



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA
ELECTRÓNICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE CANCHAS
SINTÉTICAS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

Presentado para optar al grado académico de:
**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**AUTORES: PROAÑO CAIZA MARITZA ELIZABETH
CARBAY VACACELA JUAN CARLOS**

DIRECTOR: ING. FAUSTO CABRERA

**Riobamba – Ecuador
2019**

©2019, Maritza Elizabeth Proaño Caiza, Juan Carlos Carbay Vacacela

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

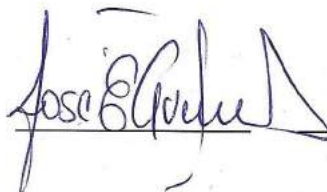
El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica, IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE CANCHAS SINTÉTICAS MUNICIPALES DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA, realizado por la señorita Maritza Elizabeth Proaño Caiza y el señor Juan Carlos Carbay Vacacela, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

NOMBRE


FIRMA

FECHA

ING. JOSÉ ENRIQUE GUERRA SALAZAR
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

 18/12/2019

ING. FAUSTO RAMIRO CABRERA AGUAYO
DIRECTOR DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN

 18/12/2019

ING. PABLO EDUARDO LOZADA YANEZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

 18/12/2019

Nosotros, MARITZA ELIZABETH PROAÑO CAIZA Y JUAN CARLOS CARBAY VACACELA, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de noviembre de 2019

Maritza Elizabeth Proaño Caiza

180553169-4

Juan Carlos Carbay Vacacela

070574460-5

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios, a mis padres Gladys y Marcelo quienes han sido mi fuente de apoyo incondicional en todas las etapas de este camino, por los buenos ejemplos que han inculcado en mí y por la total entrega para ayudarme en todo lo que he necesitado. A mis sobrinos Danna, Karol y Pablo, por inspirar ese amor puro e incondicional. A mi hermana Diana por todo el apoyo y el ánimo que siempre me da. A mi novio Steven por su respaldo y amor.

Maritza Elizabeth Proaño Caiza

Quiero dedicar este trabajo de titulación a mi familia, el centro de mi vida; por ellos hoy estoy alcanzado ésta meta. A mis padres Alcira y Ovidio, los guías de mi vida, fuentes de amor incondicional, quienes me han inculcado que, el esfuerzo, la humildad, la perseverancia y la dedicación tiene sus frutos. A mis hermanos, Anthony y Tania, mis mejores amigos, cómplices y compañeros, a quienes admiro y quiero mucho. A mi sobrinito David, quien llegó a alegrar la vida de todos con su ternura y ocurrencias. Se que aún quedan muchos sueños que vivir y triunfos por lograr; mi fortaleza es el amor de mi familia, ese vínculo inquebrantable que trasciende el tiempo y la distancia por siempre y para siempre, y a ellos dedico este trabajo. Y finalmente, a nuestras amadas mascotas Jack, Pauly, Tomy y Bongo, los compañeros más fieles y leales, quienes también forman parte de nuestra familia.

Juan Carlos Carbay Vacacela

AGRADECIMIENTO

Al Señor por regalarme la oportunidad de concluir una gran etapa de mi vida, por ayudarme a superar los obstáculos y por todas las bendiciones que me ha brindado, a mis padres por su amor infinito, paciencia y apoyo incondicional, a mis sobrinos y hermanos por darme la mano para lograr este sueño, a mi novio Steven por toda la ayuda, amor, paciencia y completo apoyo en la realización de este trabajo, a mi familia, por sus palabras de aliento y apoyo, a mi amigo y compañero de tesis JuanCa por el compromiso, la paciencia y la entrega.

A mis amigos y amigas quienes siempre estuvieron para acompañarme en momentos buenos y malos.

Un gran agradecimiento a la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales, al GADM de Riobamba y a todas las personas que a lo largo de la carrera ayudaron de una u otra manera para que esta meta se cumpla.

Maritza Elizabeth Proaño Caiza

Agradezco de todo corazón a mis padres, hermanos y sobrinito, por todo su amor, consejos y apoyo, en la búsqueda de mis sueños y metas; sus palabras me han dado fuerzas, me han hecho creer en mí y en que soy capaz de lograr todas mis metas. A todos mis amigos y amigas, los cuales me honran con su sincera amistad y con quienes me quedo corto de palabras al decirles que los aprecio mucho; de ellos me llevo muchas enseñanzas y gratos recuerdos. A mi amiga de toda la carrera, Mary, en quien confío y a quien expreso toda mi gratitud por su apoyo en la realización de este trabajo de titulación; no fue para nada sencillo el último tramo del camino de la vida universitaria, pero sé que, sin su compromiso y capacidades, hubiese sido aún más difícil abordar el escalón.

También agradezco a todos los docentes que con esmero y dedicación fueron mis guías en la obtención de conocimientos durante todos mis años de estudio.

Juan Carlos Carbay Vacacela

TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Actividad física	3
1.2 Canchas sintéticas municipales de la Riobamba	4
1.2.1 Administración de canchas sintéticas.....	4
1.2.2 Canchas sintéticas del Parque Sesquicentenario.....	6
1.3 Sistemas de reservación de canchas sintéticas	10
1.4 Tecnología en escenarios deportivos.....	11
1.4.1 Marcadores electrónicos	11
1.4.2 Sistema de iluminación	12
1.4.2.1 Control de iluminación	13
1.4.2.2 Sensores de luz.....	13
1.5 Procesamiento de imágenes	14
1.5.1 Código de respuesta rápida	14
1.5.2 Librerías para procesamiento digital de imágenes	15
1.6 Dispositivos de control en baja tensión	16
1.7 Redes informáticas	17
1.7.1 Tecnologías de comunicación inalámbrica.....	17

1.7.2	Circuito integrado ESP8266	18
1.8	Software de aplicaciones y bases de datos	20
1.8.1	Aplicaciones móviles	20
1.8.2	Bases de datos	21
1.8.2.1	Modelo de datos entidad-relación	22
1.8.3	Aplicaciones de cliente Windows	22
1.8.3.1	Programación orientada a objetos	23

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	25
2.1	Requerimientos en el diseño del sistema	25
2.2	Arquitectura del prototipo de sistema	26
2.3	Diagramas de bloques de los módulos del sistema	28
2.3.1	Módulo de comunicación	28
2.3.2	Módulo de acceso automático	28
2.3.3	Módulo de control de iluminación	29
2.3.4	Marcador electrónico	30
2.3.5	Base de datos y aplicaciones	31
2.4	Elementos hardware del prototipo de sistema	32
2.4.1	Dispositivos de procesamiento	32
2.4.1.1	Raspberry PI	33
2.4.1.2	ATmega328P-PU	34
2.4.1.3	Max7219	35
2.4.2	Dispositivos sensores	36
2.4.2.1	BH1750	36
2.4.2.2	Cámara Texet WCM-183	38
2.4.2.3	Cámara Logitech C270	39
2.4.3	Dispositivos para la comunicación inalámbrica	40
2.4.3.1	NodeMCU V3	40

2.4.3.2	<i>ESP8266-01</i>	41
2.4.4	Elementos actuadores	42
2.4.4.1	<i>LEDs</i>	42
2.4.4.2	<i>Bocina</i>	43
2.4.5	Elementos para control en baja tensión	44
2.4.5.1	<i>Regulador LM317</i>	44
2.4.5.2	<i>MOC3041</i>	45
2.4.5.3	<i>Triac BT136-600</i>	46
2.4.6	Elementos mecánicos	47
2.5	Fuentes de alimentación	47
2.6	Esquemas de conexión	48
2.6.1	Esquema de conexión del MAA	48
2.6.2	Esquemas de conexión del MCI	50
2.6.2.1	<i>Esquema de conexión de la placa principal</i>	50
2.6.2.2	<i>Esquema de conexión del sensor de luz inalámbrico</i>	51
2.6.2.3	<i>Esquema de conexión del control on-off inalámbrico</i>	52
2.6.3	Esquema de conexión del ME	55
2.7	Estructura de redes inalámbricas	58
2.8	Software del prototipo de sistema	60
2.8.1	Arduino IDE	60
2.8.1.1	<i>Software del módulo de comunicación</i>	60
2.8.1.2	<i>Software del módulo de control de iluminación</i>	62
2.8.1.3	<i>Software del marcador electrónico</i>	66
2.8.2	Python IDLE	69
2.8.2.1	<i>Software del módulo de acceso automático</i>	69
2.8.3	Firestore	72
2.8.3.1	<i>Diagrama entidad-relación de la base de datos</i>	72
2.8.4	Android Studio	74
2.8.4.1	<i>Diagrama de flujo de aplicación móvil</i>	74

2.8.5	<i>Visual Studio Community</i>	80
2.8.5.1	<i>Diagrama de flujo de aplicación de escritorio</i>	80
2.9	Implementación del prototipo de sistema	82
2.9.1	<i>Módulos del prototipo</i>	82
2.9.2	<i>Aplicación móvil Android</i>	84
2.9.3	<i>Base de datos en Firebase</i>	85
2.9.4	<i>Aplicación de escritorio Windows</i>	85

CAPÍTULO III

3.	DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	88
3.1	Caracterización del sensor de luz	88
3.2	Distancia de ubicación de los módulos	93
3.3	Confiabilidad de servidor NTP	94
3.4	Número de cámaras	99
3.5	Detección de objetos sobre la cancha	102
3.6	Precisión de temporizador	103
3.7	Transferencia de paquetes de datos.	104
3.7.1	<i>Comunicación entre módulos en la red local</i>	109
3.7.2	<i>Caracterización del módulo de comunicación</i>	109
3.7.3	<i>Conexión entre aplicaciones y base de datos</i>	110
3.8	Escalabilidad del sistema	111
3.9	Consumo energético	112
3.10	Presupuesto referencial	115

CONCLUSIONES	116
---------------------------	------------

RECOMENDACIONES	118
------------------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Cancha sintética de Parque Sesquicentenario.	7
Figura 2-1:	Sistema de iluminación en canchas sintéticas de Parque Sesquicentenario.....	7
Figura 3-1:	Luminarias de canchas sintéticas y equipo Aruba en Parque Sesquicentenario. .	8
Figura 4-1:	Tablero eléctrico de Parque Sesquicentenario.	9
Figura 5-1:	Luminaria 250W.	9
Figura 6-1:	Lámpara Maviju de 36000Lm.....	10
Figura 7-1:	Codificación-decodificación del código QR.....	15
Figura 8-1:	Módulos ESP8266: 12F (a), 01 (b) y NodeMCU 12E (c).....	19
Figura 1-2:	Arquitectura del prototipo de sistema electrónico.	26
Figura 2-2:	Diagrama de bloques del MC.....	28
Figura 3-2:	Diagrama de bloques del MAA.	29
Figura 4-2:	Diagrama de bloques del MCI.	30
Figura 5-2:	Diagrama de bloques del ME.....	30
Figura 6-2:	Diagrama de bloques de la base de datos y aplicaciones.	32
Figura 7-2:	Raspberry PI 3 B+.....	33
Figura 8-2:	ATmega328P-PU.....	34
Figura 9-2:	Max7219.	35
Figura 10-2:	Placa GY-302 con sensor BH1750.	36
Figura 11-2:	Cámara Texet WCM-183.....	38
Figura 12-2:	Cámara Logitech C270.	39
Figura 13-2:	NodeMCU V3.....	40
Figura 14-2:	ESP8266-01.	41
Figura 15-2:	LED verde de alta intensidad.	43
Figura 16-2:	Bocina de 127dB.....	43
Figura 17-2:	Terminales de LM317.....	44
Figura 18-2:	Terminales de MOC3041.....	45
Figura 19-2:	Terminales de BT136-600.	46
Figura 20-2:	Cerradura LCJ EC-C2000-290S.	47
Figura 21-2:	Esquema de conexión del MAA.	49
Figura 22-2:	Módulo de acceso automático.....	50
Figura 23-2:	Esquema de conexión de placa principal del MCI.....	51
Figura 24-2:	Placa electrónica principal del MCI.....	51
Figura 25-2:	Esquema de conexión del sensor de luz inalámbrico.....	52
Figura 26-2:	Placa electrónica del sensor de luz inalámbrico.....	52

Figura 27-2:	Esquema de conexión del control on/off inalámbrico.....	53
Figura 28-2:	Placa electrónica del control on/off inalámbrico.	54
Figura 29-2:	Esquema de conexión de microcontroladores y bocina del ME.	55
Figura 30-2:	Placa de microcontroladores del ME.	56
Figura 31-2:	Esquema de conexión de displays de 7 segmentos.	57
Figura 32-2:	Esquema de conexión de matrices LED.	57
Figura 33-2:	Placas y circuitos del ME.....	58
Figura 34-2:	Redes WLAN configuradas.	59
Figura 35-2:	Diagrama de flujo para MC.	61
Figura 36-2:	Diagrama de flujo para la lectura de sensores de luz.	63
Figura 37-2:	Diagrama de flujo para el control on-off de las luminarias.	64
Figura 38-2:	Diagrama de flujo de nodo principal del MCI.	65
Figura 39-2:	Diagrama de flujo para el conteo de goles.....	66
Figura 40-2:	Diagrama de flujo para el temporizador.	67
Figura 41-2:	Diagrama de flujo para el NodeMCU del marcador electrónico.	68
Figura 42-2:	Diagrama de flujo para el acceso mediante código QR.	70
Figura 43-2:	Diagrama de flujo para el desalojo de la cancha sintética	71
Figura 44-2:	Diagrama entidad-relación.....	73
Figura 45-2:	Diagrama de flujo del registro e ingreso de usuario.	75
Figura 46-2:	Diagrama de flujo aplicación móvil - menú.....	76
Figura 47-2:	Diagrama de flujo de cuenta de usuario.....	76
Figura 48-2:	Diagrama de flujo para reservación de cancha.	77
Figura 49-2:	Diagrama de flujo de comprobante.....	78
Figura 50-2:	Diagrama de flujo del control remoto.	79
Figura 51-2:	Diagrama de flujo aplicación de escritorio.	81
Figura 52-2:	Implementación de módulos del prototipo.....	82
Figura 53-2:	Implementación de nodo central y sensores del MCI.	83
Figura 54-2:	Implementación de control on/off inalámbrico del MCI.	84
Figura 55-2:	Pantalla principal de aplicación móvil.	84
Figura 56-2:	Base de datos en Firebase.	85
Figura 57-2:	Interfaz de horario de disponibilidad por cancha.....	86
Figura 58-2:	Interfaz de horario de disponibilidad por fecha.	86
Figura 59-2:	Interfaz de registro de alertas del sistema.	87
Figura 1-3:	Luxómetro Dr.Meter LX1010B.....	88
Figura 2-3:	Plano de puntos de medición y ubicación de sensores.....	89
Figura 3-3:	Intensidad de señal en dBm medida con inSSIDer.	94
Figura 4-3:	Variabilidad de hora obtenida en PRTG Network Monitor.	95

Figura 5-3:	Planos de cobertura de cámara Logitech C270.....	99
Figura 6-3:	Planos de área de cobertura para desalojo.	100
Figura 7-3:	Procesamiento de imágenes en desalojo de la cancha.	102
Figura 8-3:	Tamaño mínimo de objeto para detección.	102
Figura 9-3:	Monitoreo de temporizador en puerto COM.....	104
Figura 10-3:	Usuarios registrados en Firebase.....	104
Figura 11-3:	Código QR registrado en Firebase.	105
Figura 12-3:	Monitoreo en Python Shell.	105
Figura 13-3:	Reserva registrada en Firebase.....	106
Figura 14-3:	Monitoreo de verificación de reserva y actualización de hora.....	106
Figura 15-3:	Monitoreo de alerta.	107
Figura 16-3:	Alerta registrada en Firebase.....	107
Figura 17-3:	Multímetro MASTECH MS8268.....	112

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Dispersión de muestras de tiempo de respuesta.....	99
Gráfico 2-3:	Gráfica circular de comunicación entre módulos en la red local.....	109
Gráfico 3-3:	Gráfica circular de comunicación entre MC y base de datos.....	110
Gráfico 4-3:	Gráfica circular de comunicación entre módulos en la red local.....	111
Gráfico 5-3:	Potencia consumida 1h (Wh).....	114
Gráfico 6-3:	Consumo total (kWh).....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Listado de canchas sintéticas y su estado actual.....	5
Tabla 2-1:	Sitios con wifi gestionado en donde existen canchas.	5
Tabla 3-1:	Tecnologías de comunicación inalámbrica de corto alcance.....	18
Tabla 4-1:	Placas con integrado ESP8266 disponibles en el mercado.....	20
Tabla 1-2:	Características técnicas de Raspberry PI 3 B+	33
Tabla 2-2:	Características técnicas de ATmega328P-PU.	34
Tabla 3-2:	Características Max7219	35
Tabla 4-2:	Características sensor de iluminación BH1750.....	37
Tabla 5-2:	Modos de medición BH1750.....	37
Tabla 6-2:	Características de la cámara Texet WCM-183.....	38
Tabla 7-2:	Características de la cámara Logitech C270.....	39
Tabla 8-2:	Características NodeMCU V3.....	41
Tabla 9-2:	Características de ESP8266-01.....	42
Tabla 10-2:	Características de LED verde de alta intensidad.	43
Tabla 11-2:	Características de LM317.....	44
Tabla 12-2:	Características optoacoplador MOC3041.....	46
Tabla 13-2:	Características triac BT136-600.....	46
Tabla 14-2:	Características de la cerradura LCJ EC-C2000-290S.....	47
Tabla 15-2:	Fuentes de alimentación para circuitos en módulos.	48
Tabla 16-2:	Id de elementos de la red para comunicación y reporte de alertas.	59
Tabla 1-3:	Error absoluto del sensor BH1750.....	90
Tabla 2-3:	Medidas de iluminancia sin y con cubierta.	91
Tabla 3-3:	Estadísticos descriptivos de iluminancia medida para tres casos diferentes.	92
Tabla 4-3:	Media de error relativo en sensor BH1750 por cubierta.....	92
Tabla 5-3:	Intensidades de señal aceptables.....	93
Tabla 6-3:	Tiempo de respuesta y diferencia de hora con servidor NTP (a).....	96
Tabla 7-3:	Tiempo de respuesta y diferencia de hora con servidor NTP (b).	97
Tabla 8-3:	Coefficiente de correlación intraclase calculado en IBM SPSS Statistics.....	98
Tabla 9-3:	Cálculos para área de cobertura de cámara.....	101
Tabla 10-3:	Cálculos para número de cámaras.	101
Tabla 11-3:	Cálculos para número de cámaras.	103
Tabla 12-3:	Transferencia de paquetes de datos relacionados a las alertas.	108
Tabla 13-3:	Transferencias de paquetes de datos relacionados a una reserva.	108

Tabla 14-3:	Comunicación entre módulos en la red local.....	109
Tabla 15-3:	Comunicación entre MC y la base de datos.	110
Tabla 16-3:	Comunicación entre aplicaciones y la base de datos.	110
Tabla 17-3:	Almacenamiento en Firebase.	111
Tabla 18-3:	Potencia consumida.	113
Tabla 19-3:	Consumo eléctrico.	114
Tabla 20-3:	Costo del prototipo.	115

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

V:	Tensión.
A:	Amperios.
Lm:	Lumens.
W:	Vatios.
Lx:	Lux.
WLAN:	Wireless Local Area Network.
WPAN:	Wireless Personal Area Network.
Wifi:	Wireless Fidelity.
HTTP:	HyperText Transfer Protocol.
USART:	(Transmisor-Receptor Síncrono/Asíncrono Universal).
SPI:	Serial Peripheral Interface.
I2C:	Circuit Inter Integer.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Información otorgada por el GADM de Riobamba.

Anexo B: Hoja de datos de módulos con chip ESP8266.

Anexo C: Datos recopilados en pruebas de prototipo.

Anexo D: Código de programación de módulo de comunicación.

Anexo E: Código de programación de módulo de acceso automático.

Anexo F: Código de programación de módulo de control de iluminación.

Anexo G: Código de programación de marcador electrónico.

Anexo H: Código de programación de aplicación móvil.

Anexo I: Código de programación de aplicación de escritorio.

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación se implementó un prototipo de sistema electrónico para la administración de canchas sintéticas municipales de la ciudad de Riobamba, el cual está conformado por cuatro módulos. El primero, de comunicación, el cual estructura una red jerárquica bajo el protocolo IEEE 802.11 y establece una conexión a servidores remotos mediante internet. El segundo, de acceso automático, que emplea un código de respuesta rápida en el acceso y verifica el desalajo usando procesamiento digital de imágenes. El tercero, se refiere al control de iluminación, que atenúa la luz considerando la ocupación de la cancha. El cuarto, un marcador electrónico, que realiza la gestión de horarios de reserva, con configuración automática de temporizador y conteo de goles mediante la aplicación. Además, incorpora una base de datos alojada en la nube que se conecta con la aplicación móvil para permitir al usuario reservar, y una aplicación de escritorio que permite mostrar horarios de disponibilidad de las canchas y alertas. Se realizaron pruebas de funcionamiento, las que permitieron determinar la distancia máxima de conexión inalámbrica de los módulos en 34.7m. En pruebas de transmisión de 200 datagramas entre la base de datos con las aplicaciones y el módulo de comunicación, y entre los módulos de la red, se obtuvo una eficacia del 100% y del 97%. El sistema se encuentra en capacidad de almacenar datos concernientes a la demanda actual de 13 canchas, con la limitación de 100 conexiones simultáneas y 10GB al mes en descarga de datos. Se concluye que el prototipo permite una administración de los espacios deportivos municipales, registrando datos para uso estadístico y agilizando el proceso de reserva. Para futuros proyectos se recomienda la incorporación de sistemas de visión artificial para mejorar la detección de objetos en la cancha.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TECNOLOGÍA DEL CONTROL>, <REDES DE COMPUTADORES>, <AUTOMATIZACIÓN>, <SISTEMAS EMBEBIDOS>, <ELECTRÓNICA DIGITAL>, <VISIÓN ARTIFICIAL>, <RED DE SENSORES INALÁMBRICOS (WSN)>



ABSTRACT

In this titling work, a prototype of an electronic system was implemented for the administration of municipal synthetic fields of the city of Riobamba, which is made up of four modules. The first one, for communication, which structures a hierarchical network under the IEEE 802.11 protocol, and establishes a connection to remote servers through the internet. The second, of automatic access, which employs a quick response code in the access, and verifies the eviction using digital image processing. The third refers to the lighting control, which dims the light considering the occupation of the field. The fourth, an electronic scoreboard, which manages reservation schedules, with automatic timer settings and goal counting through the application. In addition, it incorporates a database hosted in the cloud that connects with the mobile application to allow the user to book, and a desktop application that allows you to show hours of availability of the courts and alerts. Performance tests were performed, which allowed determining the maximum wireless connection distance of the modules at 34.7m. In tests of transmission of 200 datagrams between the database with the applications and the communication module, and between the modules of the network, an efficiency of 100% and 97% was obtained. The system is capable of storing data concerning the current demand of 13 courts, with the limitation of 100 simultaneous connections and 10GB per month in data download. It is concluded that the prototype allows an administration of municipal sports spaces, recording data for statistical use and speeding up the reservation process. For future projects it is recommended to incorporate artificial vision systems to improve the detection of objects on the field.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <CONTROL TECHNOLOGY>, <COMPUTER NETWORKS>, <AUTOMATION>, <EMBEDDED SYSTEMS>, <DIGITAL ELECTRONIC>, <ARTIFICIAL VISION>, <WIRELESS NETWORK SENSORS (WSN)>



INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico es uno de los pilares fundamentales de la promoción de la salud, está representado en la actividad física, la actividad deportiva y el deporte. Al ejercicio se le han atribuido beneficios del orden físico, psicológico y social. El ejercicio disminuye la sensación de fatiga, ansiedad y estrés; permite resistir mejor las enfermedades; mejora la función de todo el organismo en especial del corazón y de los pulmones; regula los niveles de colesterol; controla los niveles de azúcar en la sangre; brinda mayor fuerza y flexibilidad muscular. El deporte es la actividad física que obedece a normas y sus objetivos son la competencia, el máximo rendimiento y el espectáculo (Ortiz, 2001).

A nivel mundial, se reconoció la importancia del deporte y sus valores en la Cumbre del Milenio de Naciones Unidas del año 2000 y en la Sesión Especial de 2002 en favor de la infancia. En Ecuador, el deporte está garantizado como un derecho. La Constitución y el Plan Nacional para el Buen Vivir (PNBV) 2013-2017 establecen la obligación del Estado en promoverlo, y lo consideran como una herramienta indispensable para mejorar la calidad de vida de la población, fomentar la inclusión social, reducir desigualdades, crear sentimiento de comunidad y pertinencia, y propiciar el diálogo para resolver conflictos; es un medio para promover y garantizar otros derechos (UNICEF Ecuador, 2014).

Ciudades como Chillán (Chile) y Bogotá (Colombia) cuentan con plataformas las cuales aprovechan el expedito acceso a internet de la comunidad actual para lograr un canal de comunicación entre los administradores de los establecimientos deportivos y los usuarios (Galeano Montoya y Santana Gómez , 2016; Mora Roa y Silva Bravo , 2016). La idea principal es simplificar los procesos, desde la gestión administrativa y comercial, hasta la incorporación de pagos en línea e información en tiempo real de la disponibilidad de los espacios recreativos. En Ecuador se ha creado un sistema web para reservaciones de una cancha deportiva privada utilizando SMS y código QR, en Guayaquil, con el cual se optimizó la consulta de horarios y organización de campeonatos; además ofrece la opción de realizar reportes, cuadros estadísticos y cobros (Quimis Lino , 2016); de manera similar se desarrolló una aplicación móvil Android, administrada por una empresa pública, para la gestión de reservas en el sector norte de la ciudad (García López, 2017).

Una de las desventajas presentes en la gestión y administración actual de las canchas sintéticas municipales en la ciudad de Riobamba, es la disposición limitada para la ciudadanía en general, dependiente de una persona para brindar acceso a dichas áreas todo el tiempo; a esto se suma, el poco control sobre la recaudación generada y la imposibilidad de realizar una reservación del espacio deportivo de manera democrática y justa. La solución al inconveniente vendría con el establecimiento de un sistema al cual las personas puedan acceder fácilmente y se adapte a otros con infraestructura ya desarrollada. El presente proyecto tiene la finalidad de desarrollar un prototipo de sistema electrónico para la administración de canchas, con el objetivo de agilizar el acceso a las áreas deportivas públicas de pago.

Ante lo mostrado se requiere establecer el objetivo principal del trabajo implementar un prototipo de sistema electrónico para la administración de canchas sintéticas municipales de la ciudad de Riobamba, para lo cual se determinan los objetivos específicos:

- Determinar cómo se encuentra constituido un sistema electrónico para la administración de canchas sintéticas.
- Establecer los requerimientos del sistema a implementar.
- Definir el diseño del sistema planteado.
- Especificar los elementos *hardware* y software que se adapten a los requerimientos del sistema propuesto.
- Evaluar si el sistema cumple con los requerimientos establecidos.

El texto expuesto a continuación se encuentra separado en tres capítulos, cada uno de los cuales se enfoca en un área específica del trabajo desarrollado y a su vez contribuye en el cumplimiento de los objetivos planteados. En el primer capítulo se aborda el marco teórico relacionado a la actividad física, administración de canchas sintéticas municipales, tecnología en escenarios deportivos, procesamiento de imágenes, redes informáticas y finalmente de *software* para aplicaciones y base de datos. El segundo capítulo corresponde al marco metodológico y en él se procede con la definición de requerimientos del sistema propuesto, así como también la selección de herramientas *software* y materiales *hardware* necesarios para la implementación del prototipo. Finalmente, el tercer capítulo comprende los resultados conseguidos tras una elaborada serie de pruebas al prototipo final, con su respectiva discusión y análisis. Las conclusiones han sido desarrolladas de acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas ejecutadas y las recomendaciones están enfocadas a futuras investigaciones que pueden mejorar el sistema.

CAPITULO 1

1. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo abarca el estudio teórico fundamental para llevar a cabo el trabajo de titulación, considerando como punto principal el incentivo de la práctica deportiva en la disciplina de fútbol, a través de la correcta y eficiente gestión de los espacios recreativos disponibles; para ello se realiza un análisis enmarcado, entre otros aspectos, en redes de comunicación, base de datos, implementación de dispositivos electrónicos y procesamiento de imágenes, para brindar una experiencia única al usuario a través de un sistema electrónico.

1.1 Actividad física

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2010 expuso ante la comunidad internacional una serie de recomendaciones mundiales sobre actividad física, enfatizando los beneficios conllevados para la salud de los individuos pertenecientes a los distintos grupos de edades: niños y jóvenes de 5 a 17 años, adultos de 18 y 64 años, y adultos mayores de 65 años en adelante. El ritmo acelerado de la sociedad actual ha provocado el estado de inactividad de gran parte de la población durante el transcurso del día, llevando consigo a ubicar a la inactividad física como cuarto factor de riesgo de mortalidad mundial, un 6% (World Health Organization, 2010) de defunciones en todo el mundo.

La práctica de ejercicio físico de manera regular reduce el riesgo de cardiopatías coronarias y accidentes cerebrovasculares, diabetes tipo II, hipertensión, cáncer de colon, cáncer de mama y depresión (World Health Organization, 2010). La situación es alarmante y en eventos como la Asamblea Mundial de la Salud de 2004 se recomendó a los Estados el desarrollo de planes en conjunto con políticas estatales lo cual permitirá el incremento de los niveles de actividad física. “El Estado protegerá, promoverá y coordinará la cultura física...; impulsará el acceso masivo al deporte y a las actividades deportivas...”; la gestión pública referente a la actividad deportiva debe enfocarse hacia la búsqueda de eficiencia y eficacia, en un óptimo y racional manejo de recursos (Gómez Tafalla y Mestre Sancho, 2005: p. 50).

1.2 Canchas sintéticas municipales de la Riobamba

En los últimos años se intensifica la práctica del fútbol, debido al adcentamiento de múltiples canchas deportivas naturales y sintéticas. El gobierno local deberá elevar la prioridad y calidad de los servicios y equipamientos deportivos, como condición indispensable para enriquecer la gobernabilidad democrática y fomentar la solidaridad y la socialización de los y las ciudadanas, de todas las edades y condición, a través de su participación en este tipo de actividades (Cadena, 2015: p. 167, 168). El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GADM) de la ciudad de Riobamba invierte en obras de mejoramiento de parques en toda la ciudad, y dentro de la infraestructura moderna destacan las canchas de césped sintético para la práctica de fútbol (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, 2018).

1.2.1 Administración de canchas sintéticas

En entrevista con personal de la Dirección de Gestión Cultural se obtuvo información de la administración de las canchas sintéticas, sobre las cuales se mencionó que una vez construidas por la municipalidad su gestión es cedida al comité barrial, quien se encarga de su alquiler para obtener ingresos destinados a invertirse en obras de la mancomunidad. El precio de alquiler está regulado por el gobierno municipal, buscando garantizar la preferencia y acceso masivo de la comunidad riobambeña. La reservación y acceso a las canchas sintéticas se realiza en transacción directa con personal encargado. El horario de atención varía dependiendo del sector, debido principalmente a si la infraestructura cuenta con iluminación.

La Tabla 1-1 corresponde al listado de canchas sintéticas construidas por la municipalidad de Riobamba en diferentes sectores de la ciudad, las cuales poseen infraestructura de iluminación, en total existen 19 sitios; anexo a su ubicación se encuentra la evaluación realizada por el Ing. Luis Guerra, Analista de Obras Públicas, respecto al tipo de uso del espacio por parte de la comunidad. La información descrita está contenida en el Anexo A. La iluminación del escenario deportivo en la mayoría de los casos es resultado de gestiones del comité barrial, en otros por iniciativa de la Empresa Eléctrica de Riobamba S. A., y en proyectos puntuales como el parque Sesquicentenario las instalaciones se incluían en los planos arquitectónicos de la obra.

Tabla 1-1: Listado de canchas sintéticas y su estado actual.

No.	Sitio	Ubicación	Uso
1	La Primavera	San Andrés y Tixan	Medio
2	Los Cactus	Junto a la cárcel	Medio
3	Unión Independiente	Varsovia y Estocolmo	Medio
4	Pucara	San José y Bridges	Alto
5	Automodelo Norte	Automodelo Norte, Av. Sergio Quirola	Bajo
6	Cemento Chimborazo	Oswaldo Guayasamín y Manuelita Sáenz	Alto
7	21 de Abril	Jerónimo Carrión y José M. Velasco I.	Medio
8	Cdla. Galápagos	Ramón Roca y Alfredo Vaquerizo	Medio
9	Bellavista	México y Puruha	Alto
10	Villamaría	Veloz y Joaquín Chiriboga	Alto
11	Santa Faz	Tarqui y 12 de octubre	Bajo
12	Los Eucaliptos	Av. Simón Bolívar y Asunción	Medio
13	Parque Sesquicentenario	Av. Canonigo Ramos y Teofilo Saenz	Alto

Fuente: Obras Públicas - GADM de Riobamba, abril 2018.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

La Tabla 2-1 muestra los sitios en donde existen canchas y se presta el servicio de wifi gestionado; en total se aprecian 13 sitios con su respectiva ubicación y nombre por el cual se lo conoce. Una publicidad destaca en los sitios para informar de la existencia del servicio.

Tabla 2-1: Sitios con wifi gestionado en donde existen canchas.

Item	Nombre	Ubicación
1	Barrio Fausto Molina	Toronto y Santo Domingo
2	Frente a la Plaza de las hierbas	Av. 21 de abril y Emilio Estrada
3	Esfuerzo 2	5 de junio y Monseñor Andrade
4	21 de abril	Francisco Rosales y Av. Antonio José de Sucre
5	Cdla. La Cerámica	José María Egas y Ricardo Descalzi
6	Primera Constituyente	Javier Sáenz y Pasaje
7	Deportivas Sixto Durán	Varsovia y Estocolmo
8	Bellavista	Buenos Aires y Puruhá
9	Deportivas Bella Unión	Ayacucho y Asunción
10	Deportiva Automodelo Norte	Av. Sergio Quirola y Alfonso Villagomez
11	Pucará	París y San José
12	Complejo Mariana de Jesús	Mariana de Jesús y Ayacucho
13	Cancha Eucaliptos	Asunción y Bagdag

Fuente: Área de Infraestructura y Redes – GADM de Riobamba, mayo 2018.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

El Área de Infraestructura y Redes del GADM de Riobamba posee documentación en la cual se describe las características de los equipos utilizados para ofrecer el servicio de Wifi gestionado en distintas áreas de concurrencia masiva en la ciudad. Algunas de las especificaciones más representativas del dispositivo de Punto de Acceso Aruba son: operación en las bandas de frecuencia de 2.4GHz (600 Mbps máximo) y 5GHz (1.3Gbps máximo), cobertura de 30m sin interferencia, antena omnidireccional integrada y soporte de estándar 802.11a/b/g/n/ac (Anexo A). Los equipos de comunicación inalámbrica son concedidos por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones (CNT) con quien el gobierno municipal mantiene un contrato vigente.

La inversión realizada por la municipalidad en torno a las canchas sintéticas municipales podría aprovecharse de mejor manera estableciendo coordinación en la infraestructura existente. Una administración coordinada asociada a soluciones tecnológicas evitaría la aglomeración de personas en un solo espacio, alargando los periodos de mantenimiento de las áreas; establecería tasas de ingresos más equitativos para cada comité barrial; y marcaría la tendencia de Riobamba en convertirse en una ciudad inteligente.

1.2.2 Canchas sintéticas del Parque Sesquicentenario

El Parque Sesquicentenario es la única área deportiva administrada directamente por el municipio; la reservación de una cancha sintética se consigue mediante entrega en la oficina administrativa de un formulario para solicitudes varias emitido por el municipio y cuyo valor es de dos dólares. Una persona puede reservar únicamente por una hora una cancha sintética durante el transcurso del día; aunque se admite la entrega de múltiples solicitudes a la vez para hacer uso diario de las canchas. El horario de atención es de lunes a domingo de 9:00 a 12:00 y de 15:00 a 22:00 horas, con mayor concurrencia de usuarios por la noche a partir de las 7pm. La información presentada en el escrito fue otorgada por la oficina administrativa del parque.

El departamento de obras públicas, a cuyo despacho se delegó la solicitud de planos constructivos presentada en el levantamiento de información, no entregó documentación alguna referente a la infraestructura del parque; por lo tanto, se procedió con una inspección propia. La figura 1-1 corresponde a una fotografía en perspectiva de una de las 3 canchas sintéticas existentes en las instalaciones del parque. Las canchas poseen dimensiones y características constructivas idénticas. La medida de la cancha abarcando el cerramiento metálico es de 20m de ancho por 39m de largo. El cerramiento se compone de tubos y malla soldados, un travesaño a 2.60m de altura lo divide en dos partes iguales. La puerta de acceso al campo de juego se ubica en el centro del lado de la tribuna.



Figura 1-1: Cancha sintética de Parque Sesquicentenario.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

El administrador del parque comentó, respecto a la posibilidad de atenuar la iluminación en las canchas, la existencia de un impacto negativo a la seguridad de los peatones y deportistas. La atenuación de luz artificial debe ser parcial; considerando el número de luminarias, la opción más factible es apagar las 4 luminarias direccionadas a cubrir la parte céntrica del campo de juego, brindando visibilidad clara a los alrededores del cerramiento. La figura 2-1 muestra el escenario de la iluminación artificial en las canchas sintéticas, la cual aporta a la seguridad de los usuarios del parque.



Figura 2-1: Sistema de iluminación en canchas sintéticas de Parque Sesquicentenario.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Distribuidos de manera uniforme, a 10.5m de distancia de las esquinas, y fuera del cerramiento, están colocados 4 postes de 9m de altura en cuya cúspide se hallan un par de luminarias o reflectores. Un total de 8 luminarias componen el sistema de iluminación de una cancha sintética. En la figura 3-1 se observa la estructura metálica encargada de orientar la luz de las lámparas y el equipo Aruba correspondiente al servicio de wifi gestionado.



Figura 3-1: Luminarias de canchas sintéticas y equipo Aruba en Parque Sesquicentenario.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Una inspección realizada a los tableros eléctricos permite conocer la distribución de las líneas eléctricas y los elementos de control existentes. El tablero de distribución eléctrica del Parque Sesquicentenario se observa en la figura 4-1. Las horas de actividad de las luminarias están establecidas por el reloj programado en el controlador *KG316T Microcomputer Time Switch*, ubicado a la izquierda de los contactores del centro del tablero. Al accionar los contactores las líneas eléctricas de 220V en corriente alterna para la iluminación se habilitan; una misma línea alimenta todas las luminarias de la cancha. Los interruptores C5, C7 y C10 corresponden a la alimentación eléctrica de las canchas sintéticas 1, 2 y 3 respectivamente.

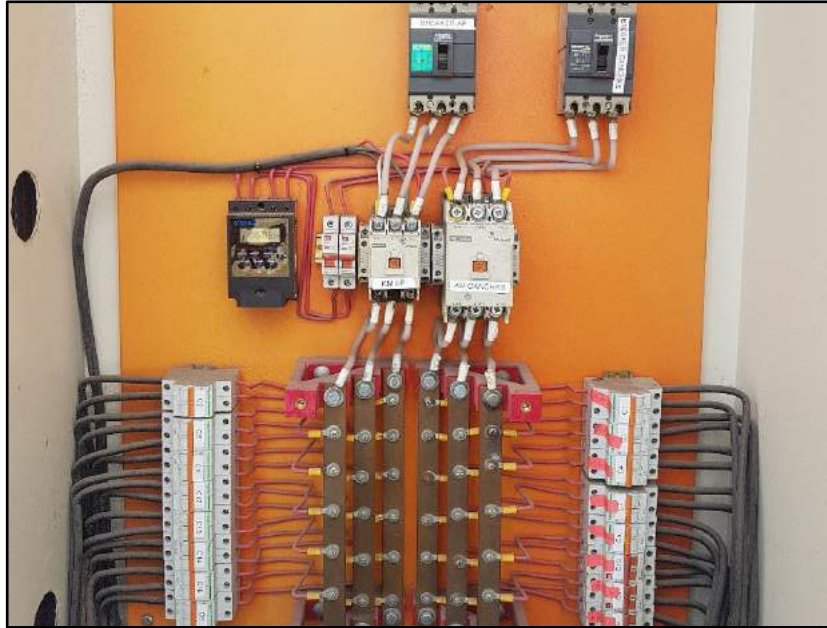


Figura 4-1: Tablero eléctrico de Parque Sesquicentenario.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Debido a la complejidad de acceder a luminarias ubicadas a 15m de altura, se gestiona con el departamento de mantenimiento del municipio el préstamo temporal de un equipo con características similares a los instalados en el parque. La luminaria consume 250W, la cual se observa en la figura 5-1; en su circuito están inmersos: un balastro marca SYLVANIA tipo Mercurio/MH 400W, un *ignitor* (arrancador) Z 400 MK marca OSRAM con salida tensión máxima de 5kV, un capacitor DISPROEL de 30 μ F a 330VAC y una porta bombilla tipo E40.



Figura 5-1: Luminaria 250W.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Los reflectores de las canchas usan lámparas Maviju de halogenuro metálico de 400W con 36000Lm y temperatura de color de 4200K. La figura 6-1 muestra una lámpara de aquel tipo.



Figura 6-1: Lámpara Maviju de 36000Lm.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

1.3 Sistemas de reservación de canchas sintéticas

Países como España poseen actualmente plataformas destinadas a la gestión de áreas deportivas (Soluciones Tecnológicas Algarsys SL, 2018), las cuales incluyen, entre otras características, aplicación web y nativa, red social de usuarios, gestión económica, gestión de escuelas y automatización de pistas. En Latinoamérica, concretamente en Bogotá (Colombia) y Chillán (Chile), también se ha incursionado en sistemas tecnológicos para gestionar encuentros deportivos y reservar canchas; con propuestas de una aplicación para dispositivos Android (Galeano Montoya y Santana Gómez, 2016) y Web (Mora Roa y Silva Bravo, 2016), respectivamente.

En la ciudad de Guayaquil se llevaron a cabo proyectos relacionados al tema (Quimis Lino, 2016; García López, 2017), consiguiendo en el primer caso una plataforma de aplicación móvil y web funcional para registrar la reserva de una cancha; y para el segundo caso solo se dispuso de una aplicación web, pero con notificación de pago mediante SMS y código QR al correo del usuario. En ambos casos existe un administrador de por medio encargado de verificar los pagos y brindar acceso a la pista de juego.

El principal objetivo de los sistemas mencionados es agilizar el proceso de agendado junto con acceso a información. En todos los casos desarrollados en el país la implementación se limitó al desarrollo de *software*; la parte *hardware* quedó exenta, sin considerar la posibilidad de acceso automatizado para usuarios autorizados a las pistas de juego en horarios establecidos, evitando de esta manera la presencia de personal encargado en todo momento.

1.4 Tecnología en escenarios deportivos

La tecnología se adentra en nuestras actividades cada día más, su objetivo es facilitar tareas y hacer más amigables los entornos. Además de los equipos de transmisión televisiva, existen aparatos electrónicos destinados a la asistencia de jueces, jugadores y espectadores, mantenimiento de la pista deportiva, control de iluminación y acceso de personas a áreas definidas (FIFA, 2017).

1.4.1 Marcadores electrónicos

Son dispositivos electrónicos los cuales otorgan al espectador información referente al desarrollo del juego o disciplina, los datos expuestos son: tiempo de juego, puntaje, periodo, faltas y, ocasionalmente, mensajes cortos (Magiturno, 2018). En el mercado es posible encontrar una gran variedad de estos dispositivos (amazon.com, ofimax.org, magiturno.com), los cuáles por su disposición en la pista de juego o utilidad de los jueces carecen de la propiedad de ser capaces de transmitir la información a un módulo de comunicación que forme parte de una red; esta particularidad cambiaría al fabricarlo bajo especificaciones del cliente.

FAVERO ELECTRONICS es una empresa dedicada a producir equipos electrónicos para el deporte y el ocio desde 1978, con una amplia gama de artículos para diversos deportes exportados a más de 100 países. El análisis de la serie FOS de marcadores electrónicos para exterior elaborados por la empresa, permite la definición de características técnicas a considerarse en la fabricación de equipos similares (Favero Electronics Srl. , 2018):

- Tiempo de juego: 00:00 – 99:59.
- Uso en exteriores: Al estar expuestos a la intemperie su temperatura de funcionamiento debe encontrarse entre -20 a +50 °C.
- Ángulo de visión: La información se aprecia en un ángulo de visión de 130 grados.
- Visibilidad: Para un dígito de 45cm se utilizan 264 leds de tecnología SMD de 1cd de luminosidad con duración media de 100.000 horas. La regulación de luminosidad es una propiedad opcional.
- Protección: Se rige por la norma DIN 18032-3 y UNI 9554:1989.
- Cronómetro: Controlado por consola de mando. Las consolas de mando se conectan al marcador electrónico por cable o radiofrecuencia.
- Reloj: Se alimenta por una batería independiente.
- Claxon: La señal acústica rodea los 120dB a 1m. La regulación del tiempo e intensidad de la señal es una propiedad opcional.

- Estructura: Caja de aluminio con panel frontal de policarbonato.
- Tarjetas electrónicas: Con tratamiento para la humedad.
- Alimentación: 100-240Vac, 50-60Hz.

En las especificaciones técnicas no menciona la electrónica digital empleada para el funcionamiento de los marcadores, dejando la interrogante si se trata de un circuito compuesto por compuertas lógicas, biestables o microcontroladores.

Poseer un marcador electrónico en una cancha facilita a los organizadores el desarrollo del juego y la apreciación del espectáculo; para los equipos aficionados supone una mejor gestión del tiempo disponible para realizar la actividad deportiva, así como también para encuentros deportivos de torneo eleva la calidad del espectáculo. Un marcador electrónico con la propiedad de transmitir en red el inicio y final del juego, programado en diferentes modos de funcionamiento y temporizadores automáticos, permitiría la utilización eficiente del tiempo disponible. Al encontrarse en un espacio público además sería importante realizar el control de consola mediante los dispositivos móviles de los mismos usuarios, para evitar la suma de más equipos al inventario de mantenimiento.

1.4.2 Sistema de iluminación

De manera general, en todos los ámbitos desempeñados por los seres humanos, la iluminación ya sea natural o artificial, cumple un papel muy importante; mediante esta un individuo puede visualizar los objetos circundantes a su alrededor y así desarrollar sus actividades de manera adecuada; de lo contrario cuando falta este elemento provoca fatiga o cansancio visual y por ende induce un descenso en el rendimiento manifestado (Henaó, 2014: pp. 21-22). Resulta trascendental y pertinente tener una iluminación correctamente dimensionada acorde al área de trabajo y función realizada. A continuación, en base a lo contenido en el libro “Riesgos físicos II: iluminación” (Henaó, 2014: pp. 36-40), se describen las magnitudes y unidades luminosas:

- Flujo luminoso es la cantidad de energía emitida por una fuente, su unidad es lumen (lm) y su símbolo es Φ .
- Intensidad luminosa es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido (en forma de cono) en una dirección específica, su unidad es la candela (cd) y su símbolo I .
- Iluminancia es el flujo luminoso que incide en una superficie (m^2), su unidad lux y su símbolo E .
- Luminancia es el cociente entre la intensidad luminosa y la superficie vista por un observador situado en una dirección determinada. Su unidad cd/m^2 y su símbolo L .

1.4.2.1 Control de iluminación

Los sistemas de regulación y control se encargan de la gestión de las luminarias instaladas, controlando encendido, apagado y regulación de la luz según interruptores, sensores de presencia y movimiento, células fotosensibles u horarios preestablecidos; con el fin de optimizar el consumo de energía, brindar flexibilidad al conjunto, reducir costes energéticos y de mantenimiento (Escan S. A., 2006). El alumbrado de las instalaciones debe regularse de manera parcial en base a la necesidad de iluminación requerida (Comité Español de Iluminación (CEI) y Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2001). Para un escenario deportivo lo ideal es mantener una correcta iluminación para evitar influir en el desempeño de los deportistas y afectar a la visibilidad del público.

1.4.2.2 Sensores de luz

La cadena de adquisición de información, generalmente conocida como sensor, contiene tres segmentos: transductor de entrada o sensor, transductor y acondicionador de señal; por lo tanto, al referirse a sensores en general es oportuno definir el tipo de señal presente en la salida y la codificación o decodificación necesaria para interpretar las lecturas realizadas (Navarro Márquez , 2018, p. 99).

Elementos como los fotodiodos y fotorresistencias presentan variación en su resistencia eléctrica en función de la luz incidente, aquella señal analógica debe ser acondicionada para transmitirse a dispositivos de procesamiento digital (Corona, et al., 2014: pp. 119-126); su bajo costo se contrapone con la efectividad conseguida al momento de implementar controles de iluminación. Los sensores digitales como el BH1750 otorgan una lectura amplia de intensidad de luz, son de bajo, tamaño reducido y fáciles de conseguir en el medio comercial de placas electrónicas de prototipado (ROHM Co. Ltd., 2010).

1.5 Procesamiento de imágenes

Es una rama de la visión artificial y esta a su vez de la inteligencia artificial, la cual está enfocada en digitalizar una imagen para luego procesarla y es necesario pasar por las siguientes etapas (Palafox y Esqueda, 2005: pp. 9,10):

- Captura, diseño de sus propiedades.
- Pre-procesamiento, es la reducción del entorno.
- Segmentación, es el reconocimiento y extracción cada uno de los objetos presentes en la imagen.
- Extracción, es la selección y extracción de “características” apropiadas para la identificación de los objetos deseados.
- Identificación de objetos, utilización de un modelo de toma de decisión para concluir la categoría perteneciente a cada objeto.

1.5.1 Código de respuesta rápida

QR por sus siglas en inglés (*quick response*), es un código de barras bidimensional, en el cual se almacena información para en lo posterior con la ayuda de un lector lo decodifique y sea extraída. Su característica relevante es la posesión de tres cuadros, dos de ellos posicionados en las esquinas superiores y uno en la esquina inferior, su capacidad de almacenamiento es de hasta 7 kilobytes de datos (Allueva y Alejandre, 2017: p.398).

En el ámbito de la codificación se almacena los datos que se necesita encriptar para transformarlos en una matriz binaria y en el lado opuesto está la decodificación, consiste en: encontrar el patrón posicional del código, extraer el código de la imagen, encontrar el patrón funcional y de alineamiento del código, leer la información relativa a los datos y a la corrección de errores y, por último, llevar a cabo la corrección de los errores. El tamaño del código QR se determina basándose en la capacidad de los datos necesitados, el tipo de caracteres y el nivel de corrección requerida, y mediante esto se establece el tamaño del módulo según la resolución tanto para la impresión como para el escaneo (García y Okazaki, 2012).

La obtención de un código QR necesita llevar a cabo un proceso para la transferencia de la información, el mismo se muestra en la figura 7-1.

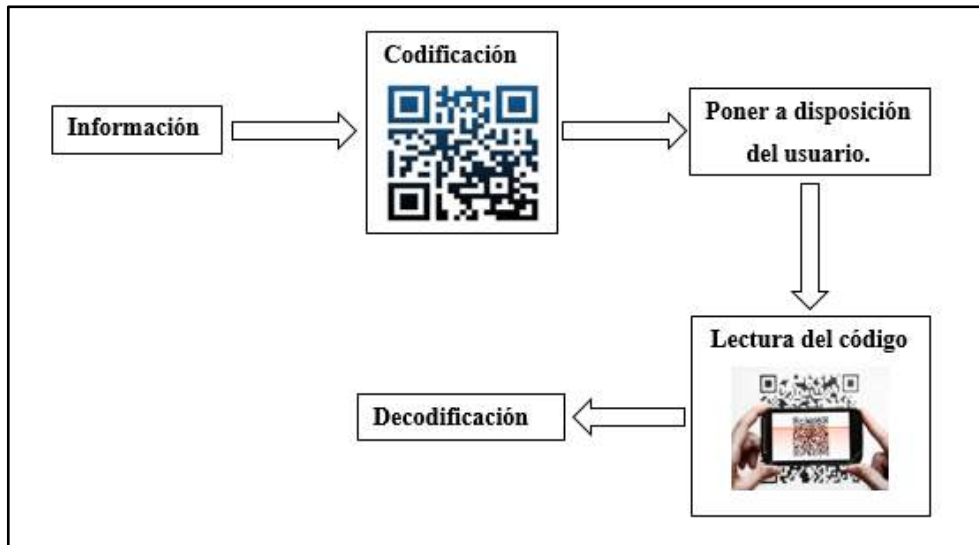


Figura 7-1: Codificación-decodificación del código QR.

Realizado por: Proaño Maritza y Carbay Juan, 2018.

1.5.2 Librerías para procesamiento digital de imágenes

Para el desarrollo del programa se necesita emplear librerías adecuadas para lograr lo propuesto, por lo cual se realiza un breve análisis a continuación:

LTI-lib es una librería desarrollada en C++, orientada a objetos con algoritmos y estructuras de datos que se utilizan en el procesamiento de imágenes y la visión por computadora, posee más de 500 clases tratan principalmente los siguientes campos: algebra lineal, clasificación y agrupamiento, procesamiento de imágenes, herramientas de visualización y dibujo (RWTH-Aachen, 2010).

Sherlock es un *software* desarrollado por DALSA, que se basa en una interfaz gráfica para realizar toda la programación. Las herramientas que incorpora lo hacen útil para la programación de aplicaciones para visión artificial. Su principio de funcionamiento se basa en definir zonas de interés sobre las que se pueden aplicar diferentes funciones (SEAS, 2018).

Halcon es un *software* con licencia comercial, para el desarrollo de aplicaciones industriales de visión, creado y comercializado por MVTec. Consta por una parte de una interfaz gráfica para el desarrollo de aplicaciones de manera más visual y que cuenta con su propio lenguaje de programación (SEAS, 2018).

OpenCV es una biblioteca con licencia BSD para visión artificial originalmente desarrollada por Intel en 1999. Se ha utilizado en infinidad de aplicaciones, contiene más de 500 funciones que

abarcan una gran gama de áreas en el proceso de visión, como reconocimiento de objetos, reconocimiento facial, calibración de cámaras, visión estéreo y visión robótica y no dejan de añadirse nuevos algoritmos continuamente. Las ventajas principales son: software libre, incluso para realizar aplicaciones comerciales, su amplia comunidad de usuarios, que pueden resolver casi cualquier problema de funcionamiento en cuestión de horas a través de foros y correo. La documentación online es bastante completa. Está disponible para Linux, Windows y Android. Se puede programar en C++, C, Python y Java (Shabunin, 2019).

De las librerías antes expuestas se concluye que OpenCV es adecuada para el desarrollo del trabajo puesto que posee *software* libre sin pago, constantes actualizaciones de sus funciones gracias a la comunidad de desarrolladores que interactúan con la librería lo que hace que estas sean más robustas en especial para la visión artificial y su compatibilidad con el lenguaje de programación Python el mismo que ya viene inmerso en sistema operativo Raspbian de la familia de Raspberry Pi.

1.6 Dispositivos de control en baja tensión

Son mecanismos eléctricos o electrónicos enfocados a regir o regular un sistema, bajo ciertas especificaciones, se detalla los más importantes:

- Relé electromagnético, posee un circuito interno el cual cuenta con una bonina, esta al ser activada por la corriente permite el cambio de los contactos (NO a NC) ya que crea un electroimán y los atrae, y al retirar la alimentación vuelve a su posición inicial (NC), gracias a sus propiedades se puede controlar mediante un pulso de las tarjetas de desarrollo, lo que lo hace idóneo para el proyecto, así pues se puede acoplar dos o más sistemas que tengan distinta tensión y corriente, pero que sin embargo necesiten trabajar juntos (Álvarez, 2000: p. 117).
- Transistor, es un elemento semiconductor que puede funcionar principalmente como conmutador o amplificador de señal; para actuar como conmutador se necesita un 1 lógico en la base para que exista también un 1 lógico entre el colector y el emisor, y en caso de 0 también sucede lo mismo; para la amplificación, en la base llega una pequeña señal, llamada intensidad de base, mientras que en el colector y emisor se convierte en una señal amplificada (Zbar et al., 2003: pp. 67-69).
- Optoacoplador, radica en un emisor de fotones cuyo flujo se acopla a algún dispositivo fotodetector por medio de un aislamiento transparente, empleado en el acoplamiento de etapas de circuitos eléctricos en aislamiento (González, 2015: pp. 218, 219).

- Triac, es un dispositivo conductor de tres terminales, básicamente son dos SCR en antiparalelo con su electrodo de control conectado para controlar la corriente entre sus terminales y dependiendo del modelo empleado varía la potencia manejada; su configuración le permite ser bidireccional y poder ser disparado por una polarización positiva o negativa de la puerta (González, 2015: p. 252).

1.7 Redes informáticas

Están compuestas de dos o más ordenadores conectados entre sí de manera alámbrica o inalámbrica, los cuales comparten recursos, información o servicios (Dordoigne, 2015). La topología seleccionada influye en el funcionamiento y rendimiento de la red, por lo cual es indispensable analizar la topología física, disposición física de los elementos, y topología lógica, forma de transmisión de los datos.

La topología física jerárquica o en árbol sugiere una mayoría de nodos conectados a concentradores secundarios, y aquellos a su vez conectados a un concentrador central (*switch* o *hub*). Desde otro punto de vista, son varias redes en estrella interconectadas a un bus, por lo cual adoptan sus particularidades. La ventaja es el crecimiento facilitado de la red y la desventaja la interrupción completa de una rama al fallar un nodo (Romero et al., 2010: pp. 53-58).

Si los dispositivos empleados en la interconectividad no poseen especificaciones de rendimiento elevadas y el sistema implicado no resulta crítico, conviene necesariamente disponer de una red cuyo funcionamiento sea estable, aunque exista riesgo de fiabilidad vulnerada por fallas en los nodos. Conforme se incrementa la fiabilidad de la red, también aumenta el procesamiento computacional en los elementos de la red para solucionar las fallas que pudieren presentarse.

1.7.1 Tecnologías de comunicación inalámbrica

La comunicación inalámbrica tiene como finalidad intercambiar información entre dispositivos los cuales utilizan el espectro electromagnético (Gil, et al., 2010). La radiofrecuencia permite comunicaciones de medio y corto alcance. Las redes inalámbricas se clasifican principalmente por su área de cobertura, las redes WLAN y WPAN son las únicas consideradas debido al campo de aplicación.

A continuación, se pone a consideración una tabla comparativa de las tecnologías de comunicación inalámbrica con mayor apogeo actualmente: Wifi (Ordóñez y Huidobro, 2014: pp. 402-406), Zigbee (Zigbee Alliance, 2019) y Bluetooth (Arévalo, et al., 2009: pp. 9-11); y sobre las cuales se

trabaja permanentemente en a nivel de *software* para adaptarlas a una infinidad de equipos, dispositivos y plataformas existentes en el mercado. El sitio GitHub es un punto de referencia al momento de conocer el enfoque principal entre los desarrolladores de *software* libre. La tabla 3-1 permite conocer los atributos característicos de las tecnologías inalámbricas mencionadas.

Tabla 3-1: Tecnologías de comunicación inalámbrica de corto alcance.

Descripción	Wifi	Zigbee	Bluetooth
Máxima cobertura	100m	50 a 200m	10m
Protocolo	802.11	802.15.4	802.15
Banda	2.4/2.5/5GHz	2.4GHz	2.4GHz
Redes	WLAN	WPAN	WPAN
Red de dispositivos de diferentes fabricantes	Si	Solo Zigbee IP	No
Seguridad	Moderada	Moderada	Baja
Comunicación con Raspberry	Soportado	No soportado	Soportado

Fuente: Ordóñez y Huidobro, 2014, Zigbee Alliance, 2019, Arévalo, et al., 2009.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

La premisa por considerar es la compatibilidad del protocolo de comunicación entre todos los dispositivos de procesamiento a emplearse y el equipo de punto de acceso Aruba, con el objetivo de facilitar actualizaciones de optimización en las redes. De tal manera, considerando lo descrito en la tabla 3-1, la tecnología de acceso directo inalámbrico (en adelante wifi), es la más indicada. Wifi utiliza la tecnología 802.11, su seguridad es moderada y no requiere adaptadores adicionales para conectarse con la tarjeta Raspberry.

1.7.2 Circuito integrado ESP8266

El ESP8266 es un circuito integrado de eficiente consumo energético, diversas prestaciones integradas, diseño compacto y confiable rendimiento; posicionado como una solución a las necesidades presentes en la industria del internet de las cosas. La principal característica del chip es la completa funcionalidad dispuesta entorno a la tecnología wifi, abarcado los estándares IEEE 802.11 b/g/n; con un rango de frecuencia entre 2.4 y 2.5 GHz (Espressif System , 2019).

Soporta infraestructura modo estación BSS, modo P2P y compatibilidad con el modo SoftAP; la seguridad WPA y WPA2. Es un adaptador de wifi con capacidad de acoplarse a cualquier diseño con microcontroladores a través de interfaces SPI, UART, SIO o I2C; su diseño compacto requiere circuitos externos mínimos. Integra un procesador de 32bits de la serie L106 Diamond habilitado en un 80% para el desarrollo de la aplicación del usuario, a una velocidad máxima de reloj de 160MHz; a esto se suman las unidades de memoria ROM (no programable) y SRAM (menor a 50KB) (Espressif System, 2019).

El programa del usuario debe almacenarse en un SPI flash externo de hasta 16MB teóricamente. Cuenta con interfaces de periféricos tipo GPIO, SDIO, PWM, luz LED y botones. La configuración se realiza mediante comandos AT, un servidor de la nube, aplicaciones Android o iOS. Además, la plataforma de conectividad inteligente (ESCP) de Espressif Systems brinda funciones sofisticadas en los cambios de modo (reposo – reactivación) buscando eficiencia energética en todo momento (Espressif System, 2019).

En la figura 8-1 se expone los modelos de módulos en cuyo *hardware* se integra el chip ESP8266, de izquierda a derecha es posible apreciar el modelo ESP8266-12F, ESP8266-01 y NodeMCU 12E.

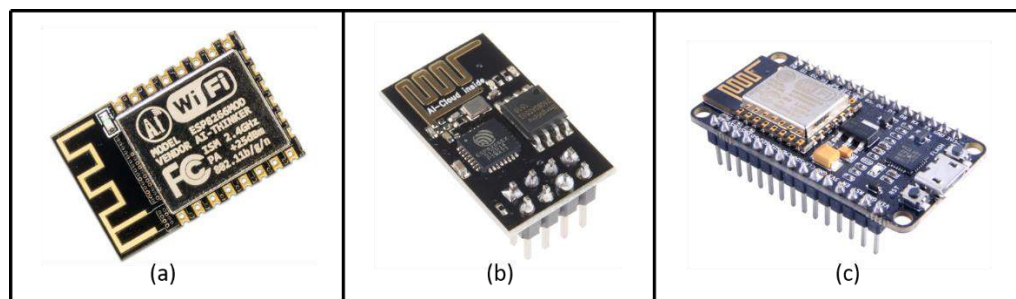


Figura 8-1: Módulos ESP8266: 12F (a), 01 (b) y NodeMCU 12E (c).

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

La tabla 4-1 muestra las especificaciones técnicas de diferentes modelos de placas con chip ESP8266 disponibles en el mercado, la cual permite seleccionar el modelo idóneo a utilizarse en cada módulo teniendo como base su propósito.

Tabla 4-1: Placas con integrado ESP8266 disponibles en el mercado.

Descripción	ESP-12F	ESP-01	ESP-12E (NodeMCU)
GPIO	9	2	9
Regulador integrado	No	No	Si
USB	No	No	Si
Puertos seriales	1	1	2
Bus I2C	Si	No	Si
Arduino IDE	Core compatible	Core Compatible	Compatible

Fuente: Anexo D, 2018.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

De la tabla 4-1 se aprecia que el modelo NodeMCU ESP-12E dispone de regulador de tensión integrado, habilitando la alimentación de una fuente común de 5V o 6V mediante el terminal de Vin y optimizando el espacio en la implementación. Posee más de un GPIO configurable en salida digital, pines TX y RX, SPI *flash* y puede ser programado con el IDE de Arduino directamente mediante su convertidor USB a serial. Por lo tanto, resulta ser un modelo con características idóneas para la implementación de los módulos. En caso de ser necesario el uso de dos módulos al mismo tiempo debido a sus limitaciones de conectividad y redes, se procede a sustituir una de las tarjetas con una placa ESP8266-01; aprovechando la fuente de tensión existente en el NodeMCU.

1.8 Software de aplicaciones y bases de datos

En el actual subcapítulo se expone definiciones y comparativas de tipos de interfaces gráficas, forma de almacenar datos y herramientas *software*. Además, se conceptualiza términos y temas complementarios al diseño de aplicaciones y bases de datos.

1.8.1 Aplicaciones móviles

Hace referencia al *software* instalado en un dispositivo para aumentar sus funcionalidades y ofrecer al usuario un espacio optimizado para realizar tareas determinadas correspondiente a sus

intereses (Arroyo, 2011). *App* es el término utilizado para referirse de manera abreviada a las aplicaciones móviles. En referencia al entorno de *software* en el cual se desarrollan y ejecutan, existen 3 tipos de aplicaciones móviles: aplicaciones nativas, web e híbridas.

Las aplicaciones nativas o *native apps* son aquellas desarrolladas en el lenguaje nativo de cada dispositivo y por lo tanto solo pueden ejecutarse en un sistema operativo determinado, su característica les permite acceder a todos los recursos de *hardware* presentes. Existe un soporte permanente y amplio de los IDE oficiales para el desarrollo de aplicaciones nativas; el lenguaje empleado en Android es Java y en iOS es Objective C o Swift. A diferencia de las web *apps*, estas ocupan menos recursos en transferencia de datos, debido al almacenamiento de su interfaz gráfica en la memoria interna física del dispositivo móvil. Las aplicaciones híbridas o *hybrid apps*, por otra parte, se crean en lenguajes que involucran mayor conocimiento de estructuración o entorno gráfico, como: HTML5, JavaScript y CSS3 (Hereter y Zanini, 2016).

Las aplicaciones operan en una capa superior al sistema operativo de los dispositivos y en la actualidad es posible disponer de diversas alternativas en el mercado global. El sistema operativo móvil más usado en el mundo es Android (Luna, 2016). Android es un sistema operativo basado en Linux con capas de librerías, *frameworks* y aplicaciones (Luján, 2015: pp. 3-7).

1.8.2 Bases de datos

Consiste en un conjunto de datos estructurado definidos tras un proceso específico enfocado en la eficiencia de registro durante su almacenamiento y organización (Reinosa et al., 2012, p. 3); su grado de estructuración va a depender del uso otorgado, desde un archivo de texto hasta un programa correctamente realizado se considera base de datos (Spona, 2010). La redundancia es el principal factor a evitar en el manejo de la información, aquella se ubica por debajo de varias capas de abstracción para posteriormente disponerse a los usuarios de manera ordenada. La abstracción de datos sugiere la existencia de una aplicación (nivel de vistas), plataforma o *software* de manejo de data (nivel lógico) y la unidad de almacenamiento masivo (nivel físico) (Silberschatz et al., 2006: p. 5).

Una base de datos relacional corresponde a una estructura de datos lógica con relaciones; en su forma básica constituye una tabla formada por filas y columnas, donde se almacenan atributos y ocurrencias de la relacional, respectivamente (Nevado, 2010). La ventaja más significativa de las bases de datos no relacional es la versatilidad al modificar propiedades de una entidad, permitiendo a los nuevos objetos adquirir o retirar dichos atributos sin necesidad de un rediseño o modificación global de la estructura (Esplin, 2016).

Firestore Realtime Database es una base de datos NoSQL(no relacional) alojada en la nube, la cual está ligada a proyectos de desarrollo con el chip ESP8266; los datos se almacenan en formato JSON, se sincronizan en tiempo real dejando de lado las clásicas solicitudes HTTP y continúan disponibles aún sin conexión. La estructura de los datos y las acciones de lectura o escritura están condicionadas por reglas de seguridad basadas en expresiones definidas por el desarrollador. La plataforma Firestore cuenta con múltiples herramientas que facilitan la prueba y optimización de aplicaciones Android nuevas en el mercado; todos los productos y respaldo de Google agrupados y con plan de uso gratuito (Firestore, 2018c).

1.8.2.1 Modelo de datos entidad-relación

Basado en una percepción de objetos básicos del mundo real, establecidos como entidades, y las relaciones que pudiesen existir entre ellos, el modelo entidad-relación construye una estructura lógica general o esquema; el esquema recopila cosas u objetos distinguibles de otros, como entidades, y se les asocia un conjunto de atributos. Los atributos son propiedades descriptivas con valor de una entidad y la distinguen unívocamente de las demás del conjunto existente. Una relación, por otra parte, es una asociación entre varias entidades y dirige la estructuración de los datos (Silberschatz et al., 2006: pp. 13-14).

Los resultados se pueden mostrar gráficamente mediante un “diagrama E-R”, cuyos elementos son (Silberschatz et al., 2006: pp. 180, 197):

- Rectángulos: Representan entidades.
- Elipses: Representan atributos.
- Rombos: Representan relaciones entre entidades.
- Líneas: Unen atributos con entidades y entidades con relaciones.
- Elipses dobles: Atributos multivaluados.
- Elipses discontinuas: Atributos derivados:
- Líneas dobles: Participación total de una entidad en un conjunto de relaciones.
- Rectángulos dobles: Entidades débiles.
- Triángulo invertido: Generalización o especialización.

1.8.3 Aplicaciones de cliente Windows

Windows es el sistema operativo para computadores por excelencia a nivel mundial. Windows Forms es una herramienta nativa del sistema operativo contenida en entornos de desarrollo

integrado (IDE) oficiales, destinada al desarrollo de aplicaciones cuya ejecución se realiza localmente desde un computador y cuya composición gráfica está prediseñada, permitiendo al programador enfocarse en las funciones. Un formulario de Windows abarca una ventana compuesta de controles estructurada por el desarrollador, la cual consiste en la interfaz gráfica mostrada al usuario, y código, cuyas líneas de programación procesa los datos (Ceballos, 2013: pp. 3-13).

Para el caso del lenguaje C y sus variaciones existe un entorno completo con herramientas dirigidas a aplicaciones web, servicios web, aplicaciones Windows (de escritorio) y móviles, denominado Visual Studio. La biblioteca de clases .NET Framework también está incluida en su totalidad. Considerando a Firebase como la plataforma de establecimiento de la base de datos no relacional seleccionada, se busca una biblioteca, librería o complemento relacionado; en Visual Studio existe la API REST FireSharp.Serialization.JsonNet. Los API REST son complementos basados en los protocolos REST, los cuales definen interfaces entre sistemas que usen HTTP en la obtención y generación de operaciones sobre esos datos (Ziyasal, 2018).

La instalación de la API se consigue empleando el administrador de paquetes NuGet de Visual Studio. El lenguaje usado en la creación de la aplicación es C#, compatible con el complemento seleccionado.

1.8.3.1 Programación orientada a objetos

En el desarrollo del *software* del sistema se involucra la programación orientada a objetos; aquella es un paradigma de la programación, más cercana a la realidad y considera los diferentes actores de un sistema como objetos activos y relacionados (Gervais, 2016). Básicamente los elementos implicados en dicha forma de programación son los objetos y las clases.

Un **objeto** es un elemento real o abstracto el cual posee tres características: estado, comportamiento e identidad (Osorio, 2008).

- Estado: Conjunto de atributos y valores.
- Comportamiento: Forma de actuar al recibir un mensaje para la realización de determinada acción.
- Identidad: Característica diferenciadora del resto.

La **clase** contiene toda la información de un objeto. Contiene estados y comportamientos comunes de un mismo tipo.

Las características fundamentales del modelo objeto son (Osorio, 2008):

- Abstracción: Representa las características esenciales del objeto

- Encapsulamiento: Del objeto se oculta detalles no necesarios para su uso; el acceso es limitado, restringiendo a un grupo de personas la imposibilidad de modificar o visualizar ciertos aspectos.
- Modularidad: Subdividir una aplicación en partes más pequeñas, conteniendo la mayor independencia posible.
- Jerarquía: permite el ordenamiento de la Abstracción, existen dos tipos:
 - Herencia: Define la relación entre clases las cuales comparten ciertas características de una o más clases.
 - Agregación: Es el agrupamiento físico de estructuras relacionadas lógicamente. La cardinalidad es un parámetro el cual indica las instancias de una clase en la agregación.
- Polimorfismo: Permite referirse a objetos de clases diferentes los cuales realizan la misma operación de formas distintas.

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

La presente sección contiene la descripción de diseño *hardware* y *software* del prototipo de sistema electrónico; para cada uno de los apartados considerados existe un conjunto de funciones específicas a satisfacer, por ello se detalla cada módulo a implementarse acompañado de las características técnicas, el análisis en selección de componentes y herramientas utilizadas, los esquemas eléctricos y electrónicos de los circuitos realizados.

2.1 Requerimientos en el diseño del sistema

El prototipo debe satisfacer los siguientes requerimientos:

- Acceso automático de usuario autorizado mediante código QR.
- Comprobar estado de la puerta y desalojo de la cancha.
- Regulación de la iluminación artificial considerando la ocupación de la cancha.
- Marcador electrónico con alerta sonora para gestionar tiempo de juego y conteo de goles.
- Base de datos de acceso remoto.
- Reporte de alertas ante el fallo de acciones.
- Reporte de alertas ante bajo nivel de iluminación.
- Permitir a un usuario registrado en el sistema reservar una cancha.
- Monitoreo de disponibilidad de una cancha.
- Monitoreo de alertas.
- Módulos con facilidad de acoplarse a la infraestructura existente.
- Escalabilidad del sistema.

2.2 Arquitectura del prototipo de sistema

La figura 1-2 muestra la arquitectura general del sistema electrónico propuesto, en donde se aprecia la metodología para la administración de las canchas sintéticas en los diversos aspectos considerados; incluyendo cada una de las etapas en donde conjugan *hardware* y *software* al cubrir los diferentes requerimientos, y permiten al sistema convertirse en una solución tecnológica.

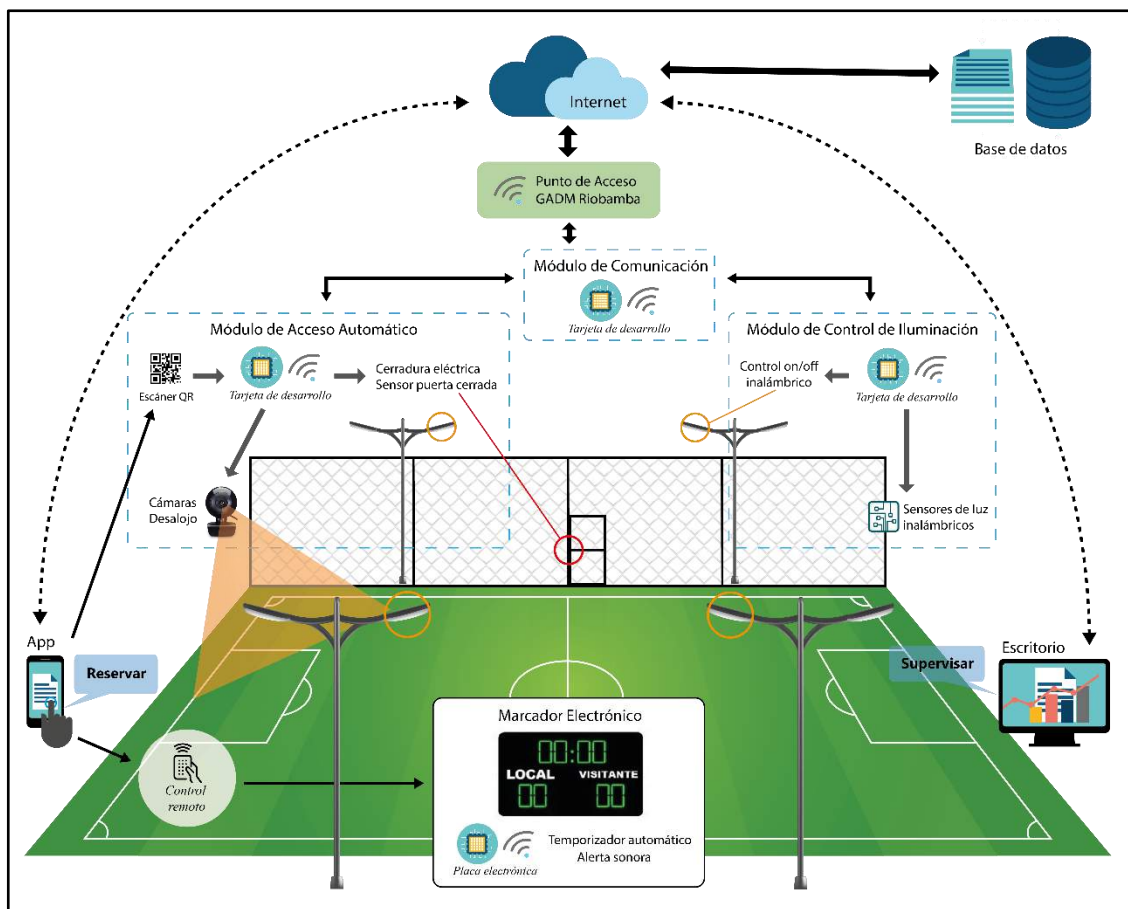


Figura 1-2: Arquitectura del prototipo de sistema electrónico.

Realizado por: Maritza Proaño, Juan Carbay, 2018.

El prototipo de sistema electrónico se conforma de 5 secciones:

Módulo de Comunicación (MC)

Aquel encargado de transmitir en forma ordenada toda la información requerida de los nodos hacia una base de datos, a través de internet; además, crea la red inalámbrica principal donde los módulos se conectarán.

Módulo de Acceso Automático (MAA)

Verifica la autenticidad del comprobante de reservación en conjunto con el módulo de comunicación y acciona la cerradura eléctrica. Un sensor ubicado en la puerta determina el estado de abierto o cerrado cuando se lo solicite. Finalmente, se analiza si la cancha fue desalojada tras la culminación del tiempo de reserva empleando una cámara y procesamiento digital de imágenes.

Módulo de Control de Iluminación (MCI)

Atenúa la intensidad luminosa del sistema de iluminación sobre el campo de juego mediante control individual de luminarias, los sensores perciben la iluminancia sobre el campo de juego para detectar averías; y el intercambio de información con los demás elementos de la red incide en las acciones del módulo.

Marcador Electrónico (ME)

Una tarjeta de desarrollo contenida en la placa electrónica interviene en su activación inalámbrica. Muestra un temporizador de 4 dígitos, un contador de goles de 2 dígitos por equipo y un mensaje; ambos contadores, de tiempo y numérico, se manipulan desde un control remoto contenido en la aplicación móvil. Las alertas sonoras comunican el tiempo transcurrido en momentos oportunos.

Base de Datos y Aplicaciones

La base de datos, junto con la aplicación móvil y de cliente, conforman el entorno de almacenamiento e interacción con los datos. Las aplicaciones realizan peticiones recurrentes al servidor con el fin de interactuar con dicha base de datos. El usuario utiliza la aplicación móvil para reservar y conocer información acerca de las canchas; el administrador por otra parte recurre a la aplicación de escritorio para supervisar las variables del sistema.

2.3 Diagramas de bloques de los módulos del sistema

Tras definir la concepción general del sistema se procede con el diseño correspondiente de cada módulo del sistema electrónico. Los esquemas muestran las distintas etapas a ser satisfechas para lograr el cometido del módulo e indicaciones sobre su implementación respecto a *hardware* y *software*; el flujo orientado de acciones delimita las funcionalidades y características del trabajo a realizarse.

2.3.1 Módulo de comunicación

La figura 2-2 detalla las funciones desarrolladas en el módulo de comunicación, bajo la tecnología wifi. Producto de la transferencia de paquetes de datos, en la red local inalámbrica creada mediante la tarjeta de desarrollo, el módulo obtiene órdenes de acciones y respuestas a solicitudes; aquello corresponde a las variables por ser procesadas. Las acciones involucran requerimientos a servidores locales (módulos del sistema) o externos (base de datos y actualización de hora). Las respuestas a solicitudes, por otra parte, verifican el cumplimiento de acciones. Es el único elemento en la red con conectividad a internet; empleando el punto de acceso Aruba el dispositivo actualiza valores en la plataforma Firebase. Las tramas de datos en la red local deben cumplir una estructura específica para garantizar la correcta transferencia de datos.

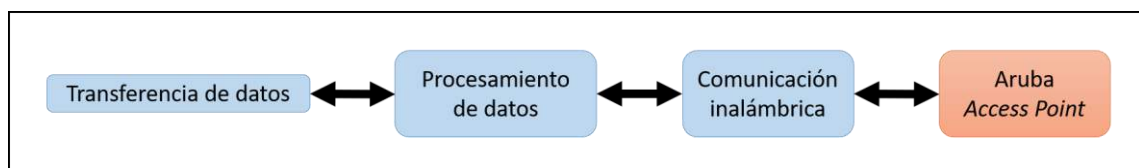


Figura 2-2: Diagrama de bloques del MC.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.3.2 Módulo de acceso automático

En la figura 3-2 se muestra el módulo encargado de supervisar y otorgar el acceso a las canchas sintéticas municipales representado por un diagrama de bloques. La captura de código QR y la imagen de la superficie de la cancha, referente al desalojo efectivo de la misma, se consiguen a

través de cámaras conectadas de manera alámbrica a una tarjeta de desarrollo Raspberry con puertos USB. El microprocesador es capaz de realizar el procesamiento digital de imágenes, transferir datos de manera inalámbrica mediante wifi, y dar valores lógicos en sus terminales con el accionar una cerradura eléctrica encargada de bloquear la puerta de la cancha. Un sensor de final de carrera adaptado mediante un pulsador garantiza el correcto bloqueo de la puerta.

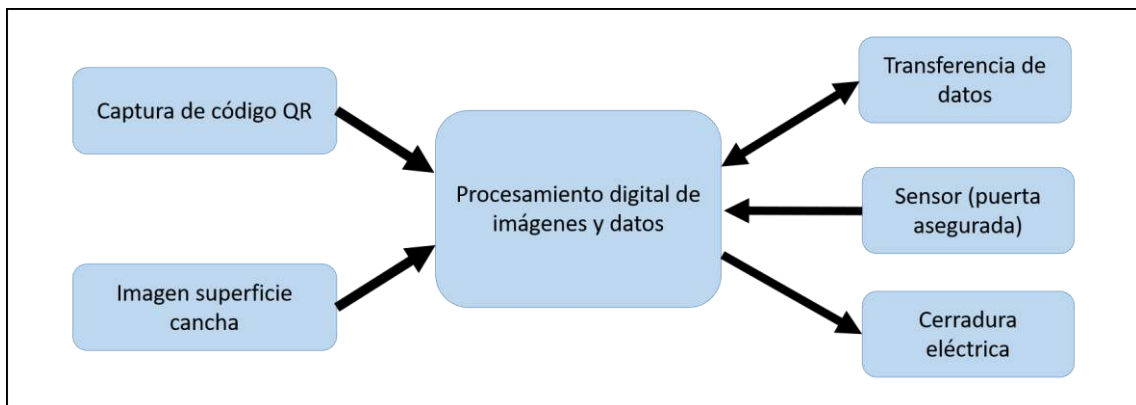


Figura 3-2: Diagrama de bloques del MAA.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.3.3 *Módulo de control de iluminación*

La figura 4-2 corresponde al diagrama en etapas del módulo de control de iluminación. Las ordenes de encendido y apagado, transferidas al módulo inalámbricamente, pasan a la fase de procesamiento; y mediante wifi los paquetes de datos alcanzan el circuito de control on/off, El circuito de conmutación debe estar ubicado dentro de la cubierta protectora de las luminarias y poseer un microcontrolador que habilite su cierre, dando paso a una tensión de 220V en corriente alterna. Del total de 8 luminarias, únicamente 4 cambiarán su estado conforme lo indique el procesamiento de datos; brindando una atenuación parcial de la luz con fines eficiencia energética. Un total de 6 sensores se distribuirán en el cerramiento de la cancha sintética, la tarea encomendada es efectuar lecturas periódicas de la iluminancia y transmitir los valores usando wifi hacia la unidad de procesamiento principal del control de iluminación. Niveles de iluminancia considerados deficientes supondrán avisos hacia el módulo de comunicación.

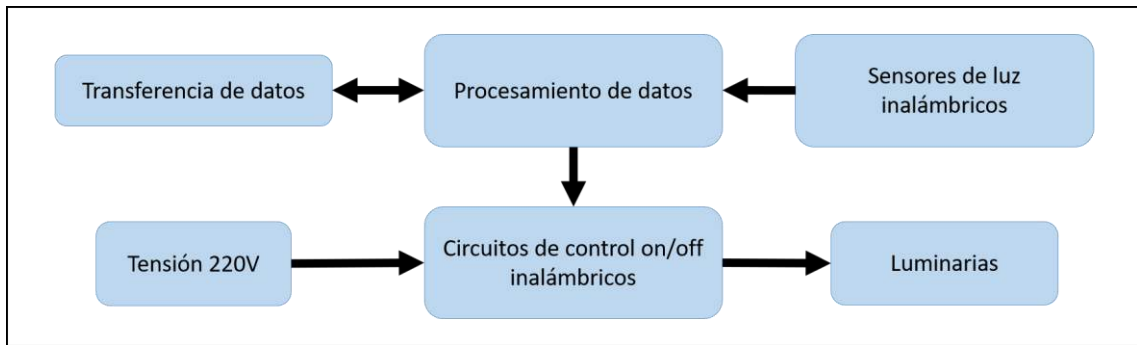


Figura 4-2: Diagrama de bloques del MCI.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.3.4 Marcador electrónico

El tablero o marcador electrónico se fabrica considerando los requerimientos de comunicación, forma de visualización de información, actuadores, fuentes de alimentación y el control remoto integrado en la aplicación móvil. La arquitectura del marcador electrónico se explica en la figura 5-2; se destaca una primera tarjeta de desarrollo, la cual debe encargarse de la transferencia de datos, procesamiento de datos y manipulación del interruptor de alimentación de los demás componentes del tablero electrónico. Aquello para consumir menos energía.

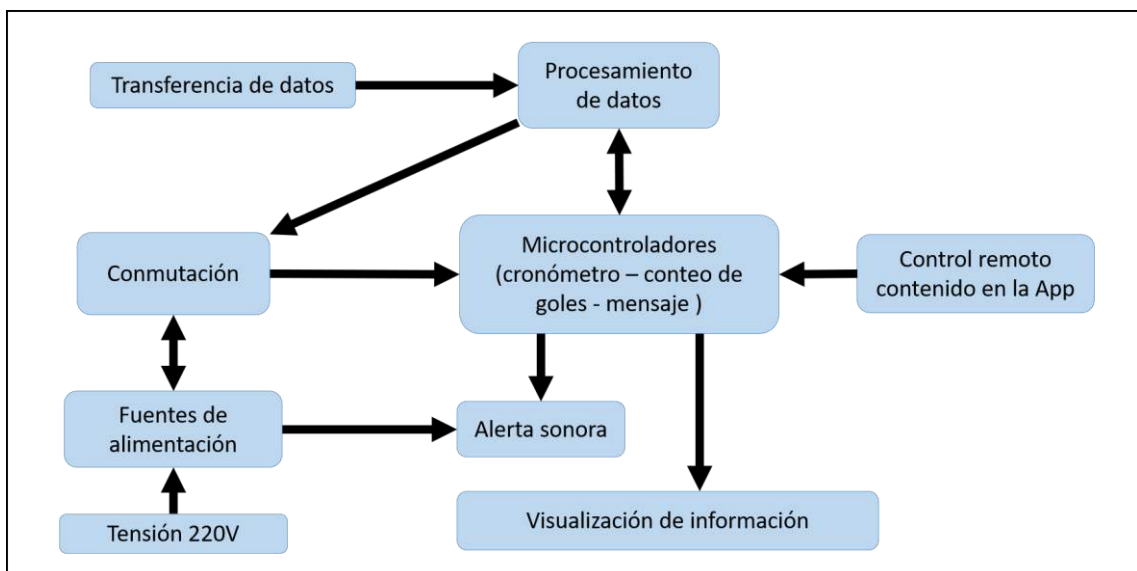


Figura 5-2: Diagrama de bloques del ME.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

La conmutación corresponde a un circuito capaz de actuar como interruptor de la tensión de entrada de los microcontroladores. El uso de varios microprocesadores radica en los cálculos y puertos empleados en cada una de las tres secciones diferentes de la pantalla del marcador, dos filas de matrices LED y una de *displays* de 7 segmentos; a cada sección le corresponderá un microcontrolador. La comunicación entre el dispositivo de procesamiento de datos y los microcontroladores variará según el objetivo; será bidireccional para aquel que muestra el cronómetro del tiempo, unidireccional (transmisión) para los *displays* de la cantidad de goles, e inexistente para el encargado de pasar un mensaje.

El microcontrolador encargado de cronometrar el tiempo de juego activa una bocina en los cambios de periodo, emitiendo de aquella forma la alerta sonora. Concluido el tiempo, el módulo debe indicar el suceso al módulo de comunicación, procediendo con el apagado de lámparas si el horario lo amerita; luego debe apagarse tras un lapso de espera de cinco minutos. El control remoto contenido en la aplicación móvil funciona únicamente si el marcador electrónico está activo tras el acceso exitoso del usuario a la cancha. El temporizador ejecutado limita el tiempo de juego al periodo de alquiler, restringido en una hora.

2.3.5 Base de datos y aplicaciones

La última sección diferenciada del sistema propuesto consiste en la creación de una base de datos a la cual se pueda acceder mediante las aplicaciones desarrolladas; ambas aplicaciones de concepción distinta, móvil y de escritorio, para usuario y administrador respectivamente. La figura 6-2 expone el diagrama del comportamiento de la sección, mostrándose en primera instancia la etapa de recopilación de la información relevante sobre las canchas, aquella a ser almacenada en la base de datos por motivo de crear perfiles para cada espacio deportivo; el perfil permite ordenar los datos contenidos en las tramas provenientes de los módulos. La base de datos es la etapa más importante al constituir el punto de convergencia de todos los datos manejados en el sistema; su estructura y gestión se encuentra bajo la plataforma Firebase.

La aplicación móvil está enfocada en los usuarios de las canchas sintéticas, quienes requieren reservar una pista deportiva conociendo de antemano su disposición en un horario específico, al momento de confirmar la reservación se genera un código QR como comprobante y clave de acceso a la cancha; un apartado en la misma permite, tras un acceso automático exitoso, controlar el marcador electrónico. La aplicación de escritorio interactúa en conexión directa con la base de datos, permitiendo supervisar el sistema administrado accediendo a reportes de alertas. La aplicación móvil se desarrolla para el sistema operativo Android y la aplicación de escritorio en el lenguaje de programación C sharp (C#).

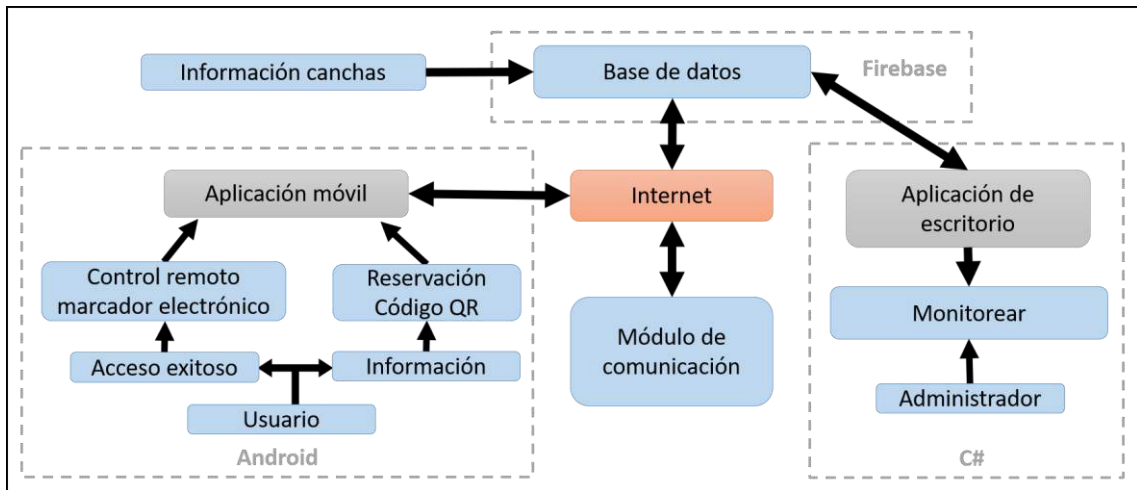


Figura 6-2: Diagrama de bloques de la base de datos y aplicaciones.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4 Elementos *hardware* del prototipo de sistema

El sistema electrónico posee la necesidad de mantener una comunicación inalámbrica latente. Todos los elementos electrónicos, sensores y actuadores deben tener la capacidad de conectarse de manera sencilla con los dispositivos de procesamiento seleccionados, ser de dimensiones reducidas, poco consumo de energía, entorno de programación accesible con alto soporte y estar disponible comúnmente en el mercado en caso de necesitar ser sustituido. En los siguientes apartados se indica las características principales de los dispositivos electrónicos seleccionados.

2.4.1 *Dispositivos de procesamiento*

Conociendo las ventajas y limitantes de dispositivos utilizados en soluciones electrónicas, en conjunto con la disponibilidad comercial, se opta por el empleo de la tarjeta de desarrollo Raspberry PI 3 B y microcontrolador ATmega328P-PU (programable bajo el entorno Arduino). Aquellos dispositivos serán empleados en el procesamiento y control del sistema inteligente propuesto. Los aspectos más relevantes de los mismos se encuentran descritos y analizados, cada uno por separado en los subtemas subsiguientes.

2.4.1.1 Raspberry PI

Es una minicomputadora por sus características y funciones la cual integra un microprocesador. El modelo de la tarjeta se observa en la figura 7-2. Se destaca entre sus similares principalmente por la velocidad de procesamiento, ya que cuenta con 4 núcleos; de igual manera, sus 4 entradas USB están acorde al manejo de las 2 cámaras empleadas, una en la lectura de código QR y otra para vigilancia de la cancha. Su conexión a redes wifi y la inclusión de *software* que admite el acceso remoto, ayuda al acoplamiento perfecto del nodo al sistema y la depuración de líneas de código programado para ser ejecutado en su sistema operativo. Las principales características del modelo 3B+ están comprendidas en la tabla 1-2 (Raspberry, 2018).



Figura 7-2: Raspberry PI 3 B+.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Tabla 1-2: Características técnicas de Raspberry PI 3 B+

Descripción	Características
Velocidad de procesador	1,4GHz (4 núcleos), 64 bits
Memoria RAM	1 GB
Bluetooth	4.2/BLE
Conexión inalámbrica	IEEE 802.11 b/g/n/ac
Alimentación	5 V / 2,5 A (micro USB)
Terminales GPIO	40
HDMI	Tamaño completo
USB	4 puertos (2.0)

Fuente: Raspberry, 2018.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.1.2 ATmega328P-PU

Es un microcontrolador de alto rendimiento y bajo consumo energético fabricado por la empresa Atmel, filial de Microchip Technology Inc.; con su bus SPI y *hardware* USART, dentro del chip, permite programación mediante terminales seriales TX/RX. Se puede apreciar el integrado en la figura 8-2. En la comunicación SPI el maestro posee un reloj para sincronizar a los dispositivos. SPI cuenta con 4 terminales: SCLK o SCK, señal de reloj que define la velocidad de transmisión de cada bit; MISO, señal de entrada para recepción de datos desde otro chip; MOSI, envío de datos hacia otro integrado; y SS o SC, el cual habilita el chip de recepción de datos. Su tensión de operación varía en función de la velocidad de procesamiento. Todas las principales especificaciones técnicas se detallan en la tabla 2-2 (Atmel Corporation, 2015).



Figura 8-2: ATmega328P-PU.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Tabla 2-2: Características técnicas de ATmega328P-PU.

Descripción	Características
Memoria flash	32 Kbytes
EEPROM	1 K
SRAM	2 Kbytes
Canales analógicos	8 (10bits)
Terminales de propósito general	23
Tensión de operación	2.7 a 5.5 V
Frecuencia	8MHz/16MHz
Comunicación	USART, SPI, I2C
Corriente en máxima en terminales	40mA

Fuente: Atmel Corporation, 2015.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.1.3 Max7219

Es fabricado por la empresa Maxim Integrated; realiza el control de una matriz de leds de 8 filas y 8 columnas, un total de 64 leds, o de 4 dígitos de 7 segmentos cátodo común. El modo de prueba fuerza el encendido de todos los LEDs, permitiendo comprobar su correcto funcionamiento. Incluye un decodificador BCD y una RAM estática de 8x8 donde se almacenan los dígitos. Es posible seleccionar individualmente los dígitos con decodificación o sin decodificación. En la figura 9-2 se aprecia al integrado en su forma de encapsulamiento DIP, y en la tabla 3-2 las características más destacables del mismo (Maxim Integrated, 2003).



Figura 9-2: Max7219.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Tabla 3-2: Características Max7219

Descripción	Características
Corriente en baja potencia	150 μ A
Tensión de operación	4.4 a 5.5V
Interfaz serial	10MHz
Control de brillo	Digital y analógico
Número de terminales	24
Caracteres o dígitos	8
Control de segmento	LED
Tipo de visualización	Cátodo común
Interfaz serial	SPI

Fuente: Maxim Integrated, 2003.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.2 Dispositivos sensores

La concepción general del sistema revela la necesidad de incorporar sensores en el módulo de acceso automático y control de iluminación, con el propósito de mantener una supervisión constante del seguro de la puerta considerando su posición y la iluminancia sobre el campo de juego. Además de lo descrito, son requeridos sensores de visión (cámaras) con el fin de obtener imágenes del código QR y de la superficie de la cancha para realizar un procesamiento digital de imágenes. Los sensores seleccionados deben ser capaces de conectarse fácilmente a las tarjetas de desarrollo (Raspberry, Arduino) previamente seleccionadas.

2.4.2.1 BH1750

Es un sensor con alta resolución y sensibilidad, encauzado en la iluminación ambiental; frente al espectro de luz visible se comporta muy similar al ojo humano y la radiación infrarroja no lo afecta. Funciona eficazmente ante las distintas temperaturas de color de la luz natural o la iluminación artificial presente en el ambiente. La comunicación con el microcontrolador es de forma digital, a través del bus I2C, por lo cual brinda gran resistencia a interferencias estacionado a una distancia considerable del circuito de lectura; además su tiempo de respuesta es altamente eficiente, por debajo de los 200 ms en circunstancias poco favorables (ROHM Co. Ltd., 2010).

En la figura 10-2 es posible apreciar la placa GY-302 en cuyo cuerpo integra el sensor BH1750 y en la tabla 4-2 características relevantes del mismo.

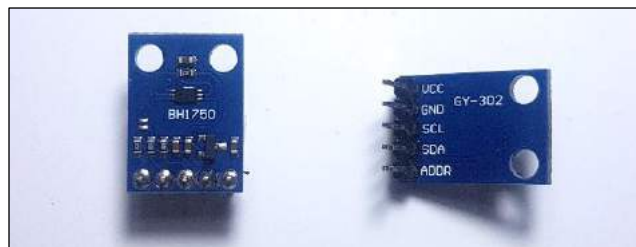


Figura 10-2: Placa GY-302 con sensor BH1750.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Tabla 4-2: Características sensor de iluminación BH1750.

Descripción	Características
Tensión	3V
Corriente	120 μ A
Bus I2C	Si
Variación de medición	+/- 20%
Influencia de luz infrarroja	Muy baja
Dimensiones	1.3x1.8cm

Fuente: ROHM Co. Ltd., 2010.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

El sensor tiene dos modos de operación al realizar la lectura: continua e individual, los cuales corresponden a estado activo y de bajo consumo respectivamente. En lectura continua el sensor continúa activo luego del muestreo; contrastando con una lectura individual, tras la cual, el sensor pasa automáticamente a reposo y bajo consumo energético. El modo continuo realiza las lecturas en un periodo de tiempo dependiente de la resolución; exceptuando la primera, la cual a lo sumo tarda 180 ms. Un sensor BH1750 otorga tres precisiones diferentes de medición, como se muestra en la tabla 5-2 (ROHM Co. Ltd.s, 2010):

Tabla 5-2: Modos de medición BH1750.

Modo resolución	Precisión	Tiempo de medición	Rango
Baja resolución	4 lx	16 ms	0 – 54612.5 lux
Alta resolución	1 lx	120 ms	0 – 54612.5 lux
Alta resolución 2	0.5 lx	120 ms	0 - 27306.25 lux

Fuente: ROHM Co. Ltd.s, 2010.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Lo recomendable según la hoja de datos del integrado es emplear una resolución de 1 lux, tomando en cuenta distinguir la luz crepuscular cuya iluminación está por debajo de los 10 lux y una mayor inmunidad a lecturas erróneas producidas por el ruido ambiental.

2.4.2.2 Cámara Texet WCM-183

Su selección se basó en el fin propuesto de implementar un lector QR. El dispositivo empleado es una cámara de la marca Texet modelo WCM-183, mostrada en la figura 11-2, cuyas características son simples, lo necesario en la captura de una imagen monocromática con formas regulares. La tabla 6-2 contiene características relevantes de la cámara (Texet, s. f.).



Figura 11-2: Cámara Texet WCM-183.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Tabla 6-2: Características de la cámara Texet WCM-183.

Descripción	Características
Resolución	640x480 pixeles
Fotogramas por segundo	30
Tipo de enfoque	Manual
Tecnología de lente	Estándar
Micrófono integrado	Mono
Campo visual	60°

Fuente: Texet, s. f.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.2.3 Cámara Logitech C270

Es un sensor de visión de alta definición fabricado por Logitech. El modelo C270 apreciado en la figura 12-2 se usa para determinar la desocupación efectiva de la cancha. Sus especificaciones técnicas, como el tipo de enfoque, el campo visual y el tiempo de transmisión de vídeo en tiempo real, son necesarias para un procesamiento de imágenes efectivo; todas sus principales características se muestran en la tabla 7-2 (Logitech, 2019).



Figura 12-2: Cámara Logitech C270.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Tabla 7-2: Características de la cámara Logitech C270.

Descripción	Características
Resolución	720p
Fotogramas por segundo	30
Tipo de enfoque	Foco fijo
Tecnología de lente	estándar
Micrófono integrado	mono
Campo visual	60°

Fuente: Logitech, 2019.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.3 Dispositivos para la comunicación inalámbrica

El sistema electrónico posee la necesidad de mantener una comunicación inalámbrica latente entre 10 y 13 horas continuas, equivalente al lapso aproximado de disponibilidad de las canchas considerando la existencia o carencia de iluminación para cubrir un horario nocturno. Los dispositivos deben tener la capacidad de comunicarse con los dispositivos de procesamiento seleccionados, ser de dimensiones reducidas, poco consumo de energía, entorno de programación accesible con alto soporte y disponibilidad en caso de necesitar sustituir alguno. Considerando las necesidades expuestas y las especificaciones del equipo de Punto de Acceso Aruba, utilizado para brindar el servicio de wifi gestionado, se procede a utilizar módulos wifi con chip ESP8266 integrado.

2.4.3.1 NodeMCU V3

Es una tarjeta con integrado ESP8266-12E la cual dispone de regulador de tensión a 3.3V incorporado, habilitando la alimentación por medio de una fuente común de 5V o 6V mediante el terminal de tensión de entrada (Vin) o el puerto micro USB; optimizando el espacio en la implementación. La figura 13-2 corresponde al modelo V3. Posee más de un GPIO configurable en salida digital, terminales TX y RX, SPI *flash*, bus I2C y puede ser programado con el IDE de Arduino (Zerynth, 2018).

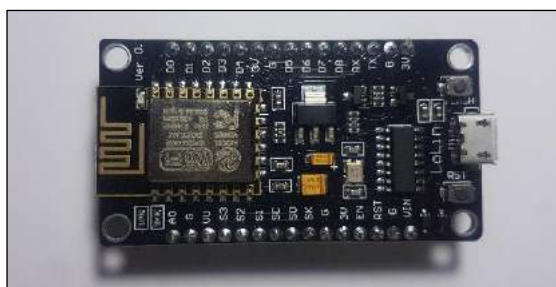


Figura 13-2: NodeMCU V3.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

La tabla 8-2 especifica características por las cuales la tarjeta resulta ser la mejor opción al momento de requerir control digital y comunicación inalámbrica wifi.

Tabla 8-2: Características NodeMCU V3.

Descripción	Características
Integrado wifi	ESP-12E
GPIO	9
ADC	1 (10-bit)
VCC	6 – 10V
Comunicación	UART, I2C
Integrado USB a UART	CH340
Microcontrolador	Tensilica 32-bit RISC CPU Xtensa LX106
Memoria flash	4 MB

Fuente: Zerynth, 2018.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.3.2 ESP8266-01

Es un módulo desarrollado por Ai-thinker Team cuyo núcleo es el integrado ESP8266. Su procesador mejora las funcionalidades wifi y puede operar en frecuencias de 80MHz o 160 MHz. Está diseñado para ocupar el mínimo espacio en una PCB. Funciona como adaptador wifi para otros microcontroladores con conectividad simple. En la figura 14-2 observamos la tarjeta en vista frontal y posterior, con su distribución de ocho terminales; la tabla 9-2 por otra parte contiene características técnicas relevantes contenidas en su circuito electrónico (AI-Thinker team, 2015). Es necesario un convertidor serial a USB para cargar código a su memoria programable. El *Arduino core*, para trabajar con la tarjeta como si fuera una placa Arduino, se encuentra disponible en el repositorio de GitHub: github.com/esp8266/Arduino; para acceder a la documentación completa se debe visitar: arduino-esp8266.readthedocs.io/en/latest/.

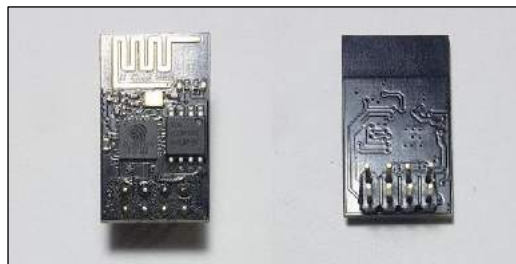


Figura 14-2: ESP8266-01.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Tabla 9-2: Características de ESP8266-01.

Descripción	Características
Integrado wifi	ESP-01
GPIO	2
ADC	0
VCC	3.3 V
USB	No
Comunicación	UART GPIO 0 / 3
Microcontrolador	Tensilica L106 32-bit
SPI flash	1 MB
Arduino IDE	Core Compatible

Fuente: AI-Thinker team, 2015.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.4 Elementos actuadores

En el sistema son necesarios dos tipos de actuadores, uno encargado del bloqueo de la puerta de ingreso a la cancha sintética y otro enfocado en informar de manera visual. Una cerradura eléctrica se acopla fácilmente a la electrónica digital usando un reducido circuito de aislamiento eléctrico. Por otra parte, los LEDs permiten la comunicación de mensajes cuyo tamaño de caracteres sea definida por el usuario; el número y la disposición de los mismos en un espacio, determina el alcance visual conseguido.

2.4.4.1 LEDs

El tablero electrónico está diseñado para ser colocado en un ambiente externo, por lo cual se opta por leds de alta intensidad redondos de 5mm. El color verde de los leds aporta a reducir el consumo de corriente. En figura 15-2 se aprecia uno de los LEDs seleccionados. Las características se analizan en la tabla 10-2. El color y nivel de brillo da paso a que puedan ser visualizados a una gran distancia (Alibaba.com, 2019).



Figura 15-2: LED verde de alta intensidad.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Tabla 10-2: Características de LED verde de alta intensidad.

Descripción	Características
Tensión	3V
Corriente	20mA
Tensión inversa	5V
Color de lente	Agua clara

Fuente: Alibaba.com, 2019.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.4.2 Bocina

A través de su cronómetro el tablero electrónico dirige el desarrollo del encuentro deportivo, por lo cual es necesario agregar una alerta sonora asociada a la visual dispuesta en las matrices led. La alerta consiste en una bocina marca Vera no impermeable, observada en la figura 16-2, con tono de 127 decibeles, accionada con tensión alterna de 110V y dimensiones de 40x45mm.



Figura 16-2: Bocina de 127dB.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.5 Elementos para control en baja tensión

Dentro del módulo de control de iluminación diseñado existe la necesidad de implementar un regulador de tensión para la placa ESP826-01 y un circuito de potencia tipo on/off; considerando la incorporación de una fuente de tensión en corriente continua y la red eléctrica de 220V en corriente alterna, se realiza la selección de una serie de componentes electrónicos descritos en los párrafos siguientes.

2.4.5.1 Regulador LM317

Es un dispositivo regulador de voltaje positivo fabricado por Texas Instruments con tres terminales: entrada, salida y ajuste. En su configuración más básica requiere únicamente 2 resistencias para establecer el voltaje de salida. Incorpora protección contra sobrecarga térmica y limitación de corriente. La figura 17-2 describe los terminales del encapsulado y la tabla 12-2 recopila especificaciones técnicas de operación (Texas Instruments, 2016).

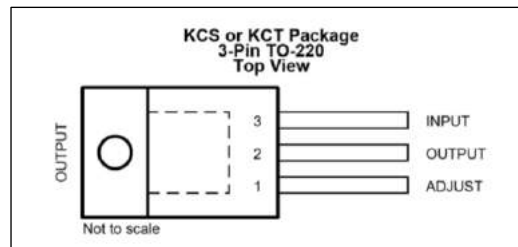


Figura 17-2: Terminales de LM317.

Fuente: Texas Instruments, 2016.

Tabla 11-2: Características de LM317.

Descripción	Características
Salida de tensión	1.25 - 37V
Salida de corriente	0.01 - 1.5A
Voltaje diferencial de entrada a salida	3 - 40V
Temperatura de unión virtual operativa	125°C

Fuente: Texas Instruments, 2016.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.5.2 MOC3041

Es un optoacoplador de la empresa Motorola Inc., que incluye un LED para controlar el fototriac y está diseñado como interfaz entre un sistema lógico y una carga alimentada a voltajes superiores a 5V. La figura 18-2 corresponde al diagrama de terminales del circuito encapsulado (Motorola, s. f.).

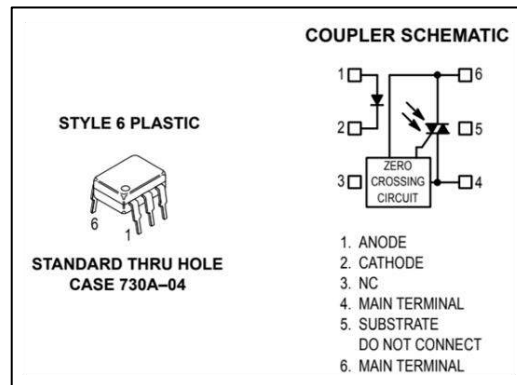


Figura 18-2: Terminales de MOC3041.

Fuente: Motorola Inc., s. f.

El MOC3041 posee las siguientes características de operación significativas (Palacios, et al., 2004: pp. 16-18):

- La tensión de aislamiento garantiza un perfecto aislamiento entre la red eléctrica y el microcontrolador.
- Su fototriac interno permite el control de la casi totalidad de los grandes triacs, lo que no sería posible si se utilizara un fototransistor ordinario.
- La corriente proporcionada puede alimentar pequeñas cargas de hasta 20W.
- Su detector de paso por cero interno permite economizar un número significativo de componentes externos.
- El detector de paso por cero conmuta al fototriac únicamente cuando la tensión aplicada al mismo pase por cero, evitando el ruido eléctrico de alta frecuencia introducido en la tensión de red producto del cambio repentino de corriente cuando la conmutación del triac no coincide con un cruce por cero.

Las especificaciones técnicas del encapsulado electrónico se aprecian en la tabla 12-2, dispuesta a continuación (Motorola, s. f.):

Tabla 12-2: Características optoacoplador MOC3041.

Descripción	Características
Tensión de aislamiento	7500V
Corriente máxima suministrada	100mA
Detector de cruce por cero	Si
Fototriac	Si

Fuente: Motorola Inc., s. f.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.5.3 Triac BT136-600

Es un encapsulado dirigido al control de fase y conmutación bidireccional de uso general. La compuerta de activación es menos sensible para mejorar la inmunidad al ruido. Su símbolo y distribución de terminales del triac BT136-600 son observados en la figura 19-2; la corriente de compuerta para su activación es estándar (NXP Semiconductors, 2011). La corriente en cada lámpara de halogenuro metálico de luz neutral se aproxima a los 1,14A considerando su potencia de 250W y la tensión de 220V. El triac seleccionado maneja hasta tres veces aquel amperaje en sus terminales de conducción, permitiendo el control con normalidad; ésta y otras características se mencionan en la tabla 13-2 (NXP Semiconductors, 2011).

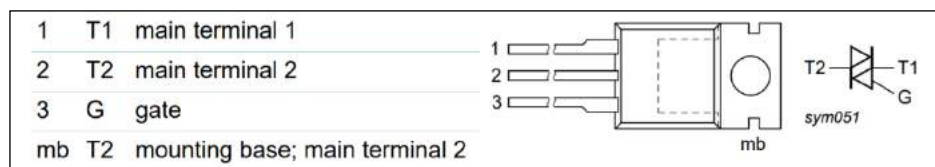


Figura 19-2: Terminales de BT136-600.

Fuente: NXP Semiconductors, 2011.

Tabla 13-2: Características triac BT136-600.

Descripción	Características
Tensión	600V
Corriente máxima	4A
Corriente de compuerta	30mA

Fuente: NXP Semiconductor, 2011.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.4.6 Elementos mecánicos

La cerradura EC-C2000-290S es fabricada por LCJ *Security Products*, empleada con mayor frecuencia en gabinetes; su robustez, dimensiones reducidas y bloqueo eléctrico o manual la hacen idónea en el aseguramiento de la puerta de la cancha. En la figura 20-2 se observa la cerradura seleccionada con la particularidad de desbloqueo mediante uso de llaves, mientras la tabla 14-2 contiene sus especificaciones técnicas, consideradas posteriormente en el dimensionamiento de fuentes de tensión y diseño de circuitos (Aliexpress.com, 2018).



Figura 20-2: Cerradura LCJ EC-C2000-290S.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

Tabla 14-2: Características de la cerradura LCJ EC-C2000-290S.

Descripción	Características
Tensión	12 VDC
Corriente	300mA
Dimensiones	134x28x30mm
Medida de pistón	50 mm
Superficie de instalación	metal y madera

Fuente: Aliexpress.com, 2018.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.5 Fuentes de alimentación

Está basado en el cálculo de consumo de corriente y capacidad de voltaje de todos los dispositivos que integran el sistema. Para el prototipo se necesita tres niveles de alimentación, en corriente continua, los cuales son 12 voltios, 5 voltios y finalmente 3.3 voltios. Considerando los niveles de tolerancia en entrada de tensión de las tarjetas de desarrollo se ha establecido la

tabla 15-2 con los valores nominales de las fuentes a emplear en el prototipo de sistema electrónico, el módulo donde estarán presentes y los circuitos a los cuales proveerán de alimentación. Las fuentes de tensión tienen adaptabilidad a la tensión en corriente alterna de la red general, pudiendo funcionar con tensiones de 110V o 220V.

Tabla 15-2: Fuentes de alimentación para circuitos en módulos.

Fuente	Módulo	Circuitos alimentados
12V - 1.2A	MAA	Cerradura eléctrica.
5V - 2.5A	MAA	Tarjeta Raspberry Pi, Cámaras.
5V - 1A	MC	Placa de comunicación wifi con microcontrolador.
9V - 2A	ME	Microcontroladores, Matrices y Displays LEDs.
6V - 800mA	ME	Placa de comunicación wifi con microcontrolador, relé mecánico.
5V - 200mA	ME	Accionamiento bocina.
110V	ME	Bocina
6V - 800mA	MCI	Sensores de luz, placas de comunicación wifi con microcontroladores, optoacopladores.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.6 Esquemas de conexión

Un análisis a los dispositivos electrónicos previamente detallados permite estructurar una serie de esquemas eléctricos-electrónicos los cuales explican el *hardware* desarrollado entorno al prototipo de sistema electrónico. Junto con el circuito esquematizado se hallan fotografías de la implementación en placas perforadas de prototipado. El esquema de conexión del módulo de comunicación está exento de descripción, por tratarse únicamente de un NodeMCU alimentado a través de su puerto micro USB con un cargador de 5V a 1A.

2.6.1 Esquema de conexión del MAA

La figura 21-2 detalla:

- Dos cámaras conectadas a través de los puertos USB 2.0 de la Raspberry Pi 3B+ en la adquisición de imágenes, la distancia de instalación entre las cámaras es 1.5m y no presenta falencias en la comunicación.
- El pulsador de tipo normalmente abierto encargado de detectar el estado de la puerta requiere un circuito adicional debido a la caída de tensión presente en el conductor; un transistor 2N3904 permite la conmutación del GPIO5 a valor de 0V(GND), dando paso a la detección del estado de la puerta.
- El cerrojo en la cerradura se desplaza gracias a la acción de una bobina alimentada con 12V; un relé mecánico cierra su contacto normalmente abierto tras la orden de una señal de 5VDC, para cerrar el circuito eléctrico.
- Un diodo se conecta en paralelo a la bobina como protección ante corrientes, seguido por un transistor 2N3904 cuya base es alimentada por la señal lógica verdadero a tensión de 3.3V del GPIO 4.
- Los 5V positivos son otorgados por la misma Raspberry a través de sus terminales 2 y 4.

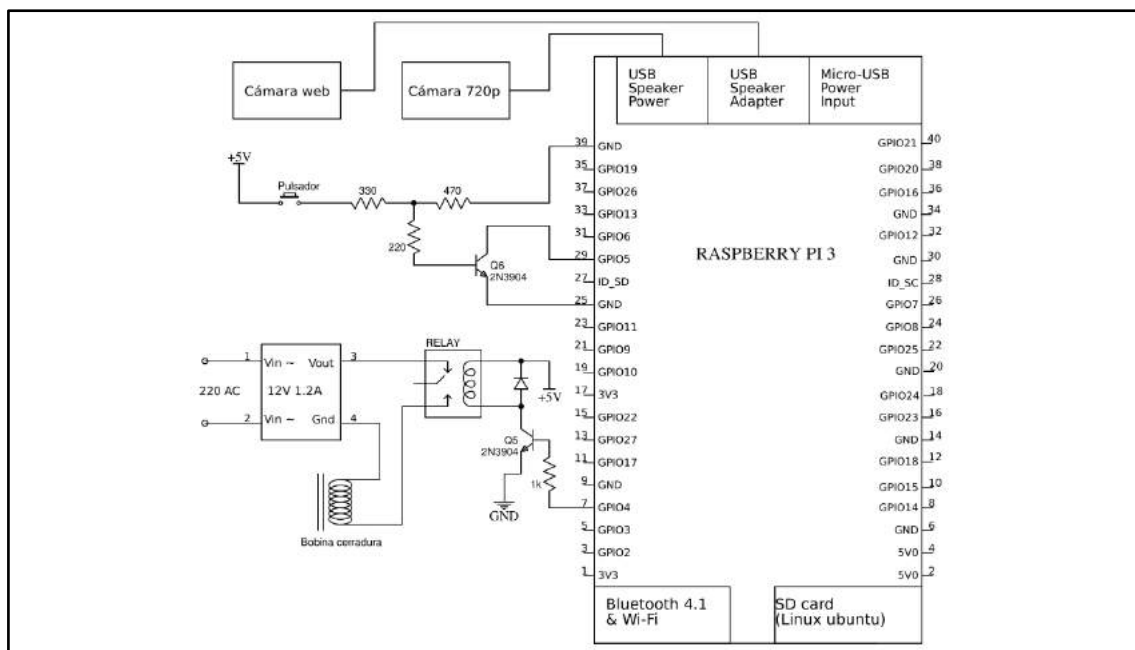


Figura 21-2: Esquema de conexión del MAA.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La figura 22-2 corresponde a la implementación del módulo de acceso automático, donde destaca la distribución de sus componentes con el fin de facilitar su instalación. De izquierda a derecha se muestra:

- Cerradura con escáner QR, conformando por la cámara Texet WCM-183, la cerradura LCJ EC-C2000-290S y el pulsador, asegurados en una estructura de madera; cables de alimentación, comunicación y censado se conectan a la caja de protección metálica de la unidad de procesamiento y comunicación.
- Unidad de procesamiento y comunicación, la cual consiste en una tarjeta Raspberry Pi 3B+ acompañada de una placa electrónica de conmutación. Todo lo mencionado está protegido por una caja metálica de paso de dimensiones 15x15x10cm asegurada por tornillos.
- Sensor visual de desalojo, cuya función recae en la cámara Logitech C270, la cual transmite la imagen captada vía cable USB.

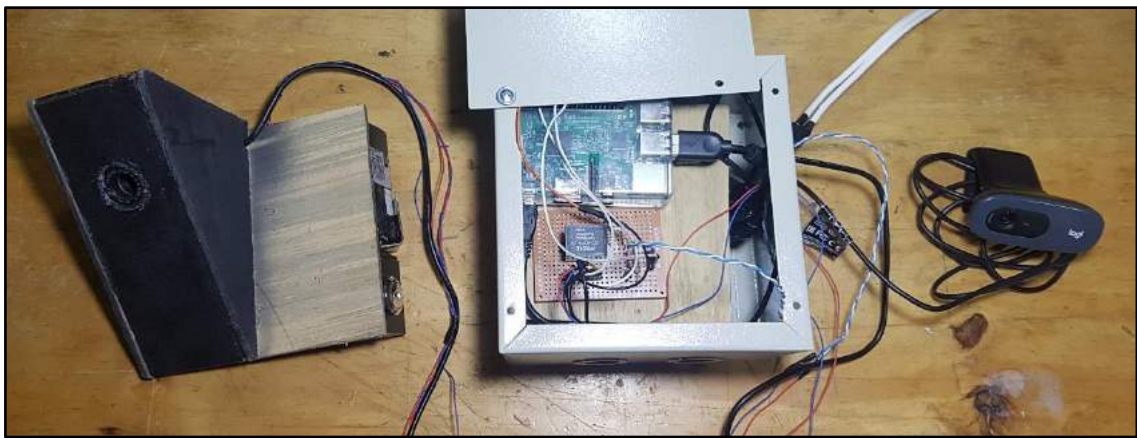


Figura 22-2: Módulo de acceso automático.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2018.

2.6.2 Esquemas de conexión del MCI

Los circuitos y dispositivos del control de iluminación se energizan tras la conmutación de la línea de derivación destinada a las luminarias de las canchas. En total tres placas conforman el módulo, sus esquemas de conexión están detallados a continuación.

2.6.2.1 Esquema de conexión de la placa principal

El módulo de control de iluminación se caracteriza por tener dos tarjetas de desarrollo con chip ESP8266 en un nodo principal, la figura 23-2 así lo muestra; el motivo, mantener a los controles inalámbricos on/off pendientes de órdenes, conectados simultáneamente. Mediante

comunicación serial (TX/RX) el ESP8266-01 reporta anomalías en la iluminancia medida por los sensores BH1750 en base a un nivel referencial mínimo obtenido de las mediciones realizadas con equipos certificados. El terminal CH_PD controla el encendido y apagado de la placa y permanece conectado a 3.3V. En la figura 24-2 se observa la placa del esquema fabricada.

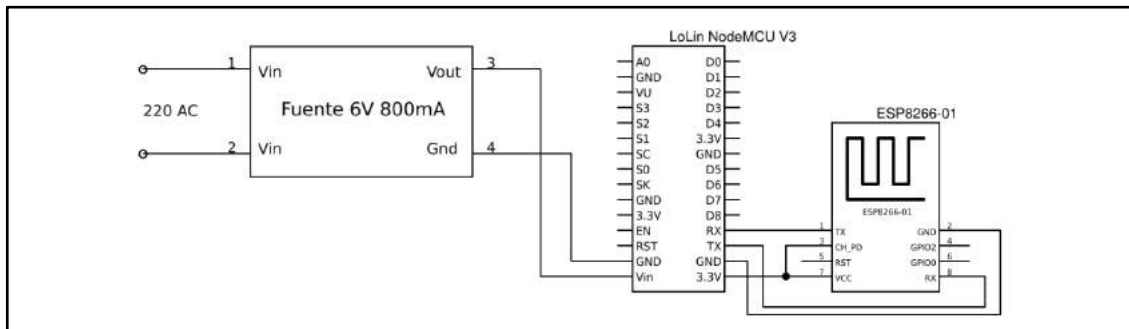


Figura 23-2: Esquema de conexión de placa principal del MCI.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

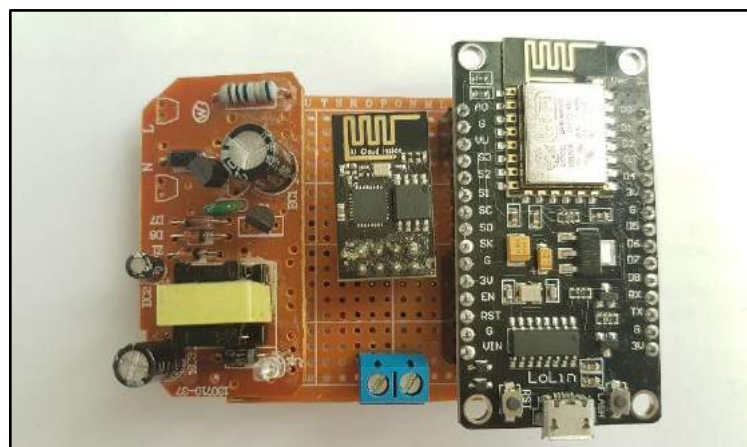


Figura 24-2: Placa electrónica principal del MCI.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

2.6.2.2 Esquema de conexión del sensor de luz inalámbrico

En el sistema de control de iluminación existen 6 sensores de luz BH1750 integrados en las placas GY-302 y distribuidos en toda el área física de la cancha sintética con el fin de otorgar un valor promedio de iluminancia sobre el campo de juego. La tarjeta GY-302 establece comunicación I2C empleando sus terminales SCL (señal de reloj) y SDA (datos). En la tarjeta

NodeMCU SCL se halla en el terminal etiquetado como D1 y SDA en el terminal D2. La figura 25-2 muestran el esquema de conexión entre terminales y la figura 26-2 la construcción de la placa.

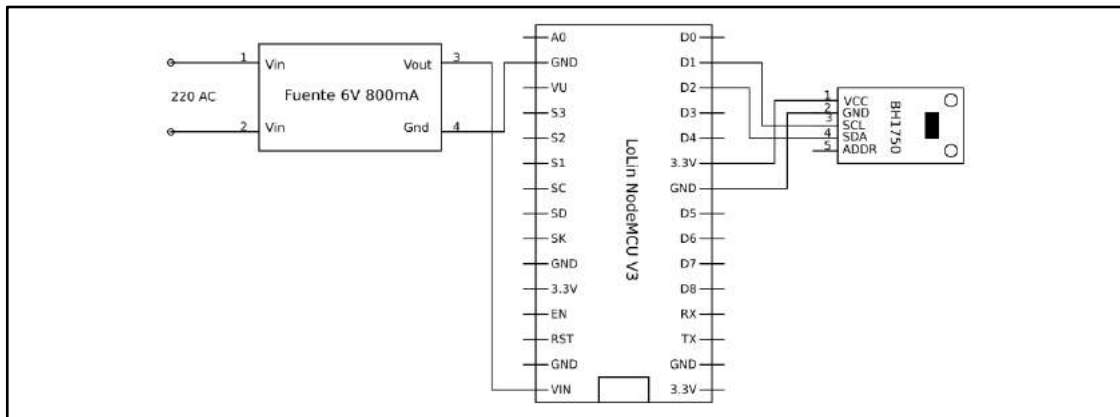


Figura 25-2: Esquema de conexión del sensor de luz inalámbrico.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

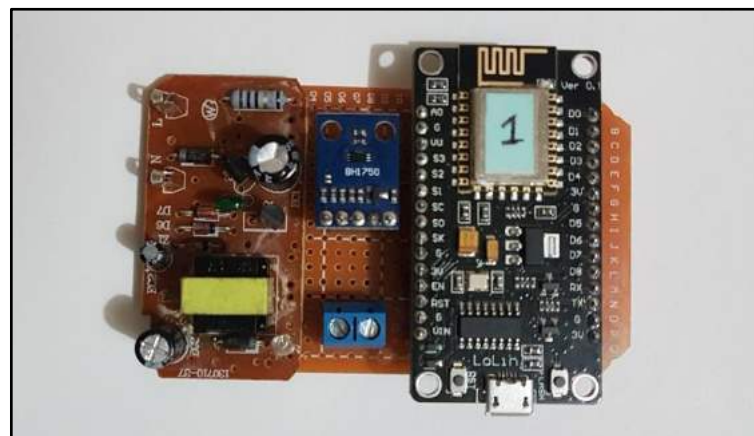


Figura 26-2: Placa electrónica del sensor de luz inalámbrico.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

2.6.2.3 Esquema de conexión del control on-off inalámbrico

El módulo de control de iluminación incorpora una sección en su arquitectura la cual maneja tensiones de 220V correspondiente a la inmersión de un circuito de control en la derivación del circuito eléctrico de las luminarias. Entre el microcontrolador encargado de emitir la señal digital de control y el elemento de potencia conectado a baja tensión se ubica el optoacoplador MOC3041.

Las canchas sintéticas cuentan con cuatro puntos en los cuales se ubican un par de luminarias compuestas por un único foco, con un consumo de 250W por cada foco; el fototriac del MOC3041 no satisface esa potencia, por ello es necesario incorporar un triac BT136-600 cuya entrada G se encuentre conectada y gobernada por el fototriac. La corriente en cada foco se aproxima a los 1,14A considerando la potencia de 250W y la tensión de 220V. El triac seleccionado maneja hasta 4A amperios en sus terminales de conducción.

El encendido y apagado de las lámparas está contenido en un circuito de potencia de control on/off y el microcontrolador del ESP8266-01. El encapsulado wifi se alimenta con una tensión 3.3V por lo cual es requerido un circuito de tensión regulable empleando un LM317, observado en la parte superior de figura 27-2; el cual es posible encontrar descrito en la página 12 de su hoja de datos. De manera concisa se puede mencionar características destacables como:

- Estabilización de voltaje en el pin de ajuste mediante capacitor C2.
- Descarga de capacitor C2 a través de diodo D1 en caso de salida cortocircuitada.

El diodo emisor de luz del MOC3041 se alimenta con la tensión de la fuente de 6V, controlando la corriente en la rama a través de un transistor 2N3904; el cometido es lograr una buena conmutación del triac. Todas las conexiones realizadas entre componentes, el microcontrolador y la carga se hallan en la figura 27-2.

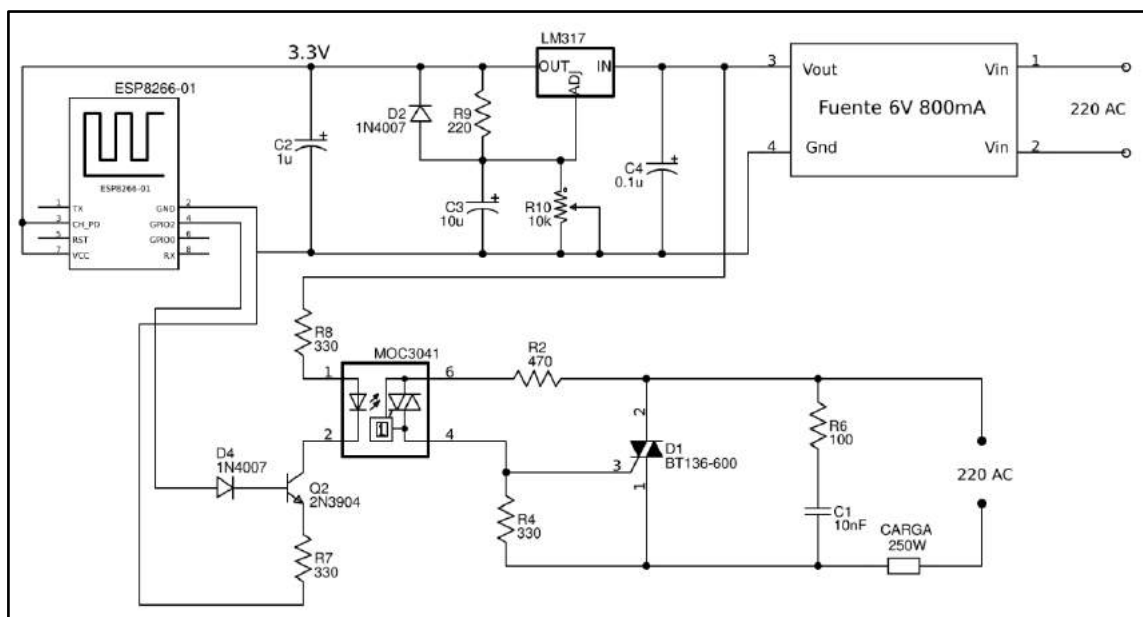


Figura 27-2: Esquema de conexión del control on/off inalámbrico.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La explicación de operación del circuito de potencia es la siguiente (Palacios, et al., 2004: pp. 18, 19):

- La señal del microcontrolador genera una corriente a través del diodo LED del MOC3041, el diodo emitirá luz y provocará la conducción del fototriac en el siguiente paso por cero.
- El fototriac en conducción adquiere las características de un interruptor cerrado y la carga es alimentada.
- El triac se desactiva automáticamente cuando la corriente pasa por cero por lo cual es necesario volver a disparar el triac en cada semiperiodo o mantenerlo con la señal de control activa durante el periodo necesario en mantener encendida la salida.
- Cuando la señal lógica del microcontrolador pasar a un nivel bajo el LED se apaga, el triac deja de conducir en el siguiente paso por cero y se comporta como un interruptor abierto; la carga permanece en circuito abierto sin alimentación y se apaga.
- El circuito RC paralelo a la conexión con la red mejora el funcionamiento del circuito frente a disparos indeseables del triac producto de picos bruscos de la tensión en la red; además es responsables de mantener un consumo estable aún en estado de inactividad.

La placa electrónica resultante del esquema de la figura 27-2 se observa en la figura 28-2.

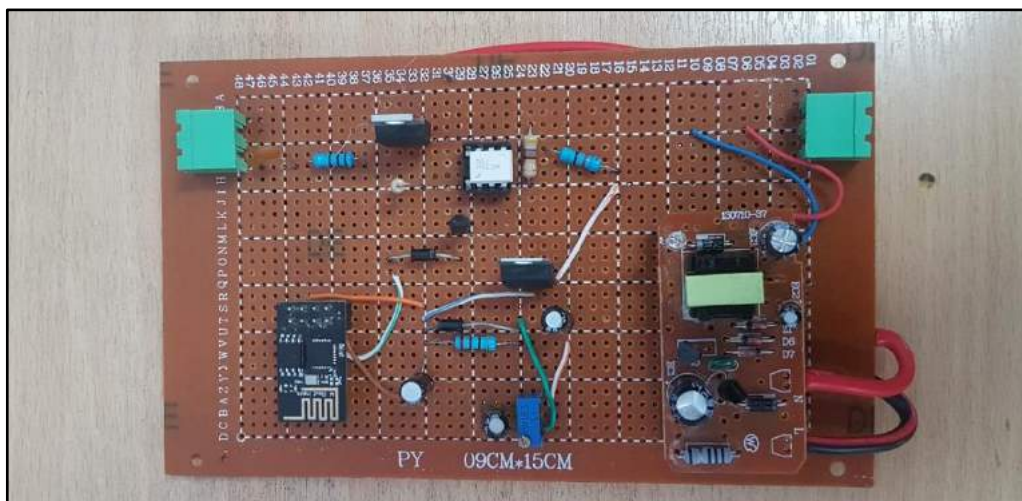


Figura 28-2: Placa electrónica del control on/off inalámbrico.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

2.6.3 Esquema de conexión del ME

La placa desarrollada para el marcador electrónico es quizás la más compleja de todas, debido a su composición de 3 microcontroladores ATmega328P-PU, controladores de LEDs Max7219, módulo wifi NodeMCU y bocina. La figura 29-2 contiene:

- Un circuito de conmutación, con fuentes de 9V y 6V, formado por un transistor 2N3904 y un relé mecánico accionado desde el terminal D1 del NodeMCU. Un diodo protege al circuito de corrientes inversas.
- Circuitos básicos para operación de microcontroladores ATmega328P-PU, considerando 2 capacitores de 22pF conectados a un cristal de 16MHz en los terminales 9 (XTAL1) y 10 (XTAL2). Un capacitor de 100nF aporta en la estabilidad de la tensión de alimentación.
- Comunicación serial, entre el segundo ATmega328P-PU y el NodeMCU, mediante terminales TX y RX. El tercer microcontrolador recibe (RX) datos del TXD 1 (GPIO 2/D4) del NodeMCU.
- Una bocina, activada mediante un optoacoplador H11A1 cuyo fototransistor aplica corriente a la base de un transistor 2N3904; el cual, a su vez, permite el paso de corriente a la bobina del relé mecánico, produciendo conmutación de la línea eléctrica de 110V AC.

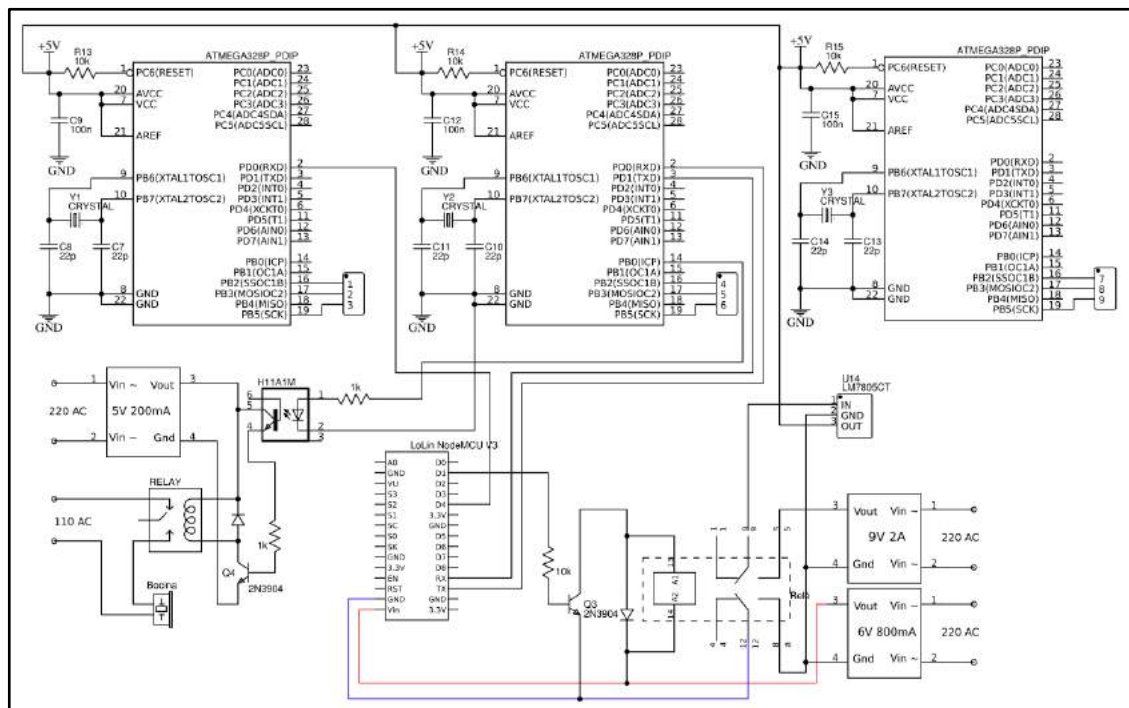


Figura 29-2: Esquema de conexión de microcontroladores y bocina del ME.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La figura 30-2 muestra la placa electrónica donde se ubican las 2 fuentes de tensión DC (9V y 6V), los 3 microcontroladores ATmega328P-PU, el NodeMCU y el circuito de conmutación. El NodeMCU permanece siempre activo e interviene en el encendido y apagado del tablero electrónico.

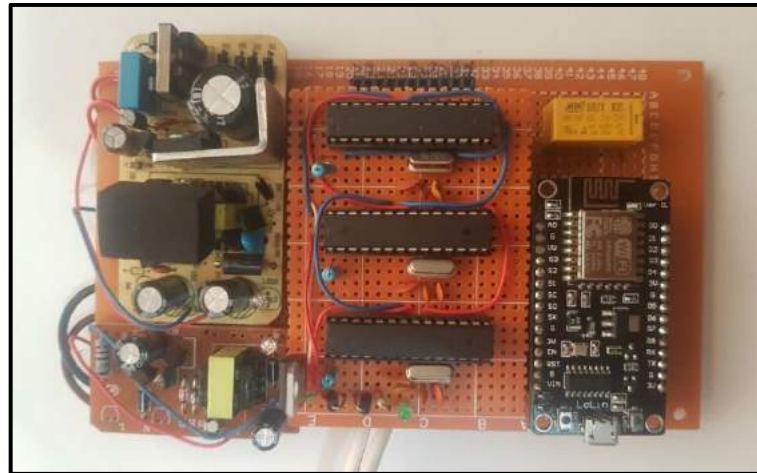


Figura 30-2: Placa de microcontroladores del ME.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Las figuras 31-2 y 32-2 complementan al esquema de la figura 30-2, el marcador en su conjunto abarca todos aquellos circuitos electrónicos. Un pequeño circuito de estabilización de tensión formado por capacitores de $10\mu\text{F}$ y $0.01\mu\text{F}$ es común encontrar junto a los integrados Max7219. La comunicación se realiza mediante el bus SPI. Los terminales DIN, LOAD y CLK del Max7219 se conectan con PB2(SS), PB3(MOSI) y PB5(SCK) del Atmega328P-PU respectivamente. Las configuraciones de los leds son diferentes en ambos casos.

En la primera, figura 31-2, se maneja 4 displays de 7 segmentos conformados por arreglos de leds en paralelo. Los terminales DIG: 0, 1, 2 y 3 se conectan a los cátodos comunes de los displays y la forma de conectar cada una de las secciones viene indicada en el Max7219 por la denominación SEG: A, B, C, D, E, F, G y DP.

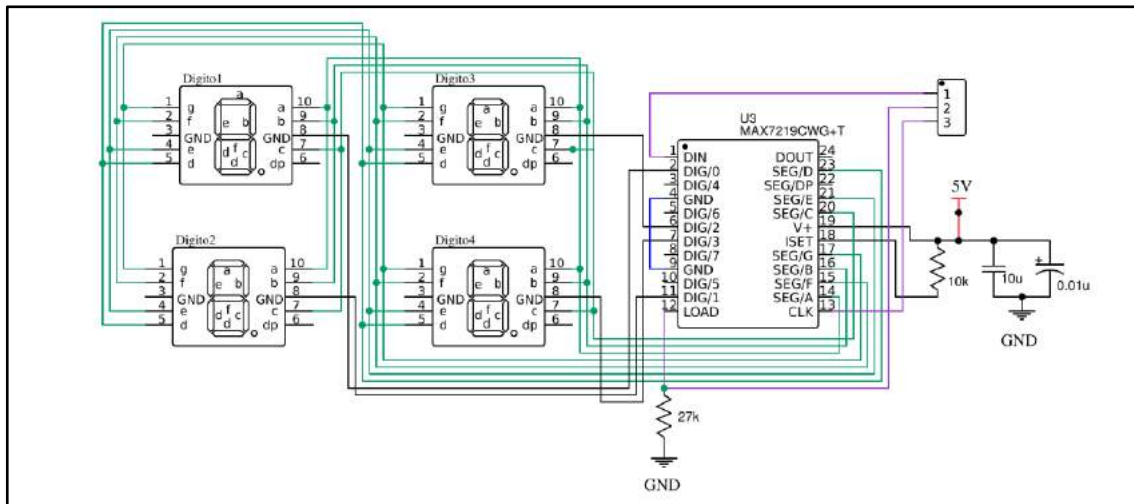


Figura 31-2: Esquema de conexión de displays de 7 segmentos.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La segunda, figura 32-2, muestra matrices LED de 8x8. Los terminales DIG se cablean a cada una de las filas de la matriz, iniciando desde la parte superior, y los SEG a cada una de las columnas iniciando desde la derecha. Cuando son más de 2 integrados se conectan en serie el Din (terminal 1) y el Dout (terminal 24), datos de entrada con el terminal de datos de salida.

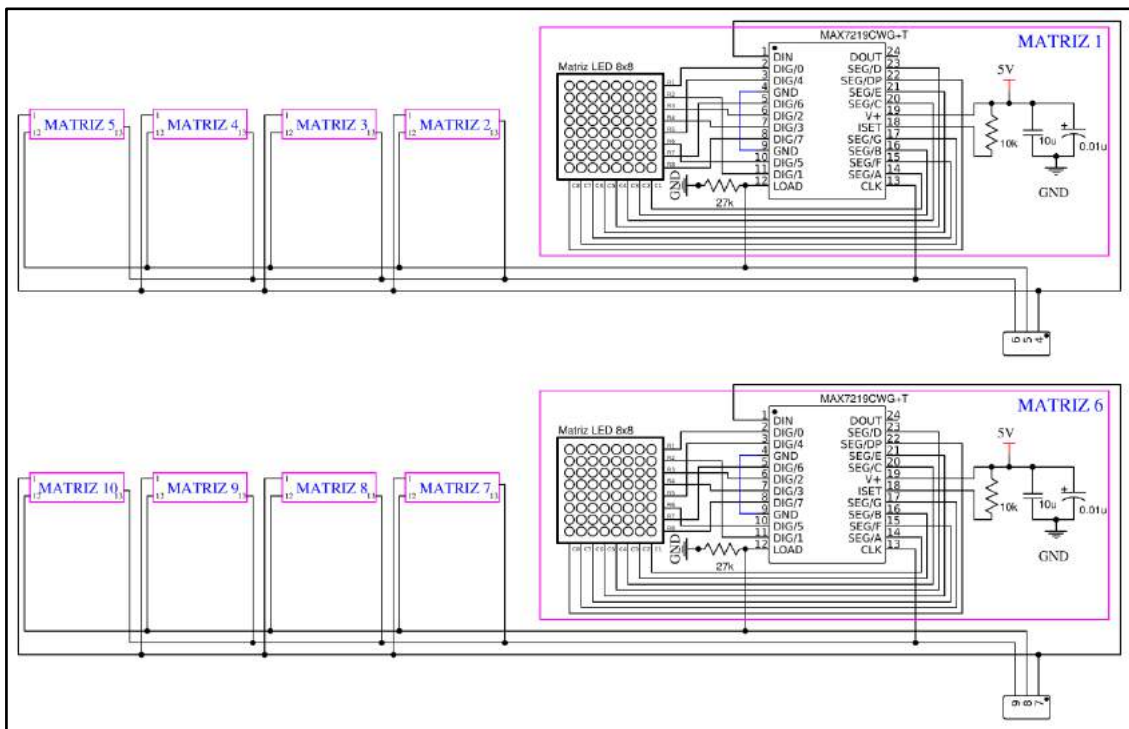


Figura 32-2: Esquema de conexión de matrices LED.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Considerando todos los esquemas del marcador se consigue implementar lo visualizado en la figura 33-2. Para proteger los componentes electrónicos se fabrica una estructura metálica con su parte delantera cubierta por una lámina de policarbonato.

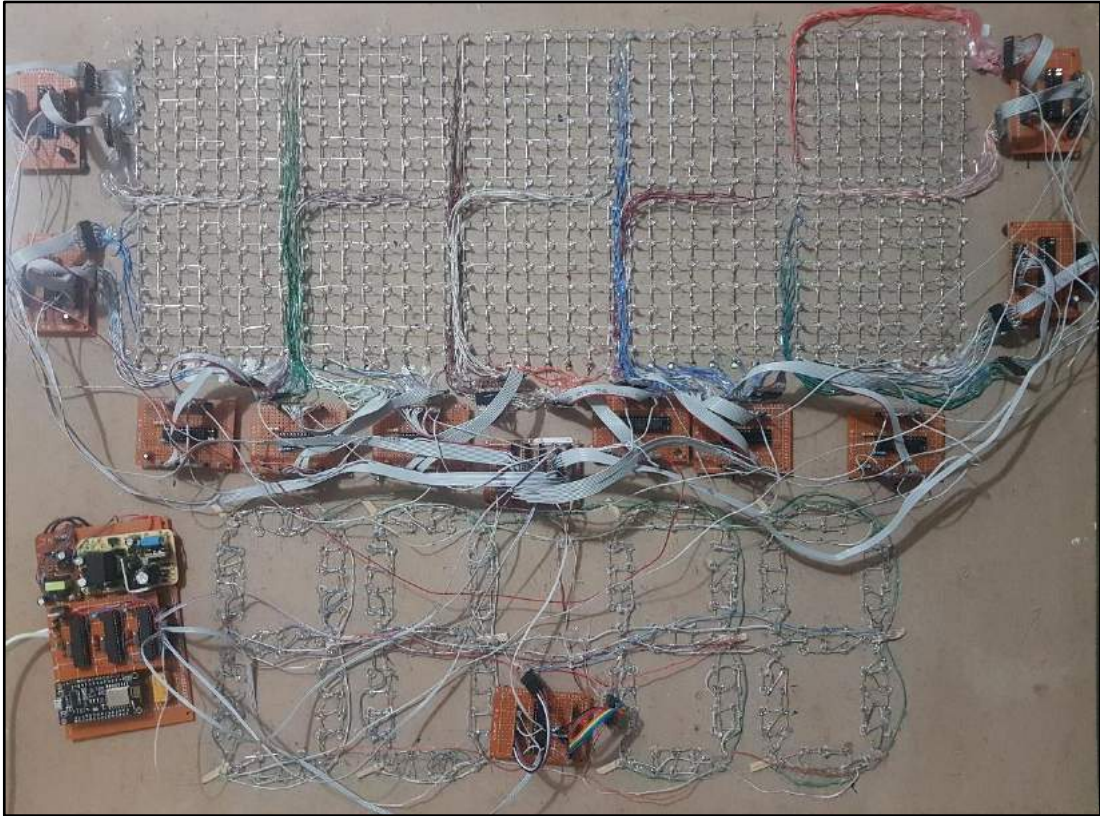


Figura 33-2: Placas y circuitos del ME.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

2.7 Estructura de redes inalámbricas

Estableciendo el funcionamiento básico de comunicaciones, es preciso esquematizar las redes configuradas acompañadas de las direcciones de red existentes y los dispositivos que precisaran el uso de estas. La figura 34-2 especifica los nombres, relación entre redes, direcciones IP de cada módulo y de los servidores web.

La red WLAN principal creada es la WLAN1_1, abarca la comunicación entre los tres módulos que componen el sistema y está configurada en el módulo de comunicación; en aquel módulo convergen las solicitudes dirigidas al servidor de Firebase. La WLAN2_1 es la única red en permanecer visible, su propósito radica en ser el medio de comunicación entre la interfaz de control remoto implementada en la aplicación móvil y el marcador electrónico. El control de

iluminación configura ambas de sus antenas wifi como estación y punto de acceso, una dirigida a recopilar la lectura realizada por los sensores de luz (WLAN3_1) y la otra a comunicarse en las redes WLAN1_1 y WLAN4_1. La WLAN4_1 se limita a cuatro direcciones correspondientes al número de luminarias a encender y apagar de manera remota.

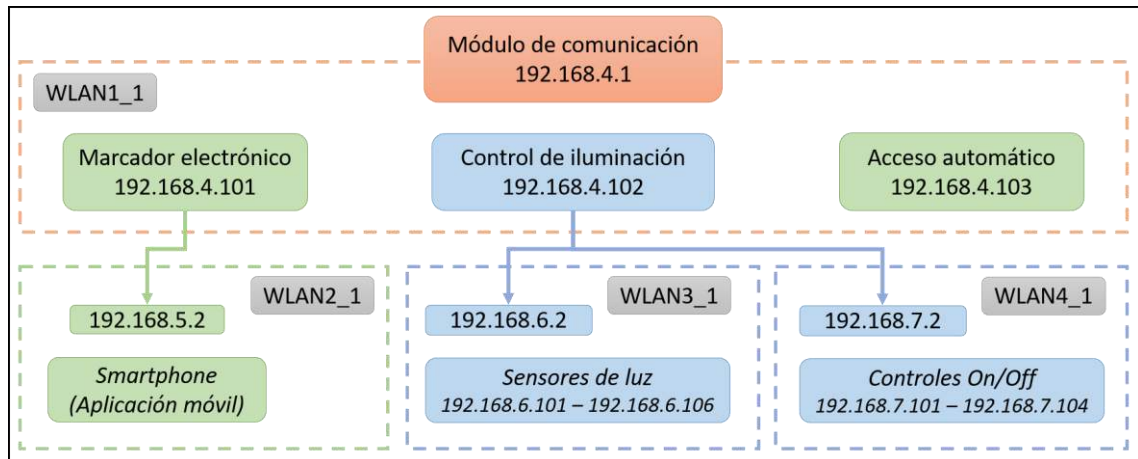


Figura 34-2: Redes WLAN configuradas.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Las tramas de información enviadas entre cliente y servidor poseen como atributo un código (ID) el cuál identifica al dispositivo inalámbrico emisor. Todos los ID están detallados en la tabla 16-2.

Tabla 16-2: Id de elementos de la red para comunicación y reporte de alertas.

Dispositivo inalámbrico	ID	ID Reporte
Módulo de comunicación	86E5	-
Marcador electrónico	BD35	1
Smartphone (Aplicación móvil)	581M	-
Control de iluminación	C6I0	2
Acceso automático (Raspberry)	627J	3
Sensores de iluminación	25S1	4
Controles On/Off	-	5

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Un servidor acepta todas las solicitudes, pero procesa únicamente las enviadas por los dispositivos registrados; se exceptúa ID para los controles on/off debido a la inexistente transmisión de requerimientos. La misma definición de equipos se aplica en los reportes, con la diferencia latente de avisos nulos para el *smarthphone* (aplicación móvil) y el mismo módulo de comunicación encargado de conectar con la base de datos.

2.8 *Software del prototipo de sistema*

Aquello relacionado a los entornos de desarrollo integrado, bibliotecas o librerías, funciones, métodos y operaciones lógicas y matemáticas empleadas en cada uno de los módulos, aplicaciones y base de datos; así como los algoritmos, diagramas de flujo, diagramas de bloques y diagramas entidad relación, se resume en el siguiente subcapítulo.

2.8.1 *Arduino IDE*

Es un entorno de programación de *hardware* Arduino y Genuino con una interfaz sencilla y clara, el cual simplifica la programación de microcontroladores en lenguaje C; funciona en cualquier sistema operativo, y gracias a la comunidad de desarrolladores posee todo tipo de librerías para trabajar con toda clase de módulos, periféricos, sensores y actuadores (Arduino, 2018b). El prototipo de sistema se compone principalmente de módulos compatibles con el entorno de programación de la plataforma Arduino, por lo tanto, se procede a emplear su Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) en la versión 1.8.9, con una licencia de uso gratuita.

2.8.1.1 *Software del módulo de comunicación*

En la implementación de código se utiliza las librerías:

- **NTPClient.h:** Crea un cliente NTP (GitHub Inc., 2019).
- **FirestoreESP8266.h:** Otorga la posibilidad de realizar escritura, lectura, actualización, búsqueda, eliminación, entre otras actividades, con la base de datos en Firestore. Disponible en su versión 2.1.6. A diferencia de otras librerías desarrolladas para placas con el chip ESP8266, no requiere certificado de huella digital (Suwatchai, 2019).
- **ESP8266WiFi.h:** Ejecutar funciones relacionadas a configuraciones y procesos implicados en la tecnología WiFi (Grokhotkov, 2017).

- **WiFiUdp.h:** Utiliza para la programación de rutinas UDP (Grokhotkov, 2017b).

Para el módulo de comunicación se presenta su diagrama de flujo en la figura 35-2.

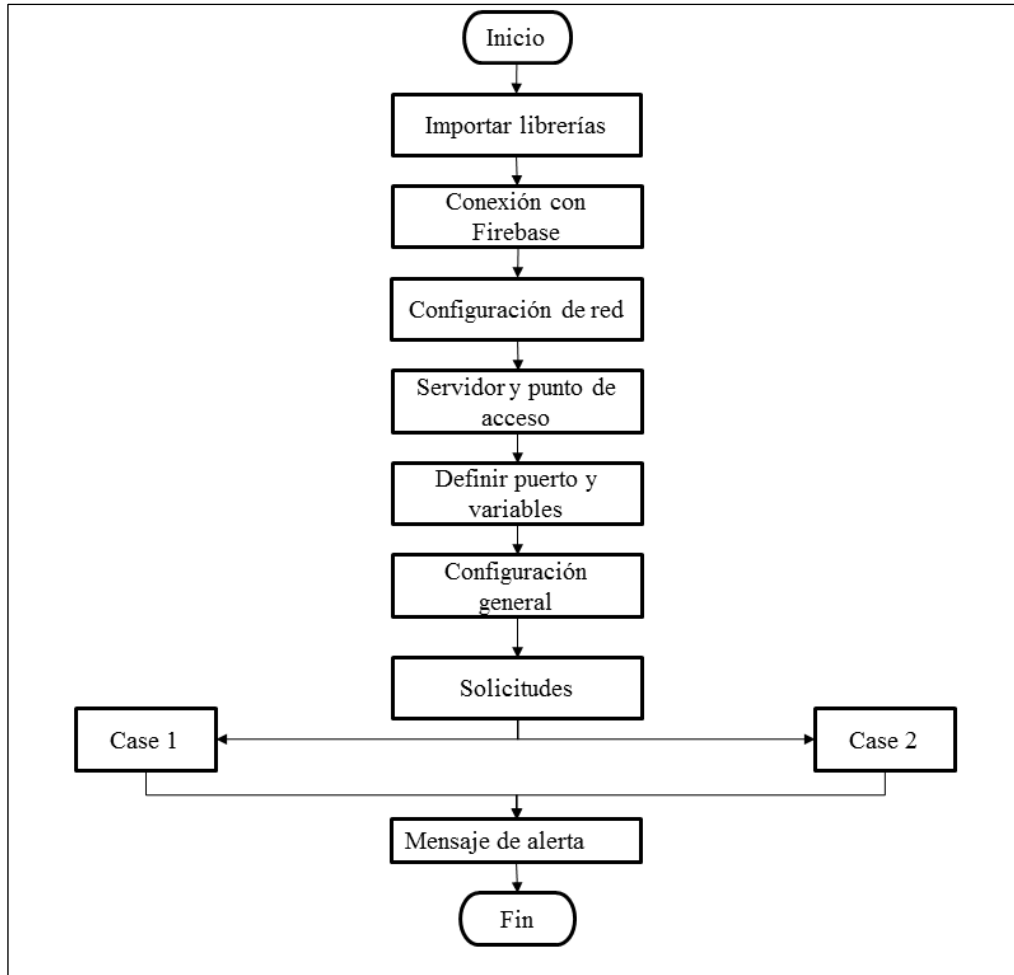


Figura 35-2: Diagrama de flujo para MC.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 35-2:

- Se importa las librerías **ESP8266WiFi.h**, **NTPClient.h**, **FirestoreESP8266.h** y **WiFiUdp.h**
- Define host y contraseña para conexión con la base de datos Firebase. Establece variables para almacenar fecha y hora.
- Configurar de la red a la que se va a conectar el módulo, nombre de la red y contraseña.

- Información de puertos y host a los cuales se conectará, marcador electrónico y control de iluminación. Configuración de la red wifi del módulo como punto de acceso, se establece la IP, puerta de enlace, máscara de red, canal, SSID y número máximo de conexión simultánea.
- Definir número de puerto del servidor y variables para almacenar datos.
- Configuración de modos de trabajo como punto de acceso y estación, inicia la conexión con el servidor de Firebase, define el formato de la fecha.
- Acepta las solicitudes y analiza según el caso en el que se encuentren para satisfacer las necesidades de los clientes
- “Case 1” para enviar un mensaje a los módulos, dentro de este apartado se encuentran: encender marcador, apagar luces, y encender marcador y luces.
- En el “Case 2” para la comunicación con servidores remotos, contiene tres diferentes casos: verificar reserva en Firebase, reportar un problema, escribir en Firebase y solicitud de hora actual y final, con petición a servidor NTP. Para todos los casos se recibe una respuesta satisfactoria y de no ser así envía un mensaje de alerta.

Para satisfacer el requerimiento del marcador electrónico respecto a la hora actualizada se recurre a un servidor NTP (*Network Time Protocol*), en este caso *pool.ntp.org*; correspondiente a un proyecto de granja virtual de servidores de servicio NTP fiable, con 4191 equipos alrededor del mundo (Ask Bjørn Hansen, 2019).

2.8.1.2 *Software del módulo de control de iluminación*

En la implementación de código se utiliza las librerías:

- **Wire.h:** Comunica el microcontrolador con dispositivos que trabajan mediante el protocolo I2C/TWI (Arduino, 2019).
- **BH1750.h:** Controlador del sensor BH1750 («BH1750», 2018).

Se establece la red WLAN3_1 para la lectura de los sensores de luz, su diagrama de flujo se muestra en la figura 36-2.

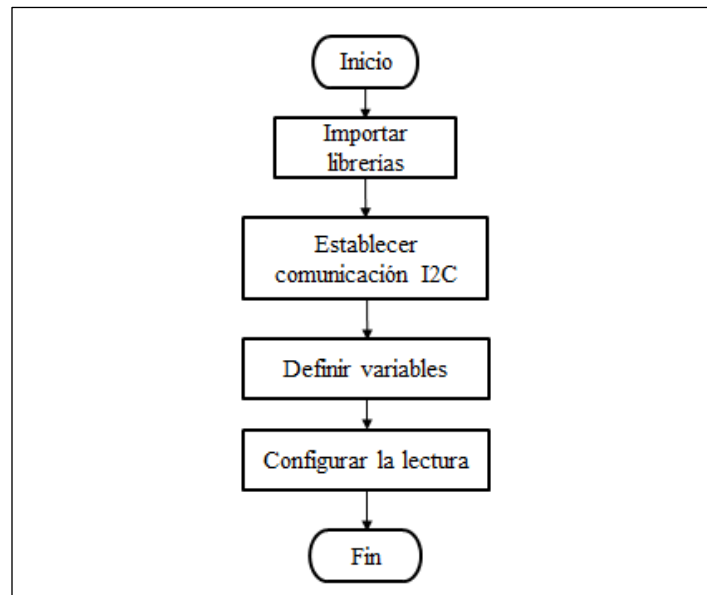


Figura 36-2: Diagrama de flujo para la lectura de sensores de luz.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 36-2:

- Se importa las librerías.
- Establecer la comunicación I2C, puesto que esta no lo hace por defecto.
- Define variables para el nombre de la red, la contraseña, el número de host del módulo principal y el número de puerto. Se establece número de IP, puerta de enlace y máscara de red.
- Configurar una variable para la lectura de los sensores y el módulo actúa como estación.

El encendido de las lámparas está relacionado a la arquitectura de comunicaciones cliente-servidor, su diagrama de flujo se muestra en la figura 37-2.

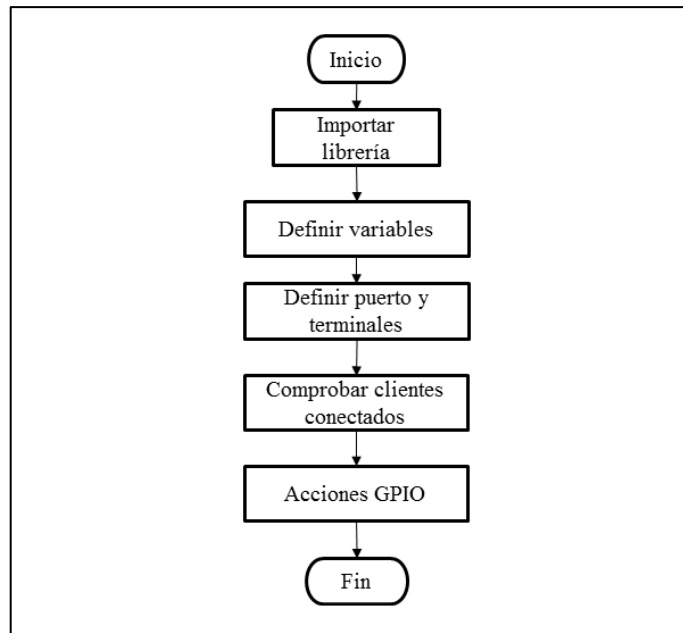


Figura 37-2: Diagrama de flujo para el control on-off de las luminarias.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 37-2:

- Se importa la librería.
- Se define las variables para el nombre de la red, contraseña. Se establece número de IP, puerta de enlace y máscara de red.
- Define el puerto para comunicación con el servidor y terminales digitales para la lámpara.
- Comprueba la conexión de cliente, en caso no existir repite hasta encontrarlo. El módulo actúa como estación.
- De ser el caso envía pulsos en alto o bajo para el terminal GPIO que se conecta con la lámpara.

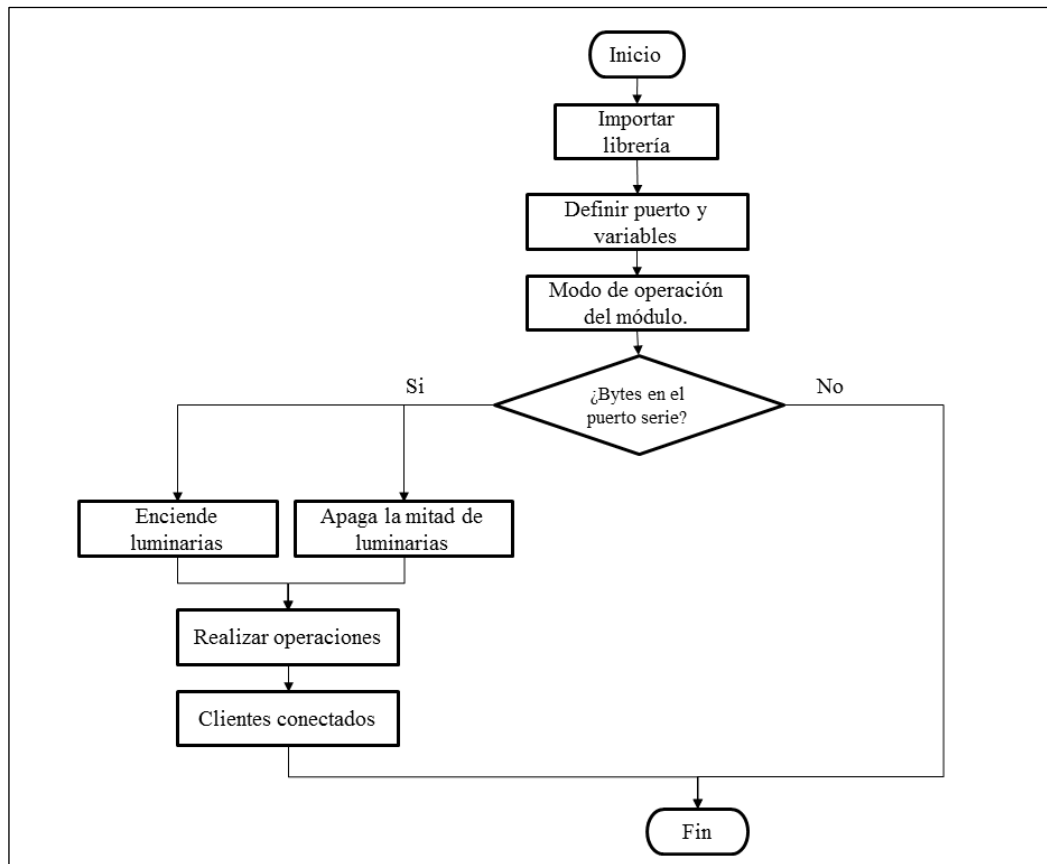


Figura 38-2: Diagrama de flujo de nodo principal del MCI.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 38-2:

- Se importa la librería.
- Se establece número de IP, puerta de enlace y máscara de red. Define el puerto para comunicación y número máximo de clientes conectados al mismo tiempo (7), variables para almacenar datos y futuras operaciones.
- Establece el modo de operación del módulo, como acceso.
- Lee caracteres en el puerto serie.
- Evalúa los caracteres recibidos, dependiendo de la trama leída, de ser “1” enciende todas las luminarias y en el caso de ser “2” apaga la mitad de las luminarias.
- Obtiene el promedio de valores enviados por los sensores para definir valores idóneos que se deben mantener.
- Comprobar si se encuentran clientes conectados y solicitud de conexión para nuevos clientes.

2.8.1.3 Software del marcador electrónico

El marcador electrónico está enfocado en el conteo de goles tanto del equipo local como visitante, gestión de tiempo y visualización de mensajes cortos. Se utiliza la librería **LedControl.h** es un controlador para displays leds de 7 segmentos (Fahle, 2015). En la figura 39-2 se presenta el diagrama de flujo para el conteo de goles.

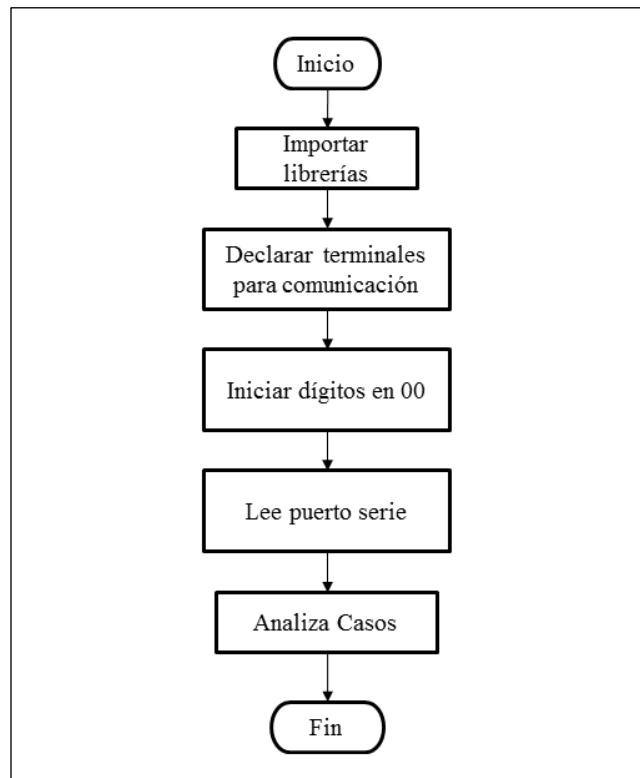


Figura 39-2: Diagrama de flujo para el conteo de goles.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 39-2:

- Se importa la librería.
- Declara el número de terminales para realizar la comunicación con el encapsulado.
- Inicialización de los dígitos de 7 segmentos en 00
- Lee puerto serie y comprueba si existen bytes
- Analiza el caso en cuestión: incremento y decremento, del equipo local y del equipo visitante.

Las funciones utilizadas en el proceso descrito son:

- **lc.setIntensity:** define la intensidad de los leds de menor a mayor, de 0 a 15.
- **lc.setDigit:** establece lo que se va a mostrar en el display.
- **Serial.readString():** leer caracteres en el puerto serie.

El tiempo de juego se establece en conteo descendente, es necesario el envío de la hora actual desde NodeMCU, para realizar el temporizador correspondiente y mostrarlo, aquí se establece la duración del sonido de la bocina; de manera general se establece variables para almacenamiento de datos. Se emplean las librerías:

- **SPI.h:** Gestiona la transmisión de datos en serie entre un microcontrolador y más dispositivos periféricos rápidamente en distancias cortas (Arduino, 2019a).
- **Adafruit_GFX.h:** Es una biblioteca de gráficos central para las pantallas, que proporciona un conjunto común de primitivas gráficas (Adafruit, 2019).
- **Max72xxPanel.h:** Controlador para el *hardware* max7219 (Ruys, 2013).
- **TimeLib.h:** Permite manipular variables entorno a los milisegundos (GeekFactory , 2019).

La figura 40-2 corresponde al temporizador del marcador electrónico.

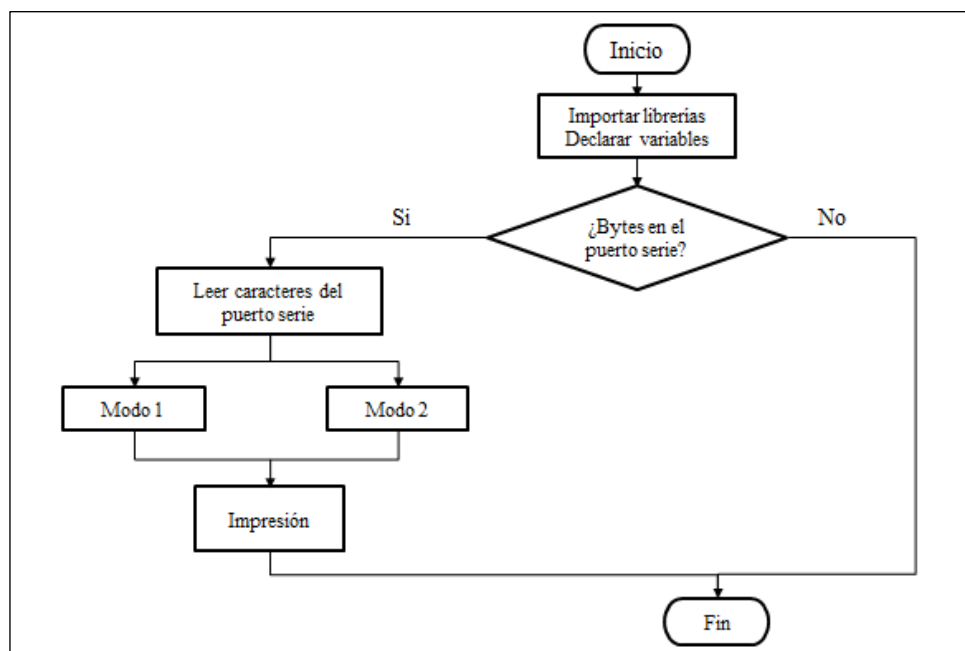


Figura 40-2: Diagrama de flujo para el temporizador.

Realizado por: Maritza Proaño, Juan Carbay, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 40-2:

- Se importa las librerías.

- Declara el número de terminales para realizar la comunicación con el encapsulado.
- Comprueba si existe bytes en el puerto serie y lee los caracteres.
- Modo 1 es un temporizador sin pausa.
- Modo 2 es un temporizador con entre tiempo.
- Se muestra el resultado dependiendo del modo que se haya escogido.

Mostrar mensajes cortos, se añade las librerías **SPL.h**, **Adafruit_GFX.h** y **Max72xxPanel.h** se define el texto que se va a mostrar, la velocidad y ancho en pixeles de cada carácter, se calcula el centro vertical y finalmente la impresión en la matriz. La figura 41-2 muestra el diagrama correspondiente a la visualización del mensaje.

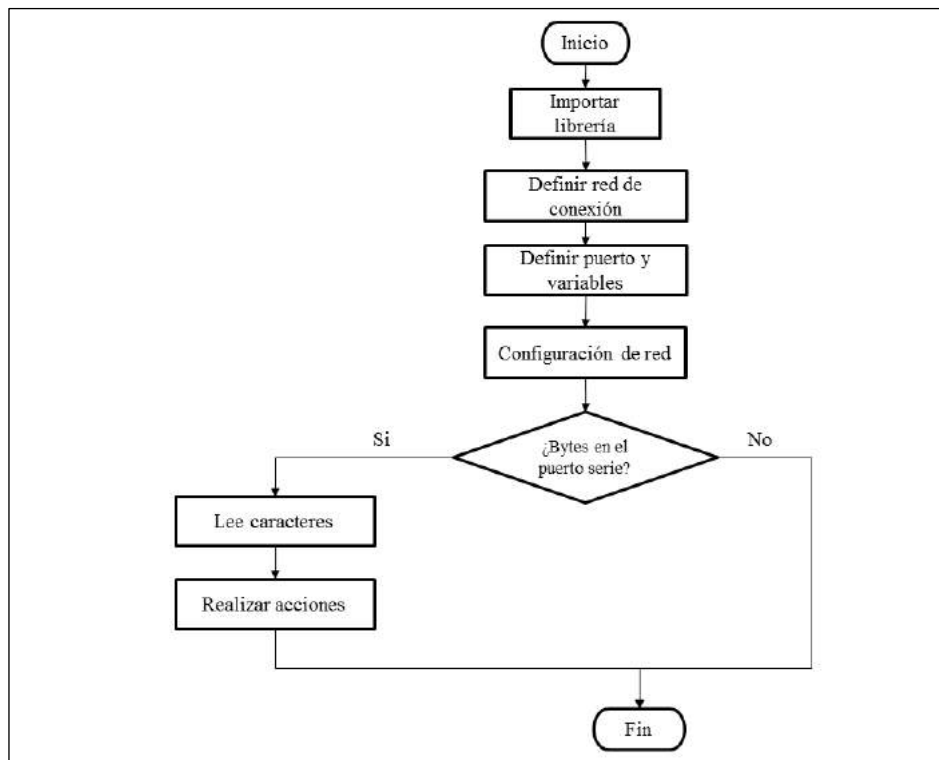


Figura 41-2: Diagrama de flujo para el NodeMCU del marcador electrónico.

Realizado por: Maritza Proaño, Juan Carbay, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 41-2:

- Se importa la librería.
- Define la red a la que se va a conectar, se asigna el nombre y la contraseña.

- Define el puerto de conexión y variables para los 3 host que se va a utilizar, uno para el módulo de comunicación, otro para el control de iluminación y el último para el escáner de código QR. Declara terminales para conexión con microprocesadores.
- Se configura la red con la dirección IP, puerta de enlace y la máscara de subred.
- Comprueba si existe bytes en el puerto serie.
- Realiza las respectivas acciones, dependiendo de las tramas que le haya llegado: confirmación de acciones terminadas o aquellas que han sido interrumpidas de manera inesperada.

2.8.2 *Python IDLE*

Para el área de lectura de código QR y la desocupación de la cancha, se utiliza el *software* libre Raspbian en su versión de abril 2019, por lo cual se necesita dos complementos: Python en su versión 3.5.3 (ya viene incluida) y OpenCV 4.0.0 que es una librería de procesamiento de imágenes.

2.8.2.1 *Software del módulo de acceso automático*

En el presente módulo se considera la lectura del código QR (acceso automático) y el desalojo de la cancha sintética. Estos procesos se detallan por separado. En la tarjeta de desarrollo, Raspberry Pi, se instala el sistema operativo Raspbian, el cual ya cuenta con el lenguaje de programación Python en su versión 3.5,

Para la lectura de código QR se requiere de librerías las cuales se detallan a continuación.

- **cv2:** procesamiento de imágenes (OpenCV)
- **http.client:** el dispositivo trabajar como cliente y envía datos al servidor http.
- **pyzbar:** lectura de códigos de barras y QR.
- **time:** manipular las variables de hora y fecha.

En la figura 42-2 se presenta el diagrama de flujo para el acceso mediante código QR.

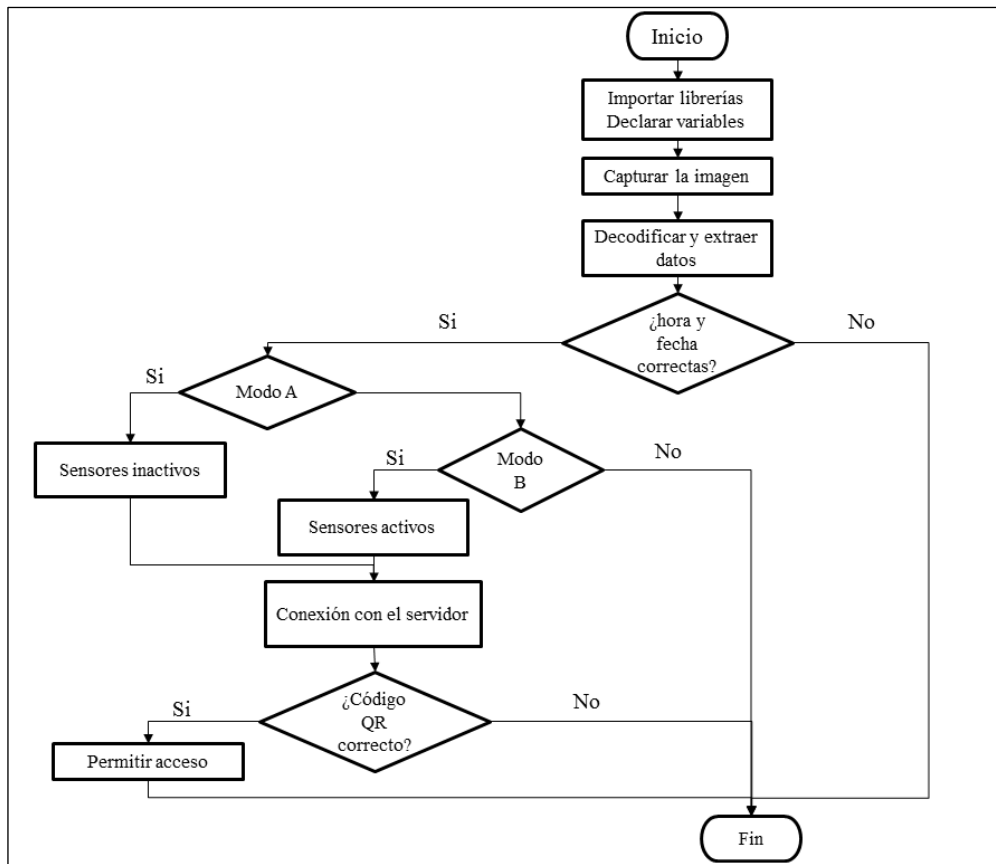


Figura 42-2: Diagrama de flujo para el acceso mediante código QR.

Realizado por: Maritza Proaño, Juan Carbay, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 42-2:

- Se importa las librerías, se declara variables para el almacenamiento de los datos.
- Captura y almacena la imagen en una variable.
- Decodificar y extraer hora, fecha y UID del código.
- Comprobar si la fecha y la hora son correctas.
- Modo A para el horario del día 09:00 a 17:59 y mantiene los sensores inactivos.
- Modo B para la noche de 18:00 a 22:00, manteniendo los sensores activos.
- Se realiza la conexión con el servidor y envía la trama completa.
- Si la respuesta de la base de datos es correcta la tarjeta de desarrollo permite el acceso mediante la cerradura eléctrica.

Luego del lapso de 1 hora de alquiler los usuarios deben desocupar la cancha; esta última acción se verifica tras una pausa cronometrada de 5min aproximadamente mediante la lectura del estado del pulsador instalado en la puerta e imágenes obtenidas por la cámara.

La comprobación de desalojo se lo realiza mediante detección de imágenes, con la identificación de colores; se especifica el color de la cancha y a partir de aquello los objetos detectables, los mismos que deberán tener un matiz diferente al comparado. En la figura 43-2 se presenta el diagrama de flujo para el desalojo de la cancha.

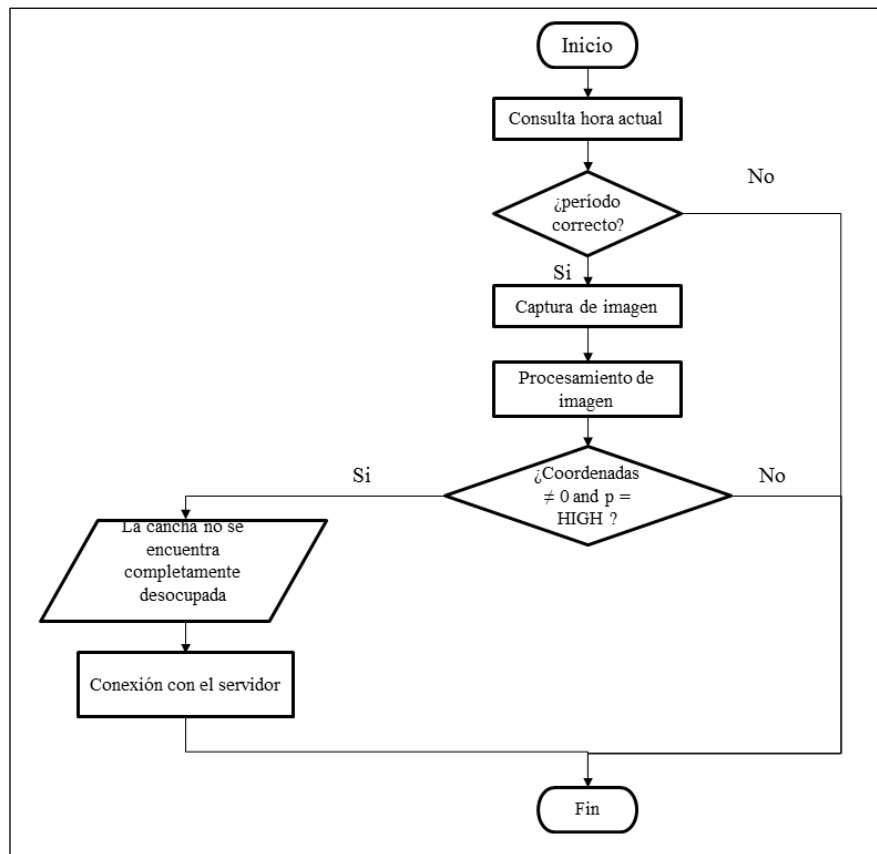


Figura 43-2: Diagrama de flujo para el desalojo de la cancha sintética

Realizado por: Maritza Proaño, Juan Carbay, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 43-2:

- Realiza la consulta de la hora actual
- Compara si se encuentra en el último periodo de 5 minutos aproximadamente.
- Captura la imagen en una variable y la almacena.
- Conversión de colores en la imagen capturada para el análisis, a HSV y escala de grises. Se define los rangos del color de la cancha, a partir de ellos se analiza objetos que se encuentre fuera de este rango.

- El objeto es detectado mediante las coordenadas (x & y), si estas son distintas de 0 y el GPIO del pulsador está en alto, se genera un mensaje para en lo posterior enviar una alerta al servidor.

Las funciones utilizadas en los procesos descritos son:

- **http.client.HTTPConnection():** realiza la conexión con el servidor mediante una dirección IP.
- **cap.read():** almacena en una variable la imagen captada.
- **cv2.VideoCapture:** Permite acceder a la cámara creando un objeto que permite realizar la captura de imagen.

2.8.3 *Firebase*

Permite compilar aplicaciones más seguras, potentes y escalables empleando infraestructura de última generación. Las funciones empleadas en la implementación de la base de datos son: Authentication, Cloud Storage y Realtime Database. Firebase Authentication brinda sistemas de autenticación seguros y a su vez mejora la experiencia de acceso a usuarios al abarcar compatibilidad con cuentas de correo electrónico y contraseñas, autenticación telefónica y cuentas de otras plataformas o redes sociales. Cloud Storage está dirigido al almacenamiento y procesamiento de contenido multimedia con facilidad; la carga y descarga es robusta con función de detener y reanudar transferencias acorde a la conectividad móvil, además se integra con Firebase Authentication para otorgar seguridad declarativa (Firebase, 2018d).

2.8.3.1 *Diagrama entidad-relación de la base de datos*

La base de datos NoSQL alojada en la nube; los datos se almacenan en formato JSON, se sincronizan en tiempo real dejando de lado las clásicas solicitudes HTTP y continúan disponibles aún sin conexión. (Firebase, 2018c).

La forma como se relacionan las diferentes entidades implicadas en la base de datos se expone en el diagrama entidad-relación contenido en la figura 44-2. Las relaciones existentes convergen en la relación “Reserva” entre “Cancha” y “Usuario”, un objeto perteneciente a “Cancha” se define como el perfil de un espacio deportivo o cancha sintética y su clave principal vendrá declarada por *numcancha*. Un “Usuario” por otra parte tendrá atributos de información personal que ha sido inscrito en el sistema y cuyos datos de registro como correo y contraseña se enlazan

a una cuenta con un código alfanumérico único de usuario UID, el mismo que es generado automáticamente Firebase a cada usuario registrado.

Un usuario puede reservar muchas canchas y una cancha puede ser reservada por varios usuarios, con la premisa de que cada reserva es única y se valida mediante la aplicación de reglas a la base de datos (Firebase, 2018b).

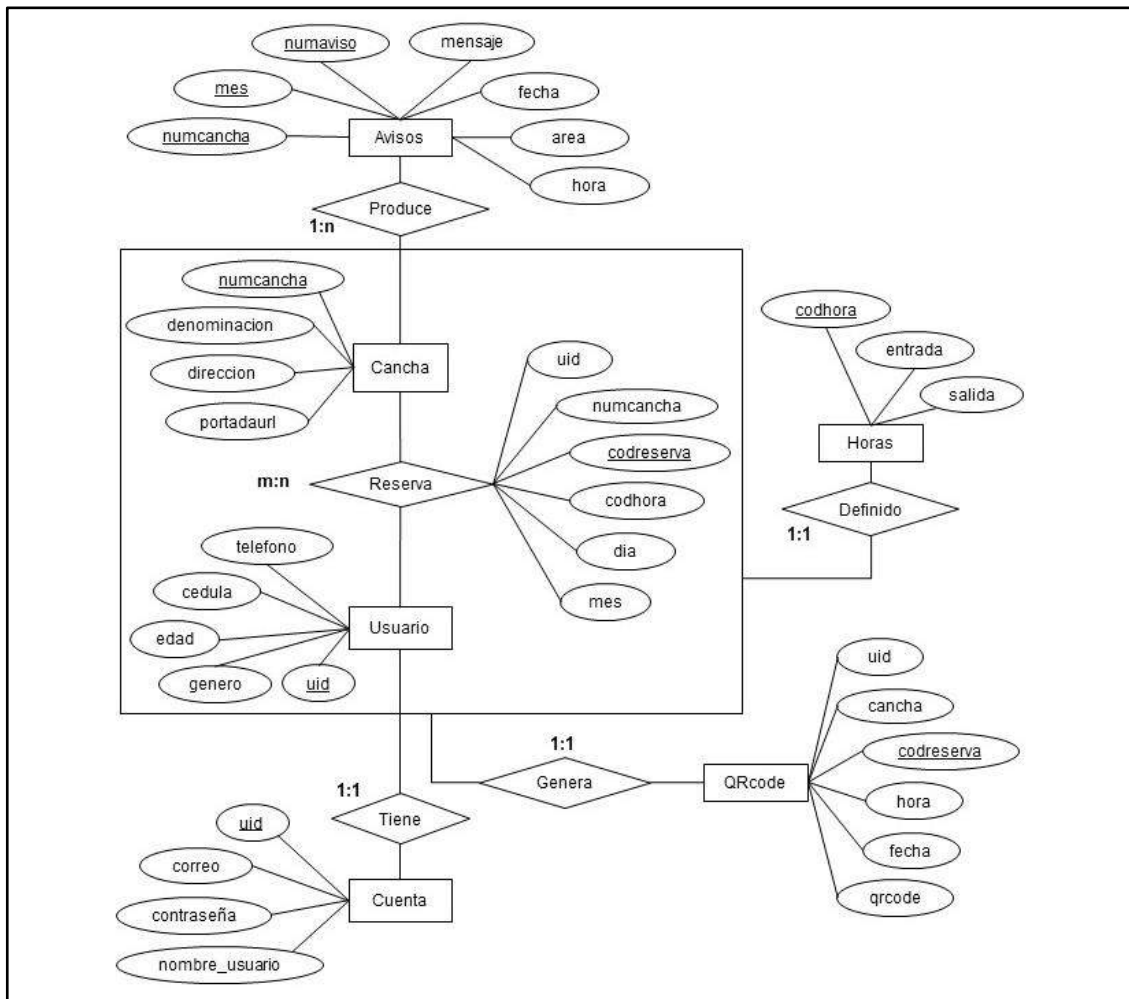


Figura 44-2: Diagrama entidad-relación.

Realizado por: Maritza Proaño, Juan Carbay, 2019.

En una cancha se producen múltiples “Avisos” relacionados a fallos en el óptimo funcionamiento del sistema; los avisos se registran de manera agrupada y en orden por: cancha, mes y número de aviso, indicándose la hora, fecha, área y mensaje de alerta generado. El modelo E-R limita la posibilidad de expresar relaciones entre las relaciones existentes, por ello se recurre a la agregación como medida óptima para evitar redundancia. La agregación aparece como una abstracción donde las relaciones se tratan como entidades de nivel superior. Entonces

la relación “Reserva” agrupa las entidades “Cancha” y “Usuario” para convertirse en una entidad de nivel superior en relación “1:1” con “QRcode” y “Horas”; así, para una “Reserva” existe un único código QR y horario.

2.8.4 *Android Studio*

Es el IDE oficial del sistema operativo Android, el cual se encuentra optimizado para la creación de interfaces gráficas acorde a un esquema común con la disposición de acciones ya familiares en el usuario. El IDE se obtiene en su versión 3.1.3 en la dirección: developer.android.com/studio, su licencia de uso es gratuita.

2.8.4.1 *Diagrama de flujo de aplicación móvil*

La aplicación desarrollada se basa en una *activity* compuesta por múltiples *fragments* en el afán de ser óptima al momento de ejecutarse en un *smartphone*. En su estructura de programación se implican varios módulos de librerías o dependencias, la mayoría agregados automáticamente gracias a *Firebase Assistant* (Firebase, 2018a), mientras otras requieren una incorporación por parte del desarrollador. En tal caso se encuentran:

- **Picasso:** Manipular imágenes (Square Inc., 2013).
- **ZXing:** Crear códigos QR (ZXing, 2018).

En la autenticación e inicio de sesión aparece la biblioteca FirebaseUI proporcionando inicio de sesión por correo electrónico y contraseña; FirebaseUI Auth SDK tiene dependencias transitivas en el SDK de Firebase y el SDK de servicios de Google Play (Firebase, 2018b).

La figura 45-2 describe el diagrama de flujo del registro e ingreso de usuario.

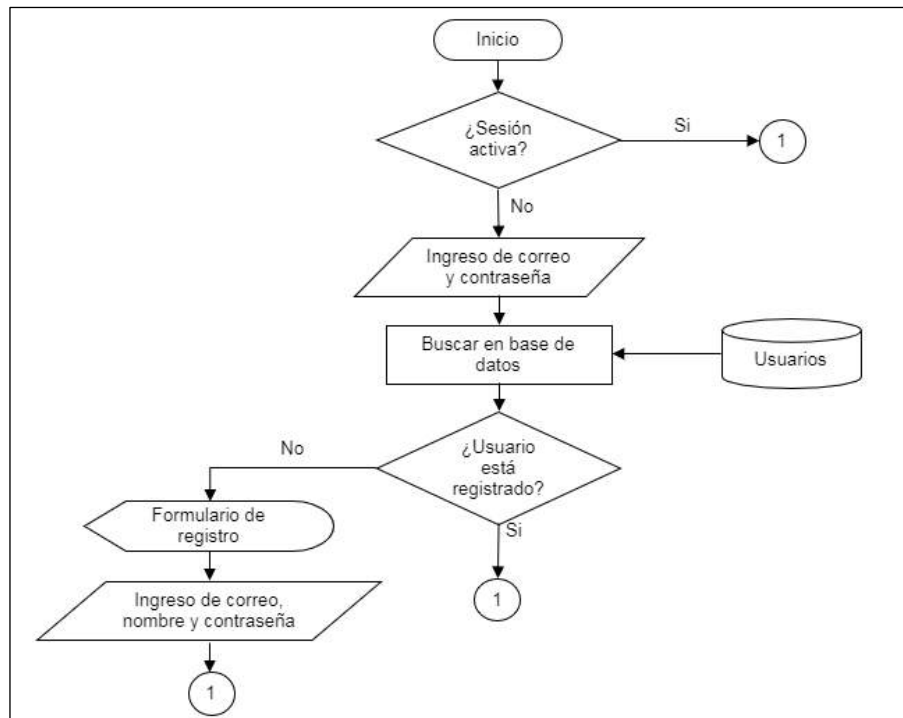


Figura 45-2: Diagrama de flujo del registro e ingreso de usuario.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 45-2:

- Comprueba el inicio de sesión si este es satisfactorio se dirige al menú, caso contrario el usuario debe registrarse con su correo y contraseña.
- Realiza la búsqueda de las credenciales del usuario en la base de datos.
- Si el usuario ya se encuentra registrado lo envía al menú, si la respuesta es negativa debe llenar el formulario de registro.

La aplicación móvil cuenta con un menú desplegable de 5 opciones: cuenta, reservar, comprobante, control remoto y cerrar sesión. La figura 46-2 muestra su diagrama de flujo.

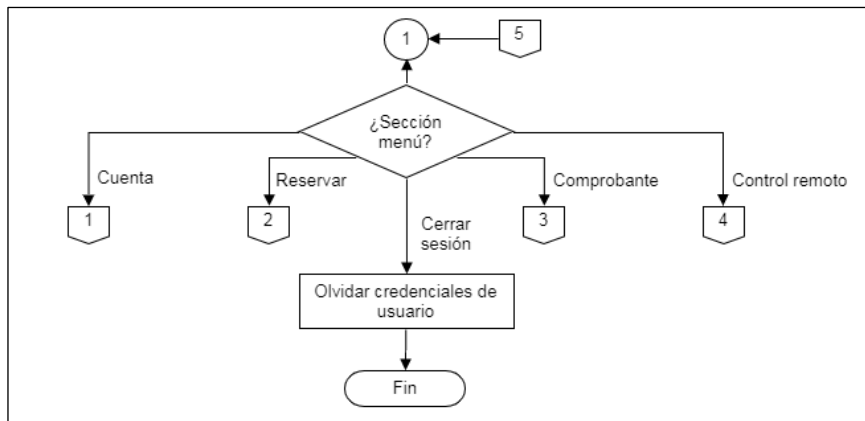


Figura 46-2: Diagrama de flujo aplicación móvil - menú.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La figura 47-2 explica el diagrama de flujo de datos al visualizar el perfil del usuario y el proceso de actualización de su correo y contraseña ligados a la cuenta activa.

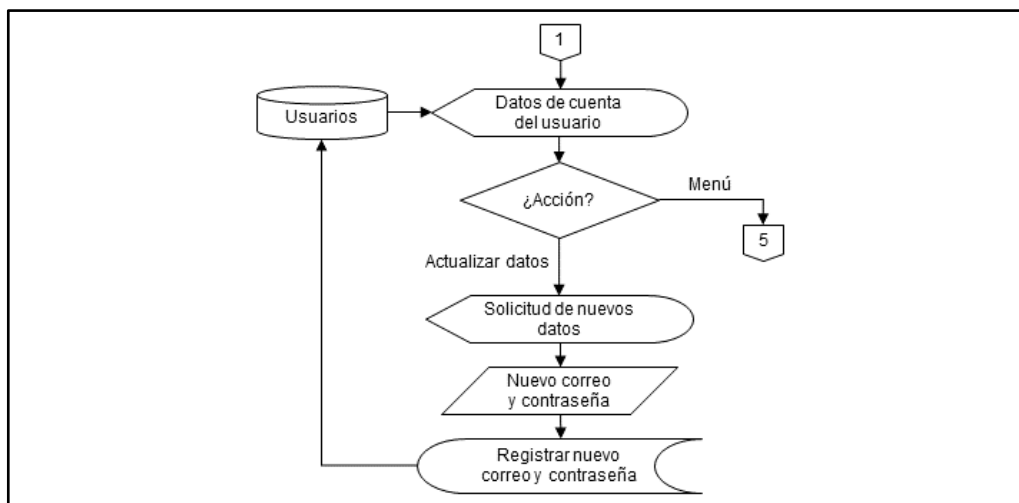


Figura 47-2: Diagrama de flujo de cuenta de usuario.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 47-2:

- Se accede a la base de datos para obtener información de cuenta del usuario.
- Posee dos opciones, la primera para dirigirse al menú y la segunda para actualizar los datos, para aquello se envía una nueva solicitud de actualización.
- Al usuario solicita un nuevo correo y contraseña para registrarlo en la base de datos con su nueva información.

El paso siguiente es seleccionar la fecha delimitada a 30 días desde la fecha presente y el horario predefinido en periodos de 60 minutos. La figura 48-2 explica el diagrama de flujo para reservación de cancha.

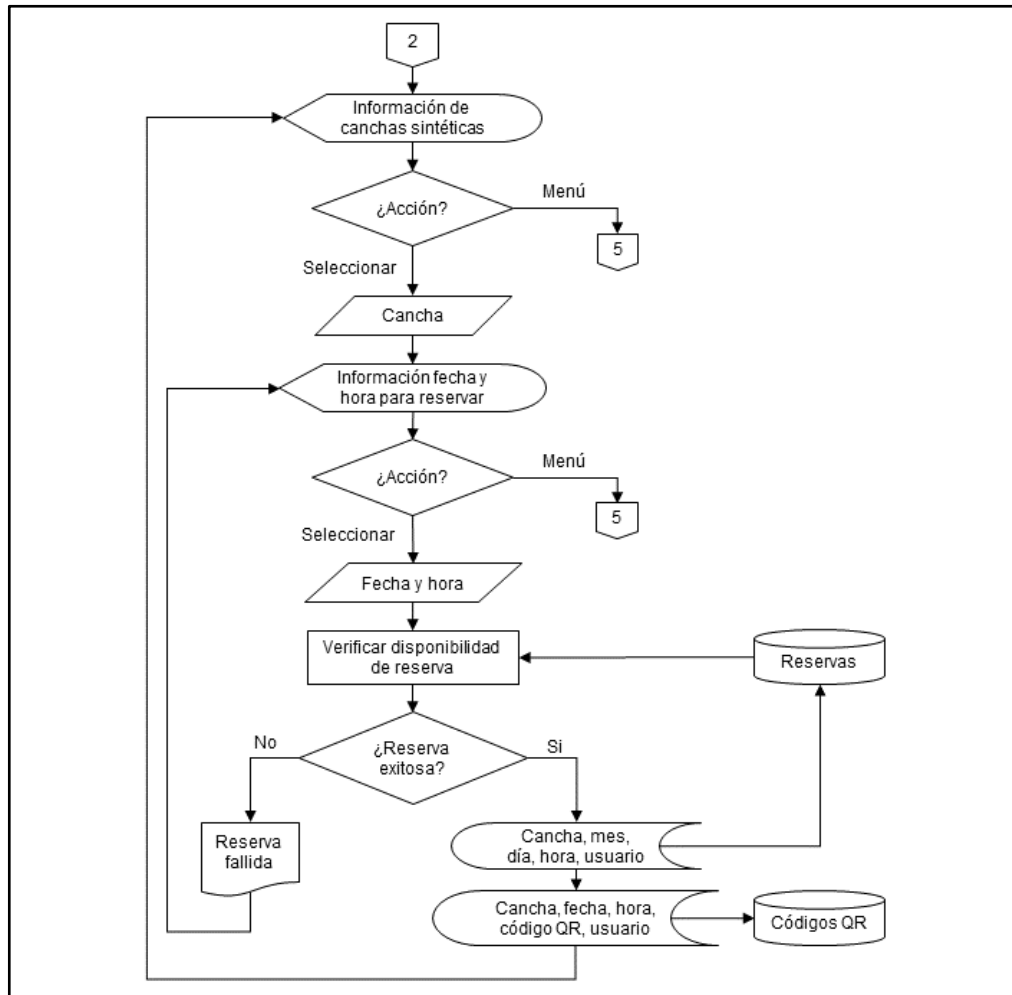


Figura 48-2: Diagrama de flujo para reservación de cancha.

Realizado por: Maritza Proaño, Juan Carbay, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 48-2:

- Se exhibe la información sobre las canchas sintéticas.
- El usuario debe seleccionar la cancha en la que desea realizar la reserva.
- El beneficiario selecciona la fecha y hora a convenir, comprueba en la base de datos si está disponible.
- Procede a realizar la reserva de manera exitosa se almacena las variables en sus respectivas entidades.
- Al finalizar estas acciones retorna a la información de las canchas sintéticas.

La figura 49-2 contiene el diagrama de flujo en la sección de comprobante.

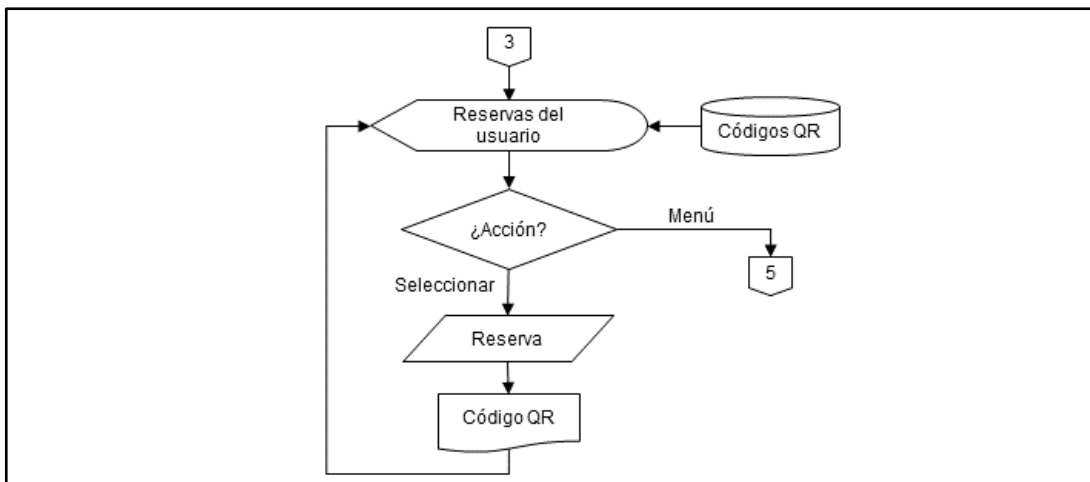


Figura 49-2: Diagrama de flujo de comprobante.

Realizado por: Maritza Proaño, Juan Carbay, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 49-2:

- En la opción de comprobante se expone las reservas realizadas por el usuario, las cuales son extraídas de la base de datos.
- El usuario selecciona la reserva correcta.
- En una ventana emergente se muestra el código QR y finalmente retorna a las reservas del usuario.

La figura 50-2 exhibe el diagrama de flujo para el control remoto diseñado para el marcador electrónico.

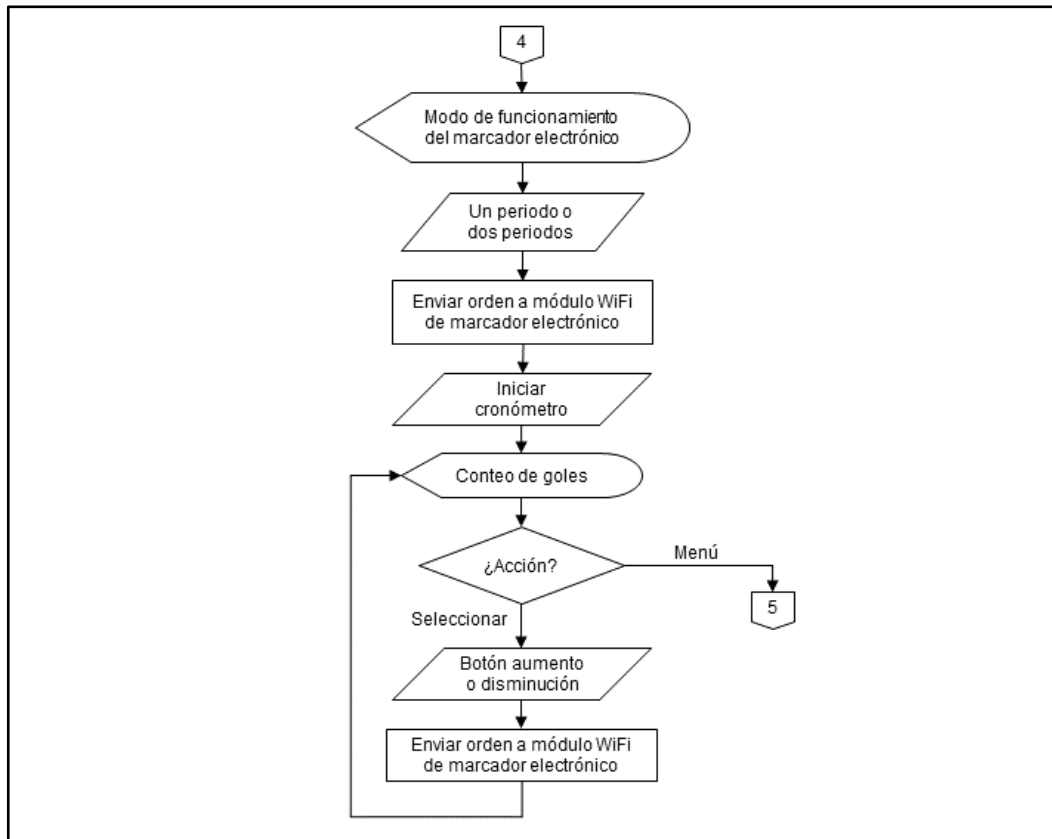


Figura 50-2: Diagrama de flujo del control remoto.

Realizado por: Maritza Proaño, Juan Carbay, 2019.

La librería empleada en la comunicación http para realizar el control inalámbrico es la denominada **OkHttp** en su versión 3 compatible con versiones superiores a Android 5.0 (API 21) y Java 8 (Square Inc, 2018).

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 50-2:

- En el apartado para el control remoto, como primera instancia, se muestra el modo de funcionamiento del temporizador.
- Se puede escoger entre uno o dos periodos, la aplicación envía la orden al módulo wifi del marcador e inicia el temporizador.
- Para la sección del conteo de goles se cuenta con dos botes para el equipo local y dos para el equipo visitante.
- Envía la orden mediante la comunicación inalámbrica para visualizar en el marcador electrónico los goles marcados.

2.8.5 *Visual Studio Community*

Se selecciona el entorno de desarrollo enfatizando las limitaciones en materia de herramientas de programación existentes debido a su enfoque no comercial en desarrollo de aplicaciones; las cuales no afectan en la funcionalidad proyectada sobre la aplicación de escritorio dispuesta al administrador.

2.8.5.1 *Diagrama de flujo de aplicación de escritorio*

Como guía en el uso adecuado de recursos al desarrollar aplicaciones para Windows, mediante la herramienta Windows Forms, se ha empleado el libro “Enciclopedia de Microsoft Visual C# Interfaces gráficas y aplicaciones para Internet con Windows Forms y ASP.NET” (Ceballos, 2013). Toda la información relacionada a la estructura, eventos, ciclo de vida, diseño general de la interfaz gráfica y configuración de una aplicación, se amplía desde la página 45 hasta la 78. La jerarquía, uso, combinación u integración de los objetos formularios y controles, y las funciones de dichos controles, está contenido en el cuarto capítulo de la obra citada; enfatizando la implementación de lo detallado en los temas: menús y barras de herramientas, controles y cajas de diálogo, y tablas.

En el desarrollo de la aplicación se usa la **API REST FireSharp.Serialization.JsonNet**, la cual brinda las funciones básicas realizadas por un cliente conectado a la base de datos de la plataforma Firebase (*Firestore Realtime Database*), aquellas son: usar, obtener, actualizar, borrar y escucha *streaming*.

La figura 51-2 explica el algoritmo de funcionamiento empleado en la aplicación de escritorio. El diagrama de flujo permite visualizar las solicitudes realizadas a la base de datos en función de obtener información almacenada en la misma. Debido a que la aplicación se enfoca en el monitoreo no presenta apartados en los cuales se envíe nueva data al servidor; la función principal de la misma es brindar alertas de mantenimiento sobre algún equipo que compone el sistema electrónico automatizado. Las alertas se muestran de manera ordenada por cancha sintética y agrupadas en el mes actual.

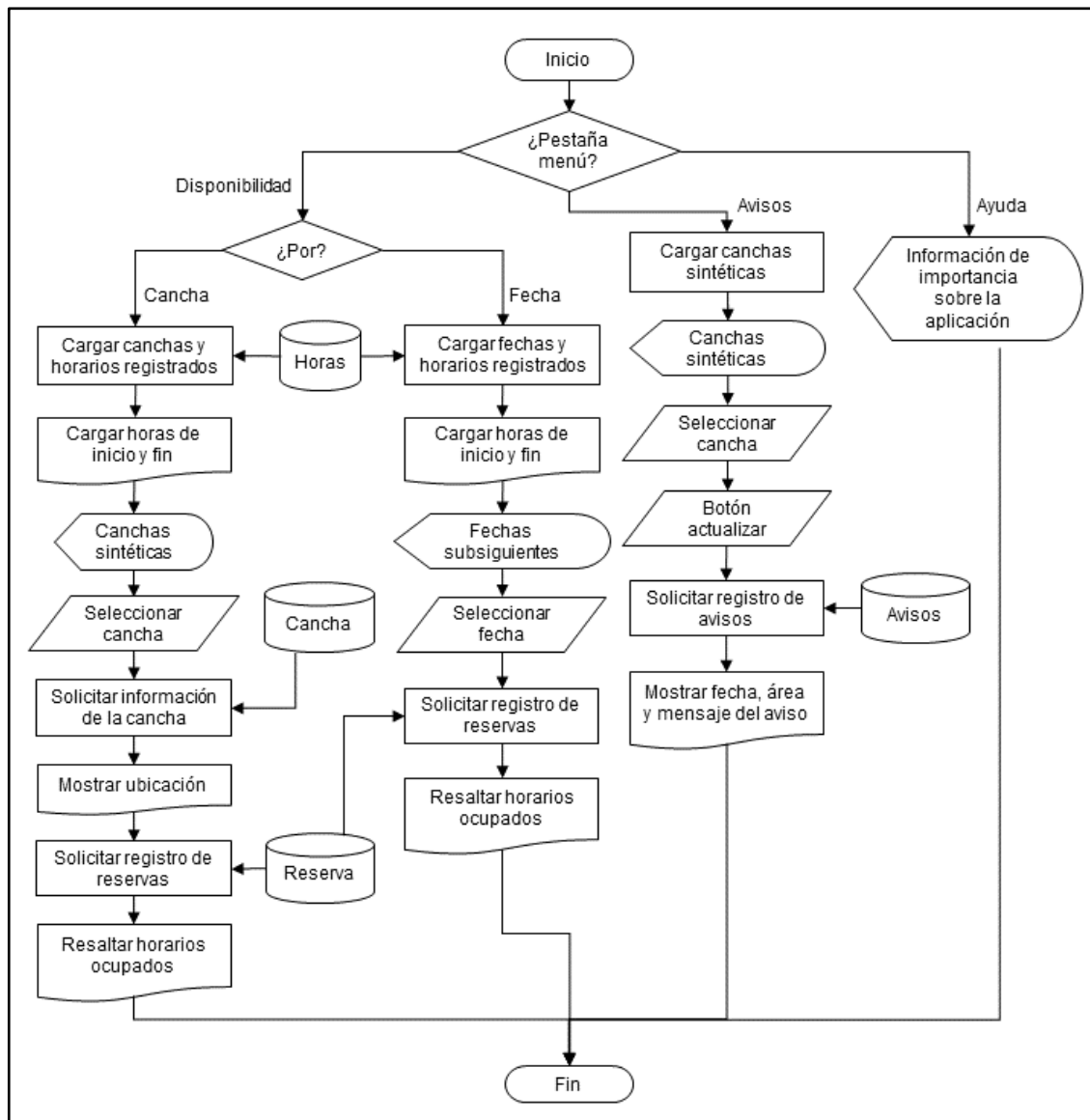


Figura 51-2: Diagrama de flujo aplicación de escritorio.

Realizado por: Maritza Proaño, Juan Carbay, 2019.

A continuación, se detalla el algoritmo del diagrama de flujo presentado en la figura 51-2:

- Presenta tres opciones en el menú: disponibilidad por cancha y fecha, avisos y ayuda.
- Para la disponibilidad por cancha se debe cumplir con: solicitud a la base de datos de información de canchas y horarios registrados, mostrar hora de inicio y fin, mostrar canchas sintéticas para seleccionar cuál de ellas se necesita visualizar y demandar su información, presentar la ubicación, solicitud de registro de reservas y resaltar los horarios ocupados.
- Para la disponibilidad por fecha se realiza el siguiente proceso: se solicita a la base de datos información de canchas y horarios registrados, carga de hora de inicio y fin, fechas

subsiguientes para visualizar una de ellas, ejecutar solicitud de registro de reservas y resaltar los horarios ocupados.

- En la opción avisos: visualizar las canchas sintéticas y seleccionar la requerida, solicitar registro de avisos y mostrar fecha, área y mensaje del aviso generado.
- Y finalmente el apartado de ayuda, con información relevante sobre la aplicación.

2.9 Implementación del prototipo de sistema

El siguiente subcapítulo abarca material visual correspondiente a los módulos culminados, creación de la base de datos e interfaces de las aplicaciones diseñadas.

2.9.1 Módulos del prototipo

La autorización emitida por la municipalidad de Riobamba conlleva la predisposición del administrador del Parque Sesquicentenario para recopilar información de utilidad en el trabajo desarrollado; sin embargo, no contempla asistencia en el cuidado de los equipos para evitar ser sustraídos o destruidos. El polideportivo no cuenta con cerramiento o guardianía. Ante tal situación, se opta por desistir en la instalación de los equipos y realizar pruebas de laboratorio. La figura 52-2 corresponde a los módulos desarrollados.



Figura 52-2: Implementación de módulos del prototipo.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

En la figura 53-2 se aprecia el nodo principal y los sensores de luz inalámbricos, del módulo de control de iluminación, con sus respectivas cubiertas protectoras. En su costado izquierdo se observa la fuente de tensión activa con una luz indicadora de color verde. Las cubiertas son translúcidas, de alta resistencia y herméticas. Se conecta todos los sensores de manera conjunta para evaluar la respuesta a los cambios de intensidad lumínica. Cada dispositivo desarrollado puede ser colocado en total independencia de posición. Las posiciones de los sensores se evalúan más adelante en las pruebas de caracterización de sensores; para aquello se considera la ubicación de las luminarias y la estructura metálica alrededor de la cancha sintética.



Figura 53-2: Implementación de nodo central y sensores del MCI.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Como ya se hizo mención anteriormente, el acceso a las luminarias de las canchas sintéticas es complejo, debido a las condiciones de seguridad que se deben cumplir. Aunque la placa electrónica no sea invasiva, siendo fácil de colocar y retirar, depende de otros dispositivos para operar correctamente. En la figura 54-2 es posible observar la placa de control on/off instalada en una luminaria para comprobar su correcto funcionamiento.



Figura 54-2: Implementación de control on/off inalámbrico del MCI.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

2.9.2 *Aplicación móvil Android*

Funciona única y exclusivamente en dispositivos con acceso a internet. El dispositivo donde se instala la *app* debe poseer como mínimo la versión de Android 5.0 (Lollipop) . El único sistema de autenticación habilitado es el de registro por correo y contraseña. Toda los datos vinculados a la aplicación se encuentran alojados en los servidores de la plataforma Firebase de Google. La figura 55-2 muestra la interfaz principal de la aplicación diseñada.

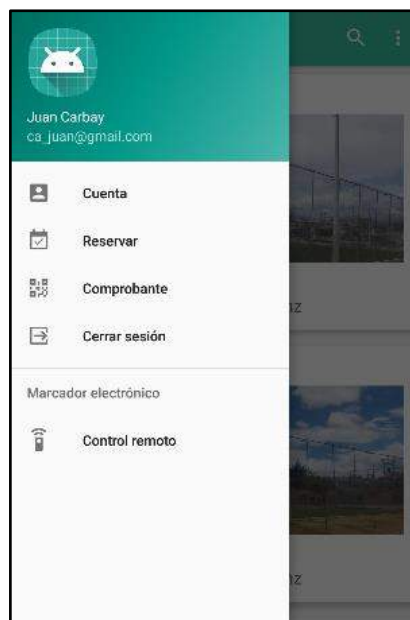


Figura 55-2: Pantalla principal de aplicación móvil.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

2.9.3 Base de datos en Firebase

La base de datos creada entono al sistema es visualizada en la figura 56-2; desde aquella ventana es posible exportar los datos con fines de respaldo de información.

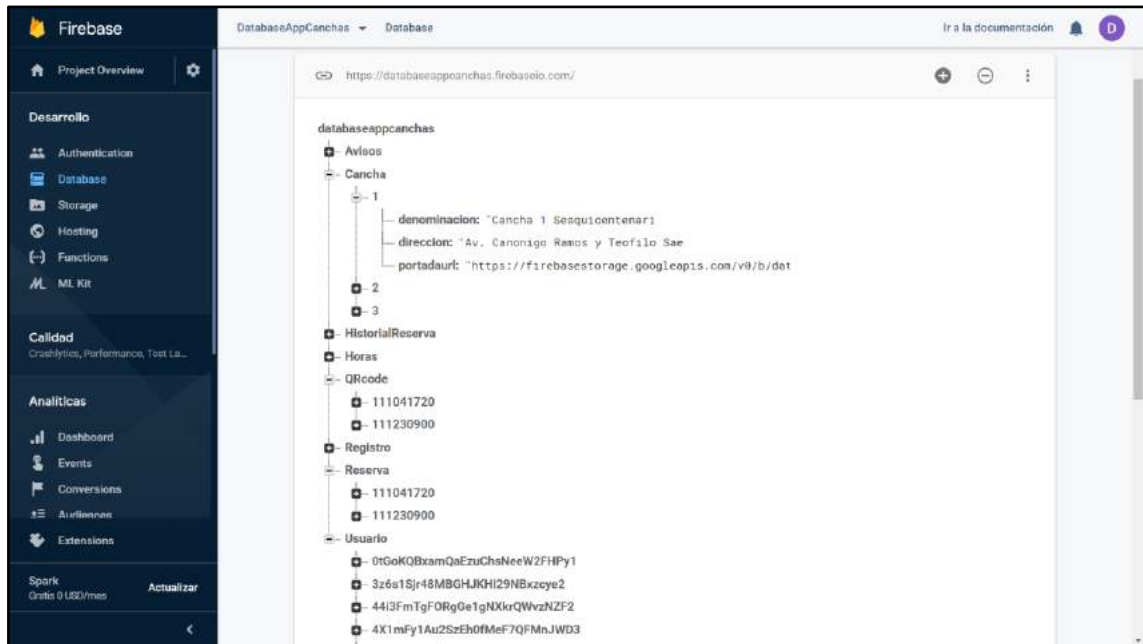


Figura 56-2: Base de datos en Firebase.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

2.9.4 Aplicación de escritorio Windows

El uso de la aplicación está ligado a poseer conexión de red con acceso a internet. Tras iniciar su primera acción radica en establecer comunicación con el servidor y actualizar el registro de reservaciones almacenadas en la base de datos de Firebase. El acceso a la aplicación no está restringido a un grupo de usuarios registrados.

Las figuras 57-2 corresponde a una captura de pantalla de la interfaz perteneciente al monitoreo de reservas registradas en una cancha; en ella se aprecia la hora de inicio y fin de la reserva, las celdas coloreadas indican ocupación y la fecha en el horario avanza hasta siete días incluyendo el día actual con la finalidad de llevar un control sencillo de los espacios deportivos. Las horas, listado de canchas y ubicaciones están sincronizan directamente de la *Realtime Database* de Firebase, lo cual brinda flexibilidad en la distribución de los horarios acorde a las disposiciones administrativas.

Nombre:

Ubicación: Av. Canongo Ramos y Tefflo Saenz

	Hora Entrada	Hora Salida	domingo 7/14/2019	lunes 7/15/2019	martes 7/16/2019	miércoles 7/17/2019	jueves 7/18/2019	viernes 7/19/2019	sábado 7/20/2019
▶	09:00	10:00							
	10:10	11:10			█				
	11:20	12:20							
	15:00	16:00							
	16:10	17:10							
	17:20	18:20			█				
	18:30	19:30					█	█	
	19:40	20:40							
	20:50	21:50					█		
*									

Figura 57-2: Interfaz de horario de disponibilidad por cancha.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La disponibilidad de un horario también puede ser conocido estableciendo la fecha subsiguiente (máximo 7 días). La figura 58-2 corresponde a la interfaz de disponibilidad por fecha de una cancha sintética.

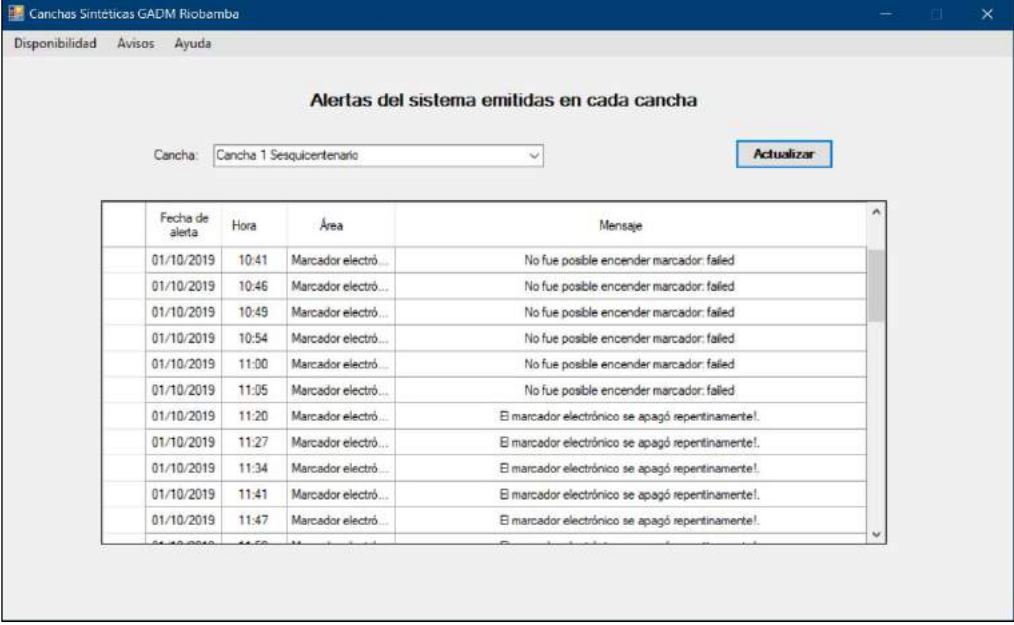
Fecha:

	Hora Entrada	Hora Salida	Cancha 1 Sesquicentenario	Cancha 2 Sesquicentenario	Cancha 3 Sesquicentenario
▶	09:00	10:00			
	10:10	11:10			
	11:20	12:20			
	15:00	16:00			
	16:10	17:10			
	17:20	18:20		█	
	18:30	19:30			
	19:40	20:40			
	20:50	21:50			
*					

Figura 58-2: Interfaz de horario de disponibilidad por fecha.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Finalmente, en la figura 59-2 se observa el listado de alertas generadas durante el mes en una cancha. Los atributos contenidos en la tabla son: fecha, hora, área y mensaje.



The screenshot shows a web application window with the title 'Canchas Sintéticas GADM Riobamba'. At the top, there are navigation links for 'Disponibilidad', 'Avisos', and 'Ayuda'. The main heading is 'Alertas del sistema emitidas en cada cancha'. Below this, there is a dropdown menu for 'Cancha' set to 'Cancha 1 Sesquicentenario' and an 'Actualizar' button. A table displays the following data:

Fecha de alerta	Hora	Área	Mensaje
01/10/2019	10:41	Marcador electró...	No fue posible encender marcador: failed
01/10/2019	10:46	Marcador electró...	No fue posible encender marcador: failed
01/10/2019	10:49	Marcador electró...	No fue posible encender marcador: failed
01/10/2019	10:54	Marcador electró...	No fue posible encender marcador: failed
01/10/2019	11:00	Marcador electró...	No fue posible encender marcador: failed
01/10/2019	11:05	Marcador electró...	No fue posible encender marcador: failed
01/10/2019	11:20	Marcador electró...	El marcador electrónico se apagó repentinamente!
01/10/2019	11:27	Marcador electró...	El marcador electrónico se apagó repentinamente!
01/10/2019	11:34	Marcador electró...	El marcador electrónico se apagó repentinamente!
01/10/2019	11:41	Marcador electró...	El marcador electrónico se apagó repentinamente!
01/10/2019	11:47	Marcador electró...	El marcador electrónico se apagó repentinamente!

Figura 59-2: Interfaz de registro de alertas del sistema.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

CAPÍTULO III

3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El capítulo actual describe las pruebas realizadas sobre el prototipo de sistema electrónico desarrollado para validar su funcionamiento, considerando su estructura y especificaciones. Se analizan el cumplimiento y alcances o limitaciones respecto a los requerimientos establecidos a nivel *hardware* y *software* planteados en el capítulo anterior.

3.1 Caracterización del sensor de luz

La prueba se efectuó con el fin de evidenciar una posible incorporación de error por parte del prototipo a los sensores utilizados. El equipo patrón usado para evaluar los módulos sensores sin cubierta protectora es un luxómetro LX1010B de la marca Dr.Meter, el cual posee un rango de medida entre 0 y 100000 lux, con precisión de $\pm 5\%$ y frecuencia de muestreo de 0.4 segundos (Dr.Meter, 2019).



Figura 1-3: Luxómetro Dr.Meter LX1010B.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La ecuación 1 permite calcular el tamaño de la muestra para una población desconocida (Triola, 2004: p. 308).

$$n = \frac{[z_{\alpha/2}]^2 \hat{p}\hat{q}}{E^2} \quad (1)$$

Donde:

$z_{\alpha/2}$: Valor crítico de nivel de confianza.

E : Margen de error.

\hat{p} : Proporción muestral.

\hat{q} : $1 - \hat{p}$

La fórmula requiere que \hat{p} sea un estimado de la proporción de la población p , pero si se desconoce, tanto \hat{p} como \hat{q} adquieren el valor de 0.5; aquello sustentado en que su producto tiene 0.25 como su mayor valor posible (Triola, 2004: pp. 308, 309).

Consideraciones para el cálculo de la muestra:

- Nivel de confianza del 95%. El valor crítico es 1.96 (Triola, 2004: p. 304).
- Margen de error máximo del 16%, considerando el procedimiento manual de obtención de muestras.

Remplazando valores antes descritos en la ecuación 1 se tiene un total de 37.5156 muestras, aproximando a valores enteros 38 muestras. De lo anterior calculado se interpreta que para tener un 95% de confianza de que el porcentaje muestral está dentro de 16 puntos porcentuales del porcentaje verdadero para todas las mediciones, se debe, con un muestreo aleatorio simple, realizar 38 mediciones. Tomando como base el número de muestras y la estructura metálica alrededor de la cancha se diseña un plano, el cual se aprecia en la figura 2-3.

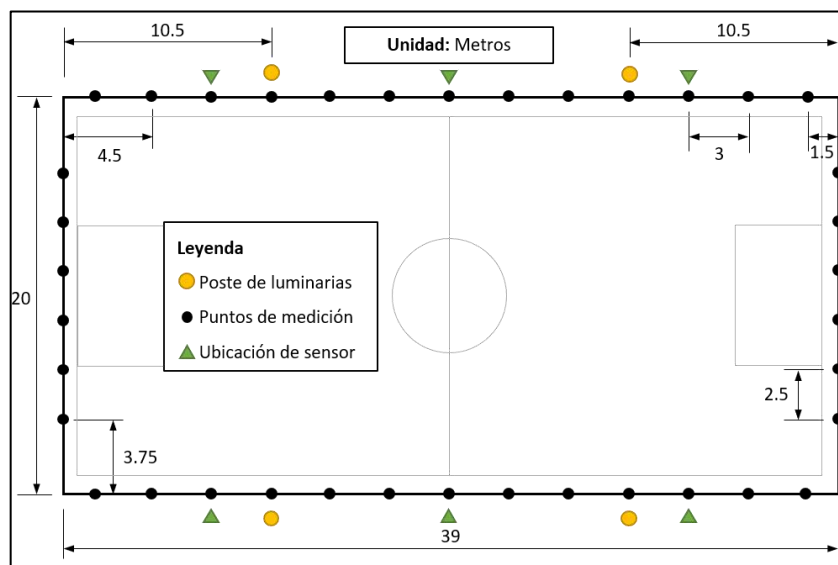


Figura 2-3: Plano de puntos de medición y ubicación de sensores.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

A continuación, en la tabla 1-3 se muestran los datos recopilados por el sensor de luz y por el luxómetro con error relativo de 5%, junto con la comparación de error absoluto obtenido.

Tabla 1-3: Error absoluto del sensor BH1750.

Nº	Referencia: LX1010B (lx)	Precisión LX1010B: 5% (lx)	Sensor del prototipo (lx)	Error absoluto del prototipo (lx)
1	39	1.95	38.25	0.75
2	36	1.80	34.20	1.80
3	37	1.85	36.78	0.22
4	36	1.80	35.10	0.90
5	39	1.95	37.23	1.77
6	40	2.00	38.00	2.00
7	23	1.15	22.11	0.89
8	47	2.35	45.56	1.44
9	90	4.50	87.03	2.97
10	70	3.50	67.30	2.70
11	75	3.75	72.34	2.66
12	39	1.95	38.2	0.80
13	8	0.40	7.65	0.35
14	13	0.65	12.39	0.61
15	31	1.55	29.45	1.55
16	24	1.20	23.00	1.00
17	26	1.30	24.85	1.15
18	11	0.55	10.52	0.48
19	9	0.45	8.58	0.42
20	23	1.15	21.89	1.11
21	22	1.10	21.1	0.90
22	26	1.30	24.79	1.21
23	26	1.30	24.74	1.26
24	23	1.15	21.86	1.14
25	16	0.80	15.45	0.55
26	14	0.70	13.42	0.58
27	25	1.25	23.78	1.22
28	41	2.05	39.28	1.72
29	50	2.50	48.10	1.90
30	43	2.15	41.52	1.48
31	29	1.45	28.00	1.00
32	22	1.10	20.90	1.10
33	23	1.15	22.00	1.00
34	39	1.95	37.21	1.79
35	43	2.15	41.65	1.35
36	46	2.30	44.23	1.77
37	37	1.85	36.10	0.90
38	33	1.65	31.50	1.50

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019

Analizando la tabla 1-3 se determinó que ninguno de los errores absolutos generados por el prototipo supera el error esperado del equipo patrón, manteniéndose dentro de los niveles de precisión de 5%. En conclusión, el sensor no incluye error al prototipo.

El diseño del prototipo señala una cubierta protectora translúcida para el sensor BH1750 por lo cual se analizó la variación en la medida de iluminancia suscitada. La tabla 2-3 recopila medidas realizadas en tres niveles de iluminación diferentes con y sin cubierta protectora. El número de muestras se definió por la ecuación 1, con un nivel de confianza del 95% y margen de error máximo de 12.65%, en muestreo aleatorio simple.

Tabla 2-3: Medidas de iluminancia sin y con cubierta.

N°	Luz ambiental en interior		Foco 820lm 6500K a 12cm		Foco 820lm 6500K a 25cm	
	Sin cubierta (lx)	Con cubierta (lx)	Sin cubierta (lx)	Con cubierta (lx)	Sin cubierta (lx)	Con cubierta (lx)
1	285.83	284.58	4667.92	4667.08	1331.67	1328.33
2	285.83	284.58	4667.50	4672.08	1331.67	1329.17
3	285.83	285.00	4667.50	4667.50	1331.67	1334.17
4	285.83	285.00	4665.83	4668.75	1331.67	1327.50
5	285.00	284.58	4665.00	4667.50	1331.67	1327.92
6	285.42	284.17	4663.75	4667.50	1331.67	1327.08
7	285.83	284.58	4661.25	4666.25	1330.83	1327.08
8	285.42	285.00	4660.00	4665.42	1330.83	1326.67
9	285.42	285.42	4659.58	4663.75	1329.17	1326.67
10	285.42	285.42	4657.50	4662.08	1330.00	1326.25
11	287.92	285.00	4656.25	4661.67	1330.00	1325.83
12	286.25	285.42	4655.42	4660.42	1329.58	1325.83
13	285.42	285.42	4654.58	4668.75	1329.58	1325.83
14	285.83	285.83	4652.50	4657.50	1329.17	1325.42
15	285.83	285.00	4651.67	4657.08	1328.33	1325.42
16	285.42	284.58	4650.83	4655.42	1329.17	1325.42
17	284.58	284.58	4647.50	4654.58	1328.75	1324.17
18	285.00	284.58	4646.25	4652.08	1328.75	1324.58
19	284.58	284.17	4671.67	4652.08	1327.50	1324.17
20	284.58	285.00	4668.33	4650.42	1327.08	1324.17

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019

Empleando el software IBM SPSS Statistics se obtuvo la tabla 3-3 con estadísticos descriptivos relacionados a determinar la dispersión y valores promedios presentados en lecturas repetitivas del sensor bajo las mismas condiciones de iluminación.

Tabla 3-3: Estadísticos descriptivos de iluminancia medida para tres casos diferentes.

Estadísticos descriptivos	Luz ambiental en interior		Foco 820lm 6500K a 12cm		Foco 820lm 6500K a 25cm	
	Sin cubierta	Con cubierta	Sin cubierta	Con cubierta	Sin cubierta	Con cubierta
Número de pruebas	20	20	20	20	20	20
Mínimo (lx)	284.58	284.17	4646.25	4650.42	1327.08	1324.17
Máximo (lx)	287.92	285.83	4671.67	4672.08	1331.67	1334.17
Media (lx)	285.562	284.896	4659.54	4661.9	1329.94	1326.58
Desviación estándar	0.73205	0.44655	7.52923	6.56234	1.47156	2.26871
Coefficiente de variación (%)	0.26 %	0.16 %	0.16 %	0.14 %	0.11 %	0.17 %

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019

El coeficiente de variación calculado en la tabla 3-3, para los sensores BH1750 sin cubierta, evidencia una dispersión relativa mayor en las lecturas realizadas a la luz natural y menor cuando la fuente de luz es artificial. Aquello no representa un problema a la medición de lux en la cancha, debido al enfoque de los sensores a medir la luz artificial. De manera general el coeficiente de variación entre las dos clases de muestras, en cada caso analizado, sugiere una baja dispersión relativa de las lecturas; y determina las condiciones bajo las cuales se procede con el cálculo del error relativo aproximado.

Empleando la media de la tabla 3-3 se calculó errores absolutos en cada caso de iluminación para posteriormente definir una media general de error relativo; los resultados están presentes en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Media de error relativo en sensor BH1750 por cubierta.

Error en base a la media	Luz ambiental en interior	Foco 820lm 6500K a 12 cm	Foco 820lm 6500K a 25cm
Absoluto (lx)	0.666	2.36	3.36
Relativo (%)	0.23%	0.05%	0.25%
Media error relativo (%)	0.18%		

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019

De la tabla 4-3 se definió un error relativo de 0.18% producido por la cubierta protectora, el cual debe ser compensado por programación en la lectura de iluminancia, para conocer el nivel de iluminancia real. El promedio medido es considerado como el punto de referencia o nivel de

iluminación idóneo en el control de iluminación de la cancha sintética. Junto aquella consideración de lectura también está presente un rango de 5% de tolerancia al promedio de medición, equivalente al error del luxómetro LX1010B, para casos de deterioro en la iluminación artificial por causas de agentes externos al sistema de iluminación.

3.2 Distancia de ubicación de los módulos

Se buscó establecer la distancia máxima de ubicación de un dispositivo dentro de una red WLAN configurada mediante el integrado ESP8266. La prueba estuvo basada en la intensidad de señal, la cual se representa en dBm (decibeles con referencia a 1mW). Para ello se consideró la tabla 5-3 referente a intensidades de señal publicada por la empresa MetaGeek, la cual indica que una intensidad de señal de -70dBm es categorizada como buena, con entrega confiable de paquetes de datos (MetaGeek LLC, 2019b).

Tabla 5-3: Intensidades de señal aceptables.

Intensidad	Categoría	Descripción
-30dBm	Excelente	Intensidad de señal máxima alcanzable. Cliente a pocos metros del punto de acceso.
-67dBm	Muy bueno	Intensidad de señal mínima para aplicaciones con requerimiento de paquetes de datos muy confiable y oportuna.
-70dBm	Bueno	Intensidad de señal mínima para una entrega de paquetes confiable.
-80dBm	Regular	Intensidad de señal mínima para conectividad básica. La entrega de paquetes puede no ser confiable.
-90dBm	Inutilizable	Cualquier funcionalidad es altamente improbable.

Fuente: MetaGeek.com, 2019

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

El *software* empleado en la medición de intensidad de señal fué inSSIDer en su versión 5, creado por MetaGeek LLC, empresa experta en el desarrollo de *software* para análisis de redes wifi, con socios de la industria tecnológica de redes inalámbricas como: *Eight O Two, Global Knowledge, NetCertExpert*, entre otros (MetaGeek LLC, 2019a). La figura 3-3 muestra la interfaz de inSSIDer para medir la intensidad de señal de redes wifi.

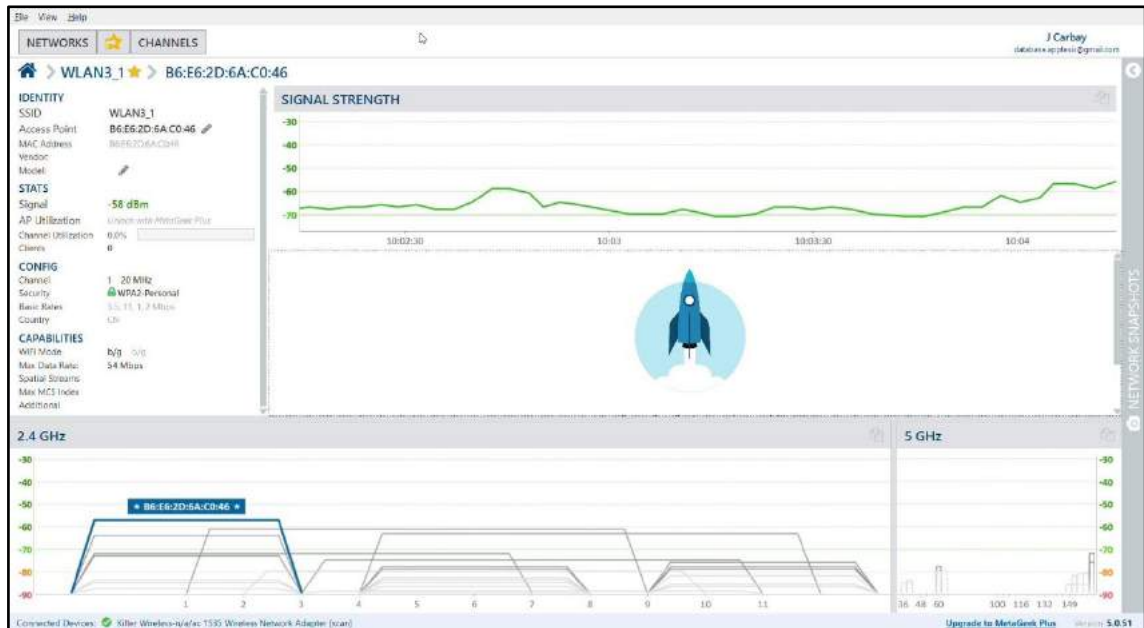


Figura 3-3: Intensidad de señal en dBm medida con inSSIDer.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Tras haber recorrido una distancia sin obstáculos físicos, con el computador portátil ejecutando inSSIDer, se determinó que la distancia máxima de conexión de un dispositivo a la red WLAN creada por el integrado ESP8266 es 34.7m.

3.3 Confiabilidad de servidor NTP

El prototipo de sistema incorpora la comunicación con el servidor *pool.ntp.org* para actualizar la hora de la red, aquella variable responsable de la ejecución de acciones tras el ingreso exitoso del usuario; por lo tanto, se consideró indispensable conocer cuán precisas son las respuestas obtenidas, así como el tiempo medio de respuesta. Cada vez que un usuario accede correctamente el tiempo de la red se sincroniza.

Consideraciones para el cálculo de la muestra en base a ecuación 1:

- Nivel de confianza del 95%. El valor crítico es 1.96 (Triola, 2004: p. 304).
- Margen de error máximo del 11%.

Remplazando los valores considerados en la ecuación 1 se obtuvo la cantidad de 79 muestras, como valor aproximado al resultado de 79.37.

Para efectuar la recopilación del número de muestras calculado se recurrió al *software* PRTG Network Monitor (Paessler AG, 2019), enfocado a la supervisión de redes; continuamente un sensor NTP supervisó el tiempo de respuesta, las horas local y del servidor, así como la diferencia de tiempo que pudiese haberse dado. El ancho de banda de la red utilizada es de 3Mb/s. El análisis a las respuestas del servidor NTP se aprecia en la figura 4-3.

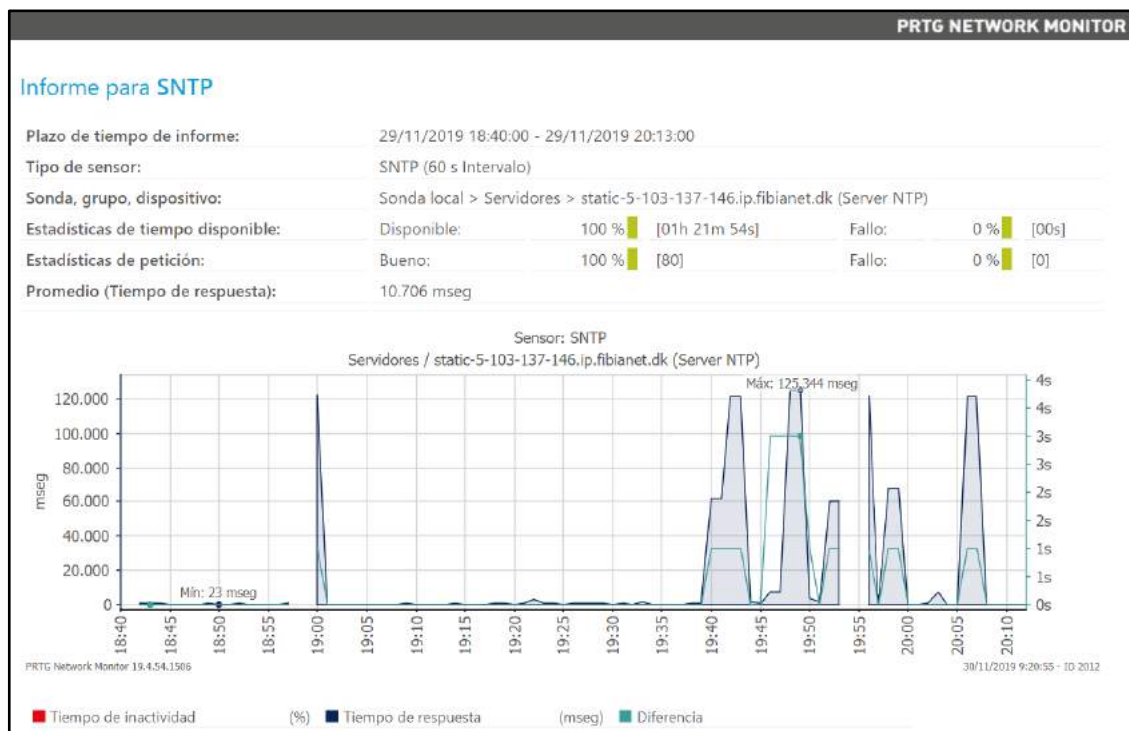


Figura 4-3: Variabilidad de hora obtenida en PRTG Network Monitor.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La figura 4-3 muestra un histograma de las 79 horas leídas entre las 18:41 y 20:13, remarcando las diferencias obtenidas entre la hora local y la recibida desde el servidor NTP, así como el tiempo máximo y mínimo de respuesta en milisegundos.

Junto con el histograma mostrado se hallan una serie de datos, los cuales, luego de un acondicionamiento, resultaron en los valores contenidos en las tablas 6-3 y 7-3. Debido a la unidad del parámetro “Diferencia” se optó por llevar a cabo el análisis de estadística inferencial considerando los minutos y segundos, buscando manejar una adecuada variabilidad.

Tabla 6-3: Tiempo de respuesta y diferencia de hora con servidor NTP (a).

N°	Hora	Tiempo de respuesta (ms)	Total segundos (min + s)	Total segundos Servidor NTP (min + s)	Diferencia (s)
1	18:41:57	960	2517	2517	0
2	18:42:57	377	2577	2577	0
3	18:43:57	392	2637	2637	0
4	18:44:57	349	2697	2697	0
5	18:45:57	30	2757	2757	0
6	18:46:57	78	2817	2817	0
7	18:47:57	126	2877	2877	0
8	18:48:57	459	2937	2937	0
9	18:49:57	23	2997	2997	0
10	18:50:57	56	3057	3057	0
11	18:51:57	979	3117	3117	0
12	18:52:57	198	3177	3177	0
13	18:53:57	57	3237	3237	0
14	18:54:57	246	3297	3297	0
15	18:55:57	55	3357	3357	0
16	18:56:57	562	3417	3417	0
17	18:59:59	121798	3599	3600	1
18	19:00:57	109	57	57	0
19	19:01:57	67	117	117	0
20	19:02:57	51	177	177	0
21	19:03:57	94	237	237	0
22	19:04:57	52	297	297	0
23	19:05:57	47	357	357	0
24	19:06:57	132	417	417	0
25	19:07:57	148	477	477	0
26	19:08:57	570	537	537	0
27	19:09:57	24	597	597	0
28	19:10:57	37	657	657	0
29	19:11:57	99	717	717	0
30	19:12:57	231	777	777	0
31	19:13:57	600	837	837	0
32	19:14:57	238	897	897	0
33	19:15:57	275	957	957	0
34	19:16:57	175	1017	1017	0
35	19:17:57	682	1077	1077	0
36	19:18:57	741	1137	1137	0
37	19:19:57	248	1197	1197	0
38	19:20:57	537	1257	1257	0
39	19:21:59	2856	1319	1319	0
40	19:22:57	503	1377	1377	0

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Tabla 7-3: Tiempo de respuesta y diferencia de hora con servidor NTP (b).

N°	Hora	Tiempo de respuesta (ms)	Total segundos (min + s)	Total segundos Servidor NTP (min + s)	Diferencia (s)
41	19:23:57	843	1437	1437	0
42	19:24:57	157	1497	1497	0
43	19:25:57	496	1557	1557	0
44	19:26:57	421	1617	1617	0
45	19:27:57	697	1677	1677	0
46	19:28:57	590	1737	1737	0
47	19:29:57	222	1797	1797	0
48	19:30:57	565	1857	1857	0
49	19:31:57	210	1917	1917	0
50	19:32:58	1859	1978	1978	0
51	19:33:57	102	2037	2037	0
52	19:34:57	23	2097	2097	0
53	19:35:57	175	2157	2157	0
54	19:36:57	47	2217	2217	0
55	19:37:57	488	2277	2277	0
56	19:39:59	61480	2399	2400	1
57	19:42:59	121495	2579	2580	1
58	19:43:58	1200	2638	2638	0
59	19:44:57	512	2697	2697	0
60	19:46:04	7411	2764	2767	3
61	19:49:03	125344	2943	2946	3
62	19:50:00	3367	3000	3001	1
63	19:50:58	1218	3058	3058	0
64	19:52:58	60498	3178	3179	1
65	19:55:59	121632	3359	3360	1
66	19:56:57	633	3417	3417	0
67	19:59:05	67610	3545	3546	1
68	19:59:57	314	3597	3597	0
69	20:00:57	341	57	57	0
70	20:01:57	552	117	117	0
71	20:03:04	7750	184	184	0
72	20:03:57	157	237	237	0
73	20:06:59	121349	419	420	1
74	20:07:57	178	477	477	0
75	20:08:57	68	537	537	0
76	20:09:57	65	597	597	0
77	20:10:57	110	657	657	0
78	20:11:57	106	717	717	0
79	20:12:57	199	777	777	0

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Matemáticamente el coeficiente de correlación intraclase (CCI) es el índice más apropiado para cuantificar la concordancia entre mediciones de una variable numérica. El índice estima el promedio de las correlaciones entre todas las posibles ordenaciones de los pares de observaciones disponibles. Los valores del CCI oscilan entre 0 y 1, siendo 1 la máxima concordancia y señalando a su vez que las diferencias entre sujetos provoca toda la variabilidad observada, no los diferentes métodos de medición u observadores (Pita, et al., 2003). El programa informático IBM SPSS Statistics permitió obtener de manera directa el valor del CCI, como se aprecia en la tabla 8-3.

Tabla 8-3: Coeficiente de correlación intraclase calculado en IBM SPSS Statistics.

Coeficiente de correlación intraclase							
	Correlación intraclase ^b	95% de intervalo de confianza		Prueba F con valor verdadero 0			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl1	gl2	Sig
Medidas únicas	1.000 ^a	1.000	1.000	16997050.196	78	78	.000
Medidas promedio	1.000 ^c	1.000	1.000	16997050.196	78	78	.000

Modelo de dos factores de efectos mixtos donde los efectos de personas son aleatorios y los efectos de medidas son fijos.

a. El estimador es el mismo, esté presente o no el efecto de interacción.

b. Coeficientes de correlaciones entre clases del tipo C que utilizan una definición de coherencia. La varianza de medida intermedia se excluye de la varianza del denominador.

c. Esta estimación se calcula suponiendo que el efecto de interacción está ausente, porque de lo contrario no se puede estimar.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Basado en la clasificación propuesta por otros autores (Fleiss, 1986), respecto a la interpretación del valor del CCI en valores mayores a 0.9, es posible concluir el resultado obtenido en la tabla 8-3 como concordancia muy buena.

Como segundo punto de la prueba yació la interrogativa del valor medio de tiempo de respuesta del servidor. Comprender la tendencia central del conjunto de valores requirió el análisis de la dispersión implícita en la muestra. El gráfico 1-3 sugirió datos no homogéneos y, por lo tanto, información ligada a la media aritmética poco representativa; en tal caso se procedió a calcular la mediana para entender la tendencia central.

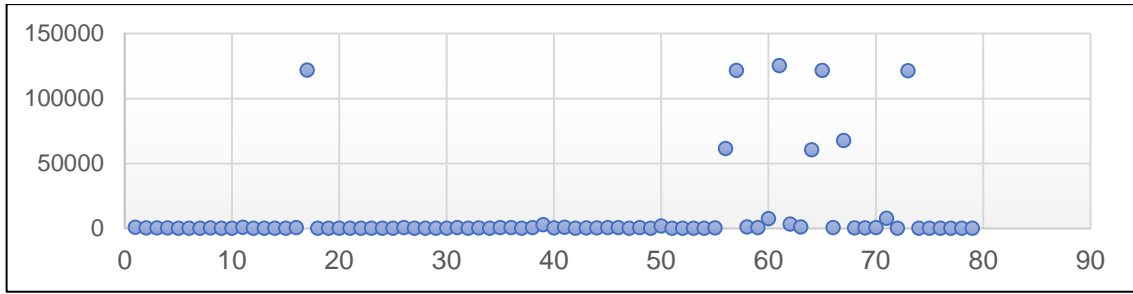


Gráfico 1-3: Dispersión de muestras de tiempo de respuesta.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Reiterando el uso de IBM SPSS Statistics se obtuvo el valor de la mediana igual a 314. Determinando un valor medio de **314ms** como tiempo de respuesta del servidor *pool.ntp.org*.

3.4 Número de cámaras

La imposibilidad de trabajar con una cámara de mayor campo visual estableció dimensionar la cobertura lograda sobre el campo juego para aplicar el procesamiento de imágenes con el dispositivo Logitech C270. Como primer punto se realizó mediciones colocando la cámara en un punto céntrico ubicándola en dirección hacia el suelo; el fin fue disponer de medidas de cobertura del lente para posteriormente redimensionar el área captada. La figura 5-3 explica las mediciones en centímetros obtenidas en primera instancia.

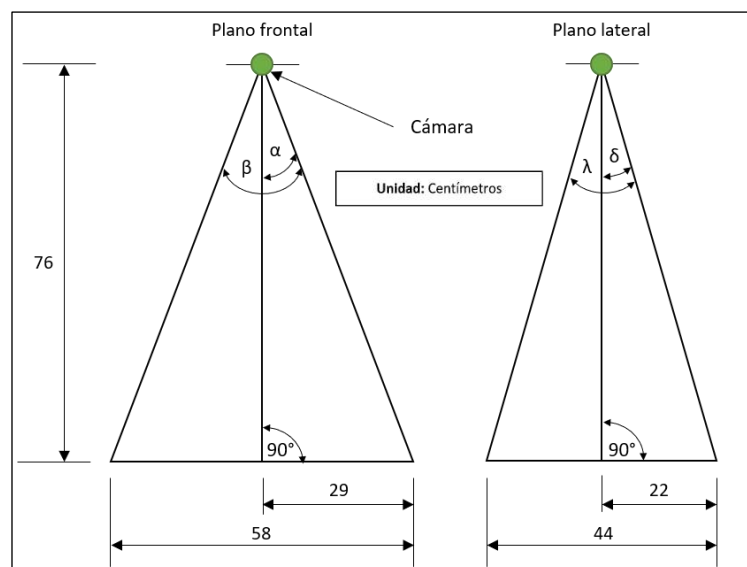


Figura 5-3: Planos de cobertura de cámara Logitech C270.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Las ecuaciones 2, 3 y 4 pertenecen a trigonometría aplicada en triángulos rectángulos:

$$h = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2)$$

$$\theta = \sin^{-1} \left(\frac{x}{h} \right) \quad (3)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{x}{y} \right) \quad (4)$$

Donde:

- h : Hipotenusa
- θ : Ángulo
- x : Cateto opuesto
- y : Cateto adyacente

Para el caso del plano frontal, empleando las ecuaciones 4 y 5, se obtuvo un valor de $h = 81.3449$ y $\alpha = 20.8858^\circ$; consecuentemente β asumió el valor de 41.7716° .

Para el caso del plano lateral, empleando las ecuaciones 4 y 5, se obtuvo un valor de $h = 79.1201$ y $\delta = 16.1444^\circ$; consecuentemente λ asumió el valor de 32.2887° .

Una vez calculado los ángulos de visión del lente fue posible realizar un redimensionamiento para 2 casos de altura de ubicación, correspondientes a las alturas de los tubos horizontales del cerramiento de la cancha. Su ubicación sobre esa parte de la estructura permite ajustes en el eje horizontal para colocar las cámaras necesarias equidistantes. El área absoluta de cobertura se obtuvo aplicando trigonometría, considerando lo expuesto en la figura 6-3.

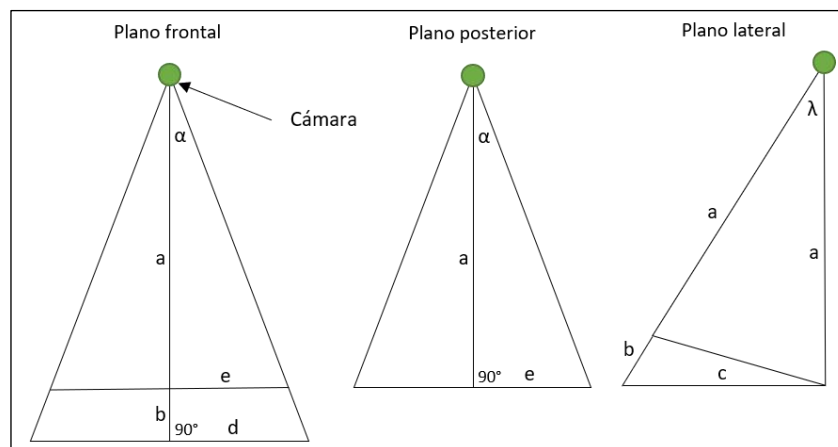


Figura 6-3: Planos de área de cobertura para desalojo.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La figura 6-3 sugirió una distancia d mayor a e , produciendo un trapecio desde una vista superior; de tal manera, buscando cubrir toda la superficie de la cancha, se trabajó con un área cuadrática definida por c y e . Considerando la figura 5-3 y las ecuaciones 4, 5 y 6, se estructuró la tabla 9-3, con enfoque comparativo entre las dimensiones de área de cobertura del lente de la cámara.

Tabla 9-3: Cálculos para área de cobertura de cámara.

Altura (m)	Variables		Valores calculados (m)			Área (m ²)
	y	θ	x	c	b	
2.60	32.2887	c	1.6429	0.4756	-	-
2.60	20.8858	e	1.6429	-	0.9921	3.2598
5.20	32.2887	c	3.2859	0.9512	-	-
5.20	20.8858	e	3.2859	-	1.9842	13.0398

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

De la tabla 9-3 se concluyó una cobertura de 3.25m² para una altura de instalación de 2.60m y 13.03m² para una altura de 5.20m.

El espacio objetivo en la comprobación de desalojo es la periferia del campo de juego, por ser la locación predilecta de los usuarios para ubicar pertenencias personales; por ello se usó las dimensiones de la cancha como referencia en el cálculo de número de cámaras que cubran aquella zona. Una vez obtenidos los valores de dimensiones de cobertura se construye la tabla 10-3, con el número de cámaras necesarias según la altura de instalación.

Tabla 10-3: Cálculos para número de cámaras.

Altura (m)		Medidas cancha (m)		Número de cámaras		
y	$2e$	largo	ancho	largo	ancho	Total
2.60	1.9842	39	20	20	9	58
5.20	3.9684	39	20	10	4	28

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La tabla 10-3 dio a conocer un total de 58 y 28 cámaras necesarias para cubrir la periferia del campo de juego, en una altura de instalación de 2.60m y 5.20m respectivamente.

3.5 Detección de objetos sobre la cancha

La prueba tuvo el objetivo de concluir limitaciones de la cámara Logitech C270 en la detección de objetos al momento de verificar el desalojo de la cancha sintética. La iluminación del ambiente determina cuan eficiente y precisa es la apreciación del color por parte de una cámara. El procesamiento de imágenes tiene un grado de complejidad mayor en un ambiente abierto, debido a las fuentes de luz (natural y artificial) y las sombras generadas.

En la figura 7-3 se aprecia una serie de objetos de uso común entre los deportistas. Las pruebas realizadas tomaron en cuenta un ambiente controlado, dando como resultado el correcto reporte de las 10 verificaciones efectuadas mediante la cámara tras concluir el tiempo reservado.



Figura 7-3: Procesamiento de imágenes en desalojo de la cancha.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La figura 8-3 corresponde al resultado en una serie de pruebas evaluando el tamaño del objeto dentro de la imagen captada, para concluir el tamaño o área mínimos que el mismo debe concentrar para ser detectado satisfactoriamente.

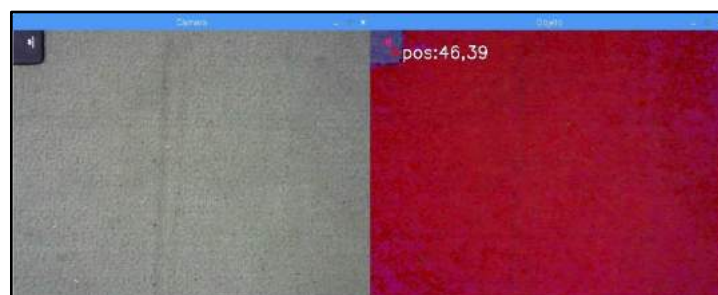


Figura 8-3: Tamaño mínimo de objeto para detección.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Tomando las dimensiones expuestas en la figura 4-3 y las dimensiones del objeto de la figura 7-3, las cuales son 4x4cm, se calculó el porcentaje de ocupación mínimo de los objetos:

$$P_{min} = \frac{4 \times 4 \times 100\%}{58 \times 44} = 0.62\% \quad (5)$$

Las áreas calculadas anteriormente en la tabla 9-3 y el valor porcentual de la ecuación 5 permitieron hallar, usando regla de tres simple directa, las dimensiones mínimas del objeto con relación a la altura de instalación de la cámara; la tabla 11-3 resume los resultados.

Tabla 11-3: Cálculos para número de cámaras.

Altura (m)	Área captada por la cámara (m ²)	Dimensiones mínimas (cm)
2.60	3.2598	14x14
5.20	13.0398	28x28

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Las dimensiones mínimas obtenidas en la tabla 11-3 sugirieron realizar la instalación de las cámaras a una altura de 5.20m con el fin de reducir el número de cámaras usadas en la instalación. La altura seleccionada, además, abarca la detección de la mayor cantidad de objetos comúnmente utilizados por los usuarios de las canchas sintéticas. En la instalación se debe tomar en cuenta el uso de una tarjeta Raspberry Pi3B+ cada 4 cámaras utilizadas.

En conclusión, el método empleado funciona adecuadamente detectando cuerpos ajenos a la superficie de color uniforme, bajo condiciones de contraste de color entre el cuerpo y el césped sintético e iluminación con temperatura de color constante entre neutra y cálida, alrededor de 3000K (grados Kelvin). Como prototipo, el trabajo actual expuesto otorga una alternativa con resultados favorables en la comprobación de desalojo aplicando procesamiento de imágenes.

3.6 Precisión de temporizador

La prueba realizada sobre el temporizador programado en uno de los ATmega328P-PU del marcador electrónico tenía como fin conocer la existencia de desfase o error en el tiempo cronometrado, tomando como referencia el reloj del computador portátil. El proceso llevado a cabo fue retirar el microcontrolador y colocarlo en una tarjeta Arduino Uno, para posteriormente monitorear las impresiones de tiempo mediante el programa informático Serial Port Monitor (ELTIMA Software, 2019). La figura 9-3 muestra datos recopilados en forma de tabla al inicio y fin de un lapso de 40min supervisando el puerto COM.

659	10/12/2019 02:53:05	IR...	UP	S...	3..	8:02..	6		COM3
669	10/12/2019 02:53:06	IR...	UP	S...	3..	58:01..	7		COM3
679	10/12/2019 02:53:07	IR...	UP	S...	3..	58:00..	7		COM3
689	10/12/2019 02:53:08	IR...	UP	S...	3..	5	1		COM3
699	10/12/2019 02:53:08	IR...	UP	S...	3..	7:59..	6		COM3
27519	10/12/2019 03:33:20	IR...	UP	S...	3..	18:02..	7		COM3
27529	10/12/2019 03:33:21	IR...	UP	S...	3..	18:01..	7		COM3
27539	10/12/2019 03:33:22	IR...	UP	S...	3..	18:00..	7		COM3
27549	10/12/2019 03:33:23	IR...	UP	S...	3..	17:59..	7		COM3
27559	10/12/2019 03:33:24	IR...	UP	S...	3..	17:58	5		COM3

Figura 9-3: Monitoreo de temporizador en puerto COM.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Los valores registrados en la figura 9-3, permitieron determinar el desfase o error en el tiempo cronometrado. Es importante señalar que el margen de error recae equitativamente sobre cada segundo contabilizado debido a la programación del bucle repetitivo. En 40min contabilizados por el temporizador, el reloj del computador marcó un tiempo transcurrido de 40min 15s, lo cual indicó un error absoluto de 0.00625 milisegundos por cada segundo en el temporizador. Aquel margen de error se tomó como aceptable al tratarse de un sistema cuyos procesos no son críticos, ligados a trabajos en tiempo real en el orden de los milisegundos.

3.7 Transferencia de paquetes de datos.

En coordinación con el personal responsable de la administración del parque Sesquicentenario se consiguió el registro de 20 usuarios de las canchas sintéticas; cada usuario llevó a cabo 2 reservaciones. El fin fue analizar el comportamiento del sistema a nivel de comunicaciones. Los datos de autenticación de los usuarios registrados en la aplicación móvil se agrupan en una lista, la cual es posible apreciar en la figura 10-3. Desde aquella interfaz de la plataforma Firebase es posible conocer las fechas de registro y última conexión, el UID de usuario y correo electrónico.

Identificador	Proveedores	Fecha de creación	Inicio de sesión	UID de usuario ↑
george-m-guaman16@gmail...		3 oct. 2019	3 oct. 2019	0f6okQ2BxamQaEuzChsNewW2FH...
jhon.34alejandro@yahoo.es		4 oct. 2019	4 oct. 2019	326s15p48MBGCHJH429NBxicye2
stalin003_ase@gmail.com		2 oct. 2019	2 oct. 2019	44i3Fm1TgFORgGe1gNkrQWz2NZ...
coliche-at2bryan@gmail.com		4 oct. 2019	4 oct. 2019	4K1mfY1Au2ScH0RMeF7QFMeJ...
mar_t_ben11@outlook.com		2 oct. 2019	2 oct. 2019	B3EM5qF60Xy5K26FTUJGRFw1wo...
bryan.p1990a@hotmail.com		2 oct. 2019	2 oct. 2019	DKA9i3XisFMJuzsu0P40xhy0mA13
arsillano-77-marco@gmail.co...		3 oct. 2019	3 oct. 2019	DMlsho-C4N3e99LLUgHCVK5Iue02

Figura 10-3: Usuarios registrados en Firebase.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

El usuario registrado es capaz de conocer el catálogo de canchas sintéticas y efectuar una reservación; producto de la acción se genera un nuevo objeto de la entidad “QRcode” en la base de datos, la figura 11-3 expone el evento.



Figura 11-3: Código QR registrado en Firebase.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La figura 12-3 contiene todas las acciones procesadas en el módulo de acceso automático durante el ciclo de cumplimiento de una reservación. Los paquetes de datos transmitidos al módulo de comunicación son: la solicitud de verificación de reservación, la alerta de estado de la puerta y la alerta sobre el desalojo de la cancha.

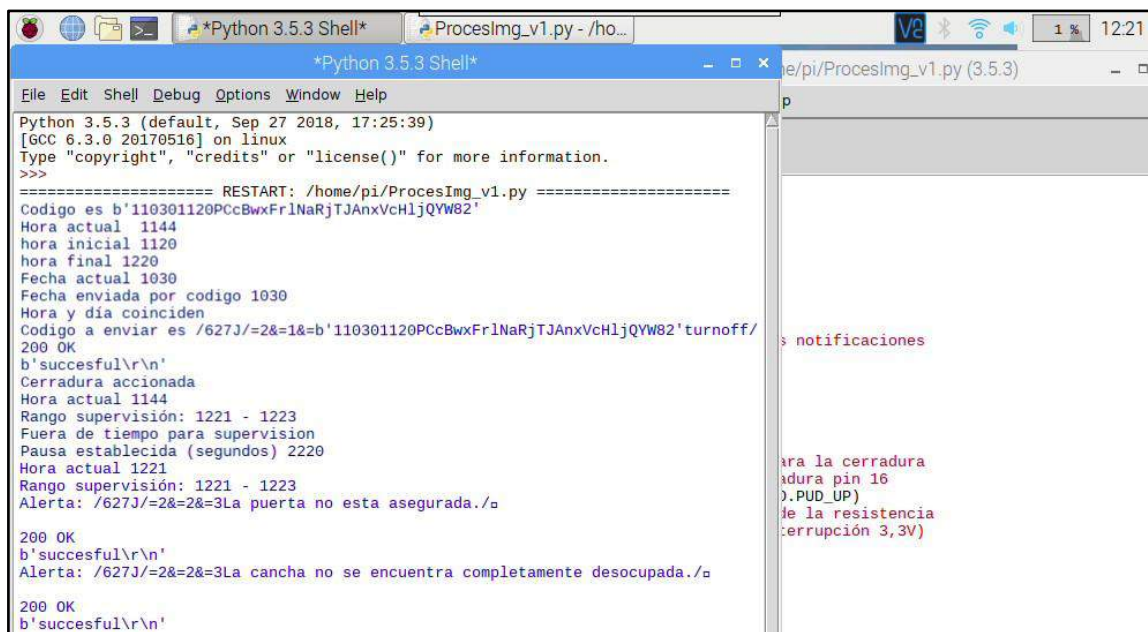


Figura 12-3: Monitoreo en Python Shell.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Una reserva registrada en Firebase posee múltiples atributos, como se observa en la figura 13-3. El atributo usuario, con el código UID como valor almacenado, es requerido por el módulo de comunicación en la verificación de la reserva.



Figura 13-3: Reserva registrada en Firebase.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

A través del monitoreo del puerto serial del módulo de comunicación fue posible apreciar el desarrollo de transmisión de datos dentro del prototipo de sistema. De la figura 14-3 se recalca: la verificación de reserva mediante obtención de código UID desde Firebase y la actualización de hora enviada al marcador electrónico.

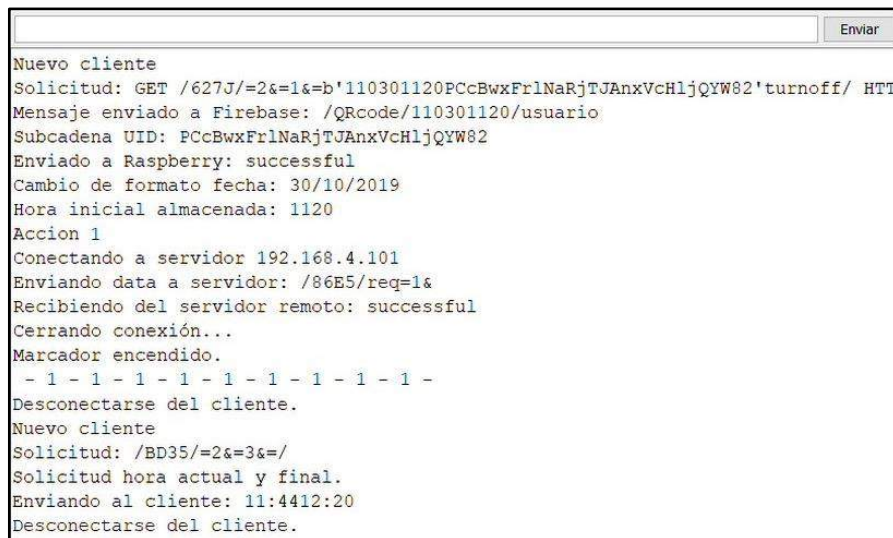


Figura 14-3: Monitoreo de verificación de reserva y actualización de hora.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Posterior a lo descrito se llevan a cabo reportes de alertas; el módulo de comunicación las ordena y registra en la base de datos. La figura 15-3 corresponde al monitoreo de una alerta, procesada y registrada exitosamente en Firebase, correspondiente a un bajo nivel de iluminación.

```
Solicitud: /C6I0/=2&=2&=4Iluminación por debajo de nivel establecido como idóneo
Reportar un problema, escribir en Firebase.
Mensaje de alerta: Iluminación por debajo de nivel establecido como idóneo.
Solicitud a Avisos en Firebase: /Avisos/1/10/contt
Contador de avisos ya está iniciado.
Contador: 68
Nuevo aviso registrado con éxito.
Desconectarse del cliente.
```

Figura 15-3: Monitoreo de alerta.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

En la figura 16-3 se observa el formato de registro de un nuevo objeto contenido en un subconjunto de la entidad “Avisos” en base al número de alerta contabilizado.



The screenshot shows a web browser window with the URL <https://databaseappcanchas.firebaseio.com/Avisos/1/10/68>. The browser's developer tools display a JSON object representing the alert data:

```
68
├── area: "Control de iluminació
├── fecha: "08/10/2019
├── hora: "18:33
└── mensaje: "No fue posible encender luces: sin conex
```

Figura 16-3: Alerta registrada en Firebase.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Antes de registrar errores durante el periodo de prueba del sistema se consideró poner a prueba el correcto reporte a través de la red hasta escribirse en la base de datos y mostrarse de manera ordenada en la aplicación de escritorio. La tabla 12-3 muestra todos los posibles tipos de errores a suscitarse, con excepción de la comprobación de desalajo de la cancha, la cual se analizó en la sección 3.5.

Para efecto de adquirir datos cuantificables se procedió con la intervención humana en la generación de fallas del sistema; en cada caso se incitó al desarrollo de 10 alertas. Un total de 60 pruebas debieron ser reportadas y almacenadas en Firebase.

Tabla 12-3: Transferencia de paquetes de datos relacionados a las alertas.

Errores suscitados	Reporte a MC		Registro en base de datos		Monitoreo	
	E	F	E	F	E	F
El marcador electrónico se apagó repentinamente.	10	0	10	0	10	0
No fue posible encender marcador.	10	0	10	0	10	0
No fue posible encender luces.	10	0	10	0	10	0
Error accionando lámparas.	9	1	9	0	9	0
Iluminación por debajo de nivel establecido como idóneo.	8	2	8	0	8	0
Puerta no asegurada.	10	0	10	0	10	0
Total	57	3	57	0	57	0
<i>E: Exitoso, F: Fallido</i>						

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La prueba general del prototipo también otorgó una serie de datos cuantificables respecto a la transferencia de paquetes de datos asociados al cumplimiento efectivo de una reserva en la cancha sintética. De la tabla general del anexo C se resume lo mostrado en la tabla 13-3; un total de 120 paquetes de datos fueron transmitidos.

Tabla 13-3: Transferencias de paquetes de datos relacionados a una reserva.

Actividad	Exitoso	Fallido
Registro de reserva en base de datos	20	0
Visualización de comprobante de reservación	20	0
Monitoreo de reservas por cancha	20	0
Monitoreo de reservas por fecha	20	0
Envío de QR decodificado a módulo de comunicación	20	0
Obtención de atributos de reserva desde la base de datos	20	0
Actualización de hora	20	0

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Considerando las tablas 12-3 y 13-3, se procedió a agrupar datos en base a la conexión establecida. La clasificación de datos resulta en: comunicación entre módulos en la red local, caracterización de módulo de comunicación y conexión entre aplicaciones y base de datos.

3.7.1 Comunicación entre módulos en la red local

La tabla 14-3, mostrada a continuación, abarca las actividades con transferencia de paquetes de datos en la red local. El porcentaje de eficacia total en la transmisión de tramas de información es apreciado en el gráfico 2-3.

Tabla 14-3: Comunicación entre módulos en la red local.

Actividad	Correcto	Incorrecto
Reporte de alerta a MC	57	3
Envío de QR decodificado a módulo de comunicación	20	0
Actualización de hora	20	0
Total	97	3

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

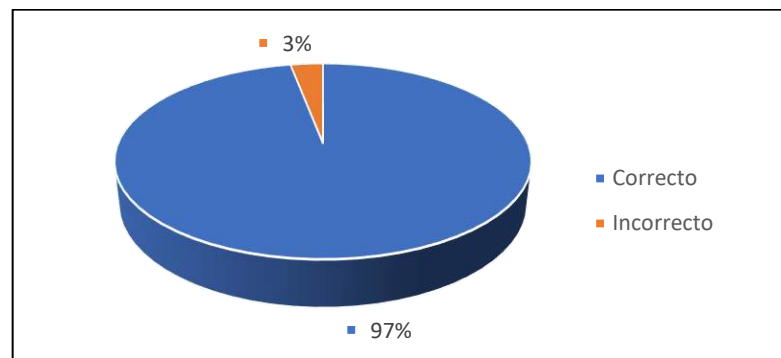


Gráfico 2-3: Gráfica circular de comunicación entre módulos en la red local.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Del gráfico 2-3 se pudo concluir una eficacia del 97% del prototipo en comunicaciones entre módulos en la red local.

3.7.2 Caracterización del módulo de comunicación

La tabla 15-3 agrupa las actividades, con transferencia de datagramas más significativos, llevadas a cabo por el módulo de comunicación. El gráfico 3-3 detalla la eficacia conseguida.

Tabla 15-3: Comunicación entre MC y la base de datos.

Actividad	Correcto	Incorrecto
Obtención de atributos de reserva desde la base de datos	20	0
Registro de alertas en la base de datos	57	0

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

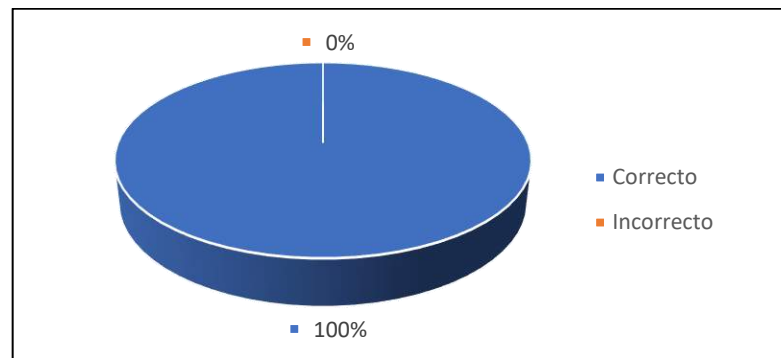


Gráfico 3-3: Gráfica circular de comunicación entre MC y base de datos.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Del gráfico 3-3 se pudo concluir una eficacia del 100% del prototipo en comunicación entre el módulo de comunicación y la base de datos.

3.7.3 Conexión entre aplicaciones y base de datos

La tabla 16-3 reúne las actividades con transmisión de datos entre las aplicaciones (móvil y de escritorio) y la base de datos. La eficacia de las operaciones se visualiza en el gráfico 4-3.

Tabla 16-3: Comunicación entre aplicaciones y la base de datos.

Actividad	Correcto	Incorrecto
Monitoreo de alertas	57	0
Registro de reserva en base de datos	20	0
Visualización de comprobante de reservación	20	0
Monitoreo de reservas por cancha	20	0
Monitoreo de reservas por fecha	20	0

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

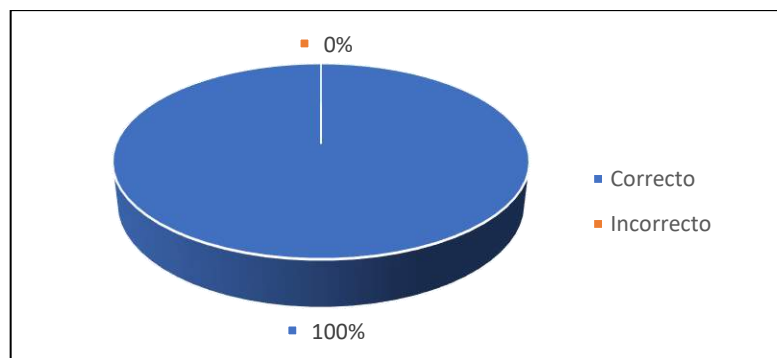


Gráfico 4-3: Gráfica circular de comunicación entre módulos en la red local.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Del gráfico 4-3 fue posible argumentar una eficacia del 100% en la transmisión de datagramas entre las aplicaciones y la base de datos.

3.8 Escalabilidad de la red

Entre los requerimientos se planteaba la característica de escalabilidad del sistema debido a las ubicaciones dispersas de las canchas sintéticas. Partiendo de aquel hecho se buscó analizar la ampliación de la red añadiendo nuevos nodos considerando como punto central la base de datos de acceso remoto donde se concentra la información, así como la capacidad operativa del sistema al momento de concluido el trabajo. La tabla 17-3 resume los datos contenidos en cada herramienta de la plataforma Firebase y compara la ocupación actual con la capacidad máxima.

Tabla 17-3: Almacenamiento en Firebase.

Almacenamiento Firebase			
Herramientas	Datos	Actual (MB)	Capacidad (MB)
Realtime Database	80 avisos, 3 canchas, 24 reservas, 2 QR, 9 horarios, 23 usuarios	0.0198	1000
Storage	3 fotos	14.5	5000

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

De la tabla 17-3 se analizó lo siguiente:

- Según información otorgada por el municipio, detallada en el anexo A, son 19 los sitios con canchas sintéticas, pero solo 13 cuentan con wifi gestionado e iluminación; considerando el estado actual de *Storage* se tiene noción de que el almacenamiento de 13 fotos ocuparía el 1.26% de la capacidad total.
- En una cancha operando los 365 días del año en 9 horarios de reserva se tiene 3285 reservaciones. Si se estima el tamaño ocupado del almacenamiento en *Realtime Database*, en base al grupo actual de datos y el espacio de ocupación, se obtiene 2.71MB por cancha. Para un total de 13 canchas operando los 365 días del año se estima el 3.52% de ocupación de la capacidad total.

La base de datos presenta ciertas limitaciones en cuanto a tráfico de datos, la normativa puede ser susceptible a cambios y en la actualidad está considerado (Firebase, 2019):

- Hasta 100 conexiones simultáneas en *Realtime Database*. El módulo de comunicación de una cancha también está considerado en el grupo de conexiones
- Hasta 10GB/mes descargados en *Realtime Database*.
- Hasta 1GB/día descargados en *Storage*.

3.9 Consumo energético

Las mediciones realizadas se enfocan en la importancia de conocer las características técnicas de consumo eléctrico implicadas en cada sección de los módulos que integran el sistema propuesto; para ello se ha dispuesto de un multímetro digital con auto rango de medida marca MASTECH modelo MS8268, observado en la figura 17-3. El instrumento de medida señala en sus especificaciones técnicas una precisión de $\pm(0.7\%$ de lectura + 2 dígitos) para tensiones en DC y $\pm(0.8\%+3)$ en AC; en cuanto a corriente continua la exactitud es $\pm(1.2\%+3)$ y en corriente alterna $\pm(1.5\%+5)$.



Figura 17-3: Multímetro MASTECH MS8268.

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

La tabla 18-3 detalla las mediciones de tensión y corriente efectuadas en los terminales de salida de las fuentes de tensión DC; el producto de las dos magnitudes indicadas otorga la Potencia Activa suministrada por la fuente. El consumo eléctrico, por otra parte, se conoce en la relación de Wh (vatios hora); lo cual representa la potencia usada en un determinado lapso. Considerando la existencia de equipos o módulos inactivos durante la unidad de tiempo hora, implicada en la operación matemática para obtener la potencia consumida, se procede a incluir el valor porcentual correspondiente al tiempo neto de actividad.

Tabla 18-3: Potencia consumida.

N°	Equipo / Módulo	Tensión (V)	Corriente (mA)	Potencia (W)	Actividad por hora	Potencia consumida 1h (Wh)
1	MAA Raspberry, cámaras (8 unidades)	4.94	730	3.61	100%	28.85
2	Cerradura eléctrica	12.25	269.8	3.31	8.33%	0.28
3	MC	4.92	89.4	0.44	100%	0.44
4	Placa de microcontroladores ME	8.87	730	6.48	91.67%	5.94
5	Módulo wifi ME	5.7	77.9	0.44	100%	0.44
6	Accionamiento bocina	5.03	67.6	0.34	8.33%	0.03
7	Bocina	114	30.70	3.50	8.33%	0.29
8	Nodo principal MCI	5.52	200.1	1.10	100%	1.10
9	Control On/Off (4 unidades)	5.12	67.5	0.35	100%	1.38
10	Sensor de iluminación (6 unidades)	5.08	70.4	0.36	100%	2.15

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

En el gráfico 5-3 es posible apreciar una comparación entre los vatios hora consumidos por cada elemento eléctrico-electrónico integrado en el prototipo de sistema electrónico. La placa de microcontroladores del marcador electrónico posee la mayor medida de vatios hora; aquello resulta coherente bajo el fundamento de su tiempo efectivo de actividad, así como la cantidad de microcontroladores y leds a los cuales suministra energía. Una visión contraria surge en la fuente dispuesta al accionamiento de la alerta sonora (bocina), el tiempo de actividad es sumamente bajo (alrededor de 5min en promedio por hora) resultando en una potencia necesaria de alrededor de unos 0.03Wh.

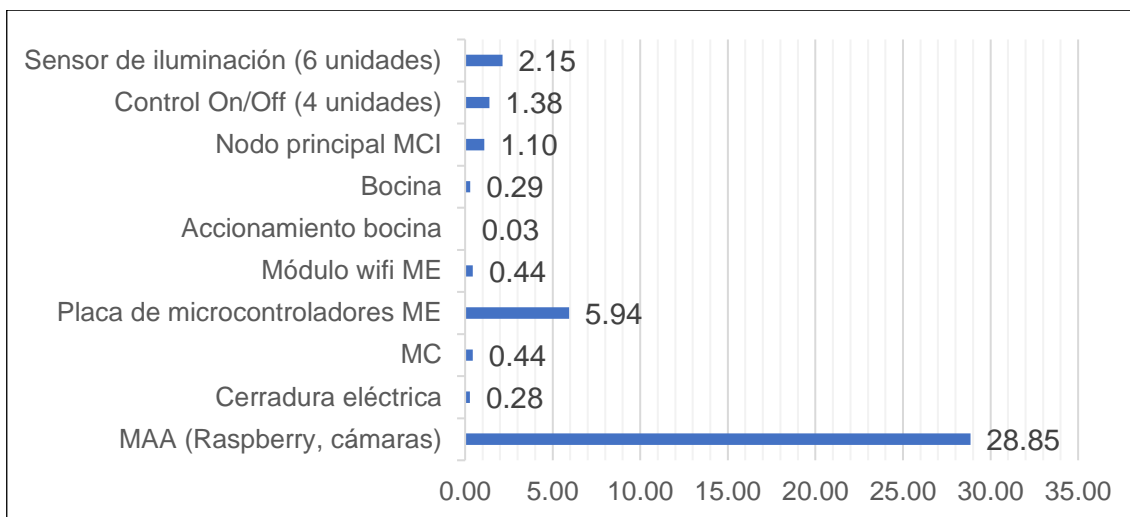


Gráfico 5-3: Potencia consumida 1h (Wh).

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

Las empresas proveedoras del suministro eléctrico basan su sistema de facturación en la cantidad de kilo vatios hora (kWh) consumidos; por lo tanto, se precisa saber el total de kWh sumados por el sistema implementado en el caso de su instalación en una cancha. En el análisis no se considera la potencia suministrada a las luminarias de la cancha.

Durante la jornada diaria del servicio público brindado por el GADM Riobamba, las canchas están disponibles unas 6h 20min (6.33h) en el día y 3h 50min (3.83h) en la noche. Sumando los 7 primeros equipos/módulos (activos en el día) se llega a los 36.26Wh y los 3 restantes (activos en la noche) 4.63Wh. La relación de horas y suma de vatios hora dan paso a tres diferentes consumos:

- Consumo del día: 229.55Wh.
- Consumo 1 de la noche: 156.64Wh; respecto a los 7 primeros equipos de la tabla 18-3.
- Consumo 2 de la noche: 17.73Wh; respecto a los 3 últimos equipos de la tabla 18-3.

Separando los consumos en los horarios diurno y nocturno, obtenemos la tabla 19-3; y posteriormente el gráfico 6-3, donde se compara los consumos por horario y el consumo diario.

Tabla 19-3: Consumo eléctrico.

Horario	Potencia consumida 1h (Wh)	Tiempo de actividad	Consumo diario (kWh)
Diurno	36.26	6:20	0.230
Nocturno	40.90	3:50	0.157

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

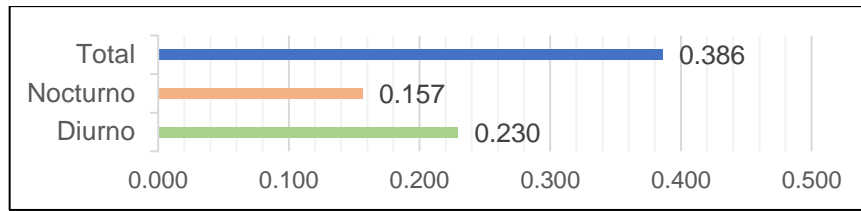


Gráfico 6-3: Consumo total (kWh).

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

3.10 Presupuesto referencial

En la tabla 20-3 se muestra a detalle el presupuesto referencial del prototipo del sistema electrónico, se encuentra dividido por módulos exponiendo sus componentes, la cantidad y sus respectivos precios de la implementación del prototipo. Donde se observa que el sistema implementado tiene un costo total de \$585.15.

Tabla 20-3: Costo del prototipo.

Módulos	Componentes	Cantidad	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
MAA	Raspberry Pi B3+	8	85.00	680.00
	Micro SD	8	7.00	56.00
	Cámara Texet	1	12.00	12.00
	Cámara Logitech	28	30.00	840.00
	Cerradura Eléctrica	1	92.06	92.06
	Fuentes de alimentación	-	88.00	88.00
ME	Paquete Leds 1000u	1	70.00	70.00
	Integrados Max7219	11	1.50	16.50
	NodeMCU V3 CH340	1	8.00	8.00
	ATmega328P-PU	3	8.00	24.00
	Fuentes de alimentación	-	18.00	18.00
	Estructura	-	99.00	99.00
MCI	Elementos electrónicos	-	32.00	32.00
	ESP8266-01	5	5.00	25.00
	NodeMCU V3 CH340	7	8.00	56.00
	BH1750 CY302	6	5.00	30.00
	Fuentes de alimentación	-	88.00	88.00
	Cubierta protectora	7	4.38	30.66
MC	NodeMCU V3 CH340	1	8.00	8.00
	Fuente de alimentación	1	8.00	8.00
	Caja de derivación	1	4.95	4.95
Varios				70.00
Total				2356.17

Realizado por: Proaño Maritza, Carbay Juan, 2019.

CONCLUSIONES

- Se implementó un prototipo de sistema electrónico para la administración de canchas sintéticas municipales de la ciudad de Riobamba; conformado por aplicaciones: móvil (reservación) y de escritorio (supervisión), una base de datos en la plataforma Firebase; y los módulos de: comunicación, acceso automático, control de iluminación y marcador electrónico. La comunicación se realiza bajo el estándar IEEE 802.11, en una red de tipo jerárquica.
- Los sensores de luz BH1750 integrados en el prototipo poseen errores absolutos de medición no representativos, ubicándose dentro del nivel de precisión de 5% del luxómetro LX1010B; y su cubierta protectora genera un error relativo de 0.18% a la lectura normal, el cual se compensa mediante software para obtener un nivel de referencia real.
- El análisis de intensidad de señal realizado mediante el *software* inSSIDer, a un punto de acceso configurado mediante el integrado ESP8266, determina una distancia máxima de 34.7m como periferia de ubicación de dispositivos para una comunicación con entrega de paquetes de datos confiable.
- El servidor pool.ntp.org empleado en la actualización de hora de la red local del prototipo de sistema electrónico es muy confiable, considerando el coeficiente de correlación intraclase de 1 conseguido entre la comparación de hora local y del servidor, y un tiempo medio de respuesta de 314 milisegundos no relacionado a un proceso crítico de tiempo real en el orden de dicha unidad.
- Para conseguir supervisar el desalojo de manera autónoma, empleando procesamiento digital de imágenes con una cámara Logitech C270, es necesario replicar el nodo 58 o 28 veces dependiendo de la altura de 2.60m o 5.20m, respectivamente, aunque la detección de objetos sugiere la instalación a la mayor altura.
- Aplicando procesamiento digital de imágenes basado en el color monocromático de la cancha es posible detectar objetos con tamaño mínimo del 0.62% de la imagen captada, representando un cuerpo de 28cm por lado si la instalación de la cámara se realiza a 5.20m de altura; la detección satisfactoria depende de la temperatura del color del ambiente producida por la iluminación, cerca de los 3000K.

- La prueba de precisión del temporizador, empleando Serial Port Monitor, determina un error absoluto de 0.00625 milisegundos por cada segundo transcurrido. El margen de error es aceptable considerando la inexistencia de procesos en tiempo real ligados a milisegundos.
- De los 200 datagramas analizados respecto a reservaciones y alertas, se obtiene una eficacia del 100% en la transmisión entre del módulo de comunicación y la base de datos, y en la conexión entre aplicaciones y la base de datos; por otra parte, se consigue una eficacia del 97% en la comunicación entre módulos en la red local.
- La base de datos implementada en Firebase es capaz de almacenar información concerniente a reservaciones diarias y supervisión, en todos los horarios durante el año, en todas las 13 canchas sintéticas con acceso a wifi gestionado e iluminación. Las únicas restricciones son hasta 100 conexiones simultáneas y 10GB al mes en descarga de datos de Realtime Database, y 1GB por día en descarga de archivos de Storage.
- El prototipo de sistema en su totalidad consume diariamente 0.386kWh. En el cálculo se excluyen equipos de cómputo y la potencia suministrada a las luminarias.

RECOMENDACIONES

- Emplear cámaras con mayor ángulo de visión y resolución en la detección de objetos sobre la superficie de la cancha para optimizar los recursos empleados.
- Aplicar visión artificial con entrenamiento de imágenes en la detección de objetos en la cancha sintética.
- Integrar procesos de autodiagnóstico en los nodos de la red para la solución de fallos en el sistema.
- Incorporar algoritmos de reconstrucción de imágenes para reconocimiento de objetos y personas mediante inteligencia artificial, con el fin de extender la operatividad de las cámaras a brindar seguridad en la zona de ubicación de la cancha.
- Incorporar en el prototipo un sistema de alimentación eléctrica ininterrumpida para independencia energética.
- Desarrollar tecnologías dirigidas a conseguir un conteo automático de goles para brindar mayor autonomía al sistema.
- Implementar un control de iluminación que permita la atenuación de la luz en la cancha considerando la luz natural existente y la ocupación de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

ADAFRUIT. *Adafruit GFX Library*. [en línea]. [Consulta: 15 septiembre 2018]. Disponible en:
<https://github.com/adafruit/Adafruit-GFX-Library>.

AI-THINKER TEAM. *ESP-01 WiFi Module* [en línea]. [Consulta: 16 agosto 2018].
Disponible en: <http://www.microchip.ua/wireless/esp01.pdf>.

ALIBABA.COM. *Diodo emisor de luz redondo 5mm*. [en línea]. [Consulta: 28 agosto 2018].
Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/7-Years-Verified-Supplier-high-intensity-60326253075.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.12ddc4d7x1ohUo>.

ALIEXPRESS.COM. *EC-C2000-290S llave y electricidad desbloquear cajón de cerradura de armario eléctrico DC12V (energía sin desbloqueo)*. [en línea]. [Consulta: 24 junio 2018].
Disponible en: <https://es.aliexpress.com/item/1879096004.html>.

ALLUEVA PINILLA, Ana; & ALEJANDRE MARCO, José. *Aportaciones de las tecnologías como eje en el nuevo paradigma educativo* [en línea]. Primera Ed. Zaragoza, España: Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2017. [Consulta: 18 enero 2019].
Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=JZ07DwAAQBAJ>.

ÁLVAREZ, M. *Convertidores de frecuencia, controladores de motores y SSR*. Barcelona, España: Marcombo, 2000. ISBN 84-267-1268-1, P. 117.

ARDUINO. *SPI Library*. [en línea]. [Consulta: 23 septiembre 2018]. Disponible en:
<https://www.arduino.cc/en/reference/SPI>.

ARDUINO. *Wire Library*. [en línea]. [Consulta: 29 septiembre 2018]. Disponible en:
<https://www.arduino.cc/en/Reference/Wire>.

ARÉVALO, Javier; et al. "Tarjeta Multipropósito Bluetooth". Universidad Manuela Beltrán

[en línea], 2009, pp. 9-11. [Consulta: 6 diciembre 2018] Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=3178218>.

ARROYO, N. *Información en el móvil* [en línea]. Barcelona, España: Editorial UOC. , 2011. ISBN 9788490291283. [Consulta: 23 enero 2019] Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=3201425>.

ASK BJØRN HANSEN. *NTP Pool Project* [en línea]. [Consulta: 26 septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.ntppool.org/es/>.

ATMEL CORPORATION. *ATmega328P* [en línea]. [Consulta: 23 Octubre 2018]. Disponible en: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf.

BH1750. *GitHub, Inc* [en línea], 2018. [Consulta: 1 junio 2019]. Disponible en: <https://github.com/claws/BH1750>.

CADENA, N. "Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019". [en línea]. Riobamba, Ecuador: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba, 2015. [Consulta: 1 marzo 2019]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660000360001_Plan de Desarrollo Cantonal 2014-2019_15-03-2015_12-35-54.pdf.

CEBALLOS, F. *Enciclopedia de Microsoft Visual C#. Interfaces gráficas y aplicaciones para Internet con Windows Forms y ASP.NET*. 4º ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 2013. ISBN 978-607-707-919-4, pp. 3-13.

COMITÉ ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN (CEI) & INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE), *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros docentes* [en línea]. Madrid, España: Publicaciones Técnicas IDAE, 2001. [Consulta: 13 julio 2018]. Disponible en: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_centros_docentes_01_6803da23.pdf.

CORONA, Leonel; et al. *Sensores y Actuadores. Aplicaciones con Arduino* [en línea]. Primera Ed. México D. F., México: Grupo Editorial Patria. , 2014. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=wMm3BgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.

DORDOIGNE, J. *Redes informáticas - Nociones fundamentales: (Protocolos, Arquitecturas, Redes inalámbricas, Virtualización, Seguridad, IP v6 ...)* [en línea]. 5° ed. Barcelona, España: Ediciones ENI, 2015. [Consulta: 1 febrero 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=Huwy1LOPEq8C>.

DR.METER. Dr.meter LX1010B Digital Illuminance. [en línea], 2019. [Consulta: 16 octubre 2019]. Disponible en: <https://drmeter.com/products/digital-lux-meter-digital-illuminance-light-meter-lx1010b-dr-meter>.

ELTIMA SOFTWARE. Serial Port Monitor Software monitoreo puerto COM. [en línea], 2019. [Consulta: 5 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.virtual-serial-port.org/es/products/serialmonitor/>.

ESCAN S. *Guía técnica de iluminación eficiente* [en línea]. Madrid, España: Gráficas Arias Montano, S.A., 2006. [Consulta: 13 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005639.pdf>.

ESPLIN, C. What is Firebase? *howtofirebase.com* [en línea]. [Consulta: 8 mayo 2019]. Disponible en: <https://howtofirebase.com/what-is-firebase-fcb8614ba442>.

ESPRESSIF SYSTEM. ESP8266EX [en línea]. Disponible en: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf.

FAHLE, E. *LedControl An Arduino library for the MAX7219 and MAX7221.* [en línea]. [Consulta: 23 septiembre 2018]. Disponible en: <http://wayoda.github.io/LedControl/>.

FAVERO ELECTRONICS SRL. *Marcadores deportivos, Marcadores electrónicos para exterior, Marcadores para exterior fútbol y futsala.* [en línea]. [Consulta: 21 mayo 2018]. Disponible en: https://www.favero.com/es1_marcadores_deportivos_exterior_tableros_y_tanteadores_electronicos_automatiko_futbol_futsala-70.html.

FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE FÚTBOL ASOCIADO. *La tecnología aplicada al fútbol* - FIFA.com. [en línea], 2018. [Consulta: 21 junio 2018]. Disponible en: <https://es.fifa.com/about-fifa/videos/y=2017/m=5/video=la-tecnologia-aplicada-al-futbol-2884223.html>.

FIREBASE. *Agrega Firebase al proyecto de Android.* [en línea], 2018. [Consulta: 1 marzo 2019]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/android/setup?hl=es>.

FIREBASE. *Easily add sign-in to your Android app with FirebaseUI* [en línea], 2018. [Consulta: 6 junio 2019]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/auth/android/firebaseui>.

FIREBASE. *Firestore Database Security Rules API* [en línea], 2018. [Consulta: 6 junio 2019]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/reference/security/database>.

FIREBASE. *Firestore Realtime Database* [en línea], 2018. [Consulta: 10 junio 2019]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/database/>.

FIREBASE. *Products* [en línea], 2018. [Consulta: 15 junio 2019]. Disponible en: <https://firebase.google.com/products/#develop-products>.

FIREBASE. *Planes de precios.* [en línea], 2019. [Consulta: 4 noviembre 2019]. Disponible en: <https://firebase.google.com/pricing?authuser=3>.

FLEISS, J. *The design and analysis of clinical experiments.* New York-Wiley, 1986.

GALEANO, Javier; & SANTANA, Daniel. Desarrollo de una aplicación para dispositivos

móviles con sistema operativo Android para el control de reservas de canchas de Fútbol 5 en el sector occidente de la ciudad de Bogotá [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central de Bogotá, Colombia. 2016. P. 108. [Consulta: 2019-01-8]. Disponible en: <http://repositorio.itc.edu.co/handle/001/213>.

GARCÍA, José; & OKAZAKI, Shintaro. "El uso de los códigos QR en España". *Distribución y consumo* [en línea], 2012, (España), ed. Mayo-Junio, pp. 46-62. ISSN 1132-0176. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3972254&orden=1&info=link>.

GARCÍA, J. Desarrollo de una aplicación móvil para la gestión de reservas de canchas deportivas en el sector norte de la ciudad de Guayaquil, administrada por una empresa pública, ejecutado bajo un entorno de desarrollo del sistema operativo Android [en línea]. (trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2017. [Consulta: 2019-05-25]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/24120>.

GEEKFACTORY. GeekFactory TimeLib Library. [en línea]. [Consulta: 1 agosto 2018]. Disponible en: <https://github.com/geekfactory/TimeLib>.

GERVAIS, L. *Aprender la programación orientada a objetos con el lenguaje C#* [en línea]. Barcelona, España: Ediciones ENI, 2016. [Consulta: 20 abril 2019] Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=rX8BZuq5jr0C>.

GITHUB INC. *NTPClient*. [en línea]. [Consulta: 20 noviembre 2018]. Disponible en: <https://github.com/arduino-libraries/NTPClient>.

GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE RIOBAMBA. *Avanza construcción del parque de la ciudadela Maestros de Chimborazo - Municipio Riobamba* [en línea]. Riobamba: GADM Riobamba, 2018. [Consulta: 5 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/noticias/boletines-de-prensa/55-marzo-2018/1607-avanza-construccion-del-parque-de-la-ciudadela-maestros-de-chimborazo>.

GÓMEZ, Ana; & MESTRE, Juan. *La importancia del gestor deportivo en el municipio*. S.l.: INDE, 2005.

GONZÁLEZ, M. *Dispositivos electrónicos* [en línea]. 1° ed. La Plata-Argentina: D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, 2015. [Consulta: 30 octubre 2018]. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=4499427>.

GROKHOTKOV, I. *Soft Access Point Class*[en línea], 2017. [Consulta: 20 mayo 2019]. Disponible en: <https://arduino-esp8266.readthedocs.io/en/latest/esp8266wifi/soft-access-point-class.html>.

GROKHOTKOV, I. *UDP*. [en línea], 2017. [Consulta: 25 mayo 2019]. Disponible en: <https://arduino-esp8266.readthedocs.io/en/latest/esp8266wifi/udp-examples.html>.

HENAO, F. *Riesgos físicos II: iluminación* [en línea]. 2° ed. Bogotá-Colombia: Ecoe Ediciones, 2014. [Consulta: 2 mayo 2019]. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=4870569>.

HERETER, Luis; & ZANINI, Viviana. *jQuery Mobile: Diseño y desarrollo de aplicaciones para smartphones y tablets* [en línea]. 1° ed. Buenos Aires-Argentina: RedUsers, 2016. [Consulta: 28 mayo 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=3aKcDAAQBAJ>.

LOGITECH. *HD Webcam C270*. [en línea]. [Consulta: 20 junio 2019]. Disponible en: <https://www.logitech.com/es-es/product/hd-webcam-c270>.

LUJÁN, J. *Android. Aprende desde cero a crear aplicaciones*. 1° ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 2015. pp. 3-37.

LUNA, F. *Desarrollo web para dispositivos móviles: Herramientas para diseñar y programar WebApps* [en línea]. 1° Ed. Buenos Aires: RedUsers, 2016. [Consulta: 11 mayo 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=BRSRDAAAQBAJ>.

MAGITURNO. *Marcadores Tableros Deportivos Electrónicos*. [en línea]. [Consulta: 8 julio 2018]. Disponible en: <http://magiturno.com/producto/marcadores-tableros-deportivos-electronicos/>.

MAXIM INTEGRATED. *Max7219/Max7221 Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers* [en línea]. [Consulta: 15 diciembre 2018]. Disponible en: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX7219-MAX7221.pdf>.

METAGEEK LLC. *MetaGeek's Partners in WiFi*. [en línea]. [Consulta: 1 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.metageek.com/partner/>.

METAGEEK LLC. *Understanding RSSI*. [en línea]. [Consulta: 1 octubre 2019]. Disponible en: <https://www.metageek.com/training/resources/understanding-rssi.html>.

MORA, Carlos; & SILVA, Pablo. Sistema de organización de encuentros deportivos y directorio de canchas en Chillán [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad del Bío-Bío, Chillán, Chile. 2016. pp. 20-22 [Consulta: 2018-03-23]. Disponible en: <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/1593>.

MOTOROLA. *6-Pin DIP Zero-Cross Optoisolators Triac Driver Output* [en línea]. Disponible en: http://exa.unne.edu.ar/ingenieria/sistemas/public_html/Archi_pdf/HojaDatos/Optoelctronica/moc3041.pdf.

NAVARRO, J. *Sistemas de medida y regulación* [en línea]. 2º ed. Murcia-España: Cano Pina, 2018. [Consulta: 5 agosto 2018]. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=5349506>.

NEVADO, M., *Introducción a las Bases de Datos relacionales* [en línea]. Madrid, España: Editorial Visión Libros, 2010. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=0IU pB11NUdIC&dq=base+de+datos+relacional&source=gbs_navlinks_s.

NXP SEMICONDUCTORS. *BT-136 600* [en línea]. [Consulta: 10 septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.promelec.ru/pdf/BT136-600-NXP.pdf>.

- ORDÓÑEZ, Javier; & HUIDOBRO, José.** *Comunicaciones por radio: tecnologías, redes y servicios de radiocomunicaciones: el espectro electromagnético* [en línea]. Madrid, España: RA-MA Editorial, 2014. [Consulta: 5 enero 2019]. Disponible en: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=5758922>.
- ORTIZ, A.** Conferencia Seminario Control Médico del Entrenamiento Deportivo. Medellín: Indeportes Antioquia, 2001.
- OSORIO, F.** *Lógica y programación orientada a los objetos: un inicio al desarrollo de software* [en línea]. Medellín-Colombia: Instituto Tecnológico Metropolitano, 2008. [Consulta: 17 mayo 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=17OVPIFMDxEC>.
- PAESSIER AG.** *Siempre a tiempo con la supervisión de NTP*. [en línea]. [Consulta: 28 octubre 2019]. Disponible en: https://www.es.paessler.com/ntp_monitor.
- PALACIOS, Enrique; et al.** *Microcontrolador PIC16F84. Desarrollo de proyectos*. 2° ed.. México D. F.-México: Alfaomega Grupo Editor, 2004. pp. 16-19.
- PALAFIX, Luis; & ESQUEDA, José.** *Fundamentos para el procesamiento de imágenes* [en línea]. Baja California-México: Universidad Autónoma de Baja California, 2005. [Consulta: 30 mayo 2019]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=h4Gj8GuwPVkC>.
- PITA, S; et al.** *La fiabilidad de las mediciones clínicas: El análisis de concordancia para variables numéricas*. *Cadernos de atención primaria* [en línea], vol. 10, pp. 290-296. , 2003. Disponible en: https://revista.agamfec.com/wp-content/uploads/2003/12/12_InvestigacionN10_4.pdf.
- QUIMIS LINO, D.** Creación de un sistema web para reservaciones de una cancha deportiva utilizando SMS y código QR. [en línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 2016. P. 121. [Consulta: 1 junio 2018]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19746>.

- RASPBERRY.** *Raspberry Pi 3 Model B+*. Raspberry Pi, 2018. raspberrypi.org [en línea]. [Consulta: 2 diciembre 2018]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>.
- REINOSA, Enrique; et al.** *Bases de datos*. Primera Ed. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega Grupo Editor Argentino, 2012, p. 3.
- ROHM CO. LTD.** *Ambient Light Sensor IC Series BH1750FI* [en línea]. Disponible en: <https://www.mouser.com/datasheet/2/348/bh1750fvi-e-186247.pdf>.
- ROMERO, María; et al.** *Redes Locales*. 1° ed. Madrid, España: Editorial Paraninfo. , 2010. pp. 53-58.
- RUYS, M.** *Max72xxPanel*. [en línea]. [Consulta: 14 agosto 2018]. Disponible en: <https://github.com/markruys/arduino-Max72xxPanel>.
- RWTH-AACHEN.** *LTI-Lib*. [en línea], 2010. [Consulta: 16 enero 2019]. Disponible en: <http://ltilib.sourceforge.net/doc/homepage/index.shtml>.
- SEAS.** *Librerías de Visión Artificial*. [blog]. [Consulta: 17 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.seas.es/blog/seas-cursos-online/librerias-de-vision-artificial/>.
- SHABUNIN, M.** *OpenCV 4.1.2 have been released!* [en línea]. [Consulta: 16 enero 2019]. Disponible en: <https://opencv.org/opencv-4-1-2/>.
- SILBERSCHATZ, Abraham; et al.** *Fundamentos de Bases de Datos*. 5° ed. Madrid, España: McGraw-Hill. 2006.
- SOLUCIONES TECNOLOGICAS ALGARSYS SL.** ReservaDeportes – Software de gestión deportiva padel y tenis. *ReservaDeportes* [en línea].2018. [Consulta: 6 agosto 2018]. Disponible en: <https://www.reservadeportes.com/home/>.

SPONA, H. *Programación de bases de datos con MySQL y PHP* [en línea]. 1° ed. Barcelona-España: Marcombo, 2010. [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=y11L7pQfdRsC>.

SQUARE INC. Picasso A powerful image downloading and caching library for Android. [en línea]. [Consulta: 22 julio 2018]. Disponible en: <https://square.github.io/picasso/>.

SQUARE INC. OkHttp. *square.github.io* [en línea]. [Consulta: 7 junio 2019]. Disponible en: <https://square.github.io/okhttp/>.

SUWATCHAI, K. Firebase Realtime Database Arduino Library for ESP8266. *github.com* [en línea]. [Consulta: 1 junio 2019]. Disponible en: <https://github.com/mobizt/Firebase-ESP8266>.

TEXAS INSTRUMENTS. *LM317 3-Terminal Adjustable Regulator* [en línea]. Disponible en: <http://www.ti.com/lit/ds/slvs044x/slvs044x.pdf>.

TEXET. *Texet WCM-183 - Webcam* [en línea]. Disponible en: <https://www.amazon.es/Texet-WCM-183-Webcam/dp/B0052WTFRK>.

TRIOLA, M. *Pearson Educación* [en línea]. 9° ed., 2004. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=Lj5VlatlLhsC&pg=PA304&dq=nivel+de+confianza+tabla&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwillKbj8ZLmAhVBi1kKHSRsA1EQ6AEIKDA#v=onepage&q=nivel+de+confianza+tabla&f=false>.

UNICEF ECUADOR. Deporte para el Desarrollo. *unicef.org* [en línea]. [Consulta: 6 junio 2018]. Disponible en: https://www.unicef.org/ecuador/media_27477.htm. 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, "Recomendaciones Mundiales sobre Actividad Física para la Salud" *Geneva: WHO Library Cataloguing-in-Publication* [en línea], 2010, no. Completo, pp. 1-58. [Consulta: 11 marzo 2019] ISSN 9789241599979. Disponible en: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Recomendaciones+Mundiales+sobre+actividad+F?sica+para+la+salud#4%5Cnhttp://whqlibdoc.who.int/publicatio>

ns/2010/9789243599977_spa.pdf.

ZBAR, Paúl; et al. *Prácticas de Electrónica*. 7° ed. Barcelona, España: Marcombo, 2003.
Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=UaxhQQfLMY8C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.

ZERYNTH. *NodeMCU v3* [en línea]. [Consulta: 20 febrero 2019]. Disponible en:
<https://docs.zerynth.com/latest/official/board.zerynth.nodemcu3/docs/index.html>.

ZIGBEE ALLIANCE. *Zigbee IP and 920IP*. [en línea]. [Consulta: 28 septiembre 2018].
Disponible en: <https://zigbee.org/zigbee-for-developers/network-specifications/zigbeeip/>.

ZIYASAL. FireSharp. *github.com* [en línea]. [Consulta: 6 junio 2019]. Disponible en:
<https://github.com/ziyasal/FireSharp>. 2018.

ZXING. *ZXing Android Embedded*. [en línea]. [Consulta: 27 julio 2018]. Disponible en:
<https://github.com/journeyapps/zxing-android-embedded>.