

**MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE SEGURIDAD Y OPTIMIZACIÓN EN EL USO
DE PANELES SOLARES EN EL TECNOPARQUE NODO OCAÑA**

Práctica empresarial

Director:

Ing. M.Sc. (c) Diego José Barrera Oliveros

Ingeniería Mecatrónica

Diego.barrera@unipamplona.edu.co

Andrés Felipe Galvis Bautista

Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Programa Ingeniería Mecatrónica

Pamplona, 2018

Agradecimientos

Agradezco a mi padre y a mi abuela por toda la confianza y apoyo brindada los cuales fueron de suma importancia para poder salir adelante y me dieron la motivación para realizar todo el esfuerzo posible y alcanzar la meta propuesta. Agradezco a mis tíos y primos quienes estuvieron apoyándome y dándome muchos ánimos para poder seguir y no frustrarme por las adversidades presentadas en el camino.

Agradezco al ingeniero Hulber Rodríguez por brindarme la oportunidad de realizar el proyecto, permitiéndome poner en práctica y afianzar los conocimientos estudiados y aprendidos durante toda mi carrera profesional.

Gracias al profesor Diego Barrera por su constante apoyo durante las asesorías y tutorías los cuales me ayudaron a terminar exitosamente este proyecto, además agradezco a todo el cuerpo de docente que con tanto esfuerzo y dedicación brindaron todas las lecciones y herramientas posibles para mejorar mi educación profesional.

Tabla de contenido

Agradecimientos	2
Tabla de contenido	3
Lista de figuras	5
Lista de tablas	8
Resumen	9
Capítulo 1	11
Introducción	11
Justificación	13
Objetivos	15
Objetivo general	15
Objetivos específicos	15
Marco teórico	16
Sistema de seguridad	16
Alarmas alámbricas con monitoreo	17
Composición de un sistema de seguridad	18
Sensores	23
Sistemas de aviso	25
Sistemas de control de acceso basados en la tecnología RFID	26
Etiquetas RFID	27
Etiqueta RFID R / W 54 x 85 mm rectangular	29
Módulo de lectura / escritura RFDI- Parallax 28440	29
Protocolo SPI	30
Protocolo UART	31
Controlador Arduino	32
Arduino Uno	32
Modulo wifi ESP8266	33
Redes de comunicación	34
Sistemas de gestión energética	36
Sistemas de supervisión y monitorización para asegurar la gestión energética	36
Automatización	37
PCL y control	37
Simatic S7-1200 AC/DC/RLY	38
Simatic HMI KTP400 basic	39
Sensor de corriente en board 20A	40
Tecnologías alternativas	40
Energía solar	41
Sistema fotovoltaico	42
Sistemas fotovoltaicos directos	42
Sistemas fotovoltaicos con acumulación	43
Generador fotovoltaico	44
Batería de acumuladores	46
Reguladores de carga	49
Inversor	50

Capítulo 2.....	51
Diseño del control de ingreso	51
Identificación y selección de los componentes electrónicos del sistema.....	52
Desarrollo de la programación.....	59
Construcción del control de ingreso.	68
Capítulo 3.....	74
Diseño del sistema de seguridad.....	74
Identificación y selección de los componentes electrónicos del sistema.....	74
Desarrollo de la programación.....	78
Construcción del sistema de seguridad.	83
Capítulo 4.....	86
Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos en Ocaña N. De S.....	86
Capítulo 5.....	89
Banco de paneles fotovoltaicos instalados en el TecnoParque.....	89
Optimización del banco de paneles solares articulado por el sistema de gestión de energía. ..	90
Cálculos del sistema energético.....	91
Eficiencia de las baterías del banco de paneles fotovoltaicos.....	93
Controlador de carga del banco fotovoltaico.....	95
Inversor del banco fotovoltaico.	96
Capítulo 6.....	99
Diseño y construcción del sistema de gestión de energía.	99
Identificación y selección de los componentes electrónicos del sistema.....	99
Desarrollo de la programación.....	105
Construcción del sistema de ahorro energético.	110
Capítulo 7.....	116
Costo aproximado de los tres sistemas instalados.	116
Conclusiones.....	117
Referencias.....	119
Apéndice A: Código y diagrama de flujo del control de ingreso	122
Apéndice B: Medidas de los diseños para la cubierta protectora del circuito y del motor.....	129

Lista de figuras

Figura 1. Sistema de alarma. <i>Fuente: granreforma.com.mx</i>	17
Figura 2. Esquema general de un sistema de seguridad. <i>Fuente: CEII</i>	18
Figura 3. Conexión de detectores por zona. <i>Fuente: CEII</i>	22
Figura 4. Conexión de detectores en zona multiplexada. <i>Fuente: CEII</i>	23
Figura 5. Clasificación de los sistemas de aviso. <i>Fuente: CEII</i>	25
Figura 6. Comunicación sistema RFID. <i>Fuente: Falomir, 2006</i>	27
Figura 7. Diferentes tags RFID. <i>Fuente: Pinterest</i>	28
Figura 8. Etiqueta RFID 54x85mm. <i>Fuente: parallax.com</i>	29
Figura 9. Módulo parallax 28440. <i>Fuente: parallax.com</i>	30
Figura 10. Estructura general del protocolo SPI. <i>Fuente: Panamahitek.com</i>	31
Figura 11. Estructura del protocolo UART. <i>Fuente: geekytheory.com</i>	32
Figura 12. Arduino Uno. <i>Fuente: Arduino</i>	32
Figura 13. Módulo ESP8266. <i>Fuente: electronilab.co</i>	34
Figura 14. PLC s71200 AC/DC/RLY. <i>Fuente: Siemens</i>	38
Figura 15. Simatic HMI KTP400 basic. <i>Fuente: solucionesyservicios.biz</i>	40
Figura 16. Sensor de corriente. <i>Fuente: dynamoelectronics</i>	40
Figura 17. Sistema fotovoltaico directo. <i>Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas</i>	43
Figura 18. Sistema fotovoltaico con acumulación. <i>Fuente: Instalaciones solares fotovoltaicas</i>	44
Figura 19. Estructura de la célula solar. <i>Fuente: progclass.files.wordpress.com</i>	44
Figura 20. Partes de un generador fotovoltaico. <i>Fuente: progclass.files.wordpress.com</i>	45
Figura 21. Acceso principal. <i>Fuente: autor</i>	51
Figura 22. Conexión módulo RFID y Arduino uno. <i>Fuente: Autor</i>	54
Figura 23. Conexión HC-06 y Arduino uno. <i>Fuente: Teslaben.com</i>	56
Figura 24. Conexión ESP8266 con programador. <i>Fuente: Pinterest.com</i>	57
Figura 25. Motor DC. <i>Fuente: bretman.net</i>	57
Figura 26. Esquema general de la electrónica, los módulos del RFID, wifi, bluetooth y de relé conectados al Arduino. <i>Fuente: Autor</i>	59
Figura 27. Programa Arduino para las lecturas de los códigos de las tarjetas RFI. <i>Fuente: Autor</i>	60
Figura 28. En la imagen de la izquierda se observan los códigos de las tarjetas RFID y en la derecha las comparaciones de los códigos con el código leído en el momento de pasar por el lector una tarjeta. <i>Fuente: Autor</i>	61
Figura 29. En la figura de la izquierda se observa la programación utilizada para cambiar la configuración del módulo bluetooth y en la de la derecha una capture del celular vinculando dicho módulo. <i>Fuente: Autor</i>	62
Figura 30. Parte del código general encargado de realizar el control de ingreso por medio del módulo bluetooth. <i>Fuente: Autor</i>	62
Figura 31. Aplicación instalada en los celulares para permitir el ingreso del personal.....	63
Figura 32. Plugin del ESP8266, donde se pueden observar todas las tarjetas soportadas por la librería. <i>Fuente: Autor</i>	64
Figura 33. Servidor web del módulo wifi ESP8266 mostrando un código de una tarjeta RFID. <i>Fuente: Autor</i>	68
Figura 34. Circuito electrónico con sus respectivas conexiones y caja protectora. <i>Fuente: Autor</i>	69
Figura 35. Instalación en la puerta principal del sistema de control de ingreso. <i>Fuente: Autor</i> ... 70	70

Figura 36. Diseño del CAD en 3D de la carcasa protectora del circuito. <i>Fuente: Autor</i>	70
Figura 37. Diseño del CAD en 3D de la estructura del motor. <i>Fuente: Autor.</i>	71
Figura 38. Impresión de la pieza 3D; durante la impresión y ya terminada. <i>Fuente: Autor.</i>	71
Figura 39. Estructura para el circuito de control. <i>Fuente: Autor.</i>	72
Figura 40. Estructura para proteger el motor encargado de la apertura de la puerta principal. <i>Autor: Fuente.</i>	72
Figura 41. Instalación completa del sistema de ingreso al Tecnoparque. <i>Fuente: Autor.</i>	73
Figura 42. Diferentes zonas del Tecnoparque. <i>Fuente: Autor</i>	74
Figura 43. Conexión entre Arduino uno y teclado matricial rígido. <i>Fuente: fritzing.org</i>	76
Figura 44. Conexión Arduino uno con la pantalla LCD 16x2. <i>Fuente: fritzing.org</i>	77
Figura 45. Zumbador utilizado en el sistema de alarma. <i>Fuente: nextiafenix.com</i>	78
Figura 46. Esquemático general del circuito del sistema de alarma. <i>Fuente: Autor.</i>	78
Figura 47. Posibles estados de la central del sistema de seguridad. <i>Fuente: Autor.</i>	81
Figura 48. Código de la librería Gsender.h con el correo y contraseña en base64. <i>Fuente:</i> <i>github.com.</i>	82
Figura 49. Programación módulo ESP8266 en Arduino ID. <i>Fuente: Autor.</i>	83
Figura 50. Conexiones internas del circuito electrónico en su respectiva caja protectora. <i>Fuente:</i> <i>Autor.</i>	83
Figura 51. De izquierda a derecha y empezando en la fila de arriba; estado ‘0’ (indica la alarma apagada); estado ‘1’ (indica que la alarma ha sido activada); estado ‘1’ (indicando que ya paso el tiempo de 20 segundos para activar la alarma); estado ‘2’ (alarma en funcionamiento); estado ‘3’ (la alarma ha detectado un intruso); estado ‘4’ (envió de correo electrónico); estado ‘6’ (pin bloqueado). <i>Fuente: Autor.</i>	84
Figura 52. En la imagen de la izquierda se observa el envío exitoso de la alerta al correo y en la de la derecha la comprobación por medio del COM de Arduino. <i>Fuente: Autor.</i>	84
Figura 53. Instalación del sistema de seguridad en las zonas estratégicas. De izquierda a derecha; central de alarmas ubicada cerca al ingreso principal; sensor encargado de cuidar las ventanas de la línea de electrónica; sensor encargado de cuidar el ingreso por la puerta principal; en la imagen inferior se puede observar el sensor encargado de cuidar la línea de ingeniería y diseño. <i>Fuente: Autor.</i>	85
Figura 54. Instalación de paneles fotovoltaicos en la sede central de Crediservir Ocaña. <i>Fuente:</i> <i>Crediservir.coop</i>	87
Figura 55. Instalación banco de paneles solares para la luminaria de la plazoleta de la vida (UFPSO). <i>Fuente: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.</i>	87
Figura 56. Instalación de la planta solar ubicada en el barrio el palomar. <i>Fuente: Tecnoparque.</i> 88	
Figura 57. Bancos de paneles fotovoltaicos instalados en TecnoParque nodo Ocaña. <i>Fuente:</i> <i>Tecnoparque nodo Ocaña</i>	89
Figura 58. Iluminación del Tecnoparque. <i>Fuente: Autor.</i>	90
Figura 59. Gráficas de carga, descarga y ciclo de vida de las baterías. <i>Fuente: Vision</i>	93
Figura 60. Batería Vision 6FM200. <i>Fuente: yhipower.co.nz</i>	94
Figura 61. Irradiación global horizontal medio diario anual. <i>Fuente: Ideam.gov.co</i>	95
Figura 62. Controlador de carga IC-6024. <i>Fuente: Energiaymovilidad.com</i>	96
Figura 63. Inversor Phoenix 24/1200. <i>Fuente: victronenergy.com</i>	98
Figura 64. Sistema de paneles solares previamente instalados en el TecnoParque. <i>Fuente: Autor.</i>	98

Figura 65. Identificación de las partes del sensor de corriente Dyn 3-05-06. <i>Fuente: Dinamoelectronics.com</i>	101
Figura 66. Divisor de voltaje con puente de diodo regulador para entrada AC; con respecto a la entrada DC como en el caso de las baterías y paneles, solo se le quitan el diodo y el capacitor. <i>Fuente: diarioelectronicohoy.com</i>	102
Figura 67. Módulo de relé de cuatro canales indicando las partes más importantes; 1 conexiones; 2 led indicadores; 3 alimentación independiente; 4 controlador; 5 diodo; 6 relé; 7 salidas de los relés. <i>Fuente: dynamoelectronics.com</i>	102
Figura 68. Relevador de potencia HHC70. <i>Fuente: Autor.</i>	103
Figura 69. Ventilador seleccionado para mantener fresco el circuito del sistema. <i>Fuente: startech.com</i>	104
Figura 70. Transformador 120Vac a 12Vca. <i>Fuente: spanish.alibaba.com</i>	104
Figura 71. Graficas de caracterización de los sensores y divisor de voltaje (de izquierda a derecha); grafica del sensor de corriente; grafica del divisor de voltaje DC; grafica del divisor de voltaje AC. <i>Fuente: Autor.</i>	105
Figura 72. Escalado del sensor de corriente. <i>Fuente: Autor.</i>	105
Figura 73. En la figura de la izquierda de muestra la tabla de variables del PLC y en la de la derecha las variables del PLC asignadas en la pantalla HMI. <i>Fuente: Autor.</i>	106
Figura 74. Ventada principal de la pantalla HMI; a la izquierda de la pantalla se observan las tres posibles opciones para realizar las mediciones y en el centro las mediciones de las baterías en todo momento. <i>Fuente: Autor</i>	107
Figura 75. Línea de programación ladder para el ahorro energético. <i>Fuente: Autor.</i>	107
Figura 76. Líneas de código para activar y desactivar los relés de potencia que permitirán el encendido o apagado de las luces de las zonas claras durante el día. <i>Fuente: Autor.</i>	108
Figura 77. Pantalla HMI con las dos configuraciones posibles del sistema. <i>Fuente: Autor.</i>	109
Figura 78. Pantalla HMI para visualizar las zonas del alumbrado del Tecnoparque y el encendido manual de las zonas claras durante el día. <i>Fuente: Autor.</i>	109
Figura 79. Circuito diseñado en Eagle. <i>Fuente: Autor.</i>	110
Figura 80. A la derecha se observa el circuito impreso con los divisores de voltaje terminado y a la izquierda la CNC realizando dicho circuito. <i>Fuente: Autor.</i>	111
Figura 81. Visita empresarial para observar el PLC comercial utilizado para fabricar galletas. <i>Fuente: Autor.</i>	111
Figura 82. Caja en MDF que va a contener la circuitería del sistema de gestión de energía. <i>Fuente: Autor.</i>	112
Figura 83. Circuitería del sistema de gestión de energía. <i>Fuente: Autor.</i>	113
Figura 84. Instalación completa del sistema de gestión de energía junto al banco fotovoltaico. <i>Fuente: Autor.</i>	114
Figura 85. Pantallas con el sistema SCADA diseñado en la pantalla HMI; se puede observar la pantalla principal, la recolección de datos de las baterías, los paneles, las luces, y la configuración del sistema y el alumbrado del Tecnoparque. <i>Fuente: Autor.</i>	115
Figura 86. Charlas sobre el uso e investigación de la energía fotovoltaica. <i>Fuente: Autor.</i>	115
Figura 87. Tabla de costos con el valor aproximado de cada componente utilizado en el sistema, también se incluye el costo que tendría la mano de obra. <i>Fuente: Autor.</i>	116
Figura 88. Diagrama de flujo del control de ingreso. <i>Fuente: Autor.</i>	128
Figura 89. Cubierta protectora del circuito electrónico. <i>Fuente: Autor.</i>	129
Figura 90. Cubierta protectora del motor. <i>Fuente: Autor.</i>	130

Lista de tablas

Tabla 1. Frecuencias de los sistemas RFID.....	27
Tabla 2. Comparación entre las diferentes células fotovoltaicas.....	46
Tabla 3. Tipos y características de los acumuladores	48
Tabla 4. Características de hardware de la tarjeta Arduino uno.....	52
Tabla 5. Características del módulo lectura/escritura RFID parallax 28440.....	54
Tabla 6. Características del módulo bluetooth HC-06.....	55
Tabla 7. Características del módulo ESP8266.....	57
Tabla 8. Características del módulo de relés	58
Tabla 9. Características del teclado matricial rígido.....	76
Tabla 10. Características del zumbador.....	77
Tabla 11. Especificaciones Técnicas específicas del controlador IC-6024.....	96
Tabla 12. Especificaciones Técnicas del inversor Phoenix 24/1200.....	97
Tabla 13. Especificaciones Técnicas PLC S7 1200 AC/DC/RLY.....	99
Tabla 14. Especificaciones técnicas de la pantalla HMI KTP400 basic.....	100
Tabla 15. Especificaciones Técnicas del sensor dyn 3-05-06.....	101

Resumen

La red Tecnoparque nodo Ocaña es un programa de innovación Tecnológico que hace parte de la institución pública colombiana, servicio nacional de aprendizaje (SENA), proporciona un grupo de profesionales con experiencia en proyectos encargados de una amplia red de laboratorios los cuales se encuentran divididos en tres áreas, electrónica y telecomunicaciones, ingeniería y diseño y tecnologías virtuales. Por medio de estas herramientas brindan una transferencia de conocimiento y un apoyo colaborativo para poder desarrollar y fortalecer todo tipo de ideas provenientes ya sean de personas o de empresas con un alto pensamiento innovador.

Este proyecto tiene como prioridad dos objetivos fundamentales, la seguridad y la concientización sobre el uso de energía, promoviendo el uso de energías renovables con el fin de aumentar la eficiencia energética dentro de las instalaciones y reducir el impacto ambiental que se está ocasionando al planeta.

En el caso de la seguridad se plantea el desarrollo de un sistema de alarmas, el cual tendrá una central a la cual van a estar conectadas una serie de sensores infrarrojos repartidos estratégicamente por los laboratorios de cada área del Tecnoparque, la central no solo interpretará las alarmas de los posibles intrusos, sino que también proveerá un aviso por medio de correo electrónico ya que estará conectado a la señal wifi de las instalaciones. Se pretende, Además, una constante verificación del ingreso del personal administrativo utilizando la tecnología RFID la cual por medio de señales de radiofrecuencia realizará la identificación y la autorización que permitirá el ingreso al personal administrativo, también se plantea la posibilidad de realizar una unión con un servidor web para llevar un mejor control de todo el personal, el cual permitirá identificar el código del usuario que recién ha ingresado.

Con respecto al uso de energías renovables se muestra todo el proceso que se llevó a cabo para mejorar la eficiencia energética del Tecnoparque, se crea un sistema de gestión de energía para

las luces del Tecnoparque el cual es articulado con un banco de paneles solares con el que ya cuenta el Tecnoparque, además se analiza: la selección de los componentes, mejoras al sistema del banco de paneles solares, una nueva distribución del alumbrado, los sensores utilizados y la implementación del sistema SCADA para la verificación en tiempo real de las variables que influyen en el sistema de gestión energética. Además, se da un análisis del porque el uso de las dos configuraciones posibles en la cual se centraliza todo el sistema, el modo UPS y el modo ahorro de energía.

Capítulo 1

Introducción

La seguridad es un tema muy importante para toda empresa o institución y más si cuenta con una gran cantidad de componentes de alto valor económico. Todo gerente o administrativo de una empresa o institución debe proteger las instalaciones contra posibles hurtos o ingresos de personas no autorizadas, ya que para ellos ese lugar más que un simple espacio de trabajo es aquel sitio donde se les proporciona un sueldo, un lugar donde pueden recurrir para poder llenar todas sus esperanzas de progresar o un segundo hogar, ya que en algunos casos es el lugar donde más tiempo se encuentran. Por todos estos factores se es importante tener su espacio de trabajo con la mejor seguridad posible, un lugar que este muy lejos de los ladrones que se encuentran en constante búsqueda de oportunidades para dañar a personas integras y con grandes deseos de avanzar.

Pero la seguridad no es el único factor por el cual debe preocuparse una institución, los gastos es uno de los otros factores con gran importancia, entre todos los tipos de gastos que se pueden tener, los gastos de la energía eléctrica pueden verse muy afectados cuando no se lleva una buena regulación o un buen sistema de control sobre ellos. Tener una gran demanda de energía eléctrica no solo afecta en los gastos económicos, también en el caso de que use energía no renovable proporciona una mala imagen para la sociedad que actualmente está velando por el medio ambiente, por aumentar el uso de energías renovables para garantizar la vida de las especies e incluso la vida de los humanos.

El propósito de este trabajo tiene como finalidad mejorar la seguridad del Tecnoparque, ya que actualmente solo cuenta con cámaras, por lo cual se proveerá una sistema que integrara sensores infrarrojos, tecnología wifi para dar señales de aviso por correo, un control por clave del sistema de las alarmas para permitir la activación y desactivación de las mismas, además el control de ingreso con la tecnología RFID que llevara en un servidor el registro de cada persona ingresada

y la reestructuración de toda la iluminación del Tecnoparque con el fin de reducir los gastos energéticos, dentro de esta reestructuración tiene principal importancia el desarrollo de un sistema automatizado el cual va a dividir por sectores la iluminación separando por zonas para definir la zona en la cual se van a implementar sensores para controlar las luces solo en las horas oscuras y las zonas con necesidad de iluminación constante la cual va hacer alimentada en mayor proporción por el banco de paneles solares con el fin de reducir los costos generados por la empresa electricadora.

Justificación

Las instalaciones de la red de Tecnoparque del nodo Ocaña se encuentra dentro de un colegio de secundaria, el cual es un sitio bastante indefenso con respecto a la seguridad, debido a la gran cantidad de estudiantes, profesores, padres de familia y demás personas que suelen frecuentar los alrededores, al ser un lugar con bastante maquinaria y dispositivos de tecnología suele verse muy llamativo, por el cual procuran siempre tener el acceso restringido volviéndose tedioso el acceso ya que provoca la necesidad de tener presente una persona en todo momento con el fin de estar abriendo y cerrando la puerta para las personas que si tienen autorización de ingresar y, además, llevando el registro de entrada del personal administrativo, por esta razón, surge la necesidad de implementar un sistema que lleve todo el control tanto del personal administrativo como de los aprendices que frecuentan el lugar.

Por otra parte, durante las noches, los fines de semana o las vacaciones de fin de año son temporadas en las cuales las instalaciones permanecen por largas horas e inclusive días sin que nadie habite o ingrese frecuentemente en el lugar. Por lo general los lugares con estas condiciones que además cuentan con dispositivos tecnológicos de gran valor económico causan mayor interés en los individuos que están acostumbrado a hurtos o todo tipo de delincuencia. Lo cual al tener alarmas que alerten de manera inmediata de forma remota vía internet a los administrativos del Tecnoparque estos podrán dan los avisos rápidamente a la policía para evitar cualquier posible intruso y perdida de dispositivos.

Actualmente el Tecnoparque cuenta con unos paneles solares los cuales están instalados de forma ineficiente, la potencia que estos suministran no están distribuidas de manera adecuada por el Tecnoparque, la necesidad de realizar un cambio es inminente, el cambio es necesario en todos los circuitos eléctricos de las luces para garantizar una mejor distribución de la energía suministrada por los paneles, además, el Tecnoparque cuenta con una gran cantidad ventanas que

permiten iluminar adecuadamente algunas zonas, encender las luces en todo momento de esas zonas provocan un mal uso de la energía. Para prevenir que sean encendidas en todo momento las luces de esas zonas se plantea la implementación de sensores en esos lugares para que las luces sean encendidas solo durante las horas de oscuridad.

Objetivos

Objetivo general

- Modernizar el sistema de seguridad y optimizar el uso de paneles solares en el tecnoparque nodo Ocaña.

Objetivos específicos

- Implementar la tecnología RFID para el ingreso del personal del TecnoParque nodo Ocaña.
- Adecuar el sistema sensores infrarrojos-web para alarma a distancia utilizando la red internet.
- Configurar los paneles solares en modo Ups y ahorro energético, bajo un funcionamiento automático.
- Diseñar una interfaz HMI para visualización del funcionamiento del sistema automatizado de paneles solares

Marco teórico

El ser humano tiende a tener muchísimas preocupaciones, desde su niñez se le enseña a preocuparse para evitar un sin número de problemas que están presentes a su alrededor, por lo cual se le transmite la creencia de que la preocupación es necesaria y fundamental en su vida.

Algunas de estas preocupaciones están ligadas con el bienestar económico y con la integridad de las personas ya sea personal o familiar. Es bien sabido que el hombre a través de los tiempos se ha visto en la necesidad de proteger sus pertenencias debido a la posible sustracción por parte de otros individuos. Hasta hace no mucho tiempo la manera de proteger sus pertenencias y mantener el bienestar económico era de forma directa, es decir, el mismo individuo debía encargarse de vigilar para evitarse sorpresas no muy agradables, pero gracias a la aparición de la electrónica y el constante desarrollo que tiene este tipo de tecnología ha permitido un rápido progreso en cuestiones de seguridad, ya que proporciona una amplia cantidad de sistemas posibles a implementar, con lo cual se logra un mejor bienestar general.

Sistema de seguridad

“Uno de los métodos más seguros y comunes para proteger el hogar contra los delincuentes es la instalación de un sistema de alarma que se adapte a las características del lugar. Aunque la instalación de una alarma no lo convierte en un lugar inviolable, sí proporciona mayor seguridad.

En la actualidad la instalación de múltiples modelos de alarmas antirrobo se han convertido en algo habitual ya que se ha demostrado que los delincuentes comúnmente evitan las aventuras riesgosas y tienden alejarse de los lugares donde hay algún mecanismo de seguridad.

Existen distintos tipos de alarma: alámbricas, inalámbricas, de activación por circuito (abierto o cerrado) o de activación por sensor de movimiento”. (Castro, 2017)

Para tener un buen sistema de alarmas se debe primero definir el grado de seguridad que se necesita. Una combinación de sensores permitirá una máxima protección y seguridad. Existen

todo tipo de sensores de intrusión a través de puertas, ventanas y demás, o detección de entrada de intrusos en zonas determinadas mediante sistemas perimetrales y volumétricos. Asimismo, hay sensores de humo, de fuego, de inundación, etc.

Todos estos sensores van conectados a una central de alarmas que puede reaccionar de formas diversas: haciendo sonar una sirena, encendiendo luces, poniendo en marcha una instalación contra incendios, tomando fotografías de los intrusos, avisando por teléfono a ciertos números ya previstos o avisando a la central receptora de alarmas, que pone en marcha todas las medidas deseadas: aviso a policía, bomberos, etc.



Figura 1. Sistema de alarma. Fuente: *granreforma.com.mx*

Alarmas alámbricas con monitoreo. Dentro de los sistemas de alarma, uno de los más demandados y habituales es el sistema de seguridad alámbrico con monitoreo para viviendas, el cual consiste en una serie de equipos electrónicos instalados en lugares estratégicos, conectados hacia una central receptora o de monitoreo que envían señales de forma periódica, durante las 24 horas del día los 365 días del año.

Una central receptora o de monitoreo es un centro remoto que recibe, avisa y verifica todos los incidentes ocurridos en la propiedad a través de los detectores instalados. Mediante señales

enviadas por línea telefónica o por internet, estos detectores informan cada uno de los eventos, desde activación o desactivación de la alarma, intrusión, falla en el sistema, falsas alarmas, etc. (Castro, 2017)

Composición de un sistema de seguridad. Una instalación se compone de ciertas partes básicas: central de alarma, sensores y sistemas de aviso y señalización. A estos se les puede sumar un cuarto elemento que sería el intercomunicador con la Central Receptora de Alarmas y que siempre es opcional su colocación en la instalación.

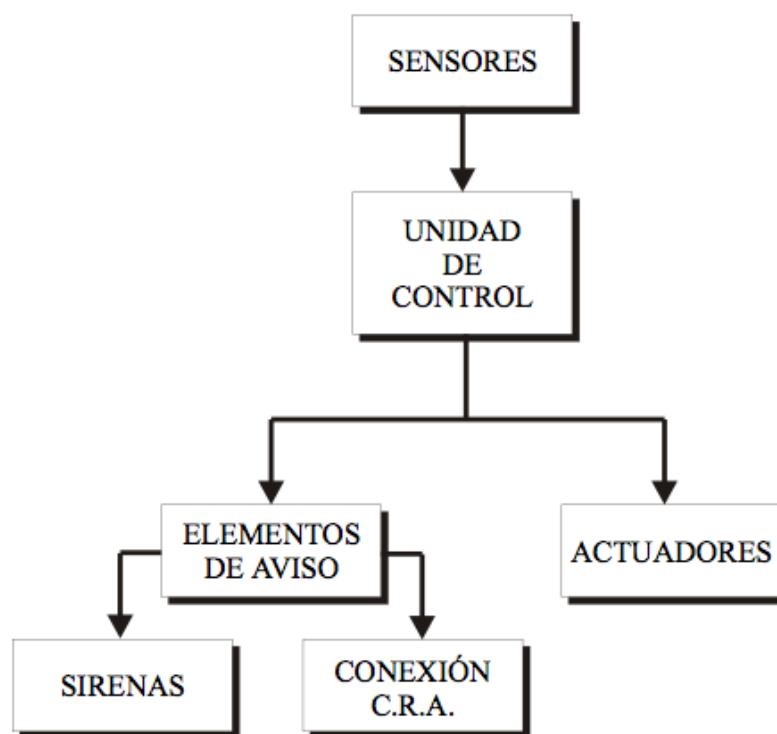


Figura 2. Esquema general de un sistema de seguridad. *Fuente: CEII*

Central de alarmas o unidad de control. La central de alarmas se encarga de recibir la señal eléctrica de los sensores que son activados. Luego de recibir la señal, el controlador que tiene en el interior se encarga de procesar la señal para activar el sistema de alarma y de aviso.

Los sensores. son los dispositivos electrónicos capaces de comprobar las variaciones de una condición de reposo en un lugar determinado y encargados de enviar la información de esa

variación a la Central de Alarmas. Generalmente deben ser de reducido tamaño y se alimenta a través de una fuente de baja tensión.

Sistema de aviso y señalización. Son los dispositivos encargados de avisar de las variaciones detectadas por los sensores dentro del sistema de seguridad. Como culminación a los elementos anteriores, son los que dan sentido a los sistemas de seguridad, ya que, si no estuvieran a punto, no serviría de nada poner de forma estudiada los detectores y la central de alarma. Estos dispositivos pueden ser acústicos (sirenas) y ópticos (luces) y avisadores a Central Receptora de Alarmas.

Dispositivos de conexión/ desconexión. Se consideran a todos aquellos mecanismos que permiten la conexión y desconexión de los sistemas de seguridad. Pueden ser de tipo mecánico, como las llaves, o de tipo electrónico, como el teclado.

La llave de seguridad consiste en conectar o desconectar un circuito eléctrico mediante una llave metálica con una forma especial, que al introducirla acciona un mecanismo que abre o cierra un circuito eléctrico. Este sistema presenta el inconveniente de que la llave se la pueden robar a la persona encargada de desconectar el sistema, inutilizando de esta forma todo el sistema de seguridad.

Mediante el teclado se eliminan las posibilidades de sustracción, con lo que sólo puede desactivar la central de alarma aquella o aquellas personas que conozcan la clave. Esta clave está formada por la pulsación de 4 o 6 números del teclado. El teclado presenta, además, la posibilidad de desconectar la central por coacción, desconectando el sistema.

Accionamiento de otros dispositivos. El sistema empleado puede proporcionarnos ciertas posibilidades a la hora de la activación de la alarma:

- Activación de luces de emergencia.

- Activación de electroimanes de puertas cortafuegos para cerrar puertas.
- Señal de alarma a central, sin activar sirenas y elementos ópticos.

En todo caso, siempre dependerá de las centrales de alarma utilizadas, que cuanto más sofisticadas y completas sean, más posibilidades externas brindaran, posibilitando así la realización de un sistema de seguridad fiable y seguro.

Central de alarmas o unidad de control. La central de alarmas es el cerebro de la instalación. Está en estado de vigilancia continuamente, recibiendo información constante de los circuitos detectores que componen el sistema, accionando los dispositivos de aviso (sirenas, conexión a la Central Receptora de Alarmas si la hubiera), en el momento que sea activado cualquier detector o alguna anomalía en el mismo. En la parte exterior de la carcasa, dispone de una serie de pilotos indicadores que dan información del estado del sistema (funcionamiento de los detectores, alimentación, etc.). Una central se puede dividir en las siguientes partes:

Fuente de alimentación. Proporciona la tensión de funcionamiento necesaria de los circuitos electrónicos que componen la central. Transforma los 110 voltios de red, en tensión continua, que puede variar desde 6 V hasta 24 V, según se necesite, para abastecer de tensión continua no sólo a la central, sino a los detectores, bobinas, etc.

Teclado. Conectado a la central de alarmas, se ubica generalmente en un lugar de fácil acceso para el usuario. Puede ser un teclado independiente, situado de forma alejada a la central, o puede estar en la caja de la central de alarmas. Su función es conectar y desconectar la instalación de alarma, de una forma previamente determinada, bien para la introducción de un código numérico o para medio de las teclas de función.

Microprocesador. Es el cerebro de la instalación. Recibe información continuamente del estado de los detectores instalados en el sistema, accionando las diferentes salidas en caso de incidencia en el sistema, sirenas, luces, avisador telefónico, etc.

Necesita una programación previa para efectuar un funcionamiento a medida de las características de instalaciones a proteger.

Memoria EPROM. La memoria EPROM es un chip electrónico donde se encuentran almacenadas todas las instrucciones y datos necesarios para que funcione el microprocesador. Estas instrucciones han de ser introducidas al sistema previamente por medio del teclado. Normalmente, esta programación se realiza al instalar el sistema en el lugar exacto, y sólo la realiza el personal cualificado mediante su acceso por medio del *código de ingeniero*. El sistema electrónico permite variaciones en la programación que se adapte a los posibles cambios o necesidades del lugar protegido.

Marcador telefónico. El marcador telefónico es un circuito electrónico que se encarga de marcar automáticamente el número de teléfono previamente fijado en la memoria EPROM, posibilitando de esta forma la conexión con la central receptora de alarmas. (CEil, 2015, p.8)

“*Conexión IP.* Las nuevas generaciones de sistemas de alarmas utilizan conexión a Internet para poder comunicarse con el usuario de forma sencilla, rápida e intuitiva. Los sistemas de alarmas IP cuentan además con una aplicación para smartphones y tablets que permiten controlar todo el sistema fácilmente desde el móvil y desde cualquier parte del mundo” (Aljarafe, 2018).

Principales características de la central de alarmas.

Conexión y desconexión. La central de alarmas dispone de mecanismos para controlar el acceso a las zonas protegidas, y efectuar su conexión y desconexión. Esta puede ser de distintos tipos: llave de seguridad, tarjeta codificada y teclado.

Circuitos de detección.

Circuito Retardado. El circuito es conectado de tal manera que permita al usuario conectar la alarma y salir del inmueble, o bien que permita entrar y desconectarla, sin que se dispare la alarma en ninguno de los dos casos.

Circuito instantáneo. A diferencia del circuito anterior al activar la alarma los sensores quedan activos de forma inmediata, de tal manera que deben de ser instalados a una distancia prudente de la central para que el usuario pueda activar y desactivarla la alarma sin causar anomalías en ellos.

Circuito tamper o 24 horas. Tiene la finalidad de garantizar que no se produzca sabotaje o manipulación alguna en el sistema, durante la desconexión del mismo, como, por ejemplo, arrancar una sirena, abrir un volumétrico, etc., haciendo disparar la alarma cuando esto ocurra. Por lo tanto, el circuito está permanentemente en vigilancia, aunque la alarma este desconectada.

Zona cableada. Circuito cerrado donde se han instalado y conexionado en serie los detectores. Se diversifican en zonas para que en el momento de su activación se sepa el lugar exacto de ubicación. No conviene instalar muchos detectores por zona, ya que cuando se active uno de ellos, sólo sabremos la zona activada. Sólo se suelen conectar unos tres detectores por zona.

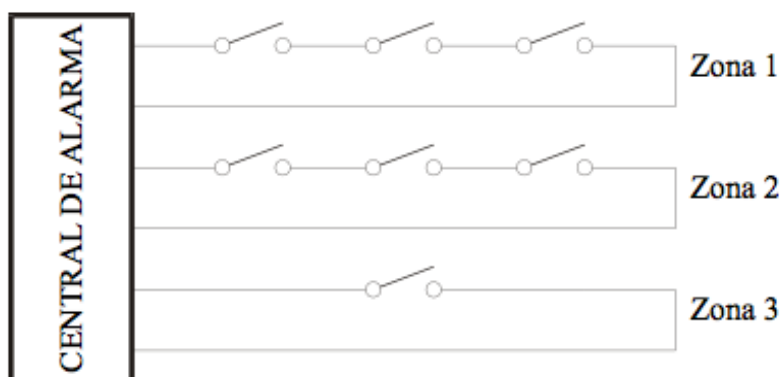


Figura 3. Conexión de detectores por zona. Fuente: CEII

Zona multiplexada. Se instala en cada detector un pequeño módulo codificador, que introduce un código que sólo identificará la central de alarmas, para permitir instalar todos los detectores en una sola zona cableada, pero con la peculiaridad de que cuando sea activado algún detector, la central identificará al detector exacto activado. Este sistema permite simplificar de forma considerable la instalación, a una sola tirada de dos cables, abaratando consecuentemente los costes de la instalación.

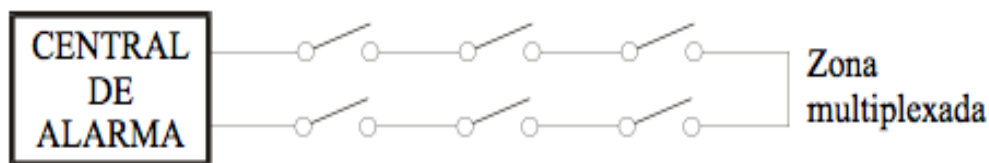


Figura 4. Conexión de detectores en zona multiplexada. *Fuente: CEII*

Programación por tiempo. Permite programar los tiempos de activación de las zonas. Pueden programarse zonas de activación no instantánea, en las que por necesidad de paso del usuario para entrar o para desactivar o activar la alarma, les sea necesario un tiempo determinado. Ese tiempo puede variar desde varios segundos a varios minutos dependiendo de las características de la instalación de la alarma.

Sensores. Los sensores electrónicos son dispositivos de reducido tamaño y alimentados por baterías, o fuente de alimentación a baja tensión (6 a 12 V.), que detectan con un campo de actuación variable (varios metros), la presencia de personas humanas u otros elementos extraños.

Las variaciones eléctricas enviadas por los sensores son recogidas por la unidad de control, que una vez convenientemente captadas dan lugar a la activación de sirenas, etc.

El sensor tiene como funcionamiento la activación o desactivación de la alarma, se considera como un interruptor que está abierto o cerrado y en caso de que haya que instalar varios son puestos todo en serie. Los sensores pueden ser instalados, bien mediante la realización de cableado por las instalaciones a proteger, o bien por medio de receptores de radio. Cuando Los

sensores son instalados mediante la realización de un sistema cableado, además de una línea de circuito cerrado para sus contactos, se debe llevar una línea de alimentación paralela, que permita su funcionamiento. (CEil, 2015, p.11)

Algunos tipos de sensores de alarma son:

“Sensor de Movimiento o PIR. Este tipo de sensor mide la luz infrarroja radiada por los objetos que se encuentran dentro de su campo de visión. Es indicado para zonas de paso como escaleras, pasillos, aparcamientos, etc., intentado evitar siempre focos de calor que apunte directamente al sensor.

Sensor de Ultrasonidos. La tecnología de ultrasonidos es un poco más avanzada y está basada en la emisión de ondas de ultrasonidos que la audición humana es incapaz de captar y detectan las fluctuaciones recibidas en la onda de rebote, lo que significa una detección de personas, de un modo similar a como actúan los murciélagos. Se trata de sensores activos y son capaces de detectar a través de esquinas y objetos. Están indicados para la detección de movimientos pequeños y suelen cubrir superficies mayores, tales como salas de reuniones, oficinas, etc.

Sensor de movimiento doble (Infrarrojo/Ultrasonidos). Son los de mejor calidad para los actuales sistemas de alarma, cuentan con doble tecnología: de infrarrojos combinado con un detector de ultrasonidos activando la alarma solo cuando ambos sistemas detectan a la par la posible intrusión, evitando falsas alarmas. Además, existen detectores de triple tecnología, que integran una unidad de procesamiento que compara con patrones estándar

Barreras infrarrojas. Están compuestos por dos piezas, un emisor y un receptor infrarrojo que se colocan enfrentados a la vista uno del otro, de modo que si se interrumpe la línea de visión

disparan una señal a la central. Son idóneos para su colocación como sustituto de verjas o vallas perimetrales en edificios” (GRUPO EMOPA, 2015).

Sistemas de aviso. Según el artículo CEil (2016), dentro de los sistemas de aviso están: “aquellos dispositivos que dan sentido a la instalación de seguridad, ya que, de no contar con ellos, de nada serviría el más complejo sistema de detectores y central de alarma que se halla instalado” (p.20).

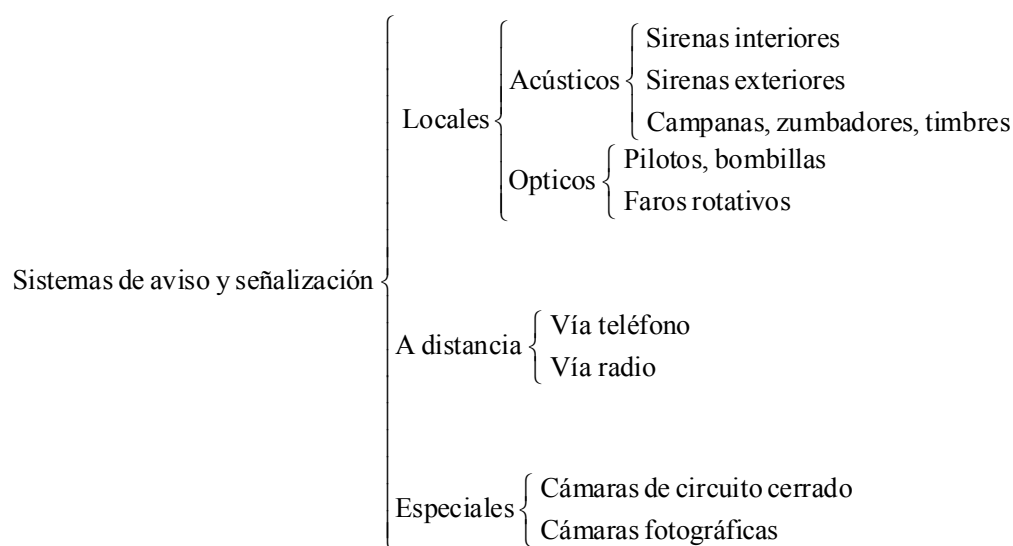


Figura 5. Clasificación de los sistemas de aviso. Fuente: CEII

Aviso local. Ese tipo de aviso se puede hacer a través de sistemas acústicos como sirenas o ópticos con luces. A demás se encarga de dar aviso a los habitantes de la propiedad, así como a los vecinos de la presencia de un intruso.

Aviso Remoto. Este tipo de aviso puede ser transmitido por distintos medios, como línea telefónica, celular mediante GPRS / GSM, radio e internet, y avisar a una Central de Monitoreo de la existencia de una alarma. El Sistema de Alarma se identificará a la Central de Monitoreo y está se encargará de tomar la decisión, basándose en la información enviada por la alarma. (Electron Seguridad, 2018)

Sistemas especiales. “Las instalaciones de seguridad se pueden complementar y completar con la instalación de circuitos de televisión y de cámaras fotográficas que permitan la grabación de los posibles intrusos en las instalaciones. Pueden ser puestas en marcha automáticamente por medio de la central de alarmas o manualmente a través de pulsadores de atraco. Existen distintos tipos de pulsadores de alarma: manual, de pie, de pinza de billete, soporte de bolígrafo, etc.

También hay otros sistemas en los que Las cámaras están conectadas constantemente y de la misma forma están constantemente grabando todas las imágenes que reproducen las cámaras” (CEil, 2015, p.22).

Sistemas de control de acceso basados en la tecnología RFID

“Los sistemas RFID representan una opción fiable y exenta de mantenimiento para controlar los derechos de acceso. El personal autorizado obtiene acceso a un área con solo pasar una etiqueta RFID por un lector. Se pueden conceder y modificar derechos de acceso a ubicaciones específicas según sean necesario, y es posible bloquear aquellas etiquetas que se hayan perdido” (Pepperl + Fuchs, 2018).

“La tecnología RFID, responde a las iniciales de Radio Frecuencia Identificación, no es más que un sistema para comunicarse sin cables entre dos o más objetos, dónde uno emite señales de radio y el otro responde en función de la señal recibida” (Dipole, 2016).

“En muchos casos, las tarjetas magnéticas tipo tarjeta de crédito se utilizan para controlar el acceso de área. Este formato se considera una ventaja, puesto que se pueden imprimir fácilmente en las tarjetas información o eslóganes publicitarios. También están disponibles con etiquetas RFID integradas, lo cual representa otra ventaja adicional puesto que no necesitan contacto y tampoco se borran. Una tarjeta RFID se puede imprimir con la foto de su propietario y se puede utilizar como una tarjeta de identidad. Es posible incluso controlar los derechos de acceso

al ascensor, y, con el montaje adecuado, los permisos de acceso a zonas peligrosas como las instalaciones de almacenamiento de combustible.

El acceso de área se controla y se registra. Queda registrado automáticamente quién, cuándo y durante cuánto tiempo ha estado una persona en un área determinada. Esta información puede ser sumamente importante en situaciones de emergencia” (Pepperl + Fuchs, 2018).

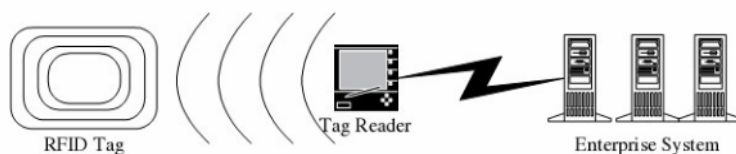


Figura 6. Comunicación sistema RFID. Fuente: Falomir, 2006

Etiquetas RFID. Los microchips en las etiquetas RFID pueden ser de lectura-escritura, de solo lectura o de una sola escritura (WORM). Con los chips de lectura y escritura, puede agregar información a la etiqueta o escribir sobre información existente cuando la etiqueta está dentro del alcance de un lector. Las etiquetas de lectura / escritura generalmente tienen un número de serie que no se puede escribir. Se pueden usar bloques de datos adicionales para almacenar información adicional sobre los elementos a los que se adjunta la etiqueta. Los microchips de solo lectura tienen información almacenada en ellos durante el proceso de fabricación. La información sobre tales chips nunca se puede cambiar. (RFID Journal, 2018)

Tabla 1

Frecuencias de los sistemas RFID

Frecuencias	Rango de frecuencias	Frecuencia de operación	Rango de lectura
Baja (LF)	30KHz a 300Khz	125 KHz o 134 KHz	10 cm
Alta (HF)	3 Mhz a 30 Mhz	13,56 Mhz	10 cm y 1 m
Ultra-Alta (UHF)	300Mhz a 3Ghz	900 Mhz y 915 Mhz	12 m

Fuente: dipolerfid.es.

Tags pasivos. Los tags pasivos no poseen ningún tipo de alimentación. La señal que les llega de los lectores induce una corriente eléctrica mínima que basta para operar el circuito integrado del tag para generar y transmitir una respuesta. Los tags pasivos suelen tener distancias de uso práctico comprendidas entre los 10 cm y llegando hasta unos pocos metros. Como carecen de autonomía energética el dispositivo puede resultar muy pequeño

Tags Activos. Poseen su propia fuente autónoma de energía, que utilizan para dar corriente a sus circuitos integrados y propagar su señal al lector. Gracias a su fuente de energía son capaces de transmitir señales más potentes que las de los tags pasivos, lo que les lleva a ser más eficientes en entornos dificultosos para la radiofrecuencia como el agua o el metal (contenedores, vehículos). También son efectivos a distancias mayores pudiendo generar respuestas claras a partir de recepciones débiles.

Tags semipasivos. Poseen una fuente de alimentación propia, aunque en este caso se utiliza principalmente para alimentar el microchip y no para transmitir una señal. La energía contenida en la radiofrecuencia se refleja hacia el lector como en un tag pasivo. La batería puede permitir al circuito integrado de la etiqueta estar constantemente alimentado y eliminar la necesidad de diseñar una antena para recoger potencia de una señal entrante. Los tags RFID semipasivos responden más rápidamente, por lo que son más fuertes en el radio de lectura que los pasivos. (Actum, 2018)



Figura 7. Diferentes tags RFID. Fuente: Pinterest

Etiqueta RFID R / W 54 x 85 mm rectangular. En una etiqueta de lectura / escritura RFID, está diseñada para funcionar con el módulo RFID 28440 o módulo RFID 28540. Cada etiqueta contiene un número de serie exclusivo de solo lectura (una de 2^{32} , o 4,294,967,296 combinaciones posibles) y 116 bytes de área de datos de usuario almacenados en una EEPROM no volátil. El área de datos del usuario se puede proteger opcionalmente con una contraseña de 32 bits para permitir solo las operaciones de lectura y escritura autorizadas.

Características principales:

- El paquete delgado lo hace ideal para aplicaciones de credenciales de acceso
- Ambos lados son totalmente imprimibles con impresión offset, termo transferencia y sublimación de tinte
- Frecuencia de funcionamiento de 125 kHz
- Dimensiones: 54 x 85 mm (2.125 x 3.365 in)



Figura 8. Etiqueta RFID 54x85mm. Fuente: *parallax.com*

Módulo de lectura / escritura RFDI- Parallax 28440. El módulo de lectura / escritura Parallax de identificación por radiofrecuencia (RFID) proporciona una solución de bajo costo para leer y escribir etiquetas RFID pasivas de hasta 3 pulgadas de distancia. Las etiquetas RFID

proporcionan un número de serie único y pueden almacenar hasta 116 bytes de datos de usuario, que pueden estar protegidos con contraseña para permitir solo el acceso autorizado.

se controla a través del protocolo SPI. También puede ser controlada con un puerto UART. Entonces, se puede decir que es compatible con casi cualquier micro controlador, Arduino o tarjeta de desarrollo. (Parallax INC, 2018)

Características principales:

- Método de bajo costo para leer y escribir etiquetas de transpondedor RFID pasivas de 125 kHz.
- Hasta 116 bytes de almacenamiento de datos de usuario en una sola etiqueta.
- Las características de seguridad opcionales evitan que la etiqueta sea leída o escrita sin contraseña.
- LED bicolor para indicación visual del estado.

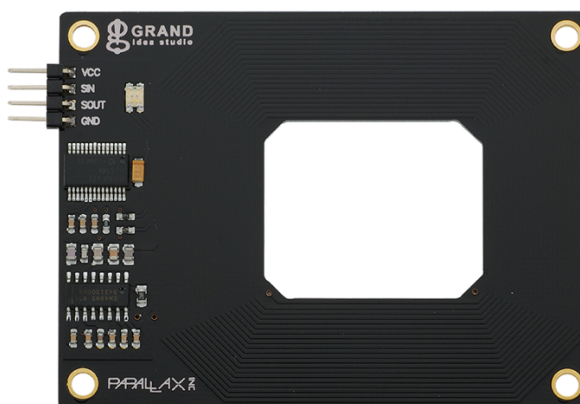


Figura 9. Módulo parallax 28440. Fuente: *parallax.com*

Protocolo SPI. Es un acrónimo utilizado para referirse al protocolo de comunicación serial (Peripheral Interface). El SPI es un protocolo síncrono que trabaja en modo full duplex para recibir y transmitir información, permitiendo que dos dispositivos pueden comunicarse entre sí al mismo tiempo utilizando canales diferentes o líneas diferentes en el mismo cable. Al ser un

protocolo síncrono el sistema cuenta con una línea adicional a la de datos encargada de llevar el proceso de sincronismo. El protocolo funciona de la siguiente manera, un maestro envía la señal de reloj, y tras cada pulso de reloj envía un bit al esclavo y recibe un bit de éste. (Navarro, 2014)

Existen cuatro líneas lógicas encargadas de realizar todo el proceso:

- MOSI. Línea utilizada para llevar los bits que provienen del maestro hacia el esclavo.
- MISO. Línea utilizada para llevar los bits que provienen del esclavo hacia el maestro.
- CLK. Línea proveniente del maestro encargado de enviar la señal de reloj para sincronizar los dispositivos.
- SS. Línea encargada de seleccionar y a su vez, habilitar un esclavo.

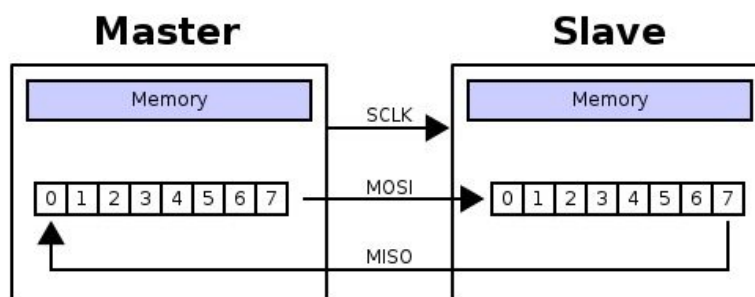


Figura 10. Estructura general del protocolo SPI. Fuente: Panamahitek.com

Protocolo UART (recepción-transmisión asíncrona universal). es uno de los protocolos serie más utilizados. La mayoría de los microcontroladores disponen de hardware UART. Usa una línea de datos simple para transmitir y otra para recibir datos. Comúnmente, 8 bits de datos son transmitidos de la siguiente forma: un bit de inicio, a nivel bajo, 8 bits de datos y un bit de parada a nivel alto. UART se diferencia de SPI y I2C en que es asíncrono y los otros están sincronizados con señal de reloj. (Geeky Theory, 2017)

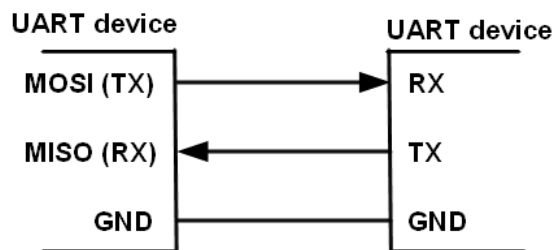


Figura 11. Estructura del protocolo UART. Fuente: *geekytheory.com*

Controlador Arduino. Arduino es una plataforma de electrónica de código abierto basada en hardware y software fácil de usar. Por otro lado, Arduino proporciona un software consistente en un entorno de desarrollo (**IDE**) que implementa el lenguaje de programación de Arduino y el bootloader ejecutado en la placa. La principal característica del software de programación y del lenguaje de programación es su sencillez y facilidad de uso.

Gracias a que es una plataforma de código abierto tiene una gran comunidad que ayuda a difundir el uso de herramientas y logra los beneficios de las contribuciones de otros cientos de personas que ayudan a crear códigos y a mejorar otra gran cantidad de esos. (Aprendiendo arduino, 2016)

Arduino Uno. Es una placa de microcontrolador basada en ATmega328P. Tiene 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. (Arduino, 2018)

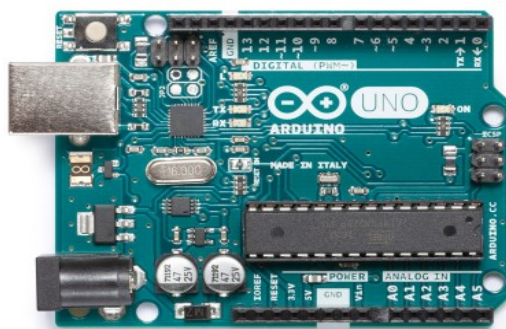


Figura 12. Arduino Uno. Fuente: *Arduino*.

Modulo wifi ESP8266. Es un chip Wi-Fi de bajo costo, “incluye un microcontrolador para manejar el protocolo TCP/IP y el software necesario para la conexión 802.11, la mayoría de modelos dispone de entradas/salidas (I/O) digitales y algunos modelos una entrada analógica al igual que otros microcontroladores, su punto fuerte es disponer de acceso WIFI y por su bajo precio el chip ESP8266 parece destinado a dar un gran empujón a lo que se ha llamado Internet de las cosas” (Visystem, 2018). A finales del 2004 fue lanzado un kit de desarrollo de software (SDK), que permite la programación directa del chip, eliminando la necesidad de un microcontrolador por separado.

El modulo puede ser programado en diferentes configuraciones, que se conecte simplemente a una red wifi ya establecida por un router o configurarlo como modo estación para conectar otros modulos o diferentes dispositivos a una red local creada por el mismo modulo. (Aprendiendo Arduino, 2017)

Algunas Características más importantes:

- Alimentación 3.3V.
- 32-bit RISC CPU: Tensilica Xtensa LX106 running at 80 MHz*
- 64 KiB of instruction RAM, 96 KiB of data RAM
- External QSPI flash – 512 KiB to 4 MiB* (up to 16 MiB is supported)
- IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi
 - Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
 - WEP or WPA/WPA2 authentication, or open networks
- 8 GPIO pins
- UART on dedicated pins, plus a transmit-only UART can be enabled on GPIO2

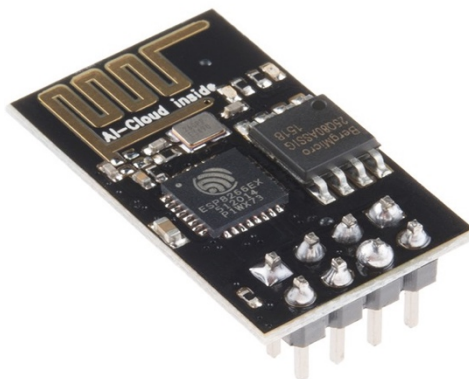


Figura 13. Módulo ESP8266. Fuente: *electronilab.co*

Redes de comunicación. Las redes de comunicación ponen a disposición de sus usuarios unos determinados recursos localizados en distintos puntos, más o menos alejados de ellos, como pueden ser servidores de información, impresoras, servidores de correo, etc. En función del ámbito de cobertura geográfico que alcancen. Las redes se clasifican en redes de área local (LAN), redes de área metropolitana (MAN) o redes de área extensa (WAN).

Redes de área local. Una red de área local es un sistema de comunicaciones constituidos por un hardware (cableado, terminares, servidores, etc.), y un software (acceso al medio, gestión de recursos, intercomunicación, etc.) que se distribuyen por una extensión limitada (planta, edificio, etc.) en el que existen una serie de recursos compatibles (discos, impresoras, bases de datos, etc.) a los que tienen acceso los usuarios para compartir información de trabajo. Operan a una velocidad entre 10 Mbit/s y 10 Gbit/s, tienen bajo retardo y muy pocos errores.

Este tipo de redes la tendencia es a utilizar enlaces vía radio (WIFI) para facilitar la movilidad de los usuarios, tanto en las empresas como en los hogares o, incluso, en sitios públicos, constituyendo los llamados “hotspots”.

MAN (área metropolitana). Es una red intermedia entre una LAN y una WAN cubriendo el entorno de lo que puede ser una gran ciudad y utilizando técnicas mixtas. Las dos tecnologías más empleadas en este tipo de redes son las denominadas SMDS y FDDI.

WAN (área extensa). Es aquella red donde la cobertura que proporciona la red de comunicaciones no tiene límite predefinido, pudiendo llegar a ser tan extensa como sea necesario. Normalmente, estas redes se apoyan en las infraestructuras que proporcionan los diferentes operadores de telecomunicaciones en cada país y, cuando su extensión sobrepasa el ámbito de una nación hace necesario contratar medios de transmisión y de conmutación proporcionados por los operadores de otros países. Esta red con cobertura mundial hace uso del protocolo IP. (Huidobro , Solsona, & Galero, 2008)

Protocolo IP. Es un protocolo que trabaja a nivel de red donde la información se envía en paquetes llamadas paquete IP. Este protocolo ofrece un servicio “sin garantías” también llamado del “mejor esfuerzo”. Es decir que nada garantiza que los paquetes lleguen a su destino, sin embargo, se hará lo posible para hacerlos llegar. Para enviar datos en una red basada en IP, se podrán transportar mediante una de los tres protocolos siguientes, TCP, UDP y SCTP.

TCP. Este protocolo ayuda a controlar que los datos transmitidos se encuentren libre de errores y sean recibidos por las aplicaciones en el mismo orden en que fueron enviado. Si se pierden datos en el camino introduce un mecanismo para que estos datos sean reenviados. Lo cual implica una cara extra de información en el flujo de datos ya que hay que enviar información de control adicional. No es un protocolo recomendado para la transmisión de datos en tiempo real.

UDP. La principal diferencia con el protocolo TCP es que al UDP no le importa si los datos llegan con errores o no y tampoco le importa si llegan en secuencia. UDP divide la información en paquetes, también llamados datagramas, los paquetes se colocan en el medio lo más rápido

posible y se liberan para encontrar su camino al destino final, sin ninguna confirmación de si llegaron o no. (Pérez, 2014)

Actualmente, la mayoría de las direcciones IP constan de cuatro conjuntos de números separados por un punto. 192.168.1.42 es un ejemplo de dirección IP.

Sistemas de gestión energética.

Las compañías necesitan conocer los costes reales de la energía que consumen y vincularlos a los productos y servicios que ofrecen. Las organizaciones empresariales son consumidoras directas de energía y pueden reducir su consumo energético para disminuir sus costes operativos y promover así la sostenibilidad económica, política y ambiental. Además, pueden desear aumentar su eficacia para maximizar su beneficio, y a la vez repercutir en una reducción de la emisión de gases de efecto invernadero disminuyendo en consecuencia su huella de carbono.

Para mejorar la eficiencia energética de una organización es imprescindible entender e intentar seguir las siguientes indicaciones:

- Hay que emplear “sólo la energía necesaria” y sólo cuando sea “necesaria” gracias al empleo de herramientas de automatización y de control.
- Hay que mejorar permanentemente los procesos, manteniendo un rendimiento constante gracias a los servicios de monitorización y mantenimiento.
- Muchas medidas son fáciles de obtener, con bajos costes de implementación y rápida amortización, especialmente cuando se adapta un edificio o una instalación existentes.

Sistemas de supervisión y monitorización para asegurar la gestión energética. Para realizar una correcta gestión energética que permita conseguir ahorro es preciso recurrir a sistemas de supervisión y monitorización. Estos sistemas capturan y ofrecen datos que permiten identificar

oportunidades de ahorro y detectar ineficiencias entre otras ventajas. Además, aportan información clave para tomar decisiones que permitirán optimizar la factura energética.

Los equipos y sistemas de Monitorización ofrecen información técnica en detalle de parámetros de consumo y otras magnitudes para su posterior tratamiento y análisis:

- Datos de consumo en tiempo real.
- Alarmas inteligentes.
- Análisis de la calidad de la energía (en los más avanzados).

El aprovechamiento de los sistemas de control y supervisión permitirá a su vez ejercer acciones coordinadas sobre la instalación mediante técnicas de regulación, automatización, implantación de calendarios, etc. encaminadas a mejorar la eficiencia. (Rallo, 2015)

Automatización. “Es un conjunto de técnicas que relaciona sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos, que se combinan para luego ser dirigidos o controlados por medio de un software especializado, que se encarga de poner en movimiento a este mecanismo complejo de una forma automática. Principalmente, esta técnica abarca ramas importantes como la neumática, óleo hidráulico, y la mecatrónica” (Gelvis, Frias, & Contreras, 2008, p.3).

PCL y control. “Es indispensable la implementación de una computadora digital que se usa para ejecutar las funciones de un controlador programable. No obstante, se excluyen los controles secuenciales mecánicos, que ya forma una parte más externa de un sistema automático, sin olvidar que todo está relacionado entre sí, y se combinan para formar un mecanismo complejo. De una manera general, se puede definir al controlador lógico programable como toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales de control” (Gelvis, Frias, & Contreras, 2008, p.7).

Simatic S7-1200 AC/DC/RLY. Es uno de los PLC's favoritos de todo productor de maquinaria industrial ya que, brinda la posibilidad de manejar una gran cantidad de entradas y salidas. La alimentación puede ser a 110 VAC o a 220 VAC. No requiere fuente de alimentación DC adicional, está dotado de 14 entradas digitales a 24V DC, 10 salidas a relé, 2 entradas analógicas y una fuente a 24v DC en la que se puede alimentar las entradas, uno que otro modulo y una pantalla táctil como las KTP 400 O 700 de SIEMENS. El puerto de comunicación que utiliza es a través de ethernet.

Es de fácil programación, gracias al software TIA PORTAL V13, en el cual se puede integrar las Pantallas táctil KTP 400-700 de SIEMENS.

Es un equipo totalmente modular, es decir, permite conectar módulos de expansión en caso de que se necesiten más entradas o salidas digitales o análogas. (Halud Ingenieria, 2016)



Figura 14. PLC s71200 AC/DC/RLY. Fuente: Siemens

Pantalla HMI. “La interfaz de usuario / interfaz hombre-máquina (HMI) es el punto de acción en que un hombre entra en contacto con una máquina. El caso más simple es el de un interruptor: No se trata de un humano ni de una "máquina" (la lámpara), si no una interfaz entre los dos. Para que una interfaz hombre-máquina (HMI) sea útil y significativa para las personas,

debe estar adaptada a sus requisitos y capacidades” (COPA-DATA GmbH, 2018). En otras palabras, según el artículo publicado por Wonderware Spain (2018), “la interfaz entre el proceso y los operarios; se trata básicamente de un panel de instrumentos del operario. Es la principal herramienta utilizada por operarios y supervisores de línea para coordinar y controlar procesos industriales y de fabricación.

La función de los HMI consiste en mostrar información operativa en tiempo real y casi en tiempo real. Proporciona gráficos de procesos visuales que aportan significado y contexto al estado del motor y de la válvula, niveles de depósitos y otros parámetros del proceso. Suministran información operativa al proceso, y permiten el control y la optimización al regular los objetivos de producción y de proceso”.

Simatic HMI KTP400 basic. “KTP400 Basic PN es un panel táctil de 4,3” con teclas adicionales y pertenece a la nueva serie de iniciación HMI de Siemens para aplicaciones sencillas. Los paneles Basic son los componentes HMI ideales para los sistemas de control S7 pequeños y medianos” (Festo, 2018).

Características de los paneles Basic:

- Interfaz de conexión con diferentes PLC
- Pantalla táctil con 4 teclas de función táctiles programables
- 1 interfaz Ethernet
- 1 puerto USB
- Dimensiones: 141 x 116 x 41 mm (An x Pr x Al)



Figura 15. Simatic HMI kTP400 basic. Fuente: solucionesyservicios.biz

Sensor de corriente en board 20A. Este sensor proporciona una medida de voltaje que varía respecto a la corriente, permite medir corriente AC o DC. La medición de la corriente se hace de la siguiente forma, la lectura proporcionada por el sensor varía en una señal de voltaje radiométrica, el punto de corriente 0, es equivalente a 2.5Vdc, y las corrientes positivas van de 2.5V a 5V y las corrientes negativas van de 2.5V a 0V. (Dynamo Electronics S.A.S., 2018)



Figura 16. Sensor de corriente. Fuente: [dynamoelectronics](http://dynamoelectronics.com)

Tecnologías alternativas.

La energía nuclear, al igual que el carbón, el gas natural o el petróleo, es una energía no renovable; es decir, se agota a medida que se consume. Esta posible escasez de energía en un futuro no muy lejano ha impulsado el desarrollo de las nuevas tecnologías para aprovechar la energía de

fuentes renovables como la energía solar, eólica, hidráulica o la biomasa. Estas fuentes renovables las pone la naturaleza a disposición y, por lo tanto, no están amenazadas de agotamiento.

Casi la totalidad de la energía del planeta proviene directa o indirectamente del sol. Sólo una pequeña parte del total no es de origen solar; el calor interno de la tierra que brota en forma de manantiales calientes y volcanes, la energía de las mares, derivada de la atracción gravitacional de la luna sobre la tierra y la energía nuclear extraída mediante fusión o fisión de determinados núcleos atómicos. Pero esas fuentes secundarias son muy pequeñas comparadas con la energía proveniente del sol.

El calor del sol se distribuye irregularmente en el aire y en el mar, originando los vientos, las olas y las corrientes oceánicas. Energía recolectada por medio de molinos de vientos. Además, el calor del sol causa evaporación del agua, que al caer de nuevo a la tierra convierte la energía potencial en energía cinética de los arroyos y los ríos que se precipitan en busca de zonas más bajas. Energía recolectada por medio de las hidroeléctricas.

Así la energía solar constituye la fuente fundamental de la energía que mantiene a todo organismo viviente.

Energía solar

Es la energía que llega a la Tierra en radiación electromagnética procedente del sol, donde es generada por un proceso de fusión nuclear en virtud del cual cada segundo se funde millones de toneladas de hidrogeno para formar helio.

La energía solar absorbida por la Tierra durante un año es 10 veces más grande que el total de fuentes fósiles. El problema que reside en ella para su aprovechamiento es debido a que es una

energía difusa que debe ser concentrada con grandes superficies colectores, y que se recibe de forma irregular, es decir, la intensidad del sol va variando con las horas y por la noche no brilla.

Sistema fotovoltaico. Es un sistema conformado por un conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la transforman en energía eléctrica. Esa energía proviene de los paneles en corriente directa (DC) la cual es transformada mediante el uso de un inversor, a corriente alterna (AC), para poder ser utilizada en residencias y comercios.

La generación de energía eléctrica dependerá de la energía lumínica y la cantidad de horas que el sol actué sobre el panel solar y del tipo y cantidad de módulos instalados, orientación e inclinación. (Océano, 1998)

Los dispositivos a través de los cuales se absorbe la energía solar son los paneles solares. Estos son elementos de los sistemas fotovoltaicos que tienen la capacidad de producir energía eléctrica al aprovechar la irradiación solar que incide en ellos.

Los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en sistemas fotovoltaicos directos sin acumulación y sistemas fotovoltaicos con acumulación. (Integrated Solar Operations (ISO), 2010)

Sistemas fotovoltaicos directos. “El generador fotovoltaico se conecta directamente al circuito de utilización y no disponen de sistema de acumulación eléctrica. Se utilizan en aplicaciones donde el uso de la energía eléctrica se puede limitar a los momentos en los que hay radiación solar” (Castejón & Santamaría, 2010, p.128). El sistema se puede conectar de tres diferentes formas, de conexión directa, que se dan en el caso donde se conecten dispositivos de bajas potencia como calculadora, juguetes o cargadores de baterías móviles; conexión con convertidor DC/DC, que se da cuando el circuito de utilización requiere una corriente continua regulada, y conexión con inversor, dado que el circuito requiera corriente alterna.

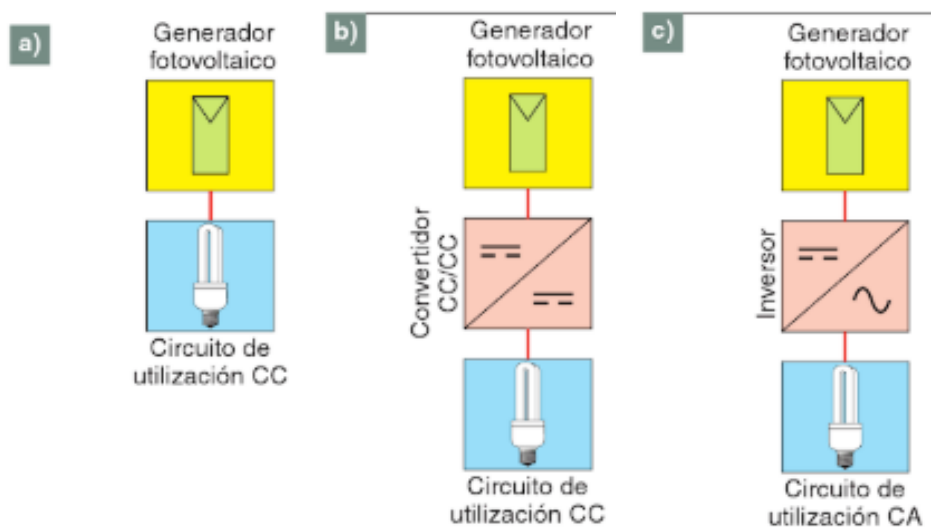


Figura 17. Sistema fotovoltaico directo. Fuente: *Instalaciones solares fotovoltaicas*

Sistemas fotovoltaicos con acumulación. “Es utilizado en aquellas aplicaciones donde se requiere un suministro de energía eléctrica en cualquier momento, independientemente de la presencia de radiación solar. El sistema de acumulación, formado normalmente por una batería de acumuladores, almacena la energía eléctrica sobrante, producida durante el día, para devolverla en las horas de baja o nula radiación solar.

La utilización de acumuladores requiere el uso de un regulador que controle el proceso de carga y descarga para proteger la vida útil de la batería de acumulación” (Castejón & Santamaría, 2010, p.129).

Al igual que en los sistemas fotovoltaico directos se puede conectar en tres formas diferentes, directos al regulador, con un convertidor DC/DC conectado al regulador o con un inversor para los circuitos de corriente AC.

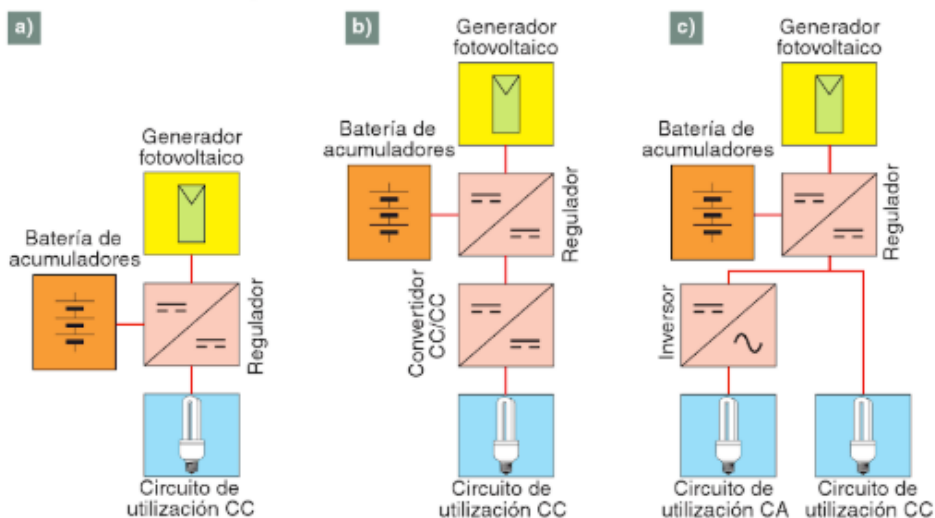


Figura 18. Sistema fotovoltaico con acumulación. Fuente: *Instalaciones solares fotovoltaicas*

Generador fotovoltaico. Dispositivo electrónico encargado de transformar la radiación solar en energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico, el cual consiste en realizar esa transformación haciendo incidir fotones de luz sobre materiales semiconductores.

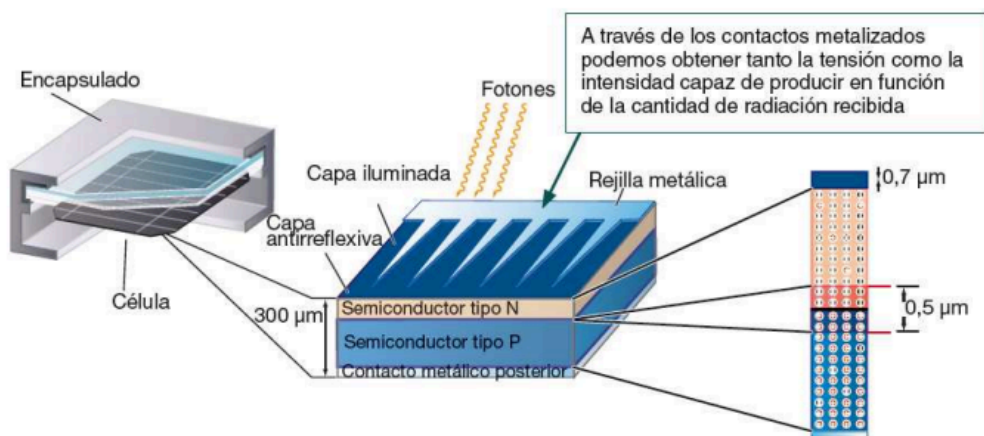


Figura 19. Estructura de la célula solar. Fuente: *progclass.files.wordpress.com*

Los generadores fotovoltaicos están compuestos por células fotovoltaicas las cuales están formadas por una unión P-N de materiales semiconductores. Las células solares que conforman el panel van conectadas entre sí en serie o en paralelo. El tipo de conexión proporciona el nivel adecuado de tensión e intensidad para el que ha sido diseñado el panel solar. Contienen un vidrio

que las recubre para protegerlas de fenómenos atmosféricos y un encapsulado que los protege de la intemperie; es importante que estén protegidas de la abrasión, la humedad y los rayos UV. (Progclass.files.wordpress, 2011)

Características físicas de un módulo fotovoltaico:

- Células fotovoltaicas: se unen mediante soldaduras especiales que unen el dorso de una célula con la cara frontal de la adyacente.
- Encapsulado de las células: medio protector y de estabilidad de las células (vidrio templado-material orgánico adecuado).
- Recubrimiento posterior: para protección y cerramiento del módulo.
- Cubierta transparente: recubre el módulo a la vez que deja pasar la luz.
- Enmarcado y sistema de fijación: para la integración del módulo en la estructura o soporte.
- Conexiones eléctricas: una o dos cajas situadas en la parte posterior del módulo, con los terminales + y _ del mismo.

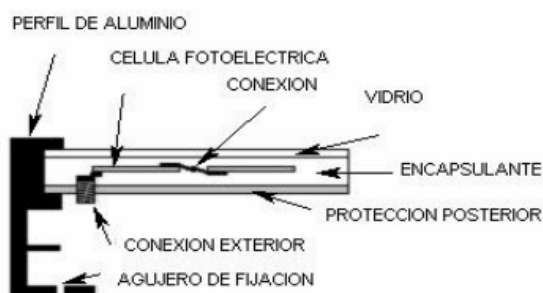


Figura 20. Partes de un generador fotovoltaico. Fuente: progclass.files.wordpress.com

Hay diferentes tipos de células solares y son clasificadas según su composición, los tres más comunes son:

- Célula amorfa.
- Célula policristalino.
- Célula monocristalino.

Tabla 2

Comparación entre las diferentes células fotovoltaicas.

Célula	Rendimiento	Rendimiento	Características	Fabricación
	Laboratorio	Directo		
Monocristalino	24%	15-20%	Sin típicos los azules homogéneos y las conexiones de las células individuales entre sí.	Se obtienen de silicio puro fundido y dopado de boro.
Policristalino	19-20%	12-16%	Las superficies están estructuradas en cristales y contienen distintos tonos de azules.	Igual que el monocristalino, pero se reduce el número de fases de cristalización.
Amorfo	16%	<10%	Tienen un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Fuente: progclass.files.wordpress.com

Batería de acumuladores. “Son usadas por los sistemas fotovoltaicos como sistemas de almacenamiento energético, debido al desplazamiento temporal que existe entre los periodos de generación (durante el día) y los periodos de consumo” (Abella).

“Consiste en una o más celdas electroquímicas que convierten la energía química almacenada en electricidad. Cada celda cuenta con un electrodo positivo y uno negativo y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos, facilitando que la corriente fluya fuera de

la batería para llevar a cabo su función” (AméricaFotovoltaica, 2018). Los acumuladores electroquímicos tienen la ventaja de que las reacciones en los electrodos son reversibles y por esa razón pueden ser utilizados para acumular energía y posteriormente liberarla cuando se es conectada a un circuito de carga exterior.

Las células electroquímicas están constituidas esencialmente por placa, materia activa y electrolito.

Las placas forman los electrodos positivo y negativo que permiten la entrada y salida de la corriente eléctrica que circula por el interior de cada elemento de batería por efectos de los procesos de carga o descarga. Los electrodos sufren reacciones de oxidación/reducción y dependiendo del proceso funcionan como ánodo o como cátodo.

Los materiales activos, constituyentes de cada célula o elemento, participan en la reacción electroquímica de carga y descarga. En algunos tipos de placas se utilizan rejillas para retener el material activo y mejorar la distribución de la corriente en la placa.

El electrolito es una solución diluida de ácido sulfúrico, en el caso de las baterías de plomo-ácido, que funcionan como medio de transporte de cargas eléctricas entre las placas positiva y negativa y además interviene en la reacción de carga y descarga. (Energía Solar, 2016)

Algunas características a tener en cuenta con los acumuladores:

- Capacidad de una batería para placas solares. Es la cantidad de electricidad que puede suministrar una batería, medida en amperios hora (Ah). Las variables que determinan la capacidad de una batería son duración o velocidad de descarga, intensidad de descarga, temperatura y tensión final de descarga. Además, la capacidad de una batería se determina en función de la duración de descarga y dicho valor es proporcionado por el fabricante para una duración de 10 horas (C_{10}) o 100 horas (C_{100}).

- Profundidad de descarga. Es la capacidad total que una batería usa durante un ciclo de carga o un ciclo descarga. Se puede distinguir dos posibilidades, la primera es llamada descargas superficiales, las cuales son descargas de aproximadamente el 20% de la capacidad nominal y la segunda descargas profundas, que son descargas del 60-80% de la capacidad nominal.
- Vida útil. Hace referencia al número de ciclos que puede soportar la batería conservando una capacidad residual por encima del 80% de su capacidad nominal. La vida útil de una batería en instalaciones fotovoltaicas se mide en números de ciclos de carga/descarga.
- Conexiones de las baterías. El voltaje de las baterías es configurado según la tensión o capacidad que se requiera. Los posibles tipos de conexiones que se pueden realizar son en serio, paralelo o mixto. Cada configuración es determinada dependiendo de la necesidad que se requiera, si se necesita aumentar voltaje se hace una conexión en serio o por el contrario si se necesita es aumentar la corriente se hace una conexión en paralelo. (SunFields Europe, 2017)

Tabla 3

Tipos y características de los acumuladores.

Tipo	Precio	Ciclado profundo	Mantenimiento
Plomo acido			
Plomo-Antimonio	Bajo	Bueno	Alto
Plomo-Calcio abiertas	Bajo	Pobre	Medio
Plomo-Calcio selladas	Bajo	Pobre	Bajo
Híbridas(antimonio/calcio)	Medio	Bueno	Medio

Electrolito inmovilizado

Gel	Medio	Muy bueno	Bajo
AGM	Medio	Muy bueno	Bajo

Níquel/cadmio

Placas “sintered”	Alto	Bueno	Ninguno
Placas “pocked”	Alto	Medio	Bueno

Fuente: Sistemas fotovoltaicos, Miguel Alonzo.

Reguladores de carga. Se encarga de regular la corriente suministrada por los paneles a las baterías con el fin de evitar sobrecargas peligrosas. El regulador se encuentra constantemente midiendo el voltaje de la batería, el estado de carga y, si la carga llega a un valor de consigna previamente establecido que corresponda al valor de tensión máxima admitida, actúa cortando el flujo de corriente hacia la batería o bien deja que pase sólo una parte para mantenerla en estado de plena carga, sin sobrepasarse. esa corriente mínima se denomina corriente de flotación y se da cuando la batería está a plena carga y recibe sólo la energía suficiente para mantenerla en ese estado.

En los sistemas fotovoltaicos existen dos tipos de reguladores que difieren en la tensión de funcionamiento.

Regulador PWM. El regulador PWM (Modulación por anchura de pulsos) se encarga de cargar las baterías de forma gradual, por medio de pulsos de tensión. Así, la corriente se va introduciendo poco a poco hasta que la batería se llena de manera óptima y estable. Tiene la desventaja de que solo dispone en su interior de un diodo lo que ocasiona que los paneles solares funcionen a la misma tensión que las baterías, por lo tanto, los módulos no trabajan a su punto de

máxima potencia debido a que las baterías imponen su estado de carga, lo cual produce pérdidas de potencia.

Regulador MPPT. Este tipo de regulador no solo disponen de un diodo de protección, también posee un convertidor de tensión DC/DC y un seguidor del punto de máxima potencia. Esto permite trabajar a tensiones diferentes en el campo fotovoltaico y en las baterías, y el seguidor del punto de máxima potencia (MPPT) adapta la tensión de funcionamiento en el campo fotovoltaico a la que proporcione la máxima potencia. (Energía Solar, 2016)

Inversor. Debido a que la tensión suministrada por los paneles solares es DC y la mayoría de equipos eléctricos son AC se recurre a este componente electrónico el cual cumple la función de realizar la conversión de la señal proveniente de los paneles DC a la señal AC requerida. (SunField Solar, 2015)

Los parámetros fundamentales de un inversor son:

- Tensión Nominal. Tensión aplicada a los terminales de entrada del inversor.
- Potencia Nominal. Potencia que puede suministrar el inversor de forma continuada.
- Capacidad de sobrecarga. Potencia que puede suministrar superior a la nominal, así como el tiempo que puede mantener esta situación.
- Forma de onda. forma de onda y los valores de tensión eficaz y frecuencia de la misma que puede dar como salida del inversor.
- Eficiencia. Relación expresada en porcentaje, entre las potencias presentes a la salida y a la entrada del inversor.

Capítulo 2

Diseño del control de ingreso

La primera etapa del proyecto consiste en el desarrollo del sistema de control de ingreso con la tecnología RFID al Tecnoparque nodo Ocaña. Se le da una mayor prioridad a la instalación de este sistema debido a la urgencia de agilizar el proceso ingreso del personal administrativo y de garantizar la seguridad interior, restringiendo el ingreso a las personas sin autorización.

Actualmente no existe ningún sistema de apertura en la puerta principal (véase Figura 21), por lo cual las personas que quieren ingresar deben esperar a que haya alguien en el interior que se dé cuenta que hay personas fuera del lugar esperando que les concedan el acceso. Proceso que se vuelve muy tedioso para los administrativos que se encuentran ocupados y más alejados de la puerta, en algunas horas del día hay una persona en constante supervisión del acceso principal, pero es una carga extra para esa persona, la cual tiene otros deberes que realizar.



Figura 21. Acceso principal. Fuente: autor.

Identificación y selección de los componentes electrónicos del sistema. Cabe aclarar que debido a que el Tecnoparque es un lugar de innovación tecnológica y cuenta con laboratorios relacionados al tema, y además con una gran cantidad de componentes tanto electrónicos, como mecánicos y computacionales. La lista de los posibles componentes necesarios para utilizar en la implementación del sistema se veía limitada por los componentes con los que ya contaba el Tecnoparque, los cuales eran los únicos que tenía como opción de utilizar para realizar el prototipo.

El controlador seleccionado fue un Arduino uno, el cual se encargará de la comunicación con el lector RFID y realizar el respectivo análisis del código para dar las ordenes necesarias que permitan o no el acceso. Es seleccionado debido a su sencillez a la hora de trabajar, su tamaño adecuado para no ocupar mucho espacio y el soporte que tiene con una amplia comunidad de programadores en todas partes.

En la tabla 4 se pueden ver las características del controlador Arduino uno.

Tabla 4

Características de hardware de la tarjeta Arduino uno

Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de operación	5V
Voltaje de alimentación (recomendado)	7-12V
Voltaje de alimentación (límite)	6-20V
Pines digitales I/O	14 (6 PWM)
Pines de entrada análoga	6
Corriente directa en pines I/O	20 mA
Corriente directa en el pin de 3,3 V	50 mA
Memoria flash	32 KB (0.5 KB para el arranque)

SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Largo	68.6 mm
Ancho	53.4 mm
Peso	25 g

Fuente: Arduino.

Para realizar las lecturas de los códigos de las etiquetas RFID que se darán a cada administrativo del Tecnoparque se recurrió al módulo RFID de lectura y escritura parallax 28440. Este cuenta con una buena compatibilidad con Arduino y contiene una gran cantidad de posibilidades y aplicaciones, ya que no solo permite realizar lectura de los tags, también proporciona la posibilidad de escritura en ellos. Esto para el caso en que en el futuro se quiera extender más el proyecto. Además, cuenta con un buen rango de distancia de lectura de casi 8 centímetros lo necesario para poder ser ubicado detrás de la puerta de ingreso, lo que proporciona una mayor seguridad, ya que evita que otras personas puedan entrar en contacto con el sistema. Es considerado un módulo de bajo costo lo que proporciona un mayor interés y accesibilidad.

Posee 4 pines de los cuales dos de ellos son alimentación y tierra, los otros dos pines permiten la comunicación con el controlador utilizado. El tipo de comunicación con el controlador se hace con el protocolo UART, el cual realiza la transmisión bits a bits o también llamada serie.

Para conectarlo con el Arduino los pines de comunicación del módulo deben ser conectados a los pines RX y TX del Arduino (véase Figura 22).

En la tabla 5 se pueden observar las características del módulo RFID parallax.

Tabla 5

Características del módulo lectura/escritura RFID parallax 28440

Voltaje de alimentación	5V
Consumo de corriente (inactivo)	<10 mA
Consumo de corriente (activo)	100 mA – 200mA
Comunicación	Serie asíncrona
Velocidad comunicación	9600 bps
Nivel TTL	5V
Cantidad de bits	8 datos
Largo	8.26 cm
Ancho	6.2 cm

Fuente: Parallax.

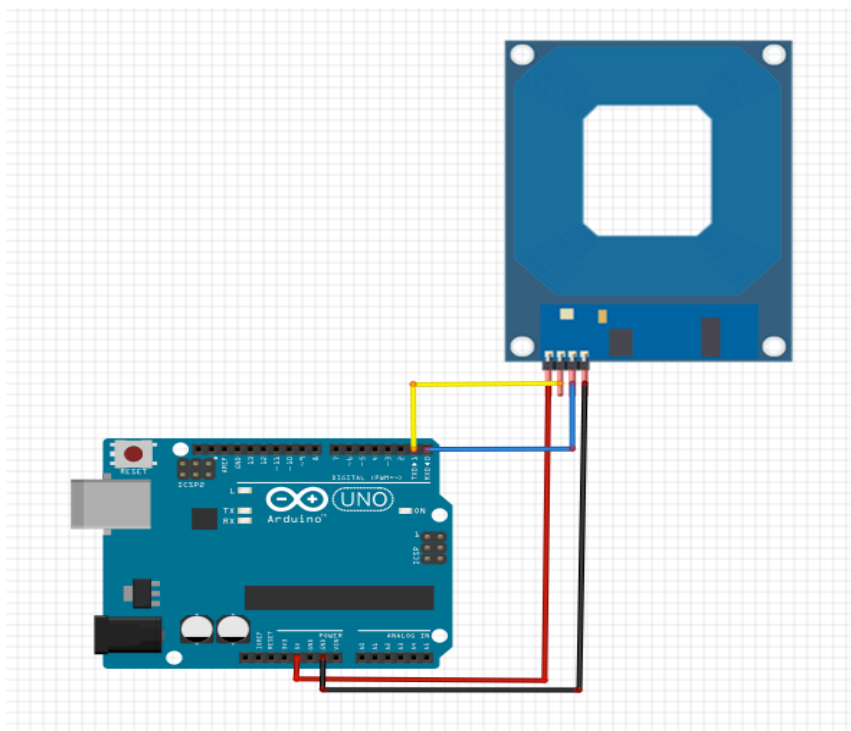


Figura 22. Conexión módulo RFID y Arduino uno. *Fuente: Autor*

En el Tecnoparque están ingresando constantemente personas diferentes a los administrativos. Esas personas son llamadas “aprendices” por parte de los administradores, denominadas como aprendices pueden ser estudiantes universitarios, estudiantes de colegios o simplemente cualquier persona con la necesidad de realizar un proyecto tecnológico. Debido a que pueden ser muchas las personas con la necesidad de ingresar y sin ninguna relación directa con el Tecnoparque, no se les puede proporcionar tarjetas de ingreso RFID. Por lo cual se introdujo un módulo bluetooth al sistema para poder permitir el ingreso desde cualquier lugar al interior del Tecnoparque. Así se evita que el sistema no sea ineficiente cuando los que deseen ingresar no sean los administrativos, sino lo aprendices, ya que, evita que haya una persona en contacto directo con la puerta encargada de permitir el acceso a ellos.

El módulo bluetooth seleccionado fue el hc-06 ya que contienen las características necesarias en la programación, es económico, funcionan solo como esclavo y presenta solo 4 pines lo que facilita su conexión. Dos pines de alimentación y dos para realizar la comunicación serial con el controlador (véase Figura 23).

En la tabla 6 se pueden observar las características del módulo Bluetooth HC-06.

Tabla 6

Características del módulo Bluetooth HC-06

Voltaje de alimentación	3.3V – 6V
Corriente modo sleep	<1 mA
Corriente de operación	<40 mA
Velocidad comunicación	Ajustable (1200bps–115200bps)
Largo	8.26 cm
Ancho	6.2 cm

Fuente: Electronilab.com

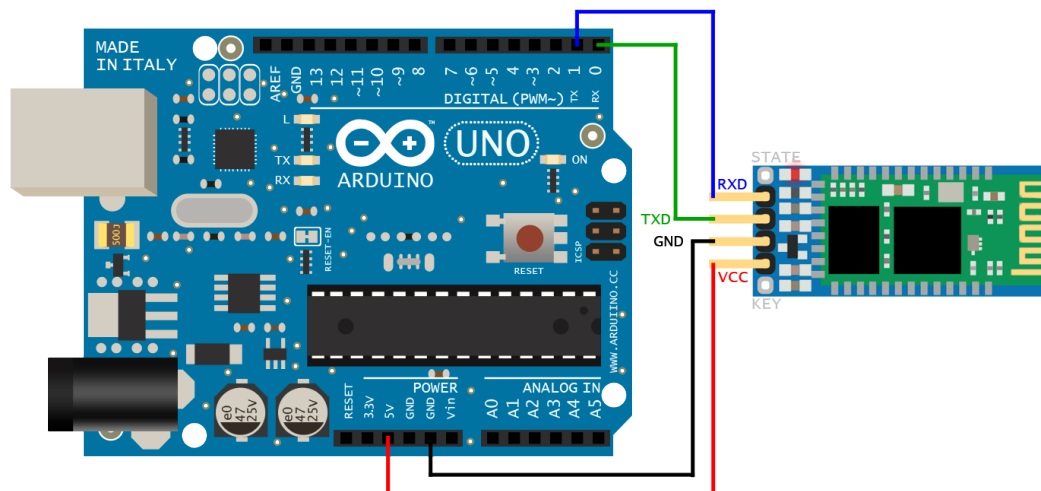


Figura 23. Conexión HC-06 y Arduino uno. *Fuente: Teslaben.com*

Con el fin de ir observado los administrativos que ingresan en el Tecnoparque se implementó el módulo wifi ESP8266 el cual tienen una gran cantidad de funciones que permiten ser muy útiles a la hora de programar, una de esas funciones utilizadas, fue programarlo en forma de servidor, el cual permite la opción de crear un servidor de área local dentro del módulo, y dentro de ese servidor incluir todo tipo de información necesaria, en este caso la de poder visualizar los códigos de los administrativos que van ingresando. Cabe aclarar que solo fue utilizado para mostrar el código y que eso también era posible implementado una pantalla LCD, pero esta tiene el inconveniente de que debe ser instalada en la puerta o el lugar donde iba hacer implementado el sistema o si se desea instalar en otro lugar tiene el problema de demandar una gran cantidad de cables, por lo cual se decidió implementar otro dispositivo para verlo de forma remota, además, el modulo tiene la facilidad de dejar el proyecto abierto en caso de querer anexar más configuraciones.

En la tabla 7 se pueden observar las características del módulo ESP8266 y en la Figura 24 la conexión necesaria del módulo con el programador.

Tabla 7*Características del módulo ESP8266*

CPU	Tensilica L106 32-bit
Voltaje de operación	3.3V – 3.6V
Pines digitales I/O	2 (2 PWM)
Corriente de operación	80 mA
Temperatura de operación	-40°C y 125°C

Fuente: Programarfácil.com

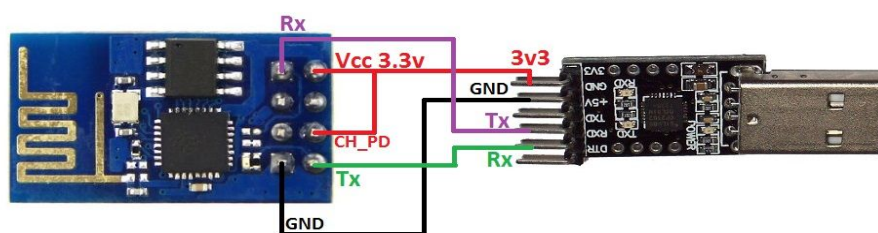


Figura 24. Conexión ESP8266 con programador. *Fuente: Pinterest.com*

Como ya se mencionó, los componentes electrónicos que se van a utilizar en el sistema, solo son componentes con los que ya cuenta el Tecnoparque, por tal razón, para el sistema de apertura de la puerta se implementó un motor DC (véase Figura 25) de carro (motor de bloqueo central ultra), el cual va a ir conectado directamente a la chapa para halar el pestillo y abrir la puerta. Fue seleccionado debido al mecanismo con el que cuenta, el cual convierte el movimiento circular a horizontal, el necesario para conectarlo directamente el pestillo de la puerta. El motor es alimentado a 9 voltios por lo que es necesario utilizar una etapa de potencia.



Figura 25. Motor DC. *Fuente: bretman.net.*

En la etapa de potencia necesaria para controlar el motor se seleccionó un módulo de dos relés, debido a su facilidad de manejo para realizar las conexiones y su pequeño tamaño, el cual evita que sea tediosa su implementación. Gracias a que es controlado por una entrada TTL, hace que sea adecuado y fácil de controlar con el Arduino ya seleccionado.

En la tabla 8 se pueden observar las características del módulo de relés.

Tabla 8

Características del módulo de relés.

Protección	Optocopladores
Voltaje de alimentación	5V
Voltaje de control	3.3V – 9V
Voltaje de salida	250 Vca o 30 Vdc
Corriente de salida	10 A
Dimensiones	50mm x 39mm x 17mm

Fuente: Teslabem.com

Después de analizar las características y conexiones de todos los componentes seleccionados, se procede hacer el esquema general del circuito (véase Figura 26), con el fin de analizar los pines que serán usados en el controlador.

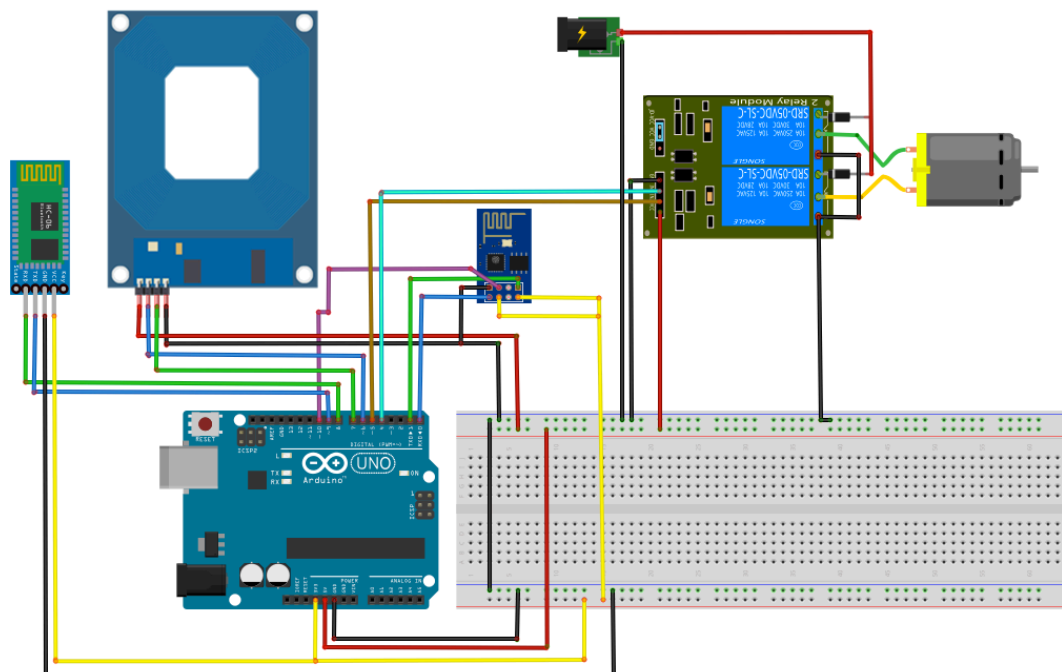


Figura 26. Esquema general de la electrónica, los módulos del RFID, wifi, bluetooth y de relé conectados al Arduino. Fuente: Autor.

Desarrollo de la programación. La programación para el lector RFID es dividida en dos partes, primero se realiza un programa simple que se encarga solo de realizar las lecturas de los códigos que contienen las tarjetas entregadas al personal administrativo.

La programación hecha en Arduino (véase Figura 27) se usó librería “*NeoSWSerial.h*” para aumentar la cantidad de puertos serial, ya que el Arduino uno solo cuenta un puerto de comunicación serial y dentro de los componentes que contiene el circuito electrónico son tres los cuales envían información por medio de ese puerto. Se usó esa librería debido a que, a diferencias de las otras que también crean puertos serial virtuales, esta respondía más rápido con la lectura de los códigos RFID.

```

Lectura_SoloC_gidoTag
#include <NeoSWSerial.h>
#define txPin 6
#define rxPin 7
#define RFID_LEGACY 0x0F
NeoSWSerial mySerial(rxPin, txPin);
int val = 0;
char code[11];
int bytesread = 0;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  mySerial.begin(9600);
  pinMode(txPin, OUTPUT); //pin 6
  pinMode(rxPin, INPUT); //pin 8
  Serial.println("RFID Read/Write Test");
}
void loop()
{
  mySerial.print("!IRW");
  mySerial.write(byte(RFID_LEGACY));
  if(mySerial.available() > 0) { // Revisa si los datos están disponibles del lector
    if((val = mySerial.read()) == 10) { // verificar
      bytesread = 0;
      while(bytesread<10) { // lee código de 10 dígitos
        if( mySerial.available() > 0) {
          val = mySerial.read();
          if((val == 10)||val == 13) { // bytes antes de la lectura de 10 dígitos
            break; // descansar
          }
          code[bytesread] = val; // Leer
          bytesread++; // agregar al vector
        }
      }
      if(bytesread == 10) { // Si se completa la lectura de 10 códigos
        Serial.print("TAG code is: "); //
        Serial.println(code); // imprime los códigos de las tarjetas
      }
      bytesread = 0;
      delay(500); // Esperar medio segundo para seguir leyendo.
    }
  }
}
Guardado.

```

Figura 27. Programa Arduino para las lecturas de los códigos de las tarjetas RFI. *Fuente. Autor.*

Luego de tener los códigos de las tarjetas RFID, son agregados en la programación general (véase Figura 28) que contiene todas las comparaciones y funciones para realizar la identificación y permitir el ingreso del personal. (Véase el Apéndice A, para observar detalladamente el código completo y diagrama de flujo).

```

programa_final_sinBlue
int valor =0;
char code[11];
int bytesread = 0;

char HULBER[11]="0600977848"; //HULBER RODRIGUEZ
char usuarioA[11]="06009775BE"; //0
char usuarioB[11]="06009775A4"; //1 JULIAN GARCIA
char usuarioC[11]="06009774FC"; //2 EDWIN BARRIENTOS
char usuarioD[11]="06009773F3"; //3 LEONARDO NAVARRO
char usuarioE[11]="060097740C"; //4 JOHANNA CASTRO
char usuarioF[11]="06009775B1"; //5 FRANCISCO FOSSI
char usuarioG[11]="0600977597"; //6 JUAN

char usuarioH[11]="06009773FF"; //7 MARIA ANGELICA
char usuarioI[11]="0600977896"; //8
char usuarioJ[11]="19008245EE"; //9
char usuarioK[11]="1900812521"; //10
char usuarioO[11]="1900826C75"; //11
char usuarioP[11]="19008451D4"; //12

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  neoSWSerial.begin(9600);

  pinMode(txPin, OUTPUT); //pin 6
  pinMode(rxPin, INPUT); //pin 8

  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  // pinMode(button, INPUT_PULLUP);
  // pinMode(led, OUTPUT);
  Serial.println("RFID Read/Write Test");
}

}
if (strcmp(code, usuarioA) == 0) {
  acceso ();
}
if (strcmp(code, HULBER) == 0) {
  acceso ();
}
if (strcmp(code, usuarioB) == 0) {
  acceso ();
}
if (strcmp(code, usuarioC) == 0) {
  acceso ();
}
if (strcmp(code, usuarioD) == 0) {
  acceso ();
}
if (strcmp(code, usuarioE) == 0) {
  acceso ();
}
if (strcmp(code, usuarioF) == 0) {
  acceso ();
}
if (strcmp(code, usuarioG) == 0) {
  acceso ();
}
if (strcmp(code, usuarioH) == 0) {
  acceso ();
}
if (strcmp(code, usuarioI) == 0) {
  acceso ();
}
if (strcmp(code, usuarioJ) == 0) {
  acceso ();
}
if (strcmp(code, usuarioK) == 0) {
  acceso ();
}

```

Figura 28. En la imagen de la izquierda se observan los códigos de las tarjetas RFID y en la derecha las comparaciones de los códigos con el código leído en el momento de pasar por el lector una tarjeta. *Fuente. Autor.*

El módulo bluetooth fue otro componente importante que debía ser ingresado en la programación para permitir el ingreso desde una zona alejada a la puerta principal. Antes de ingresar el módulo bluetooth a la programación principal fue necesario realizar algunos cambios dentro de su configuración. Como sabe la mayoría de personas que han manejado ese módulo, cuenta con una contraseña de vinculación muy sencilla que viene predeterminada de fábrica. Una persona con ese conocimiento se le iba facilitar vincularse al él, para luego poder realizar el respectivo control de ingreso sin autorización, por lo cual fue necesario realizar un cambio de contraseña de vinculación del módulo (véase Figura 29), además, se cambió el nombre para que los funcionarios pudieran ubicarlo rápidamente.

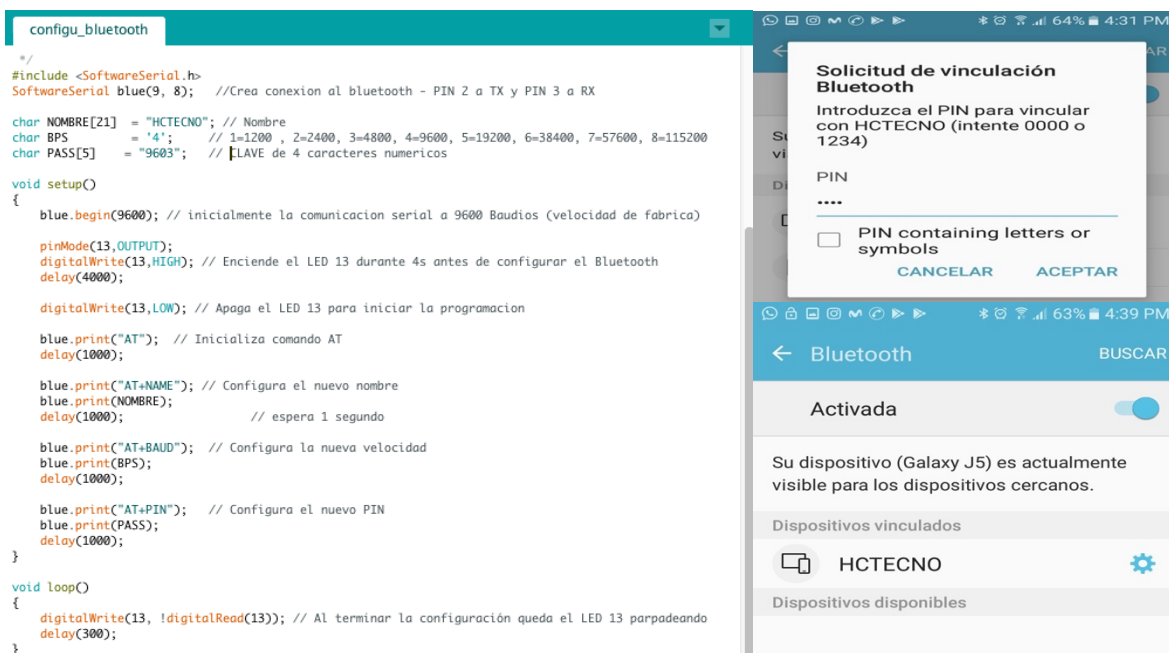


Figura 29. En la figura de la izquierda se observa la programación utilizada para cambiar la configuración del módulo bluetooth y en la de la derecha una capture del celular vinculando dicho módulo. *Fuente: Autor.*

Para evitar problemas de lectura de los puertos seriales virtuales, debido a que ambos se encuentran leyendo constantemente, ya sea, el puerto conectado al lector RFID o el puerto conectado al módulo bluetooth fue necesario utilizar la función “listen” la cual se encarga de separar las lecturas de ambos puertos y permitir recibir la información de un puerto serial a la vez (véase Figura 30).

```

neoB.listen();
delay (5);
if(neoB.available()>0){ // lee el bluetooth y almacena en estado
    estado = neoB.read();
}
if(estado=='c'){ // Boton ingreso]
    acceso ();
    estado = 0;
}
}

```

Figura 30. Parte del código general encargado de realizar el control de ingreso por medio del módulo bluetooth. *Fuente: Autor.*

La aplicación necesaria para comunicar los celulares con el módulo bluetooth y permitir el ingreso de las personas fue realizada en app inventor (véase Figura 31). Ya se tenía un previo

conocimiento de ese entorno de desarrollo por cual facilito la creación de la APK necesaria para instalar en los celulares de los administrativos.

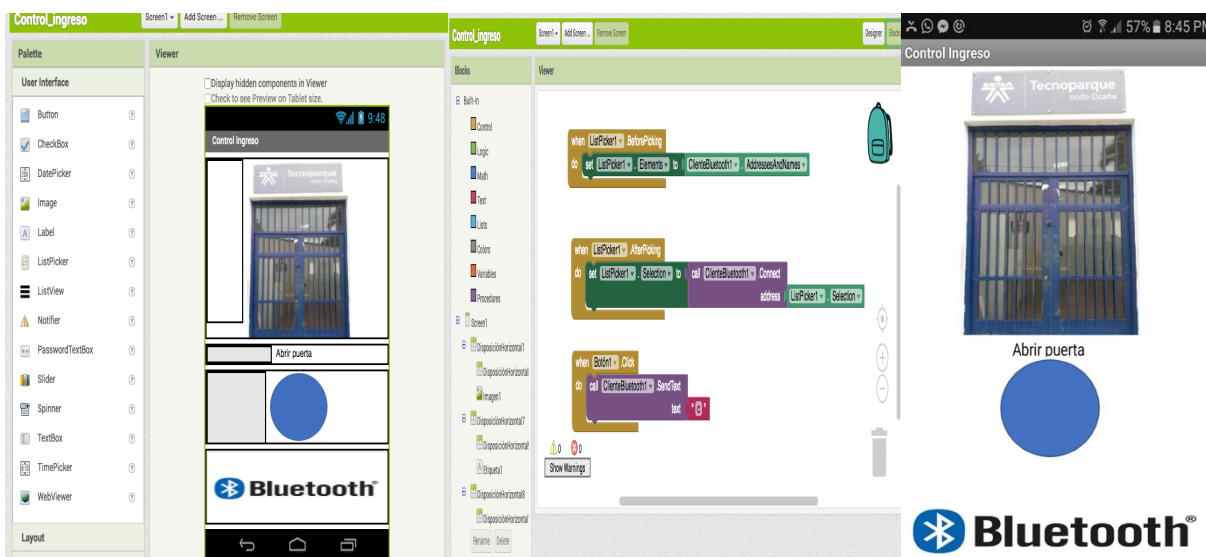


Figura 31. Aplicación instalada en los celulares para permitir el ingreso del personal.

El módulo wifi el componente electrónico utilizado para observar el código del personal administrativo que va ingresando al Tecnoparque es programado independientemente, debido a que este contiene un microcontrolador que le permite ser programado sin necesidad de tarjetas externas. El módulo contiene diferentes métodos de programación, desde comandos AT por medio de Arduino hasta programación con lenguaje Lua.

En este caso fue programado por medio de Arduino IDE, ya que, es el entorno con el que más me encuentro familiarizado. Previamente se debe tener instalado el plugin del ESP8266 en el Arduino IDE en la cual se encuentran todas las tarjetas del módulo wifi ESP8266 (véase Figura 32).

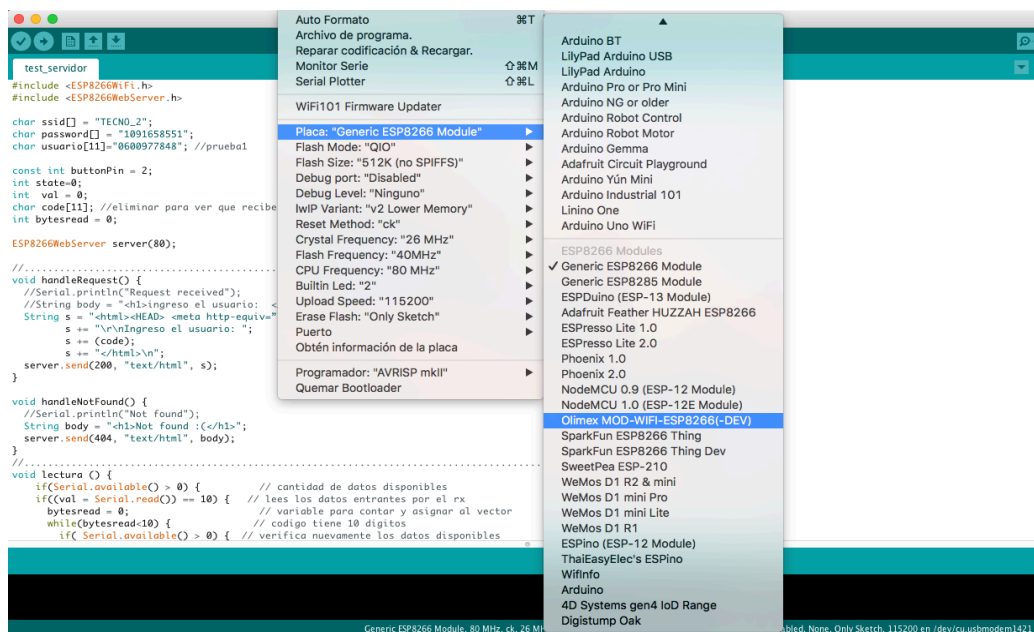


Figura 32. Plugin del ESP8266, donde se pueden observar todas las tarjetas soportadas por la librería. *Fuente: Autor.*

Para el desarrollo de la programación del módulo wifi las características más importantes a tener en cuenta fueron las del modo de operación del módulo, el usuario y contraseña de la red a la que se iba a conectar, el contenido de la página web y la lectura de los puertos seriales, el cuál iba hacer el medio de comunicación del Arduino uno usado en el control de ingreso con el modulo wifi ESP8266.

Se incluyen dos librerías, de las cuales, una permite usar el módulo wifi ESP8266 y conectarlo a una señal wifi de área local. La otra librería define el modo de operación, en este caso el módulo wifi va hacer usado como servidor al cual se le van a conectar los clientes que van a poder observar el código del personal que ingresan en la página web.

```
#include <ESP8266WiFi.h>

#include <ESP8266WebServer.h>
```


Para realizar la conexión del módulo wifi a la red de área local con la que cuenta el Tecnoparque se realizó de la siguiente manera.

```
char ssid [] = "TECNO_2"
char password [] = "1091658551"
```

Se declararon algunas constantes que son usadas en las funciones del código, Además, se inicial el puerto 80 por el cual va hacer la comunicación del servidor con los clientes.

```
const int buttonPin = 2;
int state=0;
int val = 0;
char code[11]; //eliminar para ver que recibe
int bytesread = 0;
ESP8266WebServer server (80);
```

Luego se definen las funciones con el código en HTML que se encargaran de mostrar los códigos de las tarjetas RFID en la página web. Se ven dos funciones, en la cual, una permite observar el código cuando se ingresa la IP del módulo wifi. La otra función es para indicar que la pagina cargada con esa IP ha sido errónea.

```
void handleRequest() { //Función cuando se ingresa la IP asignada por el modem
  String s = "<html><HEAD> <meta http-equiv='refresh' content='1' /> </HEAD>"; //Para
  cargar las pagina cada segundo
  s += "\r\nIngreso el usuario: ";
  s += (code);
  s += "</html>\n";
  server.send(200, "text/html", s);
}
void handleNotFound() { //Función que dice que se ingresó mal la IP del módulo wifi
  String body = "<h1>Not found :(</h1>";
  server.send(404, "text/html", body);
}
```

La función definida a continuación es la que permite la identificación del código de la tarjeta RFID la cual es enviada por el puerto serial del Arduino y recibida igualmente por el puerto serial del módulo wifi.

```

void lectura () {
  if(Serial.available() > 0) { // cantidad de datos disponibles
    if((val = Serial.read()) == 10) { // lees los datos entrantes por el rx
      bytesread = 0; // variable para contar y asignar al vector
      while(bytesread<10) { // código tiene 10 dígitos
        if (Serial.available() > 0) { // verifica nuevamente los datos disponibles
          val = Serial.read();
          if((val == 10)||(val == 13)) { //
            break; //
          }
          code[bytesread] = val; // crear el vector de la variable código
          bytesread++; //
        }
      }
      if(bytesread == 10) { //
        Serial.print("Usuario: "); //
        Serial.println(code); // Asigna el código a la variable code que luego va hacer mostrada
        //en la pagina web
        Serial.flush();
      }
    }
  }
}
}
}
}
}
}
}

```

Luego se define la velocidad en baudios, la cual va hacer de 115200 con la que viene por defecto el módulo wifi, se establece la funciones para realizar la conexión del módulo a la red wifi y se imprime la dirección IP asignada por el modem al módulo.

```

void setup() {
  Serial.begin(115200); // Velocidad
  pinMode(buttonPin, INPUT); // pin para realizar el cambio

  WiFi.begin(ssid, password); //Comando para realizar la conexión a la red wifi
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(500);
  }

  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected"); // en caso de conexión exitosa

  server.on("/", handleRequest);
  server.onNotFound(handleNotFound);
  server.begin();

  Serial.println("Server started");
  Serial.println(WiFi.localIP()); //Imprime IP asignada al módulo
}

```

Por último, para evitar el conflicto de la lectura de los clientes que se conecten al servidor creado en el módulo wifi con la lectura del puerto serial de los códigos de las tarjetas RFID, se habilita uno de los pines gpio del ESP8266 para permitir realizar el cambio de los clientes al puerto serial.

```

void loop() {
  server.handleClient(); //Espera a que se conecte un cliente

  state = digitalRead(buttonPin); // boton para realizar el cambio de lectura del
                                  // servidor al puerto serial.

  if (state==HIGH){
    lectura();
  }
}

```

Así el funcionamiento queda de la siguiente manera, el módulo ESP8266 está constantemente a la espera de que se conecte un cliente a su servidor, al enviar un pulso en alto por el gpio2 del EPS8266, este entrará al condicional, el cual, permitirá correr la función lectura,

que es donde se encuentra el código para realizar la lectura de la comunicación serial y ordenar los datos enviados del Arduino por el mismo medio.

Después de haber cargado el código anterior en el ESP8266 y guardar la dirección IP asignada por la red. Se conecta el ESP8266 al Arduino uno, por medio de los puertos Rx y Tx ya definidos en el circuito general.



Figura 33. Servidor web del módulo wifi ESP8266 mostrando un código de una tarjeta RFID. *Fuente: Autor.*

Construcción del control de ingreso. Luego de haber definido la electrónica y la programación, se procede a ordenar todo el circuito y diseñar la estructura que va a contener y proteger ese circuito.

En el circuito electrónico todos los componentes fueron conectados por medio de jumper, por lo cual, no se utilizó ningún software de diseño de circuitos, ni baquelitas de circuitos impresos.

La caja principal para cubrir y proteger todo el circuito, fue una caja reciclada de pasta donde de un modem de internet que ya no se encontraba en funcionamiento (véase Figura 34).

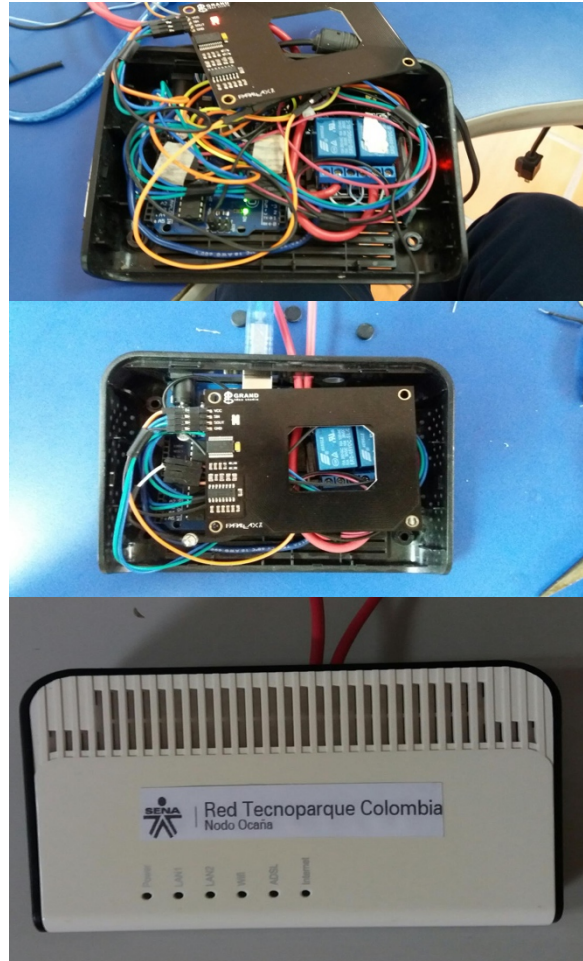


Figura 34. Circuito electrónico con sus respectivas conexiones y caja protectora. *Fuente: Autor.*

Ya teniendo todo el circuito acomodado dentro de la caja protectora, se procede a realizar el montaje en la puerta principal donde va a ser instalado para obtener una primera imagen de cómo va a quedar todo el sistema de control de ingreso (véase Figura 35).

Se aprovecha para realizar también el montaje del motor, que tendrá el sistema encargado que realizará la respectiva apertura de la puerta.

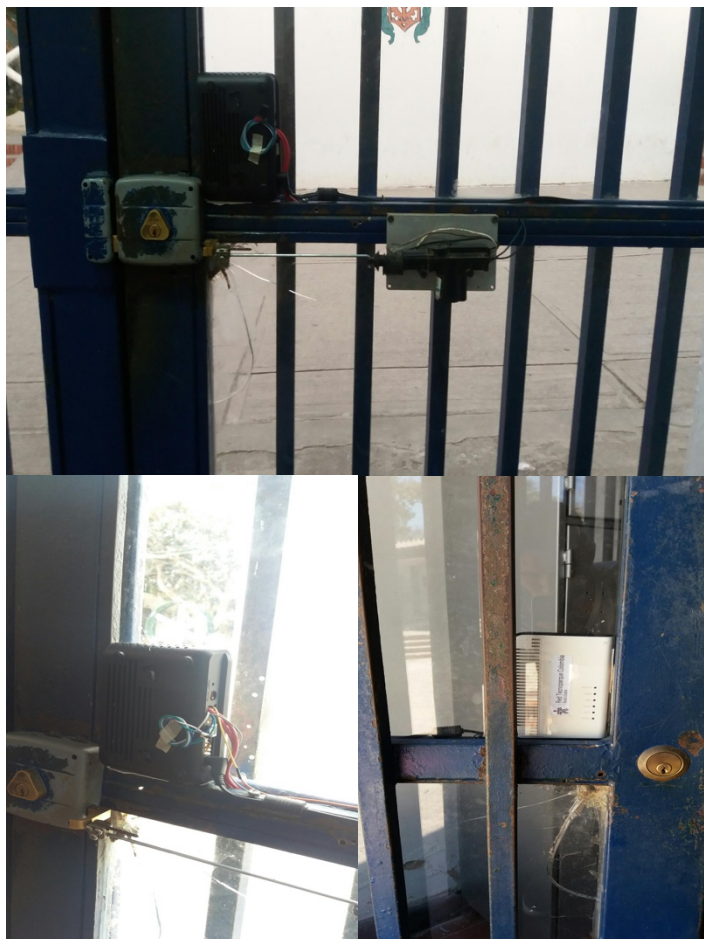


Figura 35. Instalación en la puerta principal del sistema de control de ingreso. *Fuente: Autor.*

Luego de realizar la instalación, se propuso agregar una estructura que permitiera una mejor sujeción de la caja de circuito con el marco de la puerta, además, que mejorara el aspecto visual de todo el sistema (véase Figura 36).

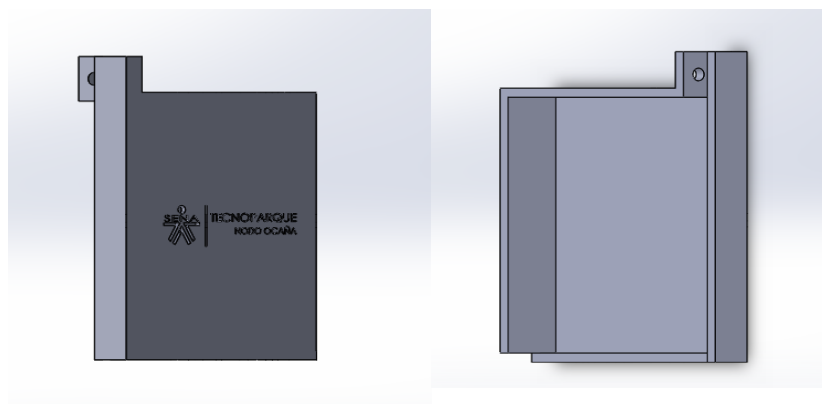


Figura 36. Diseño del CAD en 3D de la carcasa protectora del circuito. *Fuente: Autor*

Para el motor que controla el sistema de apertura y cierre de la puerta también se propuso un diseño en CAD (véase Figura 37) que mejorara la parte visual y ayudara a proteger el motor y a sujetarlo al marco de la puerta. (Véase el Apéndice B, para las medidas de todas las piezas diseñadas en CAD).

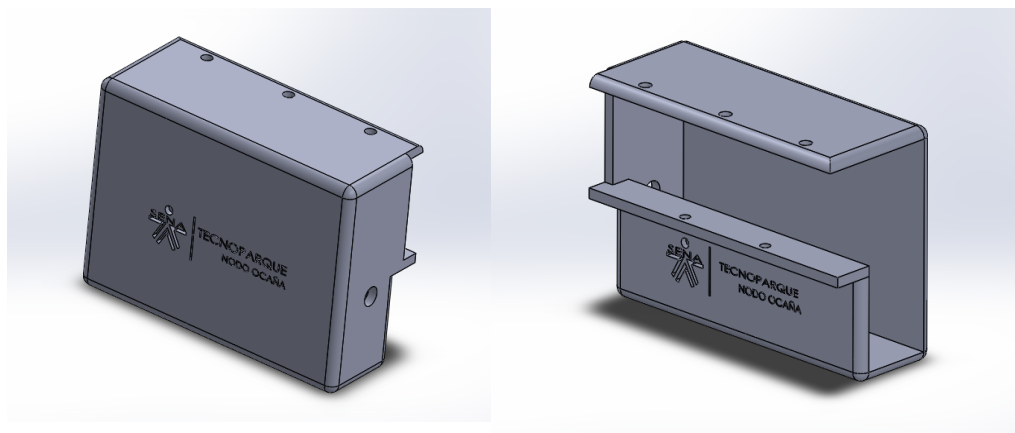


Figura 37. Diseño del CAD en 3D de la estructura del motor. *Fuente: Autor.*

Para llevar a cabo las estructuras se utilizó una impresora 3D que pertenece al área de diseño e ingeniería del Tecnoparque (véase Figura 38).

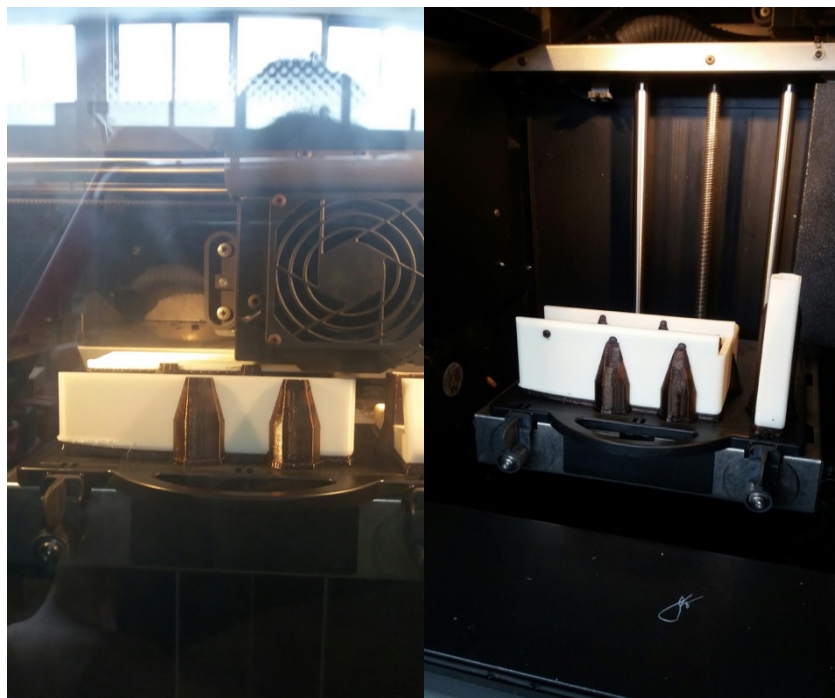


Figura 38. Impresión de la pieza 3D; durante la impresión y ya terminada. *Fuente: Autor.*

Debido a que las piezas son impresas con material de apoyo es necesario realizar unos retoques de limpieza y lijado luego de que son impresas (véase las Figuras 39 y 40).



Figura 39. Estructura para el circuito de control. *Fuente: Autor.*



Figura 40. Estructura para proteger el motor encargado de la apertura de la puerta principal. *Autor: Fuente.*

Por último, se agregaron las estructuras a la instalación que se había hecho previamente del circuito y del motor en la puerta de acceso principal (véase Figura 41).



Figura 41. Instalación completa del sistema de ingreso al Tecnoparque. *Fuente: Autor.*

Como resultado se obtiene la instalación del circuito de control y de potencia, junto con el motor en la puerta de acceso principal. La capacidad con respecto a la distancia de lectura de los códigos del lector RFID es la suficiente para ser ubicada detrás del vidrio de la puerta principal, favoreciendo la seguridad del sistema de control de ingreso.

Capítulo 3

Diseño del sistema de seguridad

En la segunda etapa del proyecto se procede a realizar el diseño del sistema de seguridad para proteger el Tecnoparque del gran aumento de criminalidad en Ocaña.

Inicialmente se determinaron los lugares más vulnerables (véase Figura 42), como los son: ventanas, la puerta principal y una puerta secundaria con la que cuenta el Tecnoparque. Luego de tener identificadas las zonas se procedió a realizar el respectivo análisis para determinar cómo iba hacer desarrollado el sistema de alarmas.



Figura 42. Diferentes zonas del Tecnoparque. *Fuente: Autor*

Identificación y selección de los componentes electrónicos del sistema. Como ya se había hecho una previa verificación de los posibles componentes a usar en el capítulo anterior (solo componentes con lo que cuenta el Tecnoparque), fue un poco más sencillo a la hora de selección de componentes para el sistema de seguridad.

Para el sistema de alarma se propuso una central que permite la activación y desactivación de todo el sistema de seguridad. Los sensores infrarrojos son cableados desde los puntos en los que son asignados hasta la central de alarmas, esta cuenta con un teclado matricial que permite la interacción de las personas administrativas del Tecnoparque con el sistema de alarmas, además, tiene una pantalla LCD instalada en cual se observara el estado en que se encuentra la alarma y un zumbador para ir indicando los cambios de estado de dicha alarma. Con respecto a las alertas se es adaptado un módulo wifi que enviara por correo electrónico cuando ha sido violado la seguridad.

Al igual que en el sistema anterior, el controlador seleccionado para encargarse de recibir la señal de los sensores y dar las respectivas alarmas, ya sea por medio de la red internet o por medio de una sirena, fue un Arduino uno. Como se explicó en el capítulo anterior, es seleccionado por su facilidad de manejo, que es brindada gracias al tamaño adecuado para implementar en prototipos pequeños. Además, proporciona la cantidad de pines análogos y digitales suficientes para sistemas pequeños.

El módulo wifi utilizado para enviar las alertas de alarmas por correo electrónico fue el módulo trabajo en el capítulo anterior, el ESP8266. Fue seleccionado porque ya se tenían todas las investigaciones previas, las librerías y herramientas necesarias para ser programado, Lo cual lograba una mayor facilidad para configurar y avanzar de manera adecuada en el proyecto. Cabe resaltar que el módulo wifi será el único medio de aviso en caso de que los sensores detecten anomalías, por lo que será una alarma silenciosa que no hará sonar una sirena como la mayoría de alarmas, solo enviara el correo electrónico y los administrativos se encargaran de ir a revisar o dar el aviso respectivo para determinar si la alarma fue activada por un intruso.

El teclado matricial seleccionado fue el alfanumérico rígido, el cual, es el ideal para montar en paneles o cajas, en este caso todo el circuito de la central de seguridad va ir dentro de una caja

protectora. Además, cuenta con 4 perforaciones en las orillas para permitir una mayor sujeción y cuenta con pocos pines de conexión (véase Figura 43), facilitando el circuito y la programación.

En la tabla 9 se pueden observar las características del teclado matricial rígido.

Tabla 9

Características del teclado matricial rígido

Teclas	16 (4x4); 0 a 9; A a D; *, #
Color	Negro
Material	ABS
Tamaño	63 mm x 65 mm

Fuente: Electrocrea.com

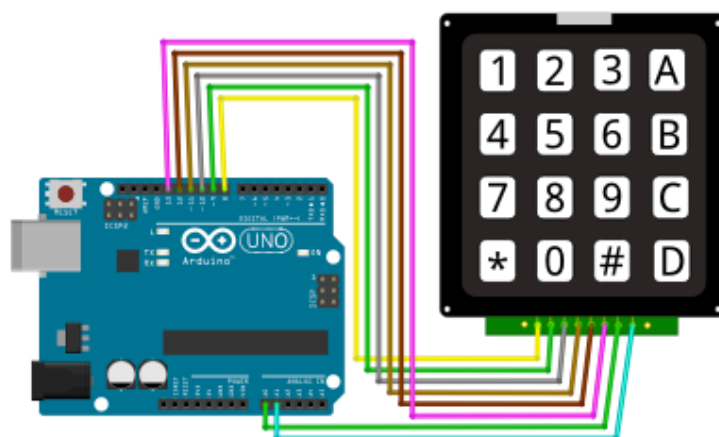


Figura 43. Conexión entre Arduino uno y teclado matricial rígido. *Fuente: fritzing.org*

La pantalla LCD seleccionada para ir observado el estado en el que se encuentra el sistema de seguridad, fue una pantalla LCD 16x2, la cual contiene los caracteres necesarios para visualizar lo que está sucediendo con el sistema.

Para la conexión con el Arduino cuenta con 16 pines, de los cuales, 14 pines se utilizan para controlar la visualización y los últimos 2 para la iluminación del fondo (véase Figura 44). Es alimentado con 5 voltios y maneja pines de datos de 8 bits.

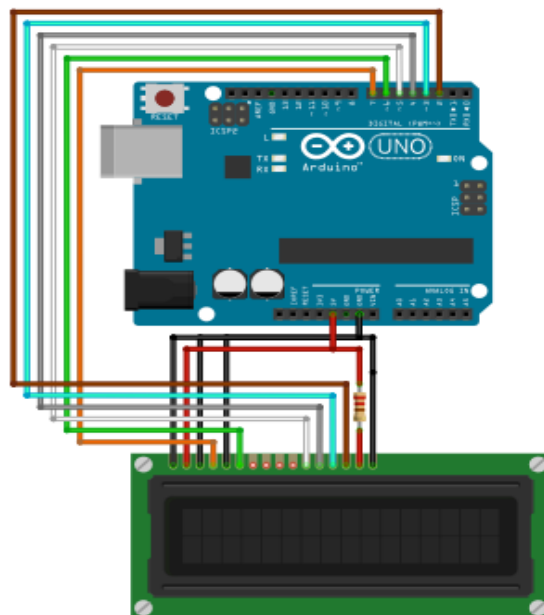


Figura 44. Conexión Arduino uno con la pantalla LCD 16x2. Fuente: fritzing.org

El sensor seleccionado corresponde a la categoría de sensores infrarrojos, el cual es capaz de detectar las variaciones infrarrojas producidas por el paso de una persona delante de él.

Se incluyó un pequeño zumbador (véase Figura 45) con la función de ir notificando los estados y con el fin de determinar el tiempo aproximado que tiene la persona para salir del Tecnoparque después de haber activado el sistema de seguridad desde la central.

En la tabla 10 se pueden observar las características del zumbador.

Tabla 10

Características del zumbador

Voltaje alimentación	3V – 5V
Corriente de consumo	25 mA
Impedancia	16 ohm
Frecuencia de trabajo	2 KHz

Fuente: Nextiafenix.com



Figura 45. Zumbador utilizado en el sistema de alarma. *Fuente: nextiafenix.com*

Luego de seleccionar e investigar de cada componente electrónico, ya se puede finalizar el esquema del circuito electrónico del sistema de seguridad (véase Figura 46).

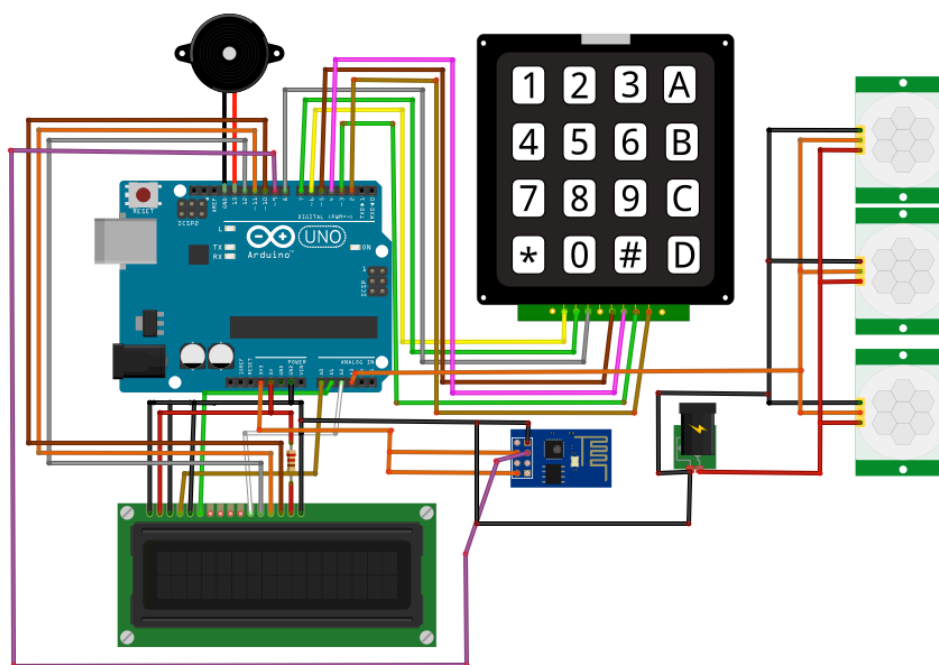


Figura 46. Esquemático general del circuito del sistema de alarma. *Fuente: Autor.*

Desarrollo de la programación. La programación del sistema de seguridad está organizada por seis estados.

Antes de que la alarma ha sido activada, esta se encontrara en el estado cero, luego de que se introduzca la contraseña los estados irán cambiando del uno al seis de forma ascendente luego de que haya sido activado algunos de los sensores infrarrojos.

A continuación, una breve descripción del funcionamiento de cada estado:

- En el estado '0', la alarma se encuentra apagada y a la espera de la clave para poder ser activada. El programa comienza su ejecución en este estado y realizará de forma secuencial las siguientes acciones:
 - Poner a nivel bajo las salidas leds, gpio wifi y altavoz.
 - Indicar en la pantalla LCD que la alarma está inactiva.
 - Comprobar si se ha marcado algún número (a través de la subrutina clavePin()).
 - Verificar si el número marcado es el correcto (claveBien o claveMal).

Después de la verificación del número marcado, el programa irá al estado que le corresponda.

- En el estado '1', se presenta la activación de la alarma, pero con un retardo de 20 segundos, con el fin de darle tiempo de salir del Tecnoparque al que ingreso la clave de activación. El programa realiza de forma secuencial las siguientes acciones:
 - Activar el indicador de alarma activa (led).
 - Indicar en la pantalla LCD que la alarma se conectará pasados 20 segundos.
 - El programa espera 20 segundos.
 - Posteriormente, el programa pasa a estado '2'.
- En el estado '2', la alarma está operando e inspeccionando si un intruso ingresa en el Tecnoparque. Las acciones que realiza en este estado, son las siguientes:
 - Activar el indicador de la alarma activa (led).
 - Indicar en la pantalla LCD que la alarma está activa.
 - Verificar si los sensores infrarrojos han detectado algún intruso.
 - En caso de detección de los sensores cambia el estado al '3'.

- En el estado '3', es activado cuando los sensores detectan anomalías infrarrojas, la central empezara un conteo regresivo de 20 segundos a la espera de ingresar la clave, en caso de que no la ingresen enviara la señal para enviar notificación por correo electrónico.

En este estado y durante 20 segundos, el programa realizará las siguientes acciones:

- Activar el indicador de alarma activa (led).
 - Indicar en la pantalla LCD qué la alarma debe desactivarse en menos de 20 segundos.
 - Comprobar si se ha marcado algún número (a través de la subrutina clavePin()).
 - Verificar si el número marcado es el correcto (claveBien o claveMal).
- En el estado '4', será activado el pin del módulo wifi para enviar el correo y, además, quedará a la espera de ingresar el pin para desactivarla. Las acciones que realiza mientras esta en este estado son las siguientes:
 - Activar el indicador de alarma activa (led).
 - Indicar en la pantalla LCD qué la alarma que la alarma está en funcionamiento y necesita clave para desactivarse.
 - Comprobar si se ha marcado algún número (a través de la subrutina clavePin()).
 - Verificar si el número marcado es el correcto (claveBien o claveMal).
- El estado '5' es para el caso en el que se bloquee la clave principal, si esa clave es bloqueada pedirá una segunda clave, definida al principio del código como puk, la cual está conformada por ocho números. Este estado es para el caso en que sea bloqueada la clave principal y se quiera activar la alarma. Las acciones que se realizan en este estado son las siguientes:
 - Desactivar el led, pin gpio del módulo wifi y el zumbador.

- Indicar en la pantalla LCD qué el código PIN está bloqueado y se necesita introducir el código PUK para activar la alarma.
- Comprobar si se ha marcado algún número (a través de la subrutina clavePuk()).
- Verificar si el número marcado es el correcto (claveBien).
- En el estado '6' también es para el caso en el que la clave principal este bloqueada y pida el ingreso del puk, pero a diferencia del estado anterior, en este es para desactivar la alarma.

Las acciones que se realizan en este estado son las siguientes:

- Activar el indicador de alarma activa (led).
- Indicar en la pantalla LCD qué el código PIN está bloqueado y se necesita introducir el código PUK para desactivar la alarma.
- Comprobar si se ha marcado algún número (a través de la subrutina clavePuk()).
- Verificar si el número marcado es el correcto (claveBien).

```

while(estado == 0)
{
  digitalWrite(wifi, LOW);
  digitalWrite(altavoz, LOW);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("***TECNOPARQUE**");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("***ALARMA APAGADA**");
  noTone(13);
  clavePin();
  if(claveBien)
  {
    estado = 1;
    Serial.print("1");
    claveBien = false;
  }
  else if(claveMal)
  {
    estado = 5;
    Serial.print("5");
    claveMal = false;
  }
}
...

//
while(estado == 1)
{
  digitalWrite(wifi, LOW);

  lcd.setCursor(0, 0);

  lcd.print("ALARMA ACTIVADA ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" SALGA PRONTO ");
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(200);
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(200);
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(200);
  digitalWrite(13, LOW);
  delay(200);
  digitalWrite(13, HIGH);
  delay(200);
}

while(estado == 2)
{
  digitalWrite(leds, HIGH);
  digitalWrite(wifi, LOW);

  lcd.setCursor(0, 0);

  lcd.print(" SISTEMA ARMADO ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("CUIDANDO ACTIVOS ");
  if( digitalRead (pir) == LOW)
  {
    estado = 3;
    Serial.print("3");
    delay(1000);
  }
  //
  while(estado == 3)
  {
    tiempo = millis() + 20000;
    do
...

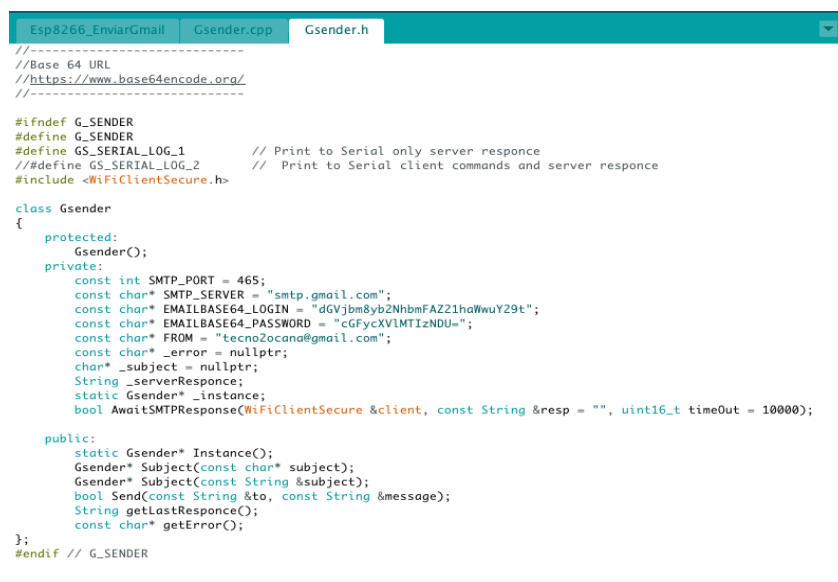
while(estado == 4)
{
  digitalWrite(leds, HIGH);
  digitalWrite(wifi, HIGH);
  digitalWrite(altavoz, LOW);
  noTone(13);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(" DIGITE CLAVE ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("***PARA APAGAR** ");
  clavePin();
  if(claveBien)
  {
    estado = 0;
    Serial.print("0");
    claveBien = false;
  }
  else if(claveMal)
  {
    estado = 6;
    Serial.print("6");
    claveMal = false;
  }
}

```

Figura 47. Posibles estados de la central del sistema de seguridad. Fuente: Autor.

Al igual que en el sistema de control de ingreso, el modulo wifi ESP8266 utilizado en el sistema de seguridad fue programado independientemente y luego agregado al circuito general de la central del sistema de seguridad.

Para la programación realizada en Arduino se utilizó la librería Gsender.h (véase Figura 48) la cual permite el envío de los mensajes por correo electrónico. En esta librería se ingresa el correo desde el cual van hacer enviadas las alertas, por lo cual se tuvo que crear un correo específicamente para que cumpliera esa función. Para realizar el envío de manera exitosa la librería pide que el correo electrónico sea ingreso en base64 por lo que se realizó la conversión en una página web para obtener el correo electrónico y la contraseña en base64.



```

Esp8266_EnviarGmail  Gsender.cpp  Gsender.h
-----
//Base 64 URL
//https://www.base64encode.org/
-----

#ifndef G_SENDER
#define G_SENDER
#define GS_SERIAL_LOG_1 // Print to Serial only server response
#define GS_SERIAL_LOG_2 // Print to Serial client commands and server response
#include <WiFiClientSecure.h>

class Gsender
{
protected:
    Gsender();
private:
    const int SMTP_PORT = 465;
    const char* SMTP_SERVER = "smtp.gmail.com";
    const char* EMAILBASE64_LOGIN = "dGVjbm8yb2NhbmFAZZ1haWwuY29t";
    const char* EMAILBASE64_PASSWORD = "cGFycXVlMTIzNDU=";
    const char* FROM = "tecn0zocana@gmail.com";
    const char* _error = nullptr;
    char* _subject = nullptr;
    String _serverResponse;
    static Gsender* _instance;
    bool AwaitSMTPResponse(WiFiClientSecure &client, const String &resp = "", uint16_t timeout = 10000);

public:
    static Gsender* Instance();
    Gsender* Subject(const char* subject);
    Gsender* Subject(const String &subject);
    bool Send(const String &to, const String &message);
    String getLastResponse();
    const char* getError();
};
#endif // G_SENDER

```

Figura 48. Código de la librería Gsender.h con el correo y contraseña en base64. Fuente: *github.com*.

En el código general del Arduino IDE para el módulo ESP8266 se utilizó igualmente la librería <ESP8266WiFi.h>, se realizó la conexión del módulo a la red wifi del Tecnoparque y se inicializo como cliente. Se declaró el pin GPIO 2 del módulo ESP8266, el cuál va hacer el puerto de conexión con el Arduino para recibir la orden de este y proceder a realizar el envío del mensaje por correo electrónico (véase Figura 49).

```

Esp8266_EmviarGmail $ gsender.cpp  Gsender.h
#include <ESP8266WiFi.h>
#include "Gsender.h"
#pragm region Globals

const int SensorMagnetico = 2; // pin sensor
int EstadoSerMagnetico = 0;

const char* ssid = "TECNO_2"; //MyRedSegura
const char* password = "1091658551"; //123456789

uint8_t connection_state = 0; // Determina el estado de la conexion
uint16_t reconnect_interval = 10000; // Si no se conecta espera este tiempo para volver a intentar
#pragm endregion Globals
String TransmesejeGmail = "";

uint8_t WiFiConnect(const char* nSSID = nullptr, const char* #password = nullptr)
{
    static uint16_t attempt = 0;
    Serial.println("Conectando a ");
    if(nSSID) {
        WiFi.begin(nSSID, #password);
        Serial.println(nSSID);
    } else {
        WiFi.begin(ssid, password);
        Serial.println(ssid);
    }
}

uint8_t i = 0;
while(WiFi.status() != WL_CONNECTED && i++ < 50)
{
    delay(2000);
    Serial.println(" ");
}
++attempt;
Serial.println(" ");
if(i == 52) {
    Serial.println("Conexion: supero el limite de tiempo TIMEOUT: ");
    Serial.println(attempt);
    if(attempt % 2 == 0)
        Serial.println(WiFi.status().c_str());
}
}

void EnvioMensajeGMAIL (void)
{
    if(connection_state) // if not connected to WIFI
        Awaiting(); // constantly trying to connect

    Gsender *gsender = Gsender::Instance(); // Getting pointer to class instance

    String subject = "MENSAJE - ESTADO SENSOR";
    TransmesejeGmail += "<html>";
    TransmesejeGmail += "<body>";

    TransmesejeGmail += "<h1>ALERTA SENSOR ACTIVADO</h1>";
    TransmesejeGmail += "<br>";

    TransmesejeGmail += "<p>";
    TransmesejeGmail += "<div> Los sensores han detectado movimiento en el TECNOPARQUE MODO OCALA</div>";
    TransmesejeGmail += "<br>";
    TransmesejeGmail += "<div> Se requiere de atencion inmediata</div>";
    TransmesejeGmail += "</p>";
    TransmesejeGmail += "</body>";
    TransmesejeGmail += "</html>";
}
}

```

Figura 49. Programación módulo ESP8266 en Arduino ID. *Fuente: Autor.*

Construcción del sistema de seguridad. Ya después de tener definida la electrónica y la programación se procede a unirlos y realizar el montaje del sistema completo.

El circuito de la central de alarmas es incorporado en una caja de pasta a la cual se le hacen los orificios necesarios para la pantalla LCD y el teclado matricial, a su vez, los soportes para el Arduino y los otros componentes electrónicos (véase Figura 50). Todas las conexiones se realizan con cableado directo al controlador, por lo cual, no se desarrolló ningún circuito impreso y tampoco diseños en software como Proteus o Eagle.

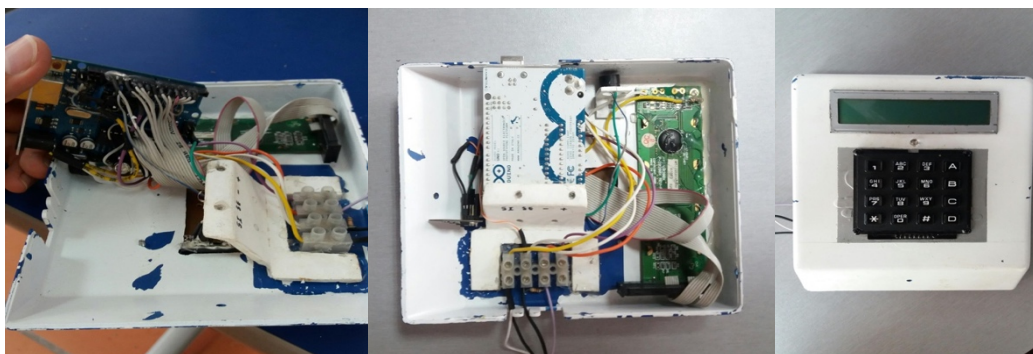


Figura 50. Conexiones internas del circuito electrónico en su respectiva caja protectora. *Fuente: Autor.*

Antes de realizar el montaje de la central y los sensores infrarrojos en sus respectivos puestos se le hicieron pruebas a la central para verificar el correcto funcionamiento de cada estado programado (véase Figura 51).



Figura 51. De izquierda a derecha y empezando en la fila de arriba; estado ‘0’ (indica la alarma apagada); estado ‘1’ (indica que la alarma ha sido activada); estado ‘1’ (indicando que ya paso el tiempo de 20 segundos para activar la alarma); estado ‘2’ (alarma en funcionamiento); estado ‘3’ (la alarma ha detectado un intruso); estado ‘4’ (envió de correo electrónico); estado ‘6’ (pin bloqueado). *Fuente: Autor.*

Después de verificar el correcto funcionamiento de la central de alarmas se procede a verificar el funcionamiento del módulo ESP8266 para verificar el envío exitoso de la alerta por medio del correo electrónico (véase Figura 52).

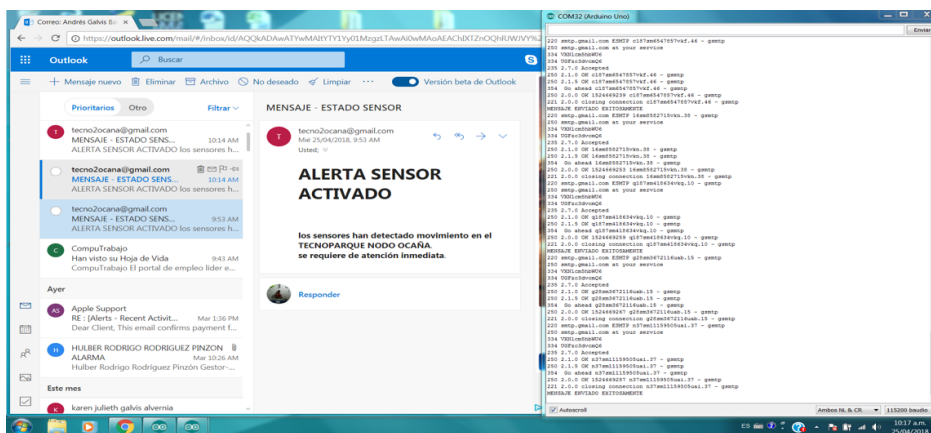


Figura 52. En la imagen de la izquierda se observa el envío exitoso de la alerta al correo y en la de la derecha la comprobación por medio del COM de Arduino. *Fuente: Autor.*

El último paso es la instalación de los sensores y la central en los puntos estratégicos definidos por el alto valor económico de los equipos electrónicos encontrados en esas zonas (véase Figura 53).



Figura 53. Instalación del sistema de seguridad en las zonas estratégicas. De izquierda a derecha; central de alarmas ubicada cerca al ingreso principal; sensor encargado de cuidar las ventanas de la línea de electrónica; sensor encargado de cuidar el ingreso por la puerta principal; en la imagen inferior se puede observar el sensor encargado de cuidar la línea de ingeniería y diseño. *Fuente: Autor.*

El sistema de seguridad causó una gran satisfacción en los administradores del Tecnoparque, catalogándolo de novedoso y seguro por la implementación del sistema de alerta por correo electrónico. Los correos electrónicos de todo el personal fueron agregados dentro del código para permitir enviarle los avisos a todos, aumentado así, la seguridad debido a que el sistema no va a estar centralizado todo sobre una persona, todos tendrán la posibilidad de estar conectado al mismo tiempo con el sistema.

Capítulo 4

Aplicaciones de sistemas fotovoltaicos en Ocaña N. De S.

Gracias a la conciencia de las personas, al avance que se le ha dado a esta tecnología y al difícil acceso de algunos sectores rurales para obtener energía eléctrica, ha ido creciendo en Colombia las instalaciones de sistemas de recolección de energía fotovoltaica. Ocaña una ciudad con un buen comercio y gran población, ubicada en las montañas del departamento del Norte de Santander no se quedó atrás en la implementación de estos sistemas fotovoltaicos.

Fue necesario una buena documentación sobre los diferentes sistemas empleados en la ciudad de Ocaña para poder analizarlos y tomar notas que pudieran ser utilizadas en el sistema que se pensaba implementar en el TecnoParque. Los sistemas con más acceso para poder ser estudiados y que ayudaran a contribuir en el sistema del Tecnoparque, fue el de la universidad y el del habitante ubicado en el barrio el palomar. Los cuales ayudaron en la familiarización con esos sistemas con los que nunca había tenido la posibilidad de estar en contacto directo, además, brindaron diferentes estrategias de conexión, de organización de todo el sistema en general y del posible ahorro energético que puede lograr dichos sistemas.

Algunas empresas y lugares que se decidieron por utilizar esta nueva Tecnología no contaminante con el medio ambiente son:

- La cooperativa Crediservir, una empresa asociativa sin ánimo de lucro, con actividad especializada de ahorro y crédito, propuso convertir la sede en el primer edificio ecológico de la provincia de Ocaña, con el fin de dar ejemplo para que otras entidades, públicas y privadas, se encaminen en la conservación ambiental. Cuenta con una instalación de 18 láminas fotovoltaicas que tuvieron un costo de \$42,8 millones. Dicha implementación aportó un ahorro del 2.36 % del consumo energético del edificio Crediservir Ocaña (véase Figura 54). (Crediservir, 2016)



Figura 54. Instalación de paneles fotovoltaicos en la sede central de Crediservir Ocaña. *Fuente: Crediservir.coop*

- La universidad Francisco de Paula Santander Ocaña también cuenta con un pequeño banco de paneles solares, que brinda energía eléctrica a las luminarias de una plazoleta que se encuentra en el interior de la universidad. El proyecto fue desarrollado de trabajo de grado por unos estudiantes de ingeniería mecánica, con el objetivo principal de favorecer la innovación de la región por medio de desarrollos de este tipo de tecnologías en la universidad Francisco de Paula Santander (véase Figura 55). (Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, 2015)



Figura 55. Instalación banco de paneles solares para la luminaria de la plazoleta de la vida (UFPSO). *Fuente: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.*

- También otras personas independientes o pequeñas empresas han realizado varios montajes de pequeños sistemas de generación de energía eléctrica. Referenciando los casos más relevantes, se tiene al señor Alfredo Bohórquez Niño, quien se encuentra realizando montajes experimentales; por otra parte, el señor César Tulio Robles Torrado, habitante del barrio El palomar, instaló su propia planta de energía solar en la casa donde vive, la cual tiene una potencia de generación de 1970 W (véase Figura 56); con respecto a empresas, también se tiene una pequeña instalación de paneles solares en la oficina de la empresa netics de Colombia, es una empresa que se desempeña en el área de telecomunicaciones y el banco de paneles solares lo tienen asignado para el uso de las luces y algunos equipos de cómputo. (Solano & Rodríguez, 2015)



Figura 56. Instalación de la planta solar ubicada en el barrio el palomar. *Fuente: Tecnoparque.*

Capítulo 5

Banco de paneles fotovoltaicos instalados en el TecnoParque

El TecnoParque contaba con una instalación previa de cuatro paneles solares de 1200W a 24V (véase Figura 57). Dicha potencia era distribuida a unas cuantas luces que consumían alrededor de la suministrada por los paneles fotovoltaicos. Todo el sistema de iluminación del TecnoParque se encontraba dividido en cinco sectores. El principal objetivo en esta sección del proyecto era adecuar el banco de paneles fotovoltaicos a un buen sistema de gestión de energía que ayudara a mejorar y sacara el mayor provecho a los ya mencionados paneles fotovoltaicos que habían sido instalados hace dos años aproximadamente. Los paneles fotovoltaicos funcionaban de manera manual, es decir, cada vez el ingeniero que tenía el conocimiento para manejarlos se acordaba de ellos iba y realizaba manualmente el cambio de alimentación eléctrica de las luces; pasaba de la red eléctrica comercial a la red eléctrica de los paneles. Lo cual, frente a los otros ingenieros del Tecnoparque era visto como una mala inversión y poco viable porque no se le sacaba el mayor provecho.



Figura 57. Bancos de paneles fotovoltaicos instalados en TecnoParque nodo Ocaña. *Fuente: Tecnoparque nodo Ocaña*

Optimización del banco de paneles solares articulado por el sistema de gestión de energía.

Para optimizar el banco de paneles fotovoltaicos con el que cuenta el Tecnoparque se propone diseñar todo un sistema de gestión de energía para la luminaria del Tecnoparque (véase Figura 58).

El propósito principal con este sistema de gestión de energía es generar un gran ahorro en el consumo energético que proporciona la empresa electrificadora comercial.

La gran cantidad de lámparas con las que cuenta el Tecnoparque supera la potencia que el sistema fotovoltaico proporciona. Para no centralizar tanto el ahorro energético y que solo dependa de los paneles fotovoltaicos se propone instalar diferentes sensores que ayuden a controlar el uso indebido de las luces, es decir que, durante el día, las zonas que tengan suficiente iluminación no permitan ser encendidas.

El sistema de gestión de energía planteado constara de dos configuraciones; la primera y en la que más se va a encontrar el sistema, es la configuración de ahorro energético, el cual va a estar consumiendo en todo momento la energía almacenada en las baterías, mientras que en la segunda, la configuración modo UPS, utilizará el banco de paneles solares solo en el momento en el que hayan interrupciones eléctricas por parte de la electrificadora comercial, es decir, almacenara toda la energía posible en las baterías y luego cuando ocurran dichas interrupciones eléctricas la energía almacenada será suministrada a las luces.



Figura 58. Iluminación del Tecnoparque. *Fuente: Autor.*

Otro punto importante dentro del sistema de gestión de energía es la implementación de una pantalla HMI donde puedan visualizarse en tiempo real todas las variables que están siendo manipuladas por el sistema, como, la corriente suministrada por los paneles, la consumida por la carga, el voltaje, la potencia y las zonas de las luces que se encuentran encendidas.

Cálculos del sistema energético. La división con la que contaban los circuitos de las lámparas no era la más óptima, debido a que:

- El circuito de las lámparas conectado a los paneles solares se encontraba en una zona con mucha claridad, lo cual no permitía aprovechar toda la energía fotovoltaica producida.
- Los otros circuitos de las lámparas, no se encontraban distribuidos de manera adecuada para implementar los sensores de iluminación. Ya que, un mismo circuito tenía lámparas ubicadas en zonas claras y en zonas oscuras.

Debido a esas razones se planteó una nueva división de las zonas, donde, las lámparas que se encontraban en zonas oscuras del Tecnoparque durante el día, se ubicaran en un mismo circuito, y las que se encontraban en las zonas más claras en otro circuito. Además, la energía suministrada por los paneles debía ser asignada a las lámparas ubicadas en las zonas oscuras del Tecnoparque durante el día, mientras que los circuitos de las lámparas de las zonas claras iban hacer controladas por sensores de luminosidad.

El Tecnoparque cuenta en total con 232 lámparas, las cuales están instaladas en conjuntos de cuatro. Cada lámpara consume teóricamente 17 vatios.

Inicialmente se identificó las lámparas de las zonas oscuras que iban hacer asignadas a la energía suministrada por los paneles, con el fin de realizar el cálculo de potencia y verificar si los paneles soportaban dicha potencia. El área más oscura durante el día en el Tecnoparque hace parte

de la zona de tecnologías virtuales (nombre asignado por el tecnoparque). Dicha zona tiene instaladas 18 grupos de lámparas que dan en total un número de 72 lámparas.

$$72 \times 17W = 1224 W (1)$$

Como los paneles suministraban 1200W los cuales eran sobrepasados por muy poco de la totalidad de las lámparas, el superior ordeno específicamente que se le asignara la totalidad de esas lámparas a los paneles y se removieran una o dos lámparas de alguno de los grupos.

Otra zona oscura del Tecnoparque hace referencia al área de audiovisuales, dicha área cuenta solo con 24 lámparas. Como es una zona en la que muy poco se ve la necesidad de encender las luces, estas solo se encienden cuando se van a realizar reuniones o exposiciones, se decidió dejar un circuito independiente de manera manual, es decir, iba a tener un tomacorriente común y no se iba a encontrar en el sistema de gestión de energía y tampoco en la pantalla HMI.

Las 136 lámparas restantes corresponden a las zonas más claras durante el día en el Tecnoparque. Para evitar que hubiera mucha carga en un mismo circuito se decidió dividir las zonas claras en dos; la zona nombrada edu 4 y la zona correspondiente a las líneas de electrónica e ingeniería y diseño (los nombres de las zonas son definidos por los administrativos del Tecnoparque).

En el circuito de la zona edu 4, quedaron 16 grupos de lámparas de cuatro, las cuales daban en total 64 lámparas.

En el circuito de la línea de electrónica y diseño, quedaron 18 grupos de cuatro, las cuales daban en total 72 lámparas.

Eficiencia de las baterías del banco de paneles fotovoltaicos. Con el fin de determinar la autonomía del sistema se analizó el porcentaje de profundidad máxima de descarga, la capacidad de almacenamiento en Ah y la configuración en la que ya se encontraba el banco de baterías (véase Figura 59).

El requerimiento mínimo del sistema era poder suministrar un día de autonomía, con el fin de que si se encontraba en la configuración ahorro de energía al siguiente día los paneles fotovoltaicos recuperaran y almacenaran la energía invertida durante la noche, para mantener así un buen ahorro energético.

EL banco de paneles fotovoltaicos cuenta con cuatro baterías marca visión 6FM200 de 12 voltios/200 Ah cada una (véase Figura 60). Debido a que el voltaje de los paneles es de 24 voltios, fueron conectadas dos baterías en serie y luego en paralelo, brindando una conexión híbrida.

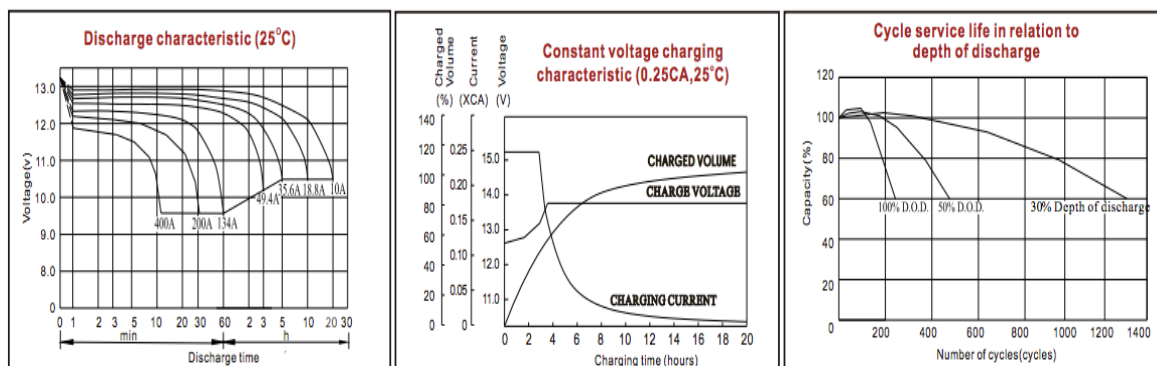


Figura 59. Graficas de carga, descarga y ciclo de vida de las baterías. Fuente: Vision

La configuración en la que se encuentra el banco de baterías logra una capacidad de almacenamiento de 400Ah. Si se tiene que la carga va a consumir 1200 vatios, entonces sí:

$$P = V \times I \quad (2)$$

Reemplazando los valores de potencia y voltaje de la carga, se obtendrá la corriente que consumirá la carga:

$$I_{carga} = \frac{1200W}{120V} = 10A \quad (3)$$

Si el circuito de las lámparas consume 10 A, el banco de baterías podrá brindarle una autonomía de:

$$\text{Horas de autonomía} = \frac{400Ah}{10A} = 40 \text{ horas (4)}$$

El valor calculado anteriormente puede ser comprobado con la gráfica de descarga en la cual se observa que efectivamente si se consumen 10 A se descargara aproximadamente en 20 Horas cada batería por lo cual si son dos acumuladores se descargara en el doble de tiempo (40 horas).

Se puede observar que el tiempo de autonomía que tendrá el banco de paneles fotovoltaicos supera el mínimo planteado, favoreciendo la configuración en ahorro energético ya que, el tiempo en el que se produce la descarga de las baterías se repondrá rápidamente al siguiente día con el que se cuenta nuevamente la radiación solar (véase Figura 61), minimizando las posibilidades de tener que cambiar a la energía eléctrica comercial. Además, brinda un mejor sistema para la configuración UPS, en la cual el tiempo de iluminación en esta configuración dependerá de la capacidad de almacenamiento, logrando casi dos días de autonomía.



Figura 60. Batería Vision 6FM200. Fuente: yhipower.co.nz

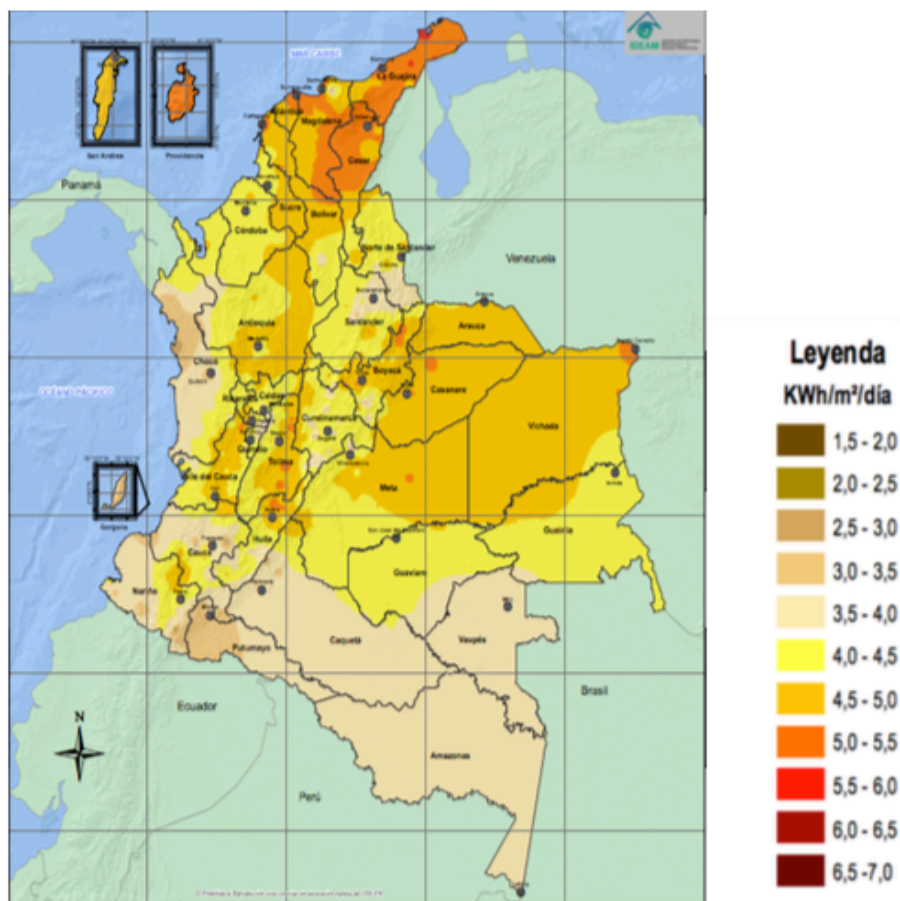


Figura 61. Irradiación global horizontal medio diario anual. Fuente: *Ideam.gov.co*

Controlador de carga del banco fotovoltaico. El controlador con el que ya contaba el sistema de paneles solares es el IC 6024 (véase Figura 62), un controlador de carga MTTP ideal para el cuidado de las baterías incrementado el porcentaje de carga y vida útil de las baterías. Como ya se había mencionado este tipo de controlador incrementa la corriente de carga en un 30% comparado con los controladores de operación PWM. Dentro de sus características técnicas generales se tienen:

- selección automática de voltaje de 12 V o 24 V de acuerdo con la instalación.
- Protección contra sobrecorrientes, cortocircuitos y contra conexión en polaridad inversa de los paneles solares y/o las baterías.
- Corriente de carga máxima de 60 Amperios.

- Temperatura de operación de $-10^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$.

En la tabla 11 se pueden observar las especificaciones técnicas del controlador IC-6024.

Tabla 11

Especificaciones Técnicas específicas del controlador IC-6024.

Carga de absorción	14.5V / 28.9V
Carga de flotación	13.8V / 27.6V
Carga de equalización	15V / 30V
Desconexión automática de carga	Sí. Carga máxima: 15A
Máxima voltaje en paneles	70V
Peso	1.4 Kg
Dimensiones	20.2 x 14 x 6.6 cm

Fuente: energiaymovilidad.com

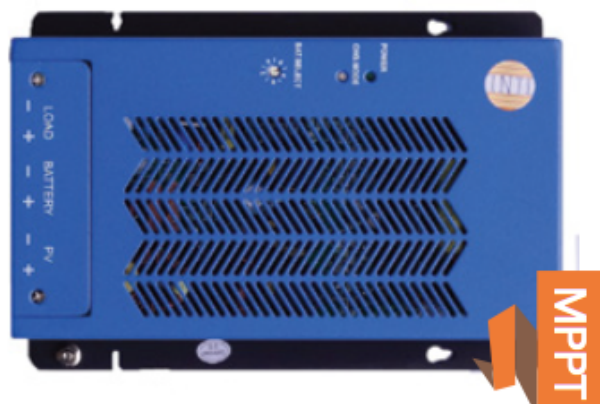


Figura 62. Controlador de carga IC-6024. *Fuente: Energiaymovilidad.com*

Inversor del banco fotovoltaico. El inversor con el que ya contaba el sistema de paneles solares es el Phoenix 24/1200 (véase Figura 63), un inversor sinusoidal con una eficiencia optimizada que no compromete su rendimiento. Utiliza una tecnología híbrida de alta frecuencia que maximiza la calidad, es de dimensiones compactas, ligero y capaz de suministrar potencia, sin problemas a cualquier carga. Dentro de sus características generales se tienen:

- La alta potencia de arranque, gracias a la configuración denominada tecnología sinusMax, permite dotarlos bien para alimentar todo tipo de cargas, incluyendo las cargas difíciles como ordenadores o herramientas eléctricas de baja potencia.
- Conmutador de transferencia automática
- Diagnóstico de led
- Interruptor On/Off remoto

En la tabla 12 se pueden observar las especificaciones técnicas del inversor Phoenix 24/1200.

Tabla 12

Especificaciones Técnicas del inversor Phoenix 24/1200.

Voltaje de entrada (VDC)	24V
Potencia CA de salida a 25°C	1200W
Pico de potencia	2400W
Tensión CA de salida	110 Vca o 230 Vca +/- 3%
Frecuencia CA de salida	50 Hz/ 60Hz +/- 0.1%
Alarma de batería baja (VDC)	21.8
Eficacia máxima	94%
Consumo en vacío	9W
Consumo en vacío modo ahorro	2W

Fuente: victronenergy.com



Figura 63. Inversor Phoenix 24/1200. *Fuente: victronenergy.com*

El sistema se encontraba algo desordenado y sucio por el poco uso que le daban (véase Figura 64), debido a que solo era utilizado durante los apagones, de lo cual, el municipio de Ocaña no sufre tanto.



Figura 64. Sistema de paneles solares previamente instalados en el TecnoParque. *Fuente: Autor.*

Capítulo 6

Diseño y construcción del sistema de gestión de energía.

Al igual que en los sistemas instalados en los capítulos anteriores, para este sistema, el diseño y construcción seguirá la misma estructura, selección de componentes, programación y por último construcción del sistema.

Identificación y selección de los componentes electrónicos del sistema. Para realizar el control del sistema de gestión de energía, fue seleccionado el PLC S7/1200 AC/DC/RLY. Se seleccionó este tipo de controlador debido a la robustez que demandaba el sistema y por la facilidad de establecer conexión con pantallas HMI, la cual va a permitir la visualización de las variables que intervienen en el sistema. La cantidad de salidas y las características de tensión y corriente, así como los dos grupos independientes de salidas a relé con los que cuenta este PLC permitieron la selección. Además, cuenta con dos entradas análogas, las cuales eran necesarias para las mediciones de voltajes y corrientes de todos los componentes electrónicos del banco de paneles solares. Sus características internas también ayudó en la decisión para seleccionar este controlador.

En la tabla 13 se pueden observar las especificaciones técnicas del PLC S7 1200 AC/DC/RLY.

Tabla 13

Especificaciones Técnicas PLC S7 1200 AC/DC/RLY.

Voltaje de alimentación (VDC)	120 Vca / 230Vca
Paquete de programación	STEP 7 V11.0 SP2 o superior
Memoria de usuario	75 kbyte
Consumo corriente nominal	100 mA a 120 Vca
Voltaje de entradas digitales	24Vdc
Voltaje entrada para señal “0”	5Vdc, con 1 mA

Voltaje entrada para señal “1”	15Vdc, con 2.5 mA
Salidas	10; Relé
Carga resistiva máxima	2 A
Entradas analógicas	2; rango 0 a 10 V
Resistencia de entrada analógica	>100 komios
Temperatura	-20°C a 60°C

Fuente: masvoltaje.com

Para la visualización del SCADA se utilizó la pantalla HMI KTP400 basic, que viene incluida en el denominado kit de iniciación SIMATIC S7-1200 + KTP 400. La KTP400 es una pantalla táctil de 4,3" con una interfaz Ethernet de conexión con diferentes PLC, cuenta con un tamaño adecuado que permite observar bien el sistema SCADA programado en su software y, además, puede ser incorporada en espacios reducidos.

En la tabla 14 se pueden observar las especificaciones técnicas de la pantalla HMI KTP400 basic.

Tabla 14

Especificaciones técnicas de la pantalla HMI KTP400 basic.

Voltaje de alimentación	24Vdc
Resolución de la pantalla	480 x 272; 64.000 colores
Paquete de programación	WinCC basic V12 (TIA portal)
Dimensiones	141 x 116 x 41 mm

Fuente: Siemens.com

Una de las variables importantes en el sistema es la corriente, ella es fundamental para el sistema SCADA y el cálculo de potencia. Para recopilar la información de la corriente y observarla en tiempo real se seleccionó el sensor de corriente Dyn 3-05-06 (véase Figura 65) debido a la

facilidad con la que se puede realizar las conexiones, tiene orificios de sujeción que permite una mayor facilidad para el montaje en el sistema y la medición de corriente es muy fácil, intuitiva y con buena resolución.

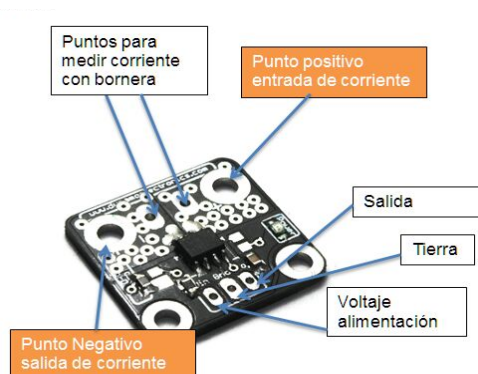


Figura 65. Identificación de las partes del sensor de corriente Dyn 3-05-06. Fuente: Dinamoelectronics.com

En la tabla 15 se pueden observar las especificaciones técnicas del sensor dyn 3-05-06.

Tabla 15

Especificaciones Técnicas del sensor dyn 3-05-06.

Voltaje de alimentación	5Vdc
Corriente máxima	20 A
Tipo de corriente	AC y DC
Dimensiones	2.5 cm x 2.3 cm
Puertos	Vin; gnd; out
Indicador encendido	Led

Fuente: Dinamoelectronics.com

Al igual que la corriente, el voltaje es otra de las variables importantes que deben ser medidas y observadas en tiempo real por medio de la pantalla HMI, por lo tanto para observar el voltaje del sistema se utilizó directamente una de las entradas análogas del PLC, pero como dicha entrada solo permite un rango de alimentación entre 0 y 10 voltios se acudió a diseñar un divisor

de voltaje (véase Figura 66) que mantuviera ese rango de voltaje a la salida con la entrada de 24 voltios de las baterías y los paneles, y para el caso de la carga se implementó además del divisor de voltaje un puente de diodo que evitara el cambio de polarización en la entrada análoga del PLC.

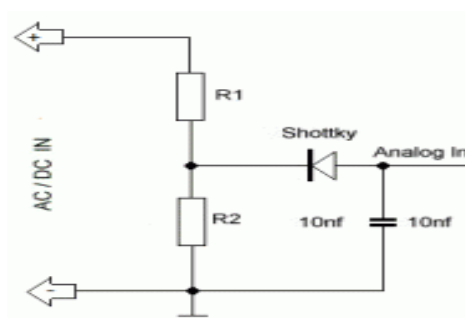


Figura 66. Divisor de voltaje con puente de diodo regulador para entrada AC; con respecto a la entrada DC como en el caso de las baterías y paneles, solo se le quitan el diodo y el capacitor. *Fuente: diarioelectronico.com*

Las mediciones de la corriente y voltaje era necesaria hacerla a todo el banco de paneles solares, incluyendo la carga que le iba a conectar, es decir, había que medir el voltaje y la corriente de los paneles, de las baterías y de las luces. Pero como el PLC S7-1200 solo cuenta con dos entradas análogas se vio la necesidad de multiplexar las señales, para realizar dicha acción se utilizaron módulos de relés (véase Figura 67) que permitieron el cambio de la toma de datos de los voltajes que iban hacer conectado a una misma entrada análoga y los mismo se hizo con la corriente, que iba hacer conectada a la otra entrada analógica del PLC.

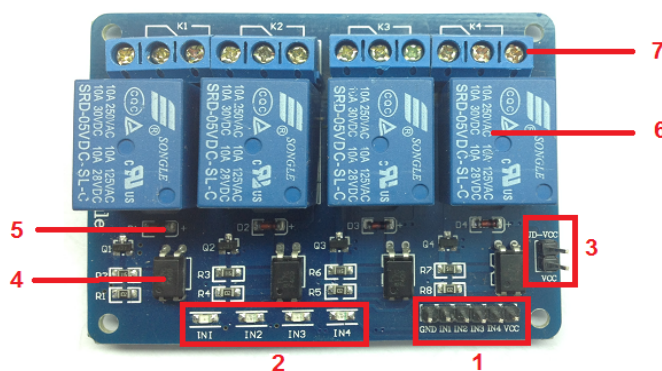


Figura 67. Módulo de relé de cuatro canales indicando las partes más importantes; 1 conexiones; 2 led indicadores; 3 alimentación independiente; 4 controlador; 5 diodo; 6 relé; 7 salidas de los relés. *Fuente: dynamoelectronics.com*

Para realizar el control de las luces, tanto de las zonas oscuras como las de las zonas claras de utilizo un relé de mayor potencia, debido a que la corriente que fluye a través de los circuitos de las lámparas supera la corriente máxima permitida por las salidas a RLY del PLC s7-1200. El relé seleccionado fue el Relé de potencia HHC70 (véase Figura 68). Porque maneja gran potencia permitiendo la circulación de corriente por cada contacto hasta 10 A, además, la bobina se activa con 24Vdc y cuenta con 8 pines los cuales permiten tres circuitos independientes que pueden ser activados con la misma bobina.



Figura 68. Relevador de potencia HHC70. Fuente: Autor.

Para evitar accidentes por la cantidad de circuitos que maneja el sistema, se vio la necesidad de incluir una caja protectora, la cual iba a contener todo el circuito electrónico, incluyendo el PLC y la pantalla HMI. Además, se incluyó un componente de ventilación para mantener fresco el interior de la caja y evitar daños por las altas temperaturas que podría alcanzar al interior del circuito. Dichos componentes de ventilación fueron un extractor y un ventilador de computadores de mesa. Ambos componentes de ventilaciones tienen un voltaje de alimentación de 12V (véase Figura 69).



Figura 69. Ventilador seleccionado para mantener fresco el circuito del sistema. *Fuente: startech.com*

Como los sensores y el módulo de relés seleccionado para multiplexar las señales de voltaje y corriente debían alimentarse a 5 voltios, se vio la necesidad de utilizar transformadores y puentes de diodos para regular los 120 Vac de la red eléctrica al voltaje de alimentación de dichos módulos y sensores. También se utilizó otro transformador (véase Figura 70) que se encargara de la alimentación de los dos ventiladores mencionados anteriormente los cuales deben alimentarse a 12 Vdc.



Figura 70. Transformador 120Vac a 12Vca. *Fuente: spanish.alibaba.com*

Desarrollo de la programación. Para realizar la programación de las configuraciones de ahorro de energía y modo UPS es necesario programar inicialmente los sensores de voltaje y corriente, y para llevar a cabo la programación de ambas mediciones para los tres componentes que se van a medir (paneles, baterías y carga) fue necesario realizar una caracterización tanto de los sensores de corriente como de los divisores de voltaje, para ver el margen de error y realizar las ecuaciones con una mayor exactitud (véase Figura 71).

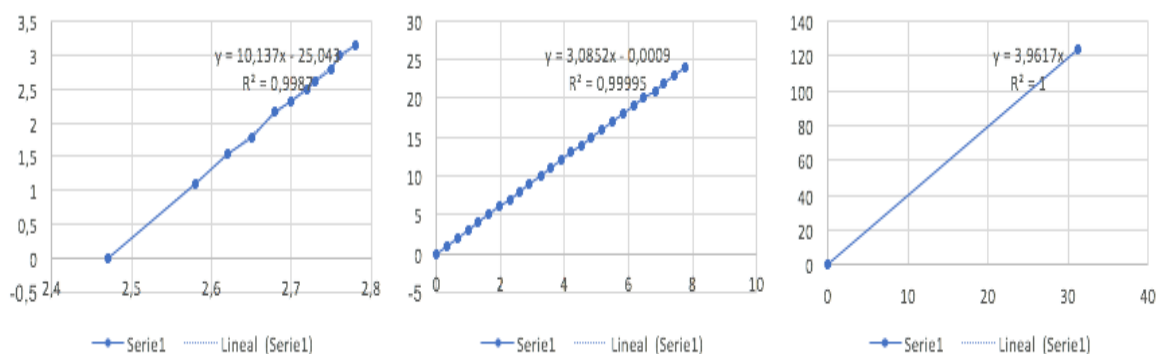


Figura 71. Graficas de caracterización de los sensores y divisor de voltaje (de izquierda a derecha); grafica del sensor de corriente; grafica del divisor de voltaje DC; grafica del divisor de voltaje AC. *Fuente: Autor.*

Para empezar la programación en Tia portal se realizó el escalado del sensor de corriente. Como el sensor de corriente maneja un voltaje análogo de 0 a 5 voltios, de la cual el voltaje de 0 a 2.5 Voltios es para la corriente negativa de -20 a 0 amperios y de 2.5V a 5V para la corriente positiva de 0 a 20 amperios. En este sistema solo iba a manejarse corriente positiva el escalado se hizo de 2.5V a 5V solamente (véase Figura 72).

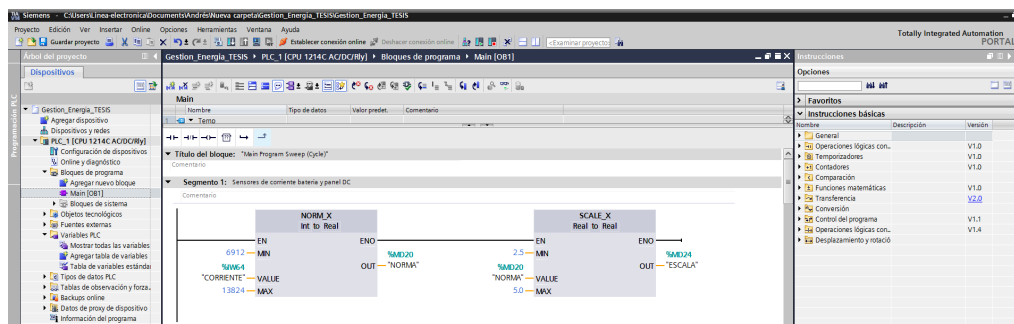


Figura 72. Escalado del sensor de corriente. *Fuente: Autor.*

Luego se incluyeron las ecuaciones obtenidas por medio de la caracterización de los mismos hechos en Excel, también se agregó el escalado del sensor de voltaje por medio de los divisores de tensión tanto para la tensión DC de los paneles y baterías, como para la AC de la carga.

Para poder visualizar en la pantalla HMI la potencia consumida por los diferentes componentes del sistema energético, fueron realizado cálculos dentro de la programación en lenguaje ladder, para luego ser asignados a variables en la pantalla HMI (véase Figura 73).

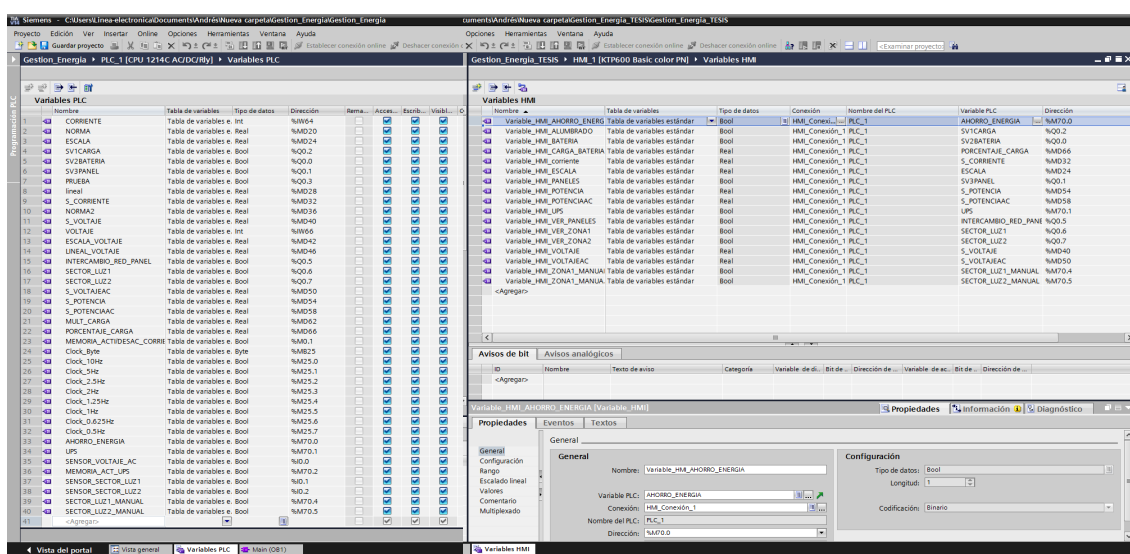


Figura 73. En la figura de la izquierda de muestra la tabla de variables del PLC y en la de la derecha las variables del PLC asignadas en la pantalla HMI. Fuente: Autor.

Para poder multiplexar o en otras palabras realizar los cambios de mediciones de las señales de voltaje y corriente tanto para los paneles, como para las baterías o para las lámparas, ya que, como se mencionó anteriormente el PLC solo se tienen 2 entradas analógicas, se usó una combinación entre el módulo de relés de seis canales, con tres salidas digitales del PLC. De modo que al seleccionar en la ventana principal de la pantalla HMI (véase Figura 74) activaría una entrada específica que luego activaría el relé y así lograría permitir las mediciones de corriente y voltaje de la opción seleccionada, mientras que las otras opciones se mantendrían desactivadas.

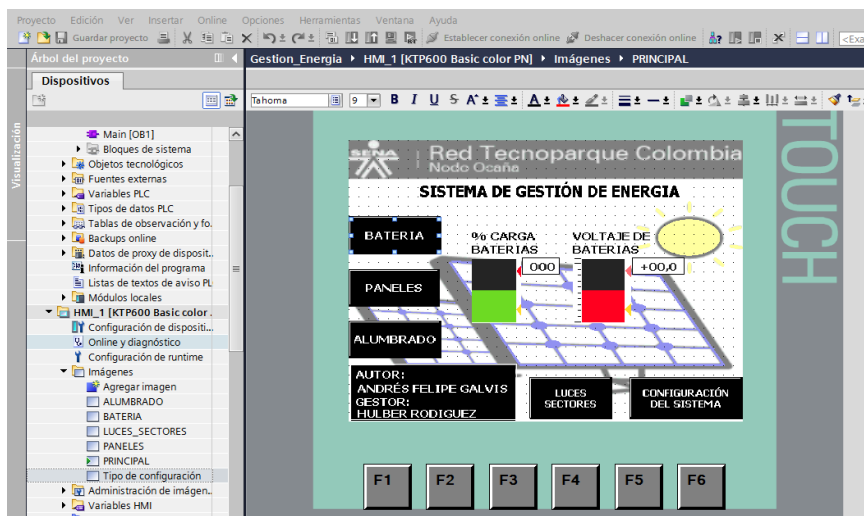


Figura 74. Ventada principal de la pantalla HMI; a la izquierda de la pantalla se observan las tres posibles opciones para realizar las mediciones y en el centro las mediciones de las baterías en todo momento. *Fuente: Autor*

Mientras que no se haya seleccionado la opción de medir los paneles o el alumbrado, el sistema siempre estará midiendo la corriente y voltaje de las baterías, con el fin de estar informando en tiempo real y en todo momento el nivel de carga de las baterías, además, dichas mediciones estarán siendo usadas para el caso en el que se haya seleccionado la configuración de ahorro energético (véase Figura 75), ya que esta estará realizando la comparación en todo momento del nivel de baterías con un nivel de referencia el cual da información del nivel mínimo de carga de las baterías, eso con el fin de desactivar la energía de los paneles y cambiarla por la de la red eléctrica para evitar daños en ellas.

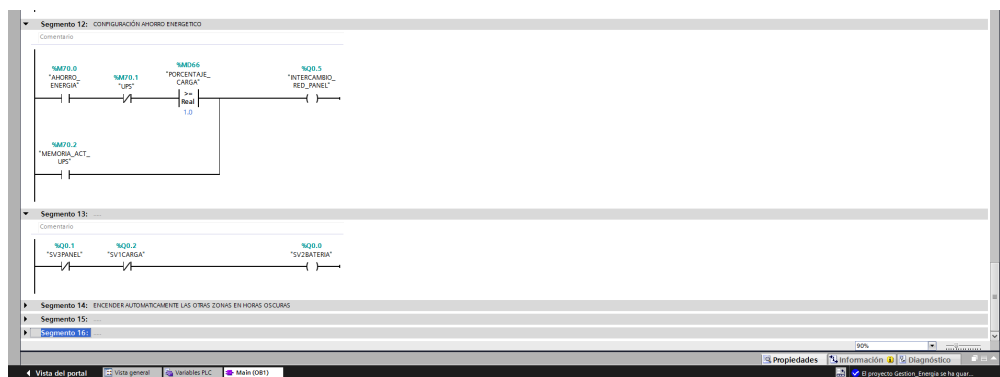


Figura 75. Línea de programación ladder para el ahorro energético. *Fuente: Autor*

El cambio de la red eléctrica a la red de los paneles mencionada en el párrafo anterior es realizado por medio de los relés de potencia HHC70. Para poder activar la bobina del relé de potencia se conecta al segundo grupo de las salidas digitales a rly del PLC, a ese grupo de salida es conectado también los otros relés de potencia que permiten el encendido y apagado de las lámparas de las zonas claras durante el día (véase Figura 76).

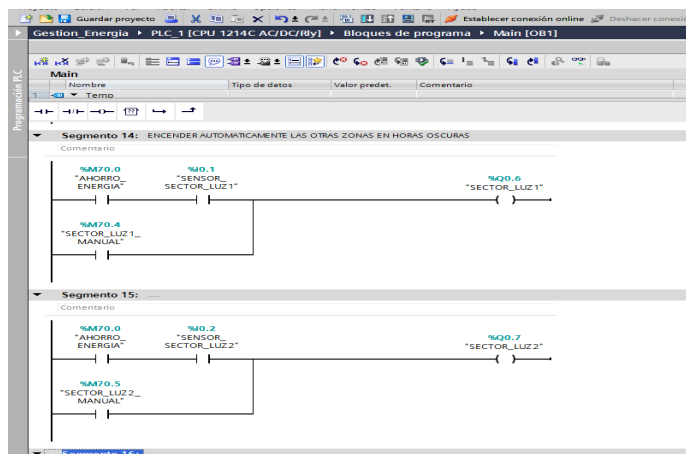


Figura 76. Líneas de código para activar y desactivar los relés de potencia que permitirán el encendido o apagado de las luces de las zonas claras durante el día. *Fuente: Autor.*

La programación realizada para la configuración UPS se utilizó una entrada digital a la cual se le combino otro relé de potencia pero que este a diferencia de los anteriores permitiera medir la corriente AC de la red, es decir, la bobina del relé se va a encontrar activa por los 110Vac de la red eléctrica y la entrada del PLC va hacer conectada al relé y del relé a una fuente de 24 Vdc, entonces, cuando hayan apagones por parte de la red eléctrica, la bobina se desactivara permitiendo el paso de los 24 Vdc conectados a la entrada del PLC y así recibiendo la señal para permitir el encendido de las luces durante las fallas eléctricas de la red eléctrica.

Las dos configuraciones fueron programadas en la pantalla HMI con botones táctiles que permitirán la activación o desactivación de dichas configuraciones. En los botones fueron agregados memorias on/off que permitirán el funcionamiento en la programación ladder (véase Figura 77). En el caso en que ambas configuraciones sean activadas, la programación no va a

permitir que ninguna de las dos funcione para evitar conflictos, solo funcionara cuando una de las dos sea puesta ON, permitiendo la activación de la opción seleccionada y como seguro de que la otra quede desactivada se le agrego un contacto normalmente cerrado que se abrirá en la línea de la programación ladder en la otra opción.

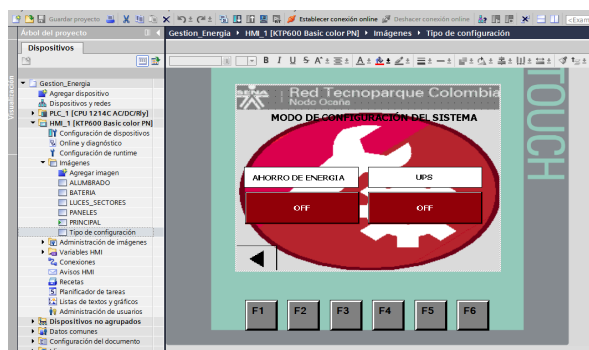


Figura 77. Pantalla HMI con las dos configuraciones posibles del sistema. *Fuente: Autor*

Además, las zonas claras durante el día que fueron programadas con ayuda del sensor para determinar qué tan claro u oscuro se encontraba el lugar, también se agregó a la pantalla HMI en la cual se permitía un encendido manual y la visualización de las áreas donde se encontraban dichas zonas, junto con la visualización se podía determinar si se encontraban encendidas o apagadas, ya que las áreas iban a estar parpadeando en la pantalla HMI permitiendo determinar que estaban encendidas o en caso de que estuvieran estáticas era para mostrar que estaban apagas (véase Figura 78).

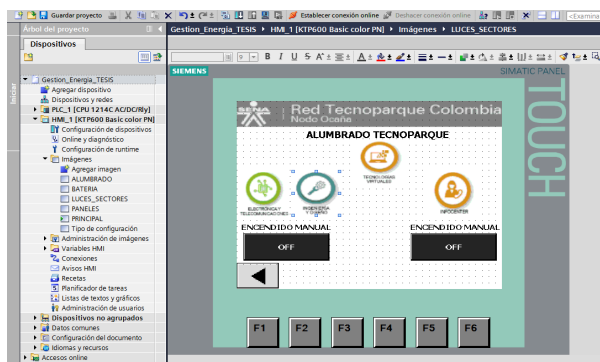


Figura 78. Pantalla HMI para visualizar las zonas del alumbrado del Tecnoparque y el encendido manual de las zonas claras durante el día. *Fuente: Autor.*

Construcción del sistema de ahorro energético. Luego de haber definido la electrónica, la programación del PLC junto con la pantalla HMI y haber realizado múltiples pruebas, se procede a realizar el montaje del sistema completo

La construcción del sistema se da inicio con el diseño del circuito electrónico. Para realizar el circuito electrónico se hizo el diseño inicialmente en Eagle (véase Figura 79), cabe aclarar que fue escogido ese software de diseño de circuitos ya que, el Tecnoparque contaba con él porque permite exportar los circuitos diseñados con extensión PLT, dicha extensión es una de las que soporta la CNC con la que cuenta el Tecnoparque para realizar corte de circuitos impresos.

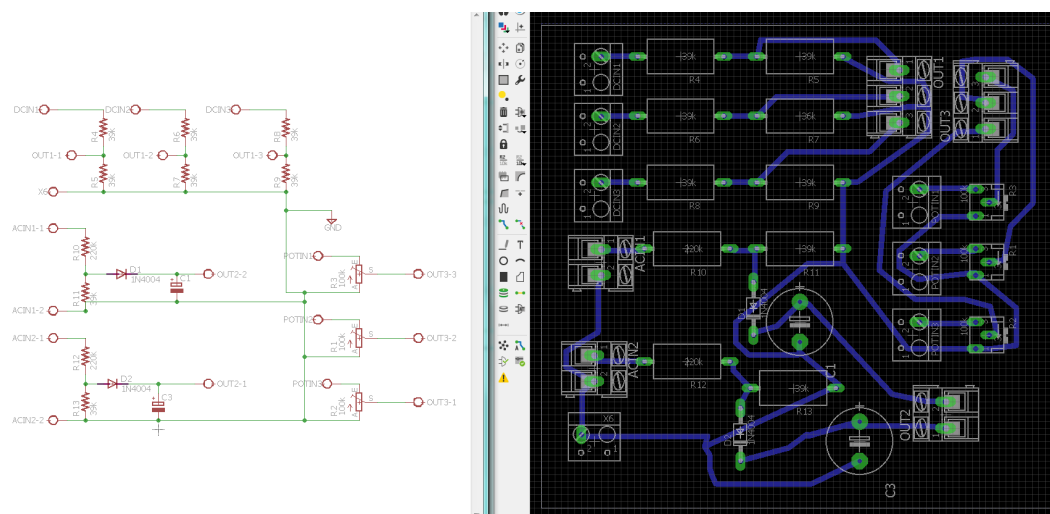


Figura 79. Circuito diseñado en Eagle. Fuente: Autor.

En el circuito impreso en la PCB solo fueron agregados los divisores de voltajes que se encargaran de regular el voltaje que se va a estar midiendo del banco de paneles fotovoltaicos (véase Figura 80). Los otros componentes electrónicos como los relés de potencia, el módulo de relés, ventiladores y sensores fueron cableados directamente al PLC.

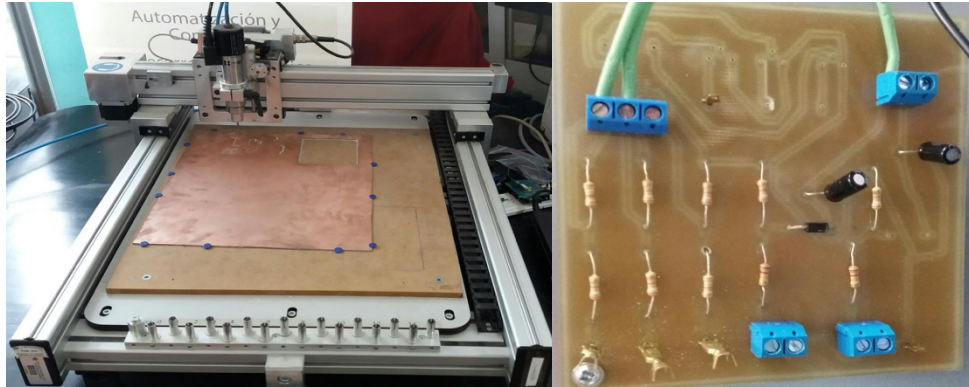


Figura 80. A la derecha se observa el circuito impreso con los divisores de voltaje terminado y a la izquierda la CNC realizando dicho circuito. *Fuente: Autor.*

Como parte de la investigación para realizar el montaje del PLC junto con la circuitería fue permitida una visita empresarial a una panadería que disponen de un PLC Comercial para realizar galletas (véase Figura 81).



Figura 81. Visita empresarial para observar el PLC comercial utilizado para fabricar galletas. *Fuente: Autor.*

Luego de revisar el cableado y el PLC comercial observado en la panadería se diseñó una caja encargada de contener y proteger el circuito electrónico, dicha caja fue hecha en MDF (véase Figura 82), tal material fue seleccionado por múltiples ventajas, como la de: su economía, la facilidad que tiene para trabajar, cortar y su buena resistencia. Se le dejó el lugar para la instalación de la ventilación, de la pantalla HMI, además, se le agregó una puerta que permitiría el fácil acceso a la circuitería para el momento de la instalación y para tener mayor facilidad de realizar mantenimientos futuros.



Figura 82. Caja en MDF que va a contener la circuitería del sistema de gestión de energía. *Fuente: Autor.*

Para la instalación del PLC y los relés de potencia dentro de la caja protectora se utilizó un riel de sujeción, mientras que para el resto de circuitos y componentes electrónicos fueron atornillados a la caja para asegurar su estabilidad (véase Figura 83). Los sensores de corriente fueron dejados por fuera junto con el sistema fotovoltaicos, ya que son sensores invasivos que para ser instalados es necesario abrir el circuito e instalarse directamente en el cable que se desea medir la corriente.

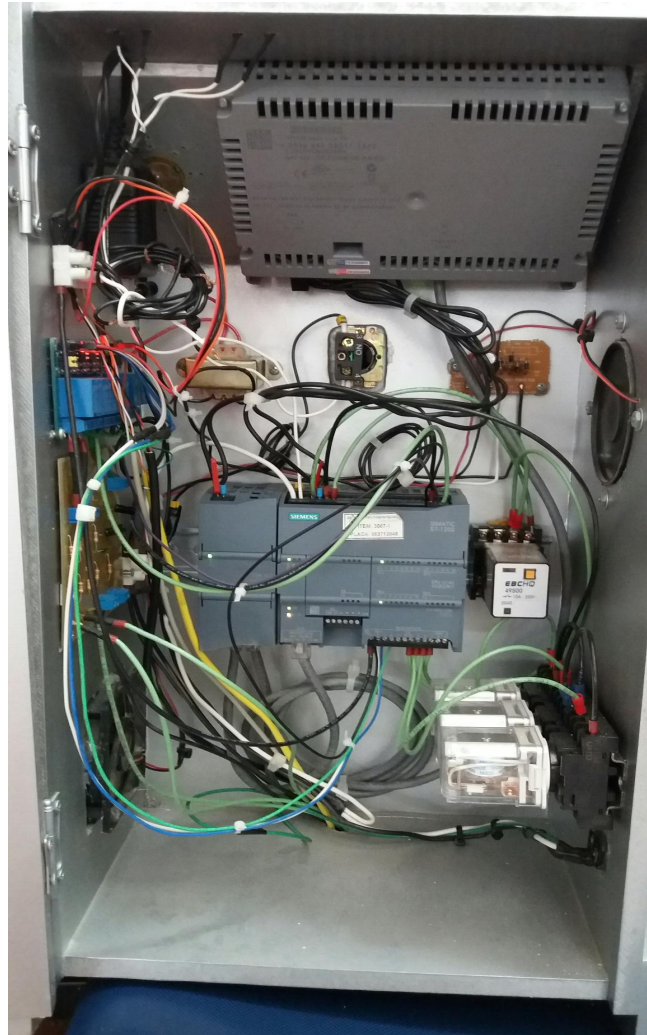


Figura 83. Circuitería del sistema de gestión de energía. *Fuente: Autor.*

En la parte inferior de la caja se le dejó un orificio para permitir ingresar el cableado que viene del exterior de la caja, como el de los sensores de corriente, el del voltaje, el de las luces, etc.

Por último, la circuitería fue agregada al banco de paneles solares para darle la autonomía diseñada en el sistema de energía. El banco de paneles fotovoltaicos fue organizado y limpiado para que tuviera más estética y la caja protectora con la circuitería y la pantalla HMI fue montada con ayuda de unas puntillas a la base de las baterías de los paneles a una buena altura para el que quisiera observar el SCADA de la pantalla HMI (véase Figura 84).



Figura 84. Instalación completa del sistema de gestión de energía junto al banco fotovoltaico. *Fuente: Autor.*

El sistema SCADA diseñado en la pantalla HMI fue ideado con la intención de que cualquiera pudiera manejarlo casi intuitivamente. Todas las variables se observan sin complejidad, los sectores de iluminación manuales son fácil de activar, también la configuración en la que se quiere trabajar el sistema gestión de energía, en fin, todo fue diseñado con una interfaz sencilla, de fácil manejo y agradable para los usuarios (véase Figura 85).



Figura 85. Pantallas con el sistema SCADA diseñado en la pantalla HMI; se puede observar la pantalla principal, la recolección de datos de las baterías, los paneles, las luces, y la configuración del sistema y el alumbrado del Tecnoparque. *Fuente: Autor.*

Como se está en la búsqueda de concientizar a las personas y ayudar a realizar proyectos basados en energía renovable, se me fue dada la tarea de realizar múltiples charlas donde explicara mi proyecto y dejara la curiosidad a las personas para motivarlas a seguir realizando proyectos e investigaciones con energías renovables (véase Figura 86).



Figura 86. Charlas sobre el uso e investigación de la energía fotovoltaica. *Fuente: Autor.*

Capítulo 7

Costo aproximado de los tres sistemas instalados.

Para finalizar el proyecto y el convenio con el Tecnoparque fue necesario realizar una tabla de costos donde se evidenciarán todos los componentes utilizados y el valor promedio de cada componente, incluyendo el banco de paneles con el que ya contaba el Tecnoparque. La tabla fue hecha con valores promedio de cada componente porque como se mencionó al principio, todos o la mayoría de los componentes utilizados en los tres sistemas instalados ya hacían parte del Tecnoparque. Es necesario realizar la tabla de costos para determinar si el proyecto realizado es viable o no y si se podría producir en masa. En la tabla de costos también se incluye el posible valor que tiene la mano de obra al momento de realizar dichos proyectos (véase Figura 87).

COSTOS		
Componentes	valor unidad	valor total
SISTEMA ENERGETICO		\$ 17.322.200,00
Plc + hmi	\$ 3.040.000	\$ 3.040.000,00
Paneles solares 1200 w		\$ 5.000.000,00
Baterias vision 6FM200 12V x4	\$ 1.761.000	\$ 7.044.000,00
inversor		\$ 1.000.000,00
Regulador		\$ 600.000,00
Cables		\$ 40.000,00
Estructura		\$ 120.000,00
Sensor corriente x3	\$ 34.400	\$ 103.200,00
circuito electrónico	\$ 50.000	\$ 50.000,00
Interruptores (x3)(breakers)	\$ 60.000	\$ 180.000,00
Relés Potencia		\$ 145.000,00
CONTROL DE INGRESO		\$ 284.500,00
Arduino uno	\$ 25.000	\$ 25.000,00
Motor Dc	\$ 30.000	\$ 30.000,00
Lector RFID parallax 28440	\$ 140.000	\$ 140.000,00
Tarjetas RFID x10	\$ 2.000	\$ 20.000,00
Pulsador	\$ 2.500	\$ 2.500,00
Modulo Reles 2 canales	\$ 10.000	\$ 10.000,00
Bluetooth	\$ 18.000	\$ 18.000,00
Cables	\$ 10.000	\$ 10.000,00
carcasa (pla)	\$ 20.000	\$ 20.000,00
Módulo wifi ESP8266	\$ 9.000	\$ 9.000
SISTEMA DE SEGURIDAD		\$ 131.000
Arduino uno	\$ 25.000	\$ 25.000,00
Módulo wifi ESP8266	\$ 9.000	\$ 9.000
Teclado matricial 4x4	\$ 9.000	\$ 9.000
Pantalla LCD	\$ 7.000	\$ 7.000
Sensores		\$ 80.000
Zumbador	\$ 1.000	\$ 1.000
TOTAL SISTEMAS		\$ 17.737.700,00
Costo mano de obra		\$ 8.868.850,00
Costo total instalación		\$ 26.606.550,00

Figura 87. Tabla de costos con el valor aproximado de cada componente utilizado en el sistema, también se incluye el costo que tendría la mano de obra. *Fuente: Autor.*

Conclusiones

- La optimización de los paneles fotovoltaicos con el que ya contaba el Tecnoparque se realizó de manera eficiente al diseñar todo un sistema de gestión de energía donde la base principal era el control de dichos paneles fotovoltaicos.
- El sistema implementado en la puerta de acceso principal al TecnoParque mejoro en gran medida el ingreso, evitando la pérdida de tiempo que sufrían los administrativos mientras esperaban que les abrieran la puerta.
- La previa investigación realizada sobre la utilización de librerías que permitieran crear puertos virtuales evito el uso de controladores más robustos y de gran tamaño, además se hicieron pruebas de las tres más conocidas lo cual permitió escoger la librería NeoSWSerial.h la cual daba una mayor rapidez para la lectura de las tarjetas RFID.
- Con la instalación y modernización del sistema de seguridad el cual solo era conformado por cámaras de seguridad, se logró la expansión al agregar la central y los sensores infrarrojos, además, con la conectividad a la red de internet se reforzó en gran medida la seguridad del Tecnoparque en las horas en la que se encuentre solo.
- Las configuraciones de ahorro de energía y UPS fueron llevadas a cabo de la manera más óptima para permitir que se use la configuración que más se requiera en algún momento específico.
- La interfaz diseñada en la pantalla HMI se hizo de tal manera que quedara con un entorno sencillo y llamativo para el usuario, tanto como para ver las variables del sistema como para realizar los cambios de configuración y de encendido manual de las luces.

- De la tabla de costos realizadas, se puede observar que los tres sistemas instalados tienen un costo accesible para poder ser comercializado a empresas e incluso hogares que deseen apuntarle a las energías renovables.
- Los sistemas implementados han servido para dar charlas de motivación para la gran cantidad de estudiantes de colegio y universidad que llegan constantemente con la necesidad o la idea de realizar algún proyecto innovador.

Referencias

- Castro, A. (2017). *TODO SOBRE LOS MEJORES SISTEMAS DE SEGURIDAD PARA TU HOGAR*. Recuperado el mayo de 2018, de Granreforma: <http://granreforma.com.mx/los-mejores-sistemas-seguridad-hogar-1a-parte/>
- CEil. (2015). *SISTEMAS DE SEGURIDAD-Técnicas y procesos de instalaciones singulares*. Xunta de Galicia, España.
- GRUPO EMOPA. (10 de septiembre de 2015). *Tipos de Sensores de alarma y detectores de alarma*. Recuperado el mayo de 2018, de Grupo emopa, sistemas profesionales : <http://www.emopa.com/blog/grupo-emopa/tipos-de-sensores-de-alarma-y-detectores-para-tu-alarma/>
- Pepperl + Fuchs. (2018). *La tecnología RFID gestiona el control de acceso*. Recuperado el mayo de 2018, de pepperl-fuchs.com: <https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/23763.htm>
- Dipole. (2016). *Tecnología RFID*. Recuperado el mayo de 2018, de <http://www.dipolerfid.es/es/tecnologia-RFID>
- LLansola, Z. F. (04 de octubre de 2006). Sensores de Identificación por Radio-Frecuencia (RFID). *Universitat Jaume I*, 13.
- RFID Journal. (2018). *¿Cuál es la diferencia entre las etiquetas de lectura y escritura RFID?* Recuperado el mayo de 2018, de <http://www.rfidjournal.com/faq/show?67>
- Actum. (2018). *Tags RFID activos, pasivos y semipasivos*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://www.actum.es/preguntas-frecuentes/tipos-de-tags>
- Parallax INC. (2018). *Módulo de lectura/escritura RFID-serie*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://www.parallax.com/product/28440>
- Orlando. (25 de abril de 2014). *Módulo RFID-RC522 RF con Arduino UNO SPI*. Recuperado el mayo de 2018, de Hetpro: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/modulo-lector-rfid-rc522-rf-con-arduino/>
- Navarro, K. (15 de octubre de 2014). *¿Cómo funciona el protocolo SPI?* . Recuperado el mayo de 2018, de <http://panamahitek.com/como-funciona-el-protocolo-spi/>
- Aprendiendo Arduino. (julio de 2017). *I2C*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/07/09/i2c/>
- Geeky Theory. (2017). *Puertos y Buses 1: I2C y UART*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://geekytheory.com/puertos-y-buses-1-i2c-y-uart>
- Aprendiendo arduino. (2016). *Qué es Arduino*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/09/25/que-es-arduino/>
- Arduino. (2018). *Arduino uno rev3*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- Visystem. (2018). *ESP8266*. Recuperado el mayo de 2018, de <http://visystem.ddns.net:7442/ESP8266-modulos/>
- Aprendiendo Arduino. (2017). *Qué es ESP8266*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2017/09/12/que-es-esp8266/>
- Electronilab. (s.f.). *EPS8266-ESP-01-Módulo Trascceptor WIFI Serial*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://electronilab.co/tienda/esp8266-modulo-wifi-serial-transceptor/>
- Huidobro , J. M., Solsona, A. B., & Galero, J. J. (2008). *Redes de área local: administración ed sistemas informáticos* (2a edición ed.). Madrid: Thomson Ediciones Paraninfo, S.A.
- Rallo, D. (04 de septiembre de 2015). *¿Por qué implantar un sistema de gestión de energía?* . Recuperado el mayo de 2018, de Zemsania Global group: <https://www.zemsania.com/sistema-de-gestion-de-energia/>

- Gelvis, C. G., Frias, J. M., & Contreras, E. V. (2008). *Automatización y control*. Universidad Industrial de Santander.
- Halud Ingeniería. (2016). *PLC-S7-1200-CPU-1214C-AC-DC-RLY*. Recuperado el mayo de 2018, de <http://halud.co/tienda/plc-s7-1200-cpu-1214c-ac-dc-rly/>
- Wonderware Spain. (2018). *Interfaz Hombre-Máquina (HMI)*. Recuperado el mayo de 2018, de <http://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/>
- Festo. (2018). *Trainer Package SIMATIC Basic Panel KTP400*. Recuperado el mayo de 2018, de <http://www.festo-didactic.com/es-es/productos/equipos-de-practicas/tecnica-de-automatizacion-plc/trainer-package-simatic-basic-panel-ktp400.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjEyMzEuODIwMg>
- Dynamo Electronics S.A.S. (2018). *Sensor de Corriente en Board 5A o 20A*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://www.dynamoelectronics.com/hecho-en-colombia/658-sensor-de-corriente-en-board.html>
- Integrated Solar Operations (ISO). (2010). *Qué es un sistema fotovoltaico*. Recuperado el mayo de 2018, de <http://isoenergiapr.com/conoce-mas/que-es-un-sistema-solar-fotovoltaico/>
- SUN SUPPLY. (2017). *Componentes de un sistema de energía solar*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>
- Castejón, A., & Santamaría, G. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. EDITEX.
- Pérez, B. (2014). *Aprende a crear y diseñar soluciones de telefonía IP desde cero* (1a edición ed.).
- SunFields Europe. (2017). *Conceptos sobre baterías para placas solares – Parte III*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-fotovoltaicos-baterias-solares-parte-iii/>
- Energía Solar. (abril de 2016). *Reguladores de carga*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/instalaciones-autonomas/reguladores-carga>
- SunField Solar. (2015). *Inversor solar fotovoltaico – ¿Qué es y cómo funciona?* Recuperado el mayo de 2018, de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/equipos-solares-ondulador-o-inversor-fotovoltaico/>
- Angel. (18 de noviembre de 2017). *NodeMCU y Arduino: ¿Cómo interconectarlos? UART, i2C y SPI*. Recuperado el mayo de 2018, de BBITS Tecnología y Opinión: <https://borrowbits.com/2017/11/como-comunicar-arduino-con-nodemcu-parte-i-conexion-serieuart/>
- Teslabem. (2017). *HC-06 Módulo Bluetooth Serial*. Recuperado el mayo de 2018, de <http://teslabem.com/modulo-bluetooth-serial-hc-06.html>
- Arduino. (2018). *Code for using the Arduino with the Parallax RFID reader/writer*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://playground.arduino.cc/Learning/ParallaxRFIDreadwritemodule>
- Hernández, L. d. (2016). *ESP8266 todo lo que necesitas saber del módulo WiFi para Arduino*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://programarfacil.com/podcast/esp8266-wifi-coste-arduino/>
- Hernández, L. d. (2016). *Texto en movimiento en un LCD con Arduino*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://programarfacil.com/tutoriales/fragmentos/arduino/texto-en-movimiento-en-un-lcd-con-arduino/>

- Diosdado, R. (2014). *Sensor PIR para la detección de presencia* . Recuperado el mayo de 2018, de <https://www.zonamaker.com/arduino/modulos-sensores-y-shields/sensor-pir-para-la-deteccion-de-presencia>
- Nestia Fenix. (s.f.). *Buzzer o Zumbador* . Recuperado el mayo de 2018, de <https://www.nextiafenix.com/producto/buzzer-o-zumbador/>
- Diario la opinión. (14 de abril de 2016). En Ocaña le apuestan al uso de energía solar. *La opinión*.
- Crediservir. (2016). *Crediservir Protegiendo el medio ambiente*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://www.crediservir.coop/destacados.asp?codigo=6&/gestion-ambiental>
- Solano, E. V., & Rodríguez, J. S. (2015). *Banco de pruebas de energía solar fotovoltaica con el fin de generar energía eléctrica para las luminarias de la plazoleta a la vida de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña*. Tesis pregrado, Tecnoparque nodo Ocaña, Ocaña.
- Masvoltaje. (s.f.). *SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta, AC/DC/Relé*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1198-simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-ac-dc-rele-6940408101319.html>
- García, V. (08 de Octubre de 2015). *Voltímetro Digital con Arduino*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/voltimetro-digital-con-arduino>
- Villamizar, M. R. (2017). *Montaje y supervisión de zonas fotovoltaicas y estación meteorológica básica en el municipio de acacias-meta* . Tesis de Pregrado, Universidad de Pamplona, DPTO. de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Pamplona.
- Aljarafe, M. d. (2018). *Alarmas Conexión IP*. (INTPLUS, Productor) Recuperado el mayo de 2018, de Superalarmas: <http://www.superalarmas.com/alarماسip.htm>
- Progclass.files.wordpress. (2011). *Generador Fotovoltaico*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://progclass.files.wordpress.com/2011/10/generador-fotovoltaico.pdf>
- Teslabem.com. (2017). *Módulo de 2 Relevadores (2 Canales) 5VDC*. Recuperado el mayo de 2018, de <http://teslabem.com/modul-de-2-relevadores-2-canales-5vdc.html>
- Movilidad, E. y. (2017). *Controlador IC 6024*. Recuperado el mayo de 2018, de <http://www.energiaymovilidad.com/energia-solar/12-controlador-ic-6024.html>
- Océano. (1998). *Autodidacta Océano Color* (Vol. IV). Barcelona, España: MCMXCVIII Oceano grupo editorial, S.A.
- Electron Seguridad. (2018). *SISTEMAS DE ALARMA (INTRUSIÓN)*. Recuperado el mayo de 2018, de <http://www.electronseguridad.com/sistemas-de-alarma-intrusion/>
- COPA-DATA GmbH. (2018). *Interfaz Hombre-máquina (HMI)*. Recuperado el mayo de 2018, de <https://www.copadata.com/es/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi/>
- Abella, M. A. (s.f.). *Sistemas Fotovoltaicos*. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Departamento de energías renovables, Madrid.
- AméricaFotovoltaica. (2018). *Baterías para almacenar energía solar*. Recuperado el mayo de 2018, de La guía solar: <http://www.laguiasolar.com/baterias-para-almacenar-energia-solar/>
- Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. (07 de mayo de 2015). *La UFPS Ocaña cuenta con el primer Banco de Prueba de Energía Solar fotovoltaica*. Recuperado el mayo de 2018, de https://ufpso.edu.co/new/La-UFPS-Ocana-cuenta-con-el-primer-Banco-de-Prueba-de-Energia-Solar-fotovoltaica_1428

Apéndice A: Código y diagrama de flujo del control de ingreso

```
#include <NeoSWSerial.h>

#define txPin 6 //pines del lector RFID

#define rxPin 7

#define RFID_LEGACY 0x0F

#define txB 8 //Bluetooth

#define rxB 9

// pines para el Sentido del motor

#define in1 4

#define in2 5

#define in3 10 // gpio 2 esp8266

NeoSWSerial neoSWSerial(rxPin, txPin);

NeoSWSerial neoB(rxB, txB);

int val = 0;

int valor =0;

char code[11];

int bytesread = 0;

char HULBER[11]="0600977848"; //HULBER RODRIGUEZ

char usuarioA[11]="06009775BE"; //0

char usuarioB[11]="06009775A4"; //1 JULIAN GARCIA

char usuarioC[11]="06009774FC"; //2 EDWIN BARRIENTOS

char usuarioD[11]="06009773F3"; //3 LEONARDO NAVARRO
```

```
char usuarioE[11]="060097740C"; //4 JOHANNA CASTRO
char usuarioF[11]="06009775B1"; //5 FRANCISCO FOSSI
char usuarioG[11]="0600977597"; //6 JUAN
char usuarioH[11]="06009773FF"; //7 MARIA ANGELICA
char usuarioI[11]="0600977896"; //8
char usuarioJ[11]="19008245EE"; //9
char usuarioK[11]="1900812521"; //10
char usuarioO[11]="1900826C75"; //11
char usuarioP[11]="19008451D4"; //12

void setup() {
  Serial.begin(115200); //Velocidad de comunicación con el modulo wifi
  neoSWSerial.begin(9600); // velocidad del comunicación con el lector RFID
  neoB.begin(9600); // inicia el puerto serial para comunicacion con el bluetooth
  pinMode(txPin, OUTPUT); //pin 6
  pinMode(rxPin, INPUT); //pin 8
  pinMode(txB, OUTPUT); //pin 8 rx del wifi
  pinMode(rxB, INPUT); //pin 9 tx del wifi
  pinMode(in1, OUTPUT);
  pinMode(in2, OUTPUT);
  pinMode(in3, OUTPUT);
  digitalWrite(in1, HIGH); // estado inicial apagado el motor
  digitalWrite(in2, HIGH);
  digitalWrite(in3, LOW);
}
```

```
void loop(){

  neoSWSerial.listen (); //Lectura de puerto serial del lector RFID

  delay (5);

  neoSWSerial.print("!RW");

  neoSWSerial.write(byte(RFID_LEGACY));

  if(neoSWSerial.available() > 0) {      // cantidad de datos disponibles

    if((val = neoSWSerial.read()) == 10) { // lees los datos entrantes por el rx

      bytesread = 0;          // variable para contar y asignar al vector

      while(bytesread<10) {    // código tiene 10 dígitos

        if( neoSWSerial.available() > 0) { // verifica nuevamente los datos disponibles

          val = neoSWSerial.read();

          if((val == 10)||(val == 13)) {

            break;

          }

          code[bytesread] = val;    // crear el vector de la variable código

          bytesread++;

        }

      }

      if(bytesread == 10) {

        digitalWrite(in3, HIGH); //Envía un alto al gpio2 del esp8266 para habilitar la

        delay(200);             // lectura del servidor web y subir el código leído.

        digitalWrite(in3, LOW);

        Serial.println(code);    // Envía por el puerto serial el código que acaba de leer

      }

    }

  }
```

```
    if (strcmp(code, usuarioA) == 0) { //Comparaciones del código leído con los
acceso ();                                // que tienen permitido el ingreso
    }

    if (strcmp(code, HULBER) == 0) {
acceso ();
    }

    if (strcmp(code, usuarioB) == 0) {
acceso ();
    }

    if (strcmp(code, usuarioC) == 0) {
acceso ();
    }

    if (strcmp(code, usuarioD) == 0) {
acceso ();
    }

    if (strcmp(code, usuarioE) == 0) {
acceso ();
    }

    if (strcmp(code, usuarioF) == 0) {
acceso ();
    }

    if (strcmp(code, usuarioG) == 0) {
acceso ();
    }
```

```
if (strcmp(code, usuarioH) == 0) {  
    acceso ();  
}  
    if (strcmp(code, usuarioI) == 0) {  
        acceso ();  
    }  
    if (strcmp(code, usuarioJ) == 0) {  
        acceso ();  
    }  
    if (strcmp(code, usuarioK) == 0) {  
        acceso ();  
    }  
    if (strcmp(code, usuarioO) == 0) {  
        acceso ();  
    }  
    if (strcmp(code, usuarioP) == 0) {  
        acceso ();  
    }  
    bytesread = 0;  
    delay(1500);  
}  
}
```

```
neoB.listen(); // empieza lectura del puerto serial conectado el bluetooth

delay (5);

if(neoB.available(>0)){ // lee el bluetooth y almacena en estado
    estado = neoB.read();
}

if(estado=='c'){ // Boton ingreso
    acceso ();
    estado = 0;
}
}

void acceso () // función para la apertura de la puerta
{
    delay(300);
    digitalWrite(in1, LOW);
    digitalWrite(in2, HIGH);
    delay (1500);
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, LOW);
    delay (1000);
    digitalWrite(in1, HIGH);
    digitalWrite(in2, HIGH);
    delay(5000);
}
```

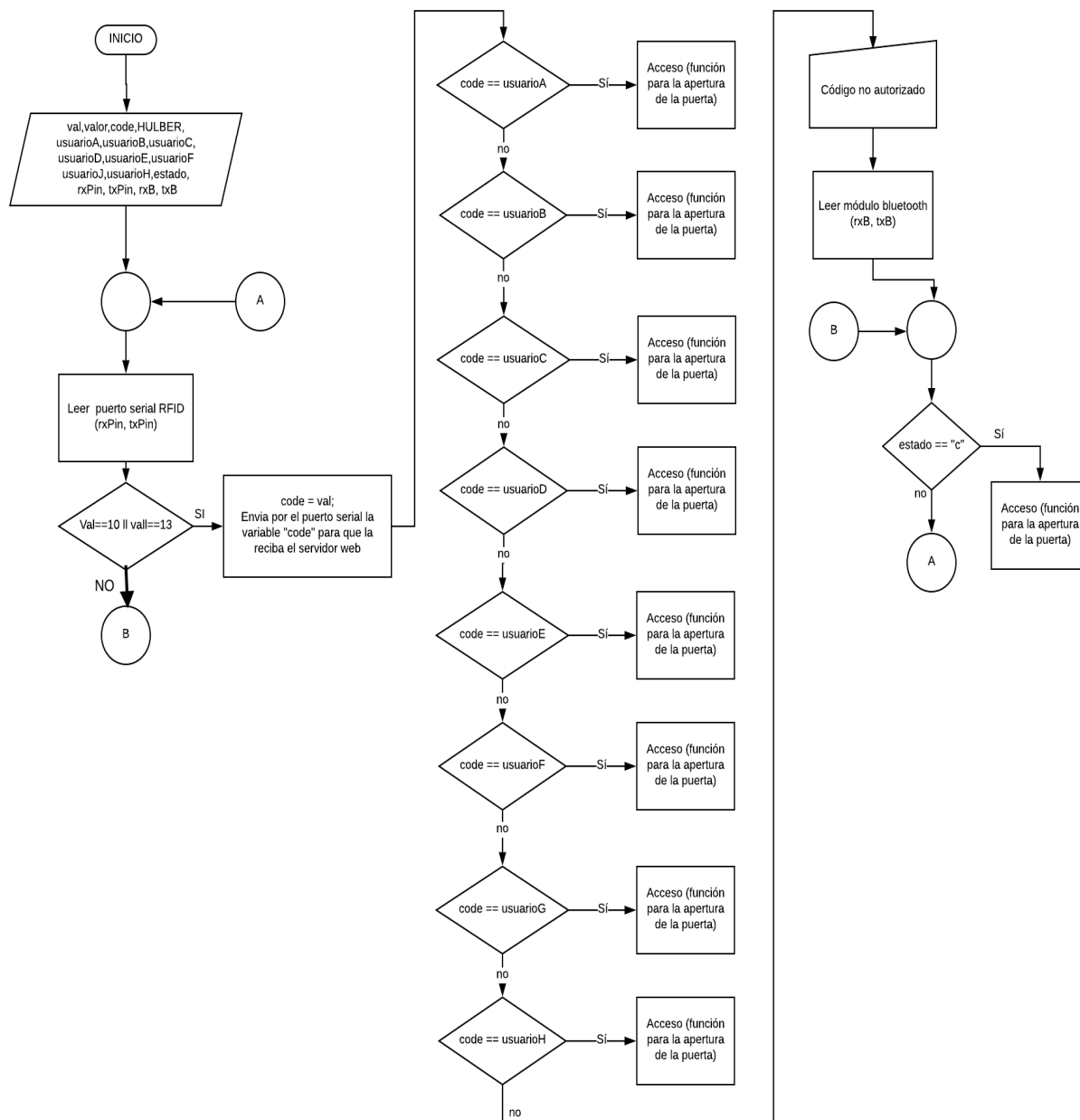


Figura 88. Diagrama de flujo del control de ingreso. Fuente: Autor.

Apéndice B: Medidas de los diseños para la cubierta protectora del circuito y del motor

Todas las medidas acotadas se miden en Centímetros.

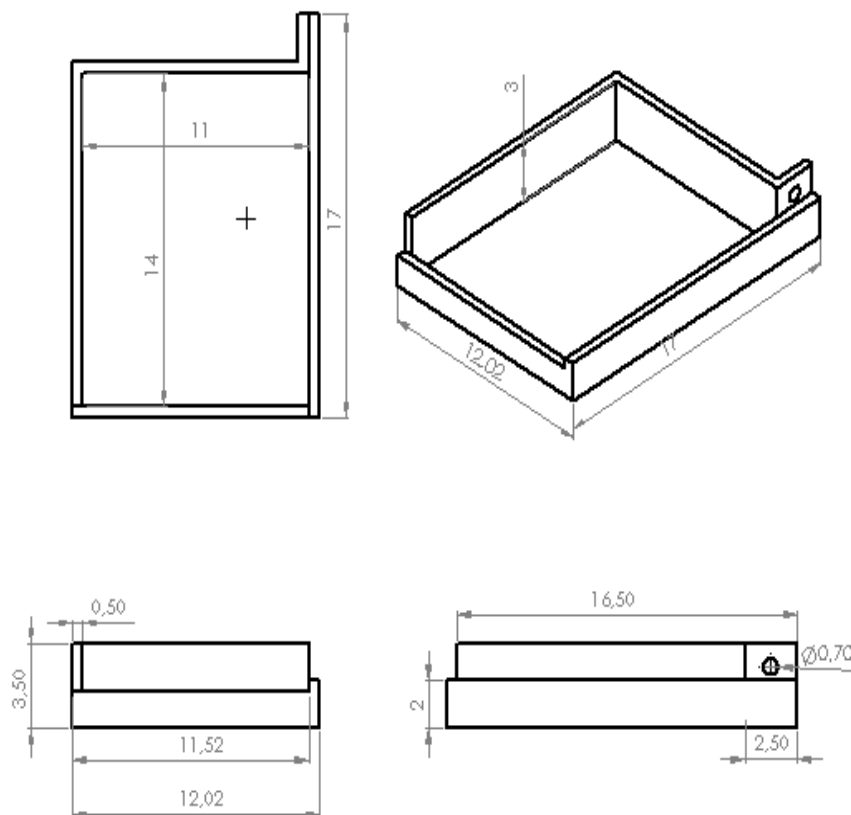


Figura 89. Cubierta protectora del circuito electrónico. Fuente: Autor.

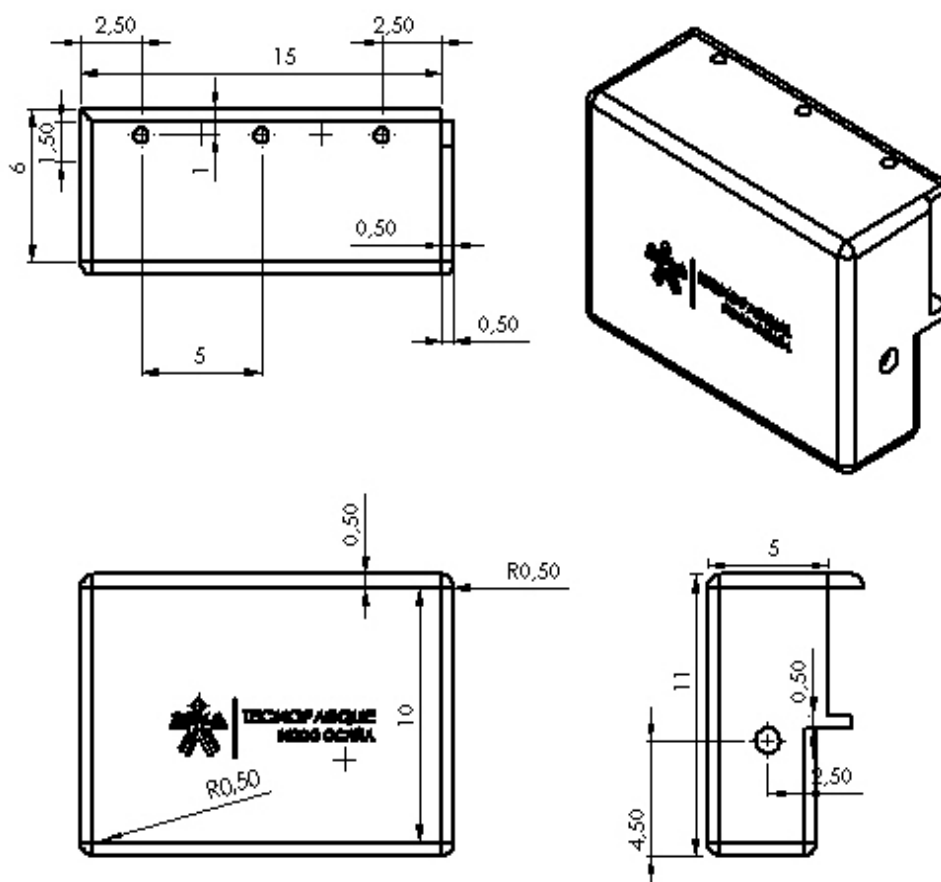


Figura 90. Cubierta protectora del motor. *Fuente: Autor.*

© 2018 servicio Nacional de Aprendizaje SENA / TecnoParque Colombia nodo Ocaña

Transversal 30 N 7-110 barrio la primavera

Teléfono Conmutador: 5611035 / 3162100508

e-mail: hrrodriguepi@misena.edu.co

Ocaña, Norte de Santander, Colombia

Derechos reservados.

Todos los proyectos realizados en la pasantía son de la autoría del Tecnoparque Nodo Ocaña.