



**Universidad
Nacional De
Loja**



Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

Carrera de Ingeniería en Sistemas

Desarrollo de un prototipo domótico para la administración de un centro deportivo utilizando Software y Hardware Libre.

TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS

Autor: Celi-Gutiérrez, Daniel-Vinicio

Director: Ing. Ganazhapa Malla, Ángel Freddy, Mg. Sc.

LOJA-ECUADOR

2019

Certificación

Ing. Ángel Freddy Ganazhapa Malla, Mg. Sc.

DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS DE LA FACULTAD DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

Certifica:

Que el egresado **Daniel Vinicio Celi Gutiérrez**, realizó el trabajo de titulación denominado **“Desarrollo de un prototipo domótico para la administración de un centro deportivo utilizando Software y Hardware Libre.”** bajo mi dirección y asesoramiento, mismo que fue revisado, enmendado y corregido minuciosamente. En virtud que el Trabajo de Titulación reúne, a satisfacción las cualidades de fondo y forma exigidas para un trabajo de este nivel, autorizo su presentación, sustentación y defensa ante el tribunal respectivo.

Loja, 7 de marzo del 2019



.....
Ing. Ángel Freddy Ganazhapa Malla, Mg. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

Autoría

Yo, **DANIEL VINICIO CELI GUTIÉRREZ** declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de la tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula: 1104898745

Fecha: 21 de junio de 2019

Carta de autorización del Trabajo de Titulación por parte del Autor, para la consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del texto completo.

Yo, **DANIEL VINICIO CELI GUTIÉRREZ**, declaro ser autor del trabajo de titulación que versa: **“DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DOMÓTICO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE UN CENTRO DEPORTIVO UTILIZANDO SOFTWARE Y HARDWARE LIBRE.”**, como requisito para optar al grado de: **INGENIERO EN SISTEMAS**; autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los veintiún días del mes de junio del dos mil diecinueve.



Firma:

Autor: Daniel Vinicio Celi Gutiérrez

Cedula: 1104898745

Dirección: Loja (Batalla de Tarqui y Batalla de Chacabuco)

Correo Electrónico: dvcelig@unl.edu.ec

Teléfono: 07-2542219 **Celular:** 0993413710

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Ángel Freddy Ganazhapa Malla, Mg. Sc

Tribunal de Grado: Ing. Mario Enrique Cueva Hurtado, Mg. Sc

Ing. Francisco Javier Álvarez Pineda, Mg. Sc

Ing. Gastón Rene Chamba Romero, Mg. Sc

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a la memoria de mi abuela Delia Dávila, quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo y a la perseverancia que una persona debe tener para poder cumplir sus metas. Sus enseñanzas sobre la cooperación que uno debe tener hacia los demás y sobretodo la audacia cuando una persona va a afrontar una responsabilidad por más grande que fuese se puede lograr si se realiza un paso a la vez, lo que me mantuvo siempre firme cuando halle diversos obstáculos.

El Autor.

Agradecimiento

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía las Industrias y los Recursos no Renovables, al personal docente por haber contribuido significativamente en mi formación profesional y al Director de Tesis, quien con sus conocimientos, sabiduría y dedicación ha guiado el desarrollo de la presente tesis.

A mi familia, en especialmente a mi madre que por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, ha sido un pilar fundamental para haber logrado llegar hasta esta instancia de mi vida y poder culminar mis estudios.

El Autor.

Tabla de Contenidos

Índice General

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
TABLA DE CONTENIDOS	VII
Índice General.....	VII
Índice de Figuras.....	XII
Índice de Tablas.....	XV
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	2
2.1. ABSTRACT	3
3. INTRODUCCIÓN	4
4. REVISIÓN LITERARIA	6
4.1. Domótica.....	6
4.1.1. Definición.....	6
4.1.2. Servicios que gestiona la domótica.....	6
4.1.2.1. Gestión de la energía.....	7
4.1.3. Tipos de Arquitectura.....	9
4.1.3.1. Centralizada.....	9
4.1.3.2. Descentralizada.....	9
4.1.3.3. Distribuida.....	10
4.1.3.4. Híbrida o Mixta.....	10
4.1.4. Tipos de sistema de transmisión.....	11
4.1.4.1. Sistemas cableados.....	11
4.1.4.2. Sistemas inalámbricos.....	11
4.1.4.3. Sistemas mixtos.....	11
4.1.5. Periféricos del sistema.....	11
4.1.5.1. Sensores.....	11
4.1.5.2. Actuadores.....	12
4.2. Sistemas Embebidos.....	13
4.2.1. Definición.....	13
4.2.2. Características.....	13
4.2.3. Hardware.....	14

4.2.4.	Software	15
4.3.	Prototipo	16
4.3.1.	Definición.....	16
4.4.	Hardware Libre	16
4.4.1.	Definición.....	16
4.4.2.	Arduino	16
4.4.2.1.	Definición.....	16
4.4.2.2.	Tipos	17
4.4.3.	Raspberry Pi.....	20
4.5.	Software Libre	22
4.5.1.	Definición.....	22
4.5.2.	Lenguaje Arduino	22
4.5.3.	Nodejs	23
4.5.4.	Express	23
4.5.5.	MongoDB	24
4.5.6.	Bootstrap	25
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
5.1.	Métodos.....	26
5.1.1.	Deductivo	26
5.1.2.	Inductivo	26
5.1.3.	Científico	26
5.1.4.	Método Analítico	26
5.2.	Técnicas	26
5.2.1.	Observación	26
5.2.2.	Recopilación Documental	27
5.2.3.	Tutoría.....	27
5.2.4.	Entrevista	27
5.3.	Metodologías.....	27
5.3.1.	Metodología para la revisión sistemática de literatura.....	27
5.3.2.	Metodología de desarrollo	28
5.3.3.	Metodología de desarrollo de software	29
6.	RESULTADOS	30
6.1.	FASE 1	30
6.1.1.	Recolección de Información.....	30
6.1.2.	Actores en la cancha sintética.	32
6.1.3.	Funcionalidades del prototipo.	32
6.1.4.	Especificación del escenario.....	34
6.1.5.	Detalle de la construcción del prototipo	36

6.1.5.1.	Escalas y Medidas.....	36
6.1.5.2.	Selección de materiales para la construcción de la maqueta.....	37
6.1.5.3.	Selección de componentes electrónicos.....	37
6.1.5.4.	Montaje.....	43
6.1.5.5.	Integración de componentes electrónicos.....	45
6.1.6.	Diseño del prototipo.....	48
6.1.6.1.	Diagrama de bloque.....	48
6.1.6.2.	Diagramas de estados.....	50
6.1.6.3.	Diagrama esquemático.....	51
6.1.6.4.	Placa de Circuito Impreso.....	53
6.1.7.	Entorno simulado del circuito electrónico.....	54
6.1.7.1.	Iluminación.....	54
6.1.7.2.	Ventilación.....	55
6.1.7.3.	Sensor.....	56
6.1.7.4.	Efecto Rebote.....	56
6.1.7.5.	Pantalla.....	58
6.1.7.6.	Alarma.....	58
6.1.8.	Codificación de los microcontroladores.....	59
6.1.8.1.	Herramientas y Librerías utilizadas.....	59
6.1.8.2.	Codificación de la entrada de datos mediante puerto serial.....	59
6.1.8.3.	Codificación de la entrada de datos mediante interrupciones.....	60
6.1.8.4.	Codificación del envío de datos por puerto serial.....	61
6.1.8.5.	Codificación de la pantalla GLCD JHD12864E.....	61
6.1.8.6.	Codificación del sensor de temperatura y humedad.....	62
6.1.8.7.	Codificación de periféricos de salida.....	62
6.1.8.8.	Codificación de periféricos de entrada.....	63
6.2.	FASE 2.....	63
6.2.1.	Fase de Planeación.....	63
6.2.1.1.	Especificación de Requerimientos.....	64
6.2.1.2.	Módulos de la aplicación web.....	65
6.2.1.3.	Especificación de historias de usuario.....	66
6.2.1.4.	Estimación de historias de usuario.....	71
6.2.2.	Diseño.....	72
6.2.2.1.	Arquitectura del sistema.....	72
6.2.2.2.	Arquitectura del sistema por capas.....	74
6.2.2.3.	Diagrama de conexión.....	75
6.2.2.4.	Diagramas de flujo.....	75
6.2.2.5.	Diagrama de clases.....	77

6.2.2.6.	Modelo Entidad Relación	77
6.2.2.7.	Tarjetas CRC.....	78
6.2.2.8.	Diagramas de Actividades	79
6.2.2.9.	Prototipos de la aplicación	89
6.2.3.	Codificación.....	94
6.2.3.1.	Patrón de Programación	94
6.2.3.2.	Estándares de programación	94
6.2.3.3.	Herramientas utilizadas para la implementación del software.....	94
6.2.3.4.	Codificación de la comunicación servidor-usuario	95
6.2.3.5.	Codificación de la comunicación servidor-controlador	96
6.2.3.6.	Codificación de Modulo de Autenticación	97
6.2.3.7.	Codificación del módulo restauración de contraseña	98
6.2.3.8.	Codificación de notificaciones.....	100
6.2.3.9.	Codificación de partido terminado mediante correo electrónico	100
6.3.	FASE 3.....	101
6.3.1.	Pruebas de funcionamiento del circuito	101
6.3.2.	Pruebas de funcionamiento de las entradas manuales del prototipo. ..	102
6.3.2.1.	Prueba de los pulsadores de pantalla	102
6.3.2.2.	Prueba de los interruptores de iluminación	103
6.3.2.3.	Prueba del pulsador de la alarma	103
6.3.2.4.	Prueba de los interruptores de ventilación	104
6.3.3.	Pruebas de rendimiento.....	104
6.3.4.	Pruebas de funcionalidad del prototipo domótico.....	106
6.3.4.1.	Módulo gestión de usuario.....	107
6.3.4.2.	Módulo de administración de los dispositivos electrónicos	108
6.3.5.	Prueba continua del prototipo para la simulación de la administración.	117
6.3.6.	Análisis de resultados.....	117
7.	DISCUSIÓN.....	119
7.1.	Desarrollo de la propuesta alternativa.....	119
7.2.	Valoración técnica económica ambiental	121
7.2.1.	Valoración Técnica	121
7.2.2.	Valoración Ambiental.....	121
7.2.3.	Valoración Económica	121
7.2.3.1.	Talento Humano	121
7.2.3.2.	Servicios.....	122
7.2.3.3.	Recursos Hardware y Software	122
7.2.3.4.	Materiales de Oficina	123
7.2.3.5.	Presupuesto Final.....	124

8. CONCLUSIONES	125
9. RECOMENDACIONES	126
10. BIBLIOGRAFÍA	127
11. ANEXOS	129
ANEXO 1: Entrevistas a centros deportivos para la obtención de requisitos y validación de los módulos del prototipo	129
ANEXO 2: Entrevista para la aplicabilidad del prototipo en la mejora de la administración de un centro deportivo.....	140
ANEXO 3: Documento de Especificación de Requerimientos (ERS)	146
ANEXO 4: Resultados de la prueba de rendimiento	155
ANEXO 5: Pruebas de aceptación	164
ANEXO 6: Certificado de pruebas de aceptación	168
ANEXO 7: Glosario de Términos.....	169
ANEXO 8: Licencia Creative Commons	170
ANEXO 9: Revisión Sistemática De Literatura	171

Índice de Figuras

Figura 1. Arquitectura Centralizada [6].....	9
Figura 2. Arquitectura Descentralizada [6].	9
Figura 3. Arquitectura Distribuida [6].....	10
Figura 4. Arquitectura Hibrida [6].	10
Figura 5. Arduino UNO [13].....	17
Figura 6. Arduino MEGA [14].	19
Figura 7. Raspberry Pi 3B [15].	20
Figura 8. Partes del Raspberry Pi 3B [15].	21
Figura 9. Fases Metodología XP.....	29
Figura 10. Escenario.....	35
Figura 11. Medidas de cancha sintética oficial	36
Figura 12. Raspberry Pi 3B.....	38
Figura 13. Arduino	38
Figura 14. Resistencias Eléctricas	39
Figura 15. Leds.....	39
Figura 16. Pulsador	39
Figura 17. Condensador	40
Figura 18. Interruptor	40
Figura 19. GLCD JHD12864E.....	41
Figura 20. Transistor.....	41
Figura 21. Módulo ISD1820	42
Figura 22. Ventilador 12 voltios.....	42
Figura 23. Sensor DTH11	42
Figura 24. Medición de Piezas.....	43
Figura 25. Cortado de piezas.....	43
Figura 26. Pegado de Piezas.....	44
Figura 27. Detallado del prototipo	44
Figura 28. Interruptores reflectores en el prototipo.....	45
Figura 29. Interruptores ventiladores en el prototipo	45
Figura 30. Pulsador alarma en el prototipo	45
Figura 31. Pantalla en el prototipo	46
Figura 32. Sensor en el prototipo.....	46
Figura 33. Ventilación en el prototipo.....	46
Figura 34. Alarma en el prototipo	47
Figura 35. Pulsadores de la pantalla en el prototipo	47
Figura 36. Iluminación en el prototipo	47
Figura 37. Vista final del prototipo.....	48
Figura 38. Diagrama de bloque.....	49
Figura 39. Diagrama de estados microcontrolador 1.....	50
Figura 40. Diagrama de estados microcontrolador 2.....	50
Figura 41. Diagrama de estados microcontrolador 3.....	51
Figura 42. Diagrama Esquemático.....	52
Figura 43. PBC para el microcontrolador 1	53
Figura 44. PBC para el microcontrolador 2	53
Figura 45. PBC para el microcontrolador 3	54
Figura 46. Simulación Iluminación	55
Figura 47. Simulación ventilación.....	55
Figura 48. Simulación del sensor de temperatura	56
Figura 49. Simulación pulsador con efecto rebote	57
Figura 50. Simulación pulsador sin efecto rebote.....	57

Figura 51. Simulación pantalla GLCD	58
Figura 52. Simulación alarma	58
Figura 53. Código de función de entrada de datos por puerto serial	59
Figura 54. Código del separador de texto de datos de entrada	60
Figura 55. Código inicialización de interrupción	60
Figura 56. Código de la función de una interrupción	60
Figura 57. Código de envío de datos por puerto serial.....	61
Figura 58. Código de la función publicar texto	61
Figura 59. Código de la función del sensor dth11	62
Figura 60. Código de la función del cambio de estado ventilador	62
Figura 61. Código de las funciones aumentar y disminuir marcador	63
Figura 62. Arquitectura del Sistema	73
Figura 63. Arquitectura del Sistema por Capas.....	74
Figura 64. Diagrama de conexión	75
Figura 65. Diagrama de flujo servidor - controlador	76
Figura 66. Diagrama de flujo servidor - usuario.....	76
Figura 67. Diagrama de clases	77
Figura 68. Diagrama Entidad Relación	77
Figura 69. Diagrama de Actividad Iniciar Partido	79
Figura 70. Diagrama de Actividad Iniciar Partido Personalizado	80
Figura 71. Diagrama de Actividad Tiempo Adicional.....	81
Figura 72. Diagrama de Actividad Publicar Texto	82
Figura 73. Diagrama de Actividades Cancelar Actividad.....	83
Figura 74. Diagrama de Actividad Encender Reflector.....	84
Figura 75. Diagrama de Actividad Apagar Reflector.	84
Figura 76. Diagrama de Actividad Visualizar Temperatura y Humedad	85
Figura 77. Diagrama de Actividad Encender Ventilador.....	85
Figura 78. Diagrama de Actividad Apagar Ventilador.....	86
Figura 79. Diagrama de Actividad Accionar Alarma	86
Figura 80. Diagrama de Actividad Partido Terminado.....	87
Figura 81. Diagrama de Actividad Encender Interruptor Conmutado	88
Figura 82. Diagrama de Actividad Apagar Interruptor Conmutado	89
Figura 83. Pantalla acceso al sistema.....	89
Figura 84. Pantalla principal del sistema.....	90
Figura 85. Pantalla administración de pantalla en cancha	90
Figura 86. Pantalla tiempo adicional	91
Figura 87. Pantalla partido personalizado	91
Figura 88. Pantalla publicación de texto	92
Figura 89. Pantalla administración de iluminación	92
Figura 90. Pantalla administración de ventilación	93
Figura 91. Pantalla administración de alarma	93
Figura 92. Código de envío de estado de los reflectores	95
Figura 93. Código recepción del estado de reflector	96
Figura 94. Código inicialización de comunicación a puerto serial.....	96
Figura 95. Código envío de datos por puerto serial.....	97
Figura 96. Código lectura de entrada de datos por puerto serial.....	97
Figura 97. Código estrategia para la autenticación	98
Figura 98. Código creación de Token	98
Figura 99. Código creación de correo	99
Figura 100. Código validación de Token.....	99
Figura 101. Código creación de notificación	100
Figura 102. Código creación de alertas	100
Figura 103. Código notificar partido terminado mediante correo electrónico	101

Figura 104. Prueba de funcionamiento del circuito	101
Figura 105. Prueba de los pulsadores de la pantalla durante un partido	102
Figura 106. Prueba de los pulsadores de la pantalla durante un partido pers	103
Figura 107. Prueba de los interruptores de iluminación	103
Figura 108. Pruebas de los interruptores de ventilación.....	104
Figura 109. Prueba de Rendimiento Modulo Iluminación	104
Figura 110. Prueba de Rendimiento Modulo Pantalla	105
Figura 111. Prueba de Rendimiento Modulo Ventilación.....	105
Figura 112. Prueba de Rendimiento Modulo Alarma.....	106
Figura 113. Prueba de aceptación iniciar partido	109
Figura 114. Prueba de aceptación iniciar partido personalizado	110
Figura 115. Prueba de aceptación tiempo adicional.....	111
Figura 116. Prueba de aceptación publicar texto en pantalla	112
Figura 117. Prueba de aceptación cancelar actividad en pantalla.....	113
Figura 118. Prueba de aceptación iluminación.....	114
Figura 119. Prueba de aceptación ventilación	115

Índice de Tablas

TABLA I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ARDUINO UNO.....	18
TABLA II. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ARDUINO MEGA.....	19
TABLA III. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CENTROS DEPORTIVOS.....	30
TABLA IV. FUNCIONALIDADES MÓDULO ILUMINACIÓN.....	32
TABLA V. FUNCIONALIDADES MÓDULO VENTILACIÓN.....	33
TABLA VI. FUNCIONALIDADES MÓDULO ALARMA.....	33
TABLA VII. FUNCIONALIDADES MÓDULO PANTALLA.....	33
TABLA VIII. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.....	64
TABLA IX. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES.....	65
TABLA X. TIPOS DE USUARIO.....	65
TABLA XI. MÓDULOS DE LA APLICACIÓN WEB.....	65
TABLA XII. HISTORIA DE USUARIO INICIAR SESIÓN.....	66
TABLA XIII. HISTORIA DE USUARIO CAMBIAR CONTRASEÑA.....	66
TABLA XIV. HISTORIA DE USUARIO RECUPERAR CONTRASEÑA.....	67
TABLA XV. HISTORIA DE USUARIO INICIAR PARTIDO EN PANTALLA.....	67
TABLA XVI. HISTORIA DE USUARIO INICIAR PARTIDO PERSONALIZADO.....	68
TABLA XVII. HISTORIA DE USUARIO AGREGAR TIEMPO ADICIONAL.....	68
TABLA XVIII. HISTORIA DE USUARIO PUBLICAR TEXTO EN PANTALLA.....	69
TABLA XIX. HISTORIA DE USUARIO CANCELAR ACTIVIDAD EN PANTALLA.....	69
TABLA XX. HISTORIA DE USUARIO CONTROLAR ILUMINACIÓN.....	70
TABLA XXI. HISTORIA DE USUARIO VISUALIZAR TEMPERATURA Y HUMEDAD.....	70
TABLA XXII. HISTORIA DE USUARIO CONTROLAR VENTILACIÓN.....	70
TABLA XXIII. HISTORIA DE USUARIO ACCIONAR ALARMA.....	71
TABLA XXIV. HISTORIA DE USUARIO NOTIFICAR PARTIDO TERMINADO.....	71
TABLA XXV. ESTIMACIÓN DE HISTORIAS DE USUARIO.....	72
TABLA XXVI. TARJETA CRC ADMINISTRADOR.....	78
TABLA XXVII. TARJETA CRC PANTALLA.....	78
TABLA XXVIII. TARJETA CRC VENTILACIÓN.....	78
TABLA XXIX. TARJETA CRC ILUMINACIÓN.....	78
TABLA XXX. TARJETA CRC ALARMA.....	79
TABLA XXXI. PRUEBA DE ACEPTACIÓN INICIAR SESIÓN.....	107
TABLA XXXII. PRUEBA DE ACEPTACIÓN CAMBIAR CONTRASEÑA.....	107
TABLA XXXIII. PRUEBA DE ACEPTACIÓN RECUPERAR CONTRASEÑA.....	108
TABLA XXXIV. PRUEBA DE ACEPTACIÓN INICIAR PARTIDO EN PANTALLA.....	108
TABLA XXXV. PRUEBA DE ACEPTACIÓN INICIAR PARTIDO PERSONALIZADO.....	109
TABLA XXXVI. PRUEBA DE ACEPTACIÓN AGREGAR TIEMPO ADICIONAL.....	110
TABLA XXXVII. PRUEBA DE ACEPTACIÓN PUBLICAR TEXTO EN PANTALLA.....	111
TABLA XXXVIII. PRUEBA DE ACEPTACIÓN CANCELAR ACTIVIDAD.....	112
TABLA XXXIX. PRUEBA DE ACEPTACIÓN ILUMINACIÓN.....	113
TABLA XL. PRUEBA DE ACEPTACIÓN VISUALIZAR TEMPERATURA Y HUM.....	114
TABLA XLI. PRUEBA DE ACEPTACIÓN CONTROLAR VENTILACIÓN.....	115
TABLA XLII. PRUEBA DE ACEPTACIÓN ACCIONAR ALARMA.....	116
TABLA XLIII. PRUEBA DE ACEPTACIÓN NOTIFICAR PARTIDO TERMINADO.....	116
TABLA XLIV. VALORACIÓN ECONÓMICA TALENTO HUMANO.....	121
TABLA XLV. VALORACIÓN ECONÓMICA SERVICIOS.....	122
TABLA XLVI. VALORACIÓN ECONÓMICA RECURSOS HARDWARE.....	122
TABLA XLVII. VALORACIÓN ECONÓMICA RECURSOS SOFTWARE.....	123
TABLA XLVIII. VALORACIÓN ECONÓMICA MATERIALES DE OFICINA.....	123
TABLA XLIX. VALORACIÓN ECONÓMICA PRESUPUESTO FINAL.....	124

1. Título

“Desarrollo de un prototipo domótico para la administración de un centro deportivo utilizando Software y Hardware Libre”.

2. Resumen

El presente trabajo de titulación tuvo como finalidad el diseño y construcción de un prototipo domótico, pensado para el beneficio de la persona que administra un establecimiento deportivo para lograr un control eficiente de los componentes electrónicos situados en cada una de las canchas sintéticas y mejorar de esta manera la experiencia ofrecida a sus usuarios; para la realización del prototipo se tomó como referencia el escenario de una cancha sintética convencional en la cual se implementaron diversos módulos: control de iluminación, control de la ventilación, control de alarma y gestión de las funcionalidades preestablecidas de la pantalla, las cuales serán administradas de manera remota mediante una aplicación web.

Para la construcción del prototipo se utilizó sistemas embebidos de tipo hardware libre:

- Raspberry Pi 3B en la cual se implementó un servidor web para el control de los diferentes módulos.
- Arduino en las versiones uno y mega para interconectar los diferentes módulos prototipados.

Para establecer una comunicación de tipo serial entre las distintas tarjetas electrónicas se usó el protocolo RS-232.

Para el desarrollo de la aplicación web se utilizó el entorno de ejecución de JavaScript Nodejs, el Framework Expressjs y las librerías SerialPort para la comunicación full-duplex servidor-microcontrolador y Sockets.io para la comunicación en tiempo real cliente-servidor.

La aplicación web fue desarrollada utilizando la metodología ágil Programación Extrema (XP), además en el trabajo de titulación se usó métodos y técnicas que permitieron el cumplimiento de los objetivos planteados.

Para concluir este proyecto de titulación, se realizaron las respectivas pruebas de funcionalidad del prototipo en conjunto con la aplicación web, donde una vez comprobado su funcionamiento se realizó un análisis de resultados para contrastar su aplicabilidad en el mejoramiento de la administración de un centro deportivo.

2.1. Abstract

The purpose degree work was to design and build a prototype domotics, thinking of the benefit of the person who manages a sports facility to achieve an efficient control of the electronic components located in each of the synthetic courts and improve the experience offered to its users; for the realization of the prototype was taken as a reference the scenario of a conventional synthetic field in which various modules were implemented: lighting control, ventilation control, alarm control and management of the pre-established functions of the screen, which will be administered remotely using a web application.

In the prototype construction, free hardware embedded systems was used:

- Raspberry Pi 3B in which a web server was implemented to control the different modules.
- Arduino in versions one and mega to interconnect the different prototyped modules.

The RS-232 protocol was used to establish a serial communication between the different electronic cards.

For the development of the web application we used JavaScript execution environment Nodejs, the Expressjs Framework and SerialPort libraries for full-duplex communication server-microcontroller and Sockets.io for real-time communication client-server.

The web application was developed using the agile methodology Extreme Programming (XP), in addition in the work of titling were used methods and techniques that allowed the fulfillment of the planted objectives.

To conclude this project, the respective tests of functionality of the prototype were carried out together with the web application, where once its operation was verified an analysis of results was applied to contrast its applicability in the improvement of the administration of a sports center.

3. Introducción

Hoy en día, el continuo avance tecnológico crece de manera exponencial, así de la misma manera lo hace el campo de la domótica, haciéndose más evidente su implementación en viviendas, edificios, centros comerciales, entre otros con la finalidad de brindar comodidad y minimizar ciertas tareas convencionales. Debido a la gran acogida que tienen los centros deportivos actualmente resulta necesario implementar tecnología domótica que permita ofrecer una mejor experiencia a sus usuarios.

La elaboración del presente Trabajo de Titulación tiene como objetivo principal el desarrollo de un prototipo domótico de una cancha sintética en conjunto con una aplicación web que administre remotamente los dispositivos electrónicos implementados en el mismo, con la finalidad de que la persona encargada de un centro deportivo este en la capacidad de administrar diferentes canchas desde una única estación de supervisión, además el prototipo incorpora funcionalidades a través de una pantalla como la visualización del tiempo de juego y el marcador del partido con el propósito de ofrecer un mejor servicio a los usuarios.

Para dar cumplimiento al objetivo principal del trabajo de titulación se establecieron tres objetivos específicos, que son detallados a continuación:

- Construir el prototipo de domótica utilizando sensores, actuadores y dispositivos de control electrónicos.
- Desarrollar la plataforma web para la administración del prototipo de cancha sintética.
- Realizar pruebas de funcionalidad del prototipo.

La presente memoria está estructurada mediante los reglamentos establecidos por la Universidad Nacional de Loja y la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables. A continuación se detalla cada una de las nueve secciones del trabajo de titulación:

Las primeras tres secciones corresponden a fases introductorias; en la cuarta sección se encuentra la **revisión de literatura** en la que se describe de manera breve conceptos relacionados sobre la domótica, sistemas embebidos, hardware libre y software libre.

La quinta sección es de **materiales y métodos** donde se detallan las metodologías y sus fases aplicadas a lo largo de la ejecución del trabajo de titulación.

La sexta sección corresponde a **resultados** donde se indican todos los documentos que se obtuvieron durante todas las fases del proyecto.

En la séptima sección abarca la **discusión** que evalúa los resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos que fueron planteados.

Y finalmente en las dos últimas secciones se detalla las **conclusiones** y **recomendaciones** del trabajo realizado.

4. Revisión Literaria

4.1. Domótica

La domótica como tema principal del trabajo de titulación está inmersa en todo su desarrollo, implementada en cada uno de los módulos del prototipo de la cancha sintética.

4.1.1. Definición

La palabra domótica viene del latín “domotique” que es la contracción del latín “Domus”, que significa casa, a la palabra “Automatique”, que quiere decir automático, es por esto que la palabra domótica solo hace referencia a los sistemas que funcionan en la vivienda [1].

Un sistema domótico es capaz de recoger información proveniente de los sensores o entradas, procesarla y emitir órdenes a los actuadores o salidas. El sistema puede acceder a redes exteriores de comunicación o información [1].

La domótica agrupa un conjunto de técnicas que emplean la electrónica, la informática y los automatismos industriales. Sus objetivos son ofrecer al usuario más confort, más tiempo para el ocio y mejores servicios en el entorno doméstico por medio de una red de comunicación y diálogo que permite la interconexión de [2]:

- Los equipos audiovisuales.
- Los electrodomésticos.
- Los sistemas de iluminación, calefacción, y acondicionamiento ambiental.
- Los sistemas de seguridad y protección, y otros posibles sistemas como el riego.
- Los dispositivos electrónicos de ayuda a la gestión de actividades domésticas.
- Los sistemas de comunicación externa, y, eventualmente, los equipos informáticos.
- Los medios de medida de energía y fluidos [2].

4.1.2. Servicios que gestiona la domótica

La domótica ofrece una gran variedad de servicios que se las agrupa en 4 categorías: gestión de la energía, gestión de la seguridad, gestión del confort y gestión de las comunicaciones. Cada grupo reúne un abanico de posibilidades donde el usuario puede hacer uso de ellas para obtener bienestar, mejor cuidado de la salud, protección patrimonial y colaborar con un desarrollo sostenible o sustentable. Cabe mencionar que

los servicios del confort y de la seguridad pueden convertirse en necesidades vitales cuando se trata de personas discapacitadas. Uno de los objetivos es facilitarles la realización de sus tareas cotidianas, dotándoles de un fácil manejo de los distintos elementos de la casa. Esto podría ser posible mediante interfaces amigables, interacción por voz y mandos a distancia evitando que se desplacen por toda la casa para controlar determinados elementos [3].

- **Gestión de la energía:** Estos servicios se encargan de gestionar el consumo de energía con el fin de economizarlo. No solo ayuda a los usuarios (ahorrando dinero) sino también a los proveedores y a los gobiernos (los cuales suelen ayudar con subsidios) [3].
- **Gestión del confort:** La gestión del confort tiene por objetivo aumentar nuestra calidad de vida brindándonos mayor comodidad a la hora de realizar actividades dentro de la vivienda o el edificio [3].
- **Gestión de la seguridad:** La domótica integra la seguridad patrimonial y la seguridad personal. Los sistemas de seguridad más comunes son los sistemas de alarmas técnicas, los sistemas antirrobo, los sistemas de control de acceso y los sistemas de alarmas médicas (Morales, Vázquez Serrano, & de Castro Lozano, 2008) [3].
- **Gestión de las comunicaciones:** Los servicios de comunicaciones contemplan el intercambio de información entre las personas, entre las personas y los dispositivos domésticos, y entre los mismos dispositivos [3].
- **Gestión de la información:** Se encarga de capturar la información, almacenarla, procesarla y luego transmitirla por los medios adecuados. Estos medios pueden ser físicos o no físicos (el aire, por ejemplo). Los dos tipos de comunicaciones que se pueden distinguir son las internas o externas. Las comunicaciones internas permiten que la información se intercambie dentro de la vivienda o edificio, mientras que la comunicación externa permite que la transmisión se lleve a cabo con el exterior desde la propia instalación [3].

4.1.2.1. Gestión de la energía

El presente proyecto está enfocado en la gestión eficiente de los recursos energéticos de la cancha sintética mediante la limitación de la activación de los dispositivos electrónicos combinando la presencia o ausencia de personas.

Según los datos que aparecen en la Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable, publicado en el 2007 por el IDAE (Instituto para la Diversificación y el

Ahorro de la Energía), cada vez consumimos más energía. A nivel mundial, al ritmo actual, sólo se tardarán 35 años en duplicar el consumo de energía y menos de 55 años en triplicarlo [4].

El creciente consumo de energía y la limitación de los recursos energéticos generan efectos negativos en el medio ambiente que se reflejan en dos aspectos:

- Económico: los precios de la energía tienden a subir, por lo que un control del consumo energético incrementa significativamente el ahorro para el usuario [4].
- Ecológico: el usuario puede disminuir el impacto negativo sobre su entorno si disminuye su consumo de energía [4].

La domótica gestiona elementos de control que contribuyen al ahorro de electricidad, notándose sus efectos tanto en el aspecto económico (menos coste) como en el ecológico (menos consumo de energía) [4].

La gestión eléctrica es uno de los argumentos más antiguos para la implementación de la domótica. Varias de estas funciones son de gran importancia para la administración pública, los proveedores de servicio y el usuario final [5].

Los servicios de control y gestión de energía se encargan de racionalizar los diferentes consumos energéticos en función de diferentes criterios (ocupación de espacios, tarifa, potencia contratada, etc.) [5].

Algunas de sus funciones son:

- Desconexión selectiva de cargas eléctricas: cuando la demanda de energía eléctrica es superior a la potencia contratada se desconectan algunos equipos o instalaciones, previamente seleccionados, para evitar la interrupción del suministro.
- Limitación de la activación o funcionamiento de ciertos circuitos.

Cada zona definida a domotizar tiene requisitos de uso o condiciones térmicas distintas, que hacen conveniente el ser gestionadas de forma independiente. Esta gestión por zonas puede realizarse siguiendo una misma programación para cada una de ellas, o bien ser controlarlas de forma independiente, incrementando, con ello, las posibilidades de uso y confort para el usuario [5].

4.1.3. Tipos de Arquitectura

En el proyecto de titulación se aplica la arquitectura centralizada actuando como controlador central el dispositivo Raspberry Pi 3B para conglomerar toda la información de los actuadores y de los sensores obtenida mediante los microcontroladores.

4.1.3.1. Centralizada

Un controlador centralizado envía la información a los actuadores e interfaces según el programa, la configuración y la información que recibe de los sensores, sistemas interconectados y usuarios. El cableado es en estrella cuyo centro es la unidad central de control y no existe comunicación entre sensores y actuadores [6].

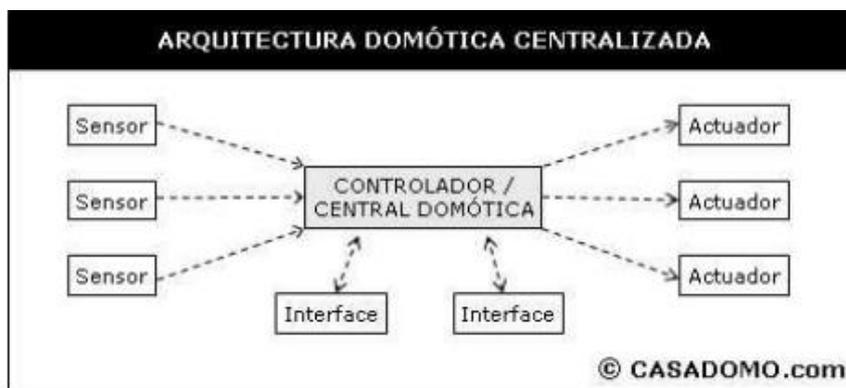


Figura 1. Arquitectura Centralizada [6].

4.1.3.2. Descentralizada

Hay varios controladores, interconectados por un bus, que envía información entre ellos y a los actuadores e interfaces conectados a los controladores, según el programa, la configuración y la información que recibe de los sensores, sistemas interconectados y usuarios [6].

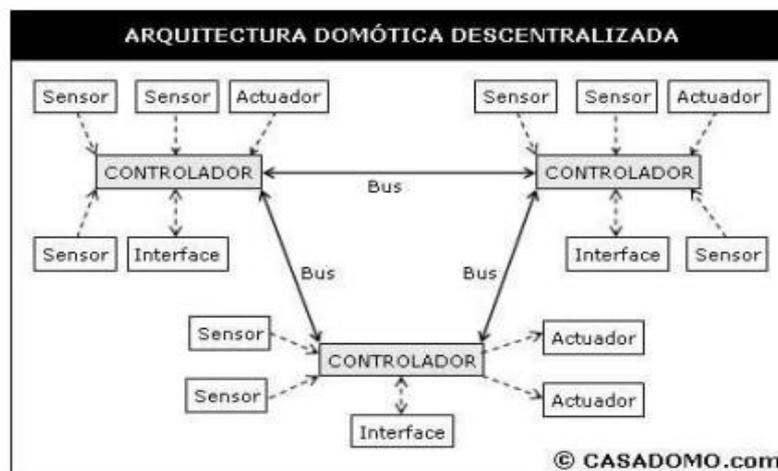


Figura 2. Arquitectura Descentralizada [6].

4.1.3.3. Distribuida

Cada sensor y actuador es también un controlador capaz de actuar y enviar información al sistema según el programa, la configuración, la información que capta por sí mismo y la que recibe de los otros dispositivos del sistema. Todos los elementos disponen de un acoplador al bus con una interfaz de acceso compartido y técnicas de direccionamiento para que la recepción y el envío de información quede definida y el dialogo entre elementos asegurado [6].

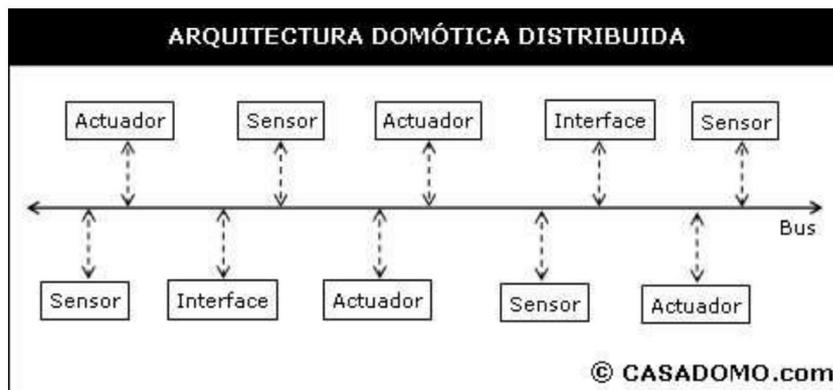


Figura 3. Arquitectura Distribuida [6].

4.1.3.4. Híbrida o Mixta

Se combinan las arquitecturas de los sistemas centralizadas, descentralizadas y distribuidas. A la vez que puede disponer de un controlador central o varios controladores descentralizados, los dispositivos de interfaces, sensores y actuadores pueden también ser controladores, como en un sistema distribuido, y procesar la información según el programa, la configuración, la información que capta por sí mismo, y tanto actuar como enviarla a otros dispositivos de la red, sin pasar por otro controlador [6].

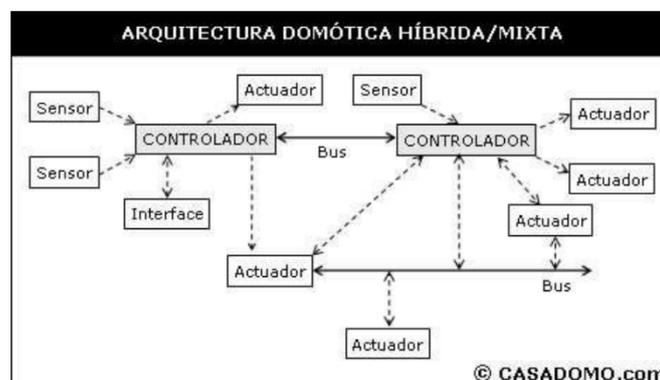


Figura 4. Arquitectura Híbrida [6].

4.1.4. Tipos de sistema de transmisión

En la realización del prototipo domótico se utiliza un sistema de transmisión de datos de tipo mixto:

- Conexión Servidor-Microcontrolador: Sistema cableado.
- Conexión Servidor-Red de datos: Sistema inalámbrico.

4.1.4.1. Sistemas cableados

En este proceso cuando todos los sensores y actuadores están cableados a la central o entre ellos, la cual es el controlador principal de todo el sistema. Ésta tiene normalmente una batería de respaldo, para en caso de fallo del suministro eléctrico, poder alimentar a todos sus sensores y actuadores y así seguir funcionando normalmente durante unas horas [6].

4.1.4.2. Sistemas inalámbricos

En este proceso cuando los actuadores o sensores inalámbricos son alimentados por pilas o baterías y transmiten vía radio la información de los eventos entre ellos o a la central, la cual está alimentada por red eléctrica y tiene sus baterías de respaldo [6].

4.1.4.3. Sistemas mixtos

Los sistemas mixtos es la combinación de los sistemas cableados con los sistemas inalámbricos [6].

4.1.5. Periféricos del sistema

En el desarrollo del prototipo domótico se utiliza diferentes periféricos como son los actuadores y sensores.

4.1.5.1. Sensores

Los sensores son un tipo de periférico cuyo transductor convierte una magnitud física de entrada en una señal eléctrica a su salida. Estas señales en ocasiones pueden ser de valores demasiado pequeños o estar configuradas de forma que no puedan ser tratadas por los sistemas de control. Para evitar este problema, los sensores están dotados además de un acondicionador de señal y una etapa de salida. Los elementos básicos de un sensor son, por tanto [7]:

- Transductor: convierte las variaciones de una magnitud física en variaciones de una magnitud eléctrica (señal).
- Acondicionador de señal: realiza la función de modificar y adaptar la señal de entrada del transductor para adecuarla a la etapa de salida.

- Etapa de salida: convierte la señal del acondicionador al nivel o formato requerido para la entrada del controlador o actuador.

En función de la señal de salida, los sensores pueden clasificarse en [7]:

- Analógicos: la señal de salida varía en el tiempo, tomando su salida un valor de tensión o corriente normalizado.
- Digitales: proporcionan una señal de salida codificada en impulsos serie o paralelo con codificación digital.
- Todo o nada: son las salidas que actúan con un relé interno, presentando el contacto de dicho relé. También recibe el nombre de contacto de libre potencial.

Los tipos de sensores, en función de la magnitud que debe medirse, son muy numerosos. Existen sensores para medir todas las variables físicas, químicas o biológicas que existen. Los más utilizados en aplicaciones domésticas e industriales son los sensores de temperatura, humedad, humo, luminosidad, gas, agua, movimiento y velocidad [7]. El sensor que se utiliza en el proyecto fue el sensor DTH11 para poder detectar la temperatura y humedad en la cancha sintética.

4.1.5.2. Actuadores

Los actuadores son elementos de salida que utiliza el sistema para modificar el estado y actuar sobre ciertos equipos e instalaciones. Los actuadores más utilizados en las aplicaciones del entorno de las redes domésticas son los siguientes [7]:

- Analógicos: la señal de salida varía en el tiempo, tomando un valor de tensión o corriente normalizado. Son utilizados en la regulación y control de los diversos equipos del sistema [7].
- Digitales: proporcionan una señal de salida codificada en impulsos serie o paralelo con codificación digital. Son utilizados para dar a conocer valores predeterminados de parámetros establecidos por el usuario en una pantalla digital [7].
- Todo o nada: son salidas que actúan con un relé interno, presentando el contacto de dicho relé. Es el tipo de actuador más extendido. Los ejemplos más clásicos son los contactores, electroválvulas y cualquier otro elemento del sistema que base su funcionamiento en sólo dos posiciones (encendido/apagado, abierto/cerrado, etc.) [7].

Los actuadores que se utiliza en el proyecto son los leds, los ventiladores de 12 voltios, la pantalla GLCD JHD12864E y el módulo ISD1820 para la alarma.

4.2. Sistemas Embebidos

En el presente proyecto se utiliza los sistemas embebidos conocidos como Arduino en la versión UNO y MEGA2560, al ser estas tarjetas electrónicas con una base programable en tiempo real, también se utiliza la tarjeta Raspberry Pi 3B siendo una mini PC que nos sirvió como servidor, a su vez el acople de estos elementos ha conllevado a la propuesta de nuestro propio sistema embebido para la domotización de las canchas sintéticas.

4.2.1. Definición

Un sistema embebido es un sistema cuya función principal no es computacional, pero es controlado por un computador integrado. Este computador puede ser un microcontrolador o un microprocesador. La palabra embebido implica que se encuentra dentro del sistema general, oculto a la vista, y forma parte de un todo de mayores dimensiones [8]. Un sistema embebido posee hardware de computador junto con software embebido como uno de sus componentes más importantes. Es un sistema computacional dedicado para aplicaciones o productos. Puede ser un sistema independiente o parte de un sistema mayor, y dado que usualmente su software está embebido en ROM (Read Only Memory) no necesita memoria secundaria como un computador. Un sistema embebido tiene tres componentes principales [8]:

- Hardware.
- Un software primario o aplicación principal. Este software o aplicación lleva a cabo una tarea en particular, o en algunas ocasiones una serie de tareas.
- Un sistema operativo que permite supervisar la(s) aplicación(es), además de proveer los mecanismos para la ejecución de procesos. En muchos sistemas embebidos es requerido que el sistema operativo posea características de tiempo real.

Es importante resaltar que el software que se ejecuta en un sistema embebido es diseñado bajo algunas restricciones importantes: (i) cantidades pequeñas de memoria, generalmente en el orden de los KB, (ii) capacidades limitadas de procesamiento, generalmente los procesadores poseen velocidades que no superan los Mhz, (iii) la necesidad de limitar el consumo de energía en cualquier instante, bien sea en estado de ejecución o no [8].

4.2.2. Características

Los sistemas embebidos poseen ciertas características que los distinguen de otros sistemas de cómputo, a continuación estudiaremos las más importantes:

- Funcionamiento específico. Un sistema embebido usualmente ejecuta un programa específico de forma repetitiva. Por ejemplo un pager, siempre en un pager. En contraste, un sistema de escritorio ejecuta una amplia variedad de programas, como hojas de cálculo, juegos, etc.; además nuevos programas son añadidos frecuentemente. Por supuesto puede haber excepciones, podría ocurrir que el programa del sistema embebido fuese actualizado a una nueva versión. Por ejemplo, un teléfono celular podría actualizarse de alguna manera.
- Fuertes limitaciones. Todos los sistemas de computación poseen limitaciones en sus métricas de diseño, pero en los sistemas embebidos son muy fuertes. Una métrica de diseño es una medida de algunas características de implementación, como: costo, tamaño, desempeño, y consumo de energía. Los sistemas embebidos generalmente deben ser poco costosos, poseer un tamaño reducido, tener un buen desempeño para procesar datos en tiempo real, y además consumir un mínimo de energía para extender el tiempo de vida de las baterías o prevenir la necesidad de elementos adicionales de enfriamiento [8].
- Reactivos y tiempo real. Muchos sistemas embebidos deben ser reactivos o reaccionar ante cambios en el ambiente, además de realizar algunos cálculos en tiempo real sin ningún retraso, es decir, se deben tener resultados en tiempos fijos ante cualquier eventualidad. Por ejemplo, el módulo de control de viaje de un automóvil continuamente monitorea la velocidad y los sensores de frenos, reaccionando ante cualquier eventualidad. Ante un estímulo anormal, el módulo de control debe realizar los cálculos de forma precisa y acelerada para garantizar la entrega de los resultados dentro de un tiempo límite, una violación en este tiempo podría ocasionar la pérdida del control del automóvil. En contraste, un sistema de escritorio se enfoca en realizar cálculos con una frecuencia no determinada y la demora de los mismos no produce fallas en el sistema [8].

4.2.3. Hardware

Normalmente un sistema embebido se trata de un módulo electrónico alojado dentro de un sistema de mayor entidad al que ayuda en la realización tareas tales como el procesamiento de información generada por sensores, el control de determinados actuadores, etc. El núcleo de dicho módulo lo forma al menos una CPU en cualquiera de los formatos conocidos [9]:

- Microprocesador.
- Microcontrolador de 4, 8, 16 o 32 bits.

- DSP de punto fijo o punto flotante.
- Diseño a medida tales como los dispositivos FPGA.

Todos los sistemas embebidos tienen como característica fundamental los pines GPIO (Entradas y salidas de propósito general por su significado en español). Estos pines pueden funcionar como entrada de datos, salida de datos, contador de pulsos, conversores de datos analógicos a digitales o de digitales a analógicos, según los requerimientos de los usuarios. Las tecnologías de comunicación van desde interfaz serial, USB, I2C, Ethernet, WiFi, incluso algunos cuentan con interfaces de fibra óptica [9]. Algunos ejemplos de sistemas embebidos son:

- Microcontroladores MICROCHIP.
- Microcontroladores ATMEL.
- FPGA.
- Plataforma Arduino.
- Raspberry Pi.
- Intel Edison.
- Cubieboard.
- A13-OLinuxino

4.2.4. Software

En lo que se refiere al software, se tendrán requisitos específicos según la aplicación. En general para el diseño de un sistema embebido no se dispone de recursos ilimitados sino que la cantidad de memoria será escasa, la capacidad de cálculo y dispositivos externos será limitada, etc. Podemos hablar de las siguientes necesidades [9]:

- Trabajo en tiempo real.
- Optimizar al máximo los recursos disponibles.
- Disponer de un sistema de desarrollo específico para cada familia de microprocesadores empleados.
- Programación en ensamblador, aunque en los últimos años, los fabricantes o empresas externas han mejorado la oferta de compiladores que nos permiten trabajar en lenguajes de alto nivel, tales como C.

El empleo de un sistema operativo determinado viene dado por el tipo de sistema que estemos empleando. La mayoría de microcontroladores, usa derivaciones del lenguaje C/C++. Pero si son arquitecturas un poco más “complejas” tales como ARM o X86 estaremos ligados a un sistema operativo, por ejemplo Linux Embebido [9].

4.3. Prototipo

Se realiza el prototipo de una cancha sintética de fútbol con funcionalidades domóticas, la misma que dispone de actuadores y sensores.

4.3.1. Definición

Un Prototipo es un objeto que sirve como referencia para futuros modelos en una misma cadena de producción. Un Prototipo es el primer dispositivo que se fabrica y del que se toman las ideas más relevantes para la construcción de otros diseños y representa todas las ideas en cuanto a diseño, soporte y tecnología que se les puedan ocurrir a sus creadores [10].

4.4. Hardware Libre

En la construcción del prototipo se utiliza diversos componentes electrónicos definidos como hardware libre (Arduino, Raspberry Pi) puesto que sus diagramas esquemáticos y especificaciones son de acceso público.

4.4.1. Definición

Le llamamos hardware libre o hardware de código abierto a aquellos dispositivos de hardware cuyas especificaciones, diagramas esquemáticos diseños, tamaños y otra información acerca del hardware son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago, o de forma gratuita y tiene los mismos principios del software libre en lo referente a cuatro libertades que son libertad de uso, de estudio y modificación, de distribución, y de redistribución de las versiones modificadas [11].

4.4.2. Arduino

En el prototipo domótico se utiliza el Arduino debido a sus características de hardware libre y a su facilidad a nivel de programación para el desarrollo de cada uno de sus módulos respectivos.

4.4.2.1. Definición

Arduino es una plataforma electrónica hardware-software de código abierto que fue creada con el objetivo de acercar, en cuanto a facilidad de aprendizaje y bajo coste, a cualquier persona que desee crear proyectos basados en arte electrónico [12].

Se trata de un ecosistema de desarrollo donde el hardware, una placa electrónica gobernada por un microcontrolador, es cargada con un software llamado sketch mediante un entorno de programación Arduino-IDE, escribiendo el código en un lenguaje de programación llamado Processing, que está basado en C y C++ [12].

Aunque existen infinidad de modelos de placas Arduino, cada una con ciertas características para adecuarlas a la aplicación a desarrollar, en general están construidas en base a un microcontrolador firmado por la empresa AVR [9].

Es un microcontrolador que integra las partes esenciales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria primaria, memoria secundaria y periféricos de entrada y salida [12].

Existen multitud de variantes de placas Arduino. Además, al ser hardware de código abierto, los planos de dichas placas son accesibles, por lo que es habitual realizar placas a medida una vez un prototipo ha sido desarrollado por completo [12].

Como complemento a estas placas, se les puede añadir una (o varias) tarjeta (s) de expansión llamadas Shields. Estos escudos consisten en un circuito integrado que conecta con los pines estándar de la placa Arduino y le proporciona diversas funcionalidades, como son conectividad WiFi, Bluetooth, localización GPS, control de motores y relés, pantallas LCD, etc [12].

4.4.2.2. Tipos

Existen diferentes versiones de la tarjeta Arduino entre las más conocidas el Arduino UNO, Arduino Mega, Arduino Leonardo, entre otros.

➤ **Arduino Uno**

En el prototipo se utiliza dos tarjetas Arduino UNO, el primero para el módulo de iluminación y el segundo para el módulo de ventilación en la cancha sintética.

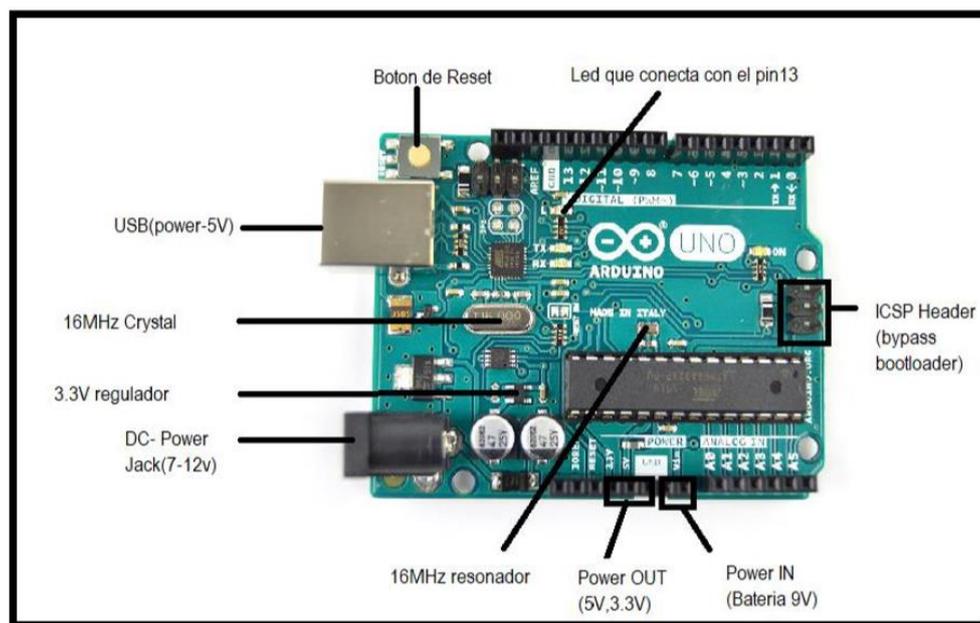


Figura 5. Arduino UNO [13].

El Arduino uno es un sistema de desarrollo basado en el microcontrolador de 8 bits Atmega328 del fabricante Atmel. El sistema de desarrollo funciona con un oscilador cerámico de 16 MHz consta de 14 señales o pines de Entrada/Salida digital, de los cuales 6 señales se pueden usar como salidas PWM(modulación por ancho de pulso), 6 entradas de tipo analógico, una conexión USB, un conector de alimentación tipo jack y un botón de reset [13]. Arduino uno cuenta en la placa de desarrollo con 32KB de memoria flash, usándose 0.5 KB para el bootloader: La placa tiene también 2KB de SRAM y 1KB de EEPROM [13].A continuación se detallan las especificaciones técnicas:

TABLA I. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ARDUINO UNO

Microcontrolador	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Tensión de entrada recomendada	7-12V
Limite tensión de entrada	6-20V
Líneas de E/S Digitales	14 (6 proporcionan salida PWM)
Líneas de entrada Analógicas	6
Corriente entrada en E/S Digitales	40mA
Corriente salida en pin 3.3V	50mA
Memoria Flash	32 KB
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Frecuencia funcionamiento	16 MHz

➤ **Arduino Mega**

En el prototipo se utiliza una tarjeta Arduino Mega en el proyecto, para la realización de los módulos pantalla y alarma del prototipo de la cancha sintética.

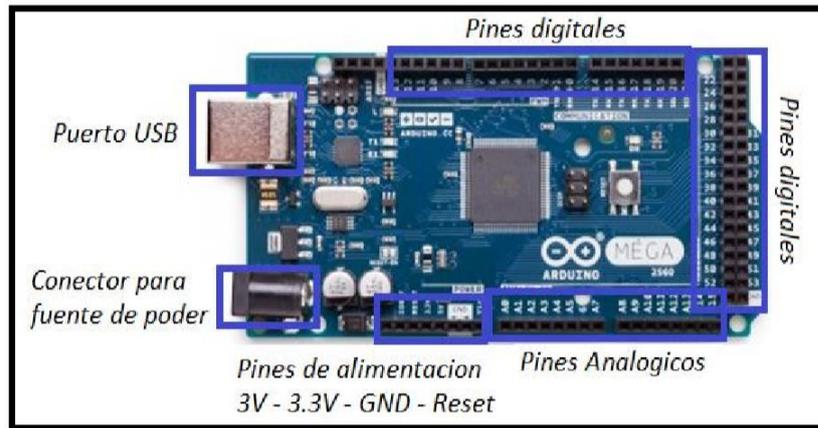


Figura 6. Arduino MEGA [14].

El Arduino Mega es una placa basada en el microcontrolador ATmega2560. Como características más destacables diremos que tiene 54 pines de entrada/salida digitales (de los cuales 14 pueden ser usados como salidas analógicas PWM), 16 entradas analógicas y 4 receptores/transmisores serie TTL-UART. Consta de una memoria Flash de 256 Kilobytes (de los cuales 8 están reservados para el bootloader), una memoria SRAM de 8 KB y una EEPROM de 4 KB. Su voltaje de trabajo es igual al del modelo UNO: 5 V [14]. A continuación se detallan las especificaciones técnicas:

TABLA II. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ARDUINO MEGA.

Microcontrolador	ATmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Tensión de entrada recomendada	7-12V
Limite tensión de entrada	6-20V
Líneas de E/S Digitales	54 (15 proporcionan salida PWM)
Líneas de entrada Analógicas	16
Corriente entrada en E/S Digitales	20mA
Corriente salida en pin 3.3V	50mA
Memoria Flash	256 KB de los cuales 8KB son utilizados para el gestor de arranque
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Frecuencia funcionamiento	16 MHz

4.4.3. Raspberry Pi

El Raspberry Pi es un integrado de placa reducida, o (placa única), de bajo costo desarrollado en el Reino Unido por la fundación “Raspberry Pi”, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computadora en las escuelas y universidades.



Figura 7. Raspberry Pi 3B [15].

El diseño incluye un chip Broadcom BCM2837, que contiene un procesador central (CPU) ARMv8 a 1.2GHz (el firmware incluye unos modos “Turbo” para que el usuario pueda hacerle overlock de hasta 1.4 GHz sin perder la garantía), un procesador gráfico (GPU) Video Core IV, y 1GB de memoria RAM. El diseño no incluye un disco duro ni unidad de estado sólido, ya que usa una tarjeta SD para el almacenamiento permanente y el arranque del sistema operativo [15].

Tampoco incluye fuente de alimentación ni carcasa. La fundación da soporte para las descargas de las distribuciones para la arquitectura ARM, Raspbian (derivada de Debían), RISC OS 5, Arch Linux ARM(derivado de Arch Linux) y Pidora (derivado de Fedora) y promueve principalmente el aprendizaje del lenguaje de programación Python, y otros lenguajes como Ti y Basic, C y Perl [15].

El Raspberry Pi 3 Modelo B cuenta con conectores más que suficientes para permitir que el usuario pueda tener diferentes opciones de uso y así tiene un conector HDMI para alta definición como de un puerto de salida RCA, además su alimentación es tan sencilla como conectarse al adaptador micro-USB de un teléfono [15]. A continuación se presentan sus especificaciones técnicas:

- Procesador Broadcom de 1.2 GHz ARMv8 BCM2837 con FPU y Videocore 4 GPU. • BCM43438 WiFi en tarjeta.
- GPU proporciona una tecnología Open GL ES 2.0, hardware acelerado OpenVG y admite imágenes de alta resolución 1080p30 H.264.

- GPU tiene una capacidad de 1 Gpixel/s, 1,5 Gtexel/s o 24 GFLOPs con filtrado e infraestructura DMA.
- 1GB de RAM (Modelo B).
- Arranca desde tarjeta SD, ejecutando una versión del sistema operativo Linux
- Conector hembra Ethernet 10 / 100 Base T (modelo B).
- Conector hembra de vídeo HDMI.
- conectores hembra USB 2.0 (modelo B).
- Conector hembra de vídeo compuesto RCA.
- Ranura para tarjeta SD.
- Alimentación a través de conector micro USB.
- Conector de audio Jack 3,5 mm.
- Conector hembra para buses serie y GPIO.
- Puerto para conector JTAG.
- Conector para videocámara HD Raspberry Pi (775-7731).
- Dimensiones: 86 x 56 x 20 mm (modelo B) 86 x 56 x 17 mm (modelo A).

En la imagen que se muestra a continuación, se observa cada uno de las partes, puerto y ranuras de la tarjeta.

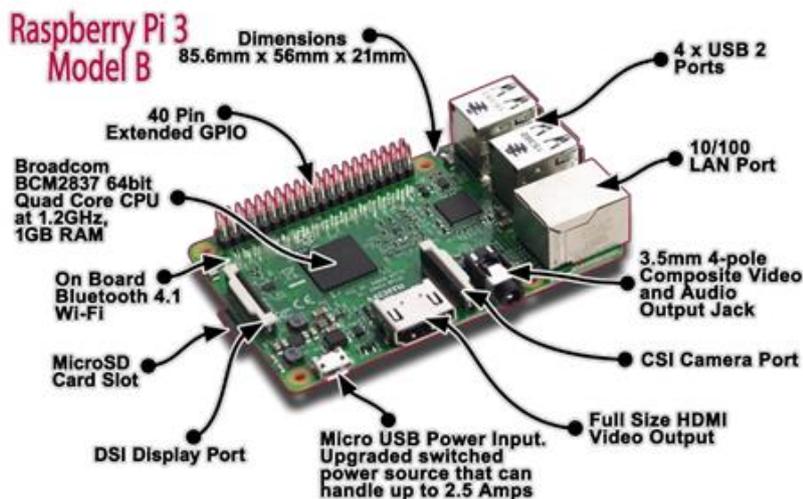


Figura 8. Partes del Raspberry Pi 3B [15].

El sistema operativo del Raspberry Pi se trata de un Software basado en Linux, así que existen numerosos variantes de este. El núcleo principal es Raspbian, pero existen numerosas alternativas, como RISC OS, PIDORA, Snappy, Etc [15]. El Raspberry Pi se selecciona debido a sus características de costo y fácil integración respecto de una pc común, se utiliza como servidor para alojar la aplicación web. El sistema operativo que se instala en el Raspberry Pi 3B es el sistema basado en Linux Raspbian 8.

4.5. Software Libre

En el proyecto se utiliza software como el lenguaje Arduino para la programación de los mismos microcontroladores, el Framework Expressjs y las diferentes librerías para el desarrollo de la plataforma de administración de la cancha sintética.

4.5.1. Definición

Con software libre nos referimos a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el software. Nos referimos especialmente a cuatro clases de libertad para los usuarios de software [16]:

- Libertad 0: la libertad para ejecutar el programa sea cual sea nuestro propósito.
- Libertad 1: la libertad para estudiar el funcionamiento del programa y adaptarlo a tus necesidades —el acceso al código fuente es condición indispensable para esto.
- Libertad 2: la libertad para redistribuir copias y ayudar así a las demás personas de la comunidad.
- Libertad 3: la libertad para mejorar el programa y luego publicarlo para el bien de toda la comunidad —el acceso al código fuente es condición indispensable para esto.

Software libre es cualquier programa cuyos usuarios gocen de estas libertades. De modo que deberías ser libre de redistribuir copias con o sin modificaciones, de forma gratuita o cobrando por su distribución, a cualquiera y en cualquier lugar. Gozar de esta libertad significa, entre otras cosas, no tener que pedir permiso ni pagar para ello [16].

4.5.2. Lenguaje Arduino

El lenguaje Arduino es el lenguaje de programación utilizado para realizar un programa en el módulo Arduino. El lenguaje Arduino es muy cercano al C o al C++. De hecho la síntesis y las principales funciones son muy comunes. Sin embargo, la organización de un programa en Arduino es diferente. De hecho, la organización se estructura en funciones propias que simplifican el uso; las funciones loops y setup [17]. En el lenguaje Arduino, el microprocesador no entiende directamente el lenguaje de programación, por lo que necesita una etapa inicial; esta etapa se llama compilación. La compilación es la transformación por un compilador del lenguaje de programación en lenguaje máquina. El lenguaje máquina es un lenguaje formado únicamente de unos y ceros y también se llama lenguaje binario [17]. En el proyecto el lenguaje Arduino se utiliza para la programación de los diferentes módulos a domotizar en el prototipo de cancha sintética.

4.5.3. Nodejs

Node.js es un entorno JavaScript del lado del servidor, basado en eventos. Nodejs ejecuta JavaScript utilizando el motor V8, desarrollado por Google para uso de su navegador Chrome. Aprovechando el motor V8 permite a Nodejs proporcionar un entorno de ejecución del lado del servidor que compila y ejecuta JavaScript a velocidades increíbles. El aumento de velocidad es importante debido a que V8 compila JavaScript en código de máquina nativo, en lugar de interpretarlo o ejecutarlo como bytecode. Nodejs es de código abierto, y se ejecuta en Mac OS X, Windows y Linux [18]. La principal característica de Nodejs es la conexión asíncrona, es decir que no tiene un intervalo de tiempo constante entre cada evento esto hace que Nodejs sea muy rápido. El asincronismo es una característica de cualquier sistema de comunicación en el que el transmisor puede enviar datos sin previo aviso. El receptor debe estar preparado para aceptar datos en cualquier momento [18]. En la aplicación web de administración de la cancha sintética Nodejs se utiliza de lado del servidor como lenguaje de programación para el desarrollo del mismo.

4.5.4. Express

Express es un Framework web minimalista y flexible para Nodejs que proporciona un conjunto robusto de características para aplicaciones web y móviles. Expressjs es el componente de Nodejs que se encarga de la gestión de conexiones HTTP, lo que proporciona un carácter de servidor web a Nodejs [19].

El hecho de ser minimalista es uno de los aspectos más atractivos de Expressjs. Generalmente, los desarrolladores olvidan la idea de que "menos es más", sin embargo, la filosofía de Expressjs es proporcionar la capa mínima entre el desarrollador y el servidor. Eso no quiere decir que no sea robusta, o que no tenga características suficientemente útiles, lo que significa es que se interponen menos cosas en el camino, lo cual permite plena expresión de ideas por parte de los desarrolladores [19].

Otro aspecto clave de la filosofía de Expressjs es su extensibilidad. Express ofrece un Framework muy minimalista al que se le puede agregar diferentes funcionalidades según sea necesario, o cambiar lo que no cumple las expectativas del desarrollador. Esto es un soplo de aire fresco, ya que muchos Frameworks incluyen muchas funcionalidades por defecto, confeccionando proyectos sobredimensionados, misteriosos y complejos antes incluso de que se haya escrito una sola línea de código. Muy a menudo, la primera tarea es perder tiempo quitando todas las funcionalidades innecesarias, o sustituyendo las funcionalidades que no cumple con los requisitos [19].

Para el desarrollo de la aplicación web se utiliza Expressjs como Framework para Nodejs, ya que nos proporcionó de diferentes funcionalidades de una manera más rápida y sencilla ya que dispone de middleware que se pueden reutilizar.

4.5.5. MongoDB

MongoDB es un sistema de base de datos multiplataforma orientado a documentos, es decir, de esquema libre. Esto quiere decir que cada registro o entrada puede tener un esquema de datos diferente, con atributos que no tienen por qué repetirse entre los diferentes registros. Está licenciado como GNU AGPL 3.0 de modo que se trata de un software de licencia libre y puede funcionar bajo sistemas operativos Windows, Linux, OS X y Solaris. Se encuentra escrito en C++ lo que le proporciona cercanía a los recursos hardware de la máquina en la que se ejecute. Esto le proporciona una gran rapidez a la hora de ejecutar tareas. La principal característica de esta herramienta es su velocidad. Dispone de un sencillo pero rico sistema de consultas de los contenidos de la base de datos. El equilibrio entre rendimiento y funcionalidad es casi perfecto incorporando múltiples tipos de consulta que se utilizarían en una base de datos relacional pero sin afectar al rendimiento [20].

En MongoDB, cada registro o conjunto de datos se denomina documento. Estos documentos pueden ser agrupados en colecciones, las cuales tendrían su equivalencia con las conocidas tablas en un sistema relacional. Como se ha mencionado antes, cada una de estas colecciones puede almacenar datos en diferentes formatos sin que todos sigan un esquema predefinido. Además MongoDB tiene la posibilidad de crear índices para los atributos de los documentos lo que le permite mantener una estructura interna eficiente para un buen acceso a la información [20]. Algunas de las principales características técnicas de MongoDB se enumeran a continuación:

- Es capaz de actualizarse sin dejar de dar servicio.
- No tiene los cuellos de botella que se producen en las bases de datos relacionales (RDBMS) al procesar grandes cantidades de información.
- Utiliza objetos JSON para guardar y transmitir la información. JSON es el estándar web hoy en día, por lo que supone una gran ventaja que web y base de datos hablen el mismo lenguaje.
- Permite utilizar Map-Reduce para el procesamiento de la información a través de funciones JavaScript que se ejecutan en los servidores.
- Puede almacenar y ejecutar funciones JavaScript en el servidor.

- Tiene una potente herramienta web que nos permite monitorizar todo lo que pasa en nuestras bases de datos y en nuestras máquinas, MongoDB Management Service (MMS) [19].

En la aplicación web se utiliza la base de datos MongoDB para el registro y autenticación de la persona encargada de operar la aplicación web de la cancha sintética.

4.5.6. Bootstrap

Bootstrap es un Framework web o conjunto de herramientas de código abierto para el diseño de sitios y aplicaciones web. Contiene plantillas de diseño con tipografía, formularios, botones, cuadros, menús de navegación y otros elementos de diseño basados en HTML y CSS, así como extensiones de JavaScript adicionales [21].

Este Framework es uno de los más populares del mercado, habiendo sido desarrollado por el equipo de Twitter. Bootstrap ha sido creado pensando en ofrecer la mejor experiencia de usuario tanto a usuarios de PC (IE7 incluido!), como a smartphones y tabletas. Utiliza un grid responsive de 12 columnas y trae integrado decenas de complementos, plugins de JavaScript, tipografía, controladores de formularios y mucho más. Además utiliza el preprocesador de CSS LESS [22].

Entre los navegadores soportados se encuentran Chrome, Firefox, Opera, Safari e Internet Explorer a partir de la versión 8 (aunque en la versión 7 también funciona correctamente). Está preparado para funcionar tanto en navegadores de PCs y portátiles con cualquier tamaño de pantalla así como para tablets y smartphones de tamaños mucho más reducidos [22]. El Framework Bootstrap se utiliza para el diseño de la aplicación web ya que tiene diversos estilos llamativos muy fáciles de implementar.

5. Materiales y Métodos

Para el desarrollo del presente trabajo de titulación se aplica métodos y técnicas para su elaboración, siendo fundamentales en el proyecto desde el análisis hasta su desarrollo.

5.1. Métodos

En este apartado, se describe los métodos que se utiliza en el trabajo de titulación.

5.1.1. Deductivo

El método se utiliza para obtener la información sobre como se encuentran actualmente las instalaciones de las canchas sintéticas y el servicio que ofrecen al momento de jugar un partido.

5.1.2. Inductivo

El método se lo utiliza para la búsqueda de información de posibles soluciones de la administración ineficiente de las canchas las sintéticas, entregando un prototipo domótico como solución de la misma.

5.1.3. Científico

El método se utiliza para la formulación del perfil del trabajo de titulación y como el proyecto es parte de una investigación nos aporta a través de un proceso sistemático y planificado la obtención de los objetivos propuestos.

5.1.4. Método Analítico

Mediante este método se realiza un análisis detallado de las especificaciones técnicas que debe tener el prototipo domótico, permitiendo determinar cuál tecnología es la más apropiada.

5.2. Técnicas

Las técnicas que se utiliza durante el desarrollo del trabajo de titulación son las siguientes:

5.2.1. Observación

La técnica permite analizar los problemas que poseen los centros deportivos del país específicamente las canchas sintéticas de fútbol siendo más visibles cuando poseen una clientela cuantiosa, dándonos el propósito para la elaboración del prototipo como una solución a sus problemas.

5.2.2. Recopilación Documental

La técnica de recopilación documental se utiliza para la obtención de información esencial y para poder fundamentar toda la elaboración de nuestro trabajo de titulación a través de diversas fuentes bibliográficas como libros, revistas científicas, tesis y páginas con información confiable del internet.

5.2.3. Tutoría

La técnica se utiliza en las tutorías que fueron impartidas por el docente director del trabajo de titulación y la de los docentes de la unidad de titulación ya que mediante sus guías se realiza las modificaciones necesarias para poder concluir con éxito el trabajo de titulación.

5.2.4. Entrevista

Esta técnica se aplica con la finalidad de recopilar información relevante de los centros deportivos de la ciudad de Loja y poder validar así las funcionalidades del prototipo a desarrollar (ver anexo 1).

5.3. Metodologías

5.3.1. Metodología para la revisión sistemática de literatura

Para realizar el presente trabajo fue necesario conocer sobre la actualidad de los sistemas embebidos open source que son utilizados para la implementación de sistemas domóticos, por lo que se realiza una revisión sistemática de literatura (ver anexo 9), de acuerdo a lo propuesto en el artículo de Bárbara Kitchenham [23]. Las etapas que se siguen para el desarrollo de la revisión sistemática de literatura se detallan a continuación:

- En la primera etapa de acuerdo al objetivo de la revisión de literatura se realiza la formulación de la pregunta de investigación, las palabras claves, la selección de las fuentes de búsqueda, las cadenas de búsqueda y los criterios de selección de los estudios.
- En la segunda etapa de acuerdo a los criterios de selección de los artículos definidos anteriormente se realiza la extracción de información para la redacción de los resultados.
- En la tercera etapa se realiza el análisis de los resultados para el descubrimiento de los principales hallazgos de la revisión de literatura.

5.3.2. Metodología de desarrollo

Para el desarrollo del trabajo de titulación al no tener éxito en la búsqueda de una metodología que se acople a todas las actividades que se va a llevar a cabo, la metodología se enmarco en el Método Científico ya que permite partir de conceptos, juicios y razonamientos, como también producir nuevas ideas como es el caso del presente proyecto. Con la cooperación de los docentes de la unidad de titulación en el área de programación y electrónica se define las tareas que se va a desarrollar en cada una de las fases. La metodología cuenta con tres fases que se ven reflejadas a lo largo del desarrollo del presente proyecto detallado a continuación:

- **Fase 1. Construcción del prototipo:** En esta fase para la construcción del prototipo domótico se realiza las siguientes actividades:
 - Se recolecta información mediante entrevistas a centros deportivos de la ciudad de Loja.
 - Se define los actores que van a interactuar en la cancha sintética
 - Se especifica el escenario del sistema domótico junto a todos los mecanismos que va a poseer.
 - Se define las medidas del prototipo junto con los materiales y dispositivos electrónicos que se va a utilizar en su construcción.
 - Se realiza los diagramas para definir las funcionalidades y conexiones entre los dispositivos electrónicos.
 - Se elabora simulaciones para comprender el funcionamiento de los dispositivos electrónicos que se utiliza en la construcción del prototipo
 - Se realiza la codificación de los microcontroladores para la puesta en marcha del prototipo domótico.
- **Fase 2. Desarrollo de la plataforma web:** En esta fase se desarrolla la plataforma web para la administración del prototipo domótico, se utiliza la metodología XP que comprende de 4 fases.
 - Fase de Planeación
 - Fase de Diseño
 - Fase de Codificación
 - Fase de Pruebas
- **Fase 3. Pruebas de funcionalidad del prototipo domótico:** En esta sección se realiza las diferentes pruebas para verificar el funcionamiento del prototipo domótico.

5.3.3. Metodología de desarrollo de software

Para el desarrollo de la aplicación web de administración de la cancha sintética se emplea la metodología XP (Programación Extrema), además de cumplir con todas sus fases a totalidad de la metodología se añadió en la fase de diseño los diagramas de flujo, diagrama de conexión y diagramas de actividades para especificar de una mejor manera los procesos y conexiones de la aplicación web. A continuación, se detallan las fases de esta metodología.

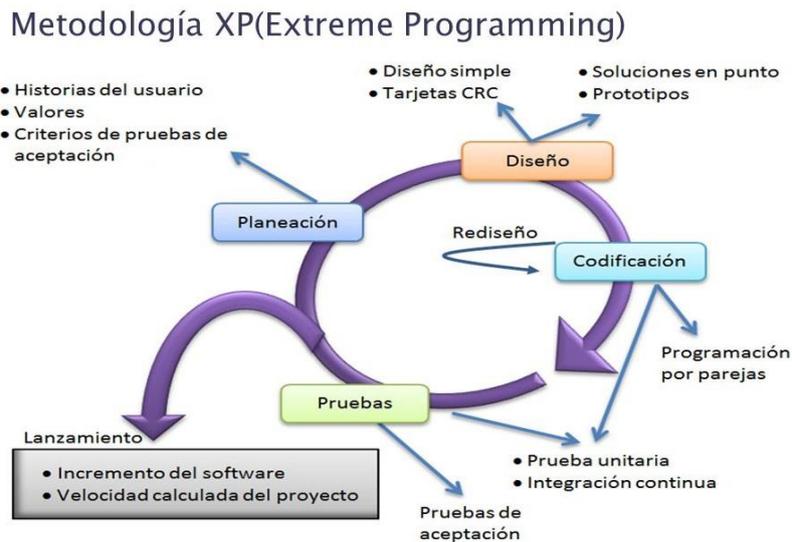


Figura 9. Fases Metodología XP

- En la **planificación** se efectúa la recopilación de todos los requerimientos del sistema a través de las historias de usuario.
- En el **diseño** se realiza los diagramas que contienen la lógica del sistema, tarjetas CRC y prototipos del sistema.
- En la **codificación** se programa los módulos del sistema tomando en cuenta estándares de desarrollo.
- En las **pruebas** se valida cada uno de los requerimientos funcionales mediante las pruebas de aceptación con el fin de determinar que el sistema cumpla con los objetivos para los que fue creado.

6. Resultados

Después de haber presentado las metodologías y cada uno de los métodos que permitieron culminar cada fase del proyecto con éxito, se presentan ahora los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación.

6.1. FASE 1: Construir el prototipo de domótica utilizando sensores, actuadores y dispositivos de control electrónicos.

Para desarrollar el prototipo del proyecto se considera como centro deportivo a una cancha sintética de fútbol como se especificó en el alcance del anteproyecto, se toma como referencia una cancha sintética convencional como punto de partida en la que se proyecta implementar las funcionalidades domóticas.

6.1.1. Recolección de Información

Con el fin de establecer los requerimientos necesarios para el desarrollo del prototipo de cancha sintética se realiza entrevistas a los encargados de los centros deportivos, de manera que se pueda obtener una visión más objetiva de los dispositivos electrónicos existentes o no, según sea el caso y la necesidad.

Un total de cinco centros deportivos de la ciudad de Loja, seleccionados de manera completamente casual, fueron participes de la entrevista (ver anexo 1); de los cuales se pudo recopilar la siguiente información:

TABLA III. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE CENTROS DEPORTIVOS

Modulo	Calva y Calva	Don Rafa	Punto de Encuentro	Gol de oro	Los Almendros
Iluminación	x	x	X	x	x
Ventilación					
Alarma	X	x		x	x
Pantalla					

Los módulos de la cancha sintética que se va a implementar en el prototipo son los siguientes:

Módulo Iluminación: Es fundamental para que una cancha sintética pueda operar en horarios nocturnos, sabiendo que en estos horarios es donde hay más concurrencia de usuarios de acuerdo a los datos obtenidos en la entrevista. Todos los centros deportivos tienen implementado módulos de iluminación.

Módulo Alarma: El 80% de los centros deportivos entrevistados tienen implementado el módulo de alarma, con el propósito de dar a conocer a los jugadores en cancha la finalización de un partido o para generar anuncios en determinados eventos deportivos.

Módulo Ventilación: Como una propuesta para centros deportivos de la región costa del país o para centros deportivos con establecimientos cerrados se decide implementar un módulo de ventilación a pesar de que ninguno de los centros deportivos entrevistados lo tenía implementado pero supieron manifestar que tendría una buena acogida en zonas cálidas.

Módulo Pantalla: En las entrevistas realizadas, muchos de los centros deportivos creen que podría mejorar el servicio ofrecido al usuario y por ende sus ganancias reflejarían un incremento, tomando como referencia que la implementación de la pantalla se ofertaría a un precio accesible y cómodo. Los beneficios que se prevé obtener al implementar el módulo de pantalla en la cancha sintética son los siguientes:

- Posibilidad para realizar publicidad de la cancha sintética con la implementación de tecnología innovativa lo que resultaría novedoso y atractivo a futuros nuevos usuarios.
- Brindar un mejor servicio a los clientes que se encuentren utilizando las instalaciones, ya que de acuerdo a las entrevistas los participantes del partido podrían observar el transcurrir del tiempo de juego y tomar decisiones basadas en el mismo para realizar jugadas y estrategias de una forma más táctica como si de un partido oficial se tratase.
- Al tener un cronometro en la pantalla de la cancha se evitaría que los jugadores expresen alguna molestia generada por la creencia de que no se ha hecho uso en su totalidad, del tiempo previamente alquilado.
- Poder tener un contador de goles para que los jugadores en cancha puedan despreocuparse de memorizar el marcador del partido y poder enfocarse plenamente en el juego.
- Poder realizar campeonatos de forma más técnica con parámetros personalizados para el tiempo del periodo, tiempo del descanso y nombre de los equipos.
- Eliminar las constantes preguntas por parte del cliente al encargado del establecimiento deportivo tales como: ¿Cuánto falta para que termine el partido que se está disputando en la cancha sintética?

- Poder realizar anuncios en la pantalla, colocar horarios de partidos, promociones o en campeonatos dar mensajes de felicitaciones a los equipo participantes, entre otros.
- Al tener la pantalla en la cancha sintética con el contador de goles y el cronometro resultara más atractivo para las personas que se encuentren como espectadores.

6.1.2. Actores en la cancha sintética.

Se establecieron tres actores que van a interactuar en la cancha sintética especificados a continuación:

- **Jugador:** Cliente de la cancha sintética que disputa un partido de fútbol, actuando a su vez como sensor en el caso que exista la necesidad de accionar interruptores de iluminación y ventilación para así lograr un mayor confort en la cancha.
- **Arbitro:** Persona designada para dirigir en un campeonato un partido de fútbol en la cancha sintética, también se desempeña como sensor en el caso que exista la necesidad de accionar interruptores de iluminación y ventilación para así poder obtener un mayor confort para los jugadores en la cancha.
- **Sistema:** Funcionalidades de los dispositivos electrónicos de la cancha sintética que se ejecutan automáticamente mediante las ordenes establecidas en los microcontroladores.

6.1.3. Funcionalidades del prototipo.

El prototipo está dividido en 4 módulos, el funcionamiento de cada módulo se detalla a continuación con respectivos actores que interactuaran en las dos formas de juego en la cancha sintética que son partido normal y partido de campeonato o personalizado.

- **Módulo Iluminación**

TABLA IV. FUNCIONALIDADES MÓDULO ILUMINACIÓN

Funcionalidades	Campeonato			Partido	
	Arbitro	Jugador	Sistema	Jugador	Sistema
Se tiene interruptores físicos para para apagar o encender cada uno de los reflectores instalados en la cancha sintética.	x			x	

- **Módulo Ventilación**

TABLA V. FUNCIONALIDADES MÓDULO VENTILACIÓN

Funcionalidades	Campeonato			Partido	
	Arbitro	Jugador	Sistema	Jugador	Sistema
Se tiene interruptores físicos para apagar o encender cada uno de los ventiladores instalados en la cancha sintética.	x			x	
Se podrá obtener los valores de temperatura y humedad de la cancha sintética.			x		x

- **Módulo Alarma**

TABLA VI. FUNCIONALIDADES MÓDULO ALARMA

Funcionalidades	Campeonato			Partido	
	Arbitro	Jugador	Sistema	Jugador	Sistema
La alarma se accionará automáticamente cada vez que termine un partido o cada vez que finalice un periodo de tiempo en un partido de campeonato.			x		x
Se tiene un pulsador físico en la cancha sintética para poder accionar la alarma en caso de pretender generar un aviso.	x			x	

- **Módulo Pantalla**

TABLA VII. FUNCIONALIDADES MÓDULO PANTALLA

Funcionalidades	Campeonato			Partido	
	Arbitro	Jugador	Sistema	Jugador	Sistema
Se podrá visualizar en pantalla todos los parámetros del partido que se esté ejecutando en la cancha sintética.			x		x
Se pueden accionar los pulsadores de aumentar o disminuir los goles del marcador en la pantalla para poder tener un control de las anotaciones que se den en el juego.	x			x	
Se puede accionar un pulsador para poder cambiar el marcador de su equipo en pantalla a su lado de la cancha.	x			x	

6.1.4. Especificación del escenario

En el escenario se detalla cada una de las partes que van a conformar al prototipo domótico como se puede visualizar en la Figura 10, teniendo en cuenta que para poder representar el módulo de iluminación en el prototipo de acuerdo a su tamaño se utiliza solo 4 leds que van actuar como reflectores, aunque en una cancha sintética el número de reflectores depende proporcionalmente de su dimensión y de la potencia del reflector, igualmente para la representación de la ventilación se utiliza solo 2 ventiladores aunque para calcular la cantidad exacta de los mismos depende del volumen de la cancha sintética multiplicada por 40 lo que daría el número de frigorías que se necesita para tener la temperatura deseada, considerando que en el mercado existen aires acondicionados desde 2000 a 8000 frigorías para la implementación del módulo de ventilación dependería estrictamente del volumen de la cancha y del tipo de aire acondicionado que se elija.

Tomando en consideración todos estos detalles las partes del prototipo quedarían establecidos de la siguiente manera:

- 4 reflectores uno en cada esquina de la cancha
- 4 Interruptores uno por cada reflector
- 1 Sensor de temperatura
- 2 Ventiladores uno en cada lado vertical de la cancha
- 2 Interruptores uno por cada ventilador
- 1 Alarma
- 1 Pulsador para accionar la alarma
- 1 Pantalla
- 1 Pulsador del marcador de pantalla para aumentar los goles del equipo 1
- 1 Pulsador del marcador de pantalla para disminuir los goles del equipo 1
- 1 Pulsador del marcador de pantalla para aumentar los goles del equipo 2
- 1 Pulsador del marcador de pantalla para disminuir los goles del equipo 2
- 1 Pulsador para el cambio de cancha en el marcador.

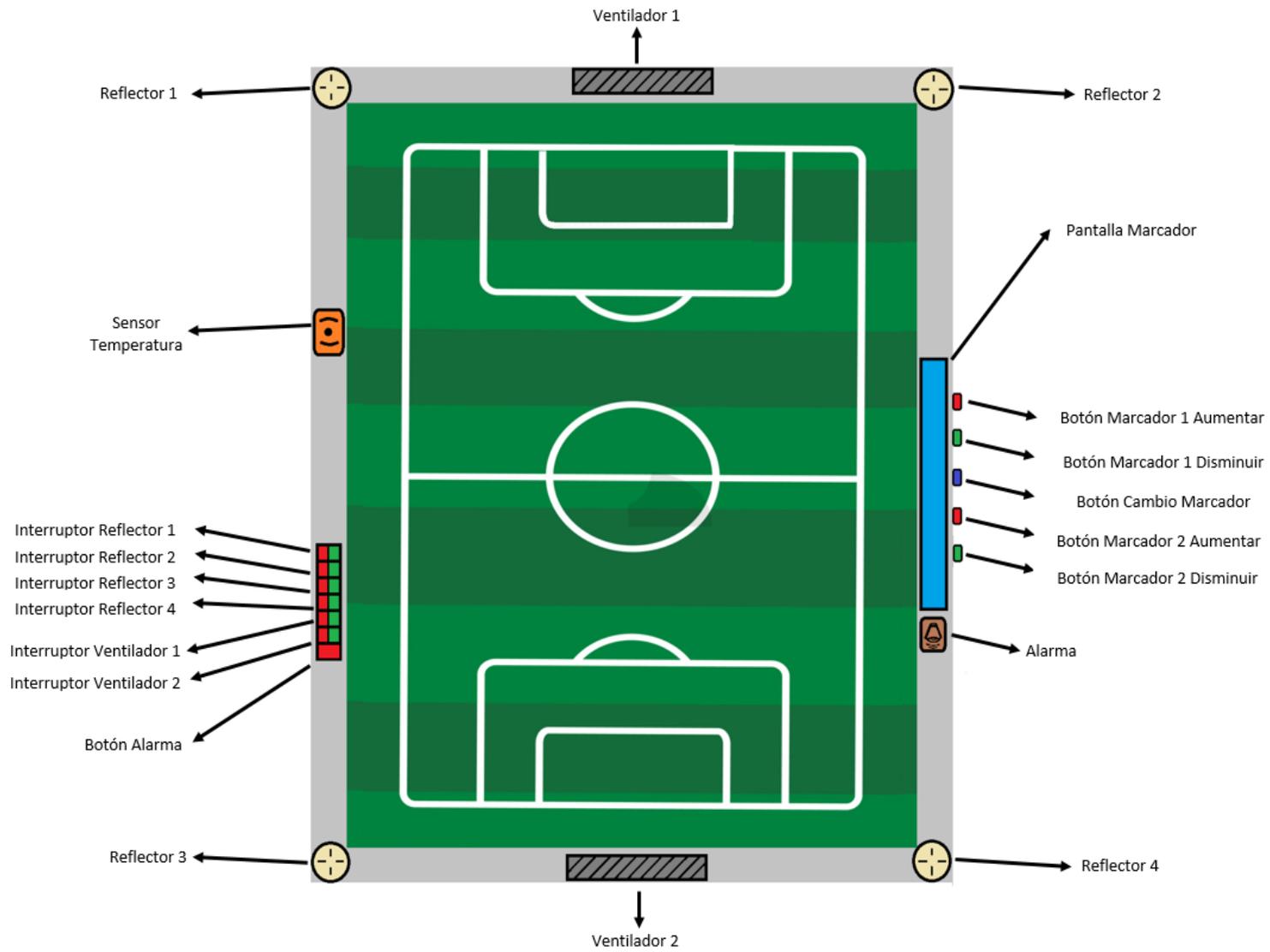


Figura 10. Escenario
35

6.1.5. Detalle de la construcción del prototipo

A continuación se detalla como se realiza la construcción del prototipo desde la especificación de sus medidas hasta su finalización.

6.1.5.1. Escalas y Medidas

Para la escala se toma como referencia las medidas mínimas reglamentarias para una cancha sintética de fútbol que son de 15 metros de ancho por 25 metros de largo.

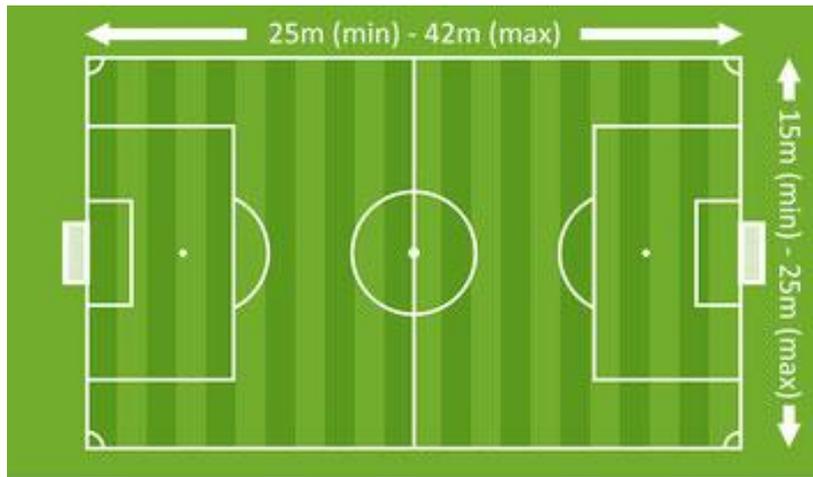


Figura 11. Medidas de cancha sintética oficial

Las medidas de la maqueta son de 62,5 x 40 centímetros cuya escala aproximada es de 1:40 mediante la siguiente formula:

$$\text{Medida Maqueta} = \frac{\text{Medida Real}}{\text{Escala}}$$

- Medida largo de la maqueta

$$\text{Medida Maqueta} = \frac{2500}{150}$$

$$\text{Medida Maqueta} = 62,5$$

- Medida ancho de la maqueta

$$\text{Medida Maqueta} = \frac{1500}{40}$$

$$\text{Medida Maqueta} = 37,5$$

Esta es una escala referencial de la maqueta, se realiza algunos cambios en sus medidas para un mejor posicionamiento de los diferentes componentes electrónicos.

6.1.5.2. Selección de materiales para la construcción de la maqueta

A continuación se detalla todos los materiales que se utiliza para la creación de la maqueta.

- **Base:** Se utiliza tres láminas de cartón maqueta, la primera para la base principal que abarca la sección inferior donde se realiza el cableado y las dos faltantes para para la estructura y el detallado de las diferentes partes de la cancha.
- **Cancha:** Para asemejar el suelo de la cancha se utiliza una plancha de césped maqueta.
- **Postes:** Se utiliza láminas de aluminio para cada poste de iluminación de la cancha sintética.
- **Paredes:** Se utiliza un rollo de malla para dar al prototipo una mayor similitud a una cancha sintética de fútbol convencional.

6.1.5.3. Selección de componentes electrónicos

Para la selección de los dispositivos de control electrónico de acuerdo a la revisión sistemática de literatura (ver anexo 9), se opta por una arquitectura híbrida mediante la sinergia de las tarjetas electrónicas Raspberry Pi 3B y Arduino. La arquitectura híbrida es de tipo centralizado donde el Raspberry Pi 3B actúa como controlador central para el procesamiento de la información y los Arduinos como nodos finales para la conexión de los sensores/actuadores, esto permite una fácil escalabilidad y adaptabilidad para la implementación de nuevos módulos al sistema domótico en caso de ser requerido sin tener que realizar cambios a su arquitectura. A continuación se detalla los componentes electrónicos que se utiliza en la construcción del prototipo:

- **Arduino:** La selección de la placa Arduino con microcontrolador ATMEGA es debido a su bajo coste, a su compatibilidad con la mayoría de dispositivos electrónicos y a la disponibilidad de librerías para la implementación de los mismos, a su vez es una tarjeta electrónica con plataforma abierta teniendo en cuenta que se especifica que el prototipo será diseñado con hardware libre, planteando todos estos aspectos la elección de la placa Arduino cumple con todos los requerimientos que se necesita para la puesta en marcha de todas las funcionalidades que se va a implementar en el prototipo.

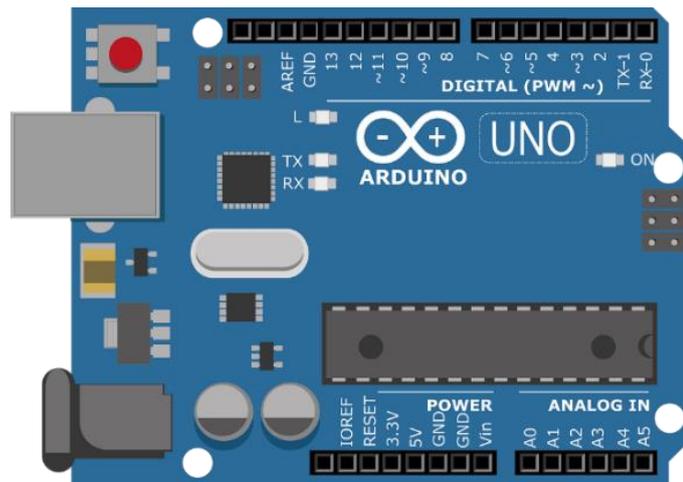


Figura 13. Arduino

- Raspberry Pi 3B:** La selección del Raspberry pi 3B como servidor web, se realiza debido a que cumple con las mismas funciones de una CPU de escritorio y se lo encuentra en el mercado a un costo más asequible; además es una tarjeta electrónica con un tamaño reducido por lo que es muy fácil su maniobrabilidad. Sus características de 1,4 GHz del procesador y 1 GB de RAM son aptas para las funciones que se van a realizar en la aplicación web.

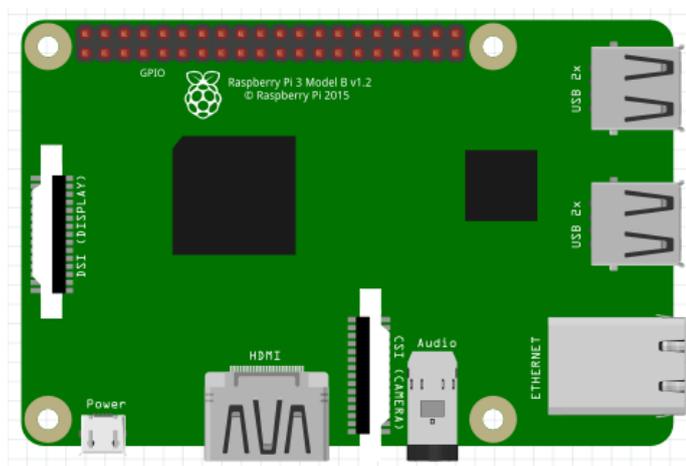


Figura 12. Raspberry Pi 3B

- Leds:** Se utiliza los leds para la representación de los reflectores de la cancha sintética debido a su tamaño (5mm) y consumo de corriente directa (alrededor de 30mA) se acopla al prototipo ya que está diseñado para aplicaciones que requieran altos rangos de intensidad de iluminación, además es uno de los componentes más usados en el diseño electrónico actual. Se utiliza cuatro leds cada uno ubicado en cada esquina del prototipo, obteniendo así una luminaria representada mediante el led.

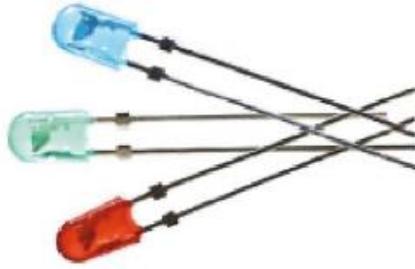


Figura 15. Leds

- **Resistencias Eléctricas:** Las resistencias eléctricas son parte vital y fundamental de todo diseño eléctrico/electrónico, sin ellas los niveles de tensión y de corriente suministrados a los diversos componentes alcanzarían valores elevados y comprometerían seriamente los dispositivos electrónicos emplazados; son denominados componentes pasivos puesto que no necesitan una fuente de energía para entrar en funcionamiento, además ofrecen oposición al paso de la corriente eléctrica para así poder proteger a los elementos electrónicos. Se utiliza las resistencias eléctricas para cada led, ventilador, pulsadores e interruptor eléctrico del prototipo.



Figura 14. Resistencias Eléctricas

- **Pulsador:** Se los utiliza para la representación y funcionamiento de los pulsadores del marcador de la pantalla y en el pulsador para el accionamiento de la alarma, ya que son dispositivos electrónicos que funcionan como interruptores eléctricos, permitiéndonos activar funciones mediante el envío de una señal eléctrica momentánea cuando son pulsados. El pulsador es de tipo PUSHBUTTON que son los más utilizados en electrónica.



Figura 16. Pulsador

- **Capacitor:** Una de las características del capacitor más utilizadas a día de hoy en el mundo electrónico es la filtrar señales, mitigando así el efecto rebote ya que es un dispositivo electrónico que consigue que no haya una oscilación en los interruptores eléctricos cuando realizan el cambio de 1 lógico a 0 lógico o viceversa, eliminando así el ruido que se puede producir en los flancos de la señal eléctrica. Se utiliza los capacitadores en cada uno de los interruptores y pulsadores del prototipo.



Figura 17. Condensador

- **Interruptores:** Se instala interruptores eléctricos en el prototipo de la cancha sintética para emular el accionamiento de cada uno de los ventiladores y reflectores desde un punto físico. Realizan la misma función de un switch normal de tipo abierto para el encendido o apagado del dispositivo electrónico respectivo en este caso la de un ventilador o un reflector.



Figura 18. Interruptor

- **Transistor:** Se utiliza el transistor para el módulo de ventilación de la cancha sintética, este dispositivo electrónico semiconductor colocado en cascada con otro transistor permite amplificar el nivel de tensión logrando así niveles de tensión óptimos para los cubrir las necesidades de tensión nominal de los ventiladores. Se utiliza 2 transistores de tipo BJT 2N2222 en configuración emisor común, uno por cada ventilador del prototipo.



Figura 20. Transistor

- **Pantalla GLCD JHD12864E:** La selección de la pantalla GLCD es estrictamente basado en el costo/beneficio, teniendo un precio mucho menor en comparación a otras pantallas existentes en el mercado de características similares y que puedan realizar las mismas funcionalidades con la única particularidad de ser una pantalla monocromática. Se la utiliza para la representación del marcador de juego de la cancha sintética.

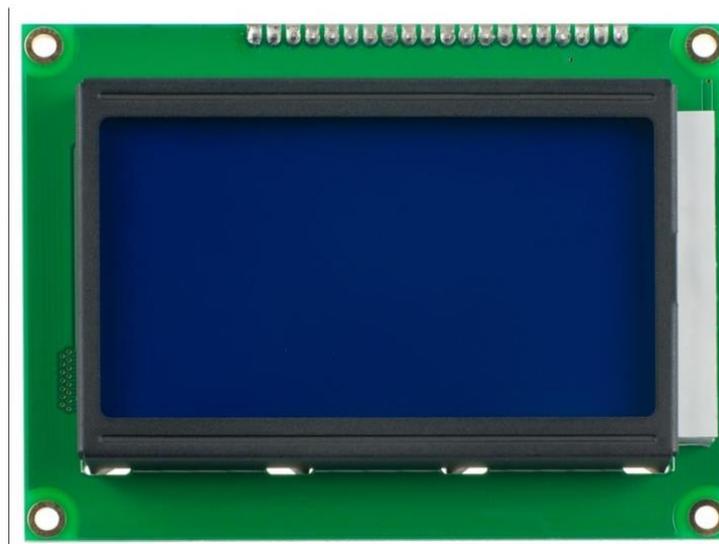


Figura 19. GLCD JHD12864E

- **Módulo ISD1820:** En la construcción de prototipos, se debe elegir los dispositivos que emulen ciertas características reales, el módulo ISD1820 es elegido debido a la fácil integración con la tarjeta Arduino y por las funcionalidades que se pueden llegar a realizar ya que tiene incorporado un módulo de grabación mediante un micrófono y un módulo de reproducción mediante una bocina, por lo que no se limita a un sonido preestablecido y permite seleccionar el audio más conveniente para la representación de la alarma de la cancha sintética

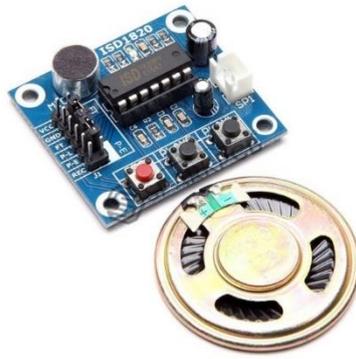


Figura 21. Módulo ISD1820

- **Ventilador 12 v:** Para emular un ventilador se opta por utilizar micro-ventiladores de 12 voltios ya que por su tamaño se acoplan al prototipo y no necesitan de circuitos eléctricos de potencia para funcionar facilitando así un rápido prototipado. Se utiliza 2 micro-ventiladores en el prototipo ubicados cada uno en la parte posterior de cada arco.



Figura 22. Ventilador 12 voltios

- **Sensor DTH11:** Arduino contempla el uso de innumerables tipos de sensores con costos reducidos y óptimos para realizar demostraciones a través de un prototipo, uno de estos es el sensor de temperatura dth11, el cual además incorpora una característica adicional como es la medición de la humedad permitiendo obtener ambos valores de manera simultánea en el momento de administrar la cancha sintética.

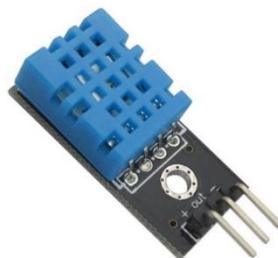


Figura 23. Sensor DTH11

6.1.5.4. Montaje

A continuación se detalla como se lleva a cabo el armado de la maqueta de la cancha sintética de fútbol.

- **Medición de piezas:** En el cartón maqueta se realiza las mediciones para la construcción del escenario.

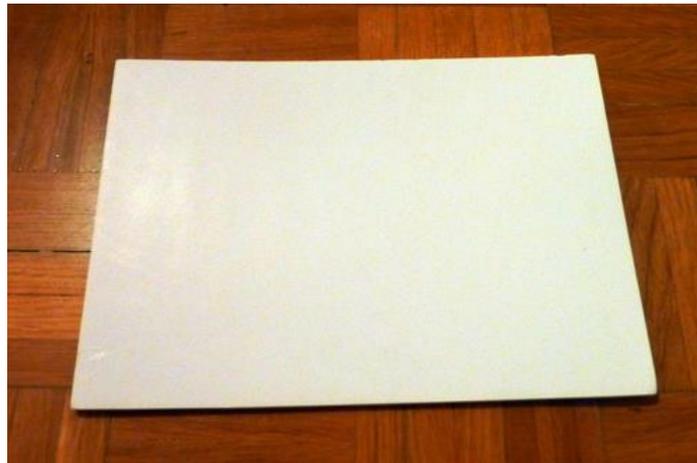


Figura 24. Medición de Piezas

- **Cortado de piezas:** Se corta el cartón maqueta para la formación de piezas como las paredes, cancha y las partes donde van a ir los componentes electrónicos ya previamente establecidos.

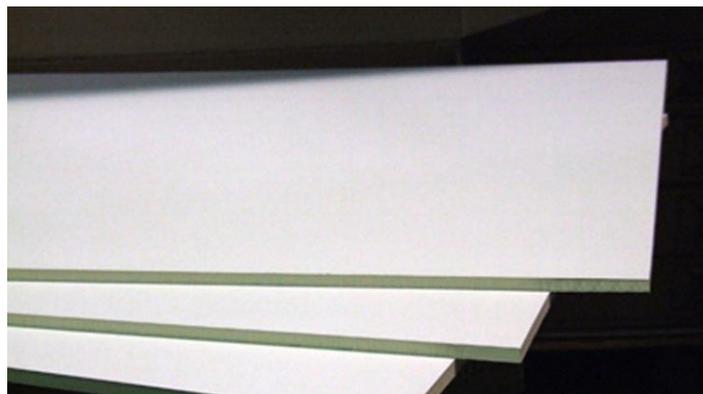


Figura 25. Cortado de piezas

- **Pegado de piezas:** Una vez cortadas las piezas se procede a unirlas respectivamente para la representación de cada una de las partes de la cancha sintética.

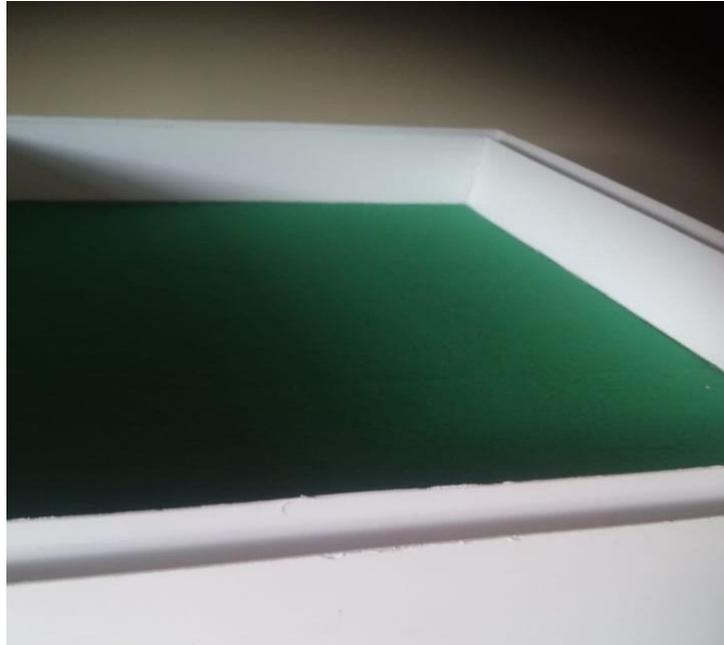


Figura 26. Pegado de Piezas

- **Detallado:** Se adiciona detalles finales para una mayor similitud en la representación de la cancha sintética como se muestra en la Figura 27.



Figura 27. Detallado del prototipo

6.1.5.5. Integración de componentes electrónicos

Se integra todos los componentes electrónicos (pulsadores, leds, ventiladores, sensor, bocina, interruptores, pantalla GLCD), para posteriormente cablearlos a cada uno de los microcontroladores correspondientes para su funcionamiento, a continuación se muestra cada componente electrónico ya implementado en el prototipo:

- **Interruptores Reflectores**



Figura 28. Interruptores reflectores en el prototipo

- **Interruptores Ventiladores**



Figura 29. Interruptores ventiladores en el prototipo

- **Pulsador Alarma**



Figura 30. Pulsador alarma en el prototipo

- **Pantalla**



Figura 31. Pantalla en el prototipo

- **Sensor de temperatura y humedad**



Figura 32. Sensor en el prototipo

- **Ventiladores**



Figura 33. Ventilación en el prototipo

- **Alarma**

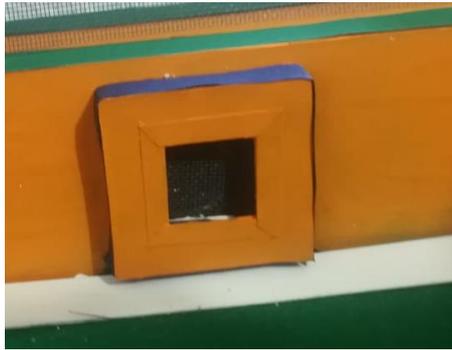


Figura 34. Alarma en el prototipo

- **Pulsadores de la Pantalla**



Figura 35. Pulsadores de la pantalla en el prototipo

- **Leds**

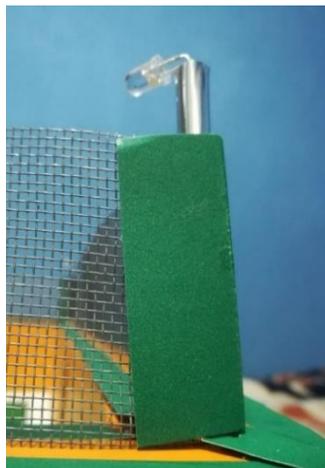


Figura 36. Iluminación en el prototipo

En la Figura 37 se muestra la vista final del prototipo ya implementados todos los componentes electrónicos.



Figura 37. Vista final del prototipo

6.1.6. Diseño del prototipo

Una vez terminada la construcción del prototipo se realiza los diferentes tipos de diagramas para especificar conexiones, funcionamiento, entre otras.

6.1.6.1. Diagrama de bloque

Para una mayor comprensión del funcionamiento del sistema y sus relaciones entre los componentes electrónicos se elabora el diagrama de bloques que se muestra en la Figura 38.

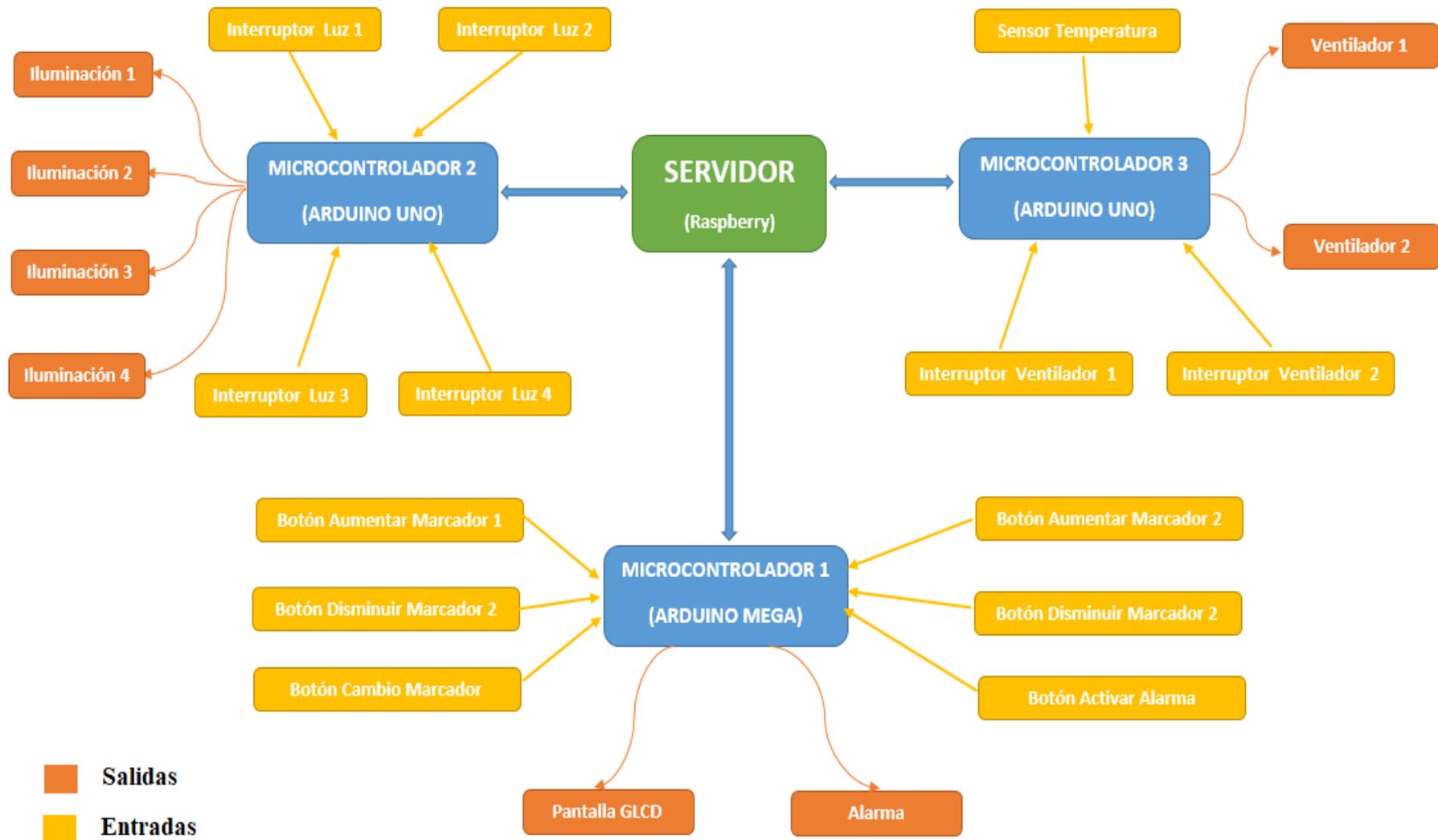


Figura 38. Diagrama de bloque

6.1.6.2. Diagramas de estados

Para definir la interacción de cada microcontrolador con el servidor en el envío de señales de entrada y de salida o de las entradas manuales de los interruptores y pulsadores se realiza el diagrama de estados de los tres microcontroladores.

- **Microcontrolador 1**

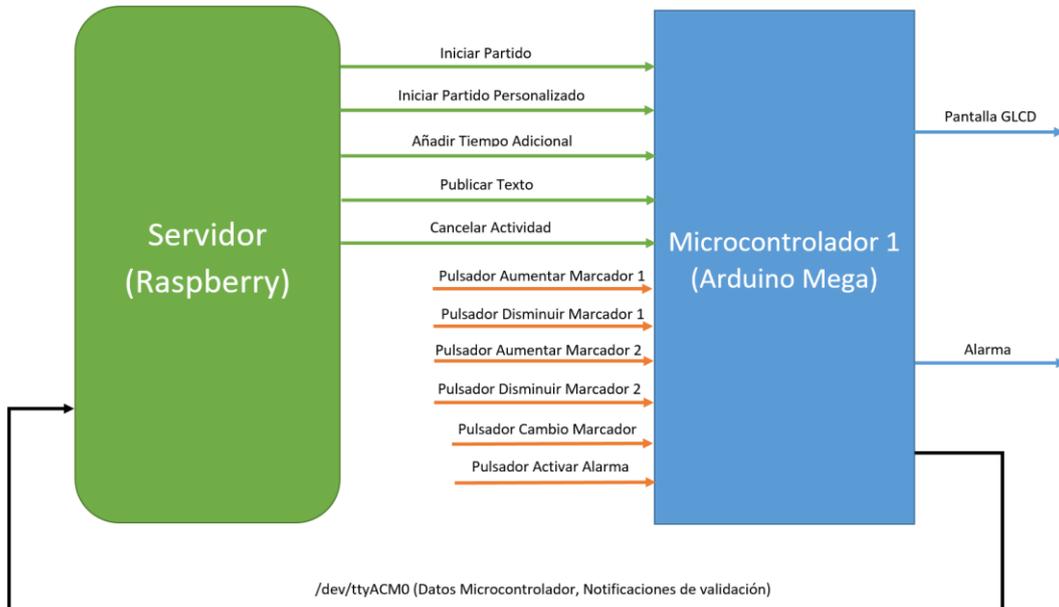


Figura 39. Diagrama de estados microcontrolador 1

- **Microcontrolador 2**

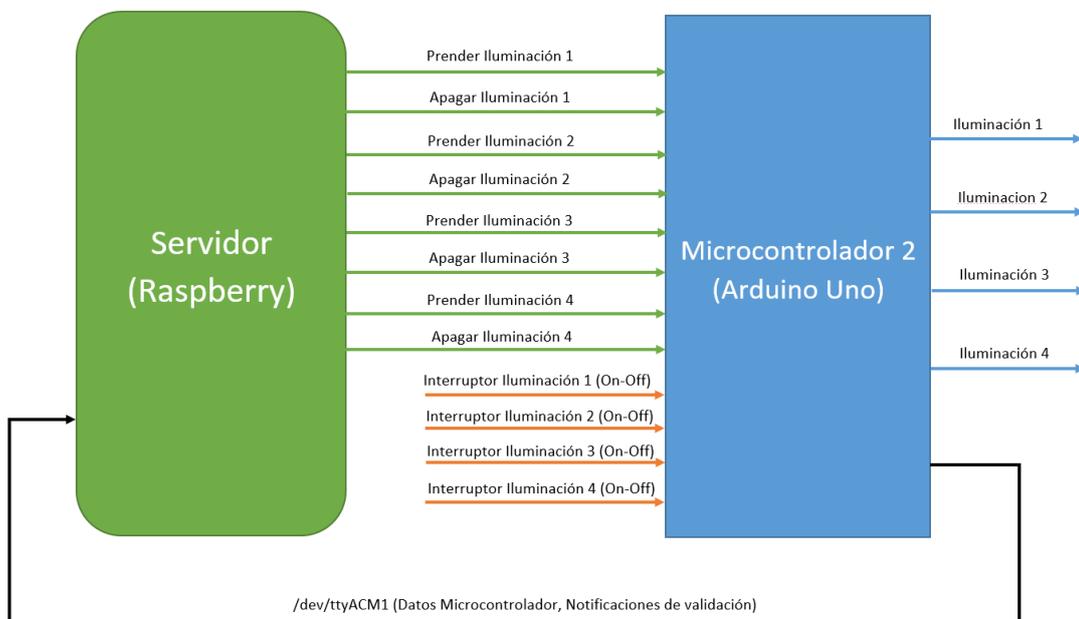


Figura 40. Diagrama de estados microcontrolador 2

- **Microcontrolador 3**

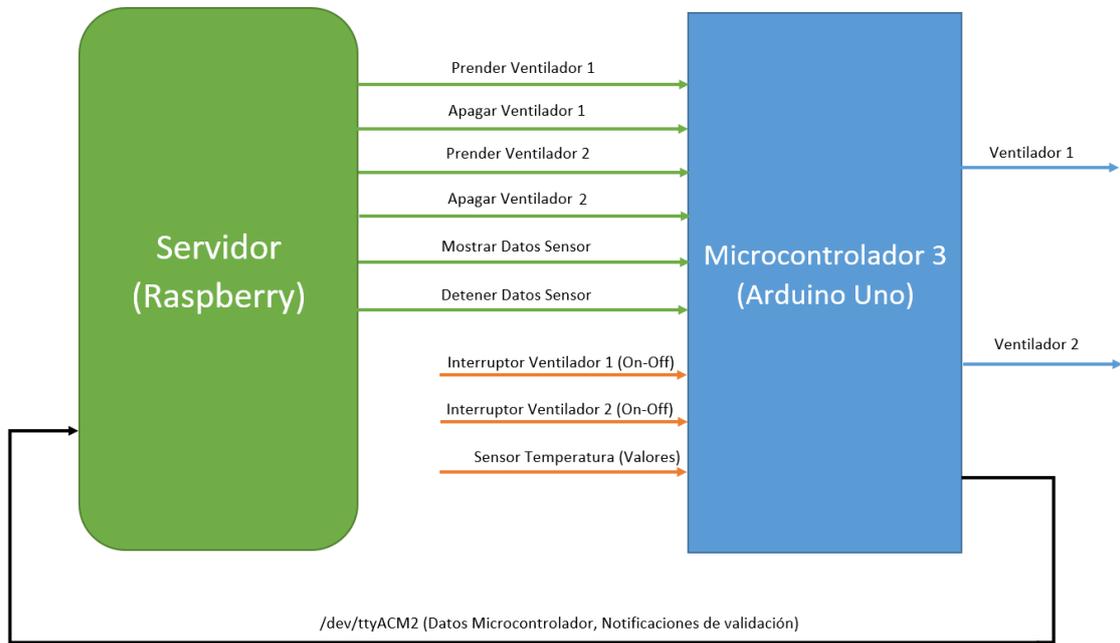


Figura 41. Diagrama de estados microcontrolador 3

6.1.6.3. Diagrama esquemático

Se elabora el diagrama esquemático como representación gráfica de las conexiones entre los dispositivos electrónicos que se utiliza en el prototipo, como se muestra en la Figura 42.

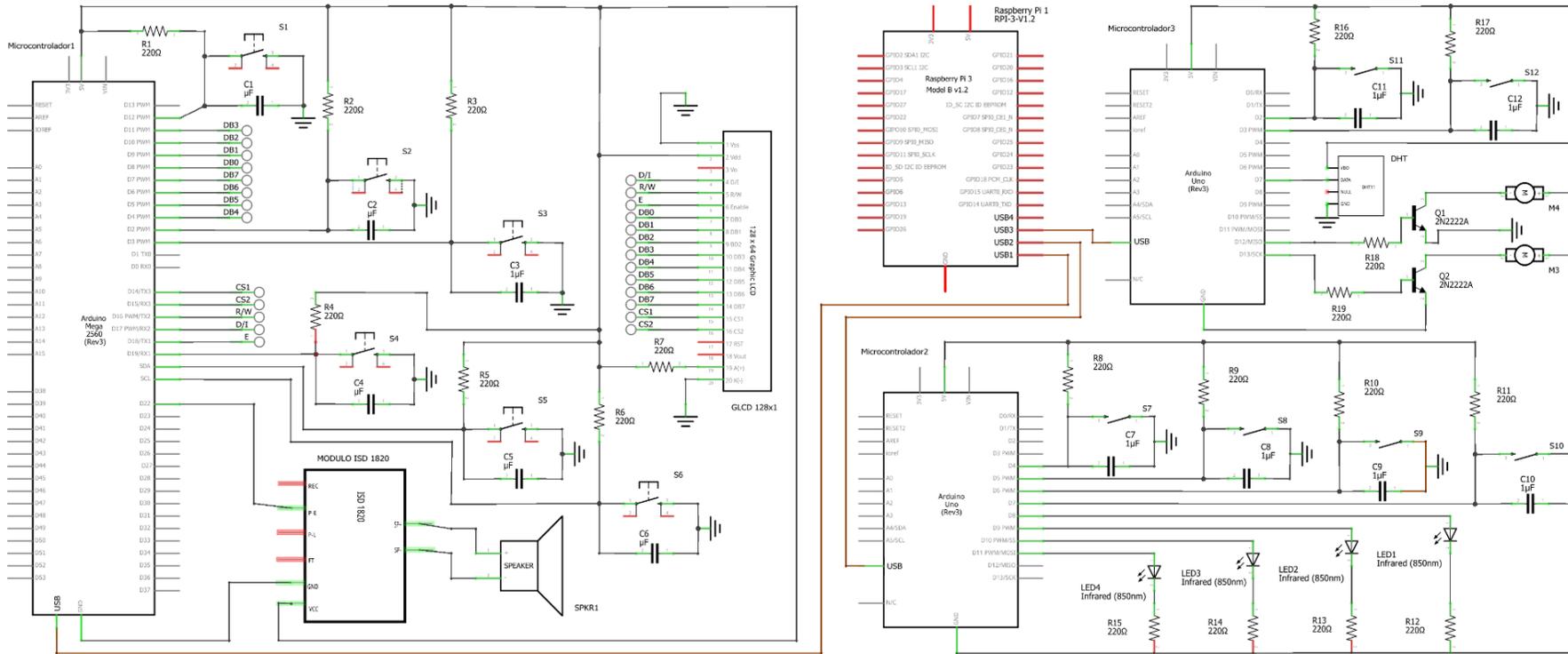


Figura 42. Diagrama Esquemático

6.1.6.4. Placa de Circuito Impreso

Se diseñó 3 PCB para poder conectar los componentes electrónicos en el prototipo de una manera eficiente, cada PBC se conecta a cada uno de los microcontroladores.

- PCB para el microcontrolador 1

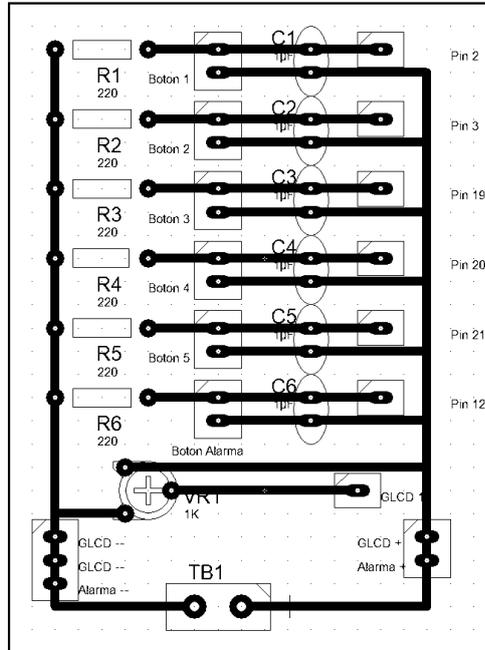


Figura 43. PBC para el microcontrolador 1

- PCB para el microcontrolador 2

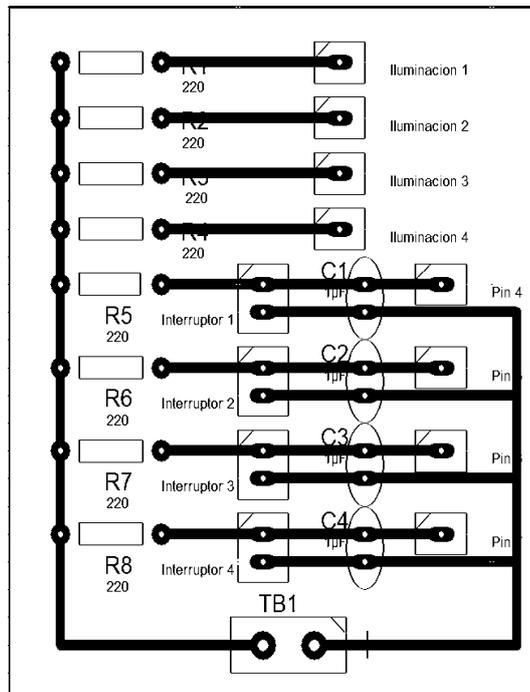


Figura 44. PBC para el microcontrolador 2

- PCB para el microcontrolador 3

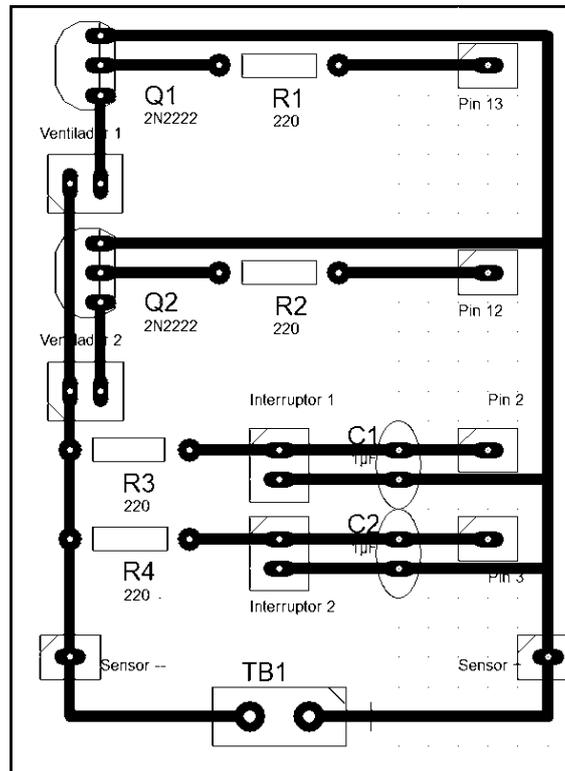


Figura 45. PBC para el microcontrolador 3

6.1.7. Entorno simulado del circuito electrónico para la configuración deseada.

Previo a la integración de componentes electrónicos en el prototipo se realiza la simulación de cada uno de los componentes electrónicos que van a ser utilizados para lograr su funcionamiento correcto.

6.1.7.1. Iluminación

La simulación de la iluminación se realiza para saber cuál es el valor idóneo de la resistencia eléctrica para así obtener el brillo de led deseado como se muestra en la Figura 46.

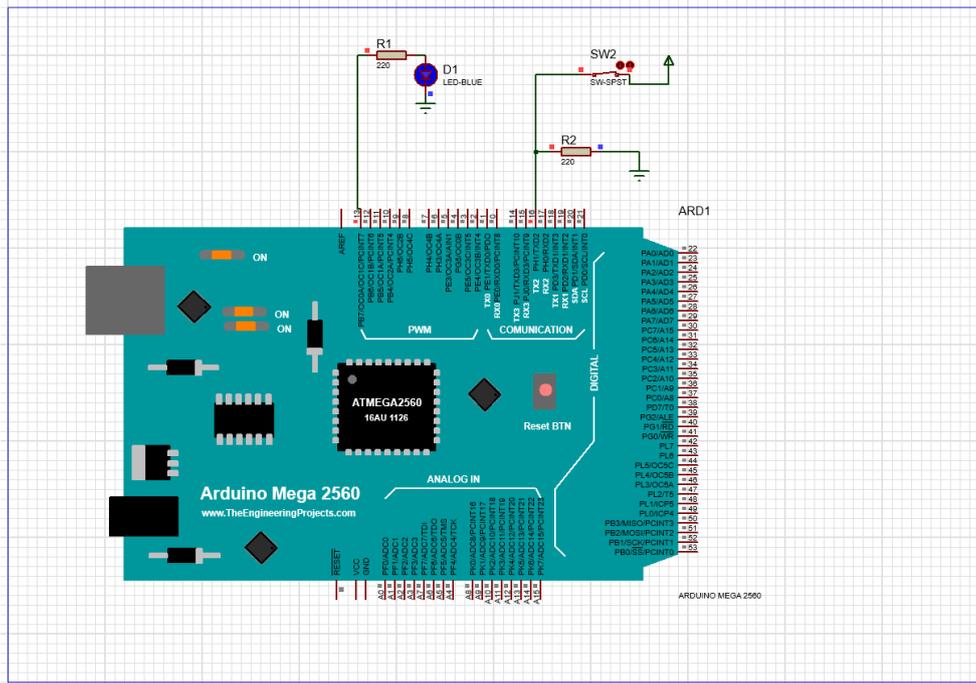


Figura 46. Simulación Iluminación

6.1.7.2. Ventilación

Se realiza la simulación de la ventilación para dimensionar y verificar el funcionamiento del transistor en la configuración deseada.

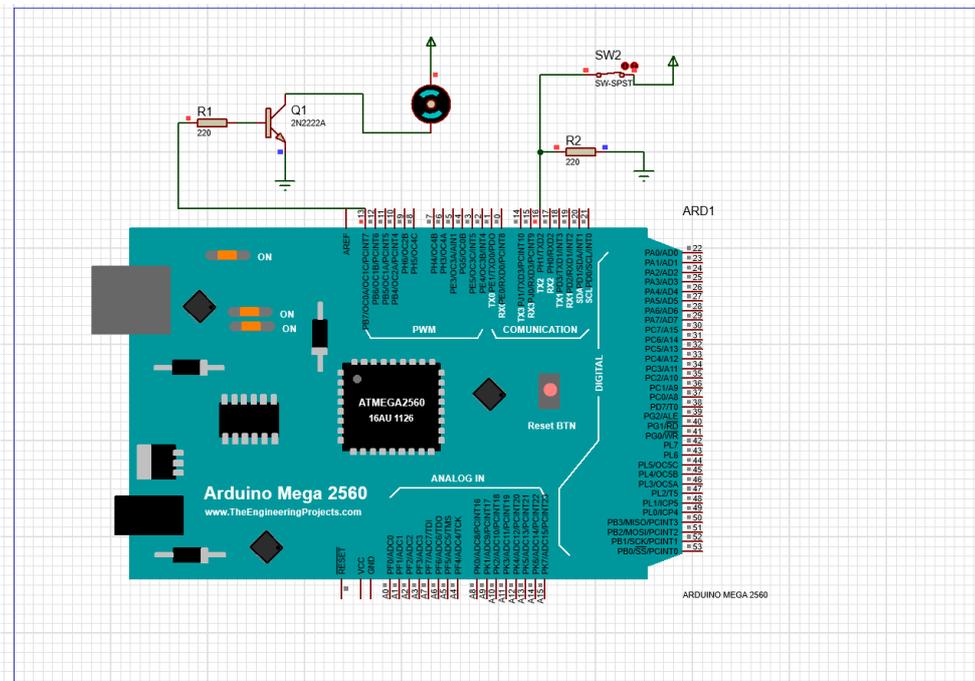


Figura 47. Simulación ventilación

6.1.7.3. Sensor

La simulación del sensor que se muestra en la Figura 48 se realiza para saber como es el funcionamiento del sensor DHT11 antes de proceder a adquirirlo.

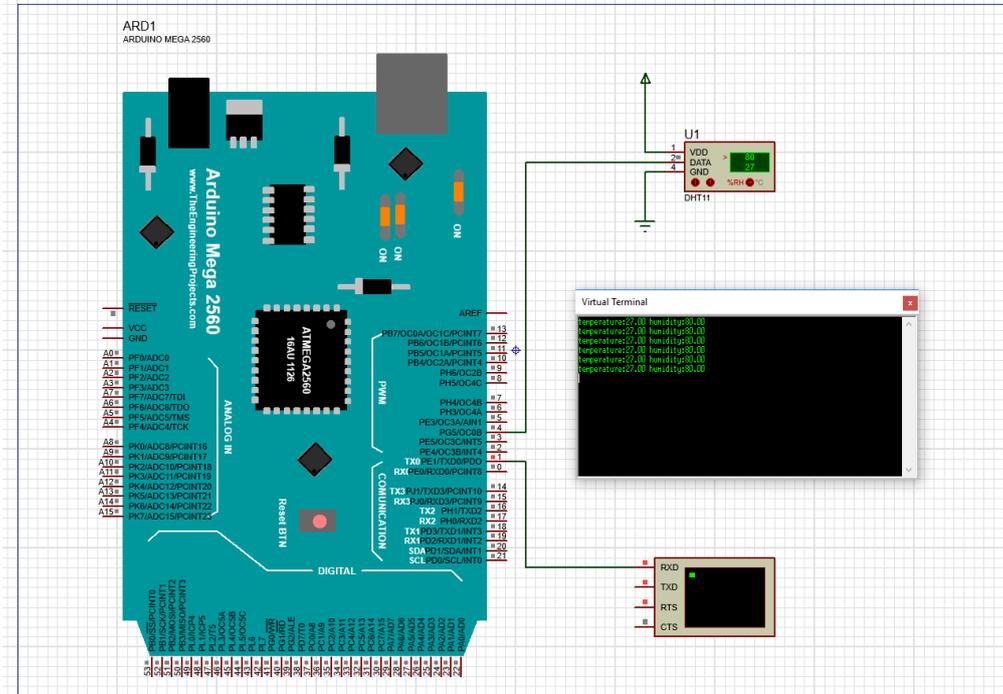


Figura 48. Simulación del sensor de temperatura

6.1.7.4. Efecto Rebote

El efecto rebote que se da en el caso de los pulsadores e interruptores al momento de realizar un cambio de 0 lógico a 1 lógico o viceversa no es el deseado, esta simulación permite ver este efecto y a la vez poder mitigarlo mediante el uso de capacitores.

- Señal con efecto rebote: en este caso la señal que nos muestra el osciloscopio en la Figura 49 al cambio de estado de 0 lógico a 1 lógico nos da una señal en forma de una curva.

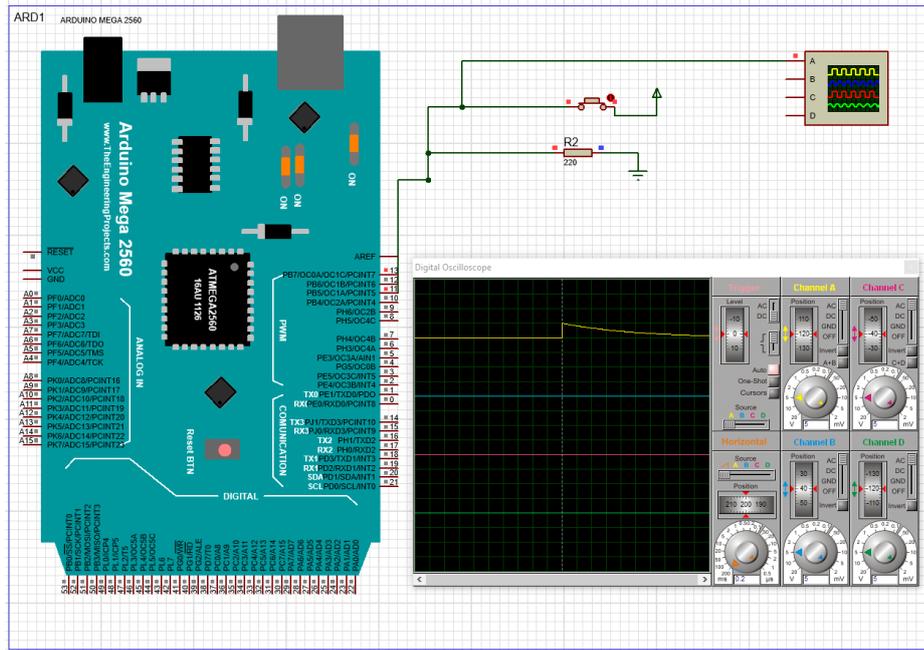


Figura 49. Simulación pulsador con efecto rebote

- Señal sin efecto rebote: En este caso la señal que nos muestra el osciloscopio en la Figura 50 al momento de cambiar de 0 lógico a 1 lógico es una señal en forma cuadrada, esto debido a la filtración de la señal que producen los capacitores.

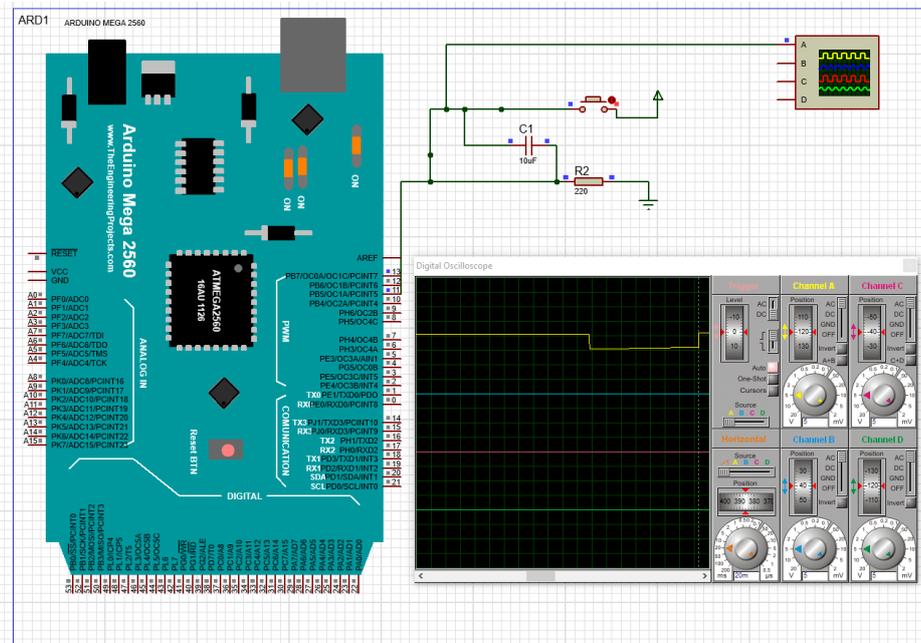


Figura 50. Simulación pulsador sin efecto rebote

6.1.8. Codificación de los microcontroladores

Una vez terminada la fase de diseño y simulación se procede a realizar la codificación de cada uno de los tres microcontroladores para su funcionamiento en el prototipo.

6.1.8.1. Herramientas y Librerías utilizadas.

Para la codificación de los microcontroladores se utilizan las herramientas y librerías que se detallan a continuación

- **IDE Arduino:** Software que se utiliza para la programación de los tres microcontroladores.
- **Monitor Serie:** Software que se usa para la realización de pruebas de lectura y envío de datos por puerto serial.
- **Librería "DHT11.h":** Se implementa la librería para la codificación del sensor de temperatura y humedad.
- **Librería "YetAnotherPcInt.h":** Se implementa la librería para la creación de interrupciones cada vez que se realiza un cambio de estado de un pulsador o de un interruptor.
- **Librería "U8glib.h":** Se implementa la librería para la codificación de las funcionalidades del GLCD JHD12864E
- **Librería "Separador.h":** Se implementa la librería para separar los datos de llegada por el puerto serial.

6.1.8.2. Codificación de la entrada de datos mediante puerto serial.

El microcontrolador recibe datos que son enviados desde el servidor, cada vez que el microcontrolador reciba un dato se activa el método serialEvent que realiza la lectura de los datos del puerto serial como se muestra en la Figura 53. Este método es el mismo para los tres microcontroladores.

```
void serialEvent() {
    while (Serial.available()) {
        LecturaPuerto=Serial.read();
        PuertoActivado = true;
    }
}
```

Figura 53. Código de función de entrada de datos por puerto serial

Para poder interpretar los datos de llegada del puerto serial se utiliza la librería “Separador.h” puesto que los datos enviados desde el servidor vienen en formato de cadena de texto, lo que hace la librería es poder separarlos mediante un carácter específico para así poder obtener cada valor. En la Figura 54 se muestra como es la entrada de datos para la ejecución de un partido personalizado, donde se realiza la separación de los datos de llegada mediante el carácter “/” obteniendo así los valores de tiempo periodo, tiempo descanso, nombre equipo 1 y nombre de equipo 2 respectivamente.

```
tiempo_periodo = s.separa(lectura_puerto_temporal, '/', 1).toInt()*60; // tiempo por periodo
tiempo_descanso = s.separa(lectura_puerto_temporal, '/', 2).toInt()*60; // tiempo de descanso
nombre_equipo1 = s.separa(lectura_puerto_temporal, '/', 3); // nombre de equipo 1
nombre_equipo2 = s.separa(lectura_puerto_temporal, '/', 4); // nombre de equipo 2
```

Figura 54. Código del separador de texto de datos de entrada

6.1.8.3. Codificación de la entrada de datos mediante interrupciones.

Cada vez que se existe un cambio de estado de un pulsador o de un interruptor de la cancha sintética el microcontrolador realiza una interrupción saliéndose de su ejecución normal para poder ejecutar la función asociada a la misma interrupción. Para la ejecución de las interrupciones se utiliza la librería “YetAnotherPcInt.h” para lo que se necesita especificar el pin de conexión al microcontrolador donde se va a realizar la interrupción y su función asociada como es en este caso la función interruptor_1 como se muestra en la Figura 55.

```
pinMode(Interruptor1, INPUT_PULLUP);
PcInt::attachInterrupt(Interruptor1, interruptor_1, "Luz_1", CHANGE);
```

Figura 55. Código inicialización de interrupción

La función interruptor_1 como se muestra en la Figura 56 realiza el cambio de estado de un interruptor de iluminación de la cancha sintética.

```
void interruptor_1(const char* message, bool pinstate) {

    if(digitalRead(Luz_1)!=pinstate){
        digitalWrite(Luz_1,pinstate);
        Serial.print("State:");
        Serial.print(message);
        Serial.print("/");
        Serial.println(pinstate);
    }
}
```

Figura 56. Código de la función de una interrupción

6.1.8.4. Codificación del envío de datos por puerto serial

Para el envío de datos mediante el puerto serial de cada uno de los microcontroladores al servidor se lo realiza en el formato JSON para que se pueda realizar la lectura de los datos de forma organizada en el servidor. En la Figura 57 se puede observar como se realiza el envío de datos de los valores del sensor, siendo el mismo proceso cuando se envía los mensajes de confirmación desde el microcontrolador cuando se ejecuta correctamente el accionamiento de un dispositivo electrónico.

```
Serial.print("{\"temp\":");  
Serial.print(temp);  
Serial.print(", ");  
Serial.print("\"hum\":");  
Serial.print(humi);  
Serial.print("}");  
Serial.println();
```

Figura 57. Código de envío de datos por puerto serial

6.1.8.5. Codificación de la pantalla GLCD JHD12864E

Para la codificación del módulo de pantalla en el microcontrolador se utiliza la librería "U8glib.h", para lo cual se necesita especificar la versión del GLCD y los pines a utilizar para su conexión al microcontrolador. En la Figura 58 se muestra la codificación para la publicación de texto, donde se especifica el tipo de letra y desde la línea de código `u8g.firstPage()` hasta la línea de código `while(u8g.nextPage())` se debe detallar lo que se va a visualizar en la pantalla, este procedimiento es el mismo para todas las funcionalidades que se programa en la pantalla.

```
void mensaje(String texto){  
  if(P_mensaje==true){  
    tiempo_transcurrido=millis();  
    P_mensaje=false;  
    longitud_texto= texto.length() * 12;  
  }  
  tiempo = ((millis()-tiempo_transcurrido)/1000);  
  if(tiempo>0){  
    u8g.setFont(u8g_font_helvB18);  
    char *cadena= const_cast<char*>(texto.c_str());  
    u8g.firstPage();  
    do {  
      u8g.drawBitmapP( 0, 0, 16, 64, mensaje_vista);  
      int posicion=(tiempo*velocidad_texto);  
      u8g.drawStr(0-posicion,38,cadena);  
      if(posicion>longitud_texto){  
        P_mensaje=true;  
      }  
    } while( u8g.nextPage() );  
  }  
}
```

Figura 58. Código de la función publicar texto

6.1.8.6. Codificación del sensor de temperatura y humedad

Para la codificación del sensor de temperatura y humedad se utiliza la librería "DHT11.h" donde para poder inicializarlo se tiene que especificar el pin de conexión del sensor al microcontrolador. En la Figura 59 se muestra el método para el envío de los valores de temperatura y humedad especificando el tiempo de lectura al sensor cada un segundo.

```
void sensor1() {
    if((err=dht11.read(humi, temp))==0){
        Serial.print("{\"temp\":");
        Serial.print(temp);
        Serial.print(", ");
        Serial.print("{\"hum\":");
        Serial.print(humi);
        Serial.print("}");
        Serial.println();
    }else{
        Serial.print("Error No :");
        Serial.print(err);
        Serial.println();
    }
    delay(1000);
}
```

Figura 59. Código de la función del sensor dth11

6.1.8.7. Codificación de periféricos de salida

En el caso de los periféricos de salida como los reflectores o ventiladores de la cancha sintética su codificación es similar ya que solo se realiza el cambio de estado de prendido a apagado o viceversa. En la Figura 60 se muestra una condición donde se compara el estado actual de un ventilador para poder cambiar a su estado inverso y mediante la función digitalWrite se efectúa el cambio de estado especificando el pin de conexión del periférico al microcontrolador y su nuevo estado establecido.

```
if(digitalRead(ventilador1)!=pinstate){
    digitalWrite(ventilador1,pinstate);
    Serial.print("State:");
    Serial.print(message);
    Serial.print("/");
    Serial.println(pinstate);
}
```

Figura 60. Código de la función del cambio de estado ventilador

6.1.8.8. Codificación de periféricos de entrada

En el caso de los periféricos de entrada como son los interruptores de los ventiladores, reflectores o de la alarma al ser accionados realizan el cambio de estado de prendido a apagado o viceversa en el periférico de salida respectivo como se especifica en el anterior apartado. En el caso de los periféricos de entrada como los pulsadores de la pantalla de la cancha sintética dependiendo del pulsador oprimido se realiza una acción diferente, en la Figura 61 se muestra la codificación de los pulsadores de aumentar y disminuir el marcador del equipo 1, donde si se cumple la condición de la variable marcador1 de ser mayor a 0 y menor a 99 se ejecuta la acción respectiva.

```
void marcador1Sube() {
    if(marcador1<99) {
        marcador1++;
    }
}

void marcador1Baja() {
    if(marcador1>0) {
        marcador1--;
    }
}
```

Figura 61. Código de las funciones aumentar y disminuir marcador

6.2. FASE 2: Desarrollar la plataforma web para la administración del prototipo de cancha sintética.

A continuación se presenta los pasos que se sigue para el desarrollo de la plataforma web de administración del prototipo de la cancha sintética de acuerdo a la metodología XP especificada inicialmente.

6.2.1. Fase de Planeación

La idea principal de la aplicación web es permitirle al encargado de un establecimiento deportivo poder administrar los dispositivos electrónicos de las canchas sintéticas de sus instalaciones como son la ventilación, iluminación, alarma y pantalla de juego, para poder ofrecer un mejor servicio a sus usuarios y para un consumo eficiente de sus recursos energéticos.

6.2.1.1. Especificación de Requerimientos

Para llevar a cabo el levantamiento de requerimientos, se obtiene información relevante a través de una entrevista a los centros deportivos “Calva y Calva”, “Don Rafa”, “Punto de Encuentro”, “Gol de oro”, “Los Almendros” de la ciudad de Loja, una vez analizada la información conseguida en las entrevistas en conjunto con el director de tesis y teniendo en cuenta que el sistema no tiene un usuario final, ya que se desempeña como una propuesta para los propietarios de los centros deportivos en los que podría ser implementado, se decide adicionar requerimientos para el módulo de ventilación para que el prototipo sea viable no solo en la ciudad de Loja sino que también en la región costa del país, estableciendo de esta manera la lista de requisitos del software.

Se realiza el Documento de Especificación de Requisitos de software (ERS) basado en el estándar IEEE830-1998, en donde se tiene una descripción completa del comportamiento de la aplicación web (ver anexo 3).

➤ **Requerimientos funcionales**

El sistema permitirá

TABLA VIII. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

Requerimiento	Descripción
RF01	Permitir la autenticación del usuario.
RF02	Poder realizar el cambio de contraseña del usuario.
RF03	Permitir restaurar la contraseña del usuario mediante correo.
RF04	Iniciar partido en la pantalla de la cancha sintética
RF05	Iniciar partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética
RF06	Poder agregar tiempo adicional en la pantalla de la cancha sintética
RF07	Publicar texto en la pantalla de la cancha sintética
RF08	Poder cancelar la actividad en la pantalla de la cancha sintética
RF09	Controlar la iluminación de la cancha sintética
RF10	Poder visualizar la temperatura y humedad de la cancha sintética
RF11	Controlar la ventilación de la cancha sintética
RF12	Poder accionar la alarma de la cancha sintética
RF13	Conocer de la finalización de los partidos de la cancha sintética para poder apagar los dispositivos electrónicos.

➤ **Requerimientos no funcionales**

TABLA IX. REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

Requerimiento	Aspecto	Descripción
RNF01	Usabilidad	Se mostraran notificaciones cada vez que se realice una acción en el sistema.
RNF02	Rendimiento	El sistema tendrá un tiempo de respuesta máximo de 3 segundos
RNF03	Usabilidad	El sistema debe ser intuitivo.
RNF04	Portabilidad	El acceso a la aplicación web podrá realizarse desde los navegadores Firefox o Google Chrome, independientemente del sistema operativo en el que este se ejecute.
RNF05	Usabilidad	La aplicación web contará con una interfaz amigable
RNF06	Mantenibilidad	El sistema debe contar con documentación entendible y fiable para las actualizaciones y corrección de errores.

➤ **Tipos de usuario de la aplicación web**

Se identifica un solo usuario en la aplicación web que se detalla a continuación.

TABLA X. TIPOS DE USUARIO

Tipo de usuario	Descripción
Administrador/ Encargado	Tiene acceso a todas las funcionalidades de la aplicación web.

6.2.1.2. Módulos de la aplicación web

La aplicación Web cuenta con dos módulos, gestión de usuario y administración de dispositivos electrónicos de la cancha sintética las cuales son detalladas a continuación.

TABLA XI. MÓDULOS DE LA APLICACIÓN WEB

Modulo	Descripción
Gestión de usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciar sesión • Cambiar contraseña • Recuperar contraseña
Administración de los dispositivos electrónicos de la cancha sintética	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciar partido en pantalla • Iniciar personalizado en pantalla • Agregar tiempo adicional en pantalla • Publicar texto en pantalla • Cancelar actividad en pantalla • Controlar iluminación • Visualizar temperatura y humedad • Controlar ventilación • Accionar alarma • Notificar partido terminado

6.2.1.3. Especificación de historias de usuario

Se realiza las historias de usuarios para describir los requerimientos funcionales que debe cumplir la aplicación web de una manera más meticulosa.

➤ Módulo gestión de usuario

TABLA XII. HISTORIA DE USUARIO INICIAR SESIÓN

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 1	Nombre: Iniciar sesión
Requerimiento: RF01	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador deberá ingresar los campos usuario y contraseña para poder acceder a las funcionalidades de administración de la cancha sintética.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Se validará que los campos usuario y contraseña no estén vacíos previo a dar clic al botón de ingreso al sistema. • Se mostrará un mensaje de error en caso de ingresar incorrectamente los campos usuario o contraseña. 	
Observaciones	Ninguna

TABLA XIII. HISTORIA DE USUARIO CAMBIAR CONTRASEÑA

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 2	Nombre: Cambiar contraseña
Requerimiento: RF02	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador podrá realizar el cambio de su contraseña.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Se validará que los campos contraseña actual y contraseña no estén vacíos previo a dar clic al botón de cambiar contraseña. • Se validará que el campo contraseña nueva tenga una longitud mínima de 5 caracteres. • Se mostrará un mensaje de error en caso de ingresar incorrectamente el campo contraseña actual. • Se validará que los campos contraseña actual y contraseña nueva no sean iguales. 	
Observaciones	El administrador debe estar autenticado en la aplicación web a través de su usuario y contraseña.

TABLA XIV. HISTORIA DE USUARIO RECUPERAR CONTRASEÑA

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 3	Nombre: Recuperar Contraseña
Requerimiento: RF03	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador podrá recuperar su contraseña mediante un link enviado a su correo electrónico.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Se validará que la nueva contraseña tenga una longitud mínima de 5 caracteres. • Se verificará que el link de restablecimiento de contraseña sea válido solo una hora. 	
Observaciones	El correo electrónico que será utilizado para el restablecimiento de contraseña debe ser el mismo que fue ingresado en la base de datos

➤ **Módulo de administración de los dispositivos electrónicos de la cancha sintética**

TABLA XV. HISTORIA DE USUARIO INICIAR PARTIDO EN PANTALLA

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 4	Nombre: Iniciar partido en pantalla
Requerimiento: RF04	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador podrá iniciar un partido en la pantalla de la cancha sintética.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Se mostrará una notificación de confirmación de que se realizó correctamente la ejecución del partido en la pantalla de la cancha sintética. • Se mostrará una notificación con el tiempo faltante para terminar el partido en el caso de que ya esté en ejecución un partido o partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética. 	
Observaciones	El administrador debe estar autenticado en la aplicación web a través de su usuario y contraseña.

TABLA XVI. HISTORIA DE USUARIO INICIAR PARTIDO PERSONALIZADO EN PANTALLA

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 5	Nombre: Iniciar partido personalizado en pantalla
Requerimiento: RF05	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador podrá iniciar un partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética, tendrá que especificar los parámetros duración del periodo de tiempo, duración del entretiempo del partido, nombre equipo 1 y nombre equipo 2.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Se mostrará una notificación de confirmación de que se realizó correctamente la ejecución del partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética. • Se validará que los campos nombre equipo 1 y nombre equipo 2 no sean vacíos. • Se mostrará una notificación con el tiempo faltante para terminar el partido en el caso de que ya esté en ejecución un partido o partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética. 	
Observaciones	El administrador debe estar autenticado en la aplicación web a través de su usuario y contraseña.

TABLA XVII. HISTORIA DE USUARIO AGREGAR TIEMPO ADICIONAL EN PANTALLA

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 6	Nombre: Agregar tiempo adicional en pantalla
Requerimiento: RF06	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador podrá colocar tiempo adicional a los periodos del partido personalizado que este en ejecución en la pantalla de la cancha sintética.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Se mostrará una notificación de confirmación de que se realizó correctamente la adición del tiempo al partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética. • Se mostrará una notificación de ejecución incorrecta del tiempo adicional si esta cualquier otra actividad en la pantalla de la cancha sintética que no sea un partido personalizado. 	
Observaciones	El administrador debe estar autenticado en la aplicación web a través de su usuario y contraseña.

TABLA XVIII. HISTORIA DE USUARIO PUBLICAR TEXTO EN PANTALLA

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 7	Nombre: Publicar texto en pantalla
Requerimiento: RF07	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador podrá ingresar una cadena de texto para que posteriormente pueda ser visualizada en la pantalla de la cancha sintética.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Se mostrará una notificación de confirmación de que se realizó correctamente la publicación de texto en la pantalla de la cancha sintética. • Se validará que el campo de ingreso de la cadena de texto a publicar no sea vacío. • Se mostrará una notificación de ejecución incorrecta de la publicación de texto si está en juego un partido o partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética. 	
Observaciones	El administrador debe estar autenticado en la aplicación web a través de su usuario y contraseña.

TABLA XIX. HISTORIA DE USUARIO CANCELAR ACTIVIDAD EN PANTALLA

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 8	Nombre: Cancelar actividad en pantalla
Requerimiento: RF08	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador podrá cancelar la actividad que se esté ejecutando en la pantalla de la cancha sintética.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> • Se mostrará una notificación de confirmación de que se realizó correctamente la cancelación de la actividad en la pantalla de la cancha sintética. 	
Observaciones	El administrador debe estar autenticado en la aplicación web a través de su usuario y contraseña.

TABLA XX. HISTORIA DE USUARIO CONTROLAR ILUMINACIÓN

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 9	Nombre: Controlar Iluminación
Requerimiento: RF09	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador podrá encender y apagar cada uno de los reflectores de la cancha sintética.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> Se mostrará una notificación de confirmación de que se encendió o se apagó correctamente el reflector seleccionado de la cancha sintética. 	
Observaciones	El administrador debe estar autenticado en la aplicación web a través de su usuario y contraseña.

TABLA XXI. HISTORIA DE USUARIO VISUALIZAR TEMPERATURA Y HUMEDAD

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 10	Nombre: Visualizar temperatura y humedad
Requerimiento: RF10	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador podrá visualizar los valores de temperatura y humedad que existe en la cancha sintética.	
Criterios de aceptación: Ninguno	
Observaciones	El administrador debe estar autenticado en la aplicación web a través de su usuario y contraseña.

TABLA XXII. HISTORIA DE USUARIO CONTROLAR VENTILACIÓN

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 11	Nombre: Controlar Ventilación
Requerimiento: RF11	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador podrá encender y apagar cada uno de los ventiladores de la cancha sintética.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> Se mostrará una notificación de confirmación de que se encendió o se apagó correctamente el ventilador seleccionado de la cancha sintética. 	
Observaciones	El administrador debe estar autenticado en la aplicación web a través de su usuario y contraseña.

TABLA XXIII. HISTORIA DE USUARIO ACCIONAR ALARMA

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 12	Nombre: Accionar alarma
Requerimiento: RF12	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: En la aplicación web el administrador podrá accionar la alarma de la cancha sintética.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> Se mostrará una notificación de confirmación de que se acciono correctamente la alarma de la cancha sintética. 	
Observaciones	El administrador debe estar autenticado en la aplicación web a través de su usuario y contraseña.

TABLA XXIV. HISTORIA DE USUARIO NOTIFICAR PARTIDO TERMINADO

HISTORIA DE USUARIO	
Numero: 13	Nombre: Notificar partido terminado
Requerimiento: RF13	Usuario: Administrador
Prioridad en Negocio: Alta (Alta / Medio / Bajo)	Iteración Asignada: 1
Riesgo en Desarrollo: Medio (Alto / Medio / Bajo)	Puntos Estimados: 1
Descripción: El administrador será informado cada vez que finalice un partido de fútbol en las instalaciones a través de un correo eléctrico así como también en la aplicación web donde se desplegara automáticamente una notificación para apagar todos los dispositivos electrónicos de la cancha sintética.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> Se mostrará una notificación de confirmación de haberse apagado correctamente los dispositivos electrónicos de la cancha sintética. 	
Observaciones	El administrador debe estar autenticado en la aplicación web a través de su usuario y contraseña.

6.2.1.4. Estimación de historias de usuario

En la siguiente tabla se muestra la estimación del tiempo de cada una de las historias de usuario establecidas.

TABLA XXV. ESTIMACIÓN DE HISTORIAS DE USUARIO

Modulo	Nro.	Nombre de historia de usuario	Tiempo Estimado		
			Semanas	Días	Horas
Gestión de usuario	1	Iniciar sesión	1	7	17
	2	Cambiar contraseña	0.57	4	9
	3	Recuperar contraseña	1.14	8	18
Administración de los dispositivos electrónicos de la cancha	4	Iniciar partido en pantalla	0.57	4	10
	5	Iniciar partido personalizado en pantalla	1	7	17
	6	Agregar tiempo adicional en pantalla	0.57	4	10
	7	Publicar texto en pantalla	0.71	5	12
	8	Cancelar actividad en pantalla	0.57	4	9
	9	Controlar Iluminación	1	7	17
	10	Visualizar temperatura y humedad	0.85	6	15
	11	Controlar Ventilación	1	7	17
	12	Accionar alarma	0.71	5	12
	13	Notificar partido terminado	0.71	5	13

6.2.2. Diseño

En la fase de diseño de acuerdo a la metodología XP se establece la arquitectura del sistema, el diagrama de clases, el diagrama entidad-relación y las tarjetas CRC. Además se realiza el diagrama de conexión, el diagrama de flujo y los diagramas de actividades para especificar de una mejor manera los procesos y conexiones de la aplicación web.

6.2.2.1. Arquitectura del sistema

A continuación se detalla todos los elementos que conforman la arquitectura del sistema propuesto en la Figura 62.

- **Administrador:** Persona encargada de utilizar la plataforma web de administración.
- **Servidor:** El servidor es el encargado de enviar y recibir los datos de los microcontroladores, además es donde está alojada la aplicación web.
- **Base de datos:** Almacena los datos de la cuenta de usuario del administrador en la aplicación web.

- **Microcontrolador:** Sistemas embebidos utilizados para el funcionamiento de los sensores y actuadores.
- **Actuadores:** Dispositivos electrónicos instalados en el prototipo como leds, ventiladores, pulsadores, entre otros.
- **Sensor:** Dispositivo electrónico instalado en el prototipo para medir la temperatura y la humedad de la cancha sintética.

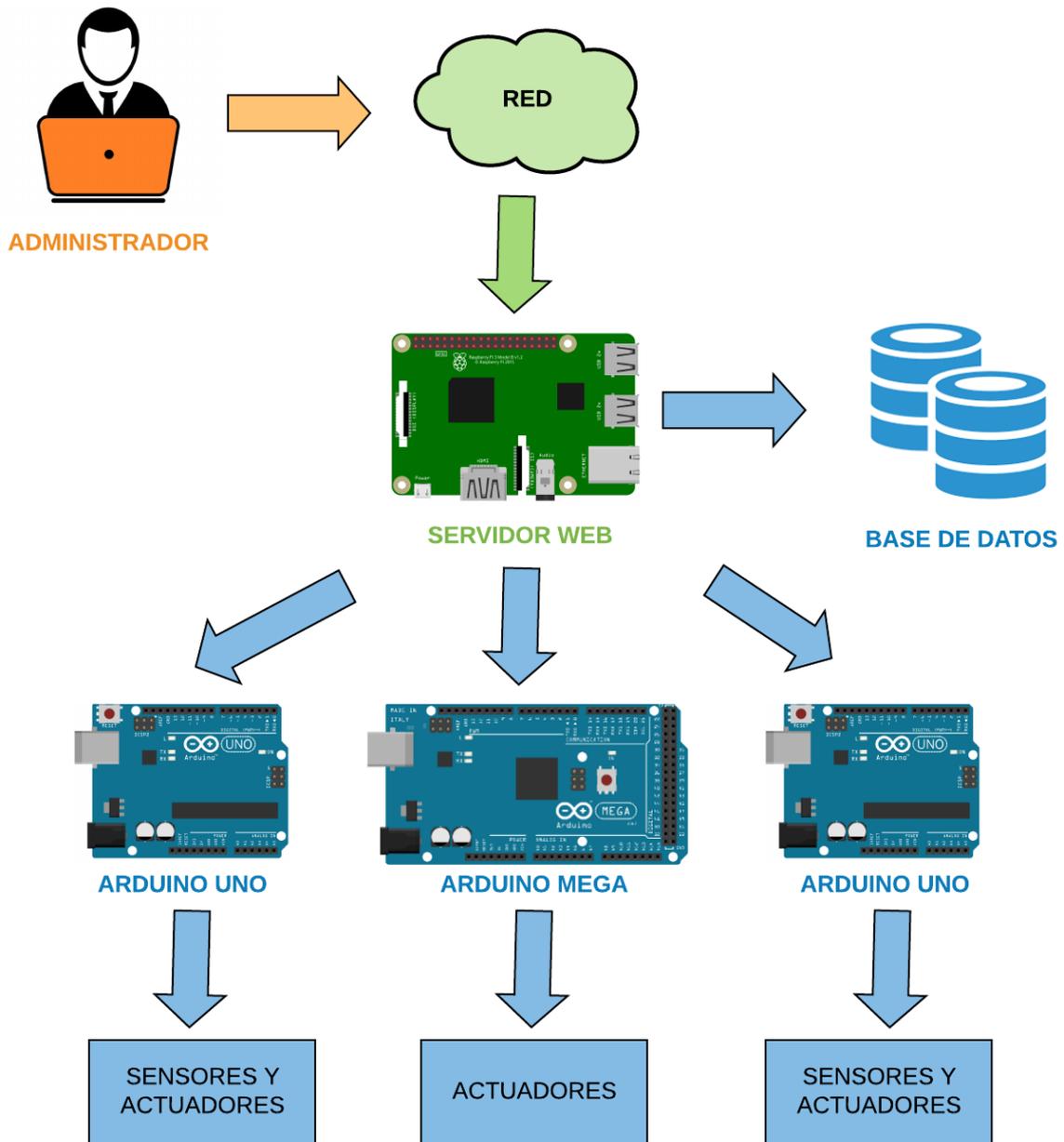


Figura 62. Arquitectura del Sistema

6.2.2.2. Arquitectura del sistema por capas

La aplicación web está estructurada mediante el modelo de 3 capas que se detalla a continuación:

- **Capa de datos:** Será donde se gestione todo lo relativo a la base de datos como también lo concerniente a la obtención de valores de los dispositivos electrónicos a través de los microcontroladores.
- **Capa de negocio:** En esta capa se gestiona la lógica de la aplicación web. Es donde se realiza la comunicación servidor-usuario y servidor-microcontrolador para la administración de los dispositivos electrónicos.
- **Capa de presentación:** En esta capa se crea la interfaz del usuario, su función es pasarle las acciones que realice el administrador mediante la aplicación web a la capa de negocio.

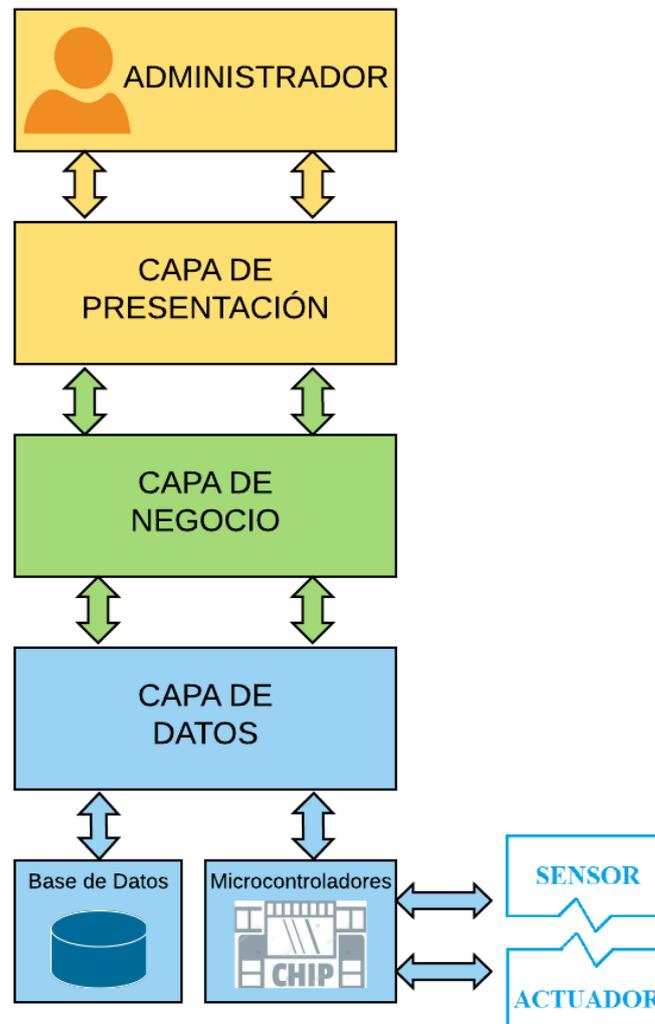


Figura 63. Arquitectura del Sistema por Capas

6.2.2.3. Diagrama de conexión

Se realizan dos tipos de comunicaciones desde el servidor, la primera a cada microcontrolador y la segunda al usuario mediante las peticiones que realiza mediante la interfaz gráfica de la aplicación web, como se muestra en la Figura 64.

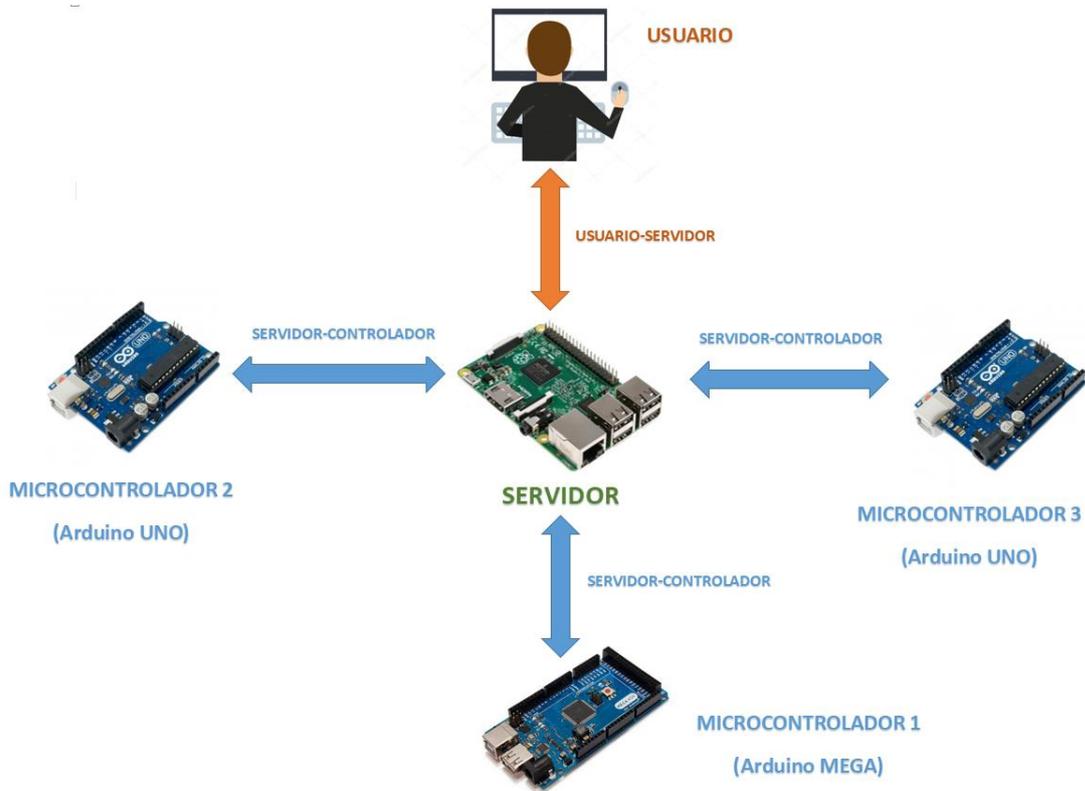


Figura 64. Diagrama de conexión

6.2.2.4. Diagramas de flujo

Para un mayor especificación de como se llevan a cabo las conexiones entre servidor-controlador y servidor-usuario se realiza el diagrama de flujo de cada una de ellas como se muestra en las Figuras 65 y 66 respectivamente.

➤ **Servidor-Controlador**

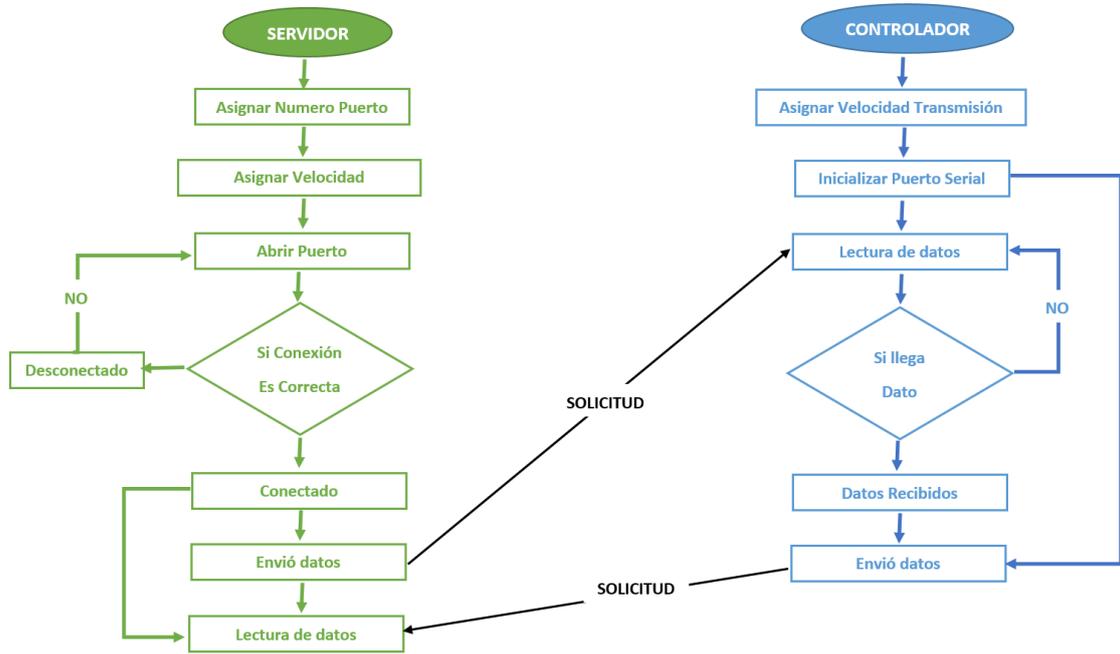


Figura 65. Diagrama de flujo servidor - controlador

➤ **Servidor-Usuario**

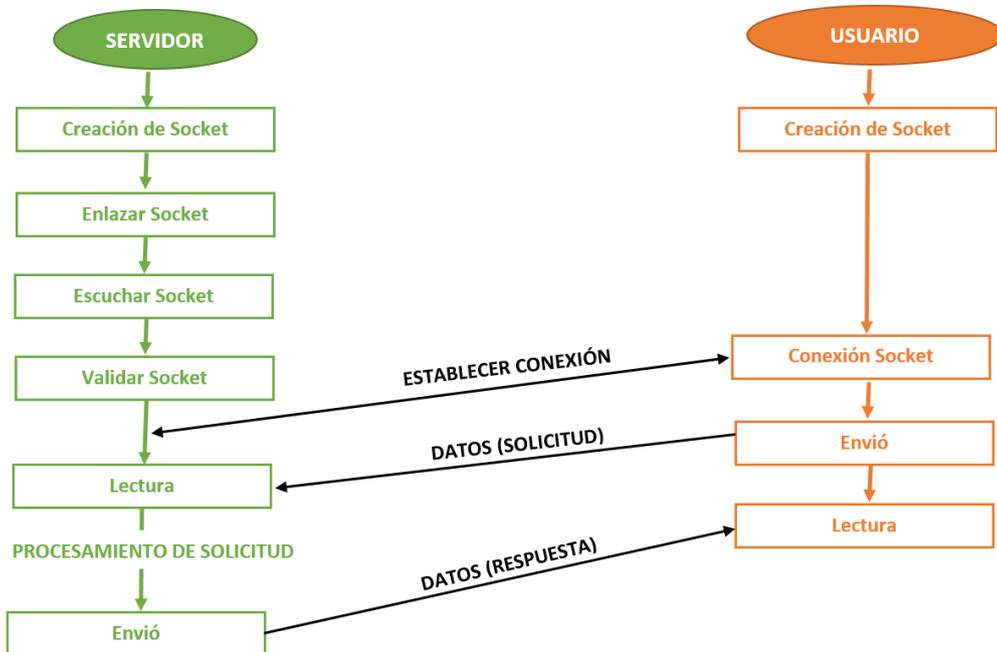


Figura 66. Diagrama de flujo servidor - usuario

6.2.2.5. Diagrama de clases

El diagrama de clases permite identificar las relaciones entre las clases que están involucradas en el sistema.

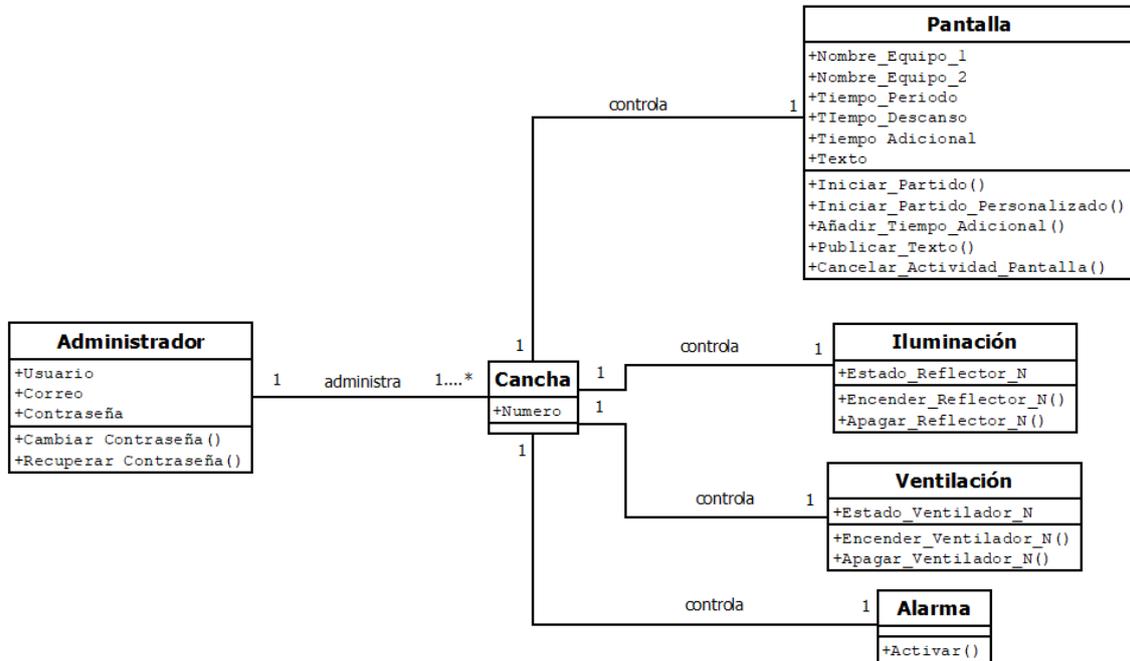


Figura 67. Diagrama de clases

6.2.2.6. Modelo Entidad Relación

El diagrama entidad-relación permite describir mediante la definición de entidades con sus respectivos atributos la información del sistema, en la aplicación web se va a tener una sola entidad que es la de administrador para poder gestionar su acceso al sistema.

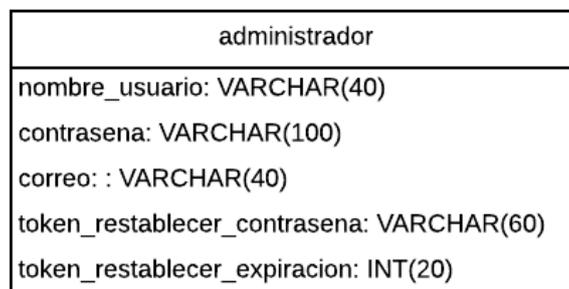


Figura 68. Diagrama Entidad Relación

6.2.2.7. Tarjetas CRC

La metodología de desarrollo XP promueve el uso de tarjetas CRC (Clase-Responsabilidad-Colaboración) con el fin de que se establezcan las clases, atributos y métodos que se estén utilizando dentro de las aplicaciones.

TABLA XXVI. TARJETA CRC ADMINISTRADOR

ADMINISTRADOR	
Responsabilidad	Colaboración
<ul style="list-style-type: none"> • Administrar las funcionalidades de la pantalla de la cancha sintética • Administrar la iluminación de la cancha sintética • Administrar la ventilación de la cancha sintética • Administrar la alarma de la cancha sintética 	<ul style="list-style-type: none"> • Pantalla • Ventilación • Iluminación • Alarma

TABLA XXVII. TARJETA CRC PANTALLA

PANTALLA	
Responsabilidad	Colaboración
<ul style="list-style-type: none"> • Iniciar Partido • Iniciar Partido Personalizado • Agregar tiempo adicional • Publicar texto • Cancelar Actividad 	<ul style="list-style-type: none"> • Administrador • Pantalla GLCD

TABLA XXVIII. TARJETA CRC VENTILACIÓN

VENTILACIÓN	
Responsabilidad	Colaboración
<ul style="list-style-type: none"> • Encender Ventiladores • Apagar Ventiladores • Visualizar temperatura y humedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Administrador • Ventiladores • Sensor

TABLA XXIX. TARJETA CRC ILUMINACIÓN

ILUMINACIÓN	
Responsabilidad	Colaboración
<ul style="list-style-type: none"> • Encender Reflectores • Apagar Reflectores 	<ul style="list-style-type: none"> • Administrador • Leds

TABLA XXX. TARJETA CRC ALARMA

ALARMA	
Responsabilidad	Colaboración
<ul style="list-style-type: none"> • Accionar Alarma 	<ul style="list-style-type: none"> • Administrador • Módulo ISD1820 • Bocina

6.2.2.8. Diagramas de Actividades

Se realiza los diagramas de actividades para indicar de una mejor forma la interacción entre el administrador, el sistema de la aplicación web y el prototipo de la cancha sintética.

➤ Módulo de Pantalla

Se realiza el diagrama de actividad de los procesos iniciar partido, iniciar partido personalizado, tiempo adicional, publicación de texto y cancelar actividad.

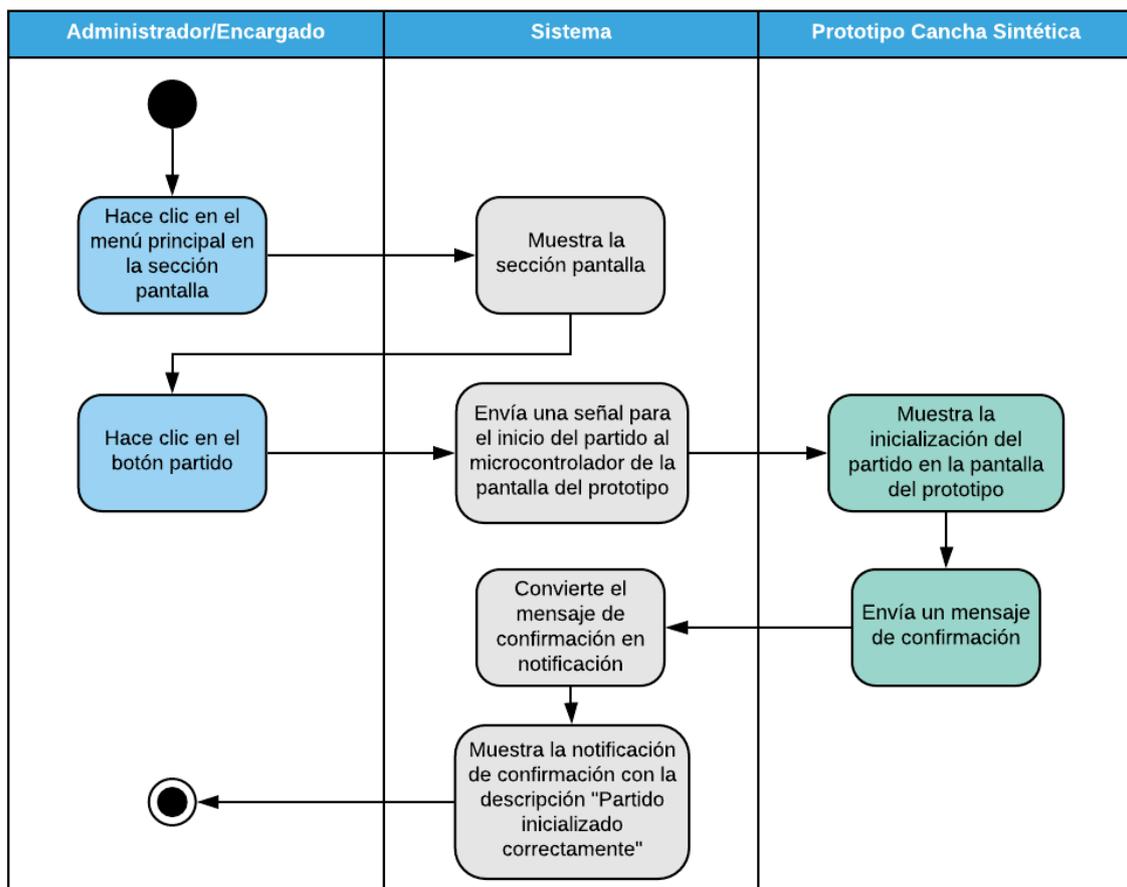


Figura 69. Diagrama de Actividad Iniciar Partido

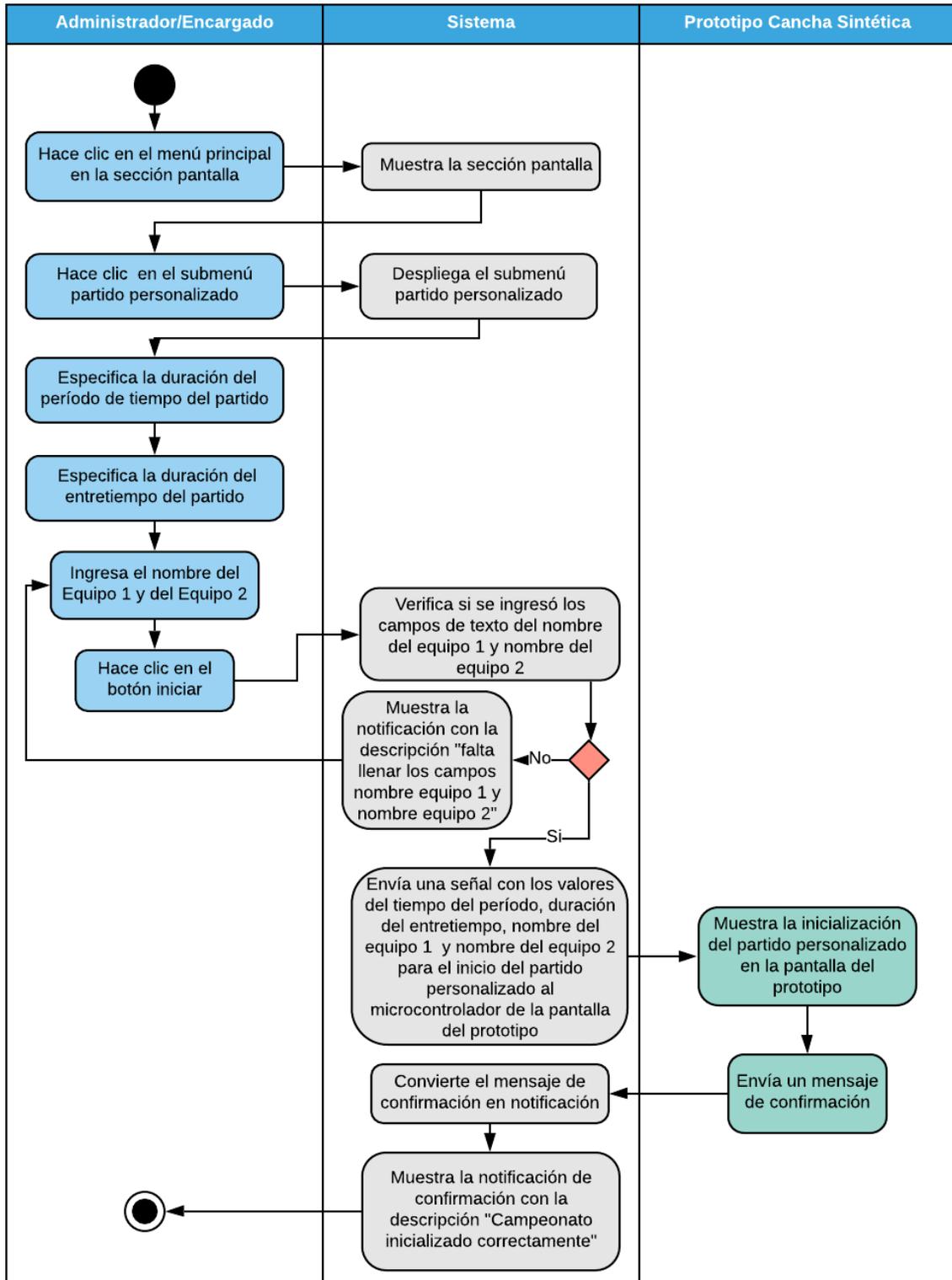


Figura 70. Diagrama de Actividad Iniciar Partido Personalizado

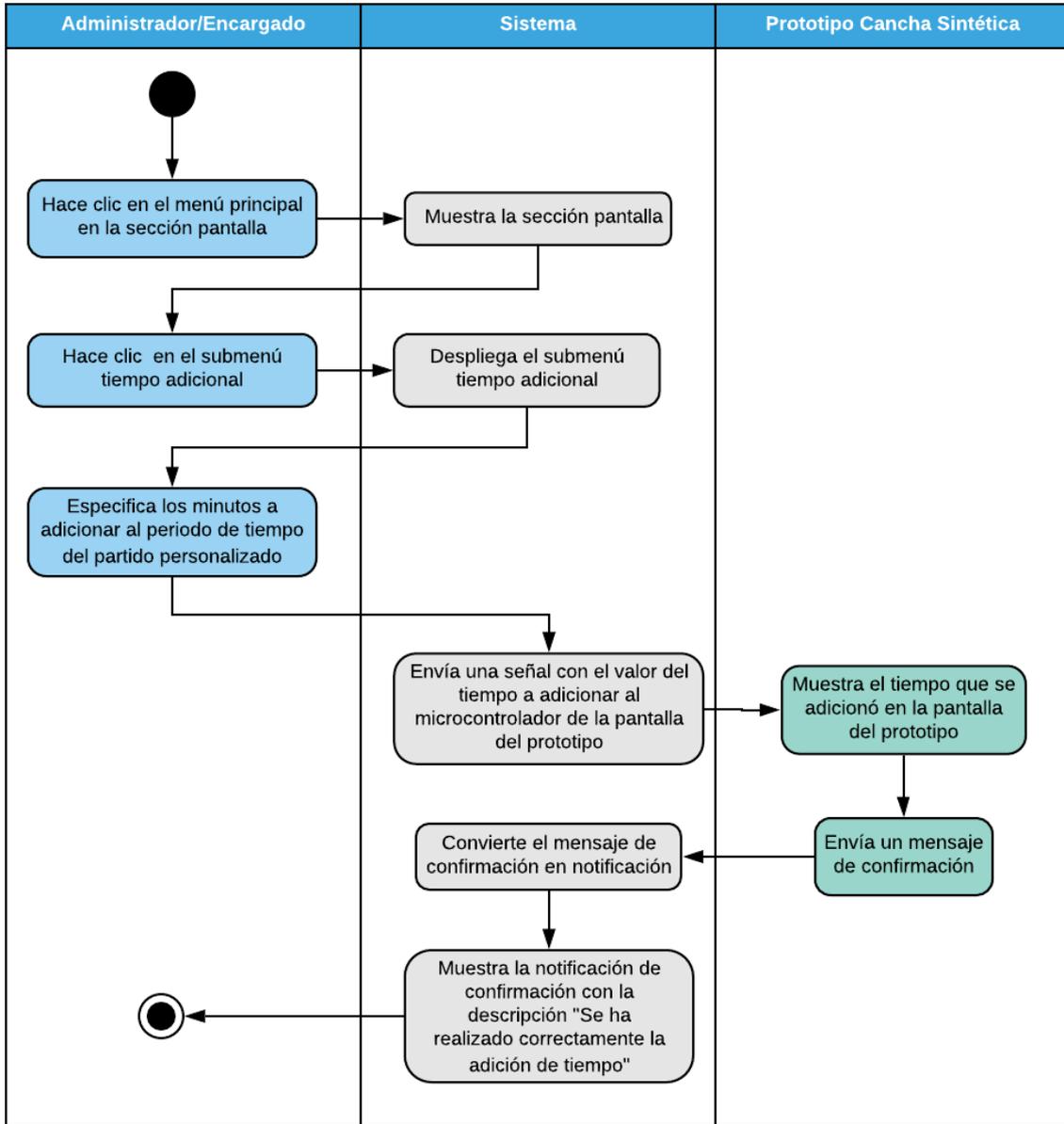


Figura 71. Diagrama de Actividad Tiempo Adicional

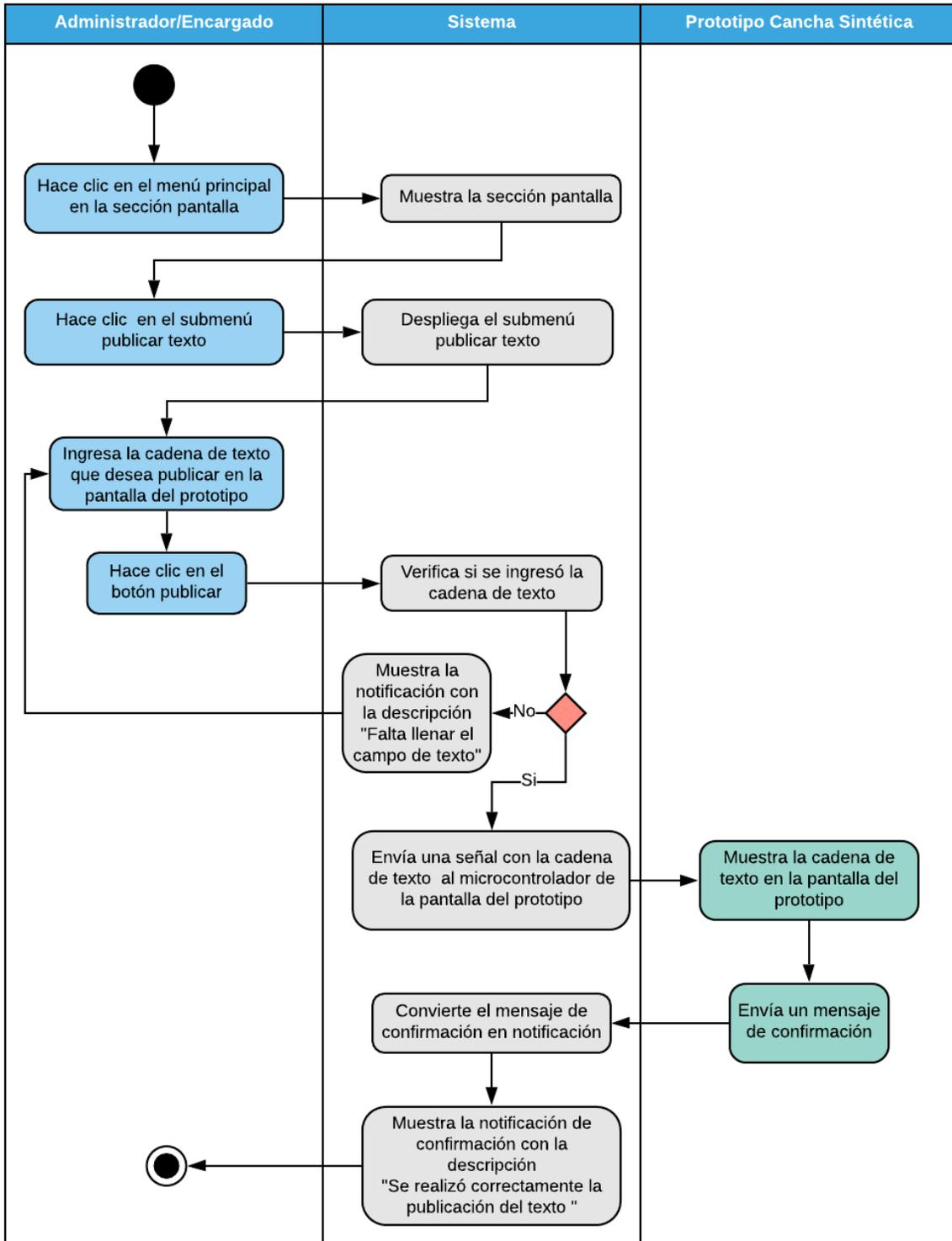


Figura 72. Diagrama de Actividad Publicar Texto

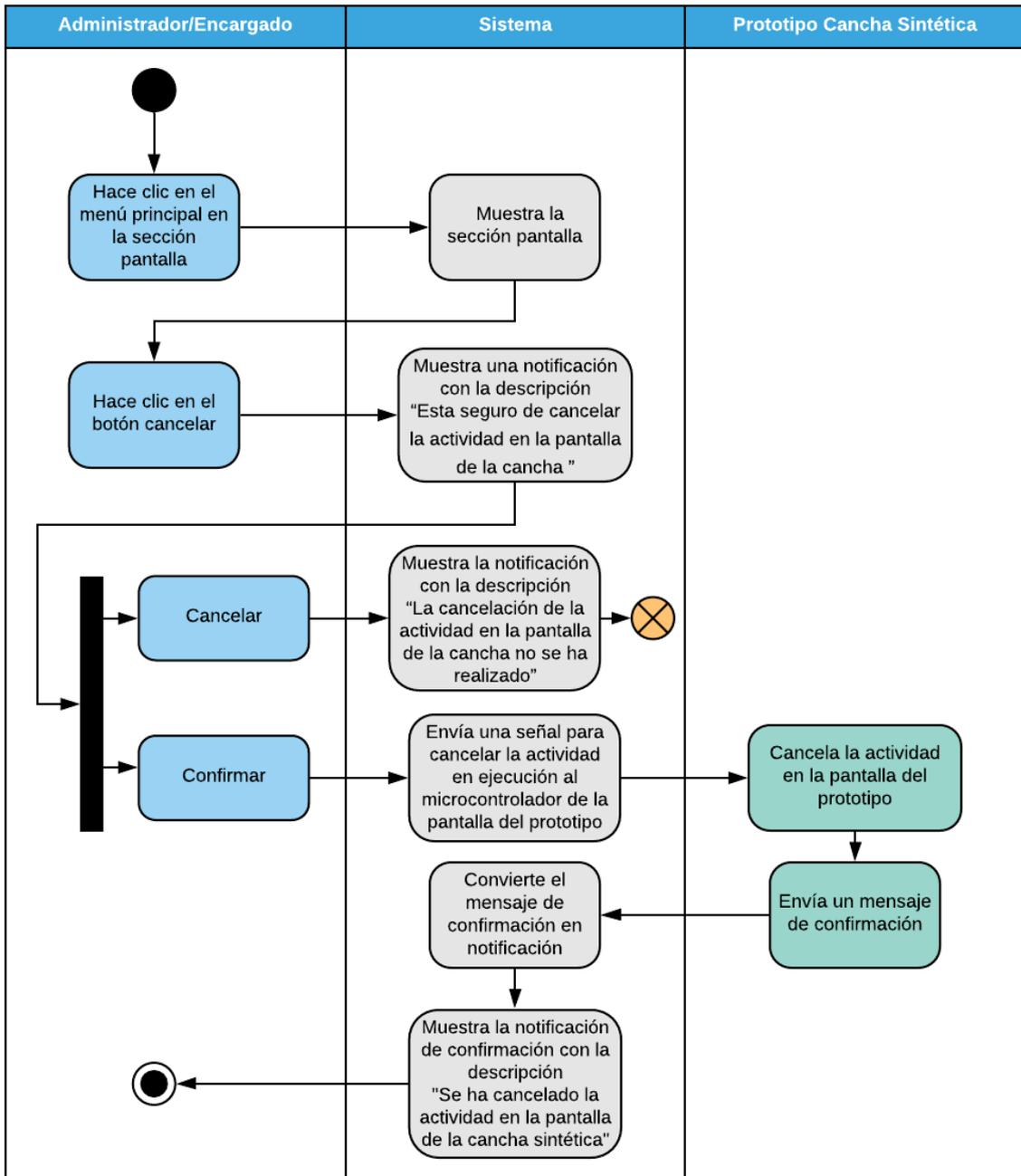


Figura 73. Diagrama de Actividades Cancelar Actividad

➤ **Módulo de Iluminación**

Se realiza el diagrama de actividad de los procesos de encender reflector y apagar reflector.

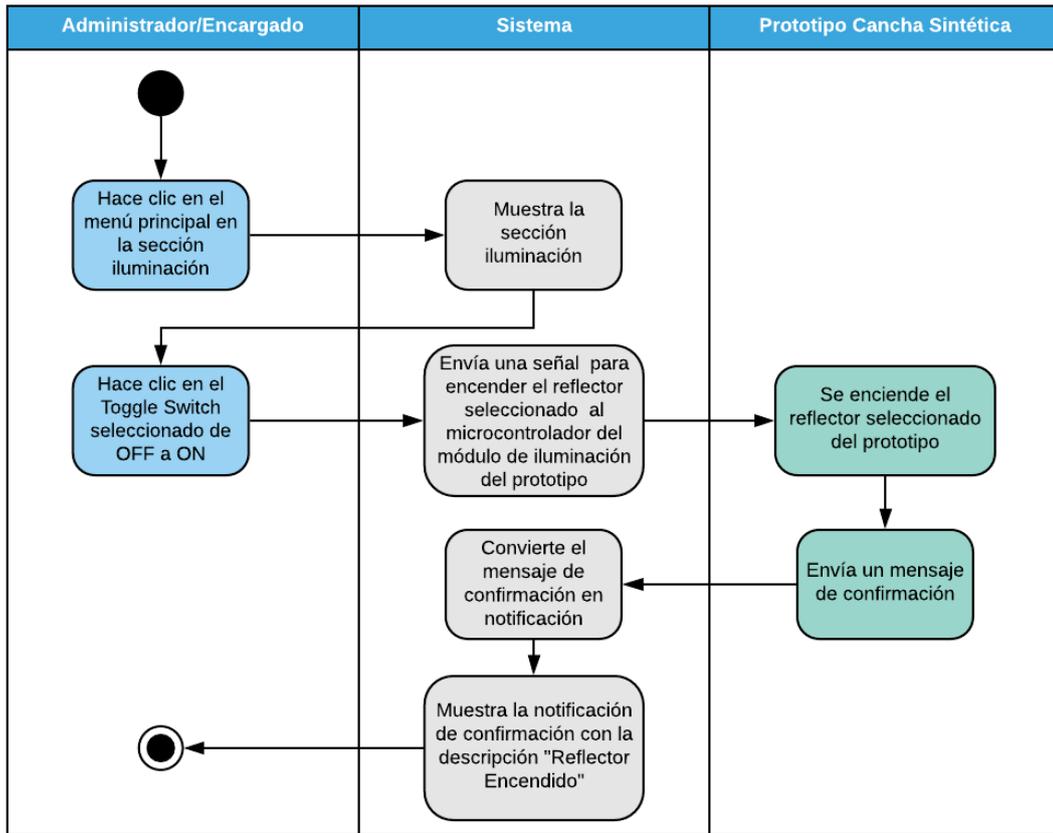


Figura 74. Diagrama de Actividad Encender Reflector

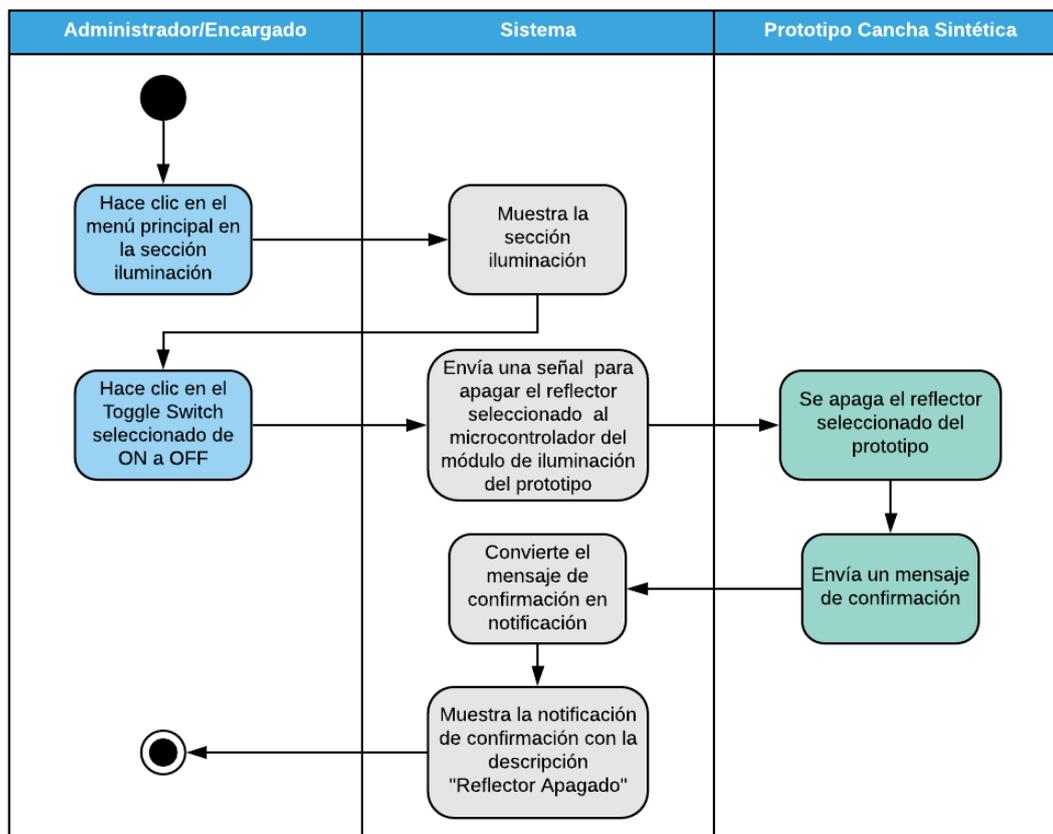


Figura 75. Diagrama de Actividad Apagar Reflector.

➤ **Módulo de Ventilación**

Se realiza el diagrama de actividad de los procesos de encender ventilador, apagar ventilador y la de obtención de los valores del sensor de temperatura y humedad.

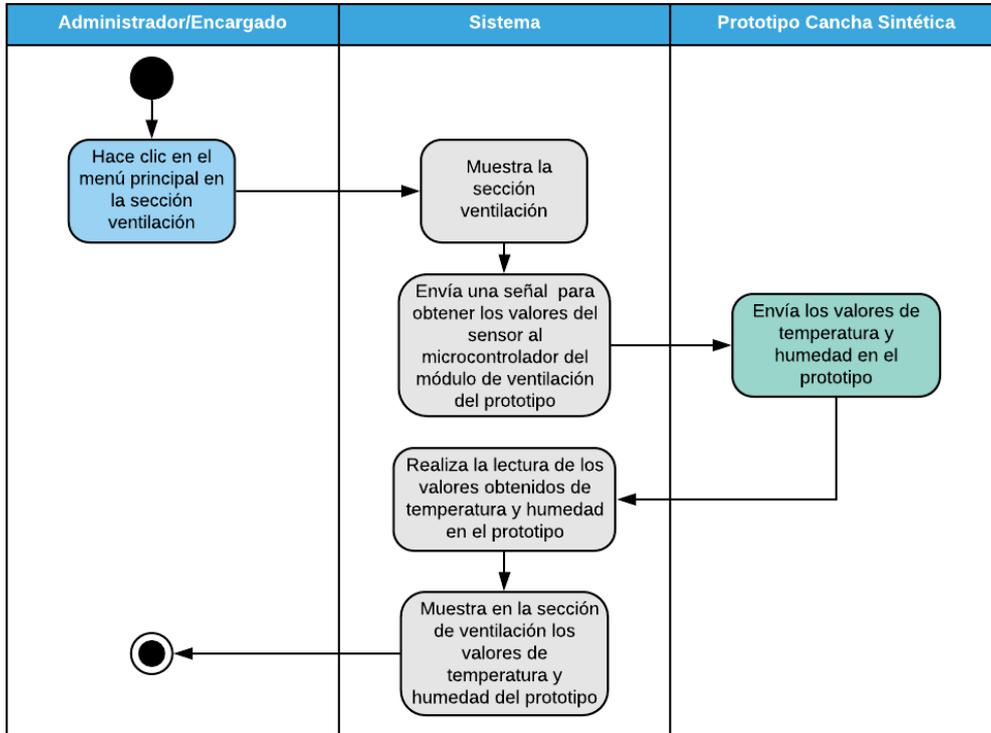


Figura 76. Diagrama de Actividad Visualizar Temperatura y Humedad

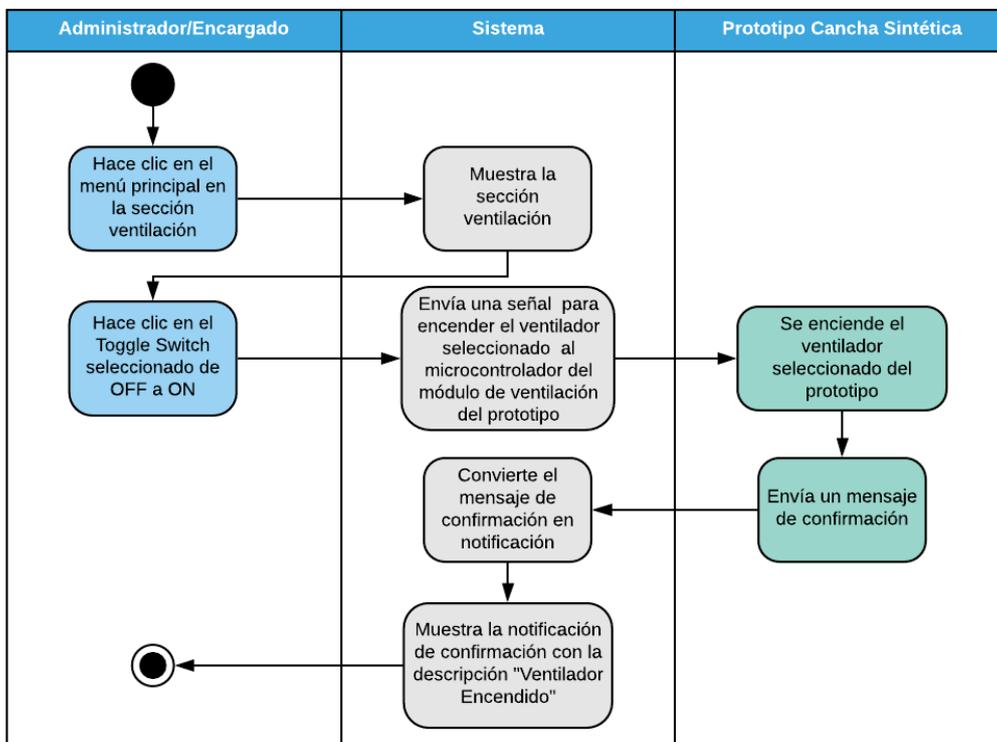


Figura 77. Diagrama de Actividad Encender Ventilador

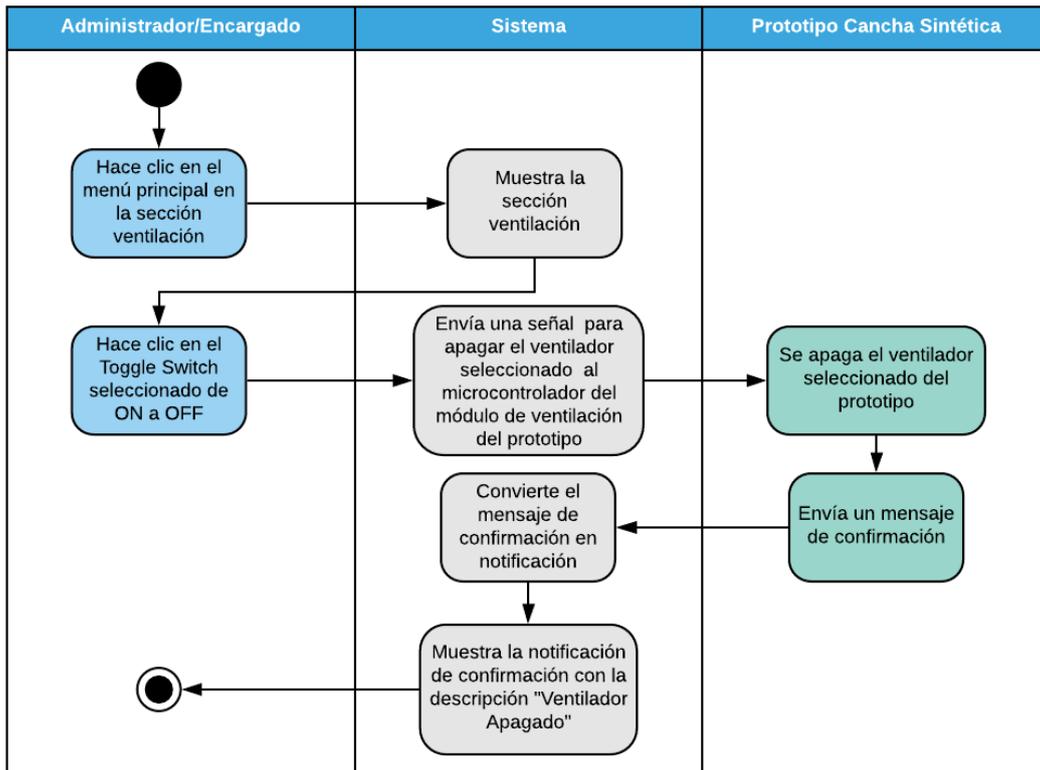


Figura 78. Diagrama de Actividad Apagar Ventilador

➤ **Módulo de Alarma**

Se realiza el diagrama de actividad del proceso de accionamiento de la alarma.

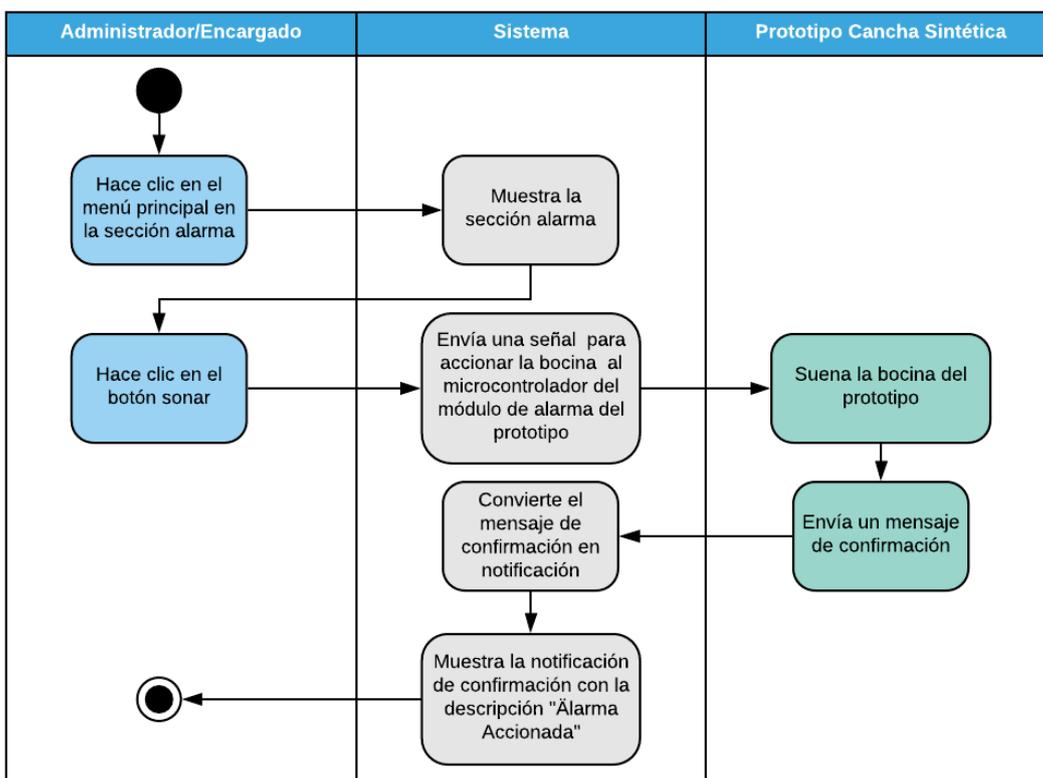


Figura 79. Diagrama de Actividad Accionar Alarma

➤ **Notificación de partido terminado**

Se realiza el diagrama de actividad del proceso de notificación cuando termina un partido o partido personalizado de la cancha sintética.

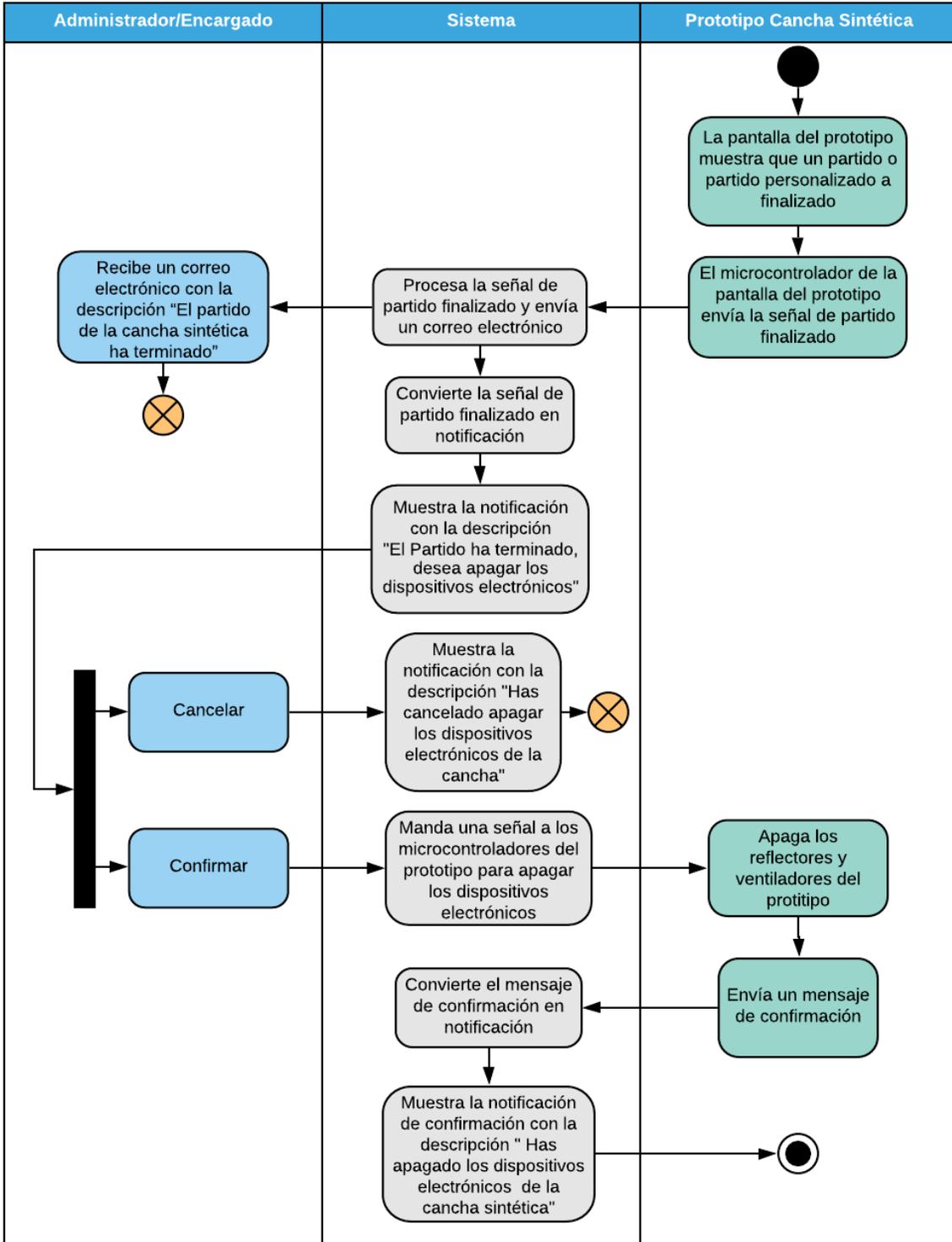


Figura 80. Diagrama de Actividad Partido Terminado

➤ **Conmutación de interruptores**

Como se va a tener interruptores físicos de iluminación y ventilación en la cancha sintética, puesto que los actores especificados anteriormente (ver sección 6.1.2) van a operar como un sensor para obtener un mayor confort dentro de la misma, por lo que toda acción que se realice en los interruptores de la cancha podrá observarse en los Toggle Switch de la aplicación web al encontrarse conmutados. Como los interruptores de iluminación, ventilación ejecutan el mismo proceso se realiza un diagrama de actividad común para ambos en el caso del cambio de estado de encendido a apagado y viceversa.

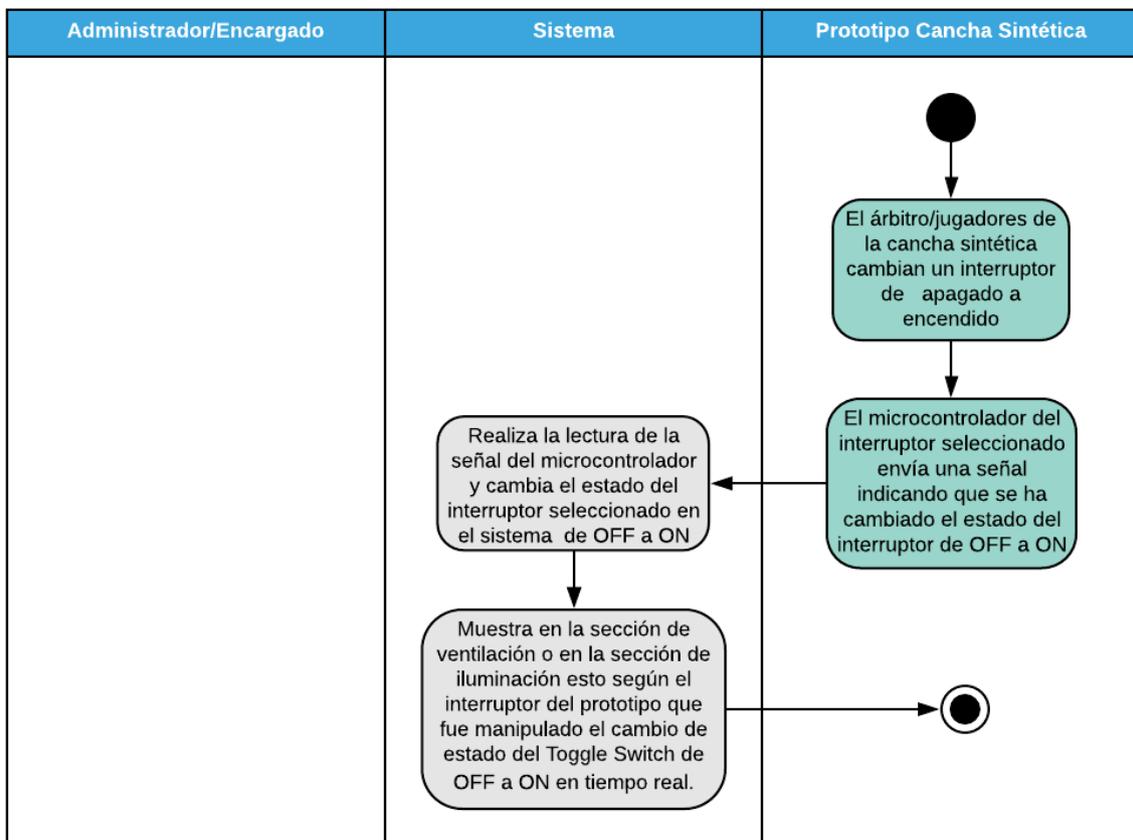


Figura 81. Diagrama de Actividad Encender Interruptor Conmutado

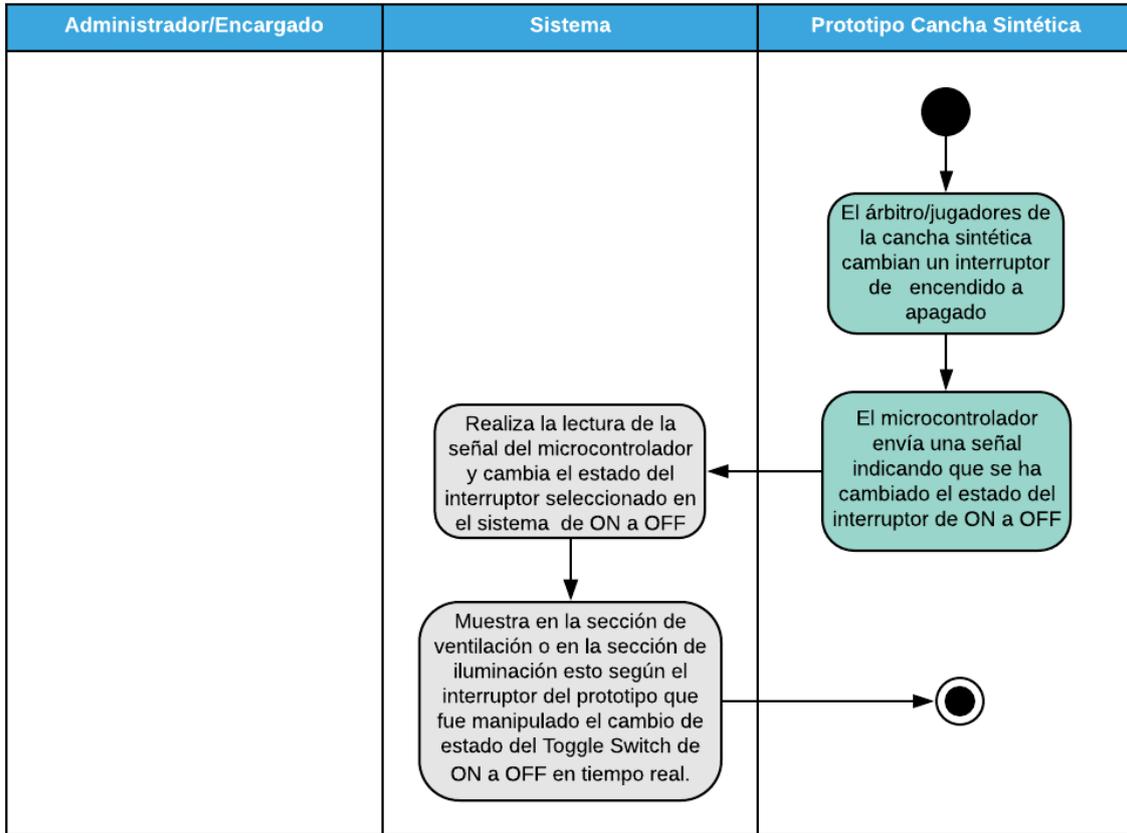


Figura 82. Diagrama de Actividad Apagar Interruptor Conmutado

6.2.2.9. Prototipos de la aplicación

En esta sección se presentan los prototipos principales de la aplicación web.

- **Pantalla de Acceso al Sistema:** Pantalla inicial por defecto donde se debe ingresar el usuario y contraseña para poder acceder al sistema.

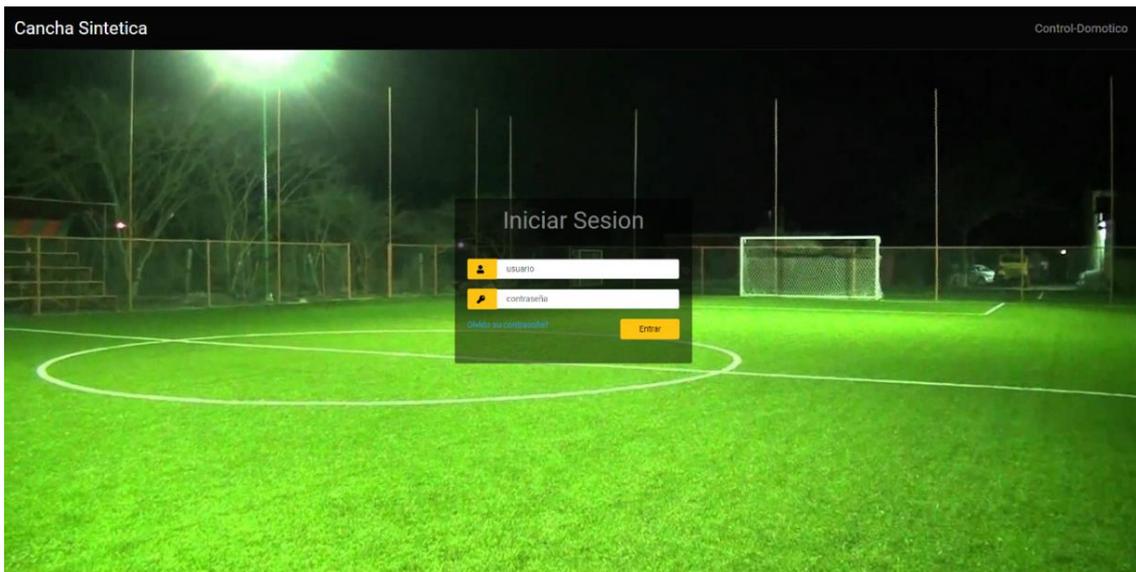


Figura 83. Pantalla acceso al sistema

- **Pantalla de Inicio:** Pantalla principal que se visualiza cuando se ingresa al sistema.

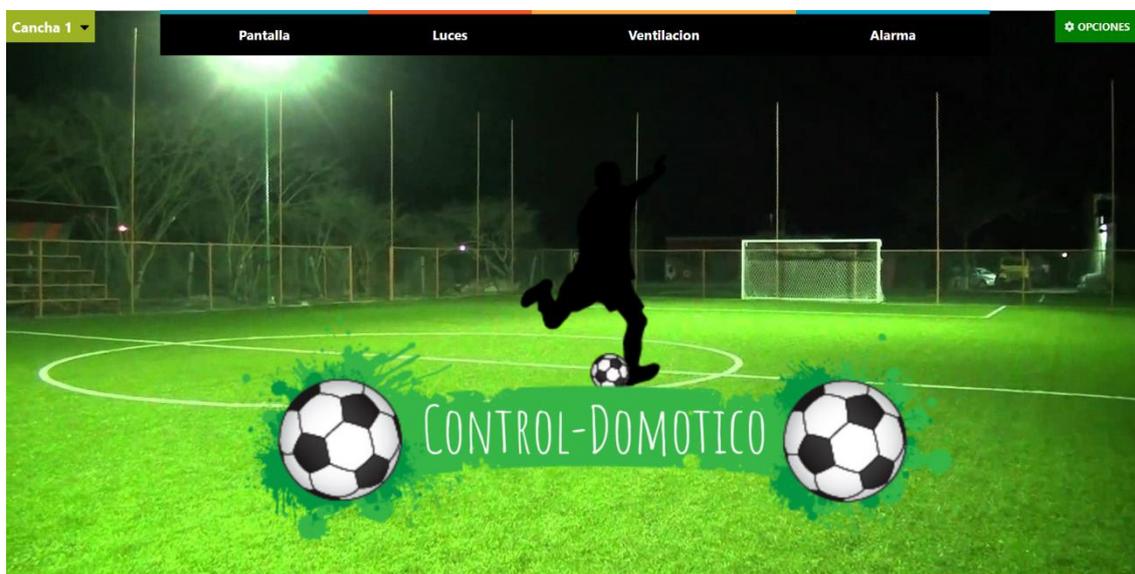


Figura 84. Pantalla principal del sistema

- **Pantalla de Administración de Pantalla:** En esta sección se realiza la ejecución de las funciones de la pantalla de la cancha sintética, donde se puede iniciar un partido o cancelar la actividad que se esté ejecutando en la pantalla de la cancha sintética.

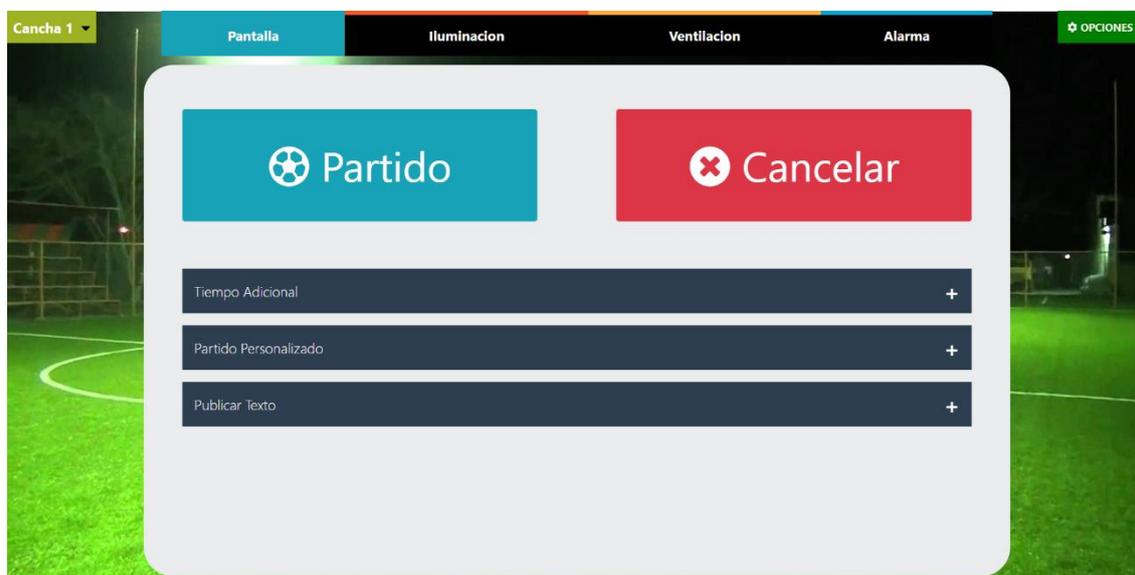


Figura 85. Pantalla administración de pantalla en cancha

- **Pantalla de tiempo adicional:** En la sección pantalla en el menú despegable tiempo adicional se especifica los minutos que se pueden agregar a un partido personalizado.

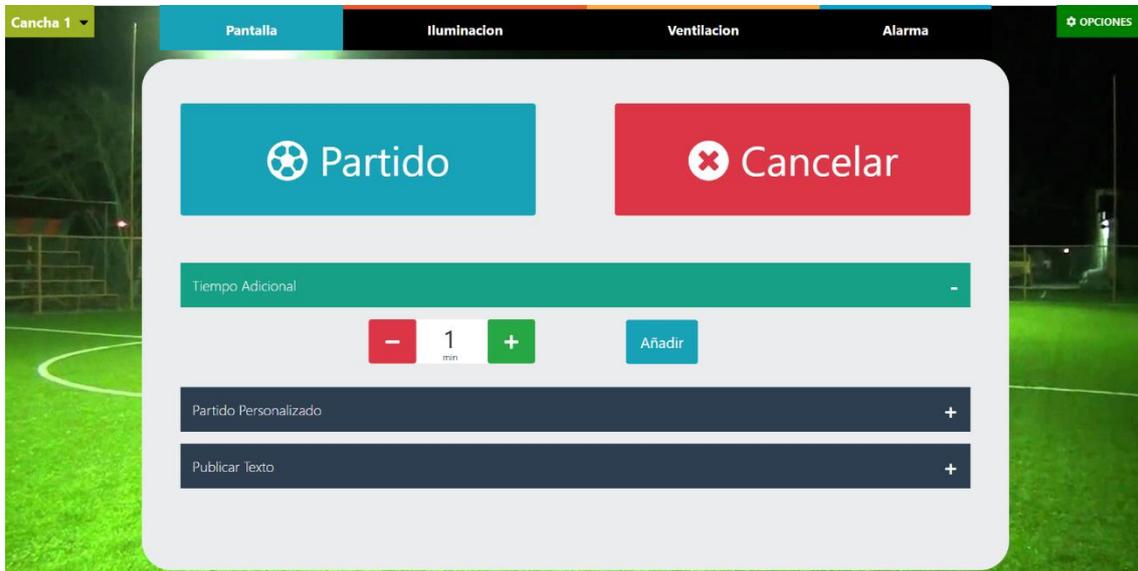


Figura 86. Pantalla tiempo adicional

- **Pantalla de partido personalizado:** En la sección pantalla en el menú despegable partido personalizado se especifica los parámetros duración del periodo de tiempo, duración del descanso, nombre del equipo uno y nombre del equipo dos, para que se pueda visualizar el partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética.

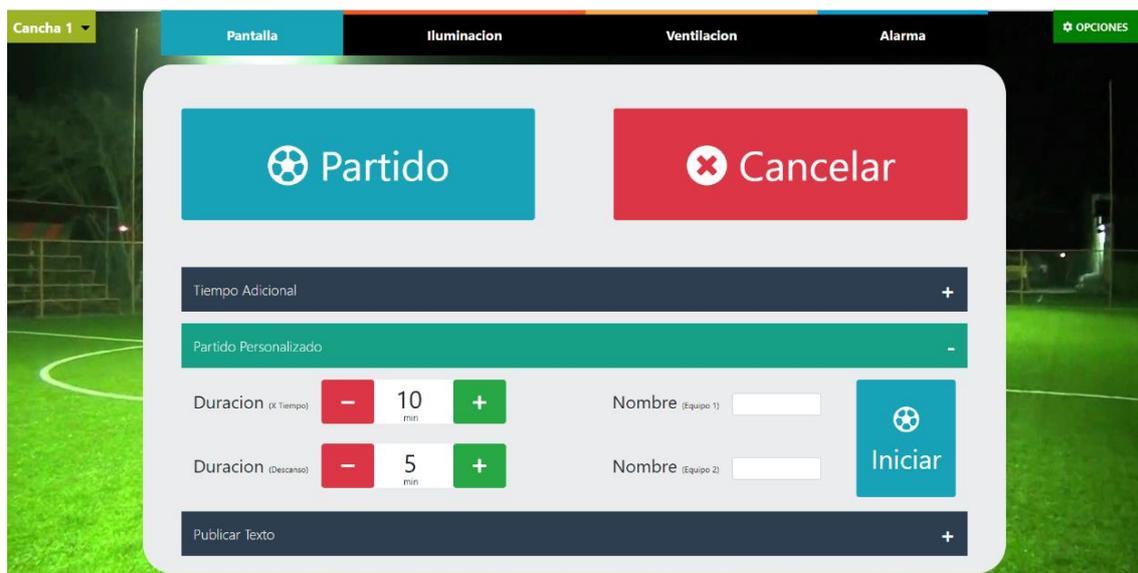


Figura 87. Pantalla partido personalizado

- **Pantalla de publicación de texto:** En la sección pantalla en el menú despegable publicar texto se tiene que especificar la cadena de texto para que pueda ser visualizada en la pantalla de la cancha sintética.

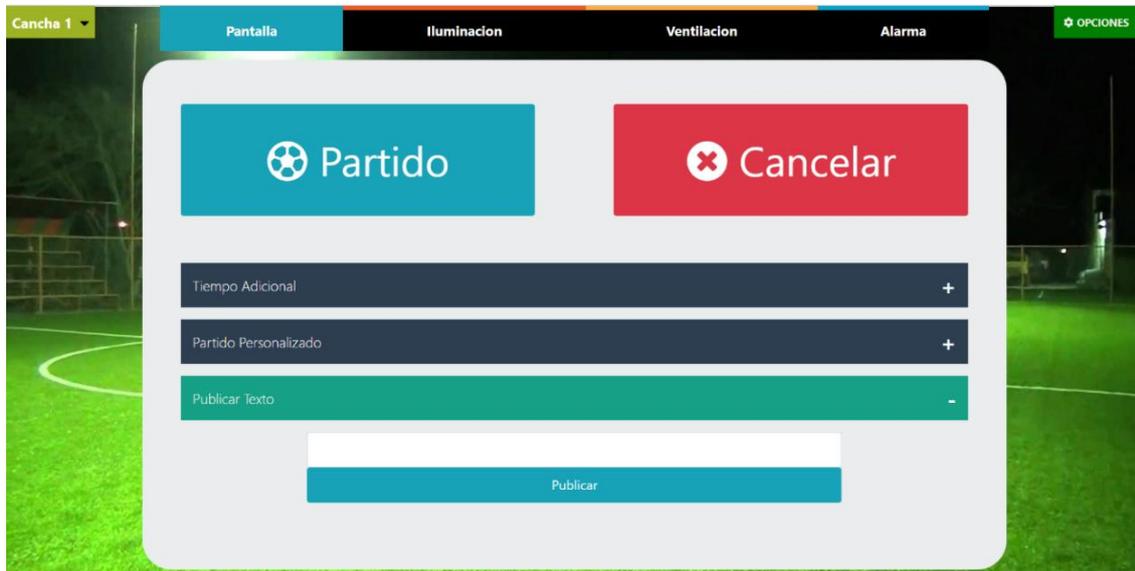


Figura 88. Pantalla publicación de texto

- **Pantalla de Administración de Iluminación:** En esta sección se realiza el control luminario de la cancha sintética, donde mediante el Toggle Switch se puede encender o apagar cada uno de los cuatro reflectores implementados.

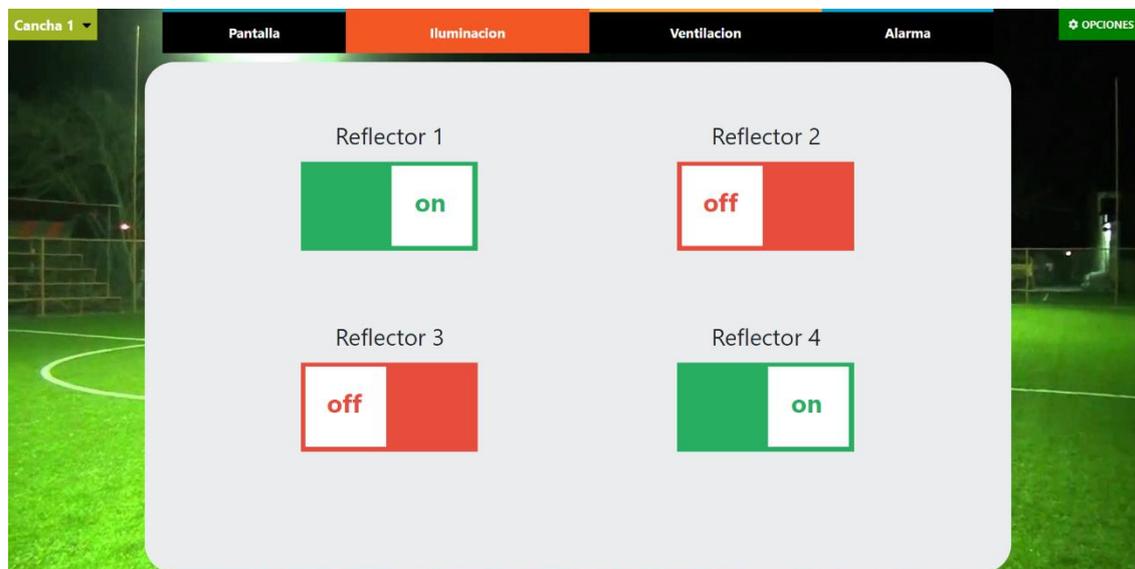


Figura 89. Pantalla administración de iluminación

- **Pantalla de Administración de Ventilación:** En esta sección se realiza el control de la ventilación de la cancha sintética, donde mediante el Toggle Switch se puede encender o apagar cada uno de los dos ventiladores implementados, además se puede visualizar cual es la temperatura y humedad en ese momento en la cancha sintética.

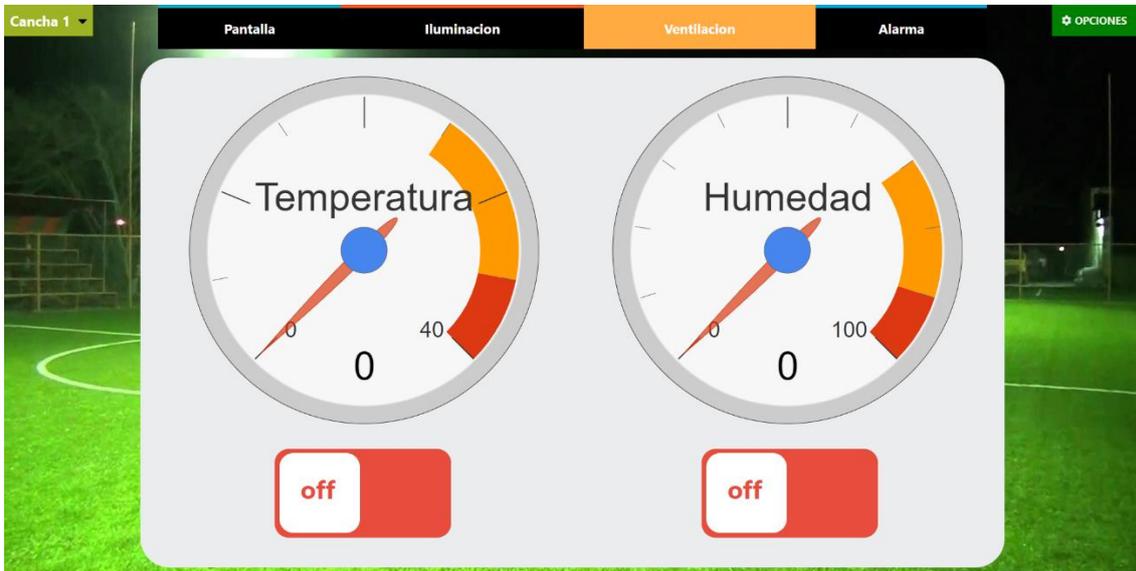


Figura 90. Pantalla administración de ventilación

- **Pantalla de Administración de Alarma:** En esta sección se podrá accionar la alarma que está implementada en la cancha sintética.

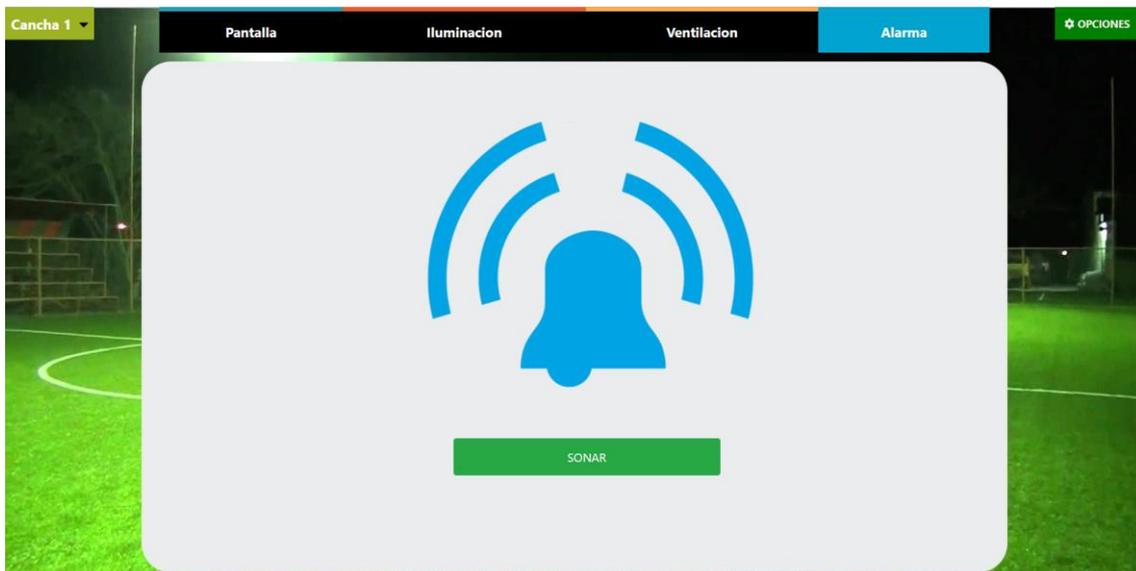


Figura 91. Pantalla administración de alarma

6.2.3. Codificación

En la fase de codificación de acuerdo a la metodología XP se establece los estándares de programación, posteriormente se especifica las herramientas que se utiliza para la implementación del software y se realiza la codificación de cada uno de los módulos de la aplicación web para la administración del prototipo de la cancha sintética de fútbol.

6.2.3.1. Patrón de Programación

Se utiliza el patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador, para separar la lógica de negocios de las vistas y el modelo.

6.2.3.2. Estándares de programación

Según la metodología Programación Extrema (XP), recomienda seguir un proceso de desarrollo definiendo estándares para mantener el código consistente y facilitar su comprensión y escalabilidad. Los estándares que se describen a continuación constituyen un conjunto de buenas prácticas para el desarrollo de software, las mismas que tiene como objetivo facilitar la comprensión del código. A continuación, se describen algunos estándares y patrones que se utilizarán para codificar:

- Todos los paquetes del directorio se encuentran en minúsculas.
- Todos los archivos del directorio se encuentran en minúsculas
- El código se encuentra comentado en ciertas partes, que se creyeron importantes para una mejor comprensión del mismo. Los comentarios siguen los siguientes formatos:

- Para comentar una línea de código:
`// Comentario.`
- Para comentar un conjunto de líneas de código
`/* Comentario
.....
*/`

6.2.3.3. Herramientas utilizadas para la implementación del software

Las herramientas que se utiliza durante el desarrollo de la aplicación web se describen a continuación:

- **Sistema Operativo Raspbian:** Sistema Operativo que se instala en la Raspberry Pi 3B.

- **JavaScript:** Lenguaje de programación interpretado, imperativo y dinámico que se utiliza para la codificación de la aplicación web.
- **Node.js:** Entorno de JavaScript de lado del servidor para la codificación, utiliza un modelo asíncrono y dirigido a eventos.
- **Expressjs:** Framework de Node.js que se utiliza para el desarrollo de la aplicación web.
- **Base de datos MongoDB:** Base de datos NOSQL que se utiliza en el sistema.
- **Passport:** Se implementa la librería para las sesiones de usuario.
- **Socket.IO:** Se implementa la librería para la comunicación entre el servidor y el usuario en tiempo real.
- **SerialPort:** Se implementa la librería para la comunicación del servidor con cada uno de los microcontroladores.
- **Alertifyjs:** Se implementa la librería para las notificaciones en la aplicación web.
- **Bootstrap:** Framework que se utiliza para el diseño de la aplicación web.
- **Nodemailer:** Se implementa la librería para el envío de correos para la recuperación de la contraseña del administrador.

6.2.3.4. Codificación de la comunicación servidor-usuario

Se implementa la librería Sockets.io para la comunicación del servidor con el usuario cuando realiza la administración de los dispositivos electrónicos de la cancha sintética mediante la interfaz gráfica de la aplicación web. En la Figura 92 se muestra el envío de datos mediante el evento emit de la librería cuando el usuario a través de la interfaz gráfica desea encender o apagar un reflector de la cancha sintética.

```

LuzEstado1.addEventListener("change", function() {
    luces.emit("Luz_1", Number(this.checked));
});
LuzEstado2.addEventListener("change", function() {
    luces.emit("Luz_2", Number(this.checked));
});
LuzEstado3.addEventListener("change", function() {
    luces.emit("Luz_3", Number(this.checked));
});
LuzEstado4.addEventListener("change", function() {
    luces.emit("Luz_4", Number(this.checked));
});

```

Figura 92. Código de envío de estado de los reflectores

Para la lectura en el servidor de los estados de los dispositivos electrónicos que son cambiados por el usuario a través de la interfaz gráfica se la realiza por medio del evento on de la librería. En la Figura 93 se muestra el evento on para la lectura del estado de un reflector de la cancha sintética.

```
luces.on('Luz_1', function (data) {
  Luz_1=data;
  if (data==1) {
    myPort.write("1", function(err) {
      if (err) {
        return false;
      }
    });
  }else{
    myPort.write("2", function(err) {
      if (err) {
        return false;
      }
    });
  }
});
```

Figura 93. Código recepción del estado de reflector

El servidor también envía los datos que recibe desde los microcontroladores a la interfaz gráfica de la aplicación web para que el usuario pueda visualizarlos, este procedimiento sucede en la obtención de los valores de temperatura y humedad de la cancha sintética. Se realiza el mismo procedimiento anteriormente explicado con los eventos on y emit pero de modo inverso.

6.2.3.5. Codificación de la comunicación servidor-controlador

Se implementa la librería SerialPort para que el servidor pueda comunicarse con cada uno de los microcontroladores, para lo cual se especifica el nombre del puerto a la que está conectado el microcontrolador, la velocidad de transmisión de datos y se procede a abrir el puerto con el evento on de la librería como se muestra en la Figura 94.

```
var myPort= new serialPort(puertoUno,{
  baudRate:9600
});

var Readline=serialPort.parsers.Readline;
var parser= new Readline();
myPort.pipe(parser);

myPort.on('open',function() {
  console.log("CONECCION CORRECTA "+puertoUno);
});

myPort.on('close', function(){
  console.log('ARDUINO CERRADO DEL PUERTO '+puertoUno);
  reconnectArd_UNO();
});
```

Figura 94. Código inicialización de comunicación a puerto serial

Para el envío de datos desde el servidor a los microcontroladores se la realiza mediante el evento write de la librería SerialPort. En la Figura 95 se muestra el envío del dato 1 a un microcontrolador para el accionamiento de un dispositivo electrónico.

```
myPort.write("1", function(err) {
  if (err) {
    return false;
  }
});
```

Figura 95. Código envío de datos por puerto serial

Cada vez que un microcontrolador envíe información al servidor este realiza la lectura de los datos mediante el evento on de la librería SerialPort. En la Figura 96 se muestra la lectura de los estados de los reflectores de la cancha sintética recibidos desde su microcontrolador.

```
parser.on('data', function(data){
  if(data.indexOf('State:') != -1){
    var arrayDeCadenas = data.replace("State:", "").split("/");
    if(arrayDeCadenas[0]=="Luz_1"){
      Luz_1= Number(arrayDeCadenas[1]);
      io.emit('Luz_1', Luz_1);
    }else if(arrayDeCadenas[0]=="Luz_2"){
      Luz_2=Number(arrayDeCadenas[1]);
      io.emit('Luz_2', Luz_2);
    }else if(arrayDeCadenas[0]=="Luz_3"){
      Luz_3=Number(arrayDeCadenas[1]);
      io.emit('Luz_3', Luz_3);
    }else if(arrayDeCadenas[0]=="Luz_4"){
      Luz_4=Number(arrayDeCadenas[1]);
      io.emit('Luz_4', Luz_4);
    }
  }else{
    io.emit('messages', {mensaje:data});
  }
});
```

Figura 96. Código lectura de entrada de datos por puerto serial

Esta codificación se realiza individualmente para cada uno de los tres microcontroladores siguiendo los mismos procedimientos para el envío y lectura de los datos mediante su puerto serial respectivo.

6.2.3.6. Codificación de Modulo de Autenticación

Se implementa el módulo de autenticación para el usuario que va a administrar la cancha sintética de fútbol para lo cual se utiliza la base de datos MongoDB y la librería Passport para la creación de una estrategia para la sesión de usuario.

Como se muestra Figura 97 se crea una estrategia local nombrada como local-signin donde se realiza la búsqueda en la base de datos de los datos usuario y contraseña que son ingresados por el administrador de la cancha sintética donde si la búsqueda resulta exitosa crea la sesión de usuario o caso contrario envía un mensaje de error.

```
passport.use('local-signin', new LocalStrategy({
  usernameField: 'user',
  passwordField: 'password',
  passReqToCallback: true
}, async (req, email, password, done) => {
  const user = await User.findOne({user: user});
  if(!user) {
    return done(null, false, req.flash('signinMessage', 'Usuario incorrecto'));
  }
  if(!user.comparePassword(password)) {
    return done(null, false, req.flash('signinMessage', 'Contraseña incorrecta'));
  }
  return done(null, user);
}));
```

Figura 97. Código estrategia para la autenticación

6.2.3.7. Codificación del módulo restauración de contraseña

Se implementa el módulo de restauración de contraseña mediante el envío de correos, por lo que se utiliza la librería Nodemailer.

En la Figura 98 se muestra los procesos que se realizan para el envío de correos, donde primero se crea Tokens para la conformación de los con links que van a ser enviados al correo, también se especifica la duración del Token en una hora, posterior a eso quedara caducado.

```
function(done) {
  crypto.randomBytes(20, function(err, buf) {
    var token = buf.toString('hex');
    done(err, token);
  });
},
function(token, done) {
  User.findOne({ email: req.body.email }, function(err, user) {
    if (!user) {
      req.flash('Message_error', 'Correo invalido');
      return res.redirect('/restablecer');
    }

    user.resetPasswordToken = token;
    user.resetPasswordExpires = Date.now() + 3600000; // 1 hour

    user.save(function(err) {
      done(err, token, user);
    });
  });
},
```

Figura 98. Código creación de Token

Se especifica el servicio de mensajería Gmail con el correo y contraseña de la cuenta asociada a la cancha sintética y se procede a redactar el mensaje a enviar con el link de redirección al formulario para el ingreso de la nueva contraseña como se muestra en la Figura 99.

```
function(token, user, done) {
  var smtpTransport = nodemailer.createTransport({
    service: 'gmail',
    auth: {
      user: correo,
      pass: contrasena,
    }
  });
  var mailOptions = {
    from: correo,
    to: user.email,
    subject: 'Reestablecer Contraseña Cancha Sintetica',
    text: 'Esta recibiendo este correo porque a solicitado'+
      '\nel reestablecimiento de la contraseña de su cuenta. \n\n'+
      'Haga clic en el siguiente enlace o pegue esto en su'+
      'navegador para completar el proceso:\n\n'+
      'http://' + req.headers.host + '/reset/' + token + '\n\n'+
      'Si no lo solicitó, ignore este correo electrónico y '+
      'su contraseña se mantendrá sin cambios.\n'
  };
}
```

Figura 99. Código creación de correo

Se muestra en la Figura 100 el método para la validación del Token una vez que el usuario redirige el link que fue enviado a su correo, donde si el Token es válido presentara el formulario para el ingreso de la nueva contraseña en caso contrario mandara un mensaje de error de link invalido y redirigirá al formulario para realizar de nuevo el proceso de envío del correo para el restablecimiento de la contraseña.

```
validartoken(req, res) {
  User.findOne({ resetPasswordToken: req.params.token,
    resetPasswordExpires: { $gt: Date.now() } },
    function(err, user) {
      if (!user) {
        req.flash('Message_error', 'Link inválido o caducado. ');
        return res.redirect('/restablecer');
      }
      res.render('resetcontrasena', {
        token: req.params.token
      });
    });
}
```

Figura 100. Código validación de Token

6.2.3.8. Codificación de notificaciones

Se implementa las notificaciones en la de ejecución de diferentes tipos de procesos en la aplicación web, para lo cual se utiliza la librería Alertifyjs para su realización. En la Figura 101 se muestra la codificación de las notificaciones cuando se realiza la ejecución de una función en el encendido/apagado de un dispositivo electrónico, siendo el mismo para reflectores, ventiladores, alarma y pantalla, donde mediante la librería sockets.io se remite el mensaje que envía el microcontrolador para poder ser mostrada posteriormente como una notificación.

```
luces.on('messages',function(data){
    alertify.notify(data.mensaje, 'luces', 5, function(){
        console.log('dismissed');
    });
});
```

Figura 101. Código creación de notificación

Como medida de ahorro energético se implementa notificaciones de alerta que se ejecutan automáticamente al término de cada partido o partido personalizado que se realice, con la finalidad de que mediante una notificación poder mandar una señal a los microcontroladores para apagar todos los dispositivos electrónicos de la cancha sintética. A continuación en la Figura 102 se muestra como se realiza su codificación.

```
luces.on('partidoacabado',function(){
    var confirm=alertify.confirm('El Partido ha Terminado',
                                'Desea apagar los dispositivos electronicos',
                                null,null).set('labels',{ok:'Confirmar',
                                                    cancel:'Cancelar'});
    confirm.set('onok',function(){
        alertify.success('Has confirmado apagar dispositivos');
        luces.emit("Apagar-Todo");
    });
    confirm.set('oncancel',function(){
        alertify.error('Has cancelado apagar dispositivos');
    });
});
```

Figura 102. Código creación de alertas

6.2.3.9. Codificación de partido terminado mediante correo electrónico

Se implementa el envío de un correo electrónico como aviso cada vez que termina un partido en la cancha sintética, por lo que se utiliza la librería Nodemailer. En la Figura 103 se especifica el servicio de mensajería Gmail con el correo y contraseña de la cuenta asociada a la cancha sintética, posteriormente se procede a redactar el mensaje para su envío mediante la función de la librería "smtpTransport.sendMail".

```

function partido_terminado_correo(){
  var smtpTransport = nodemailer.createTransport({
    service: 'gmail',
    auth: {
      user: correo,
      pass: contrasena,
    }
  });
  var mailOptions = {
    from: correo,
    to: correo_administrador,
    subject: 'El partido en la cancha ha terminado',
    text: 'Ha terminado un partido en la cancha sintética observa la notificación en aplicación web'+
      'y dale clic a confirmar si deseas apagar sus dispositivos electrónicos. \n\n' +
      'Si no desea apagar los dispositivos electrónicos ignore este correo electrónico.\n'
  };
  smtpTransport.sendMail(mailOptions, function(err) {
    done(err, 'done');
  });
};
};

```

Figura 103. Código notificar partido terminado mediante correo electrónico

6.3. FASE 3: Realizar pruebas de funcionalidad del prototipo

Una vez terminada la construcción del prototipo domótico y de haber culminado el desarrollo de la aplicación web, se realiza las respectivas pruebas para verificar su funcionamiento.

6.3.1. Pruebas de funcionamiento del circuito

Esta prueba se realiza durante la construcción del prototipo domótico después de realizar el montaje de los componentes electrónicos en los PCB, se lleva a cabo una prueba del circuito completo con el motivo de verificar y corregir posibles errores en su funcionamiento antes de su integración en el prototipo. En la Figura 104 se puede observar que cada Arduino está conectado a la Raspberry Pi 3B y cada PCB está conectado a un Arduino para el funcionamiento de cada módulo del prototipo domótico.

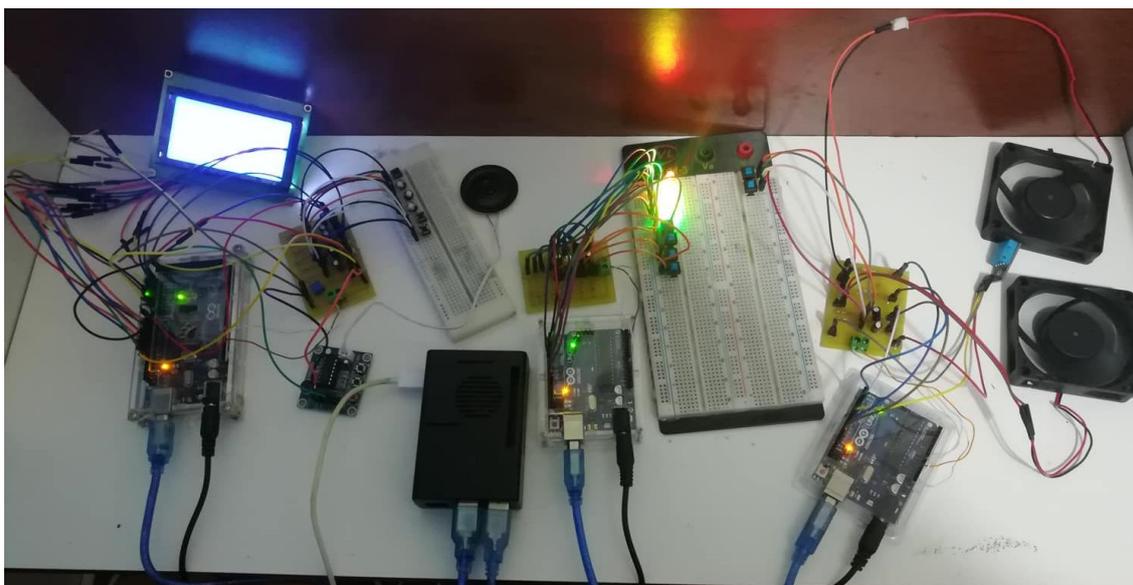


Figura 104. Prueba de funcionamiento del circuito

Una vez que se verifica el correcto funcionamiento del circuito completo se procede a colocar cada componente electrónico en el sitio establecido del escenario construido para poder realizar su correcta integración y posteriormente su conexión a los otros componentes electrónicos conforme al diagrama esquemático que se elabora (ver sección 6.1.6.3), durante este proceso se realiza constantes pruebas de continuidad eléctrica con el multímetro para evitar que un circuito quede abierto.

6.3.2. Pruebas de funcionamiento de las entradas manuales del prototipo.

Se realiza las pruebas de funcionamiento de las entradas manuales que tiene el prototipo domótico como son los interruptores y pulsadores de cada uno de sus módulos.

6.3.2.1. Prueba de los pulsadores de pantalla

Se lleva a cabo la prueba de los 5 pulsadores que tiene la pantalla los que son: Aumentar Marcador 1, Disminuir Marcador 1, Aumentar Marcador 2, Disminuir Marcador 2 y Cambio de Cancha, durante la ejecución de cada proceso en la pantalla del prototipo.

- **Durante la ejecución de un partido:** Se realiza la prueba de los 5 pulsadores cuando estaba en ejecución un partido donde se obtiene un resultado exitoso.



Figura 105. Prueba de los pulsadores de la pantalla durante un partido

- **Durante la ejecución de un partido personalizado:** Se realiza la prueba de los 5 pulsadores cuando estaba en ejecución un partido personalizado durante cada periodo de tiempo donde se obtiene un resultado exitoso.



Figura 106. Prueba de los pulsadores de la pantalla durante un partido personalizado

6.3.2.2. Prueba de los interruptores de iluminación

El prototipo cuenta con 4 interruptores para el accionamiento de los reflectores en la cancha sintética, uno por cada reflector. Se realiza la prueba de cada uno de los interruptores teniendo un resultado éxito en el encendido y apagado de cada uno de los reflectores respectivos.

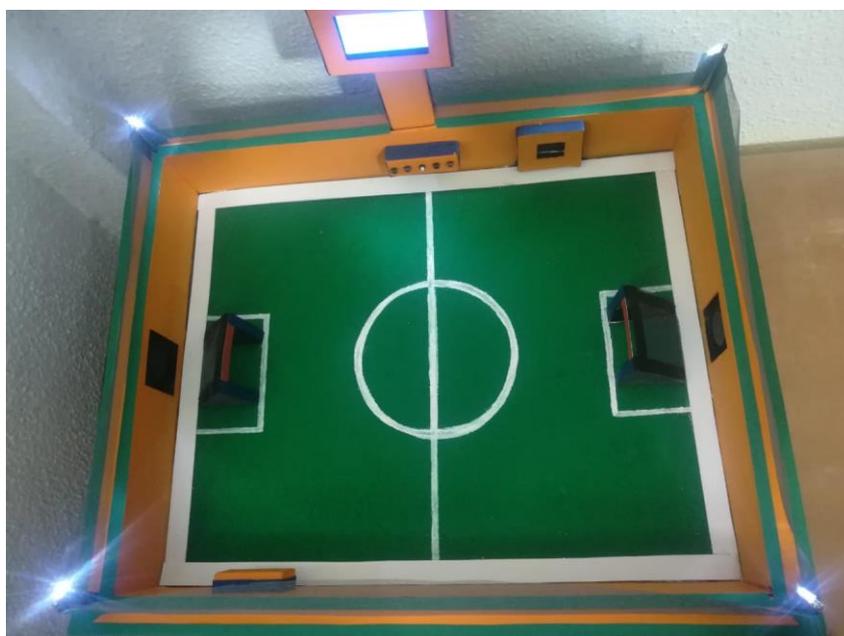


Figura 107. Prueba de los interruptores de iluminación

6.3.2.3. Prueba del pulsador de la alarma

Al accionarse correctamente la alarma en el prototipo se verifica su funcionamiento.

6.3.2.4. Prueba de los interruptores de ventilación

El prototipo cuenta con dos interruptores para el accionamiento de los dos ventiladores en la cancha sintética. Se realiza la prueba de cada uno de los interruptores teniendo un resultado exitoso en el encendido y apagado de los dos ventiladores.



Figura 108. Pruebas de los interruptores de ventilación

6.3.3. Pruebas de rendimiento

Para poder realizar las pruebas de rendimiento en la aplicación web se implementa en el servidor la librería webpack, dando como resultado un tiempo de respuesta en todas las funciones de la aplicación web en un rango de tiempo de 7 milisegundos a 10 milisegundos (ver anexo 4) a excepción del tiempo de respuesta del sensor debido a que se preestableció en el microcontrolador la lectura de sus valores de temperatura y humedad cada un segundo de acuerdo a la librería utilizada "DHT11.h".

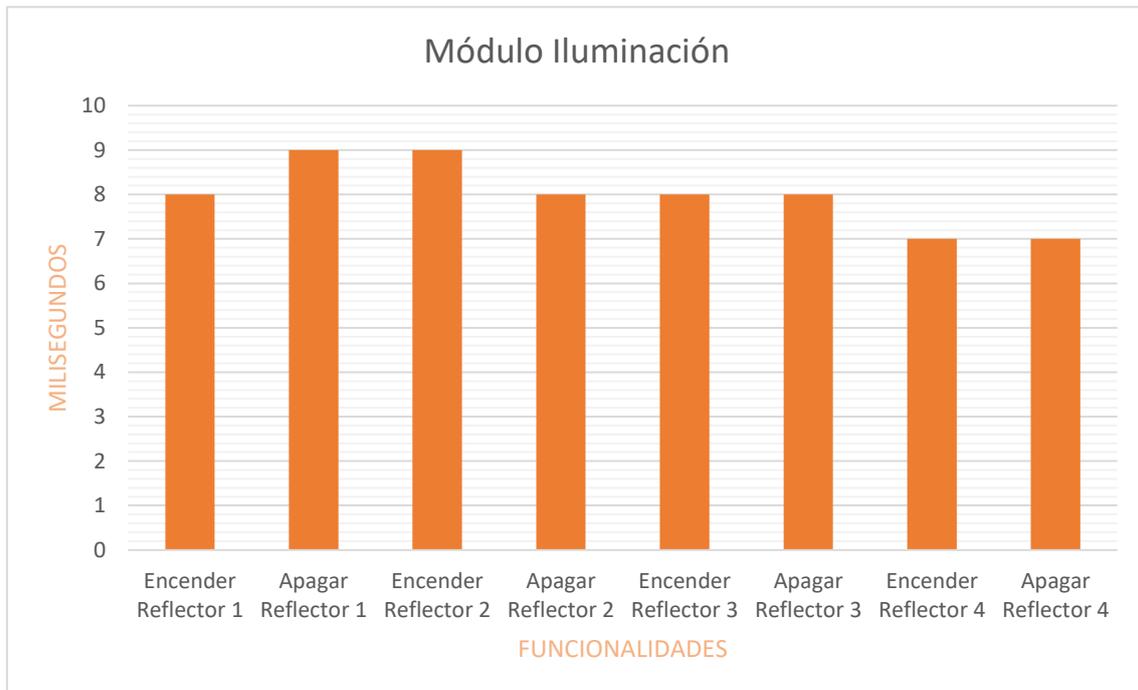


Figura 109. Prueba de Rendimiento Modulo Iluminación

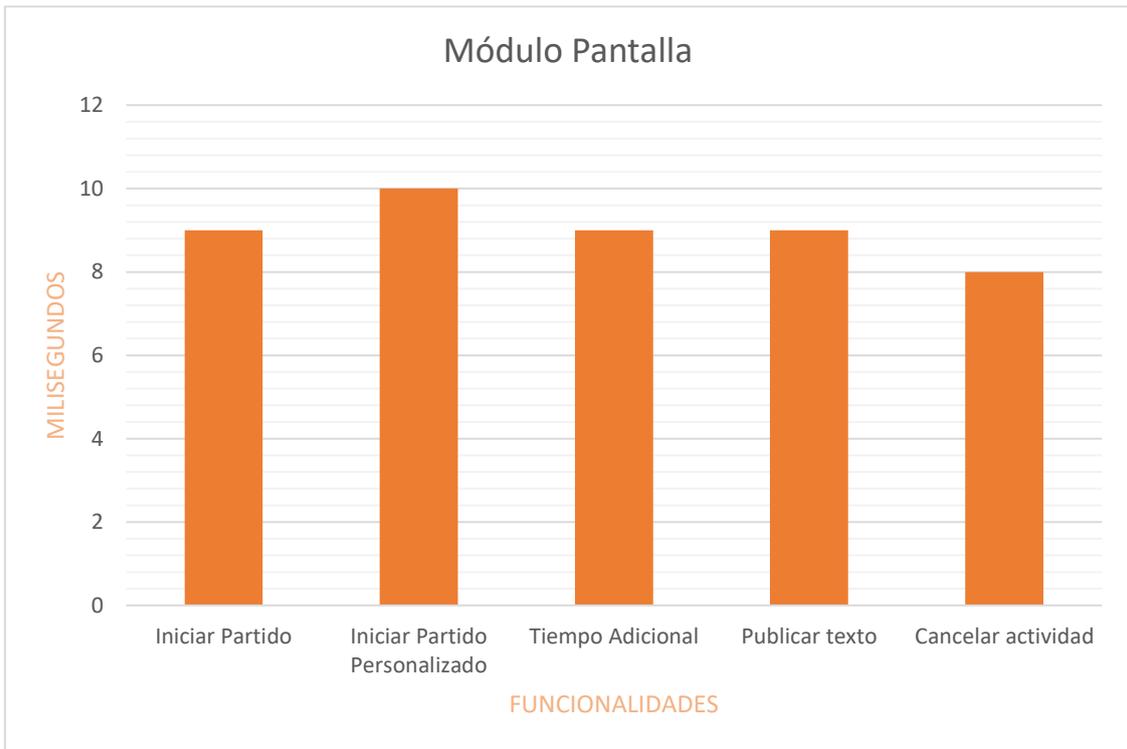


Figura 110. Prueba de Rendimiento Modulo Pantalla

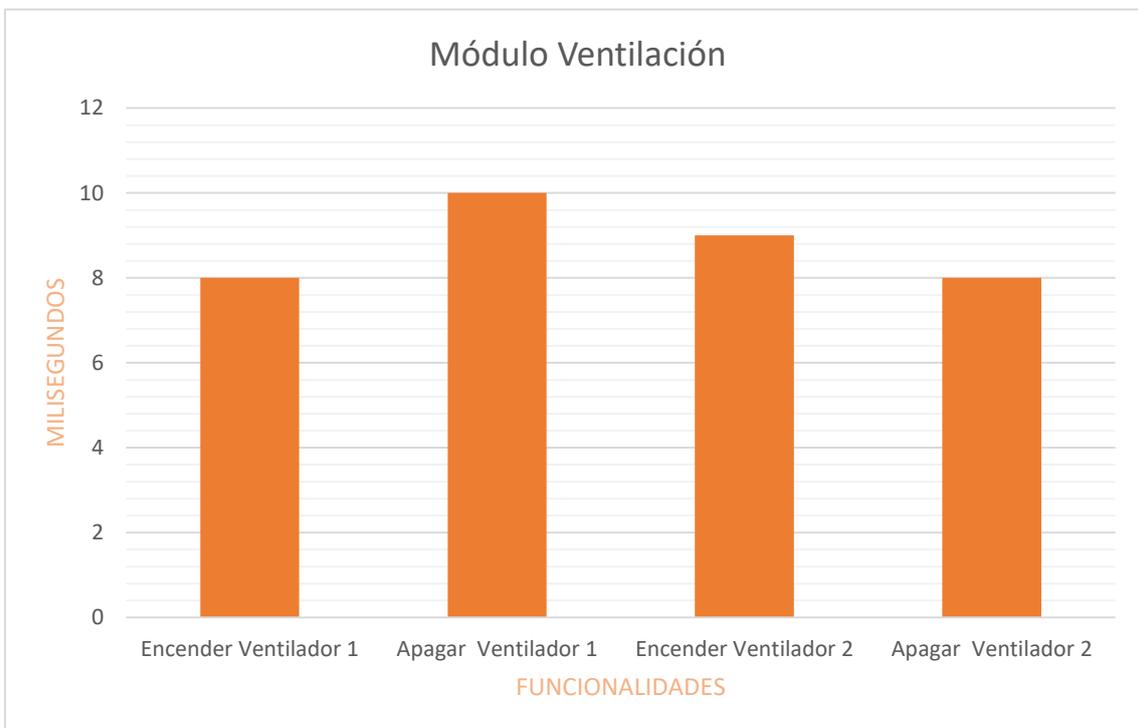


Figura 111. Prueba de Rendimiento Modulo Ventilación

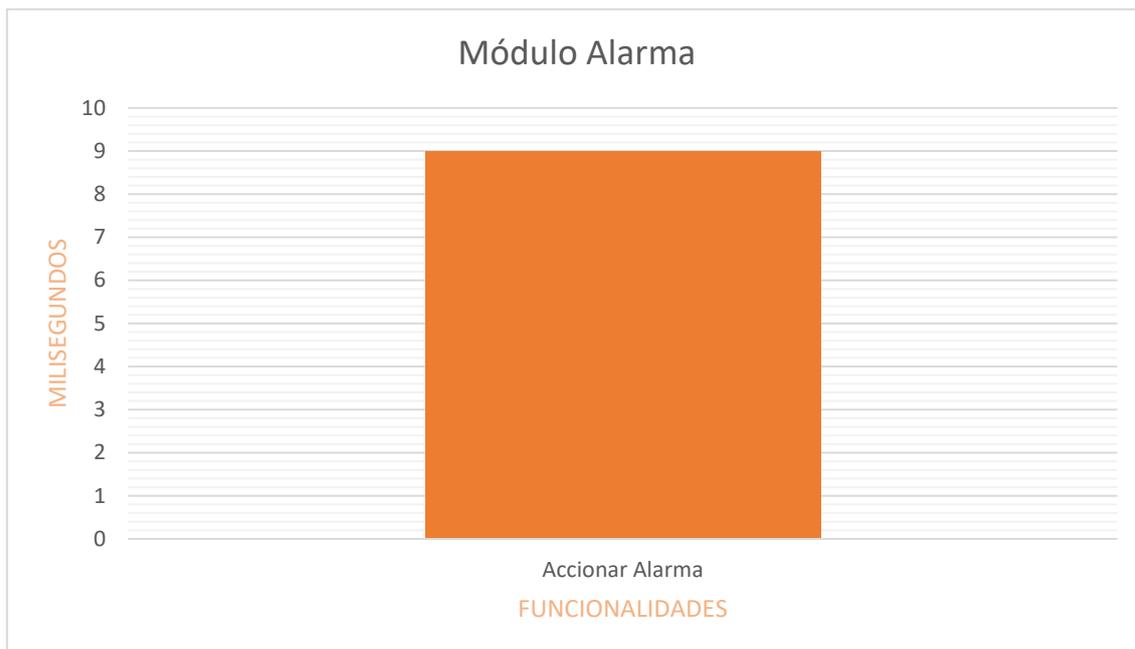


Figura 112. Prueba de Rendimiento Modulo Alarma

6.3.4. Pruebas de funcionalidad del prototipo domótico en conjunto con la plataforma web de administración

Para comprobar el funcionamiento de todas las acciones que pueden darse durante la ejecución de la aplicación web en conjunto con el prototipo domótico, se realiza las pruebas de aceptación de acuerdo a la metodología XP con la finalidad de verificar y validar los requerimientos funcionales establecidos, para lo cual se toma como base las historias de usuario (ver sección 6.2.1.3).

Ejecución de pruebas

Al no tener el proyecto un usuario final estas pruebas se llevaron a cabo junto con el director del trabajo de titulación el Ing. Freddy Ganazhapa en donde se obtiene un resultado exitoso comprobándose todas las funcionalidades de la aplicación web en conjunto con el prototipo domótico (ver anexo 5).

6.3.4.1. Módulo gestión de usuario

- **Historia de Usuario 1**

TABLA XXXI. PRUEBA DE ACEPTACIÓN INICIAR SESIÓN.

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 1	Nombre: Iniciar Sesión
Historia de usuario: 1	Condición: Ninguna
Descripción: Verificar el inicio de sesión en la aplicación web.	
Pasos: <ul style="list-style-type: none">• El administrador ingresa el nombre del usuario.• El administrador ingresa la contraseña.• Clic en entrar.	
Resultado esperado: El administrador accede al sistema.	
Resultado: Exitoso	

- **Historia de Usuario 2**

TABLA XXXII. PRUEBA DE ACEPTACIÓN CAMBIAR CONTRASEÑA

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 2	Nombre: Cambiar contraseña
Historia de usuario: 2	Condición: Haber ingresado al sistema
Descripción: Verificar el funcionamiento al momento de que el administrador quiera cambiar de contraseña.	
Pasos: <ul style="list-style-type: none">• El administrador hace clic en el menú opciones.• El administrador hace clic nueva contraseña.• El administrador ingresa la contraseña actual.• El administrador ingresa la contraseña nueva.• El administrador hace clic en cambiar.	
Resultado esperado: El administrador puede cambiar la contraseña correctamente.	
Resultado: Exitoso	

- **Historia de Usuario 3**

TABLA XXXIII. PRUEBA DE ACEPTACIÓN RECUPERAR CONTRASEÑA

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 3	Nombre: Recuperar contraseña
Historia de usuario: 3	Condición: Ninguna
Descripción: Verificar la restauración de la contraseña del administrador.	
Condición de ejecución: Ninguna	
Pasos: <ul style="list-style-type: none"> • El administrador hace clic en el link “¿olvido su contraseña?” • El administrador escribe el correo de la cuenta en el formulario recuperar contraseña. • El administrador recibe un correo y le da clic al link preestablecido • El administrador es redireccionado al formulario nueva contraseña. • El administrador escribe una nueva contraseña y da clic en confirmar. • El administrador recibe un correo de cambio de contraseña exitoso. • El administrador ingresa automáticamente al sistema. 	
Resultado esperado: El administrador puede restaurar su contraseña.	
Resultado: Exitoso	

6.3.4.2. Módulo de administración de los dispositivos electrónicos de la cancha sintética

- **Historia de Usuario 4**

TABLA XXXIV. PRUEBA DE ACEPTACIÓN INICIAR PARTIDO EN PANTALLA

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 4	Nombre: Iniciar partido en pantalla
Historia de usuario: 4	Condición: Haber ingresado al sistema
Descripción: Verificar el inicio de partido en la pantalla de la cancha sintética	
Pasos: <ul style="list-style-type: none"> • El administrador hace clic en el menú principal en la sección pantalla. • El administrador hace clic en partido. 	
Resultado esperado: El administrador inicia un partido en la pantalla de la cancha sintética correctamente.	
Resultado: Exitoso	

Resultado en el prototipo: Se realiza la ejecución del partido dando el resultado que se muestra a continuación.



Figura 113. Prueba de aceptación iniciar partido

- **Historia de Usuario 5**

TABLA XXXV. PRUEBA DE ACEPTACIÓN INICIAR PARTIDO PERSONALIZADO EN PANTALLA

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 5	Nombre: Iniciar partido personalizado en pantalla
Historia de usuario: 5	Condición: Haber ingresado al sistema
Descripción: Verificar el inicio del partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética.	
Pasos:	
<ul style="list-style-type: none"> • El administrador hace clic en el menú principal en la sección pantalla • El administrador hace clic en el menú partido personalizado • El administrador ingresa la duración de cada período de tiempo. • El administrador ingresa la duración del entretiempo. • El administrador ingresa el nombre del equipo uno y del equipo dos. • El administrador hace clic en iniciar. 	
Resultado esperado: El administrador inicia un partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética correctamente.	
Resultado: Exitoso	

Resultado en el prototipo: Se realiza la prueba ingresando los datos de tiempo de período de 10 minutos, 5 minutos de duración del entretiempo, nombre del equipo uno BARCE y nombre de equipo dos AUCAS dando el siguiente resultado.



Figura 114. Prueba de aceptación iniciar partido personalizado

- **Historia de Usuario 6**

TABLA XXXVI PRUEBA DE ACEPTACIÓN AGREGAR TIEMPO ADICIONAL EN PANTALLA

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 6	Nombre: Agregar tiempo adicional en pantalla
Historia de usuario: 6	Condición: Haber ingresado al sistema y estar en ejecución un partido personalizado
Descripción: Verificar la agregación de tiempo adicional en la pantalla de la cancha sintética	
Pasos: <ul style="list-style-type: none"> • El administrador hace clic en el menú principal en la sección pantalla. • El administrador hace clic en el menú tiempo adicional. • El administrador ingresa la duración del tiempo adicional a agregar. • El administrador hace clic en añadir. 	
Resultado esperado: El administrador agrega tiempo adicional en la pantalla de la cancha sintética correctamente	
Resultado: Exitoso	

Resultado en el prototipo: Se realiza la prueba ingresando 6 minutos de adición mientras se ejecutaba un partido personalizado dando el siguiente resultado.



Figura 115. Prueba de aceptación tiempo adicional

- **Historia de Usuario 7**

TABLA XXXVII PRUEBA DE ACEPTACIÓN PUBLICAR TEXTO EN PANTALLA

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 7	Nombre: Publicar texto en pantalla
Historia de usuario: 7	Condición: Haber ingresado al sistema
Descripción: Verificar la publicación de texto en la pantalla de la cancha sintética	
Pasos: <ul style="list-style-type: none"> • El administrador hace clic en el menú principal en la sección pantalla. • El administrador hace clic en el menú publicar texto. • El administrador ingresa el texto a publicar. • El administrador hace clic en publicar. 	
Resultado esperado: El administrador publica un texto en la pantalla de la cancha sintética correctamente.	
Resultado: Exitoso	

Resultado en el prototipo: Se realiza la prueba ingresando el texto “Prueba” dando el siguiente resultado.



Figura 116. Prueba de aceptación publicar texto en pantalla

- **Historia de Usuario 8**

TABLA XXXVIII. PRUEBA DE ACEPTACIÓN CANCELAR ACTIVIDAD EN PANTALLA

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 8	Nombre: Cancelar actividad en pantalla
Historia de usuario: 8	Condición: Haber ingresado al sistema
Descripción: Verificar la cancelación de la actividad que se esté ejecutando en la pantalla de la cancha sintética.	
Pasos: <ul style="list-style-type: none"> • El administrador hace clic en el menú principal en la sección pantalla. • El administrador hace clic en cancelar. • El administrador hace clic en la notificación de alerta en confirmar. 	
Resultado esperado: El administrador cancela la actividad en ejecución en la pantalla de la cancha sintética correctamente	
Resultado: Exitoso	

Resultado en el prototipo: Se realiza la prueba mientras estaba en juego un partido, partido personalizado y la publicación de un texto, dando en los tres casos el siguiente resultado.



Figura 117. Prueba de aceptación cancelar actividad en pantalla

- **Historia de Usuario 9**

TABLA XXXIX. PRUEBA DE ACEPTACIÓN ILUMINACIÓN

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 9	Nombre: Controlar iluminación
Historia de usuario: 9	Condición: Haber ingresado al sistema
Descripción: Verificar el funcionamiento en el encendido/apagado de los cuatro reflectores de la cancha sintética.	
Pasos: <ul style="list-style-type: none"> • El administrador hace clic en el menú en la sección Iluminación. • El administrador hace clic en el Toggle Switch para encender o apagar cada uno de los 4 reflectores, siendo cada uno independiente. 	
Resultado esperado: El administrador puede encender o apagar cada uno de los 4 reflectores de la cancha sintética correctamente.	
Resultado: Exitoso	

Resultado en el prototipo: Se realiza las pruebas de encendido y apagado de los 4 reflectores dando el siguiente resultado al estar dos reflectores encendidos y dos apagados.



Figura 118. Prueba de aceptación iluminación

- **Historia de Usuario 10**

TABLA XL PRUEBA DE ACEPTACIÓN VISUALIZAR TEMPERATURA Y HUMEDAD

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 10	Nombre: Visualizar temperatura y humedad
Historia de usuario: 10	Condición: Haber ingresado al sistema
Descripción: Verificar el funcionamiento del sensor de la cancha sintética para poder visualizar sus valores de temperatura y humedad.	
Pasos:	
<ul style="list-style-type: none"> • El administrador hace clic en el menú principal en la sección ventilación. • El administrador puede visualizar los valores de temperatura y humedad de la cancha sintética. 	
Resultado esperado: El administrador puede visualizar los valores de temperatura y humedad que se detectan en la cancha sintética.	
Resultado: Exitoso	

- **Historia de Usuario 11**

TABLA XLI. PRUEBA DE ACEPTACIÓN CONTROLAR VENTILACIÓN

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 11	Nombre: Controlar ventilación
Historia de usuario: 11	Condición: Haber ingresado al sistema
Descripción: Verificar el funcionamiento de los dos ventiladores de la cancha sintética.	
Pasos: <ul style="list-style-type: none"> • El administrador hace clic en el menú principal en la sección ventilación. • El administrador hace clic en el Toggle Switch para encender o apagar cada uno de los 2 ventiladores, siendo cada uno independiente. 	
Resultado esperado: El administrador puede encender o apagar cada uno de los 2 ventiladores de la cancha sintética correctamente.	
Resultado: Exitoso	

Resultado en el prototipo: Se realiza las pruebas de encendido y apagado los dos ventiladores.



Figura 119. Prueba de aceptación ventilación

- **Historia de Usuario 12**

TABLA XLII. PRUEBA DE ACEPTACIÓN ACCIONAR ALARMA

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 12	Nombre: Accionar Alarma
Historia de usuario: 12	Condición: Haber ingresado al sistema
Descripción: Verificar el funcionamiento de la alarma de la cancha sintética.	
Pasos:	
<ul style="list-style-type: none"> • El administrador hace clic en el menú principal en la sección alarma. • El administrador hace clic en sonar. 	
Resultado esperado: El administrador acciona la alarma de la cancha sintética correctamente.	
Resultado: Exitoso	

- **Historia de Usuario 13**

TABLA XLIII. PRUEBA DE ACEPTACIÓN NOTIFICAR PARTIDO TERMINADO

PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Numero: 13	Nombre: Notificar partido terminado
Historia de usuario: 13	Condición: Haber ingresado al sistema
Descripción: Verificar la notificación de partido terminado para el apagado de los dispositivos electrónicos de la cancha sintética.	
Pasos:	
<ul style="list-style-type: none"> • El administrador es alertado de la finalización de un partido mediante un correo electrónico. • El administrador recibe una notificación en la aplicación web con la descripción “El partido ha terminado, desea apagar los dispositivos electrónicos de la cancha sintética”. • El administrador hace clic en aceptar o cancelar según la acción que desea ejecutar. 	
Resultado esperado: El administrador es notificado de la finalización de un partido de fútbol para apagar los dispositivos electrónicos de la cancha sintética.	
Resultado: Exitoso	

6.3.5. Prueba continua del prototipo para la simulación de la administración de la cancha sintética.

Se mantiene en ejecución continua al prototipo domótico durante 10 días haciendo pruebas constantes de sus funcionalidades mediante el entorno gráfico de la aplicación web con el objetivo de simular la administración que se prevé realizar en una cancha sintética, dando un resultado exitoso al no presentar errores.

Además para medir el consumo eléctrico durante la ejecución del prototipo se le conectó una batería de 2400mAh, teniendo en cuenta que los componentes electrónicos a plena carga son de 200 miliamperios y al no ser administrados tienen una duración de 12 horas, por el contrario al realizar la administración de los mismos mediante el entorno gráfico de la aplicación web se consigue una autonomía de 48 horas logrando con ello reducir eficientemente el consumo energético.

6.3.6. Análisis de resultados

Una vez finalizada la fase de pruebas donde se verifica que el prototipo de la cancha sintética es funcional y cumple con los requerimientos establecidos, se puede contestar la pregunta que se planteó en el problema de investigación:

¿La implementación de un sistema domótico en un centro deportivo permitirá una mejor administración del mismo?

De acuerdo las entrevistas que se realiza a los centros deportivos (ver anexo 1) donde se expresa como se lleva actualmente la lógica del negocio donde la persona encargada de la administración de la cancha sintética también está a cargo de otras actividades ligadas a las instalaciones físicas (venta de productos del bar, limpieza de las instalaciones, entrega del equipamiento de los equipos, entre otros) y que podrían producir cierto descuido en los dispositivos electrónicos de la cancha que se encuentren consumiendo energía de manera innecesaria. El prototipo implementa una función para que cada vez que se termine un partido en la cancha sintética se muestre una notificación en la aplicación web para apagar los dispositivos electrónicos, además de ser alertado mediante un correo electrónico, esto permitirá al encargado del centro deportivo poder centrarse plenamente en las diversas actividades sin tener que estar atento al desarrollo del partido o movilizarse al sitio correspondiente para apagar los dispositivos electrónicos de la cancha permitiendo así una mejora en la administración.

Además en la segunda entrevista que se realiza a los centros deportivos (ver anexo 2) para saber el aporte que tendría el prototipo en la administración si se llegase a implementar, se pueden señalar las siguientes:

- Contribuiría a la seguridad en el centro deportivo “Don Rafa” ya que al estar situado en una zona insegura de la ciudad de Loja y al operar en horarios nocturnos, sumándole a esto que los interruptores de la iluminación de la cancha sintética se encuentran ubicados fuera del establecimiento, se podría realizar el control de la iluminación desde la aplicación web sin tener que movilizarse.
- Facilitaría el control de la iluminación en el centro deportivo “Gol de Oro”, pues al tener un panel común con todos los interruptores del establecimiento tanto para los reflectores que están dentro de la cancha sintética como los que están fuera de ella, puede llegar a producir algún tipo de complejidad, lo que se solucionaría si se realizase mediante la aplicación web donde se aprecia de forma más organizada cada interruptor que posee la cancha sintética.
- En el centro deportivo “Los Almendros” la implementación del tiempo de juego en la pantalla en la cancha sintética permitiría acabar con las insinuaciones de cierta parte de los clientes que manifiestan no se ha hecho uso en su totalidad, del tiempo previamente alquilado.
- La implementación de la pantalla en la cancha sintética en el centro deportivo “Punto de Encuentro” beneficiaría a la organización de eventos en sus instalaciones ya que al poder visualizar el marcador y tiempo de juego de cada partido permitiría una mejor interacción con los espectadores, así como también con los equipos participantes del torneo que sabrían la hora que deben estar presentes en la cancha sintética para la ejecución de su partido.

7. Discusión

7.1. Desarrollo de la propuesta alternativa

El presente Trabajo de Titulación “Desarrollo de un prototipo domótico para la administración de un centro deportivo utilizando Software y Hardware Libre”, se lo desarrolla en tres fases con el propósito de cumplir cada uno de los objetivos específicos planteados. La primera fase se realiza la construcción del prototipo domótico, en la segunda fase se desarrolla la aplicación web de administración y en la tercera fase se llevan a cabo las pruebas respectivas. A continuación, se describe las actividades que se realiza en cada una de las fases, así como los resultados obtenidos en las mismas.

OBJETIVO ESPECIFICO 1: Construir el prototipo de domótica utilizando sensores, actuadores y dispositivos de control electrónicos.

Para obtener los resultados deseados en este objetivo se recopila información relevante mediante las entrevistas realizadas a los centros deportivos (ver sección 6.1.1), en la construcción del prototipo se toma como referencia las medidas oficiales de una cancha sintética de fútbol para una mayor similitud (ver sección 6.1.5.1) y se integra los componentes electrónicos seleccionados para implementar las características domóticas. Además, se realiza los diferentes tipos de diagramas para especificar conexiones y funcionamiento del prototipo (ver sección 6.1.6), de la misma forma se lleva a cabo la simulación en Proteus Design Suite de cada uno de los componentes electrónicos que se utiliza para comprender su operatividad y poder mitigar ciertos errores (ver sección 6.1.7), posteriormente se realiza la codificación de cada uno de los microcontroladores del prototipo para su correcta puesta en marcha.

OBJETIVO ESPECIFICO 2: Desarrollar la plataforma Web para la administración del prototipo de cancha sintética.

Para el cumplimiento de este objetivo se utiliza la metodología XP para el desarrollo de la aplicación web, la misma que consta de las siguientes fases: planeación, diseño, codificación y pruebas, esta última se la incorpora a la tercera fase del trabajo de titulación con todas las pruebas realizadas a lo largo del presente proyecto.

En la Fase de Planeación se determina los requerimientos de la aplicación web a partir de la información obtenida de las entrevistas que se realiza a los centros deportivos (ver anexo 1), además se incorpora nuevos requerimientos para la viabilidad del

prototipo en la región costa de país puesto que el sistema no tiene un usuario final sino que se desempeña como una propuesta, posteriormente se especifica la lista de requerimientos funcionales y no funcionales, así como también las historias de usuario que sirven de base para la codificación del software (ver sección 6.2.1.3).

En la Fase de Diseño, como primera actividad se establece la arquitectura del sistema (ver sección 6.2.2.1), consecutivamente se realiza el diagrama de conexión, el diagrama de clases, el diagrama entidad relación, los diagramas de flujo, los diagramas de actividades, las tarjetas CRC y finalmente los prototipos de la aplicación web (ver sección 6.2.2.9).

En la Fase de Codificación para el desarrollo de la aplicación web se utiliza el lenguaje Nodejs conjuntamente con el Framework Expressjs, donde primeramente se establece los estándares de programación (ver sección 6.2.3.2), consecutivamente con la instalación de las librerías SerialPort, Socket.io se codifica las comunicaciones servidor-usuario (ver sección 6.2.3.4) y servidor-controlador (ver sección 6.2.3.5) para llevar a cabo la administración de los módulos del prototipo domótico.

OBJETIVO ESPECIFICO 3: Realizar pruebas de funcionalidad del prototipo.

Para cumplir con este objetivo se efectúa cinco tipos de pruebas, primero se realiza una prueba del funcionamiento del circuito completo con todos los componentes electrónicos que se utiliza para poder verificar y corregir posibles errores antes de su implementación (ver sección 6.3.1). Segundo se lleva a cabo una prueba de las entradas manuales para verificar su funcionamiento cuando estén en ejecución varios procesos en el prototipo domótico (ver sección 6.3.2). Tercero se realiza las pruebas de rendimiento para obtener el tiempo de respuesta de las funcionalidades de la aplicación web con el servidor (ver sección 6.3.3). Posteriormente se ejecutan las pruebas de aceptación de acuerdo a la metodología XP para verificar el funcionamiento de la aplicación web en conjunto con el prototipo domótico y a la vez comprobar si se cumple los requerimientos que se establecieron previamente en la fase de análisis (ver sección 6.3.4). Finalmente como última comprobación se mantiene en ejecución continua al prototipo domótico durante 10 días realizando pruebas constantes mediante el entorno gráfico de la aplicación web con el objetivo de simular la administración que se prevé plasmar en una cancha sintética, dando un resultado exitoso al no presentar errores. Una vez completadas las pruebas se realiza el análisis de los resultados para determinar si el prototipo propuesto permitirá una mejor administración en los centros deportivos (ver sección 6.3.6).

7.2. Valoración técnica económica ambiental

En la elaboración del presente Trabajo de Titulación se utiliza recursos humanos, materiales, técnicos y tecnológicos.

7.2.1. Valoración Técnica

En los recursos técnicos, los diferentes métodos que se aplica fueron de gran importancia para el correcto desarrollo del prototipo domótico, que tuvieron como objetivo dar una eficiente administración de los dispositivos electrónicos de una cancha sintética.

7.2.2. Valoración Ambiental

En el aspecto ambiental el prototipo domótico construido contribuye positivamente, ya que al dar un correcto uso de los dispositivos electrónicos en las instalaciones de un centro deportivo inducirá a un control eficiente de la energía en el mismo.

7.2.3. Valoración Económica

En el aspecto económico los gastos en el desarrollo de la aplicación web fueron mínimos ya que se utiliza software libre permitiendo ahorrar así dinero, en la construcción del prototipo se realiza la compra de las tarjetas y dispositivos electrónicos que se le implementa. A continuación se detalla cada uno de los recursos utilizados en el desarrollo del presente trabajo.

7.2.3.1. Talento Humano

Los recursos humanos empleados en el desarrollo del proyecto son el tesista y los docentes tanto el director del trabajo de titulación como la de los docentes de la unidad de titulación que brindaron asesoramiento continuo en la realización del presente proyecto cuyos costos son asumidos por la Universidad Nacional de Loja.

TABLA XLIV. VALORACIÓN ECONÓMICA TALENTO HUMANO

Nombre	Cargo	N° de Horas	Precio Hora	Valor Total
Daniel Vinicio Celi Gutiérrez	Tesista	400	5.00	2000.00
Ing. Ángel Freddy Ganazhapa Malla	Director	80	0.00	0.00
Ing. Oscar Miguel Cumbicus Pineda	Docente UTE	240	0.00	0.00
Ing. José Oswaldo Guamán Quinche	Docente UTE	10	0.00	0.00
TOTAL				2000.00

7.2.3.2. Servicios

En el trabajo de titulación se utiliza diferentes tipos de servicios especificados a continuación.

TABLA XLV. VALORACIÓN ECONÓMICA SERVICIOS

Servicio	Tiempo	Valor Unitario	Valor Total
Internet	6 meses	22.00	132.00
Transporte	180 días	0.60	108.00
TOTAL			240.00

7.2.3.3. Recursos Hardware y Software

En el desarrollo del trabajo de titulación se utiliza recursos tanto de software como de hardware, a continuación se especifican cada uno.

TABLA XLVI. VALORACIÓN ECONÓMICA RECURSOS HARDWARE

HARDWARE			
Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Portátil	1	1200.00	120.00
Pendrive	1	15.00	15.00
Raspberry Pi 3B	1	85.00	85.00
Arduino UNO	2	40.00	80.00
Arduino MEGA	1	60.00	60.00
Sensor DTH11	1	5.00	5.00
Resistencias	20	0.05	1.00
Ventilador 12v	2	5.00	10.00
Led	4	0.20	0.80
GLCD JHD12864E	1	18.00	18.00
PBC	3	5.00	15.00
Transistores	2	0.25	0.50
Interruptores	6	0.40	2.40
Pulsadores	6	0.25	1.50
Capacitores	14	0.20	2.80
Módulo ISD1820	1	12.00	12.00
Cargadores	4	5.00	20.00
Cables	1	5.00	5.00
TOTAL			454.00

TABLA XLVII. VALORACIÓN ECONÓMICA RECURSOS SOFTWARE

SOFTWARE			
Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Sistema Raspbian	1	0.00	0.00
Nodejs	1	0.00	0.00
Expressjs	1	0.00	0.00
IDE Arduino	1	0.00	0.00
Sublime Text	1	0.00	0.00
Proteus Design Suite	1	100.00	100.00
MongoDB	1	0.00	0.00
Windows 10 Home	1	119.00	119.00
Microsoft Office	1	139.00	139.00
Fritzing	1	0.00	0.00
Bootstrap	1	0.00	0.00
PCB Wizard	1	0.00	0.00
TOTAL			358.00

7.2.3.4. Materiales de Oficina

Los materiales de oficina que se utiliza son los que se detallan a continuación.

TABLA XLVIII. VALORACIÓN ECONÓMICA MATERIALES DE OFICINA

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Cartón Maqueta	4	4.00	16.00
Pintura	1	5.00	5.00
Césped maqueta	1	5.00	5.00
Malla Maqueta	1	3.00	3.00
Impresiones a Color	200	0.10	20.00
Impresiones B/N	100	0.05	5.00
Copias B/N	100	0.02	2.00
Copias a Color	200	0.05	10.00
Empastados	1	15.00	15.00
Anillados	4	5.00	20.00
CD	3	1.00	3.00
Otros Útiles	*	30.00	30.00
TOTAL			134.00

7.2.3.5. Presupuesto Final

A continuación en la siguiente tabla se presenta el resumen del presupuesto total del proyecto de titulación, para esto se realiza la suma de todos recursos detallados anteriormente.

TABLA XLIX. VALORACIÓN ECONÓMICA PRESUPUESTO FINAL

Descripción	Valor
Talento Humano	2000.00
Servicios	240.00
Recursos Hardware y Software	812.00
Materiales de Oficina	134.00
TOTAL	3186.00

8. Conclusiones

Una vez finalizado el Trabajo de Titulación (TT) se puede expresar las siguientes conclusiones

- Se realizó correctamente la administración del prototipo mediante la aplicación web, activando/desactivando los dispositivos electrónicos asociados al mismo comprobando así su funcionamiento y aplicabilidad.
- La metodología XP, permitió un desarrollo ágil de la aplicación web, debido a su alto grado de adaptabilidad desde la fase de planeación para la obtención de los requerimientos del sistema hasta su finalización en la fase de pruebas; donde se comprobó su funcionamiento.
- La utilización del Framework Expressjs permitió una rápida construcción del sistema, modularidad y escalabilidad mediante su herramienta de generador de aplicaciones.
- La implementación en conjunto de las librerías SerialPort y Sockets.io permitió la transmisión de datos en tiempo real de la aplicación web con el prototipo, demostrándose en las pruebas de rendimiento que se realizó donde se obtuvo un rango de respuesta entre 7 a 10 milisegundos.
- La utilización de las librerías de Arduino ayudó en gran medida al desarrollo de los módulos del prototipo al tener funciones preestablecidas facilitó la programación de los microcontroladores.

9. Recomendaciones

Una vez finalizado el Trabajo de Titulación (TT) se puede expresar las siguientes recomendaciones.

- Se puede optar por otro tipo de dispositivos electrónicos si se quisiera implementar el módulo de la pantalla como pantallas matriciales, pantallas de tv o proyectores de video.
- Se puede usar el Raspberry Pi para automatizar diferentes proyectos debido a su funcionamiento y bajo costo.
- Se puede utilizar dispositivos o módulos con Bluetooth o WiFi para evitar el cableado entre microcontroladores y Raspberry Pi, pero se debe tener en consideración el parámetro de la seguridad inalámbrica.
- Se puede desarrollar una aplicación móvil para la administración de la cancha sintética como una propuesta complementaria.
- Se recomienda realizar un plan de costos previo a la realización del prototipo para así evitar gastos adicionales indeseados.
- Se pueden presentar diversas problemáticas al momento de querer implementar el prototipo al mundo real debido a que se utilizaron dispositivos electrónicos a la medida del prototipo, donde para poder solucionarlas se tendría que implementar circuitos para manejar mayores cargas eléctricas como circuitos relé u optoacopladores.

10. Bibliografía

- [1] V. E. Cedeño Núñez and J. C. Ruiz Vasco, “Diseño e implementación de un módulo de control domótico de arquitectura centralizada y distribuida basada en Lonworks.,” 2013.
- [2] M. A. Flórez de la Colina and M. A. F. de la Colina, “Smart houses, towards a definition,” *Inf. la Construcción*, vol. 56, no. 494, pp. 11–17, Dec. 2004.
- [3] A. Bogado and P. Emmanuel, “Prototipo de un sistema domótico,” pp. 313–343, 2012.
- [4] CEDOM, “Cómo ahorrar energía instalando domótica en su vivienda,” AENOR, 2008
- [5] L. S. De Todos, “Soluciones energéticamente eficientes en la edificación.,” Fenercom, Madrid, 2010.
- [6] R. Hernández Balibrea, “Tecnología domótica para el control de una vivienda,” Oct. 2012.
- [7] E. P. Superior, J. Rodríguez Fernández, and A. J. Huete, “UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID Automatización mediante equipos EIB de una cocina adaptada dentro del entorno del robot asistencial ASIBOT PROYECTO FIN DE CARRERA.”
- [8] A. David and A. Pérez, “Sistemas Embebidos y Sistemas Operativos Embebidos.”
- [9] E. F. Chuquimarca Sarango, “Diseño e implementación del prototipo de un sistema domótico para la medición del consumo de agua potable a través de internet y correo electrónico.,” 2014.
- [10] ConceptoDefinicion, “Qué es Prototipo - Definición, Significado y Concepto 2018.” [Online]. Available: <https://conceptodefinicion.de/prototipo/>. [Accessed: 27-Dec-2018].
- [11] J. Carolina Roman Bueno and K. Johanna Gonzalez Mantilla, “Sistemas embebidos y Hardware libre.”
- [12] A. Cantero Romero, “Programación concurrente orientada a eventos en Arduino para el Internet de las Cosas,” Sep. 2017.

- [13] J. R. G. V. Pablo Corral González, *Prácticas de Tecnología de Redes Inalámbricas - Pablo Corral González, José Ramón García Valdés - Google Libros*, 1st ed. Elche, 2015.
- [14] O. Torrente Artero, *Arduino : curso práctico de formación*. RC Libros, 2013.
- [15] A. A. Passuni Cori, "Diseño De Un Sistema De Administración Y Automatización De Surtidores De Combustible Líquido Con Raspberry Pi3 Para La Empresa Empex," *Univ. Nac. Tecnológica Lima Sur*, 2017.
- [16] R. M. Stallman, "Software libre para una sociedad libre."
- [17] N. Goilav and G. Loi, *Arduino : aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Ediciones ENI, 2016.
- [18] J. L. Tacilla Ludeña, J. L. Tacilla Ludeña, and J. L. Tacilla Ludeña, "Sistema informático web de gestión de incidencias usando el FRAMEWORK angulares y NODEEJS para la empresa REDTEAM SOFTWARE LLC," *Univ. Priv. Antenor Orrego - UPAO*, 2016.
- [19] I. Aldarabi Carrillo, "Aplicación web de gestión financiera personal desarrollada con MEAN.JS," 2015.
- [20] C. A. Azañón Cáceres, "Desarrollo de la aplicación móvil multiplataforma ToCook," 2015.
- [21] M. Puchades Bresó, "MyEvents - Tu gestor de eventos personal.," Oct. 2018.
- [22] A. J. G. Sanchez, "Bootstrap 3 Introduccion al diseño responsive," 2015.
- [23] Kitchenham, B.: Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele Univ. 33, 28 (2004).

11. Anexos

ANEXO 1: Entrevistas a centros deportivos para la obtención de requisitos y validación de los módulos del prototipo



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Centro Deportivo: Cancha sintética “Don Rafa”

Dirección: Víctor Manuel Encalada y Eduardo Mora Moreno

Fecha: 03/05/2019

Preguntas

1. ¿Cuántas personas administran el centro deportivo y que funciones desempeñan en el mismo?

Solamente yo que soy el propietario y realizo el alquiler de la cancha de fútbol así como las dos canchas de vóley, además de la venta de los productos del bar.

2. ¿Qué módulos electrónicos tiene implementados en las canchas sintéticas y cómo los administra?

Se tiene implementado la iluminación a través de interruptores en la parte exterior del establecimiento y la alarma mediante un pulsador.

3. ¿Cada cuánto tiempo se realizan eventos deportivos en sus instalaciones?

Se realizan constantemente al tener institutos y escuelas cercanas vienen a realizar sus eventos deportivos acá en las instalaciones.

4. ¿Qué tan frecuente sus clientes les piden el tiempo que falta para que termine un partido que este en juego?

Todos los días con mayor frecuencia en la tarde-noche.

5. ¿Cómo hace publicidad de sus canchas sintéticas y cual información quisiera más comunicar?

Se realiza mediante anuncios como el de la parte superior de la instalación y mediante radio. Se desea comunicar el horario de atención y precio de alquiler de la cancha.

6. ¿Cree que sea conveniente una pantalla en la cancha sintética donde se pueda mostrar el tiempo de juego, el marcador del partido, el nombre de los equipos, además de poder realizar publicidad?

Si todo lo que atraiga a los clientes es bueno, se podría implementar el panel en la cancha para contabilizar los goles y nombres de equipos, es algo novedoso.

7. ¿Cómo calificaría el consumo energético en las instalaciones de la cancha sintética?

El consumo energético es relativamente bajo por las tardes y alto por las noches por lo cual el precio del alquiler de la cancha es mayor en horarios nocturnos.

8. El precio de alquiler de la cancha ¿Está derivado al consumo energético que este ocasiona?

Si el precio del alquiler esta derivado al alto consumo eléctrico.

9. Si disminuyera el costo energético ¿Disminuiría el precio del alquiler de la cancha sintética?

Si disminuyera el precio de alquiler de la cancha.



Propietario / Encargado



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Centro Deportivo: Cancha sintética “Calva y Calva”

Dirección: Pio Jaramillo Alvarado y Héroes del Cenepa

Fecha: 02/05/2019

Preguntas

1. ¿Cuántas personas administran el centro deportivo y que funciones desempeñan en el mismo?

Solo yo que soy el encargado para el alquiler de las dos canchas además realizo las funciones de venta de los productos de bar, limpieza y entrega de los chalecos de fútbol.

2. ¿Qué módulos electrónicos tiene implementados en las canchas sintéticas y cómo los administra?

Se tiene implementado la iluminación que se administra manualmente mediante breaks y la alarma para cuando termine un partido a través de un pulsador.

3. ¿Cada cuánto tiempo se realizan eventos deportivos en sus instalaciones?

No se realizan muchas por lo general una vez al mes.

4. ¿Qué tan frecuente sus clientes les piden el tiempo que falta para que termine un partido que este en juego?

Todos los días muy frecuentemente.

5. ¿Cómo hace publicidad de sus canchas sintéticas y cual información quisiera más comunicar?

Se realiza mediante anuncios adheridos fuera del establecimiento y por radio. La información que más se desearía comunicar son los horarios de atención.

6. ¿Cree que sea conveniente una pantalla en la cancha sintética donde se pueda mostrar el tiempo de juego, el marcador del partido, el nombre de los equipos, además de poder realizar publicidad?

Sería muy atrayente por parte de los clientes.

7. ¿Cómo calificaría el consumo energético en las instalaciones de la cancha sintética?

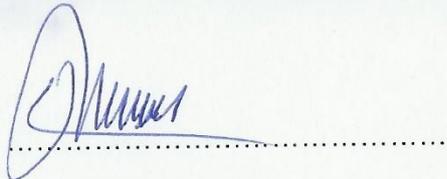
El consumo energético va de alto a moderado más por el consumo energético nocturno que es elevado.

8. El precio de alquiler de la cancha ¿Está derivado al consumo energético que este ocasiona?

El precio si va derivado en cierta parte al consumo energético.

9. Si disminuyera el costo energético ¿Disminuiría el precio del alquiler de la cancha sintética?

Sería conveniente para los intereses propios pero no bajara el precio del alquiler de la cancha puesto que el precio establecido funciona y es asequible por parte de los clientes.



Propietario / Encargado



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Centro Deportivo: Canchas sintéticas “Gol de oro”

Dirección: Bolívar y Cariamanga

Fecha: 04/05/2019

Preguntas

1. ¿Cuántas personas administran el centro deportivo y que funciones desempeñan en el mismo?

Yo soy la que realiza todas las funciones de la cancha sintética el alquiler y la venta de los productos del bar.

2. ¿Qué módulos electrónicos tiene implementados en las canchas sintéticas y cómo los administra?

La iluminación mediante interruptores del panel posterior del bar y la alarma a través de un botón para dar aviso cuando termina un partido.

3. ¿Cada cuánto tiempo se realizan eventos deportivos en sus instalaciones?

Depende del por lo general es una vez al mes pero pueden ser 3 o 4.

4. ¿Qué tan frecuente sus clientes les piden el tiempo que falta para que termine un partido que este en juego?

Más frecuente en las personas que van por primera vez ya que los clientes fijos si saben que puede haber un retraso en la hora específica que ya tienen alquilada la cancha.

5. ¿Cómo hace publicidad de sus canchas sintéticas y cual información quisiera más comunicar?

Se realiza por letreros y por WhatsApp al tener números de los clientes. Se informa de los horarios de atención y precio.

6. ¿Cree que sea conveniente una pantalla en la cancha sintética donde se pueda mostrar el tiempo de juego, el marcador del partido, el nombre de los equipos, además de poder realizar publicidad?

Si fuera bueno más por el contador de goles.

7. ¿Cómo calificaría el consumo energético en las instalaciones de la cancha sintética?

Es consumo energético es moderado ya que las lámparas tienen un consumo menor que las otras, al ser con leds.

8. El precio de alquiler de la cancha ¿Está derivado al consumo energético que este ocasiona?

Si esta derivado al consumo energético.

9. Si disminuyera el costo energético ¿Disminuiría el precio del alquiler de la cancha sintética?

Si disminuiría, por eso el costo del alquiler de la cancha por día es menor que el costo del alquiler por la noche.



Propietario / Encargado



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Centro Deportivo: Canchas sintéticas “Los Almendros”

Dirección: Avenida Isidro Ayora, Salvador Bustamante Celi,

Fecha: 05/05/2019

Preguntas

1. ¿Cuántas personas administran el centro deportivo y que funciones desempeñan en el mismo?

Únicamente yo que soy el encargado del alquiler de la cancha, además de la venta de los productos del bar y entrega del equipamiento de los jugadores.

2. ¿Qué módulos electrónicos tiene implementados en las canchas sintéticas y cómo los administra?

La iluminación mediante interruptores y la alarma a través de un botón.

3. ¿Cada cuánto tiempo se realizan eventos deportivos en sus instalaciones?

Cada 6 meses.

4. ¿Qué tan frecuente sus clientes les piden el tiempo que falta para que termine un partido que este en juego?

Por lo general casi todos los días.

5. ¿Cómo hace publicidad de sus canchas sintéticas y cual información quisiera más comunicar?

Por los letreros de afuera y redes sociales. Lo que se desea más informar son los horarios.

6. ¿Cree que sea conveniente una pantalla en la cancha sintética donde se pueda mostrar el tiempo de juego, el marcador del partido, el nombre de los equipos, además de poder realizar publicidad?

Si se podría, de hecho se tuvo planes de poner un panel pero se desistió por el precio.

7. ¿Cómo calificaría el consumo energético en las instalaciones de la cancha sintética?

El consumo eléctrico es moderado.

8. El precio de alquiler de la cancha ¿Está derivado al consumo energético que este ocasiona?

En parte.

9. Si disminuyera el costo energético ¿Disminuiría el precio del alquiler de la cancha sintética?

No disminuyera, el precio funciona con los clientes.


.....
Propietario / Encargado



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Centro Deportivo: Canchas sintéticas “Punto de Encuentro”

Dirección: San Pedro calle entre Paraguay y Uruguay

Fecha: 04/05/2019

Preguntas

1. ¿Cuántas personas administran el centro deportivo y que funciones desempeñan en el mismo?

Principalmente yo que soy el propietario, realizo el alquiler de las dos canchas de fútbol y una vóley, además de la venta de los productos del bar.

2. ¿Qué módulos electrónicos tiene implementados en las canchas sintéticas y cómo los administra?

Se tiene implementado la iluminación mediante breaks y cámaras de las canchas sintéticas a través de los monitores en la parte izquierda del bar.

3. ¿Cada cuánto tiempo se realizan eventos deportivos en sus instalaciones?

Cada 4 meses.

4. ¿Qué tan frecuente sus clientes les piden el tiempo que falta para que termine un partido que este en juego?

Es muy frecuente por las personas al momento de que alquilan a una hora específica siempre se retrasa de 10 a 15 minutos para que comience el nuevo partido y por parte de los niños para saber si sus padre ya sale de jugar o para meterse a patear el balón hasta que comience el nuevo partido.

5. ¿Cómo hace publicidad de sus canchas sintéticas y cual información quisiera más comunicar?

Solo por los carteles fuera del establecimiento para comunicar el horario de atención.

6. ¿Cree que sea conveniente una pantalla en la cancha sintética donde se pueda mostrar el tiempo de juego, el marcador del partido, el nombre de los equipos, además de poder realizar publicidad?

Si no resulta un costo elevado si se podría implementar más para los campeonatos para que puedan ver el marcador del partido y el tiempo de juego.

7. ¿Cómo calificaría el consumo energético en las instalaciones de la cancha sintética?

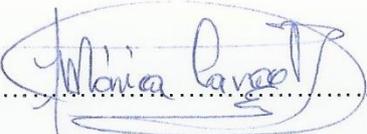
El consumo es alto.

8. El precio de alquiler de la cancha ¿Está derivado al consumo energético que este ocasiona?

Si esta derivado al consumo energético.

9. Si disminuyera el costo energético ¿Disminuiría el precio del alquiler de la cancha sintética?

Si disminuiría.



Propietario / Encargado

ANEXO 2: Entrevista para la aplicabilidad del prototipo en la mejora de la administración de un centro deportivo.



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Centro Deportivo: Cancha sintética "Don Rafa"

Dirección: Víctor Manuel Encalada y Eduardo Mora Moreno

Fecha: 11/06/2019

Preguntas

- 1. Teniendo en cuenta las funcionalidades del siguiente prototipo en conjunto con la aplicación web ¿Cree que permitiría una mejor administración en este centro deportivo?**

Si beneficiaría bastante por el tema de seguridad por lo que se alquila la cancha pasada la media noche y es un sector medio peligroso por lo que podría apagar la iluminaria sin tener que ir a la parte exterior de establecimiento donde están los interruptores.

- 2. ¿Usted cree que sería viable la implementación del prototipo en una cancha sintética?**

Si se podría implementar la iluminación, pantalla y alarma pero la ventilación no sería viable al estar en esta zona tan fría sino para sectores como Catamayo.

- 3. ¿Cómo valoraría la usabilidad de la aplicación web para la administración de la cancha sintética?**

Esta fácil su manejo.



Propietario / Encargado



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Centro Deportivo: Cancha sintética “Calva y Calva”

Dirección: Pio Jaramillo Alvarado y Héroes del Cenepa

Fecha: 11/06/2019

- 1. Teniendo en cuenta las funcionalidades del siguiente prototipo en conjunto con la aplicación web ¿Cree que permitiría una mejor administración en este centro deportivo?**

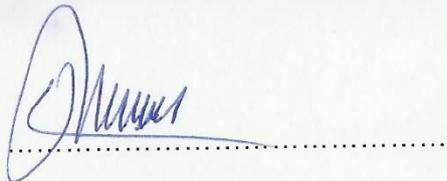
Si porque al tener que atender también la venta de los productos del bar podría administrar las canchas sin tener que movilizarme de este lugar.

- 2. ¿Usted cree que sería viable la implementación del prototipo en una cancha sintética?**

Si sería muy novedoso más por la parte del contador de goles del partido.

- 3. ¿Cómo valoraría la usabilidad de la aplicación web para la administración de la cancha sintética?**

Muy sencilla de entender su uso.



Propietario / Encargado



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Centro Deportivo: Canchas sintéticas “Gol de oro”

Dirección: Bolívar y Cariamanga

Fecha: 11/06/2019

Preguntas

- 1. Teniendo en cuenta las funcionalidades del siguiente prototipo en conjunto con la aplicación web ¿Cree que permitiría una mejor administración en este centro deportivo?**

Si en el caso de esta cancha me facilitaría el accionamiento de las lámparas ya que están igual que las otras lámparas del establecimiento que están fuera de la cancha y con la aplicación web se pudiera realizar de una manera más ordenada.

- 2. ¿Usted cree que sería viable la implementación del prototipo en una cancha sintética?**

Si quedaría muy bien y llamativa para los clientes.

- 3. ¿Cómo valoraría la usabilidad de la aplicación web para la administración de la cancha sintética?**

Fácil.

Propietario / Encargado



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Centro Deportivo: Canchas sintéticas “Los Almendros”

Dirección: Avenida Isidro Ayora, Salvador Bustamante Celi

Fecha: 11/06/2019

Preguntas

- 1. Teniendo en cuenta las funcionalidades del siguiente prototipo en conjunto con la aplicación web ¿Cree que permitiría una mejor administración en este centro deportivo?**

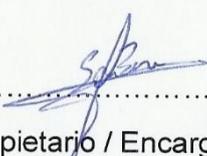
Por mi parte sí creo que mejoraría en el parte de que los usuarios puedan visualizar el tiempo de juego en la cancha sintética ya que hay personas que manifiestan que no se les da la hora completa, pero en el caso de la aplicación web hay que tener en cuenta que los propietarios que administran también la cancha son bastante mayores y se les dificultaría entender su funcionamiento.

- 2. ¿Usted cree que sería viable la implementación del prototipo en una cancha sintética?**

Si sería viable, solo en el caso de la ventilación el clima de Loja no se necesita.

- 3. ¿Cómo valoraría la usabilidad de la aplicación web para la administración de la cancha sintética?**

Si esta fácil hasta por los colores para entender mejor.


.....
Propietario / Encargado



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

Centro Deportivo: Canchas sintéticas “Punto de Encuentro”

Dirección: San Pedro calle entre Paraguay y Uruguay

Fecha: 11/06/2019

Preguntas

- 1. Teniendo en cuenta las funcionalidades del siguiente prototipo en conjunto con la aplicación web ¿Cree que permitiría una mejor administración en este centro deportivo?**

Si en el caso de cuando se hagan los campeonatos se haría de forma más organizada.

- 2. ¿Usted cree que sería viable la implementación del prototipo en una cancha sintética?**

Si se podría implementar pero la parte de los botones en un partido ya no se lleva por total de goles sino por goles de diferencia y los botones de aumentar marcador deberían estar atrás de los arcos de los porteros ya que si se detuviera un jugador en cancha podrían tomar ventaja.

- 3. ¿Cómo valoraría la usabilidad de la aplicación web para la administración de la cancha sintética?**

Si sencilla

Propietario / Encargado

ANEXO 3: Documento de Especificación de Requerimientos (ERS)

Especificación de requisitos de software

Proyecto

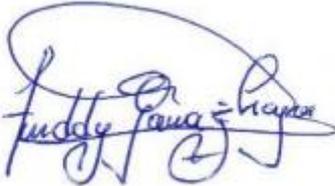
Desarrollo de un prototipo domótico para la administración de un centro deportivo utilizando Software y Hardware Libre.

Revisión: 1.0

Ficha del documento

Fecha	Revisión	Autor	Verificado Dep. Calidad.
29/01/2018	1.0	Daniel Celi	Ing. Freddy Ganazhapa

Documento validado por las partes en fecha: 29/01/2018

Por la Universidad

Ing. Freddy Ganazhapa

1. Introducción

Este documento es una Especificación de Requisitos de Software (ERS) para la aplicación web de administración de un centro deportivo. Esta especificación de software se ha estructurado basándose en las directrices dadas por el estándar para la especificación de requisitos de software ANSI/IEEE 830.

1.1. Propósito

El presente documento tiene como propósito presentar todos los requerimientos funcionales y no funcionales de la aplicación web de administración, que permitirá el control de los dispositivos electrónicos de la cancha sintética desde un punto fijo por parte del encargado del centro deportivo.

1.2. Ámbito del sistema

El software se ejecutará en el sistema operativo Raspbian JESSIE, y se podrá acceder desde cualquier navegador web con preferencia Google Chrome y Mozilla Firefox. La aplicación web realizará las siguientes funcionalidades:

- Administración de las funcionalidades de la pantalla de la cancha sintética.
- Control de la iluminación de la cancha sintética.
- Visualización de la temperatura y humedad de la cancha sintética.
- Control de la ventilación de la cancha sintética.
- Accionamiento de la alarma de la cancha sintética.

1.3. Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

La siguiente Tabla se describe las definiciones, acrónimos y abreviaturas que se utilizarán en el documento

Termino	Significado
Sistema Operativo	Conjunto de programas que permite gestionar los recursos de un computador.
Prototipo	Es un primer modelo que sirve como representación o simulación del producto final.
RF	Requisito Funcional.
RNF	Requisito No Funcional.

1.4. Referencias

Estándar IEEE 830 – 1998

1.5. Visión General del Documento

Este documento tiene como objetivo dar a conocer una descripción completa del funcionamiento del sistema a desarrollar, el mismo consta de tres secciones detalladas a continuación.

En la primera sección se realiza una introducción al documento en donde se detalla el propósito del documento, el ámbito del sistema, referencias y la visión general del documento.

En la segunda sección del documento se realiza una descripción general del sistema, con el fin de conocer las principales funciones que éste debe realizar, además se detalla las características de los usuarios, restricciones, suposiciones y dependencias.

En la tercera sección del documento se describen los requerimientos específicos del sistema, donde se examinarán los siguientes temas Interfaces Externas y Requisitos Funcionales.

2. Descripción general

2.1. Perspectiva del producto

La aplicación web de administración funcionará así no se disponga de una conexión de internet ya que solo requiere de la conexión a la red del establecimiento para poder realizar el control de los dispositivos electrónicos de la cancha sintética.

2.2. Funciones del producto

El sistema desarrollado permitirá realizar las siguientes funcionalidades:

- Administración de los módulos de iluminación, ventilación, alarma y pantalla de las canchas sintéticas de un establecimiento deportivo.

2.3. Características de los usuarios

En el sistema se identifica un solo usuario que es la de administrador de la cancha sintética, a continuación se presenta su interacción con la aplicación web.

Tipo de usuario	Administrador
Formación	Ninguna formación especial.
Habilidades	Conocimiento en el manejo de aplicaciones web.
Actividades	Control y manejo del sistema en general

2.4. Restricciones

- Para el desarrollo se tomará como referencia la metodología XP.
- La aplicación web será compatible con los navegadores Chrome y Firefox.
- El lenguaje de programación y las tecnologías en uso: HTML, NODEJS, MONGODB.
- El sistema funcionará aunque no exista conexión a internet.

2.5. Suposiciones y Dependencias

2.5.1. Suposiciones

Se asume que los requisitos aquí descritos son estables y satisfacen las necesidades del sistema. Se asume que el sistema será utilizado por personas que conocen el funcionamiento de una aplicación web.

2.5.2. Dependencias

El sistema seguirá una arquitectura Cliente/Servidor, por lo que la disponibilidad del sistema dependerá de la conexión de la máquina del encargado del centro deportivo y de la tarjeta electrónica Raspberry Pi 3B que se va a desempeñar como servidor.

3. Requisitos específicos

3.1. Interfaces Externas

3.1.1. Interfaces de usuario

La interfaz del sistema web estará basada en los prototipos presentados en la sección 2.2.9 del documento del trabajo de titulación, siguiendo los mismos criterios ahí señalados.

3.1.2. Interfaces de hardware

En cuanto al hardware es necesario disponer de un dispositivo con las siguientes características como mínimo:

- Procesador 1GHz
- 1GB Memoria interna

3.1.3. Interfaces de software

El software necesario para el funcionamiento de la aplicación web es el sistema operativo Raspbian JESSIE.

3.2. Requisitos Funcionales

3.2.1. Requisito funcional 1

Número del requisito	RF01
Nombre del requisito	Iniciar Sesión
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta
Descripción del requisito	La aplicación web tendrá un módulo de autenticación para el administrador de la cancha sintética.

3.2.2. Requisito funcional 2

Número del requisito	RF002
Nombre del requisito	Cambiar Contraseña
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Media
Descripción del requisito	El administrador podrá cambiar su contraseña en la aplicación web.

3.2.3. Requisito funcional 3

Número del requisito	RF003
Nombre del requisito	Recuperar Contraseña
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Media
Descripción del requisito	El administrador podrá recuperar su contraseña mediante su correo electrónico.

3.2.4. Requisito funcional 4

Número del requisito	RF004
Nombre del requisito	Iniciar partido en pantalla
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta
Descripción del requisito	El administrador podrá iniciar un partido para su visualización en la pantalla de la cancha sintética.

3.2.5. Requisito funcional 5

Número del requisito	RF005
Nombre del requisito	Iniciar partido personalizado en pantalla
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta
Descripción del requisito	El administrador podrá configurar un partido personalizado con los parámetros duración del periodo de tiempo, duración del entretiempo, nombre equipo uno y nombre equipo dos para su visualización en la pantalla de la cancha sintética.

3.2.6. Requisito funcional 6

Número del requisito	RF006
Nombre del requisito	Agregar tiempo Adicional
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta
Descripción del requisito	El administrador podrá adicionar tiempo cuando está en ejecución un partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética.

3.2.7. Requisito funcional 7

Número del requisito	RF007
Nombre del requisito	Publicar texto en pantalla
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta
Descripción del requisito	El administrador podrá enviar una cadena de texto para su visualización en la pantalla de la cancha sintética.

3.2.8. Requisito funcional 8

Número del requisito	RF008
Nombre del requisito	Cancelar actividad en pantalla
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta
Descripción del requisito	El administrador podrá cancelar toda actividad que se esté ejecutando en la pantalla de la cancha sintética.

3.2.9. Requisito funcional 9

Número del requisito	RF009
Nombre del requisito	Controlar iluminación
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta
Descripción del requisito	El administrador podrá encender o apagar cada uno de los reflectores de la cancha sintética.

3.2.10. Requisito funcional 10

Número del requisito	RF010
Nombre del requisito	Visualizar temperatura y humedad
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta
Descripción del requisito	El administrador podrá visualizar la temperatura y humedad en la cancha sintética.

3.2.11. Requisito funcional 11

Número del requisito	RF011
Nombre del requisito	Controlar ventilación
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta
Descripción del requisito	El administrador podrá encender o apagar cada uno de los ventiladores de la cancha sintética

3.2.12. Requisito funcional 12

Número del requisito	RF012
Nombre del requisito	Accionar alarma
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta
Descripción del requisito	El administrador podrá accionar la alarma de la cancha sintética

3.2.13. Requisito funcional 13

Número del requisito	RF013
Nombre del requisito	Notificar partido terminado
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta
Descripción del requisito	Al finalizar un partido de fútbol en las instalaciones el administrador será informado a través de un correo electrónico como también en la aplicación web mediante una notificación para apagar todos los dispositivos electrónicos en la cancha sintética.

3.3. Requisitos No funcionales

3.3.1. Usabilidad

- Se mostraran notificaciones cada vez que se realice una acción en el sistema como es en el caso del accionamiento de un dispositivo electrónico o en la ejecución de las funcionalidades de la pantalla de la cancha sintética.
- El sistema debe ser intuitivo.
- La aplicación web contará con una interfaz amigable.

3.3.2. Rendimiento

- El sistema tendrá un tiempo de respuesta máximo de 3 segundos

3.3.3. Portabilidad

- El acceso a la aplicación web de administración podrá realizarse desde los navegadores Firefox o Google Chrome, independientemente del sistema operativo en el que este se ejecute.

3.3.4. Mantenibilidad

- El sistema debe contar con documentación entendible y fiable para las actualizaciones y corrección de errores.

3.3.5. Extensibilidad

- La aplicación web tiene un submenú para permitir la navegabilidad entre diversas canchas sintéticas por si se pretendiera incrementar de número de las mismas para la administración de sus dispositivos electrónicos.

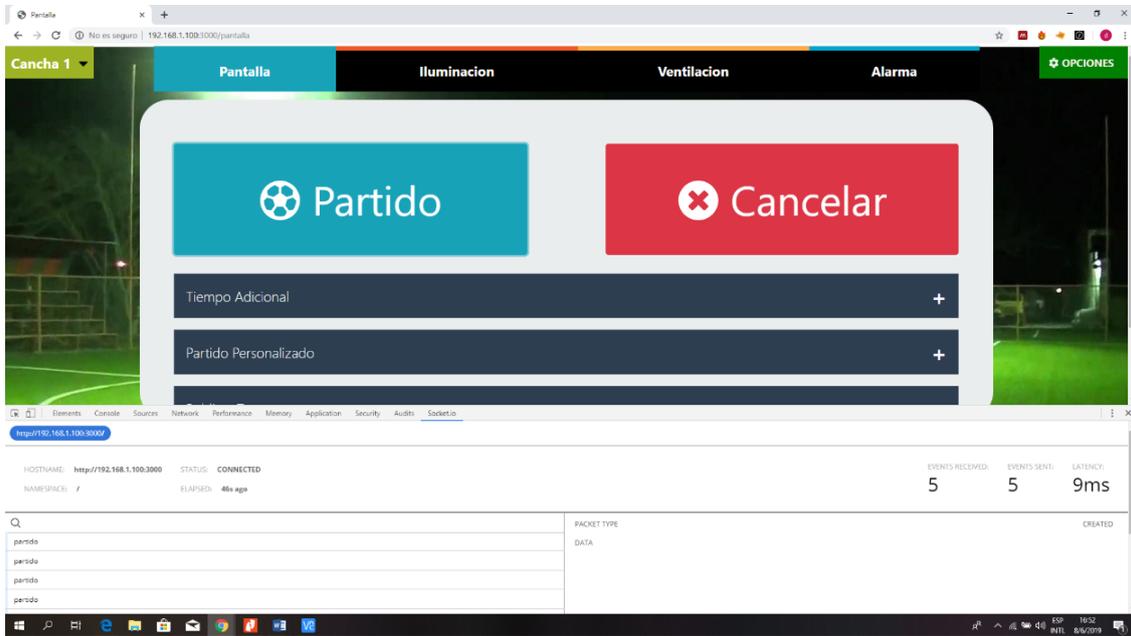
3.3.6. Disponibilidad

- La disponibilidad de la aplicación web será continua las 24 horas al día y los 7 días de la semana.

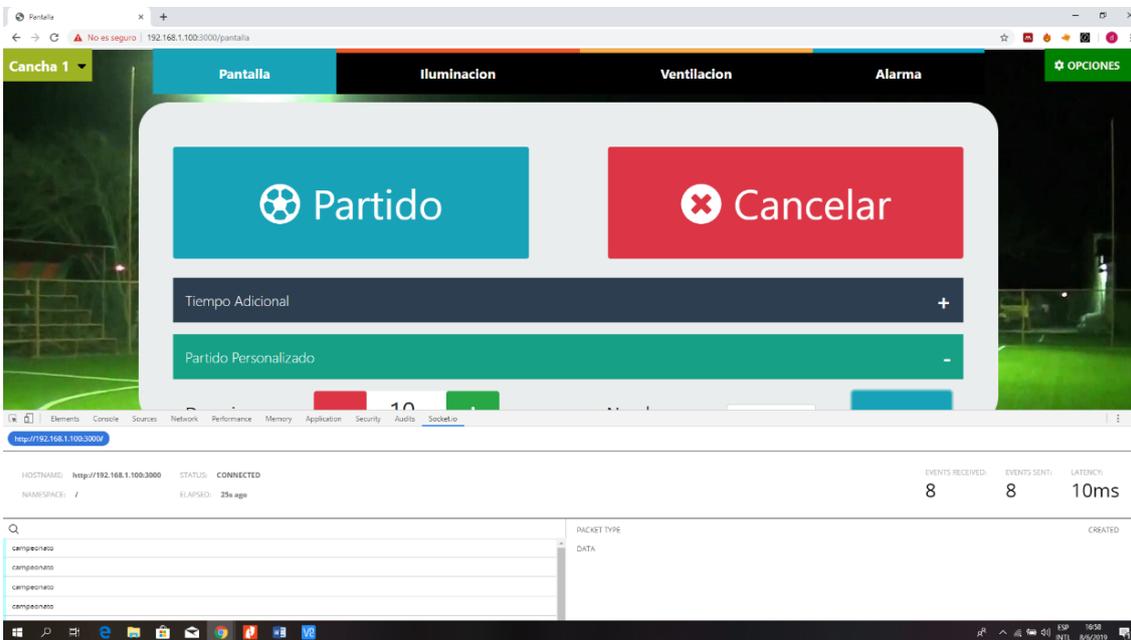
ANEXO 4: Resultados de la prueba de rendimiento

Módulo Pantalla

- Iniciar Partido



- Iniciar Partido Personalizado



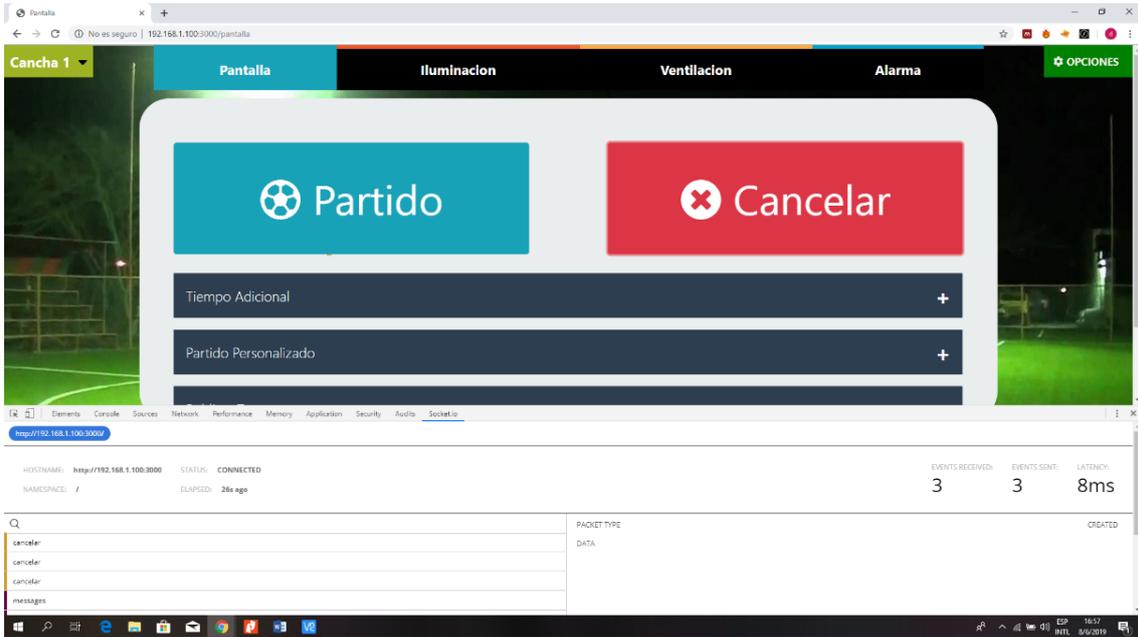
- **Tiempo Adicional**

The screenshot displays a web application interface for a sports field control system. The interface features a navigation bar with tabs for 'Pantalla', 'Iluminacion', 'Ventilacion', and 'Alarma', along with an 'OPCIONES' button. The main content area shows a 'Partido' (Match) button, a 'Cancelar' (Cancel) button, and a 'Tiempo Adicional' (Additional Time) section with a '- 1 min +' display and an 'Añadir' (Add) button. The background shows a night view of a sports field. Below the interface is a Chrome DevTools console showing a 'socketio' event with 5 events received and 5 events sent, with a latency of 9ms.

- **Publicar Texto**

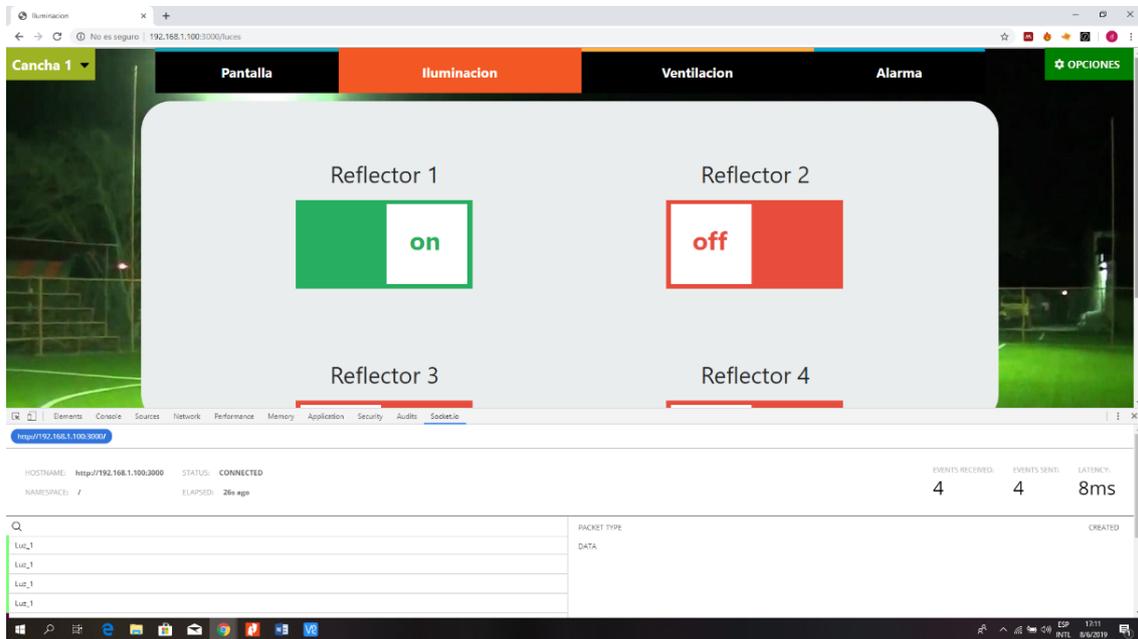
The screenshot displays the same web application interface as above, but with the 'Tiempo Adicional' section replaced by a 'Partido Personalizado' (Custom Match) section. The 'Tiempo Adicional' section now shows a '+', and the 'Partido Personalizado' section shows a '+'. The background shows a night view of a sports field. Below the interface is a Chrome DevTools console showing a 'socketio' event with 5 events received and 4 events sent, with a latency of 9ms.

- **Cancelar Actividad**

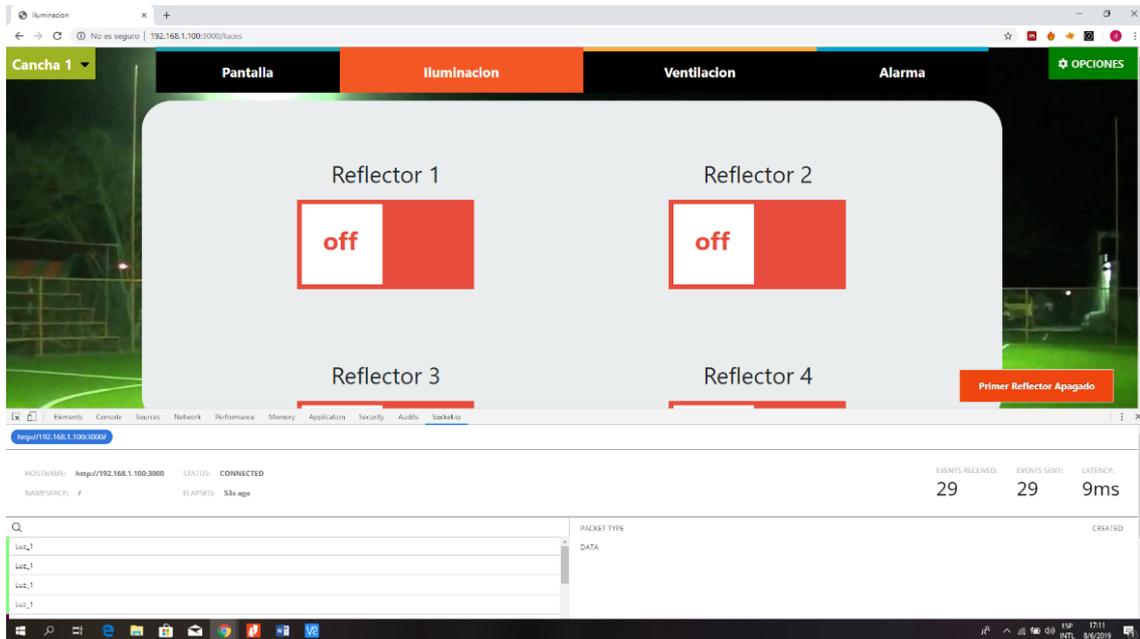


Módulo Iluminación

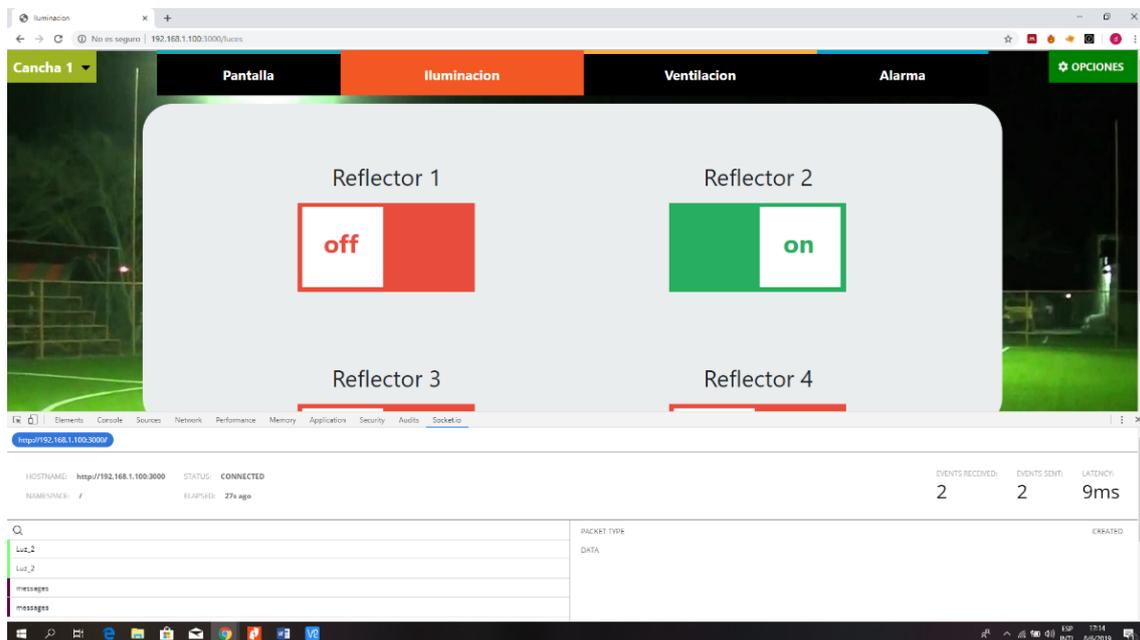
- **Encender Reflector 1**



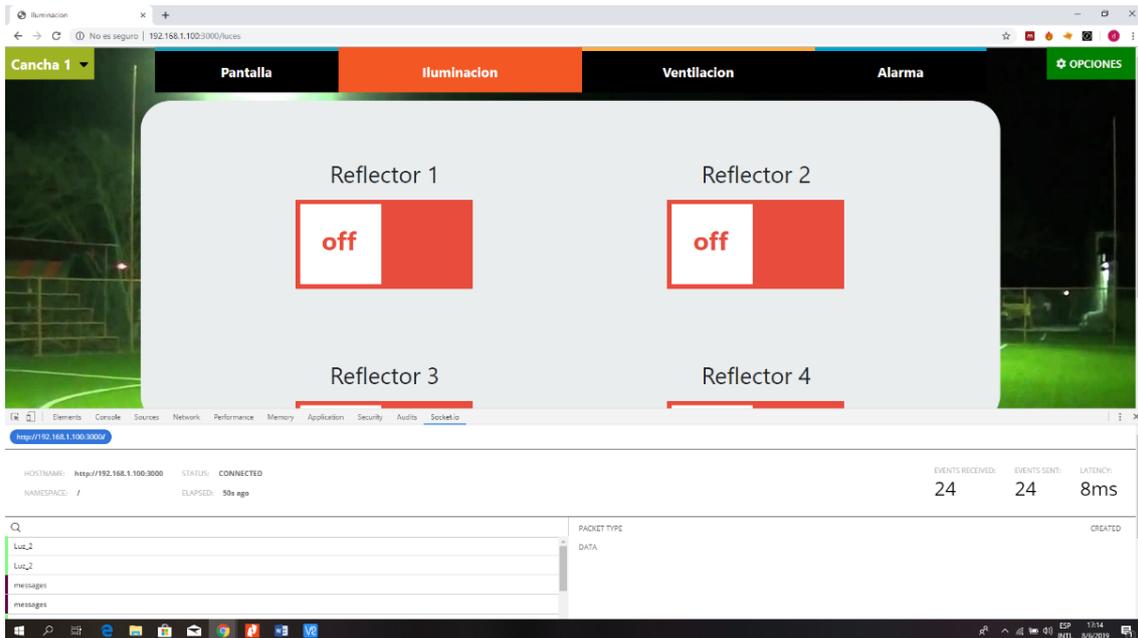
- **Apagar Reflector 1**



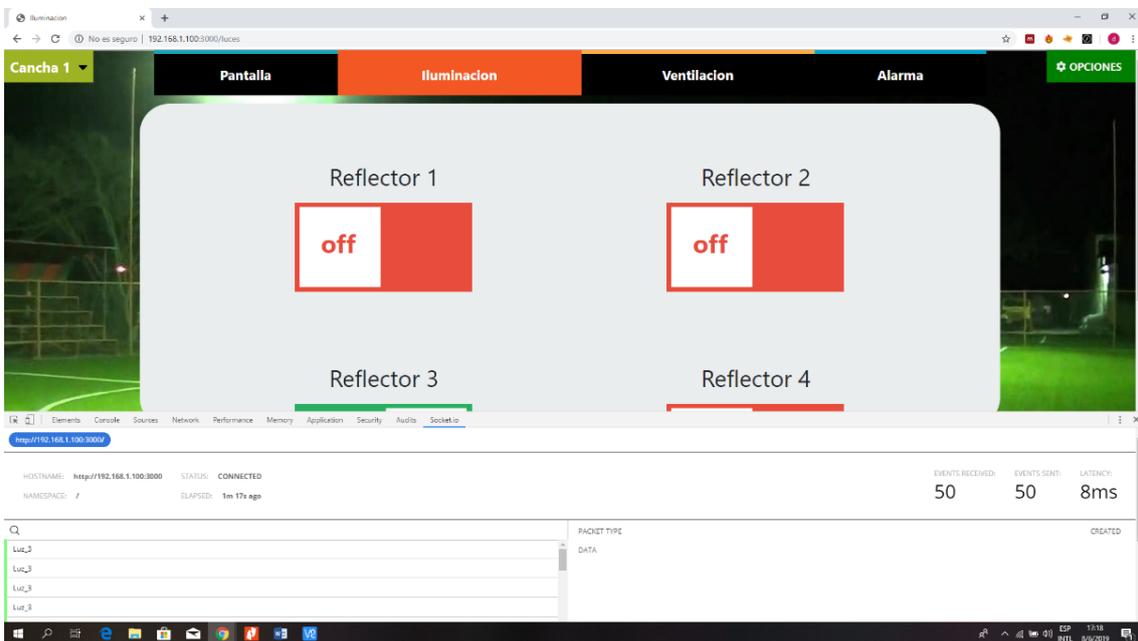
- **Encender Reflector 2**



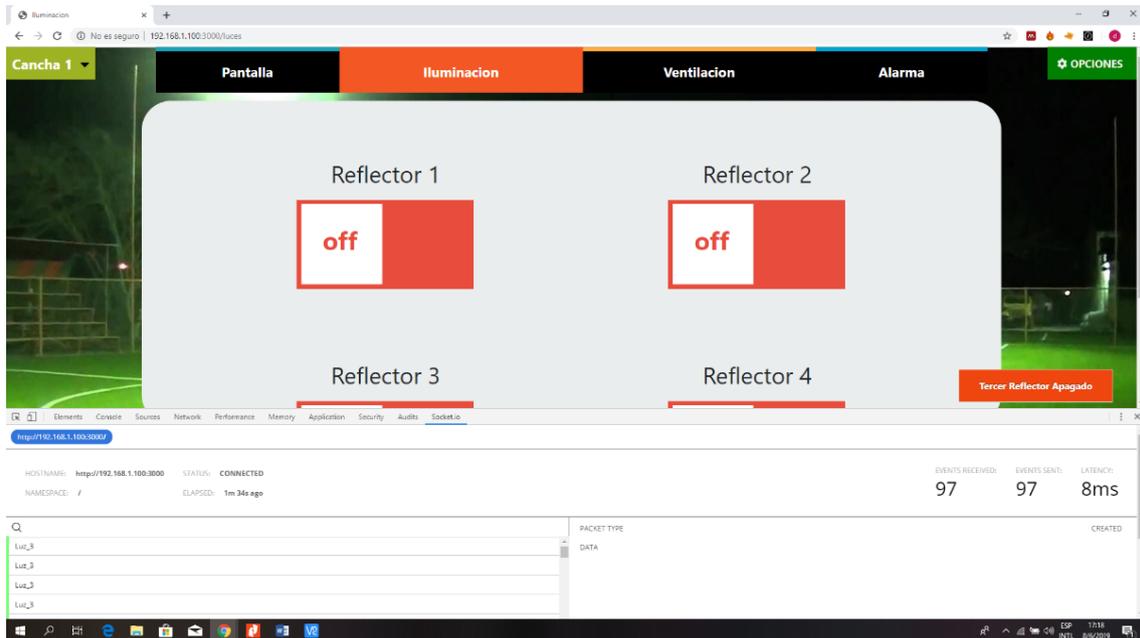
- **Apagar Reflector 2**



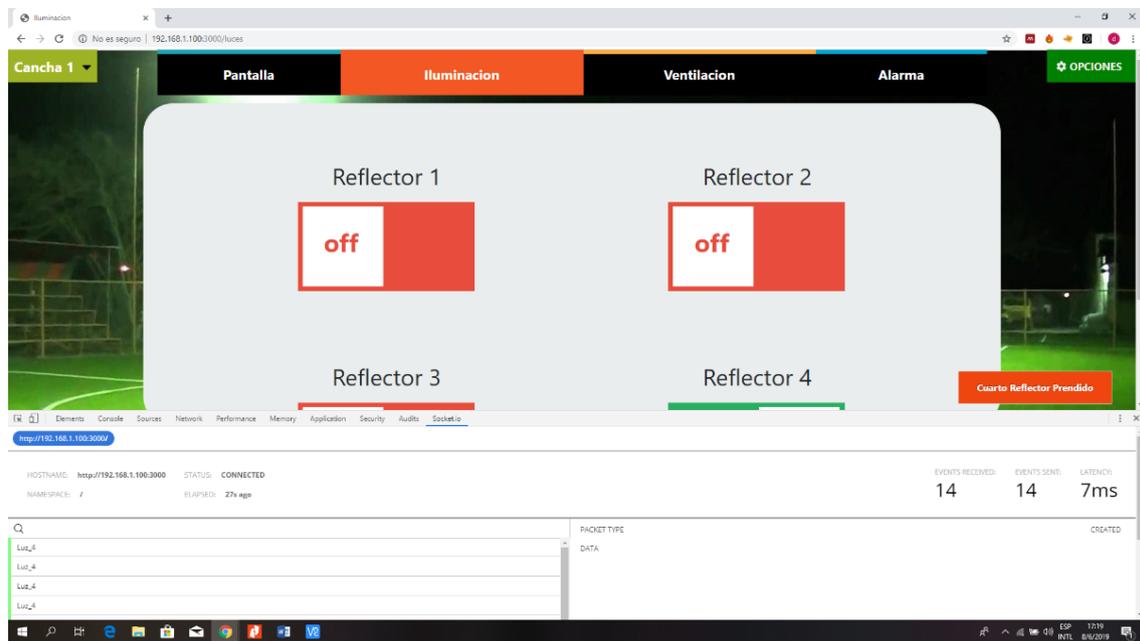
- **Encender Reflector 3**



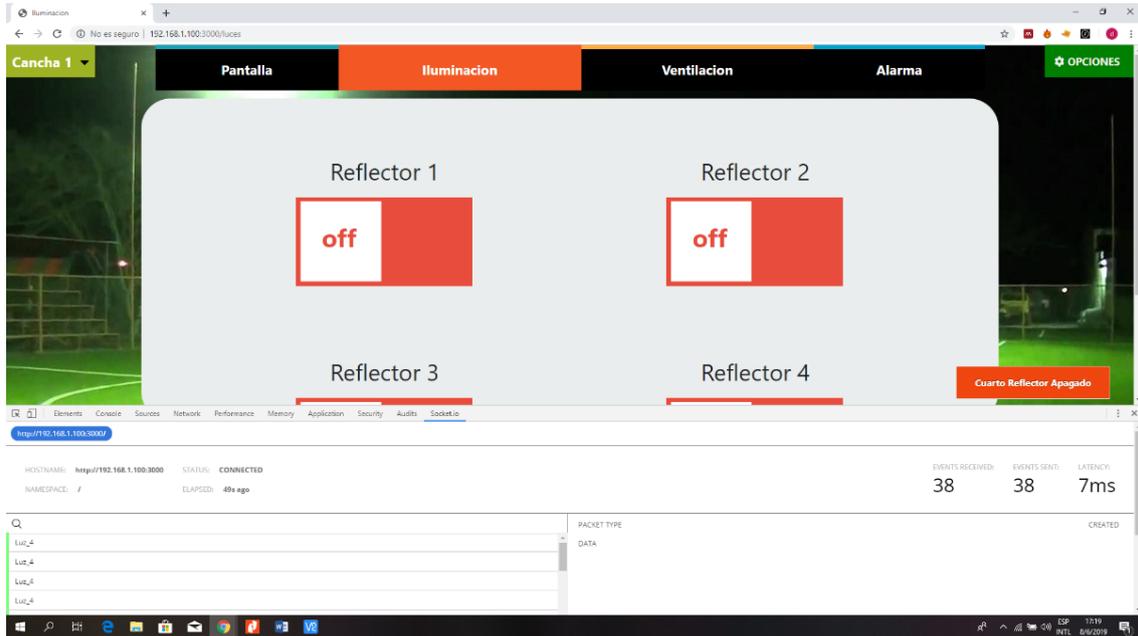
- Apagar Reflector 3



- Encender Reflector 4

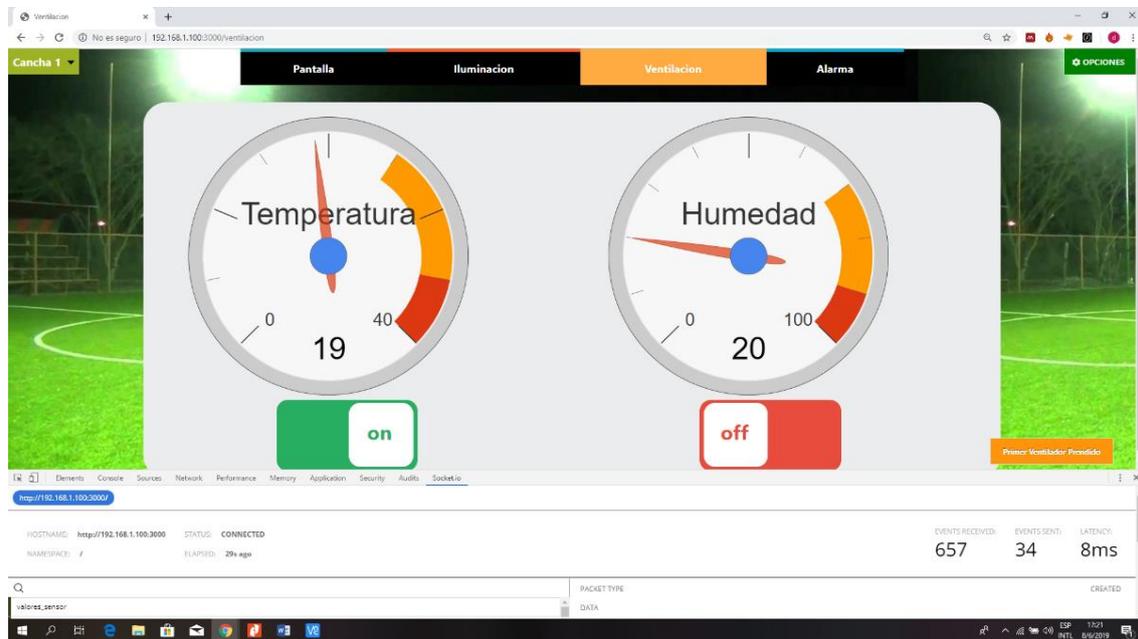


- Apagar Reflector 4

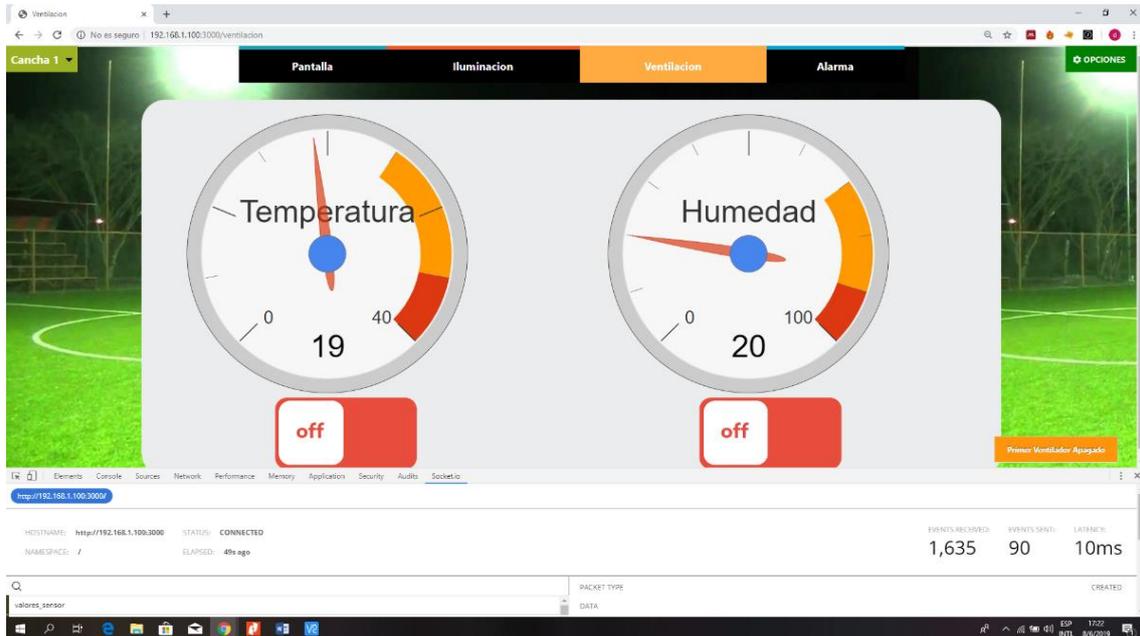


Módulo Ventilación

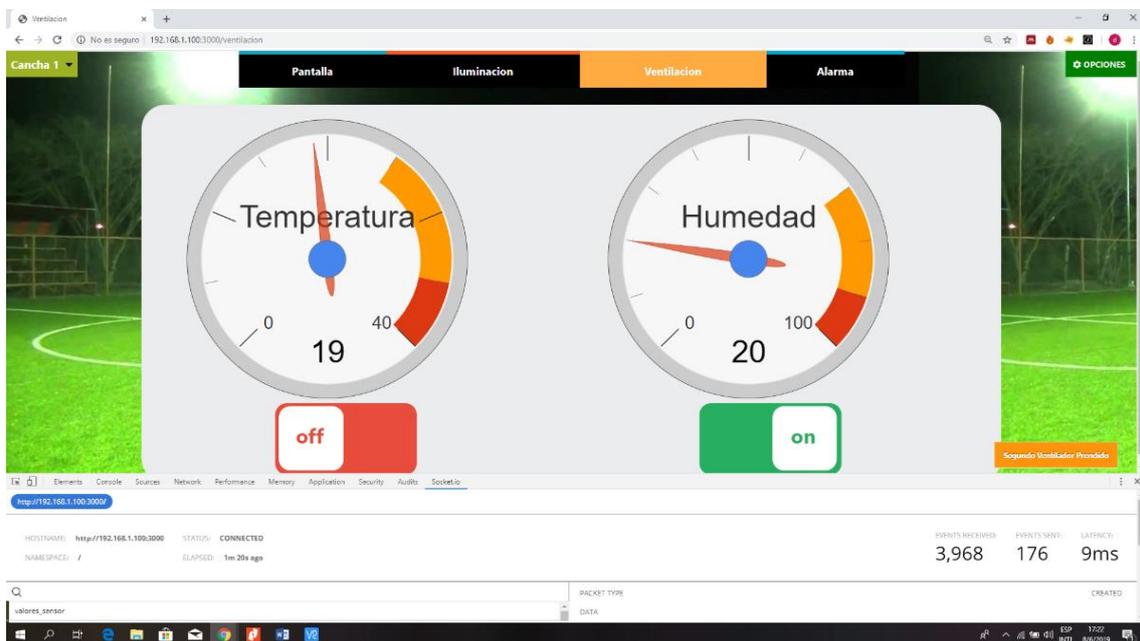
- Encender Ventilador 1



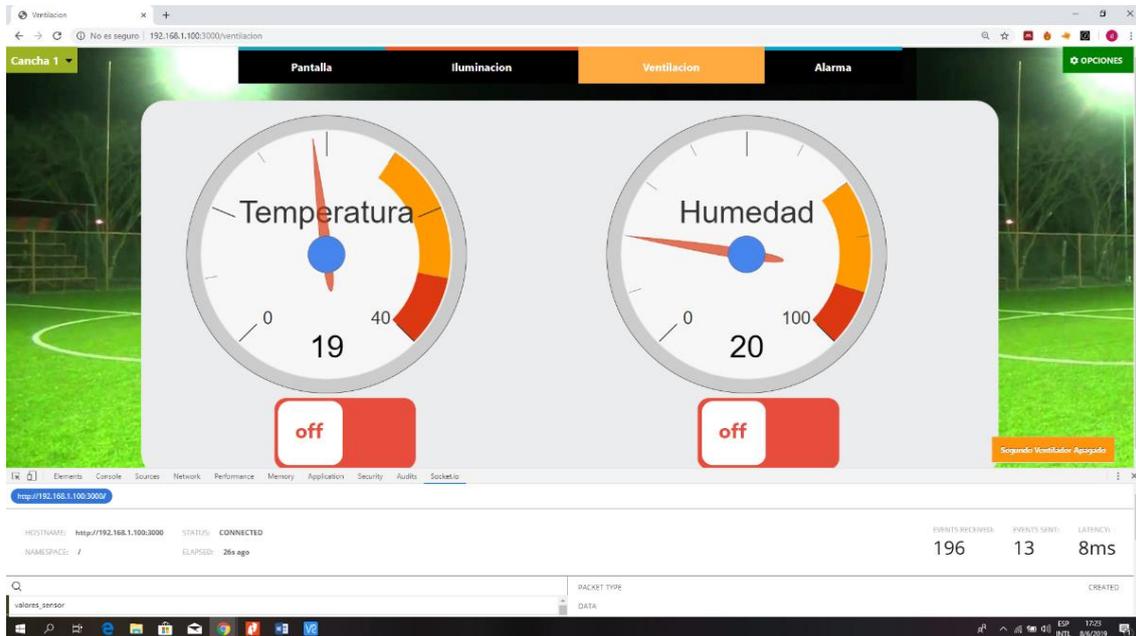
- **Apagar Ventilador 1**



- **Encender Ventilador 2**

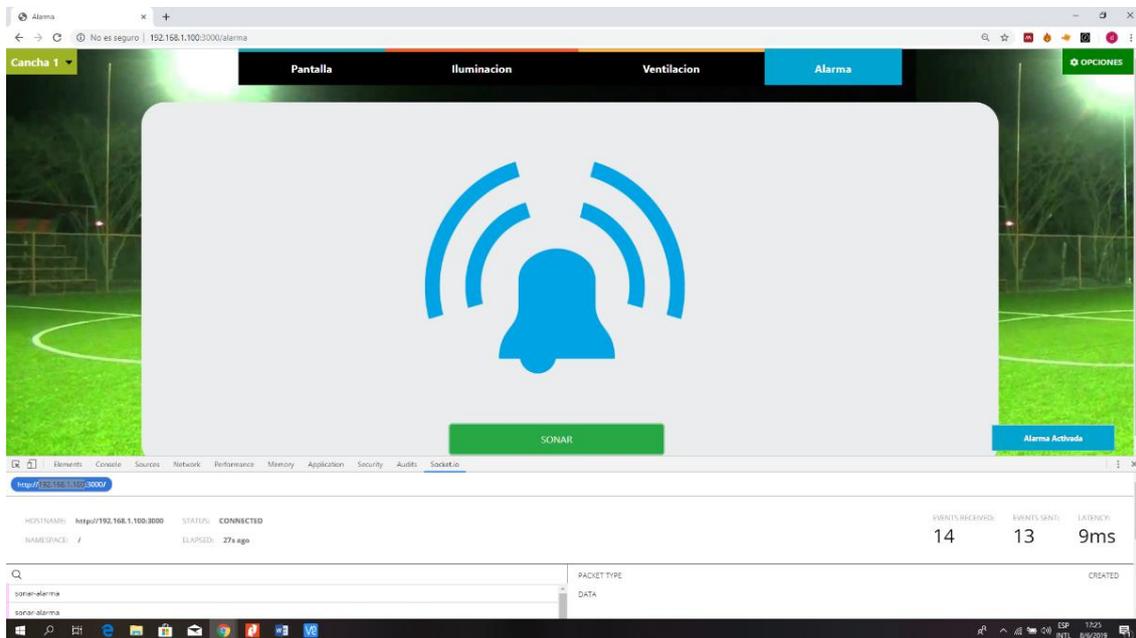


- Apagar Ventilador 2



Modulo Alarma

- Accionar Alarma



ANEXO 5: Pruebas de aceptación



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LOJA**



Facultad de Energía las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

PRUEBA DE ACEPTACIÓN

La presente prueba de aceptación se la realizó con la finalidad de comprobar las funcionalidades de la aplicación web para la administración de la cancha sintética. Los resultados generados por esta prueba serán de vital importancia, así como de justificación para la culminación del proyecto de titulación.

CASOS DE PRUEBA

Marque su respuesta en la casilla correspondiente, teniendo en cuenta los siguientes criterios.

- **Exitoso:** El resultado de la prueba ha sido el esperado.
- **Detenido:** Presenta dificultades para la correcta ejecución de la prueba.
- **Fallido:** El resultado no ha sido el esperado.
- **No ejecutado:** La prueba no se ha llevado a cabo.

Caso de Prueba	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Iniciar sesión	X			
Cambiar contraseña	X			
Recuperar contraseña	X			
Iniciar partido en pantalla	X			
Iniciar partido personalizado en pantalla	X			
Agregar tiempo adicional en pantalla	X			
Publicar texto en pantalla	X			
Cancelar actividad en pantalla	X			
Controlar Iluminación	X			
Visualizar temperatura y humedad	X			
Controlar Ventilación	X			
Accionar alarma	X			
Notificar partido terminado	X			

En la mayoría de los casos de prueba poseen criterios de aceptación por lo que también se comprueba su funcionamiento.

INICIAR SESIÓN				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se validará que los campos usuario y contraseña no estén vacíos previo a dar clic al botón de ingreso al sistema.	X			
Se mostrará un mensaje de error en caso de ingresar incorrectamente los campos usuario o contraseña.	X			

CAMBIAR CONTRASEÑA				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se validará que los campos contraseña actual y contraseña no estén vacíos previo a dar clic al botón de cambiar contraseña.	X			
Se validará que el campo contraseña nueva tenga una longitud mínima de 5 caracteres.	X			
Se mostrará un mensaje de error en caso de ingresar incorrectamente el campo contraseña actual.	X			
Se validará que los campos contraseña actual y contraseña nueva no sean iguales.	X			

RECUPERAR CONTRASEÑA				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se validará que la nueva contraseña tenga una longitud mínima de 5 caracteres.	X			
Se verificará que el link de restablecimiento de contraseña sea válido solo una hora.	X			

INICIAR PARTIDO EN PANTALLA				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se mostrará una notificación de confirmación de que se realizó correctamente la ejecución del partido en la pantalla de la cancha sintética.	X			
Se mostrará una notificación con el tiempo faltante para terminar el partido en el caso de que ya esté en ejecución un partido o partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética.	X			

INICIAR PARTIDO PERSONALIZADO EN PANTALLA				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se mostrará una notificación de confirmación de que se realizó correctamente la ejecución del partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética.	X			
Se validará que los campos nombre equipo 1 y nombre equipo 2 no sean vacíos.	X			
Se mostrará una notificación con el tiempo faltante para terminar el partido en el caso de que ya esté en ejecución un partido o partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética	X			

AGREGAR TIEMPO ADICIONAL EN PANTALLA				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se mostrará una notificación de confirmación de que se realizó correctamente la adición del tiempo al partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética.	X			
Se mostrará una notificación de ejecución incorrecta del tiempo adicional si esta cualquier otra actividad en la pantalla de la cancha sintética que no sea un partido personalizado.	X			

PUBLICAR TEXTO EN PANTALLA				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se mostrará una notificación de confirmación de que se realizó correctamente la publicación de texto en la pantalla de la cancha sintética.	X			
Se validará que el campo de ingreso de la cadena de texto a publicar no sea vacío.	X			
Se mostrará una notificación de ejecución incorrecta de la publicación de texto si está en juego un partido o partido personalizado en la pantalla de la cancha sintética.	X			

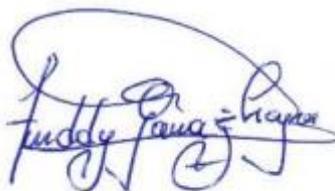
CANCELAR ACTIVIDAD EN PANTALLA				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se mostrará una notificación de confirmación de que se realizó correctamente la cancelación de la actividad en la pantalla de la cancha sintética.	X			

CONTROLAR ILUMINACIÓN				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se mostrará una notificación de confirmación de que se encendió o se apagó correctamente el reflector seleccionado de la cancha sintética.	X			

CONTROLAR VENTILACIÓN				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se mostrará una notificación de confirmación de que se encendió o se apagó correctamente el ventilador seleccionado de la cancha sintética.	X			

ACCIONAR ALARMA				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se mostrará una notificación de confirmación de que se acciono correctamente la alarma de la cancha sintética.	X			

NOTIFICAR PARTIDO TERMINADO				
Criterio de aceptación	Exitoso	Detenido	Fallido	No ejecutado
Se mostrará una notificación de confirmación de haberse apagado correctamente los dispositivos electrónicos de la cancha sintética.	X			



Ing. Ángel Freddy Ganazhapa Malla

ANEXO 6: Certificado de pruebas de aceptación

Loja, 15 de febrero del 2019

Ing. Ángel Freddy Ganazhapa Malla

Certifica:

Que el prototipo domótico de la cancha sintética y la aplicación web de administración presentadas por el tesista Daniel Vinicio Celi Gutiérrez con numero de cedula: 1104898745, estudiante de la Carrera de Ingeniera en Sistemas de la Universidad Nacional de Loja, han sido evaluadas, por lo que se da fe de la ejecución de las pruebas realizadas con un resultado satisfactorio por parte de mi persona.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Muy atentamente.



Ing. Ángel Freddy Ganazhapa Malla

ANEXO 7: Glosario de Términos

Término	Definición
GND	Tierra
VCC	Voltaje en corriente directa.
5V	5 voltios de tensión
Toggle Switch	Representación de un interruptor eléctrico en la interfaz web
P-E	Reproducción cuando se ha grabado algo previamente en el módulo ISD1820 y el contenido de la grabación se reproduce automáticamente hasta que se termina la misma
PWM	Señal eléctrica analógica en la que los valores de la tensión o voltaje varían constantemente y pueden tomar cualquier valor
Ω	Ohmio, unidad derivada de la resistencia eléctrica
μF	Micro-Faradio, unidad derivada de la capacidad eléctrica
nm	Máxima emisión que se consigue en la longitud de onda de un led
GPIO2- GPIO26	Simbología para representar en el diagrama esquemático un pin genérico del Raspberry Pi 3B.
D0-D38	Simbología para representar en el diagrama esquemático un pin digital del Arduino.
A0-A15	Simbología para representar en el diagrama esquemático un pin analógico del Arduino.
R1-R19	Simbología para representar en el diagrama esquemático una resistencia.
C1-C12	Simbología para representar en el diagrama esquemático un capacitor.
S1- S12	Simbología para representar en el diagrama esquemático un switch o interruptor eléctrico.
M1-M2	Simbología para representar en el diagrama esquemático el motor de un ventilador.
Q1-Q2	Simbología para representar en el diagrama esquemático un transistor.
Vss	Tierra del GLCD
Vdd	Fuente de alimentación del GLCD
Vout	Voltaje negativo para la conducción del GLCD
Vo	Pin del contraste ajustable del GLCD
Rs	Pin para las instrucciones, datos y selección del registro del GLCD
Enable	Pin para habilitar la señal del GLCD
DB0-DB7	Entradas / Salidas de datos del GLCD
CS1-CS2	Pines para la selección del circuito integrado del GLCD
RST	Pin para la señal de reinicio del GLCD
A(+)	Tensión positiva para el suministro GLCD
K(-)	Tensión negativa para el suministro GLCD

ANEXO 8: Licencia Creative Commons



Este obra está bajo una **licencia de Creative Commons Reconocimiento- NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.**

You are free to:

Share — copy and redistribute the material in any medium or format

The licensor cannot revoke these freedoms as long as you follow the license terms.

Under the following terms:



Attribution — You must give [appropriate credit](#), provide a link to the license, and [indicate if changes were made](#). You may do so in any reasonable manner, but not in any way that suggests the licensor endorses you or your use.



NonCommercial — You may not use the material for [commercial purposes](#).



NoDerivatives — If you [remix, transform, or build upon](#) the material, you may not distribute the modified material.

No additional restrictions — You may not apply legal terms or [technological measures](#) that legally restrict others from doing anything the license permits.

ANEXO 9: Revisión Sistemática De Literatura

Revisión Sistemática de Literatura: Sistemas Embebidos Open Source para la Implementación de Domótica

Daniel Celi y Freddy Ganazhapa
 Ingeniería en Sistemas - Universidad Nacional de Loja
 {dvcelig & angel.f.ganazhapa}@unl.edu.ec

Abstract-- Embedded systems are electronic devices controlled by processors to perform one or more specific tasks. This article details the process of the systematic review of literature on primary studies where open source embedded systems were used for the implementation of domotic systems. The development process followed several steps of the systematic review methodology proposed by Barbara Kitchenham [1] and reviewed a total of 10 articles from various scientific journals, in order to identify the different types of open source embedded systems that are currently the most used, which emphasizes a preference for the Arduino electronic card due to its adaptability characteristics as well as for the Raspberry Pi electronic card since it can be used as a web server and microcontroller in the domotic system.

Index Terms—Systems Embedded; Open Source; Raspberry Pi; Domotics; Arduino.

Resumen-- Los sistemas embebidos son dispositivos electrónicos controlados por un procesador, dedicado a realizar una o varias tareas específicas. El presente artículo detalla el proceso de la revisión sistemática de literatura sobre estudios primarios donde se utilizaron sistemas embebidos open source para la implementación de sistemas domóticos. En el proceso de desarrollo se siguió varios pasos de la metodología de revisión sistemática propuesta por Bárbara Kitchenham [1] y se revisó un total de 10 artículos de diversas revistas científicas, con el fin de identificar los diferentes tipos de sistemas embebidos open source que actualmente son los más utilizados, donde se enfatiza una preferencia por la tarjeta electrónica Arduino debido a sus características de adaptabilidad así como también por la tarjeta electrónica Raspberry Pi dado que se puede usar como servidor web y microcontrolador en el sistema domótico.

Palabras Clave—Sistemas Embebidos; Open Source; Raspberry Pi; Domótica; Arduino.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas embebidos en la actualidad se ocupa en prácticamente todos los ámbitos de la actividad humana encontrándose comúnmente en autos, lavadoras, alarmas, microondas, entre otros. Entendiéndose como un sistema embebido a un circuito electrónico computarizado que está diseñado para cumplir una labor específica en un producto [1].

Cuando se pretende implementar un sistema domótico en un medio físico siempre se anhela que sea con dispositivos eléctricos que tengan un buen desempeño y que sea de bajo costo, aquí es donde entra la nueva tendencia de utilizar sistemas embebidos open source que son dispositivos

electrónicos que permiten la libertad de uso, estudio, modificación, distribución y redistribución de las versiones modificadas [2].

En el mercado actual existen una gran variedad de sistemas embebidos open source que son utilizados de acuerdo a las necesidades y características que se necesite implementar en el sistema domótico, además de contar con una documentación amplia, librerías y con comunidades grandes que brindan apoyo a los posibles problemas que se pueden presentar en su utilización [3].

II. METODOLOGIA

Basado en la metodología de revisiones sistemáticas de Bárbara Kitchenham se elaboró un esquema para la revisión, selección y extracción de información quedando de la siguiente manera:

- a. Pregunta de investigación.
- b. Palabras clave.
- c. Método de revisión.
 - Fuentes y estrategias de búsqueda
 - Cadenas de búsqueda,
 - Criterios de selección de estudios.
 - Extracción de información.
- d. Estudios incluidos y excluidos

A. Pregunta de Investigación

Se dirigió el alcance de este trabajo sobre estudios relacionados a la utilización de sistemas embebidos Open Source para la implementación de la domótica. La pregunta de investigación planteada es:

¿Qué tipo de estudios existen sobre la utilización de sistemas embebidos Open Source para la implementación de domótica?

B. Palabras clave

Se realizó una revisión de literatura previa, que consistió en analizar algunos documentos relacionados al tema que facilitan identificar las palabras claves obtenidas de los títulos, resúmenes e introducción.

En la tabla 1 se detalla la lista de palabras obtenidas a través del Keywords.Equations.

TABLA 1. REVISIÓN PRELIMINAR Y TÉRMINOS

Cód.	Título	Palabras clave
R01	Implementación de Sistema Domótico con Servidor Raspberry	Sistemas embebidos, Arduino, Raspberry Pi, domótica
R02	Programación concurrente orientada a objetos en Arduino para internet de las cosas	Sistemas embebidos, Arduino, Open Source
R03	Automatización de pequeña escala con Open Hardware	Sistemas embebidos, Arduino, domótica
R04	Diseño y construcción de un prototipo de sistema de riego automatizado con tecnología open source y energía renovable con monitoreo vía web para los huertos Organopónicos de la prefectura del guayas	Sistemas embebidos, Arduino, Raspberry Pi, Open Source, domótica
R05	Estudio de factibilidad de la implementación de un sistema domótico empleando Raspberry Pi y Arduino para el monitoreo automatizado de los parqueaderos del edificio de la corte provincial del guayas.	Sistemas embebidos, Arduino, Raspberry Pi, Open Source, domótica
R06	Diseño e implementación del prototipo de un sistema domótico para la medición del consumo de agua potable a través de internet y correo electrónico	Sistemas embebidos, Arduino, Raspberry Pi, Open Source, domótica
R07	Desarrollo e Implementación de un Prototipo para la Obtención y Gestión de la Información de Parámetros Físicoquímicos del Agua Aplicado a Acuicultura para la Parroquia Yangana.	Sistemas embebidos, Arduino, Raspberry Pi

Una vez obtenidas las palabras claves descritas en la tabla 1, se puede realizar la construcción de la cadena de búsqueda.

C. Método de revisión

1) Fuentes y estrategias de búsqueda

- GOOGLE SCHOLAR: <https://scholar.google.com/>

2) Cadenas de búsqueda

A partir de la pregunta de investigación, se definieron palabras clave para las búsquedas: Sistemas embebidos, Arduino, Raspberry Pi, Open Source, domótica.

Para generar la cadena de búsqueda se utilizaron los operadores lógicos “OR” y “AND”, quedando:

(Sistemas embebidos AND domótica AND Open source OR Arduino AND domótica OR Raspberry AND domótica)

Criterios de inclusión.

Es necesario aclarar que se consideró los siguientes criterios de búsquedas:

- Considerar sólo publicaciones desde el año 2014 en adelante.
- Las obtenciones científicas sean estudios primarios (artículos de revista).
- Los resultados de la búsqueda serán en el área de la Informática/Electrónica.

- Los resultados de la búsqueda deben ser soluciones de bajo costo en la implementación.
- La búsqueda científica será en el idioma español.
- Los estudios deben tener información relevante a la pregunta de investigación.

Criterios de exclusión.

Los estudios que no han sido relevantes en este estudio se han excluido mediante los siguientes criterios:

- Publicaciones informales que no siguen una metodología científica.
- Todas las que no cumplan con los criterios de inclusión.

Las cadenas de búsquedas(C) utilizadas fueron las siguientes:

Biblioteca digital de: Google Scholar

C01: (Sistemas embebidos AND domótica AND Open source) OR (Arduino AND domótica) OR (Raspberry AND domótica)

3) Criterios de selección de estudios

Obtenidos los resultados de las búsquedas es conveniente describir el criterio a seguir para la selección de estudios primarios, considerando los siguientes:

- Presenten en el resumen, información actual de sistemas embebidos Open Source utilizados para la implementación de domótica.
- Contener información relevante para la revisión en el resumen, introducción o conclusión

4) Extracción de información

Los criterios de selección de estudios establecen la pauta de extracción de información relevante para este trabajo. Por cada artículo seleccionado, se sintetizará al menos uno de los siguientes elementos:

- El sistema embebido utilizado
- Resultados
- Conclusiones relevantes.

D. Estudios incluidos y excluidos

El criterio utilizado para la selección de artículos fue que el sistema embebido implementado sea en el campo de la automatización y control de dispositivos electrónicos o en el campo de la gestión de la energía.

Las búsquedas realizadas generaron 26 artículos, de los cuales se registraron 8 coincidencias, es decir el número de artículos revisados fueron 18, de los cuales se seleccionaron 10 artículos de acuerdo al criterio ya mencionado.

TABLA 2. ARTICULOS INCLUIDOS Y EXCLUIDOS

Base de Datos	Artículos			
	Encontrados	Coincidencias	Revisados	Seleccionados
Google Scholar	26	8	18	10

III. RESULTADOS

En las siguientes tablas se detalla la información relevante extraída de cada uno de los artículos seleccionados.

TABLA 3. RESULTADOS DEL ARTÍCULO SA01

Sistema Embebido	Implementa la propuesta de arquitectura de cuatro capas para aplicaciones IoT, las capas que componen el sistema son la capa física, la capa de red, la capa de transporte y la capa de presentación. Para la implementación del sistema se utiliza 3 dispositivos electrónicos, la tarjeta Arduino en la capa física para la obtención de los valores de los sensores DHT11 y BMP180, el módulo ESP8266 en la capa de red para el envío de información proveniente de los sensores hacia una dirección IP y el Raspberry Pi en la capa de transporte realiza las función de servidor web para el acceso, procesamiento y visualización de los datos.
Resultados	El sistema implementado permite la visualización en tiempo real de los valores de temperatura, humedad, presión atmosférica, densidad de polvo, concentraciones de monóxido, dióxido de carbono, metano y óxidos de nitrógeno, esto debido al protocolo de comunicación MQTT entre las tarjetas Arduino y la Raspberry Pi.
Conclusiones relevantes	Mediante el uso de las herramientas libres para el desarrollo del prototipo, se hace posible la integración, fusión e interoperabilidad de datos provenientes de sensores diversos, lo cual es un avance concreto en la interoperabilidad de la información proveniente de fuentes de datos heterogéneas. El prototipo hace funcional la solución para nuevos sensores o sistemas de medición, mediante la implementación de pequeños cambios en la configuración del prototipo.

TABLA 4. RESULTADOS DEL ARTÍCULO SA02

Sistema Embebido	Se implementa un sistema de control utilizando un Arduino UNO acoplado electrónicamente a varios dispositivos electromagnéticos relé para el ahorro energético mediante la desconexión de los aparatos electrodomésticos, el Arduino está conectado a su vez a un sensor IR de tres terminales como receptor de las señales infrarrojas de un control remoto que dará las ordenes de Conectar/Desconectar el electrodoméstico.
Resultados	El sistema de control electrónico permite la conexión de 14 electrodomésticos a la vez uno por cada pin digital del Arduino UNO
Conclusiones relevantes	En el sistema de control electrónico no es restrictivo a la conexión de solo 14 electrodomésticos ya que se puede ampliar la cantidad de entradas y salidas mediante el protocolo de comunicación I2C con el circuito integrado PCF8574P.

TABLA 5. RESULTADOS DEL ARTÍCULO SA03

Sistema Embebido	Se implementa un sistema domótico para la iluminación de una casa mediante comunicaciones vía internet usando protocolos de internet HTTP y SSH. Se utiliza el Raspberry Pi como controlador central que es el encargado de procesar y comunicar las órdenes del cliente a los actuadores del sistema de iluminación.
Resultados	Mediante la interfaz gráfica de la aplicación web se realiza el control de las lámparas de las habitaciones, baños, cocina, pasillo y sala de la casa.
Conclusiones relevantes	El tiempo de respuesta de la aplicación web con el sistema de iluminación es bastante rápida al obtener un tiempo alrededor de los 50mS según test de velocidad que se realizó.

TABLA 6. RESULTADOS DEL ARTÍCULO SA04

Sistema Embebido	Se implementa un sistema domótico de gestión eléctrica domiciliaria que permite controlar de manera remota una bombilla LED a través de las acciones de prender y apagar. Se utiliza la tarjeta Arduino Mega acoplada al Arduino Ethernet Shield para permitir la conectividad digital a través del internet para la interacción del sistema con el usuario.
Resultados	El comportamiento del sistema de gestión remota de una bombilla empleando Arduino, se realiza digitando la dirección del servicio Web, posteriormente al oprimir el botón "Prender" ubicado en la página principal, se invocan las transacciones del proyecto donde al mostrarse un mensaje de confirmación, la bombilla se prende por el dispositivo Arduino de manera remota efectuando así la gestión domótica, de igual manera se realiza el mismo proceso si el usuario desea apagar la bombilla.
Conclusiones relevantes	La gestión de la energía de los dispositivos eléctricos ubicados en las casas, se ejecuta con facilidad haciendo uso de interfaces de programación como el Arduino, el cual permite la conexión entre cualquier electrodoméstico que se quiera controlar remotamente por medio de comunicación vía Internet y haciendo uso de sus puertos de conexión. Los sistemas domóticos son flexibles y se implementan con el Arduino en varios frentes, como son los servicios de iluminación, aires acondicionados, electrodomésticos, alarmas, cámaras, etc.

TABLA 7. RESULTADOS DEL ARTÍCULO SA05

Sistema Embebido	El sistema domótico consta de módulos de control autónomos y un módulo gestor de información; el módulo de control regula las luminarias usando un microcontrolador PIC-16F877A de microchip y un sensor de presencia HC-SR501, e intercambia datos a través de un transceptor de radio frecuencia nRF24L01; el módulo gestor permite el acceso a los módulos de control mediante una interfaz Web alojada en la tarjeta electrónica Raspberry Pi que desempeña la función de servidor web.
Resultados	La aplicación del sistema disminuyó el consumo total de la vivienda en un 3,75 %, con una unidad tipificada de -1,93 obtenida del análisis estadístico.
Conclusiones relevantes	La arquitectura híbrida empleada en el diseño del prototipo da como resultado un sistema de bajo costo, en comparación con tecnologías similares disponibles en los mercados nacional e internacional; además, el sistema es fácil de implementar en diferentes niveles económicos del país, con una gran escalabilidad para la incorporación de nuevos módulos de control sin necesidad de implementar grandes modificaciones en la estructura del sistema, ni en la vivienda donde está instalado. El prototipo reduce el desperdicio de energía eléctrica producto de los hábitos de consumo de los residentes de la vivienda del caso de estudio.

TABLA 8. RESULTADOS DEL ARTÍCULO SA06

Sistema Embebido	Se implementa un sistema domótico para el monitoreo y gestión del consumo de servicios domiciliarios, en este caso los servicios de agua y energía. Se utiliza un Arduino uno conectado a los sensores de medición de consumo de los servicios domiciliarios y a un módulo Bluetooth para la interacción con el usuario mediante la aplicación móvil.
Resultados	Se ha obtenido un resultado de ahorro de energía del 20% según las pruebas realizadas, ya que de esta forma el usuario conoce en qué momento supera su límite de planeación, y por lo tanto puede dar solución a cualquier meta de ahorro propuesta por el usuario.

Conclusiones relevantes	Con respecto a los resultados, es importante notar que la aplicación de software que se utiliza para este proyecto, puede ser mejorada para que el usuario final pueda agregar diferentes dispositivos, sin importar las tecnologías, lo que ayudará a que este tenga mejor acogida, por lo que no solo debe ser diseñado para herramientas de computador, sino ser utilizado desde desarrollo web, permitiendo la implementación desde un sistema operativo diferente, que se pueda desarrollar en compatibilidad con todos, tanto en software como en hardware.
--------------------------------	---

TABLA 9. RESULTADOS DEL ARTÍCULO SA01

Sistema Embebido	El proyecto implementa un sistema domótico para control de las luces y el aire acondicionado en un cubículo del edificio de profesores de tiempo completo. El sistema utiliza la placa NodeMcu V0.9 que posee, un módulo ESP8266 para establecer conexión WiFi en una red, y a través de un circuito permite a los dispositivos utilizar esta infraestructura para formar conexiones con diversos dispositivos. La comunicación entre la placa NodeMcu con los aparatos electrónicos se realiza por medio del protocolo infrarrojo (IR).
Resultados	El sistema implementado permite un mejor control del encendido y apagado de los aires acondicionados y luces porque se maneja por el auditor interno de calidad, a través de una dirección web contribuyendo positivamente a la evaluación periódica de los indicadores de consumo de energía eléctrica.
Conclusiones relevantes	La posibilidad de crear proyectos basados en la IoT, se está incrementando por la aparición de diversas placas electrónicas, como el NodeMcu, cuyo precio se encuentra al alcance de la mayoría de los desarrolladores y ofrece un amplio soporte técnico por su naturaleza de hardware libre. La aplicación resulta de costo accesible, porque se utilizan distintos elementos que están al alcance del público de manera general, como Hardware y Software libre, así como los dispositivos móviles que actualmente son muy comunes en la mayor parte de la sociedad y que propician la interacción de las personas con las aplicaciones en ambientes móviles con conexión inalámbrica.

TABLA 10. RESULTADOS DEL ARTÍCULO SA08

Sistema Embebido	En el proyecto del sistema domótico se utiliza la Raspberry pi como PLC y cerebro de todo el sistema domótico, además algunos pines de alimentación GPIO están siendo usados para energizar los drivers PCA 9685 y el módulo de relevos de 4 canales, por otro lado se usan cuatro pines BCM para el envío del pulso de activación de los canales del módulo de relevos y finalmente los pines dedicados a la comunicación I2C los cuales son el SDA (línea de datos) y el SCL (reloj serial) los cuales van al driver PCA 9685 y hace el control del pulso PWM.
Resultados	El usuario del sistema a través del celular o cualquier otro dispositivo con conexión a internet podrá realizar el control ON/OFF del sistema de iluminación, además de la apertura/cierre de las válvulas de agua y gas para la eficiencia energética.
Conclusiones relevantes	Después de haber realizado una investigación informativa y técnica de los sistemas domóticos existentes a nivel nacional e internacional, la propuesta hecha cumple con los requerimientos básicos de un sistema de bajo costo y con grandes posibilidades de ser mejorado. Se puede decir que diseñar un sistema domótico básico que genere seguridad, confort y ayude al planeta ambientalmente es posible, en cuanto a costo y materiales usados se puede determinar que es viable y la dirección o rumbo que se le puede dar a la domótica depende directamente de lo que requiera el usuario.

TABLA 11. RESULTADOS DEL ARTÍCULO SA09

Sistema Embebido	El sistema domótico se compone de dos subsistemas, el subsistema exterior se encarga de monitorizar los datos de temperatura exterior a través del sensor Keyes DS18B20 y de la humedad del suelo mediante el sensor YL-69, mientras que el subsistema interior se encarga de monitorizar los datos de la temperatura y humedad interior de la vivienda por medio del sensor DTH11, ambos subsistemas se implementaron con placas Arduino Uno. Por otro lado, para el centro de control se escogió una Raspberry Pi 1 Model B para alojar el servidor web y la base de datos. Para la comunicación entre el Arduino Uno y Raspberry Pi placas se implementó módulos de radio APC220 debido a su alcance de hasta 100 metros.
Resultados	El sistema es capaz de controlar el sistema de riego y el del aire acondicionado de la vivienda de forma que puedan encenderse/apagarse a distancia, además incluye un modo automático, de manera que los sistemas conectados se enciendan o apaguen en función del estado exterior (humedad/temperatura). El usuario del sistema visualizará en tiempo real los datos registrados por ambos subsistemas y podrá controlar los elementos que integran los subsistemas manualmente, además de poder consultar el historial de los datos registrados por los sensores.
Conclusiones relevantes	Mediante el uso de plataformas de hardware como Arduino y Raspberry Pi, se implementó un sistema domótico inalámbrico y distribuido que permite el control de los sistemas de riego y de aire acondicionado del hogar. De cara al futuro, se plantean varios puntos, como la elaboración de un segundo prototipo más avanzado que incluya alimentación por batería y la posibilidad de configurar los parámetros del sistema o la elaboración de una aplicación móvil que complemente a la página web elaborada.

TABLA 12. RESULTADOS DEL ARTÍCULO SA10

Sistema Embebido	El sistema está estructurado a través de 2 nodos. El nodo central se compone del Raspberry pi A+ que se encarga del sistema de notificaciones a las redes sociales, el dispositivo electric imp para la recepción de las instrucciones por internet y el módulo de radiofrecuencia NRF24L01. El nodo cliente está compuesto de un módulo de radiofrecuencia NRF24L01 para recibir las instrucciones del nodo central y dependiendo de esta encender o apagar un foco, además tiene integrado un microcontrolador PIC 16f8777a conectado a los sensores de presencia, magnéticos para la detección de señales y posteriormente enviar dicho dato al nodo central, el cual activa el sistema de notificaciones.
Resultados	El sistema domótico permite controlar el encendido y apagado de las luces de un hogar desde un sitio web, además implementa un sistema de notificaciones a las redes sociales WhatsApp, Twitter y Dropbox cuando se activa un sensor o alguien toca el timbre en el hogar.
Conclusiones relevantes	Se implementó un sistema de domótica mediante la sinergia entre plataformas de internet, sistemas embebidos y comunicación inalámbrica teniendo un resultado exitoso demostrando que se puede realizar un sistema de domótica robusto y de bajo costo. Los resultados muestran que la implementación del sistema es viable en el interior de una casa donde la distancia entre el nodo central y clientes no supere los 14 metros. El tiempo de respuesta de la comunicación inalámbrica entre nodo central y el nodo cliente varía dentro del rango de 1.2 a 3 segundos de acuerdo a la prueba de eficiencia realizada.

IV. DISCUSIÓN

Principales hallazgos

SA01: Se construye un sistema domótico escalable y en tiempo real utilizando los dispositivos electrónicos Raspberry pi en la capa de transporte como servidor web, el Arduino uno en la capa física para la obtención de los datos de los sensores y el módulo ESP8266 en la capa de red para el envío de información entre las tarjetas electrónicas.

SA02: El sistema domótico tiene implementada una sola tarjeta electrónica Arduino uno para la gestión energética de una vivienda mediante la desconexión de aparatos electrónicos, teniendo comunicación entre sí a través de módulos infrarrojos, el sistema es escalable al no ser restrictivo a la conexión de solo 14 electrodomésticos debido al número de entradas digitales del Arduino uno ya que se puede ampliar la cantidad de entradas y salidas mediante el protocolo de comunicación I2C con el circuito integrado PCF8574P.

SA03: Se utiliza la tarjeta electrónica Raspberry Pi como controlador central del sistema domótico para conectar directamente mediante los pines Gpio a los actuadores del sistema de iluminación, además el Raspberry Pi realiza las funciones de servidor web para el alojamiento de la aplicación web en la que sus funcionalidades tienen un tiempo de respuesta de alrededor de los 50mS según test de velocidad realizado.

SA04: El sistema domótico para la gestión de la energía en la iluminación de una vivienda construido a través de las tarjetas electrónicas Arduino Mega y Arduino Ethernet Shield permite la escalabilidad al poder aumentar el número de iluminarias y la adaptabilidad al tener la posibilidad de incorporar dispositivos electrónicos de diferente índole como aires acondicionados, alarmas, cámaras, etc.

SA05: La arquitectura híbrida entre el Raspberry Pi como servidor web, el microcontrolador PIC-16F877A para el módulo de control del sistema de iluminación y transceptor de radio frecuencia NRF24L01 para el envío/lectura de datos entre ambos dispositivos, permite una fácil implementación de nuevos módulos de control sin tener que modificar la estructura del sistema domótico.

SA06: La comunicación entre la aplicación móvil y el Arduino Uno que es el encargado de obtener mediante sensores los valores de los servicios domiciliarios se realiza por medio de un módulo de Bluetooth teniendo una respuesta en tiempo real para la visualización de los valores en la aplicación móvil. Además al Arduino Uno se le implementa un módulo de seguridad mediante tarjetas RFID RC522 para que el usuario del sistema pueda tener acceso al sistema físicamente.

SA07: Se construye un sistema domótico mediante la implementación de dos tarjetas electrónicas de bajo costo de nombre NodeMcu la cual tiene incorporada un módulo ESP8266 para establecer conexión WiFi en una red y a través de un circuito que permite a los dispositivos utilizar la infraestructura para formar conexiones con diversos

dispositivos. En el sistema, la comunicación entre la placa NodeMcu con los aparatos electrónicos a controlar se realiza por medio del protocolo infrarrojo (IR).

SA08: Se realiza un estado de arte de los dispositivos electrónicos más utilizados para la implementación de domótica a nivel mundial, donde después de realizar un análisis de todos los dispositivos de acuerdo al costo/beneficio, finalmente se terminó seleccionando el Raspberry Pi para la implementación del sistema domótico. EL Raspberry funciona como servidor web y cerebro de todo el sistema domótico, por medio de los pin Gpio se conecta el módulo de relevos de 4 canales para el control del sistema de iluminación y el driver PCA 9685 para el control de las válvulas de gas, agua.

SA09: Se implementa un sistema domótico en tiempo real mediante una arquitectura híbrida entre las tarjetas electrónicas Raspberry Pi y dos Arduinos versión Uno. Un Arduino se encarga de monitorizar el exterior de la vivienda mediante el sensor de suelo YL-69 y el sensor de temperatura Keyes DS18B20. El segundo Arduino se encarga de monitorizar el interior de la vivienda mediante el sensor DTH11. El Raspberry Pi y los dos Arduinos tienen conectado un módulo de radio APC220 para la comunicación entre ambas tarjetas electrónicas.

SA10: Se implementa un sistema de domótica robusto y de bajo costo mediante la sinergia entre diferentes sistemas embebidos que desempeñan diferentes funciones en los dos nodos que tiene el sistema. En el nodo central el Raspberry Pi A+ se encarga del sistema de notificaciones a las redes sociales, el dispositivo Electric Imp realiza la recepción de las instrucciones del usuario por internet mediante una interfaz gráfica y el módulo de radiofrecuencia NRF24L01 para la comunicación con el nodo cliente que a su vez tiene conectado un microcontrolador PIC-16f8777A para el control de los sensores de magnéticos y de presencia para la detección de señales.

Existe una variedad de sistemas embebidos open source para la implementación de sistemas domóticos, pero la más utilizada debido a su bajo costo como también por sus características de adaptabilidad y escalabilidad para la integración de nuevos componentes electrónicos es la tarjeta electrónica Arduino en las versiones uno y mega.

Otro de los sistemas embebidos que más se utiliza es la tarjeta electrónica Raspberry Pi aunque su precio es muy superior en comparación con la tarjeta electrónica Arduino sus características al poder desempeñar una doble función en el sistema domótico como servidor web y microcontrolador la hacen muy codiciable.

V. CONCLUSIONES

Los sistemas embebidos Open Source más utilizados para la implementación de domótica son las tarjetas electrónicas Arduino en las versiones Uno y Mega, según los estudios SA01, SA02, SA04, SA06, SA09; debido a su bajo costo y a sus características de escalabilidad al poder aumentar el número de dispositivos electrónicos sin demasiada complejidad.

La implementación de sistemas híbridos a través del Raspberry Pi y el microcontrolador ATMEGA328 o PIC-16f8777A permite una sencilla escalabilidad y adaptabilidad para la implementación de nuevos módulos al sistema domótico sin tener que modificar de gran forma su estructura.

Indiferentemente del microcontrolador que se utilice como unidad de control central del sistema domótico se puede utilizar diferentes tipos de dispositivos electrónicos para la interacción con el usuario mediante entornos web a través de dispositivos como: Raspberry Pi, Arduino Ethernet Shield, Electric Imp y NodeMcu.

El Raspberry Pi según los estudios SA03 y SA08 puede realizar una doble función en el sistema domótico al desempeñarse como servidor web y como unidad de control central mediante sus pines Gpio para la interacción con el medio.

En los sistemas domóticos se obtiene una comunicación en tiempo real entre tarjetas electrónicas según los estudios SA01, SA07, SA09 a través de los módulos inalámbricos ESP8266, APC220 o mediante una conexión por radiofrecuencia a través del módulo NRF24L01 según los estudios SA05, SA10.

VI. ARTÍCULOS SELECCIONADOS EN LA REVISIÓN DE LITERATURA

SA01.- A. O. Duarte and T. Delgado, “Alternativa Open Source en la implementación de un sistema IoT para la medición de la calidad del aire . Open Source alternative in the implementation of an IoT system for the measurement of air quality,” *Rev. RCCi*, Vol. 12, No. 1, pp. 189–204. January, 2018.

SA02.- J. Torres-Jaime, “Ahorro De Energia En Aplicaciones Electronicas De La Domotica,” *Program. Matemática y Softw.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–9, 2014.

SA03.- W. Alejandro Sánchez Mendoza, J. Edwin Mican Palacios, F. Nixon Giraldo Ramos, and F. José de Caldas, “Prototipo De Automatización Domótica Del Sistema De Iluminación De Una Casa Mediante Comunicaciones Vía Internet. Prototype of Domotic Automation of System Ilumination of a House Through Internet Communications,” *Rev. Visión Electr.*, no. 1, pp. 54-82, 2016.

SA04.- A. M. Vega E., F. Santamaría P., and E. Rivas T., “Internet de los objetos empleando arduino para la gestión eléctrica domiciliaria,” *Rev. EAN*, no. 77, p. 24, 2014.

SA05.- E. A. Parada Prieto, M. J. Illera Bustos, S. B. Sepúlveda Mora, D. Guevara Ibarra, and B. Medina Delgado, “Sistema de control domótico de bajo costo: un respaldo a la generación ecológica de energía eléctrica en Colombia,” *Rev. Tecnura*, vol. 20, no. 49, p. 120, 2016.

SA06.- L. D. Gomez, “Prototipo para implementación de sistema de gestión y monitoreo de consumo de servicios domiciliarios,” *Rev. Metalnova*, no. 1, pp.10-16, 2018.

SA07.- O. A. C. May, J. S. Gio, and J. J. P. Koo, “Internet De Las Cosas Para Controlar El Encendido Y Apagado De Aires Acondicionados Y Luminarias,” *Pist. Educ.*, vol. 38, no. 122, pp. 100–119, 2016.

SA08.- L. Barrera and C. Cifuentes, “Sistema domótico básico utilizando la tarjeta Raspberry pi,” *Tecnol. en Electr.*, no. Junio, pp. 1–41, 2016.

SA09.- I. M. Laclaustra, J. M. Alonso, A. A. Barrio, and G. Botella, “Sistema Domótico Distribuido para Controlar el Riego y el Aire Acondicionado en el Hogar,” *DIALNET OAI Articul.*, pp. 87–101, 2016.

SA10.- R. D. L. Hernández, “Sistema de alertas y control de luces de una casa , utilizando plataformas de internet y comunicación inalámbrica,” *Pist. Educ.*, no. 112, pp. 1922–1935, 2015.

VII. REFERENCIAS

- [1] Kitchenham, B.: Procedures for performing systematic reviews. Keele, UK, Keele Univ. 33, 28 (2004).
- [2] G. Galeano, Programacion de sistemas embebidos en C, Mexico DF: Alfaomega, 2009.
- [3] D. Aranda, Electrónica: Plataformas Arduino y Raspberry Pi, Buenos Aires: Dalaga S.A., 2014..
- [4] S. Salas, Todo sobre sistemas embebidos, Lima: SAXO, 2015.