Pallares registra la asistencia diaria del personal docente a su cargo. Esta forma consiste de hojas de impresas, diseñado por el Director de la escuela, que tienen numeración secuencial.

En estas hojas impresas se colocan manualmente la fecha, nómina del personal docente, horas de entrada y salida y la firma de cada uno de los registrados. La nómina constante es la siguiente:

Tabla 2. Nómina de personal docente

ORD.	NÓMINA	CARGO
1	Lcdo. Franklin Taraguay Cortés	Director
2	Prof. Maribel Lucero	Maestra
3	Prof. Oswaldo Proaño	Maestra
4	Prof. Ximena Guaygua	Maestra

Fuente: Escuela Luis Pallares

No se pudo realizar el levantamiento de los registros de asistencia del personal docente de la Escuela Luis Pallares desde el mes de febrero de 2016 hacia atrás, debido a que las hojas originales firmadas fueron remitidas a la Jefatura Zonal del Ministerio de Educación, sin que existiesen copias de respaldo de las mismas.

A continuación se detallan los registros disponibles correspondientes al periodo comprendido del 03 hasta el mediodía del 23 de marzo de 2016, sin incluir fines de semana de descanso obligatorio:

Tabla 3. Registro de asistencia de mes de marzo de 2016

ESCUELA FISCAL MIXTA LUIS PALLARES			
PERSONAL DOCENTE: REGISTRO DE ASISTENCIA			MARZO 2016
DÍA	NOMBRE	ENTRADA	SALIDA
3	GUAYGUA XIMENA	07:00	13:00
	LUCERO MARIBEL	06:57	13:00
	PROAÑO OSWALDO	07:04	13:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	13:00
4	GUAYGUA XIMENA	07:00	15:00
	LUCERO MARIBEL	06:57	15:00
	PROAÑO OSWALDO	07:06	15:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	15:00
7	GUAYGUA XIMENA	07:00	13:00
	LUCERO MARIBEL	06:30	13:00
	PROAÑO OSWALDO	07:00	13:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:30	13:00

Fuente: Escuela Luis Pallares

Tabla 3. Registro de asistencia de mes de marzo de 2016 (Continuación)

8	GUAYGUA XIMENA	07:00	15:00
	LUCERO MARIBEL	06:57	15:00
	PROAÑO OSWALDO	07:02	15:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	15:00
9	GUAYGUA XIMENA	07:00	13:00
	LUCERO MARIBEL	06:57	13:00
	PROAÑO OSWALDO	07:00	13:00
	TARAGUAY FRANKLIN	No registra	No registra
10	GUAYGUA XIMENA	07:00	13:00
	LUCERO MARIBEL	07:00	13:00
	PROAÑO OSWALDO	07:03	13:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	13:00
11	GUAYGUA XIMENA	07:00	No registra
	LUCERO MARIBEL	06:57	15:00
	PROAÑO OSWALDO	07:02	15:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	15:00
14	GUAYGUA XIMENA	07:00	15:00
	LUCERO MARIBEL	06:57	13:00
	PROAÑO OSWALDO	07:00	13:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	No registra
15	GUAYGUA XIMENA	07:00	15:00
	LUCERO MARIBEL	06:57	15:00
	PROAÑO OSWALDO	07:04	15:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	15:00
16	GUAYGUA XIMENA	No registra	No registra
	LUCERO MARIBEL	No registra	No registra
	PROAÑO OSWALDO	07:00	13:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	No registra
17	GUAYGUA XIMENA	No registra	No registra
	LUCERO MARIBEL	06:57	13:00
	PROAÑO OSWALDO	07:00	10:20 ¹
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	13:00
18	GUAYGUA XIMENA	07:00	15:00
	LUCERO MARIBEL	06:57	15:00
	PROAÑO OSWALDO	07:00	15:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	15:00
21	GUAYGUA XIMENA	07:00	13:00
	LUCERO MARIBEL	06:57	13:00
	PROAÑO OSWALDO	07:00	13:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	13:00

Fuente: Escuela Luis Pallares

¹ Con permiso

Tabla 3. Registro de asistencia de mes de marzo de 2016 (Continuación)

22	GUAYGUA XIMENA	07:00	13:00
	LUCERO MARIBEL	06:57	13:00
	PROAÑO OSWALDO	07:00	13:00
	TARAGUAY FRANKLIN	06:57	13:00
23	GUAYGUA XIMENA	07:10	Por registrar
	LUCERO MARIBEL	07:10	Por registrar
	PROAÑO OSWALDO	07:00	Por registrar
	TARAGUAY FRANKLIN	07:10	Por registrar

Fuente: Escuela Luis Pallares

2.2.1.2 Método de muestreo

No existen registros oficiales o copias del número de veces que el personal docente salió de la escuela por diferentes motivos, razón por la cual no se pudo realizar un muestreo aleatorio de la cantidad de veces en que esas actividades fueron ejecutadas.

Respecto a las hojas de asistencia diaria disponible, por ser de número limitado, se puede observar que la hora de salida del personal docente, si está registrada, es muy puntual y donde se puede determinar que las horas de entrada marcan un patrón fijo de 06:57 y 07:00, mientras que la salida son a las 13:00 y 15:00 exactas. Situación que difícilmente se ajusta a la realidad.

Otros ejemplos de salida y entradas similares se pueden apreciar en las hojas de registro aleatorias que forman parte del Anexo 1 del presente trabajo.

2.2.1.3 Estudio de factibilidad

Una vez que fueron analizadas las necesidades más apremiantes planteadas por el Director de la Escuela Luis Pallares Yaruquí y en conocimiento del número reducido del personal docente existente, se establece el siguiente estudio de factibilidad, cuyos aspectos más importantes son:

- a) Factibilidad Técnica.- El uso de tecnología Arduino (elementos incluidos) es una de las opciones recomendadas para el diseño de un reloj biométrico por cuanto el software que utiliza es de aplicación libre y de fácil asesoramiento

(vía Internet, por ejemplo), mientras que el hardware está diseñado pensando en la integración de módulos o placas Arduino.

Por su parte, el autor del proyecto puede aplicar los conocimientos adquiridos durante su periodo estudiantil en la Universidad Israel, sumados a su experiencia como técnico electrónico en sistemas de telecomunicaciones y ayudas a la navegación aérea, para diseñar e implementar el reloj biométrico.

- b) Factibilidad Operativa.- El Director de la Escuela será el encargado de operar el reloj biométrico, por cuanto es el responsable de verificar el registro de asistencia del personal docente.

Una vez implementado el reloj, el Director puede también ajustar la hora del reloj, enrolar nuevos usuarios y hasta eliminarlos etc., a fin de mantener un control automático y dinámico que brinda el reloj. Además, sirve de un gran apoyo para solventar posibles quejas e inconvenientes del personal docente por la no firma oportuna en el registro de asistencia actual, tal es en el caso de atrasos o permisos concedidos.

- c) Factibilidad Económica.- En vista de que el Ministerio de Educación Pública del Ecuador ha prohibido realizar cualquier proceso de autogestión, en este caso, para dotar de un reloj biométrico a la Escuela, y en vista de que la escuela no cuenta con fondos económicos propios, el autor del proyecto analizó y evaluó la posibilidad de correr con los gastos que demanden la implementación de un reloj biométrico para el control de entrada y de salida del profesorado.

Una vez determinadas todas las condicionantes, generales y técnicas posibles, el autor del proyecto determinó que es factible el diseño e implementación del reloj biométrico requerido, a través de la utilización de una placa Arduino Uno y de un modem transmisor de mensajes de texto a fin de que el Director pueda disponer de un medio de control automatizado del personal docente.

2.2.2 ETAPA DE DISEÑO

2.2.2.1 Investigación exploratoria.

Previo Se realizó un estudio sobre la disponibilidad en el mercado local de los elementos electrónicos necesarios para diseñar el reloj biométrico requerido por el Director de la Escuela. Todos los elementos a utilizar existieron el mercado local.

2.2.2.2 Técnicas de adquisición de materiales

Se adquirieron los materiales electrónicos requeridos para el proyecto integrador en diferentes mercados tecnológicos de la ciudad de Quito, especialmente a los distribuidores de material de tecnología Arduino y a través de la página de Internet Mercado Libre Ecuador.

Una vez disponible todo el material requerido, se procedió a diseñar por bloques el reloj biométrico como consta en la figura 15:

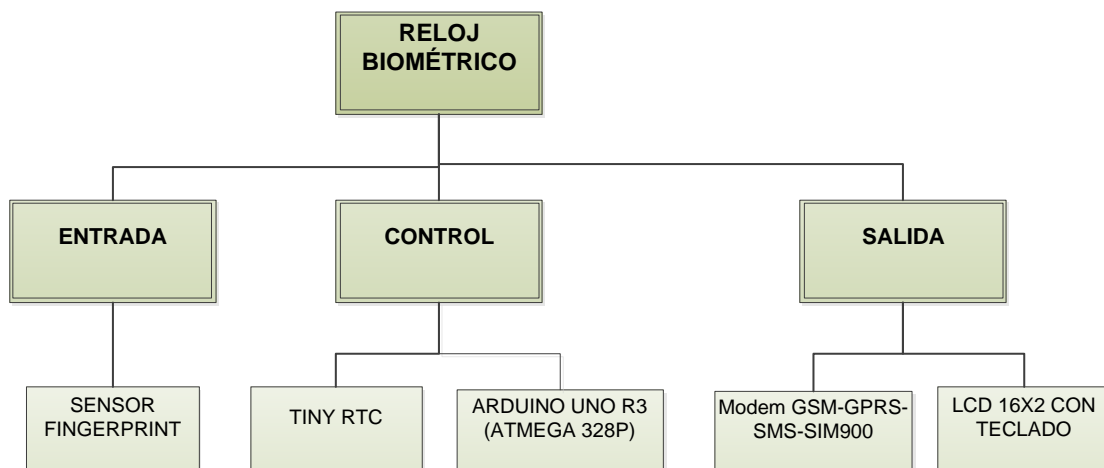


Figura 15. Diagrama de bloques

Fuente: Autor.

En el diagrama de bloques se puede observar que como salida se presenta la pantalla LCD 16X2" con teclado, sin embargo, cabe recordar que su teclado (botonera) debe ser considerada como otra entrada puesto sirve para agregar nuevos usuarios del reloj biométrico o eliminarlos de la base de datos de ser el caso.

La figura 16 presenta el diseño final del circuito del reloj biométrico determinado como factible de implementación.

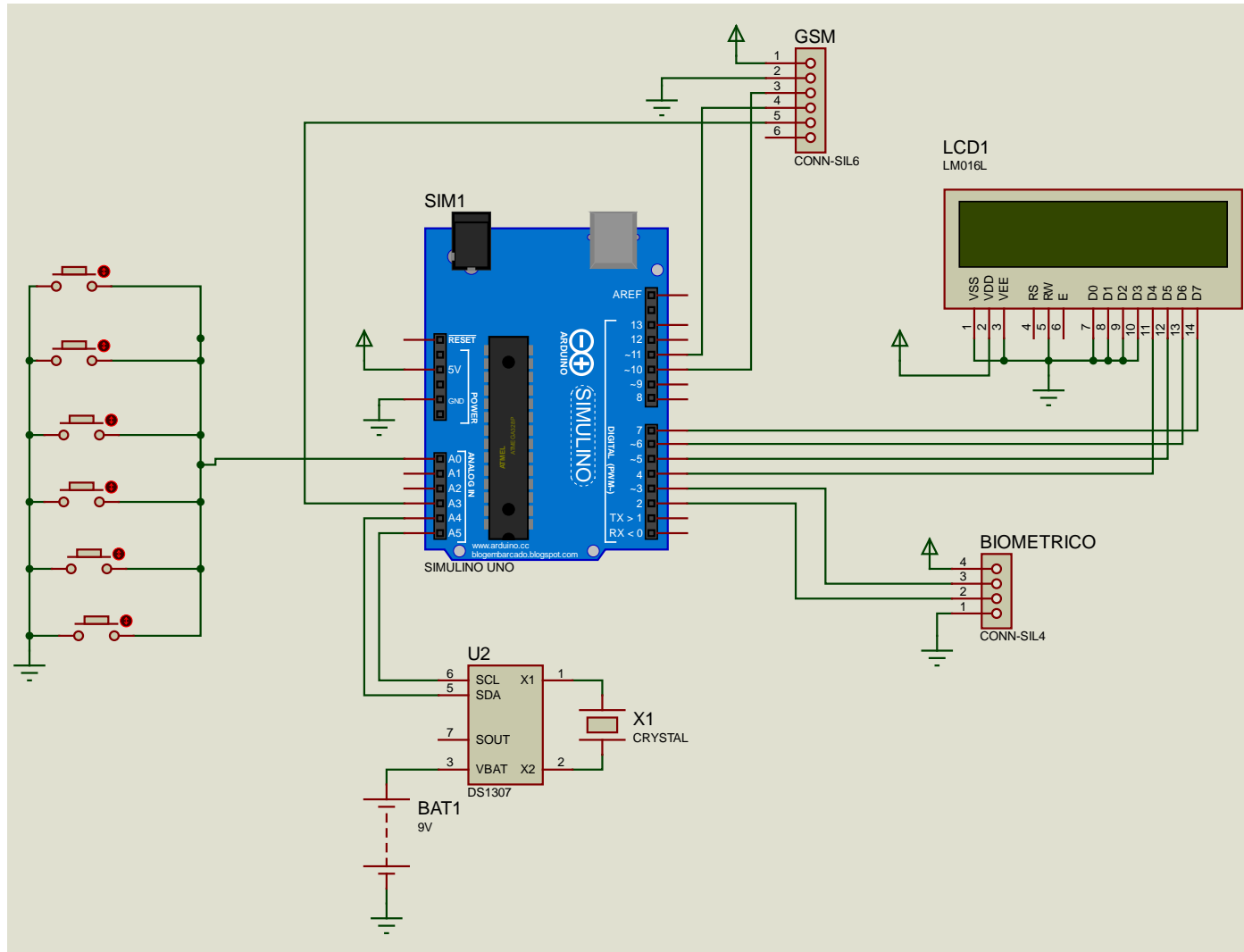


Figura 16. Diseño del circuito del reloj biométrico
Fuente: Autor.

2.2.3 ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN

2.2.3.1 Método de modelación

Para la modelación del diseño del reloj biométrico se utilizó el programa PROTEUS DESIGN SUITE 8.1., como consta en la figura 22, más los componentes ARDUINO adquiridos que fueron montados en un protoboard. Esta actividad se llevó a cabo en el domicilio del autor de este proyecto, quien está capacitado para el trabajo, a través de pruebas y verificaciones del correcto funcionamiento del reloj biométrico diseñado y de cada uno de sus componentes.

2.2.3.2 Método sistemático

Se realizaron pruebas simultáneas de las diferentes programaciones y configuraciones independientes, y en conjunto, de los diferentes componentes ARDUINO del proyecto.

3. RESULTADOS

A fin de satisfacer una de las necesidades más básicas del Director de la Escuela “Luis Pallares” de Yaruquí y una vez analizada la factibilidad de la implementación de un reloj biométrico con monitoreo celular para el registro de entrada y salida del personal docente de la escuela, se espera que los citados componentes funcionen adecuadamente y que las características técnicas de cada módulo utilizado para la construcción del citado reloj puedan verse reflejadas en el producto final.

Las características técnicas principales de los componentes son:

3.1. PLACA ARDUINO UNO R3

La placa Arduino UNO R3 utiliza un microcontrolador marca ATMEL. Posee toda la circuitería de soporte que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB conectado a un módulo adaptador USB-Serie, entre otros. Este puerto USB permite programar de manera fácil el microcontrolador desde cualquier PC y es utilizado también para ejecutar pruebas de comunicación con el propio chip.(TECNOCPATAFISICA, 2012).

Al ser un producto sin restricción (*open-hardware*), su distribución y diseño son libres. Es decir, puede ser utilizado libremente para desarrollar cualquier tipo de proyecto sin necesidad de adquirir ninguna licencia para su operación.

Los 14 pines digitales de la placa Arduino pueden configurarse como entradas o salidas, a los que puede conectarse cualquier dispositivo capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5 voltios. Además, dispone de entradas y salidas analógicas.

En las entradas analógicas se pueden obtener datos de sensores, conectados a la placa, en forma de variaciones continuas de voltaje. Por su parte, las salidas analógicas suelen ser utilizadas para enviar señales de control en forma de señales PWM (Moduladas por ancho de pulso).

A su vez, la placa ArduinoUnoR3, presentada en la figura 17, se basa en un microcontrolador de la misma marca ATMEL, el ATmega 328P de 8 bits a 16MHz que funciona a 5voltios. Esta tarjeta añade nuevos pines: SDA (Serial Data) y SCL (Serial Clock), mostrados en el círculo de la figura 18, que están cercanos al terminal de referencia analógica (AREF).

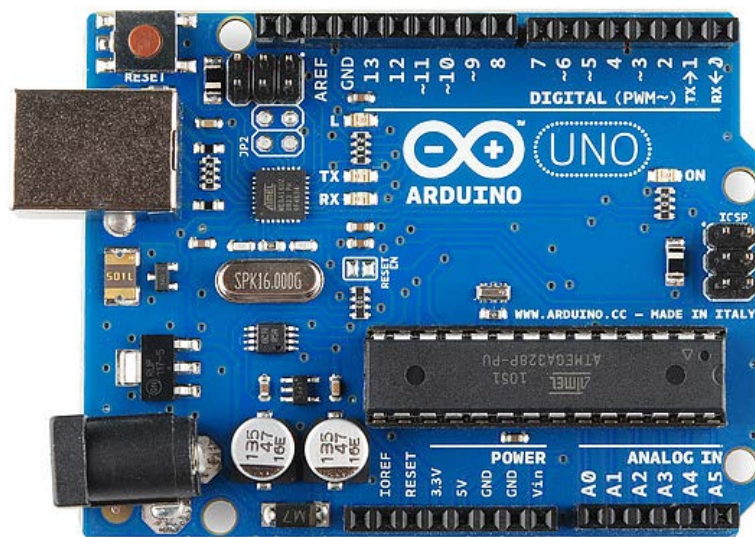


Figura 17. Vista superior Arduino Uno R3

Fuente:(INGENIERÍA MCI LTDA., n.d.)

En el pin SDA viaja la información propiamente dicha mientras que el SCL sirve para sincronizar a todos los dispositivos conectados al Arduino R3, a través de su reloj maestro que genera una señal de reloj por el mencionado SCL.



Figura 18. Vista inferior Arduino Uno R3

Fuente:(INGENIERÍA MCI LTDA., n.d.)

3.2.1 Elementos

La placa está constituida por un circuito impreso donde van instalados el microprocesador, la memoria, las conexiones de entrada y salida y la conexión para el puerto USB, (Tecnología, 2009).

Consta de los siguientes elementos que se aprecian en la figura 19:

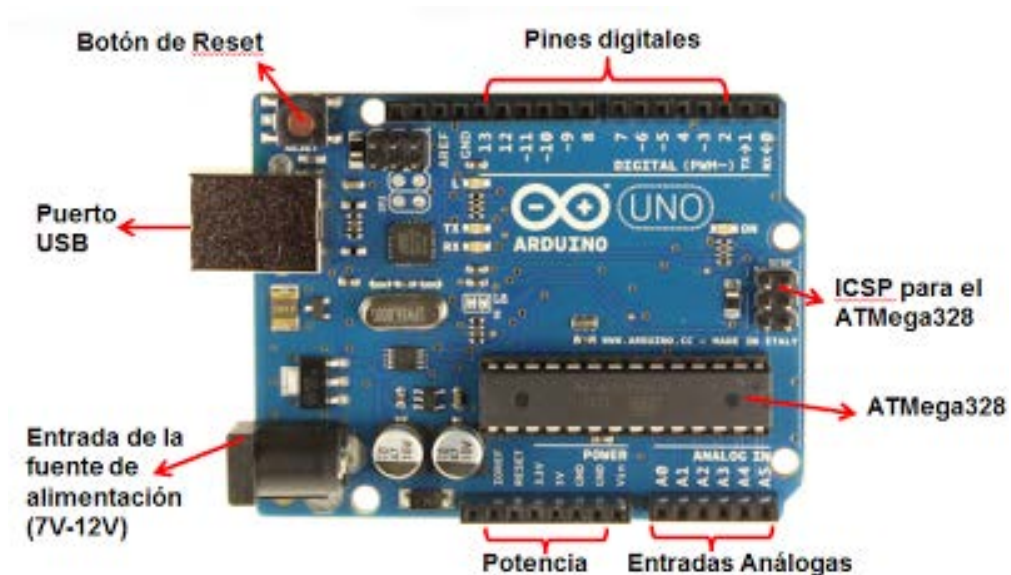


Figura 19. Ubicación de elementos Arduino UNO.

Fuente:(ROBÓTICA, n.d.)

3.2. SENSOR FINGERPRINT MODELO FPM 10

Es un módulo óptico de reconocimiento de huellas dactilares, basado también en tecnología Arduino. El modelo utilizado se observa en la figura 20.



Figura 20. Sensor FINGERPRINT FPM 10

Fuente: Autor.

3.2.1. Funcionamiento

El sensor FINGERPRINT es en sí una cámara especializada digital, donde las imágenes proyectadas de una huella digital es el resultado de una impresión que utiliza para el efecto una fuente de luz visible.

La parte superficial, donde se coloca el dedo, es conocida como táctil y la luz reflejada por el dedo es generada por una capa emisora de luz que ilumina al dedo. La luz que es reflejada por el dedo pasa a una matriz de píxeles de estado sólido que es la que captura una imagen de la huella dactilar colocada (huella del dedo).

3.2.2. Desventajas

Si bien la huella dactilar es difícilmente susceptible, por no decir imposible, de engañar o alterar, puede ser que en un momento determinado la colocación de un dedo rayado o ensuciado deliberadamente puede causar una pésima imagen dactilar, lo que deriva en que la formación de las imágenes capturadas se vea afectada por la calidad de piel del dedo leído.

También puede ser afectada por la colocación de un dedo “no registrado”.

A pesar de lo indicado, se consideró la utilización de este sensor en vista de que el personal docente de la Escuela Luis Pallares está conformado únicamente por 4 profesores, a más del Director.

3.3. MODEM GSM-GPRS-SMS-SIM900

Por su parte, el Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900, es también compatible con todas las placas que tienen el mismo factor de forma como una placa Arduino estándar. Esta placa GPRS se configura y controla a través de su puerto serial UART (Receptor/Transmisor Asíncrono Universal) con simples comandos AT (Instrucciones codificadas). (DX.COM, 2016)

Basado en el módulo SIM900, la placa GPRS funciona como un teléfono celular. Además tiene 12 pines GPIO (entradas/salidas para propósitos generales), 2 pines PWM y un pin ADC (para conversión análogo digital).

Para el funcionamiento del servicio de mensajería, requerido para el proyecto, se utilizó un chip de la Operadora de Telefonía Móvil CLARO.

La figura 21 muestra las partes principales del módem.

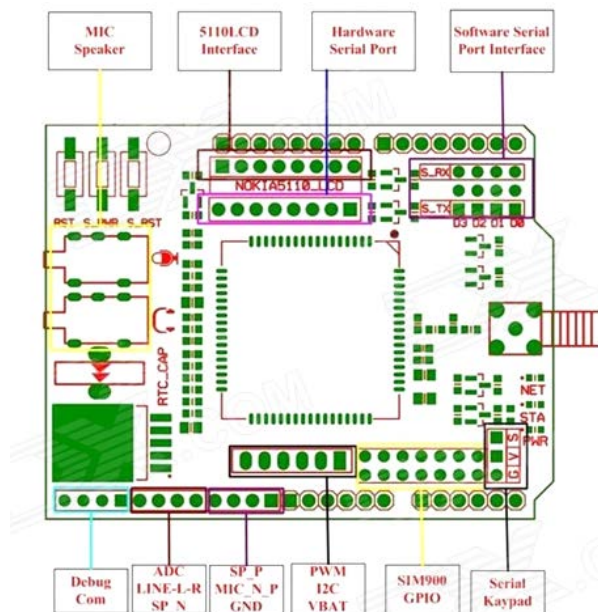


Figura 21. Elementos del Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900

Fuente: (ELEC FREAKS, n.d.)

3.4. PLACA LCD CON TECLADO INCORPORADO

Esta placa, con pantalla LCD 16 x 2, permite integrar fácilmente una interfaz de usuario a los proyectos con Arduino. Incluye también 5 botones para la aplicación y un botón de reactivación (reset) en la parte superior, como consta en la figura 22.

Los botones se encuentran multiplexados, de manera que todos pueden leerse mediante un único pin analógico, en este caso, de la placa Arduino Uno utilizada. Para leer los botones se requiere de convertir el valor analógico del pin a los botones que son activados, para que a su vez sean multiplexados en un solo pin analógico, característica que fue empleada en la selección de esta placa para la visualización de las jornadas de trabajo del personal docente de la escuela Luis Pallares.

La pantalla puede utilizarse con las librerías estándar incluidas en Arduino.

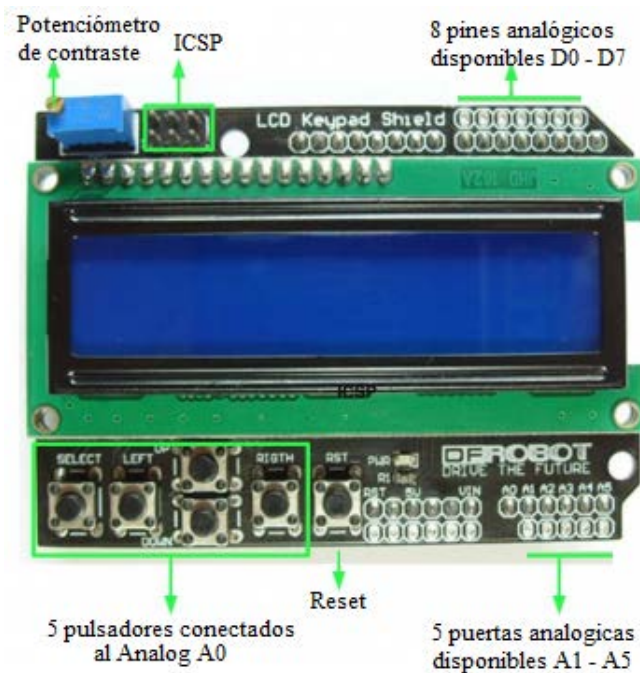


Figura 22. Placa LCD con teclado
Fuente:(PROMETEC, n.d.)

3.5. DISEÑO Y MONTAJE

3.5.1. Diseño

Una vez analizados los elementos del proyecto, se procedió a realizar el diseño del circuito, el mismo que se definió en la figura 16. Para el efecto se utilizó el programa PROTEUS DESIGN SUITE 8.1.

3.5.2. Montaje

Para el montaje del circuito se presentaron inconvenientes con la adquisición del sensor de huellas dactilares (FINGERPRINT) por cuanto, a la fecha de inicio del diseño del circuito, enero de 2016, hubo gran demanda en el mercado de este sensor,

razón por la cual se agotó el stock de los proveedores locales, mientras en otros no lo comercializaban. A pesar de aquello, al cabo de unas semanas se logró conseguirlo.

Una vez conseguidos todos los elementos del reloj biométrico, se procedieron efectuar las pruebas correspondientes de cada uno con la placa Arduino Uno R3.

3.6. PRUEBAS

Concluido el diseño del circuito del reloj biométrico, se realizaron las pruebas correspondientes a través de la utilización del siguiente listado de chequeos (Check List):

Tabla 4. Registro de pruebas.

ORD	PRUEBA	ESTADO
1	Conexión de los dispositivos del reloj	√
2	Conexión del reloj a energía eléctrica	√
3	Encendido de la pantalla LCD	√
4	Encendido del sensor de huella dactilar	√
5	Registro de fecha y hora en la pantalla LCD	√
6	Activación del sensor de huella dactilar	√
7	Activación del <i>Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900</i>	√
8	Verificación de registro de huella dactilar	√
9	Verificación de ajuste de hora del reloj	√
10	Aceptación de modificaciones desde PC	√

Fuente: Autor.

La primera prueba que se realizó fue la conexión de la placa Arduino Uno R3 adquirida con el sensor de huellas descrito, mediante un computador portátil que tiene cargado el programa Arduino. Con el software propio de Arduino se realizó la programación del microcontrolador ATmega 328P para que reconozca al sensor, obteniéndose el reconocimiento de las huellas dactilares que fueron registradas en el microcontrolador y luego probado su funcionamiento al colocar la huella enrolada previamente. Estas actividades se pueden evidenciar en las figuras 23, 24 y 25.

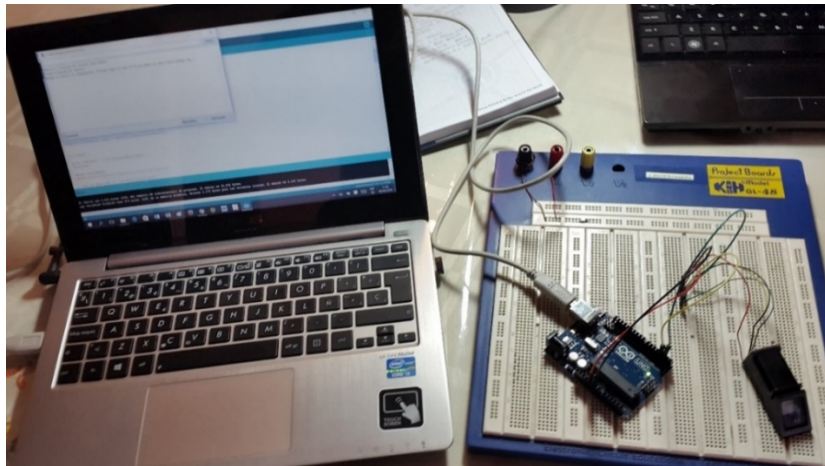


Figura 23. Conexión placa Arduino con sensor FINGERPRINT
Fuente: Autor

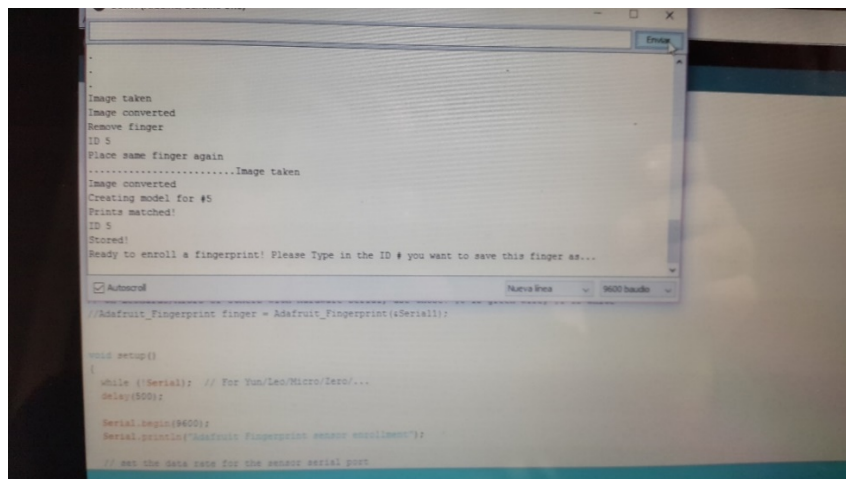


Figura 24. Programación para reconocimiento de huella dactilar
Fuente: Autor.

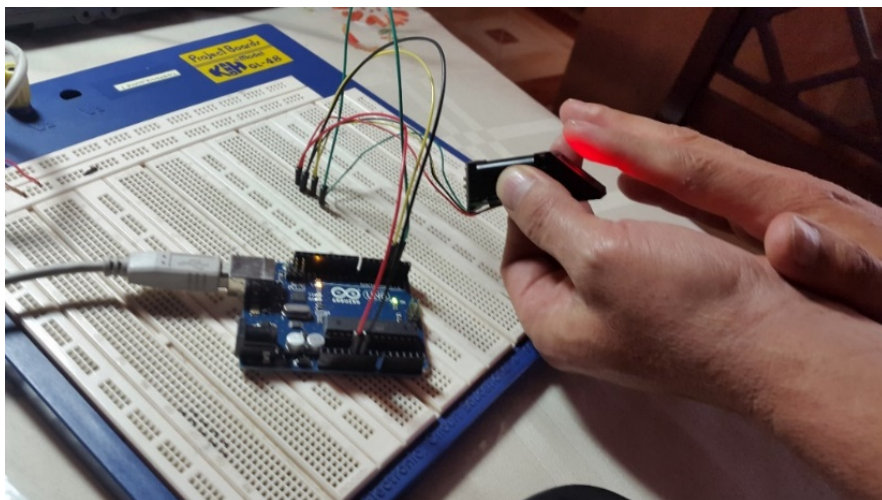


Figura 25. Registro de huella dactilar
Fuente: Autor

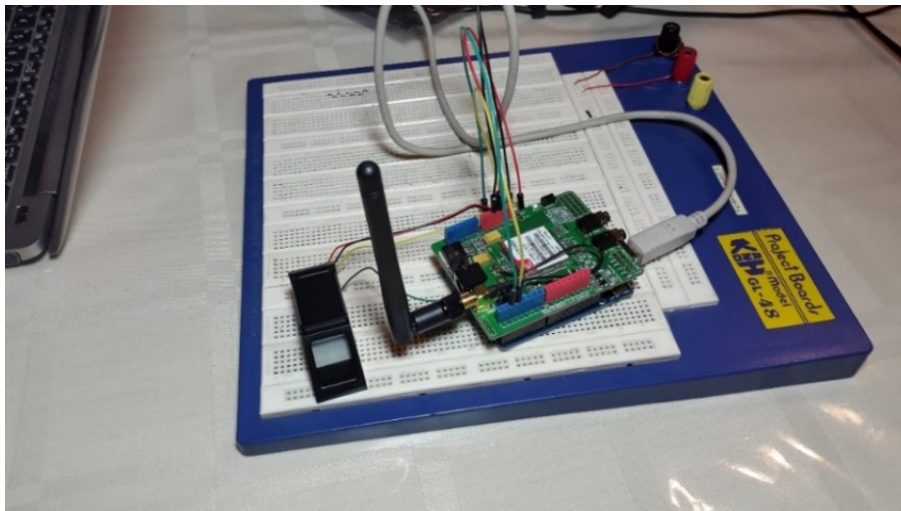
En esta primera parte se pudo comprobar la facilidad de manejo que brinda la programación de los componentes Arduino.

Terminada la verificación de funcionamiento del sensor de huellas dactilares, se procedió a montar el Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900 en la placa Arduino, para probar si funciona adecuadamente; es decir, si es capaz de enviar un mensaje de con la huella detectada.

Para el efecto, se insertó un chip prepago adquirido en la operadora de telefonía móvil Claro, asignado con el número 099965 3731, con el cual se hicieron las pruebas respectivas, a través del uso de un computador portátil.

Realizadas esta pruebas se observa que se inhabilita el sensor al colocar una huella en él, como se puede apreciar en la figura 26, y aparece un mensaje de error por conflicto en pòrtico COM4 en el computador.

Se realizaron varias pruebas sin obtener resultados satisfactorios.



*Figura 26. Conflicto con Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900.
Fuente: Autor*

Ante esta situación, se procede a realizar una prueba por separado del Módem conectado únicamente el sensor de huellas, luego de lo cual se comprobó que no existía transmisión alguna de las huellas detectadas, lo que se detectó al observar que no se encendían alternadamente las luces (roja y verde) del STATUS NETLIGHT del módem por cuanto solo se encendió la luz roja, como se evidencia en la figura 27.

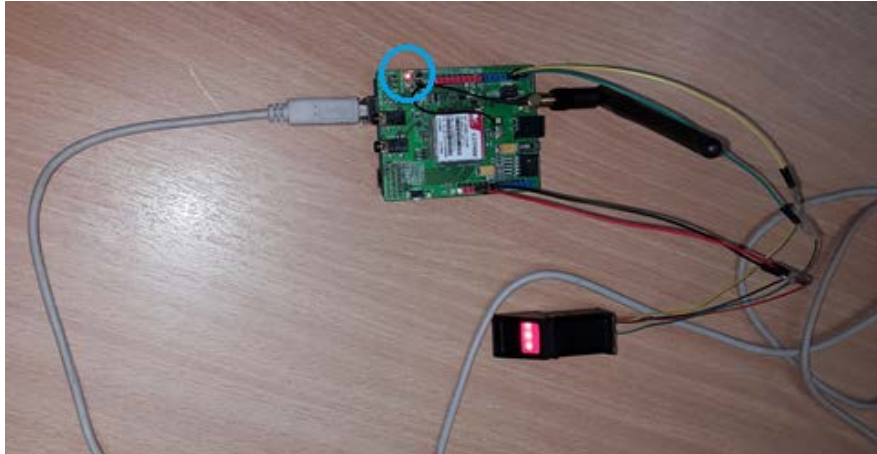


Figura 27. Encendido de luz roja STATUS NETLIGHT

Fuente: Autor

Las pruebas ejecutadas sirvieron para comprobar el primer modem GSM-GPRS-SMS-SIM900 comprado localmente resultó averiado, razón por la cual se adquirió uno nuevo que, luego de las pruebas respectivas, funcionó correctamente.

Para probar el nuevo modem se utilizó el mismo chip telefónico de la empresa CLARO, con número signado anteriormente, y se utilizaron los nombres de un par de dedos del ejecutor del proyecto, para identificarlos como usuarios. Estos números de usuario, y nombres otorgados por defecto, están contenidos en la siguiente tabla:

Tabla 5. Asignaciones de usuarios para pruebas en laboratorio

Nro. Usuario	Nombre	Dedo
0	NAME 1	Meñique
3	NAME 4	Anular
7	NAME 8	Índice

Fuente: Autor

3.7. RESULTADOS OBTENIDOS

Luego de probar por separado el sensor FINGERPRINT y el módem GSM-GPRS-SMS-SIM900 con la placa Arduino Uno R3 y realizada la programación, compilación y subida en el programa propio de Arduino utilizado, se procedió a montar los elementos en una caja plástica que los alojará, como se aprecia en la figura 28, para probar, en conjunto, el funcionamiento de todos los elementos Arduino del reloj.

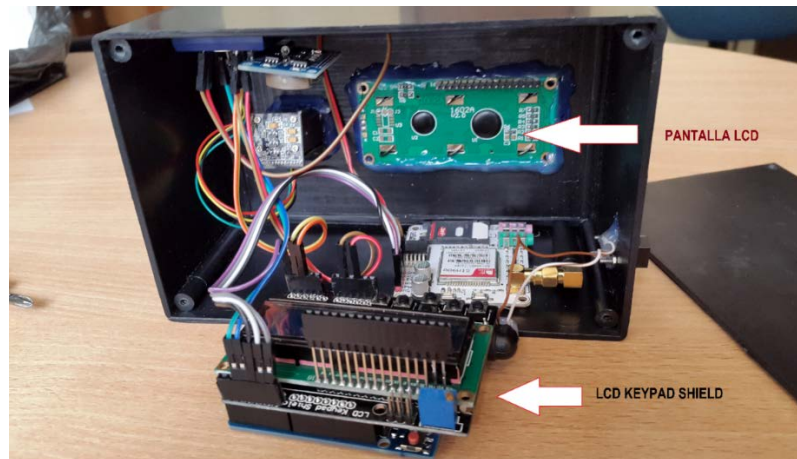


Figura 28. Montaje de los elementos del reloj biométrico.
Fuente: Autor

Como se puede apreciar en la mencionada figura 28, inicialmente se realizó el montaje de la placa Arduino Uno R3 con la placa LCD 16X2 con teclado (botonera). Sin embargo, para visualizar la fecha, hora y usuario que “ponchó”, que colocó su huella dactilar, se utilizó otra placa sencilla LCD 16X2. También se utilizó un tramo de la tarjeta de conexiones para realizar las conexiones físicas entre los elementos Arduino.

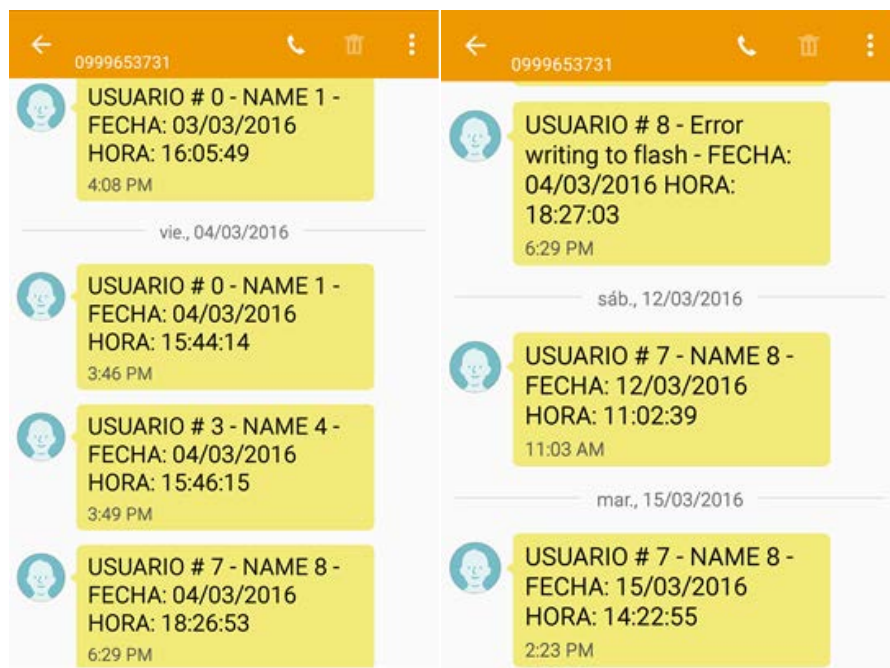


Figura 29. Pruebas de mensaje MSM recibido
Fuente: Autor

Los resultados de las pruebas realizadas al reloj biométrico terminado, se pueden evidenciar en la figura 29.

En este reporte se puede observar que también se recibió mensaje MSM “ERROR DE ESCRITURA PARA LA MEMORIA”, que sirve para que el Director de la Escuela pueda observar si algún usuario no colocado correctamente el dedo para la toma real de su huella dactilar.

Este primer montaje, si bien funcionó correctamente, desde el punto de vista de utilización de todas las bondades de las placas Arduino, no fue satisfactorio por cuanto se dejaba a un lado el teclado (botonera) de la placa LCD 16X2 respectiva. Es por ello se eliminó la placa LCD 16X2 sencilla y sólo se utilizó la LCD con teclado para dejar sus botonera con acceso desde el exterior.

Para el segundo montaje y final, quedaron expuestos, con acceso desde el exterior, el sensor FINGERPRINT y la placa LCD 16X2 con teclado o botones.

El uso inicial de las dos tarjetas LCD 16X2 no se justificó por cuanto con la tarjeta con botonera se pueden ejecutar directamente actividades como: enrolamiento de nuevos usuarios y ajustar la hora del reloj biométrico, sin la necesidad de volver a programar desde el software Arduino. En la figura 30 se puede apreciar como finalmente quedaron conectados internamente (dentro del habitáculo) los elementos del reloj biométrico.



Figura 30. Conexión interna final

Fuente: Autor

Este cambio de acceso a la botonera de la placa LCD KEYPAD SHIELD utilizada, se puede apreciar en la figura 31.

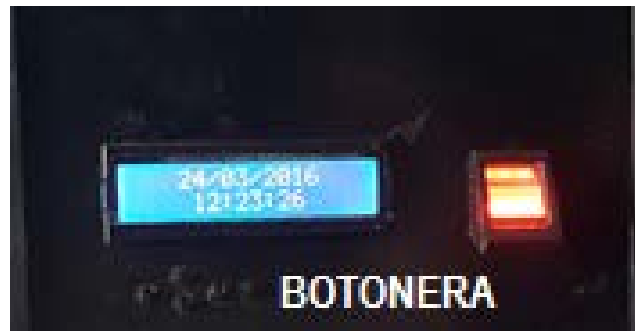


Figura 31. Botones expuestos placa LCD 16X2

Fuente: Autor.

Si bien los mencionados botones quedaron expuestos, se tuvo la prolijidad de dejar con acceso difícil al botón que sirve para activar o desactivar uno de los parámetros del sensor FINGERPRINT, tales como activación de un nuevo usuario, (enrolamiento), con designación de número de usuario y determinación de que están directamente conectados a la entrada 0 de la placa Arduino Uno.

En la parte lateral izquierda del reloj biométrico, se dejó también un orificio de entrada para el cable de programación, desde un computador, el cual permanece cubierto por una tapa plástica de fácil remoción para personal técnico que desee ingresar para cambiar la programación, nombres de los usuarios o incorporar nuevos.

Una vez concluido el ensamblaje de los elementos del reloj biométrico en laboratorio (domicilio del ejecutor del proyecto), se procedió a realizar la instalación del reloj fabricado en el sitio definido con anterioridad (sala de cómputo de la escuela), indicada en la figura 32, luego de lo cual se ejecutaron las pruebas correspondientes con la participación del personal docente de la Escuela Luis Pallares, a quienes se les asignaron los siguientes números y nombres de usuarios para el inicio de las pruebas en sitio:

Tabla 6. Asignaciones de usuarios para pruebas en sitio.

Ord.	Número	Nombre asignado	Nombre
1	USUARIO # 0	NAME 1	Lcdo. Franklin Taraguay C.
2	USUARIO # 1	NAME 2	Prof. Maribel Lucero
3	USUARIO # 2	NAME 3	Prof. Oswaldo Proaño
4	USUARIO # 3	NAME 4	Prof. Ximena Guaygua
5	USUARIO # 7	TEST	Ejecutor del proyecto

Fuente: Autor.



Figura 32. Instalación del reloj biométrico fabricado.

Fuente: Autor.

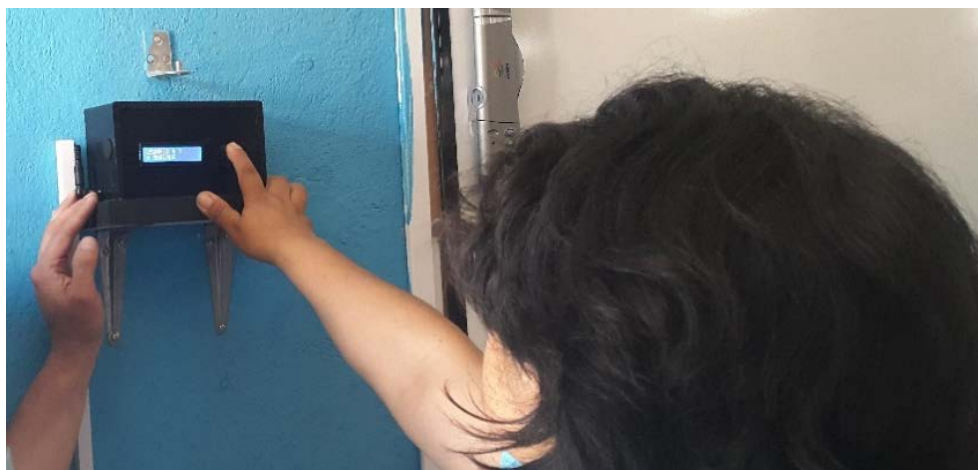
Durante la ejecución de las pruebas hubo escepticismo por parte de los profesores de la Escuela, debido a que ellos desearon mantener la forma tradicional de registro de asistencia. Esta situación se reflejó especialmente durante el registro (enrolamiento) de cada uno de ellos, a tal punto que hubo que enrolar en repetidas ocasiones dado la mala colocación de sus huellas dactilares.

Concluido con el enrolamiento de los cuatro profesores de la Escuela, evidenciado en las figuras 33, 34, 35 y 36, se realizaron varias pruebas de registro (ponchado o colocación de la huella dactilar personal), inclusive se utilizó la huella del dedo índice del ejecutor del proyecto, obteniéndose resultados satisfactorios para la complacencia del Director de la Escuela, Lcdo. Franklin Taraguay.



Figura 33. Enrolamiento Prof. Maribel Lucero.

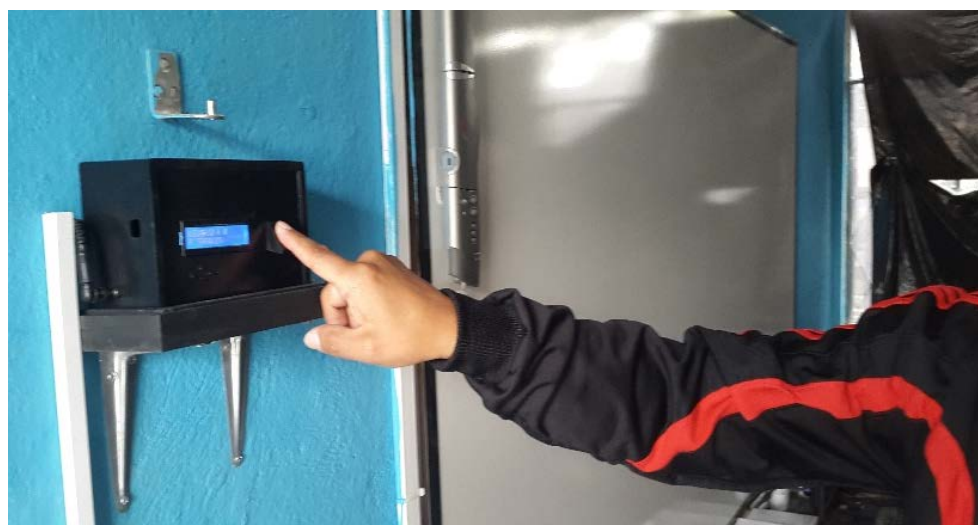
Fuente: Autor



*Figura 34. Enrolamiento Prof. Ximena Guaygua.
Fuente: Autor*



*Figura 35 Enrolamiento Prof. Oswaldo Proaño
Fuente: Autor*



*Figura 36. Enrolamiento Lcdo. Franklin Taraguay
Fuente: Autor*

La figura 37 presenta los mensajes SMS recibidos de las pruebas referidas con cada de los participantes en ellas, mensajes correspondientes al número de usuario y nombre establecido en la Tabla 6.

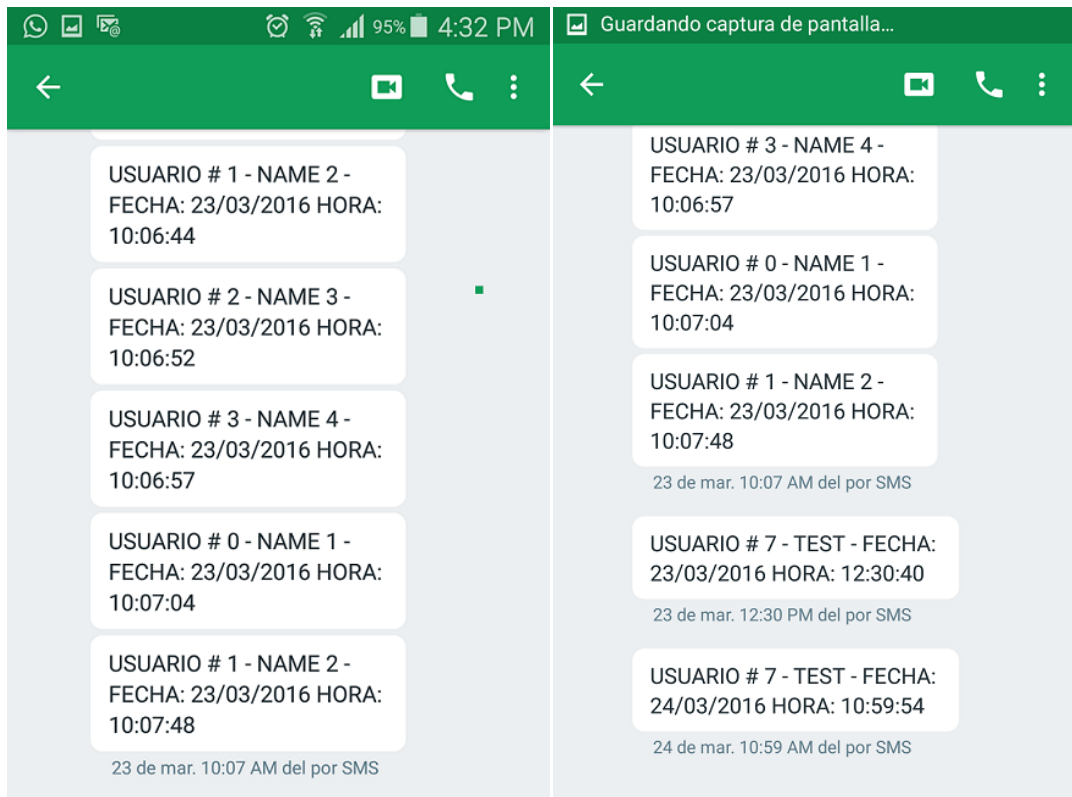


Figura 37. Mensajes de pruebas finales realizadas.

Fuente: Autor

Concluidas las pruebas en sitio, se programó por última vez a la placa Arduino (al microcontrolador ATmega 328P) para que aparezca en la pantalla LCD 16X2 el número de usuario, nombre, fecha y hora del registro, de acuerdo a lo establecido en la Tabla 7 para el efecto.

Tabla 7. Asignaciones finales de usuarios

Ord.	Número	Nombre asignado	Nombre completo
1	USUARIO # 0	F TARAGUAY	Lcdo. Franklin Taraguay C.
2	USUARIO # 1	M LUCERO	Prof. Maribel Lucero
3	USUARIO # 2	X GUAYGUA	Prof. Ximena Guaygua
4	USUARIO # 3	O PROAÑO	Prof. Oswaldo Proaño

Fuente: Autor.

El resultado obtenido, después de las pruebas con los números de usuario y nombres finales enrolados y programados, fueron registradas en el teléfono propiedad del Director de la escuela, Lcdo. Taraguay, quien posee únicamente un teléfono con tecnología GSM. Novedad que se puede apreciar en la figura 38.



Figura 38. Registro de prueba final en teléfono del Director.

Fuente: Autor.

Finalmente, como evidencia de la implantación del reloj biométrico funcionando correctamente conforme la necesidad requerida por el Lcdo. Franklin Taraguay, en el Anexo 6 consta el Acta de entrega/recepción respectiva a satisfacción, debidamente legalizada por el mencionado director de la escuela y por el diseñador del reloj.

3.8. COSTO DEL PROYECTO

Una vez realizado el montaje, pruebas correspondientes e implementado el reloj biométrico en el sitio determinado previamente para su instalación a fin de que sirva para el registro del personal docente de la Escuela Luis Pallares de Yaruquí, se realizó la evaluación económica del proyecto.

El costo real total del proyecto asciende a **USD \$ 618,00**, valor asumido totalmente por el ejecutante, costo que se desglosa en la Tabla 8 siguiente:

Tabla 8. Costo total del proyecto

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Subtotal
1	Placa Arduino Uno R3	1	\$ 28,00	\$ 28,00
2	Sensor FINGERPRINT FPM 10	1	\$ 55,00	\$ 55,00
3	Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900	2	\$ 60,00	\$ 120,00
4	Placa LCD 16X2	1	\$ 7,00	\$ 7,00
5	Placa LCD 16X2 con botonera (teclado)	1	\$ 12,00	\$ 12,00
6	Tiny RTC (Real Time Clock)	1	\$ 10,00	\$ 10,00
7	Chip CLARO	1	\$ 6,00	\$ 6,00
8	Recarga Chip CLARO	2	\$ 5,00	\$ 10,00
9	Material de instalación	Lote	\$ 20,00	\$ 20,00
10	Tarifa Hora/hombre	20	\$ 15,00	\$ 300,00
11	Movilización	6	\$ 10,00	\$ 60,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				\$ 618,00

Fuente: Autor

El costo total del proyecto puede ser reducido, en un principio, al no contabilizar el Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900 averiado y la Placa LCD 16X2 sencilla no utilizada, alcanzó un valor de **USD \$ 551,00**. Sin embargo, una vez desarrollado el presente proyecto, también se puede reducir aún más su costo ya que no se pueden considerar otros gastos como movilización, recargas y, sobre todo, se puede disminuir también las horas/hombre utilizadas luego de que el (los) gestor (es) de una mejoría del proyecto alcancen o tengan la experticia necesaria.

Realizadas consultas en el mercado local, se pueden encontrar relojes biométricos desde USD \$ 100,00, cuyos registros pueden ser extraídos a través del formato MS_Office Excel, hasta por un valor de USD \$ 600,00. Estos últimos con detección de rostros humanos, pero todos estos relojes no consideran el envío de mensajes SMS que el presente proyecto dispone, a pesar de que algunos de ellos poseen servicios de conexión TCP/IP.

Si bien los valores comerciales enunciados pueden ser considerados menores respecto al costo total del proyecto, es menester señalar que estos costos no reflejan a detalle el valor asumido por el ejecutor del proyecto y, más que nada, el servicio de

mensajería SMS inmediato al Director de la Escuela Luis Pallares, luego de que el personal docente registre su entrada o salida en el reloj biométrico instalado.

Por otra parte, también se puede reducir el costo del proyecto si se consiguen proveedores que oferten menores precios de los módulos Arduino pero que conservan las características operacionales de los mismos.

En resumidas cuentas, si se consideran cinco (5) horas hombre de trabajo en el diseño e implementación del reloj biométrico y, de lograr mantener el valor inicial de las placas Arduino, el costo final del proyecto puede bordear los **USD \$ 250,00**, valor mucho menor al encontrado en el mercado local para un reloj con características similares a las establecidas en el presente proyecto.

CONCLUSIONES

- El diseño de un reloj biométrico, en base a tecnología Arduino, fue analizado luego de lo cual se determinó que es factible su implementación en base a los elementos necesarios para el efecto que se encuentran disponibles en el mercado local.
- El reloj biométrico se diseñó mediante en base a dispositivos como sensor de huella dactilar, placa Arduino Uno R3, reloj y tarjeta de lectura, todos ellos que utilizan tecnología Arduino.
- El reloj biométrico diseñado y probado se implementó en la Escuela Luis Pallares de Yaruquí.
- Si bien se determinó que es factible el diseño y diagramación del reloj biométrico, es menester ejecutar la revisión del funcionamiento de cada módulo para evitar demoras eventuales o innecesarias durante el desarrollo del proyecto y, peor aún, por mal funcionamiento de origen o defectos de fabricación de los mismos.
- Durante el desarrollo del proyecto se pudo apreciar que el módem GSM-GPRS-SMS-SIM900 adquirido vino averiado de fábrica.
- El registro de entrada o salida puede verse afectado por una mala aplicación de la huella dactilar, o por degeneración de la misma, producto de laceraciones, manchas intencionales, etc. Sin embargo se tiene el mensaje respectivo de error de lectura.

RECOMENDACIONES

- Realizar la prueba de cada componente del reloj biométrico diseñado a fin de comprobar su funcionamiento previo su instalación.
- Resulta de especial atención la programación de cada módulo y más aún de la integración en un solo diseño, por cuanto puede estar propenso a omisiones de comandos o instrucciones, lo que deriva en el mal funcionamiento del reloj biométrico.
- Una vez registrada la entrada o salida del personal docente, el servicio de mensajería puede verse afectado por la falta de disponibilidad de mensajes, saldo o servicio disponible, en el chip utilizado en el modem GSM-GPRS-SMS-SIM900. Por tal motivo, es recomendable que el Director haga recargas eventuales exclusivamente para datos.
- Conseguir un dispositivo receptor (teléfono celular) inteligente, a fin de que se pueda descargar en formato DOC, XLS o PDF directamente a un computador los registros contenidos en él. Esta actividad le corresponderá al Director de la Escuela.
- Incrementar un módulo Arduino que sea capaz de almacenar en forma directa a un computador (Integración a una base de datos) los registros de entrada/salida del personal docente. Esta característica no fue considerada como necesidad prioritaria por parte del mencionado Director.

GLOSARIO

TÉRMINO	DESCRIPCIÓN	SIGNIFICADO
ADC	Analog to Digital Conversion	Convertidor análogo/digital
AT COMMANDS	Attention Commands	Comandos AT
DIP	Dual in-line package	Encapsulado de doble línea de pines
EDGE	Enhanced Data Rates for Global Evolution	Velocidades mejoradas de datos para crecimiento global
GPIO	General Purpose Input/Output	Entrada/Salida para Propósito General
GPRS	General Packet Radio Service.	Servicio general de paquetes vía Radio
GSM	Global System for Mobile communications,	sistema global para las Comunicaciones móviles
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data	Circuito conmutado de datos de alta velocidad
ICSP	In Circuit Serial Programming	Programación en circuito serie
PWM	Pulse Width Modulation.	Señal Modulada por Ancho de Pulso
SMD	Surface Mount Device.	Dispositivo montado en la superficie de la placa
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter	Transmisor/receptor asincrónico universal

Fuente: (WHATIS, n.d.)

BIBLIOGRAFÍA


- ARDUINODHTICS. (2010). *Historia - Arduino*. Obtenido de Tecnología para todos: <http://arduinodhtics.weebly.com/>
- DX.COM. (2016). *DX.COM*. Obtenido de GSM/GPRS Shield Wireless Board Module: www.dx.com/p/arduino-compatible-gsm-gprs-shield-wireless-extension-board-module-w-antenna-adapter
- ELEC FREAKS. (s.f.). Obtenido de <http://www.electfreaks.com/>
- ELECTRONICA ESTUDIO. (s.f.). *INGENIERIA ELECTRONICA Y PROYECTOS PICMICRO*. Obtenido de http://www.electronicaestudio.com/arduino_productos.htm
- GEEKFACTORY. (s.f.). <http://www.geekfactory.mx/quienes-somos/>. Obtenido de <http://www.geekfactory.mx/categoria-de-producto/pantallas-lcd/>
- GENBETADEV. (30 de Marzo de 2013). *Processing, un lenguaje para creadores audiovisuales*. Obtenido de <http://www.genbetadev.com/>
- HOMINI S.A. (2004). *¿Qué es Biometría?* Obtenido de Plataforma Biométrica Homini: http://www.homini.com/new_page_5.htm
- HOMINI S.A. (2004). *¿Qué es Biometría?* Obtenido de Plataforma biométrica Homini: <http://www.homini.com/images/Matricula%20buena.gif>
- IBARRA, J. E. (2012). *Información de la familia de microcontroladores ATmega328P*. Obtenido de <http://yori.mx.uabc.mx/>
- ICRC. (2016). Obtenido de http://icrc-co.ir/index.php?route=product/product&product_id=67
- INGENIERÍA MCI LTDA. (s.f.). Obtenido de <http://arduino.cl/arduino-uno/>
- Ingeniería MCI Ltda. (Olimex Chile). (s.f.). *ARDUINO UNO R3*. Obtenido de <http://arduino.cl/arduino-uno/>
- Letrán Cardona, L. R. (Diciembre de 2011). *Introducción a Arduino*. Obtenido de <http://www.cortoc.com/>
- Martínez, E. (Mayo de 2001). *EVELIUX.COM*. Obtenido de ARTÍCULOS SOBRE REDES, TELECOMUNICACIONES Y TECNOLOGÍAS PARA LA INFORMACIÓN: <http://www.eveliux.com/mx/La-evolucion-de-la-telefoniamovil.html>
- PE, Isaac. (29 de Octubre de 2015). *Comohacer.eu*. Obtenido de <http://comohacer.eu/>
- PONCHAR. (14 de 10 de 2012). Obtenido de *¿Cómo funciona un reloj ponchador biométrico?* : <http://ponchar.com/blog/funcionamiento-reloj-ponchador-biometrico/>
- PROMETEC. (s.f.). Obtenido de <http://www.prometec.net/lcd-keypad-shield/>

- RCO Electrónica. (15 de Abril de 2014). *Arduino UNO SMD rev3*. Obtenido de <http://rco.es/?p=285>
- RCO ELECTRÓNICA. (2014). *Arduino UNO SMD rev3*. Obtenido de <http://rco.es/?p=285>
- ROBÓTICA. (s.f.). Obtenido de <http://solorobotica.blogspot.com/>
- SEEESTUDIO. (s.f.). Obtenido de http://www.seeedstudio.com/wiki/GPRS_Shield_V1.0
- TECNOCPATAFISICA. (17 de 05 de 2012). *ARDUINO: ¿QUÉ ES?* Obtenido de <http://tecnopatafisica.blogspot.com/2010/04/arduino-que-es.html>
- Tecnología, I. B.-D. (2009). *EL MICROCONTROLADOR ARDUINO*. Recuperado el 05 de 01 de 2016, de TEORÍA ARDUINO 2009: www.cscjprofes.com/wp-content/uploads
- WORDPRESS. (12 de 2002). *Qué es la identificación biométrica con huellas digitales ?* Obtenido de <https://soydondenopienso.wordpress.com/2007/04/08/que-es-la-identificacion-biometrica-con-huellas-digitales/>
- xt:Commerce VEYTON . (2009). *Atmel ATmega328P-PU (DIP28) with Arduino Bootloader*. Obtenido de <http://www.watterott.com/index.php?page=index>


ANEXOS

ANEXO 1

REGISTRO DIARIO ALEATORIO DEL PERSONAL DOCENTE DE LA ESCUELA LUIS PALLARES

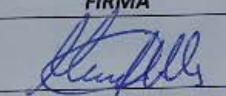
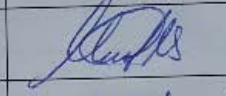
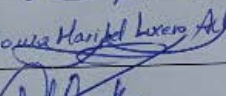







ESCUELA FISCAL MIXTA
"LUIS PALLARES ZALDUMBIDE"
 17h02132@gmail.com
HOJA DE ASISTENCIA DIARIA DEL PERSONAL DOCENTE
 AÑO LECTIVO 2015-2016



HOJA Nº 134

LUNES 7 DE MARZO DEL 2016

Nº	DOCENTES	HORA DE INGRESO	FIRMA	HORA DE SALIDA	FIRMA	OBSERVACIONES
1	GUAIGUA XIMENA	7:00		18:00		
2	LUCERO MARIBEL	6:30		13:00		
3	PROAÑO OSWALDO	7:00		13:00		
4	TARAGUAY FRANKLIN	6:30		13:00		

FRANKLIN TARAGUAY
DIRECTOR



 OSWALDO PROAÑO
PROF.TURNO

Figura 1. Ejemplo de registro diario aleatorio 1

Fuente: Escuela Luis Pallares



ESCUELA FISCAL MIXTA
"LUIS PALLARES ZALDUMBIDE"

17h02132@gmail.com

HOJA DE ASISTENCIA DIARIA DEL PERSONAL DOCENTE

AÑO LECTIVO 2015-2016

JUEVES 10 DE MARZO DEL 2016

HOJA N° 137

N°	DOCENTES	HORA DE INGRESO	FIRMA	HORA DE SALIDA	FIRMA	OBSERVACIONES
1	GUAIGUA XIMENA	7:00		13:00		
2	LUCERO MARIBEL	7:00		13:00		
3	PROAÑO OSWALDO	7:03		13:00		
4	TARAGUAY FRANKLIN	6:57		13:00		

FRANKLIN TARAGUAY
DIRECTOR

OSWALDO PROAÑO
PROF.TURNO

Figura 2. Ejemplo de registro diario aleatorio 2

Fuente: Escuela Luis Pallares



ESCUELA FISCAL MIXTA
"LUIS PALLARES ZALDUMBIDE"

17h02132@gmail.com

HOJA DE ASISTENCIA DIARIA DEL PERSONAL DOCENTE
AÑO LECTIVO 2015-2016

VIERNES 18 DE MARZO DEL 2016

HOJA Nº 143

Nº	DOCENTES	HORA DE INGRESO	FIRMA	HORA DE SALIDA	FIRMA	OBSERVACIONES
1	GUAIGUA XIMENA	7:00		15:00		
2	LUCERO MARIBEL	6:57		15:00		
3	PROAÑO OSWALDO	7:00		15:00		
4	TARAGUAY FRANKLIN	6:57		15:00		

FRANKLIN TARAGUAY
DIRECTOR

FRANKLIN TARAGUAY
PROF.TURNO

Figura 3. Ejemplo de registro diario aleatorio 3

Fuente: Escuela Luis Pallares



ESCUELA FISCAL MIXTA
"LUIS PALLARES ZALDUMBIDE"

17h02132@gmail.com

HOJA DE ASISTENCIA DIARIA DEL PERSONAL DOCENTE

AÑO LECTIVO 2015-2016

MARTES 22 DE MARZO DEL 2016

HOJA Nº 145

Nº	DOCENTES	HORA DE INGRESO	FIRMA	HORA DE SALIDA	FIRMA	OBSERVACIONES
1	GUAIGUA XIMENA	7:00		15:00		
2	LUCERO MARIBEL	6:57		15:00		
3	PROAÑO OSWALDO	7:05		15:00		
4	TARAGUAY FRANKLIN	6:57		15:00		

FRANKLIN TARAGUAY
DIRECTOR

MARIBEL LUCERO
PROF.TURNO

Figura 4. Ejemplo de registro diario aleatorio 4

Fuente: Escuela Luis Pallares

ANEXO 2

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS ELEMENTOS UTILIZADOS EN EL DISEÑO DEL PROYECTO.

1. ARDUINO UNO R3

Tiene las siguientes:

- Microcontrolador: ATmega 328.
- Voltaje operativo: 5 voltios.
- Voltaje de entrada recomendado: Entre 7 y 12 voltios.
- Límites del voltaje de entrada: Mínimo 6 voltios y máximo 20 voltios.
- Pin de entrada y salida: 14 pines, 6 de los cuales son salidas PWM.
- Pin de entradas analógicas: 6 pines.
- Corriente por cada pin de entrada y salida: 40 miliamperios.
- Corriente por cada pin de 3,3 voltios: 50 miliamperios.
- Memoria Flash: 32 Kb (ATmega328) de los cuales 0,5 Kb son usados por el bootloader.
- SRAM: 2 Kb (ATmega 328).
- EEPROM: 1 Kb (ATmega 328).
- Velocidad del reloj: 16MHz.

2. SENSOR FINGERPRINT

Este sensor tiene las siguientes características principales:

- Interfaz de comunicación: ART (TTL) o (USB1.1).
- Modo de emparejamiento (Matching Mode): 1:1
- Tamaño de la ventana: 14X18 mm
- Capacidad de almacenamiento de huellas digitales: 120 (por defecto), 1000 (opcional)
- Temperatura de ambiente y trabajo: -20° C a 50° C

3. MÓDULO LCD 16X2 CON TECLADO

Las principales características que posee son:

- LCD compatible con controlador HD44780 con Interfaz de 4 bits.

- Potenciómetro para el ajuste de contraste.
- Cabeceras para conexión de servos o dispositivos modulares o similares.
- Botones multiplexados en un solo pin analógico para ahorrar pines.
- Led de encendido en la parte superior.

4. MODEM GSM-GPRS-SMS-SIM900

El Modem GSM-GPRS-SMS-SIM900 tiene las siguientes características:

- Es compatible con Arduino GSM, Arduino Mega y 2.560
- Es placa GPRS.
- Sirve para aplicaciones en proyectos Arduino de experimentación y caseros.
- Es Quad-Band 850/900/1800/1900 MHz.
- Tiene Antena inalámbrica 1 x Quad-Band.
- Opera con voltaje de 5 voltios.

5. RTC (REAL TIME CLOCK)

Sus características son:

- Fija la hora automáticamente en segundos, minutos y horas, a más del día, mes y año en curso.
- Está validado hasta el año 2100.
- Tiene 56 bytes de memoria RAM que está respaldada por una batería exterior.
- La batería mantiene la fecha y hora cuando no existe la alimentación de energía eléctrica.
- Tiene capacidad para detectar automáticamente la suspensión de energía de alimentación y pasa a modo batería.
- Tiene muy bajo consumo, lo que facilita para que la batería dure entre 5 y 10 años.
- Tiene un bus I2C incorporado en el mismo chip.

ANEXO 3

PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO

La siguiente es la programación desarrollada para el diseño e implementación de un reloj biométrico con tecnología Arduino y monitoreo remoto para el registro de entrada y salida del personal docente de la Escuela Luis Pallares de Yaruquí.

Esa programación está basada y corresponde a la utilizada por la tecnología Arduino indicada.

PROGRAMA

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Wire.h>
#include "RTCLib.h"
#include <Adafruit_Fingerprint.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <String.h>
uint8_t cont_huellas;
uint8_t id = 0;
uint8_t flag_error=0;
uint8_t funcion = 0;
#define pul A0
// 0958701495
String text_show="";
String num1 = "+593958701495";
//String num1 = "+593998338059";

char *nombres[] = {"F TARAGUAY", "X GUAIGUA", "M LUCERO", "O PROAÑO",
"NAME 5", "NAME 6", "NAME 7", "TEST",};
/*
String Nombres1 = "NAME 1";
String Nombres2 = "NAME 2";
String Nombres3 = "NAME 3";
String Nombres4 = "NAME 4";
String Nombres5 = "NAME 5";
String Nombres6 = "NAME 6";
String Nombres7 = "NAME 7";
String Nombres8 = "NAME 8";
*/
intgetFingerprintIDez();
const uint8_t cont_address = 0x02;
uint8_tgetFingerprintEnroll(uint8_t id);
```

```

intflag_delete=0;

SoftwareSerialmySerial(2, 3);
SoftwareSerialgsmSerial(11,12);
Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);

RTC_DS1307 RTC;
LiquidCrystalcd(8, 9, 4, 5, 6, 7);
int button;
DateTime T;

void setup() {
gsmSerial.begin(9600);
pinMode(13, OUTPUT);
lcd.begin(16, 2);
pinMode(A0,INPUT);
Wire.begin();
RTC.begin();
Serial.begin(9600);
Serial.println("inicio");
digitalWrite(13, HIGH);
delay(1500);
digitalWrite(13, LOW);

if (!RTC.isrunning()) {
    // Aktuelles Datum und Zeitsetzen, falls die Uhrnochnichtläuft
    RTC.adjust(DateTime(__DATE__, __TIME__));
    Serial.println("RTC INICIO Y TIENE HORA DEL SISTEMA");
}

finger.begin(57600);
if (finger.verifyPassword()) {
    Serial.println("SENSOR FINGER ENCONTRADO!");
} else {
    Serial.println("SENSOR FINGER NO ENCONTRADO :(");
    while (1);
}

/* gsmSerial.print("AT\r");
delay(200);
gsmSerial.print("ATE0\r");
delay(200);*/
gsmSerial.print("AT+CMGF=1\r");
delay(200);
// gsmSerial.print("AT+IPR=9600\r");
// delay(200);
// gsmSerial.print("AT&W\r");
// delay(200);

```

```

}

void loop() {
//up 98-99
//down 255-256
//select 639-640
//left 407-408
//right 0

// show_time_and_date(now);
  T=RTC.now();
  button = analogRead(pul);
  lcd.setCursor(0,0);
  switch(funcion){
  case 0:
//    lcd.setCursor(0,0);
//    lcd.print("HORA Y FECHA:");

text_show = "";
if(T.day()<10) text_show += "0";
text_show += String(T.day()) + "/" ;
if(T.month()<10) text_show += "0";
text_show += String(T.month()) + "/" ;
if(T.year()<10) text_show += "0";
text_show += String(T.year());

  lcd.setCursor(3,0);
  lcd.print(text_show);

text_show = "";
if(T.hour()<10) text_show += "0";
text_show += String(T.hour()) + ":" ;
if(T.minute()<10)text_show += "0";
text_show += String(T.minute()) + ":";
if(T.second()<10) text_show += "0";
text_show += String(T.second());

  lcd.setCursor(4,2);
  lcd.print(text_show);
  identify_sub();

  break;

  case 1:
    //lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("ENROLLAR HUELLA");
    break;

```

```

case 2:
    //lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("BORRAR HUELLA");
    break;

case 3:
    lcd.clear();
    lcd.print("USUARIO # ");
    lcd.print(id);
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print(nombres[id]);

Serial.println("AT + CMGS = \"" + num1 + "\"");
SendTextMessage(num1, id);
Serial.println("PRIMER MENSAJE ENVIADO");

delay(2000);
lcd.clear();
funcion = 0;
delay(500);
}

// delay(50);
if(button>=0&&button<10){ // DELETE
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("BORRAR HUELLA");
    Serial.println("BORRAR HUELLA");
    lcd.setCursor(0,2); lcd.print("#: ");
    lcd.setCursor(3,2); lcd.print(cont_huellas); lcd.print(" ");
    funcion = 2;
    // while(button<1000) button = analogRead(pul);
    delay(200);
    Serial.println("BORRAR");
    Serial.println(funcion);
}

if(button>405&&button<415){ // ENROLL
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("ENROLLAR HUELLA");
    Serial.println("ENROLLAR HUELLA");
    lcd.setCursor(0,2); lcd.print("#: ");
    lcd.setCursor(3,2); lcd.print(cont_huellas); lcd.print(" ");
    funcion = 1;
    Serial.println(funcion);
}

```



```

    // while(button<1000) button = analogRead(pul);
    delay(200);
    Serial.println("SALE");
    Serial.println(funcion);
    funcion = 1;
    Serial.println(funcion);
}
if(button>625&&button<645){ //SELECT
switch(funcion){
case 1:
    ingreso_enroll(cont_huellas);
    break;
case 2:
    //delete_huella(cont_huellas);
    flag_delete=0;
    deleteFingerprint(cont_huellas);
    //delay(500);
    /*
switch(flag_delete){
case 0:
    break;
case 1:
    lcd.clear();
    lcd.print("HUELLA BORRADA");
    funcion = 0;
    delay(1250);
    lcd.clear();
case 2:
    lcd.clear();
    lcd.print("ERROR DE BORRADO");
    funcion = 2;
    delay(1250);
    lcd.clear();

    */

funcion = 0;
delay(1250);
lcd.clear();
break;
}
}
if(button>95&&button<105){ // UP
if(funcion>0){
cont_huellas++;
delay(200);
if(cont_huellas>7){
cont_huellas = 0;

```

```

    }
    lcd.setCursor(3,2); lcd.print(cont_huellas); lcd.print(" ");
}
}
if(button>250&&button<265){ // DOWN
if(funcion>0){
cont_huellas--;
delay(200);
if(cont_huellas>254){
cont_huellas = 7;
}
}
}
lcd.setCursor(3,2); lcd.print(cont_huellas); lcd.print(" ");
}
}
}
String get_day_of_week(uint8_t dow){
String dows=" ";
switch(dow){
case 0: dows="So"; break;
case 1: dows="Mo"; break;
case 2: dows="Di"; break;
case 3: dows="Mi"; break;
case 4: dows="Do"; break;
case 5: dows="Fr"; break;
case 6: dows="Sa"; break;
}
return dows;
}
// Datum und Uhrzeitausgeben
void show_time_and_date(DateTime datetime){
// Wochentag, Tag.Monat.Jahr
Serial.print(get_day_of_week(datetime.dayOfWeek()));
Serial.print(" ");
if(datetime.day()<10)Serial.print(0);
Serial.print(datetime.day(),DEC);
Serial.print(".");
if(datetime.month()<10)Serial.print(0);
Serial.print(datetime.month(),DEC);
Serial.print(".");
Serial.println(datetime.year(),DEC);
// Stunde:Minute:Sekunde
if(datetime.hour()<10)Serial.print(0);
Serial.print(datetime.hour(),DEC);
Serial.print(":");
if(datetime.minute()<10)Serial.print(0);
Serial.print(datetime.minute(),DEC);
Serial.print(":");
if(datetime.second()<10)Serial.print(0);

```

```

Serial.println(datetime.second(),DEC);
}

voidingreso_enroll(uint8_t id){
while (! getFingerprintEnroll(id) );
if (flag_error==0){
// Serial.print("ESCRITURA OK");
Serial.print("OK:"); Serial.println(cont_huellas);
lcd.clear();
lcd.print("INGRESO CORRECTO");
delay(250);
lcd.clear();
}
else{
// Serial.println("ERROR EN ESCRITURA HUELLA");
Serial.println("ER");
lcd.clear();
lcd.print("INGRESO ERRADO");
delay(250);
lcd.clear();
};
delay(1000);
funcion=0;
}
uint8_tgetFingerprintEnroll(uint8_t id) {
uint8_t p = -1;
uint8_tcont=0;
flag_error=0;

Serial.println("ESPERANDO POR HUELLA APROPIADA");
lcd.clear();
lcd.print("COLOQUE SU DEDO");

while (p != FINGERPRINT_OK) {
p = finger.getImage();
switch (p) {
case FINGERPRINT_OK:
Serial.println("Image taken");
break;
case FINGERPRINT_NOFINGER:
Serial.println(".");
cont++;
break;
case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
Serial.println("Communication error");
break;
case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
Serial.println("Imaging error");

```

```

break;
default:
Serial.println("Unknown error");
break;
}
if(cont>20) break;
}

// OK success!
cont=0;
p = finger.image2Tz(1);
switch (p) {
case FINGERPRINT_OK:
Serial.println("Image converted");
break;
case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
Serial.println("Image too messy");
return p;
case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
Serial.println("Communication error");
return p;
case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
Serial.println("Could not find fingerprint features");
flag_error=1;
return p;
case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
Serial.println("Could not find fingerprint features");
flag_error=1;
return p;
default:
Serial.println("Unknown error");
flag_error=1;
return p;
}
Serial.println("RETIRE SU DEDO");
lcd.clear();
lcd.print("RETIRE SU DEDO");
delay(2000);
p = 0;
while (p != FINGERPRINT_NOFINGER) {
p = finger.getImage();
}
cont=0;
p = -1;
Serial.println("VUELVA A COLOCAR SU DEDO");
lcd.clear();
lcd.print("COLOQUE DEDO");
lcd.setCursor(0,2); lcd.print("NUEVAMENTE");

```

```

while (p != FINGERPRINT_OK) {
    p = finger.getImage();
    if(cont>20) break;
    switch (p) {
    case FINGERPRINT_OK:
        Serial.println("Image taken");
        break;
    case FINGERPRINT_NOFINGER:
        Serial.print(".");
        cont++;
        break;
    case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
        Serial.println("Communication error");
        break;
    case FINGERPRINT_IMAGEFAIL:
        Serial.println("Imaging error");
        break;
    default:
        Serial.println("Unknown error");
        break;
    }
}
// OK success!
p = finger.image2Tz(2);
switch (p) {
case FINGERPRINT_OK:
    Serial.println("Image converted");
    break;
case FINGERPRINT_IMAGEMESS:
    Serial.println("Image too messy");
    flag_error=1;
    return p;
case FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR:
    Serial.println("Communication error");
    flag_error=1;
    return p;
case FINGERPRINT_FEATUREFAIL:
    Serial.println("Could not find fingerprint features");
    flag_error=1;
    return p;
case FINGERPRINT_INVALIDIMAGE:
    Serial.println("Could not find fingerprint features");
    flag_error=1;
    return p;
default:
    Serial.println("Unknown error");
    flag_error=1;
    return p;
}

```

```

}
  // OK converted!
  p = finger.createModel();
  if (p == FINGERPRINT_OK) {
  Serial.println("Prints matched!");
  flag_error=0;
  } else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR) {
  Serial.println("Communication error");
  flag_error=1;
  return p;
  } else if (p == FINGERPRINT_ENROLLMISMATCH) {
  Serial.println("Fingerprints did not match");
  flag_error=1;
  return p;
  } else {
  Serial.println("Unknown error");
  flag_error=1;
  return p;
  }
  p = finger.storeModel(id);
  if (p == FINGERPRINT_OK) {
  Serial.println("Stored!");
  flag_error=0;
  } else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR) {
  Serial.println("Communication error");
  flag_error=1;
  return p;
  } else if (p == FINGERPRINT_BADLOCATION) {
  Serial.println("Could not store in that location");
  flag_error=1;
  return p;
  } else if (p == FINGERPRINT_FLASHERR) {
  Serial.println("Error writing to flash");
  flag_error=1;
  return p;
  } else {
  Serial.println("Unknown error");
  flag_error=1;
  return p;
  }
}

void identify_sub(){
  uint8_t cont = 0;
  int8_t id_lector=-1;
  funcion = 0;
  while(cont<2){
  cont++;

```

```

if(getFingerprintIDez()!=-1) {
id_lector = finger.fingerID;
Serial.print("ID ENCONTRADO #"); Serial.println(id_lector);
    //cont = 0;
break;
    }
}

if(cont>1 &&id_lector!=-1){
id_lector=-1;
    }
if(id_lector!=-1){
Serial.print("OK:"); Serial.println(id_lector);
id=id_lector;
funcion = 3;
    // delay(4000);
    // lcd.clear();
    }
else{
Serial.println("ER");
    }
}

intgetFingerprintIDez() {
uint8_t p = finger.getImage();
if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
    p = finger.image2Tz();
if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;
    p = finger.fingerFastSearch();
if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;

// Serial.print("ID ENCONTRADO #"); Serial.print(finger.fingerID);
// Serial.print(" con valor seguridad: "); Serial.println(finger.confidence);
returnfinger.fingerID;
}

voidSendTextMessage(String S,uint8_t id)
{
Serial.println("Enviando mensaje");
delay(500);
gsmSerial.println("AT + CMGS = \"" + S + "\"");
Serial.println("AT + CMGS = \"" + S + "\"");
delay(750);
text_show = "";
text_show = "USUARIO # ";
text_show += String(id) + " - ";
text_show += nombres[id];
text_show += " - FECHA: ";
if(T.day()<10) text_show += "0";
}

```

```

text_show += String(T.day()) + "/" ;
if(T.month()<10) text_show += "0";
text_show += String(T.month()) + "/" ;
if(T.year()<10) text_show += "0";
text_show += String(T.year()) + " HORA: ";
if(T.hour()<10) text_show += "0";
text_show += String(T.hour()) + ":" ;
if(T.minute()<10)text_show += "0";
text_show += String(T.minute()) + ":";
if(T.second()<10) text_show += "0";
text_show += String(T.second());
gsmSerial.print(text_show);
Serial.println(text_show);
delay(500);
gsmSerial.print((char)26);
Serial.println((char)26);
delay(300);
gsmSerial.println();
}

uint8_tdeleteFingerprint(uint8_t id) {
uint8_t p = -1;
p = finger.deleteModel(id);
if (p == FINGERPRINT_OK) {
Serial.println("Deleted!");
lcd.clear();
lcd.print("HUELLA BORRADA");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("CORRECTAMENTE");
flag_delete=1;
} else if (p == FINGERPRINT_PACKETRECEIVEERR) {
Serial.println("Communication error");
flag_delete=2;

return p;
} else if (p == FINGERPRINT_BADLOCATION) {
Serial.println("Could not delete in that location");
flag_delete=2; return p;
} else if (p == FINGERPRINT_FLASHERR) {
Serial.println("Error writing to flash");
flag_delete=2; return p;
} else {
Serial.print("Unknown error: 0x"); Serial.println(p, HEX);
flag_delete=2; return p;
}
}
}

```


ANEXO 4

MANUAL DEL USUARIO

MANUAL DEL USUARIO

¡ADVERTENCIA! Instrucciones importantes de seguridad.



Puede resultar peligroso manipular el reloj biométrico que está encendido.

CUIDADO DEL RELOJ



Recuerde que es un instrumento de registro de control de acceso, por lo cual debe tener cuidado con su manipulación.

- Desconecte el reloj, si es necesario, retire cuidadosamente del sitio de instalación, y límpielo suavemente con un paño ligeramente húmedo.
- No rocíe agua ni líquidos abrasivos directamente al reloj porque pueden inducir fallas de funcionamiento.
- No utilice líquidos inflamables, como gasolina, éter, solventes, etc., para eliminar manchas sobre el reloj. Estos pueden destruir a los botones expuestos o, más aún, ingresar al interior.
- Para quitar manchas difíciles, si es necesario, rocíe una pequeña cantidad de limpiador suave de plástico en un paño (alcohol antiséptico por ejemplo) y aplíquelo al sector manchado. Frote suavemente para eliminar las manchas. No permita que los alumnos o visitantes de la escuela jueguen con el reloj o se cuelguen de él.
- Tampoco permita el juego con el adaptador AC/DC del reloj conectado al tomacorriente respectivo.
- No retire el reloj de su sitio de instalación a menos que sea estrictamente para fines de limpieza y luego de haberlo desconectado previamente. Actividad de responsabilidad y/o supervisión del Director de la escuela.

OPERACIÓN DEL RELOJ BIOMÉTRICO



Figura 1. PARTES DEL RELOJ

Fuente: Autor

ENCENDIDO Y FUNCIONAMIENTO DEL RELOJ

- Para encender el reloj biométrico, únicamente conecte el adaptador AC/DC a un toma de energía de 120 VAC.
- Verifique el encendido del reloj a través del encendido del sensor de huella dactilar y la aparición de lecturas en la micro pantalla LCD.
- Coloque la huella dactilar sobre el sensor y observe que aparezca el nombre del propietario de dicha huella.
- Si aparece el nombre del propietario de la huella, como mensaje en la pantalla del teléfono del Director de la escuela, el reloj funciona correctamente.

AJUSTE DE HORA

- Para ajustar la hora, primero asegúrese que el reloj se encuentre encendido y en funcionamiento.
- Presione el botón SELECCIONAR (que se encuentra oculto), ubicado al extremo izquierdo de los demás botones del reloj y seleccione la opción IGUALAR HORA, con la ayuda de los botones ARRIBA y ABAJO. (Ver figura 2).



Figura 2. Opción IGUALAR HORA
Fuente: Autor

- Elija la opción SETEAR HORA para determinar hora y minutos. Utilice los botones IZQUIERDA y DERECHA. (Ver figura 3)



Figura 3. Opción SETEAR HORA
Fuente: Autor

- Una vez ubicada la hora, presione el botón SELECT y se grabará la nueva hora. (Ver figura 4).



Figura 4. Nueva hora determinada.

Fuente: Autor

NUEVO ENROLAMIENTO

En el caso de ser requerido un nuevo enrolamiento en el reloj, o registro de un nuevo usuario, se deben seguir los siguientes procedimientos:

a) MÉTODO MECÁNICO

- Familiarícese con la función de los botones del teclado:
 - SELECCIONAR.- Oculto en el extremo inferior izquierdo del reloj.
 - ARRIBA.- Elección hacia arriba.
 - ABAJO.- Elección hacia abajo.
 - DERECHA.- Elección hacia la derecha.
 - IZQUIERDA.- Elección hacia la izquierda.
 - BORRAR.- Opción de borrado.
- Los botones de ubicación sirven para determinar el número de usuario a asignar, para luego colocar el nombre correspondiente de usuario. Recuerde que se puede almacenar hasta 120 usuarios.
- Con la ayuda de un clip, presione el botón SELECCIONAR (oculto y ubicado a la izquierda de los demás botones), seleccione la opción ENROLAR (Ver figura 5), utilizando utilice para el efecto los botes ARRIBA y ABAJO.



Figura 5. Opción ENROLAR
Fuente: Autor

- Seleccione la posición del nuevo usuario en el Submenú ENROLAR HUELLA. (Ver figura 6.). Utilice los botones ARRIBA o ABAJO y una vez ubicado el número presione SELECCIONAR.



Figura 6. Opción ENROLAR HUELLA
Fuente: Autor

- Luego aparecerá el submenú INGRESE NOMBRE, seleccione cada letra del nombre deseado con la ayuda de los botones ARRIBA y ABAJO. (Ver figura 7). Para ubicar una nueva letra utilice el botón DERECHA y repita el paso anterior contenido en este inciso para completar el nombre.



Figura 7. Opción INGRESE NOMBRE - Inicio
Fuente: Autor

- Para seleccionar espacio entre los nombres seleccionados presione el botón DERECHA dos (2) veces. Concluido el nombre del nuevo usuario, presione SELECCIONAR y siga con las demás instrucciones.



Figura 8. Opción INGRESE NOMBRE - Finalización
Fuente: Autor

- Una vez concluidas las demás instrucciones, verifique el proceso efectuado mediante la aplicación de la huella dactilar del nuevo usuario enrolado. El mensaje respectivo llegará como SMS (mensaje corto de texto) al Director de la Escuela.

ANEXO 5

MANUAL TÉCNICO

MANUAL TÉCNICO

¡ADVERTENCIA! Instrucciones importantes de seguridad.



Resulta peligroso hacer contacto con cualquier parte interior del reloj.



Contiene documentación importante relacionada con la operación y mantenimiento del reloj.

- No reubique el reloj en un lugar cerrado o de difícil acceso para el personal docente.
- No coloque el aparato sobre un calefactor o en un sitio expuesto a la luz solar directa.
- No esponga el reloj a sitios húmedos o recipientes de agua. Si se moja accidentalmente, desconéctelo y notifique al instalador-autor.
- No sobrecargue la toma de energía eléctrica, y tomas cercanas, a las que está conectado el reloj porque puede producirse incendio o descargas eléctricas.
- No jalar ni retirar el cable de energía de su alojamiento (regleta) porque puede ocasionar cortocircuitos.
- No desconecte el cable de energía con las manos mojadas.
- Verifique que la toma de energía a utilizar tenga el voltaje requerido para el reloj. 110VAC, 60HZ.
- La acumulación de polvo sobre el reloj puede producir fallas de funcionamiento.
- Si el dispositivo no funciona normalmente, no intente repararlo, comuníquese de inmediato al instalador-autor.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

- Si observa que el reloj biométrico tiene algún tipo de problemas de funcionamiento, revise primero la lista rápida de posibles problemas, soluciones y explicaciones.

- Si no se aplica o utiliza la lista proporcionada, póngase en contacto con el instalador-autor del reloj, edgar_baldeon@yahoo.es, para obtener información detallada sobre la solución de los problemas detectados.

Listado de problemas y posibles soluciones:

PROBLEMAS	SOLUCIONES Y EXPLICACIONES
El reloj no está encendido	Verifique la existencia de energía en la sala de cómputo.
El reloj no se enciende	Asegúrese que el cable de energía del reloj esté conectado al tomacorriente ubicado en la parte inferior de la pared de la sala de cómputo donde se encuentra instalado.
	Revise la alimentación de energía a la entrada del reloj. Parte superior izquierda.
No se visualiza información en la pantalla	Puede tratarse de un problema de la micro pantalla LCD. Notifique inmediatamente al instalador-autor.
No existe registro de huella dactilar	Verifique que está encendida la luz roja del sensor de huella dactilar.
	Limpie suavemente con alcohol antiséptico el sensor de huella (utilice un hisopo o paño suave) y vuelva a colocar la huella.
No se reciben mensajes de huellas detectadas	Asegúrese que exista disponibilidad del servicio de mensajería (saldo en el chip instalado).

Fuente: Autor

ENROLAMIENTO DE NUEVO USUARIO POR SOFTWARE

- Utilice un computador o laptop, con software Arduino y cargado con la programación creada especialmente para el reloj biométrico.
- Para colocar los nombres nuevos usuarios, primero ubique el puerto de acceso a la placa Arduino Uno R3, parte lateral superior izquierda del reloj y cubierto por

un tapón plástico, y conecte el computador o laptop a través de un cable de impresora.

- Seleccione y abra la parte pertinente de la programación del reloj.
- Escriba el nombre del nuevo enrolado. Ejemplo:

```
char *nombres[] = {"NOMBRE", };  
/*  
String Nombres1 = "NAME 1";  
String Nombres2 = "NAME 2";  
String Nombres3 = "NAME 3";  
String Nombres4 = "NAME 4";  
String Nombres5 = "NAME 5";  
String Nombres6 = "NAME 6";  
String Nombres7 = "NAME 7";  
String Nombres8 = "NAME 8";
```

- Una vez escrito el nombre guarde el archivo, verifique y compile el programa.
- Desconecte el cable de programación y listo.
- Para verificar la grabación del nombre del nuevo usuario del reloj biométrico, haga colocar la huella dactilar del usuario en el sensor. Deberá aparecer en la micro pantalla LCD el nombre del propietario, la fecha y hora del ingreso.

ANEXO 6

**ACTA
ENTREGA /
RECEPCIÓN**

ANEXO 7

DATASHEET