



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y COMPUTACIÓN

**Desarrollo de una app para el acceso al prototipo de laboratorio remoto a
través de un dispositivo móvil.**

TRABAJO DE TITULACIÓN.

Autor: Salinas Sagbay, Pedro José

Director: Sarango Lapo, Celia Paola

Loja – Ecuador

2020

APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ingeniera

Celia Paola Sarango Lapo,

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración

El presente trabajo de titulación: **TT**, realizado por **Pedro José Salinas Sagbay**, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Loja, febrero del 2020

f)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Pedro José Salinas Sagbay declaro ser autor del presente trabajo de titulación: Experimentación de protocolos de comunicación de redes, de la Titulación Sistemas Informáticos y Computación, siendo Celia Paola Sarango Lapo directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 88 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado o trabajos de titulación que se realicen con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad.

f)

Autor: Pedro José Salinas Sagbay

Cédula: 1103650881

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo amor y cariño a mis padres, por su apoyo y amor incondicional, por no perder la confianza en mí y por la motivación que me brindan día a día. Este logro y todo éxito alcanzado a lo largo de mi vida no son más que su fortaleza, virtudes y valores inculcados en mí.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y formación como profesional, sin embargo, merecen reconocimiento especial mi Madre y mi Padre que con su esfuerzo y dedicación fueron más que un apoyo en esta etapa, aportando con valores, conocimiento y motivándome hacer cada día una mejor persona.

De igual forma, agradezco a mi Directora de Tesis, que, gracias a sus conocimientos, dedicación, paciencia y confianza han servido para motivarme a concluir este trabajo. A los Profesores que han sido mi guía en mi formación y que han aportado no solo en conocimientos sino en valores.

Agradezco a cada persona que ha pasado por mi vida, que con sus experiencias buenas o malas han contribuido a que sea alguien mejor.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. LABORATORIOS REMOTOS	3
1.1. Antecedentes y definición.....	4
1.2. Laboratorios remotos en la educación	5
1.3. Características de Laboratorios Remotos.....	7
1.4. Componentes de Laboratorios Remotos	8
1.5. Tipos de tecnologías de LR a nivel de hardware	9
1.5.1. Sistemas embebidos	10
1.6. Aplicación de Laboratorios Remotos en la Educación	12
1.6.1. Remote Web-based Control Laboratory for Mobile Devices based on EJSs, Raspberry Pi and Node.js.....	12
1.6.2. ArPi Lab: A low-cost remote laboratory for control education.....	12
1.6.3. Remote laboratories to support electrical and information engineering (EIE) laboratory access for students with disabilities.....	13
1.6.4. Remote lab implementation on an embedded web server	13
1.6.5. El Laboratorio Remoto FCEIA-UNR : Integración de recursos y trabajo en redes colaborativas para la enseñanza de la Ingeniería.....	14
1.6.6. Sistema de control y supervisión de un compresor de aire utilizando dispositivos móviles con sistema operativo Android y protocolo de comunicación Bluetooth.....	15
1.6.7. Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar	15
1.6.8. Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica.....	16
1.6.9. Implementación de un Laboratorio Remoto (LR), como recurso de apoyo en un sistema de Educación a Distancia.	16
1.6.10. Empleo de un laboratorio remoto para promover aprendizajes significativos en la enseñanza de los dispositivos electrónicos.....	17
1.7. Cuadro resumen de Trabajos Relacionados	17
CAPÍTULO 2. DISPOSITIVOS MÓVILES	30

2.1.	Tecnologías para desarrollo de LR	31
2.1.1.	Web 2.0	32
2.1.2.	Servicio Web.....	32
2.1.3.	WebSockets.....	33
2.2.	Marcos de trabajo y herramientas	34
2.2.1.	Labview.....	34
2.2.2.	JiL Server	34
2.2.3.	Easy Java/Javascript Simulations (EJSS)	35
2.2.4.	JavaScript.....	35
2.2.5.	Node.js	36
2.3.	Marcos de trabajo en dispositivos móviles para desarrollo de LR	36
2.3.1.	IONIC	37
2.3.2.	Android SDK	38
2.3.3.	Evaluación de Marcos de trabajo en dispositivos móviles para desarrollo de LR	39
CAPÍTULO 3.	METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE.....	41
3.1.	SCRUM.....	42
3.2.	Extreme Programming (XP)	44
3.3.	Mobile-D.....	45
3.4.	Cuadro resumen y selección de metodología de desarrollo de aplicaciones móviles	45
CAPÍTULO 4.	PROPUESTA	47
4.1.	Situación actual.....	48
4.2.	Problema	49
4.3.	Justificación	50
4.4.	Alcance	53
4.5.	Propuesta de solución	54
4.5.1.	Análisis	55
4.5.2.	Diseño	56
4.5.3.	Implementación Técnica.....	58
4.5.4.	Pruebas.....	59
CAPÍTULO 5.	61
	DESARROLLO DEL MARCO DE TRABAJO (IMPLEMENTACIÓN)	61

5.1.	Introducción	62
5.2.	Fase de inicialización	62
5.2.1.	Caso de Uso - Reserva	62
5.2.2.	Caso de Uso – Práctica	63
5.2.3.	Diagrama de clases	63
5.3.	Roles del proyecto.....	65
5.4.	Product Backlog.....	65
5.5.	Sprint Backlogs	66
5.5.1.	Sprint 1	67
5.5.2.	Sprint 2.....	78
5.5.3.	Sprint 3.....	86
5.5.4.	Sprint 4.....	95
CAPÍTULO 6.	EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL APLICATIVO	106
6.1.	Pruebas de caja negra.....	107
6.1.1.	Péndulo Simple	107
6.1.2.	Tiro Parabólico.....	108
6.1.3.	Tiro Parabólico: Lanzamiento de proyectil.....	109
6.1.4.	Ley de Ohm: Gráficas y Funciones	110
6.1.5.	Ley de Ohm: Circuito Mixto.....	110
6.1.6.	Ley de Ohm: Circuito en Serie	111
6.1.7.	Ley de Ohm: Circuito en Paralelo	111
CAPÍTULO 7.	DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
	Discusión	114
	Conclusiones.....	115
	Recomendaciones	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitectura general de un LR.....	9
Figura 2. Metodología SCRUM.....	43
Figura 3. Metodología eXtreme Programming	44
Figura 4. Situación web actual de la UTPL	48
Figura 5. Estudiantes con Tablets en la UTPL.....	51
Figura 6. Porcentaje de personas que tienen teléfono inteligente.....	51
Figura 7. Situación web actual ejecutándose en un dispositivo móvil	53
Figura 8. Arquitectura de propuesta	56
Figura 9. Diagrama Caso de Uso de Reserva	62
Figura 10. Diagrama Caso de Uso de Práctica	63
Figura 11. Diagrama de clases.....	64
Figura 12. Prototipo Login	71
Figura 13. Prototipo Prácticas.....	71
Figura 14. Prototipo Reservas	72
Figura 15. Prototipo de ejecución de práctica y preguntas de análisis.....	72
Figura 16. Prototipo Ejecución de práctica.....	73
Figura 17. Creación de aplicación externa LMS Canvas	73
Figura 18. Configuración de herramientas externas.....	74
Figura 19. Servicio de integración con Canvas LMS	75
Figura 20. Gráfica Burndown Sprint 1	77
Figura 21. Pantalla de acceso	82
Figura 22. Pantalla de prácticas.....	83
Figura 23. Gráfica Burndown Sprint 2	86
Figura 24. Pantallas de instrucciones.....	90
Figura 25. Pantalla de cuestionario.	91
Figura 26. Pantalla de reserva.....	92
Figura 27. Gráfica Burndown Sprint 3	95
Figura 28. Pantalla de práctica de péndulo simple.	99
Figura 29. Pantalla de práctica ley de ohm.	100
Figura 30. Pantalla de práctica tiro parabólico.....	101

Figura 31. Pruebas de interfaz de usuario en dispositivo móvil y tableta.	102
Figura 32. Pruebas de velocidad en red inalámbrica.	103
Figura 33. Pruebas de velocidad en red 3G.....	104
Figura 34. Gráfica Burndown Sprint 4	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen y comparación de trabajos relacionados.....	18
Tabla 2. Fases de la metodología.....	26
Tabla 3. Opciones para el desarrollo de soluciones técnicas	39
Tabla 4. Cuadro comparativo de metodologías de desarrollo móvil	45
Tabla 5. Roles de proyecto	65
Tabla 6. Historias de usuario	65
Tabla 7. Historia de Usuario 1	67
Tabla 8. Historia de Usuario 2	69
Tabla 9. Historia de Usuario 3	69
Tabla 10. Sprint 1 - Sprint Backlog	70
Tabla 11. Pruebas de análisis de requerimiento	75
Tabla 12. Pruebas de diseño del prototipo del aplicativo móvil	76
Tabla 13. Prueba de integración con el LMS	76
Tabla 14. Sprint 1 Revisión	76
Tabla 15. Sprint 1 Retrospectiva	77
Tabla 16. Historia de Usuario 4	78
Tabla 17. Historia de Usuario 5	79
Tabla 18. Historia de Usuario 6	79
Tabla 19. Historia de Usuario 7	80
Tabla 20. Sprint 2 - Sprint Backlog	81
Tabla 21 .Programación servicio Auth.....	83
Tabla 22. Programación componente Login	84
Tabla 23. Programación servicio Práctica.	84
Tabla 24. Programación componente Home.....	85
Tabla 25. Sprint 2 Revisión	85
Tabla 26. Sprint 2 Retrospectiva	86
Tabla 27. Historia de Usuario 8	87
Tabla 28. Historia de Usuario 9	87
Tabla 29. Historia de Usuario 10.....	88
Tabla 30. Historia de Usuario 11	89
Tabla 31. Sprint 3 - Sprint Backlog	89

Tabla 32. Pruebas de programación componente instrucciones	92
Tabla 33. Pruebas de programación componente cuestionario.....	93
Tabla 34. Pruebas de programación servicio reserva	93
Tabla 35. Pruebas de programación componente reserva.....	94
Tabla 36. Sprint 3 Revisión	94
Tabla 37. Sprint 3 Retrospectiva	94
Tabla 38. Historia de Usuario 12	96
Tabla 39. Historia de Usuario 13	96
Tabla 40. Historia de Usuario 14	97
Tabla 41. Historia de Usuario 15	98
Tabla 42. Pruebas de programación péndulo simple	102
Tabla 43. Sprint 4 Revisión	104
Tabla 44. Sprint 4 Retrospectiva	105
Tabla 45. Pruebas de caja negra en Péndulo Simple	108
Tabla 46. Pruebas de caja negra en Tiro Parabólico.....	109
Tabla 47. Pruebas de caja negra en Lanzamiento de Proyectoil.....	109
Tabla 48. Pruebas de caja negra en Ley de Ohm: Gráficas y Funciones	110
Tabla 49. Pruebas de caja negra en Ley de Ohm: Circuito Mixto	110
Tabla 50. Pruebas de caja negra en Ley de Ohm: Circuito en Serie	111
Tabla 51. Pruebas de caja negra en Ley de Ohm: Circuito en Paralelo.....	111

RESUMEN

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) han desempeñado un papel importante en la educación, que ha dado paso a nuevas líneas de trabajo e investigación como el aprendizaje móvil (M-Learning). Hoy en día, más y más aplicaciones están diseñadas y desarrolladas para el M-Learning. La experimentación con laboratorios remotos (RL) se ha convertido en un logro tecnológico que mejora las actividades de aprendizaje autónomo y experimental de los estudiantes. Este trabajo muestra los aspectos considerados para el diseño de una aplicación móvil utilizando el *framework* IONIC que permite el acceso a un laboratorio remoto de física dirigido a los estudiantes matriculados en programas a distancia para llevar a cabo prácticas experimentales. La metodología aplicada contempló las fases de: análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación. Como resultado, se obtuvo una aplicación móvil optimizada y multiplataforma, con una interfaz gráfica de usuario (GUI) con un diseño receptivo capaz de adaptarse a cualquier dispositivo móvil como iOS y Android basado en rangos de resolución. La prueba funcional de la aplicación cumple los requisitos para los cuales fue requerida.

PALABRAS CLAVES: Laboratorio Remoto, Aprendizaje móvil (M-learning), IONIC, SCRUM, aplicaciones móviles

ABSTRACT

Information and Communications Technology (ICT) have play an important role in education which has given way to new lines of work and research such as Mobile Learning (M-Learning). Nowadays, more and more applications are designed and developed for the M-Learning. Experimentation with remote laboratories (RL) has become a technological achievement that improves student's autonomous and experimental learning activities. This work shows the aspects considered for the design of a mobile application using Ionic framework that allow the access to a remote physics laboratory aimed to the students enrolled of a distance programs to carry out experimental practices. The methodology was applied in phases: analysis, design, development, implementation and evaluation. As a result, an optimized and cross-platform mobile application was obtained, with a graphical user interface (GUI) with a responsive design capable of adapting to any mobile device such as iOS and Android based on resolution ranges. The functional testing of the application accomplishes the requirements for which it was required.

KEYWORDS: Remote laboratory, Mobile learning (M-learning), IONIC framework, SCRUM, Mobile applications

CAPÍTULO 1.
LABORATORIOS REMOTOS

1.1. Antecedentes y definición

Actualmente las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) han experimentado grandes cambios en la educación gracias a los avances tecnológicos. En los últimos años se han implementado muchos Laboratorios Remotos (LR) en todo el mundo y en diferentes áreas, algunos de ellos cuentan con prácticas orientadas a la enseñanza de la física (Matarrita & Concari, 2000) . En un LR, el usuario tiene una interacción a distancia con los instrumentos o equipos de laboratorio con asistencia de infraestructura remota, a diferencia de un laboratorio tradicional en donde la interacción es directa y física con los equipos de laboratorio.

Concari (2014) afirma que un LR es un conjunto de dispositivos físicos reales, situados en determinadas instituciones, dotados de un conjunto de instrumentos, sensores, motores, cámaras de video, etc., de manera que pueden ser manipulados a distancia a través de internet. Los LR posibilitan la experimentación sobre dispositivos reales sin necesidad de estar físicamente en un laboratorio (p. 500).

La experimentación remota a través de Internet ha estado disponible desde hace casi dos décadas, y su interés va incrementado con los años (Sáenz, Chacón, De La Torre, Visioli, & Dormido, 2015). Los LR se introdujeron a principios de los años 90 en los Estados Unidos como una solución rentable para compartir equipos de laboratorio entre universidades e instituciones, como una alternativa a los experimentos simulados y presenciales (Tirado-Morueta, Sánchez-Herrera, Márquez-Sánchez, Mejías-Borrero, & Andujar-Márquez, 2018). Los LR se están utilizando cada vez más desde la década de los noventa, y ahora tenemos LR para el control de procesos y control automático en muchos centros educativos (Orduna et al., 2016).

Para el diseño básico de un LR se debe considerar lo siguiente: por un lado, la planta, cuyos sensores y actuadores permiten interactuar con ella, está conectada a la PC (del inglés de *Personal Computer*) host a través de una tarjeta de adquisición DAQ (del inglés *Data Acquisition*) (Chacón, Vargas, Farias, Sánchez, & Dormido, 2015). Por otro lado, los LR proporcionan una interfaz gráfica de usuario GUI (del inglés *Graphical User Interface*) para interactuar con el hardware real que realiza el experimento (Esquembre, 2015). Esta interacción entre usuario y laboratorio de manera remota mediante internet es la responsable de transmitir las acciones del usuario y recibir información sensorial del equipo.

Una de las tendencias de los LR ha sido hacer que esté basada en web, la diferencia entre una solución basada en la Web y una solución cliente-servidor tradicional es más significativa para el lado del cliente, ya que los clientes basados en la Web no requieren instalación o acceso de administrador a la máquina; en un LR basado en web las actualizaciones pueden ser recibidas inmediatamente y es una tecnología multiplataforma (Rodríguez-Gil, Orduna, García-Zubia, Angulo, & Lopez-De-Ipina, 2014).

Según Esquembre (2015) los laboratorios virtuales y los LR son una manera conveniente y rentable de mejorar la educación ya que son razonablemente baratos para producir y usar, además que se ha demostrado que mejora la comprensión, la motivación y los resultados de aprendizaje del estudiante.

1.2. Laboratorios remotos en la educación

Las TIC han permitido un crecimiento exponencial, a tal punto que la tecnología está en todas partes en la educación. Cerezo & Sastrón (2015) afirman que “a nivel de universidad, el desarrollo de laboratorios virtuales y LR para la educación puede ser considerado una tecnología madura” (p. 420). Hace una década sólo estaban disponibles en pocas universidades con al menos un grupo de investigación especializado en tecnologías, cada año un número mayor de universidades comienza a utilizar LR (De La Torre, Sánchez, & Dormido, 2016).

El uso de las tecnologías actuales y de Internet, la implementación de una diversidad de enfoques pedagógicos de vanguardia y el uso de plataformas de software y hardware actuales y futuras pueden influir en nuestro trabajo actual en lo virtual y remoto, permitiendo la correcta implementación de LR con enfoques pedagógicos sólidos basados en la investigación y experimentación (Esquembre, 2015).

La interacción con un laboratorio de manera remota hace unos años era una idea descabellada, en la actualidad el uso de LR en el ámbito académico es una realidad. El avance tecnológico ha permitido que las nuevas tecnologías como los dispositivos móviles se introduzcan en el campo pedagógico, permitiendo que se realicen actividades que antes solo podían ser realizadas desde un computador. De la integración de los dispositivos móviles en la educación surge el M-learning (aprendizaje móvil) que brinda la posibilidad de participar en conversaciones de aprendizaje entre estudiantes y profesores, entre compañeros de estudiantes, estudiantes y expertos en áreas de conocimiento (Cochrane & Bateman, 2010).

Un artículo acerca del uso de las tecnologías móviles en la educación superior realizado por *Educause Center for Applied Research* (ECAR), dio como resultado que aproximadamente el 67% de los estudiantes encuestados afirma que los dispositivos móviles son muy importantes en el éxito académico y en el desempeño estudiantil, con base en esta afirmación se ha podido evidenciar que el uso de nuevas tecnologías en el contexto educativo mejora los métodos de aprendizaje. El uso de dispositivos móviles y aplicaciones en la educación conocidos como M-learning han dado paso a la construcción del conocimiento y desarrollo de destrezas (Ponce, Antonio, Méndez, José, & Peñalvo, 2015).

El uso de LR ha progresado exponencialmente, y ha sido implementado por más de dos décadas ganando popularidad en las áreas dedicadas a la educación. Para ofrecer a los estudiantes una forma más flexible de acceder a un LR, en lugar de forzar a los estudiantes a sentarse frente a una computadora fija para usar un entorno de ubicación independiente para la experimentación, se vuelve esencial una tecnología adecuada para presentar LR en dispositivos móviles (Wang et al., 2016).

Los LR en el área educativa se enfocan más a la enseñanza de la física e ingeniería, aunque también se aplican en otras disciplinas. Los LR abarcan diversos temas que son objeto de enseñanza de esta disciplina: cinemática, dinámica, fluidos, circuitos eléctricos, magnetismo e incluso física moderna, entre otros; así como pueden proporcionar acceso a una gama de equipos que pueden ser demasiado costosos, peligrosos o logísticamente problemáticos para una escuela secundaria o universidad en particular (De La Torre, Sánchez, & Dormido, 2016). La experimentación a distancia mediante los LR fortalece el sistema educativo gracias a la práctica experimental de manera remota, reduciendo los desplazamientos de los estudiantes para realizar experimentos. Un LR influye a tal punto que realizar u observar un experimento específico ayuda a los estudiantes a aprender significativamente.

De La Torre, Sánchez, & Dormido (2016) afirman que las universidades y otras instituciones educativas pueden ofrecer a sus estudiantes más experimentos y prácticas, las cuales pueden ser implementadas de una manera rentable y flexible. Los LR son de mucho beneficio para los estudiantes con discapacidades físicas que pueden tener acceso limitado a los laboratorios, y para los estudiantes a distancia, es decir que no asisten a un aula presencial. El uso de LR en el campo educativo, especialmente en el campo de la física, ingeniería y otras disciplinas ha ido creciendo progresivamente. Esta herramienta tecnológica que integra

software y hardware es un apoyo esencial en la educación presencial y a distancia, ya que permite la experimentación, una mayor utilización de los equipos de laboratorio y disponibilidad a cualquier hora o momento.

1.3. Características de Laboratorios Remotos

Un LR es una herramienta de software y hardware que permite a los estudiantes acceder de forma remota a equipos reales ubicados en la universidad a través de Internet (Orduña, Rodríguez-Gil, García-Zubia, Dziabenko, Angulo, Hernández & Azcuenaga, 2016). Esto indica que un LR posee características que hacen posible su correcto funcionamiento.

A continuación, se describe algunas de las características de los LR según ciertos autores:

- Los LR ofrecen flexibilidad de horarios y comodidad a los alumnos (Ipanaqué, Belupú, Valdiviezo, & Vásquez, 2014).
- Los LR permiten el acceso a un número mucho mayor de usuarios, su implementación termina siendo más económica que los laboratorios tradicionales, más allá de estar disponible para acceder las 24 horas, los 7 días de la semana (Simão, De Lima, Rochadel, & Da Silva, 2014).
- Las interacciones se realizan siempre en un entorno real. Puede ser en tiempo real, por ejemplo, un laboratorio interactivo; o de manera asíncrona, por ejemplo, un laboratorio por lotes, donde los estudiantes envían instrucciones y el laboratorio las procesa (Orduna et al., 2016).
- Los LR pueden ser multiusuario, de modo que, en un instante, varios usuarios pueden acceder al sistema y, mediante un cambio de contexto adecuado, todos pueden acceder a los recursos del sistema en función de la velocidad de procesamiento del procesador y la cantidad de módulos experimentales instalados (Alexander & Radhakrishnan, 2015).
- Un LR laboratorio remoto puede ofrecer funciones como: autenticación, autorización, administración de usuarios para garantizar accesos exclusivos y seguimiento de usuarios (Rodríguez-Gil, Orduna, García-Zubia, Angulo, & López-De-Ipina, 2014).

Los LR aumentan los logros de los estudiantes y favorecen su aprendizaje en ciencias. Por otra parte, se evidencia un gran avance en el desarrollo de estos recursos, estrechamente vinculado a los aspectos tecnológicos. Sin embargo, cuestiones fundamentales referidas al

aprovechamiento efectivo por parte de los alumnos y los aspectos pedagógicos del uso de estos recursos no se han estudiado aún en profundidad (Orduna et al., 2016, p. 32).

Se debe aprovechar las características que poseen los LR para potenciar el aprendizaje de la física, ingeniería y otras ciencias mediante la educación a distancia.

1.4. Componentes de Laboratorios Remotos

Los LR permiten la interacción con equipos reales mediante componentes de software y hardware. Para el correcto funcionamiento de un LR debe existir un diseño detallado y documentado de la arquitectura y protocolos que aseguren la operación de dichos equipos.

Entre los componentes básicos de los que consta un LR son:

- **Servidor web:** El LR es administrado a través de un servidor el cual permite el acceso y control a un laboratorio real (Morales, 2015). La funcionalidad del servidor web es trabajar como editor web, programador de laboratorio, administrador de datos y base de datos (Chen, Song, & Zhang, 2010). En un sistema de LR es predominantemente la arquitectura cliente-servidor, es decir, un modelo de computadora de red donde el servidor de laboratorio proporcionará el servicio de cliente como lo hacía el personal cara a cara (Simão et al., 2014).
- **Usuario:** persona que interactúa en un sistema informático. Los usuarios acceden a un LR como si estuvieran en una sesión práctica tradicional, pero a través de Internet (Rodríguez-Gil et al., 2014).
- **Base de datos:** Sistema Gestor de Base de Datos, permite almacenar toda la información del laboratorio. Todas las acciones que realiza el usuario en un LR, relacionadas con un experimento, se registran en una base de datos para ser consultadas por los profesores cuando lo requieran (Lopez, Carpeno, & Arriaga, 2014).
- **Cámara web:** La cámara permite al usuario ver la respuesta del sistema en tiempo real (Chen et al., 2010). Los resultados en tiempo real e imágenes del experimento se pueden observar a través de una cámara IP o cámaras web simples (Simão et al., 2014).
- **Laboratorio:** lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico o técnico (Giselle, Lagranja, & Emilio,

2017). Este también abarca las maquetas electrónicas y los diferentes componentes que la conforman.

La Figura 1 muestra un esquema de la arquitectura de un LR que explica mejor los componentes mencionados.

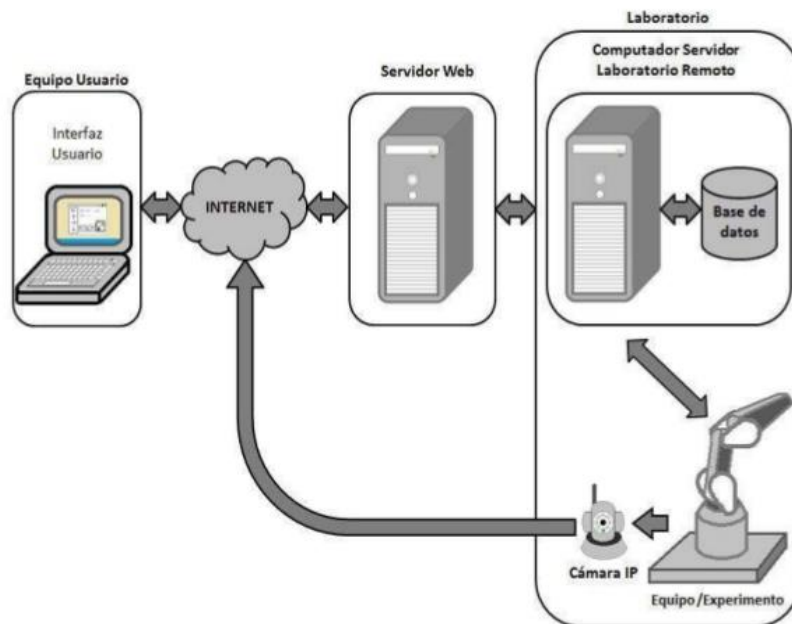


Figura 1. Arquitectura general de un LR.

Fuente: Velásquez, Ramos y Amaya, 2016

Elaboración: El autor

Los diseños de arquitectura de un LR pueden variar dependiendo de los requerimientos del laboratorio. Entre las arquitecturas más complejas de un LR puede haber experimentos en el área de robótica, mecatrónica, ingeniería, física, entre otras ciencias que requieran una arquitectura más compleja y sofisticada acorde a sus necesidades, las cuales pueden brindar recursos valiosos a usuarios, docentes e investigadores (Matarrita & Concari, 2000).

1.5. Tipos de tecnologías de LR a nivel de hardware

Una gran cantidad de experimentos de laboratorio en cursos de ingeniería y física se pueden realizar de forma remota utilizando equipos reales, para que esto se lleve a cabo de manera idónea se necesita de varios componente y tecnologías que hacen esto posible.

1.5.1. Sistemas embebidos

El diseño de los LR se fundamenta en el uso de microcomputadoras embebidos (Morales, 2015). Un sistema embebido generalmente se compone de un grupo de dispositivos programables con algunos dispositivos de memoria y un conjunto de puertos de E/S de dispositivos periféricos. Un sistema embebido puede ser considerado como un sistema integrado con algunas unidades centrales de procesamiento (CPU) con subsistemas de memoria, puertos de E/S y varios dispositivos periféricos en un solo chip semiconductor para obtener una unidad de control inteligente; llamada Unidad de Microcontroladores (MCU del inglés *Microcontroller Unit*), por lo que un sistema embebido típico puede considerarse como una MCU (Bai, 2016) .

A continuación, se describen algunos de los sistemas embebidos más populares en los últimos años y considerados en la implementación de LR.

1.5.1.1. Arduino UNO

El Arduino UNO es un tablero de microcontroladores basado en el ATmega328; tiene 14 pines de E/S digital, 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP (del inglés *In-Circuit Serial Programming*) y un botón de reinicio (Carro et al., 2014).

El Arduino es una es una plataforma open-hardware de bajo costo; la cual puede utilizarse sin necesidad de licencias para el desarrollo de cualquier tipo de proyectos, siendo libre tanto su diseño como su distribución; este microcontrolador puede ser conectado con el PC mediante su puerto USB; este conector cuenta con una doble finalidad, cargar las aplicaciones desarrolladas y compiladas en el entorno de desarrollo por los usuarios, para la comunicación entre las aplicaciones que puede integrar un LR como *Labview* y el Arduino UNO (Jimenez, Lara, & Redel, 2014).

El dispositivo Arduino puede ser programado para enviar valores desde las líneas de entrada analógica, concatenadas, a través del puerto USB, a los distintos sensores conectados al microcontrolador; esté a la vez puede ser integrado con una herramienta como LabVIEW la cual muestra los resultados desde el lado del cliente (Calinoiu, Ionel, Lascu, & Cioabla, 2015).

1.5.1.2. Raspberry Pi

Raspberry Pi es una microcomputadora de bajo costo con un tamaño físico pequeño que ejecuta Linux; este viene precargado con intérpretes y compiladores para muchos lenguajes de programación; es muy útil en proyectos electrónicos que interactúan con sensores (por ejemplo, temperatura, luz, movimiento) o cosas como LED parpadeantes y dispositivos externos (Guerra et al., 2016).

La Raspberry Pi tiene un puerto GPIO (entrada y salida de propósito general) de 26 pines dispuestos en dos filas que contienen 13 pines cada una, ubicadas en la parte superior izquierda de la placa de circuito impreso del Pi; esta puede aceptar comandos de entrada y salida y, por lo tanto, puede programarse en la Raspberry Pi; el puerto GPIO, es la principal forma de conectarse con otras tarjetas electrónicas y, a través de ellas, es posible comunicarse con otros dispositivos informáticos mediante una variedad de diferentes protocolos, incluida la Interfaz Periférica Serial (SPI, del inglés Serial Peripheral Interface) y el Circuito Inter-Integrado (I²C, del inglés Inter-Integrated Circuit) (Maksimović, Vujović, Davidović, Milošević, & Perišić, 2014).

La implementación del Raspberry Pi en LR ha ido en incremento en los últimos años, sus componentes han permitido la interacción con el Internet de las cosas (IOT, por sus siglas en inglés). Sus componente y características lo hacen ideal para implementar un servidor liviano para el laboratorio y una aplicación de controlador, que interactúa con los sensores del entorno real a través de las conexiones externas de la Raspberry Pi (Bermúdez-Ortega, Besada-Portas, López-Orozco, Bonache-Seco, & Cruz, 2015).

1.5.1.3. BeagleBone Black

La placa *BeagleBone Black* es un hardware abierto, de bajo costo, y un sistema embebido compatible con la comunidad de desarrolladores; esta placa reemplaza la PC del servidor en la arquitectura de los LR e interactúa con sensores y componente electrónicos (Sáenz et al., 2015).

El BeagleBone Black puede proporcionar las funcionalidades de Arduino y *Raspberry Pi*, este tiene un procesador poderoso (procesador ARM a 1 GHz) que puede ejecutar Linux similar al Raspberry Pi, pero también tiene capacidades de E/S para realizar operaciones de *Bit-banging* con circuitos hasta el punto en que el *BeagleBone* puede ejecutar el IDE de Arduino (Jamieson & Herdtner, 2015).

1.6. Aplicación de Laboratorios Remotos en la Educación

En este apartado se presentan algunos estudios relacionados a la aplicación de los LR en la educación.

1.6.1. Remote Web-based Control Laboratory for Mobile Devices based on EJSs, Raspberry Pi and Node.js

Bermúdez-Ortega, Besada-Portas, López-Orozco, Bonache-Seco, & Cruz (2015) describen la implementación de un LR de bajo costo basados en web con una GUI que se pueden usar desde los dispositivos móviles de los estudiantes (teléfonos inteligentes o tabletas) y computadoras, permitiendo a los profesores y alumnos parametrizar y observar el comportamiento de los controladores/sistemas del *Raspberry Pi* conectado mediante sensores a dispositivos de laboratorio. El desarrollo de este proyecto consistió en utilizar EJSs (*Easy Java/Javascript Simulations*) para obtener un *front-end* de laboratorio portátil, Node.js para desarrollar / ejecutar el servidor que conecta la GUI del laboratorio con la aplicación del controlador implementada en C, y la *Raspberry Pi* para desplegar el servidor y el controlador. Se obtuvo como resultado el uso combinado de todos los elementos desarrollados que permite cerrar un circuito de control en tiempo real sobre la planta seleccionada, la implementación de una *GUI* accesible desde teléfonos inteligentes y navegadores, la reducción de los retrasos de comunicación entre los diferentes elementos al colocar el servidor y el controlador en la misma computadora y usar un servidor ligero y eficiente para la página web del laboratorio. Se puede concluir que el uso de una sola placa de bajo costo como el Raspberry Pi permite ejecutar el servidor de laboratorio y el controlador de manera eficiente permitiendo interactuar al estudiante de manera remota desde un navegador web o un teléfono inteligente.

1.6.2. ArPi Lab: A low-cost remote laboratory for control education

Kalúz, Čirka, Valo, & Fikar (2014) describen el desarrollo de un proyecto de LR construido sobre componentes de hardware y software de manera efectiva y de bajo costo, que incluyen computadoras Raspberry Pi de placa única y plataformas de creación de prototipos Arduino basadas en microcontroladores de 8 bits. Este proyecto combina varias tecnologías de software, estos son HTML 5 y *JavaScript* para la aplicación del lado del cliente, PHP y *MySQL* para la implementación del servidor de laboratorio, JSON como estructura para la transferencia de datos, y el lenguaje C para el servidor de experimentos y la programación de microcontroladores. Este proyecto consta de tres plantas térmicas, levitación magnética y un

sistema de tanque hidráulico los cuales se pueden controlar de forma remota. Se puede concluir que, incluso con recursos financieros muy limitados, los métodos de desarrollo económicos y efectivos se pueden utilizar para construir LR realistas.

1.6.3. Remote laboratories to support electrical and information engineering (EIE) laboratory access for students with disabilities

Grout (2014) considera los aspectos de accesibilidad para los estudiantes con discapacidades en los laboratorios de ingeniería eléctrica (del inglés *Electrical and Information Engineering*) que tienen movilidad limitada y que necesitan acceder a los laboratorios de electrónica, física e ingeniería informática. Este experimento consta de la implementación de un simple diodo en disposición de polarización directa. Se utiliza un diodo *Schottky* BAT86 y se conecta en serie con una resistencia. Se aplica una fuente de alimentación de CC (corriente continua) que el alumno configura para que varíe en pasos de +0.5 V desde 0 V a +6 V; se utiliza un multímetro digital para medir el voltaje a través de la resistencia. La fuente de alimentación se controla de forma remota a través de su interfaz RS-232. Se utiliza la interfaz RS-232 y la PC del servidor web de LR se controla mediante un puerto USB de PC. La aplicación que se ejecuta en la PC está controlada por el servidor web y envía comandos del alumno a la unidad de alimentación. La interfaz de usuario se basa en una disposición de sensor magnético y una aplicación de software para PC. La aplicación para PC se comunica con el LR a través de una conexión a Internet y una dirección IP estática. La aplicación fue escrita en Microsoft Visual Basic 2010 con componentes de software para acceder a las conexiones USB (puertos COM) e Internet. El alumno controla el experimento y obtendrá los resultados del experimento del LR utilizando su propia configuración de PC. Se puede concluir que el uso de LR ayuda a los estudiantes con discapacidades a acceder a experimentos de ingeniería electrónica mediante el control sin contacto de los equipos de prueba y medición, permitiendo que esto no sea un limitante debido a su movilidad limitada.

1.6.4. Remote lab implementation on an embedded web server

Investigadores como Alexander & Radhakrishnan (2015) presentan el diseño, implementación y evaluación de un LR para la programación de microcontroladores en un servidor web incorporado que reside en un sistema integrado basado en un microprocesador ARM (del inglés *Advanced RISC Machine*). Los archivos hexadecimales o códigos C generados con la ayuda de varios equipos cliente IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) pueden transferirse al servidor a través del puerto TCP (*Protocolo de Control de Transmisión*) que a su vez programa el microcontrolador conectado a *Beaglebone* con la ayuda de varios

programas. El sistema está diseñado mediante la configuración de un servidor web Apache sobre la computadora de placa única *Beaglebone Black*. Las máquinas cliente pueden acceder al servidor a través de la dirección IP estática asignada. La evaluación del LR se realiza mediante la programación remota del microcontrolador *ATmels AT89s52* y mediante una interfaz de cámara web a *beaglebone*, lo que permite la transmisión de video en tiempo real y el resultado del video en tiempo real. Los resultados experimentales de este proyecto muestran que el sistema diseñado realiza un monitoreo remoto seguro y conveniente, así también como contribuye reduciendo el costo de implementación, el consumo de energía, el arranque y el tiempo de ejecución, expandiendo las oportunidades para que los estudiantes trabajen en tableros específicos

1.6.5. El Laboratorio Remoto FCEIA-UNR: Integración de recursos y trabajo en redes colaborativas para la enseñanza de la Ingeniería

Teresa & Gastón (2000) describen la implementación de un LR de Física Electrónica en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR), mediante el cual accede al mismo mediante usuario y clave personales, ingresando al sitio web. Este laboratorio se ha empleado, en diversas oportunidades, en el marco de cursos de capacitación docente en distintos niveles educativos, en asignaturas de carreras de posgrado y cursos de actualización que abordan el tema de la incorporación de TIC en la educación superior tecnológica y, regularmente, como un recurso didáctico. El sistema del LR está realizado 100% en un interfaz web, lo que significa que sólo se necesita de un navegador web para su funcionamiento, sin necesidad de instalar *plug-in* adicionales; además de ser multiplataforma. Los resultados de cada ensayo se almacenan en el servidor del laboratorio, permitiendo que cualquier estudiante vea sus datos en cualquier momento. Los resultados de cada experimento se presentan en forma de tabla y en forma gráfica interactiva; estos resultados son fácilmente exportables para posterior análisis a Excel o en formato HTML. El LR, está desarrollado en lenguaje PERL y HTML y utiliza sistema de bases de datos *MySQL*. Se puede concluir que los estudiantes han mostrado su satisfacción en el uso de nuevas tecnologías como los LR; así también como la mejora en su proceso de aprendizaje.

1.6.6. Sistema de control y supervisión de un compresor de aire utilizando dispositivos móviles con sistema operativo Android y protocolo de comunicación Bluetooth

Guativa, Marín, & Burgos (2015) describen la implementación al interior del grupo Macryp que consistió en el diseño e implementación de un sistema de control y supervisión para un compresor de aire por medio de dispositivos móviles con sistema operativo Android, utilizando el protocolo de comunicación inalámbrica bluetooth. Para el diseño e implementación del proyecto se utilizó una metodología por fases, que incluyó las siguientes: medición de variables, sistema de control y protocolo de comunicación e interfaz gráfica. Para la medición de la velocidad del motor se implementó un sensor óptico que cuenta con un emisor y un receptor de infrarrojo, el cual entrega un cambio eléctrico a la salida, si detecta un cambio óptico a la entrada. El prototipo diseñado e implementado permite desarrollar aportes a las interfaces hombre máquina (HMI, del inglés Human-Machine Interface), utilizando dispositivos móviles con sistema operativo Android, lo que a su vez permite que los sistemas industriales también puedan iniciar trabajos con esta tecnología abierta. Se puede concluir que el sistema implementado presentó robustez tecnológica, usabilidad e interactividad, por lo cual es posible acondicionarlo a un sistema de potencia en funcionamiento y acoplarlo a protocolos de comunicación estándar para la supervisión y el control de variables eléctricas y mecánicas.

1.6.7. Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar

Arregui, Plano, & Beatriz (2015) describen la implementación y diseño de un sistema de calentamiento de agua para monitorear y controlar su funcionamiento a distancia, operado desde el Laboratorio de Energía Renovable de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR). La comunicación entre el LR y el laboratorio fijo se establece a través de la red de telefonía celular y de Internet. El objetivo de este proyecto es la utilización de un LR, el que comprende un trabajo práctico para el aprendizaje de las variables relevantes en el rendimiento de calefones solares, las relaciones entre ellas y la determinación experimental de las mismas. Para el desarrollo de actividades de aprendizaje experimentales, se tomó en cuenta la formación de los profesionales que optan por tomar el curso: ingenieros de distintas especialidades, físicos y arquitectos. Se puede concluir que los LR expanden las capacidades para que el estudiante pueda aprender y experimentar de manera remota, incrementando sus habilidades pedagógicas.

1.6.8. Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica.

Arguedas Matarrita (2011) desarrolló una propuesta para implementar el proyecto de LR en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica (UNED), que incluyó prácticas de mecánica y electricidad, con las siguientes características: de fácil acceso, con objetivos educativos claros y provistos de los apoyos educativos necesarios para la enseñanza de la física en la modalidad a distancia. El desarrollo de la investigación sigue una metodología mixta, en la cual convergen componentes cualitativos con cuantitativos. En cuanto a los resultados se destaca la identificación y descripción de veinte proyectos que poseen prácticas experimentales de acceso remoto dirigidas a la enseñanza de la física. Como resultado de la investigación documental, fueron identificados dos tipos de proyectos que poseen prácticas de laboratorio desarrolladas para la enseñanza de distintos temas de física: doce proyectos que cuentan con años de desarrollo y experiencia, y ocho proyectos en una etapa inicial. En cada uno de ellos, se alojan diversas experiencias, que son ofrecidas a los estudiantes de la propia institución y en algunos casos también a los de otras instituciones.

1.6.9. Implementación de un Laboratorio Remoto (LR), como recurso de apoyo en un sistema de Educación a Distancia.

Los investigadores Contreras-Mendieta, Sarango-Lapo, Jara-Roa, & Agila-Palacios (2019) en su estudio presentan como objetivo la descripción de aspectos técnicos y pedagógicos considerados para la implementación de un LR como recurso de apoyo en un sistema de educación a distancia, de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). Partiendo de la investigación de varias metodologías de implementación de un LR, proponen una metodología por fases, la cual tiene como fin elaborar e implementar prácticas de física que ayuden al fortalecimiento en el proceso de enseñanza aprendizaje de manera remota. En cuanto al desarrollo se utilizó como herramientas Apache para montar los servicio Web, *Node JS* para levantar los distintos recursos Web (*Restful*) y comunicación cliente-servidor (*Web Sockets*), que serán consumidos por la aplicación web y el servidor de maquetas para las distintas peticiones que puedan llegar a realizar y *Mariadb* como Base de Datos; en cuanto al servidor de las maquetas hará uso Servicio de Control utilizando *LabView* para enviar y recibir información de y a las maquetas y Java el cual permite establecer una comunicación cliente-servidor. Como resultados se obtuvo la metodología de implementación de un LR, además se elaboró un cuestionario que permitió conocer el grado de satisfacción de los estudiantes de la UTPL en cuanto al uso del prototipo de LR.

1.6.10. Empleo de un laboratorio remoto para promover aprendizajes significativos en la enseñanza de los dispositivos electrónicos.

Marchisio, Lerro, & Von Pamel (2011) tienen como propósito favorecer aprendizajes significativos en el área de fundamentos científicos y técnicos de dispositivos electrónicos básicos de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Rosario (UNR) en Argentina, en base a una metodología de trabajo habitual en espacios laborales. Para el diseño y realización del prototipo del LR se contó con una placa adquisidora de datos *National Instruments* PCI 1200 (National Instruments, 2002) una PC (con Windows XP SP2) como servidor web y una plataforma .Net Framework 1.1, además de una fuente de alimentación de laboratorio ($\pm 15V$ de continua). Se desarrolló el circuito selector de ensayos y de dispositivos y se implementó un circuito de control digital de fuentes de alimentación, a los fines de contar con fuente de tensión continua positiva, fuente tensión continua negativa y fuente de corriente. Los resultados permiten concluir acerca del empleo y la aceptación del LR laboratorio remoto por los estudiantes en el área educativa.

1.7. Cuadro resumen de Trabajos Relacionados

Esta sección presenta un cuadro comparativo con las principales características de los Trabajos Relacionados, véase Tabla 1.

Tabla 1. Resumen y comparación de trabajos relacionados

as

Estudio	Autor	Propósito	Metodología de investigación	Resultados	País	Herramientas tecnológicas
Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica.	Arguedas Matarrita	Desarrolló de una propuesta para implementar el proyecto de LR para la enseñanza de física en la modalidad a distancia en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica.	Metodología mixta	Metodología, implementación y evaluación de un sistema de LR dirigido a la enseñanza de la física.	Costa Rica.	
Implementación de un Laboratorio Remoto (LR), como recurso de apoyo en un sistema de Educación a Distancia	Contreras-Mendieta, Sarango-Lapo, Jara-, & Agila-Palacios	Descripción aspectos técnicos y pedagógicos para la implementación de un LR como recurso de apoyo en un sistema de educación a distancia, de la Universidad Técnica	Metodología por fases	Metodología para la implementación y diseño de un LR, además de cuestionarios con resultados que indican el grado de satisfacción de los estudiantes de la UTPL en cuanto al uso del prototipo de LR.	Ecuador	Apache para servicio Web, Node JS para levantar los distintos recursos Web y comunicación cliente- servidor, Mariadb como

		Particular de Loja (UTPL).				Base de Datos; en cuanto al servidor de las maquetas hará uso Servicio de Control utilizando LabView para enviar y recibir información de y a las maquetas y Java.
Empleo de un laboratorio remoto para promover aprendizajes significativos en la enseñanza de los dispositivos electrónicos.	Marchisio et al.	Favorecer aprendizajes significativos en el área de fundamentos científicos y técnicos de dispositivos electrónicos básicos basados en la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Rosario (UNR) en Argentina.	Metodología de trabajo	Estudio acerca del empleo, desarrollo y la aceptación del LR por los estudiantes en el dirigidas a la enseñanza de la electrónica.	Argentina	Placa adquisidora de datos National Instruments PCI 1200 (National Instruments, 2002) una PC (con Windows XP SP2) como servidor web y una plataforma .Net Framework 1.1,

						además de una fuente de alimentación de laboratorio además de varios sensores.
Sistema de control y supervisión de un compresor de aire utilizando dispositivos móviles con sistema operativo Android y protocolo de comunicación Bluetooth	Guativa et al.,	Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión para un compresor de aire por medio de dispositivos móviles con sistema operativo Android, utilizando el protocolo de comunicación inalámbrica bluetooth.	Metodología por fases	Estudio acerca de la implementación de un aplicativo móvil que hace uso del protocolo de comunicación Bluetooth para la supervisión y el control de variables eléctricas y mecánicas de un compresor de aire.	Colombia	Dispositivos móviles con sistema operativo Android mediante su protocolo de comunicación Bluetooth.
Remote Web-based Control Laboratory for Mobile Devices based on EJS, Raspberry Pi and Node.js	Bermúdez-Ortega, Besada-Portas, López-Orozco,	Permitir a los profesores y alumnos parametrizar y observar el comportamiento de los sistemas del Raspberry		Implementación de un LR de bajo costo basados en web con una GUI con diseño responsivo para dispositivos móviles dirigido a estudiantes.	España	EJS para obtener un front-end de laboratorio portátil, Node.js para desarrollar /

	Bonache-Seco, & Cruz	Pi conectado mediante sensores a dispositivos de laboratorio.				ejecutar el servidor que conecta la GUI del laboratorio con la aplicación del controlador implementada en C, y la Raspberry Pi para desplegar el servidor y el controlador.
ArPi Lab: A low-cost remote laboratory for control education	Kalúz, Čirka, Valo, & Fikar	Proporcionar a los estudiantes de diferentes campos la posibilidad de experimentación en línea sin restricciones asociadas con los laboratorios tradicionales.		Estudio acerca de la implantación de un sistema de control remoto de tres plantas térmicas, levitación magnética y un sistema de tanque hidráulico mediante un micro-controladores de bajo costo.	Sudáfrica	HTML 5 y JavaScript para la aplicación del lado del cliente, PHP y MySQL para la implementación del servidor de laboratorio, JSON como estructura para la transferencia de

						datos, y el lenguaje C para el servidor de experimentos y la programación de micro-controladores.
Remote laboratories to support electrical and information engineering (EIE) laboratory access for students with disabilities	Grout	Proporcionar la accesibilidad para los estudiantes con discapacidades en los laboratorios de ingeniería eléctrica.		Implementación de un sistema de LR que permite al alumno el control sobre el experimento y obtención los resultados del experimento utilizando su propia configuración de PC.	Irlanda	Microsoft Visual Basic 2010 con componentes de software para acceder a las conexiones USB (puertos COM) e Internet, además de sensores.
Remote lab implementation on an embedded web server	Alexander & Radhakrishnan	Diseño, implementación y evaluación en la configuración de un LR para la programación de micro-controladores en un servidor web		Implementación de un sistema diseñado para el monitoreo remoto seguro y conveniente de sensores conectados a un sistema embebido, así también la	India	Servidor web Apache sobre la computadora de placa única Beaglebone Black, lenguaje

		incorporado de un sistema integrado basado en un microprocesador ARM.		implementación de un LR de bajo costo.		de programación C.
El Laboratorio Remoto FCEIA-UNR: Integración de recursos y trabajo en redes colaborativas para la enseñanza de la Ingeniería	Teresa & Gastón	Facilitar a los estudiantes diferentes formas, significativas y convergentes, de construcción de conocimientos, y actividades propuestas a los estudiantes con empleo de laboratorio remoto mediante una aplicación Web.		Implementación de un LR de física con un interfaz web en la Universidad Nacional de Rosario (UNR) que simula dispositivos electrónicos básicos.	Argentina	Lenguaje PERL para la programación y HTML para la maquetación y sistema de bases de datos MySQL.
Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar	Arregui, Plano, & Beatriz	Análisis de un sistema de calentamiento de agua para monitorear y controlar su funcionamiento a distancia, operado desde el Laboratorio de		Trabajo práctico para el aprendizaje de las variables relevantes en el rendimiento de calefones solares.	Argentina	

		Energía Renovable de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura (FCEIA) de la Universidad Nacional de Rosario (UNR).				
--	--	---	--	--	--	--

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Para el diseño e implementación del proyecto de investigación se consideró la metodología empleada por Contreras-Mendieta et al. (2019) debido a la facilidad que ofrece en cuanto al desarrollo de la documentación y trabajo por fases; esta metodología se adapta a los requerimientos del Trabajo de Fin de Titulación. La metodología por fases brinda la posibilidad de que exista un control adecuado en cuanto a la manera de llevar la documentación y experimentación a medida que se desarrolla el proyecto. Esta metodología comprende cuatro fases, véase Tabla 2.

Tabla 2. Fases de la metodología

Fases	Descripción
Análisis	Recolección de requerimientos e identificación de usuarios.
Diseño	Diseño de prototipos y arquitectura del sistema.
Implementación (Desarrollo)	Definición de los instrumentos tanto técnicos como pedagógicos.
Pruebas (Evaluación)	Pruebas de funcionabilidad, conectividad y rendimiento del sistema.

Fuente: Contreras-Mendieta et al. (2019)

Elaboración: El autor

CAPÍTULO 2.
DISPOSITIVOS MÓVILES

2.1. Tecnologías para desarrollo de LR

Independientemente del uso de tecnologías comerciales o de código abierto y qué tipo de experimento realiza, un LR puede ser extremadamente costoso o increíblemente barato de implementar (De La Torre et al., 2016). Según Rodríguez-Gil, Orduna, García-Zubia, Angulo, & López-De-Ipina (2014) hoy en día, los laboratorios dependen de una gran cantidad de tecnologías del lado del cliente y del servidor, una de la tendencia de los LR ha sido hacer que esté basado en web, los clientes basados en la web tienen varias ventajas frente a una solución tradicional. El protocolo y la interfaz de comunicaciones pueden variar, así como los componentes de software utilizados entre el servidor y el experimento, así como el servidor y el cliente (Simão et al., 2014).

Existe una cantidad muy grande de LR y laboratorios virtuales implementados con *LabVIEW*, Java Applet y Flash (Chen et al., 2010). Sin embargo, las tecnologías que requieren el uso de un complemento en el navegador web, como los applets de Java o Flash, no son adecuadas, ya que los proveedores de navegadores web han eliminado o anunciado los plazos para la eliminación de estos estándares (Ruano, Gamez, Dormido, & Gomez, 2016).

En los últimos años, se han desarrollado una variedad de diseños de LR y, por lo general, se basan en WAMP (Windows, Apache, *MySQL* y PHP), LAMP (Linux, Apache, *MySQL* y PHP) o *LabView*. Hoy en día, Javascript y HTML5 son esenciales en el diseño de la interfaz de la página web (Grout, 2014). En el lado del servidor, existen muchas tecnologías para escribir scripts y archivos CGI (del inglés *Common Gateway Interface*), como Python, C ++, PHP y Perl; es común configurar un servidor utilizando un conjunto de tecnologías que a menudo incluyen el servidor web Apache, el intérprete de PHP y la gestión de bases de datos *MySQL* que se ejecutan comúnmente en un sistema operativo Linux (Simão et al., 2014).

La mayoría de desarrolladores de LR proporcionan paquetes de plantillas de código que facilitan la implementación de un sistema de laboratorio en línea, pero se asume que el propietario del laboratorio tiene a su disposición toda la infraestructura de TIC necesaria y los recursos necesarios para implementar y mantener el sistema (Zutin, Auer, Orduna, & Kreiter, 2016). Las aplicaciones web estandarizadas para LR permitirían a los desarrolladores implementar y conectar las aplicaciones fácilmente con una variedad de sistemas de administración de aprendizaje y contenido (del inglés "Content Management System") entre ellos *WordPress*, *Drupal*, *Moodle* y *Blackboard Learn* (De La Torre et al., 2016).

Una implementación exitosa significa asegurar que los estudiantes puedan acceder y ejecutar los laboratorios en cualquier momento y en cualquier plataforma que utilicen, desde computadoras hasta tabletas modernas bajo cualquier sistema operativo posible (Esquembre, 2015).

Esta sección explica los tipos de tecnologías que hacen posible la implementación de un LR.

2.1.1. Web 2.0

La Web 2.0 ha transformando la Web en un entorno que permite a cualquier usuario crear y compartir información en línea, un espacio para la colaboración, la conversación y la interacción; un espacio dinámico, flexible y adaptable (Boateng, 2014). La tecnología web 2.0 móvil permite pasar del entorno de estudio predeterminado a una nueva situación más fluida y dinámica; la utilización de esa tecnología móvil ha interrumpido el entorno de aprendizaje de estudio programado y ha colocado a los grupos de estudiantes en un marco social constructivista (Cochrane & Bateman, 2010).

El uso de la Web 2.0 para diseñar interfaces de LR es relativamente nuevo para el diseñador de laboratorios de ingeniería basado en la web mediante el uso de Ajax en el diseño de LR, los fragmentos en lugar de las páginas web completas se actualizan después de la interacción del usuario; por lo que la cantidad de datos transferidos entre el servidor web y la aplicación cliente se reduce drásticamente y, por lo tanto, es muy adecuada para el dominio móvil (Chen et al., 2010).

2.1.2. Servicio Web

Aplicación que se encarga de gestionar, mediante el protocolo HTTP (en inglés: Hypertext Transfer Protocol o HTTP), la comunicación entre el laboratorio y la aplicación controlador (Lopez et al., 2014). El desarrollo con servicios web se ha utilizado con éxito para el control remoto de instrumentos con muchas interfaces posibles para el usuario final (Dutta et al., 2011). Los desarrolladores de laboratorios pueden trabajar con los servicios web de SOAP (en inglés: Simple Object Access Protocol) si desean desarrollar un nuevo sistema de laboratorio en línea desde cero; o el uso de una API (en inglés: Application Programming Interface) de servicios web basada en JSON que permite agrupar funcionalidades comunes a aplicaciones cliente de interfaz (Zutin et al., 2016).

SOAP / REST se utiliza como protocolo / estilo arquitectónico por parte de los proveedores de servicios y los consumidores para comunicarse con el directorio de servicios; en función de la

descripción proporcionada en el Directorio de servicios, se forma un mensaje XML (en inglés: Extensible Markup Language) y luego el consumidor de servicios solicita al proveedor del servicio que permite esos servicios en particular; REST y SOAP tienen sus ventajas y desventajas, sin embargo en la utilización segura de los servicios, SOAP se considera la solución perfecta, mientras que para la naturaleza escalable y liviana, REST es la opción correcta (Ali, Zolkipli, Zain, & Anwar, 2018).

Un servicio web para el control a distancia acepta solicitudes HTTP simples y devuelve archivos XML con resultados; esto permite que cualquier tipo de cliente, por ejemplo, un navegador web con JavaScript, pero sin complementos adicionales, ejecute mediciones electrónicas en un servidor remoto; para habilitar la conectividad remota con los instrumentos de laboratorio, se implementa una interfaz de sitio web fácil de usar con soporte para la carga de contenido a pedido (Dutta et al., 2011). El sitio web funciona en cualquier navegador web con soporte para una solicitud HTTP.

2.1.3. WebSockets

Los WebSockets están diseñados para permitir la conexión bidireccional en tiempo real entre el servidor y los clientes; el uso de WebSocket apuntan a un número bajo o medio de clientes simultáneos; sin embargo, el uso de aplicaciones web en tiempo real, es posibles mediante soluciones que se basan en API REST y el sondeo status.json desde un CDN (Content delivery network en inglés) en cada segundo (Mezei & Sárosi, 2016).

La tecnología WebSockets fue desarrollado como parte de la interfaz HTML5 con JavaScript. Entre sus ventajas no es solo otra mejora incremental de las comunicaciones HTTP convencionales; representa un avance colosal, especialmente para aplicaciones web en tiempo real y basadas en eventos proporcionando mejoras dinámicas sobre la conexión convencional de dúplex completo sobre http; una de las diferencias entre WebSockets en comparación con el tráfico de red a través de HTTP es el protocolo; el protocolo no sigue la convención tradicional de solicitud-respuesta; una vez que un cliente y un servidor han abierto una conexión WebSocket, ambos puntos finales pueden enviarse datos de forma asíncrona entre sí; la conexión permanecerá abierta y activa siempre que el cliente o el servidor cierren la conexión (Rahman & Akhter, 2015).

El uso de WebSockets en el desarrollo de aplicaciones para LR y IOT es esencial ya que permiten la interacción en tiempo real con los sensores o dispositivos; para el uso de

WebSockets existen un sinnúmero de lenguajes de programación y entornos de desarrollo que permiten la ejecución y control de este protocolo (Fernandez, Ruiz, Gil, & Perez, 2015).

2.2. Marcos de trabajo y herramientas

Esta sección describe algunas de las herramientas más populares utilizadas para el desarrollo de LR:

2.2.1. Labview

LabVIEW, desarrollado por *National Instruments* (NI), es una herramienta de adquisición de datos, instrumentación y programación de control ampliamente utilizada en la industria, la cual utiliza un entorno de programación gráfica, con sus muchas características de software y opciones de hardware (Zhan, Porter, & Morgan, 2014). La plataforma *LabVIEW* se usa comúnmente para crear el lado del servidor de un LR (otras opciones de software para el lado del servidor pueden ser Matlab, *Simulink*, C ++, *Scicos*, etc.) (Chacón et al., 2015).

Labview tiene la funcionalidad de crear una página web a través de la función Web Publishing Tool, para ello se debe configurar los datos del servidor web en *Labview* e indicar el puerto a utilizar (Ipanaqué et al., 2014).

El lenguaje de programación utilizado en LabVIEW, conocido como G, es un lenguaje de programación de flujo de datos. La ejecución está determinada por la estructura de un diagrama de bloques gráfico en el que el programador conecta diferentes nodos de función por medio de cables. Estos cables propagan las variables y cualquier nodo puede ejecutarse tan pronto como todos los datos de entrada estén disponibles (Morrell, Anthony, 2007).

Una de las principales ventajas de LabVIEW es su excelente soporte de hardware, el cual proporciona controladores y bibliotecas para acceder a sistemas DAQ, protocolos de comunicación, entre otros (Chacón et al., 2015).

2.2.2. JiL Server

El software JiL Server encapsula la conexión con LabVIEW al manejar las solicitudes del cliente a través de las conexiones TCP, y nos proporciona un protocolo que permite, por un lado, controlar la ejecución de una vista del laboratorio y, por otro lado, lea los indicadores y actualice los controles de LabVIEW, por lo que no se impone el uso de un lenguaje de programación o marco de desarrollo específico en el lado del cliente; el elemento de Conector

de LabVIEW, que proporciona el protocolo de alto nivel para comunicarse con el Servidor JiL, es un contenedor que permite la integración de una biblioteca en EJSS (Chacón et al., 2015).

2.2.3. Easy Java/Javascript Simulations (EJSS)

EjsS es una herramienta de código abierto diseñada para estudiantes y profesores que necesitan realizar simulaciones y aplicaciones completamente funcionales en áreas científicas; esta herramienta ofrece una forma fácil de crear una GUI para simulaciones, de acuerdo con las necesidades de interactividad y visualización del usuario, permitiendo al usuario crear aplicaciones tanto en Java como en Javascript; estas aplicaciones pueden ser independientes (en el caso de Java) o pueden ejecutarse en un navegador web (Java y Javascript) (Saenz, Esquembre, Garcia, Torre, & Dormido, 2015).

EJS ofrece nuevas posibilidades para el desarrollo de laboratorios de control basados en la web que conservan muchos de sus características existentes, al mismo tiempo que resuelven algunos de sus inconvenientes actuales, como la imposibilidad de usar Java applets en páginas web dentro de dispositivos móviles basados en iOS / Android / WindowsMobile, o los costos asociados a las licencias Matlab / LabVIEW / TwinCAT y las computadoras de despliegue de laboratorio (Bermúdez-Ortega et al., 2015).

La herramienta de software EJSS es una buena opción porque ha sido diseñada para simplificar el desarrollo de simulaciones interactivas e interfaces gráficas; también permite la fácil integración con Moodle (Chacón et al., 2015).

2.2.4. JavaScript

JavaScript es una tecnología esencial dentro del desarrollo de LR ya que permite la ejecución de funciones desde el lado del cliente para la comunicación con el servidor del laboratorio.

JavaScript es un lenguaje de programación popular utilizado para el desarrollo de una amplia gama de aplicaciones que abarcan los sistemas web, integrados y servidores. JavaScript popularizó el paradigma de programación funcional de primera clase que habían usado programadores profesionales y permitió que programadores no profesionales, como programadores web y desarrolladores de aplicaciones, lo usaran. (Kashiwakura & Oya, 2016, p. 1).

A continuación, se describen algunas de las tecnologías más populares en el lado del servidor de un LR.

2.2.5. Node.js

Node.js, es un entorno en tiempo de ejecución, multiplataforma de código abierto basado en JavaScript, construido en una arquitectura de E/S no bloqueante asíncrona basada en eventos, para implementar aplicaciones de red en tiempo real escalables e intensivas en datos (Besada-Portas, Bermúdez-Ortega, Torre, López-Orozco, & Cruz, 2016).

Node.js se destaca como una tecnología para crear aplicaciones de servidor de alto rendimiento; además de ofrecer una buena alternativa a los enfoques más tradicionales; Node.js permite ejecutar aplicaciones escritas en JavaScript y proporciona una interfaz de programación de aplicaciones (API) para la comunicación de red requerida que se da debido a su modelo asíncrono (Bosák, 2015).

Node.js puede ejecutar un servidor web de laboratorio al que se puede acceder desde cualquier navegador, computadora y dispositivo móvil, y que proporciona un acceso restringido a las páginas web del laboratorio, guarda / proporciona a cada alumno los datos de sus experimentos, y les permite parametrizar / observar el comportamiento de los controladores y plantas (Besada-Portas et al., 2016).

2.3. Marcos de trabajo en dispositivos móviles para desarrollo de LR

En la actualidad la mayoría de los fabricantes de dispositivos móviles proporcionan marcos de desarrollo sobre los cuales los desarrolladores pueden crear aplicaciones; los beneficios son muchos, la funcionalidad de un dispositivo móvil se vuelve flexible, ya que se pueden construir nuevas aplicaciones utilizando las capacidades de ese dispositivo móvil (Orduña, García-Zubia, Irurzun, López-De-Ipiña, & Rodríguez-Gil, 2011).

Según Vázquez-Cano (2014) los teléfonos inteligentes ya no son solo una herramienta de comunicación, hoy en día se han convertido en un instrumento de la vida social y laboral de las personas y, posiblemente, en un instrumento poderoso en la vida académica. Un estudiante que usa su teléfono inteligente con fines educativos requiere de una mejor respuesta tecnológica, de contenido y social por parte del dispositivo (Vázquez-Cano & García, 2015).

La adaptación de LR para dispositivos móviles comenzó con el uso de tecnologías web compatibles con dispositivos móviles más antiguos, que luego se adaptaron para ser compatibles con las nuevas plataformas y compararon estrategias de desarrollo nativas y web

(De Lima et al., 2014) La difusión de nuevas plataformas móviles avanzadas como el iPhone o Android entre los estudiantes genera un nuevo desafío y aumenta las oportunidades para explotar estos dispositivos en su educación; debido a las características y funcionalidades que un teléfono móvil ofrece, un estudiante podrá usar o validar experimentos y comparar resultados con otros estudiantes fuera del laboratorio (Orduña et al., 2011).

Garcia-Zubia, López-de-Ipiña, & Orduña (2008) realizaron un análisis en el que concluyeron que la mejor tecnología para integrar un LR en dispositivos móviles es AJAX (en inglés *Asynchronous JavaScript and XML*). La notación de objetos de JavaScript (JSON) se usa a menudo como un formato alternativo para el intercambio de datos en vez de XML (Chen et al., 2010). La comunicación entre dispositivos es atendida por las llamadas asíncronas (AJAX) y síncronas basadas en JSON (Kalúz et al., 2014).

El uso de dispositivos móviles en LR va más allá del uso del lado del cliente; González & González (2016) afirman que para los estudiantes de física, los dispositivos móviles se han convertido en herramientas útiles en física experimental debido a sus sensores integrados, estos sensores les permiten a los estudiantes usar sus teléfonos inteligentes como dispositivos de medición en experimentos de laboratorio o actividades cotidianas, donde los estudiantes pueden fortalecer su educación mediante el uso de aplicaciones móviles que contrasten sus conocimientos o creencias con sus propios resultados experimentales.

A continuación se describen dos de las tecnologías más populares utilizadas para el desarrollo móvil las cuales se consideraron para el desarrollo del TT.

2.3.1. IONIC

IONIC es un marco de desarrollo ligero de código abierto basado en HTML5, CSS, *JavaScript* y otras tecnologías para escribir aplicaciones web, y construir una experiencia cercana a la aplicación nativa móvil. IONIC proporciona componentes de UI (del inglés *User Interface*) enriquecidos, facilita el desarrollo de interfaces y aplicaciones móviles complejas, y utiliza el marco de MVVM (en inglés Model–View–Viewmodel) de *JavaScript* y Angular para mejorar la experiencia del usuario (Yang, Zhang, Xia, Li, & Ren, 2018). IONIC está basado en el *framework PhoneGap*, este proporciona a los desarrolladores un entorno en el que los desarrolladores pueden crear aplicaciones web y llamar a las características y sensores de dispositivos nativos a través de una API de *JavaScript* común (Wang et al., 2016). IONIC se basa en el aspecto y las aplicaciones de interacción de la interfaz de usuario; IONIC se

complementa con Cordova y Angular, y simplifica una gran parte del front-end de la aplicación (Bosnic, Papp, & Novak, 2017).

El desarrollo de aplicaciones móviles híbridas en tecnologías como IONIC permite la interacción del usuario con un LR; debido a las características que este marco de desarrollo ofrece. La nueva arquitectura de aplicaciones optimizadas para dispositivos móviles posee muchas ventajas en cuanto a las características que las aplicaciones móviles nativas y las aplicaciones web pueden ofrecer. Wang et al. (2016) elaboraron una metodología para la implementación de un LR con IONIC en la que concluyeron que esta tecnología mejoró el rendimiento de ejecución y resolvió el problema de accesibilidad de hardware de las aplicaciones web; también resolvió el problema de ejecución multiplataforma de la aplicación nativa. Además, de ofrecer a los estudiantes una mejora en cuanto a accesibilidad y rendimiento académico.

2.3.2. Android SDK

Android es una pila de software para dispositivos móviles que incluye un sistema operativo, software intermedio y aplicaciones clave; Android brinda herramientas para crear aplicaciones estéticamente agradables además de aprovechar las capacidades de hardware disponibles en cada dispositivo; Android se basa principalmente en el sistema operativo Linux que utiliza lenguajes similares a Java para ejecutar aplicaciones (Mowad, Fathy, & Hafez, 2014).

El desarrollador tiene acceso a todo el marco API de los programas principales; el marco de la aplicación simplifica la reutilización de sus componentes; cualquier otra aplicación puede lanzar sus componentes funcionales y todas las demás aplicaciones pueden acceder y usar este componente (Ma, Gu, & Wang, 2014). Las aplicaciones generalmente se desarrollan en el lenguaje de programación Java utilizando el Kit de desarrollo de software (SDK) de Android; el kit de desarrollo de software para Android incluye un conjunto completo de herramientas de desarrollo, estos incluyen un depurador, bibliotecas, un emulador de teléfono, documentación, código de ejemplo y tutoriales (Nádvorník & Smutný, 2014).

El desarrollo de aplicaciones en Android para LR se es posible gracias a los servicios web. El usuario puede controlar remotamente algún dispositivo mediante una aplicación instalada en un teléfono inteligente conectado a través de Internet; el usuario le dará comandos al servidor web a través de la aplicación de Android, los usuarios darán un comando intuitivo sobre la aplicación, que se traducirá en una solicitud HTTP al servidor API (Hasibuan, Mustadi, Syamsuddin, Rosidi, & Spesification, 2015).

2.3.3. Evaluación de Marcos de trabajo en dispositivos móviles para desarrollo de LR

Según Orduña et al. (2011) la decisión de implementar una versión nativa o una versión web depende principalmente de si es asequible; por lo general el enfoque web se puede adaptar a las pantallas móviles, lo que hará que funcione en la mayoría de los dispositivos móviles modernos; dependiendo de las tecnologías y el diseño a ser utilizadas para desarrollar el cliente del LR; proporcionar una versión web puede que no requiera de mucho esfuerzo. En base a esto se ha optado por el desarrollo de una aplicación móvil en el lado del cliente con el marco de desarrollo Ionic debido a su modo de desarrollo simple y rápido, de código abierto y un ciclo de desarrollo corto, además de la capacidad de utilizar la tecnología web para desarrollar páginas funcionales, utilizando los últimos estándares de tecnología HTML5 y la interacción con la interfaz API del sistema de forma complementaria (Bosnic et al., 2017).

El desarrollo de aplicaciones híbridas o multiplataforma buscan una solución en cuanto a la implementación de una aplicación multiplataforma la cual pueda ser utilizada con todas las plataformas, Android, iOS, Windows Phone etc. Este tipo de aplicaciones se puede utilizar en todos los dispositivos, independientemente de la plataforma, ya sea teléfono inteligente o tableta; sin embargo, el desarrollo de aplicaciones para cada plataforma o versión de plataforma introduciría requisitos adicionales para diseñadores y desarrolladores (Bosnic et al., 2017).

La Tabla 3 muestra la variedad de opciones para el desarrollo de soluciones técnicas en cuanto al desarrollo de aplicaciones móviles.

Tabla 3. Opciones para el desarrollo de soluciones técnicas

Comprar items	Primera Opción Aplicación nativa	Segunda Opción Aplicación Web	Segunda Opción Aplicación híbrida
Lenguaje de desarrollo	Lenguaje nativo Objective-C, Java, .NET	Lenguaje web HTML5 + JS	Lenguaje web o lenguaje nativo
Capacidad multiplataforma	Bajo	Alto	Alto
Capacidad del equipo	Alto	Bajo	Alto

Dificultad de desarrollo	Alto	Bajo	Bajo
Experiencia de aplicación	Bueno	Malo	Mejor
Compatibilidad con versiones anteriores	Malo	Bueno	Bueno

Fuente: (Yang et al., 2018).

Elaborado: El autor

La Tabla 3 muestra que las aplicaciones híbridas ofrecen las mismas o mejores ventajas en cuanto al desarrollo de aplicaciones móviles, siendo óptima la ejecución de los procesos que se puedan llevar a cabo en el control de un LR.

Para el desarrollo de la aplicación móvil del presente trabajo se consideró el uso del marco de desarrollo IONIC debido a la flexibilidad que ofrece en cuanto al desarrollo rápido y ágil, además de la ventaja que ofrece, al ser multiplataforma permitiendo que la aplicación pueda ser desplegada en cualquier plataforma móvil ya sea Android, iOS, Windows inclusive web. Esta tecnología también ofrece el patrón arquitectónico MVVC el cual tiene ventajas en cuanto al desarrollo tradicional MVC (Modelo-Vista-Controlador).

CAPÍTULO 3.

METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

El uso de metodologías de desarrollo de software en la implementación de aplicaciones móviles tiene varias ventajas a nivel organizacional y con respecto a los proyectos de software. Una serie de metodologías se emplean en el desarrollo de aplicaciones móviles; cada metodología tiene sus características únicas que las distinguen, en función de diversas consideraciones técnicas, organizativas, de proyecto y de equipo. A continuación, se describen las metodologías ágiles más utilizadas para el desarrollo de aplicaciones móviles:

3.1. SCRUM

SCRUM se basa en la flexibilidad, la adaptabilidad y la productividad en un entorno volátil, permitiendo a los desarrolladores elegir las técnicas, los métodos y las prácticas de desarrollo de software específicos para el proceso de implementación y la inclusión de actividades de gestión frecuentes (Flora, 2012). SCRUM define la utilidad y la eficacia en la adaptación del método ágil para el desarrollo de aplicaciones móviles; se ha demostrado que el uso de esta metodología es realmente eficaz en la entrega de aplicaciones móviles justo a tiempo (Mahmud & Abdullah, 2015). “SCRUM es popular especialmente gracias a su productividad, administración y motivación para los miembros del equipo” (Sikander & Khiyal, 2018). La Figura 2 muestra los roles, componentes y artefactos de esta metodología.

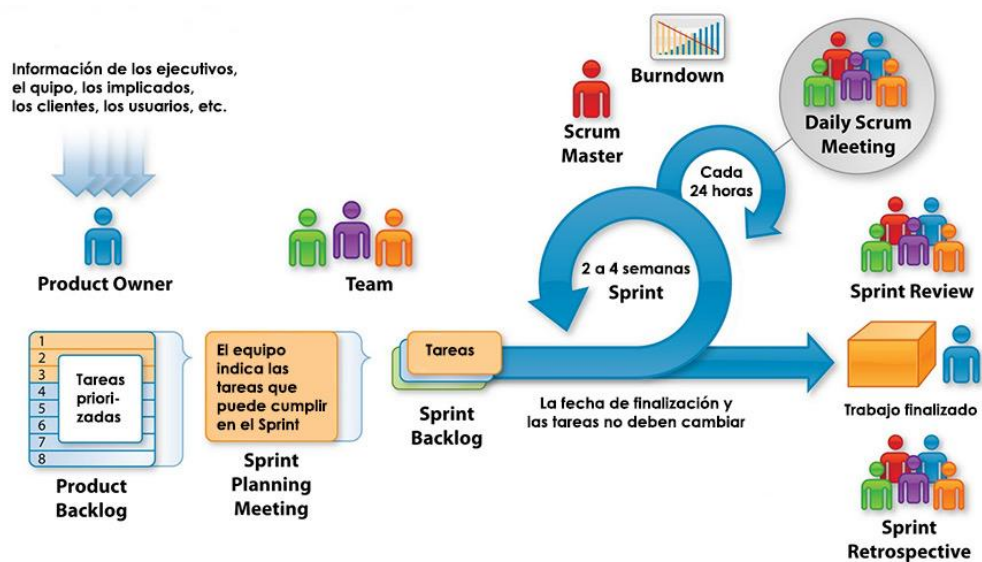


Figura 2. Metodología SCRUM

Fuente: SCRUM Framework at a glance.

Elaboración: SCRUM Framework at a glance.

En general, el equipo de SCRUM consta de solo tres roles. Mundra, Misra, & Dhawale (2013) los definen como:

- **Product Owner:** Este es el rol más importante, ya que el decide la prioridad de las características que se implementarán. El *product owner* representa la voz de los clientes y usuarios finales. Esta perspectiva es importante. El *product owner* es un rol centrado en el negocio y no un rol centrado en el equipo de desarrollo.
- **Scrum Master:** Se encarga de eliminar los impedimentos que enfrentan los miembros del equipo, por ejemplo, la coordinación con otros equipos para cualquier dependencia. Otra función importante de *Scrum master* es ayudar al equipo a adoptar los procesos de SCRUM, por ejemplo. Asegurándose de que los controles y revisiones se realicen correctamente y con regularidad, la calidad de las historias de los usuarios esté actualizada, etc.
- **Scrum Team:** se encuentra conformado por desarrolladores, testers y otros. Algunos estudios de SCRUM sugieren que el tamaño del *scrum team* sea de 5 a 9 miembros del equipo.

SCRUM define un marco para gestión de proyectos, el desarrollo de software se realiza mediante iteraciones que se denominan *sprints*. Un *sprint* es el bloque más pequeño de SCRUM que tiene un pequeño equipo que trabaja en la tarea asignada, tiene una duración de 1 a 3 semanas. Cada tarea para un *sprint* es decidida por un *sprint backlog*. El *sprint backlog*

es una documentación de todos los requisitos para el *sprint* actual. El *product backlog* es una lista de requisitos que están determinados por el *product owner* y se denominan historias de usuario que se divide en *sprint backlogs* seguida de una *sprint planning* que incluye métodos para realizar un *sprint* (Srivastava, Bhardwaj, & Saraswat, 2017). Cada *sprint* da como resultado un incremento ejecutable que se muestra al cliente. Otra característica importante son las reuniones a lo largo proyecto, entre ellas destaca la reunión diaria de quince minutos del equipo de desarrollo para coordinación e integración (Becerra & Sanjuan, 2018).

3.2. Extreme Programming (XP)

La programación extrema (del inglés *Extreme Programming*) es uno de los enfoques ágiles más populares para el desarrollo de aplicaciones. Las características principales de XP incluyen breves iteraciones con lanzamientos pequeños y retroalimentación rápida, estrecha participación del cliente, comunicación y coordinación constantes, refactorización continua, integración y pruebas continuas, propiedad de códigos colectivos y programación de pares (Flora, 2012). XP propone un conjunto de prácticas de desarrollo de software para aumentar la productividad mientras se mantiene la calidad (Calinoiu et al., 2015).

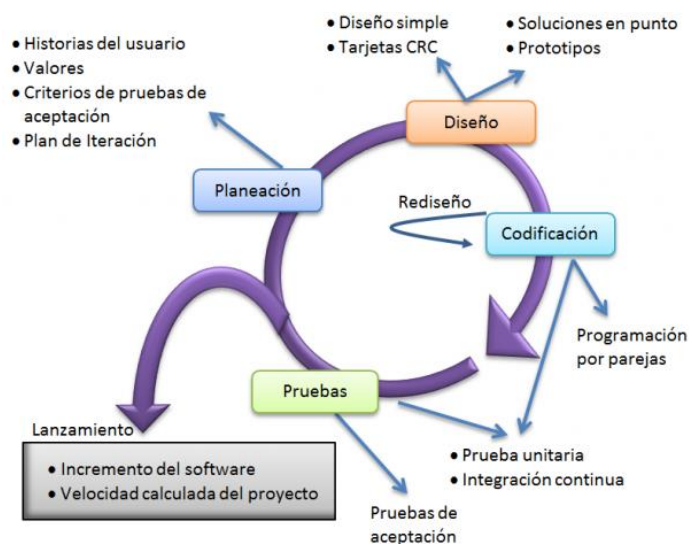


Figura 3. Metodología eXtreme Programming

Fuente: Metodología eXtreme Programming

Elaboración: Metodología eXtreme Programming

La programación extrema fomenta un alto grado de interacciones entre los miembros del equipo, incluidos los gerentes, desarrolladores, *testers*, partes interesadas y otros; además de proporcionar un desarrollo más rápido y lanzamientos del producto frecuentes; XP permite entregar el proyecto a tiempo y dentro del presupuesto mediante pequeñas versiones en

muchas iteraciones que indican la flexibilidad y las capacidades de minimización de riesgos del proceso (Sharma & Hasteer, 2016).

3.3. Mobile-D

Mobile-D es un enfoque de desarrollo ágil de aplicaciones móviles; este se basa en la Programación Extrema (prácticas de desarrollo), las metodologías Crystal (escalabilidad del método) y el Proceso Unificado Racional (cobertura del ciclo de vida). El enfoque de Mobile-D está optimizado para un equipo de menos de diez desarrolladores que trabajan en un espacio de oficina ubicado conjuntamente con el objetivo de ofrecer una aplicación móvil totalmente funcional en un corto período de tiempo en menos de 10 semanas. Se divide en cinco iteraciones. Estas fases son: *Planning Day*, *Working Day*, y *Release Day*. Cada fase consta de tres diferentes tipos de días de desarrollo: día de planificación, día de trabajo y día de lanzamiento. (Abrahamsson et al., 2004).

El proceso Mobile-D tiene nueve elementos principales involucrados en las diferentes prácticas a lo largo del ciclo de desarrollo: fases y colocación, línea de arquitectura, desarrollo dirigido por pruebas móviles, integración continua, programación de parejas, métricas, mejora de procesos de Software Agile, clientes externos y centrado en la atención del usuario. *Mobile-D* ya se ha aplicado en proyectos de desarrollo, y se observan ventajas tales como mayor visibilidad del progreso, descubrimiento y reparación de problemas técnicos, baja densidad de defectos en el producto final y un progreso constante en el desarrollo (Flora, 2012).

3.4. Cuadro resumen y selección de metodología de desarrollo de aplicaciones móviles

Esta sección muestra una comparación de las metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles de las cuales, una será considerada para el desarrollo de la aplicación propuesta, véase Tabla 4.

Tabla 4. Cuadro comparativo de metodologías de desarrollo móvil

Metodología	Ventajas	Desventajas
SCRUM	<ul style="list-style-type: none">• Entregas de productos de manera productiva y creativa de manera correcta y ordenada.• Facilidad para ser usado por una persona.	<ul style="list-style-type: none">• A veces conduce a una programación rápida y sucia.• Poca documentación para la entrega.• Difícil de dominar.

	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente control sobre la fluencia del alcance. • Escalable. • Fomenta el trabajo en equipo y la transparencia; • Buena visibilidad de la gestión sobre las deficiencias de desarrollo y, por tanto, y por lo tanto es adaptable. 	
Extreme Programming (XP)	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de entrega rápido y agresivo. • Alta colaboración. • Documentación mínima por adelantado. 	<ul style="list-style-type: none"> • La metodología de alta disciplina requiere personas dedicadas fuera del departamento de TI. • Requiere que todos en el equipo tengan un conocimiento íntimo de XP para tener éxito. • Poca documentación para entrega, no adecuada para proyectos de mantenimiento y bajo rendimiento para proyectos de desarrollo a mediana y gran escala.
Mobile-D	<ul style="list-style-type: none"> • Se basa en varias metodologías de desarrollo. • Metodología de uso exclusivo para desarrollo móvil. • Tiempo de desarrollo corto. 	<ul style="list-style-type: none"> • El desarrollo de esta metodología esta optimizado para un equipo de desarrolladores, lo que no es idóneo para el desarrollo en solitario.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Para propósito de desarrollo de la aplicación móvil propuesta, se optó por el uso de la metodología de desarrollo SCRUM debido a las ventajas que ofrece, además de ser óptima para el desarrollo rápido. SCRUM tiene la capacidad de lanzar el producto justo después del primer sprint, los usuarios pueden usarlo y proporcionar retroalimentación del proyecto; con esta información, se puede repetir continuamente el producto hasta que obtenga el resultado final que satisfaga a todos los interesados. Esta metodología de desarrollo ágil ofrece la facilidad de que pueda ser utilizada por una persona y no depende necesariamente de un equipo de desarrollo. SCRUM tiene como objetivo ofrecer excelentes productos centrándose en la calidad, además se puede usar fácilmente en grandes proyectos debido a su

característica de escalabilidad. Las características de esta metodología se ajustan a las necesidades del proyecto lo que la hace idónea para el desarrollo del aplicativo.


CAPÍTULO 4.
PROPUESTA

4.1. Situación actual

La UTPL actualmente cuenta con un sistema de LR (Contreras-Mendieta et al., 2019) que permite a los estudiantes de Modalidad Abierta y a Distancia (MAD) ejecutar prácticas experimentales. Los estudiantes y docentes tienen acceso a una plataforma web en donde pueden realizar prácticas experimentales de física en un entorno real, permitiendo la manipulación remota de las maquetas de laboratorio, el ingreso de valores y la obtención de resultados en función del protocolo de práctica. El acceso a este sistema de LR se realiza mediante el Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) de la UTPL, la Figura 4 muestra el sistema web actual del LR en la ejecución de práctica de Péndulo Simple.

ROMARIO MARCELO BORJA JIMENEZ LABORATORIOS REMOTOS Maqueta Péndulo simple Tema: Péndulo Simple Salir

PRÁCTICA DEL PÉNDULO SIMPLE



Reserva: 23-05-2019 desde las 16:00 hasta las 17:00. Tiempo restante de la práctica: 22 min.

Experimento

Actividad: 1

(El periodo del péndulo simple depende de la masa? Seleccione el péndulo 1 y después presione el botón **Ejecutar**, el sistema automáticamente medirá 10 oscilaciones completas registrando el periodo de cada oscilación y el promedio de los periodos. Repita el mismo procedimiento con el péndulo 6. Antes de pasar a la siguiente actividad, se sugiere que, con los resultados obtenidos, responda la(s) pregunta(s) que constan en la sección de **Análisis**.)

Elemento 1: Péndulo 4 Ejecutar

Elemento 2: Péndulo 1 Ejecutar

Experimento finalizado.

Resultados Preguntas de Análisis

Resultado del Péndulo 4		Resultado del Péndulo 1	
Oscilación 1	1.23 seg	Oscilación 1	1.39 seg
Oscilación 2	1.23 seg	Oscilación 2	1.39 seg
Oscilación 3	1.23 seg	Oscilación 3	1.39 seg
Oscilación 4	1.23 seg	Oscilación 4	1.39 seg
Oscilación 5	1.23 seg	Oscilación 5	1.39 seg
Oscilación 6	1.23 seg	Oscilación 6	1.39 seg
Oscilación 7	1.23 seg	Oscilación 7	1.39 seg
Oscilación 8	1.23 seg	Oscilación 8	1.39 seg

Figura 4. Situación web actual de la UTPL

Fuente: (UTPL., 2018)

Elaboración: El autor

El sistema visualiza los resultados obtenidos en la práctica, así como también el *streaming* de video de la maqueta. El proyecto de LR de la UTPL se inició en el año 2017, y fue diseñado e implementado para dar respuesta a la necesidad de estudiantes y docentes de la carrera de Ciencias de la Educación mención Física de Modalidad Abierta y a Distancia (MAD) de realizar prácticas experimentales. Es por ello por lo que los estudiantes y profesores de las asignaturas de Física I, Física general, Física III y Física IV han sido los beneficiados, participando de su uso y evaluación.

El LR UTPL comprende componentes de hardware (servidores, maquetas configuradas electrónicamente) y software (sistema web). Además, cuenta con una arquitectura cliente-servidor (Contreras-Mendieta et al., 2019). El LR está integrado al Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) con el fin de mostrarse como un sistema global de enseñanza-aprendizaje. Por tanto, su acceso es vía web, y se requiere de usuario y contraseña del EVA, para luego ingresar a la asignatura de Física y posteriormente acceder a la actividad “Laboratorio Remoto” que redirigirá al sistema de LR. La configuración de acceso al LR la realiza el docente mediante el uso de la opción herramientas externas de la plataforma virtual Moodle (actual EVA de la UTPL).

El sistema de LR consta de tres roles los cuales son: administrador, docente y estudiante. El rol del docente se encarga de gestionar y configurar las prácticas en el aula. El rol del administrador tiene las mismas opciones del docente, pero además puede administrar usuarios, administrar estados de maqueta (mantenimiento y funcionamiento), administrar credenciales de acceso al sistema (Contreras-Mendieta et al., 2019). El rol del estudiante es el de manipular remotamente las maquetas de laboratorio, ingresar valores y obtener resultados; responder a las preguntas de análisis y realizar el cuestionario, todo ello en función de lo solicitado en el protocolo de práctica propuesta por el docente. Cabe destacar que, al hacer la manipulación de las maquetas, obtiene como resultado el video de la práctica en tiempo real vía *streaming*.

Si bien el acceso al LR es a través de la web, en su diseño no se consideró la adaptabilidad a dispositivos móviles (tablets y celulares inteligentes), por esta razón la Interfaz del Usuario (en inglés User Interface) y la Experiencia de Usuario (en inglés User eXperience) del LR se ve afectada en estos dispositivos.

4.2. Problema

Aunque la UTPL cuenta con un LR para llevar a cabo las prácticas experimentales de física, al ser accedido por medio de un dispositivo móvil el usuario recibe como respuesta un sistema no adaptable a las medidas estándares de la pantalla del dispositivo, es decir, sus componentes no se organicen según el tamaño del dispositivo, por tanto, se puede decir que presentan problema de Interfaz del Usuario (en inglés User Interface), lo que conlleva a limitar la Experiencia de Usuario (en inglés User eXperience) en el LR, Lo que representa un problema para todos los estudiantes de Modalidad Abierta y a Distancia (MAD) que reciben su Tablet como dispositivo para su estudio, así como en sus propios dispositivos móviles.

Considerando que hoy en día el diseño de aplicaciones inclusivas centradas en estrategias de accesibilidad digital es vital, se debe tener en cuenta tanto el sitio web como las aplicaciones móviles, y hacer uso de buenas prácticas con respecto al tamaño de la pantalla, el contraste de color, los objetivos táctiles, los gestos móviles, la consistencia del diseño y la entrada de datos. El compromiso con el diseño garantiza un sitio o aplicación verdaderamente accesible que ofrece a los usuarios el mismo nivel de interacción, la misma facilidad de uso y el mismo acceso al contenido.

4.3. Justificación

Los centros educativos que ofrecen educación presencial y a distancia deben estar acordes a los avances tecnológicos, sin embargo, pese a la popularidad e impacto que los LR tienen en el mundo, aun no existe una implementación a gran escala en centros educativos del Ecuador, desaprovechando las ventajas que las nuevas tecnologías ofrecen. El desarrollo de estos modelos y herramientas pedagógicas que optimizan el proceso de enseñanza-aprendizaje son indispensables en estos tiempos. La presente investigación se enfocará en el desarrollo de una aplicación móvil que permita la interacción con el LR. Esto permitirá al estudiante no solo tener una alternativa frente al sistema web, sino que es más eficaz en cuanto al desempeño.

Hoy en día las TIC han permitido la automatización de dispositivos que simplifican el esfuerzo y mejoran la experimentación del estudiante, a tal punto que la implementación de LR en el área de Física ha avanzado progresivamente permitiendo a los estudiantes potenciar su aprendizaje, además de mejorar la educación en sí misma. La implementación de LR en la educación tiene dos propósitos, uno tecnológico y otro pedagógico, que combinados brindan una mejor respuesta al estudiante, además de aprovechar las ventajas tecnológicas que ofrece. De La Torre et al. afirman “Hoy en día los LR son un tema importante para la comunidad educativa” (p.50). La implementación LR en sistemas educativos heterogéneos con fines pedagógicos, es una alternativa al contexto educativo tradicional.

La MAD de la UTPL proporciona la inclusión universitaria a más de 35 000 personas, a través de 85 centros universitarios distribuidos en Ecuador y en tres de las principales ciudades del mundo: New York, Madrid y Roma. Según Romeiro, Colindres, & Valarezo González (2018) en la MAD se desarrolla un proceso de enseñanza-aprendizaje que se fundamenta en la metodología *m-learning* (aprendizaje electrónico móvil), para mediar la creación del conocimiento, la resolución de problemas y el desarrollo de todas las competencias académicas de forma autónoma y autorresponsable, mediante la implementación de

dispositivos móviles como son las tablets, que permiten la descarga y almacenamiento de libros electrónicos, y de otras herramientas tecnológicas implementadas por la UTPL.

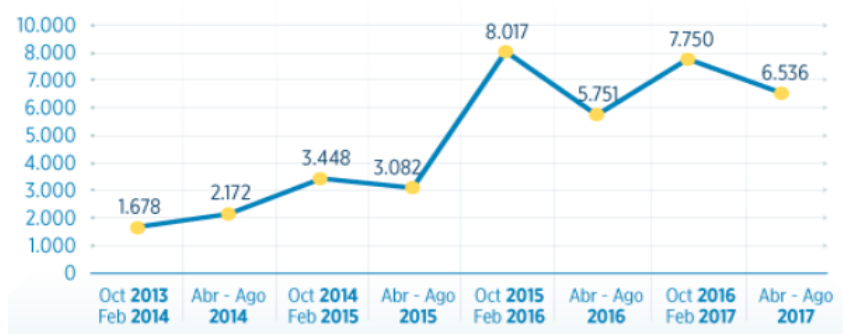


Figura 5. Estudiantes con Tablets en la UTPL

Fuente: (UTPL., 2018).

Elaborado: (UTPL., 2018).

Como se puede observar, la Figura 5 muestra el número de tablets entregadas según los periodos académicos empezando desde el año 2013 hasta agosto del 2017. La UTPL, desde el 2013, entrega a los estudiantes el material bibliográfico en formato digital, junto con la Tablet, en el 2018, durante los dos semestres octubre 2017 - febrero 2018 y abril - agosto 2018, se hizo entrega de un total de 17 028 tablets a los estudiantes de MAD, con el material bibliográfico correspondiente a su matrícula (Romeiro et al., 2018). El uso de estos dispositivos móviles ha incrementado significativamente, así también como la inclusión de nuevas aplicaciones para estos dispositivos por la tanto, el desarrollo y migración de aplicaciones móviles con fines pedagógicos es una necesidad académica debido al incremento de estudiantes que se da cada año, así también como la necesidad de hacer uso de estas herramientas tecnológicas que mejoran la experiencia del estudiante.

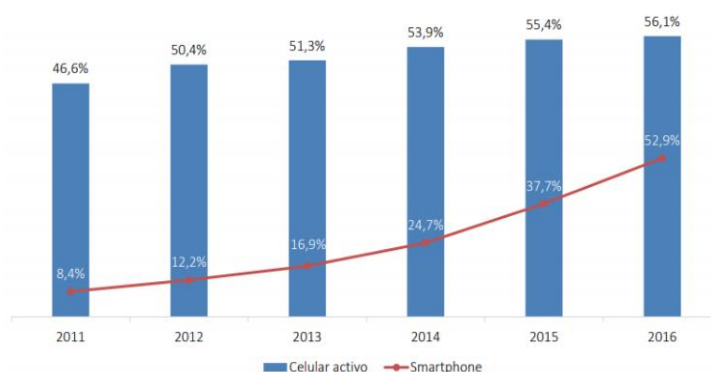


Figura 6. Porcentaje de personas que tienen teléfono inteligente

Fuente: Ecuador en cifras. (2016)

Elaborado: Ecuador en cifras. (2016)

Así también, el incremento en el uso de dispositivos móviles en el país es significativo. La Figura 6 muestra el incremento de porcentaje de personas que tienen teléfono inteligente en Ecuador desde el 2011 hasta el 2016. En 2016, la tenencia de teléfonos inteligentes creció 15,2 puntos del 2015 al 2016 al pasar del 37,7% al 52,9% de la población que tienen un celular activado; en el 2016, del 11,2% de las personas que tienen un celular activado, el 68,9% poseen un teléfono inteligente, frente al 47,1% registrado en el 2015, es decir 21,8 puntos más (Romeiro et al., 2018). El uso de teléfonos inteligentes y tablets en Ecuador ha incrementado con el paso de los años superando el uso del computador. El uso de nuevas tecnologías y dispositivos es evidente, dando paso a un proceso de automatización tecnológico, y migración a tecnologías portables.

Debido al auge que tienen los dispositivos móviles y tablets es indispensable la implementación de aplicaciones móviles que permitan ejecutar las mismas acciones que se pueden realizar desde un computador. El LR en la UTPL representa una innovación en el campo educativo puesto que en el país son pocos los estudios de implementación de LR, no obstante, para que esta tecnología **esté** al alcance por medio de dispositivos móviles se requiere realizar algunos ajustes, en los siguientes aspectos:

- En la Interfaz de usuario, puesto que actualmente genera confusión en los usuarios al momento de usar las diferentes funcionalidades, no existe una implementación adecuada en cuanto a diseño y experiencia de usuario basada por cada práctica (ver Fig. 7), el acceso a todas las funcionalidades es limitada debido a la falta de adaptabilidad en pantallas pequeñas generando confusión en el usuario y en contra de las buenas prácticas de desarrollo. A través de la disposición de colores, formas, texturas y formatos, los diseñadores pueden aportar nuevas funciones a la interfaz web además del aspecto estético. Las diferentes partes de la interfaz web se pueden distinguir de otras por varios colores, formas y texturas, haciendo una clara división de diferentes elementos para guiar los procesos visuales; permitir a los usuarios encontrar rápidamente la información; mejorar la satisfacción psicológica de los usuarios y enfatizar las características del sitio web. Los tres factores, enfoque visual, proceso visual, división visual son el marco del diseño gráfico visual. Los diseñadores deben organizar los elementos visuales en un orden razonable de acuerdo con los principios estéticos visuales (Liu & Ma, 2010). Los estudiantes que tengan una experiencia de usuario positiva tendrán una mejor retroalimentación en el proceso de aprendizaje.

- Limitación de usabilidad en dispositivos móviles como muestra la Figura 7. La interfaz gráfica de usuario es poco intuitiva y genera confusión en el estudiante, ya que la pagina no cuenta con un diseño responsivo que se adapte a pantallas pequeñas.

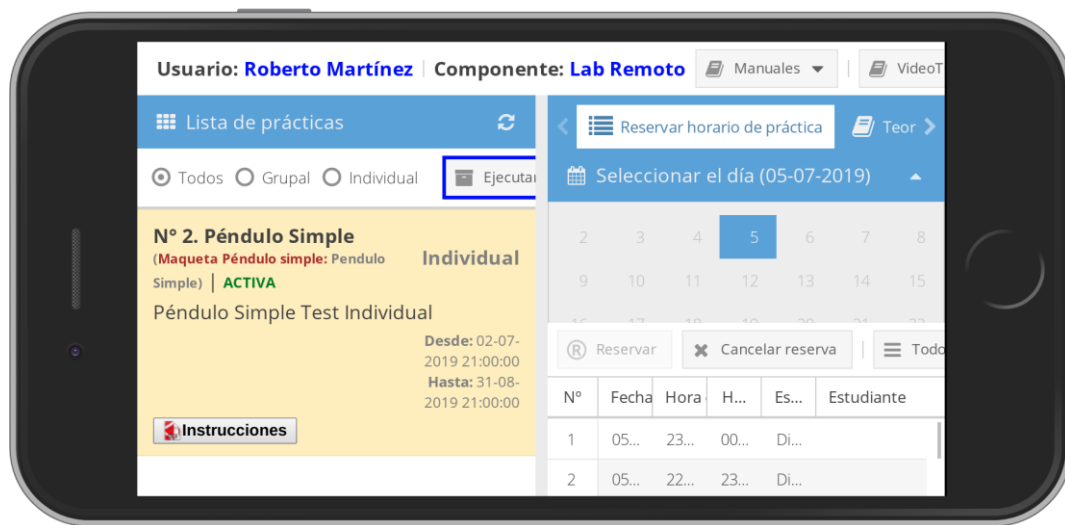


Figura 7. Situación web actual ejecutándose en un dispositivo móvil

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

La Figura 7 muestra el sistema web de LR ejecutado en una pantalla de 4.7 pulgadas en orientación vertical; tal como se observa el sistema web presenta falta de adaptabilidad en dispositivos móviles haciendo que el uso de este sistema sea inaccesible en este tipo de dispositivos.

Por lo general, las aplicaciones móviles suelen ser más rápidas que los sitios web, permitiendo realizar acciones en menor tiempo y entre sus ventajas se encuentra la posibilidad de almacenar datos localmente en el dispositivo, pero actualmente este aspecto no cumple el LR al tratar de acceder desde un dispositivo móvil.

4.4. Alcance

El presente Trabajo de Fin de Titulación (TFT) tiene como propósito el desarrollo de tecnologías que permitan la automatización de la infraestructura adaptándose a los avances tecnológicos y la automatización de las TIC en el contexto educativo; así también como el desarrollo de un prototipo de aplicación móvil para la situación actual expuesta por Contreras-Mendieta et al. (2019).

Esta investigación tiene como objetivo la implementación de un aplicativo móvil para Android/iOS para el control del LR orientado a los estudiantes de MAD de todas partes del mundo, que permitirá realizar prácticas experimentales de física mediante el control remoto de maquetas electrónicas a través de Internet, ubicadas en las instalaciones de la UTPL centro Loja; permitiendo al estudiante poder visualizar la práctica que realiza a través de una cámara, la cual transmite en tiempo real los eventos que suceden en el laboratorio, además de poder realizar otras acciones como la reserva del laboratorio, el desarrollo de cuestionarios y preguntas de análisis; constituyéndose este aplicativo en una innovación para las prácticas de aprendizaje de los estudiantes. Mediante el aplicativo, se logra aprovechar la infraestructura de los laboratorios, permitiendo una experiencia próxima a la que suministra un laboratorio tradicional, además de la flexibilidad de horarios que permiten el acceso a esta plataforma, tal como se describe en el Capítulo 1.

Tomando como base los estudios expuestos por Contreras-Mendieta et al. (2019) en la implementación del LR de la UTPL en su versión Web, además de los Trabajos Relacionados mencionados anteriormente en el capítulo 1 se consideró muchas de las metodologías utilizadas por los autores en sus trabajos, sin embargo, la solución óptima al problema identificado ha sido estructurado en diferentes fases de la metodología tal como fue planteado por Contreras-Mendieta et al. (2019).

4.5. Propuesta de solución

En el capítulo anterior, se hizo un análisis a los trabajos relacionados con el fin de encontrar la metodología y herramientas idóneas que se ajusten a la solución, pese a que estudios sobre la implementación de aplicaciones móviles para control de laboratorio remoto es muy limitada se ha tomado en cuenta el marco de trabajo que expone Wang et al. (2016), que muestra las ventajas del uso de aplicaciones híbridas basadas en *Ionic* y Cordova. *Ionic* se basa en la solución que combina el motor web Apache y el motor web Node.js, y utiliza una tecnología basada en Node-HTTP para implementar la comunicación en tiempo real entre los equipos experimentales con los estudiantes. Para implementar la comunicación en tiempo real entre las maquetas electrónicas con la aplicación móvil, se hará uso de servicios web *RESTful* mediante solicitudes HTTP para obtención y gestión de datos. La propuesta considera la integración con las plataformas de aprendizaje *Canvas Instructure* y *Moodle*; sistemas de gestión utilizados por la UTPL.

A continuación, con base en la metodología propuesta por Contreras-Mendieta et al. (2019). se detallan las fases que se consideró para la implementación del app del LR.

4.5.1. Análisis

Esta fase define los requerimientos funcionales y no funcionales con que debe contar el LR. Una vez definida la problemática y propuesta de solución, es importante identificar los objetivos que se desean alcanzar al desarrollar este trabajo.

4.5.1.1. Requerimientos Funcionales

- Desarrollar una aplicación móvil multiplataforma (Android, iOS) que permita la interacción con el LR a través de Internet, haciendo uso de los servicios implementados y expuestos por Contreras-Mendieta et al. (2019).
- El aplicativo debe permitir acceder al LMS hasta el servidor de las maquetas que componen los laboratorios remotos, además de contar con las siguientes interfaces de usuario:
 - Lista de prácticas con información referente a cada práctica.
 - Reserva de horarios que le permitirán al usuario separar su horario para la práctica.
 - Manipulación de la maqueta de acuerdo a las actividades descritas por el docente para la realización de prácticas académicas en un entorno real.
 - Desarrollo de preguntas de análisis y preguntas del cuestionario.

4.5.1.2. Requerimientos No Funcionales

4.5.1.2.1. Disponibilidad

- El sistema debe estar disponible las 24 horas los 7 días de la semana de acuerdo con la arquitectura planteada, no debe presentar ningún punto de fallo, es decir, debe estar provisto de mecanismos o componentes que aseguren la continuidad del sistema.

4.5.1.2.2. Seguridad

- **Identificación y Autenticación:** La autenticación se debe hacer a nivel del servidor y cliente.
- **Roles:** El acceso a la información también puede controlarse a través de la función o rol del usuario que requiere dicho acceso de acuerdo con los usuarios identificados, los cuales se pueden agrupar en:
 - Rol estudiante.

4.5.1.2.3. Usabilidad

- El sistema debe contar con manuales de usuario estructurados adecuadamente.
- El sistema debe contar con el código fuente comentado, y hacer uso de buenas prácticas de desarrollo.
- El sistema debe poseer interfaces gráficas bien estructuradas.
- La aplicación móvil debe poseer un diseño responsivo a fin de garantizar la adecuada visualización en múltiples computadores, tablets y teléfonos inteligentes.

4.5.1.2.4. Eficiencia

- El sistema debe ser capaz de procesar N transacciones por segundo.

4.5.2. Diseño

Esta fase presenta la arquitectura propuesta para la aplicación móvil de LR, la que se integra a la arquitectura señalada por Contreras-Mendieta et al. (2019). Los componentes del LR son: servidor principal, servidor de maquetas, red con salida a internet y maquetas, véase Figura 8.

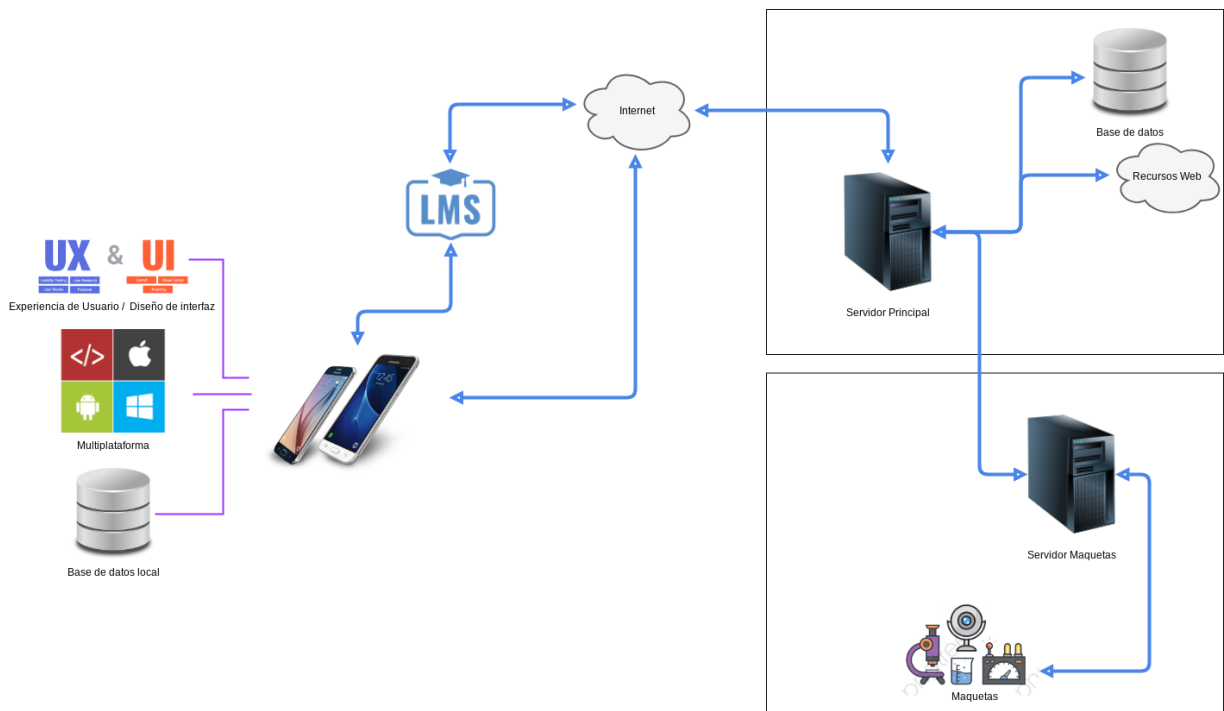


Figura 8. Arquitectura propuesta

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

De manera general, la arquitectura física de la solución requiere el uso de un dispositivo móvil. El estudiante mediante su dispositivo móvil accede al LMS mediante internet, luego selecciona el curso y se dirige a tareas donde se encontrará la actividad correspondiente que redirigirá al estudiante a la aplicación móvil mediante un módulo de comunicación bajo estándar LTI en Canvas LMS, la autenticación mediante Moodle se integra como aplicación externa. Canvas LMS admite integraciones adicionales utilizando LTI para ofrecer una experiencia más integrada y permitir una mayor personalización del producto. LTI permite a los instructores modificar las configuraciones del curso para que se pueda vincular software adicional de terceros con la clase (Fecil'ak, Fecil'akova, & Jakab, 2013). Una vez seleccionada la actividad el estándar LTI procederá a redirigir a la aplicación móvil, a la cual se accede mediante el plugin *Smartlinks* que ofrece Ionic/Cordova, este plugin facilita la respuesta a los enlaces a través de esquemas de URL personalizados y Universal/App Links en iOS y Android (Fecil'ak, Fecil'akova, & Jakab, 2013). La obtención de los datos del estudiante se dará mediante el protocolo OAuth2 que permite que aplicaciones de terceros se autenticuen para realizar acciones como usuario, sin obtener la contraseña del mismo (Ionic-team, 2019). Al acceder a la aplicación el estudiante podrá gestionar la reserva de la práctica y la ejecución de la misma.

4.5.2.1. Servidor Principal

Este se encarga de gestionar servicios que proporcionan acceso a los usuarios y almacenamiento de información. Este servidor está compuesto de diferentes servicios que proporcionan una conexión estable y segura; sus servicios son:

- **Servicio de Recursos Web:** Se utiliza para levantar los distintos recursos web *RESTful* en los que ejecutan métodos HTTP para obtención y gestión de datos tanto del estudiante, como datos relacionados a la práctica; el servidor principal posee una comunicación cliente-servidor mediante *Websockets*, que serán consumidos por la aplicación móvil y el servidor de maquetas para las distintas peticiones que puedan llegar a ejecutarse. Este componente está desarrollado bajo entorno de ejecución Node JS en su versión 6.0.
- **Base de datos:** Se utiliza para levantar un sistema de gestión de bases de datos relacional, que permite el almacenamiento de información que se transmite por medio del servicio de recursos web. El servicio de base de datos relacional usado es MariaDB.

4.5.2.2. Servidor de maquetas

Encargado de levantar los servicios que permiten la comunicación entre las maquetas y el servidor principal, los servicios que posee son:

- **Servicio de Control:** Desarrollado en *LabView* en su versión 2014, se usa para establecer una comunicación con las maquetas, permitiendo enviar y recibir información que permitirán la interacción con la misma.
- **Servicio de Comunicación:** Este servicio desarrollado en JAVA establece una comunicación cliente-servidor por medio de sockets con el servicio de control para el envío de información al servidor principal.
- **Servicio de Streaming:** Se utiliza para capturar la transmisión de la cámara y enviarla al servidor principal para ser compartida con todos los usuarios que estén realizando la práctica, así también como el almacenamiento del video; servicio desarrollado en JAVA versión 8.

4.5.3. Implementación Técnica

Esta implementación es de carácter técnico y está conformada por el desarrollo de software, debido a que ya se cuenta con una implementación a nivel de hardware.

Para el desarrollo del aplicativo móvil se ha visto conveniente el uso de la metodología ágil de desarrollo SCRUM, que como se mencionó en el Capítulo 3 esta metodología se adapta a las necesidades planteadas. Esta metodología de desarrollo ágil puede ser adaptada para el desarrollo en solitario lo que se adapta a las necesidades del proyecto, además de ser incremental e iterativa, acorta el tiempo de desarrollo y es óptima para el desarrollo rápido. La implementación del aplicativo móvil hará uso de diagramas con el Lenguaje Unificado de Modelado (UML), para obtener una mejor comprensión en cuanto a la definición de clases y métodos a utilizar en el desarrollo del proyecto. Así también, como el prototipado de la aplicación móvil, además del uso de las componentes y artefactos que ofrece esta metodología de desarrollo ágil, donde se definirán los roles del proyecto, historias de usuario, *sprints backlogs* y pruebas unitarias. Esta fase será mejor detallada en el siguiente capítulo que comprende el desarrollo del aplicativo.

4.5.4. Pruebas

Las pruebas que comprende la implementación de software buscan alta precisión de resultados, haciendo énfasis en varios aspectos los cuales son: pruebas en la nube, puntos clave de la estrategia móvil, selección de dispositivos, uso de emuladores y simuladores.

Al concluir con la construcción del aplicativo con base en la metodología SCRUM se realizaron las pruebas correspondientes, las cuales fueron divididas en tres tipos de pruebas de aceptación, estas son:

- (1) Pruebas de desarrollo de la aplicación, enfocadas en pruebas de conexión, como: velocidad de carga, velocidades de descarga, latencia, porcentaje de pérdida, corrupción de paquetes, etc. Además, incluye las pruebas de rendimiento para determinar el comportamiento de la aplicación, y pruebas de memoria que determinan el uso de recursos de la aplicación. Estas pruebas fueron realizadas mediante *Chrome DevTools*, que es un conjunto de herramientas de creación web y depuración integrado en Google Chrome. El uso de simuladores también cumplió un aspecto clave en las pruebas, debido a que este permitió definir las especificaciones para que la aplicación funcione correctamente en diversos dispositivos.

Las pruebas de desarrollo de la aplicación se realizaron bajo técnicas de pruebas de software denominadas *Test Driven Development* (TDD), usada en metodologías de desarrollo ágil de software, entre estas SCRUM. TDD es una técnica que cambia el orden establecido en cuanto a primero desarrollar (programar) y luego probar, de manera que primero se define las pruebas (casos de prueba) y a partir de estos se va desarrollando la funcionalidad, repitiendo el ciclo.

- (2) Pruebas de conexión a servidores, estas se realizaron bajo dos escenarios: conexión al servidor principal del LR y servidor de maquetas.
- (3) Pruebas de autenticación, se definieron bajo dos escenarios: integración del LR mediante estándar LTI con Canvas LMS, e integración con Moodle LMS. El diseño de casos de pruebas de aceptación de usuario buscó incluir los principales escenarios de ejecución de la aplicación, determinando que los requerimientos han sido entendidos correctamente y que las pruebas a realizar sobre la funcionalidad fueron suficientes.

Estas pruebas se encuentran el siguiente capítulo en la sección de Pruebas y Validación de cada *Sprint*. También se realizaron pruebas de caja para probar la funcionalidad de software.

CAPÍTULO 5.

DESARROLLO DEL MARCO DE TRABAJO (IMPLEMENTACIÓN)

5.1. Introducción

Este capítulo aborda el desarrollo de la propuesta de solución aplicando la metodología SCRUM. Para esto, se hará uso de los componentes que ofrece esta metodología de desarrollo ágil, tales como: *Product Backlog*, *Sprint Backlogs*, Planificación de Sprint y *Burndown Chart*. Así también como la definición de los roles del proyecto. No obstante, es preciso señalar que se requiere de una fase de inicialización (apartado 5.2) con la finalidad de obtener una visión general del sistema.

5.2. Fase de inicialización

Esta fase está compuesta por diagramas de UML del aplicativo para una mejor comprensión del proyecto y como apoyo de documentación en la fase de desarrollo o para futuras implementaciones. La fase de inicialización incluye actividades típicas de ingeniería de dominio, ingeniería de requisitos y diseño. En esta fase, se gráfica los diagramas de casos de uso y el diagrama de componentes. Dentro de esta fase, el objetivo es desarrollar artefactos del producto para comenzar la fase de desarrollo en forma de *sprints* (Santos, Development, Carvalho, & Couto, 2013).

5.2.1. Caso de Uso - Reserva

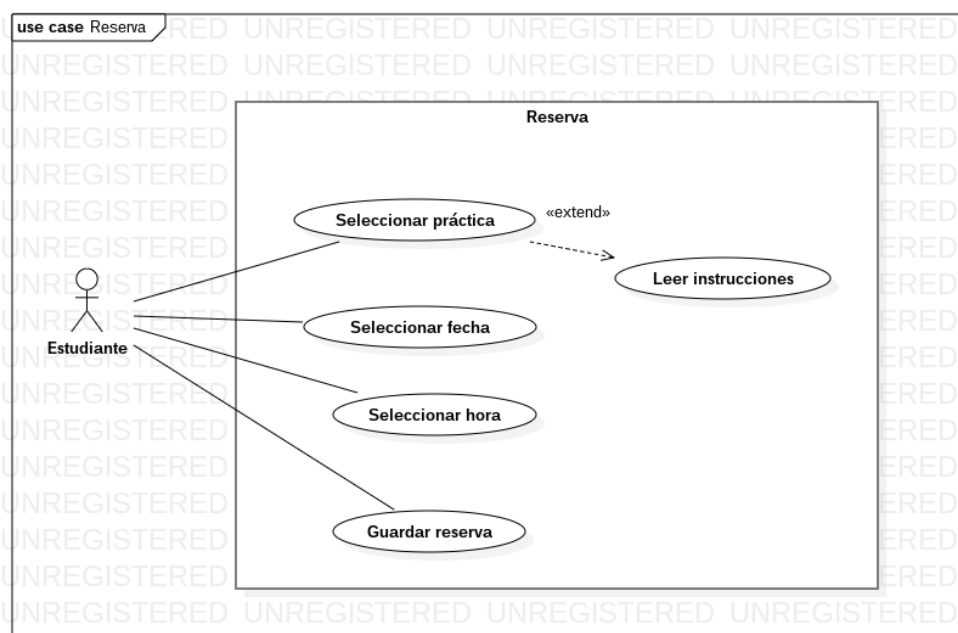


Figura 9. Diagrama Caso de Uso de Reserva

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

La Figura 9 muestra el diagrama de Caso de Uso de Reservaciones.

5.2.2. Caso de Uso – Práctica

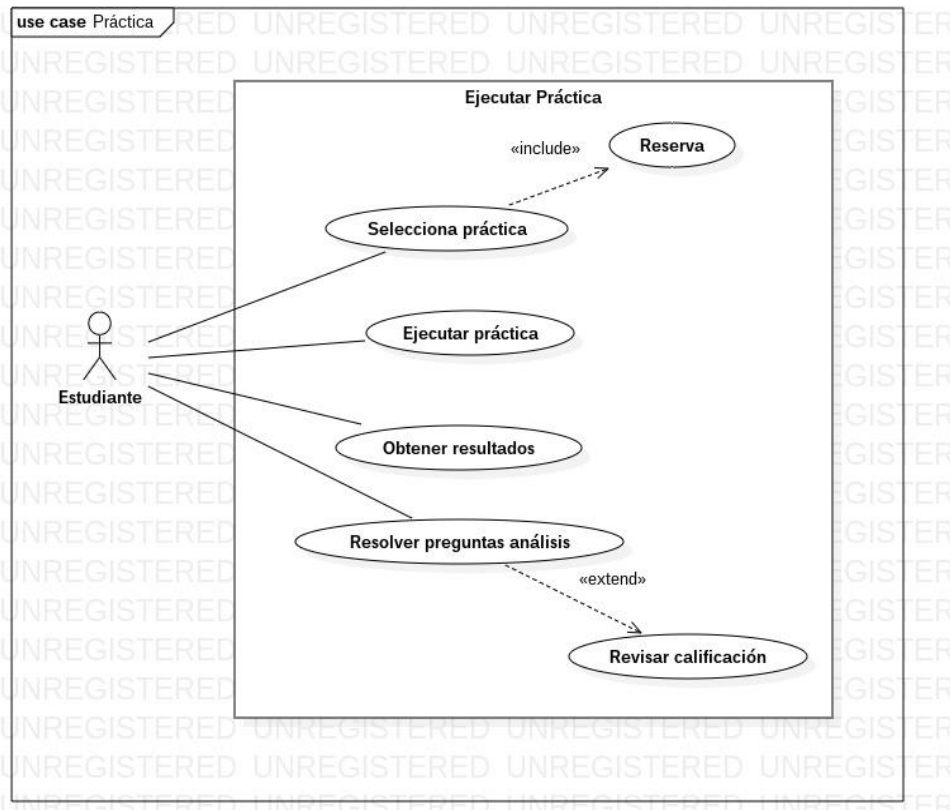


Figura 10. Diagrama Caso de Uso de Práctica

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

La Figura 10 muestra el diagrama de Caso de Uso de prácticas.

5.2.3. Diagrama de clases

El diagrama de clases muestra las clases del sistema y sus atributos que serán utilizados para el correcto funcionamiento del LR.

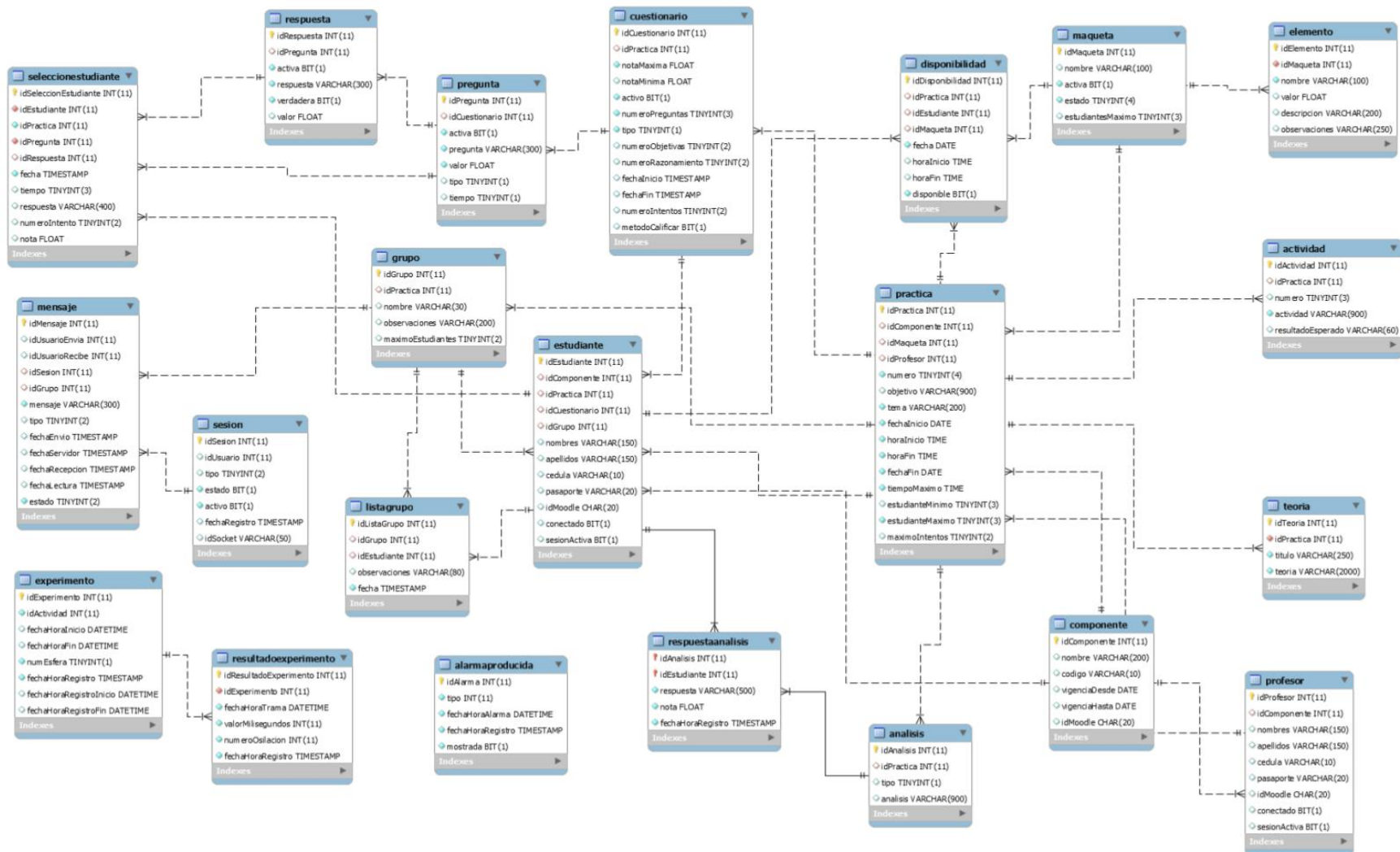


Figura 11. Diagrama de clases

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.3. Roles del proyecto

El equipo SCRUM está formado por los siguientes roles como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Roles de proyecto

Rol	Persona	Contacto
Product Owner	Celia Paola Sarango Lapo	cpsarango@utpl.edu.ec
Scrum Master	Pedro José Salinas Sagbay	pjsalinas1@utpl.edu.ec
Development Team	Pedro José Salinas Sagbay	pjsalinas1@utpl.edu.ec

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

La Tabla 5 muestra los roles del proyecto con su nombre y contacto. En la metodología SCRUM existen tres roles principales; el *Product Owner* es responsable de alcanzar el valor comercial y está a cargo de la visión del producto representada por una lista priorizada de requisitos, tareas, restricciones y errores en evolución organizados en el *Product Backlog* (Scharff & Verma, 2010).

5.4. Product Backlog

Esta sección se especifican las historias de usuario, con sus respectivos requerimientos. La Tabla 6 muestra las historias de usuario divididas en 4 *sprints*, cada *sprint* tiene una duración de cuatro semanas.

Tabla 6. Historias de usuario

ID	Historia de Usuario	Descripción	Sprint	Estimación (Horas)
US1	Análisis de requerimientos	Análisis de los requerimientos del aplicativo.	1	8
US2	Diseño del prototipo del aplicativo móvil	Se debe crear un prototipo para pruebas.	1	3
US3	Integración con el LMS	Integrar aplicación con Canvas LMS mediante módulo LTI y Moodle.	1	9
US4	Programación servicio Auth	Se debe programar el servicio que permita la autenticación del usuario mediante el servicio web.	2	5

US5	Programación componente Login	Se debe programar el componte Login que permita el acceso al estudiante.	2	3
US6	Programación servicio Práctica	Se debe programar el servicio que permita la obtención e interacción de datos de las prácticas con él con el servicio web.	2	7
US7	Programación componente Home	Se debe programar el componte Home que muestra las prácticas del estudiante.	2	5
US8	Programación componente Instrucciones	Se debe programar el componte Instrucciones que contiene instrucciones, teoría y notas de la práctica seleccionada.	3	8
US9	Programación componente Cuestionario	Se debe programar el componte Cuestionario que contiene preguntas y respuestas del cuestionario seleccionado.	3	2
US10	Programación servicio Reserva	Se debe programar el servicio que permita la obtención e interacción de datos de las reservas con él con el servicio web.	3	4
US11	Programación componente Reserva	Se debe programar el componte Reserva que permite al estudiante hacer la reserva y cancelación,	3	6
US13	Programación componente Análisis	Se debe programar el componte Análisis que contiene las preguntas de análisis.	4	3
US14	Programación Péndulo Simple	Se debe programar el componte Práctica el cual permite el control y visualización de maqueta de péndulo simple.	4	5
US15	Programación Ley de Ohm	Se debe programar el componte Práctica el cual permite el control y visualización de maqueta de ley de ohm.	4	5
US16	Programación Tiro parabólico	Se debe programar el componte Práctica el cual permite el control y visualización de maqueta de tiro parabólico.	4	4
US17	Diseño de la interfaz final del aplicativo	En base al prototipo crear la interfaz del usuario final.	4	3

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5. Sprint Backlogs

Para la etapa de desarrollo se dividió el proyecto en 4 *sprints*, cada *sprint* tiene una duración de aproximada de 20 horas dependiendo de la complejidad de la tarea. Cada *sprint*, está

definido por el tiempo de inicio y finalización, además de realizar un seguimiento diario a cada una de tareas asignadas y cuantificar el trabajo mediante la gráfica *Burndown Chart*.

5.5.1. Sprint 1

En este sprint se realizó el análisis de requerimientos, diseño del prototipo de interfaz gráfica e integración con Canvas LMS y Moodle LMS. Este último consistió en la integración de los LMS haciendo uso de estándares de interoperabilidad con el objetivo de vincular de forma más integral un curso o actividad de aprendizaje externa con el LMS institucional y, además, establecer una comunicación de datos entre ambos sistemas sin comprometer la funcionalidad ni la seguridad de acceso (Apertura, Guadalupe, & Cardinault, 2016). La vinculación del sistema de LR con el LMS se realiza a partir de la creación de una nueva actividad configurada como aplicación externa, esta se realiza por el docente que está a cargo del curso. Este Sprint concluyó con las pruebas de aceptación basadas en el análisis de requerimientos, prototipo de la interfaz gráfica y pruebas de conexión al servicio que permite la integración LTI con los LMS. El tiempo estimado para completar el *Sprint 1* fue de 20 horas.

Sprint Backlog

Para el cumplimiento de este *sprint* se detallan las siguientes historias de usuario contenidas en la Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9. La Tabla 10 muestra el *sprint backlog* con su prioridad, estimación y las horas reales utilizadas en el desarrollo

Tabla 7. Historia de Usuario 1

Historia de Usuario	
ID: US1	Usuario: Estudiante
Nombre: Análisis de requerimientos	
Esfuerzo: 8h	Dependencias: Ninguna
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como usuario deseo poder tener toda la información necesaria para poder sustentar el trabajo de desarrollo.	
Tareas: <ul style="list-style-type: none"> Análisis de situación actual. Definición de requerimientos. 	

- Presentar información en marco teórico.

Criterios de aceptación:

Se verificará que la documentación de la situación actual obtenida sea clara y actualizada.

Pruebas:

Reuniones con *Product Owner* acerca de la información obtenida.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 8. Historia de Usuario 2

Historia de Usuario	
ID: US2	Usuario: Estudiante
Nombre: Diseño del prototipo del aplicativo móvil	
Esfuerzo: 3h	Dependencias: US1
Prioridad: Media	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante deseo poder tener un prototipo del aplicativo que sirva como apoyo para el desarrollo de la aplicación.	
Tareas: <ul style="list-style-type: none"> Diseño del prototipo. 	
Criterios de aceptación: Se verificará que el prototipo cuente con todas las pantallas requeridas.	
Pruebas: Se diseñará varias versiones de prototipos para la selección de prototipo final.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 9. Historia de Usuario 3

Historia de Usuario	
ID: US3	Usuario: Estudiante
Nombre: Integración con el LMS	
Esfuerzo: 9h	Dependencias: US1
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante deseo poder tener acceso al aplicativo mediante la selección de la tarea en el LMS.	
Tareas: <ul style="list-style-type: none"> Creación de aplicación externa en Moodle que redirige al servicio. Creación de servicio que obtiene los datos del Canvas LMS mediante módulo LTI al seleccionar aplicación externa y redirige a la aplicación móvil. Despliegue del servicio en la nube. 	

<p>Criterios de aceptación:</p> <p>Se verificará que la obtención de datos se dé correctamente y que la redirección a la aplicación obtenga todos los datos necesarios del estudiante para el uso del LR.</p>
<p>Pruebas:</p> <p>Se harán pruebas de conexión.</p>

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 10. Sprint 1 - Sprint Backlog

Prioridad	ID	Detalle	Estimación (horas)	Horas reales	Dependencia
1	US1	Análisis de requerimientos.	8h		
2	US2	Prototipo de pruebas.	3h		US1
3	US3	Integración con el LMS.	9h		US1

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Análisis de requerimientos

El análisis de requerimientos está definido por los requerimientos funcionales y requerimientos no funcionales del aplicativo que fueran mencionado en Capítulo 4 sección análisis

Prototipo de pruebas

En la Figura 12, Figura 13, Figura 14, Figura 15 y Figura 16 se muestra un prototipo básico que será utilizado como guía de diseño en el desarrollo de las pantallas de la aplicación. Para la creación del prototipo se hizo uso de una aplicación en línea (<https://proto.io/>).



Correo

Contraseña

INGRESAR

Figura 12. Prototipo Login

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Prácticas

Todos Grupal Individual

N.1 Péndulo simple
 Analizar en forma experimental las características del movimiento de un péndulo simple.

INDIVIDUAL
 Desde: 29-06-2019 - Hasta: 29-06-2019

N.2 Péndulo simple
 Analizar en forma experimental las características del movimiento de un péndulo simple.

GRUPAL
 Desde: 29-06-2019 - Hasta: 29-06-2019

Figura 13. Prototipo Prácticas

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Reserva horario práctica

Selecciona la hora:

Nº	Hora de inicio ↓	Hora de fin	Estado
1	23:00:00	00:00:00	disponible
2	22:00:00	23:00:00	disponible
3	21:00:00	22:00:00	disponible
4	20:00:00	21:00:00	disponible
5	19:00:00	20:00:00	disponible
6	18:00:00	19:00:00	disponible
7	17:00:00	18:00:00	disponible
8	16:00:00	17:00:00	disponible



Figura 14. Prototipo Reservas

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Práctica Péndulo Simple

Reserva: 14-09-2019 desde las 16:00 hasta las17:00

Actividad: 1

El periodo del péndulo simple depende de la masa. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit. Enim earum quaerat unde sed quisquam, omnis molestiae maiores harum ipsa iste.

Elemento 1

Ejecutar

Elemento 2

Ejecutar

Progreso del experimento

Práctica Péndulo Simple

Resultados

Preguntas de Análisis

Pregunta 1: Lorem ipsum, dolor sit amet consectetur adipiscing elit. Alias dolores quis accusamus vero?

Pregunta 2: Lorem ipsum, dolor sit amet consectetur adipiscing elit. Alias dolores quis accusamus vero?

Guardar

Figura 15. Prototipo de ejecución de práctica y preguntas de análisis

Fuente: El autor

Elaboración: El autor



Figura 16. Prototipo Ejecución de práctica

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Integración con el LMS.

Integración con Canvas LMS

Para la integración con Canvas LMS se creó un servicio en PHP y *JavaScript* desplegado en un servidor, el cual mediante el módulo LTI que provee Canvas LMS, permite el envío de los datos necesarios para el funcionamiento del LR.

Para vincular la aplicación móvil con el Canvas LMS el docente debe ingresar a las opciones de administrador para luego dirigirse a configuraciones, donde deberá seleccionar Aplicaciones para luego agregar la una nueva Aplicación Externa como muestra la Figura 17, en esta sección se configura la aplicación externa que vincula el Canvas LMS con la aplicación móvil.

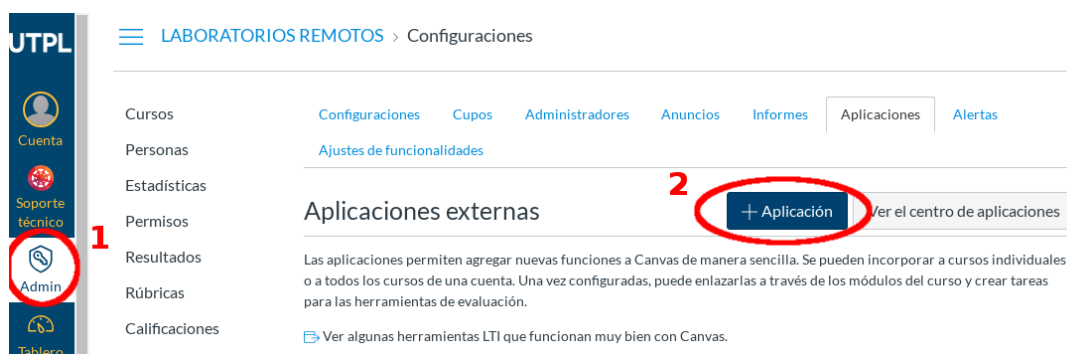


Figura 17. Creación de aplicación externa LMS Canvas

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Una vez que se haya seleccionado la opción de agregar aplicación como muestra el paso 2 de la figura. Aquí se despliega un modal en el cual se debe agregar los parámetros para la integración del Canvas LMS con la aplicación móvil. La Figura 18 muestra los pasos que se debe seguir para completar el proceso de configuración. El paso 1 es agregar el nombre de la aplicación, en el paso 2 se agrega la *URL* donde está desplegado el servicio obtendrá los datos del estudiante y redirige a la aplicación. En el paso 3 se deben agregar los campos personalizados que contiene variables que permiten el envío de datos del Canvas LMS del estudiante al servicio creado.

The image shows a configuration modal for an external tool. It is divided into three main sections, each marked with a red number:

- Step 1:** Includes a 'Nombre' (Name) field with the value 'Labremoto', a 'Clave de consumidor' (Consumer Key) field, and a 'Secreto compartido' (Shared Secret) field with the value '[Sin cambiar]'.
- Step 2:** Includes an 'Ejecutar URL' (Execute URL) field with the value 'https://labremoto.edu.ec/lti/'.
- Step 3:** Includes a 'Dominio' (Domain) field with the value 'Dominio', a 'Privacidad' (Privacy) dropdown menu set to 'Anónimo', and a 'Campos personalizados' (Custom Fields) text area containing the following variables:


```

avatar=$User.image
course_id=$Canvas.course.id
email=$Person.email.primary
high_contrast=$Canvas.user.preferencesHighContrast
login_id=$Canvas.user.loginId
name=$Person.name.full
      
```

Below the custom fields section, there is a note: 'Uno por línea. Formato: nombre=valor' (One per line. Format: name=value). There is also a 'Descripción' (Description) text area and two buttons at the bottom: 'Cancelar' (Cancel) and 'Entregar' (Submit).

Figura 18. Configuración de herramientas externas

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

El servicio recibe los datos del Canvas LMS mediante una solicitud POST que es posible gracias a la configuración de los campos personalizados, que permiten que los datos que se envían sean los necesarios para el uso del sistema de LR. La Figura 19 muestra la obtención de datos en PHP mediante una solicitud POST, luego son asignados a variables las cuales serán utilizadas mediante JavaScript para hacer la redirección a la aplicación móvil con los datos del estudiante, enviados como parámetro. Estos datos enviados a la aplicación móvil son los necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de LR. Entre los datos más relevantes del estudiante se encuentran el ID del estudiante que proporciona el Canvas LMS, su nombre de usuario, ID y nombre del componente.

```

<?php
// Obtención de datos desde el Canvas LMS mediante solicitud POST
$userid = $_POST["custom_userid"];
$login_id = $_POST["custom_login_id"];
$name = $_POST["custom_name"];
$email = $_POST["custom_email"];
$course_id = $_POST["custom_course_id"];
$context_title = $_POST["context_title"];
$custom_avatar = $_POST["custom_avatar"];
?>

<script src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.4.1/jquery.min.js"></script>
<script type="text/javascript">
    var email = '<?php echo $email; ?>';
    var name = '<?php echo $name; ?>';
    var userid = '<?php echo $userid; ?>';
    var usuario = '<?php echo $login_id; ?>';
    var idComponente = '<?php echo $course_id; ?>';
    var componente = '<?php echo $context_title; ?>';
    var avatar = '<?php echo $custom_avatar; ?>';
    // URL con datos del estudiante enviados como parametro
    var url = 'labremoto://labremoto.utpl.edu.ec/home?
        nombre=${name}&
        correo=${email}&
        idComponente=${idComponente}&
        idUsuario=${userid}&
        avatar=${avatar}&
        componente=${componente}';
    // redireccion a la aplicación móvil con envío de paramtros del estudiante
    window.location.replace(url);
</script>

```

Figura 19. Servicio de integración con Canvas LMS

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Pruebas y validación

Pruebas de análisis de requerimiento

La tabla 11 muestra las pruebas de análisis de requerimiento.

Tabla 11. Pruebas de análisis de requerimiento

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Información obtenida y documentación del LR clara y actualizada	Que la información sirva como apoyo en el proceso de desarrollo.	Manuales de usuario, código fuente de la situación actual y documentación del LR.	La información puede ir actualizándose de acuerdo con los cambios que puedan darse durante el transcurso de desarrollo.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Pruebas de diseño del prototipo del aplicativo móvil

La Tabla 12 muestra las pruebas de diseño del prototipo del aplicativo móvil.

Tabla 12. Pruebas de diseño del prototipo del aplicativo móvil

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Creación de prototipo de interfaz gráfica (UI).	Obtener un prototipo del diseño de las pantallas de la aplicación.	Prototipo de interfaz gráfica.	La interfaz se desarrolló para una pantalla de 6.4 pulgadas, se debe ajustar para que sea responsiva.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Pruebas de integración con el LMS.

La Tabla 13 muestra la prueba de integración con el LMS.

Tabla 13. Prueba de integración con el LMS

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Conexión al servicio.	Tener acceso y disponibilidad las 24 horas.	Autenticación mediante LMS disponible las 24 horas.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Revisión y retrospectiva.

La Tabla 14 y la Tabla 15 muestra el Sprint 1 de la revisión y retrospectiva.

Tabla 14. Sprint 1 Revisión

ID	Historia de Usuario	Estado	Observación
US1	Análisis de requerimientos.	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .

US2	Prototipo de pruebas.	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .
US3	Integración con Canvas LMS.	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 15. Sprint 1 Retrospectiva

Aciertos	Errores	Recomendaciones de mejora continua
La comunicación con Product Owner e interesados, la priorización de las actividades y la definición de las historias de usuario.	Acceso al Servidor Principal limitado.	Mejora de documentación del código fuente de la situación actual.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

En la Figura 20 se puede observar la gráfica *Burndown* en la que se muestra el avance durante el desarrollo del *sprint*. Se muestra el tiempo estimado y el tiempo real empleado para realizar cada una de las actividades que pertenecen a cada historia de usuario. El tiempo real que se empleó para este *sprint* termino antes del tiempo estimado.

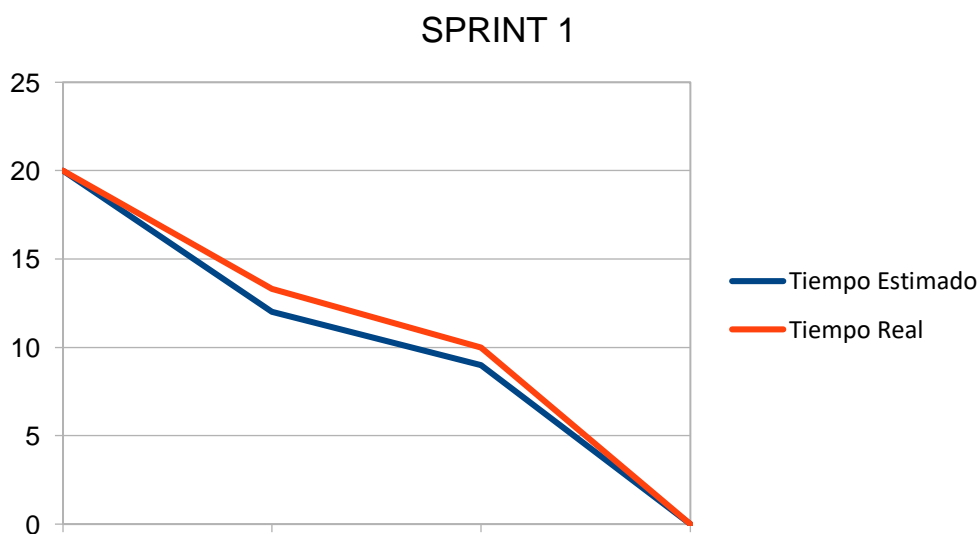


Figura 20. Gráfica *Burndown* Sprint 1

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.2. Sprint 2

Este sprint se dividió en cuatro historias de usuario que comprende la programación de los servicios de autenticación y práctica. El servicio de autenticación permite el acceso al usuario mediante el uso de API's que proveen los LMS, como una alternativa de acceso a la aplicación frente a la integración mediante el protocolo LTI. El servicio Práctica permite el intercambio y manipulación de datos con el servidor principal del LR que corresponde a datos relacionados con las prácticas experimentales asignadas al estudiante. Una vez finalizada la programación de servicios se implementó la pantalla de Login que prevé un formulario para la autenticación del usuario, y el componente Home que muestra las prácticas y un breve detalle de estas. En la Tabla 16, Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19 y Tabla 20 se muestra las historias de usuario.

Tabla 16. Historia de Usuario 4

Historia de Usuario	
ID: US4	Usuario: Estudiante
Nombre: Programación servicio Auth	
Esfuerzo: 5h	Dependencias: US1, US3
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante, quiero obtener una autenticación mediante Canvas LMS o login, y que la aplicación almacene los datos localmente para no repetir el proceso de autenticación.	
Tareas: <ul style="list-style-type: none">• Autenticar estudiante mediante el Servicio de Recursos Web.• Crear método que almacene los datos localmente.• Crear método que verifique los estados de autenticación del usuario.• Crear método que obtenga los datos del estudiante almacenados localmente.• Crear <i>interface</i> estudiante.	
Criterios de aceptación: Se verificará que la autenticación del estudiante provea los datos necesarios para el uso del LR.	
Pruebas: Se hará el proceso de autenticación con varios estudiantes.	

Fuente: El autor
Elaboración: El autor

Tabla 17. Historia de Usuario 5

Historia de Usuario	
ID: US5	Usuario: Estudiante
Nombre: Programación componente Login	
Esfuerzo: 3h	Dependencias: US1, US4
Prioridad: Media	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante, quiero tener acceso a la aplicación mediante una pantalla de login donde ingrese mis credenciales y el id del componente.	
Tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Crear componente Login. • Crear formulario. • Maquetar componente Login. • Hacer uso del servicio de autenticación (US4). 	
Criterios de aceptación: Se verificará que al ingresar los datos mediante el formulario se permita la autenticación del estudiante.	
Pruebas: Ingresar datos del estudiante.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 18. Historia de Usuario 6

Historia de Usuario	
ID: US6	Usuario: Estudiante
Nombre: Programación servicio Práctica	
Esfuerzo: 7h	Dependencias: US1, US4
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante, quiero obtener los datos de las prácticas y componentes del laboratorio.	
Tareas:	

- Crear método que obtenga prácticas.
- Crear método que obtenga actividades.
- Crear método que obtenga elementos de la maqueta.
- Crear método que obtenga teoría de la práctica.
- Crear método que obtenga cuestionarios.
- Crear método que obtenga preguntas del cuestionario.
- Crear método que obtenga respuestas del cuestionario.
- Crear método que obtenga preguntas de análisis.
- Crear *interface* actividad.
- Crear *interface* análisis.
- Crear *interface* cuestionario.
- Crear *interface* disponibilidad.
- Crear *interface* elemento.
- Crear *interface* pregunta.
- Crear *interface* respuesta.
- Crear *interface* teoría.

Criterios de aceptación:

Se verificará que la obtención de datos sea correcta.

Pruebas:

Ingresar datos de prueba.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 19. Historia de Usuario 7

Historia de Usuario	
ID: US7	Usuario: Estudiante
Nombre: Programación componente Home	
Esfuerzo: 5h	Dependencias: US1, US4, US6
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante, quiero tener una pantalla que muestre las practicas, así como sus datos más relevantes.	
Tareas:	

<ul style="list-style-type: none"> • Crear componente Home. • Crear menú lateral de opciones. • Presentar información de las prácticas en el componente. • Maquetar componente.
<p>Criterios de aceptación:</p> <p>Se verificará que el diseño del componente no afecte la experiencia de usuario en cualquier dispositivo.</p>
<p>Pruebas:</p> <p>Pruebas de diseño responsivo y multiplataforma.</p>

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 20. Sprint 2 - Sprint Backlog

Prioridad	ID	Detalle	Estimación (horas)	Horas reales	Dependencia
1	US4	Programación servicio Auth	5h		US1, US3
2	US5	Programación componente Login	3h		US1, US4
1	US6	Programación servicio Práctica	7h		US1, US4
1	US7	Programación componente Home	5h		US1, US4, US6

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.2.1. Programación componente Login

El componente Login permite al estudiante el acceso al sistema, como una alternativa a la integración con el LMS. Este componente muestra un formulario donde el estudiante debe ingresar su correo institucional, seguido de su cédula o pasaporte como contraseña y el ID del componente que se obtiene de la URL del LMS, véase Figura 21.

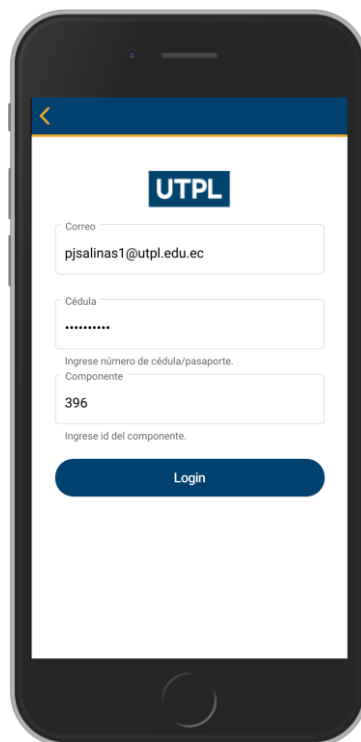


Figura 21. Pantalla de acceso

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.2.2. Programación componente Home

El componente Home contiene las prácticas del estudiante las cuales pueden ser filtradas por prácticas individuales o grupales. En este componente se puede observar el nombre de la práctica seguido del objetivo, así como el tipo de maqueta a utilizar y la fecha de inicio y de fin la práctica, véase Figura 22.

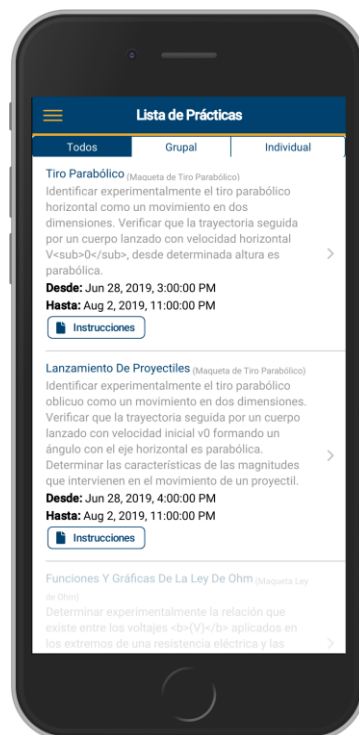


Figura 22. Pantalla de prácticas.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.2.3. Pruebas y validación

En esta sección se definieron las pruebas de autenticación definida en el capítulo anterior, así como también como las pruebas a los componentes y servicios.

Pruebas de programación servicio Auth

La Tabla 21 muestra la programación del servicio *Auth*

Tabla 21 .Programación servicio Auth

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Validación del estudiante	Validar que el estudiante este registrado en el componente asignado para poder realizar la práctica.	Método de validación de estudiante.	

2	Consultas a la base de datos	Obtener los datos relacionados del estudiante por práctica y componente.	Datos del estudiante.	
---	------------------------------	--	-----------------------	--

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Pruebas de programación componente Login

La Tabla 22 muestra la programación del componente *Login*

Tabla 22. Programación componente Login

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Ingresar datos de prueba.	Se espera tener acceso a la aplicación mediante credenciales y el id del componente ingresados de manera manual.	Ingreso al sistema mediante credenciales.	Para hacer uso de esta función el usuario debe llevar a cabo un proceso manual en cual debe obtener ciertas variables que se encuentran en el LMS. Este proceso puede ser confuso para el estudiante, por lo que se mostrara información adicional en la aplicación.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Pruebas programación servicio Práctica

La tabla 23 muestra la programación del servicio de práctica.

Tabla 23. Programación servicio Práctica.

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Ingresar datos de prueba	Obtener datos de la práctica.	Métodos de obtención y	

			manipulación de datos al servicio web del servidor principal.	
--	--	--	---	--

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Pruebas programación componente Home

La tabla 24 muestra la programación del componente Home

Tabla 24. Programación componente Home

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Pruebas de diseño responsivo y multiplataforma.	Componente Home no afecte el diseño de interfaces (UI) o experiencia de usuario (UX)	Componente responsivo, con adaptabilidad para pantallas grandes y pequeñas.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.2.4. Revisión y retrospectiva.

La Tabla 25 y Tabla 26 muestra el Sprint 2 de revisión y retrospectiva.

Tabla 25. Sprint 2 Revisión

ID	Historia de Usuario	Estado	Observación
US4	Programación servicio <i>Auth</i>	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .
US5	Programación componente <i>Login</i>	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .
US6	Programación servicio <i>Práctica</i>	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .
US7	Programación componente <i>Home</i>	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 26. Sprint 2 Retrospectiva

Aciertos	Errores	Recomendaciones de mejora continua
La comunicación con <i>Product Owner</i> e interesados, la priorización de las actividades y la definición de las historias de usuario.	Acceso al Servidor Principal limitado.	Mejora de documentación del código fuente de la situación actual.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

En la Figura 23 se puede observar la gráfica *Burndown* en la que se muestra el avance durante el desarrollo del *sprint* 2. Se muestra el tiempo estimado y el tiempo real empleado para realizar cada una de las actividades que pertenecen a cada historia de usuario.

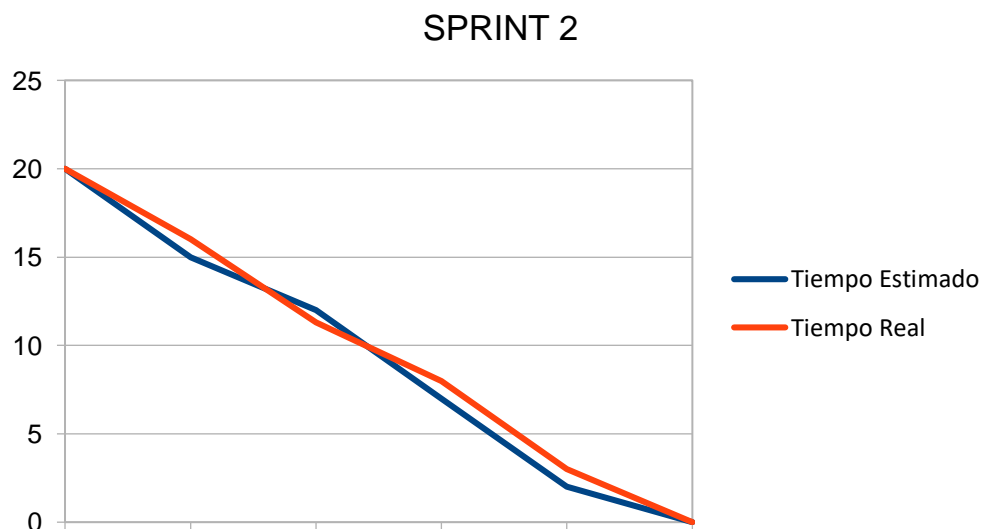


Figura 23. Gráfica Burndown Sprint 2

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.3. Sprint 3

Este *Sprint* dividido en cuatro historias de usuario. El *Sprint* tuvo como tarea el desarrollo del servicio de reserva, que es necesario para la ejecución de la práctica; así también como el desarrollo de los componentes Instrucciones, Cuestionario y Reserva los cuales muestran toda la información relacionada a la práctica, formularios de cuestionarios y la manipulación

de reservas para ejecución de la práctica, véase Tabla 27, Tabla 28, Tabla 29, Tabla 30 y Tabla 31.

Tabla 27. Historia de Usuario 8

Historia de Usuario	
ID: US8	Usuario: Estudiante
Nombre: Programación componente Detalles	
Esfuerzo: 8h	Dependencias: US1, US4, US6, US7
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante, quiero tener una pantalla que muestre las instrucciones, teoría y cuestionarios de la práctica, así como las calificaciones obtenidas.	
Tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Crear componente Detalles. • Crear modal de instrucciones. • Crear sección de calificaciones. • Crear sección de cuestionarios. • Crear sección de teoría. • Maquetar componente. 	
Criterios de aceptación: Se verificará que la obtención de datos de la práctica se presente de manera adecuada.	
Pruebas: Pruebas obtención de datos de la práctica.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 28. Historia de Usuario 9

Historia de Usuario	
ID: US9	Usuario: Estudiante
Nombre: Programación componente Cuestionario	
Esfuerzo: 2h	Dependencias: US1, US4, US6, US8
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas

Descripción: Como estudiante, quiero tener una pantalla que permita resolver el cuestionario seleccionado.
Tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Crear componente Cuestionario. • Crear formularios de preguntas y respuestas del cuestionario.
Criterios de aceptación: Se verificará que los datos ingresados por el estudiante sean válidos para ser enviados al Servicio de Recursos Web y almacenarlos en la base de datos del servidor principal.
Pruebas: Validaciones de datos ingresados.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 29. Historia de Usuario 10

Historia de Usuario	
ID: US10	Usuario: Estudiante
Nombre: Programación servicio Reserva	
Esfuerzo: 4h	Dependencias: US1, US4, US6
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante, quiero tener una pantalla que permita resolver el cuestionario seleccionado.	
Tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Crear método que obtenga disponibilidad de la práctica. • Crear método que obtenga las reservas. • Crear método que almacene la reserva en la base de datos. • Crear <i>interface</i> disponibilidad. 	
Criterios de aceptación: Se verificará que los datos enviados para la reserva de la práctica no alteren otras reservas o se envíen datos nulos.	
Pruebas: Validación de datos.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 30. Historia de Usuario 11

Historia de Usuario	
ID: US11	Usuario: Estudiante
Nombre: Programación componente Reserva	
Esfuerzo: 6h	Dependencias: US1, US4, US6, US10
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante, quiero tener una pantalla que muestre la disponibilidad de la práctica, que filtre la disponibilidad según el día seleccionado y que permita la reserva en la fecha y hora deseada.	
Tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Crear componente Reserva. • Crear formulario de tipo calendario. • Crear método filtre la disponibilidad según selección del usuario. • Crear método de reserva. • Crear método de cancelación de las reservas hechas por el usuario. • Maquetar componente. 	
Criterios de aceptación: Se verificará que la reserva no sea mayor a tres intentos, así también que los datos seleccionados por el estudiante sean enviados correctamente.	
Pruebas: Pruebas de diseño responsivo y multiplataforma.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 31. Sprint 3 - Sprint Backlog

Prioridad	ID	Detalle	Estimación (horas)	Horas reales	Dependencia
1	US8	Programación componente Detalles	8h		US1, US4, US6, US7

2	US9	Programación componente Cuestionario	2h		US1, US4, US6, US8
3	US10	Programación servicio Reserva	4h		US1, US4, US6
4	US11	Programación componente Reserva	6h		US1, US4, US6, US10

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.3.1. Programación componente Instrucciones

El componente Instrucciones contiene todos los elementos de la práctica seleccionada, aquí se muestran detalles de la práctica como: teoría, instrucciones, cuestionarios y las reservas obtenidas del estudiante, véase Figura 24.

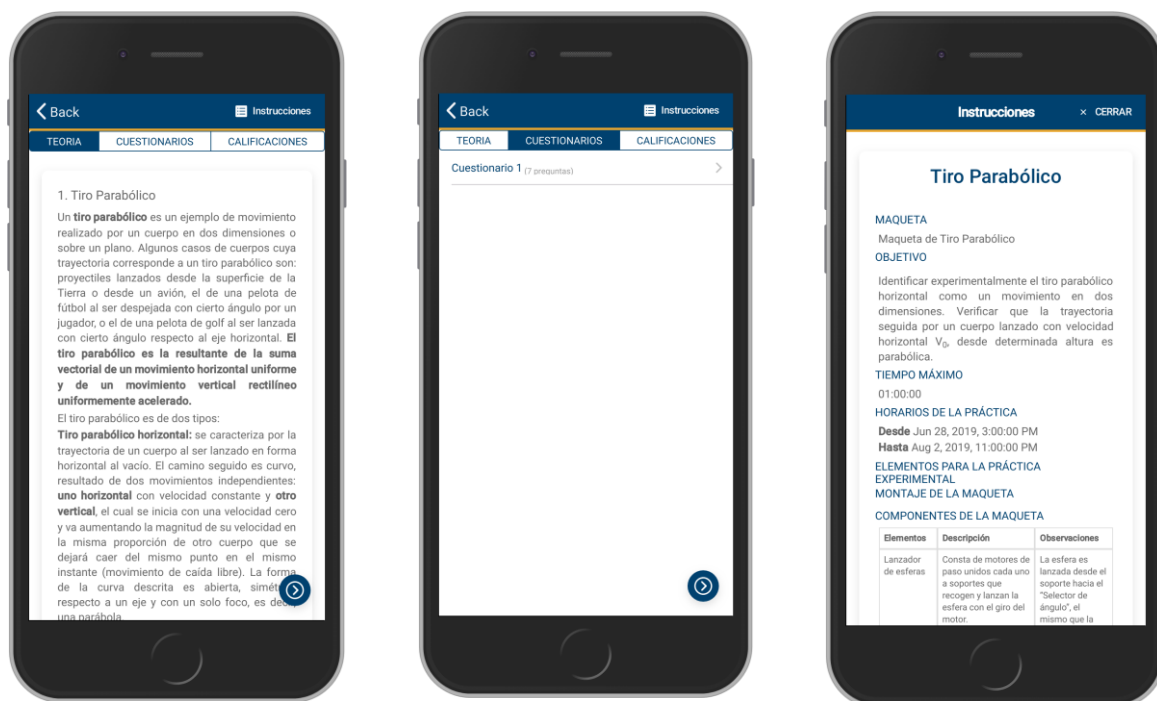


Figura 24. Pantallas de instrucciones

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.3.2. Programación componente Cuestionario

Este componente es un modal el cual contiene las preguntas y respuestas del cuestionario seleccionado por el estudiante, presentadas a manera de formulario, véase Figura 25.

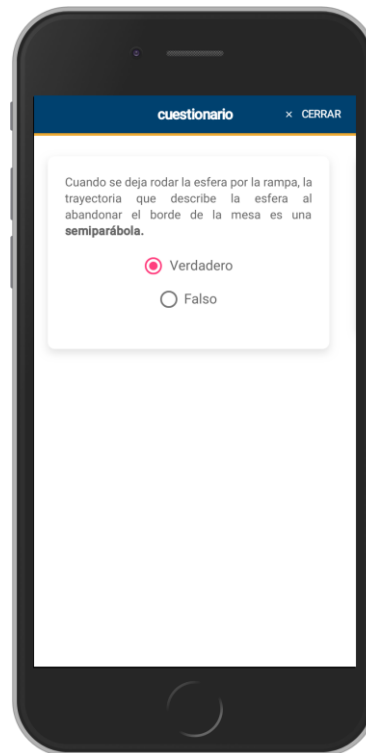


Figura 25. Pantalla de cuestionario.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.3.3. Programación componente Reserva

El componente Reserva le permitirá seleccionar el día y la hora para ejecutar la práctica. Este componente muestra un formulario de tipo *DateTime picker* el cual permite seleccionar un día en el rango de las fechas disponibles, también se presenta una tabla que presenta la disponibilidad de la reserva de práctica. Para hacer reserva de la práctica se debe presionar la opción que tengan como estado **Disponible**. Para cancelación de la práctica se debe seleccionar sobre la columna que contenga el nombre del usuario, véase Figura 26.

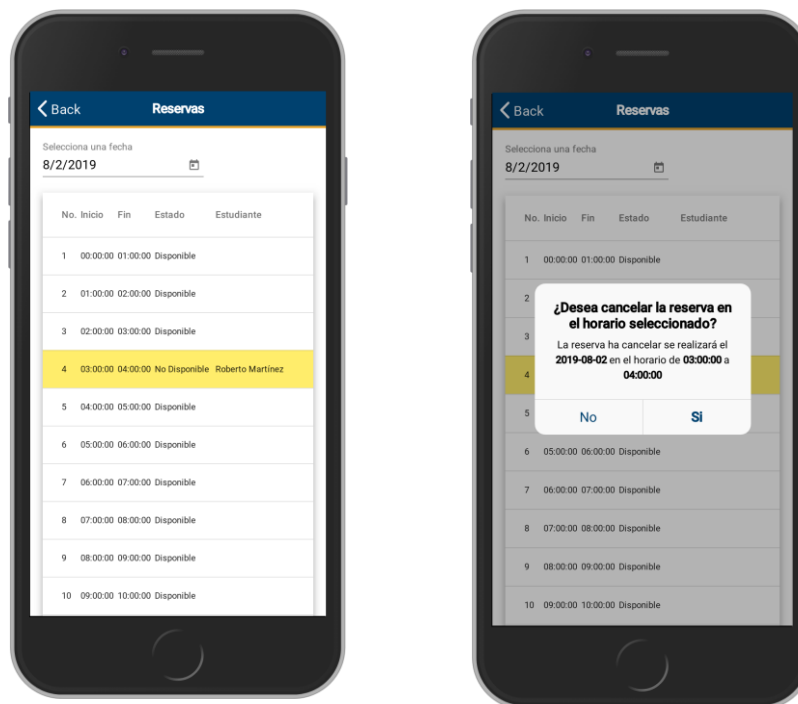


Figura 26. Pantalla de reserva.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.3.4. Pruebas y validación

Esta sección hace pruebas de los componentes y servicios que obtienen datos relacionados a las prácticas.

Pruebas de programación componente instrucciones

La Tabla 32 muestra las pruebas de programación componente instrucciones.

Tabla 32. Pruebas de programación componente instrucciones

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Pruebas obtención de datos de la práctica.	Mostrar los datos necesarios de la práctica.	Todos los datos relacionados con la práctica seleccionada.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Pruebas de programación componente cuestionario

La Tabla 33 muestra las pruebas de programación componente cuestionario.

Tabla 33. Pruebas de programación componente cuestionario

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Validar datos ingresados por el usuario.	Enviar los datos correctos al servicio web, para que no afecte a la calificación del estudiante.	Componente con validación formularios.	La validación de formularios evitará, que se envíen datos nulos, o que no correspondan a la respuesta del usuario.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Pruebas de programación servicio reserva

La Tabla 34 muestra las pruebas de programación servicio reserva.

Tabla 34. Pruebas de programación servicio reserva

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Validar datos.	Que los datos de reserva hechos por el estudiante no afecten otras reservas.	Métodos de validación y control de excepciones.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Pruebas de programación componente reserva

La Tabla 35 muestra las pruebas de programación componente instrucciones.

Tabla 35. Pruebas de programación componente reserva

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Pruebas de diseño responsivo y multiplataforma.	Componente Home no afecte el diseño de interfaces (UI) o experiencia de usuario (UX)	Componente responsivo, con adaptabilidad para pantallas grandes y pequeñas.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Revisión y retrospectiva.

La Tabla 36 muestra el Sprint 3 revisión y retrospectiva.

Tabla 36. Sprint 3 Revisión

ID	Historia de Usuario	Estado	Observación
US8	Programación componente Instrucciones	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .
US9	Programación componente Cuestionario	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .
US10	Programación servicio Reserva	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .
US11	Programación componente Reserva	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 37. Sprint 3 Retrospectiva

Aciertos	Errores	Recomendaciones de mejora continua
La comunicación con Product Owner e interesados, la priorización de las actividades y	Acceso al Servidor Principal limitado.	Mejora de documentación del código fuente de la situación actual.

la definición de las historias de usuario.		
--	--	--

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

En la Figura 27 se puede observar la gráfica *Burndown* en la que se muestra el avance durante el desarrollo del *sprint* 3. Se muestra el tiempo estimado y el tiempo real empleado para realizar cada una de las actividades que pertenecen a cada historia de usuario.

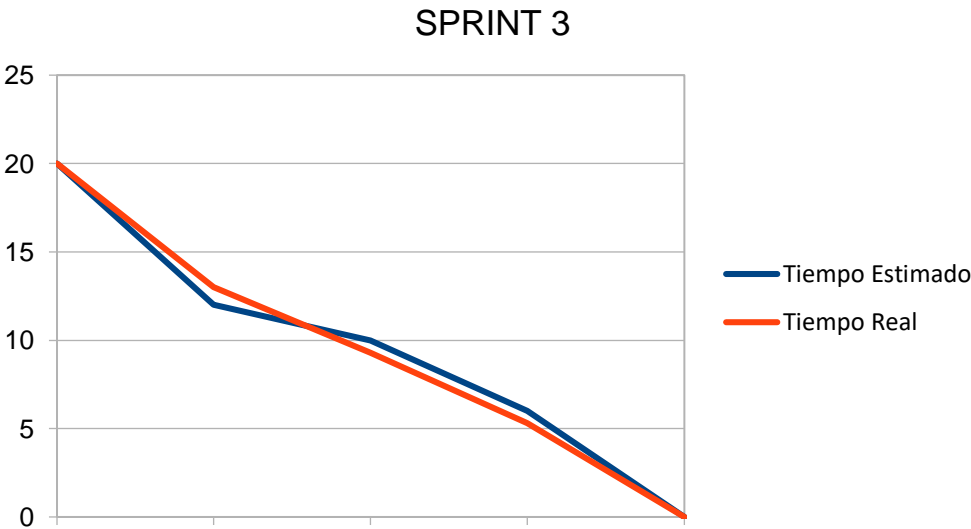


Figura 27. Gráfica Burndown Sprint 3

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.4. Sprint 4

Este sprint se enfoca en el desarrollo del componente Práctica, el cual permite la ejecución de las prácticas de péndulo simple, ley de Ohm y tiro parabólico, basadas en funciones que distinguen el tipo de práctica. Este componente hace uso de los servicios descritos previamente y la conexión mediante sockets con el Servidor Principal y Servidor de Maquetas (Contreras-Mendieta et al., 2019) para establecer una conexión continua *full-duplex*, entre la aplicación móvil y servidores. Así también el desarrollo de formularios de preguntas de análisis correspondiente a cada práctica, véase Tabla 38, Tabla 39, Tabla 40 y Tabla 41.

Tabla 38. Historia de Usuario 12

Historia de Usuario	
ID: US12	Usuario: Estudiante
Nombre: Programación Péndulo Simple	
Esfuerzo: 5h	Dependencias: US1, US4, US6, US10
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante, quiero tener una pantalla que ejecute la práctica de péndulo simple en la fecha reservada, viendo en tiempo real la maqueta que ejecuta la práctica, sus resultados y poder responder las preguntas de análisis.	
Tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Crear formularios, botones y modales. • Crear métodos de conexiones vía <i>sockets</i>. • Presentar video/imagen de la práctica ejecutándose. • Mostrar resultados en el componente. • Crear formularios de preguntas de análisis. 	
Criterios de aceptación: Se verificará que la conexión con el servidor de maquetas sea estable y que los datos ingresados por el usuario sean válidos.	
Pruebas: Pruebas de conexión.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 39. Historia de Usuario 13

Historia de Usuario	
ID: US13	Usuario: Estudiante
Nombre: Programación Ley de Ohm	
Esfuerzo: 5h	Dependencias: US1, US4, US6, US10, US12
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante, quiero tener una pantalla que ejecute la práctica de ley de omh: gráficas y funciones, circuito mixto, circuito en paralelo y circuito en serie, viendo en tiempo real la maqueta que ejecuta la práctica, sus resultados y poder responder las preguntas de análisis.	
Tareas:	

<ul style="list-style-type: none"> • Crear formularios, botones y modales. • Crear lógica ley ohm: gráficas y funciones. • Crear lógica circuito mixto. • Crear lógica circuito en paralelo. • Crear lógica circuito en serie
<p>Criterios de aceptación:</p> <p>Se verificará que la conexión con el servidor de maquetas sea estable y que los datos ingresados por el usuario sean válidos.</p>
<p>Pruebas:</p> <p>Pruebas de conexión.</p>

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 40. Historia de Usuario 14

Historia de Usuario	
ID: US14	Usuario: Estudiante
Nombre: Programación Ley de Ohm	
Esfuerzo: 4h	Dependencias: US1, US4, US6, US10, US12
Prioridad: Alta	Responsables: Pedro Salinas
<p>Descripción: Como estudiante, quiero tener una pantalla que ejecute la práctica de lanzamiento de proyectil y tiro parabólico, viendo en tiempo real la maqueta que ejecuta la práctica, sus resultados y poder responder las preguntas de análisis.</p>	
<p>Tareas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crear formularios, botones y modales. • Crear lógica tiro parabólico. • Crear lógica lanzamiento de proyectil. 	
<p>Criterios de aceptación:</p> <p>Se verificará que la conexión con el servidor de maquetas sea estable y que los datos ingresados por el usuario sean válidos.</p>	
<p>Pruebas:</p> <p>Pruebas de conexión.</p>	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 41. Historia de Usuario 15

Historia de Usuario	
ID: US15	Usuario: Estudiante
Nombre: Diseño de la interfaz final del aplicativo	
Esfuerzo: 4h	Dependencias: US2
Prioridad: Media	Responsables: Pedro Salinas
Descripción: Como estudiante, quiero tener una interfaz de usuario optima que se ajuste a cualquier dispositivo y que lleve un diseño atractivo.	
Tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Dar estilos a los componentes. • Diseñar imágenes informativas. • Agregar iconos de la aplicación. • Adaptar componentes a un diseño responsivo. • Alertas. 	
Criterios de aceptación: Visualización del aplicativo móvil.	
Pruebas: Diseño y visualización del aplicativo.	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.4.1. Programación péndulo simple

La programación de péndulo simple permite al estudiante analizar en forma experimental las características del movimiento de un péndulo simple y encontrar qué factores influyen en su periodo. además de permitir visualizar la maqueta mientras se ejecuta práctica y muestra las preguntas de análisis, véase Figura 28.

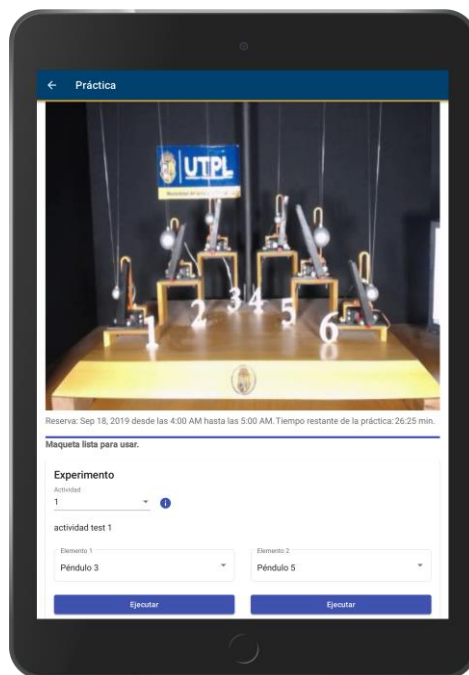


Figura 28. Pantalla de práctica de péndulo simple.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.4.2. Programación ley de ohm

La programación de Ley de Ohm permite al estudiante realizar las cuatro prácticas véase Figura 29, estas son: 1) Funciones y Gráficas de la Ley de Ohm: permite determinar experimentalmente la relación que existe entre los voltajes aplicados en los extremos de una resistencia eléctrica y las intensidades de corriente eléctrica que circula por ella, 2) Circuito en Serie: permite demostrar experimentalmente las características de las resistencias eléctricas conectadas en serie, 3) Circuito en Paralelo: permite demostrar experimentalmente las características de resistencias conectadas en paralelo, 4) Circuito Mixto: permite demostrar experimentalmente las características de resistencias conectadas en forma mixta. además de permitir visualizar la maqueta mientras se ejecuta práctica y muestra las preguntas de análisis, véase Figura 29.

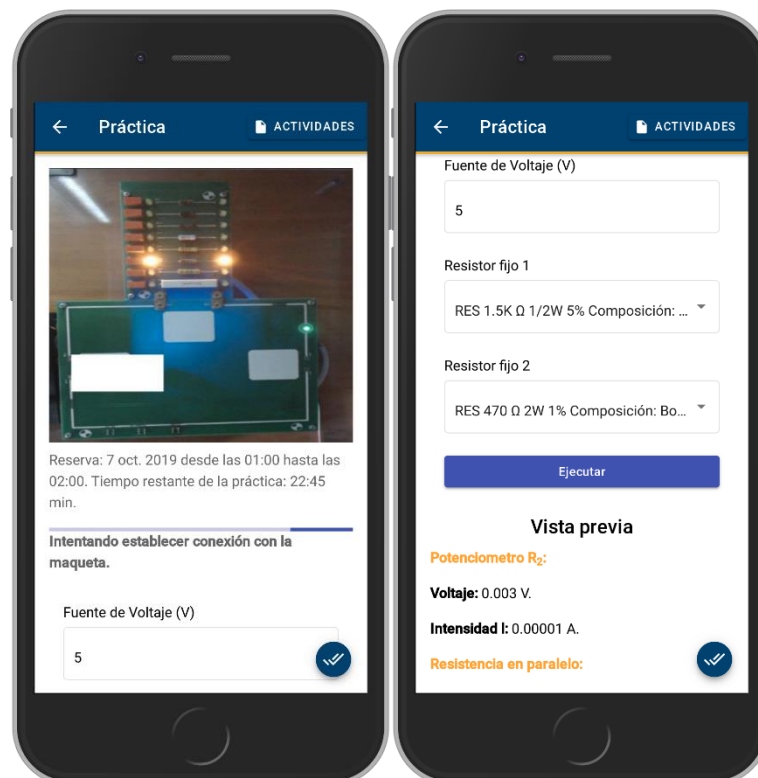


Figura 29. Pantalla de práctica ley de ohm.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.4.3. Programación tiro parabólico

La programación de tiro parabólico permite al estudiante realizar dos prácticas véase Figura 30, estas son: 1) Tiro Parabólico: permite identificar experimentalmente el tiro parabólico horizontal como un movimiento en dos dimensiones, 2) Lanzamiento de proyectil: permite identificar experimentalmente el lanzamiento horizontal de un objeto horizontalmente. además de permitir visualizar la maqueta mientras se ejecuta práctica y muestra las preguntas de análisis, véase Figura 30.

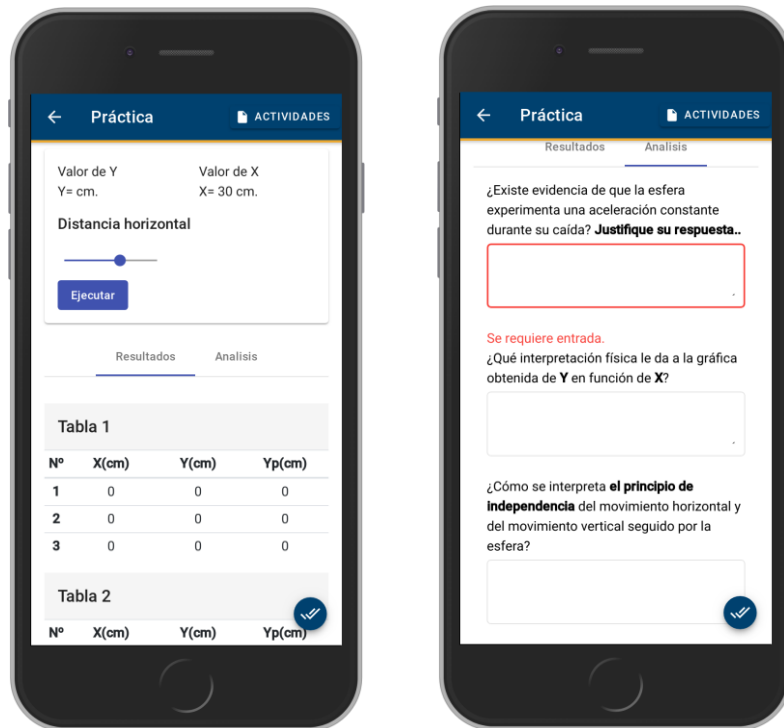


Figura 30. Pantalla de práctica tiro parabólico.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.4.4. Diseño de la interfaz final del aplicativo

El diseño de la interfaz final del aplicativo se encargó del diseño de la interfaz gráfica de usuario y de la experiencia de usuario, con el fin de adaptarse a cualquier tipo de dispositivo. La figura 31 muestra la adaptabilidad en dos dispositivos móviles diferentes, el primero un teléfono inteligente con una pantalla de 317 x 667 px y una tableta de de 768 x 1024 px. En ambos dispositivos el diseño es responsivo y se adapta a las dimensiones de la pantalla sin afectar la experiencia de usuario, véase Figura 31.

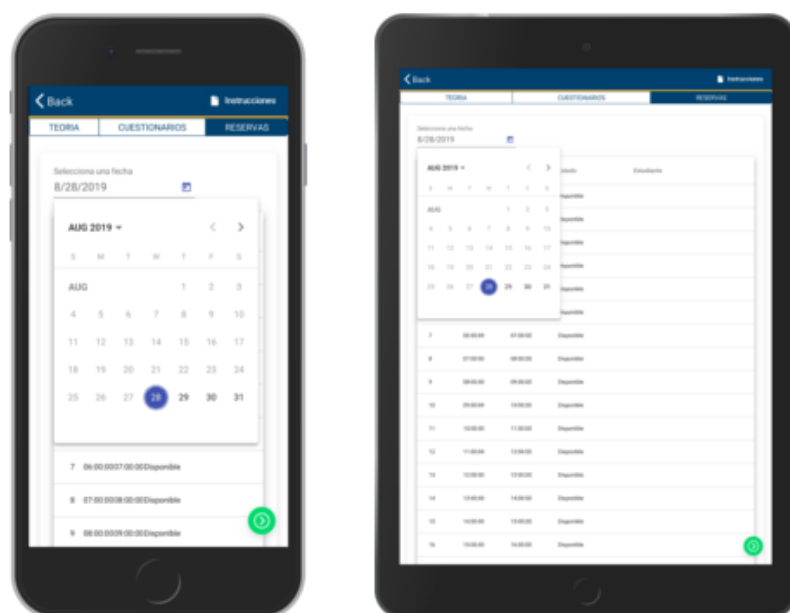


Figura 31. Pruebas de interfaz de usuario en dispositivo móvil y tableta.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.4.5. Pruebas y validación

Esta sección se detalla los resultados de las pruebas de conexión que fueron descritas en el capítulo anterior. Las pruebas fueron realizadas en dos tipos de redes diferentes, una inalámbrica y una red móvil.

Pruebas de programación péndulo simple, ley de ohm y lanzamiento de proyectil.

La Tabla 42 muestra las pruebas de la programación del péndulo simple.

Tabla 42. Pruebas de programación péndulo simple

Nº Prueba	Variable	Se espera	Se obtuvo	Observaciones
1	Tiempo de carga en red inalámbrica	Cargar elementos en un lapso menor a 1000 milisegundo	Carga de elementos en menos de 1000 milisegundo.	El tiempo de carga puede depender del ancho de banda de la conexión.
2	Tiempo de carga en red 3G	Cargar elementos en un lapso	Carga de elementos en un rango de	El tiempo de carga puede depender del ancho de banda de la conexión.

		menor a 1000 milisegundo	1000 milisegundo a 2000 milisegundo.	
--	--	-----------------------------	---	--

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Para las pruebas de red realizadas, se utilizaron las Chrome DevTools de Google Chrome, haciendo uso del panel de red, que permite garantizar que los recursos se descarguen o carguen como se esperaba y otras tareas como inspeccionar las propiedades de un recurso individual, su HTTP encabezados, contenido, tamaño, etc.

El propósito de estas pruebas fue medir el rendimiento de la aplicación móvil cuando las prácticas se ejecutan en dos tipos de redes, una red inalámbrica y una red móvil 3G. La Figura 32 muestra la actividad de la red en el registro de trabajo de red, en una red inalámbrica con una velocidad de 6.0 Mbps. El registro de red muestra la imagen de la práctica en ejecución sin interrupciones y un tiempo de carga inferior a 1000 milisegundos. La figura muestra la actividad de la red en el registro de trabajo de red, en una red inalámbrica con una velocidad de 6.0 Mbps. El registro de red muestra la imagen de la práctica en ejecución sin interrupciones y un tiempo de carga de la imagen inferior a 1000 milisegundos.

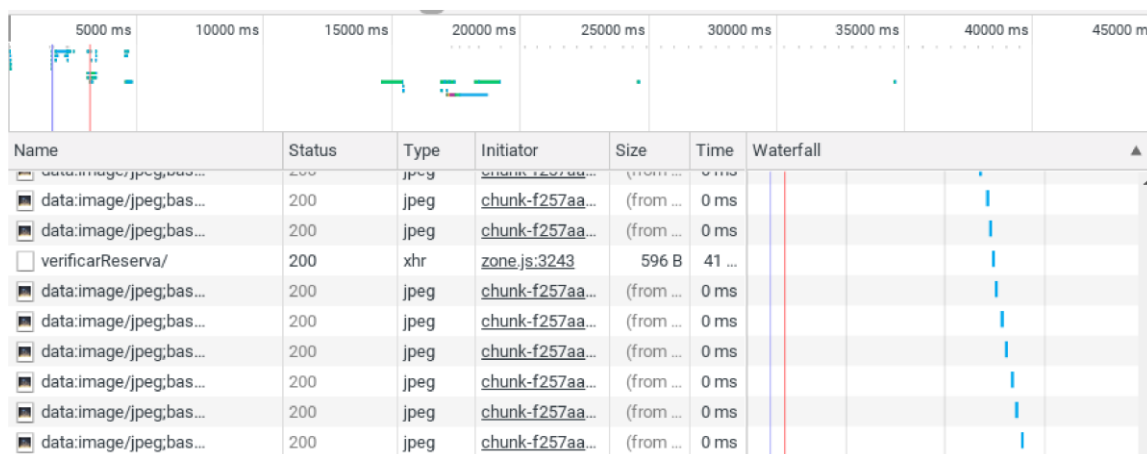


Figura 32. Pruebas de velocidad en red inalámbrica.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

La Figura 33 muestra la actividad de la red en el Registro de red, en una red 3G con una velocidad aproximada de 2.7 Mbps. En esta prueba, la carga de la imagen tomó un poco más de 1000 milisegundos.

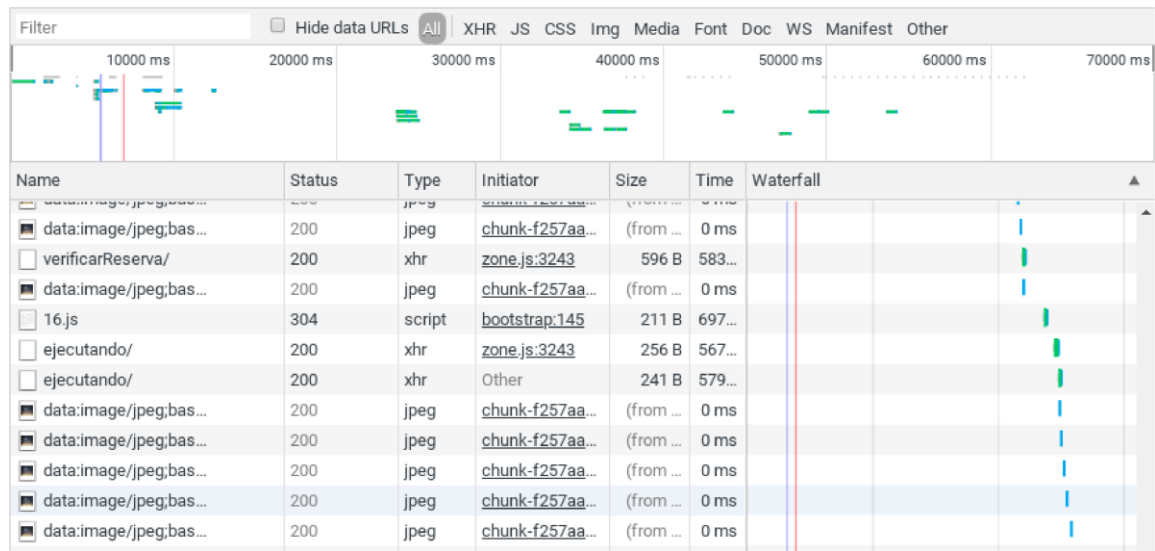


Figura 33. Pruebas de velocidad en red 3G.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

5.5.4.6. Revisión y retrospectiva.

La Tabla 43 y Tabla 44 muestra los Sprint de revisión y retrospectiva.

Tabla 43. Sprint 4 Revisión

ID	Historia de Usuario	Estado	Observación
US12	Programación Péndulo Simple	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .
US13	Programación Ley de Ohm	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .
US14	Programación Tiro parabólico	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .
US15	Diseño de la interfaz final del aplicativo	Aceptado	Aceptado por <i>Product Owner</i> .

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 44. Sprint 4 Retrospectiva

Aciertos	Errores	Recomendaciones de mejora continua
La comunicación con Product Owner e interesados, la priorización de las actividades y la definición de las historias de usuario.	Acceso al Servidor Principal limitado.	Mejora de documentación del código fuente de la situación actual.

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

En la Figura 34 se puede observar la gráfica *Burndown* en la que se muestra el avance durante el desarrollo del *sprint 4*. Se muestra el tiempo estimado y el tiempo real empleado para realizar cada una de las actividades que pertenecen a cada historia de usuario.

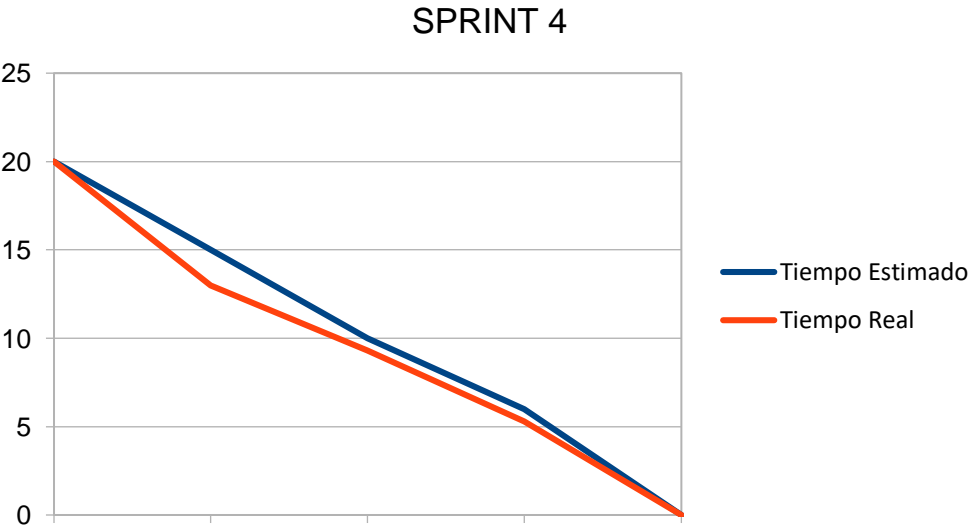


Figura 34. Gráfica Burndown Sprint 4

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

CAPÍTULO 6.

EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL APLICATIVO

Una vez culminado la aplicación móvil para determinar los posibles errores y soluciones se realizaron una serie de pruebas que permitieron evaluar el contenido, la usabilidad y la eficacia de la aplicación, todas estas descritas en el capítulo anterior. También se realizaron pruebas de caja negra enfocadas solamente en las entradas y salidas del aplicativo, permitiendo determinar el correcto funcionamiento de la ejecución de las 7 prácticas experimentales de física.

6.1. Pruebas de caja negra

Las pruebas de caja negra son pruebas que se llevan a cabo en la interfaz gráfica del software. Una prueba de caja negra examina algunos aspectos fundamentales de un sistema con poca preocupación por la estructura lógica interna del software. Las pruebas de caja negra, también llamadas pruebas de comportamiento se enfocan en los requerimientos funcionales del software; es decir, las técnicas de prueba de caja negra permiten derivar conjuntos de condiciones de entrada que revisarán por completo todos los requerimientos funcionales para un programa. Las pruebas de caja negra intentan encontrar errores en las categorías siguientes: 1) funciones incorrectas o faltantes, 2) errores de interfaz, 3) errores en las estructuras de datos o en el acceso a bases de datos externas, 4) errores de comportamiento o rendimiento y 5) errores de inicialización (Pressman, 2010).

Las pruebas realizadas fueron enfocadas a la ejecución de las siete prácticas experimentales con las que cuenta el LR. Cada práctica cuenta con formularios con validadores que permiten que el usuario no ingrese valores no permitidos por el sistema y así evitar errores en el servidor principal y servidor de maquetas. La aplicación móvil fue diseñada con el propósito de ejecutar las prácticas con las que cuenta el LR, sin embargo, durante la etapa de pruebas pueden suscitarse errores que no dependen de la aplicación móvil, ya sean de funcionalidad o de red debido al mantenimiento de las maquetas o algún cambio en el sistema.

Se realizaron las pruebas de caja negra, basadas en las pruebas de tarea, que permiten probar cada tarea o unidad funcional independientemente, analizando las entradas controladas, las salidas esperadas y salidas obtenidas; el objetivo de este tipo de pruebas es descubrir errores en la lógica y funcionamiento.

6.1.1. Péndulo Simple

Las pruebas realizadas en la práctica de péndulo simple fueron exitosas en todos los elementos, a excepción del Péndulo 2 el cual durante algunas pruebas realizadas este dio como error “Esfera no detectada”, lo que determina que el funcionamiento de la aplicación

móvil en esta práctica es correcto y que los errores obtenidos son a nivel de servidor. La solución para este tipo de problema no podrá ser resuelta desde la aplicación cliente, debido a que este error puede deberse a un fallo en las configuraciones de la maqueta desde el servidor de maquetas, que el péndulo se encuentre averiado o en mantenimiento, los problemas de este tipo de error son comunes y no dependen de una solución que pueda implementarse a nivel de cliente. Este error que se dio durante la realización de las pruebas no influirá en fechas futuras, ya que existe el personal encargado del mantenimiento de los servidores del LR, así como de las maquetas electrónicas. La aplicación móvil cuenta con las excepciones y alertas que indican al estudiante y los responsables del mantenimiento del LR sobre los errores suscitados. La tabla 45 muestra los resultados obtenidos mediante la ejecución de pruebas.

Tabla 45. Pruebas de caja negra en Péndulo Simple

Precondiciones:	Reserva de la práctica.						
Entradas controladas	Salidas Esperadas		Salidas Obtenidas		Ok?	Observaciones	
Elemento n	Tiempo total	Ejecución?	Tiempo total	Ejecución?			
Péndulo 1	13 seg. aprox.	si	13.921 seg.	si	Ok		
Péndulo 2	N/A	si	N/A	no	No	Se obtiene mensaje de error “Esfera no detectada”.	
Péndulo 3	12.1 seg. aprox.	si	12.117 seg.	si	Ok		
Péndulo 4	13.1 seg. aprox.	si	13.117 seg.	si	Ok		
Péndulo 5	14.1 seg. aprox.	si	14.117 seg.	si	Ok		
Péndulo 6	15.1 seg. aprox.	si	15.117 seg.	si	Ok		

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

6.1.2. Tiro Parabólico

Las pruebas realizadas en la práctica de tiro parabólico dieron como resultado la ejecución exitosa en todos los elementos mediante los valores seleccionados por el usuario. Las pruebas realizadas se dieron en los seis valores que acepta la práctica, estos valores en X son: 0 cm., 10 cm., 20 cm., 30 cm., 40 cm. y 50 cm. Los valores en Y son el resultado de la selección del valor de X. La Tabla 46 muestra los resultados obtenidos durante las pruebas.

Tabla 46. Pruebas de caja negra en Tiro Parabólico

Nombre del proceso:	Tiro Parabólico					
Objetivo	Ejecución del tiro Parabólico haciendo selección de la distancia horizontal.					
Precondiciones:	Reserva de la práctica.					
Entradas controladas	Salidas Esperadas		Salidas Obtenidas		Ok?	Observaciones
Distancia horizontal (Valor X)	Valor Y	Ejecución?	Valor Y	Ejecución?		
0	25 cm. aprox.	si	25.89 cm	si	Ok	
10	26 cm. aprox.	si	27.33 cm	si	Ok	
20	27 cm. aprox.	si	29.42 cm	si	Ok	
30	28 cm. aprox.	si	38.34 cm	si	Ok	
40	29 cm. aprox.	si	38.12 cm	si	Ok	
50	30 cm. aprox.	si	34.38 cm	si	Ok	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

6.1.3. Tiro Parabólico: Lanzamiento de proyectil

Las pruebas de lanzamiento de proyectil fueron realizadas en todos los elementos permitidos para la ejecución de la práctica. Las pruebas realizadas se dieron en los tres ángulos que acepta la práctica, estos son: 15° , 30° y 45° . La diferencia entre los valores esperados y resultantes siempre van a variar, en el caso del valor esperado se da un estimado de lo que podría tardar la práctica, ya que el valor resultante varía en algunos milisegundos, sin embargo, esto no afectará a los resultados que obtenga el estudiante ya que son valores muy pequeños. La práctica obtuvo las salidas esperadas y la ejecución exitosa en todos los ángulos. La Tabla 47 muestra los datos obtenidos mediante las pruebas.

Tabla 47. Pruebas de caja negra en Lanzamiento de Proyectil

Nombre del proceso:	Lanzamiento de proyectil					
Objetivo	Ejecución del lanzamiento de proyectil haciendo selección del ángulo de salida					
Precondiciones:	Reserva de la práctica.					
Entradas controladas	Salidas Esperadas		Salidas Obtenidas		Ok?	Observaciones
Ángulo de salida	Velocidad	Ejecución?	Velocidad	Ejecución?		
15°	2 aprox.	si	2.8931 m/s	si	si	
30°	2 aprox.	si	2.2647 m/s	si	si	
45°	2 aprox.	si	2.0665 m/s	si	si	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

6.1.4. Ley de Ohm: Gráficas y Funciones

Las pruebas de gráficas y funciones de ley de ohm fueron realizadas en todos los elementos permitidos para la ejecución de la práctica, estos son valores que van en un rango de 5 V. a 16V. haciendo un total de 12 fuentes de voltaje. Se obtuvo las salidas esperadas que dieron como resultado un voltaje y una intensidad. La ejecución de la práctica fue exitosa en todos los escenarios. La Tabla 48 muestra los datos obtenidos mediante las pruebas.

Tabla 48. Pruebas de caja negra en Ley de Ohm: Gráficas y Funciones

Nombre del proceso:	Tiro Parabólico						
Objetivo	Ejecución del tiro Parabólico haciendo selección de la fuente de voltaje.						
Precondiciones:	Reserva de la práctica.						
Entradas controladas	Salidas Esperadas			Salidas Obtenidas		Ok?	Observaciones
Funte de Voltaje (V)	Voltaje	I ntensidad	Voltaje	I ntensidad			
5	2 V. aprox.	0.00007 A. aprox.	2.5300 V.	0.00007 A.	si		
6	6 V. aprox.	0.003 A. aprox.	6.001 V.	0.00309 A.	si		
7	6 V. aprox.	0.005 A. aprox.	6.9920 V.	0.00528 A.	si		
8	8 V. aprox.	0.004 A. aprox.	8.0290 V.	0.00435 A.	si		
9	8 V. aprox.	0.009 A. aprox.	8.8650 V.	0.00960 A.	si		
10	10 V. aprox.	0.006 A. aprox.	10.0210 V.	0.00640 A.	si		
11	10 V. aprox.	0.009 A. aprox.	10.9730 V.	0.00995 A.	si		
12	12 V. aprox.	0.006 A. aprox.	12.0310 V.	0.00609 A.	si		
13	13 V. aprox.	0.000 A. aprox.	0.0040 V.	0.00001 A.	si		
14	14 V. aprox.	0.009 A. aprox.	14.0270 V.	0.00954 A.	si		
15	15 V. aprox.	0.007 A. aprox.	15.0600 V.	0.00746 A.	si		
16	15 V. aprox.	0.017 A. aprox.	15.9530 V.	0.01782 A.	si		

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

6.1.5. Ley de Ohm: Circuito Mixto

Las pruebas de circuito mixto se ejecutaron correctamente. Se realizó las pruebas a tres entradas controladas con valores ingresados por el usuario, estas tres fuentes de voltaje de 5 V., 12 V. y 7 V. combinadas cada una con dos tipos de resistores fijo, haciendo un total de seis resistores fijos. La práctica obtuvo las salidas esperadas, dando como resultado valores en voltajes en el potenciómetro y amperios en resistencia en paralelo. La Tabla 49 muestra los datos obtenidos mediante las pruebas.

Tabla 49. Pruebas de caja negra en Ley de Ohm: Circuito Mixto

Nombre del proceso:	Circuito Mixto											
Objetivo	Ejecución del circuito mixto haciendo selección de la fuente de voltaje, resistor fijo 1 y resistor fijo 2.											
Precondiciones:	Reserva de la práctica.											
Entradas controladas			Salidas Esperadas				Salidas Obtenidas				Ok?	Observaciones
			Potenciómetro R2		Resistencia en paralelo		Potenciómetro R2		Resistencia en paralelo			
Fuente de Voltaje (V)	Resistor Fijo 1	Resistor Fijo 2	Voltaje	Intensidad	Voltaje	Intensidad	Voltaje	Intensidad	Voltaje	Intensidad		
5	RES 1.5K Ω 1/2W 5% Composición: Carbón	RES 470 Ω 2W 1% Composición: Bobinada	0.003V.	0.00001 A.	13V. aprox.	0.00001 A.	0.003V.	0.00001 A.	13.1V.	0.00001 A.	si	
12	RES 250 Ω 3W 1% Composición: Bobinada	RES 470 Ω 2W 10% Composición: Cerámica	0.007V.	0.00001 A.	13V. aprox.	0.00001 A.	0.007V.	0.00001 A.	13.099V.	0.00001 A.	si	
7	RES 330 Ω 3W 5% Composición: Película de óxido	RES 1.2K Ω 1W 10% Composición: Cerámica	0.003V.	0.00001 A.	13V. aprox.	0.00001 A.	0.003V.	0.00001 A.	13.102V.	0.00001 A.	si	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

6.1.6. Ley de Ohm: Circuito en Serie

Las pruebas de circuito en serie dieron como resultado la ejecución exitosa de la práctica en tres fuentes de voltaje combinadas con un resistor fijo. La prueba se realizó en las fuentes de voltaje de 5 V., 9 V. y 7V. Las tres entradas controladas con valores ingresados por el usuario dieron como resultado valores en voltaje y amperes para las resistencias fija R1 y R2. La Tabla 50 muestra los datos obtenidos mediante las pruebas.

Tabla 50. Pruebas de caja negra en Ley de Ohm: Circuito en Serie

Nombre del proceso:	Circuito en serie										
Objetivo	Ejecución del circuito mixto haciendo selección de la fuente de voltaje y resistor fijo.										
Precondiciones:	Reserva de la práctica.										
Entradas controladas		Salidas Esperadas				Salidas Obtenidas				Ok?	Observaciones
		Resistencia Fija R1		Resistencia Fija R2		Resistencia Fija R1		Resistencia Fija R2			
Fuente de Voltaje (V)	Resistor Fijo	Voltaje	Intensidad	Voltaje	Intensidad	Voltaje	Intensidad	Voltaje	Intensidad		
5	RES 1.5K Ω 1/2W 5% Composición: Carbón	13 V. aprox.	0.00000 A.	0.007 V.	0.00001 A.	13.098 V.	0.00000 A.	0.007 V.	0.00001 A.	si	
9	RES 330 Ω 3W 5% Composición: Película de óxido	13 V. aprox.	0.00001 A.	0.004 V.	0.00001 A.	13.102 V.	0.00001 A.	0.004 V.	0.00001 A.	si	
7	RES 470 Ω 2W 1% Composición: Bobinada	13 V. aprox.	0.00000 A.	0.004 V.	0.00000 A.	13.1 V.	0.00000 A.	0.004 V.	0.00000 A.	si	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

6.1.7. Ley de Ohm: Circuito en Paralelo

Las pruebas de circuito en paralelo se realizaron a tres fuentes de voltaje de 7 V., 9 V. y 12 V. combinadas con un resistor fijo. Esta dio como resultado la ejecución exitosa de la práctica en las tres entradas controladas, se obtuvieron valores en voltaje y amperes para las resistencias fija R1 y R2. La Tabla 51 muestra los datos obtenidos mediante las pruebas.

Tabla 51. Pruebas de caja negra en Ley de Ohm: Circuito en Paralelo

Nombre del proceso:	Circuito en paralelo										
Objetivo	Ejecución del circuito paralelo haciendo selección de la fuente de voltaje y resistor fijo.										
Precondiciones:	Reserva de la práctica.										
Entradas controladas		Salidas Esperadas				Salidas Obtenidas				Ok?	Observaciones
		Resistencia Fija R1		Resistencia Fija R2		Resistencia Fija R1		Resistencia Fija R2			
Fuente de Voltaje (V)	Resistor Fijo	Voltaje	Intensidad	Voltaje	Intensidad	Voltaje	Intensidad	Voltaje	Intensidad		
7	RES 330 Ω 3W 5% Composición: Película de óxido	13 V. aprox.	0.00000 A.	0.0000 V. aprox.	0.00001 A.	13.097 V.	0.00000 A.	0.002 V.	0.00001 A.	si	
9	RES 470 Ω 10W 10% Composición: Cementada	13 V. aprox.	0.00001 A.	0.0000 V. aprox.	0.00001 A.	13.1 V.	0.00001 A.	0.006 V.	0.00001 A.	si	
12	RES 250 Ω 3W 1% Composición: Bobinada	13 V. aprox.	0.00000 A.	0.0000 V. aprox.	0.00001 A.	13.098 V.	0.00000 A.	0 V.	0.00001 A.	si	

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

CAPÍTULO 7.

DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Discusión

Los resultados obtenidos a través de la evaluación de las prácticas experimentales determinan el correcto funcionamiento de la aplicación móvil, así como las pruebas de rendimiento, funcionalidad, red e interfaz gráfica establecen que las aplicaciones móviles se adaptan a este tipo de tecnología. En cuanto a la interfaz gráfica y experiencia de usuario de la aplicación móvil existe una mejora considerable frente a la aplicación web, el diseño de los componentes de la aplicación móvil permite tener una visión más intuitiva en cuanto al uso del LR. Algunas pruebas de usabilidad hechas por terceras personas permitieron determinar fallos que, en la aplicación, esta retroalimentación fue de gran ayuda para la corrección de estos errores así también para el control de excepciones de errores generados en el servidor.

Los resultados del nivel de interfaz gráfica le permiten identificar que la aplicación móvil tiene un diseño *responsive*, capaz de adaptarse a cualquier tipo de dispositivo sin interferir con la interfaz gráfica en la ejecución de las prácticas o la experiencia del usuario. Por otro lado, los resultados de las pruebas de red fueron exitosos en ambas pruebas, una red con una conexión estable permitirá que la imagen de la práctica se cargue sin fallas y en tiempo real. Sin embargo, debe considerar la implementación correcta del lado del servidor, ya que esto sería crucial para la ejecución de las prácticas en la red. Las pruebas de caja negra que se llevaron a cabo dieron como resultado la ejecución de las prácticas en menos tiempo de lo estimado, determinando que la ejecución de la práctica es óptima en la aplicación móvil.

La aplicación móvil desarrollada busca proporcionar al alumno un entorno de aprendizaje intuitivo y una interfaz gráfica amigable que lo guiará en el desarrollo de las prácticas. Los LR son una herramienta que puede complementar el aprendizaje de física de una manera nunca antes vista y que puede motivar al estudiante a aprender haciendo uso de la tecnología.

Conclusiones

- Aunque se realizaron algunas pruebas de usabilidad, conexión y rendimiento en más de una ronda, podrían ser necesarias más pruebas en diferentes dispositivos móviles y redes, para determinar errores y obtener alternativas a los elementos que representan molestias o riesgos para la interacción con el LR.
- El uso de metodologías ágiles de desarrollo como SCRUM para el diseño e implementación de un aplicativo móvil es indispensable, ya que proporciona una estructura bien definida en el proceso de desarrollo y sirve como indicador para futuras implementaciones. Sin embargo, esta metodología puede tener una exhaustiva definición de las tareas que lleva consigo más tiempo invertido en la definición de estos.
- La integración mediante LTI (del inglés Learning Tools Interoperability) requiere de una actualización constante de los token de autorización, estos son otorgados por los responsables de la administración de los LMS (del inglés Learning Management System). Para la obtención de estos token se requiere de la autorización del personal de la universidad encargado de la administración de los LMS por lo que puede resultar un proceso tedioso la constante actualización de estas credenciales.
- Al tener una aplicación móvil multiplataforma se ofrece una experiencia de usuario superior frente a una aplicación web. En una aplicación móvil la experiencia de usuario mejora al momento que se realiza una acción específica en el dispositivo.
- El aprendizaje móvil permite al estudiante flexibilidad al eliminar la necesidad de que el aprendizaje ocurra en un momento y lugar específico. Los alumnos tienen la ventaja de acceder al contenido donde y cuando quieran.
- Implementar la metodología SCRUM en el desarrollo de software permite resolver los problemas de gestión del tiempo.
- Las aplicaciones híbridas permiten el desarrollo rápido, de bajo costo y brindan la experiencia de una aplicación nativa. También ofrecen una experiencia de interfaz de usuario superior y un rendimiento adecuado para los usuarios de la aplicación

- La integración mediante LTI permite la conexión del LR con cualquier LMS y proveen un acceso alternativo a la aplicación móvil, evitando que se acceda previamente al LMS, se seleccione la asignatura y se haga selección de la actividad para poder ser redirigido a la aplicación.
- LTI proporciona un protocolo confiable para una mejor administración, privacidad y seguridad de la aplicación.

Recomendaciones

- La aplicación requiere una buena conexión a Internet, es recomendable que la ejecución de las prácticas se realice en una red estable y de alta velocidad para una mejor experiencia de usuario.
- El servicio de integración a nivel de servidor escrito en PHP para integración con los LMS debe contar con varias normas de seguridad, por lo que se recomienda que este servicio que contiene tokens de acceso sea alojado en un hosting seguro.
- El marco de desarrollo IONIC con Angular como lenguaje de programación tiene una curva de aprendizaje alta, por lo que se recomienda tener conocimiento en estas tecnologías para futuras actualizaciones de la aplicación móvil.
- Se recomienda que el mantenimiento del sistema de LR sea al menos de una vez por semana, ya que esto va a evitar los problemas que se dan en los elementos de las maquetas electrónicas.
- Se recomienda la implementación de más prácticas experimentales de física y otras ramas que permitan al estudiante tener una alternativa al aprendizaje tradicional en diversas ciencias.
- La integración de los LMS con la aplicación móvil requerirá de la actualización constante de los tokens de autorización, por lo que se recomienda la creación de una interfaz gráfica en conjunto con un servicio para el administrador del sistema de la aplicación, la cual permita realizar la actualización de los tokens de autorización.
- Para el desarrollo de una aplicación híbrida se debe tomar en cuenta los requerimientos de la aplicación, ya que el rendimiento de la misma puede variar entre una aplicación nativa a una híbrida.
- La documentación del sistema de LR cumple un rol importante para el desarrollo de futuras implementaciones, ya que esta ayudará en el proceso de desarrollo debido a que las nuevas implementaciones requieren de ciertos valores ya definidos para el correcto funcionamiento.

- Se recomienda el uso de nuevas tecnologías y aumento de medidas de seguridad a nivel de servidor, así como el manejo de excepciones que permitan identificar todo tipo de error.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrahamsson, P., Hanhineva, A., Hulkko, H., Ihme, T., Jäälinoja, J., Korkala, M., ... Salo, O. (2004). Mobile-D: An agile approach for mobile application development. *Proceedings of the Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages, and Applications, OOPSLA*, 174–175. <https://doi.org/10.1145/1028664.1028736>
- Alexander, P. J., & Radhakrishnan, N. (2015). Remote lab implementation on an embedded web server. *IEEE International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies, ICCPCT 2015*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICCPCT.2015.7159525>
- Ali, M., Zolkipli, M. F., Zain, J. M., & Anwar, S. (2018). Mobile Cloud Computing with SOAP and REST Web Services. *Journal of Physics: Conference Series*, 1018(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1018/1/012005>
- Arguedas Matarrita, C. A. (2011). *Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica. Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica*. Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica (UNED).
- Arregui, G. S. De, Plano, M. A., & Beatriz, S. (2015). Laboratorio remoto móvil de energía solar térmica para evaluar el comportamiento de un calefón solar, 27, 593–599.
- Bai, Y. (2016). Practical Microcontroller Engineering with ARM Technology, 1032. Retrieved from <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=29C1E26D256D271A32813B5132218E81>
- Becerra, P., & Sanjuan, M. (2018). Revisión de estado del arte del ciclo de vida de desarrollo de software seguro con la metodología SCRUM | INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN TIC. *Revisión de Estado Del Arte Del Ciclo de Vida de Desarrollo de Software Seguro Con La Metodología SCRUM*, 1. Retrieved from <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/identific/article/view/2474>
- Bermúdez-Ortega, J., Besada-Portas, E., López-Orozco, J. A., Bonache-Seco, J. A., & Cruz, J. M. D. La. (2015). Remote Web-based Control Laboratory for Mobile Devices based on EJSs, Raspberry Pi and Node.js. *IFAC-PapersOnLine*, 48(29), 158–163. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.11.230>
- Besada-Portas, E., Bermúdez-Ortega, J., Torre, L. de la, López-Orozco, J. A., & Cruz, J. M. d. la. (2016). Lightweight Node.js & EJSs-based Web Server for Remote Control Laboratories. *IFAC-PapersOnLine*, 49(6), 127–132. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.165>
- Boateng, F. (2014). Web 2 . 0 applications ' usage and trends in top US academic libraries. <https://doi.org/10.1108/LHT-07-2013-0093>

- Bosák, T. (2015). Node.js Based Remote Control of Thermo-optical Plant, (February), 209–213.
- Bosnic, S., Papp, I., & Novak, S. (2017). The development of hybrid mobile applications with Apache Cordova. *24th Telecommunications Forum, TELFOR 2016*.
<https://doi.org/10.1109/TELFOR.2016.7818919>
- Calinoiu, D., Ionel, R., Lascu, M., & Cioabla, A. (2015). Arduino and LabVIEW in educational remote monitoring applications. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2015-Febru*(February), 1–5. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044027>
- Carro, G., Castro, M., Sancristobal, E., Diaz, G., Mur, F., Latorre, M., ... Gillet, D. (2014). a Smart Device That Connects Teachers and Students. *2014 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, (April), 854–860.
- Cerezo, F., & Sastrón, F. (2015). Laboratorios Virtuales y Docencia de la Automática en la Formación Tecnológica de Base de Alumnos Preuniversitarios. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 12(4), 419–431.
<https://doi.org/10.1016/j.riai.2015.04.005>
- Chacón, J., Vargas, H., Farias, G., Sánchez, J., & Dormido, S. (2015). EJS, JIL Server, and LabVIEW: An Architecture for Rapid Development of Remote Labs. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 8(4), 393–401. <https://doi.org/10.1109/TLT.2015.2389245>
- Chen, X., Song, G., & Zhang, Y. (2010). Virtual and Remote Laboratory Development: A Review. *Earth and Space 2010: Engineering, Science, Construction, and Operations in Challenging Environments*, 368–368. [https://doi.org/10.1061/41096\(366\)368](https://doi.org/10.1061/41096(366)368)
- Cochrane, T., & Bateman, R. (2010). Smartphones give you wings : Pedagogical affordances of mobile Web 2 . 0, 26(1), 1–14.
- Concari, S. (2014). Tecnologías emergentes ¿cuáles usamos? *Latin-American Journal of Physics Education*, 8(3), 494–503.
- Contreras-Mendieta, J. A., Sarango-Lapo, C. P., Jara-, D. I., & Agila-Palacios, M. V. (2019). Implementación de un Laboratorio Remoto (LR), como recurso de apoyo en un sistema de Educación a Distancia.
- De La Torre, L., Sánchez, J. P., & Dormido, S. (2016). What remote labs can do for you. *Physics Today*, 69(4), 48–53. <https://doi.org/10.1063/PT.3.3139>
- De Lima, J. P. C., Rochadel, W., Silva, A. M., Simão, J. P. S., Da Silva, J. B., & Alves, J. B. M. (2014). Application of remote experiments in basic education through mobile devices. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*, (April), 1093–1096. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2014.6826245>

- Dutta, S., Prakash, S., Estrada, D., Member, S., Pop, E., & Member, S. (2011). A Web Service and Interface for Remote Electronic Device Characterization. *IEEE Transactions on Education*, 54(4), 646–651. <https://doi.org/10.1109/TE.2011.2105488>
- Esquembre, F. (2015). Facilitating the Creation of Virtual and Remote Laboratories for Science and Engineering Education. *IFAC-PapersOnLine*, 48(29), 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.11.212>
- Fecil'ak, P., Fecil'akova, K., & Jakab, F. (2013). Networking academy - The way we live, we learn and play, 95–99. <https://doi.org/10.1109/iceta.2013.6674411>
- Fernandez, G. C., Ruiz, E. S., Gil, M. C., & Perez, F. M. (2015). Websockets and IoT as educational tool, (February), 32–36.
- Flora, H. K. (2012). Adopting an agile approach for the development of mobile applications, 1–26.
- Garcia-Zubia, J., López-de-Ipiña, D., & Orduña, P. (2008). Mobile devices and remote labs in engineering education. *Proceedings - The 8th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2008*, 620–622. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2008.303>
- Giselle, S. C., Lagranja, I., & Emilio, C. (2017). Laboratorio virtual y remoto , aprendiendo a través de la experimentación.
- González, M. Á., & González, M. Á. (2016). Physics in your Pocket: Doing Experiments and Learning with your Smartphone Miguel Á. González and Manuel Á. González University of Valladolid, Spain.
- Grout, I. (2014). Remote laboratories to support electrical and information engineering (EIE) laboratory access for students with disabilities. *Proceedings of the 25th International Conference on European Association for Education in Electrical and Information Engineering, EAEEIE 2014*, 21–24. <https://doi.org/10.1109/EAEEIE.2014.6879377>
- Guativa, J. A. V., Marín, L. R., & Burgos, R. T. (2015). Sistema de control y supervisión de un compresor de aire utilizando dispositivos móviles con sistema operativo Android y protocolo de comunicación Bluetooth, 9, 23–31.
- Guerra, H., Cardoso, A., Sousa, V., Leitao, J., Graveto, V., & Gomes, L. M. (2016). Demonstration of programming in Python using a remote lab with Raspberry Pi. *Exp.at 2015 - 3rd Experiment International Conference: Online Experimentation*, 101–102. <https://doi.org/10.1109/EXPAT.2015.7463226>
- Hasibuan, A., Mustadi, M., Syamsuddin, I. E. Y., Rosidi, I. M. A., & Spesification, A. (2015). Design and Implementation of Modular Home Automation Based on Wireless Network , REST API , and WebSocket, 362–367.

- Ionic-team. (2019). Ionic plugin deeplinks. Retrieved from <https://github.com/ionic-team/ionic-plugin-deeplinks>
- Ipanaqué, W., Belupú, I., Valdiviezo, J., & Vásquez, G. (2014). Laboratorios Virtuales y Remotos para la Experimentación. *Ciqa*, 1404–1409.
- Jamieson, P., & Herdtner, J. (2015). More missing the Boat - Arduino, Raspberry Pi, and small prototyping boards and engineering education needs them. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2014*.
<https://doi.org/10.1109/FIE.2015.7344259>
- Jimenez, F. J., Lara, F. R., & Redel, M. D. (2014). API for communication between Labview and Arduino UNO. *IEEE Latin America Transactions*, 12(6), 971–976.
<https://doi.org/10.1109/TLA.2014.6893988>
- Kalúz, M., Čirka, L., Valo, R., & Fikar, M. (2014). *ArPi Lab: A low-cost remote laboratory for control education. IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 19). IFAC.
<https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.00963>
- Kashiwakura, A., & Oya, M. (2016). JavaScript Language Extension for Non-professional Programmers : Sharable Own Variables, (i), 5–6.
- Liu, H., & Ma, F. (2010). Research on visual elements of web UI design. *2010 IEEE 11th International Conference on Computer-Aided Industrial Design and Conceptual Design, CAID and CD'2010*, 1, 428–430. <https://doi.org/10.1109/CAIDCD.2010.5681317>
- Lopez, S., Carpeno, A., & Arriaga, J. (2014). Laboratorio remoto eLab3D: Un mundo virtual inmersivo para el aprendizaje de la electrónica. *Proceedings of 2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2014*, (February), 100–105. <https://doi.org/10.1109/REV.2014.6784234>
- Ma, L., Gu, L., & Wang, J. (2014). Research and Development of Mobile Application for Android Platform, 9(4), 187–198.
- Mahmud, D. M., & Abdullah, N. A. S. (2015). Reviews on Agile Methods in Mobile Application Development Process, 161–165.
- Maksimović, M., Vujović, V., Davidović, N., Milošević, V., & Perišić, B. (2014). Raspberry Pi as Internet of Things hardware : Performances and Constraints. *Proceedings of 1st International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering*, 6.
- Marchisio, S., Lerro, F., & Von Pamel, O. (2011). Empleo de un laboratorio remoto para promover aprendizajes significativos en la enseñanza de los dispositivos electrónicos.
- Matarrita, C. A., & Conconi, S. B. (2000). Hacia un estado del arte de los laboratorios remotos en la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de La Física*, 27, 1–7. Retrieved from <http://ref19.apfa.org.ar/presentacion/hacia-un-estado-del-arte-de-los-laboratorios-remotos-en-la-ensenanza-de-la-fisica>

- Mezei, G., & Sárosi, R. (2016). Introduction to a WebSocket Benchmarking Infrastructure, 84–87.
- Morales, A. (2015). Laboratorios Remotos en Sistemas Embebidos, 450–453.
- Morrell, Anthony, A. D. (2007). Introduction to LabVIEW MathScript. *LabVIEW: Advanced Programming Techniques*, 1–67. <https://doi.org/10.1080/13501780903129256>
- Mowad, M. A. E.-L., Fathy, A., & Hafez, A. (2014). Smart Home Automated Control System Using Android Application and Microcontroller. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(5), 935–939. <https://doi.org/10.1109/TSG.2012.2208770>
- Mundra, A., Misra, S., & Dhawale, C. A. (2013). Practical scrum-scrum team: Way to produce successful and quality software. *Proceedings of the 2013 13th International Conference on Computational Science and Its Applications, ICCSA 2013*, 119–123. <https://doi.org/10.1109/ICCSA.2013.25>
- Nádorník, J., & Smutný, P. (2014). Remote Control Robot Using Android Mobile Device, 373–378.
- Okonkwo, W. C., & Huisman, M. (2018). The use of system development methodologies in the development of mobile applications : Are they worthy of use ? *2018 IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, 01, 278–283. <https://doi.org/10.1109/COMPSAC.2018.10243>
- Orduña, P., García-Zubia, J., Irurzun, J., López-De-Ipiña, D., & Rodriguez-Gil, L. (2011). Enabling mobile access to Remote Laboratories. *2011 IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON 2011*, 312–318. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2011.5773154>
- Orduna, P., Rodriguez-Gil, L., Garcia-Zubia, J., Dziabenko, O., Angulo, I., Hernandez, U., & Azcuenaga, E. (2016). Classifying online laboratories: Reality, simulation, user perception and potential overlaps. *Proceedings of 2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2016*, 224–230. <https://doi.org/10.1109/REV.2016.7444469>
- Ponce, L. B., Antonio, J., Méndez, J., José, F., & Peñalvo, G. (2015). Dispositivos móviles y apps: Características y uso actual en educación médica. *Revista de La Asociación de Técnicos En Informática*, 231, 86–91. <https://doi.org/10.1016/j.jsat.2015.06.018>
- Pressman, R. S. (2010). *Ingeniería del software: un enfoque práctico* (Séptima ed).
- Rahman, R., & Akhter, S. (2015). Real Time Bi-directional Traffic Management Support System with GPS and WebSocket. <https://doi.org/10.1109/CIT/IUCC/DASC/PICOM.2015.144>
- Rodriguez-Gil, L., Orduna, P., Garcia-Zubia, J., Angulo, I., & Lopez-De-Ipina, D. (2014). Graphic technologies for virtual, remote and hybrid laboratories: WebLab-FPGA hybrid

- lab. *Proceedings of 2014 11th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2014*, (February), 163–166.
<https://doi.org/10.1109/REV.2014.6784245>
- Romeiro, A. E., Colindres, D. I., & Valarezo González, K. P. (2018). *Memoria de Sostenibilidad 2018*. Loja.
- Ruano, I., Gamez, J., Dormido, S., & Gomez, J. (2016). A Methodology to Obtain Learning Effective Laboratories with Learning Management System Integration. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 9(4), 391–399.
<https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2594771>
- Sáenz, J., Chacón, J., De La Torre, L., Visioli, A., & Dormido, S. (2015). Open and Low-Cost Virtual and Remote Labs on Control Engineering. *IEEE Access*, 3, 805–814.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2442613>
- Saenz, J., Esquembre, F., Garcia, F. J., Torre, L. D. La, & Dormido, S. (2015). An Architecture to use Easy Java-Javascript Simulations in New Devices. *IFAC-PapersOnLine*, 48(29), 129–133. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.11.225>
- Santos, N., Development, T., Carvalho, M. S., & Couto, M. (2013). Computational Science and Its Applications – ICCSA 2013, 7974(August). <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39649-6>
- Sharma, P., & Hasteer, N. (2016). Analysis of linear sequential and extreme programming development methodology for a gaming application. *International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2016*, 1916–1920.
<https://doi.org/10.1109/ICCSP.2016.7754505>
- Sikander, M., & Khiyal, H. (2018). Implementation of Scrum Methodology in Web 3 . 0. 2018 16th International Conference on Emerging ELearning Technologies and Applications (ICETA), (December), 333–340.
- Simão, J. P. S., De Lima, J. P. C., Rochadel, W., & Da Silva, J. B. (2014). Remote labs in developing countries an experience in Brazilian public education. *Proceedings of the 4th IEEE Global Humanitarian Technology Conference, GHTC 2014*, 99–105.
<https://doi.org/10.1109/GHTC.2014.6970267>
- Srivastava, A., Bhardwaj, S., & Saraswat, S. (2017). SCRUM model for agile methodology. *Proceeding - IEEE International Conference on Computing, Communication and Automation, ICCCA 2017, 2017-Janua*, 864–869.
<https://doi.org/10.1109/CCAA.2017.8229928>
- Teresa, S., & Gastón, F. (2000). El Laboratorio Remoto FCEIA-UNR : Integración de recursos y trabajo en redes colaborativas para la enseñanza de la Ingeniería.

- Tirado-Morueta, R., Sánchez-Herrera, R., Márquez-Sánchez, M. A., Mejías-Borrero, A., & Andujar-Márquez, J. M. (2018). Exploratory study of the acceptance of two individual practical classes with remote labs. *European Journal of Engineering Education*, 43(2), 278–295. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1363719>
- VÁZQUEZ-CANO, E. (2014). Mobile Distance Learning with Smartphones and Apps in Higher Education. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 14(4), 1505–1520. <https://doi.org/10.12738/estp.2014.4.2012>
- Vázquez-Cano, E., & García, M. L. S. (2015). El smartphone en la educación superior. Un estudio comparativo del uso educativo, social y ubicuo en universidades españolas e hispanoamericanas. *Signo y Pensamiento*, 34(67), 132–149. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.syp34-67.sese>
- Wang, N., Member, S., Chen, X., Member, S., Song, G., Lan, Q., & Parsaei, H. (2016). Design a New Mobile Optimized Remote Laboratory Application Architecture for, 0046(c). <https://doi.org/10.1109/TIE.2016.2620102>
- Yang, Y., Zhang, Y., Xia, P., Li, B., & Ren, Z. (2018). Mobile Terminal Development Plan of Cross-Platform Mobile Application Service Platform Based on Ionic and Cordova. *Proceedings - 2017 International Conference on Industrial Informatics - Computing Technology, Intelligent Technology, Industrial Information Integration, ICIIICII 2017, 2017-Decem*, 100–103. <https://doi.org/10.1109/ICIIICII.2017.28>
- Zhan, W., Porter, J. R., & Morgan, J. A. (2014). Experiential learning of digital communication using LabVIEW. *IEEE Transactions on Education*, 57(1), 34–41. <https://doi.org/10.1109/TE.2013.2264059>
- Zutin, D. G., Auer, M., Orduna, P., & Kreiter, C. (2016). Online lab infrastructure as a service: A new paradigm to simplify the development and deployment of online labs. *Proceedings of 2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV 2016*, 208–214. <https://doi.org/10.1109/REV.2016.744444>